

**FuE-Programm "Schaufenster Elektromobilität" der Bundesregierung**

**Gemeinsamer Abschlussbericht  
Forschungsprojekt eCar-Park Sindelfingen**

Vorhabenbezeichnung: eCar-Park Sindelfingen

Laufzeit des Vorhabens:

vom: 01.01.2013

bis: 30.06.2016

Schaufenster

*LivingLab BW<sup>e</sup> mobil (Baden-Württemberg)*

Zuwendungsempfänger:  
(*Auflistung aller Verbundpartner*)

EFG Engineering Facility Group  
Ingenieurgesellschaft mbH

Schäfer GmbH & Co. KG

Städtebau-Institut Universität Stuttgart

Förderkennzeichen:  
(*FKZ's entsprechend der links angegebenen Verbundpartner*)

16SBW021A

16SBW021B

16SBW021C

## Inhalt

<b>Inhalt</b> .....	2
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	3
<b>1. Executive Summary</b> .....	5
<b>2. Zielstellung des Verbundprojektes</b> .....	6
<b>3. Ausführliche Darstellung der erzielten Ergebnisse des Verbundprojektes</b> .....	9
<b>4. Darstellung wesentlicher Abweichungen zum Arbeitsplan</b> .....	80
<b>5. Vergleich der Projektergebnisse zum internationalen Stand der Technik</b> .....	81
<b>6. Verwertung, Zukunftsaussichten und weiterer F&amp;E-Bedarf</b> .....	82
<b>7. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogrammes Schaufenster Elektromobilität</b> 86	
<b>8. Anhang</b> .....	87

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standort und Design E-Station im Entwurf (Quelle: studio 3 architekten) .....	9
Abbildung 2: Energieversorgungskonzept COBIS Gewerbegebiet (Quelle: studio 3 architekten) .....	11
Abbildung 3: Einbindung Elektrofahrzeuge in die Gewerbegebietsversorgung (Quelle: studio 3 architekten) .....	13
Abbildung 4: Elektrofahrzeuge als Stromspeicher (Quelle: studio 3 architekten) .....	13
Abbildung 5: E-Fahrzeuge des eCar-Park Sindelfingen (Quelle: Schäfer GmbH).....	15
Abbildung 6: Eröffnung E-Station samt regenerativer Energieerzeugung und Ladeinfrastruktur (Quelle: Schäfer GmbH).....	17
Abbildung 7: Datenlogger Mitsubishi i-MiEV (Quelle: EFG) .....	17
Abbildung 8: Visualisierung Aufsiedelung COBIS Sindelfingen (Quelle: studio 3 architekten).....	19
Abbildung 9: Fahrtenbuch Elektrofahrzeuge EFG im Rahmen des Forschungsprojekts .....	21
Abbildung 10: Ladestrom und Akkuladung Test Mitsubishi i-MiEV .....	22
Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Akkuleistung, Temperatur und Alter (Jan. – Mrz.) .....	23
Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Akkuleistung, Temperatur und Alter (Jun. – Aug.) .....	24
Abbildung 13: Gewerbeparkspezifischer Anteil der an der Umfrage teilgenommenen Unternehmen.....	28
Abbildung 14: Gewerbeparkspezifische Anzahl Unternehmen je Branche .....	30
Abbildung 15: Gewerbeparkspezifische Anzahl Mitarbeiter je Branche .....	30
Abbildung 16: Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Branche .....	31
Abbildung 17: Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Kategorie .....	32
Abbildung 18: Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Kategorie und 100 Mitarbeiter .....	33
Abbildung 19: Gesamtumfrageergebnisse - Fahrzeuge je Branche .....	34
Abbildung 20: Gesamtumfrageergebnisse - Fahrzeuge je Kategorie und Unternehmen .....	35
Abbildung 21: Gesamtumfrageergebnisse - Fahrzeuge je Kategorie und 100 Mitarbeiter .....	36
Abbildung 22: Aufsiedelungskonzept COBIS Sindelfingen (Quelle: studio 3 architekten).....	38
Abbildung 23: Abschätzung Jahresstrombedarf COBIS Sindelfingen .....	39
Abbildung 24: Abschätzung Eigenstromerzeugung COBIS Sindelfingen .....	40
Abbildung 25: Beispielhafte Darstellung des BEV-Substitutionspotentials im Firmenfuhrpark (Screenshot) .....	45
Abbildung 26: Beispielauswertung SOC je BEV und Stunde (Beispiel-Screenshot) .....	49
Abbildung 27: Ablaufdiagramm Lade-/Entladezyklus Simulationstool .....	50
Abbildung 28: Basisszenario - Strombilanz COBIS ohne E-Fahrzeuge.....	53
Abbildung 29: Basisszenario – Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Wintertagen .....	54
Abbildung 30: Basisszenario – Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Sommertagen .....	55
Abbildung 31: Basisszenario - Abschätzung Überschüsse parkeigene Stromerzeugung .....	56
Abbildung 32: Basisszenario - Mögliche Speichereffekte der Firmen-BEV .....	57
Abbildung 33: Basisszenario - Mögliche Speichereffekte der Mitarbeiter-BEV .....	57
Abbildung 34: Strombilanz COBIS Basisszenario unter Berücksichtigung der Speicher- und Entladeeffekte .....	58
Abbildung 35: Szenario EE-Max - Strombilanz COBIS ohne E-Fahrzeuge .....	60
Abbildung 36: Szenario EE-Max – Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Wintertagen .....	61
Abbildung 37: Szenario EE-Max – Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Sommertagen .....	62
Abbildung 38: Szenario EE-Max - Abschätzung Überschüsse parkeigene Stromerzeugung .....	63
Abbildung 39: Szenario EE-Max - Mögliche Speichereffekte der Elektrofahrzeuge .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abbildung 40: Strombilanz COBIS Szenario EE-Max unter Berücksichtigung der Speicher- und Entladeeffekte.....	65
Abbildung 41: Szenario Max - Mögliche Speichereffekte der Elektrofahrzeuge .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abbildung 42: Vorstellung eCar-Park Sindelfingen im Rahmen der Abschlusspublikation des Schaufensters BW <sup>e</sup> mobil.....	71

Abbildung 43: Präsentation des eCar-Park Sindelfingen im Rahmen der Verleihung des Innovations-Awards im Rahmen der Böblinger Businesswochen 2015 .....	72
Abbildung 44: Visualisierung COBIS-Gewerbepark (Quelle: studio 3 architekten).....	77
Abbildung 45: Stand der Reservierungen September 2016 (Quelle: www.schaefer-unternehmensgruppe.de) .....	78

## 1. Executive Summary

Das Forschungsprojekt eCar-Park Sindelfingen befasste sich mit den Möglichkeiten zur Einbindung von Elektromobilität in die Energieversorgung von Gewerbegebieten. Angegliedert wurde das Projekt an den Aufbau des innovativen Gewerbegebiets COBIS in Sindelfingen, bei dessen Planung die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt direkt einfließen.

Der Forschungsschwerpunkt des Projekts lag darauf, eine schlüssige Verknüpfung zwischen den Energieerzeugungsmöglichkeiten in Gewerbegebieten, den Energiebedarfen der angesiedelten Unternehmen und deren Mobilitätsprofilen zu finden und diese in einem übergeordneten Simulationstool zusammenzuführen.

Um die für den Aufbau des Simulationstools notwendige Datengrundlage zu schaffen, wurden ca. 1000 Unternehmen bezüglich ihrer Mobilitätsprofile befragt. Diese wurden dann für den Aufbau eines Mobilitätsmoduls ausgewertet, mit Hilfe dessen sich unabhängige Mobilitätsprofile für verschiedene Branchen simulieren lassen.

Die Einbindung der Elektrofahrzeuge in das Simulationstool erfolgte anhand der aus Praxistest gewonnenen Erkenntnisse über das Ladeverhalten und die Speicherkapazitäten der in den Fahrzeugen verbauten Akkus.

Da das Projekt an den Aufbau des Gewerbegebiets COBIS gekoppelt war, wurden in Abstimmung mit dem späteren Energieversorger verschiedene für das Gewerbegebiet COBIS als realistisch anzusehenden Möglichkeiten zur Energieversorgung entwickelt. Nach Ermittlung der möglichen, zu erwartenden Besiedlungsstruktur durch späteren Parkbetreiber wurde diese mit entsprechenden Bedarfsprofilen aus Gewerbegebieten hinterlegt, um die zu erwartenden Energiebedarfe abzubilden.

Abschließend wurden die daraus gewonnenen Erkenntnisse genutzt, um ein, auf andere Gewerbegebiete übertragbares, Simulationstool zu schaffen, unter dessen Verwendung realistische Prognosen anhand möglicher Besiedlungskonzepte erstellt werden können.

Neben der Forschungsarbeit wurde das Projekt im Rahmen des Schaufensters LivingLab BW<sup>e</sup> mobil bei verschiedenen Events und im Rahmen der in der parkeigenen E-Station angesiedelten Ausstellung präsentiert.

## 2. Zielstellung des Verbundprojektes

Die nachhaltige Entwicklung von Gewerbestandorten bietet in Bereichen Energie, Kosten und CO<sub>2</sub> bislang wenig beachtete Chancen zur Realisierung großer Einsparpotentiale. Im Rahmen einer integrierten Entwicklung von Energiebereitstellung und -abnahme, (Elektro-) Mobilität und standortgerechtem Städtebau können durch Kooperation und Synergien größere Mengen an Energie und Kosten eingespart werden, als sie von Einzelnen alleine realisiert werden könnten.

Das Forschungsprojekt eCar-Park Sindelfingen ist eingebettet in den Aufbau des Gewerbegebiets COBIS in Sindelfingen-Darmsheim. Mit dem Ziel, ein energieeffizientes Gewerbegebiet mit Zukunftscharakter zu erbauen, sollten im Gewerbegebiet COBIS die ökologischen und energietechnischen Aspekte der Energieversorgung, des Ressourcenverbrauchs und der Stoffströme möglichst nachhaltig miteinander verbunden und genutzt werden.

Für die Umsetzung einer solch effizienten Energiewirtschaft ist es besonders wichtig, dass die Energie- und Stoffströme bestmöglich aufeinander abgestimmt werden. Bei der Frage nach den Möglichkeiten zur Kontrolle und effizienten Regelung der Energieströme spielt auch die Elektromobilität eine wesentliche Rolle. Insbesondere beim Thema „Smart Grid“ ist die Frage, welches Potenzial Elektrofahrzeuge als Zwischenspeicher für überschüssigen regenerativen Strom und für die Glättung von Strombedarfen (z.B. beim Ausgleichen von Lastspitzen) bieten, von besonderem Interesse.

### - **Gesamtziel des Verbundes**

Im Rahmen des Aufbaus des Gewerbeparks COBIS sollten die verschiedenen Möglichkeiten zur Nutzung der Elektromobilität als Teilkomponente in der Energieversorgung eines Gewerbegebiets Schritt für Schritt planerisch geprüft und in der Umsetzung getestet werden.

Angedacht war beispielsweise die Auswertung der Energieströme im Park dahingehend zu betrachten, ob eine auf die Stromerzeugung abgestimmte Aufladung der Fahrzeuge oder die Nutzung der Fahrzeugbatterien als Zwischenspeicher zur Rückspeisung von Energie tatsächlich zu der erhofften Reduzierung der Lastspitzen und einer gleichmäßigeren Verteilung von Energiebedarf und fluktuierendem erneuerbarem Energieangebot führt.

Das Konzept sah vor, Elektromobilität und erneuerbare Energieversorgung mit dem Beginn der Gebietserschließung einzusetzen, zu verbinden und über die Bauphase bis in den Betrieb des Parks fortzuführen. Damit sollte unter anderem getestet werden, welche Veränderungen, Problemstellungen und Lösungsmöglichkeiten die Einbindung von Elektromobilität in die Umsetzung eines solchen intelligenten Energiekonzepts aus Sicht der energietechnischen und städtebaulichen Planung sowie deren Verwirklichung mit sich bringt.

Neben einer Analyse der Möglichkeiten zur Einbindung der Elektromobilität in das Konzept einer intelligenten Energieversorgung sollte im Rahmen der Umsetzung des Gewerbegebiets COBIS Sindelfingen gleichzeitig getestet werden, inwieweit Elektromobilität tatsächlich praxistauglich ist.

Fraglich schien, ob die ihr angedachte, spezifische Art der Nutzung überhaupt angenommen wird, welche Auswirkungen auf die Infrastruktur im Gewerbegebiet (z.B. Anzahl und Platzierung von Ladestationen) sich daraus ergeben und inwiefern Elektromobilität damit faktisch als ein Hauptfortbewegungsmittel der Zukunft in Gewerbegebieten umsetzbar ist.

Abschließend sollte geprüft werden, in wieweit die im Rahmen des Aufbaus des Gewerbegebiets COBIS Sindelfingen erarbeiteten Konzepte als „Rollenmodell“ für Konversionsflächen im Allgemeinen dienen können und welche Rolle dabei dem Energiekonzept, insbesondere der Elektromobilität, zukommt.

#### - **Aufgaben der einzelnen Partner**

Am Projekt eCar-Park Sindelfingen waren folgende Projektpartner beteiligt:

- EFG Engineering Facility Group Ingenieurgesellschaft mbH
- Schäfer GmbH & Co. KG
- Städtebau-Institut Universität Stuttgart

Die Engineering Facility Group übernahm die Rolle des Konsortialführers und damit auch die Vertretung des Projekts in den Projektgruppen des Schaufensters Baden-Württemberg LivingLab BW<sup>e</sup> mobil.

Darüber hinaus betreute die EFG das Projekt bei technischen Fragestellungen, übernahm in Zusammenarbeit mit der Schäfer GmbH & Co. KG sowie den Stadtwerken Sindelfingen die Planung des Energiekonzeptes für den COBIS Gewerbepark und entwickelte das Simulationstool zur Prognose der möglichen Einbindung von Elektromobilität in Gewerbegebiete.

Die Schäfer GmbH als Grundstückseigner und Bauherr des COBIS Gewerbegebiets kümmerte sich im Wesentlichen um die Umsetzung und den Aufbau des Gewerbegebiets, und die im Rahmen des eCar-Parks auf dem Gelände anfallenden baulichen und organisatorischen Maßnahmen, insbesondere den Aufbau der E-Station, einer Kombination aus Projektausstellung, Energieerzeugungs- und Ladestation.

Das Städtebau-Institut der Universität Stuttgart erarbeitete überwiegend die mobilitätsseitigen Aspekte des Projekts. Hier ergaben sich im Projektverlauf deutliche Abweichungen zur ursprünglich geplanten Vorgehensweise, woraus ein ungleich anders gewichteter Aufgabenteil für das SI resultierte. Die ursprünglich im Zuge der Parkaufsiedlung vorgesehene Erhebung realer Mobilitätsbedarfe musste wissenschaftlich-theoretisch erfolgen, was den Vorteil einer evtl. besseren Übertragbarkeit auf andere Standorte mit sich bringt. Im Gegenzug konnten Projektaspekte, welche der städtebaulichen/stadtplanerischen Entwicklung des Parks dienen sollten, nicht durchgeführt werden.



## 3. Ausführliche Darstellung der erzielten Ergebnisse des Verbundprojektes

### 3.1 Arbeitspaket 1

#### 3.1.1 Planung der E-Station, Ladestationen, Messtechnik, Infozentrum

(Durchführung: Schäfer GmbH, EFG)

Die Planung der E-Station erfolgte in Zusammenarbeit mit externen Partnern aus dem Bereich Architektur und Grafikdesign. Angedacht war eine Station zu entwerfen, die Elemente Fahrzeugladen und regenerative Energieerzeugung vereint und in der zugleich Elektromobilität sichtbar und erfahrbar wird. Neben einem geeigneten Standort auf dem zukünftigen Parkgelände musste ein passender architektonischer Entwurf gefunden werden.

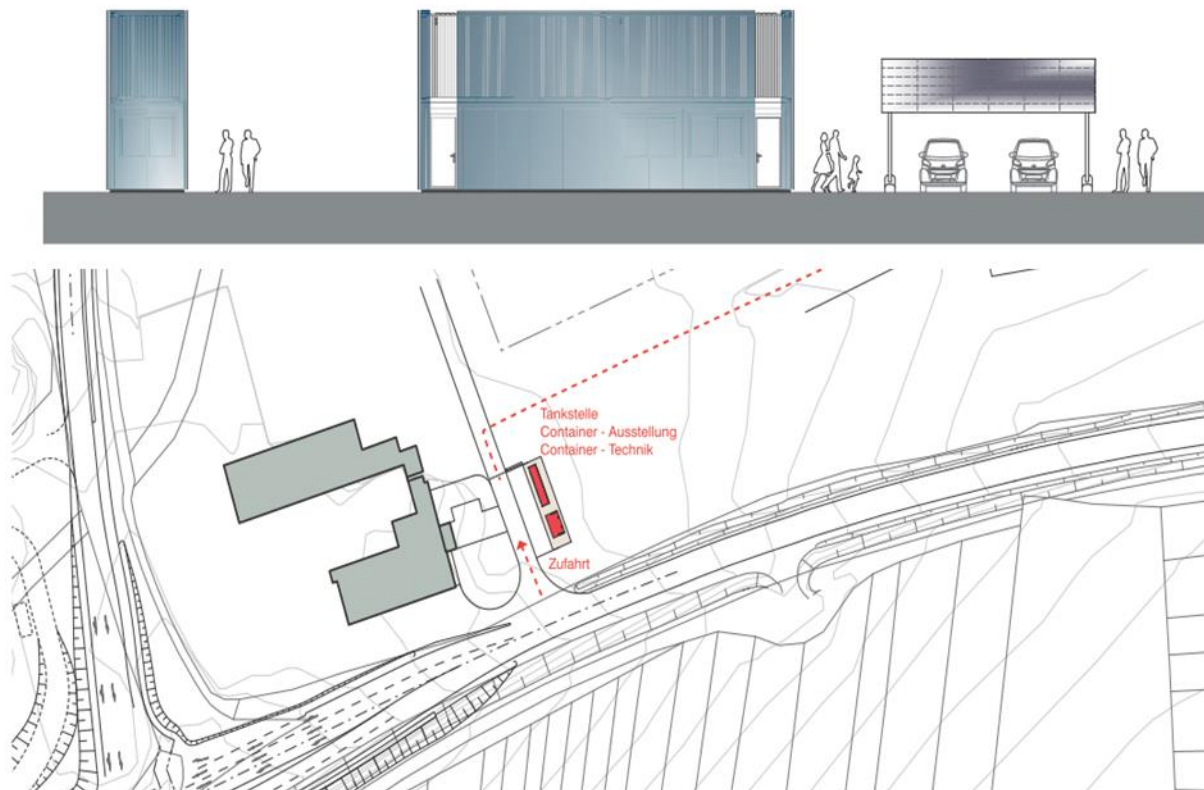


Abbildung 1: Standort und Design E-Station im Entwurf (Quelle: studio 3 architekten)

Die dargestellte Ansiedelung neben dem derzeitigen Verwaltungssitz der Firma Schäfer wurde zum einen aus Gründen der Sichtbarkeit der E-Station für die Öffentlichkeit gewählt, zum anderen ermöglichte der Standort eine durchgehende Betreuung der Station durch die Firma Schäfer während der Öffnungszeiten.

Da die E-Station in der ersten Form nur für eine übergangsweise Nutzung während der Bauphase bestimmt war und nach der Fertigstellung der zukünftigen Energiezentrale umziehen wird, wurde eine baulich kostengünstige Lösung angestrebt. Verwendet wurden alte Seecontainer, die mit einer öffentlichkeitswirksamen Verkleidung bespannt wurden.

Für die regenerative Energieerzeugung wurden ein Solarcarpark sowie ein Kleinwindkrafttrud neben der E-Station geplant und eine mit dem Schaufensterforschungsprojekt "get eready" verbundene Schnellladesäule angegliedert.

Für das Informationszentrum wurde eine Zusammenarbeit mit dem Schaufensterforschungsprojekt "Mobiles Schulungszentrum Elektromobilität" aufgebaut. Dadurch konnte neben einer Präsentation zum Projekt eCar-Park Sindelfingen eine umfangreiche, interaktive Informationsplattform zum Thema Elektromobilität in der E-Station geschaffen werden.

### 3.1.2 Test und Auswahl Elektrofahrzeuge (Testbericht)

(Durchführung: EFG)

Zu Projektbeginn wurden alle am Markt verfügbaren E-Fahrzeuge bezüglich deren Tauglichkeit für das Projektvorhaben überprüft. Im Vordergrund standen dabei maßgeblich die Zugänglichkeit des Fahrzeugs zur Datenerfassung sowie deren Eignung für die Nutzung im Firmenfuhrpark.

Nach langer Suche und vielen Verhandlungen hatte sich letztlich nur Mitsubishi dazu bereit erklärt, die für die Datenerfassung notwendigen Schnittstellen am Fahrzeug freizugeben und ein CAN-Gateway einzubauen. Alle anderen Fahrzeughersteller wollten diese Schnittstelle aus Vertraulichkeitsgründen nicht freigeben.

Damit waren weitere Tests der Fahrzeuge überflüssig und die Fahrzeugwahl fiel bei der EFG auf einen Mitsubishi i-MiEV zur Datenerfassung sowie einen Renault Twizy als Testfahrzeug für die Nutzbarkeit für Kurzstreckenfahrten innerhalb des Projektrahmens (Besprechungen, Baustellentermine etc.).

Die Schäfer GmbH wählte für ihre Nutzung einen Mitsubishi i-MiEV sowie einen Renault Kangoo aus.

### 3.1.3 Planung Einbezug E-Mobilität in das Energiekonzept des Parks

(Durchführung: EFG)

Ausgehend von einem möglichst ganzheitlichen Ansatz der Energienutzung wurde im Konzept versucht, alle innerhalb des entstehenden Gewerbegebiets COBIS benötigten Energiebedarfe und deren Erzeugung in einem übergeordneten Energiekonzept bestmöglich aufeinander abzustimmen.

In dem Konzept wurden konventionelle Erzeugungsformen wie Gas-Brennwertkessel und Kompressionskältemaschinen mit Blockheizkraftwerken, Absorptionskältemaschinen und Wärmepumpen zur Brunnenwassernutzung kombiniert. Zudem wurden regenerativen Energieerzeugern wie Photovoltaik und Windkraft einbezogen. Das Konzept erstreckte sich über die Medien Strom, Kühlwasser, Wärme und Druckluft und sah vor, dass ein übergeordnetes Versorgungsnetz im Park installiert werden sollte, welches von verschiedenen dezentralen Erzeugern und Abwärmequellen aus Unternehmen gespeist wird.

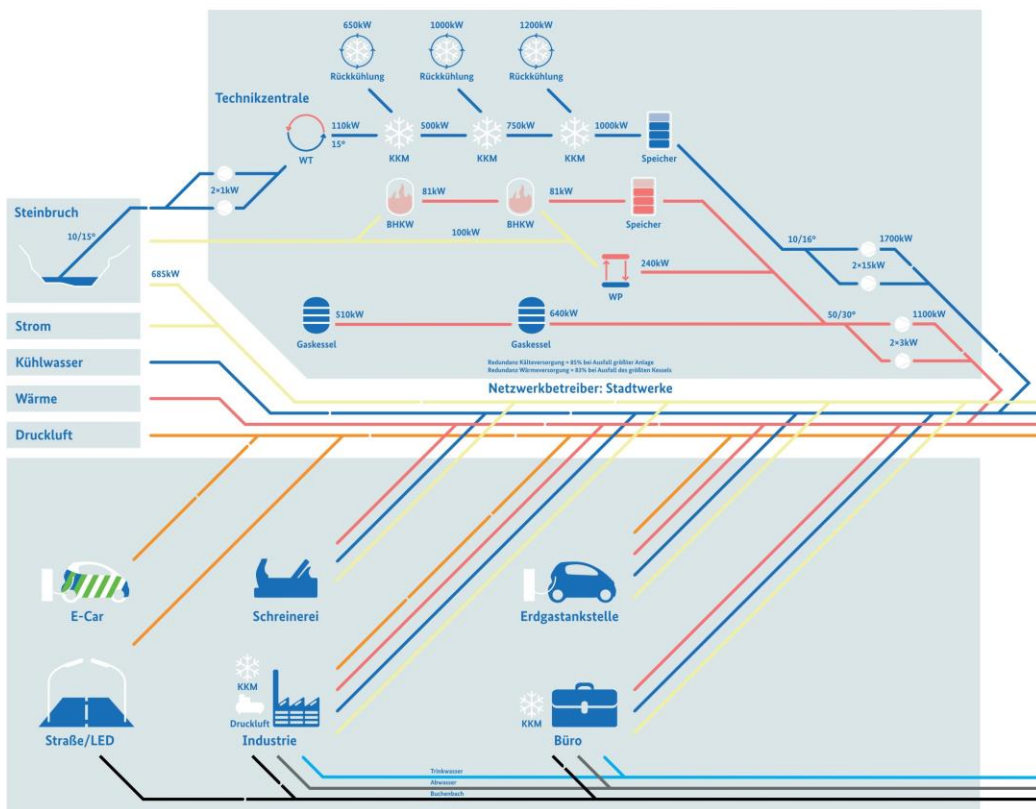


Abbildung 2: Energieversorgungskonzept COBIS Gewerbegebiet (Quelle: studio 3 architekten)

Die Einbindung von Elektrofahrzeugen zur Speicherung von überschüssigem Strom aus den Blockheizkraftwerken, Photovoltaik- und Windkraftanlagen war dabei ein Kernelement. Da zum Zeitpunkt der Konzepterstellung die Technologie der Rückspeisung aus den Fahrzeugen aus technischen und rechtlichen Gründen auf dem deutschen Markt noch nicht verfügbar war, konnte dieser Aspekt lediglich durch entsprechende Annahmen beziehungsweise Abschätzungen eingebunden werden.

Im Verlauf der Abstimmungen zur Gewerbegebietserschließung stellte sich nach und nach heraus, dass das angedachte Konzept aufgrund verschiedener Parameter in der Praxis nicht umsetzbar sein wird. Wichtiger Grund dafür ist der ungewisse Aufsiedlungszeitraum. Da vorab noch nicht bekannt ist, welche Unternehmen sich am Standort ansiedeln werden und in welchem zeitlichen Abstand die Ansiedelung erfolgen wird, kann ein übergeordnetes Netz nicht sinnvoll geplant und aufgebaut werden. Überdimensionale Vorhaltungen wären aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll und werden daher vom künftigen Netzbetreiber ausgeschlossen. Gleichzeitig benötigen und verlangen potenziell ansiedelnde Unternehmen von Anfang an einen definiten Überblick der durch das Konzept entstehenden Mehr- bzw. Minderkosten, was im gewünschten Detaillierungsgrad jedoch nicht zu leisten ist.

Besonders deutlich wird das Problem bei den angedachten Kühlwasser- und Druckluftnetzen. Diese sind sehr stark von den Bedarfen der sich ansiedelnden Betriebe abhängig und im Unterhalt gegenüber den zu erwartenden Bedarfen kaum energetisch und wirtschaftlich darstellbar. Daher wurden diese Netze vom zukünftigen Netzbetreiber als erstes ausgeschlossen. Mit der Entscheidung der Stadt, einen Anschlusszwang für das Gebiet an das geplante Nahwärmenetz zu erlassen, wurde vom künftigen Netzbetreiber dieser Teil des Energiekonzepts übernommen.

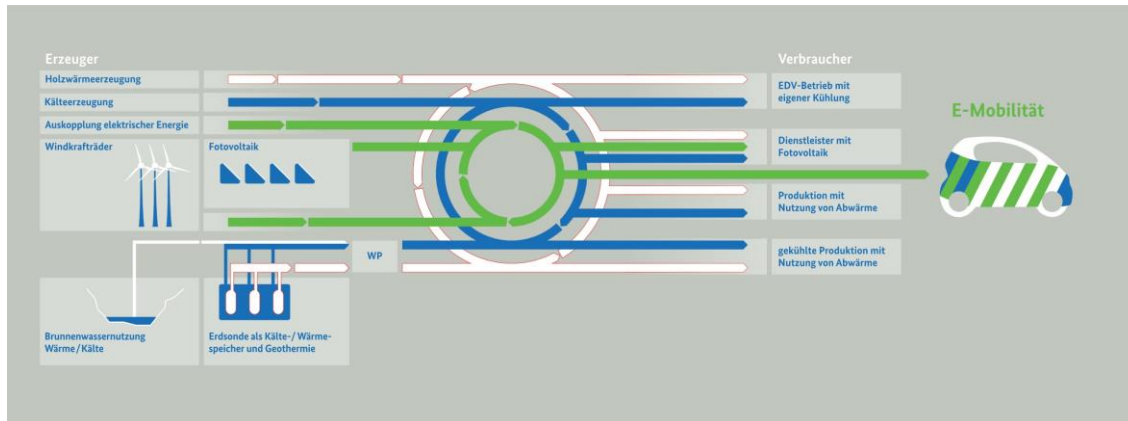
Letztendlich ist aus dem großen, übergeordneten Energiekonzept lediglich das Nahwärmenetz mit Gas-Brennwertkesseln und Blockheizkraftwerken geblieben. Zudem wird für einen kleinen Teil des Gewerbegebiets eine Kälteversorgung mit Brunnenwassernutzung und Absorptionskältemaschinen entstehen.

Elektromobilität wird als Teil des Firmenfuhrparks des Parkbetreibers eingebunden werden und auch die geplanten Ladesäulen in der öffentlichen und halb-öffentlichen Infrastruktur werden aufgebaut werden. Inwiefern eine Kopplung mit der Stromerzeugung im Park möglich ist, muss noch mit dem Netzbetreiber abgestimmt werden. Zur Ermittlung der theoretischen Potenziale wurde eine Energiesimulation erstellt.

### 3.1.4 Planung Einbindung in die Gebietsinfrastruktur

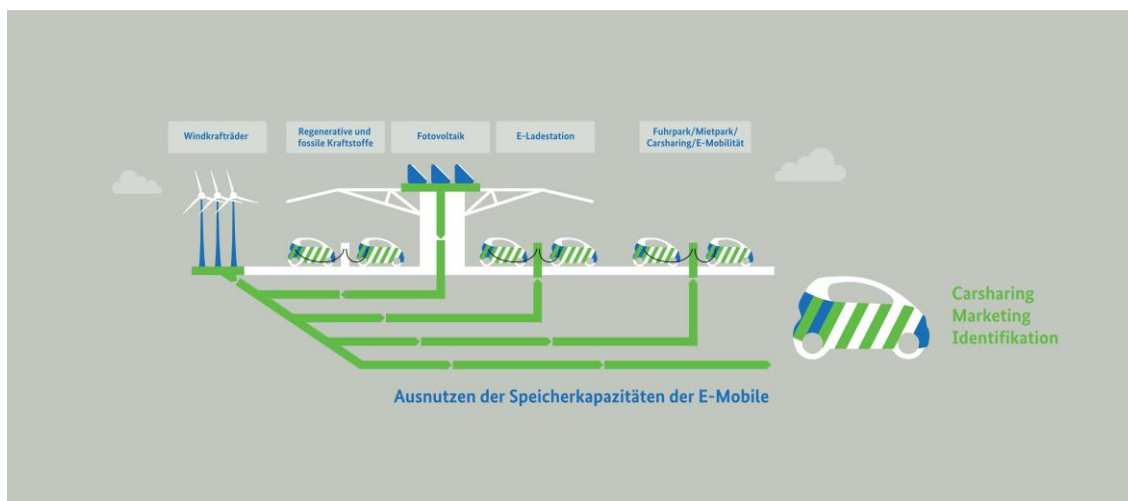
(Durchführung: EFG)

Das entwickelte Konzept sieht vor, möglichst viel des im Gewerbegebiet erzeugten Stroms auch im Gewerbegebiet zu nutzen. Neben klassischen Nutzungsformen für Beleuchtung, Energieerzeugung und Produktionsprozesse soll dabei auch die Elektromobilität eingebunden werden.



**Abbildung 3: Einbindung Elektrofahrzeuge in die Gewerbebetriebsversorgung (Quelle: studio 3 architekten)**

Insbesondere in Zeiten, in denen ein Überschuss an Strom erzeugt wird, soll dieser soweit als möglich in den Elektrofahrzeugen gespeichert werden.



**Abbildung 4: Elektrofahrzeuge als Stromspeicher (Quelle: studio 3 architekten)**

Dabei ist es wichtig, dass im Gebiet eine ausreichend hohe Zahl an Elektrofahrzeugen vorhanden ist, die zum Zeitpunkt der Erzeugungsüberschüsse auch tatsächlich als Energiespeicher genutzt werden kann. Gleichzeitig muss sichergestellt sein, dass die Fahrzeuge ihre originäre Aufgabe – die Erfüllung von

Mobilitätsbedarfen – abdecken können. Für diese Fahrzeuge muss natürlich auch die Ladeinfrastruktur im Gebiet entsprechend ausgebaut werden.

Bei den in der Regel sehr hohen Strombedarfen in Gewerbegebieten ist davon auszugehen, dass messbare und im Falle einer Rückspeisung auch sinnvoll nutzbare Speichereffekte erst bei einer größeren Anzahl an Elektrofahrzeugen erzielt werden können.

Ob eine solch hohe Zahl an Fahrzeugen durch die Firmenflotten erreicht werden kann erscheint – zumindest derzeit - fraglich. Daher wurde im Rahmen der Simulation innerhalb des Forschungsprojekt auch überprüft, welchen Einfluss die Einbindung mitarbeitereigener Elektrofahrzeuge (fortan auch "Mitarbeiterfuhrpark") in die Energieversorgung des Gewerbegebiets haben und welche Speichereffekte sich daraus generieren lassen.

#### 3.1.5 Entwicklung Belegungs-/Abrechnungssystem

(Durchführung: nicht erfolgt)

Vor Beginn des Projekts war angedacht ein Belegungs- und Abrechnungssystem für die Nutzung der im Park vorhandenen Elektrofahrzeuge zu entwickeln. Die Abstimmung des Parkbetreibers mit ersten an einer Ansiedelung interessierten Unternehmen und mit der in der Nähe zum Park wohnhaften Bevölkerung hat jedoch gezeigt, dass derzeit kein Interesse an einer halb-öffentlichen Nutzung von Elektrofahrzeugen besteht. Somit wurde die Idee des Aufbaus eines parkeigenen eCarsharing-Systems vorerst verzichtet.

Zudem war bei den an einer Ansiedelung interessierten Unternehmen bisher kein Interesse an einer Elektrifizierung des Firmenfuhrparks gegeben, so dass Alternativen zur aufwändigen Entwicklung eines parkeigenen Belegungs- und Abrechnungssystems untersucht wurden.

Hierzu wurde eine Zusammenarbeit mit dem Schaufensterprojekt get eReady aufgebaut, in welchem die später im Park installierte Ladeinfrastruktur auch für die Öffentlichkeit freigegeben und nutzbar gemacht werden kann. Im Rahmen des Forschungsprojekts get eReady wurde auch eine entsprechende Belegungs- und Abrechnungssoftware entwickelt, die später an der Ladeinfrastruktur des Parks ebenfalls genutzt werden kann.

#### 3.1.6 Stadtplanerische Einbindung des Gewerbegebiets: Begleitung und Evaluation städtebauliche Planung

+ städtebaulicher Entwurf zur Aufenthaltsqualität und zum Erscheinungsbild (Gebäudestrukturen und Flächenoptimierungspotentiale)

(Durchführung: nicht erfolgt)

Wie in den entsprechenden Zwischenberichten kommuniziert, war eine stadtplanerische Einbindung während der Projektlaufzeit nicht angezeigt, da die Besiedelung des Parks aus planungsrechtlichen Gründen nicht konkretisiert werden konnte. Den interessierten Unternehmen konnten keine finalen Ansiedlungsbedingungen kommuniziert werden, wodurch zu keinem Zeitpunkt Planungssicherheit hergestellt werden konnte. Es erfolgte deshalb weder eine städtebauliche Planung, die zu begleiten und evaluieren gewesen wäre, noch ein städtebaulicher Entwurf.

### 3.2 Arbeitspaket 2:

#### 3.2.1 Bestellung Elektrofahrzeuge

(Durchführung: Schäfer GmbH, EFG)

Wie bereits erwähnt führte die Möglichkeit zur Datenerfassung in den Fahrzeugen letztlich zur Entscheidung für die Bestellung. Die EFG bestellte einen Mitsubishi i-MiEV sowie einem Renault Twizy als Testfahrzeuge, die Schäfer GmbH bestellte einen Mitsubishi i-MiEV sowie einen Renault Kangoo.



Abbildung 5: E-Fahrzeuge des eCar-Park Sindelfingen (Quelle: Schäfer GmbH)

Die Fahrzeuge wurden mit entsprechender Beklebung versehen, um die Zugehörigkeit zum Schaufenster und zum Projekt darzustellen und eine entsprechende Außenwirkung zu erzielen.

### 3.2.2 Bestellung Baumaterial und Anlagen- und Energietechnik

- + Bestellung Material für InfoZentrum
- + Bestellung Messtechnik und Raumausstattung

(Durchführung: Schäfer GmbH)

Bei der Bestellung der Baumaterialien gab es keine nennenswerten Vorkommnisse oder Besonderheiten. Gemäß den Vorgaben wurden die notwendigen Vergleichsangebote eingeholt, die Mittel freigeschalten und die Bestellungen getätigt.

### 3.2.3 Aufbau der notwendigen Infrastruktur

- + Errichten der E-Station
- + Installation der Technik (Ladestationen und Energieanlagen)
- + Einrichten Gebäude und InfoZentrum

(Durchführung: Schäfer GmbH, EFG)

Wie in der Planung bereits beschrieben wurde für die E-Station eine funktionale, vorübergehende Lösung angestrebt, bei der möglichst viele Teile nach der Fertigstellung der neuen Energiezentrale des COBIS Gewerbegebiets umgezogen und weiterverwendet werden können.

Die notwendigen Erschließungsarbeiten (Einebnung des Geländes etc.) erfolgten durch die Firma Schäfer direkt. Die Aufstellung der Container, Anschluss der Ladeinfrastruktur und Verkleidung der Container übernahmen die beauftragten Drittfirmen.

Der Aufbau der Station verlief reibungslos. Lediglich im Rahmen der Baufreigabe kam es zu zeitlichen Verzögerungen, da bei den beteiligten Verwaltungsorganen zu diesem Zeitpunkt noch Unsicherheiten über die rechtlichen Auslegungen zum Thema Elektromobilität und öffentliche Ladestationen bestanden.

Auch die Zusammenarbeit mit den Projekten Get eReady und MSE verlief sehr gut, so dass die E-Station ohne große Verzögerungen in Betrieb genommen werden konnte.



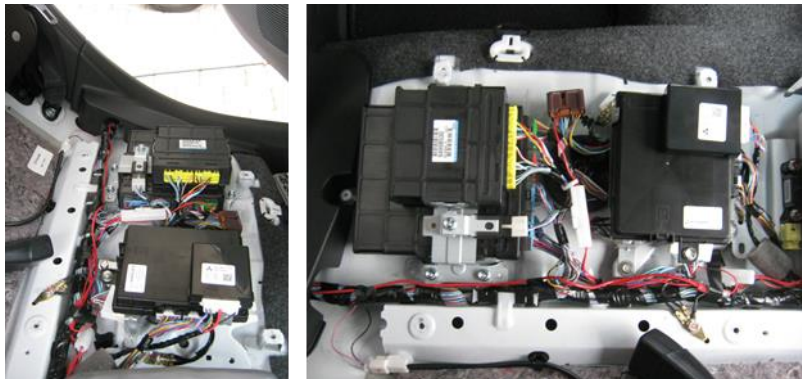


**Abbildung 6: Eröffnung E-Station samt regenerativer Energieerzeugung und Ladeinfrastruktur (Quelle: Schäfer GmbH)**

### 3.2.4 Test und Umrüstung Fahrzeuge (Anschluss GPS-Tracker)

(Durchführung: EFG)

Nach der Ausrüstung des Mitsubishi i-MiEV mit einem CAN-Gateway konnte das Fahrzeug durch die Firma Gigatronic (Verbundpartner im Schaufensterprojekt InFlott) mit einem Datenlogger ausgestattet werden.



**Abbildung 7: Datenlogger Mitsubishi i-MiEV (Quelle: EFG)**

Das Datenlogging wurde über eineinhalb Jahre durchgeführt. Dabei wurde eine Reihe von Fahrzeugdaten mit einer Auflösung von einer Sekunde aufgezeichnet. Die Pakete wurden in Dateien mit je 15 Minuten Datenmaterial zusammengefasst und stündlich auf einen FTP-Server hochgeladen. Zu Beginn gab es zahlreiche Probleme bei der Datenübertragung, wodurch immer wieder Lücken in den Datensätzen entstanden. Die Beseitigung dieser Probleme zog sich über mehrere Monate. Trotzdem war es letztlich möglich, eine genaue Aufzeichnung aller innerhalb eines vollen Jahres angefallenen Fahrten zu erreichen.

Geloggt wurden die folgenden Daten:

- Uhrzeit und Datum
- GPS Daten (Längengrad, Breitengrad, Höhe)
- Geschwindigkeit
- Power Output
- State of Charge (Akkuladung)
- Kilometerzähler
- Schalthebel Position
- Blinker Status
- Bremslicht Status
- Scheinwerfer Status
- Klimaanlage Status
- Lade Status
- Ladespannung
- Schnelllade Status

Die Daten wurden im CSV-Format zur Verfügung gestellt und mussten vor der Integration in die Simulation noch verarbeitet werden. Zunächst mussten die einzelnen CSV-Dateien zusammengefügt werden, um einen Import in Excel zu ermöglichen, der nicht immer problemlos funktionierte. Das Hauptproblem lag allerdings in der Auflösung der Daten, da die Simulation zur Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Energieversorgung des Gewerbegebiets COBIS als iteratives Verfahren mit einer Laufzeit von 8760 Stunden und einer stündlichen Auflösung aufgebaut ist. Die Schwierigkeit lag nun darin, die stündlichen Mittelwerte über die gesamte verfügbare Datenmenge entsprechend zu erstellen.

Die Daten sollten vor Allem dazu verwendet werden, Annahmen in der Simulation zu validieren, aber auch eine reale Grundlage für diese bilden. Die wichtigsten erfassten Kenngrößen für die Simulation waren der Verbrauch des Fahrzeugs über den State of Charge und die gefahrenen Kilometer. Zudem wurden der Power-Output und die GPS-Daten sowie der Ladestatus analysiert um einen höheren und verlässlicheren Detaillierungsgrad in der Simulation zu erreichen.

### 3.2.5 Aufbau und Inbetriebnahme Carsharing-Station + Aufbau Verwaltungsstruktur

(Durchführung: nicht erfolgt)

Aufgrund des bisher fehlenden Interesses an einer Ansiedelung interessierter Unternehmen wurde der Aufbau einer parkeigenen Carsharing-Station nicht weiterverfolgt. Entsprechend wurde die dafür notwendige Verwaltungsstruktur ebenfalls nicht aufgebaut.

### 3.3 Arbeitspaket 3:

#### 3.3.1 Messung Energieerzeugung, Energiebedarf

(Durchführung: EFG)

Da der Aufbau des Gewerbegebiets in der Projektlaufzeit nicht realisiert werden konnte, konnte die Messung der Energieerzeugung und des Energiebedarfs im Park nicht durchgeführt werden. Stattdessen wurde der Energiebedarf anhand von Kennwerten simuliert. Dazu wurde die zu erwartende Aufsiedelung des Parks abgeschätzt und diese mit typischen Energiebedarfswerten der jeweiligen Branche bewertet. Aufbauend auf dem sich daraus ergebenden Bedarf wurde ein mit dem späteren Netzbetreiber als realistisch angesehenes Versorgungskonzept erarbeitet und dieses in seiner Erzeugerleistung simuliert.



**Abbildung 8: Visualisierung Aufsiedelung COBIS Sindelfingen (Quelle: studio 3 architekten)**

Wie oben beschrieben war die Erstellung eines umfassenden Gesamtkonzepts nicht realisierbar, solange nicht alle später ansässigen Unternehmen feststehen. Das wirtschaftliche Risiko möglicher Fehlinvestitionen in Netzstrukturen, die evtl. später nicht genutzt werden können, war dem künftigen Netzbetreiber zu groß.

Das verbleibende Konzept sieht daher als übergeordnete Netzkomponente lediglich ein Nahwärmenetz vor, welches unter anderem von Blockheizkraftwerken gespeist wird. Als weitere, für die Einbindung von Elektromobilität wichtige Komponenten wurde die Belegung der Dachflächen mit Photovoltaik und die Installation von Kleinwindkraftanlagen (<10 KW) als umsetzbar eingeschätzt. Insbesondere die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Nutzung von Windkraftanlagen machen den Einsatz von größeren Anlagen in Gewerbegebieten unmöglich. Hinzu kommt, dass die Besiedlungsstruktur in Gewerbegebieten die zu erwartenden Leistungen aus Windenergie insbesondere in Bodennähe deutlich abschwächt, wodurch keine großen Energieerträge aus Windenergie zu erwarten sind. Weitere Quellen regenerativer Stromerzeugung wie z.B. Wasserkraftnutzung sind am Projektstandort nicht realisierbar.

### 3.3.2 Messung Fahrverhalten (Zeiten, Strecken, Verbrauch)

(Durchführung: EFG)

Nach umfassender Recherche der bereits existierenden Daten zu Fahrzeugtests wurde beschlossen keine weiteren Tests an den Fahrzeugen durchzuführen, da die zu erwartenden Ergebnisse keinen Mehrwert gegenüber den bereits vorliegenden Ergebnissen aus wesentlich umfangreicheren Tests ergeben hätten. Stattdessen wurde das Fahrtenbuch der Firmenfahrzeuge der EFG um einige vom Fahrer bei jeder Fahrt auszufüllenden Parameter erweitert. Die nachfolgende Grafik zeigt die zusätzlichen Eingabefelder für jede erfasste Fahrt.

Die Daten wurden für den gesamten Projektzeitraum gesammelt und der Universität Stuttgart für die Verwendung innerhalb Schaufenster-Forschungsprojekte zur Verfügung gestellt. Die interne Auswertung der Daten ergab eine mit der Nutzungsdauer ansteigende Akzeptanz der Elektrofahrzeuge. Allerdings wurden die Fahrzeuge auch gegen Projektende im Wesentlichen auf kurzen Strecken und verstärkt im Stadtverkehr eingesetzt.

Auf langen Strecken zeigte sich eine hohe Unsicherheit bei den Mitarbeitern bezüglich der Reichweite der Fahrzeuge. Bei Autobahnfahrten wurde zudem häufig ein Gefühl der Unsicherheit bedingt durch die Bauweise und die begrenzte Fahrgeschwindigkeit zum Ausdruck gebracht.

Fahrtenbuch Elektromobilität

Fahrdauer/Uhrzeit von	bis	Fahrtziel / Reiseroute	Reisezweck / Gesprächspartner

Datum: \_\_\_\_\_ Renault "Twizy"  Mitsubishi "i miev"

Reichweite Akku vor / nach Fahrt: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ km

genutzte Ausstattung:

Raumheizung	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Sitzheizung	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Klimaanlage	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Radio	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Licht	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>

Elektroauto beim Zwischenstopp aufgeladen? ja  nein

wenn ja: Reichweite Akku vor / nach Ladevorgang: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Elektroauto bei Fahrtende aufgeladen? ja  nein

Handling Ladevorgang: gut  ungenügend

Bemerkung:

Einfluss Außentemp. auf Funktion / Akkuzustand usw.? ja  nein

Bemerkung:

**Erlebnisbericht**

Erste Eindrücke

immer wieder gerne	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	einmal und nie wieder
erfreulich	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	ärgerlich
praktisch	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	unpraktisch
bequem	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	unbequem

km - Stand Fartbeginn	gefahrte Kilometer			km - Stand Fahrtende	Name Kürzel
	dienstl.	privat	Wohnung / Betrieb		

Alltagstauglichkeit und Komfort

Handling / Bedienung: gut  ungenügend

Bemerkung:

Sicherheitsgefühl: gut  ungenügend

Bemerkung:

Bedürfnisse erfüllt:

Top Speed	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Reichweite	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Sitzplätze	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Wendekreis	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>
Fahrkomfort	ja	<input type="checkbox"/>	nein	<input type="checkbox"/>

falls "nein" warum?:

Was sollte Ihrer Meinung nach verbessert werden, um die Nutzung der Elektrofahrzeuge attraktiver zu machen?

Besondere Vorkommnisse / Anregungen / Ideen

**Abbildung 9: Fahrtenbuch Elektrofahrzeuge EFG im Rahmen des Forschungsprojekts**

3.3.3 Test Laden/ Entladen und Rückeinspeisung (Testbericht)

(Durchführung: EFG)

Um die Möglichkeiten zur Einbindung von Elektrofahrzeugen in das Energiekonzept des Gewerbegebiets Cobis besser einschätzen zu können wurden Tests zum Ladeverhalten des Fahrzeugs durchgeführt. Dazu wurden sowohl an der Fahrzeugbatterie, als auch an der Ladesäule Messungen zur Erfassung von Ladeströmen und Ladezuständen durchgeführt. Die Fahrzeugladung erfolgte an einer Wallbox Ladestation unter Verwendung eines Typ 2 Ladesteckers.

Nach Angaben von Mitsubishi beträgt die maximale Ladeleistung bei 230 V und 15 A 3,3 KW. Die Auswertung der Messungen an den projekteigenen Ladesäulen ergab eine Ladeleistung von ca. 3,1 KW bei einer Spannung von ca. 330V und einem Ladestrom von ca. 9,5 A. Während des Ladevorgangs zeigten sich Auffälligkeiten am Anfang des Ladevorgangs sowie kurzzeitige Einbrüche bzw. ein kurzzeitiges Aussetzen des Ladevorgangs, die nicht wirklich erklärt werden konnten.

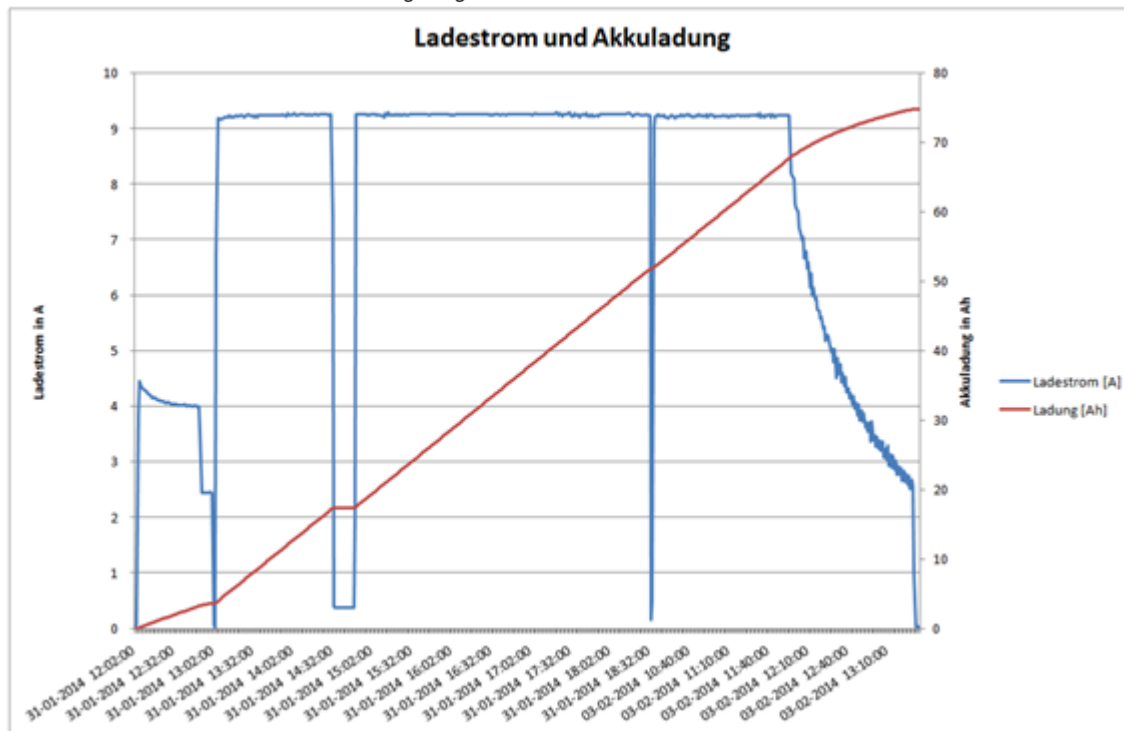
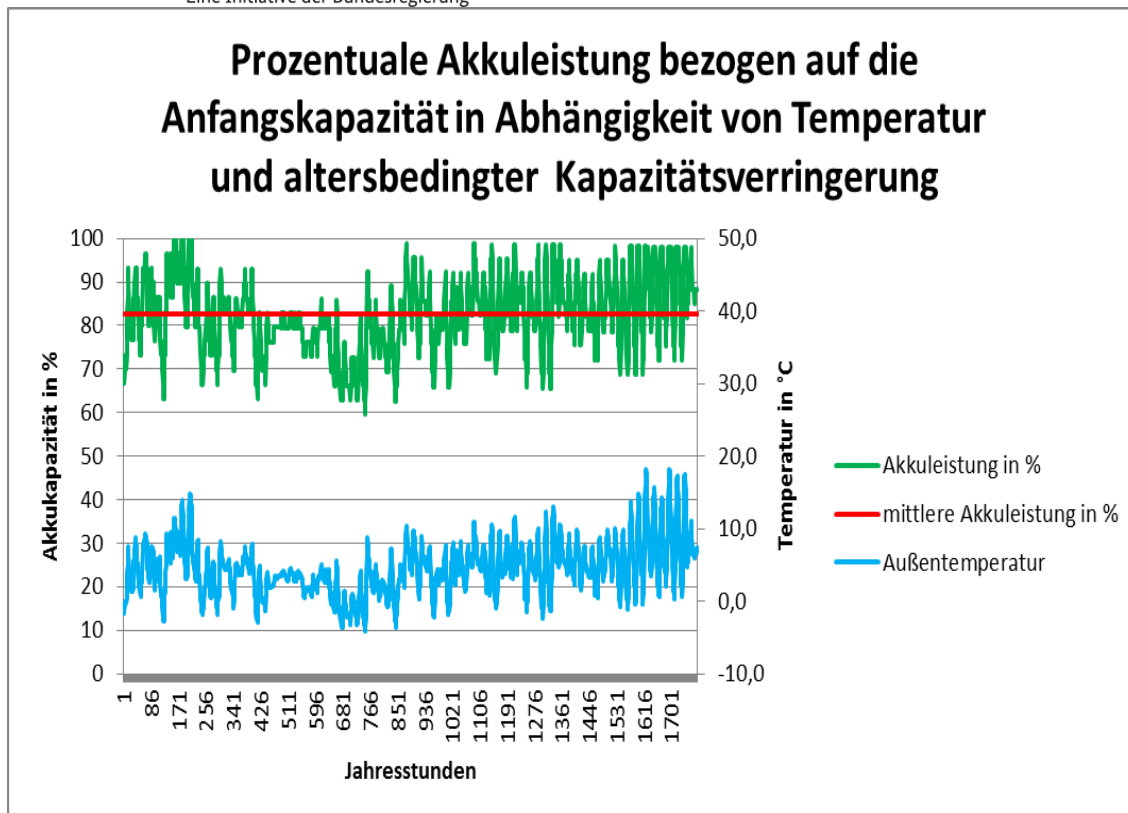


Abbildung 10: Ladestrom und Akkuladung Test Mitsubishi i-MiEV

Längerfristige Unterbrechungen wie z.B. zwischen 14:30 Uhr und 15 Uhr in der obigen Abbildung sind durch Abwesenheit des Fahrzeugs zu erklären. In dieser Zeit zeigt das Messgerät einen Fehlerstrom an. Grundsätzlich bestätigten die Messungen die Angaben von Mitsubishi, so dass im projekteigenen Simulationstool für den Ladevorgang von einem konstanten Ladestrom ausgegangen werden kann.

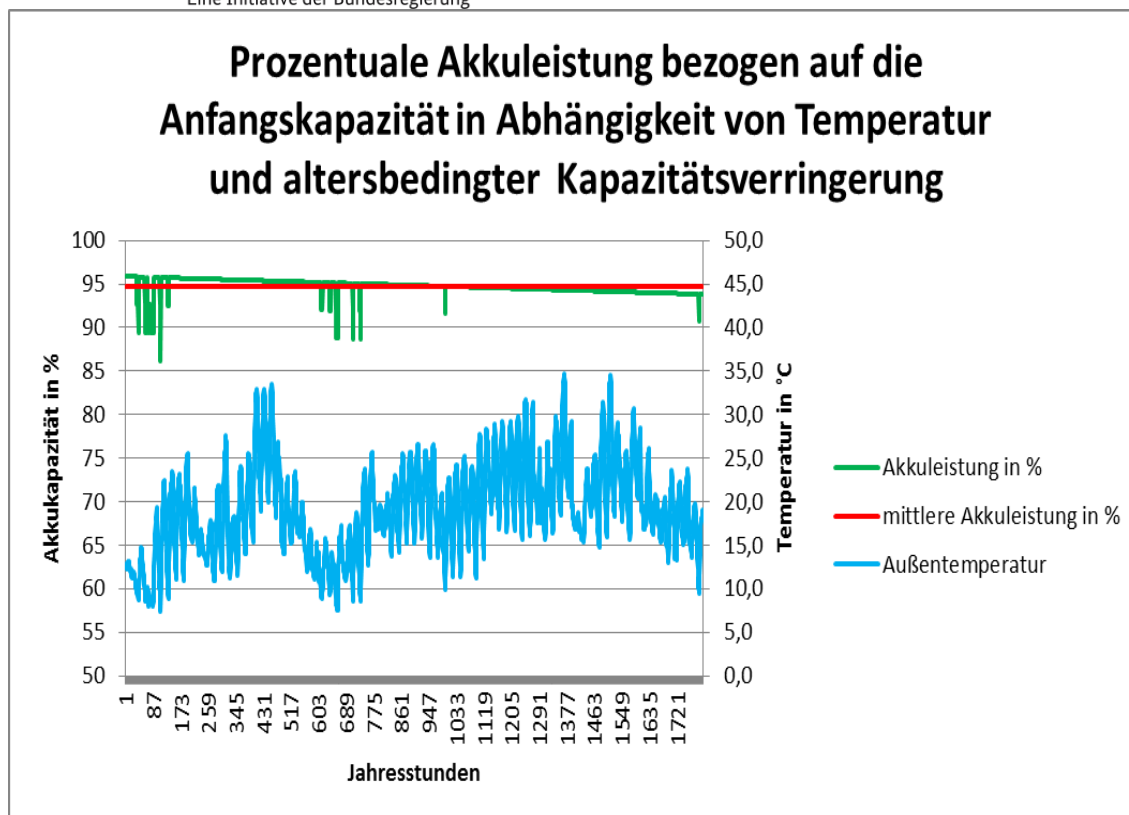
#### Akkudaten

Neben der Analyse der Be- und Entladeströme sind eine Reihe weiterer Parameter für den Aufbau des Simulationstools von Bedeutung. Zum Beispiel wird die nutzbare Kapazität der Akkus durch das Batterie-Management-System, kurz BMS, auf etwa 80% begrenzt. Darüber hinaus ist die maximal mögliche Ladung der Akkus von der Temperatur während des Ladevorgangs abhängig. Diese können nur in einem Bereich von 12°C bis 30°C zu 100% geladen werden. Bei höheren Temperaturen greift eine Akku-Kühlung ein, über eine Akku Heizung verfügen die verwendeten Fahrzeuge nicht. Das bedeutet, dass die Akkus bei 0°C nur noch zu 60% geladen werden können. Bei -20°C Akkutemperatur ist keine Ladung mehr möglich. Diese Abhängigkeit wird in der Simulation nach linearer Interpolation mit einem Korrekturfaktor berücksichtigt und ist in den folgenden Grafiken dargestellt.



**Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Akkuleistung, Temperatur und Alter (Jan. – Mrz.)**

Man sieht deutlich, dass die mittlere Akkulaufzeit in den Monaten Januar bis März nur bei etwas über 80% liegt. In den Monaten Juni bis August liegt diese bei knapp 95% wie die folgende Grafik zeigt.



**Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Akkuleistung, Temperatur und Alter (Jun. – Aug.)**

Des Weiteren wurde eine altersbedingte Reduzierung der Kapazität berücksichtigt. Diese wurde aus Erfahrungswerten ermittelt und mit 10% jährlich festgesetzt. Da für die Ladung und Entladung ein Laderegler notwendig ist, wurde in der Simulation von einer konstanten und linearen Ladung ausgegangen. Bei der Ladung mit 230V ergab daraus beispielsweise eine Ladeleistung von 3,08KW. Für die mögliche Entladeleistung wurden 2,46KW errechnet. Die Ergebnisse wurden entsprechend im Simulationstool berücksichtigt.

Da die Technologie zur Rückspeisung im Projektzeitraum auf dem deutschen Markt noch nicht verfügbar war, konnten diesbezüglich keine Tests und Messungen durchgeführt werden.

### 3.3.4 Test Integration computerbasierter Steuerungsmodelle für Energieregulung

(Durchführung: nicht erfolgt)

Auch die Durchführung der Tests zur Integration computerbasierter Steuerungsmodelle konnte im Rahmen des Forschungsprojekts nicht umgesetzt werden, da die notwendige Infrastruktur im Gewerbegebiet noch nicht aufgebaut werden konnte.



Im Rahmen der Simulation zur Einbindung der Elektrofahrzeuge in die Energieversorgung des Parks wurde allerdings ein Regelalgorithmus eingebunden, der ein späteres Computerbasiertes Steuerungsmodell simulieren soll (siehe Ablaufdiagramm Simulation).

### 3.3.5 Erstellung Fragebögen zur Ermittlung des Nutzerverhaltens bei der Aufladung

(Durchführung: EFG + Städtebau-Institut)

Zur Ermittlung des Nutzerverhaltens wurde für die Fahrten mit den Elektrofahrzeugen ein erweitertes Fahrtenbuch geführt, in dem die Mitarbeiter ihre Erfahrungen mit den Elektrofahrzeugen während der Fahrt eintragen und Angaben zur Fahrzeugnutzung (z.B. den Einsatz der Klimaanlage) sowie über erfolgte Zwischenladungen des Fahrzeugs geben mussten.

In der überwiegenden Zahl der Fahrten wurde das Fahrzeug nach Rückkehr in die Firmenzentrale direkt an eine Ladesäule angeschlossen und war mit dieser bis zum Beginn der nächsten Fahrt verbunden. Die Nutzer zeigten somit ein gutes Verständnis für die Problematik der mit der langen Ladezeit verbundenen Verfügbarkeit der Fahrzeuge für weitere Nutzer.

Die Tatsache, dass die Fahrzeuge normalerweise bis zur nächsten Fahrt an die Ladeinfrastruktur angekoppelt blieben bietet eine gute Grundlage für die Nutzung von Elektrofahrzeugen als Energiespeicher sowie deren Einbindung in Smart-Grid-Systeme (gezieltes Laden zu günstigen Zeitpunkten oder Be- und Entladung der Fahrzeuge nach Bedarf).

In wenigen Fällen wurde das Fahrzeug zusätzlich in der Abwesenheit von der Firmenzentrale aufgeladen, was aber wahrscheinlich an der geringen Verfügbarkeit von Ladesäulen bei den gewählten Fahrzielen lag.

#### Akzeptanz der Fahrzeuge

Die Auswertung dieses Fahrtenbuchs zeigte zudem, dass insbesondere zu Beginn der Nutzung Unsicherheit und Unwohlsein bezüglich der Reichweiten der Fahrzeuge und der damit verbundenen Sicherheit ohne Probleme an Fahrtziel zu gelangen bestand. Über die Zeit wurden diese Unsicherheiten zwar weniger, die Fahrzeuge wurden aber dennoch überwiegend nur auf Kurzstrecken (z.B. <80km beim Mitsubishi i-MiEV) genutzt. Damit wurden die Fahrzeuge überwiegend für Fahrten eingesetzt, die ca. 2/3 der maximalen Akkuladung entsprachen.

Die Fahrzeuge wurden vermehrt für Fahrten in Stadtgebiet genutzt und weniger auf Autobahnen eingesetzt. Dies lag zum einen an einer gefühlten Unsicherheit der Nutzer bezüglich der

Maximalgeschwindigkeiten der Fahrzeuge (Behinderung auf Autobahnen insbesondere bei Bergstrecken), zum anderen wurde bei Fahrten insbesondere nach Stuttgart die erhöhte Verfügbarkeit kostenloser Parkplätze geschätzt.

Als negativ wurden die starke Verringerung der Reichweite in den Wintermonaten (geringere Batterieleistung) sowie die starke Verringerung durch den Einsatz der Fahrzeugheizung empfunden, wodurch die Nutzung der Fahrzeuge in den Wintermonaten deutlich gegenüber der Nutzung im Sommer einbrach.

#### Einsatz im Forschungsprojekt

Für den Einsatz im Forschungsprojekt waren die Fahrzeuge sehr gut geeignet, da die Entfernung zum Projektstandort (COBIS Sindelfingen) sehr gering war und dieser über Landstraßen erreichbar ist. Auch für die Fahrten zu den Projekttreffen im Rahmen des Schaufensters Elektromobilität in der Region Stuttgart konnten aufgrund der geringen Distanz gut mit den Elektrofahrzeugen zurückgelegt werden. Förderlich war auch, dass in vielen der Verbundprojekten Ladesäulen aufgebaut wurden, die für eine Zwischenladung genutzt werden konnten, was zu einem höheren Sicherheitsgefühl bei den Mitarbeitern und damit zu einer höheren Fahrzeugnutzung führte.

Für den generellen Einsatz der Fahrzeuge in einem Ingenieurbüro wie der EFG eignen sich die Elektrofahrzeuge bei derzeitigem Stand der Technik allerdings nur sehr begrenzt, da ein Großteil der Fahrten im Tagesgeschäft die Reichweite der Elektrofahrzeuge deutlich übersteigt. Die fehlende Möglichkeit einer schnellen Aufladung und die geringe Verfügbarkeit von Ladesäulen erschweren den Einsatz zudem deutlich.

#### **Umgang mit Projektverzögerung: Alternativer Ansatz zur Ableitung der Mobilitätsbedarfe**

##### Erhebung branchenspezifischer Firmenfuhrparkgrößen und -zusammensetzungen

Aufgrund der anhaltenden Verzögerungen im Bebauungsplanverfahren wurde es im Verlauf des Projekts nötig, eine alternative Vorgehensweise zur Erhebung von Mobilitätsbedarfen zu entwickeln. Eine Ableitung dieser Bedarfe während der ursprünglich geplanten sukzessiven Bebauung war nicht möglich, deshalb hat das Städtebau-Institut die im Zwischenbericht 2014 erstmals angekündigte Simulation der Mobilitätsbedarfe entwickelt und durchgeführt. Das Fundament dieser Simulation bilden die

- Befragung von ca. 1.000 Unternehmen zur Ableitung branchenabhängiger Fuhrparkgrößen und -zusammensetzungen sowie
- die Sammlung branchenspezifischer realer Fahrtenbücher zur Identifikation konkreter Fahrprofile.

In einem ersten Schritt wurden Gewerbeparks im Großraum Stuttgart identifiziert, die hinsichtlich Größe und verkehrlichem Anschluss mit dem COBIS-Gewerbepark vergleichbar sind. Per Internetrecherche wurden hiernach die in den Gewerbeparks sitzenden Unternehmen eruiert. Dabei wurden die zugehörige Branche bzw. das Portfolio, relevante Kontaktmöglichkeiten (Telefonnummer und Email-Adresse) sowie – falls vorhanden – die Mitarbeiterzahl ermittelt. Die Kontaktaufnahme dieser ca. 1.000 Unternehmen erfolgte vorrangig per Telefon nachdem ein Versuch, die Datenerhebung per Online-Umfrage durchzuführen aufgrund mangelnder Teilnahme eingestellt werden musste. Zu Beginn wurde auch die Bereitschaft zur Offenlegung der Fahrtenbücher abgefragt. Aufgrund teilweise empörter Reaktionen, die mitunter sogar zur nachträglichen Teilnahmeverweigerung führten, wurde diese Frage eingestellt.

Jedes Unternehmen wurde im Zuge der Umfrage gebeten, alle auf das Unternehmen zugelassenen Fahrzeuge (Marke & Typ), die Anzahl der Mitarbeiter (Vollzeit, Teilzeit, Auszubildende) sowie die Fahrzeugzuordnung (durch mehrere Mitarbeiter genutztes Poolfahrzeug oder einem Mitarbeiter zugeordnetes Fahrzeug mit bzw. ohne Privatnutzung).

Von den 991 befragten Unternehmen nahmen 324 auswertbar an der Umfrage teil, mithin 32,7% (siehe Abbildung 13). Der zugehörigen Datentabelle im Anhang lässt sich die räumliche Verortung der Gewerbeparks, die jeweilige Parkfläche und der Anzahl kontaktierter sowie teilgenommener Unternehmen entnehmen.

Ausgehend von der Stichprobe wurden die fünf Branchen Handwerk, Handel, Dienstleistungen, Produktion und Vertrieb/Logistik ermittelt. Dieser Brancheneinteilung konnten fast alle Unternehmen zugeordnet werden. Eine Kategorie "Sonstiges" versammelt vier nicht in die genannten Branchen zuordenbare Unternehmen, die jedoch aufgrund zu kleiner Stichprobe in der Auswertung nicht berücksichtigt werden konnten.

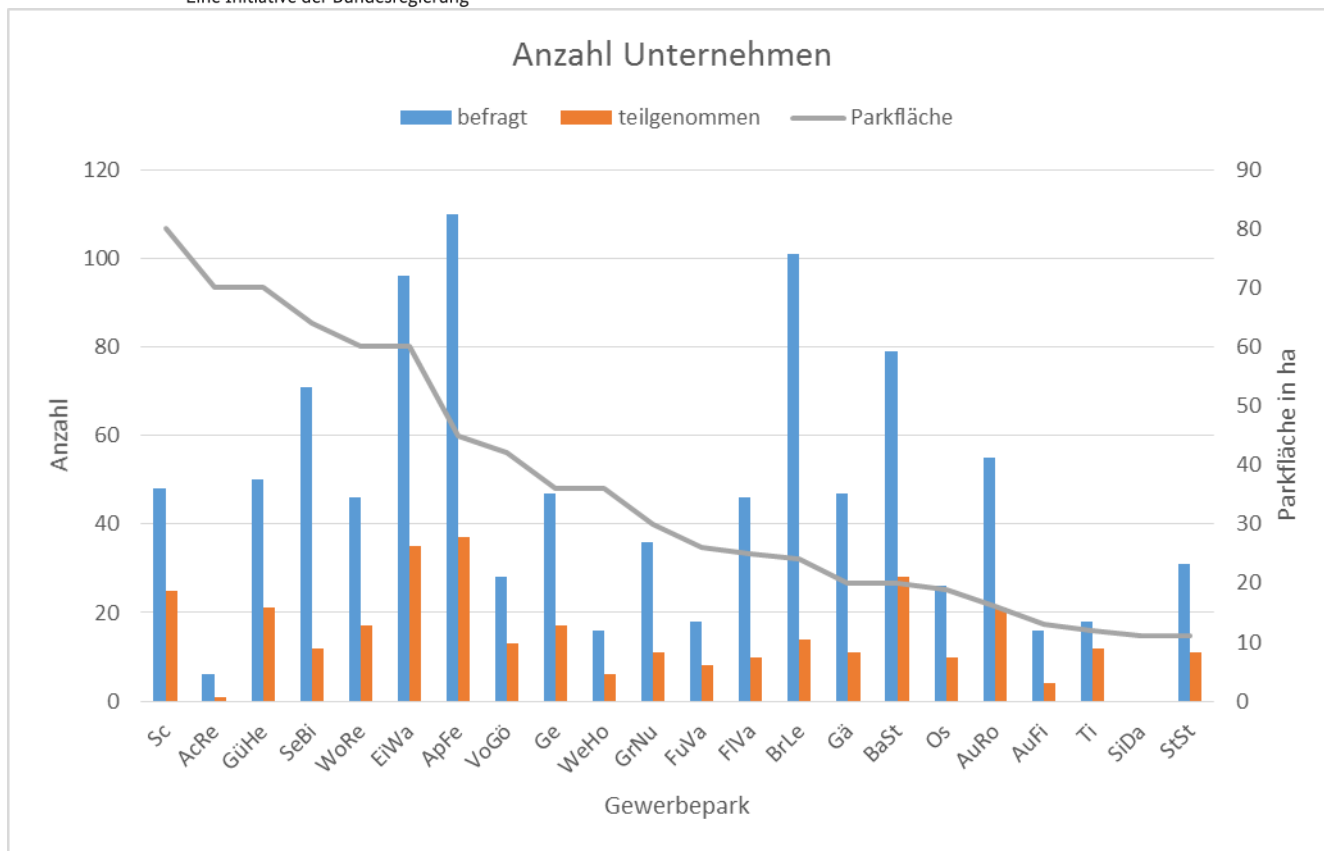


Abbildung 13: Gewerbeparkspezifischer Anteil der an der Umfrage teilgenommenen Unternehmen

Die Fahrzeugkategorien wurden entsprechend Tabelle 1 zusammengefasst. Da es am Markt während der Projektlaufzeit keine elektrischen Alternativen in den verschiedenen Lkw-Segmenten gab, wurde der Fokus auf Pkw (A,B; C,D; E,F) und kleine/mittlere Nutzfahrzeuge (G,H,I,L) gelegt.

Tabelle 1: Einordnung der Fahrzeugklassen in vier Kategorien

A,B	C,D	E,F	G,H,I,L
A: Minis/ Kleinstwagen	C: Kompaktklasse	E: Oberklasse	G: Mini Vans & leichte Nutzfahrzeuge H: Kleinbusse & mittlere Nutzfahrzeuge
B: Kleinwagen	D: Mittelklasse	F: SUV	I: Kleintransporter L: Pritschenwagen/Pick-ups

### **Auswertung Umfrage:**

Parkspezifische Beschreibung der Stichprobe:

Zu den folgenden Abbildungen der gewerbeparkspezifischen Auswertungen finden sich die jeweiligen Datentabellen im Anhang. Die Unternehmen der Branche "Sonstige" sind in den nachfolgenden Abbildungen bereits schraffiert dargestellt; die Kategorie musste aufgrund zu geringer Stichprobe (nur 4 Unternehmen) sowie eines überrepräsentierten Unternehmens (1.500 Mitarbeiter mit vermutlich falscher Nennung der Fahrzeuganzahl von in Summe 16) von der Auswertung ausgenommen werden.

**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gibt die gewerbeparkspezifische Anzahl der Unternehmen je Branche wider. Es lässt sich festhalten, dass es kein eindeutiges Muster an Branchenzusammensetzungen über die Gewerbeparks hinweg gibt. Über die gesamte Stichprobe hinweg ließen sich 36,1% aller Unternehmen dem Dienstleistungssektor zuordnen, die Branchen Produktion (21,6%) und Handwerk (21,3%) waren jeweils etwa gleich stark vertreten. Die viertgrößte Gruppe bildeten die Unternehmen der Branche Handel (14,2%). Dem Bereich Vertrieb/Logistik waren 5,6% aller teilnehmenden Unternehmen zuzuordnen. Die kleinste Gruppe bildeten Unternehmen, die sich keiner der fünf Branchen zuordnen ließen und deshalb die Rubrik Sonstige bildeten (1,2%). Eine Besonderheit bzgl. der Teilnahmequote stellt der Gewerbepark Achalm bei Reutlingen ("AcRe") dar, in dem trotz der zweitgrößten Parkfläche kaum Unternehmen identifiziert werden konnten und lediglich eines an der Befragung teilgenommen hat.

Beim Blick auf die gewerbeparkspezifische Anzahl der Mitarbeiter je Branche in Abbildung 15 fallen die überdurchschnittlich hohen Mitarbeiterzahlen im produzierenden Gewerbe in den Gewerbeparks Eisental/Waiblingen ("EiWa") sowie Gründen/Nufringen ("GrNu") auf. Ebenso zeigen sich in der Branche Dienstleistung überdurchschnittliche Mitarbeiterzahlen in den Gewerbeparks Voralp/Göppingen ("VoGö") sowie Bad Cannstatt/Stuttgart ("BaSt"). Jeder dieser Ausreißer ist auf jeweils ein Unternehmen zurückzuführen, welches mit Abstand die meisten Mitarbeiter am jeweiligen Standort beschäftigt.

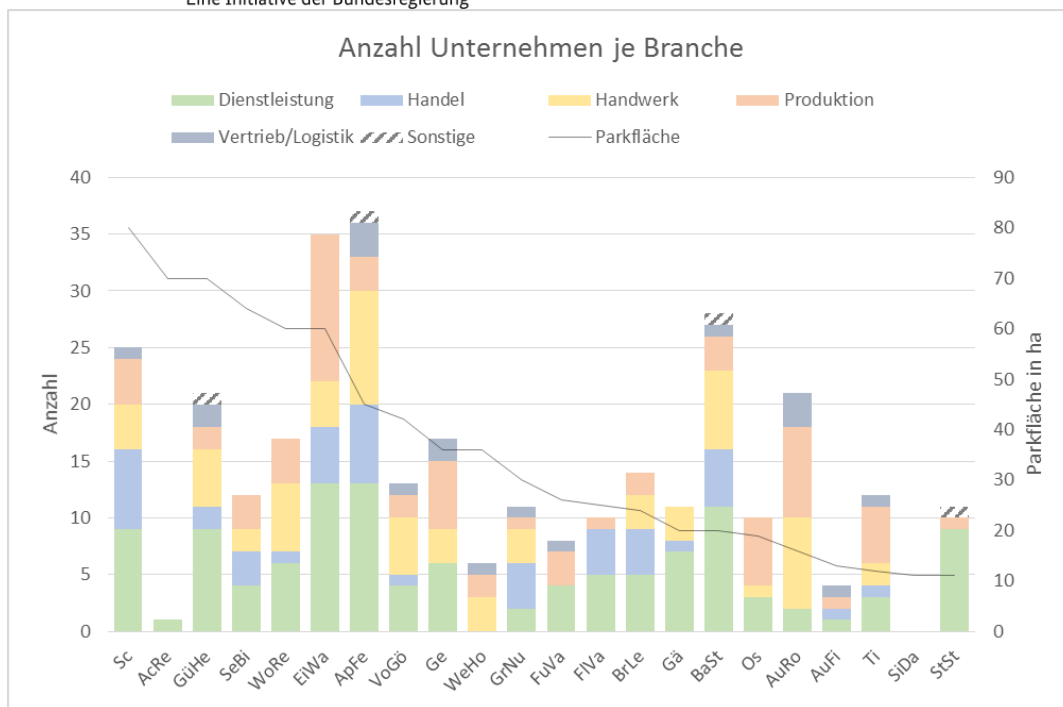


Abbildung 14: Gewerbeparkspezifische Anzahl Unternehmen je Branche

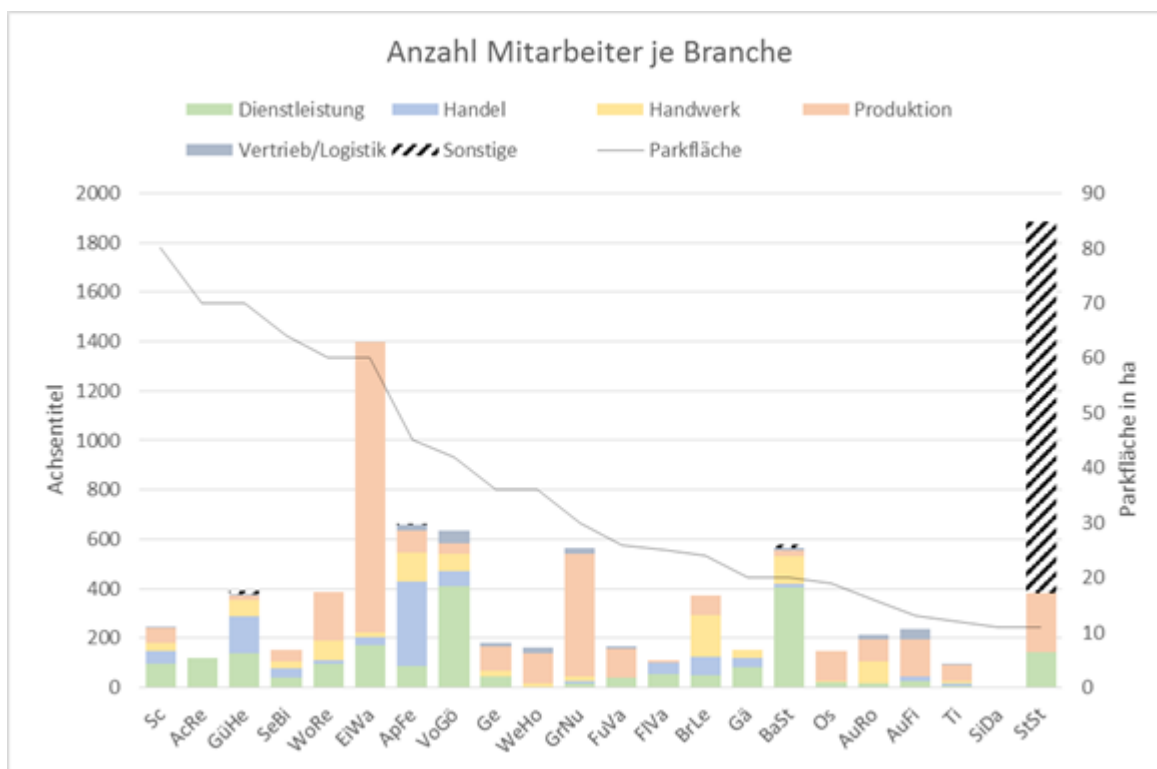


Abbildung 15: Gewerbeparkspezifische Anzahl Mitarbeiter je Branche

Zum Abschluss der auf Branchen bezogenen Untersuchung der Stichprobe gibt Abbildung 16 einen Überblick über die Anzahl der Fahrzeuge je Branche. In der Branche Dienstleistung betreiben die Unternehmen des Gewerbeparks Bad Cannstatt/Stuttgart ("BaSt") überraschend deutlich die meisten Fahrzeuge, was auf einen großen ambulanten Pflegedienst zurückzuführen ist, der mit einer verhältnismäßig großen Flotte von 70 Pkw operiert. Daneben zeigt sich wiederum ein sehr hohes Ergebnis im Sektor Produktion des Gewerbeparks Gründen/Nufringen ("GrNu"). Auch hier besteht der Fuhrpark eines einzelnen Unternehmens aus ca. 70 Fahrzeugen – es handelt sich dabei um dasselbe Unternehmen, das auch für den Ausschlag bei der Mitarbeiterzahl ursächlich ist. Dagegen hält das Unternehmen, das im Park "EiWa" für den hohen Ausschlag der Mitarbeiterzahlen sorgt, mit 12 Pkw der Kompaktklasse verhältnismäßig wenige Fahrzeuge.

Die vier im Gewerbepark Augenloch/Filderstadt ("AuFi") gelegenen Unternehmen, die an der Umfrage teilgenommen haben, gaben allesamt an, über keine Firmenfahrzeuge zu verfügen.

Zuletzt lässt sich ein verhältnismäßig hoher Ausschlag an Fahrzeugen im Sektor Handwerk im Park Auf der Höhe/Rommelshausen ("AuRo") feststellen. Dieser verteilt sich im Gegensatz zu allen anderen beschriebenen Extremwerten gleichmäßig auf alle angesiedelten Handwerksbetriebe.

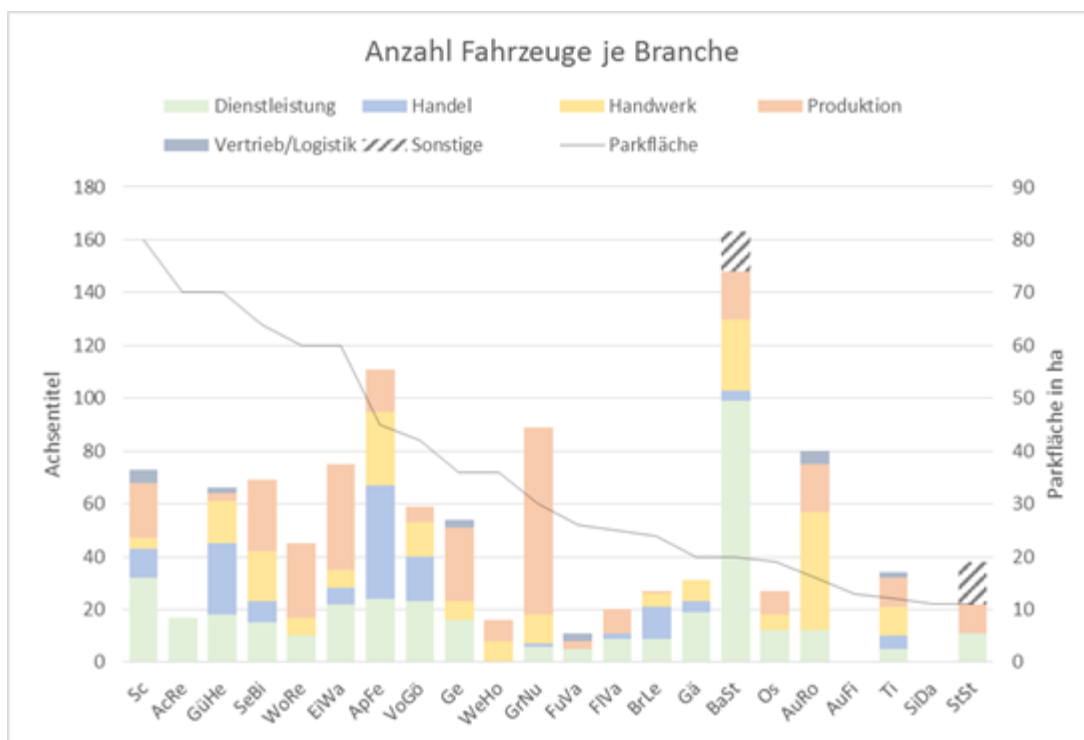


Abbildung 16: Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Branche

Neben der branchenspezifischen Betrachtung zur Analyse der Stichprobe zeigt Abbildung 17 die von Branchen unabhängige, gewerbeparkspezifische Verteilung der Fahrzeuge je Fahrzeugkategorie.

Die Gesamtzahl der Fahrzeuge bleibt dabei identisch wie in der vorhergehenden Abbildung. Es zeigt sich, dass überwiegend Fahrzeuge der Kompakt- und Mittelklasse (C,D – Gesamtanzahl Umfrage: 443) sowie kleine und mittlere Nutzfahrzeuge (G,H,I,L – Gesamtanzahl Umfrage: 440) eingesetzt werden.

Die hohe Anzahl an Kleinst- und Kleinwagen im Gewerbepark "BaSt" ist auf den oben erwähnten ambulanten Pflegedienst zurückzuführen. Auch im Gewerbepark Apa/Fellbach ("ApFe") finden sich verhältnismäßig viele Fahrzeuge dieser Kategorie; Hier gab ein Autohaus an, diese Fahrzeuge als Ersatzfahrzeuge bei Reparaturen zu verleihen.

Die große Anzahl an Kompakt- und Mittelklassefahrzeugen im Park GrNu ist auf das bereits oben erwähnte Unternehmen des produzierenden Gewerbes zurückzuführen.

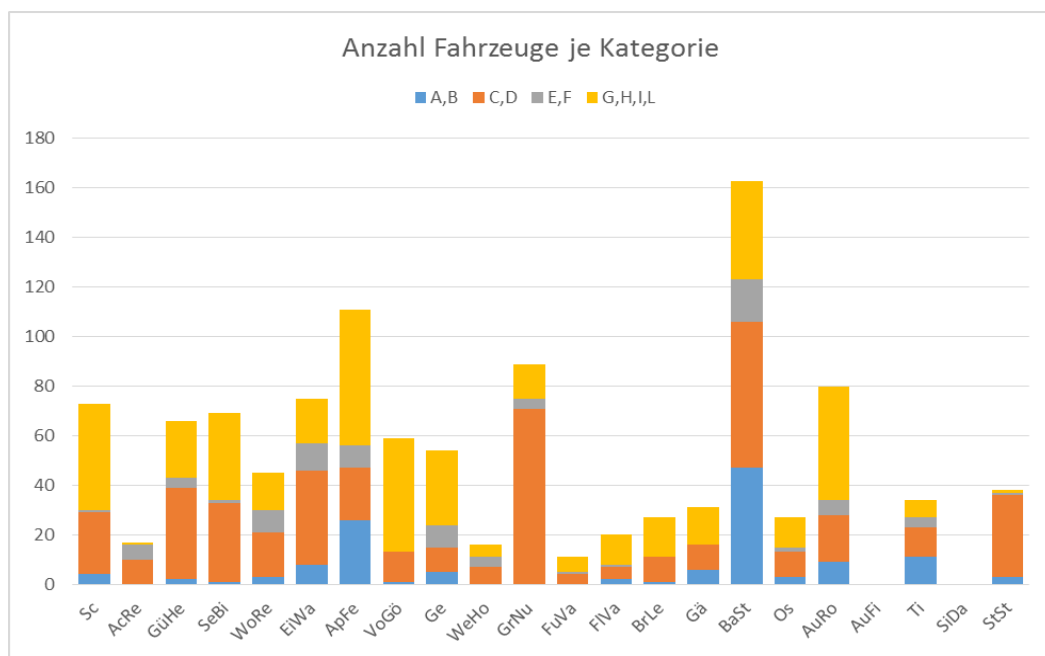
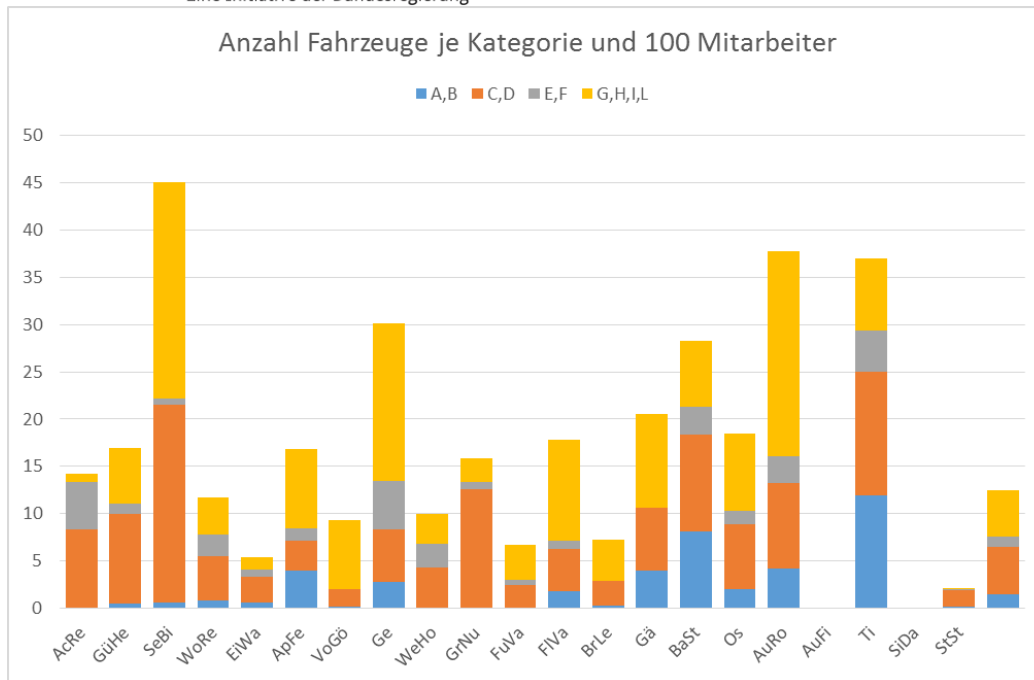


Abbildung 17: Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Kategorie





**Abbildung 18:Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Kategorie und 100 Mitarbeiter**

Abschließend wird die Darstellung der vorhergehenden Abbildung in Abbildung 18 auf die Gesamtmitarbeiterzahl im jeweiligen Gewerbepark (nicht: Mitarbeiterzahl je Branche!) umgelegt. Dies gibt einen Anhaltspunkt, wie sehr der Motorisierungsgrad in den verschiedenen Gewerbeparks variiert. Die Darstellung ignoriert die zugrundeliegenden Branchen sowie die jeweilige verkehrliche Anbindung der Gewerbeparks.

Folgende Grade an Motorisierung (Fahrzeuge je 100 Mitarbeiter) lassen sich feststellen:

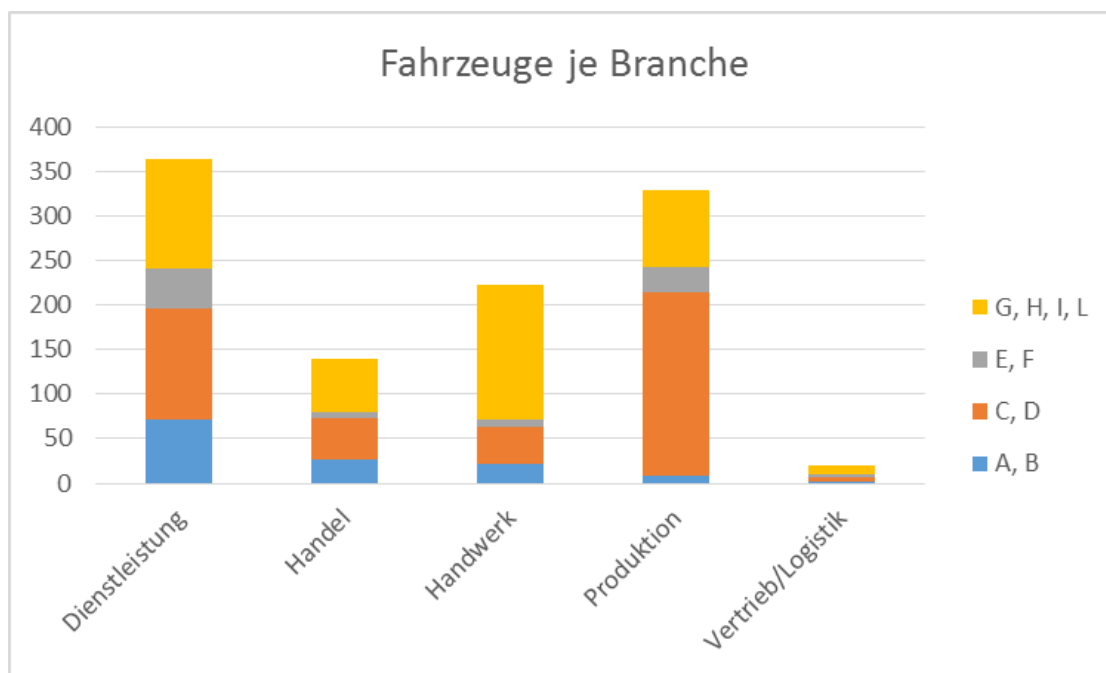
- 0-10 Fahrzeuge je 100 Mitarbeiter: 7 Parks (33,3%)
- 11-20 Fahrzeuge je 100 Mitarbeiter: 8 Parks (38,1%)
- 21-30 Fahrzeuge je 100 Mitarbeiter: 3 Parks (14,3%)
- 31-40 Fahrzeuge je 100 Mitarbeiter: 2 Parks (9,5%)
- 41-50 Fahrzeuge je 100 Mitarbeiter: 1 Park (4,8%)

### Gesamtumfrage-Ergebnisse

In der folgenden Auswertung wurde die Branchenkategorie "Sonstige" aufgrund zu geringer Stichprobe nicht weiter betrachtet.

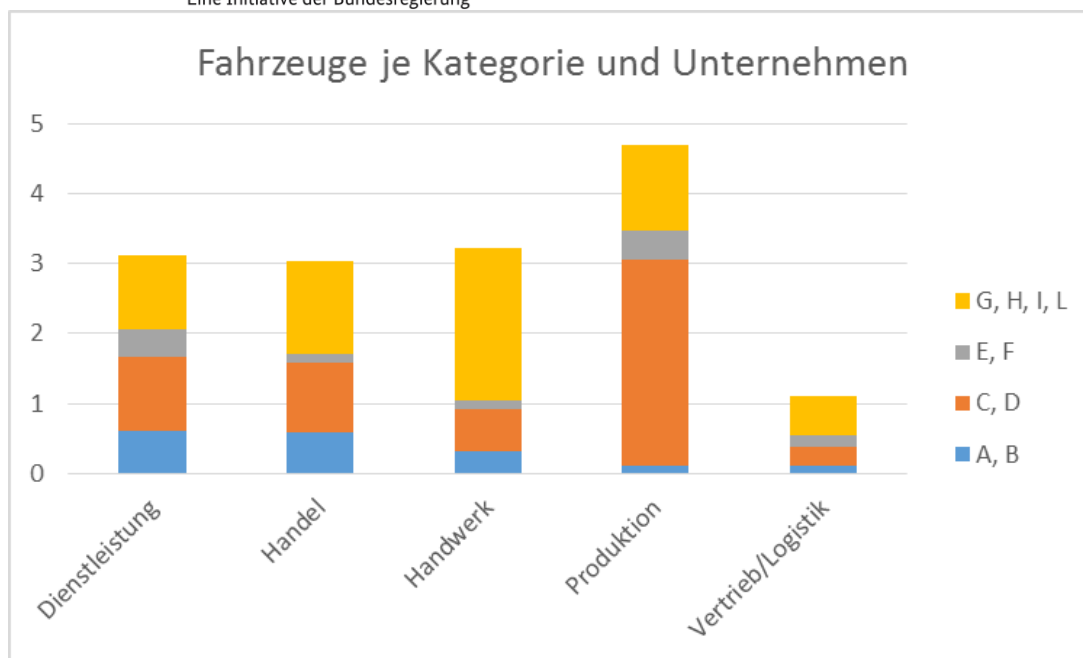
Abbildung 19 zeigt die absolute Anzahl aller erhobener Fahrzeuge je Fahrzeugkategorie in den fünf Branchen. Es sticht deutlich heraus, dass in der Branche Vertrieb/Logistik nur unterdurchschnittlich wenige Fahrzeuge erhoben werden konnten. Dies liegt einerseits darin begründet, dass in dieser Branche mit Abstand die wenigsten Unternehmen in den untersuchten Gewerbeparks an der Befragung teilgenommen haben (n=18). Andererseits bestehen Fuhrparks in den Bereichen Vertrieb und Logistik häufig aus Fahrzeugklassen im Bereich Lkw, die in der Umfrage nicht erhoben wurden.

Über alle Branchen hinweg werden – dem Pkw-Markt entsprechend – verhältnismäßig wenige Fahrzeuge der Oberklasse eingesetzt. Die stärkste Ausprägung ergibt sich hier in der Branche Dienstleistung, was ein Indiz für den hier erhöhten Repräsentationsanspruch sein dürfte.



**Abbildung 19: Gesamtumfrageergebnisse - Fahrzeuge je Branche**

Daneben wird deutlich, dass im Bereich Produktion verhältnismäßig viele Fahrzeuge der Kompakt- und Mittelklasse sowie verhältnismäßig wenige Fahrzeuge der Kleinst- und Kleinwagenklasse eingesetzt werden. Ein noch deutlicheres Bild ergibt sich bei Betrachtung der Anzahl der Fahrzeuge je Unternehmen, siehe Abbildung 20 (die Umlage erfolgt jeweils innerhalb einer Branche und nicht länger einzelnparkspezifisch; also Fahrzeuge innerhalb der Branche je Unternehmen der Branche).



**Abbildung 20: Gesamtumfrageergebnisse - Fahrzeuge je Kategorie und Unternehmen**

In den Branchen Dienstleistung, Handel und Handwerk halten die Unternehmen im Schnitt ca. 3 Fahrzeuge je Unternehmen, wobei im Handwerk erwartungsgemäß mehr Nutzfahrzeuge eingesetzt werden und im Bereich Dienstleistung relativ viele Oberklasse-Fahrzeuge. Mit annähernd 5 Fahrzeugen je Unternehmen sticht die Branche Produktion heraus, hier werden vor allem mit Abstand die meisten Kompakt- und Mittelklassewagen eingesetzt. Eine überraschend geringe Motorisierung von ca. 1 Fahrzeug je Unternehmen zeigt sich weiterhin im Branchencluster Vertrieb/Marketing, wenn auch sich das Verhältnis zur vorherigen Abbildung etwas normalisiert; Wie oben erwähnt wird davon ausgegangen, dass diese Unternehmen weitere Fahrzeuge in Segmenten halten, welche im Rahmen der Befragung nicht erhoben wurden.

Ziel der Erhebung war die Ableitung eines Indikatorensets, das die jeweilige Fuhrparkgröße und -zusammensetzung in Abhängigkeit sowohl der Branche als auch der Unternehmensgröße ermöglicht. Folgerichtig werden die bis hierher unternommenen Untersuchungen in Abbildung 21 nun auf die Mitarbeiteranzahl in der jeweiligen Branche umgelegt. Der besseren Lesbarkeit wegen erfolgt die Umlage je 100 Mitarbeiter.

Es wird deutlich, dass das produzierende Gewerbe, welches zuvor als am stärksten motorisierte in Erscheinung getreten war, in dieser Betrachtung tendenziell sogar unterdurchschnittlich motorisiert ist. Den höchsten Motorisierungsgrad zeigt das Handwerk mit ca. 25 Fahrzeugen je 100 Mitarbeiter – den größten Ausschlag verzeichnen hierbei die Nutzfahrzeuge. Die Sektoren Dienstleistung und Handel sind mit etwas über 15 Fahrzeugen je 100 Mitarbeitern annähernd gleich stark motorisiert, wobei im

Dienstleistungsbereich Pkw stärker vertreten sind und im Handel die Nutzfahrzeuge. Mit einem Motorisierungsgrad von bis zu 10 Fahrzeugen je 100 Mitarbeitern schließen sich Produktion sowie Vertrieb/Logistik an, letztere mit starkem Fokus auf Nutzfahrzeugen.

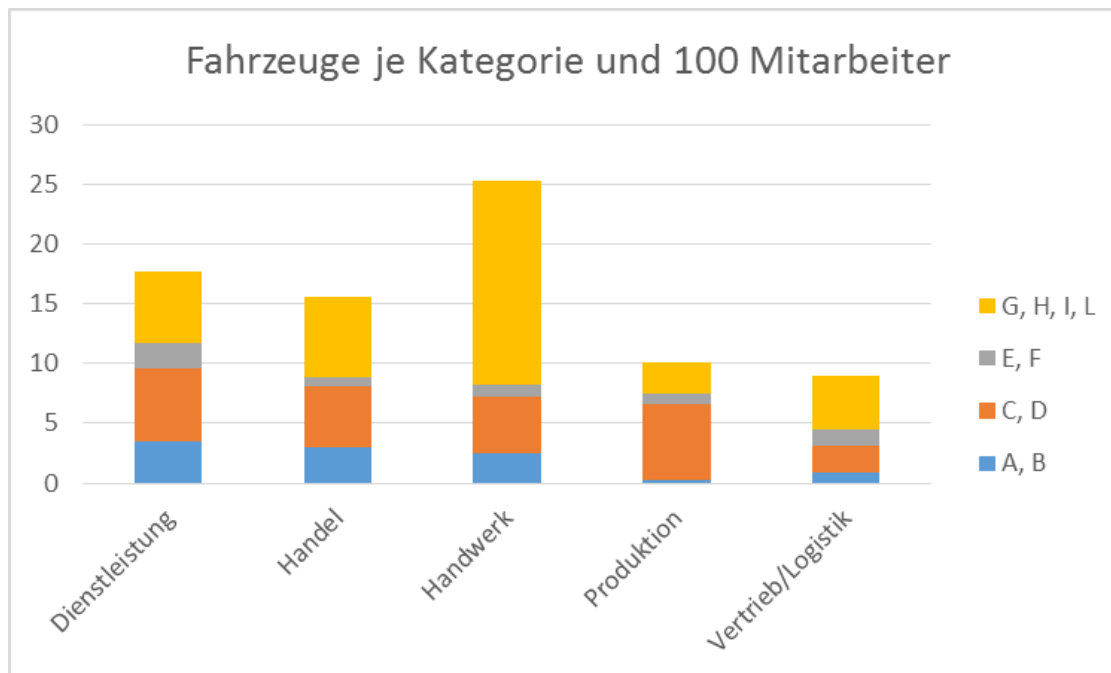


Abbildung 21: Gesamtumfrageergebnisse - Fahrzeuge je Kategorie und 100 Mitarbeiter

Für die Ableitung der branchen- und firmengrößenspezifischen Gesamtfuhrparks in der weiteren Simulation wurde mit den Zahlen der hier zuletzt erfolgten Betrachtung kalkuliert. Diese werden in Tabelle 2 noch einmal detailliert wiedergegeben.

**Tabelle 2: Fuhrparkgröße je Fahrzeugkategorie und 100 Mitarbeiter**

Branche	A, B	C, D	E, F	G, H, I, L
Dienstleistung	3,457	6,086	2,142	6,037
Handel	3,003	5,117	0,667	6,785
Handwerk	2,503	4,778	0,910	17,065
Produktion	0,246	6,337	0,892	2,615
Vertrieb/Logistik	0,897	2,242	1,345	4,484

### 3.3.6 Auswertung der Daten zur Verwendung im Energiekonzept des Effizienzparks

(Durchführung: EFG + Städtebau-Institut)

Für die Berechnung der Möglichkeiten und Effekte der Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Energieversorgung von Gewerbegebieten wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ein Simulationstool entwickelt. Als Datengrundlage für die Simulation sind verschiedene Parameter erforderlich, die erfasst und in das Tool eingepflegt werden müssen.

Als Hauptkomponenten der Simulation müssen der Energiebedarf des Gewerbegebiets, die Art der Energieerzeugung (insbesondere der Stromerzeugung) im Gewerbegebiet sowie das Mobilitätsverhalten im Gewerbegebiet (Anzahl und Art der Elektrofahrzeuge sowie deren Nutzung) erfasst werden.

Das Energiemodell errechnet für jede Stunde eines Jahres die Gesamtenergiebilanz aus drei Kennwerten:

- der Stromerzeugung aus einem Mix erneuerbarer Energieanlagen,
- dem Strombedarf der im Gewerbepark angesiedelten Unternehmen (in Abhängigkeit von der Branche und Mitarbeiterzahl) sowie
- der Stromverbräuche der BEV, aufgeschlüsselt nach firmeneigenen und mitarbeitereigenen Elektrofahrzeugen.

Die ersten beiden Kennwerte werden in einer vom Projektleiter EFG – Engineering Facility Group entwickelten Excel-Datei ermittelt. Der mobilitätsspezifische Kennwert wird in der vorliegenden, am Städtebau-Institut der Universität Stuttgart programmierten Datei "Dynamische Mobilitätsmodule" ermittelt. Die notwendige Trennung dieser Module vom eigentlichen Energiemodell ergibt sich aus dem großen Datenumfang.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde ein allgemeines, übertragbares Simulationstool entwickelt, das anhand der Rahmendaten des Gewerbegebiets COBIS Sindelfingen getestet wurde.

Die Ergebnisse der Simulation werden nachfolgend dargestellt.

#### Ermittlung Energiebedarf (EFG)

Die wesentliche interessante Komponente für die Nutzung von Elektrofahrzeugen in der Energieversorgung von Gewerbegebieten ist der Strombedarf des Gewerbegebiets. Da zum Zeitpunkt des Forschungsprojekts das Gewerbegebiet noch nicht besiedelt war, wurde für die Simulation des Strombedarfs im Gewerbegebiet COBIS auf die Standardlastprofile für Gewerbegebiete (G0 und G1) zurückgegriffen.

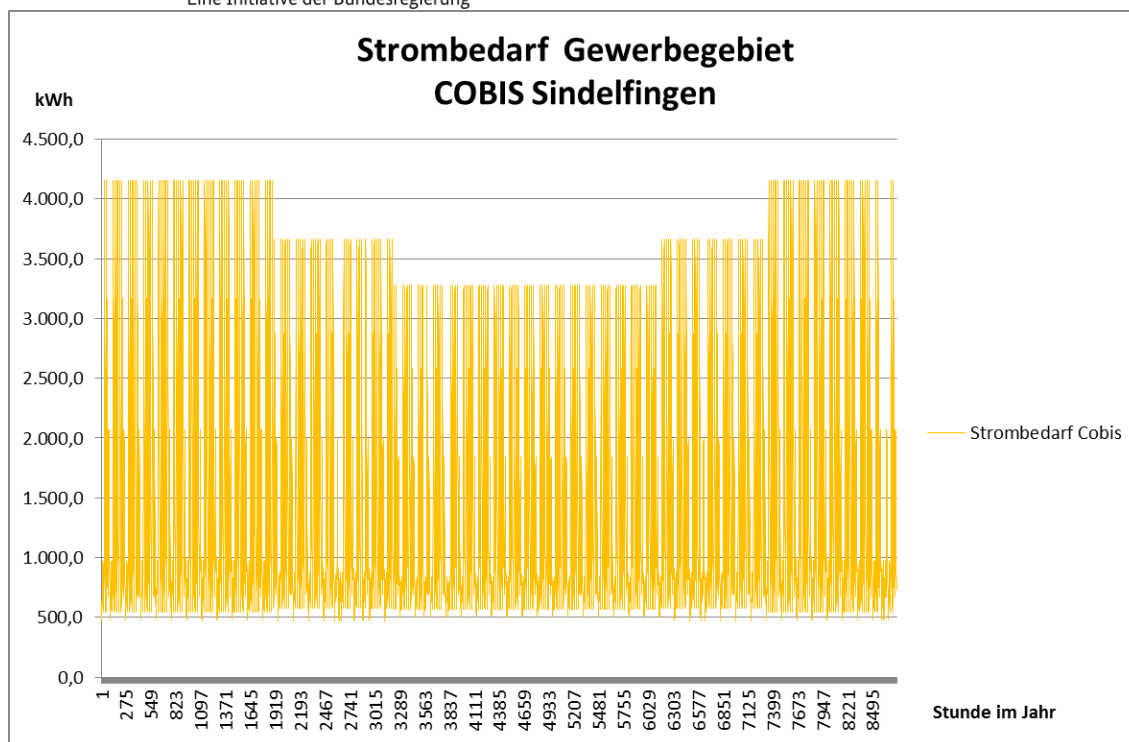


**Abbildung 22: Aufsiedelungskonzept COBIS Sindelfingen (Quelle: studio 3 architekten)**

Das zum Zeitpunkt des Forschungsprojekts angedachte Besiedelungskonzept sieht eine Mischung aus Büroflächen, Produktionsbetrieben, Einzelhandel und Logistikunternehmen vor. Für die Ermittlung des Strombedarfs wurde folgende Besiedelung angenommen:

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| - Büro / Verwaltung                     | ca. 36.750 m <sup>2</sup> |
| - Produktion (Großbetriebe)             | ca. 4.500 m <sup>2</sup>  |
| - Produktion (Kleinbetriebe / Handwerk) | ca. 4.500 m <sup>2</sup>  |
| - Einzelhandel                          | ca. 4.550 m <sup>2</sup>  |
| - Logistik                              | ca. 12.000 m <sup>2</sup> |

Auf Basis der angenommenen Besiedelung des Gebiets wurde aus den G0- und G1-Profilen ein entsprechendes Mischprofil abgeleitet. Da diese Profile nur den Strombedarf für Beleuchtung und Maschinenbetrieb berücksichtigen wurde zudem der für die Wärme und Kälteerzeugung im Gebiet notwendige Strombedarf mit eingerechnet. Dieser wurde unter Berücksichtigung des geplanten Wärme- und Kälteerzeugungskonzepts ermittelt.



**Abbildung 23: Abschätzung Jahresstrombedarf COBIS Sindelfingen**

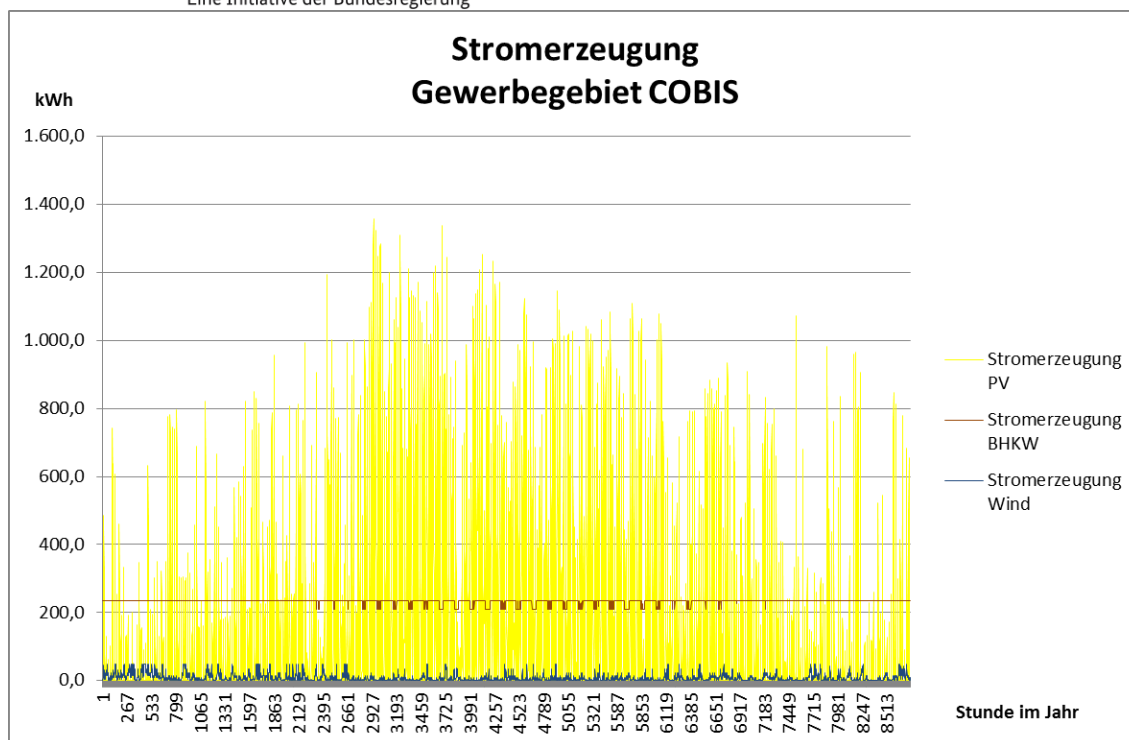
Die Abschätzung zeigt, dass für ein solches Gewerbegebiet mit einer hohen Grundlast von etwas über 500 kW und hohen Spitzenlasten von etwas über 4 GW zu rechnen ist. Insgesamt ergibt sich mit ca. 13.306.400 kWh/a ein relativ hoher Gesamtstrombedarf.

#### Berechnung Energieerzeugung (EFG)

Wie bereits beschrieben kommen im Gewerbegebiet COBIS setzt sich die Energieerzeugung des benötigten Stroms aus den Komponenten Blockheizkraftwerk, Photovoltaik und Windkraft zusammen. Die Größe der Blockheizkraftwerke wird dabei durch den Wärmebedarf des Parks begrenzt. Das für die Simulation angesetzt Besiedlungskonzept ermöglicht den Einsatz von mehreren Blockheizkraftwerken mit einer Gesamtstromerzeugungsleistung von ca. 250 kW<sub>el</sub>.

Für die Installation von Photovoltaikanlagen sind verschiedene Kriterien zu berücksichtigen. Der wesentliche limitierende Faktor im Gewerbegebiet COBIS ist die Vorgabe zur Dachbegrünung. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Kriterien wird die Belegung der Dachflächen mit Photovoltaik im Umfang von ca. 30% der Dachflächen (ca. 9.500 m<sup>2</sup>) als realistisch angesehen.

Aufgrund der rechtlichen Vorgaben zur Nutzung von Windkraftanlagen und der Struktur der Bebauung des Gewerbegebiets wurden für den Park zehn Kleinwindkraftanlagen (<10KW) als umsetzbar eingeschätzt.



**Abbildung 24: Abschätzung Eigenstromerzeugung COBIS Sindelfingen**

Die Grafik verdeutlicht die Unterschiede der Strombereitstellung aus den verschiedenen Stromerzeugungsanlagen. Durch die Kopplung von BHKW und AKM können im Gewerbegebiet die BHKWs nahezu ganzjährig ohne große Unterbrechungen eingesetzt werden. Dies ermöglicht eine Grundlastdeckung durch die BHKWs von ca. 250 kW<sub>el</sub>. Insgesamt können so pro Jahr ca. 2.048.000 kWh/a Strom erzeugt werden.

Der aus der Windenergie gewonnene Energieertrag schwankt stündlich sehr stark, bleibt aufgrund der geringen Einsatzmöglichkeiten für Windkraft (kleine, bodennahe Windkraftträder) allerdings ohnehin sehr gering und spielt in der Parkversorgung eine untergeordnete Rolle. Die zu erwartenden Spitzenleistungen der Windkraftstromerzeugung liegen bei ca. 50 kW<sub>el</sub>. Insgesamt können pro Jahr ca. 73.500 kWh/a Strom erzeugt werden.

Die Photovoltaiknutzung bieten durch die großen Dachflächen ein großes Potenzial in der Stromerzeugung, ist allerdings ebenfalls größeren Schwankungen und Unregelmäßigkeiten unterworfen. Bei der gewählten Anlagengröße ist mit einer Spitzenerzeugung von bis zu 1,35 MW zu rechnen. Insgesamt können pro Jahr ca. 1.527.000 kWh/a Strom erzeugt werden.

Für das gesamte Gewerbegebiet COBIS ist mit einer Eigenstromerzeugung von ca. 3.648.500 kWh/a zu rechnen. Die parkeigene Stromerzeugung liegt damit deutlich unterhalb des zu erwartenden



Strombedarfs. Allerdings können durchaus Stromüberschüsse in den Zeiten weniger energieintensiver Arbeitsstunden, sowie an Wochenenden entstehen. In diesen Zeiten stellt sich die Frage, ob und in wie weit die Elektrofahrzeuge als Energiespeicher genutzt werden können.

### Mobilitätsmodul (SI)

Folgende Aspekte stellen zentrale Argumente des vom SI erstellten Mobilitätsmoduls dar:

- Kombination der Ergebnisse aus der beschriebenen Umfrage bzgl. Zusammensetzung und Größe gewerblicher Fuhrparks mit realen Fahrtenbüchern
- Ableitung der technisch substituierbaren Fahrzeuge
- Hinterlegung von Elektrofahrzeugen mit den jeweiligen Spezifika (Ladestand, Batteriekapazität, Ladekapazität)

Die Kalkulationsergebnisse dieses Mobilitätsmoduls lassen sich jeweils in die von der EFG erstellte Energiesimulation integrieren. Im Folgenden werden Aufbau und Funktionsweise des Mobilitätsmoduls erläutert.

Im Rahmen der Modellierung mussten verschiedene Vereinfachungen unterstellt werden, um den Berechnungsaufwand für jeweilige Neuberechnungen praktikabel zu halten. Ein ursprünglich vorgesehener Anwendungstest am real bebauten Park konnte bisher nicht durchgeführt werden, da sich die Parkbebauung anhaltend verzögert. Eine Verifizierung/Kalibrierung des Modells auf diesem Wege wird weiterhin angestrebt.

Im Folgenden werden die vorgenommenen Vereinfachungen dargelegt und Rahmenbedingungen der Modellierung geschildert.

#### *Größe und Zusammensetzung Firmenfuhrpark*

Für die Analyse des Firmenfuhrparks, d. h. der parkweiten Summe aller firmeneigenen BEV, bedurfte es der wissenschaftlichen Herleitung diverser Grundlagen. So wurde die Größe und Zusammensetzung dieses Fuhrparks in Abhängigkeit von Branche und Mitarbeiterzahl entsprechend der oben detailliert erläuterten Umfrage abgeleitet, so dass im Modul aus der parkweiten Mitarbeiterzahl je Branche ein resultierender Fuhrpark ermittelt wird. Diesem Pool an Fahrzeugen kann ein frei wählbarer Elektrifizierungsgrad unterstellt werden; alternativ lässt sich die Fahrzeuganzahl je Fahrzeugkategorie komplett frei – also unabhängig von der Mitarbeiterzahl oder dem Branchenmix – wählen.

#### *Größe und Zusammensetzung Mitarbeiterfuhrpark*

Zur Analyse des Mitarbeiterfuhrparks, d. h. der parkweiten Summe aller mitarbeitereigenen BEV, bedarf es diverser Annahmen, die allerdings dynamisch modelliert wurden, d.h. die Annahmen kann der Nutzer innerhalb bestimmter Grenzen frei wählen. Daneben unternimmt das Modul weitere

Hintergrundberechnungen und ordnet diese jeweiligen Ergebnisse (bspw. Entfernung zum Arbeitsplatz) zufällig den ausgewählten BEV zu. Die Zusammensetzung und Größe des Mitarbeiterfuhrparks wird in Tabelle 3 und Tabelle 4 aus der gesamten Mitarbeiteranzahl im Gewerbepark ermittelt.

**Tabelle 3: In die Simulation eingehende Gewerbeflächen und Mitarbeiterzahlen in Abhängigkeit von der Branche**

Nutzung	Branche	Gewerbefläche [m <sup>2</sup> BGF]	Flächenfaktor [m <sup>2</sup> (BGF)/MA] (*)	Mitarbeiter- anzahl
Kleingewerbe (Handwerk)	Handwerk	7.280	75	97
Tankstelle/Autohaus/u.ä.	Handel	5.550	111	111
Parkhaus	Vertrieb/Logistik	7.600	575	13
Produktion	Produktion	6.500	200	33
Logistik	Vertrieb/Logistik	13.000	575	23
Einzelbüronutzung	Dienstleistung	22.557	45	501
Großraumbüronutzung	Dienstleistung	7.410	27,5	269
<b>Summe</b>		<b>75.734</b>		<b>1.047</b>

(\*): Erfahrungswerte EFG

**Tabelle 4: Ermittelte gesamte Fahrzeuganzahl im eCar-Park**

Fzg-Klassen	FzgKat	Firmen	Mitarbeiter	Gesamt
Kleinst-/Klein-	A,B	32	194	226
Kompakt-/ (Obere) Mittel-	C,D	59	348	407
Ober-/SUV	E,F	19	58	77
Nutz-fzg./Transporter	G,H,I,L	74	92	199
<b>Gesamt</b>		<b>184</b>	<b>692</b>	<b>876</b>

### Funktionen

Im Mobilitätsmodul lassen sich diverse fuhrparkspezifische Eingabeparameter wählen:

- Beide Fuhrparks betreffend
  - Fuhrparkgröße und -zusammensetzung (Modelliert mit Hilfe des Elektrifizierungsgrades in % sowie frei wählbar)
  - Jahreszeitlich bedingte Reichweitenrückgänge in %
- Mitarbeiterfuhrpark
  - Tägliche Arbeitszeiten und Wochenendarbeit
  - SOC der mitarbeitereigenen BEV bei Tagesbeginn
  - SOC-Anforderungen der Mitarbeiter zum Arbeitsende
- Firmenfuhrpark
  - SOC bei Simulationsbeginn

Folgende Ergebnisdarstellungen, die aus einer Neuberechnung durch Änderungen der zuvor genannten Eingangsparameter resultieren, können direkt abgelesen werden:

- Größe und Zusammensetzung der BEV-Fuhrparks
- BEV-Substitutionspotenzial (Firmen)
- Jährliche Gesamtladung/-entladung je BEV

#### *Berechnungsmethodik Firmenfuhrpark*

Den ermittelten Fahrzeugen des Firmenfuhrparks werden per Zufallsprinzip je nach Fahrzeugkategorie am Markt verfügbare BEV aus derselben Fahrzeugkategorie zugeteilt. Die Bewegungsprofile der Firmenfuhrparks basieren auf realen Fahrtenbüchern, die dem Städtebau-Institut in anonymisierter Form zur Verfügung gestellt wurden.<sup>1</sup> Diese öffentlich zugänglichen Fahrtenbücher wurden mit dem extra hierfür gewonnenen Telematik-Partner Arealcontrol hinsichtlich Plausibilität und Vollständigkeit überprüft und teilweise erweitert. Tabelle 5 gibt eine Übersicht der verwendeten Fahrtenbücher-Datensätze.

Die Fahrtenbücher wurden nach den 4 genannten Fahrzeugkategorien und den 5 genannten Branchenclustern aufbereitet, woraus sich 20 Segmente ergeben. Diese werden von einem eigens entwickelten Instrument namens "Fahrtenbuch-Generator" nach dem Zufallsprinzip ausgelesen.

**Tabelle 5: Anzahl und Beschreibung Datensätze realer Fahrtenbücher**

<b>Gesamt</b>	<b>Trips</b>	<b>Firmen</b>	<b>Fahrzeuge</b>	<b>Trips/Firma</b>	<b>Trips/Fzg</b>	<b>Fzg/Firma</b>
Dienstleistung	47.932	96	234	499,3	204,8	2,4
Vertrieb/Logistik	15.536	13	60	1195,1	258,9	4,6
Handel	20.562	24	62	856,8	331,6	2,6
Handwerk	50.374	20	99	2518,7	508,8	5,0
Produktion	38.171	28	167	1363,3	228,6	6,0
Sonstige	785	3	17	261,7	46,2	5,7
<b>Gesamt</b>	<b>173.360</b>	<b>184</b>	<b>639</b>	<b>942,2</b>	<b>271,3</b>	<b>3,5</b>

Der Fahrtenbuch-Generator liest dazu unter anderem aus, für welche Zeiträume je Fahrzeug lückenlose Datensätze über jeweils ganze Kalenderwochen verfügbar sind und ordnet diese Datenverfügbarkeit dem entsprechenden Segment zu. Sofern hierbei trotz der guten Datenbasis nicht alle Kalenderwochen eines Jahres abgedeckt werden können, wird der Datensatz aus einer anderen Kalenderwoche übernommen, welche aber in derselben Jahreszeit liegt (Jahreszeiten für die gesamten Mobilitätsmodule: Dez-Feb –

<sup>1</sup> Funke S., Gnann T., et al., 2015. Codebook REM 2030 driving profiles database. Fraunhofer ISI. Karlsruhe. Online abrufbar unter: <http://www.rem2030.de/rem2030-de/REM-2030-Driving-Profiles.php> (zuletzt aufgerufen: 15.09.2016)

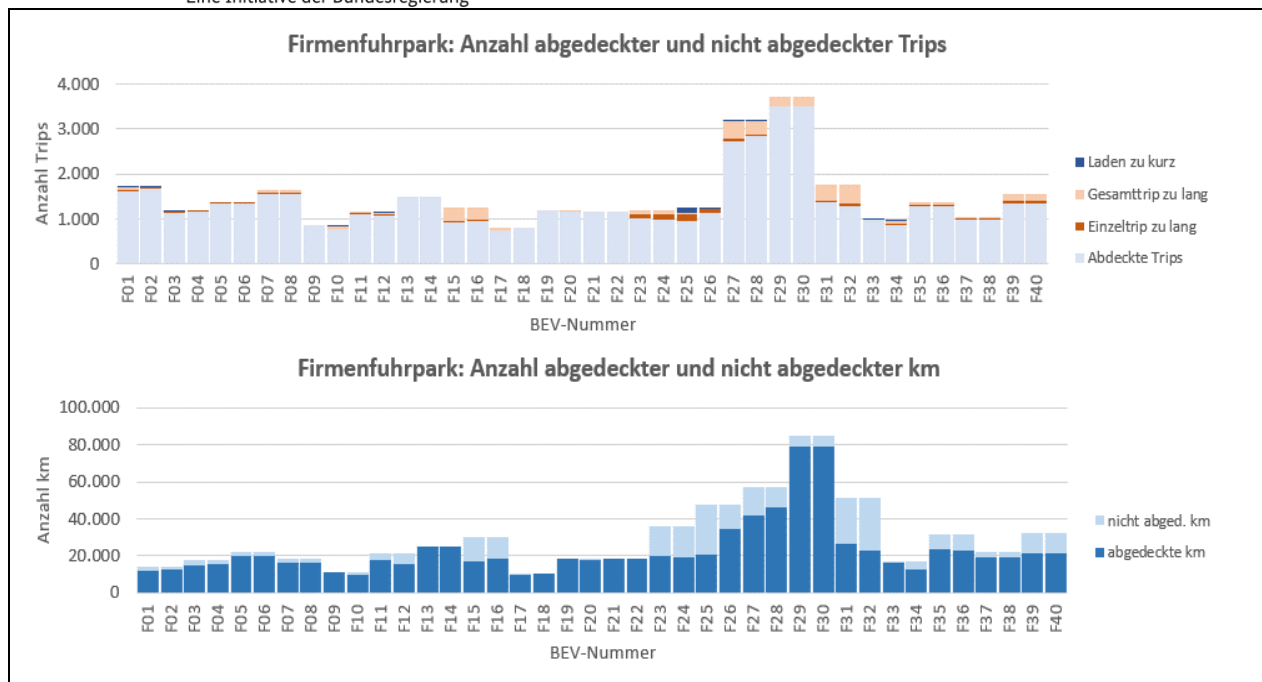
Winter, Mär-Mai – Frühling, Jun-Aug – Sommer, Sep-Nov – Herbst). Im Ergebnis erstellt der Fahrtenbuch-Generator für jedes der 20 Segmente ein stundenbasiertes Fahrtenbuch, indem die zurückgelegten Strecken aller in der betreffenden Stunde begonnenen Fahrten des jeweiligen Fahrzeugs zu einem Gesamtwert addiert werden. Diese agglomerierten Fahrtenbücher werden in die dynamischen Mobilitätsmodule kopiert und dort als Berechnungsgrundlage verwendet.

Für weitere Auswertungen kann jederzeit ein neues Set an realen Fahrtenbüchern generiert und eingefügt werden. Aufgrund des zeitlichen Berechnungsaufwandes des Fahrtenbuch-Generators wurden mehrere vorgenerierte Fahrtenbücher gesammelt und liegen in einer eigenen Datei namens "160705\_generierte Fahrtenbücher.xls" bei. Der Fahrtenbuch-Generator selbst enthält zwar ausschließlich anonymisierte Daten (kein Datensatz kann einem Unternehmen oder Fahrer zugeordnet werden), lässt aber Rückschlüsse auf die jeweilige Datenquelle zu und kann deshalb nicht veröffentlicht werden; hierzu hat die Universität Stuttgart Datenschutzvereinbarungen geschlossen. Generierte Fahrtenbücher dagegen lassen keinen Rückschluss auf Datenquelle, Unternehmen, Fahrer, Einzelfahrten, Fahrzeughalter, Standort etc. zu und können deshalb öffentlich zugänglich gemacht werden.

Den importierten Fahrtenbüchern wird – entsprechend der Fahrzeugkategorie – zufällig eines der am Markt verfügbaren Elektrofahrzeuge zugeordnet. In der Folge werden alle Einzelfahrten identifiziert, welche die Reichweite des jeweiligen BEV übersteigen (sog. "X"-Fahrten). Zudem werden alle kumulierten Fahrten ohne zwischenzeitliche Lademöglichkeit (von mindestens der Länge der Berechnungseinheit von einer Stunde) identifiziert, welche die Reichweite des jeweiligen BEV übersteigen (sog. "Y"-Fahrten). Es wird unterstellt, dass diese X- und Y-Fahrten im Rahmen eines Mobilitätsmanagements jeweils von einem anderen Fahrzeug zurückgelegt werden können. Die entsprechende Anzahl dieser nicht durch das BEV zurückgelegten Fahrten (auch "Trips") und deren Gesamtstrecke werden in den Ergebnissen aufgeführt und in Diagrammen visualisiert.

Neben den beschriebenen X- & Y-Fahrten bedarf es der Identifikation jener Fahrten, die das BEV aufgrund der potentiellen Reichweite zwar zurücklegen könnte, die es aber dennoch nicht antreten kann, weil der Ladezeitraum seit der vorhergehenden Fahrt nicht ausreichte. Die Ermittlung dieser sogenannten Z-Fahrten ist also vom SOC abhängig. Wie für X- und Y-Fahrten wird unterstellt, dass ein anderes Fahrzeug die Wege zurücklegen kann, die entsprechende Anzahl und Strecke der Z-Trips wird ebenfalls in den Ergebnissen dargestellt.

Eine beispielhafte, fahrzeuggenaue Darstellung für die Maximalzahl von 40 Firmenfahrzeugen ist Abbildung 25 zu entnehmen.



**Abbildung 25: BEV-Substitutionspotentiale Firmenfuhrpark (Beispielauswertung)**

Das in Tabelle 6 augenscheinliche Potenzial über alle simulierten BEV hinweg über 90% aller Fahrten und ca. 75% aller Strecken zu substituieren hat sich nach einer Mehrzahl an Neuberechnungen in dieser Größenordnung bestätigt. Der Zeitaufwand je Neuberechnung beträgt ca. 1 Stunde. Da es im Normalfall die längeren Fahrten sind, die das BEV nicht zurücklegen kann, liegt der Streckenwert erheblich unter dem Wert der Fahrtenanzahl. Im Abbildung 25 ist gut zu erkennen, dass zahlreiche BEV fast alle Wege des jeweiligen Fahrtenbuchs zurücklegen können, mehrere Fahrzeuge einen erheblichen Anteil nicht zurücklegen können (F15, F16, F23, F24, F26, F27) und nur wenige Fahrzeuge sich für den jeweiligen Einsatz offensichtlich nicht eignen (F25, F31, F32).

**Tabelle 6: BEV-Substitutionspotenzial Firmenfuhrpark (Beispielauswertung)**

Triptyp	Anzahl	Strecke [km]
Abgedeckte Trips	54.885	902.291
Trip zu weit für das BEV ("X-Trips")	1.002	
Kumulierter Trip zu weit ("Y-Trips")	3.455	
Ladezeit zu kurz ("Z-Trips")	270	
Summe nicht abgedeckter Trips	4.727	271.715
Anteil abgedeckte Trips	92,1%	76,9%

Das Modul errechnet basierend auf den importierten und bereinigten Fahrtenbüchern in folgender Reihenfolge die notwendigen Energiewerte je Fahrzeug:

- Ableitung, wann das Fahrzeug unterwegs ist
- Zuordnung der Triplänge in km
- Ableitung der dadurch resultierenden Entladung in kWh
- SOC bei Stundenende in kWh
- Mögliche Ladung (=freier Batteriespeicher) in kWh
- Erforderliche Ladung (=für den folgenden Trip) in kWh
- Erforderlich in x Stunden (=bis zum nächsten Tripstart)
- Erforderliche Ladezeit in Stunden
- Ladung in kWh (=Minimalwert aus Ladekapazität, möglicher und nötiger Ladung)
- Verfügbare Kapazität in kW (=Gesamttakugröße unabhängig vom SOC; 0 wenn Fahrzeug unterwegs)
- Maximale Ladeleistung in kW (=Ladekapazität unabhängig vom SOC, 0 wenn Fahrzeug unterwegs)

#### *Berechnungsmethodik Mitarbeiterfuhrpark*

Den ermittelten bzw. frei gewählten Fahrzeugen des Mitarbeiterfuhrparks werden per Zufallsprinzip je nach Fahrzeugkategorie am Markt verfügbare BEV aus derselben Fahrzeugkategorie zugeteilt. Darüber hinaus werden die im Modul angegebenen Rahmenbedingungen per Zufall den BEV zugeordnet. Dies betrifft:

- Die Ermittlung der Anwesenheit jedes BEV in Abhängigkeit der zu den Arbeitszeiten gemachten Angaben.
- Die Ermittlung des SOC in kWh bei Arbeitsbeginn unter Zuhilfenahme der zufälligen Zuordnung von Arbeitswegen in km entsprechend der im Folgenden unter "Hintergrunddaten" dargestellten Quellen bzgl. der Entfernungen zur Arbeitsstätte bei Erwerbstätigen
- Die Ermittlung des gewünschten SOC in kWh bei Arbeitsende.

Die abschließende Berechnung erfolgt für den Mitarbeiterfuhrpark analog zum Firmenfuhrpark:

- Ableitung, wann das Fahrzeug unterwegs ist
- Zuordnung der Triplänge in km
- Ableitung der dadurch resultierenden Entladung in kWh
- SOC bei Stundenende in kWh
- Mögliche Ladung (=freier Batteriespeicher) in kWh
- Erforderliche Ladung (=für den folgenden Trip) in kWh

Eine Initiative der Bundesregierung

- Erforderlich in x Stunden (=bis zum nächsten Tripstart)
- Erforderliche Ladezeit in Stunden
- Ladung in kWh (=Minimalwert aus Ladekapazität, möglicher und nötiger Ladung)
- Verfügbare Kapazität in kW (=Gesamtakkugröße unabhängig vom SOC; 0 wenn Fahrzeug unterwegs)
- Maximale Ladeleistung in kW (=Ladekapazität unabhängig vom SOC, 0 wenn Fahrzeug unterwegs)

### *Gesamtprofil*

Abschließend führt das Mobilitätsmodul beide isoliert modellierten Fuhrparks zusammen zu den für das Energiemodell relevanten Kennwerten:

- erforderliche Ladung nächste Fahrt in kWh
- verfügbare Gesamtkapazität in kWh
- Mögliche Ladung in kWh
- erforderliche Gesamtladung in kWh
- Entladung durch Fahrten in kWh
- erforderliche Akkuladung in kWh
- maximale Ladeleistung in kWh

### *Hintergrunddaten*

Das Mobilitätsmodul greift während der Berechnung auf diverse Hintergrunddaten zurück. So enthält das Mobilitätsmodul eine Liste der am Markt verfügbaren Elektrofahrzeuge und deren Charakteristika:

- Fahrzeugsegment nach KBA/NOW
- Fahrzeugkategorie entsprechend der erläuterten Methodik
- Batteriekapazität in kWh
- Reichweiten (Herstellerangaben sowie Realwerte aus [spritmonitor.de](http://spritmonitor.de))
- Verbräuche (Herstellerangaben sowie Realwerte aus [spritmonitor.de](http://spritmonitor.de))
- Ladeleistung in kW
- Entladeleistung in kW (derzeit lediglich für den Mitarbeiterfuhrpark in der Berechnung berücksichtigt. Rückspeisungen sind am Markt nicht verfügbar und sollen hier nur als theoretisches Potenzial betrachtet werden.)

Die Herleitung der für den eCar-Park ermittelten Mitarbeiterzahl je Branche erfolgt aus der jeweiligen Gewerbefläche, basierend auf Erfahrungswerten der EFG. Hierauf basiert die Ableitung der Fuhrparkgrößen und -zusammensetzungen: Der Firmenfuhrpark wird ermittelt, indem die Mitarbeiter je Branche mit den Ergebnissen der Umfrageauswertung (Fahrzeuge je Mitarbeiter und Branche) multipliziert werden. Der Mitarbeiterfuhrpark wird ermittelt, indem die gesamte Mitarbeiteranzahl mit den

fahrzeugklassenspezifischen Zulassungszahlen des KBA multipliziert wird<sup>2</sup> und der Pkw-Anteil von 66% aller genutzten Verkehrsmittel für den Weg zur Arbeit von erwerbstätigen Berufspendlern in Deutschland unterstellt wird.<sup>3</sup> Beide Fuhrparks lassen sich mit einem Elektrifizierungsgrad belegen.

Die Pendlerentfernungen (Strecke vom Wohnort zum eCar-Park) der jeweiligen BEV des Mitarbeiterfuhrparks werden aus Daten des statistischen Landesamts Baden-Württemberg bzgl. der Entfernung zur Arbeitsstätte von Erwerbstätigen in der Gemeindeklasse 50.000-500.000 Einwohner ermittelt und den im Modul gewählten BEV wiederum per Zufall zugeordnet.<sup>4</sup>

Abschließend visualisiert das Mobilitätsmodul die SOC aller BEV im parkweiten Firmenfuhrpark, siehe Abbildung 26. Diese Funktion diente während der Programmierphase der Überprüfung bestimmter Änderungen, hat sich zum Schluss aber als geeignetes Instrument zur externen Visualisierung der stundengenauen SOC aller BEV des Firmenfuhrparks erwiesen. Eine Beschreibung des Schaubilds wird im zugehörigen Tabellenblatt im Mobilitätsmodul gegeben:

*Dieses Blatt dient der Überprüfung. Er errechnet für jedes Fzg (nur Firmenfuhrparks) zu jeder Stunde den SOC durch Addition der geladenen Energie und Subtraktion der verfahrenen Energie.*

*Die Fahrtenbücher werden im Blatt "F\_km\_ohneXY" bereinigt um:*

- 1. Alle Einzeltrips, die die Reichweite des jeweiligen BEV überschreiten. ("X")*
- 2. Alle kumulierten Trips, die die Reichweite des jeweiligen BEV überschreiten. ("Y")*

*Die Fahrtenbücher werden im Blatt "F\_km\_ohneZ" bereinigt um:*

- 3. Jeden Trip, bei dessen Tripbeginn die Batterie des jeweiligen BEV nicht die im Blatt "Auswahl" aufgeführten Spezifika hat. ("Z")*

*Die Summe dieser Trips wird im Blatt "Auswahl" im Ergebnisbereich als nicht abgedeckte Trips ausgegeben, differenziert nach Trip-Anzahl und Gesamtstrecke in km.*

*Nebstehendes Schaubild zeigt für jedes berechnete BEV den SOC zu jeder Stunde. Im Wesentlichen sollten sich bei SOC=100% erkennbare Linien abzeichnen, von denen aus während Fahrten Abweichungen nach unten zu erkennen sind. Aufgrund der in 3 vorgenommenen Annahmen ist es bei einzelnen Fahrten theoretisch möglich, dass der SOC vereinzelt in den negativen Bereich abrutscht - die Häufigkeit dieser Fälle erhöht sich auch, wenn man im Blatt "\_BEV-Liste" die Ladeleistungen reduziert. Dieser Fall stellt eher die Ausnahme dar; Hier muss unterstellt werden, dass das Fahrzeug unterwegs*

---

<sup>2</sup> Kraftfahrtbundesamt 2015: Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2015 gegenüber 1. Januar 2014 nach Segmenten und Modellreihen. Online abrufbar unter: [http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015/fz12\\_2015\\_pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2015/fz12_2015_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2) zuletzt aufgerufen: 15.09.2016)

<sup>3</sup> Statista GmbH Hamburg, Genutzte Verkehrsmittel für den Weg zur Arbeit von erwerbstätigen Berufspendlern in Deutschland im Jahr 2012 [online]. Online abrufbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151737/umfrage/nutzung-von-verkehrsmitteln-in-deutschland> zuletzt aufgerufen: 15.09.2016)

<sup>4</sup> Ballreich, S., 2015. Pendler in Baden-Württemberg 2012. *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg*, 2, 13-18. Online abrufbar unter: [http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag15\\_02\\_03.pdf](http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag15_02_03.pdf) zuletzt aufgerufen: 15.09.2016)



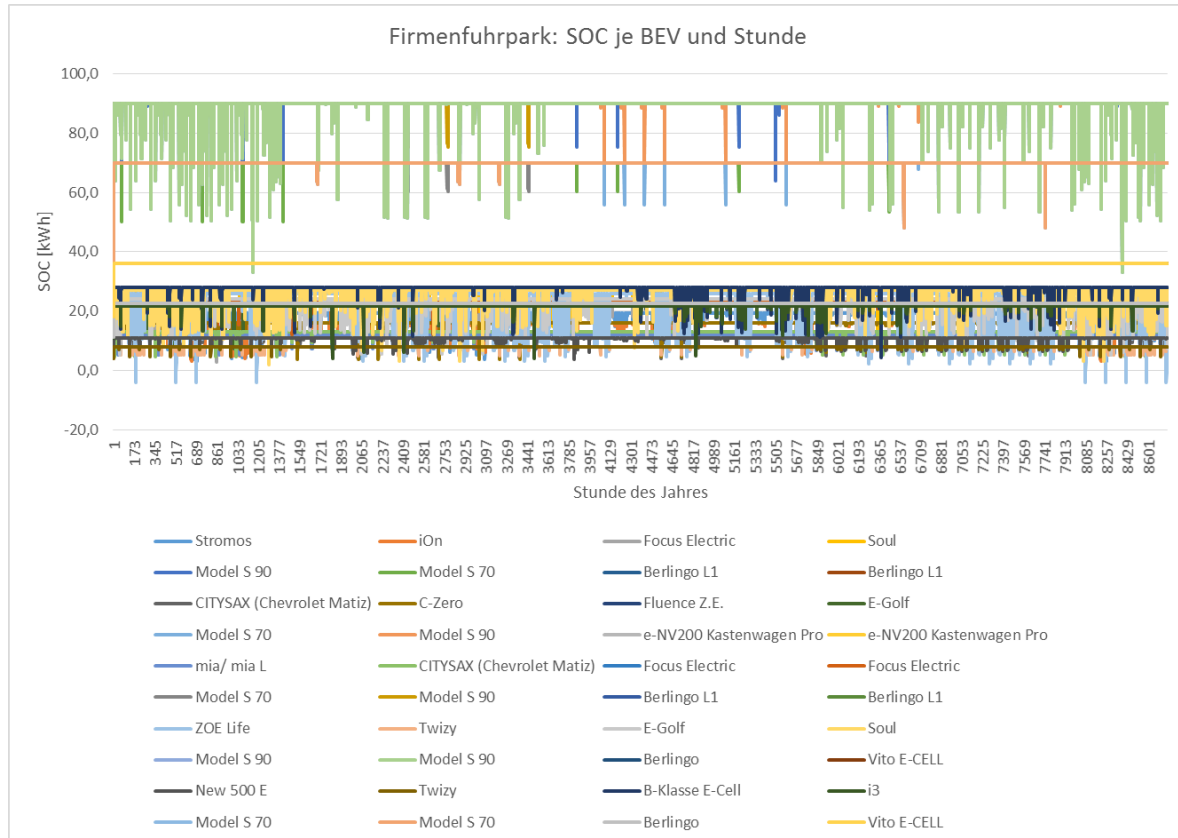


Abbildung 26: Beispielauswertung SOC je BEV und Stunde (Beispiel-Screenshot)

Aus der Abbildung gehen auch die für diese Berechnung zufällig zugeordneten BEV hervor. Diese werden für jede Neuberechnung automatisch per Zufallsprinzip zugeordnet. Die Abbildung lässt keinen Rückschluss auf die Performance eines speziellen Modells zu.

#### Aufbau Simulationstool Einbindung Elektromobilität (EFG)

Zur Einbindung der Elektrofahrzeuge als Energiespeicher in das Simulationstool sind neben den hardwareseitigen Parametern der Fahrzeuge, wie z.B. Akkukapazität, Lade- und Entladeleistung etc. auch nutzerabhängige Parameter, wie z.B. Fahrzeugverfügbarkeiten, Fahrzeugnutzung, Ladeverhalten etc. zu berücksichtigen. Um diese Parameter entsprechend berücksichtigen zu können war es zum einen notwendig die tatsächlichen Nutzerprofile (s. Mobilitätsmodul) in die Simulation zu integrieren und zum anderen die für die anstehenden Fahrten benötigten Akkukapazitäten in den Lade- und Entladezyklen entsprechend zu berücksichtigen.

### Ablaufdiagramm Simulation

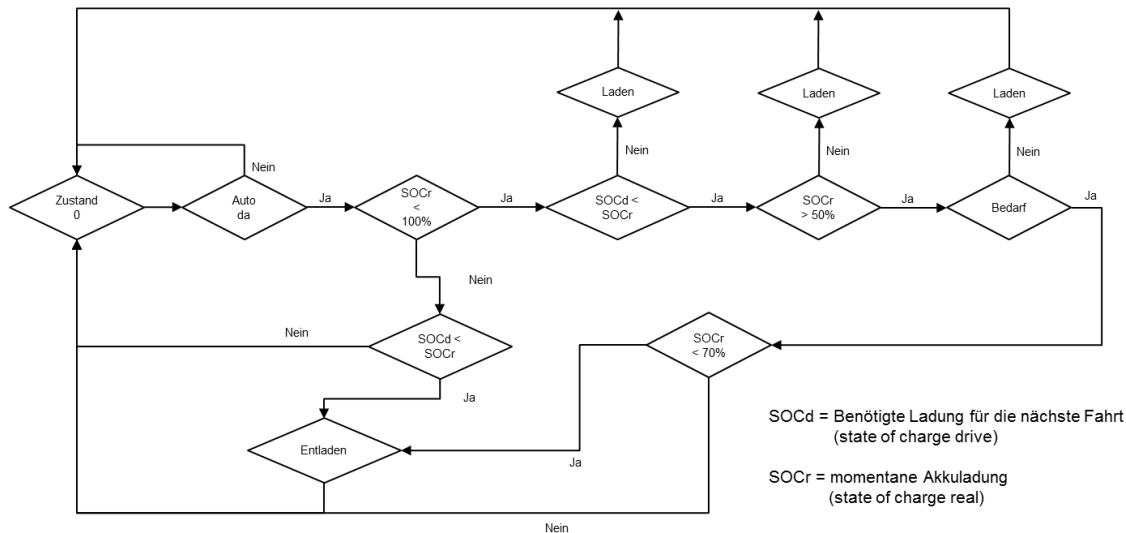


Abbildung 27: Ablaufdiagramm Lade-/Entladezyklus Simulationstool

Der Startpunkt der Integration in die Software liegt bei Ausgangspunkt „Zustand 0“. Die erste Bedingung für eine Nutzung des Fahrzeugs als Speicher ergibt sich selbstverständlich aus der Buchung / momentanen Nutzung des Fahrzeugs. Wird das Fahrzeug momentan genutzt, kann es weder be- noch entladen werden. Ist das Fahrzeug verfügbar erfolgt eine Abfrage des Ladezustandes. Liegt die Akkuladung bei 100% muss nicht geladen werden, kann aber gegebenenfalls entladen werden. Im nächsten Schritt wird überprüft, ob die momentane Akkuladung für die nächste Fahrt ausreicht und ob sie über 50% liegt. Ist das nicht der Fall, soll mit der maximal möglichen Ladeleistung geladen werden bzw. unter keinen Umständen entladen werden. Darüber hinaus soll auch immer dann geladen werden, wenn ein Überschuss an regenerativem Strom vorhanden ist. In diesem Fall wird noch geprüft, ob die maximal mögliche Ladeleistung durch die Ladestation an sich, oder durch einen zu geringeren Überschuss begrenzt wird.

Für die Entladung des Fahrzeugs dürfen die Bedingungen zum Laden nicht erfüllt sein und der Strombedarf der Parks muss die regenerative Erzeugung überschreiten. Um häufiges Takten zwischen den Lade- und Entladezyklen zu vermeiden und eine Mindestreichweite für unvorhergesehene Fahrten sicherzustellen wurde außerdem eine Hysterese zwischen 50% und 70% vorgegeben.

Auf Grundlage der oben dargestellten Daten wurden die Möglichkeiten / Auswirkungen der Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Energieversorgung des Gewerbegebiets COBIS ermittelt (Szenario Real). Aufbauend auf dieser Grundvariante wurde dann getestet, welche Auswirkungen sich durch die Maximierung der Stromerzeugung im Park (Szenarien EE-Max und Max) und die Erhöhung der nutzbaren Elektrofahrzeuge (Szenarien BEV-Max und Max) ergeben, siehe Tabelle 7.

**Tabelle 7: Analyisierte Szenarien**

	<b>Reale Fahrzeuganzahl</b> Firmen-BEV: 16 (10%*) Mitarbeiter-BEV: 32 (5%)	<b>Maximale Fahrzeuganzahl**</b> Firmen-BEV: 40 Mitarbeiter-BEV: 40
<b>Reale Energieerzeugungskapazitäten</b> 3.648,5 MWh/a	Szenario Real (Basisszenario)	Szenario BEV-Max
<b>Maximale Energieerzeugungskapazitäten</b> 7.128,5 MWh/a	Szenario EE-Max	Szenario Max

\*Angenommene Elektrifizierungsgrade der Gesamtflotte jeweils in Klammern

\*\*Die Simulation ist auf 40 BEV pro Fuhrpark limitiert.

Die Zusammensetzung der BEV-Fuhrparks (firmen- und mitarbeitereigene Fahrzeuge) für die Berechnung der Szenarien zeigt Tabelle 8. Die realistische Fahrzeuganzahl wurde mit der oben beschriebenen Herleitung im Mobilitätsmodul hergeleitet, während für die maximale Fahrzeuganzahl eine Gleichverteilung unterstellt wurde.

**Tabelle 8: Den Szenarien zugrundeliegende BEV-Fuhrparks**

Fzg-Klassen	FzgKat	Realistische Fahrzeuganzahl			Maximale Fahrzeuganzahl		
		Firmen	Mitarbeiter	Gesamt	Firmen	Mitarbeiter	Gesamt
Kleinst-/Klein-	A,B	3	9	12	10	10	20
Kompakt-/ (Obere) Mittel-	C,D	3	16	19	10	10	20
Ober-/SUV	E,F	3	3	6	10	10	20
Nutz-fzg./Transporter	G,H,I,L	7	4	11	10	10	20
<b>Gesamt</b>		<b>16</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>80</b>

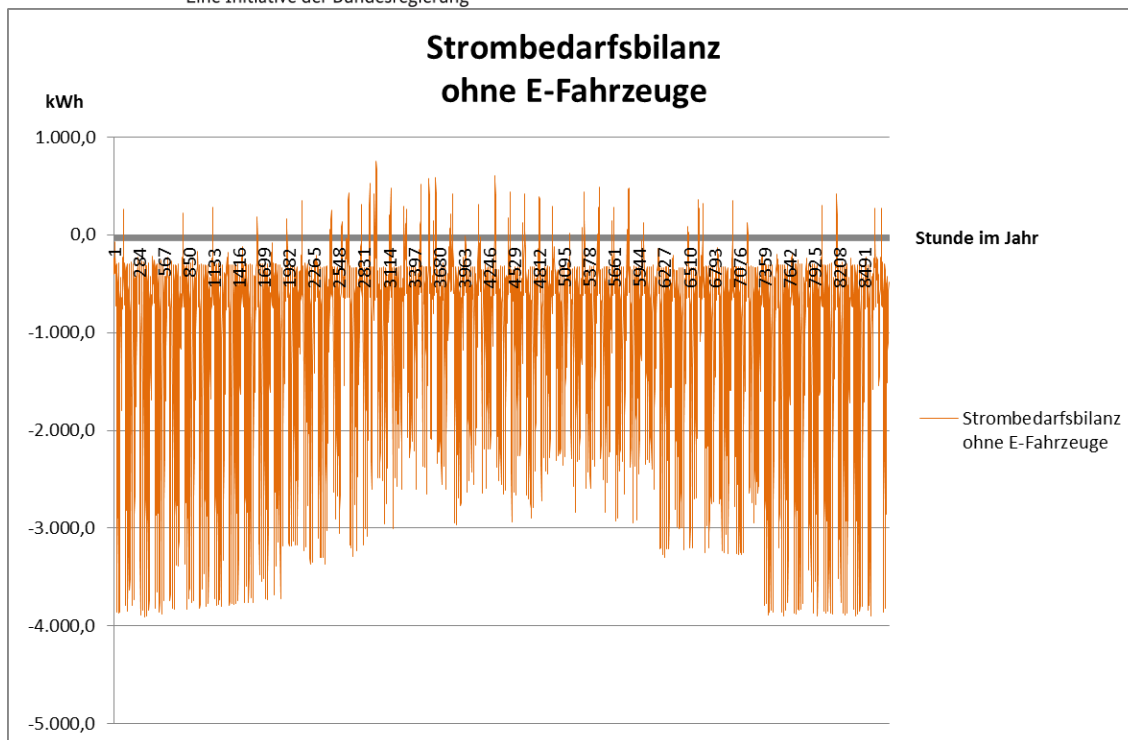
Tabelle 9 gibt eine Übersicht der regenerativen Energieanlagen, die den Szenarien zugrunde liegen.

**Tabelle 9: Den Szenarien zugrundeliegende EE-Anlagen**

		Reale Energieerzeugung	Maximale Energieerzeugung
<b>Dimensionierung</b>			
BHKW - Installierte Leistung	kW <sub>el</sub>	250	350
PV - Anteil an Dachflächen		30%	80%
PV-Fläche	m <sup>2</sup>	9.500	25.000
PV - Installierte Leistung	kW <sub>el</sub>	1.360	3.570
Kleinwindkraftanlagen (<10 kW)	Stück	10 Stück	24 Stück
Windkraft - Installierte Leistung	kW <sub>el</sub>	50	120
<b>Erzeugungen</b>			
BHKW	kWh <sub>el</sub> /a	2.048.000	2.933.000
PV	kWh <sub>el</sub> /a	1.527.000	4.019.000
Wind	kWh <sub>el</sub> /a	73.500	176.500
Summe	kWh <sub>el</sub> /a	3.648.500	7.128.500
Überschuss reg. Strom	kWh <sub>el</sub> /a	64.250	718.000
Anteil Überschuss		1,8%	10,1%

Szenario Real (Basisszenario): Reale Energieerzeugung & reale Fuhrparkgrößen

Das Basisszenario enthält die oben beschriebenen, für die spätere Umsetzung als realistisch angesehenen Annahmen für das COBIS Gewerbegebiet. Die Stromerzeugung im Gebiet setzt sich aus BHKWs, PV-Anlagen und Kleinwindkraftanlagen zusammen. Die Art und Anzahl der Elektrofahrzeuge wurde über das Mobilitätsmodul hergeleitet anhand der Branchenzugehörigkeit und Unternehmensgröße der angesiedelten Unternehmen, Herleitung siehe oben. Anhand dieses Ansatzes kann die Strombilanz (parkeigene Stromerzeugung – Strombedarf des Parks) abgeleitet werden.

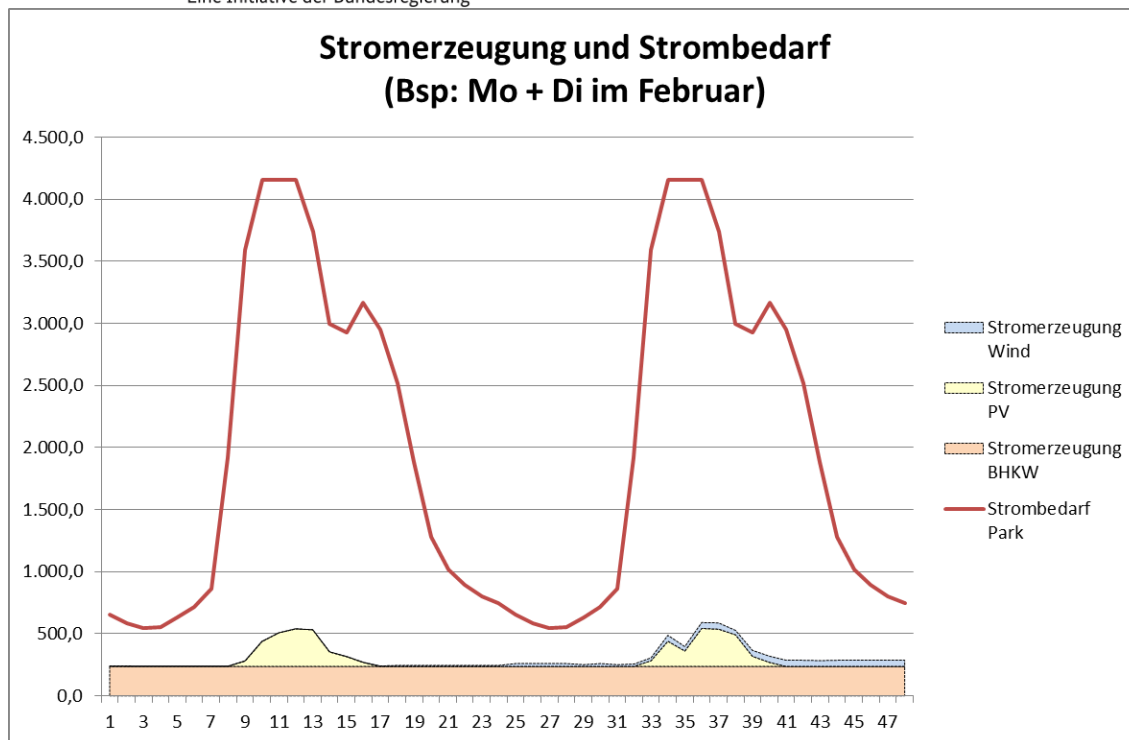


**Abbildung 28: Basisszenario - Strombilanz COBIS ohne E-Fahrzeuge**

Die Grafik zeigt deutlich, dass eine als realistisch eingeschätzte Stromerzeugung im Gewerbegebiet nur in wenigen Stunden im Jahr einen Überschuss erzeugt, der für eine mögliche Speicherung in den Elektrofahrzeugen zur Verfügung stehen könnte.

Das liegt im Wesentlichen am hohen Strombedarf des Gewerbegebiets sowie den begrenzten Möglichkeiten zur regenerativen Stromerzeugung. Die Stromerzeugung der BHKWs liegt ganzjährig unter der Grundlast des Parks und auch das Potenzial zu Stromgewinnung aus Windkraft ist sehr gering. Lediglich die PV-Anlagen können einen Stromüberschuss erzeugen.

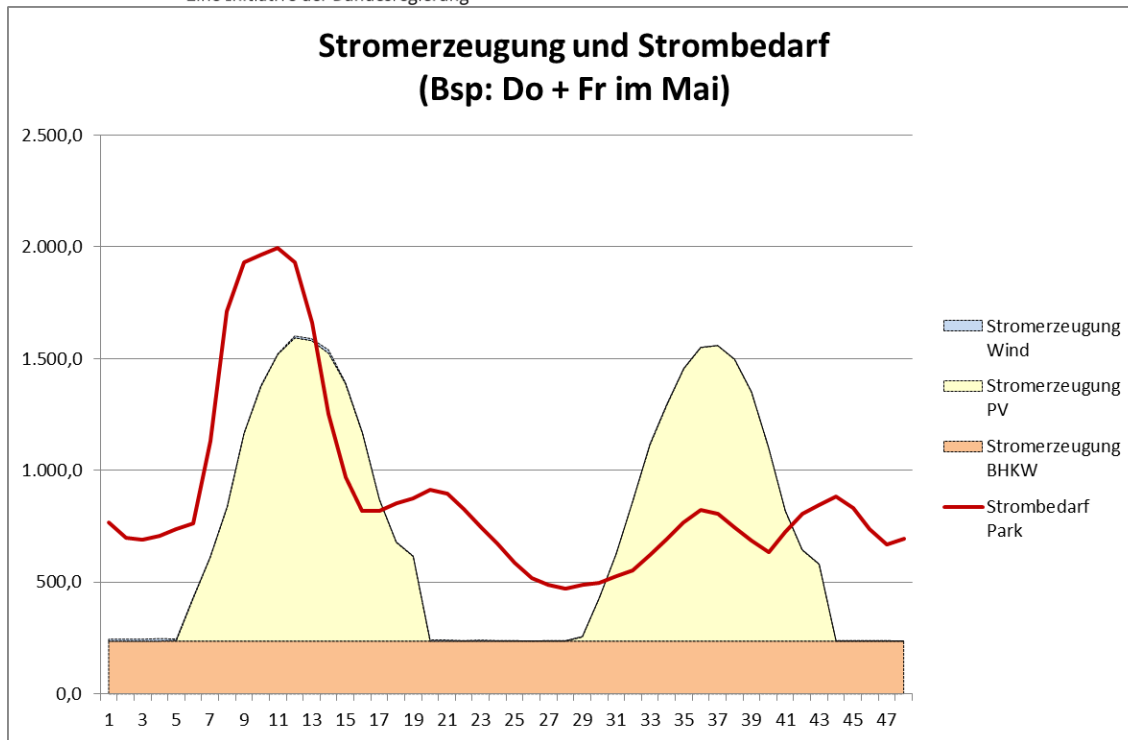
Die Betrachtung einzelner Tage verdeutlicht den Verlauf von Strombedarf und Stromerzeugung im Gewerbegebiet und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten zur Speicherung überschüssigen Stroms in Elektrofahrzeugen.



**Abbildung 29: Basisszenario - Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Wintertagen**

Die Darstellung zweier typischer Wintertage in Abbildung 29 zeigt deutlich, dass das zu erwartende Stromerzeugungspotenzial an typischen Wintertagen nicht einmal ausreicht, um die Grundlast des Gewerbegebiets zu decken. Lediglich an sehr sonnigen Wintertagen und zu Zeiten mit geringem Strombedarf können Stromüberschüsse entstehen, die in den Elektrofahrzeugen gespeichert werden können.

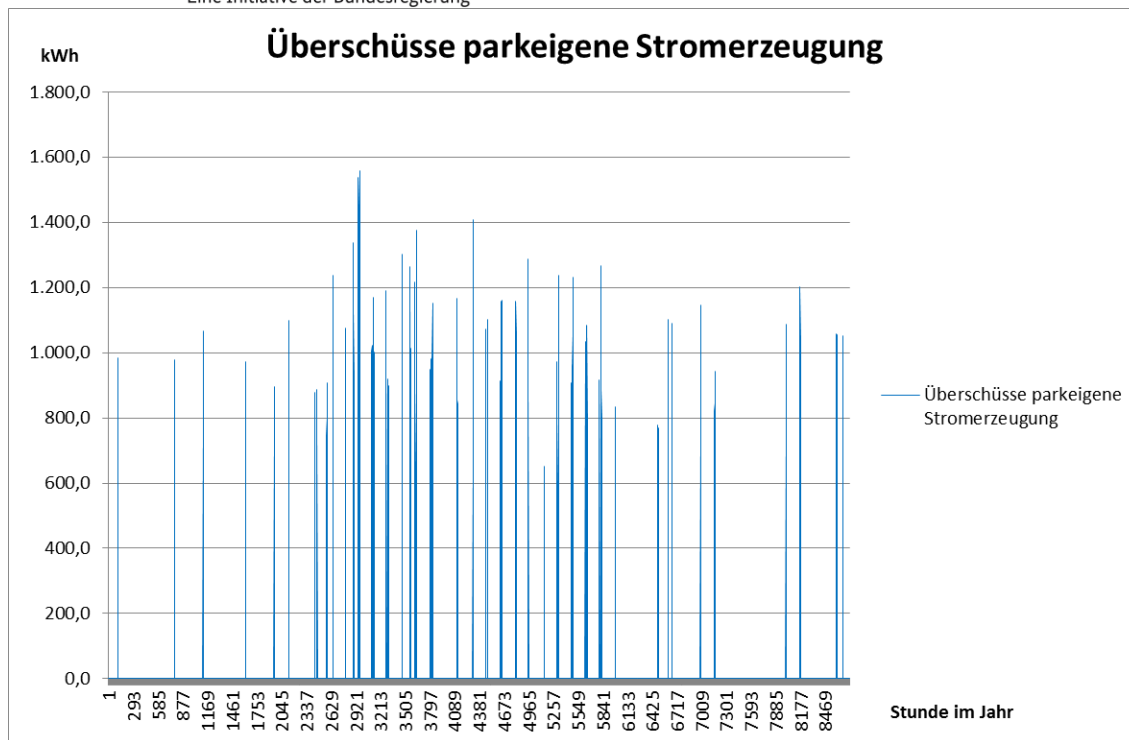
In der Simulation ergaben sich für die Winterzeit von November bis Februar lediglich 26 Stunden in denen in Summe ein Stromüberschuss von ca. 5.120 kWh erzeugt wird.



**Abbildung 30: Basisszenario - Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Sommertagen**

Die Darstellung zweier typischer Sommertage in Abbildung 30 zeigt deutlich, dass das zu erwartende Stromerzeugungspotenzial an einigen Stunden am Tag ausreichend kann, um Überschüsse gegenüber dem Strombedarf zu erzeugen. Auch an Sommertagen ist das Zusammenspiel aus der Stromerzeugung aus den PV-Anlagen und den Zeiten mit geringeren Strombedarfen des Parks maßgeblich dafür, ob ein Stromüberschuss erzeugt wird.

Über das gesamte Jahr betrachtet ergaben sich aus der Simulation ca. 260 Stunden im Jahr, in denen in Summe überschüssiger Strom in Höhe von ca. 64.250 kWh produziert wird.



**Abbildung 31: Basisszenario - Abschätzung Überschüsse parkeigene Stromerzeugung**

Ob und wieviel dieses überschüssigen Stroms in die Elektrofahrzeuge gespeichert werden kann hängt maßgeblich von deren Verwendung und damit deren Verfügbarkeit zur Speicherung im Gewerbegebiet ab. Um die möglichen Speichereffekte in der Simulation abzubilden, wurde die Verfügbarkeit der Fahrzeuge anhand der im Mobilitätsmodul ermittelten Fahrzeugnutzung ermittelt und in die Simulation integriert. Zudem wurde über den im Ablaufdiagramm zur Simulation dargestellten Algorithmus ermittelt, wann und wie weit die Fahrzeuge geladen bzw. entladen werden können und müssen.

Die Auswertung der Simulation bezüglich der möglichen Speichereffekte ergab, dass von den ca. 64.250 kWh überschüssigen Stroms ca. 31.870 kWh in den Elektrofahrzeugen gespeichert werden kann. Davon entfallen ca. 27.260 kWh auf die Firmenfahrzeuge und ca. 4.610 kWh auf die Mitarbeiterfahrzeuge. Damit können ca. 49,6% des überschüssigen Stroms zwischengespeichert und entweder in den Park zurückgespeist oder für Mobilität verwendet werden. Die verbleibenden 32.380 kWh müssten ins bundesweite Stromnetz eingespeist oder über andere Speicherformen aufgefangen werden.

Neben der Möglichkeit der Stromspeicherung können im Rahmen der Simulation auch die Entladeeffekte ermittelt werden. Die nachfolgenden Grafiken zeigen die maximal möglichen Entladeeffekte in Szenario Real in Abhängigkeit von der Fahrzeugnutzung.



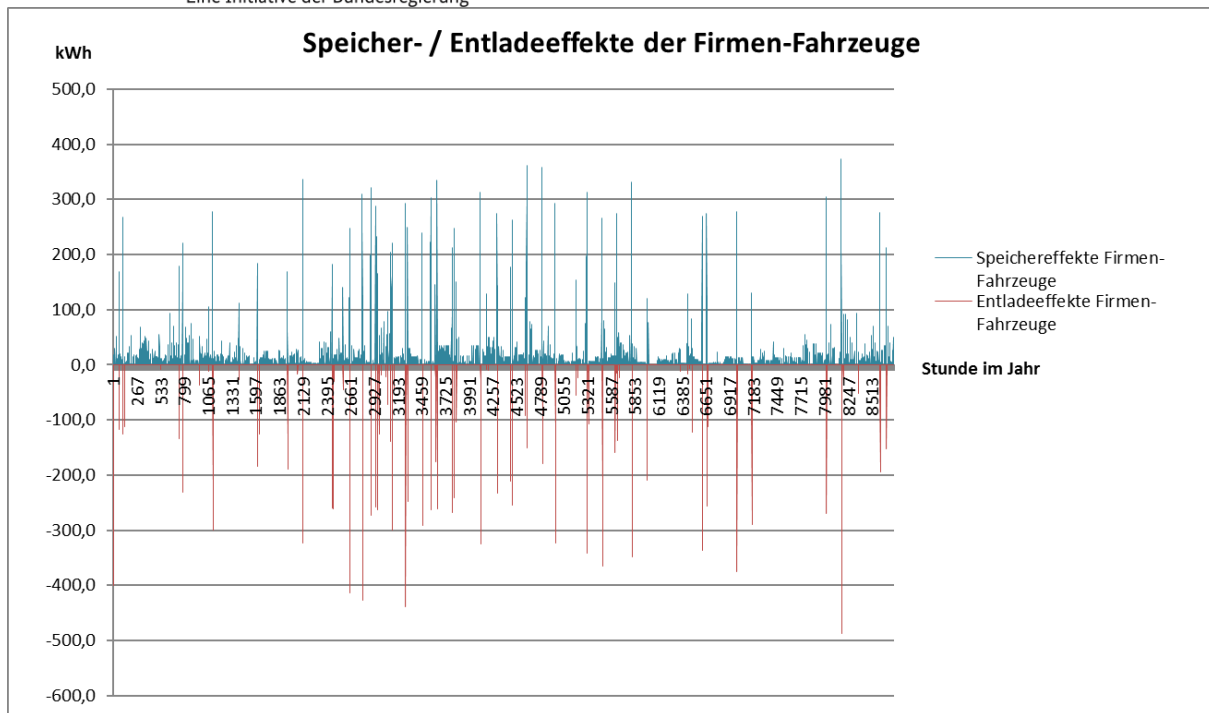


Abbildung 32: Basisszenario - Mögliche Speichereffekte der Firmen-BEV

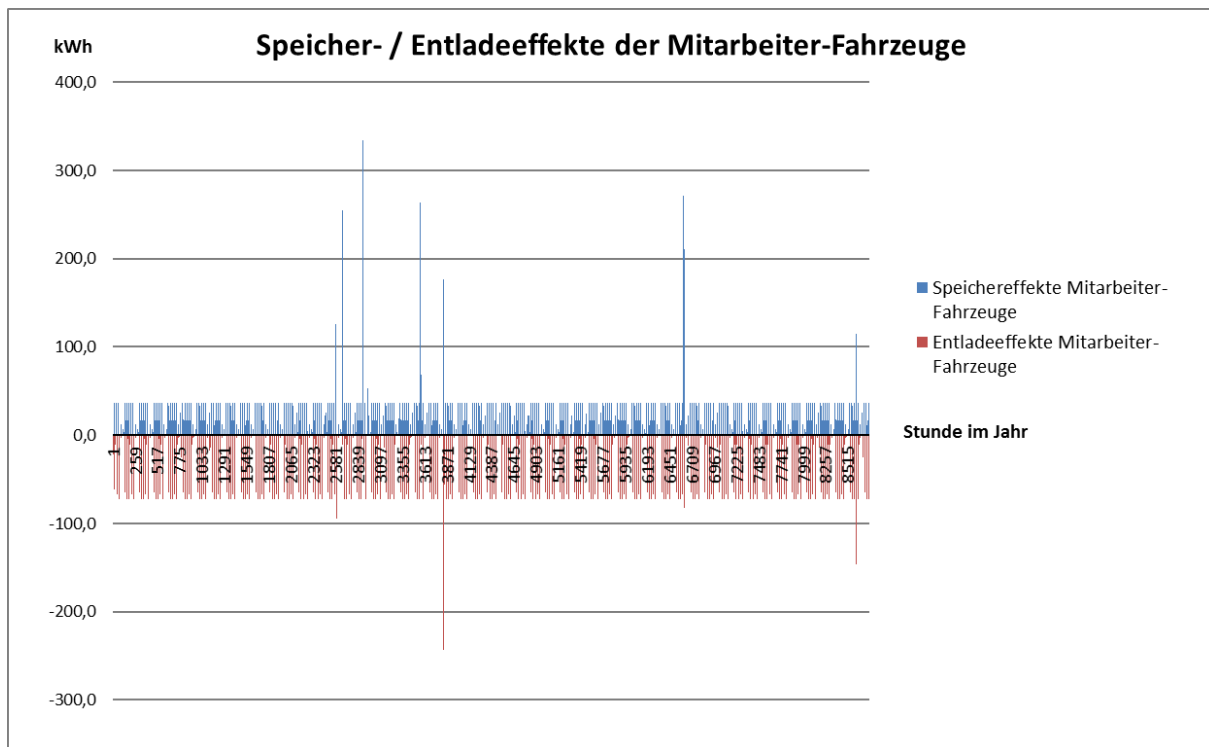
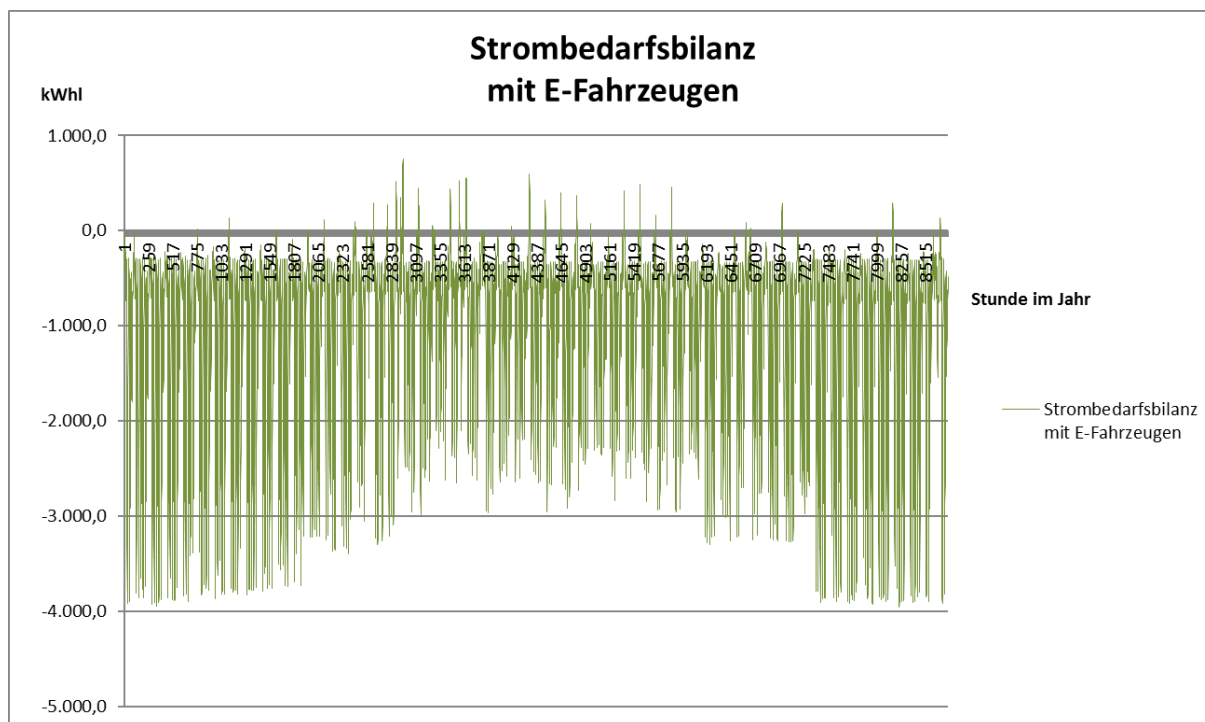


Abbildung 33: Basisszenario - Mögliche Speichereffekte der Mitarbeiter-BEV

Dabei wurde nicht unterschieden, ob es sich bei der möglichen Entladung um regenerative Stromanteile aus der parkeigenen Stromerzeugung oder um allgemeine Ladungsüberhänge handelt. D.h. die Entladung findet immer dann statt, wenn ein Überhang vorhanden und nutzbar ist, unabhängig von dessen Erzeugung. Insgesamt können mit diesem Ansatz ca. 42.000 kWh/a aus den Fahrzeugen in den Park zurückgespeist werden.



**Abbildung 34: Strombilanz COBIS Basisszenario unter Berücksichtigung der Speicher- und Entladeeffekte**

Die Simulation der Möglichkeiten zur Nutzung von Elektrofahrzeugen im Rahmen der Energieversorgung von Gewerbegebieten anhand des in Bezug auf die spätere Umsetzung (hinsichtlich Unternehmensansiedlung, Energieerzeugung und Energiebedarfe) als realistisch eingeschätzten Basisszenarios zeigt sehr geringe Potenziale bzgl. Speicher- und Entladeeffekte. Dies resultiert aus dem hohen Strombedarf im Park, der relativ geringen parkeigenen Stromerzeugung und der Verfügbarkeit der Elektrofahrzeuge bezogen auf den Gesamtstrombedarf.

### Szenario BEV-Max: Reale Energieerzeugung & maximale Fuhrparkgrößen

Durch die Unterstellung des maximal simulierbaren BEV-Fuhrparks von insgesamt 80 Fahrzeugen

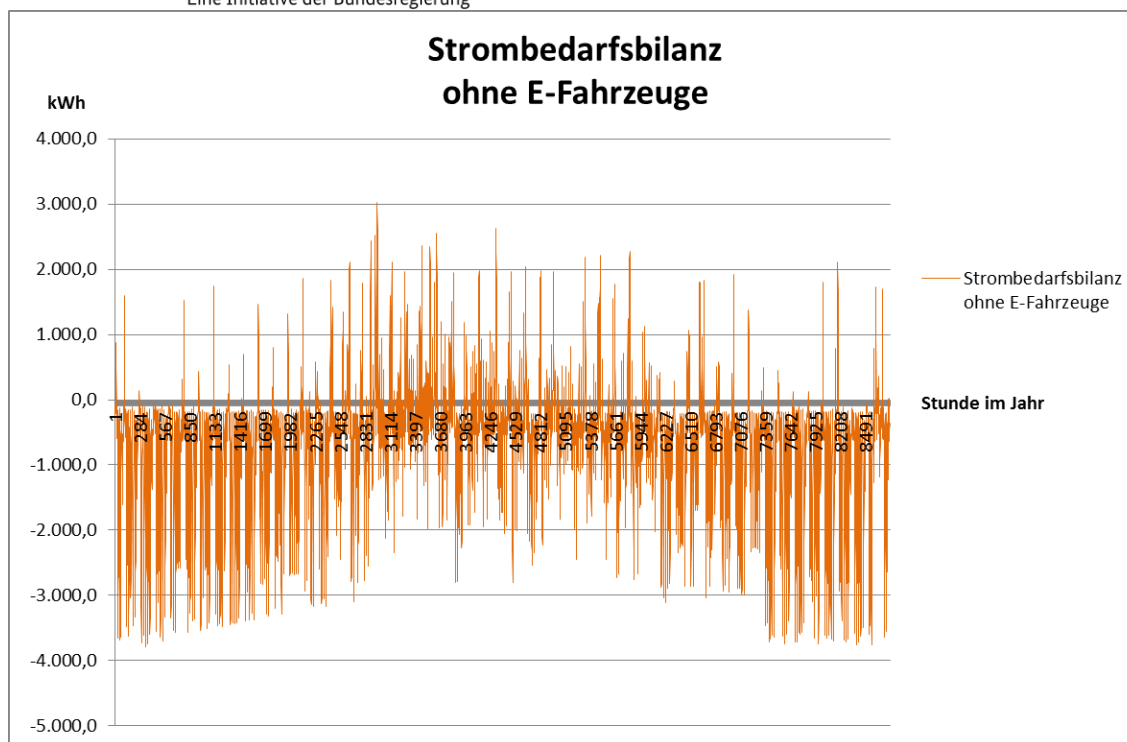
So ändert sich nicht an der Erzeugung überschüssigen Stromes über das Jahr hinweg in Höhe von ca. 64.250 kWh. Hiervon können ca. 46.040 kWh in den Elektrofahrzeugen gespeichert werden kann. Davon entfallen ca. 41.450 kWh auf die Firmenfahrzeuge und ca. 4.590 kWh auf die Mitarbeiterfahrzeuge. Damit können ca. 71,7% des überschüssigen Stroms zwischengespeichert werden. Die verbleibenden 18.210 kWh müssten ins bundesweite Stromnetz eingespeist oder über andere Speicherformen aufgefangen werden.

Insbesondere die geringe parkeigene Stromerzeugung scheint ein limitierender Faktor zu sein. In den Szenarien EE-Max und Max wurde daher untersucht, welche Auswirkungen sich aus einer Maximierung der parkeigenen Stromerzeugung ergeben und in wie weit sich die Speicher- und Entladeeffekte dadurch erhöhen lassen.

### Szenario EE-Max: Maximale Energieerzeugung & reale Fuhrparkgrößen

In Szenario EE-Max bleibt die Versorgungsstruktur im Gewerbegebiet COBIS in seiner Art wie bereits beschrieben erhalten. Die Fuhrparkgrößen werden wieder real unterstellt, die zur Stromerzeugung eingesetzten Komponenten werden maximiert. D.h. die Größe der Blockheizkraftwerke wird dabei zwar weiterhin durch den Wärmebedarf des Parks (für heizen und kühlen) begrenzt, die Zahl und Größe der BHKWs wird jedoch erhöht. Für die Simulation in Szenario EE-Max wird vom Einsatz mehrerer Blockheizkraftwerke mit einer Gesamtstromerzeugungsleistung von ca. 350 kW<sub>el</sub> ausgegangen.

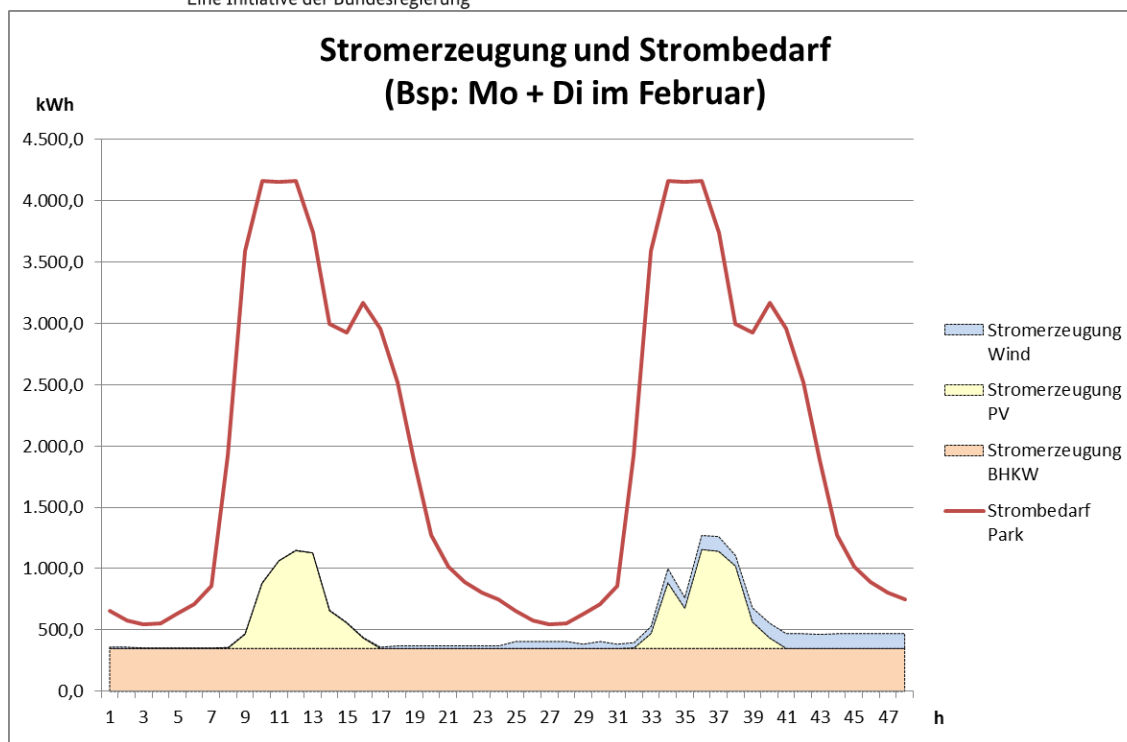
Für die Installation von Photovoltaikanlagen wird ebenfalls maximiert und die Belegung der Dachflächen mit Photovoltaik im Umfang von ca. 80% der Dachflächen (ca. 25.000 m<sup>2</sup>) angesetzt. Gleichmaßen erfolgte eine Maximierung der Anzahl an Windkraftträdern die ungeachtet der rechtlichen Rahmenbedingungen aus technischer Sicht noch sinnvoll auf dem Gelände angeordnet werden können. In Szenario EE-Max wurden für den Park 24 Kleinwindkraftanlagen (< 10KW) angesetzt.



**Abbildung 35: Szenario EE-Max - Strombilanz COBIS ohne E-Fahrzeuge**

Im Vergleich zu Szenario Real zeigt sich in Szenario EE-Max eine deutlich positivere Strombilanz. Zwar ist diese in der überwiegenden Zahl der Stunden im Jahr noch negativ, es muss jedoch deutlich weniger Strom aus dem bundesweiten Stromnetz bezogen werden und auch die Anzahl der Stunden mit Stromerzeugungsüberschüssen ist deutlich höher.

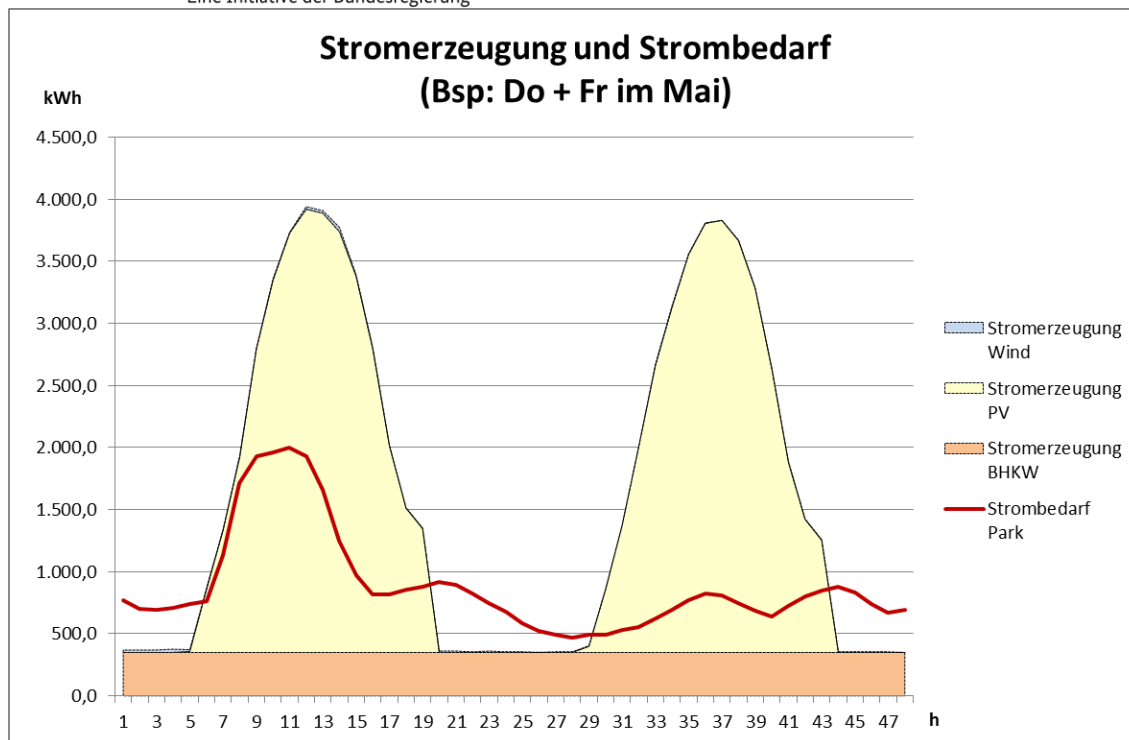
Die Betrachtung einzelner Tage verdeutlicht den Verlauf von Strombedarf und Stromerzeugung im Gewerbegebiet und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten zur Speicherung überschüssigen Stroms in Elektrofahrzeugen.



**Abbildung 36: Szenario EE-Max - Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Wintertagen**

Die Darstellung zweier typischer Wintertage in Abbildung 36 zeigt, dass auch in Szenario EE-Max das zu erwartende Stromerzeugungspotenzial an typischen Wintertagen nicht ausreicht, die Grundlast des Gewerbegebiets zu decken. Weiterhin können nur an sehr sonnigen Wintertagen und zu Zeiten mit geringem Strombedarf Stromüberschüsse entstehen, die in den Elektrofahrzeugen gespeichert werden können.

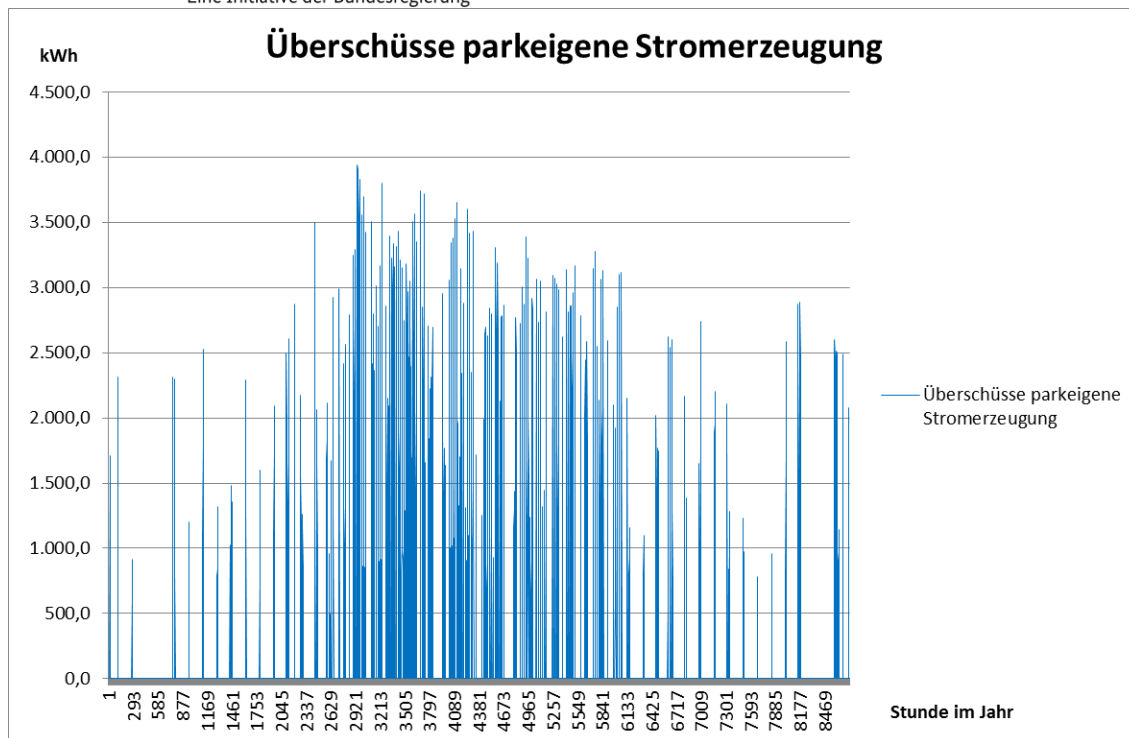
In Szenario EE-Max ergaben sich für die Winterzeit von November bis Februar 105 Stunden in denen ein Stromüberschuss von ca. 64.740 kWh erzeugt wird.



**Abbildung 37: Szenario EE-Max - Beispiel Stromerzeugung und Strombedarf an Sommertagen**

Die Darstellung zweier typischer Sommertage zeigt hingegen, dass das zu erwartende Stromerzeugungspotenzial aufgrund der großen PV-Fläche in den Mittagsstunden durchaus auch deutliche Überschüsse gegenüber dem Strombedarf erzeugt werden können. Weiterhin ist jedoch auch an Sommertagen das Zusammenspiel aus der Stromerzeugung aus den PV-Anlagen und den Zeiten mit geringeren Strombedarfen des Parks maßgeblich dafür, ob ein Stromüberschuss erzeugt wird.

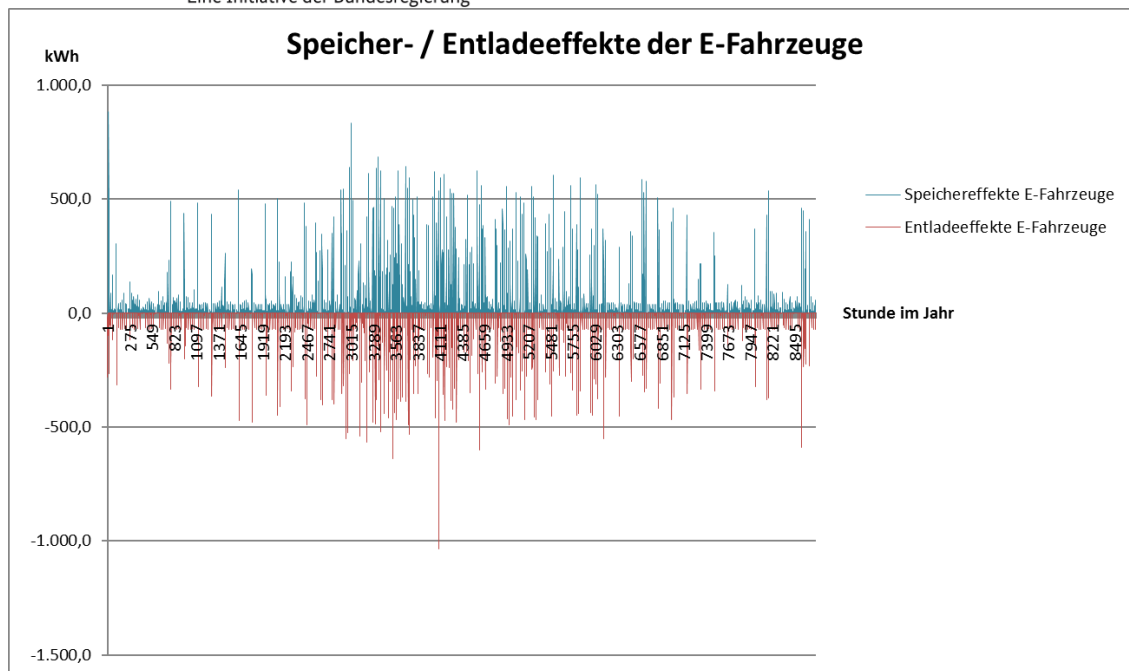
Über das gesamte Jahr betrachtet ergaben sich aus der Simulation ca. 1.000 Stunden im Jahr, in denen überschüssiger Strom in Höhe von ca. 718.000 kWh produziert wird.



**Abbildung 38: Szenario EE-Max - Abschätzung Überschüsse parkeigene Stromerzeugung**

Es hat sich gezeigt, dass sich durch die Erhöhung der parkeigenen Stromerzeugung die Anzahl der Stunden, an denen Stromüberschüsse erzeugt werden, deutlich erhöht hat. Fraglich bleibt, wie viel dieser Überschüsse nun tatsächlich in den Elektrofahrzeugen gespeichert werden können. Um die Möglichen Speichereffekte in der Simulation abzubilden, wurde von der gleichen Verfügbarkeit der Fahrzeuge wie in Szenario Real ausgegangen.

Die Auswertung der Simulation bezüglich der möglichen Speichereffekte ergab, dass von den ca. 718.000 kWh überschüssigen Stroms ca. 130.920 kWh in den Elektrofahrzeugen gespeichert werden kann, 99.620 kWh in den Firmenfahrzeugen und 31.300 kWh in den Mitarbeiterfahrzeugen. Damit können ca. 18,2% des überschüssigen Stroms gespeichert werden. Die verbleibenden 587.080 kWh müssten ins bundesweite Stromnetz eingespeist oder über andere Speicherformen aufgefangen werden.

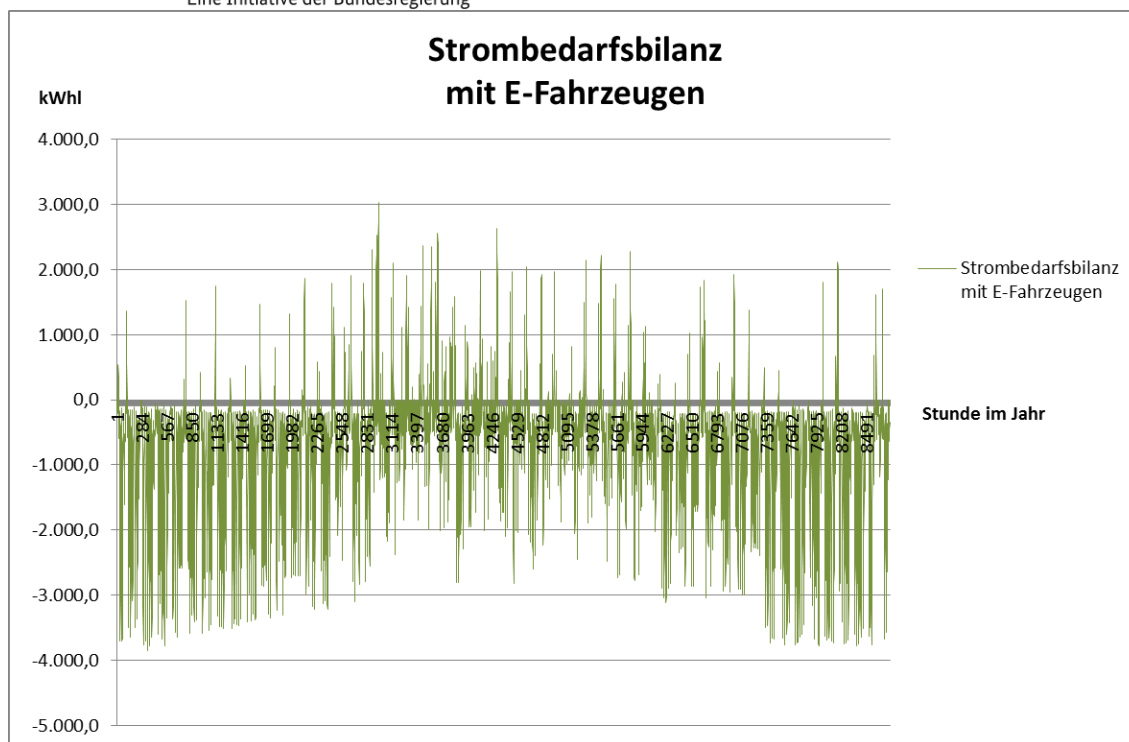


**Abbildung 39: Szenario EE-Max - Mögliche Speichereffekte der Elektrofahrzeuge**

Die Ermittlung der möglichen Entladeeffekte für Szenario EE-Max bringt gegenüber Szenario Real allerdings keine deutliche Steigerung, wie es die große Menge überschüssigen, gespeicherten Stroms vermuten ließe. Insgesamt können in Szenario EE-Max lediglich ca. 94.000 kWh/a aus den Fahrzeugen in den Park zurückgespeist werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der überschüssige Strom in den Fahrzeugen selbst als Antriebsenergie genutzt und verbraucht wird.

Es lässt sich also festhalten, dass durch die Erhöhung der parkeigenen Stromerzeugung die Speichereffekte der Elektrofahrzeuge deutlich erhöht, die Entladeeffekte hingegen nur unwesentlich verändert werden, da der Großteil des gespeicherten Stroms für die Fahrzeuge selbst genutzt wird.





**Abbildung 40: Strombilanz COBIS Szenario EE-Max unter Berücksichtigung der Speicher- und Entladeeffekte**

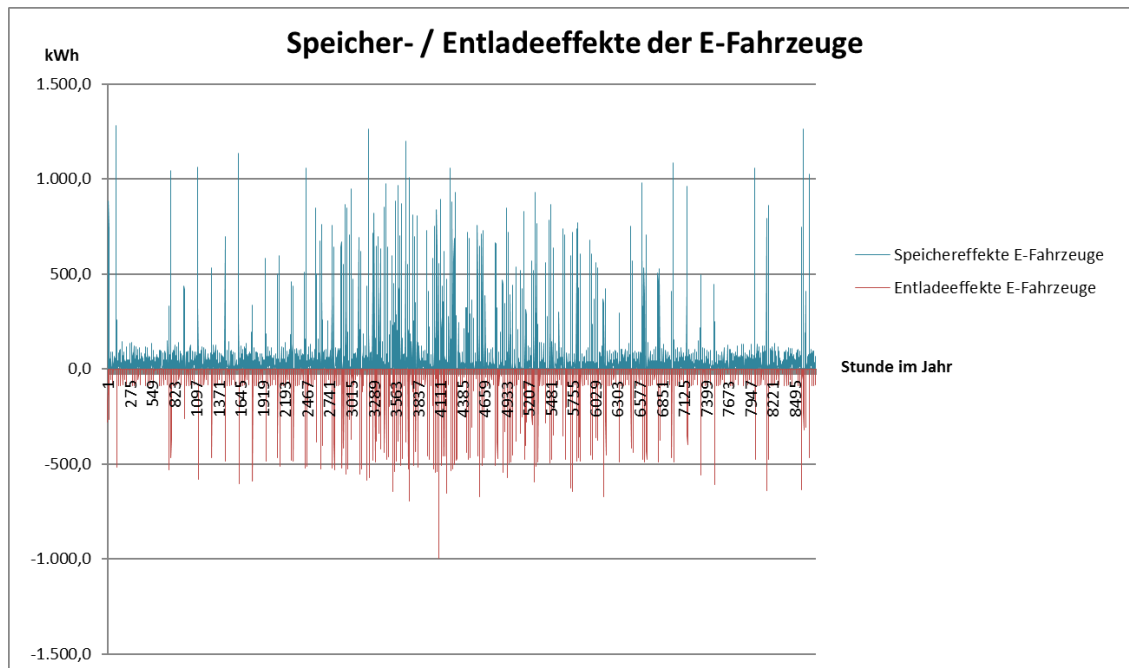
Es stellt sich nun die Frage, ob eine Erhöhung der Anzahl an Elektrofahrzeugen einen signifikanten Einfluss auf die Speicherung und Entladung überschüssigen Stroms hat.

Um diese Effekte aufzeigen zu können wurde in Szenario Max die Anzahl mit der im Mobilitätsmodul maximal kalkulierbaren Anzahl von 40 Elektrofahrzeugen je Fuhrpark, mithin 80 BEV, durchgeführt.

#### Szenario Max: Maximale Energieerzeugung & maximale Fuhrparkgrößen

Im Szenario Max werden sowohl für die BEV-Anzahl als auch für die Energieerzeugung die beiden Maximalfälle unterstellt. Über das gesamte Jahr betrachtet ergeben sich wiederum ca. 1.000 Stunden, in denen überschüssiger Strom in Höhe von ca. 718.000 kWh produziert wird.

Die Auswertung der möglichen Lade- und Entladeeffekte ergab, dass die Speichereffekte durch die Erhöhung der verfügbaren Elektrofahrzeuge auf ca. 227.030 kWh (ca. 31,6%) ansteigen. Gegenüber Szenario EE-Max bedeutet stellt ein Plus dar von ca. 96.110 kWh/a (ca. 73%) bei einer Erhöhung der Fahrzeuganzahl um 67% von 48 (16 Firmen- und 32 Mitarbeiterfahrzeuge) auf 80 (je 40 Fahrzeuge).



**Abbildung 41: Szenario Max - Mögliche Speichereffekte der Elektrofahrzeuge**

Die Ermittlung der möglichen Entladeeffekte zeigt, dass sich in Szenario Max gegenüber Szenario EE-Max eine deutliche Steigerung ergibt. Insgesamt können in Szenario Max ca. 147.000 kWh/a aus den Fahrzeugen in den Park zurückgespeist werden.

### Umsetzung in die Praxis

Bei den Überlegungen zur Umsetzung in die Praxis, d.h. zur Nutzung der Elektrofahrzeuge als Energiespeicher für die Optimierung der Stromversorgung in Gewerbegebieten, sind eine Reihe von Problemen aufgefallen, die an dieser Stelle diskutiert werden sollen.

Um die Lade- und Entladevorgänge in das übergeordnete Energiemanagementsystem des Gewerbegebiets bestmöglich integrieren zu können, sind möglichst genaue Prognosen über die Verfügbarkeit der Elektrofahrzeuge und eine möglichst genaue Abschätzung der für die Fahrt benötigten Ladung nötig. Dies erfordert eine möglichst detaillierte Eingabe zum Zeitpunkt der Buchung. Das System muss möglichst lange vorher wissen, wann ein Fahrzeug mit wie viel Reichweite benötigt wird.

Diese Abfrage könnte für den Fuhrpark eines Unternehmens tatsächlich funktionieren, da dort die Termine häufig einige Tage im Voraus bekannt sind. Es wäre allerdings mit einem höheren Buchungs- / Verwaltungsaufwand für die Mitarbeiter verbunden.

Im Rahmen eines öffentlich nutzbaren Carsharing-Programms innerhalb des Gewerbegebiets wäre die Umsetzung allerdings nur schwer vorstellbar, da hier häufig recht kurzfristige Buchungen mit nicht abschließend definierten Fahrtzielen zu erwarten sind.

Für die Einbindung wäre darüber hinaus eine Software erforderlich, die die Auswertung und Steuerung der Lade- und Entladevorgänge übernimmt. Diese Thematik ist aus verschiedenen Gründen komplex. Zunächst muss man davon ausgehen, dass es sich um einen bzw. mehrere Fuhrparks mit mehreren Ladesäulen und Fahrzeugen handelt. In diesem Fall muss jede Säule und jedes Fahrzeug eindeutig von der Software identifiziert werden können. Die Software müsste dem Nutzer dann, in Übereinstimmung mit seiner vorgenommenen Buchung, ein bestimmtes Fahrzeug mit entsprechender Reichweite zuweisen. Je nach Ausgestaltung des Systems müssten auch die Nutzer die Fahrzeuge bei ihrer Rückkehr wieder an vordefinierten Ladesäulen anschließen. Insgesamt wäre also ein intelligentes Buchungs- und Steuerungssystem erforderlich, das in dieser Form vermutlich noch nicht entwickelt wurde.

Auch müsste eine Vernetzung zwischen der Erzeugung und der Steuerung zur Verfügung stehen und die Ladeboxen sowie die Fahrzeuge eine variable Ladung unterstützen.

Unabhängig von den technischen und softwareseitigen Notwendigkeiten müssen natürlich auch die Ansprüche des Nutzers berücksichtigt werden. Benötigt er ein kleines oder großes Auto, kann man zwischen den Fahrzeugen wählen oder werden diese von der Software zugeteilt, kann der Nutzer sein Fahrziel und die benötigte Reichweite genau planen oder benötigt er gegebenenfalls Reserven für spontane Weiterfahrten? Wie sicher fühlt sich der Nutzer, wenn er nur eine vordefinierte Reichweite zur Verfügung gestellt bekommt? Und ist der Nutzer bereit den mit diesem Buchungssystem verbundenen Mehraufwand auf sich zu nehmen?



**Tabelle 10: Übersicht aller untersuchten Szenarien**

Szenario		Real	BEV-Max	EE-Max	Max
<b>Gesamt Ladung BEV</b>					
Firmen-BEV	kWh/a	61.870	196.560	128.950	321.050
Mitarbeiter-BEV	kWh/a	32.730	45.010	56.800	65.190
Summe	kWh/a	94.600	241.570	185.750	386.240
<b>Speicherung reg. Überschuss in BEV</b>					
Firmen-BEV	kWh/a	27.260	41.450	99.620	194.040
Mitarbeiter-BEV	kWh/a	4.610	4.590	31.300	32.990
Summe	kWh/a	31.870	46.040	130.920	227.030
Einspeisung reg. Überschuss ins Stromnetz	kWh/a	32.380	18.210	587.080	490.970
Anteil Nutzung des reg. Überschusses in BEV		49,6%	71,7%	18,2%	31,6%
<b>Anteil reg. Überschuss an BEV-Gesamtverbrauch</b>					
Firmen-BEV		44,1%	21,1%	77,3%	60,4%
Mitarbeiter-BEV		14,1%	10,2%	55,1%	50,6%
alle BEV		33,7%	19,1%	70,5%	58,8%
<b>Strombezug BEV aus Stromnetz</b>					
Firmen-BEV	kWh/a	34.610	155.110	29.330	127.010
Mitarbeiter-BEV	kWh/a	28.120	40.420	25.500	32.200
alle BEV	kWh/a	62.730	195.530	54.830	159.210

## Fazit

Damit Elektrofahrzeuge als Energiespeicher in die Energieversorgung von Gewerbegebieten sinnvoll eingebunden werden können müssen folglich mehrere Parameter erfüllt sein.

Zum einen muss im Gebiet ein überhaupt ein Überschuss an regenerativer Energieerzeugung gegeben sein, der in den Fahrzeugen gespeichert werden kann. Ist dies nicht der Fall könnten zwar auch überschüssige Energiemengen aus dem Bundesnetz gespeichert werden, diese Überschüsse könnten aber auch in jedem anderen Energiespeicher aufgefangen werden und sind daher in diesem Forschungsrahmen ausgeklammert.

Zum anderen dann genug Elektrofahrzeuge im Gewerbegebiet verfügbar sein, die die entstehenden Stromüberschüsse aufnehmen können. Hier sind neben den Firmenfuhrparks, welche insbesondere an Wochenenden und außerhalb der Betriebszeiten verfügbar sein dürften, insbesondere die

Elektrofahrzeuge der Mitarbeiter in die Betrachtung mit einzubeziehen, da diese in der Regel mit relativ gut prognostizierbaren Verfügbarkeitszeiten innerhalb der Betriebszeiten zur Verfügung stehen dürften.

Sind diese beiden Parameter gegeben gilt es ein übergeordnetes Energiemanagementsystem für das Gewerbegebiet zu entwickeln, welches die Energieerzeugung, den Energieverbrauch, die Verfügbarkeiten der Elektrofahrzeuge und die Speichermöglichkeiten erfasst und aufeinander abstimmt.

Wichtig ist dabei, dass die Fahrzeuge nicht primär dazu bestimmt sein sollten, als Energiespeicher zu dienen, sondern im Wesentlichen immer noch ihre Grundfunktion, die Deckung von Mobilitätsbedarfen erfüllen müssen.

Sollten all diese Parameter erfüllt werden, stellt sich zudem noch die Frage der Wirtschaftlichkeit. Zwar liegt zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine ausführliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vor, es ist jedoch davon auszugehen, dass die Kosten für die zusätzliche Energieerzeugung, die notwendige Anzahl an Elektrofahrzeugen und die intelligente Verknüpfung aller Komponenten mit deutlich höheren Kosten verbunden sein wird, als durch die Speicherung und spätere Nutzung des überschüssigen Stroms in den Fahrzeugen an Einsparungen generiert werden könnte.

Die Einbindung scheint daher nur dann eine sinnvolle Option zu sein, wenn ohnehin eine große Anzahl an Elektrofahrzeugen genutzt wird und das Bestreben besteht möglich viel Strom innerhalb des Gewerbegebiets durch regenerative Energiequellen vor Ort zu produzieren. In diesem Fall könnte Wirtschaftlichkeit dieser ohnehin bestehenden Versorgungs- und Mobilitätskonzepte durch eine intelligente Verknüpfung verbessert werden.

### 3.3.7 Auswertung der Daten zur Frage der Vereinbarkeit der verschiedenen Nutzergruppen

(Durchführung: Städtebau-Institut)

Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen ließen sich keine Nutzergruppen bzw. Branchenkombinationen identifizieren, die über ihre Fuhrparks und Energieverbräuche spezielle energierelevante bzw. mobilitätsspezifische Symbiosen erlauben. Dieses Teilarbeitspaket war ursprünglich auf die im Park ansiedelnden Unternehmen bezogen und hat durch die Simulation prinzipielle sogar eine erheblich breitere Grundlage erhalten. Detaillierte Auswertungen ließen sich im Rahmen der Projektlaufzeit jedoch leider nicht mehr verwirklichen, da der Mehraufwand für die Erstellung der Simulation (inkl. der dafür nötigen Datengenerierung und Entwicklungsschritte) für das SI deutlich zeitaufwändiger war als der ursprünglich geplante Projektaufwand.

### **3.4 Arbeitspaket 4:**

#### 3.4.1 Ganzheitliche Kommunikationsstrategie (mit Zielsetzung, Definition einzelner Maßnahmen / Aktivitäten, Kontrolle)

(Durchführung: EFG, Schäfer, Städtebau-Institut + Drittfirmen)

Um das Forschungsprojekt eCar-Park Sindelfingen möglichst ganzheitlich zu präsentieren wurden zu Beginn eine gemeinsame Kommunikationsstrategie entwickelt. Diese sah vor, dass alle Projektbeteiligten gemäß ihren Bearbeitungsschwerpunkten und Kernkompetenzen das Projekt auf unterschiedlichen Kanälen präsentieren. Im Folgenden werden die Tätigkeitsschwerpunkte näher beschrieben.

#### 3.4.2 Öffentlichkeitsarbeit/Begleitung des Projektes

(Durchführung: EFG + Schäfer + Städtebau-Institut)

Wie bereits beschrieben erfolgte die Öffentlichkeitsarbeit und Projektbegleitung durch alle Projektpartner gleichermaßen, gemäß der vereinbarten Kommunikationsstrategie allerdings mit unterschiedlichen Schwerpunkten.

Die EFG übernahm dabei die Repräsentation des Projekts im Rahmen des Schaufensters Elektromobilität BW<sup>e</sup> mobil. Neben der Vertretung des Projekts auf den Schaufensterveranstaltungen (Projekttreffen, Jahresversammlungen und Messen) waren dabei insbesondere die Text-, Film- und Bildbeiträge zu den übergeordneten Schaufensterpräsentationen (Schaufensterpublikation, Online-Schaufenster etc.) maßgebliche Arbeitsschwerpunkte.



Entwicklung eines stundengenauen Energiesimulationsystems aus erneuerbarer Energieerzeugung, Energieverbräuchen und elektrischen Mobilitätsbedarfen

- Ermittlung branchenspezifischer Mobilitätsprofile
- Tests zur Implementierung von Vehicle2Grid in Gewerbegebieten
- Erforschung energetischer Nutzbarkeit von betrieblicher eMobilität



Ausstellungseröffnung der eStation

#### Projektbeschreibung

Die nachhaltige Entwicklung von Gewerbestandorten bietet in den Bereichen Energie, Kosten und CO<sub>2</sub> bislang wenig beachtete Chancen zur Realisierung großer Einsparpotenziale. Durch eine integrierte Betrachtung von Energiebereitstellung und -abnahme, (Elektro-)Mobilität und standortgerechten Städtebau können durch Kooperation Synergien geschaffen und nutzbar gemacht werden, die die Einsparung großer Mengen an Energie und Kosten ermöglichen würden.

Im Ansinnen, mögliche Wege zur Erschließung dieser Potenziale aufzuzeigen, wird im Rahmen des Forschungsprojekts e-carPark Sindelfingen untersucht, wie Gewerbe- und Industriegebiete ressourcenschonend und klimaver-

träglich zeitgemäß zu entwickeln und zu verändern sind. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht dabei insbesondere die Frage nach den Möglichkeiten zur Einbindung von Elektromobilität in das Energieversorgungskonzept des Gewerbegebiets.

Ziel des Forschungsprojekts ist es, auf Basis „typischer“ Strukturen der Gewerbegebietsentwicklung typische Maßnahmen zur ökologischen Gewerbegebietsentwicklung abzuleiten.

#### Projektverlauf und Ergebnisse

Zu Beginn des Projekts wurde schnell klar, wie neu das Thema Elektromobilität in vielen Bereichen des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Miteinanders war. Rund um die Themen Datenerfassung, Aufbau von Ladefra-

struktur und Fahrzeugnutzung galt es viele technische und vor allem rechtliche Fragen zu klären und allgemeine Bedenken in die Technologie auszuräumen. Hinzu kamen viele baurechtliche Fragen zum Thema Elektromobilität. Nach erfolgreicher Klärung konnte als erster Baustein die eMobilitäts-Station am Standort des zukünftigen Gewerbeplatzes COBIS installiert werden. Die Station beinhaltet neben Anlagen zur regenerativen Energiegewinnung und Ladesäulen für Elektrofahrzeuge auch eine umfassende, interaktive Präsentation zum Thema Elektromobilität, die für Besucher zugänglich ist.

Parallel wurde das Energiekonzept vorangetrieben, in dem branchenabhängig Energieerzeugung und -verbrauch in Form einer Simulation darstellbar sein wird. Hierbei sind Erzeugungsprofile erneuerbarer Energieanlagen sowie Verbrauchsprofile zahlreicher Branchen relativ gut bekannt und in das System einisierbar. Bisher wenig bekannt sind dagegen die unterschiedlichen Fahr- und Nutzungsanforderungen und Mobilitätsbedarfe von Unternehmen in Abhängigkeit der Branche, des Unternehmensportfolios, der Firmengröße, des Standorts und der

verkehrlichen Anbindung. Hierzu wurde ein Forschungsdesign entwickelt, welches sich derzeit in der Umsetzung befindet. Aus den bisherigen Forschungsergebnissen wird ersichtlich, dass Potenziale zur Einbindung von e-Fahrzeugen in ein Energieversorgungssystem zwar bestehen, diese aber wesentlich von der zur Verfügung stehenden Fahrzeuganzahl und dem branchenspezifischen Nutzerverhalten abhängen. Große Potenziale könnten sich allerdings aus der Nutzung von e-Fahrzeugen der Mitarbeiter ergeben.

#### Ausblick

Die Projektergebnisse zu Mobilitätsbedarfen von Unternehmen dürften auf vielfältige Weise nutzbar sein. So ist es denkbar, die Datenbasis durch breiter angelegte Untersuchungen auf mehr Branchen auszuweiten sowie über den Großraum Stuttgart hinaus räumlich zu diversifizieren – die Energiesimulation könnte damit zum Planungsinstrument nachhaltiger Gewerbeplatzentwicklung werden. Die mobilitätsrelevanten Erkenntnisse könnten bei entsprechender Aufarbeitung auch in der Verkehrs- und Regionalplanung dienlich sein.



Aufbau der eStation - erste Schritte Richtung COBIS

#### Ansprechpartner:

Michael Metzger  
EFG - Engineering Facility Group  
Friedricher Straße 3  
70439 Stuttgart  
T: +49 711 8623033  
michael.metzger@efg.de

**Laufzeit:** 01/2013 - 06/2016

**Fördermittelgeber:** Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

**Projektpartner:**

EFG - Engineering Facility Group • Schäfer GmbH & Co. KG • Städtebau-Institut - Universität Stuttgart

## Abbildung 42: Vorstellung eCar-Park Sindelfingen im Rahmen der Abschlusspublikation des Schaufensters BW<sup>9</sup> mobil

### 3.4.3 Errichten parkeigene Ausstellung/ Infozentrum + Kick-off Projektstartveranstaltung

(Durchführung: Schäfer / EFG)

Durch die Betreuung der E-station war die Schäfer GmbH hauptverantwortlich für die Öffentlichkeitsarbeit des Projekts am Projektstandort zuständig. Das Eröffnungsevent zur Einweihung der E-Station stellte dabei gleichzeitig den offiziellen Projektbeginn dar.

Zusätzlich zur Betreuung vor Ort präsentierte die Schäfer GmbH das Projekt auf verschiedenen internationalen Baumessen und Fachtagungen.



**Abbildung 43: Präsentation des eCar-Park Sindelfingen im Rahmen der Verleihung des Innovations-Awards im Rahmen der Böblinger Businesswochen 2015**

#### 3.4.4 Kommunikation des Forschungsstandes und der Ergebnisse auf Fachtagungen und in wissenschaftlichen Publikationen

- + Veranstaltung(en) mit Schwerpunktthema Elektromobilität (Durchführung: Städtebau-Institut)
- + Feedback/Erfahrungsabfragen (Durchführung: Städtebau-Institut)

(Durchführung: Städtebau-Institut)

Die Präsentation des Projekts in Bereich der Wissenschaft wurde vom Städtebau-Institut übernommen. Die Projektinhalte sowie einzelne relevante Fragestellungen wurden während der Projektlaufzeit auf zahlreichen Veranstaltungen präsentiert und inhaltlich zur Diskussion gestellt, siehe Tabelle 13.

Die Veranstaltungen im Jahr 2014 wurden schwerpunktmäßig dazu genutzt, die Projektinhalte zu kommunizieren, um inhaltlich breit gestreute Rückmeldungen zu erhalten sowie Kenntnisse bzgl. vergleichbarer Projekte zu generieren. Darüber hinaus war es von zentraler Bedeutung, die Anforderungen von Flottenbetreibern an ihre Fuhrparks kennen zu lernen und erste inhaltliche Positionierungen mit ihnen zu diskutieren.



Im Jahr 2015 wurde der Fokus darauf gelegt, den detaillierten Stand der Wissenschaft im Bereich Microgrids und Elektromobilität mit den Anforderungen an die zu erstellende Simulationen (und das Mobilitätsmodul) abzugleichen sowie die in diesem Jahr durchgeführte Umfrage bzgl. betrieblicher Fuhrparkgrößen und -zusammensetzungen hinsichtlich ihres Forschungsdesigns und der Auswertungsansätze zu optimieren.

Der Fokus im Jahr 2016 wurde mehr und mehr auf die Präsentation von Ergebnissen gelegt. Während der Laufzeit wurden Inhalte des Projekts in drei Tagungsbänden (zwei davon mit internationalem Renommee) veröffentlicht. Es ist beabsichtigt, die zum Projektende vorliegenden Erkenntnisse bzgl. der branchenspezifischen Fuhrparks, deren Bewegungsprofilen und Substitutionspotenzialen, der Energiebedarfe über die Zeit und den Abgleich mit der Energieerzeugung im Nachgang des Projekts intensiv zu publizieren. Eine erste Einladung zur World Sustainable Built Environment (WSBE) 2017 in Hongkong durch den Veranstalter ist bereits erfolgt, eine wissenschaftliche Publikation in einem relevanten Journal damit absehbar.

#### 3.4.5 Ansprache Unternehmen und Bevölkerung: Aufruf zur Nutzung der bereitgestellten Fahrzeuge

(Durchführung: nicht erfolgt)

Da der Aufbau und die Besiedelung des COBIS Gewerbegebiets aus den bereits dargelegten Gründen nicht wie angedacht im Rahmen des Forschungsprojekts erfolgen konnte, wurden bisher lediglich die an einer Ansiedelung interessierten Unternehmen bezüglich der Nutzung von E-Fahrzeugen bzw. dem Interesse zur Nutzung eines parkeigenen eCarsharings angesprochen. Da noch nicht klar ist, ob und in welcher Form ein solches eCarsharing im Park umgesetzt werden kann wurde bisher auf die Ansprache der Bevölkerung verzichtet.

### **3.5 Arbeitspaket 5:**

#### 3.5.1 Ausarbeitung einer Gewerbegebiets-Typisierung mit besonderem Fokus auf „typische“ Branchenstrukturen

(Durchführung: Städtebau-Institut)

Vor dem Hintergrund der im Projektverlauf notwendig gewordenen Erhebung von Fuhrparkgrößen und -konstellationen sowie Mobilitätsbedarfen hat sich der inhaltliche Anspruch an dieses Teilarbeitspaket etwas anders gewichtet dargestellt. So wurde eine Gewerbegebiets-Typisierung erarbeitet, die zentralen Fokus auf Typ und Anzahl der Fahrzeuge je Mitarbeiter und Branche legte, weil sich hieraus mit einem Minimum an Eingangsparametern die für weitere Berechnungen adäquaten Kennwerte ableiten lassen. Hierzu bedurfte es der Identifikation von maximal 5 Branchen-Clustern (sonst wäre die Stichprobe zu gering gewesen), denen eine Vielzahl an Unternehmen zuzuordnen waren. Die Aussagekraft, die sich aus

diesem Grad der Unschärfe noch ergibt, konnte im Verlauf des Projekts bisher nicht verifiziert werden. Stattdessen bilden die Ergebnisse den branchen- und fahrzeugkategorie-spezifischen Durchschnitt der 324 Unternehmen, die an der Befragung teilgenommen haben. Inwiefern dies "typische" Strukturen sind, konnte nicht belegt werden.

3.5.2 Nutzerperspektive: Ableitung von typischen Mobilitätsmustern für definierte Branchenstrukturen; Nutzer-Charakteristiken: Welcher Nutzer fährt wie viel wohin etc; Evtl. Abgleich Ex-Ante bei den Branchen (ohne Nutzungserfahrung EM) mit Ex-Post-Perspektive (nach Erfahrung mit EM im Projekt).

(Durchführung: Städtebau-Institut)

Auch in diesem Teilarbeitspaket veränderte sich durch die detaillierte Energiesimulation die inhaltliche Gewichtung. So war es nicht möglich, ansiedelnde Unternehmen nach den Mobilitätsmustern ihrer Fahrzeuge zu befragen. Stattdessen bedurfte es für die Erstellung einer theoriebasierten Simulation der Sammlung realer Fahrdaten verschiedener Fahrzeuge in verschiedenen Branchen – was letztlich auch die Übertragbarkeit der Simulation im Gegensatz zur ursprünglich geplanten Vorgehensweise stärken sollte. Erreicht werden konnte dies durch eine strategische Partnerschaft mit dem Telematik-Anbieter Arealcontrol, der das SI intensiv bei der Auswertung frei zugänglicher Fahrtenbücher des REM2030-Netzwerks unterstützte und half, Datenlücken zu schließen und die Datensätze zu bereinigen. So konnte eine Datenbasis generiert werden, die auf Daten von 639 Fahrzeugen aller Fahrzeugkategorien aus 184 Firmen aller gewählten Branchencluster und 173.360 Einzelfahrten in allen vier Jahreszeiten basiert.

3.5.3 Potential-Analyse EM: Welcher Anteil ist durch EM abzubilden; Quantifizierung des CO<sub>2</sub>-Einsparpotentials durch EM im gewerblichen Verkehr

(Durchführung: Städtebau-Institut)

Das erstellte Mobilitätsmodul quantifiziert exakt das Substitutionspotential der BEV, indem alle Fahrten, die das BEV nicht leisten kann, nach Anzahl und Distanz dargestellt werden. Die Auswertung erfolgt kumuliert über den ganzen Fuhrpark hinweg, gesamt für jedes einzelne Fahrzeug sowie detailliert für jede Stunde je Fahrzeug. Bei den bisherigen Berechnungsdurchläufen konnten im Mittel etwa 90% aller Fahrten durch BEV abgedeckt werden und ca. 75% aller km.

Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial wurde bisher nicht exakt quantifiziert, weil eine detaillierte Untersuchung weiteren Untersuchungsbedarf erfordern und vor allem eine Verifizierung des Mobilitätsmoduls voraussetzen würde. Eine überschlägige Maximalabschätzung lässt sich dennoch bspw. anhand der Auswertung des Szenario Max durchführen. Hier konnten von den über 40 Firmenfahrzeuge hinweg anfallenden 1.174.006 km exakt 271.715 km nicht mit BEV abgedeckt werden. Für die geleisteten

902.291 km werden 218.165 kWh verbraucht; hiervon kann ein Anteil von ca. 89% mit Überschüssen aus dem Gewerbepark betrieben werden (ca. 194.040 kWh, Herleitung siehe oben), der Rest muss aus dem Stromnetz bezogen werden – entweder aus dem deutschen Strommix (598 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>5</sup>) oder aus einem Ökostromtarif (0 g CO<sub>2</sub>/kWh). Tabelle 11 stellt die Varianten für dieses Auswertungsbeispiel einander gegenüber.

**Tabelle 11: Abschätzung CO<sub>2</sub>-Einsparung Firmen-BEV im Szenario Max**

Triptyp	Strecke [km]	Energiebedarf*	davon	kWh	Stromnetz- bezug	Emissions- faktor	CO <sub>2</sub> -Emissionen [t] bei Bezug von		Basisszenario (100% Diesel)
							...Ökostrom	...Strommix	
Abgedeckte Trips	902.291	218.165 kWh	aus COBIS	194.040 kWh	COBIS	0 g/kWh	0,0	0,0	-
			aus dem Stromnetz	24.125 kWh	Strommix	598 g/kWh	-	14,4	-
					Ökostrom	0 g/kWh	0,0	-	-
Nicht abgedeckte Trips	271.715	10 l/100km	1 l Diesel verbrennt zu 2,64 kg CO <sub>2</sub>			264 g/km	71,7	71,7	-
Trips gesamt	1.174.006						71,7	86,2	309,9
Eingesparte CO <sub>2</sub> -Emissionen							238,2	223,8	0,0
CO <sub>2</sub> -Einsparung zum Basisszenario							76,9%	72,2%	0,0%

\* Der Energiebedarf der abgedeckten Trips resultiert aus dem Mobilitätsmodul und ist abhängig von der zufälligen Auswahl des Fahrtenbuchs und der zufälligen Zuordnung eines BEV mit dessen zugehörigem Verbrauch und Reichweite. Im vorliegenden Beispiel ergibt sich ein durchschnittlicher Verbrauch über alle 40 Firmen-BEV hinweg von ca. 24,2 kWh/100 km. Der zugrundeliegende BEV-Fuhrpark besteht aus 10 Kleinst-/Kleinwagen, 10 Kompakt-/Mittelklassewagen, 10 Oberklassewagen/SUV und 10 Nutzfahrzeugen. Der Energiebedarf der Diesel-Fahrzeuge basiert auf einer konservativen Schätzung für einen angemessenen Mix aus Fahrzeugklassen.

Daneben lässt sich eine analoge Abschätzung für die Firmenfahrzeuge im Szenario Real durchführen, siehe Tabelle 12. In diesem Fall konnten von den über 16 Fahrzeuge hinweg anfallenden 413.741 km exakt 89.224 km nicht mit BEV abgedeckt werden. Für die geleisteten 324.517 km werden 75.481 kWh verbraucht; hiervon kann ein Anteil von ca. 36% mit Überschüssen aus dem Gewerbepark betrieben werden (ca. 27.260 kWh, Herleitung siehe oben),

**Tabelle 12: Abschätzung CO<sub>2</sub>-Einsparung Firmen-BEV im Szenario Real**

Triptyp	Strecke [km]	Energiebedarf*	davon	kWh	Stromnetz- bezug	Emissions- faktor	CO <sub>2</sub> -Emissionen [t] bei Bezug von		Basisszenario (100% Diesel)
							...Ökostrom	...Strommix	
Abgedeckte Trips	324.517	75.481 kWh	aus EE-Anlagen	27.260 kWh	COBIS	0 g/kWh	0,0	0,0	-
			aus dem Stromnetz	48.221 kWh	Strommix	598 g/kWh	-	28,8	-
					Ökostrom	0 g/kWh	0,0	-	-
Nicht abgedeckte Trips	89.224	10 l/100km	1 l Diesel verbrennt zu 2,64 kg CO <sub>2</sub>			264 g/km	23,6	23,6	-
Trips gesamt	413.741						23,6	52,4	109,2
Eingesparte CO <sub>2</sub> -Emissionen							85,7	56,8	0,0
CO <sub>2</sub> -Einsparung zum Basisszenario							78,4%	52,0%	0,0%

\* Der Energiebedarf der abgedeckten Trips resultiert aus dem Mobilitätsmodul und ist abhängig von der zufälligen Auswahl des Fahrtenbuchs und der zufälligen Zuordnung eines BEV mit dessen zugehörigem Verbrauch und Reichweite. Im vorliegenden Beispiel ergibt sich ein durchschnittlicher Verbrauch über alle 16 Firmen-BEV hinweg von ca. 23,3 kWh/100 km. Der zugrundeliegende BEV-Fuhrpark besteht aus 3 Kleinst-/Kleinwagen, 3 Kompakt-/Mittelklassewagen, 3 Oberklassewagen/SUV und 7 Nutzfahrzeugen. Der Energiebedarf der Diesel-Fahrzeuge basiert auf einer konservativen Schätzung für einen angemessenen Mix aus Fahrzeugklassen.

<sup>5</sup> Umweltbundesamt 2016, online verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/strom-waermeversorgung-in-zahlen> (letzter Aufruf 22.09.2016)

Die für das Mobilitätsaufkommen erzielbaren CO<sub>2</sub>-Einsparungen sind in beiden Szenarien immens. Selbst beim Bezug von Netzstrom lassen sich deutliche Emissionsreduzierungen von ca. 50%-70% realisieren. Eine maximale Einsparwirkung von über 75% lässt sich in beiden Szenarien durch den ausschließlichen Einsatz von Ökostrom erreichen.

Detaillierte Betrachtungen ließen sich bspw. dadurch entwickeln, dass die nicht abgedeckten Trips nicht zwangsläufig zu 100% durch Dieselfahrzeuge absolviert werden müssten, sondern auch hier tlw. BEV aus einem Sharing-Pool eingesetzt werden könnten. Der Anteil, den BEV hier leisten könnten, wäre zu quantifizieren.

Für eine tiefergehende Bewertung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen wäre zudem die Erweiterung des Bilanzraumes über die reine Fahrzeugnutzung hinweg möglich. Dies würde Emissionen aus der Fahrzeugherstellung (Life Cycle Assessment, LCA) und der Kraftstoffbereitstellung – bestehend aus Gewinnung des Energieträgers und der Erzeugung der Kraftwerke – beinhalten. Aufgrund der hohen Laufleistungen der BEV – im Schnitt fährt jedes der Fahrzeuge 22.557 km (Szenario Max) bzw. 20.282 km (Szenario Real) – ist eine ökologische Vorteilhaftigkeit innerhalb eines überschaubaren Zeitraums zu erwarten. So kommt bspw. die Begleitforschung der Modellregionen Elektromobilität zu dem Ergebnis, dass ein mit Ökostrom betriebenes Mini-BEV bereits nach ca. 30.000 km eine positive Gesamtbilanz der Treibhausgase aufweist (bei Betrieb mit Strommix nach ca. 50.000 km).<sup>6</sup>

#### 3.5.4 Planerische Verortung der Carsharing-Stationen / Standorte auf dem Gewerbegebiet Sindelfingen + Einbindung in strategische Stadtplanung (städtebauliche Evaluation; INSEK, Klimaschutzkonzepte etc.)

(Durchführung: nicht erfolgt)

Da der Park während der Projektlaufzeit nicht aufgesiedelt werden konnte und damit nicht fest stand, welche Branchen und Unternehmensgrößen den Standort beziehen werden, war eine planerische Verortung der Carsharing-Stationen nicht angezeigt. Carsharing wird aufgrund der voraussichtlich geringen Fahrzeuganzahl nicht im Sinne eines eigenen, dritten Fuhrparks in den Mobilitätsmodulen berechnet; eine manuelle Einbindung ist dennoch denkbar. Carsharing-Fahrzeuge werden eher in der Rolle gesehen, einige jener Fahrten zu übernehmen, die nicht durch firmeneigene BEV abgedeckt werden können, siehe Auswertungen oben. Eine Quantifizierung dieses Anteils war nicht möglich, da nicht exakt bekannt ist, welche Fahrzeuge zur Verfügung stehen werden.

### 3.5.5 Ausarbeitung von Visualisierungen (Gewerbepark als geschlossenes System)

(Durchführung: EFG, Schäfer + Drittfirmen)

Neben den in diesem Bericht dargestellten Visualisierungen des Energiesystems und des aufgesiedelten COBIS-Parks wurde die folgende Darstellung erarbeitet.



**Abbildung 44: Visualisierung COBIS-Gewerbepark (Quelle: studio 3 architekten)**

Detaillierte Visualisierungen konnten nicht erstellt werden, weil dazu die Planungsgrundlage fehlte. Derzeit läuft die Vermietung der Grundstücke über die Schäfer GmbH. Abbildung 45 gibt einen Überblick des Standes an Reservierungen im September 2016.

---

<sup>6</sup> Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglichkeit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen, Berlin 2016, Seite 31



**Abbildung 45: Stand der Reservierungen September 2016 (Quelle: [www.schaefer-unternehmensgruppe.de](http://www.schaefer-unternehmensgruppe.de))**

### 3.5.6 Schlussfolgerungen bzw. Transfer auf andere Gewerbegebiets-Typen und Konzepte für nachhaltiges Redewebement von Brachflächen und Leerständen

(Durchführung: Städtebau-Institut + EFG)

Durch den wissenschaftlich-theoretischen Ansatz, den die Simulation darstellt, konnte die potenzielle Übertragbarkeit der Projektergebnisse im Vergleich zum ursprünglich praxisbasierten Ansatz erheblich gesteigert werden, da eine deutlich größere Datenbasis geschaffen werden musste. Die Simulation eignet sich für energetische Potenzialabschätzungen in jedem Gewerbepark – Neubau und Bestand – hinsichtlich der Abschätzung von Energieverbräuchen, Energieerzeugungspotentialen, BEV-Substitutionspotentialen sowie Kombinationen der genannten.

Bezüglich der Optimierung von Planverfahren eignet sich das im eCar-Park durchgeführte Verfahren leider nicht, da es hier erhebliche Unwägbarkeiten gab, die nicht pauschal an anderen Standorten zu erwarten sind.

Neubauplanungen eines nachhaltig versorgten Gewerbeparks auf Brachflächen und in Leerständen, wie er im Projekt vorgesehen war, bewegen sich – unabhängig von allen standortspezifischen Anforderungen – in einem enormen Spannungsfeld: Aus energetischer Sicht ist eine Gesamtplanung und -umsetzung nötig, um Über- und Unterdimensionierungen von Versorgungsinfrastrukturen (Strom- und Wärmenetze) zu vermeiden. Aus ökonomischer Sicht wäre dazu eine Aufsiedlung des Gesamtparks in kürzester Zeit notwendig, um den laufenden Kosten Einnahmen aus der Parkbewirtschaftung gegenüberstellen zu können. Die in der Realität – vor dem Hintergrund der Ansiedlung zahlreicher unabhängiger Unternehmen bzw. Entitäten – immer sukzessive Aufsiedlung verhindert also die am Optimum orientierte Planung, weil die immensen Investitions- und Betriebskosten bereits in den ersten Jahren die Finanzierung in Frage stellen. Gleichzeitig führt eine beim sukzessiven Aufbau mit großer Wahrscheinlichkeit zu groß oder zu klein bemessene Infrastruktur ebenfalls zu erheblichen Folgekosten.

## **4. Darstellung wesentlicher Abweichungen zum Arbeitsplan**

Im Projektverlauf kam es aufgrund verschiedener Punkte (z.B. der auf dem Gelände des COBIS Gewerbegebiets heimischen Zauneidechse) zu erheblichen Verzögerungen bei der Baugenehmigung, so dass diese letztlich erst Ende Februar 2016 abschließend erteilt wurde.

Diese Verzögerung führte dazu, dass mit der Bebauung des Gebiets erst nach Ende der Projektlaufzeit des Forschungsprojekts eCar-Park Sindelfingen begonnen werden kann. Somit konnten die im Rahmen des Forschungszeitraums geplanten Praxistests im Gewerbegebiet nicht durchgeführt werden.

Stattdessen erfolgte eine detaillierte Untersuchung der zu erwartenden Energieflüsse und Mobilitätsbedarfe in Abhängigkeit von der Branchenzusammensetzung und Unternehmensgröße. Diese Erhebungen wurden in einer Simulation eingepflegt, mit deren Hilfe alle relevanten Größen auch für andere Gewerbestandorte ableiten lassen.

Diese elementare Abweichung führte zu einem gänzlich abweichenden Arbeitsplan. So verlagerte sich die Gewichtung der Aufgaben des Städtebau-Instituts vollständig weg von planerischen hin zu mobilitätsrelevanten Aspekten. Die jeweils nötigen Anpassungen wurden im Detail jährlich in den Zwischenberichten kommuniziert.



## 5. Vergleich der Projektergebnisse zum internationalen Stand der Technik

Ein aktueller Beitrag von Wissenschaftlern der BTU Cottbus, die im groß angelegten Realversuch Smart Capital Region bidirektionales Laden als Teil eines Mini Grids erproben, fokussiert sehr stark auf die deutlichen jahreszeitlich bedingten Erzeugungsvarianzen in autarken Netzen, die vornehmlich durch PV gespeist werden. Hier decken sich die Erkenntnisse, die einem deutlich tieferen elektrotechnischen Ansatz folgen, mit den im eCar-Park ermittelten Schwankungen. Im eCar-Park wurde der Schwerpunkt auf die Dimensionierung der Projektbestandteile EE-Anlagen und Fuhrparks gelegt, es wurde einem organisatorischen Ansatz gefolgt.<sup>7</sup>

Im Rahmen der Recherchen konnte kein Projekt identifiziert werden, in dem Elektrofahrzeuge in dem geplanten Ausmaß Teil eines (möglichst) autarken, erneuerbar versorgten Stromnetzes sind. Eine Verwirklichung des ursprünglich geplanten Vorhabens wäre, nach Kenntnisstand des Projektkonsortiums und auch mit den im Bericht erläuterten Einschränkungen, auch zum jetzigen Zeitpunkt ein Novum.

Auch konnte keine Kenntnis über ein ähnliches Instrument erlangt werden, das aufbauend auf den Eingangsparametern Branchen und Mitarbeiteranzahl alle relevanten Kenngrößen ableiten kann, um Energieverbräuche und Mobilitätsbedarfe für unterschiedlichste Standorte abzuleiten und damit ein Planungsfundament zu schaffen. Vergleichbare Berechnungsinstrumente beschränken sich stets auf die am Standort relevanten Gegebenheiten und lassen deshalb zwar detaillierte Aussagen zu, eignen sich jedoch nicht zu übertragbaren Aussagen. Aus diesem Grund sollte im Rahmen weiterer Projekte eine Verifizierung dieser Simulation erfolgen, um ihre Anwendbarkeit hinsichtlich Übertragung auf andere Standorte zu untersuchen und sie dahingehend weiter zu entwickeln.

---

<sup>7</sup> Blasius, E., Federau, E., et al.: Heuristic Storage System Sizing for Optimal Operation of Electric Vehicles Powered by Photovoltaic Charging Station, in International Journal of Photoenergy, Volume 2016, Article ID 3980284, 12 Seiten, online abrufbar: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3980284> (zuletzt aufgerufen: 23.09.2016)

## 6. Verwertung, Zukunftsaussichten und weiterer F&E-Bedarf

Die im Rahmen des Projekts entwickelte Energiesimulation lässt stundengenaue Energiebilanzen für Gewerbeparks erstellen, in denen

- Energiebedarfe bekannt sind oder simuliert werden müssen,
- regenerative Energieerzeugungen bekannt sind oder simuliert werden müssen sowie
- Mobilitätsbedarfe der Unternehmen bekannt sind oder simuliert werden müssen.

Mit diesem Instrument lassen sich über die Dauer eines Jahres hinweg exakte elektrische Über- und Unterdeckungen ableiten, was die Basis einer Kosten-/Nutzenrechnung darstellt und eine dynamische Abwägung der Wirtschaftlichkeit (Return on Invest, Kapitalwertmethode) hinsichtlich Stromerzeugung in erneuerbaren Energieanlagen mit maximiertem Eigenbedarf durch BEV ermöglicht. Die Simulation ist damit ein in jedem Bestands- und Neubaugewerbepark anwendbares Instrument, um die vor Ort möglichen Energie-, Kosten- und Emissionseinsparungen durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen als Pufferspeicher im (teil-)autarken Energienetz zu bilanzieren. Eine Verifizierung der Simulation steht derzeit noch aus, könnte im Rahmen weiterer Forschung aber mit moderatem Aufwand durchgeführt werden.

Darüber hinaus erscheint eine Weiterentwicklung des als "Fahrtenbuch-Generator" bezeichneten Instruments möglich, wodurch es zur Optimierung betrieblicher Fuhrparks – unabhängig von einer Einbettung in einen Gewerbepark – befähigt und darin jene Fahrzeuge aufzeigt, die mit Minimalaufwand durch BEV substituierbar sind, das hieße:

- Identifikation von Fahrzeugen, deren Fahrprofile zu einer geringen Anzahl nicht leistbarer Fahrten und Distanzen führt sowie
- Umorganisation mehrerer Fahrprofile zur Optimierung der Laufleistungen.

Darüber hinaus wurde im Zuge der Begleitforschung Schaufenster Elektromobilität ein Prozess initiiert, der im Rahmen von Workshops-Veranstaltungen die nötigen Bedarfe in Forschung, Gesetzgebung und Normung auf dem Weg zur Integration von BEV in Microgrids identifiziert.<sup>8</sup> Die Erfahrungen aus dem Projekt bzgl. Mobilitätsbedarfen, Fuhrparkzusammensetzung und

---

<sup>8</sup> Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität (Hg.): Microgrids und Elektromobilität in der Praxis: Wie Elektroautos das Stromnetz stabilisieren können. 2015. Online unter: [http://smartcapitalregion.de/download/EP02\\_Workshop\\_Microgrids\\_online.pdf](http://smartcapitalregion.de/download/EP02_Workshop_Microgrids_online.pdf) (zuletzt aufgerufen: 23.09.1016)

Gesamtenergiesimulation sollen hier gewinnbringend eingebracht werden. Auch die im Bericht geschilderten Probleme in den Bereichen Planverfahren, Akzeptanz und bidirektionalem Laden können die Begleitforschung hier unterstützen.

Veröffentlichungen, Vorträge

**Tabelle 13: Projektrelevante Veranstaltungsteilnahmen**

<b>Veranstaltung</b>	<b>Veranstalter</b>	<b>Art des Beitrags</b>	<b>Veranstaltungsort</b>	<b>Datum</b>
3. Treffpunkt Nachhaltige Mobilität	Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS)	Poster-Präsentation	Messe Stuttgart	30.09.2014
Themenfeldtreffen Flottenmanagement	Städtebau-Institut Universität Stuttgart	Vortrag & Diskussion Fuhrparkanforderungen	Universität Stuttgart	08.10.2014
Workshop „Handlungsempfehlungen für Elektromobilität in Flotten“	Städtebau-Institut Universität Stuttgart	Diskussion Fuhrparkanforderungen	Universität Stuttgart	09.10.2014
New Mobility Leipzig	Leipziger Messe	Poster-Präsentation	Messe Leipzig	27.-29.11.2014
Microgrids und E-Mobilität in der Praxis	BTU Cottbus-Senftenberg	Netzwerkbildung & Diskussionen techn. und rechtl. Rahmenbedingungen	BTU Cottbus	21.-22.04.2015
Symposium Urbane Mobilität der Zukunft	Innovationscluster REM 2030	Poster-Präsentation	Konzerthaus Karlsruhe	17.-18.06.2015
43rd European Transport Conference	Association for European Transport	Vortrag	Goethe-Universität Frankfurt/Main	28.-30.09.2015
Pegasus Jahrestagung 2015	Bergische Universität Wuppertal & Wuppertal Institut	Vortrag & Diskussion Umfrage	Wuppertal	16.10.2015
Mobilitätskolloquium für Nachwuchswissenschaftler	Forschungsgruppe Stadt Mobilität Energie	Vortrag & Diskussion Umfrage	Universität Stuttgart	26.11.2015
SBE 16 - International Conference on Sustainable Built Environment	ZEBAU – Zentrum für Energie, Bauen, Architektur und Umwelt GmbH	Vortrag & Veröffentlichung	HafenCity Universität Hamburg	08.-11.03.2016
Pegasus Jahrestagung 2016	Forschungsgruppe Stadt Mobilität Energie	Vortrag & Diskussion Auswertungen	Universität Stuttgart	30.09.2016
WSBE 17 – World Sustainable Built Environment <i>Einladung erfolgt</i>	Construction Industry Council (CIC) & Hong Kong Green Building Council Limited (HKGBC)	Vortrag & Veröffentlichung	Hong Kong Convention and Exhibition Centre	05-07.06.2017

### *Zukünftiger F&E Bedarf*

Da die im ursprünglichen Projektumfang geplanten Praxistests im Gewerbegebiet noch nicht durchgeführt werden konnten, besteht hier ein interessanter Forschungsaspekt, bei dem wichtige Erkenntnisse zu den tatsächlich erzielbaren Effekten der Energiespeicherung in Elektrofahrzeugen und deren Auswirkung auf die Energiebedarfe eines Gewerbegebiets gemessen werden könnten.

Zudem kann die im Rahmen des Forschungsprojekts eCar-Park Sindelfingen entwickelte Simulationssoftware durch weitere Forschungsarbeiten im Bereich Energiebedarf und Mobilitätsprofil von Unternehmen in Gewerbegebieten weiter verfeinert werden. Dadurch würde sich die Nutzung des Simulationstools für die städtebauliche und energiewirtschaftliche Planung weiter verbessern und es könnten beispielweise genauere Prognose über die Möglichkeiten zur Einbindung von Elektromobilität aufgrund von Standortwahl, Unternehmensstrukturen etc. getroffen werden.

Unabhängig vom weiterhin großen Forschungsbedarf in den Bereichen Energiemanagement, Energie- und Steuerungstechnik, Fuhrparkmanagement und Fahrzeugtechnik ist es angezeigt, auch andere Aspekte zu identifizieren, die einer flächendeckenden Integration des Vehicle-to-Grid Konzepts im Wege stehen. Dies betrifft normative und rechtliche Rahmenbedingungen, deren Sammlung im Zuge der Begleitforschung Schaufenster Elektromobilität bereits aufgegriffen wurde.

## **7. Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogrammes Schaufenster Elektromobilität**

Das Projekt eCar-Park Sindelfingen war das einzige Projekt in der Schaufensterlandschaft, das sich mit der Einbindung von Elektrofahrzeugen in die Energieversorgung von Gewerbegebieten beschäftigte und somit ein bisher unbespieltes Forschungsfeld ins Visier nahm.

Die projektinterne Kooperation zwischen Wissenschaft und Forschung, planerischer Unternehmenstätigkeit und wirtschaftlicher Umsetzung durch die Teilnahme der Verbundpartner Städtebau-Institut der Uni Stuttgart, der EFG Engineering Facility Group und der Schäfer GmbH & Co. KG stellte eine fruchtbare Basis für eine erfolgreiche Umsetzung der Projektziele.

Mit der Erarbeitung eines Simulationstools zur Prognose der Möglichkeiten zur Nutzung von Elektromobilität in Gewerbegebieten wurde ein Planungsinstrument entwickelt, das insbesondere in der Stadt- und Energieplanung für Städte und Gemeinden zum Einsatz kommen könnte.

Im Rahmen des Aufbaus des Gewerbegebiets COBIS ist die Elektromobilität ein integraler Baustein, welcher sich in der Nutzung von Elektrofahrzeugen in der Parkverwaltung sowie dem Aufbau einer gebietsangepassten Ladeinfrastruktur wiederfinden wird.

Darüber hinaus wurde die projektübergreifende Zusammenarbeit mit den Schaufensterprojekten Get eReady (Vernetzung Ladeinfrastruktur) und Mobiles Schulungszentrum (Information von Interessierten zum Thema Elektromobilität) aufgebaut, die auch nach Projektabschluss bestehen bleibt und das Projekt eCar-Park Sindelfingen und das Thema Elektromobilität generell der Öffentlichkeit besser zugänglich macht.

Insbesondere durch den Aufbau der E-Station und der darin untergebrachten Ausstellung zum Thema Elektromobilität wurde im Rahmen des Projekts versucht der Öffentlichkeit ein möglichst umfassendes Informationsmaterial zur Verfügung zu stellen.

Zudem bestand eine kontinuierliche Mitwirkung an den Veröffentlichungen des Schaufensers Elektromobilität BW<sup>e</sup> mobil zur Kommunikation des Projektstands und der Projektergebnisse an die Öffentlichkeit.

## 8. Anhang

**Tabelle 14: Übersicht der in der Umfrage befragten Gewerbeparks und Unternehmen**

Park- kürzel	Parkname	Gemarkung	Parkfläche	Anzahl Unternehmen		
			[ha] (ca.)	befragt	teil- genommen	Anteil
Sc	-	Schwieberdingen	80	48	25	52,1%
AcRe	Achalm	Reutlingen	70	6	1	16,7%
GüHe	Gültstein	Herrenberg	70	50	21	42,0%
SeBi	See-/Büttenwiesen	Bietigheim / Bissingen	64	71	12	16,9%
WoRe	Wolfäcker	Renningen	60	46	17	37,0%
EiWa	Eisental	Waiblingen	60	96	35	36,5%
ApFe	Apa	Fellbach	45	110	37	33,6%
VoGö	Voralb	Göppingen	42	28	13	46,4%
Ge	-	Gerlingen	36	47	17	36,2%
WeHo	Hochstraße	Weil der Stadt	36	16	6	37,5%
GrNu	Gründen	Nufringen	30	36	11	30,6%
FuVa	Fuchsloch	Vaihingen (Enz)	26	18	8	0,0%
FIVa	Flosch	Vaihingen (Enz)	25	46	10	21,7%
BrLe	Brennerstraße	Leonberg	24	101	14	13,9%
Gä		Gärtringen	20	47	11	23,4%
BaSt	Bad Cannstatt	Stuttgart	20	79	28	35,4%
Os	-	Ostfildern	19	26	10	38,5%
AuRo	Auf der Höhe	Rommelshausen	16	55	21	38,2%
AuFi	Augenloch 3	Filderstadt- Bernhausen	13	16	4	25,0%
Ti	-	Tiefenbronn	12	18	12	66,7%
SiDa	Darmsheim (COBIS)	Sindelfingen	11	-	-	-
StSt	STEP	Stuttgart	11	31	11	35,5%
				<b>991</b>	<b>324</b>	<b>32,7%</b>

**Tabelle 15: Gewerbeparkspezifische Anzahl Unternehmen je Branche**

Parkkürzel	Anzahl Unternehmen je Branche					
	Dienstleistung	Handel	Handwerk	Produktion	Vertrieb/Logistik	Sonstige
Sc	9	7	4	4	1	0
AcRe	1	0	0	0	0	0
GüHe	9	2	5	2	2	1
SeBi	4	3	2	3	0	0
WoRe	6	1	6	4	0	0
EiWa	13	5	4	13	0	0
ApFe	13	7	10	3	3	1
VoGö	4	1	5	2	1	0
Ge	6	0	3	6	2	0
WeHo	0	0	3	2	1	0
GrNu	2	4	3	1	1	0
FuVa	4	0	0	3	1	0
FIVa	5	4	0	1	0	0
BrLe	5	4	3	2	0	0
Gä	7	1	3	0	0	0
BaSt	11	5	7	3	1	1
Os	3	0	1	6	0	0
AuRo	2	0	8	8	3	0
AuFi	1	1	0	1	1	0
Ti	3	1	2	5	1	0
<i>SiDa (COBIS)</i>	0	0	0	0	0	0
StSt	9	0	0	1	0	1
	<b>117</b>	<b>46</b>	<b>69</b>	<b>70</b>	<b>18</b>	<b>4</b>



**Tabelle 16: Gewerbebranchenspezifische Anzahl Mitarbeiter je Branche**

Par-kürzel	Anzahl Mitarbeiter je Branche						
	Dienstleistung	Handel	Handwerk	Produktion	Vertrieb/Logistik	Sonstige	Gesamt
Sc	97	52	29	61	6	0	245
AcRe	120	0	0	0	0	0	120
GüHe	138	150	64	20	7	11	390
SeBi	41	36	30	46	0	0	153
WoRe	96	13	81	194	0	0	384
EiWa	170	33	17	1178	0	0	1398
ApFe	85	342	117	90	25	2	661
VoGö	409	63	67	45	50	0	634
Ge	44	0	22	102	11	0	179
WeHo	0	0	16	120	25	0	161
GrNu	15	11	16	500	20	0	562
FuVa	39	0	0	116	10	0	165
FIVa	53	47	0	12	0	0	112
BrLe	51	71	169	83	0	0	374
Gä	81	36	34	0	0	0	151
BaSt	403	17	112	22	8	15	577
Os	20	0	6	120	0	0	146
AuRo	18	0	88	88	18	0	212
AuFi	25	20	0	150	40	0	235
Ti	6	8	11	64	3	0	92
SiDa (COBIS)	0	0	0	0	0	0	-
StSt	143	0	0	240	0	1500	1883
	<b>2054</b>	<b>899</b>	<b>879</b>	<b>3251</b>	<b>223</b>	<b>1528</b>	<b>8834</b>

**Tabelle 17: Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Branche**

Parkkürzel	Anzahl Fahrzeuge je Branche					
	Dienst- leistung	Handel	Handwerk	Produktion	Vertrieb/ Logistik	Sonstige
Sc	32	11	4	21	5	0
AcRe	17	0	0	0	0	0
GüHe	18	27	16	3	2	0
SeBi	15	8	19	27	0	0
WoRe	10	0	7	28	0	0
EiWa	22	6	7	40	0	0
ApFe	24	43	28	16	0	0
VoGö	23	17	13	6	0	0
Ge	16	0	7	28	3	0
WeHo	0	0	8	8	0	0
GrNu	6	1	11	71	0	0
FuVa	5	0	0	3	3	0
FIVa	9	2	0	9	0	0
BrLe	9	12	5	1	0	0
Gä	19	4	8	0	0	0
BaSt	99	4	27	18	0	15
Os	12	0	6	9	0	0
AuRo	12	0	45	18	5	0
AuFi	0	0	0	0	0	0
Ti	5	5	11	11	2	0
<i>SiDa (COBIS)</i>	0	0	0	0	0	0
StSt	11	0	0	11	0	16
	<b>364</b>	<b>140</b>	<b>222</b>	<b>328</b>	<b>20</b>	<b>31</b>

**Tabelle 18: Gewerbeparkspezifische Anzahl Fahrzeuge je Fahrzeugkategorie**

Parkkürzel	Anzahl Fahrzeuge je Kategorie				
	A,B	C,D	E,F	G,H,I,L	Summe
Sc	4	25	1	43	73
AcRe	0	10	6	1	17
GüHe	2	37	4	23	66
SeBi	1	32	1	35	69
WoRe	3	18	9	15	45
EiWa	8	38	11	18	75
ApFe	26	21	9	55	111
VoGö	1	12	0	46	59
Ge	5	10	9	30	54
WeHo	0	7	4	5	16
GrNu	0	71	4	14	89
FuVa	0	4	1	6	11
FIVa	2	5	1	12	20
BrLe	1	10	0	16	27
Gä	6	10	0	15	31
BaSt	47	59	17	40	163
Os	3	10	2	12	27
AuRo	9	19	6	46	80
AuFi	0	0	0	0	0
Ti	11	12	4	7	34
<i>SiDa (COBIS)</i>	0	0	0	0	-
StSt	3	33	1	1	38
	<b>132</b>	<b>443</b>	<b>90</b>	<b>440</b>	<b>1105</b>

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Gemeinsamer Abschlussbericht Forschungsprojekt eCar-Park Sindelfingen	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Metzger, Michael Schmid, Manfred	5. Abschlussdatum des Vorhabens Juni 2016
	6. Veröffentlichungsdatum -
	7. Form der Publikation -
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  EFG Engineering Facility Group Ingenieurgesellschaft mbH Friolzheimer Straße 3 70499 Stuttgart  Schäfer GmbH & Co. KG Döffinger Straße 74 71069 Sindelfingen  Städtebau-Institut Universität Stuttgart Keplerstrasse 11 70174 Stuttgart	9. Ber. Nr. Durchführende Institution -
	10. Förderkennzeichen 16SBW021A-C
	11. Seitenzahl 84
	12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Scharnhorststraße 34-37 10115 Berlin
16. Zusätzliche Angaben -	13. Literaturangaben 8
	14. Tabellen 18
	15. Abbildungen 45
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -	
18. Kurzfassung  Das Forschungsprojekt eCar-Park Sindelfingen befasste sich mit den Möglichkeiten zur Einbindung von Elektromobilität in die Energieversorgung von Gewerbegebieten. Der Forschungsschwerpunkt des Projekts lag darauf, eine schlüssige Verknüpfung zwischen den Energieerzeugungsmöglichkeiten in Gewerbegebieten, den Energiebedarfen der angesiedelten Unternehmen und deren Mobilitätsprofilen zu finden und diese in einem übergeordneten Simulationstool zusammenzuführen. Um die für den Aufbau des Simulationstools notwendige Datengrundlage zu schaffen, wurden ca. 1000 Unternehmen bezüglich ihrer Mobilitätsprofile befragt. Diese wurden dann für den Aufbau eines Mobilitätsmoduls ausgewertet, mit Hilfe dessen sich unabhängige Mobilitätsprofile für verschiedene Branchen simulieren lassen. Die Einbindung der Elektrofahrzeuge in das Simulationstool erfolgte anhand der aus Praxistest gewonnenen Erkenntnisse über das Ladeverhalten und die Speicherkapazitäten der in den Fahrzeugen verbauten Akkus. Da das Projekt an den Aufbau des Gewerbegebiets COBIS gekoppelt war, wurden in Abstimmung mit dem späteren Energieversorger verschiedene für das Gewerbegebiet COBIS als realistisch anzusehenden Möglichkeiten zur Energieversorgung entwickelt. Nach Ermittlung der möglichen, zu erwartenden Besiedlungsstruktur durch späteren Parkbetreiber wurde diese mit entsprechenden Bedarfsprofilen aus Gewerbegebieten hinterlegt, um die zu erwartenden Energiebedarfe abzubilden. Abschließend wurden die daraus gewonnenen Erkenntnisse genutzt, um ein, auf andere Gewerbegebiete übertragbares, Simulationstool zu schaffen, unter dessen Verwendung realistische Prognosen anhand möglicher Besiedlungskonzepte erstellt werden können. .	
19. Schlagwörter Elektromobilität, Energieversorgung, Gewerbegebiet, Smart Grid, Stromspeicher	
20. Verlag -	21. Preis -

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN -	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Joint final report Research project eCar-Park Sindelfingen	
4. author(s) (family name, first name(s)) Metzger, Michael Schmid, Manfred	5. end of project June 2016
	6. publication date -
	7. form of publication -
8. performing organization(s) (name, address)  EFG Engineering Facility Group Ingenieurgesellschaft mbH Friolzheimer Straße 3 70499 Stuttgart  Schäfer GmbH & Co. KG Döffinger Straße 74 71069 Sindelfingen  Städtebau-Institut Universität Stuttgart Keplerstrasse 11 70174 Stuttgart	9. originator's report no. -
	10. reference no. 16SBW021A-C
	11. no. of pages 84
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Scharnhorststraße 34-37 10115 Berlin	13. no. of references 8
	14. no. of tables 18
	15. no. of figures 45
16. supplementary notes -	
17. presented at (title, place, date) -	
18. abstract  The research project eCar-Park Sindelfingen deals with the possibilities to integrate electro mobility into the energy supply of industrial areas. The research concentrated on combining energy supply of industrial areas, energy demands of companies and mobility demands into a linking simulations tool.  In Order to build the simulation tool 1000 companies were interviewed about their demand on mobility. To include electric cars correctly, the batteries of some cars got tested about possible effects due to charging and discharging. The possibilities of energy supply and the possible energy demands in the industrial area of the COBIS industrial area, which the experimental area to the project, where developed in cooperation with the future area manager and the energy supplier.  The insights coming from the research work went into the development of a simulation tool which is transferable on any kind of industrial area to get a realistic prognosis on the possibilities of integrating electric cars into the energy supply based on the composition of companies in the area.	
19. keywords Electro mobility, energy supply, Smart Grid, energy storage, industrial area	
20. publisher -	21. price -