

Forschungsberichtsblatt

Thema: Intelligentes Ladeinfrastruktur-Management für Elektromobilität (i-LIME)

Zuwendungsempfänger: Universität Stuttgart,
Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik (IEH)

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Krzysztof Rudion

Projektlaufzeit: 01.07.2019 bis 30.06.2021

Förderkennzeichen: BWINP 19005

1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojektes iLIME wurde ein intelligentes mehrstufiges Lademanagementsystem implementiert und im Feld praktisch erprobt. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines intelligenten Lademanagementsystems als Alternative zu kosten – und zeitintensiven Netzverstärkungsmaßnahmen. Das System wurde in einem Parkhaus des Projektpartners PBW mit der Ladeinfrastruktur von ChargeHere umgesetzt. Dabei wurden die bestehende Ladeinfrastruktur um 10 Ladepunkte auf insgesamt 20 erweitert. Als Konsequenz wurde der bereits weitgehend ausgelastete Transformator am Netzanschluss noch stärker durch die Ladeleistung der Elektrofahrzeuge belastet. Um mögliche Überlastungen des Betriebsmittels entgegenzuwirken, wurde die Last der 20 Ladepunkte aktiv geregelt. Die Regelung der Last erfolgte dabei in zwei Stufen. Das lokale Lademanagement steuert dabei dynamisch die Ladevorgänge der einzelnen Fahrzeuge. Das übergeordnete Lademanagement überwacht den aktuellen Netzzustand und vermeidet Überlastungen durch die Ansteuerung eines Pufferspeichers und durch die Vorgabe einer Leistungsquote an das lokale Lademanagement. Die Auslastung der Ladeinfrastruktur, der Zustand des Pufferspeichers und des Netzes wurde über ein zentrales Monitoringsystem erfasst. Die zentralen Forschungsergebnisse werden in den folgenden Punkten erläutert:

- **Lademanagement als Alternative zum Netzausbau** – Das im Projekt iLIME entwickelte System ist in der Lage die Auslastung des Transformators kontinuierlich zu überwachen und Überlastungen zu detektieren. Im Falle einer Überlastung werden Maßnahmen getroffen, um die Leistung zu reduzieren und dadurch den Transformator zu entlasten.
- **Mehrere Regelmaßnahmen für erhöhte Flexibilität** – Das implementierte Lademanagementsystem besitzt mehrere Möglichkeiten die Last am Transformator zu reduzieren. Zum einen können über ein lokales Lademanagementsystem Maßnahmen, wie zum Beispiel zeitversetztes oder dynamisches Laden, umgesetzt werden. Ein im Rahmen des Projektes installierter Batteriespeicher wirkt als Puffer bei hoher Lastnachfrage und ermöglicht eine Lastspitzenglättung. Als letzte Instanz gibt das überlagerte Lademanagementsystem einen optimierten Verlauf des Ladestromes als Quote vor, welche vom lokalen Lademanagement umgesetzt wird. Durch die Möglichkeit verschiedene Maßnahmen zur Entlastung des Transformators durchzuführen, gewinnt das System an Flexibilität.
- **Validierung im Feldtest** – Nach der Implementierung des Systems wurde ein Feldtest im Parkhaus durchgeführt. Bei dem Feldtest wurden mehrere Fahrzeuge als Stresstest

angeschlossen, um eine Überlastung am Transformator zu bewirken. Diese wurde vom Messsystem erkannt und an das überlagerte Lademanagementsystem weitergeleitet. Daraufhin wurde die Last der Ladeinfrastruktur stufenweise reduziert, um die Last am Transformator zu senken.

- **Bewertung der Spannungsqualität** – Das installierte Messsystem diente neben der Lastmessung am Transformator und der Ladeinfrastruktur auch zur Erfassung der Spannungsqualität. Diese Messdaten wurden ausgewertet, um den Einfluss von Elektrofahrzeugen auf die Spannungsqualität zu untersuchen. Dabei wurden mehrere Fälle von Unterbrechungen von Ladevorgängen aufgrund niedriger Spannungsqualität erkannt und analysiert.

2. Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

- **Mehrstufiger Ansatz** – Die mehrstufige Regelung des Ansatzes ermöglicht eine flexiblere Regulierung der Last. Dadurch werden Maßnahmen, die Ladevorgänge von Kunden verlängern, seltener benötigt. Außerdem erlaubt der mehrstufige Ansatz eine Entlastung des Trafos, selbst beim Ausfall einer der Komponenten bleibt das Lademanagementsystem funktionstüchtig.
- **Zentralisierter Ladeansatz** – Die Ladeinfrastruktur wurde über eine zentralisierte Steuereinheit kontrolliert. Dadurch ist eine kostengünstige und einfache Umsetzung des Konzeptes möglich. Des Weiteren ist eine Erweiterung einer solchen Ladeinfrastruktur möglich, ohne Änderung in der Software des übergeordneten Lademanagementsystems durchzuführen.
- **Interoperabilität** – Im System wurden verschiedene Hardwarekomponenten verbaut die kontinuierlich miteinander Daten austauschen. Dieser Datenaustausch ist erheblich erschwert, wenn keine offenen Schnittstellen vorhanden sind. Viele Hersteller zwingen den Anwender ein entsprechendes mitgeliefertes Programm und fest strukturierte Datenformate zu verwenden. Dies erschwert deutlich die Umsetzung und Erweiterung von intelligenten Konzepten.
- **Spannungsqualität** – Bei der Untersuchung der Spannungsqualität wurden mehrere Störungen und Unterbrechungen von Ladevorgängen detektiert. Bei den Unterbrechungen trennen sich die Fahrzeuge vom Netz und müssen manuell wieder gestartet werden. Da sich die Spannungsqualität während der Ladeunterbrechungen innerhalb der normativen Grenzen befand, sind die Verantwortlichkeiten bezüglich entsprechender Gegenmaßnahmen zwischen Netzbetreiber und Parkhausbetreiber nicht definiert. Diese Aspekte sollten für zukünftige Projekte berücksichtigt werden.

3. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Das entwickelte Lademanagementsystem wurde als offene Lösung implementiert und ist für andere Parkgaragen übertragbar. Die Voraussetzung sind eine Messung an den zu überwachenden Betriebsmitteln und eine steuerbare Ladeinfrastruktur. Um einen Speicher zu verwenden, müssen im Parkobjekt geeignete Räumlichkeiten vorhanden sein, um die notwendigen Brandschutzvorschriften zu erfüllen. Die Umsetzung der Schnittstellen und Kommunikationsinfrastruktur im Parkhaus sind eine der zeitintensivsten Aufgaben. Hier muss beachtet werden, dass die jeweiligen Komponenten interoperabel sind. Eine zentralisierte Ladeinfrastruktur hat den Vorteil das die Implementierung des Lastmanagements nur einmal erfolgen muss. Eine zukünftige Berücksichtigung der Kommunikationsschnittstelle mit dem

Fahrzeug bietet die Möglichkeit das System mit mehr relevanten Informationen zu versorgen und die Flexibilität der Maßnahmen zu erhöhen.

Eine Integration von PV Anlagen bei Ladeinfrastruktur wirkt sich auf den Lastverlauf am Transformator meistens positiv aus, da die Einspeisung mit der Ladenachfrage korreliert. Diese Eigenschaft sollte bei zukünftigen Infrastrukturen für Elektrofahrzeuge in der Planung berücksichtigt werden. Durch eine entsprechend groß ausgelegte PV Anlage, kann der Batteriespeicher deutlich kleiner und damit günstiger dimensioniert werden. Des Weiteren kann durch die Berücksichtigung von Lastprofilen eine bessere Konzeptionierung der Systemkomponenten erfolgen. Die Lastprofile erlauben eine bessere Abschätzung des Ladeverhaltens von Verbrauchern und ermöglichen eine präzisere Einsatzplanung der Abhilfemaßnahmen. Bei steigender Anzahl an ladenden Fahrzeugen verbessert sich ebenfalls die Prognosegenauigkeit der Last.

4. Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

- **Standardisierung** – Eine Standardisierung der Schnittstellen zwischen Fahrzeugen, Ladeinfrastruktur und Messsystem ermöglicht eine einfache Erweiterung und Übertragbarkeit des Konzeptes. Des Weiteren kann das System durch zusätzliche Komponenten erweitert werden. Eine Standardisierung der Schnittstelle zum LMS ist ebenfalls vorhanden und für zukünftige Projekte empfohlen. Dadurch können Softwarefunktionen schnell und effizient modular erweitert werden.
- **Integration von Ladeprofilen** – Um Lastschwankungen am Anschlusspunkt besser prognostizieren zu können, sind Ladeprofile von Kunden ausschlaggebend. Mit einer höheren Anzahl an Datenpunkten kann die Genauigkeit der Vorhersagealgorithmen deutlich erhöht werden. Mit einer präziseren und verlässlicheren Vorhersage können Lastreduktionsmaßnahmen reduziert und damit Kundenzufriedenheit gesteigert werden. Des Weiteren können zusätzliche Systemkomponenten, wie der stationäre Batteriespeicher, deutlich kleiner dimensioniert werden. Damit wird weniger Platz in der Parkinfrastruktur benötigt und eine deutliche Kostenersparnis erzielt werden.
- **Berücksichtigung der Spannungsqualität** – Mit zunehmender Durchdringung der elektrischen Fahrzeuge und dazugehöriger Ladeinfrastruktur werden ebenfalls steigende Interaktionen mit dem Energienetz erwartet. Funktionen zur Überprüfung der Spannungsqualität sollten daher bei dem ohnehin notwendigen Messsystem berücksichtigt werden.