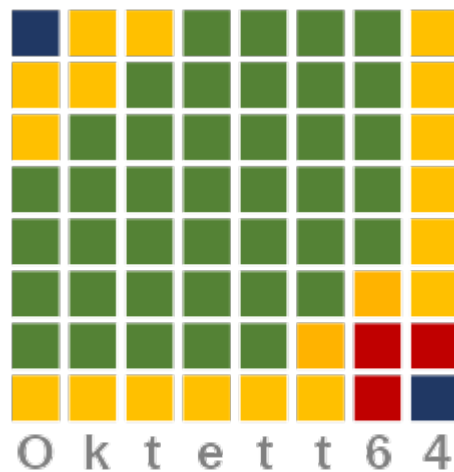




# Algorithmen in Höchstform: Hierarchisches Last-Management für die E-Mobilität

WHITEPAPER

Whitepaper auch unter <https://www.oktett64.de/e-mobilitaet/>



**Kontakt**  
Oktett64 GmbH  
Lützowstraße 88  
10785 Berlin

[www.oktett64.de](http://www.oktett64.de)  
[info@oktett64.de](mailto:info@oktett64.de)

## Oktett64

Die Oktett64 GmbH bietet Gebäudeautomatisierung auf Basis von Enterprise-IT. Im Gegensatz zu herkömmlichen SPS-Steuerungen und Regelungen verwendet Oktett64 preisgünstige, hochleistungsfähige und ausschließlich standardisierte SoC-Systeme aus Großserien. Darauf laufen dieselben Software-Komponenten, die in modernen Unternehmensprozessen heute allgegenwärtig sind. So erreichen wir eine enorme Leistungssteigerung und Flexibilität in der Gebäudetechnik und deren Automation.

Egal ob isoliert betrieben (Insel), lokal vernetzt oder in der Cloud – die Erfassung von Zuständen, die Optimierung des Betriebs oder die Kommunikation mit dem Nutzer erfolgt mit Hilfe leistungsfähiger und offener Software. Anlagenplaner und Entwickler werden von technischen Details entlastet und können sich voll auf ihre Ziele konzentrieren.

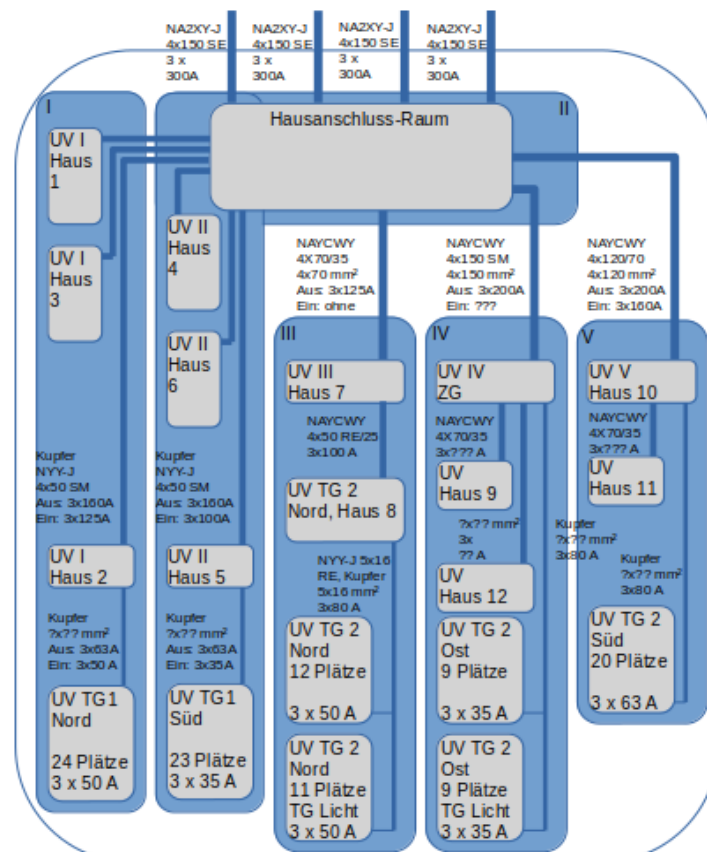
## E-Mobilität

Deutschland strebt nach E-Mobilität. Die Ausrüstung von Liegenschaften mit E-Auto Ladepunkten scheitert jedoch oft an der mangelnden Anschlussleistung elektrischer Zuleitungen. Neben Authentifizierungs- und Abrechnungs-Themen liegt der Fokus daher zunächst auf der bestmöglichen und fairen Nutzung des bestehenden elektrischen Netzes. Diese Thematik bleibt auch längerfristig, gerade bei einem möglichst kostengünstigen physikalischen Ausbau mittels zusätzlicher Kabel relevant.

Insbesondere größere Liegenschaften haben nicht nur einen hohen Bedarf an Ladepunkten, sondern sie verbergen mitunter eine kleinteilige Leitungsführung, die durch zahlreiche sogenannte Unterverteilungen (UV) verästelt ist, bis sie schließlich am Stellplatz endet. Da an diesen Unterverteilungen in der Regel weitere Lasten (z.B. Wohnungen) angeschlossen sind, reicht eine einfache dynamische Laderegulierung, wie sie heute oftmals als herstellerspezifische Lösung oder nach dem OCPP-Standard angeboten wird, nicht aus. Jede UV stellt eine Ebene dar, deren Leistung möglichst vollständig ausgenutzt, die aber nicht überlastet werden soll.

## Das Projekt

Die dem Projekt zugrundeliegende Liegenschaft sieht wie folgt aus. Das skizzierte Szenario bildet eine Art Baum oder, genauer ausgedrückt, einen gerichteten, azyklischen Graphen:



Die Liegenschaft besitzt einen zentralen Hausanschluss und betreibt ein BHKW mit Mieterstrom-Modell. Die PKW-Stellplätze mit den Ladepunkten befinden sich in zwei Tiefgaragen. Noch nicht Teil des aktuellen Ausbaus ist die geplante Ausstattung mit Photovoltaik. Das E-Auto-Lastmanagement ist aber bereits entsprechend vorbereitet, um mit passenden Strategien (wie selbstlernende Lastprognosen und Wetterbericht) und der Hilfe von Stromspeichern einen möglichst großen Teil der erzeugten Energie selbst zu nutzen. Gleiches gilt für eine potentielle Verknüpfung mit Quartieren der Nachbarschaft zu sogenannten „Energy Communities“. Die Hard- und Software-Infrastruktur ist darauf vorbereitet Stromlieferung und -bezug jedes Hausanschlusses in Echtzeit zu erfassen und in einer „Blockchain-Light“ sekundengenau und manipulationssicher für Abrechnungszwecke bereitzustellen.

Es fallen daher an entsprechend vielen Stellen der Liegenschaft Daten an (in 12 Häusern, 20 Unterverteilungen, über 100 Stellplätzen, BHKW, PV, Speicher, etc.), die für einen energieeffizienten und kostengünstigen Betrieb, sowie für die Vermeidung von Überlastungen in Betracht gezogen werden müssen. Einige Stellplätze sind bereits mit Schukosteckdosen ausgestattet, die noch für längere Zeit zum Laden verwendet und daher ins Lastmanagement einbezogen werden. Bei der Anschaffung von Wallboxen lässt die Hausverwaltung den Stellplatz-Besitzern eine möglichst große Auswahl und schreibt nur einige Rahmenbedingungen, wie die Ausstattung mit OCPP  $\geq 1.6J$  und WLAN, zur Einbindung in das IT-Netz vor. Oktett64 unterstützt deswegen eine heterogene und sich mit dem Fortschritt der Wallbox-Technik weiter diversifizierende Infrastruktur.

### **Enterprise-IT – von Unternehmensprozessen zur Gebäudetechnik**

Beim Zusammenführen anfallender Daten und der Steuerung von über die Liegenschaft verteilten Komponenten beweist die Enterprise-IT ihre Stärken: Mit diesen hoch leistungsfähigen Software-Containern, die heute in Geschäftsprozessen von komplexen Unternehmen Standard sind, können auch Anlagenplaner und Entwickler so arbeiten, als ob alle Sensoren und Aktoren an einer zentralen Stelle zusammenlaufen würden. Selbst die Programmierung erfolgt wie in einem zentralisierten System, obwohl tatsächlich Dutzende räumlich getrennte Systeme in (zur Sicherheit oftmals absichtlich) separierten LAN und WLAN-Netzen zusammenarbeiten.

Fallen einzelne Komponenten oder gar ein ganzes Netzwerk-Segment aus, enthält jeder Knoten genügend Logik für einen autonomen Notbetrieb als Insel. Betroffene Nutzer einer Insel bemerken dabei meist nur eine Reduktion der Ladeleistung. Für alle anderen läuft der Betrieb normal weiter. Die Architektur der verteilten Software folgt der physikalischen Struktur des Stromnetzes. Sie vermeidet dadurch zusätzliche Fehlermuster, erhöht die Betriebszuverlässigkeit und macht vom Anlagenplaner erdachte komplexe Algorithmen oft erst möglich. Hier eine Kostprobe:

### **Algorithmen in Höchstform**

Die Last-Balance-Strategie orientiert sich an einer Graph-Struktur analog zur Kabeltopologie, beginnend auf der Basisebene im Hausanschlussraum der Liegenschaft bis zur kleinsten Anschlussebene in den Unterverteilungen der Tiefgaragen. Sie entwickelt sich aus der im Bild oben dargestellten Struktur. Jede Ebene kommuniziert für jede Strom-Phase separat die ihr aktuell zur Verfügung stehende Last-Kapazität an die jeweils nächsten Ebenen ihrer einzelnen Abzweige in Richtung der Ladepunkte. Die Kapazität berechnet sich aus Kabelquerschnitt und Absicherungen der auf sie zuführenden Leitungen abzüglich der momentan bereits auf ihr anliegenden Last. Diese Kommunikation setzt sich über alle Ebenen fort und endet auf der kleinsten Anschlussebene in den UV der Tiefgaragen.

Auf dieser kleinsten Anschlussebene erfolgt schließlich, im Falle einer Überlast-Situation, das Herunter-Regeln bzw. Abschalten von Ladepunkten. Dies geschieht nach einem möglichst fairen Verfahren. Dazu muss das Lastmanagement-System eine Statistik darüber führen, welches Fahrzeug mit welchem Ladestand geladen ist bzw., bei Schukosteckdosen, wie lange der Ladevorgang schon andauert oder wie viel Prozent der maximalen Ladeleistung noch bezogen wird (als Indikator für den Fortschritt des Ladevorgangs). Fahrzeuge mit geringem Ladestand werden gegenüber solchen mit hohem Ladestand oder bereits längerer Ladedauer bevorzugt. Die Statistik wird verwendet um eine Reihenfolge der Reduktion oder Abschaltung von Ladepunkten zu berechnen.

Das sich aus der Baumstruktur ergebende Netz bzw. die Inseln, falls das Netz aufgrund von Störungen in solche zerfallen sein sollte, bestimmen auf jeder Ebene fortwährend eine „Favoritenliste“ von Ladepunkten. Diese wird über alle Tiefgaragen und Segmente der Ebene ermittelt und enthält die Ladepunkte, die „Opfer“ einer Leistungsreduktion oder Abschaltung werden sollen. Im Falle einer Überlast werden, beginnend mit dem ersten Platz der Favoritenliste, im ersten Durchlauf zunächst Leistungen bei regelbaren Wallboxen reduziert. Falls dies nicht ausreicht, werden im zweiten Durchlauf schließlich Ladepunkte komplett abgeschaltet. Ein Favorit wird freilich nur dann reduziert oder abgeschaltet, wenn er überhaupt die überlastete Strom-Phase belegt. Die Favoritenliste wird solange abgearbeitet bis die erforderliche Leistungsreduktion erreicht ist.

Sobald wieder mehr Leistung zur Verfügung steht, weil Fahrzeuge zunehmend geladen sind oder die Leistungsaufnahme der Häuser sinkt, werden die zuvor abgeschalteten Ladepunkte in umgekehrter Reihenfolge der Favoritenliste wieder eingeschaltet und schließlich die regelbaren Wallboxen wieder in der Leistung gesteigert.

Beginnt während eines Leistungs-Engpasses der Ladevorgang eines neuen Fahrzeugs, wird die Favoritenliste entsprechend aktualisiert. Dies kann gemäß der beschriebenen Logik dazu führen, dass bereits relativ weit geladene Fahrzeuge in der Ladeleistung reduziert bzw. abgeschaltet werden, um dem Neuankömmling das Laden (ggf. mit erhöhter Leistung) zu ermöglichen.

Der Durchlauf des beschriebenen Zyklus erfolgt in Sekundenbruchteilen und damit weit unterhalb der Trägheitszeit von Leitungsschutzschaltern oder Schmelzsicherungen.

Ein ähnlicher Algorithmus sorgt zeitgleich nach ähnlichem Prinzip für eine Schiefast-Vermeidung, zieht dabei auch Verbraucher in den Wohnungen in Betracht und sorgt so insgesamt für die Einhaltung der Technischen Anschluss Bedingungen (TAB) des Stromnetzbetreibers.

### **Dynamische Phasenzuteilung**

Eine Wallbox alleine verursacht nach Zulassungs-Vorgabe nie mehr als die vorgeschriebene Schiefast von 20 Ampere. Allerdings haben die Hersteller kaum Lösungen implementiert, die garantieren, dass mehrere Wallboxen die Phasenbelastung gleichmäßig aufteilen. Die ungleichmäßige Belastung entsteht aber durch Fahrzeuge die nur einphasig laden können. Damit liegt auch hier die passende Phasenzuteilung in der Verantwortung des Management-Systems. Dies hat sogar den Vorteil, dass die Schiefast-Balancierung nicht nur innerhalb einer Tiefgaragen-UV, sondern auf allen Ebenen der Baumstruktur und unter Einbeziehung sämtlicher Lasten bis zum Hausanschluss-Punkt erfolgen kann.

Das Lastmanagement-System führt entsprechend ebenfalls eine Statistik darüber, wie unterschiedlich stark die Phasen zueinander auf jeder Ebene belastet sind. Auch dies beginnt beim Hausanschluss, setzt sich über alle Ebenen fort und endet wieder auf der kleinsten Anschlussebene, analog zur Last-Balance.

Statt einer Abschaltung (wie im Überlastfall) erfolgt bei aus der Balance geratenen Phasen lediglich eine Phasen-Neuzuweisung. Dies ist relativ einfach für die Schuko-Steckdosen und einphasig angeschlossenen Wallboxen zu bewerkstelligen. Oktett64 hat hierfür spezielle, netzwerkfähige und platzsparende Relais-Gruppen entwickelt. Bei dreiphasig angeschlossenen Wallboxen ist eine Schiefast-Balancierung ungleich komplexer. Diese tritt zwar nur beim Laden einphasiger, mit Wechselstrom ladender Fahrzeugen auf, allerdings ist derzeit auch noch kein standardisiertes Vorgehen zur Lösung dieses Problems in Sicht. Wird eine solche Wallbox „Opfer“ eines Eingriffs durch das Management-System aufgrund der beschriebenen Favoritenliste, bleibt derzeit nur deren komplette Abschaltung, bis auf anderem Wege Gleichgewicht hergestellt und die Wallbox wieder zugeschaltet werden kann.

Wünscht der Kunde zukünftig auch eine dreiphasige dynamische Phasenzuteilung oder einigen sich die Wallbox-Hersteller beispielsweise durch die Ergänzung des OCPP-Protokolls auf eine Behandlung des Problems innerhalb der Wallboxen, bietet Oktett64 mit Hilfe der modularen Software eine schnelle Unterstützung.

Bislang für Funktionserweiterungen notwendige physikalische Bauteilveränderungen werden auch in der Gebäudetechnik zunehmend in Software abgebildet – auf Wunsch ganz unkompliziert per Online-Update.

**Kontakt**

Oktett64 GmbH  
Lützowstraße 88  
10785 Berlin

[www.oktett64.de](http://www.oktett64.de)  
[info@oktett64.de](mailto:info@oktett64.de)

