



Abschlussbericht ZeLiM Zentralisiertes Lithium-Speicher-Monitoring

Prof. Dr. Martin Leucker
Martin Blankenburg, M.Sc.

15. Februar 2016

ZeLiM

Zentralisiertes Lithium-Speicher-Monitoring

Projektbeschreibung

Der im Rahmen der Energiewende zu leistende Übergang von konventioneller Energieproduktion durch fossile und atomare Brennstoffe hin zu regenerativen Energien durch Windkraft und Photovoltaik stellt aufgrund der hohen natürlichen Fluktuation eine große Herausforderung dar. Hochkapazitive Lithium-Eisenphosphat-Speicher, die dezentral an regenerative Energieproduzenten wie Windräder oder Photovoltaikanlagen, aber auch an Blockheizkraftwerke angeschlossen sind, können einen entscheidenden Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes leisten.

Die ecc Repenning GmbH war zur Zeit des Projekts ein junges Unternehmen, das sich auf die Herstellung von Lithium-Eisenphosphat-Zellen und damit aufgebauten Energiespeichern konzentrierte. Es begann der dezentrale Aufbau dieser Speicher in verschiedenen Regionen Deutschlands, insbesondere Schleswig-Holsteins. Die Speicher der Firma ecc Repenning zeichnen sich dadurch aus, dass sie grundsätzlich auch extern, z.B. über das Internet, überwacht und gesteuert werden können.

Mittlerweile (nach Projektende) ist jedoch die ecc Repenning GmbH aufgelöst worden. Die SSL-Energie GmbH hat die Produktionsanlagen übernommen und stellt Zellen, aber keine Schränke mehr her.

Im Rahmen dieses Projektes sollte ein System zur zentralen Überwachung und Steuerung dezentraler Energiespeicher erforscht und entwickelt werden, welches mit einer hohen Zahl von Speichern (>10.000) simultan arbeiten kann. Mit Hilfe eines derartigen Systems lassen sich im Wesentlichen drei wichtige Ziele verfolgen:

1. Durch die Überwachung der dezentralen Speicher wird es möglich sein, durch langfristige Analysen der erhaltenen Messwerte über Strom, Spannung, Temperatur etc. der Zellen, die Leistungsfähigkeit der dezentralen Speicher in Zukunft weiter zu verbessern.
2. Die kontinuierliche Überwachung der dezentralen Speicher erlaubt eine frühzeitige Vorhersage eventueller Defekte oder Kapazitätsreduktion aufgrund von Alterungserscheinungen der Batterie.
3. Eine zentrale Verwaltung und Steuerung dezentraler Energiespeicher erlaubt die Zusammenlegung einzelner Speicher hin zu einem virtuellen Kraftwerk, mit dem Schwankungen im Netz leichter ausgeglichen werden können und gegebenenfalls auch an der Strombörse systematisch Energie gehandelt werden kann.

Die Herausforderung, die in diesem Projekt angegangen wurde, ist die Erforschung und Entwicklung von Protokollen und Technologien zur systematischen Erfassung von Daten sowie zur Steuerung dezentraler Anlagen.

Projektverlauf

Unter der Leitung des wissenschaftlichen Mitarbeiters Herrn Martin Blankenburg wurde zunächst mit Hilfe einer studentischen Gruppe die grundlegende Architektur und Infrastruktur entwickelt, um ein modulares und skalierendes System zu realisieren, welches die Verarbeitung, Speicherung und Analyse des hohen aufkommenden Datenvolumens ermöglicht. Hierzu wurde eine Projektgruppe initiiert, in deren Rahmen in wöchentlichen Meetings Rechercheergebnisse besprochen, Probleme diskutiert und deren Lösungen erarbeitet, Designentscheidungen getroffen, das weitere Vorgehen festgelegt und Aufgaben verteilt wurden.

Im Rahmen dieser Fallstudie wurden Use Cases erarbeitet und diskutiert, sowie verschiedene Szenarien entwickelt, anhand derer die Anforderungen an das System und dessen Features abgeleitet wurden. Darauf aufbauend wurde eine Architektur entworfen, welche sowohl den einfachen Austausch der Implementierung einzelner Komponenten als auch eine transparente Kommunikation der Komponenten untereinander erlaubt, ohne dabei die Fähigkeit zur Skalierung und Dezentralisierung einzuschränken.

In der anfänglichen Analysephase wurden auf Basis der entwickelten Architektur verschiedene Frameworks und Komponenten in Hinblick auf Skalierbarkeit, Leistung und Effizienz untersucht und getestet. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass die in Frage kommenden Frameworks quelloffen und von ihren Lizenzen her untereinander kompatibel sind. Eine Recherche zu anderen existierenden Projekten und auf dem Markt befindlichen Produkten, die ähnliche Features bieten oder die gleiche Intention verfolgen wie das ZeLiM-Projekt, rundete die Analysen ab.

In der anschließenden Konzeptionsphase wurden die benötigten Datenstrukturen, eine Monitoringarchitektur und ein Datenfilterungskonzept synthetisiert, welche sowohl die geforderte Skalierbarkeit und Dezentralisierung als auch die gefundenen Frameworks und Komponenten auf effiziente Weise kombinieren, antizipieren und integrieren. Das erarbeitete Konzept beinhaltet dabei technische, finanzielle und organisatorische sowie administrative und sicherheitstechnische Aspekte. Darüber hinaus wurde ein Modell entworfen, um die dezentral organisierten Energiespeicher zu virtuellen Kraftwerken zusammenschließen und diese steuern und überwachen zu können.

Um die Energiespeicher mit ihren Batterie Management Systemen (BMS) auf einfache Art und Weise an das ZeLiM-System anschließen zu können, wurde für die Client-Seite ein Hardware-Software-System auf Basis des Raspberry Pi konzipiert. Der Raspberry Pi dient als Plattform für die client-seitigen Software-Komponenten und als Verbindung zwischen dem BMS und dem ZeLiM-Netzwerk. Eine Übersetzungsschicht sorgt dafür, dass Daten, die ein BMS produziert, in das von dem ZeLiM-System verwendete Protokoll überführt werden und Steuerbefehle, die über das ZeLiM-Netzwerk gesendet werden, in ein Format transformiert werden, welches wiederum von dem BMS verstanden wird. Die Art und Form dieser Übersetzung ist konfigurierbar, sodass die Übersetzungsschicht leicht an die BMS verschiedener Hersteller angepasst werden kann.

Die Implementierung der konzipierten Komponenten erfolgte in kleinen Arbeitsgruppen, wobei zuvor bei den wöchentlichen Meetings die benötigten Schnittstellen erörtert und definiert wurden. Dadurch konnten die Datenbank-, Netzwerk-, Runtime Verification- und Webservice-Komponenten parallel und unabhängig voneinander realisiert werden. Des Weiteren wurde ein Simulator implementiert, mit dessen Hilfe BMS simuliert werden können, um die Komponenten und deren Zu-

sammenspiel während der Implementierung in geeigneter Form testen zu können. Der Simulator verwendet hierbei aufgezeichnete Daten des Energie-Haus-Plus aus Berlin, um das System unter quasi-realen Bedingungen zu testen.

Das Datenbanksystem von ZeLiM teilt sich auf in Konfigurations- und Log-Datenbank. Die Konfigurationsdatenbank speichert Daten zu Benutzern, BMSen und Grenzwerte für die Runtime Verification. Es handelt sich hierbei um eine einfache SQL-Datenbank, die aufgrund des niedrigen Datenaufkommens nicht verteilt aufgesetzt werden muss. Davon unabhängig werden in dem ZeLiM-System dennoch mehrere Instanzen der Konfigurationsdatenbank aufgesetzt, um eine hohe Erreichbarkeit und Vorhaltung der Daten durch Replikation und Redundanz zu gewährleisten. Die Log-Datenbank hingegen ist eine verteilte NoSQL-Datenbank. Sie speichert neben den Daten der Energiespeicher auch systeminterne Ereignisse wie beispielsweise das Eintreten einer Grenzwertüber- oder -unterschreitung. Da die Energiespeicherdaten mit einer hohen Frequenz auftreten, wurde diese Datenbank so konzipiert und entwickelt, dass sie sehr leicht über das ZeLiM-Netzwerk verteilt werden kann. Ein kompletter Datensatz wird über mehrere Instanzen der Datenbank verteilt. Die Datensätze sind wiederum durch Replikation der Datenbank vor Datenverlust und Unerreichbarkeit geschützt.

Als Benutzungsschnittstelle wurde ein Webinterface implementiert, welches dem Benutzer Zugriff auf die Daten der Energiespeicher und eine Konfiguration des Systems erlaubt. Mittels moderner Webtechnologien können die Daten in ansprechender Form grafisch dargestellt werden, um den Benutzer umfassend über den Zustand der Energiespeicher zu informieren. Der Zugriff auf dieses Webinterface ist durch eine Abfrage von Benutzername und Passwort gesichert. Ein Rechtemanagement stellt dabei sicher, dass jeder Benutzer nur diejenigen Daten zu sehen bekommt, die auch für ihn bestimmt sind. Dazu wurden Aufgaben definiert, welche mit dem System über das Webinterface zu erledigen sein sollen. Diese Tasks werden definierbaren Rollen zugewiesen, die wiederum von Benutzern eingenommen werden können. Dies ermöglicht ein feingranulares Rechte- und Aufgabenmanagement und stellt den Schutz personenbezogener Daten sicher.

In der weiteren Projektphase wurde das ZeLiM-Projekt weiter vorangetrieben und prototypisch realisiert.

Neben einigen Code-Optimierungen bestand das erste neue Arbeitspaket darin, das bereits beschriebene client-seitige Teilsystem auf Basis des Raspberry Pi zu realisieren. Parallel hierzu gab es einen Austausch mit unserem Industriepartner ecc Repenning, um die ebenfalls bereits beschriebene Übersetzungsschicht entsprechend anpassen zu können.

Das darauf folgende Arbeitspaket beinhaltete die Weiterentwicklung der Runtime Verification Komponente. Diese sollte dahingehend erweitert werden, dass nicht nur Werte außerhalb eines zuvor festgelegten Bereiches erkannt und gemeldet werden, sondern auch Fehlverhalten oder Gefahrensituationen in Echtzeit erkannt werden können. Darüber hinaus sollte die Runtime Verification Komponente ein solches detektiertes Verhalten an eine Kontroll-Komponente melden, welche daraufhin entsprechende Fehlerbehebungsmaßnahmen einleiten kann.

In einem weiteren Arbeitspaket sollte das Zusammenschalten der Energiespeicher zu virtuellen Kraftwerken umgesetzt werden. Dazu wurde bereits in der Konzeptionsphase ein Modell entwickelt, welches innerhalb dieses Arbeitspaketes realisiert werden sollte. Auch in diesem Arbeitspaket wurde eine enge Zusammenarbeit mit unserem Industriepartner ecc Repenning angestrebt.

Das finale Arbeitspaket umfasste neben letzten Code-Optimierungen die Fertigstellung der Dokumentation. Während des gesamten Projektverlaufs wurden alle wichtigen Arbeitsschritte sowie die verwendeten Frameworks und erstellten Komponenten in unserem institutseigenen Wiki do-

kumentiert. Darüber hinaus wurde eine umfangreiche Projektdokumentation angefertigt. Der Programmcode ist mit Hilfe von JavaDoc und ähnlichen Werkzeugen ebenfalls hinreichend dokumentiert, sodass eine umfassende Dokumentation am Ende des Projektes vorliegt.

Ergebnisse des ZeLiM-Projektes

Die für das ZeLiM-Projekt gesetzten Ziele konnten nahezu vollständig erreicht werden.

Größtes und wichtigstes Ziel war es, ein System zu entwickeln und zu erforschen, welches in der Lage ist, eine große Menge an gemessenen und berechneten Daten, die von einer Vielzahl an mit dem System verbundenen Klienten erzeugt und über das Internet verschickt wird, in kurzer Zeit auf effiziente Art und Weise zu speichern und für Analysen zur Verfügung zu stellen. Um dies zu erreichen, musste zunächst eine Abstraktionsschicht entwickelt und implementiert werden, die es ermöglicht, Energiespeicher bzw. BMSe unterschiedlicher Hersteller mit dem System zu verbinden. Hierbei musste nicht nur die physikalische Schnittstelle, sondern auch das vom Energiespeicher bzw. BMS verwendete Format der erzeugten Daten so weit abstrahiert werden, dass diese vom ZeLiM-System verarbeitet und für spätere Analysen genutzt werden können. Dies wurde durch eine Implementierung eines in der Informatik sehr häufig verwendeten Schichtenmodells realisiert. Die erste Schicht stellt hierbei die Abstraktion der physikalischen Schnittstelle dar, welche dafür zuständig ist, die erzeugten Daten direkt von der verwendeten Hardware-Schnittstelle (z.B. CANbus, I2C oder analoge Messwerte) auszulesen und unverändert an die nächste Schicht - den Übersetzer - weiter zu reichen. Die Übersetzungsschicht ist dann dafür zuständig, die ausgelesenen Daten in ein einheitliches Datenformat umzuwandeln, welches innerhalb des ZeLiM-Systems verwendet, verarbeitet und gespeichert werden kann. Diese Trennung hat den Vorteil, dass die Hardware-Schnittstelle nur einmal implementiert werden muss und herstellerübergreifend verwendet werden kann. Die Übersetzungsschicht kann dann an das jeweilige Datenformat des Herstellers angepasst werden.

Parallel zur Entwicklung der Hardware-Abstraktion wurde auf Seite der Datenbank eine Abstraktionsschicht implementiert, welche die gesammelten Daten vom ZeLiM-Format in ein Format übersetzt, welches wiederum von der Datenbank verstanden und gespeichert werden kann. Diese Modularisierung ermöglicht in der Zukunft ein leichtes Austauschen der Datenbank, um beispielsweise eine Effizienzsteigerung in Bezug auf benötigten Speicherplatz oder Verarbeitungsgeschwindigkeit durch Verwendung einer moderneren und zeitgemäßen Datenbank zu erzielen.

Zwischen diesen beiden Übersetzungsschichten wurden neben den für den Transport der Daten über ein Netzwerk notwendigen Komponenten auch eine Wertebereichsüberwachung implementiert. Diese schlägt beispielsweise bei Überschreitung einer zuvor festgelegten Temperatur oder beim Auftauchen einer zu niedrigen Zellspannung Alarm und kann den Besitzer, Hersteller oder Wartungsdienst des Energiespeichers per Email über den Vorfall benachrichtigen, damit entsprechende Maßnahmen zur Behebung des Fehlers ergriffen werden können. Die Wertebereichsüberwachung wurde so implementiert, dass die zu überwachenden Werte sowie deren Grenzbereiche auf einfache Art und Weise an die Vorgaben des jeweiligen Herstellers angepasst werden können.

Abschließend wurden in die Netzwerkkomponenten des Systems Mechanismen implementiert, welche die tatsächlich über das Internet versendeten Daten in geeigneter Weise zusammenfassen, komprimieren und serialisieren, um das aufkommende Datenvolumen so gering wie möglich halten zu können. Dies ermöglicht auch die Verwendung einer mobilen Internetverbindung über UMTS oder LTE, um die Daten des Energiespeichers in der Datenbank zu speichern.

Zum Erreichen des zweiten Zieles, der Echtzeitüberwachung der Daten und frühzeitigen Vorher-

sage von Defekten, wurden die Ausgaben der Wertebereichsüberwachung mit Zeitstempeln versehen. Diese dienen der Ermittlung der sogenannten *Mean Time Between Failure (MTBF)*, welche unter Anderem in der Überwachung von Prozessführungssystemen eine große Rolle spielt. Tritt ein bestimmter Fehler häufiger auf, verkürzt sich dadurch auch die MTBF in Bezug auf diesen Fehler, was wiederum Rückschlüsse auf einen bevorstehenden Ausfall einer Komponente oder gar des gesamten Energiespeichers erlaubt. Neben der MTBF können auch Eigenschaften zum Einsatz kommen, welche spezifisch für Energiespeicher sind, um ein Fehlverhalten oder einen Ausfall vorherzusagen. Eine solche Eigenschaft ist beispielsweise der Einbruch einer Zellspannung unter Last. Ist der Spannungsabfall einer Zelle nach Einschalten oder Anschließen einer Last zu groß, ist dies ein Indiz für einen Kapazitätsverlust durch Überlastung oder Alterung der Zelle. Bei einem solchen Ereignis kann ebenfalls eine Email an den Besitzer, Hersteller oder Wartungsdienst des Energiespeichers gesendet werden, damit die betroffene Zelle entsprechend ausgetauscht werden kann.

Um das letzte Ziel des ZeLiM-Projektes, das Zusammenschließen mehrerer Energiespeicher zu virtuellen Kraftwerken, zu erreichen, wurde ein Modell erarbeitet, welches die Gegebenheiten und Anforderungen möglichst genau und vollständig abbildet. Hierzu wurde sich eines aus der Linux-Welt bekannten Abstraktionsmodells für Datenspeicher bedient, dem *Logical Volume Management (LVM)*. LVM erlaubt es dem Benutzer, mehrere Datenspeicher wie Festplatten, USB-Sticks, SD-Karten u.s.w. (*Physical Volume, PV*) zu einem oder mehreren großen Speicherpools, den sogenannten *Volume Groups (VG)* zusammenzufassen. Aus diesen VGs können dann *Logical Volumes (LV)* erzeugt werden, die dann als Partition in das Dateisystem eingebunden werden können. So lassen sich beispielsweise aus drei Festplatten mit je einem Terabyte an Kapazität zwei Partitionen mit jeweils 1,5 Terabyte erzeugen und in das Dateisystem einbinden. Ein ähnliches Verfahren wurde bei der Entwicklung des Modells für Energiespeicher angestrebt. Mehrere Energiespeicher sollen sich zu einer Gruppe zusammenfassen lassen, aus der anschließend virtuelle Energiespeicher erzeugt werden können. Ebenso wie es bei dem LVM einer Datenflusssteuerung bedarf, um die zu speichernden Daten auf die verwendeten Speichermedien zu verteilen, bedarf es bei der Übertragung dieses Modells auf Energiespeicher einer Steuerung des Energieflusses, um die Last auf die einzelnen Energiespeicher zu verteilen. Um diese Vorgänge zentral steuern zu können, wurde die Abstraktion der Hardware und die Übersetzungsschicht auf Seiten des Energiespeichers so konzipiert und implementiert, dass eine bidirektionale Kommunikation möglich ist. Somit können nicht nur Daten aus dem Energiespeicher bzw. dem BMS ausgelesen, sondern auch Nachrichten an diese gesendet werden. Aufgrund fehlender Energiespeicher und eines entsprechenden Mechanismus zur Steuerung des Energieflusses blieb die Implementierung der Speicherabstraktion aus und kam somit nicht über die Modellierung hinaus. Der Fokus während des Projektverlaufes wurde dann auf das Erreichen der ersten beiden Ziele gelegt.

Einsatz von ZeLiM in der Lehre

Neben der Tatsache, dass die Studenten der Universität zu Lübeck sich in die Entwicklung des Systems einbringen konnten, um sich wertvolle ECTS-Punkte für ihren Bachelor- oder Masterabschluss zu erarbeiten, bot ihnen das ZeLiM-Projekt vielfältige Themenbereiche aus der Informatik, an denen sie sich ausprobieren und das bisher in ihrem Studium Erlernte auch praktisch anwenden konnten. Dazu wurde den Studenten seitens des Instituts angeboten, sich im Rahmen von Projektarbeiten, Praktika, Fallstudien und Abschlussarbeiten des Projektes anzunehmen. Diese Herangehensweise bot nicht nur eine höhere Flexibilität für die Studenten, da sie sich je nach Semester und momentaner individueller Lehrplansituation ihre ECTS-Punkte erarbeiten konnten, sie kam auch dem Projekt zugute, weil auf diese Weise mehr Studenten für das Projekt gewonnen werden konnten und stets neue Impulse gaben, um ZeLiM weiter zu entwickeln und zu verbessern.

Aufgrund der Komplexität des ZeLiM-Systems gab es für die Studenten eine Fülle an Themenbereichen aus der Informatik, welche sie im Rahmen dieses Projektes bearbeiten konnten. Diese reichen von der Arbeit mit Hardware (Server-Systeme, Einplatinencomputer, Battery-Management-Systeme), Hardware-spezifischen Protokollen (I2C, SPI, CANbus) und deren Abstraktion über die Entwicklung und Implementierung von Datenfluss- und -verarbeitungsmodellen bis hin zu Datenbanksystemen und deren Verteilung. Selbstverständlich spielte der Bereich der Netzwerkkommunikation eine zentrale Rolle in dem ZeLiM-System. Eine der größten Herausforderungen bestand darin, das System so flexibel zu gestalten, dass prinzipiell jede Komponente auf einer eigenen Maschine lauffähig ist und mit allen weiteren benötigten Komponenten über ein lokales Netzwerk oder das Internet kommunizieren kann. Um eine Testumgebung zur Verfügung zu haben, welche ebd. Flexibilität bietet, beschäftigten sich einige Studenten auch mit dem Thema Virtualisierung, um auf der IT-Infrastruktur des Instituts entsprechende virtuelle Maschinen aufsetzen zu können, welche dann eine Plattform boten, auf der die einzelnen Komponenten entwickelt und getestet werden konnten.

Ebenso wichtig wie die fachlichen Fähigkeiten, die in dem Projekt gefordert und gefördert wurden, waren die sozialen Aspekte und die Fähigkeit zur Teamarbeit und Selbstorganisation. In regelmäßigen wöchentlichen Treffen lies sich die Projektleitung über den Stand des Projektes von den Studenten informieren und gab unter anderem Impulse und Anstöße für das weitere Vorgehen, sorgte für die benötigte Infrastruktur und holte bei Bedarf Informationen vom Industriepartner ein. Die Aufgabenverteilung innerhalb des Teams sowie die Arbeitsorganisation führten die Studenten im wesentlichen in Eigenregie durch. Somit konnten den Studenten durch das ZeLiM-Projekt viele wichtige fachliche und soziale Kompetenzen vermittelt werden, die ihnen in ihrem späteren Berufsleben von großem Nutzen sein werden.

Nutzen für das Institut

Durch das ZeLiM-Projekt war das Institut über den Förderzeitraum in der Lage, insgesamt 231 ECTS-Punkte an 24 Studenten im Rahmen von Fallstudien, Projekten, Praktika und Abschlussarbeiten zu verteilen. Dabei entfielen 170 ECTS-Punkte auf Fallstudien, 46 ECTS-Punkte auf Projekte und Praktika und 15 ECTS-Punkte auf Abschlussarbeiten. Darüber hinaus hat das ISP 2 Studenten für insgesamt 4 Monate als studentische Hilfskräfte, zum Teil aus EKSH-Mitteln, zum Teil aus Eigenmitteln beschäftigt.

Neben dem Nutzen für die Lehr-Statistik des Instituts wurde im Rahmen von ZeLiM für das ISP zudem neue Hardware angeschafft, die einen materiellen Nutzen darstellt. Diese Hardware wird auch über die Projektlaufzeit von ZeLiM hinaus dem Institut für Forschung, Entwicklung und Lehre zur Verfügung stehen und somit den Mitarbeitern und Studenten Mittel zur Verwirklichung neuer Projekte bieten.

Zu guter Letzt soll hier noch der Gewinn an Erfahrungen im Umgang mit komplexen Projekten, einer fluktuierenden Gruppe an Mitarbeitern (Studenten) über einen längeren Zeitraum und Projektpartnern aus der Industrie Erwähnung finden. Durch die flexible Gestaltung des Projektes in Bezug auf die Vergabe von Leistungszertifikaten konnte zwar sichergestellt werden, dass neben dem von der EKSH geförderten Mitarbeiter zusätzlich stets ausreichend Arbeitskräfte vorhanden waren, die an dem Projekt gearbeitet und es vorangetrieben haben. Jedoch stellte sich heraus, dass die Studenten effektiver und effizienter waren, je länger sie an dem Projekt gearbeitet haben, was durch zusätzlichen Overhead durch Einarbeitung der neuen Studenten in das Projekt begründet ist. Als effizienteste Arbeitskräfte jedoch erwiesen sich die studentischen Hilfskräfte. Im Rahmen von Leistungszertifikaten wurden im Durchschnitt 5 ECTS-Punkte pro Semester und Studenten verge-

ben, was einem Workload von 25 Arbeitsstunden pro Monat entspricht. Im Gegensatz dazu wurden studentische Hilfskräfte im Regelfall mit 40 Stunden pro Monat eingestellt, wodurch sich bezogen auf die Projektlaufzeit die Einarbeitungszeit der studentischen Hilfskräfte wesentlich verkürzte. Zudem zeigte sich, dass Studenten, die monetär für ihre Arbeit entlohnt werden, im allgemeinen motivierter sind als solche, die ihre Arbeit für Leistungszertifikate verrichten.

Nutzen für zukünftige Projekte

Aufgrund der Schließung der ecc Repeping GmbH und der Fokussierung der Nachfolgesellschaft SSL-Energie GmbH auf die reine Produktion von Lithium-Ionen-Zellen ist die Nutzung der erarbeiteten Lösung durch die angedachten Industriepartner nicht realisierbar. Um den Transfer der Forschungsergebnisse sicherzustellen, hat das ISP einen neuen Partner aufgefunden gemacht. Industriepartner gefunden, der an einer erweiterten Zelim-Version zur Datenaquise und Analyse interessiert ist.

Aktuell wird am Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen intensiv an dem Projekt „cloud-based Monitoring and Analysis for Lithium-Ion Electrical Energy Storage Systems (cMALEESS)“ gearbeitet, einem durch die Europäische Union geförderten Technologietransferprojekt. Mit einem neuen Industriepartner entwickelt das ISP hier eine Art „ZeLiM 2.0“ mit gesteigerten Anforderungen an Hard- und Software, aktuellsten Web-Technologien und modernsten Entwicklerwerkzeugen in einem Entwicklungsprozess nach dem SCRUM-Modell.

Für das cMALEESS-Projekt konnten bereits viele Konzepte und Komponenten aus dem ZeLiM-Projekt übernommen werden. Dazu gehören neben dem Datenverarbeitungs- und Kommunikationsmodell insbesondere die Abstraktion der Hardware und der dazugehörigen Protokolle. Zudem fließen die in dem ZeLiM-Projekt gewonnenen Erfahrungen direkt in das cMALEESS-Projekt ein, um Software-Komponenten besser und effizienter miteinander zu vernetzen, den Entwicklungsprozess zu optimieren und mit Hilfe sogenannter *Continuous Integration Frameworks* stets eine Lauffähige Version des Systems zur Verfügung zu haben, die an Kunden ausgeliefert werden kann.

Im ursprünglichen Projektplan war die Anschaffung eines großen Server-Systems zur Speicherung der Messwerte durch die ecc Repeping GmbH angedacht. Da es jedoch Verzögerungen mit dem großflächigen Ausbau Deutschland mit Speicherschränken kam, ist von der Anschaffung abgesehen worden. Stattdessen wurde der Beitrag der ecc Repeping GmbH durch die Überlassung eines Speicherschranks sichergestellt, der in das neue Elektromobilitätszentrum SH eingebracht wird, welches von den Hochschulen *Universität zu Lübeck*, *FH Kiel* und *FH Lübeck* gegründet werden soll.

Kostenaufstellung

– siehe separates Dokument von der Finanzabteilung der Universität –