

Abschlussbericht

der
Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft

über das Förderprojekt

ProLIZ

Produktionstechnik für Lithium-Ionen-Zellen

öffentlich

Autoren:

Dr. Tobias Zeilinger

Datum:

08.12.2015

Gefördert vom



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages.
Die Verantwortung für den
Inhalt dieser Veröffentlichung
liegt beim Autor.**

Förderkennzeichen: 02PJ2311
Laufzeit: 01.10.2012 – 30.06.2015

Inhaltsübersicht

1	Aufgabenstellung	3
2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	3
3	Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn und Ende des Vorhabens	4
4	Planung und Ablauf des Vorhabens	5
5	Erzieltes Ergebnis	6
6	Nutzen für das Unternehmen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses	7
	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende.....	7
	Wissenschaftliche und / oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	7
	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit.....	7
7	Zusammenarbeit mit anderen Stellen oder außerhalb des Verbundprojektes	8
8	Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen	8
9	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse	9

1 Aufgabenstellung

Das Gesamtziel des Vorhabens war die Entwicklung und Umsetzung wirtschaftlicher und industrienaher Produktionstechnik für Lithium-Ionen-Zellen entlang der Prozesskette von der Rollenware bis zur fertigen und funktionsfähigen Zelle. Die Ergebnisse sollten anhand von Demonstrationzellen aufgezeigt werden.

Das angestrebte Ziel der BMW AG war es die zu vervollständigende Fertigungsanlage für Li-Ionen-Zellen an der TU München und alle dazu notwendigen Prozesse so mitzugestalten, dass dort zukünftig qualitativ hochwertige, automotive-taugliche Li-Ionen-Zellen zu Forschungszwecken hergestellt werden können.

Die Aufgaben der BMW AG in dem Projekt ProLIZ umfassten die Entwicklung der Demonstratorzelle und damit die elektrochemische, elektrische und mechanische Auslegung der Zellkomponenten. Zum Aufgabengebiet der BMW AG gehörten auch die Entwicklung und der Aufbau der Formiersysteme zusammen mit der Ruhr Universität Bochum (RUB) sowie die Definition erster Referenz-Formierprofile. Darüber hinaus sollte die BMW AG die gesamte Prozessentwicklung begleiten und die Projektpartner bei der Anlagenplanung und -auslegung unterstützen. Ziel dabei war die Sicherstellung der Zellqualität und automobil-tauglichkeit der Zelle.

Zusammenfassung der Aufgaben der BMW AG im Projekt ProLIZ:

- Definition der Anforderungen an die Referenzzelle (in Abstimmung mit allen Projektpartnern).
- Entwicklung der ProLIZ-Zelle (Gehäuseentwicklung zusammen mit Elringklinger).
- Entwicklung und Aufbau Formiersysteme (Zusammen mit der RUB).
- Definition Referenz-Formierprofile.
- Beratende Funktion bei der Anlagenplanung und -auslegung.

2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Der Energiespeicher ist eine Schlüsselkomponente von Elektrofahrzeugen und hat damit einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg der Elektromobilität. Für mobile Anwendungen stellen Batteriesysteme auf Basis von Lithium-Ionen-Zellen die derzeit technologisch vielversprechendste Speichertechnologie dar. Ziel des Projektes ProLIZ sollte sein, die Entwicklung von wirtschaftlichen Herstellungsprozessen und -systemen für Lithium-Ionen-Zellen in Deutschland voranzutreiben. Im Vorgängerprojekt DeLIZ (Produktionstechnisches Demonstrationszentrum für Lithium-Ionen-Zellen) wurden bereits die Grundlagen dafür gelegt und große Teile der Herstellungskette von Lithium-

Ionen-Zellen untersucht und am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der TU München (iwb) in Anlagentechnik umgesetzt. Allerdings wurden nicht alle Wertschöpfungsschritte der Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen betrachtet. In den Bereichen „Ableiter Fügen“ sowie „Zellverbindung“ wurden lediglich Grundlagen zu den jeweiligen Fertigungsprozessen untersucht. Betrachtet man die gesamte Wertschöpfungskette bei der Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen, waren die Prozesse „Ableiter Fügen“, „Verpacken“, „Befüllen“, „Versiegeln“ und „Formieren“ weder forschungsseitig abgebildet noch im Zuge des Projektes auf Systemen nach dem Stand der Technik durchgeführt worden. Eine vollständige Betrachtung der Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen unter realistischen Produktionsbedingungen im Trockenraum wurde nicht betrachtet.

Zu Beginn des Vorhabens war die BMW AG mit der Entwicklung der BMW i Fahrzeuge im Begriff sich im Bereich Elektromobilität deutlich von ihren Wettbewerbern abzusetzen. Um diesen Vorsprung weiter ausbauen zu können, wurden die Aktivitäten der BMW Group im Bereich der Konzernforschung Batterietechnologie weiter verstärkt. Ein wesentlicher Schritt bei der Entwicklung neuer Batterien ist die Skalierung von Materialien, die in Laboruntersuchungen vielversprechende Ergebnisse zeigen. Hierfür sollte das iwb für zukünftige gemeinsame Projekte befähigt werden. Darüber hinaus bestand zu Beginn des Vorhabens auch noch signifikanter Forschungsbedarf bei der methodischen Betrachtung der Qualitätseinflüsse von Produktionsparametern bei der Fertigung von Lithium-Ionen Zellen.

3 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn und Ende des Vorhabens

Bereits 1972 stellte die BMW AG zwei Elektroversuchsfahrzeuge auf Basis des BMW 1602 als Begleitwagen bei den Olympischen Spielen in München bereit. Während die damaligen Fahrzeuge herkömmliche Blei-Säure-Batterien als Energiespeicher enthielten, setzt die BMW AG heute, nach einigen Versuchen mit NaS und NaNiCl-Batterien, vollständig auf Li-Ionen Technologie für die Elektrifizierung ihrer Fahrzeuge. Im Pilotprojekt MINI E wurde der Ansatz verfolgt, mit Consumer-Zellen, welche zwar nicht für den automobilen Einsatz optimiert dafür aber leicht verfügbar sind, die Fahreigenschaften eines E-Fahrzeugs konkret erlebbar zu machen. Mit diesem Ansatz konnten im großangelegten Feldversuch wertvolle Daten bzgl. Kundenzufriedenheit, Anforderungen, Reichweite, usw. gesammelt werden. Dies galt gleichermaßen für die Feldversuche des elektrifizierten BMW 1er (ActiveE). Hauptziele der MINI E und der ActiveE Aktivitäten waren einerseits die Qualifizierung der Technologie zur Industrialisierung und Produktion dieser Fahrzeuge, andererseits die Demonstration individueller Elektromobilität unter Alltagsbedingungen und der Aufbau des notwendigen praxisbasierten Know-Hows. Beide Fahrzeugkonzepte sind jedoch

„Conversion“-Lösungen und nicht für einen nachhaltigen großserientauglichen Einsatz eines Elektrofahrzeugs geeignet. Im Rahmen des Förderprojekts 03KP213 „Modularer HVS Baukasten“ konnte schließlich ein maßgeschneiderter Li-Ionen Hochvoltspeicher entwickelt werden, der alle Anforderungen einer automobiltauglichen Serienkomponente erfüllt und in der Unternehmensstruktur verankert wurde.

Zu Beginn des Vorhabens war die BMW AG dabei mit den BMW i Fahrzeugen neue Welt visionärer Mobilität zu schaffen. Auf der einen Seite der BMW i3, der als erstes rein elektrisch angetriebenes und in Serie produziertes BMW Fahrzeug gezielt auf die zukünftigen Mobilitätsanforderungen im städtischen Bereich ausgerichtet ist und als erstes „Premium-Elektrofahrzeug“ typische BMW Attribute zukunftsweisend interpretiert. Auf der anderen Seite der BMW i8, ein Sportwagen der neuesten Generation. Durch sein einzigartiges eDrive Plug-in-Hybrid-Antriebskonzept vereint er einen Verbrennungsmotor und einen Elektroantrieb zu einem außergewöhnlichen Fahrerlebnis – und das bei äußerst niedrigem Verbrauch und geringen Emissionen.

Einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg der BMW i Modelle lieferte auch die BMW Konzernforschung Batterietechnologie. Zu Beginn des Vorhabens konnten im Netzwerk der BMW Group jedoch die für die Bewertung neuer Aktivmaterialien zwingend erforderliche Skalierung der Zellgröße nicht abgebildet werden. Nach Ende des Vorhabens kann diese Skalierungsstufe am iwB abgebildet werden. Das Projekt hat somit erfolgreich zur Befähigung des Netzwerks der BMW AG beigetragen. Darüber hinaus wurden mit der Bewertung der Qualitätsrelevanz einzelner Prozessschritte wesentliche Erkenntnisse für die Fertigung von Lithium-Ionen Zellen gewonnen.

4 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Ziel des Projekts „ProLIZ“ war es, Hardcase-Zellen zu produzieren, um die Einflüsse der Produktionsparameter auf die Zellqualität zu erarbeiten. Ein wichtiger Beitrag zu diesem Ziel lag in Arbeitspaket 4.5 „Testzellen und Prozessoptimierung“. Dieses Arbeitspaket konnte in der ursprünglich geplanten Projektlaufzeit nicht abgeschlossen werden. Zur erfolgreichen Bearbeitung der vorgesehenen Umfänge wurde eine Projektverlängerung bis einschließlich Juni 2015 mit dem Änderungsbescheid von 21. Oktober 2014 genehmigt. Während der kostenneutralen Verlängerung lieferte die BMW AG weiterhin bedarfsgerecht Material, beriet und unterstützte das iwB bei der qualitätsgerechten Produktion der Zellen und betreute die Auswertung von Zelltests.

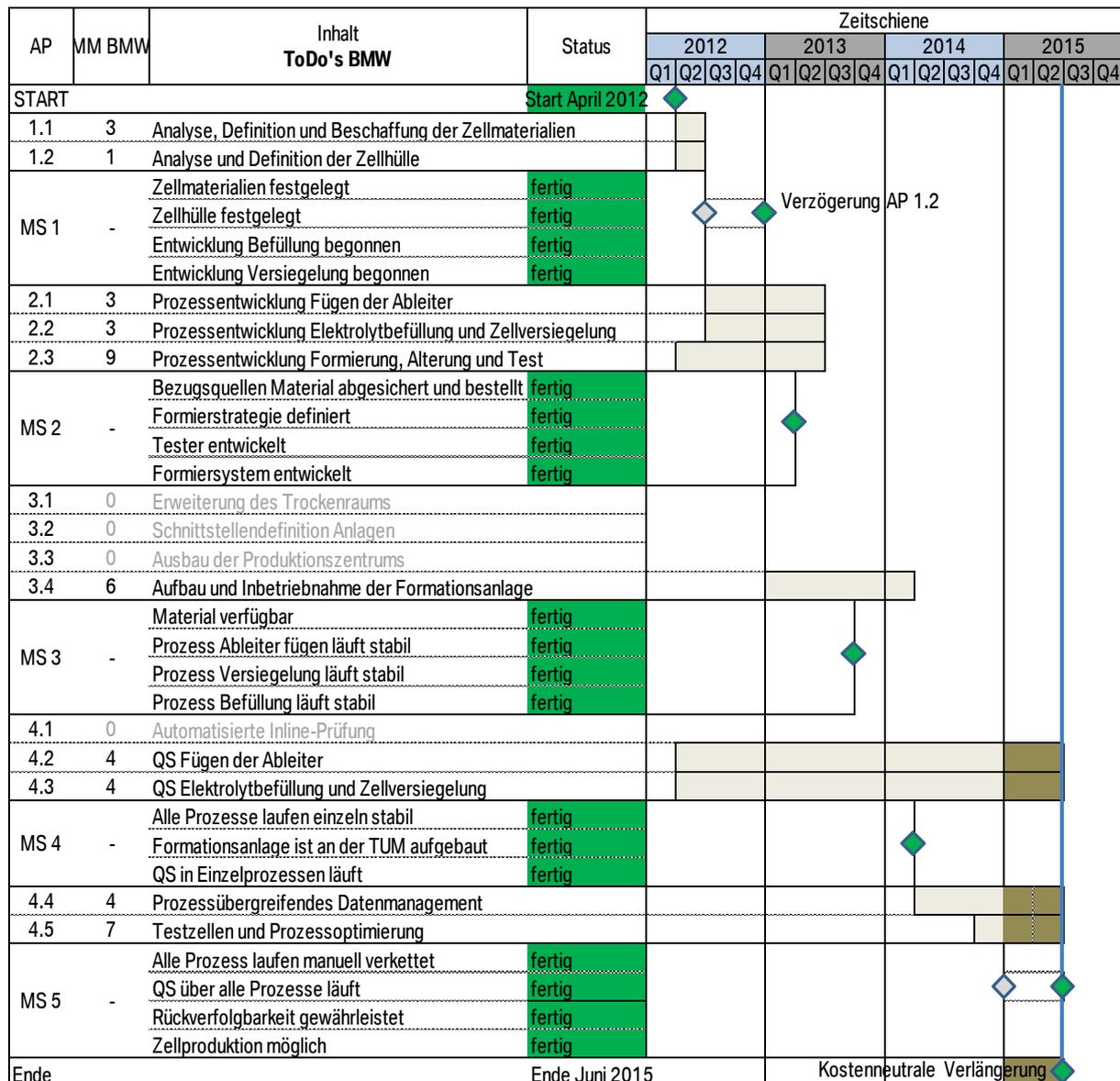


Abbildung 1: Gantt-Chart Arbeitspakete mit BMW-Beteiligung.

5 Erzieltes Ergebnis

Im Projekt ProLIZ entwickelte die BMW AG eine Batteriezelle im VDA HEV-Format für automobiler Anwendungen. Wesentliche Bestandteile waren die elektrochemische und physikalische Auslegung der Elektroden sowie die elektrische, thermische und mechanische Dimensionierung der Gehäusekomponenten. Letztere wurde gemeinsam mit dem Projektpartner Elringklinger durchgeführt. Die BMW AG steuerte und finanzierte außerdem die Fertigung der Entwickelten Komponenten und stellte diese dem Konsortium zur Verfügung.

Darüber hinaus betreute die BMW AG die Entwicklung der Formationsanlagen an der RUB und koordinierte die Montage und Inbetriebnahme dieser Anlagen an der RUB

und am iwb. Zusätzlich definierte die BMW AG Referenz-Formierprofile für die Herstellung der ProLIZ-Zellen.

Die Projektergebnisse sind detailliert im gemeinsamen Abschlussbericht dargestellt.

6 Nutzen für das Unternehmen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Eine unmittelbare wirtschaftliche Nutzung der Ergebnisse des Projektes ist für die BMW AG aufgrund des grundlegenden Charakters der Ergebnisse nicht möglich.

Wissenschaftliche und / oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Im Projekt ProLIZ wurde am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Technischen Universität München ein Technikum zur Fertigung von Hardcase-Batteriezellen (Format HEV) für Forschungszwecke aufgebaut. Aus OEM-Sicht bedeutet der Zugang zu einer deutschen Forschungsanlage für Li-Ionen-Zellen Unabhängigkeit von asiatischen Zelllieferanten, wenn es um die Erforschung und Entwicklung neuer Speicherkonzepte für Elektrofahrzeuge geht. Das im Projekt ProLIZ am iwb aufgebaute Technikum ist damit die Grundlage für weitere vielversprechende Projekte im Bereich der Batterieforschung. Das Technikum bietet außerdem großes Potenzial als Plattform zukünftiger Forschungsprojekte.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Damit die Elektromobilitätsziele der Bundesregierung, die Mobilitätsherausforderungen in Ballungszentren und die globalen Klimaziele erreicht werden können, ist es zwingend notwendig, intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit in der Batterietechnologie und -produktion zu leisten und somit langfristig Kernkompetenzen im Bereich Li-Ionen-Technologie innerhalb der deutschen Forschungslandschaft aufzubauen. Ein wesentlicher Beitrag des Kompetenzaufbaus ist die nachhaltige Ausbildung von Fachkräften auf dem Gebiet der Batterietechnik. Das im Projektverlauf am iwb aufgebaute Technikum war bereits während der Projektlaufzeit eine hervorragende Plattform zur Ausbildung von Ingenieuren. Die Anziehungskraft des Technikums auf Studenten zeigte sich insbesondere durch die hohe Zahl an Bachelor- und Masterarbeiten. Auch weiterhin wird das Technikum aus Sicht BMW einen herausragenden Beitrag zur Ausbildung von Fachkräften leisten.

Neben den neuen Ausbildungschancen, die im Projekt ProLIZ geschaffen wurden, konnten in den durch die BMW AG geleiteten Arbeitspaketen auch technische Aspekte mit wissenschaftlicher Anschlussfähigkeit identifiziert werden. Im Projektverlauf hat sich herausgestellt, dass für die Realisierung von Innovationen bei der Zellentwicklung und -herstellung die Betrachtung der Prozesskette der Elektrodenherstellung und Zellmontage („vom Mischen bis zum Zelltest“) nicht ausreicht. Es müssen alle entscheidenden Zellkomponenten und deren Herstellung in einem ganzheitlichen Ansatz mit einbezogen werden. So werden beispielsweise kritische Qualitätsparameter, wie die Partikelfreiheit der Zellgehäuse und die Toleranzen der zellinternen Ableiter maßgeblich von der Montage der Deckelbaugruppen beeinflusst.

Aus Sicht der BMW AG wurde im Projekt ProLIZ viele Ergebnisse mit hervorragender Anschlussfähigkeit erarbeitet. Das am iwv aufgebaute Technikum ist eine sehr gute Plattform für weitere Forschungsaktivitäten. Darüber hinaus wurden bei der Entwicklung der ProLIZ Hardcase Prototypen-Zelle sowohl wesentliche Erkenntnisse zum Zelldesign gewonnen als auch Forschungsfragen für zukünftige Projekte aufgeworfen.

7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen oder außerhalb des Verbundprojektes

Die Projektarbeit wurde von den beteiligten Fachstellen der BMW AG unter enger Einbindung der jeweiligen Komponenten-Zulieferer und mit Unterstützung insbesondere folgender wichtiger Entwicklungspartner erledigt:

Industriepartner:

Umicore AG und Ozawa Energy - Collabotec.

Forschungsinstitute und Universitäten:

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

8 Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen

Im Vergleich zum im Antrag dargestellten Stand der Technik sind keine relevanten Ergebnisse Dritter – weder am Markt noch bei anderen Forschergruppen – bekannt geworden.

9 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Der Abschlussbericht zu diesem Projekt wird in der Technischen Informationsbibliothek Hannover zur Verfügung gestellt.

Technische Projektleitung BMW
Dr. Tobias Zeilinger

Administrative Projektleitung BMW
Dr. Franz Geyer