

Schlussbericht 2014

Produktionstechnik für die Herstellung von Lithium- Zellen (ProTrak)

Teilvorhaben: Ausgewählte Fertigungstechnologieschritte und
Zelleigenschaften

Zuwendungsempfänger: Dispatch Energy Innovations GmbH	Förderkennzeichen: 01MX12046C
Projektleiter: Dr. Gerold Neumann	Tel.: 04821 90009-0 Fax: 04821 90009-29 Email: gerold.neumann@dispatchenergy.de
Laufzeit des Vorhabens: von: 01.10.2012 bis: 30.09.2015	
Berichtszeitraum: von: 01.10.2012 bis: 30.09.2014	Datum: 30.09.2014

Inhaltsverzeichnis

I.	Kurzdarstellung	3
1.	Aufgabenstellung	3
2.	Voraussetzungen.....	3
3.	Planung und Ablauf	3
4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn	4
4.1	Referenzzellen.....	4
4.2	Elektrolytbefüllung.....	5
5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
II.	Eingehende Darstellung.....	7
1.	Erzielte Ergebnisse	7
2.	Verwendungsplan	8
3.	Fortschritte auf diesem Gebiet	8
4.	Veröffentlichung	8
III.	Erfolgskontrollbericht	9
1.	Beitrag zum Ergebnis des Förderprogrammes	9
2.	Wissenschaftlich/technische Ergebnisse.....	9
	AP 1.1.3, AP 1.3.2	9
	AP 2.1.2	11
	AP 2.6.2	15
	AP 2.8.6	16
3.	Verwertungsplan.....	19
3.1	Erfindungen/Schutzrechte	19
3.2	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten	19
3.3	Wissenschaftlich/technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	20
3.4	Wissenschaftliche/technische Anschlussfähigkeit	20
4.	Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben.....	20
5.	Präsentationsmöglichkeiten.....	20
6.	Kosten und Zeitplaneinhaltung	21

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Das Förderprojekt ProTrak umfasste die Entwicklung von Analgentechnik für die gesamte Wertschöpfungskette der Batterie-Zell Fertigung. Dabei lag der Focus der Arbeiten von Dispatch Energy bei Entwicklungen im Bereich der Elektrolytbefüllung. Außerdem sollten Referenzzellen hergestellt werden um die zeitaufwändigen Formierungs- und Alterungsprozesse in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern zu untersuchen. Die Arbeiten auf diesen Gebieten sollten die Anlagenhersteller nach Ende des Projektes in die Lage versetzen serienproduktionstaugliche Anlagen anzubieten.

2. Voraussetzungen

Dispatch Energy war als Lithium-Zellhersteller an dem Projekt beteiligt. Da das Unternehmen eine eigene Zellfertigung aufgebaut und in Betrieb genommen hat, brachte es sein Wissen über fertigungsbezogene Themen aus der Perspektive des Zellherstellers in das Projekt mit ein. Zudem war Dispatch Energy dazu in der Lage mit dem firmeninternen Know-How und Equipment Prototyp-Zellen herzustellen, die von den Projektpartnern für Handling Themen und zur elektrochemischen Untersuchung benötigt wurden.

3. Planung und Ablauf

Dispatch Energy war mit dem jeweiligen Personaleinsatz an folgenden AP beteiligt:

(Eine genaue Auflistung der AP und Planung ist im Anhang A1 aufgeführt)

- 1.1.3 Festlegung, Erläuterung und Bewertung von Prozessschritten (6 PM)
- 1.3.2 Vergleich der Prozessschritte (3,6 PM)
- 2.1.2 Referenzzellen (15 PM)
- 2.6.2 Elektrolytbefüllung (25,5 PM)
- 2.8.6 Formierungs- & Ageingverfahren (3,5 PM)

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn

4.1 Referenzzellen

Zu Beginn des Projektes wurden Zellen für Automotive-Anwendungen auf Basis unterschiedlicher elektrochemischer Systeme herstellerabhängig realisiert. Vorzugsweise kamen Kathodenmaterialien mit hoher spezifischer Kapazität wie Lithium-Nickel-Kobalt-Manganoxid (häufig als NCM oder NMC abgekürzt) oder Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (NCA) zum Einsatz. Die Anode wurde vorwiegend auf Kohlenstoffbasis ausgeführt, wobei sowohl Hard Carbons als auch Graphite oder Mischungen davon verwendet wurden. Speziell für Automotive-Anwendungen optimierte Separatoren sind am Markt verfügbar. Elektrolyte unterschiedlicher Zusammensetzung wurden je nach Elektrodenpaarung eingesetzt und sind ebenfalls am Markt verfügbar. Der Projektpartner ISiT hatte Standardrezepturen für diese Systeme in diversen Automotive-Projekten entwickelt, so dass sowohl die technologische Basis als auch Referenzdaten zu diesen Systemen vorlagen und eine geeignete Referenzzelle definiert werden konnte.

Zellen können in unterschiedlichen Aufbautechniken realisiert werden. Man unterscheidet zwischen prismatischen und Rundzellen wie auch zwischen Lithium-Ionen-Zellen in einem starren Aluminiumgehäuse und „Pouch“-Zellen mit einer Folienumverpackung. Besonders für großflächige, dünne Zellen, die eine sehr gute Wärmeabfuhr erlauben, bietet sich die Pouch-Technologie an. Eine solche Geometrie wurde in einer Vornorm aufgezeigt und bot sich deshalb als Aufbautechnik für dieses Projekt an.

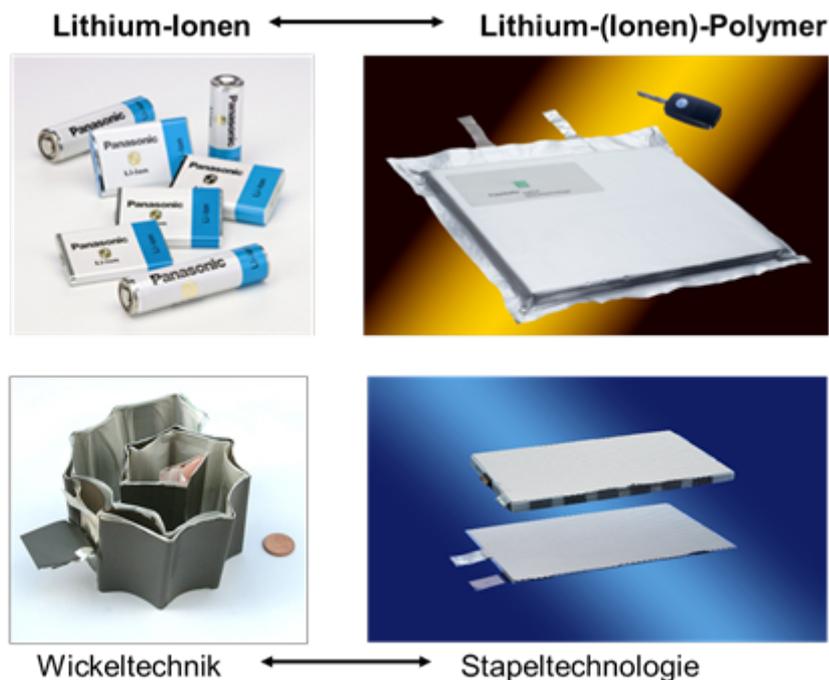


Abbildung 1: Aufbautechniken

4.2 Elektrolytbefüllung

Lithiumzellen werden zur Herstellung einer hohen ionischen Leitfähigkeit in den Elektroden wie auch im Separator komplett mit einem flüssigen Elektrolyten durchsetzt. Dieser Durchdringungsprozess ist möglich, weil sowohl Elektroden wie auch Separatoren eine schwammartige, mikroporöse Struktur besitzen. In diese Mikroporen wird der Elektrolyt aufgesogen. Da die Elektroden typischerweise auf geschlossenen Stromableiterfolien abgeschieden werden, kann der nach der Folienassemblierung dem System zugegebene Elektrolyt nur über die schmalen Randflächen des Batteriekörpers in die Elektroden eindringen und muss mittels Kapillarkräften den kompletten Folienstapel durchdringen. Besonders bei großflächigen prismatischen Zellen stellt dieser Durchdringungsprozess eine große technische Herausforderung dar. Sowohl die Sicherstellung der Gleichverteilung des Elektrolyten im System als auch die langen Taktzeiten sind unbefriedigend gelöst. Als unterstützende Maßnahmen sind derzeit zwei Varianten in der Anwendung:

a. Vakuumunterstützung

Um die Wirkung von Kapillarkräften zu unterstützen, wird nach dem Einbringen der Elektrolyt-Flüssigkeit ein Vakuum angelegt, welches die Atmosphäre aus den Mikroporen zieht und die Kapillarkräfte somit unterstützt. Problem dabei ist, dass der Elektrolyt niedrigsiedende Lösemittel enthält, die unter Vakuumeinfluss zu sieden beginnen und durch den Verdampfungsprozess die Zusammensetzung des Elektrolyten verändern mit ggf. nachteiligen Folgen für die elektrische Performance von Zellen. Dem kann man durch Kühlung entgegenwirken, was jedoch den anlagentechnischen Aufwand unvermeidbar erhöht.

b. Verwendung von Netzmitteln

Man fügt dem Elektrolyten Netzmittel zu, die die Kapillarwirkung deutlich verbessern. Die Probleme mit diesem Ansatz sind, dass die Netzmittel beim Dosieren zum Aufschäumen neigen und dass sie die Schichtbildung auf der Anode nachteilig beeinflussen. Das kann wiederum zu beschleunigter Zellalterung oder erhöhten Innenwiderständen führen.

c. Verwendung von perforierten Stromableiter-Folien

Perforierte Stromableiter-Folien waren außer in Form von Streckmetall nicht oder nur sehr begrenzt im Einsatz. Streckmetall ist vom Handling wegen Partikelbildung bei Schneidprozessen nicht zuverlässig produktionsstauglich. Perforationen in Metallfolien lassen sich auf verschiedene Weise einbringen:

- durch Ätzen (aufwändig und teuer)
- durch mechanische Stanzen (kostengünstig, aber anfällige Stanzwerkzeuge und Gratbildung)
- Laserperforation (noch nicht erprobt, keine Gratbildung und verschleißfrei)

Die hier geplanten technischen Ansätze waren nicht Gegenstand anderweitiger F&E-Aktivitäten.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Neben den Projektpartnern wurde von Seiten Dispatch Energy's mit verschiedenen Firmen zusammengearbeitet, die spezielle Teile, wie Stanzwerkzeuge, für das Projekt gefertigt haben.

II. Eingehende Darstellung

1. Erzielte Ergebnisse

In **AP 1** wurde den Projektpartnern Fachwissen zur Verfügung gestellt, welches Dispatch Energy im Bereich der Zellfertigung besitzt. Hieraus konnten Modelle für die Planung einer Zellfertigung erstellt werden.

Im **AP 1.1.3** „Festlegung, Erläuterung und Bewertung von Prozessschritten“ wurde der aktuelle Stand der Technik auf dem Gebiet der Zellfertigung zusammengefasst und bewertet. Hierbei wurde sich besonders der Frage gewidmet ob für das zu erstellende Konzept Rundzellen, prismatisch oder Pouchzellen verwendet werden sollen. Nach Beendigung der Sichtung wurde festgestellt, dass bis zu diesem Zeitpunkt kein Standard festgelegt wurde und auch auf absehbare Zeit keine der Techniken favorisiert werden wird. Daher wurde auf die im Automotive Bereich bereits verwendete Vornorm DIN SPEC 91252 zurückgegriffen.

Im **AP 1.3.2** „Vergleich Prozessschritte“ wurden den Projektpartnern eine Stückzahlmatrix und Metadaten für die Erstellung von Modellen zur Verfügung gestellt. Diese umfassten neben Materialkosten für die Zellherstellung vor allem auch Daten zu den Produktionsabläufen wie die Zeiten einzelner Prozessschritte, Personaleinsatz und Ausfallraten.

Das **AP 2** umfasste Arbeiten an den Referenzzellen

Im **AP 2.1.2** „Referenzzelle“ wurde die Zellgeometrie und Chemie in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ISIT bestimmt. Aus dem vom Projektpartner ISIT bereitgestellten Elektrodenmaterial wurden von Dispatch Energy Testzellen gefertigt. Diese wurden eingehend untersucht und Anpassungen bei der Fertigung vorgenommen um die Leistung der Zellen zu verbessern. Die festgelegten Parameter wurden für die Konzeptionierung der Maschinen, Abläufe und die Erstellung der Modelle an die Projektpartner weitergegeben. Durch die von Dispatch Energy getätigten Untersuchungen konnte die Notwendigkeit der Vakuumelektrolytbefüllung erwiesen werden. Darüber hinaus wurden den Projektpartnern zahlreiche Zellen und Materialien für Tests zur Verfügung gestellt. Für Schweiß- und Laserschneidversuche wurden Elektrodenfolien, Separatoren und Ableitertabs an verschiedenen Partner übersandt. Für das Handling sowie elektronische Messungen in den Demonstratoranlagen des Projektpartners Jonas&Redmann wurden Zellen in verschiedenen Ausbaustufen beigesteuert.

Im **AP 2.6.2** „Elektrolytbefüllung“ wurde ein Konzept für die Vakuumelektrolytbefüllung der Referenzzellen erstellt. Diese sollte in eine Stickstoffbox eingebaut werden, da der Elektrolyt wasser- und sauerstoffempfindlich reagiert. Die ausreichende Verteilung des Elektrolyten im Zellkörper wurde als einer der maßgeblichen Faktoren für die Leistung der Zellen benannt und kann durch

Befüllung unter Vakuum bei großformatigen Zellen verbessert werden. Die Umsetzung des Konzeptes konnte jedoch aufgrund der erfolgten Insolvenz von Dispatch Energy nicht durchgeführt werden.

Im **AP 2.8.6** wurden ebenfalls neben Fachwissen auf dem Gebiet der Zellalterung sowie der Formierung Zellen für den Projektpartner ISE gefertigt an denen die Formierungs- und Ageingprozesse untersucht werden sollten. Darüber hinaus wurde ein eigenes Konzept für die Vereinfachung der Formierung angefertigt. Der Einfluss von Ageingzeit und Temperatur auf die Leistung der Referenzzellen sowie der Dispatch Energy Standardzellen wurde untersucht.

2. Verwendungsplan

Die gewonnen Erkenntnisse werden wie im Verwendungsplan dargelegt, einen Betrag dazu leisten die Zellherstellung bei Dispatch Energy zu optimieren. Die Notwendigkeit einer Elektrolytbefüllung unter Vakuum konnte demonstriert werden. Dies hat direkten Einfluss auf die maschinelle Konstruktion einer serienreifen Anlage. Die Erkenntnisse auf dem Gebiet der Formierung haben einen direkten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Zellproduktion. Die von Dispatch Energy gewonnen Erkenntnisse werden nach Beendigung der Insolvenzphase in einer mögliche neuen Company für die Fertigung großformatiger Lithium-Ionen-Zellen auf LTO Basis verwendet. Darüber hinaus können die gewonnenen Erfahrungen auf dem Gebiet der automotivetauglichen Batteriezellen auf der Basis von C/NMC Dispatch Energy in die Lage versetzen neben den derzeitigen Anwendung im stationären Bereich auch neue Märkte wie Mild Hybrid Fahrzeuge oder Spezialanwendungen wie Unterseebooten zu erschließen.

3. Fortschritte auf diesem Gebiet

Es gab keine signifikanten Fortschritte auf dem Gebiet der Zellfertigung und insbesondere nicht bei den von Dispatch Energy im Verbundprojekt behandelten Zellfertigungsschritten.

4. Veröffentlichung

Das Verbundprojekt PROTRAK war auf dem Stand des BMWI auf der Hannover Messe 2014 vertreten. Dispatch Energy wurde auf der Messe am Stand durch Herrn Dr. Neumann vertreten und konnte Musterzellen zur Ausstellung zur Verfügung stellen.

III. Erfolgskontrollbericht

1. Beitrag zum Ergebnis des Förderprogrammes

Durch das von Dispatch Energy eingebrachte Fachwissen im Bereich der Zellfertigung konnten die einzelnen Projektpartnern in ihren APs ihre Ziele erfüllen. Darüber hinaus wurden Zellen in verschiedenen Ausbaustufen an die Partner übersandt wodurch auch hier die Arbeiten weitergeführt werden konnten. Wichtige Stellgrößen für die Planung von wirtschaftlichen Zellproduktionen wurden benannt und Verbesserungen erbracht.

2. Wissenschaftlich/technische Ergebnisse

AP 1.1.3, AP 1.3.2

Sichtung der Fertigungstechnologien:

Lithium Ionen Zellen werden entweder in einer Wickeltechnologie oder als Stapelzelle ausgeführt:

In einer Wickelzelle werden Anode, Kathode und Separator von Rollen als Folienverbund in einer speziellen Wickelvorrichtung zusammengeführt. Dies kann zu einer typischen Rundzelle aber auch zu einem Flachwickel führen der häufig in prismatischen Zellen zu finden ist.

In einer Stapelzelle werden die Anoden und Kathoden als von der Rolle abgelängte Bögen aufeinander gelegt. Getrennt werden sie durch den Separator, der entweder ebenfalls als Bogen oder alternativ von der Rolle abgewickelt wird und die Elektrodenbögen in die Taschen des im Zick-Zack geführten Separators eingelegt werden („Z-Folding“).

Es konnte kein klarer Favorit identifiziert werden. Jedes Format hat Vor- und Nachteile und wird von dem einen oder anderen Hersteller bevorzugt.

AP 2.1.2

Bei der Auswahl des elektrochemischen Systems waren i.w. zwei Entscheidungen zu treffen:

- Auswahl der Elektrodenmaterialpaarung
- Festlegung der Zellgeometrie

Bei der Auswahl der Elektrodenmaterialpaarung wurde auf das derzeit in Automotive-Anwendungen bevorzugt eingesetzte Lithium-Nickel-Mangan-Kobaltoxid (Kurz: NMC) zurückgegriffen und auf der Anodenseite kam ein Graphit zum Einsatz. Weitere Entscheidungen betrafen die Auswahl des Separators sowie des Elektrolyten. Der verwendete Separator war eine Neuentwicklung der Fa. Freudenberg und besteht aus einem mit Keramik beschichteten Vlies. Dieser Separator wurde im Rahmen des Projektes HELION unter dem Programm LIB2015 entwickelt. Als Elektrolyt kam ein Standardelektrolyt mit einem speziellen Additiv zur Unterstützung einer stabilen SEI-Schichtbildung auf den Graphitpartikeln zum Einsatz. Weiterhin festzulegende Größen waren die Flächenbelastung und Schichtdicke der jeweiligen Elektrodenfolien. Die Elektrodenfolien wurden vom Projektpartner Fraunhofer ISiT hergestellt und der Dispatch Energy zur Verfügung gestellt.

Die Zellgeometrie wurde entsprechend der Vornorm DIN SPEC 91252 ausgelegt

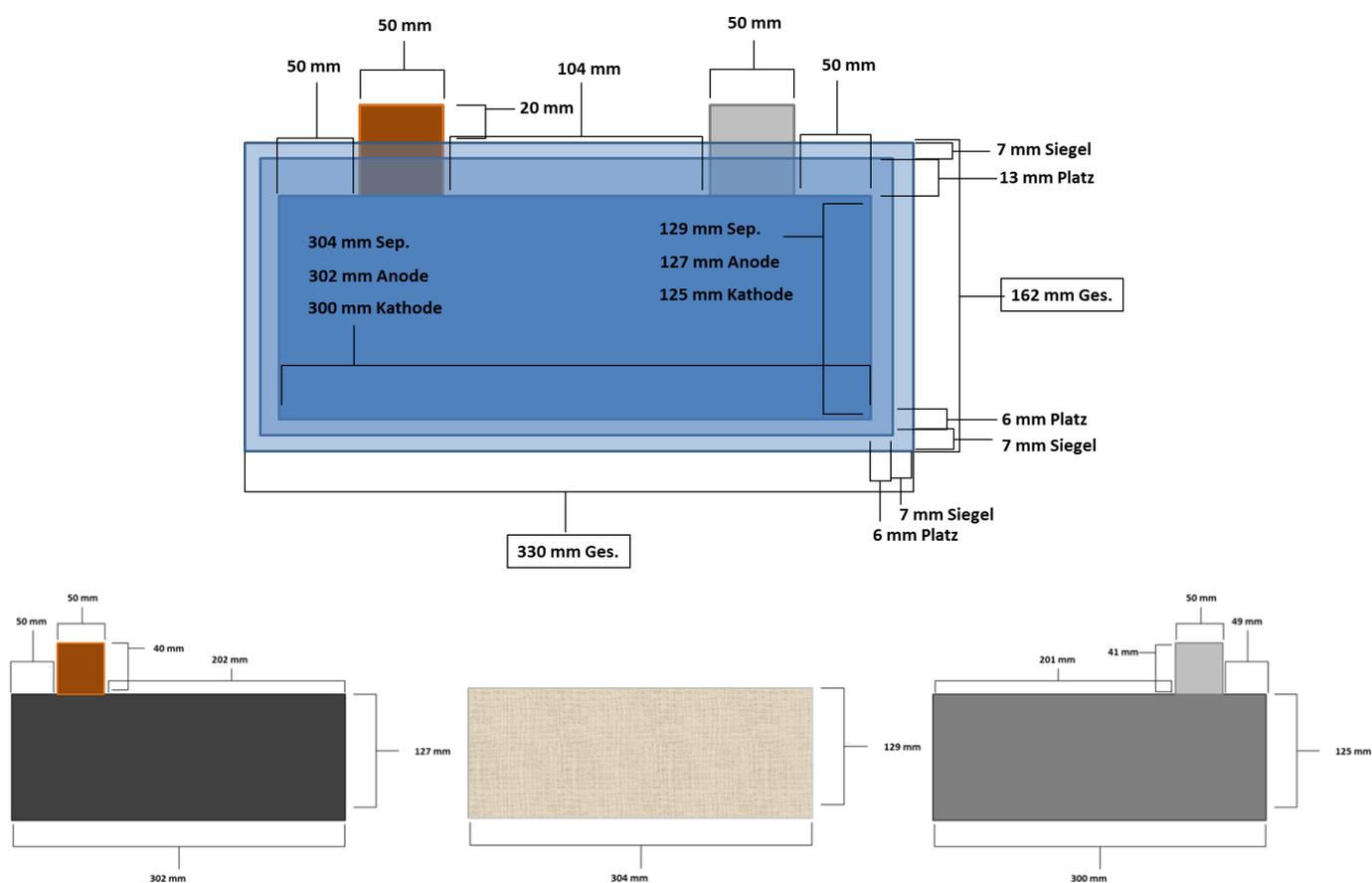


Abbildung 1a: Zellgeometrie und Aufbau

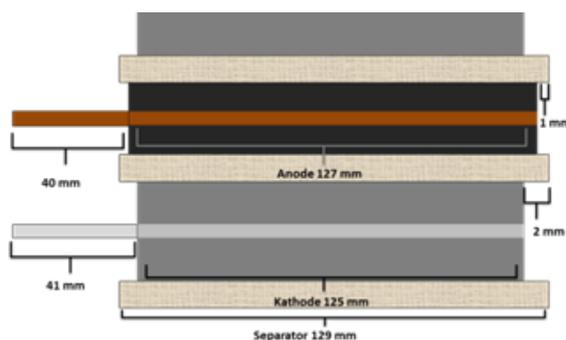


Abbildung 1b: Zellgeometrie und Aufbau

Die angestrebte Kapazität sollte 20 Ah betragen. Durch die vom Projektpartner Fraunhofer ISiT zugelieferten Elektrodenfolien und den verwendeten Separator ergab sich eine Zelldicke von 5 mm. Die Lagenzahl beträgt 12 Kathoden, 12 Anoden und 23 Separatoren und somit 47 Lagen. Die Dicke der Zellen wurde durch die Zugabe des Elektrolyten deutlich erhöht (ca. 9 mm), da eine Quellung der Elektroden, insbesondere des in der Elektrode enthaltenen Binders erfolgte.

Erste Testzellen wurden gebaut und getestet. Hierzu wurden die Folien zugeschnitten und ein Stapel gebildet indem die einzelnen Lagen mit Klebepunkten fixiert wurden. Der Stapel wurde mit Ableitertabs versehen und in eine Pouchfolie verpackt diese wurde an drei Seiten gesiegelt. Die Zellen wurden unter Vakuum getrocknet und im Anschluss in eine Inertatmosphäre gebracht. Dort wurden die Zellen mit Elektrolyt gefüllt und gesiegelt.

Es zeigte sich, dass bei dieser Zellgeometrie eine simple Elektrolytbefüllung bereits keine zufriedenstellende Durchdringung des gesamten Batteriekörpers mit Elektrolyt mehr hergestellt werden konnte. Erhebliche prozesstechnische und zeitaufwändige Schritte waren erforderlich. So musste ohne eine Vakuumapparatur eine deutlich Größere Menge Elektrolyt verwendet werden um ein Minimum an Durchdringung zu erreichen und somit einen akzeptablen Innenwiderstand (siehe Tabelle 2)



Abbildung 2: Zellstapel und Finalzelle

Die Untersuchung der Testzellen ergaben folgende Datensätze:

Tabelle 2: Daten der Testzellen

	PROT_01	PROT_02	PROT_16	PROT_17	PROT_UK	PROT_18
Chem. System	C/NMC					
Lagenzahl	47					
Theor. Kapazität [Ah]	24					
nom. Kapazität [Ah]	20,4					
Menge Elektrolyt [mL]	70	150 (120)	125	160	160	160
Tempern	20 h @ 50 °C	24 h @ 50 °C 24 h @ rt	48 h @ 50 °C	41 h @ 50 °C	48 h @ 50 °C	24 h @ 50 °C
Bemerkung		30 mL Elektrolyt abgesaugt nach Formation				
Formierung						
C/10 Laden	CC: 0,7 Ah CV: 3,2 Ah Σ 3,9 Ah	CC: 22,7 Ah CV: 0 Ah Σ 22,7 Ah	CC: 19 Ah CV: 1,5 Ah Σ 20,5 Ah	CC: 24,3 Ah CV: 0 Ah Σ 24,3 Ah	CC: 15,8 Ah (24 h Pause) + 9,3 Ah CV: 1,1 Ah Σ 26,2 Ah	C/10: 17,3 (0 V - 3,95 V) C/5: CC: 2,7 (3,95 V - 4,15 V) C/5: CV: 1,1 Σ 21,1 Ah
C/5 Entladen	-	14,5 Ah	6,5 Ah	15,9 Ah	C/10 Ela: 15,9 Ah (24 h Pause) + 4,3 Ah Σ 20,2 Ah	12,9 Ah
Impedanzbestimmung @ 100 mHz [mΩ] @ 1 kHz [mΩ]	160 300	13 30	16,4 38	32,9 10,5	37,3 11,1	44,5 10,5
C/10 Laden	-	CC: 17,9 Ah CV: 0,5 Ah Σ 18,4 Ah	CC: 14 Ah CV: 1,1 Ah Σ 15,1 Ah	CC: 17,6 Ah (24 h Pause) + 2,6 Ah CV: 0,7 Ah Σ 20,9 Ah	-	-
C/10 Entladen	-	18,5 Ah	-	12,1 Ah (24 h Pause) + 10,9 Ah Σ 23 Ah	-	-
C/5 Laden	-	CC: 17,9 Ah CV: 2,1 Ah Σ 20 Ah	-	CC: 20 Ah CV: 2,9 Ah Σ 22,9 Ah	-	-
C/5 Entladen	-	16,8 Ah	-	21,9 Ah	-	-
C/3 Laden	-	CC: 15,6 Ah CV: 4 Ah Σ 19,6 Ah	-	CC: 17 Ah CV: 5,4 Ah Σ 22,4 Ah	-	-
1C Entladen	-	11,5 Ah	-	14,4 Ah	-	-

Diese ersten Ergebnisse, insbesondere die Impedanzwerte, deuten auf eine unzureichende Elektrolytverteilung hin. Der Elektrolyt, der nachträglich abgesaugt werden konnte, war nicht ausreichend von den aktiven Schichten und dem Separator aufgenommen worden. Als Konsequenz dieser Ergebnisse wurde im nächsten Schritt eine Anpassung beim Tempern vorgenommen um eine weitere Verringerung der Impedanz zu erreichen (Zelle PROT_16). Dies führte jedoch nicht zur Verbesserung der Leistung. Daher wurde im nächsten Schritt eine deutlich Größere Menge Elektrolyt (ab Zelle PROT_17) verwendet, die nicht abgesaugt wurde. Hier ergab sich gerade bei dem bei einer Frequenz von 1 kHz gemessenen Wert eine deutliche Verkleinerung der Impedanz. Durch die Aufschwämmung mit Elektrolyt erhöht sich jedoch der bei 100 mHz gemessene Wert. Dies hatte aber keine starke Auswirkung auf die Leistung der Zellen. Eine nochmalige Anpassung der Temperzeit (Zelle PROT_18) führte wieder zu einer Verschlechterung der Ergebnisse, sodass sich eine Zeit von Minimal 48 h @ 50 °C ergab.

Zusätzlich wurden dem Projektpartner Jonas&Redmann eine Anzahl von Projektzellen in unterschiedlichen Baustufen für elektronische und Handling-Tests übersandt:

- 4 Zellstapel
- 4 Zellstapel mit Ableitern
- 4 Zellstapel mit Ableitern in Pouchfolie verpackt
- 5 funktionsfähige formierte Zellen

Dem Projektpartner Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH wurden für Laserschneidversuche folgende Materialien zur Verfügung gestellt.

- 20 Blatt Separator 1 (unbeschichtetes Vlies)
- 20 Blatt Separator 2 (Aluminiumoxid beschichtetes Vlies)
- 20 Blatt Aluminiumfolie
- 10 Blatt Anodenfolie (LTO)
- 20 Stück Aluminium Tabs

AP 2.6.2

In diesem Arbeitspaket wurde eine Glovebox einschließlich Einbauten konzipiert zur Erprobung eines neuartigen Verfahrens zur Elektrolytbefüllung großformatiger Zellen. Diese Konzeption wurde abgeschlossen und ist nachfolgend gezeigt.

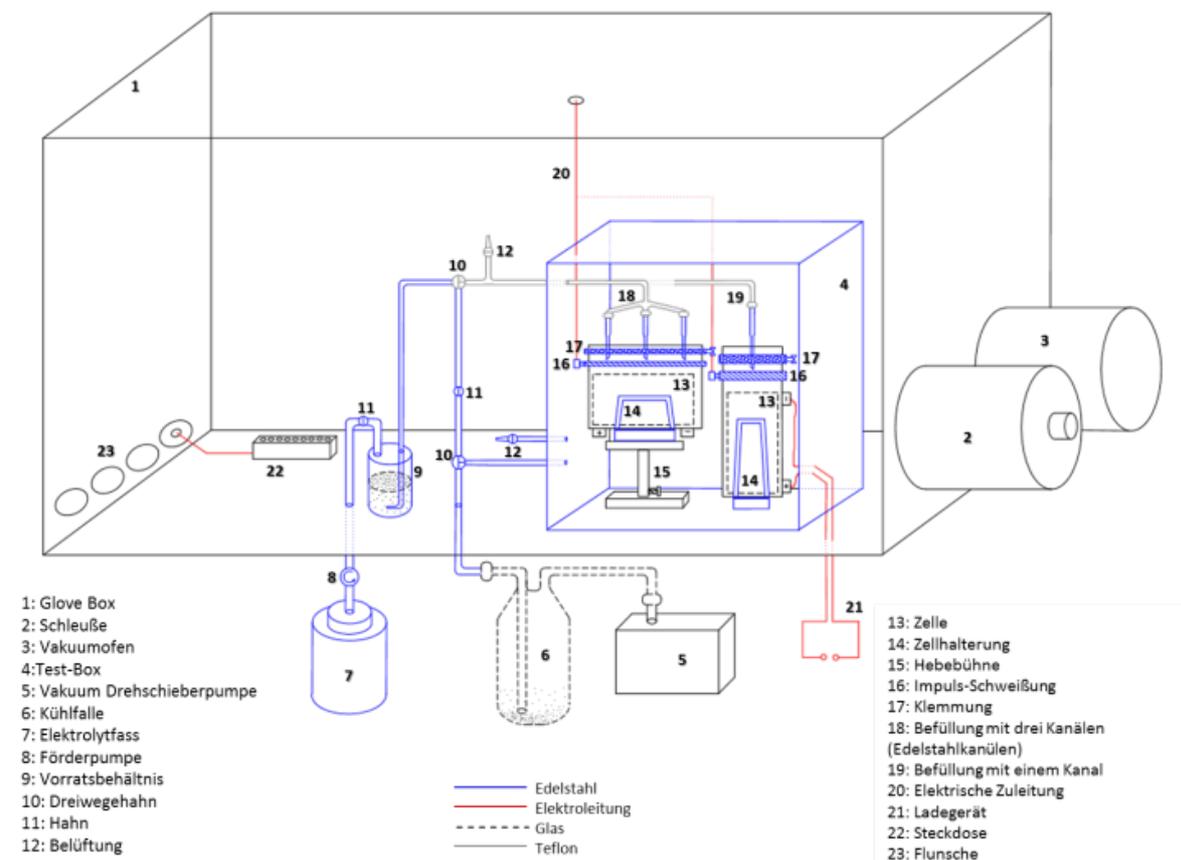


Abbildung 3: Konzept Vakuumbefüllung

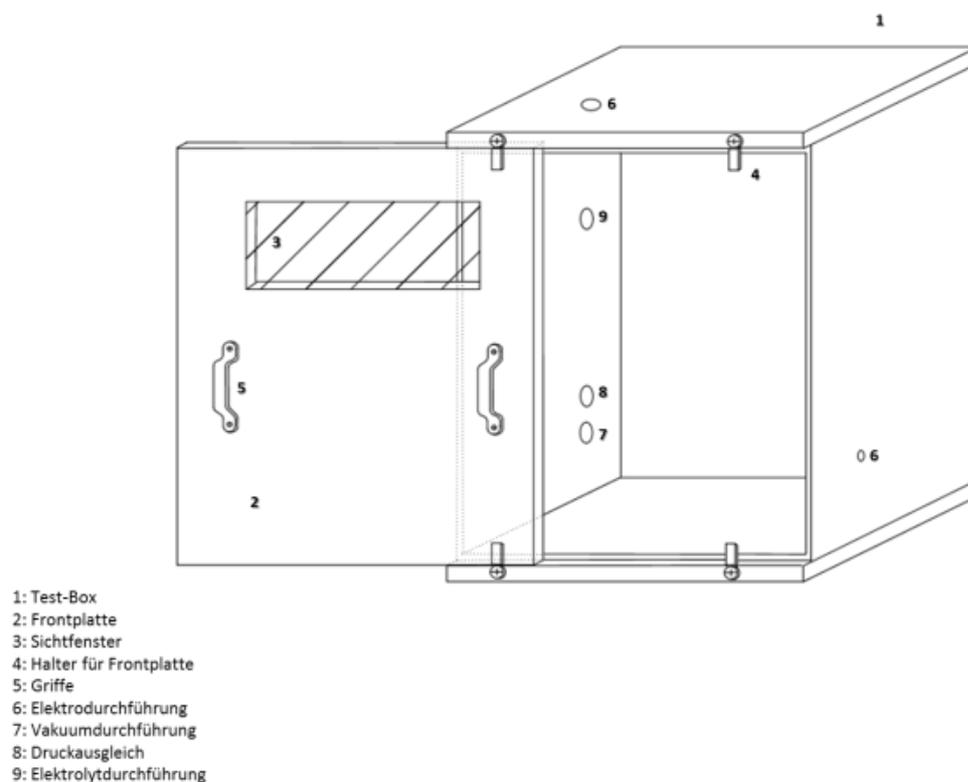


Abbildung 4: Konzept Vakuumkammer

Abbildung 3 zeigt die Gesamtansicht der Glovebox einschließlich Ein- und Ausschleusung.

Abbildung 4 zeigt die als Kammer in der Glovebox, in der die Befüllung der Zellen stattfinden sollte.

Grundlage des Konzeptes war es eine bessere Eindringung des Elektrolyten in die Elektrodenporen zu ermöglichen, indem die Atmosphäre aus den Poren durch Vakuum entfernt und anschließend durch Elektrolyt ersetzt wird. Das dies notwendig ist bei dem gewählten Zellformat wird durch die vorher beschriebenen Ergebnisse deutlich

AP 2.8.6

Kapazitätsverluste zu Beginn der Zyklisierung am System LFP/LTO werden auf zellinterne chemische Oberflächenprozesse zurückgeführt. Diese Verluste sind zu Teil reversibel wie die nachfolgende Kapazitätserhöhung im Verlauf der Zyklisierung zeigt (Abbildung 5). Der Ageingprozess nimmt auf einen solchen Effekt Einfluss, da die Oberflächenprozesse, die bei der Zyklisierung zu Verlusten führen, bereits während des Ageings abgeschlossen werden können.

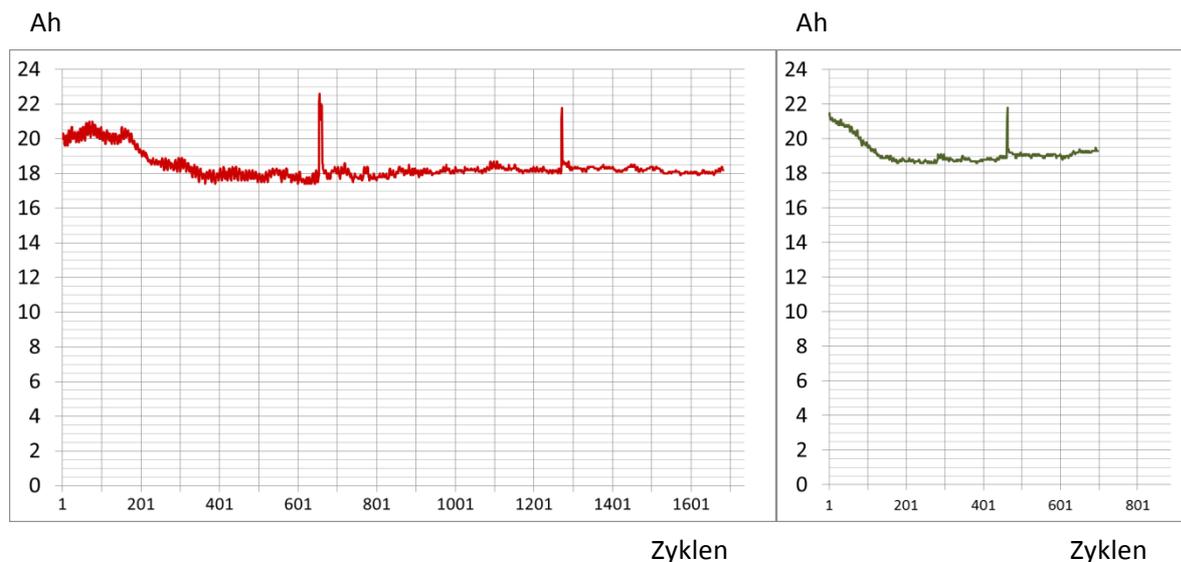


Abbildung 5: Oberflächenprozesse bei der Zyklierung

Weitere Hinweise für Oberflächenprozesse die während des Ageings stattfinden sind Kapazitätssteigerungen zu Beginn der Zyklierung. Auch hier ist ein Einfluss von Temperatur und Zeit auf das Maß dieses Effektes zu beobachten.

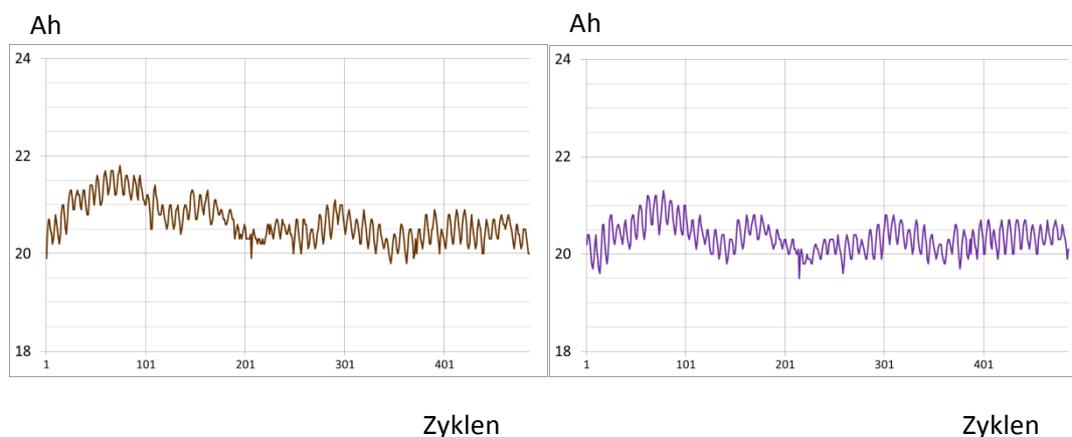


Abbildung 6: Oberflächenprozesse bei der Zyklierung

Das linke Bild in Abbildung 6 zeigt eine Zelle, die bei einer höheren Temperatur gelagert wurde als die Zelle auf der rechten Seite. Der Effekt der anfänglichen Kapazitätserhöhung ist bei der linken Zelle deutlich höher ausgeprägt. Daraus ergibt sich im Besonderen in LTO-basierten Systemen aus unserer Sicht die Notwendigkeit, Ageing und Formierung als gemeinsame Aufgabenstellung bei der Zellkonditionierung zu betrachten.

Der Formierprozess ist gerade bei Graphit basierten Zellen ein sehr zeitaufwändiger Schritt, da dieser sehr langsam ablaufen muss um eine ausreichende SEI Bildung gewährleisten zu können. Ein Standardformierablauf benötigt ca. 52 h. Dieser Aufwand konnte durch die im Verlauf der Arbeiten

gewonnen Erkenntnisse auf 28 h reduziert werden und sollte durch weiteren Input durch den Projektpartner ISE noch einmal deutlich verringert werden

Tabelle 3: Ursprünglicher und überarbeiteter Formierprozess

	Formation aktuell		Formation überarbeitet	
1	C/10 Laden CCCV	12 h	C/10 Laden CCCV	12 h
2	C/5 Entladen CC	5 h	C/3 Entladen CC	4 h
3	C/10 Laden CCCV	12 h	C/5 Laden CCCV	6 h
4	C/10 Entladen CC	10 h	1C Entladen CC	1 h
5	C/5 Laden CCCV	6 h	C/3 Laden CCCV	4 h
6	C/5 Entladen CC	5 h	1C Entladen CC	1 h
7	C/3 Laden CCCV	4 h		
8	1C Entladen CC	1 h		
		55 h		28 h

Für die Weiterführung der Untersuchungen zu den Ageing und Formierabläufen wurde fachliches Wissen bei einem Treffen am 5.02.2014 in Itzehoe an die Projektpartner weitergegeben.

3. Verwertungsplan

Nr.	Ergebnisse lt. Arbeitsplan	Verwertungsmöglichkeit, -aktivität nach Art und Wirkung/Nutzen	Zeithorizont, geplante Realisierung	Erfüllt
1	Elektrolytbefüllung großformatiger Zellen	<input type="checkbox"/> Technologielizenzierung <input type="checkbox"/> Technologieverwertung beim Aufbau einer Großserienfertigung durch Dispatch Energy	<input type="checkbox"/> Kontinuierlich ab Anfang 2015 <input type="checkbox"/> Aufbau einer Großserienfertigung ab 2014 für großformatige Zellen, Inbetriebnahme ab 2015	Nicht erfüllt Aufgrund Insolvenz
2	Zelltechnologie für Automotive und maritime Anwendungen	Erschließung neuer Zielmärkte für Dispatch Energy Auftritt auf Messen, Gespräche mit Automobilherstellern, Internetpräsentation	Geplant für Ende 2014	Erfüllt
3	Beschleunigte Ageing- und Formierverfahren	Technologieverwertung beim Aufbau einer Großserienfertigung durch Dispatch Energy	Aufbau einer Großserienfertigung ab 2014 für großformatige Zellen, Inbetriebnahme ab 2015	Nicht erfüllt Aufgrund Insolvenz

3.1 Erfindungen/ Schutzrechte

Bislang wurden keine Schutzrechte angemeldet.

3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Nach Durchlaufen einer schleppenden Anlaufphase kommen inzwischen zunehmend Elektrofahrzeuge mit Lithiumakkumulatoren in den Markt. Daraus wird am Markt schnell eine Unterversorgung an Lithiumzellen entstehen. Verschärft wird diese Situation durch den erwarteten Zuwachs im Bereich stationärer Speicher in den kommenden Jahren. Dieser Bedarf entsteht sowohl für kleine und dezentrale Speicher in Kombination mit PV-Anlagen als auch für große Speicher zur Netzstabilisierung. Vor diesem Hintergrund wird ein Ausbau von Produktionskapazitäten für die Herstellung von Lithiumzellen erforderlich sein. Dieses wird durch einschlägige Studien untermauert. Dispatch Energy plant deshalb nach Beendigung der Insolvenzphase ebenfalls einen Ausbau seiner

Produktionskapazität in den kommenden Jahren. Ergebnisse dieses Projektes finden bei der Konzeption Berücksichtigung.

3.3 Wissenschaftlich/technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Dispatch Energy stellt aktuell Zellen und Speicher für stationäre Anwendungen her. In diesem Projekt werden erstmals Erfahrungen im Zellbau für Automotive-Anwendungen gesammelt. Basierend auf den fertigungstechnischen Erkenntnissen in diesem Projekt ist geplant sich in anwendungsbezogenen Anschlussprojekten nach dem Insolvenzende zu beteiligen und so die Kompetenz der Dispatch Energy weiter auszubauen. Eine geeignete Plattform dafür bietet das neue Förderprogramm *Horizon 2020* der EU. Erste Kontakte werden seitens Dispatch Energy bereits geknüpft.

3.4 Wissenschaftliche/technische Anschlussfähigkeit

Um die Wirtschaftlichkeit von Zellfertigungslinien zu erhöhen, ist ein Ansatz, den Durchsatz je gefertigter Zellkapazität pro Zeiteinheit zu erhöhen. Dazu ist die Erhöhung der Kapazität je Zelle eine Stellschraube, die zwangsläufig zu größeren Zellabmessungen führt. Um größere Zellen effektiv mit Elektrolyt befüllen zu können, sind die in diesem Projekt zu entwickelnden neuen Ansätze zur Elektrolytbefüllung Voraussetzung für die Umsetzung. Als weitere ebenfalls zeitkritische Komponente ist der bisher hohe Zeitaufwand für die Formierung und das Ageing zu sehen. Verkürzte Ageing- und Formierzeiten reduzieren den Kapitaleinsatz (weniger Formierplätze und reduzierter Raumbedarf) beim Aufbau einer Fertigung und verkürzen die Durchlaufzeit in der Zellfertigung (Reduzierung des Umlaufvermögens). Im Projekt werden somit Themen adressiert, die die wirtschaftliche Attraktivität zum Aufbau/Ausbau von Zellfertigungen in Deutschland erhöhen.

4. Arbeiten die zu keiner Lösung geführt haben.

Alle getätigten Arbeiten haben zu einer Lösung geführt. Aufgrund des vorzeitigen Ausscheidens aus dem Projekt konnten jedoch nicht alle geplanten Arbeiten durchgeführt werden. Es ist jedoch hervorzuheben dass die Nichterfüllung verschiedener Arbeitspaketeile nicht zur Behinderung der anderen Projektpartner führen wird.

5. Präsentationsmöglichkeiten

Dispatch Energy hat als Unternehmen bereits an verschiedenen Konferenzen und Ausstellungen aktiv teilgenommen (Konferenzen: KLiB Treffen 2012 & 2013 & 2014; Messen: Intersolar 2013; Battery Japan 2013 & 2014; HUSUM New Energy 2013 usw.). In Zukunft sind nach dem Übergang in eine neue Company weitere Auftritte auf solchen nationalen und internationalen Konferenzen geplant. Hier kann das Projekt Fachpublikum vorgestellt werden.

6. Kosten und Zeitplaneinhaltung

Tabelle 4: Kosteneinhaltung

	2012		2013		2014	
	abgerufen	Kalkulation	abgerufen	Kalkulation	abgerufen	Kalkulation
Personalkosten	22.508,18 €	22.804,62 €	120.369,35 €	151.969,95 €	9.745,43 €	144.832,20 €
Materialkosten			6.747,72 €	10.760,00 €	0,00 €	15.410,00 €
Investment			0,00 €	9.773,33 €	0,00 €	39.990,00 €
Reisekosten	302,00 €	566,66 €	884,60 €	1.600,00 €	516,89 €	1.416,65 €
Summe	22.810,18 €	23.371,28 €	128.001,67 €	174.103,28 €	10.262,32 €	201.648,85 €
Differenz	-561,10 €		-46.101,61 €		-191.386,53 €	

Die im AP 2.6.2 geplante Elektrolytbefüllung sollte im Rahmen der Beschaffung einer Glove-Box in dieser Installiert werden. Dies setzte eine nicht unerhebliche Investition von über 60.000 Euro voraus.

Die Beschaffung und Installation wurde aus dem Q3 2013 in das Q1 2014 verschoben. Die zu diesem Zeitpunkt erfolgte Insolvenz ließ dann eine solche Investition nicht mehr zu. Die anderen AP wurden davon nicht beeinflusst so wurden auch keine Projektpartner durch die Verzögerung bzw. den Ausfall behindert. In allen anderen AP wurden die Aufgaben gemäß dem unten angeführten Plan erfüllt.

Die Kosteneinhaltung wird in Tabelle 4 dargelegt. Die sich ergebenden Differenzen sind auf die fehlende Installation der Glove-Box zurückzuführen. Dies bedingt auch eine Reduzierung des Materialbedarfes da die Betriebsmittel für die Glove-Box ebenfalls nicht benötigt wurden.

ANHANG: A1 PROJEKTPLAN

Teilvorhaben Dispatch Energy	Jahr Monat LZ Monat	2012									2013									2014									2015									Summe					
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
		Q1			Q2			Q3			Q4			Q5			Q6			Q7			Q8			Q9			Q10			Q11			Q12								
1.1.3	von Prozessschritten									1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25																									7,5			
	Sichtung Fertigungstechnologien									1,25	1,25																													2,5W			
	Anwendungsbezogene Anforderungen										1,25		1,25																											2,5W			
	Bewertungsmatrix												1,25	1,25																										2,5W			
1.3.2	Vergleich der Prozessschritte																					0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6													3,6			
	Stückzahlmatrix																					0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6													3,6W			
2.1.2	Referenzzellen									0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55				15			
	Auswahl elektrochem. System									0,55	0,55		0,55																											1,1W			
	Zelldesign u. Werkzeuge									0,55	0,55																													1,1T			
	Zellbau												0,55			0,55																								12,65T			
2.6.2	Elektrolytbefüllung																					1,0	1,0	2,5	2,5	2,5	1,5	2,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0						25,5
	Konzeption																																							5W			
	Aufbau und Inbetriebnahme																					1,0	1,0	1,0	1,0	1,0														3W/3,5T			
	Prozessentwicklung																																							9T			
	Perforation																					1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0				2,5W/0,5T			
	Vergleich perf./unperf. Stromableiter																																							1W			
2.8.6	Formier- und Ageingverfahren									0,25	0,25	0,25	0,25																											3,5			
	Testmatrix und Strategie									0,25	0,25																													0,5W			
	Aktueller Stand am System LFP/LTO									0,25	0,25																													0,5T			
	Modifizierte Ageingschritte für LFP/LTO												0,25			0,25																								2T			
	Bewertung d. Ergebnisse																																							0,5W			
SUMME										1,3	1,3	1,3	2,05	2,05	2,05	0,80	0,6	0,6	1,6	1,6	3,1	3,7	3,7	2,7	3,7	2,2	2,7	2,1	2,1	2,1	2,6	2,6	2,1	2,1	0,80	0,80	0,6	0,6	0,6	55,0			
										3W			4,5W/0,75T			1,75T			4W/1,5T			4,5W/3,5T			2W/5,5T			1,5W/4,5T			0,5W/6,5T			1,5W/2T			1,5T						

: Wissenschaftler (W)
 : Techniker (T)
 : Summe W+T

M1

M2

M3

M4