

Abschlussbericht 2016

Verbundvorhaben

Produktionstechnik für die Herstellung von Lithium- Zellen (ProTrak)

*****//

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Berlin Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb Pascalstr. 8-9 10857 Berlin	Förderkennzeichen: 01MX12046G
Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. G. Seliger	Tel.: 030 / 314 22014 Fax: Email: seliger@mf.tu-berlin.de
Laufzeit des Vorhabens: von: 01.10.2012 bis: 31.03.2016	
Berichtszeitraum: von: 01.10.2012 bis: 31.03.2016	Datum: 30.09.2016

1. Kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung

Noch stellen die hohen Anschaffungspreise für Elektrofahrzeuge, die ganz wesentlich durch die teuren Akkus bedingt sind, eine der größten Hürden für die Verbreitung und Akzeptanz von Elektrofahrzeugen dar. Um dies zu ändern, hat sich das Verbundvorhaben "ProTrak" unter Leitung der Berliner Jonas und Redmann Group der Aufgabe verschrieben, optimierte Prozesstechnologien für die kostengünstige Massenproduktion von Lithium-Zellen zu entwickeln. ProTrak konzentriert sich auf innovative Weiterentwicklungen in den Bereichen Handling, Schneiden, Verpacken, Elektrolytfüllen, Formieren, Prüfen und Testen. Ziel ist es, ein verknüpftes modulares Anlagekonzept zu kreieren, welches die Prozessschritte in puncto Kostenintensität, Energieeffizienz und Durchlaufzeiten optimiert. Dabei spielt die ganzheitliche Optimierung des Fertigungsprozesses eine herausragende Rolle.

Die wissenschaftlichen und technischen Arbeitsziele des Teilprojektes des IWF umfassen die methodische Durchdringung von Wertschöpfungsanteilen für die Entwicklung von Anlagentechnik und Technologien für die Massenproduktion von großformatigen Zellen. Es werden neue Ansätze für eine systematische kennzahlenbasierte Bewertungsmethode von Wertschöpfungsanteilen und Technologieportfolio erarbeitet. Zudem werden innovative Handhabungstechniken für die Zellenverbundherstellung mit maximalen Leistungswerten im Durchsatz konzeptionell Durchdrungen und in experimentellen Versuchsaufbauten auf ihre technische Machbarkeit hin untersucht.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben wurde als industriegeführte Verbundforschung unter Leitung des Berliner Sondermaschinenbauers Jonas&Redmann Automationstechnik GmbH durchgeführt. Die Projektbearbeitung des Teilvorhabens des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der Technischen Universität Berlin (TUB) fand am Fachgebiet Montagetechnik und Fabrikbetrieb unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger statt. Das IWF bildet zusammen mit dem Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik der Fraunhofer-Gesellschaft das Produktionstechnische Zentrum Berlin (PTZ), in dem sowohl Grundlagenforschung als auch industriennahe Forschung betrieben wird. Die geografische Nähe zum Konsortialführer Jonas&Redmann Automationstechnik GmbH sowie zu weiteren Projektpartnern förderte das unmittelbare Zusammenarbeiten und reduzierte den Abstimmungsaufwand. Für den Aufbau und zur Leistungsfähigkeitsmessung von Versuchsträgern zur ultraschnellen Elektrodenbeschickung und Faltung stand ein Labor im PTZ zur Verfügung.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Planung

Geplant und bewilligt waren nach Antragstellung 36 Monate Bearbeitungsdauer vom 01.10.2012 – 30.09.2015. Personell waren während der gesamten Laufzeit zwei wissenschaftliche Mitarbeiter und acht studentische Hilfskräfte geplant.

Zur Lösung der Aufgabenstellung ist die Bearbeitung von fünf Arbeitspaketen geplant, die jeweils in unterschiedlichen Querschnittsprojekten des Verbundprojektes verortet sind und teilweise mit Projektpartnern zusammen bearbeitet wurden.

AP-Nr	AP-Titel	AP in QP vgl. GVB	Partner im AP
AP112	Abstrahiertes Prozesskettendesign und Performancematrix der Prozessschritte	QP1.1	Jonas&Redmann, Dispatch, Fraunhofer ISIT
AP121	Technologieangepasste Wertschöpfungsanalyse in der Prozesskette	QP1.2	-
AP131	Kombinatorischer Vergleich diskreter Prozessschritte im Technologieportfolio	QP1.3	Dispatch
AP231	Machbarkeitsstudie zur Zellenverbundherstellung durch bahngeschwindigkeitssynchronisierte Elektrodenbeschickung und ultraschnelle Faltungsvorrichtungen	QP1.4	Jonas&Redmann
AP251	Konzeption lebensdauer- und fertigungsoptimierter Zellenverpackungsprozesse	QP1.5	Jonas&Redmann
AP: Arbeitspaket, QP: Querschnittsprojekt, GVB: Gesamtvorhabensbeschreibung			

Tabelle 1: Übersicht der Arbeitspakete

Ab dem Start des Vorhabens am 01.10.2012 waren vier Meilensteine geplant.

AP-Nr	Meilenstein	Nach LZ Monat
112	Prozesschart mit tabellarischen Leistungs- und Kostenspezifikation sowie Benchmarkingwerte wettbewerblicher Anlagentechnik vorhanden	10
121	Instrumentarium zur Analyse von Prozessketten auf der Grundlage eines Wertschöpfungskennzahlensystems ist erarbeitet und Bewertung von bestehender Produktionstechnik ist durchgeführt	13
131	Technologiematrix und Technologieroadmap vorhanden sowie erste Analysen der Technologieentwicklungen in ProTrak durchgeführt	12
251	Konzept vorhanden und erste Testläufe mit Versuchsträgern durchgeführt	12
LZ: Laufzeit		

Tabelle 2: Meilensteinplanung

Im Ablauf des Vorhabens ergaben sich Abweichungen von dieser Planung, auf die im Folgenden eingegangen werden.

August 2015 bewilligt wurde. Das Vorhaben endete daraufhin zum 31.03.2016. Begründet wurde die kostenneutrale Laufzeitverlängerung im Ausscheiden des Projektpartners Dispatch Energy, in einem Fertigungsengpass bei der Jonas&Redmann Automationstechnik GmbH und des Aufwandes bei der Leistungsfähigkeitsmessung am Versuchsträger im Rahmen des AP 231 der TUB.

1.4 Wiss.-techn. Stand, an den Angeknüpft wurde

Die Untersuchung von Wertschöpfung und Vermeidung von Verschwendung ist z.B. nach dem Kaizen Ansatz und durch die Methodensammlung des Lean Manufacturing bereits in vielen Bereichen der Produktion in industrieller Anwendung. Vorrangig zielen diese Methoden auf schlanke Prozesse der Produktion und Logistik von der operativen bis zur geschäftsführenden Ebene ab. Die Methoden finden vorrangig in Großunternehmen Anwendung und dienen der Bewertung, kontinuierlichen Verbesserung und Planung neuer Produktionsprozesse. Grundsätzlich werden diese Ansätze jedoch hauptsächlich für Produktionssysteme und Wertschöpfungsketten etablierter Märkte angewendet. Fluktuative Einflussgrößen die man insbesondere in entstehenden Märkten wie dem der Produktion hochkapazitiver Zellen vorfindet, stehen in besonderer Weise in Wechselwirkungen zur Wertschöpfung der Produktionssysteme. Diese Ansätze ermöglichen nur bedingt bis gar nicht die Analyse und Bewertung während der Entwicklung neuer Anlagentechnik und Technologien für diese entstehenden Märkte.

Die Ergebnisse von Wertstromanalysen lassen sich monetär ausdrücken, bekommen aber durch die Ergebnisinterpretation des Anwenders zum Teil einen stark subjektiven Charakter. Eine ausschließlich monetäre Bewertung von Anlagen und ihren Prozessen kann auf der Grundlage der Herstellkostenrechnung oder der Prozesskostenrechnung erfolgen. Beide Verfahren sind etabliert und werden weitflächig im industriellen Umfeld eingesetzt. Ansätze zur Bewertung von Technologien in Produktionssystemen und deren Leistungsfähigkeit werden durch die Methoden des Technologiemanagements bereitgestellt. Dessen Werkzeuge wie beispielsweise das Technologieportfoliomapping und Technologieroadmaps dienen vorrangig einer einheitlichen Darstellung des Technologieportfolios und der sogenannten Technologiepfade einer Kerntechnologie. Die ganzheitliche Analyse, Bewertung und Prognose neuer, zukünftiger Anforderungen genügender Technologien ist in dieser systematischen Vorgehensweise außerordentlich aufwendig. Die Effizienz dieser Methoden hängt daher zum Teil erheblich vom Ressourceneinsatz ab.

Ansätze die eine Verknüpfung wirtschaftlicher Analysen, der Bewertung von technischen Leistungswerten sowie der Beurteilung qualitätsrelevanter Einflussgrößen zum Zweck einer ganzheitlichen Bewertung von Wertschöpfungsanteilen neuer Anlagentechnik und Technologien finden bisher keine verallgemeinerte methodische Anwendung.

Kennzahlensysteme stellen ein universelles Werkzeug zur standardisierten Beschreibung von Prozessen und Objekten dar. Sie werden branchenübergreifend in allen Bereich der Produktion eingesetzt. Sie beschreiben beispielsweise Geschäftsprozesse nach dem Ansatz des EFQM-Modells zum Verfolgen von Unternehmenszielen oder Regelparameter von Fertigungsprozessen in der Anwendung von Qualitätsregelkarten. Der Aufbau von Kennzahlensystemen erfolgt aufgabenspezifisch.

Bisher angewandte Handhabungstechnik zur Zellenverbundherstellung basiert auf wickeln- den, stapelbildenden und faltenden Verfahren bei unterschiedlichen Durchsätzen. Dabei wer- den Zellen der Bauformen rund-/flachgewickelt (Rund-/Prismatische Zellen), flachgefaltet/-ge- stapelt (Pouchzellen) hergestellt. Zur wirtschaftlichen Massenproduktion von Sekundärzellen haben sich in Bereich der niederkapazitiven Zellen für elektronische Kleingeräte sowohl rund- wickelnde und faltende Verfahren etabliert. Die Auswahl der Bauform erfolgt abhängig vom Einsatzzweck und den Produkthanforderungen. Grundsätzlich finden jedoch rundwickelnde Handhabungsverfahren auf Grund ihrer hohen Wickelgeschwindigkeiten bei gleichzeitig repro- duzierbarer Genauigkeit in der Zellenherstellung als durchsatzstärkstes Verfahren der Zellen- verbundherstellung intensive Anwendung. Faltende oder stapelnde Herstellungsverfahren be- sitzen auf Grund der Zellenbauform grundsätzlich eine hohe Attraktivität, nur wird diese haupt- sächlich durch die vergleichsweise hohen Taktzeiten und somit niedrigen Zellendurchsatz der Zellenverbundherstellungsverfahren gemindert. Grund dafür sind Handhabungsverfahren auf der Grundalge von sogenannten Pick-and-Place-Operationen, die die Handhabung der Katho- den-/Anodenblätter durch Bring- und Holbewegungen realisieren. Handhabungsverfahren mit kontinuierlichem Fördern und Fügen von Kathoden-/Anodenblättern auf einem bewegten Se- parator werden in der industriellen Produktion von Zellen bisher nicht genutzt. Die bahnsyn- chrone Zuführung blattartiger Handhabungsobjekte findet jedoch bei ähnlichen Genauigkeits- anforderungen bereits in der Druckindustrie Anwendung. Insbesondere im Bereich des Bo- genoffsetdrucks werden Papierbögen mit Taktzeiten um 100 Blatt pro Minute durch kontinu- ierliche Verfahren gehandhabt. Auch wenn die Handhabungsobjekte hier durch ihren blattarti- gen Charakter eine grundsätzliche Übertragbarkeit dieser Verfahren aufweisen ist jedoch die Leistungsfähigkeit durch abweichenden Faktoren wie z.B. die Blattdimensionierung und die Verfahrensführung auf die Anwendungspotenziale im Bereich der Batterieproduktion zu unter- suchen.

Das Fachgebiet Montagetechnik und Fabrikbetrieb fokussiert die Grundlagenforschung mit Schwerpunkten im Leanmanagement, allgemeiner Fabrik- und Fertigungsplanung, Handha- bungstechnik für automatisierte Montage (insbesondere von biegeschlaffen Bauteilen wie bei- spielsweise Separator und Kathoden-/Anodenmaterialien). Die Applikationsfelder des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb finden sich vorrangig in den Bereichen des allge- meinen Maschinen- und Anlagenbaus als auch im Automobilbau.

Die Untersuchung von Wertschöpfungsanteilen in globalen Wertschöpfungsnetzwerken mit dem Ziel einer nachhaltigen Produktionswirtschaft wird in dem durch die DFG geförderten Sonderforschungsbereich 1026 „Sustainable Manufacturing - Shaping Global Value Creation“ (2012 – 2015) erforscht. Die Untersuchung von Wertschöpfungsanteilen wird hier im makro- ökonomischen als auch mikroökonomischen Kontext untersucht.

Im Rahmen des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms geförderten „KAP: Knowledge, Awaren- ess, and Prediction of Man, Machine, Material and Method in Manufacturing Awareness“ Pro- jekt werden unter anderem methodisch-analytische Ansätze zur Bewertung von Technologien hinsichtlich ihrer Energieeffizienz erarbeitet. Dafür erforderliche Bewertungsmethoden wurden auf der Grundalge eines Kennzahlensystems zur Energieeffizienzbeurteilung entwickelt.

Zudem wurden im bereits abgeschlossenen und durch die AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) Projekt „Überlappungsfreies Fügen textiler Halbzeuge“ Erfahrungen bei der Handhabung kontinuierlich bewegter Bänderbahnen gesammelt. Sie dienen als Grundlage für die experimentelle Machbarkeitsuntersuchung zur bahngeschwindigkeits-synchronisierte Elektrodenbeschickung.

Eine vollständige Angabe der in den letzten 36 Monaten von zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern und acht Hilfswissenschaftlern im Vorhaben benutzten Fachliteratur würde den Rahmen einer „Kurzdarstellung“ sprengen. Angefangen bei Fachbüchern zu Maschinenbau, Elektrotechnik, Konstruktionstechnik, Mechanik, Simulation von Mehrkörpersystemen, Schaltungsaufbau, Regelung und Steuerung reicht die Palette bis hin zu den Benutzerhandbüchern der verwendeten Hardware und Software und der Programmierumgebungen. Hinzu kommen aktuelle Zeitschriften wie Werkstattstechnik-Online (wt-online), ATZ, Antriebstechnik, Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF) und andere. Umfangreich verwendet wurden Informationen gesammelt aus Expertengesprächen und veröffentlichten Beiträgen nationaler und internationaler Konferenzen. Hierzu fallen beispielsweise die Battery Expo in Tokio, Japan, die Battery-Power in Aachen, das Batterieforum in Berlin oder die Teilnahme an Arbeitskreisen des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer in Frankfurt a.M. Im Zuge des Konstruktionsprozesses und diverser Bestellvorgänge wurde häufig online über „PERINORM“ auf deutsche Normen zugegriffen. Darüber hinaus wurde der aktuelle Stand der Wissenschaft und Forschung durch die Analyse themenrelevanter Dissertationen erweitert.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Außer der Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Jonas&Redmann, Celono, Dispatch Energy, Fraunhofer Institute ISE und ISIT, ISRA Vision, Laser Mikrotechnologie Dr. Kieburg und WITT IndustrieElektronik wurde an der TU Berlin mit einer Vielzahl anderer Stellen zusammengearbeitet. Zusammenarbeit fand statt mit dem Institut für Mechanik, dem Fachgebiet für Beschichtungstechnik, für Automatisierungstechnik und für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik des IWF sowie mit dem Patent- und Verwertungsmanagements der TU Berlin. Konstruktions- und Fertigungstechnisch wurde im Verlauf des Vorhabens mit der PTZ-Fertigungswerkstatt und mit der F&M Maschinenbau GbR zusammengearbeitet. Darüber hinaus ermöglichte die Kooperation mit dem FabricationLaboratory des vom Fachgebiet Montage-technik und Fabrikbetrieb initiierten und bis 12/2015 geförderten Sonderforschungsbereiches 1026 „Sustainable Manufacturing – Shaping Global Value Creation“ eine hohe konstruktive Freiheit bei der Gestaltung von Bauteilen und Baugruppen des Versuchsträgers (AP231) durch den Einsatz von 3D-Druck-Technologie.

2. Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Alle als Zuwendung vom Zuwendungsgeber erhaltenen Mittel wurden im Vorhaben bestimmungsgemäß verwendet. In Bild 1 sind kumulativ die Ausgaben und die Einnahmen des Vorhabens für die einzelnen Kostenarten und gesamt dargestellt. Aufgezeigt sind ferner die Differenzen zwischen den geplanten Ausgaben (Soll lt. Änderungsbescheid vom 19.08.2015) und den tatsächlichen Ausgaben per 31.03.2016. Im Vorhaben finden sich mehrere Differenzen bei den Personalkosten (Pos. 0824) von 0,17%, und bei den sächlichen Verwaltungsausgaben (Pos. 847) von 15,43%. Die Differenz in der Pos. 847 begründet sich zum einen in nicht benötigten Softwarelizenzen, Pos. 834, da die betreffenden Fragestellungen mit am Fachgebiet verfügbarer Software gelöst werden konnte und in den Dienstreisen, Pos. 846, die aufgrund der nicht anerkannten Dienstreise von Herrn Bach nach Tokio, Japan nicht aufgebraucht wurden. Die Differenz bei den Gegenständen und Investitionen von über 410/400 EUR im Einzelfall (Pos. 850) beträgt -3,39%. Im Rahmen des AP 231 resultierten die erforderlichen Konstruktionsarbeiten bei einer iterierenden Vorgehensweise in ein immer detaillierteres Gesamtbild der Versuchsanlage. So erforderte die ultraschnelle Faltvorrichtung eine hochgenaue Separatorzuführung. Da die Greifsysteme der Faltung nicht dafür ausgelegt sind, die Separatorspannung aufrecht zu erhalten, ist zudem eine Bahnspannungsanlage erforderlich, die zusammen mit einer Bahnkantensteuerung eine zuverlässige Separatorabrollung ermöglicht. Ohne diese Investitionen wäre eine ultraschnelle Faltvorrichtung nicht realisierbar gewesen.

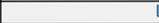
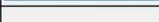
Nr.	Kostenart	Graphische Darstellung Soll und Ist kumulativ	Soll kumulativ	Ist kumulativ	Differenz
812	Beschäftigte E12-E15	 +0,49%	261.373,00 €	260.088,53 €	1.284,47 €
817	Beschäftigte E1-E11		- €	- €	- €
820	Lohnempfänger(innen) MTArb		- €	- €	- €
822	Beschäftigungsentgelte	 -0,67%	98.980,00 €	99.647,39 €	-667,39 €
824	Summe Personalausgaben	 +0,17%	360.353,00 €	359.735,92 €	617,08 €
831	Gegenstände bis zu 410/400 EUR		- €	- €	- €
834	Mieten und Rechnerkosten	 +100%	1.975,40 €	1.975,40 €	1.975,40 €
835	Vergabe von Aufträgen		- €	- €	- €
843	Sonstige allg. Verwaltungsausgaben	 +0,02%	24.000,00 €	23.994,39 €	5,61 €
846	Dienstreisen	 +30,11%	13.800,00 €	9.644,79 €	4.155,21 €
847	Summe sächlicher Verwaltungsausgaben	 +15,43%	39.775,40 €	33.639,18 €	6.136,22 €
850	Gegenstände und andere Investitionen >410/400 EUR	 -3,39%	181.358,53 €	187.684,14 €	-6.145,61 €
861	Gesamtausgaben	 +0,1%	581.666,93 €	581.059,24 €	607,69 €
862	Eigenmittel				
863	Mittel Dritter				
864	Bundesmittel		581.666,93 €	581.059,24 €	607,69 €

Tabelle 4: Kostenaufstellung von ProTrak

Mit einem Zehntel Prozent Abweichung entsprechen die tatsächlichen Gesamtausgaben des Vorhabens den geplanten und bewilligten Ausgaben.

Vorgegebene Ziele

Im Ergebnis dieser Mittelverwendung konnte alle Ziele des Vorhabens vollständig erreicht werden. Im Rahmen des AP112 sollte ein abstrahiertes Prozesskettendesign des Herstellprozesses von Lithium-Ionen Batteriezellen (LIB) erarbeitet und durch eine Performancematrix vervollständigt werden. Die erarbeiteten Kosten- und Leistungswerte der Prozessschritte wurden durch umfangreiche Marktstudien sowie durch Expertengespräche mit Projektpartnern in Benchmarkingwerte wettbewerblicher Anlagentechnik überführt.

Im Rahmen des AP121 sollte die produktionstechnische Wertschöpfung der einzelnen Prozessschritte untersucht werden. Dazu wurde ein Kennzahlensystem modelliert, das auf Basis von Kosten- und Leistungswerten die Bewertung des Wertschöpfungsbeitrages ermöglicht. Im Ergebnis steht ein Instrumentarium zur Analyse von Prozessketten auf Grundlage eines Wertschöpfungskennzahlensystems. Sowohl bestehende als auch innovative Produktionstechnik lässt sich in ihrem individuellen Wertschöpfungsbeitrag bewerten.

Im Rahmen des AP131 sollte das Technologieportfolio der Batteriezellherstellung analysiert und kombinatorisch verglichen werden. Zur Erreichung des Ziels wurde ein analytisch-mathematisches Softwaretool entwickelt, welches auf der Analyse der Prozesskette basiert. Durch die Permutation von Kosten- und Leistungswerten wettbewerblicher Anlagentechnik entsteht ein Lösungsraum von möglichen Herstellkosten. Dieser Lösungsraum kann durch den Anwender in einen Zielbereich, von z.B. 150€/kWh eingeschränkt werden, um diejenigen Kennzahlen zu identifizieren, die Einfluss auf den Betrieb einer wirtschaftlichen Zellfertigung haben. Auf Basis dieses Softwaretools lassen sich bestehende und zukünftige Technologien auf Betriebsmitteleben miteinander vergleichen, um konkrete Entwicklungsziele zukünftiger Anlagentechnik bereitstellen zu können. Durch das Softwaretool sowie die mithilfe der Konsortialpartner erstellte Datenbasis lässt sich aus der mathematischen Simulation von Herstellkosten, ein Technologieentwicklungsplan ableiten.

Im Rahmen des AP231 sollte als technologische Instanziierung zukunftsfähiger Anlagentechnik eine bahngeschwindigkeitssynchrone Beschickung und ultraschnelle Faltvorrichtung entwickelt, prototypisch aufgebaut und einer Leistungsfähigkeitsmessung unterzogen werden. Auf Basis von Konzeptentwicklungen wurden drei Labor-Versuchsträger prototypisch aufgebaut, die nach einem kontinuierlichen Verfahrensprinzip Elektrodenfolien handhaben und Separatormaterial z-falten. Leistungsfähigkeitsmessungen der Versuchsträger konnten die prinzipielle Machbarkeit des Verfahrenskonzepts sowie der prototypischen Instanziierung belegen, siehe auch Veröffentlichungen.

Im Rahmen des AP251 sollten Konzepte für lebensdauer- und fertigungsoptimierter Zellenverpackungsprozesse erarbeitet werden. Zur Zielerreichung wurden Fertigungs- und Lebensdauerparameter einer Zellverpackung definiert und auf Basis von Anforderungsspezifikationen an Zellenlebensdauer und mechanischer Belastbarkeit der Zellenverpackung in Zellenverpackungskonzepte überführt. Alle Ziele konnten dank des Einsatzes entsprechender Ressourcen erreicht werden.

Verwendung der Zuwendung

Aufgrund der kameralistischen Rechnungsführung im öffentlichen Dienst werden alle Ausgaben eines Vorhabens auf einer Kostenstelle, unterschieden nur nach Kostenart, gebucht. Es

erfolgt keine Zuordnung zu Kostenträgern oder eine Aufteilung auf verschiedene Kostenstellen. Die exakte Zuordnung zwischen Verwendung der Zuwendung und erzieltm Ergebnis im Einzelnen ist daher problematisch. Anhand der veranschlagten Mittel werden die Ausgaben auf die fünf Arbeitspakete AP112, 121, 131, 231 und 251 aufgeteilt werden.

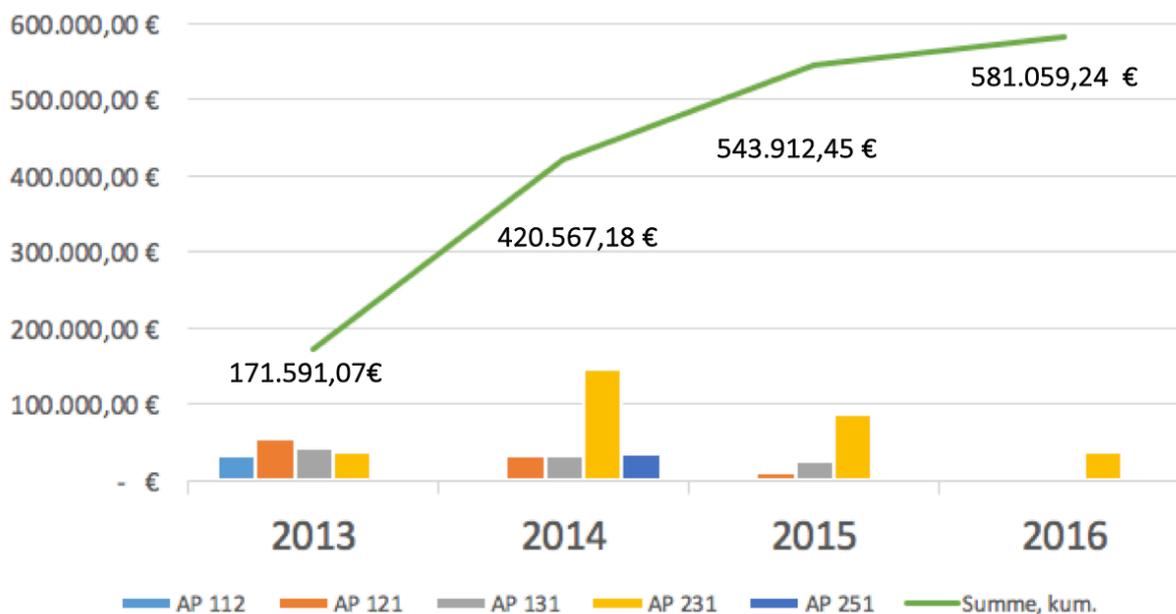


Abbildung 1: Entstandene Ausgaben pro Jahr und Arbeitspaket

Prozentual hat das AP112 einen Anteil von 5,5% an den Gesamtausgaben, AP 121 17,1%, AP131 17,6%, AP 231 53% und AP251 6,9%. Zur Erreichung der Ziele waren theoretische und praktische Arbeiten geplant. Durch die Nutzung von Rechentechnik für Simulation, Konstruktion und Berechnung entstehen theoretische Modelle als Grundlage für praktische Umsetzungen in technische Lösungen. Die technischen Lösungen werden anschließend durch experimentelle Versuchsreihen in ihrer Leistungsfähigkeit untersucht. Das AP231 weist für die Jahre 2014-2016 umfangreiche Ausgaben aus. Die Gegenstände und Investitionen von über 410/400 EUR im Einzelfall (Pos. 850) entfällt vollständig auf das Arbeitspaket 231. Ein Großteil der Ausgaben der Pos. 850 erfolgte im Jahr 2014 und 2015. Nach dem Änderungsbescheid vom 04.06.2014 und der damit einhergehenden Änderung der Geräteliste sind nahezu alle Ausgaben sind der Lfd. Nr. 1 „Versuchsträger Elektrodenbeschickung, Vereinzelung und Faltung“ zugeordnet. Die Lfd. Nr. 3 der Geräteliste stammt von einer Aufstockung vom 01.11.2013 und betrifft zwei „Beckhoff XTS-500-Systeme AT2000-0500“, welche im April 2014 geliefert wurden. Folgerichtig ist die Ausgabe dem Jahr 2014 zugeordnet.

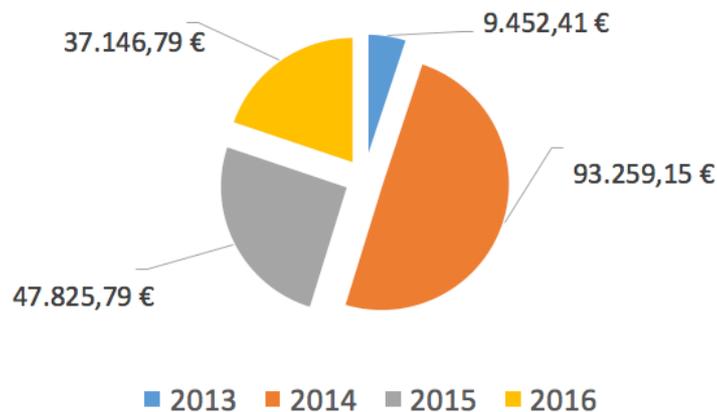


Abbildung 2: Ausgaben der Pos. 850 pro Jahr

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Als Kriterium für die Wichtigkeit einer Position des zahlenmäßigen Nachweises wurde die Höhe der aufgewandten monetären Mittel in € gewählt, die für eine Kostenart oder Position im Verhältnis zu den Gesamtaufwendungen für die Summe von Kostenarten oder der Summe von Positionen den jeweils größten Beitrag aufweisen.

Innerhalb der Summe der Personalkosten 824 nahmen antragsgemäß die Ausgaben für die Gehälter der zwei geplanten wissenschaftlichen Mitarbeiter mit 260.088,53€ die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises ein. Innerhalb der Summe der sächlichen Verwaltungsausgaben 087 ist die wichtigste Position des zahlenmäßigen Nachweises die allgemeinen Verwaltungsausgaben mit 23.994,39€, die sich wiederum in viele einzelne Bestellungen unterteilt und für den reibungslosen Aufbau der drei Labor-Versuchsträger notwendig war. Bei der Position 850 sind die zahlenmäßig größten Ausgaben das XTS-System der Fa. Beckhoff i.H.v. 57.820,20€ und das Ultraschalllager der Fa. ZS-Handling i.H.v. 47.752,32€. Das XTS-System der Fa. Beckhoff ist eine Kernkomponente der kontinuierlichen z-Faltung und besteht u.a. aus Linear-Umlaufenden-Transportwagen. Das Ultraschalllager der Fa. ZS-Handling dient in der bahngeschwindigkeitssynchronen Elektrodenbeschickung dazu, eine berührungslose Bewegung der Elektroden zu gewährleisten.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Neben Personalkosten fielen im Projekt im Wesentlichen Investitionen an. In Anbetracht der erzielten Ergebnisse waren alle Arbeiten notwendig und angemessen. Ohne eine Aufstockung wäre die Erreichung des Ziels einer ultraschnellen Faltvorrichtung i.R. des AP231 nicht möglich gewesen. Ein erhöhter Aufwand entstand aufgrund des Ausscheidens des Projektpartners Dispatch Energy. Anstelle von konkreten Informationen und Daten aus dem direkten Umfeld eines Zellherstellers mussten umfangreiche Recherchearbeiten erledigt werden, um zu identischen Ergebnissen zu gelangen.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwendbarkeit des Ergebnisses im Sinne des Fortschreitenden Verwertungsplans

Die Arbeiten der Technischen Universität Berlin im Rahmen des Projektes ProTrak orientieren sich an einem integrierten Fabrikbetrieb. Dieser ganzheitliche Ansatz erschließt Rationalisierungspotentiale, die sich aus den Wechselwirkungen von Produkt, Betriebsmittel und Organisation der Fabrik sowie deren Umfeld ergeben. Aus dem entwickelten Kennzahlensystem, in dem technologische und wirtschaftliche Daten der Konsortialpartner aufbereitet wurden, entstand eine technologieangepasste Wertschöpfungsanalyse der prismatischen Batteriezelle und der Folienzelle. Aus den Unterschieden im Produktaufbau wurden Unterscheidungsmerkmale auf der Betriebsmittel- und Organisationsebene identifiziert und in eine Wertschöpfungsanalyse überführt, die wiederum Rationalisierungspotentiale auf Betriebsmittel- und Prozessebene identifiziert. Die dadurch gewonnene Analyse der Prozesskette der Herstellung von LIB wurde durch die analytisch-mathematische Entwicklung eines Softwaretools in ein dynamisches Prognosemodell überführt. Der durch die Permutation von Kosten- und Leistungswerten entstehende Lösungsraum stellt mögliche Herstellkosten dar. Die Eingrenzung des Lösungsraumes auf einen Zielbereich der Herstellkosten, z.B. 150€/kWh, lässt den Anwender diejenigen Kennzahlen aufzeigen, die eine wirtschaftliche Batteriefertigung in bspw. Deutschland ermöglichen würden. Als technologische Instanziierung zukunftsfähiger Anlagentechnik entstand im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ein Labor-Versuchsträger, der durch die Ablösung der durchsatzbegrenzenden Pick-und-Place-Operationen durch ein kontinuierliches Verfahren die Möglichkeit besitzt, Durchsatzdefizite bei der Herstellung von z-gefalteten LIB zu reduzieren. Es wurden Leistungsfähigkeitsmessungen durchgeführt und in enger Abstimmung mit den Partnern mögliche Fehlerquellen identifiziert. Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde am 01. Juni 2016 eine „Patent Cooperation Treaty“ (PCT) Patentanmeldung „Verfahren und Vorrichtung zum z-Falten eines Bahnmaterials“ eingereicht. Die Arbeiten zur Konzeption von lebensdauer- und fertigungsoptimierter Zellenverpackungsprozesse entstanden in enger Kooperation mit dem Projektpartner und Konsortialführer Jonas&Redmann. Erarbeitet wurden unterschiedliche Konzepte zum Zellenverpackungsprozess sowie eine Bewertung dieser hinsichtlich Qualitätskriterien sowie Zeit- und Kostenaspekten.

Auf Basis der Technologieroadmap, des dort identifizierten Forschungsbedarfs und der instanziierten technologischen Lösung der kontinuierlichen z-faltenden Zellverbundherstellung des AP231 wurde im Januar 2016 ein Forschungsantrag innerhalb der Fördermaßnahme „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung – VIP+“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gestellt. Thema ist die „Validierung eines innovativen Verfahrens zur produktivitätsgesteigerten Herstellung von z-gefalteten Lithium-Ionen-Batterien durch eine kontinuierliche Verfahrensführung (KontiBat)“. Ziel der Fördermaßnahme ist die Prüfung und der Nachweis des Innovationspotenzials von Forschungsergebnissen. VIP+ soll dabei die Voraussetzungen für die Weiterentwicklung von Forschungsergebnissen zu innovativen Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen schaffen. Das Forschungsvorhaben wird unterstützt von einem etablierten Anlagenbauer, einem Systemintegrator sowie von einem Zellhersteller. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes liegt dem Autor noch keine abschließende Entscheidung über die Bewilligung des genannten Forschungsantrages vor. Die Nutzung und Verwertung der Forschungsergebnisse sind

nicht ausschließlich an den Erfolg des o.g. Antrages geknüpft. Es bestehen umfangreiche Kontakte zu Wissenschaft und Industrie zur weiteren Nutzung der Forschungsergebnisse. Die Nutzung und der Transfer der Ergebnisse in die universitäre Hochschulausbildung war fester Bestandteil bereits während der Projektlaufzeit. Erworbene Kenntnisse wurden in Vorlesungen des Fachgebiets Montagetechnik und Fabrikbetrieb vorgestellt und im Rahmen von projektorientierter Lehre und einer Vielzahl an Bachelor- und Masterarbeiten konkretisiert. Die Fachgebietswebsite wurde am 05.11.2015 hinsichtlich der Ergebnisdarstellung im AP231 aktualisiert. Eine Vielzahl an Veröffentlichungen zu unterschiedlichen Themengebieten hatten eine breite und positive Resonanz zur Folge. Mehr zu den Veröffentlichungen in Punkt 2.6.

2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Weltweit wird an verschiedenen Stellen an der Analyse und Bewertung des Herstellprozesses von LIB sowie an der Weiterentwicklung bestehender Technologien zur Zellherstellung sowie an der Entwicklung neuer Technologien geforscht.

Zu den relevanten Forschungseinrichtungen mit produktionstechnischem Schwerpunkt in der Serienfertigung von LIB gehören

- das Zentrum für Elektromobilproduktion (ZEP) der RWTH Aachen [Kam15a],
- das Exzellenz-Zentrum für Batterie-Zellen (ExZellTUM) der TU München [Exz15],
- das Forschungszentrum Münster Electrochemical Energy Technology (MEET) der WWU Münster [Mee15],
- das Labor für Batterietechnologie (eLaB) des ZSW in Ulm [ZSW15],
- die Battery LabFactory Braunschweig (BLB) der TU Braunschweig [BLB15],
- das Competence E des KIT in Karlsruhe [Com15],
- das Technikum Batterie des Fraunhofer IKTS und der ThyssenKrupp SystemEngineering [Tec12],
- das Kentucky-Argonne Battery Manufacturing Research & Development Center [KAB12] und
- das Oak Ridge National Laboratory (U.S. Department of Energy) [Oak15].

Der Fokus dieser Einrichtungen liegt auf der Entwicklung massenfertigungskompatibler Produktionsverfahren. Obgleich die Analyse des Herstellprozesses von LIB mit seinen Kosten und seiner Leistungsfähigkeit Gegenstand dieser Forschungseinrichtungen ist, sind die im Rahmen von ProTrak gesteckten Ziele nicht Bestandteil der Forschung.

Beiträge zur Entwicklung neuer Verbundherstellungsverfahren werden zwar von einigen Forschungseinrichtungen als Ziel benannt, eine Ausrichtung auf kontinuierliche Verfahren ist dabei jedoch nicht vorgesehen. Durch die Beteiligung der Daimler AG ist die Untersuchung kontinuierlicher Verbundherstellungsverfahren in den Projekten ProLiEMO [Pro10] und iFaaB [Ifa15] denkbar, da in dieser Angelegenheit einige Patentschriften veröffentlicht wurden. Ob und in welcher Tiefe diese Verfahren technologisch durchdrungen werden, ist bislang nicht veröffentlicht. Lediglich die Forschungsarbeiten des Projektes ProTrak zielen auf die Entwicklung eines kontinuierlichen Verfahrens zur Herstellung von z-gefalteten Zellverbänden.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Veröffentlichungen publiziert:

Schröder, R.: Economic comparison on the influence of manufacturing errors in manufacturing cells for Lithium-Ion Batteries. In: Präsentation auf der Kraftwerk Batterie, Aachen. April, 2015.
Aydemir, M.; Bach, G.; Schröder, R.; Glodde, A.; Seliger, G.: Handhaben von Elektrodenfolien – Substitution von Greifprozessen durch ein Konzept zur durchsatzgesteigerten Handhabung. In: wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 105, H.9, S. 591-596, 2015.
Schröder, R.; Glodde, A.; Aydemir, M.; Bach, G.: Process to Increase the Output of Z-Folded Separators for the Manufacturing of Lithium-Ion Batteries. In: Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik; Applied Mechanics and Materials, Vol. 794, S. 19-26, 2015.
Schröder, R.; Glodde, A.; Aydemir, M.; Seliger, G.: Increasing productivity in grasping electrodes in Lithium-Ion Battery manufacturing. In: CIRP Conference on Manufacturing Systems, 25.-27. Mai, Stuttgart, 2016.
Schröder, R.; Aydemir, M.; Glodde, A.; Seliger, G.: Design and verification of an innovative handling system for electrodes in manufacturing lithium-ion battery cells. In: CIRP Design Conference, 16. Juni, Stockholm, 2016.
Schröder, R.; Glodde, A.; Seliger, G.: Handling non-rigid materials through a sandwiched-designed ultrasonic suspension. In: ZS-Handling Technology Forum 2016, 7. Juni, Regensburg, 2016.
Cholodnicki, S.: Bezahlbare Elektromobilität? – Forscher analysieren die Herstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen, um Produktionsprozesse künftig effizienter zu machen. In: Hochschulzeitung der TU Berlin, TU Intern. S. 8, Nr. 7-9/Juli-September 2016.

Folgende Veröffentlichungen sind geplant, eingereicht oder zur Publikation bereits angenommen:

Glodde, A.; Bach, G.; Schröder, R.: Verfahren und Vorrichtung zum z-Falten eines Bahnmaterials. PCT Patentanmeldung, 1. Juni 2016. → Eingereicht.
Glodde, A.; Aydemir, M.; Schröder, R.; Seliger, G.: Produktivitätsgesteigerte Zellverbundherstellung- Kontinuierliche Verfahrensführung zur Herstellung von z-gefalteten Lithium-Ionen-Batteriezellen. In: wt Werkstattstechnik online. Jahrgang 106, H9. 2016. → Eingereicht, begutachtet und zur Publikation freigegeben.
Schröder, R.; Aydemir, M.; Seliger, G.: Comparatively assessing different shapes of lithium-ion battery cells. In: CIRP Global Conference on Sustainable Manufacturing, Stellenbosch, Südafrika, Oktober 2016. → Eingereicht, begutachtet und zur Publikation angenommen.
Bach, G.: Beitrag zur durchsatzgesteigerten Herstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen. Dissertation TU Berlin, 2016/2017. → Eingereicht.

Literatur

- [BLB15] Battery LabFactory Braunschweig. In: Homepage www.tu-braunschweig.de/forschung/zentren/nff/batterylabfactory. Zuletzt aufgerufen am 26.11.2015.
- [Com15] Projekt Competence E. In: Homepage <https://www.competence-e.kit.edu>. Zuletzt aufgerufen am 26.11.2015.
- [Exz15] Exzelltum – Wir Forschen an der Batterie der Zukunft. In: Homepage www.exzelltum.de. Zuletzt aufgerufen am 26.11.2015
- [Ifa15] Integriertes Fertigungskonzept für advanced automotive Batteries (iFaaB). In: Homepage www.projekt-ifaab.de. Zuletzt aufgerufen am 01.05.2014.
- [KAB12] Kentucky-Argonne Battery Manufacturing Research & Development Center. In: Homepage www.kyargonne.org, 2012.
- [Kam15] Kampker, A.; Schuh, G.; Deutskens, C.: Das Zentrum für Elektromobilproduktion (ZEP) an der RWTH Aachen. Lehrstuhl für Produktionsmanagement. In: https://www.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaahmfxz, Zuletzt aufgerufen am 26.11.2015.
- [Mee15] MEET Batterieforschungszentrum. In: Homepage www.uni-münster.de/MEET/. Zuletzt aufgerufen am 26.11.2015
- [Oak15] Daniel, C.: Battery Manufacturing Facility – Innovations in Transportation. In: www.web.ornl.gov/sci/ees/transportation/pdfs/BatteryManufacturingFacility.pdf. Oak Ridge National Laboratory, 2012.
- [Pro10] ProLiEMo - Produktionsforschung für Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterien für die ElektroMobilität. In: http://www.iwb.tum.de/ProLiEMo+_Produktionsforschung+f%C3%BCr+Hochleistungs_Lithium_Ionen_Batterien+f%C3%BCr+die+ElektroMobilit%C3%A4t-p-9972666.html. Zuletzt aktualisiert am 21.01.2010.
- [Tec12] ThyssenKrupp eröffnet Technikum - Prozesskette von der Elektrodenfertigung bis zur Batteriemontage. In: Pressemitteilung https://www.thyssenkrupp.com/de/presse/art_detail.html&eid=TKBase_1345623987319_1987827083 vom 28.08.2012.
- [ZSW15] ZSW Labor für Batterietechnologie (eLab). In: Homepage www.zsw-bw.de/uploads/media/web_ZSW_eLaB_Image_DE.pdf. Zuletzt aufgerufen am 26.11.2015.

3. Erfolgskontrollbericht

3.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen

Zur Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität beabsichtigte das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des Förderprogramms „ELEKTROmobilität: Positionierung der neuen Wertschöpfungskette (ELEKTRO POWER)“ Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie weitere Fördermaßnahmen zu unterstützen. Eine zentrale Rolle bei der Förderung ist die Verfügbarkeit geeigneter Fahrzeugbatterien. Die gesamte deutsche Industrie hat auf Grund ihrer technologischen Kompetenz die Chance, sich langfristig einen weltweiten Spitzenplatz auf dem hoch kompetitiven Zukunftsmarkt der Elektromobilität zu sichern. Die Förderung bezieht sich auf die gesamte Wertschöpfungskette, beginnend bei der Rohstoffauswahl und -gewinnung bis hin zur Systemintegration und anwendungsspezifischen Systemen. Besonders willkommen waren Projekte aus dem Bereich der Produktionsverfahren- und -technik.

Ziel des Verbundprojektes ProTrak ist die Entwicklung und prototypische Realisierung von Anlagentechnik entlang der gesamten Prozesskette unter Einbeziehung wesentlicher Herstellprozesse für die automatisierte Produktion von Lithium-Zellen. Die Bereitstellung einer großserientauglichen wettbewerbsfähigen Produktionstechnik ermöglicht Skaleneffekte zur Reduktion der Herstellkosten von Traktionsbatterien und ebnet darüber hinaus den Markteintritt von Elektrofahrzeugen. Die Verfügbarkeit der Produktionstechnik stellt eine Kernvoraussetzung für die Einführung von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) für Hybrid- und Elektrofahrzeuge und somit einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die Umsetzung der Elektromobilitätsziele in Deutschland dar.

Das Teilprojekt der TU Berlin innerhalb von ProTrak hatte die quantitative und qualitative Beschreibung von Wertschöpfungsbeiträgen von einer sich in der Entwicklung befindlichen Anlagentechnik zum Fokus. Diese Beschreibung erfolgte auf Basis eines Kennzahlensystems mit Benchmarkingwerten wettbewerbsfähiger Anlagentechnik. Der Erkenntnisgewinn ergibt sich in der wettbewerbs- und zukunftsorientierten Entwicklung neuer Anlagentechnik und der darin eingesetzten Technologie auf Basis wesentlicher kundenspezifischer Anforderungen. Die strategische Entwicklungsarbeit auf Anlagen- und Technologieebene ist Grundlage für Anlagenhersteller und Systemintegratoren, wettbewerbsfähige Anlagentechnik im Kontext der Gesamtanlagenperformance und Zielkostenauslegung bereitzustellen. Als Ergebnis der Wertschöpfungsanalyse und der Technologieroadmap wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie Labor-Versuchsträger entwickelt und realisiert, die bestehende technologische Grenzen durch eine innovative Verfahrensweise überschreiten können und das Potential besitzen, die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus im hart umkämpften Markt der Anlagentechnik zur Produktion von LIB zu erhalten und ggf. Marktanteile auszubauen. Somit leistet das Teilvorhaben einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Prozesskette unterschiedlicher Batteriezellen, zur Formulierung von Entwicklungszielen und –parametern für alle Wertschöpfungsstufen in der Batterieproduktionstechnik und zur Instanziierung innovativer Ansätze für eine leistungsmaximierte Handhabungstechnik in der Zellverbundherstellung.

3.2 Wiss.-techn. Ergebnis des Vorhabens, erreichten Nebenergebnisse und gesammelten wesentlichen Erfahrungen

Im Rahmen des Projekts wurden Methoden und Werkzeuge zur Analyse und Weiterentwicklung des Herstellprozesses von LIB erarbeitet. Aus den Unterschieden im Produktaufbau von Batteriezellen wurden Unterscheidungsmerkmale auf Betriebsmittel- und Organisationsebene identifiziert und in einem Kennzahlensystem festgehalten. Es wurde ein Softwaretool entwickelt, welches durch die stochastische Simulation von Herstellkosten – auf Basis des Kennzahlensystems – die Prognose von Kosten- und Leistungswerten ermöglicht. Dadurch ist es dem Anwender möglich, mit begrenztem Aufwand strategische Entwicklungsziele für jeden Wertschöpfungsschritt zu setzen und zielgerichtet Ressourcen zu allokkieren. Da das Modell auf den Eingabewerten der Konsortialpartner beruht, ist es nur so zuverlässig, wie die zugrundeliegende Datenbasis. Die Möglichkeit einer Anpassung und Weiterentwicklung der Datenbasis ist im Softwaretool hinterlegt und ermöglicht so eine anwenderspezifische Konfiguration. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Realisierung von Konzepten zur durchsatzgesteigerten Zellverbundherstellung konnten umfangreiche Kenntnisse bei der Handhabung und Montage von biegeschlaffen und oberflächensensitiven Bauteilen, insbesondere Elektrodenfolien gewonnen werden. Die TU Berlin erarbeitete sich im Zuge der Projektbearbeitung ein fundiertes Alleinstellungsmerkmal in der Konzeptentwicklung und -realisierung von zukunftsfähiger Anlagentechnik für die Zellverbundherstellung von z-gefalteten LIB.

3.3 Fortschreibung des Verwertungsplans.

3.3.1 Erfindungen/Schutzrechanmeldungen vom ZE gemacht oder in Anspruch genommen

Im Rahmen der Projektarbeiten im Arbeitspaket 231 wurden am 07.11.2014 ein Patent mit der Bezeichnung „Verfahren zur kontinuierlichen Erzeugung eines z-gefalteten Separators für den Zellverbund von Lithium-Ionen Batteriezellen“ bei der Technischen Universität Berlin, Abteilung V Forschung, eingereicht. Erfinder sind Herr Gordon Bach, Herr Arne Glodde und Herr Robert Schröder. Am 11.06.2015 wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) eine Bibliographie-Mitteilung für das AKZ 10 2015 108 651.4 mit dem Anmeldetag des 01. Juni 2015 verschickt. Im Anschluss an einen Prüfbescheid des DPMA hat sich die TU Berlin dazu entschieden, eine Patent Cooperation Treaty (PCT) Anmeldung des Patents am 01. Juni 2016 mit der Anmeldenummer PCT/DE2016/100253 beim DPMA einzureichen, wobei die Priorität der deutschen Patentanmeldung vom 01. Juni 2015 beansprucht wurde. Der angepasste Titel lautet „Verfahren und Vorrichtung zum z-Falten eines Bahnmaterials“. Vom ZE wurden zur Zielerreichung des Teilprojektes ProTrak keine Erfindungen oder Schutzrechte in Anspruch genommen.

3.3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Alle im Laufe des Projektes identifizierten patentwürdigen Ergebnisse wurden kurzfristig im Rahmen des etablierten Patentanmeldeverfahrens der TU Berlin verwertet. Durch eine PCT-Anmeldung sind die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten als hoch einzustufen. Der Markt für Anlagentechnik zur Herstellung von LIB ist derzeit stark aus Fernost geprägt. So ist es nur schwer

möglich, mit deutscher Anlagentechnik in Fertigungsstätten fernöstlicher Produzenten zu gelangen. Mit disruptiven Innovationen können Marktanteile erschlossen und anschließend ausgebaut werden. Durch eine internationale Patentanmeldung wird die innovatorische Grundlage in Deutschland gehalten und unerlaubter Nutzung entgegengewirkt. Die Perspektiven der Verwertung und Anwendung über einen seriennahen Prototyp werden in der Kommunikation mit informell bereits während der Projektlaufzeit einbezogenen Interessenten verwertungsoffen kontinuierlich analysiert und fortentwickelt.

Innerhalb von 30 Monaten ab Prioritäts- bzw. Anmeldetag des o.g. Patents müssen die nationalen/regionalen Phasen eingeleitet werden, d.h. es müssen Übersetzungen in den einzelnen Ländern eingereicht und Gebühren gezahlt werden. Die Frist endet am 01. Dezember 2017. Es ist möglich, einen Antrag auf internationale vorläufige Prüfung zu stellen. Die Frist zur Stellung des Antrags ist davon abhängig, zu welchem Zeitpunkt der internationale Recherchebericht übermittelt wird. Für eine Reihe von Ländern gilt die 30monatige Frist zur Einleitung der nationalen/regionalen Phasen nur, wenn der Antrag auf internationale vorläufige Prüfung bis 19 Monate ab Prioritäts- bzw. Anmeldetag, d.h. bis zum 01. Januar 2017 gestellt wird. Wenn für diese Länder kein Antrag auf internationale Prüfung gestellt wird, müssen die nationalen Phasen innerhalb einer Frist von 20 Monaten ab Prioritäts- bzw. Anmeldetag eingeleitet werden, d.h. bis zum 01. Februar 2017.

3.3.3 Wiss. und/oder techn. Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Im wissenschaftlichen Kontext konnte durch ProTrak umfassendes Wissen auf dem Gebiet der Batterieproduktionstechnik erarbeitet werden. Als nicht wirtschaftlich orientierte öffentliche Einrichtung wird vorrangig die langzeitfähige Schaffung von Qualifizierungsstellen und die Wissensvermittlung im Rahmen der Forschung und Lehre angestrebt. Der Ergebnis- und Wissenstransfer ist durch Publikationen, die Einbeziehung der Ergebnisse in Vorlesungen und projektorientierte Lehre sowie eine Vielzahl an Abschlussarbeiten bereits erfolgt. Die erarbeiteten Ergebnisse stehen für folgende Forschungsprojekte und Industriekooperationen zur Verfügung und werden im Rahmen der projektorientierten Lehre am Fachgebiet und in Abschlussarbeiten kontinuierlich fortentwickelt. Die entwickelten und realisierten Versuchsträger veranschaulichen die Umsetzung einer kontinuierlichen Verfahrensweise in der Zellverbundherstellung. Obgleich der prinzipielle Funktionsnachweis einer kontinuierlichen Verfahrensweise erbracht ist, der gleichermaßen eine erhebliche Durchsatzsteigerung in der Zellverbundherstellung darstellt, eröffnen die Arbeitsergebnisse eine Vielzahl an neuen Forschungsmöglichkeiten. Grundlagenorientierte Forschungsfragen betreffen u.a. die Untersuchung von mehrdimensionalen Spannungszuständen in beschichteten biegeschlaffen Folien während des taktilen Transports. Diese offenen Fragen sind nicht Bestandteil des ProTrak Projekts gewesen und sollen im Rahmen von grundlagenorientierten Forschungsprojekten, Abschlussarbeiten und/oder Dissertationen näher untersucht werden. Die wissenschaftlichen und technischen Potentiale sind somit als hoch einzustufen.

3.3.4 Wiss. und wirtsch. Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase, bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse

Auf Basis der Technologieroadmap, des dort identifizierten Forschungsbedarfs und der instanziierten technologischen Lösung der kontinuierlichen z-faltenden Zellverbundherstellung des AP231 wurde im Januar 2016 ein Forschungsantrag innerhalb der Fördermaßnahme „Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung – VIP+“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gestellt. Thema ist die „Validierung eines innovativen Verfahrens zur produktivitätsgesteigerten Herstellung von z-gfalteten Lithium-Ionen Batteriezellen durch eine kontinuierliche Verfahrensführung (Kontibat)“. Ziel der Fördermaßnahme ist die Prüfung und der Nachweis des Innovationspotenzials von Forschungsergebnissen. VIP+ soll dabei die Voraussetzungen für die Weiterentwicklung von Forschungsergebnissen zu innovativen Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen schaffen. Das Forschungsvorhaben wird unterstützt von in der Batterieproduktionstechnik etabliertem Anlagenbauer, einem Systemintegrator sowie von einem Zellhersteller. Das geplante Forschungsvorhaben wird von einem Fraunhofer-Institut als Innovations-Mentor begleitet. Innovations-Mentoren sind Bestandteil des Unterstützungskonzeptes im Rahmen der Förderinitiative VIP+, die Erfahrungswissen aus Innovationsprozessen und dem betreffenden Themengebiet vorweisen können. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes liegt dem Autor noch keine abschließende Entscheidung über die Bewilligung des genannten Forschungsantrages vor. Gleichwohl ist die Nutzung und Verwertung der Forschungsergebnisse nicht ausschließlich an den Erfolg des o.g. Antrages geknüpft. Es bestehen umfangreiche Kontakte zu Wissenschaft und Industrie zur weiteren Nutzung der Forschungsergebnisse. Im Falle der Ablehnung des eingereichten Forschungsantrages wird angestrebt, betreffende Forschungsergebnisse als Forschungsantrag in der Grundlagenforschung anzusiedeln. Hier stellt ein Antrag bei der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) in 2017 eine Verwertungsperspektive dar. Es wird darüber hinaus angestrebt, geeignete Forschungsergebnisse mit Industriepartnern gezielt weiterzuentwickeln und damit Industriekooperationen auszubauen. Industriegeführte Verbundvorhaben werden bei geeigneten Ausschreibungen von Bundesministerien und interessierten Projektpartnern gezielt verfolgt und sind im Falle einer Ablehnung des VIP+-Projektes ebenfalls für 2017 geplant.

3.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Keine.

3.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer, z.B. Anwenderkonferenzen

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Veröffentlichungen publiziert:

Schröder, R.: Economic comparison on the influence of manufacturing errors in manufacturing cells for Lithium-Ion Batteries. In: Präsentation auf der Kraftwerk Batterie, Aachen. April, 2015.
--

Aydemir, M.; Bach, G.; Schröder, R.; Glodde, A.; Seliger, G.: Handhaben von Elektrodenfolien – Substitution von Greifprozessen durch ein Konzept zur durchsatzgesteigerten Handhabung. In: wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 105, H.9, S. 591-596, 2015.
--

Schröder, R.; Glodde, A.; Aydemir, M.; Bach, G.: Process to Increase the Output of Z-Folded Separators for the Manufacturing of Lithium-Ion Batteries. In: Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik; Applied Mechanics and Materials, Vol. 794, S. 19-26, 2015.
Schröder, R.; Glodde, A.; Aydemir, M.; Seliger, G.: Increasing productivity in grasping electrodes in Lithium-Ion Battery manufacturing. In: CIRP Conference on Manufacturing Systems, 25.-27. Mai, Stuttgart, 2016.
Schröder, R.; Aydemir, M.; Glodde, A.; Seliger, G.: Design and verification of an innovative handling system for electrodes in manufacturing lithium-ion battery cells. In: CIRP Design Conference, 16. Juni, Stockholm, 2016.
Schröder, R.; Glodde, A.; Seliger, G.: Handling non-rigid materials through a sandwiched-designed ultrasonic suspension. In: ZS-Handling Technology Forum 2016, 7. Juni, Regensburg, 2016.
Cholodnicki, S.: Bezahlbare Elektromobilität? – Forscher analysieren die Herstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen, um Produktionsprozesse künftig effizienter zu machen. In: Hochschulzeitung der TU Berlin, TU Intern. S. 8, Nr. 7-9/Juli-September 2016.

Folgende Veröffentlichungen sind geplant, eingereicht oder zur Publikation bereits angenommen:

Glodde, A.; Bach, G.; Schröder, R.: Verfahren und Vorrichtung zum z-Falten eines Bahnmaterials. PCT Patentanmeldung, 1. Juni 2016. → Eingereicht.
Glodde, A.; Aydemir, M.; Schröder, R.; Seliger, G.: Produktivitätsgesteigerte Zellverbundherstellung- Kontinuierliche Verfahrensführung zur Herstellung von z-gefalteten Lithium-Ionen-Batteriezellen. In: wt Werkstattstechnik online. Jahrgang 106, H9. 2016. → Eingereicht, begutachtet und zur Publikation freigegeben.
Schröder, R.; Aydemir M.; Seliger, G.: Comparatively assessing different shapes of lithium-ion battery cells. In: CIRP Global Conference on Sustainable Manufacturing, Stellenbosch, Südafrika, Oktober 2016. → Eingereicht, begutachtet und zur Publikation angenommen.
Bach, G.: Beitrag zur Produktivitätssteigerung in der Massenerstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen. Dissertation TU Berlin, 2016. → Eingereicht.

3.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Alle als Zuwendung vom Zuwendungsgeber erhaltenen Mittel wurden im Vorhaben bestimmungsgemäß verwendet. Mit einem Zehntel Prozent Abweichung entsprechen die tatsächlichen Gesamtausgaben des Vorhabens den geplanten und bewilligten Ausgaben.

Geplant und bewilligt waren nach Antragstellung 36 Monate Bearbeitungsdauer vom 01.10.2012 – 30.09.2015. Der Zuwendungsbescheid vom 25.10.2012 ist am 29.10.2012 bei der TUB eingetroffen. Das Kick-Off-Meeting für den 14.12.2012 organisiert. Der erste Mittelabruf seitens der TUB erfolgte zum 01.01.2013 und damit zwei Monate später als geplant. Obwohl bis 01.01.2013 seitens der TUB keine Arbeiten an den Arbeitspaketen erfolgten, wurden die inhaltlichen Abstimmungen sowie die Unterstützung der Arbeitspakete der beteiligten Partner vorangetrieben, wie es im Vorfeld der Projektbearbeitung abgestimmt wurde. Der Zeitplan verschob sich aufgrund dieser Begebenheit entsprechend um zwei Monate nach hinten. Im praxisorientierten Arbeitspaket 231 gab es konzeptions-, konstruktions-, beschaffungs- und

kapazitätsbedingt zu Verzögerungen und Verschiebungen im Arbeitsablauf, die wiederum Anträge auf Mittelvorziehung, Mittelverschiebung oder die Änderung der Geräteliste zur Folge hatten. Diese Anträge wurden durch Änderungsbescheide vom 12.12.2012, 04.06.2014, 27.11.2014, 19.08.2015 und 25.09.2015 bewilligt.

Das Ausscheiden des Projektpartners Dispatch Energy aus dem Konsortium in 2014 wirkte sich verzögernd auf die Fertigstellung des in Kooperation bearbeiteten Arbeitspakets 131 aus. Die Fertigstellung dieses AP verzögerte sich bis zum 30.09.2015. Der Wechsel des Projektmanagers zum 01.04.2014 und der mit der Übergabe verbundene erhöhte administrative Aufwand in Bezug zu Konstruktion, Angebots- und Bestellvorgängen führte mit der elternzeitbedingten Teilzeittätigkeit des Projektmanagers zu einer Verzögerung des AP 231 bis über das offizielle Projektende hinaus. Es wurde vom Konsortialführer im Juni 2015 ein Antrag auf kostenneutrale Laufzeitverlängerung um sechs Monate beantragt, der mit dem Änderungsbescheid von August 2015 bewilligt wurde. Das Vorhaben endet daraufhin zum 31.03.2016. Begründet wurde die kostenneutrale Laufzeitverlängerung im Ausscheiden des Projektpartners Dispatch Energy, in einem Fertigungsengpass bei der Jonas&Redmann Automationstechnik GmbH und des Aufwandes bei der Leistungsfähigkeitsmessung am Versuchsträger im Rahmen des AP 231 der TUB.