

**Investitionen zur Vermeidung von Umweltbelastungen
Programm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit (BMU)**

Abschlußbericht (Förderkennzeichen 17902 14765 000990063 A)

zum Vorhaben

**„Umweltschonende Herstellung von wiederaufladbaren langlebigen
Lithium-Polymer-Batterien “**

erstellt durch

VARTA Microbattery GmbH, Ellwangen

im Auftrag

des Umweltbundesamtes

Ellwangen, August 2007

Berichtskennblatt

Berichtsnummer 1.	2.	3.
4. Titel des Berichtes Umweltschonende Herstellung von wiederaufladbaren langlebigen Lithium-Polymer-Batterien		
5. Autor, Name, Vorname, Firma Dipl.-Ing. Eckhard Fahlbusch und Dr. Thomas Wöhrle VARTA Microbattery GmbH Daimlerstraße 1 73479 Ellwangen		8. Abschlussdatum: 31.12.2006
		9. Veröffentlichungsdatum: 01.09.2007
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) VARTA Microbattery GmbH Daimlerstraße 1 73479 Ellwangen		10. Vorh.-Nr.
		11. Seitenzahl: -31-
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) KfW Bankengruppe Niederlassung Bonn Frau Ingrid Steden 53170 Bonn		12. Literaturangaben:
		13. Tabellen: -1-
		14. Abbildungen: -12-
14. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Im Rahmen der Standortsicherung wurde in Ellwangen ein neuer innovativer und energieeffizienter Fertigungsbereich zur Herstellung von wiederaufladbaren und langlebigen Lithium-Polymer-Batterien realisiert. Bei der Batterieproduktion kann auf die herkömmlichen „End of Pipe“-Technologien verzichtet werden. Das Verfahren arbeitet abluft- und abwasserfrei und vermeidet den Einsatz von umweltrelevanten Chemikalien. Bei Lithium-Polymer-Batterien kann auf die umweltrelevanten Einsatzstoffe Quecksilber, Cadmium und Blei, die die „Batterie-Umwelt“ bisher kennzeichnen, vollständig verzichtet werden. Auch beim vor Projektbeginn noch erforderlichen Einsatz von Kobalt, Flüssigelektrolyt, Lösemitteln und Weichmachern sind weit reichende Verbesserungen erreicht worden. Die umweltverträglichen Einsatzstoffe ermöglichen sowohl ein umweltschonendes Produktionsverfahren als auch den sicheren und qualifizierten Einsatz von Lithium-Polymer-Batterien in den jeweiligen Applikationen (z.B. Speicherung von		

Solarenergie, Handy-Bereich, Portable MP3-Player, Auto-Navigationsysteme, biometrische Karten und Organizer) mit der erforderlichen Performance. Mit der Realisierung dieses Projektes ist es der VARTA Microbattery GmbH ein weiteres Mal gelungen die politischen Zielsetzungen der neuen europäischen Batterierichtlinie – nämlich die Vermeidung des In-Verkehr-Bringens von Batterien und Akkumulatoren mit gefährlichen Substanzen - erfolgreich umzusetzen. Aufgrund des innovativen Charakters wurde das Projekt in seiner Gesamtheit einschließlich der F & E Aktivitäten sowohl vom Bundesministerium für Bildung und Forschung als auch vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziell unterstützt. Im Jahr 2002 hatte die VARTA Microbattery GmbH die Gelegenheit die Lithium-Polymer-Batterietechnologie bei der Woche der Umwelt im Schlosspark Bellevue beim Bundespräsidenten vorzustellen. Im gleichen Jahr wurde das Projekt als deutscher Beitrag seitens der Bundesregierung beim Welt-Umweltgipfel in Johannesburg in Südafrika präsentiert. Auch sozial und ökonomisch gesehen wurde durch die hohe Nachhaltigkeit der Produktion und des Produkts der Standort Deutschland - gegenüber den überwiegend asiatischen und US amerikanischen Wettbewerbern - gesichert und gestärkt. Die VARTA Microbattery GmbH hat das vorrangige Ziel, langlebige Batterien auf Anlagen mit Demonstrationscharakter innerhalb Europas für den europäischen Markt und den Weltmarkt zu produzieren. Dies fördert auch die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der Europäischen Union.

17. Schlagwörter

18.

19.

20.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Zusammenfassung
- 2 Ausgangslage, Aufgabenstellung und Zielsetzung des Projektes
- 3 Stand der Technik vor Projektbeginn
- 4 Planung und Ablauf des Vorhabens
 - 4.1 Projektumsetzungen
 - 4.2. Umweltrelevanz
- 5 Fazit

1 Zusammenfassung

Die VARTA Microbattery GmbH ist der einzige deutsche und europäische Batteriehersteller, der wiederaufladbare so genannte Lithium-Polymer-Batterien in Massenproduktion herstellt. Dieses Produkt ist unter dem Handelsnamen VARTA PoLiFlex™ bekannt und mittlerweile weltweit etabliert und akzeptiert. Nach der vollständigen Umstellung von Nickel-Cadmium-Knopfzellen auf Nickel-Metallhydrid-Knopfzellen im Jahr 1998 und der kompletten Einstellung der Quecksilberoxid-Knopfzellen-Produktion sowie der Aufnahme der Serienfertigung von Lithium-Ion-Knopfzellen im Jahr 1999 hat VARTA mit der großtechnischen Produktion von Lithium-Polymer-Batterien einen weiteren Schritt zur Substitution umweltrelevanter Schwermetalle in der Produktion und im Produkt vollzogen.

Applikationen von PoLiFlex™:

PoLiFlex Batterien können maßgeschneidert in vielen Applikationen eingesetzt werden. Dies ergibt sich aus der flexiblen Fertigungstechnologie. Dabei können durch programmierbare Elektrodenstanzen nahezu beliebige Flächen realisiert werden. Durch die Stapeltechnik können dazu noch gewünschte Zieldicken von 0.5 – 6.2 mm realisiert werden.

Beispiele von Applikationen:

- Speicherung von Solarenergie. Hier werden in der Regel Zellen bis 1 mm eingesetzt.
- Eine 2.2 mm hohe Zelle mit 360 mAh ist im nano iPod (Fa. Apple), der seit September 2006 auf dem Weltmarkt erhältlich ist. Es handelt sich um einen portablen MP3-Player mit Farbdisplay; die Batteriezeit beträgt 24 Stunden.
- Betreibung von einer neuen Generation von biometrischen Sicherheits-Karten. Hier werden Zellen eingesetzt, die ca. 2.5 mm hoch sind
- Mobiltelefon: eine 4.4 mm dicke Zelle wird im Siemes/BenQ-Handy CF110 eingesetzt. Diese PoLiFlex-Zelle ist auf hohe Zyklenstabilität, GSM-Belastbarkeit und Energiedichte optimiert; dabei ist der Akku sicherheitsoptimiert ausgelegt.

Bei Lithium-Polymer-Batterien kann auf die umweltrelevanten Einsatzstoffe Quecksilber, Cadmium und Blei, die die „Batterie-Umwelt bisher kennzeichnen, vollständig verzichtet werden.

Lithium-Polymer-Batterien haben durch ihre Wiederaufladbarkeit (bis zu 1.000 Mal bei den Hauptanwendungsgebieten) eine hohe Lebensdauer, die die Nutzungsdauer der jeweiligen Applikation in der Regel übertrifft.

Verwertungsverfahren für Lithium-Batterien befinden sich in der Pilotphase, so dass eine großtechnische Verwertung nach ihrem Gebrauch (durchschnittliche Lebensdauer 5 Jahre) zu erwarten ist.

Aufgrund des innovativen Charakters wurde das Projekt in seiner Gesamtheit einschließlich der F & E Aktivitäten sowohl vom Bundesministerium für Bildung und Forschung als auch vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) finanziell unterstützt.

Im Jahr 2002 hatte die VARTA Microbattery GmbH die Gelegenheit die Lithium-Polymer-Batterietechnologie bei der Woche der Umwelt im Schlosspark Bellevue beim Bundespräsidenten vorzustellen. Im gleichen Jahr wurde das Projekt als deutscher Beitrag seitens der Bundesregierung beim Welt-Umweltgipfel in Johannesburg in Südafrika präsentiert.

Das Projekt - mit einem Investitionsvolumen von ca. 27 Mio € - wurde wie beantragt am 01.01.2001 begonnen und am 31.12.2006 mit zweijähriger Verspätung abgeschlossen. Ursache für diese Verspätung waren die Einschnitte im sog. „Neuen Markt“ sowie insbesondere der rückläufige Absatz von modernen mobilen Geräten seit 2001. Auch die Verschiebung des UMTS-Netzes ist an der VARTA Microbattery GmbH nicht spurlos vorbeigegangen und hatte die daraus resultierende zeitliche Verschiebung der Investitionen erforderlich gemacht. Darüber hinaus haben die gravierenden Veränderungen bei der VARTA AG (vollständiger Verkauf der Autobatterie- und Gerätebatterie-Aktivitäten) auch zu veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bei der VARTA Microbattery GmbH geführt. Aus diesen Gründen wurden die für die Jahre 2003 und 2004 aus dem BMU-Förderprogramm

bewilligten Fördermittel von der VARTA Microbattery GmbH nicht in Anspruch genommen.

Umso erfreulicher ist es, dass die angestrebten Umweltziele

- umweltverträgliche Einsatzstoffe
- eine voll automatisierte Fertigung mit integrierten Kreislaufprozessen sowie
- die Substitution von Flüssigelektrolyten, Kobalt, organischen Lösemitteln und Weichmachern

weitestgehend erreicht wurden.

Allen Mitarbeitern, Politikern und Gutachtern die zu diesem erfolgreichen Gelingen beigetragen haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

2 Ausgangslage, Aufgabenstellung und Zielsetzung des Projektes

Lithium-Polymer-Batterien haben durch ihre Wiederaufladbarkeit (bis zu 1000-mal) eine extrem hohe Lebensdauer, welche die Lebensdauer der Applikationen meistens übertrifft. Bei den aus der Pilotphase stammenden VARTA PoLiFlex™ kann bereits auf den Einsatz von schädlichen Schwermetallen Quecksilber, Cadmium, Blei und Nickel komplett verzichtet werden. Bereits zu Anfang des Projektes war zu erwarten, dass derartige Hightech-Lithium-Polymer Batterien einen rasant wachsenden Markt bedienen werden. Hierbei wollte VARTA Microbattery als erstes deutsches bzw. europäisches Unternehmen eine technologische Vorreiterrolle übernehmen. Damit kann auch nach Patentierung entsprechendes Know-how transferiert bzw. lizenziert werden, hinsichtlich des umweltfreundlichen Produktes selbst und auch im Hinblick auf die umweltfreundliche Serienfertigung, in der auf End of Pipe-Technologien nahezu vollständig verzichtet werden kann. Beispiele relevanter Patenteinreichungen von VARTA zur Thematik „extraktionsfrei“ sind die Aktenzeichen PP241 (Verfahren zur Herstellung von Elektrodenfolien; Patentanmeldung 101 04 988.9) sowie PP302 (Kleben von Polyolefin-Separatoren; Patentanmeldung 102006062407.6).

Bekannte japanische Batteriehersteller wie Sony, Panasonic, Sanyo oder Toshiba haben bereits 1999 ebenfalls „Lithium-Polymer-Batterien“ angekündigt bzw. vorgestellt. Diese Batterien basieren jedoch ausschließlich auf den bereits seit 1990 bekannten Lithium-Ionen Zellen, wobei ein freier Flüssigelektrolyt verwendet wird. Ein weiterer Nachteil ist bei der japanischen Technologie die Tatsache, dass derartige Lithium-Ionen-Zellen nicht formflexibel in eine breite Anzahl von Applikationen ein-designed werden können. Bei der VARTA PoLiFlex™ handelt es sich um eine „Trocken-Batterie“, bei der kein freier Elektrolyt auftritt.

Beim Projektbeginn wurden folgende umweltrelevanten Ziele festgelegt:

1. Umweltrelevante Emissionen bei der Massenproduktion von Lithium-Polymer-Batterien in die Umwelt (Luft, Wasser und Abfall) sollen weitestgehend vermieden werden.
2. Umweltverträgliche Einsatzstoffe
3. Eine vollautomatisierte Fertigung mit integrierten Kreislaufprozessen
4. Substitution von freiem Flüssigelektrolyten, Kobalt, Lösungsmittel und so genannten Weichmachern.

Weitere wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Ziele waren:

- Eintritt in neue Produkttechnologien und Produktionstechniken
- Erarbeitung von Weiterentwicklungspotential zukünftiger Systeme (z. B. ultradünne, bis dato nicht produzierbare wiederaufladbare Flachzellen im Bereich von 400 µm für die Smartcard-Industrie.
- Entwicklungs- und Produktinnovation am Standort Deutschland und Europa.
- Erhaltung und Schaffung von langfristigen Arbeitsplätzen im Energiesektor der wiederaufladbaren Batterien.
- Erhöhung der Beschäftigungs-Quoten für Akademiker (z. Bsp. Chemiker, Ingenieure) sowie den technisch hochausgebildeten Fachkräften (z. B. Techniker oder Meister).

- Erhöhung des Frauenanteils und der Lehrstellenplätze.

3 Stand der Technik vor Projektbeginn

Die ersten kommerziellen Lithiumzellen waren nicht wiederaufladbare 3V Knopfzellen (Braunstein/Lithium). Diese wurden vor ca. 40 Jahren eingeführt und sind heute noch auf dem Markt. In den 80-er Jahren wurden erste wiederaufladbare Lithium-Zellen auf den Markt gebracht und mussten wegen gravierender Probleme mit der Lithium-Metall-Elektrode wieder vom Markt genommen werden. Anfang der 90-er Jahre kamen von Sony die ersten Lithium-Ionen-Batterien auf den Weltmarkt. Dabei verwendete Sony ein Patent von B. Goodenough und AEA Technology. Die ersten Sony-Zellen waren von der Energiedichte und Zyklenstabilität nicht ausgereift. Bis Ende der 90-er Jahre wurden praktisch ausschließlich von japanischen Firmen Lithium-Ionen-Zellen produziert (18650-Type und später prismatische Zellen). Diese Zellen haben ein festes metallisches Gehäuse.

Anfangs dieses Jahrzehnts konnte sich VARTA Microbattery auf diesem Markt mit der sogenannten Lithium-Polymer-Technologie weltweit mit der Marke VARTA PoLiFlex™ etablieren. Diese Technologie ermöglicht eine flexible, umweltfreundliche und innovative Herstellung. Die Zelle wird in eine so genannte Aluminium-Verbundfolie (ca. 120 µm) verpackt. Hierdurch sind keine teuren und aufwendigen sowie schweren Metallgehäuse mehr nötig. Mittels Lithium-Polymer-Technologie sind im Vergleich zu den Lithium-Ionen-Zellen (Wickel-Zellen) durch Stapeltechnologie kleiner Zell-Einheiten (je ca. 400 µm) überhaupt dünne Zellen (< 3 mm) produktionstechnisch möglich, die beste Energiedichten erreichen.

Lithium-Polymer Batterien sind für tragbare Telefone, Handys und PDAs mit Kobalt-basierter Zellchemie in Bauhöhen ab 3 mm produzierbar.

Die VARTA PoLiFlex™ besteht vor Projektbeginn aus einer Anode (negative Elektrode), einer Kathode (positive Elektrode) und einer Trennmembran /Separator) und einem Elektrolyten sowie metallischen Stromkollektoren.

An dieser Stelle werden in Tabelle 1 die wichtigsten Zellkomponenten bzw. Prozesskomponenten aufgeführt:

Tabelle 1: Übersicht der relevanten Materialien für Herstellprozess und Batterie selbst.

Chemische Bezeichnung	Abkürzung	Beschreibung, Verwendung
Lithium-Kobalt-Oxid	LiCoO ₂	Aktivmaterial für die positive Elektrode (Kathode). Dieses Kathodenmaterial wurde bereits 1981 von Goodenough patentiert.
Interkalationsgraphit	Ein Beispiel für einen kommerziell erhältlichen Graphit: MCMB	Aktivmaterial für die negative Elektrode (Anode).
Polyvinylidenfluorid-Hexafluorpropylen-Co-Polymer	PVdF-HFP	Chemisch und elektrochemisch hochstabiler Elektrodenbinder.
Dibutylphthalat	DBP	Weichmacher für Laminationsprozess und Porenbildung in den Elektroden
Leit-Ruß	Beispiel: Super P for Li-Ion	Elektrisches Leitmaterial in den Polymer-Elektroden
Aceton		Trägerlösungsmittel für Elektrodenbeschichtungsmasse.

Bei dem Herstellungsprozess der Elektroden werden acetonhaltige Beschichtungsmassen („Slurry“) auf ca. 500 mm Breite auf eine so genannte Trägerfolie (in der Regel eine PETP-Folie (Polyester)) beschichtet. Nach dem Verdampfen des Trägerlösemittels (in der Regel Aceton) entsteht ein Elektrodenfilm, der weiter zu einer Polymer-Zelle verarbeitet wird, jedoch noch als Porenbildner den Weichmacher DBP enthält. Um die kleinste Einheit der Polymer-Zelle zu konfektionieren, werden die Weichmacher enthaltenen Elektroden, die Stromkollektoren und die Separatoren zusammenlaminiert. Erst danach wird der Weichmacher DBP mit einem organischen Lösemittel (in der Regel n-Hexan oder n-

Heptan) extrahiert.

- Damit fallen als Materialabfälle folgende Stoffe an:
Trägerlösemittel (Aceton),
- Träger-Folie (Polyethylenterephthalat; PETP)
- organisches Extraktionslösemittel (z. Bsp. n-Heptan) und den
- toxischen Weichmacher DBP.

Die Kathode (positive Elektrode) besteht bis zu 93% aus Lithium-Kobaltoxid, welches das eigentliche Aktivmaterial darstellt. Die Anode (negative Elektrode) besteht bis zu 90% aus Graphit, welches das eigentliche Aktivmaterial darstellt.

4 Planung und Ablauf des Vorhabens

Eine wichtige Grundlage zur Polymer-Technologie bei der VARTA Microbattery GmbH war das unter dem Kennzeichen DE angemeldete Patent im Jahr 2001, welches das Basis Co-Polymer PVdF-HFP als Schlüsselkomponente schützt. (PP246 (Verfahren zur Herstellung von Elektrodenfolien für galvanische Element; Patentanmeldung 101 25 616.7).

Für die Realisierung des Projektes PoLiFlex bei der VARTA Microbattery GmbH wurden 1999 verschiedene Vorarbeiten durchgeführt, die folgendes umfassten: Aufbau Musterbau und Pilotfertigung sowie konstruktive Produktentwicklungen.

Das Förderprojekt wurde am 01.01.2001 begonnen und am 31.12.2006 abgeschlossen.

4.1 Projektumsetzungen

- *Flexibler Formfaktor = hohes Marktpotential:*
Dieses Ziel wurde vollständig erreicht. Mittels programmierbarer Elektrodenstanzwerkzeuge („Flexpuncher“) können verschiedenste Elektrodenflächen (sogenannter Footprint) und damit Batterie-Typen auf den VARTA Microbattery Produktions-Linien hergestellt werden. Durch die

Stapeltechnologie der kleinsten Batterieeinheiten, den Bi-Zellen, können Bauhöhen zwischen 0,5 und 6,2 mm realisiert werden. Damit kann für den Kunden ein sehr schnelles maßgeschneidertes Design-in und höchste Formflexibilität gewährleistet werden. Durch diesen hoch-flexiblen Fertigungsprozess entstehen keine signifikanten Umbau-Zeiten bzw. -Kosten.

➤ *Substitution Flüssigelektrolyt:*

Batterien mit keramischen Festkörperelektrolyten erreichen nicht die Performance von Batterien mit flüssigem Elektrolyten. Die Lithium-Ionenleitfähigkeit von Festkörperelektrolyten beträgt ca. 1mS/cm im Bulk und zwischen den Körnern ca. 10^{-3} mS/cm. Die Lithium-Ionenleitfähigkeit von gängigen Flüssigelektrolyten beträgt dagegen ca. 6mS/cm. Um einen makroskopischen Trockenelektrolyt zu erhalten, wird ein spezielles Polymer auf PVdF-HFP Basis eingesetzt, welches den Flüssigelektrolyten nach Eindosieren und einem sich anschließenden kurzen Temperschritt (2 Std. bei 70 Grad) vollständig gelifiziert. Der flüssige Elektrolyt stellt dabei nur einen Precursor dar, der durch Wechselwirkung in der verpackten Zelle mit PVdF-HFP mikroskopisch absorbiert wird. Interessanterweise wird die Lithium-Ionen-Leitfähigkeit weiter durch die Flüssig-Elektrolyt-Komponente bestimmt und bleibt hoch. Dieser Polymer-Festkörperelektrolyt weist die –Performance-Vorteile eines Flüssigelektrolyt-Systems auf, nicht jedoch dessen Nachteile.

➤ *Substitution Kobalt:*

Dieses Ziel ist bisher nur teilweise erreicht worden. Eine Aktiv-Material-Umstellung von Kobalt-basierten auf Mangan-basierte Kathoden kann jedoch jederzeit erfolgen. Durch den flexiblen Fertigungsprozess wird in der Beschichtungsmasse der Kathode beispielsweise LiCoO_2 durch LiMn_2O_4 (Lithium-Mangan-Spinell) ersetzt, dabei muss lediglich die Viskosität der Beschichtungsslurry durch leichte Anpassung der Trägerlösungsmittelmenge eingestellt werden. Nachfolgende Fertigungs-Steps wie Direktbeschichtung oder Lamination bleiben unverändert. Zu Anfang des Projektes war der Einsatz von LiMn_2O_4 favorisiert. In den späteren Jahren zeigte sich jedoch überraschend, dass weltweit kein Hersteller zyklenstabilen Lithium-Mangan-Spinell im Tonnen-Maßstab produzieren konnte. Am Ende des Projektes

zeichneten sich neue Materialentwicklungen für Kathodenaktivmaterialien ab. Es sind im Tonnen-Maßstab nun so genannte LiNiMnCo-Oxide erhältlich. Entwicklungsversuche und sich anschließende Linierversuche zeigten, dass $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ (Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt)-Oxid das Lithium-Kobalt-Oxid hinsichtlich elektrochemischer Daten identische Eigenschaften besitzt. Damit kann immerhin eine ausreichende Teil-Substitution des Kobalts im 4V-System erzielt werden. In den letzten 2 Jahren hat sich mit dem Kathodenaktivmaterial Lithium-Eisenphosphat (LiFePO_4) eine weitere Lösung ergeben. Mit LiFePO_4 resultiert jedoch ein wiederaufladbares 3V System, das weltweit zumindest bei unseren Kunden noch nicht akzeptiert wird.

➤ Umweltschonende Produktionstechnologien

Extrusion:

Es ist gelungen, unter Beibehaltung der hohen Designflexibilität auf einen extrudierten Separator umzustellen, der wie der mittels Trägerlösemittel gegossene Separator durch einen Laminationsschritt oder einer Kaltverklebung fest mit den Elektroden anbindet. Damit konnte sogar die Performance und die Sicherheit der Lithium-Polymer-Zelle verbessert werden. Da das Giessen des Separators mit Trägerlösemittel komplett entfällt, kann bezogen auf die Bizelle (1 Anode, 2 Kathode und 2 Separator-Membrane) 2/5 also 40% des Trägerlösemittels Aceton eingespart werden.

Quasi-Extrusion für Elektrodenherstellung:

Klassische Extrusion der Polymer-Elektroden konnte nicht durchgeführt werden. Es traten bei der Machbarkeitsstudie nicht vorhersehbare Schwierigkeiten auf: Hohe Scherkräfte im Extruder haben die Leitrutsche zerstört; die resultierenden Elektroden zeigten damit niedrigere elektrische Leitfähigkeit und die Polymer-Zellen damit nicht akzeptable Performance-Eigenschaften und Zyklenstabilität.

Die Basis-Copolymere PVdF-HFP für die Elektrodenherstellung können bei 40°C mit weniger Trägerlösemittel Aceton hergestellt werden. Die Temperaturerhöhung führt ohne Prozess-Schwierigkeiten zu einer Reduktion des Trägerlösemittels bei der Elektrodenherstellung um ca. 25%. Eine sehr

innovative nano-Materialentwicklung mit unserem Zulieferer von Leitruß lässt eine weitere Reduktion des Trägerlösemittels zu. Durch die Verringerung der so genannten DBP-Absorption, die ein Maß der Wechselwirkung von Ruß zu Lösemittel beschreibt, konnte die Menge Trägerlösungsmittel um das Verhältnis 190/290 (ca. ein Drittel) reduziert werden. Dabei bleibt die BET-Oberfläche des Leitrußes, die letztendlich die elektrische Performance der Elektroden beschreibt, identisch.

Extraktionsfreie Elektroden:

Da der Ersatz des Weichmachers bis 2003 nicht machbar war, wurden geschlossene Destillationstanks für die Extraktion konzipiert. Dabei wird das organische Trägerlösemittel im Kreislauf und im geschlossenen System zirkuliert und nicht verbraucht. Derartige Extraktionstanks werden nach unserem Kenntnisstand auch bei der Extraktion von Rapsöl und Olivenöl seit neuestem eingesetzt und sind als Stand der Technik (sogar für die Nahrungsmittelindustrie) akzeptiert.

Abluft- und abwasserfreie Produktion:

Die Produktion arbeitet abluft- und abwasserfrei.

Abfallvermeidung:

Zu Ende des Projektes konnten sowohl Kathode wie auch Anode durch Direktbeschichtung auf die metallische Kollektorenfolien (Aluminium-Streckmetall bzw. Kupferfolie) hergestellt werden. Dadurch wurde auch automatisch die Notwendigkeit einer Heiß-Lamination umgangen, wobei Energieaufwand als Form der Wärmeenergie erst gar nicht bereitgestellt werden muss. Der wichtigere Aspekt ist jedoch die 100% Vermeidung der Rohstoff- und Kostenintensiven Trägerfolie, die zu Beginn des Projektes zum damaligen Stand erforderlich war. Anfangs des Projektes wurden teure ca. 75 µm dicke Polyester-Trägerfolien eingesetzt. Auf diese wurden dann die Elektroden-Beschichtungsmassen haftend gecoatet. Beim anschließenden Heiß-Laminationsprozess wurden die Elektroden auf metallische Folienkollektoren kaschiert. Die Polyester-Plastik-Trägerfolie wurde abgeschält und entsorgt. Da die Mutterrolle mit Trägerfolien und

aufgebrachten Elektroden bereits auf den Footprint aufgeschnitten war, konnte die Trägerfolie nach dem Laminieren nicht mehr verwendet werden.

4.2 Umweltrelevanz

Die gesetzten Ziele wurden vollständig (Vermeidung der Trägerfolien, Einsatz des Weichmachers, Vermeidung des Extraktions-Lösemittels, abluft- und abwasserfreie Produktion) bzw. zum großen Teil (Teil-Substitution des Kobalts und deutliche Verringerung des Acetons) erreicht.

5 Fazit

Das Hauptziel der neuen europäischen Batterierichtlinie vom 26.09.2006 und deren laufende Umsetzung in die deutsche Batterieverordnung besteht darin, die Umweltbelastung durch Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und -akkumulatoren auf ein Mindestmaß zu beschränken und so zum Schutz der Umwelt beizutragen. Insbesondere verfolgt die Europäische Union mit dieser Richtlinie das Ziel, das In-Verkehr-Bringen von Batterien und Akkumulatoren mit gefährlichen Substanzen zu vermeiden.

Mit der Realisierung dieses Projektes ist es der VARTA Microbattery GmbH ein weiteres Mal gelungen diese politischen Zielsetzungen erfolgreich umzusetzen.

Mit der Förderung dieses Projektes wurde auch das 2. Programm der Bundesregierung zur Verminderung der Umweltbelastungen aus Batterien und Altbatterien vom April 2003 unterstützt. Die Bundesregierung hatte zur Erreichung der in diesem Programm gesteckten Ziele die Bereitstellung von Fördermitteln in Aussicht gestellt.

Auch sozial und ökonomisch gesehen wurde durch die hohe Nachhaltigkeit der Produktion und des Produkts der Standort Deutschland - gegenüber den überwiegend asiatischen und US amerikanischen Wettbewerbern - gesichert und gestärkt.

Die VARTA Microbattery GmbH hat das vorrangige Ziel, Batterien auf Anlagen mit Demonstrationscharakter innerhalb Europas für den europäischen Markt und den Weltmarkt zu produzieren. Es werden hoch qualifizierte, sichere und umweltverträgliche Energielieferanten für die jeweiligen Applikationen (z.B. **Telekommunikation, portable Musikabspielgeräte, Personal Organizer, biometrische Karten und Navigationsgeräte**) vermarktet. Dies fördert auch die Wettbewerbsfähigkeit der Europäischen Union.

In der beigefügten Präsentation (**Anlage 1**) sind

- die Batterietechnologie
- die Produktionsabläufe
- der Batterie- und –zellenaufbau
- die Batterie-Eigenschaften
- sowie die Vorteile gegenüber herkömmlichen wiederaufladbaren Lithiumbatterien beschrieben.

Eine Patentliste ist in **Anlage 2** enthalten. Eine Liste mit Publikationen zur Lithium-Polymer Technologie der VARTA Microbattery GmbH ist als **Anlage 3** beigefügt. Eine Ausgabenübersicht mit der Aufschlüsselung der Ausgaben (Positionen 1-11) ist in **Anlage 4** enthalten.