Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Forschungsprojekt „AGHBA“ erfolgreich abgeschlossen

Das IGF-Vorhaben 19111 N der Forschungsvereinigung Deutscher Forschungsverbund Verpackungs-, Entsorgungs- und Umwelttechnik e.V. (DVEU), Ulmenliet 20, 21033 Hamburg wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Autor: Dipl.-Logist. Matthias Grzib, Projektleiter am Institut für Kreislaufwirtschaft und Umwelttechnik (IfKU) des Vereins zur Förderung innovativer Verfahren in der Logistik (VVL) e. V.

Die Verbreitung sogenannter Hochenergiebatterien – wie z. B. Lithium-Ionen- und Lithium-Polymer-Akkumulatoren, sowie Nickel-Metall-Hydrid-Batterien – nimmt in den letzten Jahren immer mehr zu. Grund dafür ist der Bedarf nach immer leistungsstärkeren Batterien bzw. Akkus von Smartphones, Tablets und Laptops aber auch sonstigen kabellosen elektrischen Geräten wie z. B. Elektrozahnbürsten oder Akkuschraubern. Die in diesen Batterien verwendeten Chemikalien können jedoch eine Gefahrenquelle darstellen. Bei fehlerhafter Herstellung oder unsachgemäßem Umgang besteht die Möglichkeit einer Selbstentzündung bis hin zur Explosion. Bei fabrikneuen Batterien ist dieses Risiko in der Regel äußerst gering, jedoch stellen diese Batterien am Ende ihrer Produktlebenszeit – sowohl separat als auch fest eingebaut in elektrischen Geräten – insbesondere bei einer nicht sachgerechten Entsorgung für Entsorgungsunternehmen eine nur schwer einzuschätzende Gefahr dar [1]. Verschärft wurde diese Situation darüber hinaus durch die Novellierung des ElektroG, da seit Juli 2016 auch Einzelhändler dazu verpflichtet sind, Elektro(nik)altgeräte (EAG) – die ebenfalls Hochenergiebatterien mit unbekanntem Zustand enthalten können – entgegen zu nehmen, kurzzeitig zu lagern und dann der Entsorgung zuzuführen. Wie hoch die Gefahr sich tatsächlich darstellt und wie damit umzugehen ist, haben das Institut für Kreislaufwirtschaft und Umwelttechnik (IfKU) des VVL e. V., Dortmund, und das Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) e. V., Duisburg, in dem nun gemeinsam abgeschlossenen Forschungsvorhaben AGHBA erarbeitet.

Die moderne mobile Gesellschaft benötigt zunehmend leistungsstärkere Stromquellen, insbesondere für tragbare Elektro- und Elektronikgeräte. Für deren Betrieb werden vorzugsweise sogenannte Hochenergiebatterien eingesetzt, die über eine besonders hohe Energiedichte verfügen, d. h. sie können auch bei einer möglichst kleinvolumigen und leichten Bauweise viel elektrische Energie

speichern und diese bei Bedarf schnell abgeben. Daher ist es wenig verwunderlich, dass gemäß der Erfolgskontrolle für das Jahr 2017 der Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (GRS), nahezu 70 % aller von den GRS Mitgliedern in Umlauf gebrachten Akkumulatoren Lithium-Ionen-Systeme oder vergleichbare waren [2].

Die große Menge an gespeicherter Energie und auch die bei einigen Bauarten verwendeten Materialien – hier insbesondere das Alkalimetall Lithium – können jedoch bei unsachgemäßer Handhabung dieser Batterien dazu führen, dass diese sich selbst entzünden oder sogar explodieren. Fabrikneue Hochenergiebatterien sind in der Regel überaus sicher, da sie vor Inverkehrbringung verschiedenen Prüfverfahren (u. a. thermische Prüfung, Schlagprüfung und Schwingungsprüfung) nach dem „Handbuch über Prüfungen und Kriterien“ der Bundesanstalt für Materialprüfung unterzogen werden [3]. Am Ende des Produktlebenszyklus kann es allerdings aufgrund des unbekannten Zustands der Batterien und Akkumulatoren zu Problemen kommen. Die hohen Stromstärken, die von diesen Batterien abgegeben werden können, führen bspw. im Falle eines äußeren Kurzschlusses zu einer starken Erhitzung, da die unkontrollierte Abgabe der Energie i. d. R. in der Form von thermischer Energie erfolgt. Dies kann dann im schlimmsten Falle zu Bränden führen. Ein äußerer Kurzschluss tritt beispielsweise auf, wenn bei einer nicht fachgerechten Lagerung nicht abgeklebte Kontakte miteinander in Berührung kommen. Eine weitere Möglichkeit ist eine entsprechende Beschädigung des elektrischen Geräts, in das die Hochenergiebatterien eingebaut sind.

Neben dem äußeren Kurzschluss besteht auch die Gefahr eines inneren Kurzschlusses. Dies ist der Fall, wenn der in der Batteriezelle vorhandene Separator, der einen Kontakt zwischen Kathode und Anode verhindern soll, beschädigt wird und dies zu einem unkontrollierten Energiefluss führt. Hierbei kann es u. a. zu Ausgasungen des verwendeten Elektrolyts und einem „Aufblähen“ der Batterie kommen (vgl. Abbildung 1).

Abbildung 1: Aufgeblähter Lithium-Polymer-Akkumulator (Quelle: Dr. Brüning Engineering)

Besonders kritisch wird es, wenn es bei einem inneren Kurzschluss zum so genannten „Thermischen Durchgehen“ (engl. thermal runaway) kommt. Dabei löst sich der Separator bei hohen Temperaturen auf, wodurch die Kurzschlussstelle wächst und noch mehr chemische Energie in thermische umgewandelt werden kann. Der Separator löst sich dann noch schneller auf und es entsteht zudem die Gefahr, dass die hohen Temperaturen dann neben der Batterie selbst auch umgebende Materialien in Brand setzen (vgl. Abbildung 2). Entstehen zusätzlich noch brennbare Gase, wie bspw. Wasserstoff, kann es sogar zu einer Verpuffung bzw. Explosion kommen. Neue Entwicklungen haben

jedoch Separatoren hervorgebracht, die entweder deutlich temperaturbeständiger sind oder bereits flammhemmende Stoffe integriert haben [4] und somit dieses Risiko wieder reduzieren.

Diese Materialien sind jedoch noch nicht in den Batterien verbaut, die aktuell zur Entsorgung zurückgeführt werden, so dass Hochenergiebatterien im Umfeld von abfallwirtschaftlichen Tätigkeiten weiterhin ein enormes Gefährdungspotenzial darstellen. Dies zeigt sich u. a. an der in den letzten Jahren gestiegenen Anzahl von Brandereignissen bei Entsorgungsunternehmen, die durch Hochenergiebatterien verursacht wurden

Abbildung 2: Durch externe Beschädigung in Brand geratene Pouch-Batterie im Laborversuch

Projekt „AGHBA“

Sicher war bislang, dass diese Brände von Batterien und Akkumulatoren ausgehen können. Inwiefern jedoch welche Prozesse entlang der Recyclingkette zu entsprechend kritischen Beschädigungen der Batterien oder EAG führen, war noch bis vor Kurzem unklar. In dem nun abgeschlossenen Forschungsprojekt „Analyse des Gefährdungspotenzials von Hochenergiebatterien in Abfallströmen und Lösungsvorschläge“ (AGHBA) wurde nun genau ermittelt, welche Prozesse entlang der Entsorgungskette von Hochenergiebatterien bzw. von EAG mit eingebauten Hochenergiebatterien das Risiko von Beschädigungen und daraus folgenden Brandereignissen bergen und wie dieses Risiko minimiert werden kann.

Hierzu haben die Forscher des Instituts für Kreislaufwirtschaft und Umwelttechnik (IfKU) des VVL e. V., Dortmund, und des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) e. V., Duisburg, die offiziellen Entsorgungswege für Elektro(nik)altgeräte mit Hochenergiebatterien ermittelt und die

darüber gesammelten Mengen bestimmt. Insgesamt wurden vier Hauptentsorgungswege identifiziert. Diese waren die Sammlung von EAG, die Batterien enthalten bei öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE), die Sammlung von losen Altbatterien bei örE, die Sammlung von EAG, die Batterien enthalten, beim Handel sowie die Sammlung von losen Altbatterien beim Handel.

Bei der Analyse von Brandereignissen der letzten Jahre stellte sich heraus, dass diese am häufigsten bei Recyclingbetrieben, Transporten und örE auftraten. Auffällig war, dass die Brände verstärkt in losen Schüttungen während der Lagerung und nicht während der Behandlung auftraten. Weiterhin kam es gehäuft außerhalb der Betriebszeiten, d. h. abends und an Wochenenden, zu Bränden. Lagerprozesse innerhalb der Recyclingkette wurden daher als besonders brandgefährdet identifiziert. Daher wurden die unterschiedlichen Prozessschritte entlang der vier Hauptentsorgungswege auf besondere mechanische und klimatische Belastungen auf die EAG hin untersucht. Als Prozesse mit besonders hohen Belastungen wurden dabei insbesondere der Einwurf von EAG in Container, das Abkippen von EAG aus Containern, die Verdichtung von EAG mit Maschinen sowie die permanente Stauchdruckbelastung bei der Lagerung in Haufwerken ermittelt.

Bei Vor-Ort-Untersuchungen bei mehreren Entsorgungsunternehmen und im Handel zeigte sich, dass die Erfassung bei den örE zu größeren Beschädigungen und Belastungen an den EAG führt, als die Erfassung bei Sammelstellen des Handels. So ergaben bspw. Messungen, dass EAG, bei der Schüttung aus einem Sammelfahrzeug, Beschleunigungskräften von mehreren 100 G (der Spitzenwert lag jenseits von 500 G) ausgesetzt sind, wenn sie ungedämpft aus etwa 1 – 1,5 Metern Höhe auf Betonboden bzw. den Stahlboden von großen Sammelcontainern fallen.

Erkenntnisse aus dem Projekt

Im Projekt AGHBA konnte anhand von Messungen belegt werden, dass Hochenergiebatterien eine Gefahr für Entsorgungsunternehmen darstellen können. Das von diesen Batterietypen ausgehende Gefahrenpotenzial ist jedoch – basierend auf den Beobachtungen und Versuchsergebnissen des Forschungsvorhabens – weitestgehend kontrollierbar.

Im Rahmen der Belastungsversuche – sowohl der Hochenergiebatterien allein, als auch in EAG verbaut – stellte sich heraus, dass die Wahrscheinlichkeit einer kritischen Beschädigung durch Transport- oder Umschlagbelastungen verhältnismäßig gering ist. Obwohl die starken Schockbelastungen beim Einwurf der EAG bzw. Batterien die Möglichkeit besitzen, eine Hochenergiebatterie kritisch zu beschädigen, müssen hierzu mehrere spezielle Umstände zusammentreffen. So muss beim Einwurf des EAG das Gehäuse derart stark beschädigt werden, dass die Batterien anschließend frei liegen. Auf diese ungeschützten Batterien können nun weitere EAG beim Einwurf prallen. Obwohl bei den Laborversuchen teilweise starke Beschädigungen durch von oben auf weitere EAG fallende Geräte beobachtet werden konnten, kam es in den Labortests dennoch nicht zu kritischen Reaktionen der Batterien. Darüber hinaus, ist eine derartige Verkettung von Umständen äußerst unwahrscheinlich.

Bei separaten Hochenergiebatterien stellten sich die Sammel-, Lager- und Transportprozesse in der Praxis schonender dar, als bei EAG. Eine Beschädigung bzw. Reaktion von Batterien wurde bei den durch das IfKU durchgeführten Versuchen zu mechanischen Belastungen nicht beobachtet. Bei den Belastungsversuchen im Labor des IUTA e. V. zeigte sich, dass der Schutz der unverbauten Batterien vor mechanischen Beschädigungen wichtiger ist, als der Schutz vor äußerem Kurzschluss. Pouch-

Zellen stellten sich dabei als besonders anfällig heraus. Das Risiko kann minimiert werden, indem diese Batterien ggfs. in separaten Behältnissen als Monocharge gelagert und transportiert werden.

Bei EAG mit fest eingebauten Batterien traten in der Praxis deutlich höhere Belastungen durch TUL Prozesse – insbesondere bei Einwürfen in Sammelcontainer – auf, als bei den separaten Batterien. Bei den Versuchen zu mechanischen Belastungen zeigte sich, dass es bei Fallversuchen zu (teilweisen) Freilegungen von Batterien kam.

Kritische Beschädigungen von Batterien oder EAG mit verbauten Batterien durch die Schwingungen und Erschütterungen, die bei Transportprozessen auftreten, konnten ebenfalls nicht beobachtet werden.

Zusammenfassend ließ sich feststellen, dass sich das Risiko eines Brandes durch Hochenergiebatterien im Abfallstrom insbesondere durch eine geeignete Gestaltung der Sammelprozesse reduzieren lässt. Durch die Vermeidung von Einwurfprozessen bei EAG können die als besonders schädlich identifizierten Schockbelastungen reduziert werden und es kann verhindert werden, dass verbaute Batterien (zum Teil) freigelegt werden. Darüber hinaus lässt sich durch weitere organisatorische Maßnahmen, z. B. die Einrichtung von Übergabebereichen für EAG, das Brandrisiko von Hochenergiebatterien verringert werden. Entscheidend ist dabei, dass die gesetzlich vorgesehene separate Sammlung von batteriehaltigen Geräten vollständig umgesetzt wird, die außenliegenden Batterien aus EAG entnommen und separat gesammelt werden und dass es nicht zu Fehlwürfen kommt. Bei der Sammlung von EAG wird die Grundlage für die weitere Recyclingkette gelegt. Bei der Optimierung der Sammelprozesse wird daher das größte Potenzial zur Risikominimierung gesehen.

Zusätzlich wurden im Projekt AGHBA Konstruktionsempfehlungen für Sammel- und Transportbehälter erarbeitet, die Behälterherstellern dabei helfen können, neue Sammelbehälter zu entwickeln, die den Anforderungen der Entsorgungsbranche besser entsprechen als bisherige Lösungen.

Interessenten die Fragen zum Projekt und dessen Ergebnissen haben, oder an ähnlichen Projekten wie diesem mitarbeiten wollen, können sich jederzeit an den VVL e. V. oder direkt an das IfKU wenden.

Literatur

[1] Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren (Batteriegesetz - BattG)

[2] Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (GRS), *Erfolgskontrolle 2017*, März 2018, Hamburg

[3] Vereinte Nationen/ *Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter – Handbuch über Prüfungen und Kriterien,* 2009, New York und Genf, Hrsg.: BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 2015, Berlin

[4] Heise Online vom 16.01.2017
„Forscher integrieren Flammschutzmittel in Separator für Lithium-Ionen-Akkus“
URL: https://www.heise.de/newsticker/meldung/Forscher-integrieren-Flammschutzmittel-in-Separator-fuer-Lithium-Ionen-Akkus-3597374.html