

## The Fire Hazards of Lithium-Ion Batteries: How to Keep our Facilities Insurable?

Thomas Nigl and Roland Pomberger

In the end-of-life lithium-ion batteries pose new challenges and fire hazards to waste management systems and facilities threatening the whole value chain from collection and transport to storage, treatment and processing. The article shows that risks of lithium-ion batteries vary considerably in (1) both, the use phase and the end-of-life phase, and (2) the different treatment and processing steps of waste facilities. Most affected are input storages and machines transferring mechanical energy directly to the processed waste (e.g. shredders and waste presses). Sampling and sorting analyses revealed that serious amounts of portable and lithium batteries can be found in municipal waste streams, such as residual waste, lightweight and metal packaging waste. A fatal development resulting in high numbers of potential fire incidents and losses all over the waste industry but especially for residual waste systems. As a consequence, insurance companies are raising (1) insurance rates, (2) deductibles and (3) technical requirements of fire precaution and protection. Even more, some insurance companies are withdrawing their services from the waste industry. Finally, the article presents counter measures and problem-solving approaches including (1) new waste-specific approaches of machine fire protection, (2) a new guideline for fire protection in waste industry and (3) insurance-specific recommendations for action.

## Brandrisiko durch Lithium-Ionen-Batterien: Sind unsere Anlagen noch versicherbar?

Thomas Nigl und Roland Pomberger

1.	Lithium-Ionen-Batterien als abfallwirtschaftliche Herausforderung...	484
2.	Gerätebatterien in abfallwirtschaftlichen Stoffströmen .....	486
3.	Risikoanalyse und Risikobewertung.....	487
4.	Brandursachen und Brandereignisse.....	488
5.	Versicherbarkeit von Anlagen .....	490
6.	Lösungsansätze und Gegenmaßnahmen .....	491
6.1.	Batterien .....	491
6.2.	Brandschutz .....	491
6.3.	Versicherungstechnische Handlungsempfehlungen .....	492
7.	Fazit.....	493
8.	Quellen .....	493

Die Abfall-, Entsorgungs- und Recyclingwirtschaft war in den letzten Jahrzehnten einem steten Wandel unterworfen. Einem Wandel, der zum Teil kontinuierliche aber auch radikale und disruptive technologische Entwicklungen weg von einer deponie-basierten Entsorgungs- hin zu einer ressourcenorientierten Kreislaufwirtschaft mit sich brachte und damit bis in die Gegenwart anhält. Parallel zu diesem Wandel gab es in der Branche immer wieder Risikobereiche gekennzeichnet von erhöhter Brandgefahr, wie Deponien in den 1990er Jahren oder Abfallzwischenlager in den 2000er Jahren. Doch nie in dieser Zeit, waren sicherheitstechnische Aspekte ein so maßgeblicher Treiber bei den oben beschriebenen Entwicklungen – ein Umstand der sich nun ändert.

Seit einigen Jahren stellen Lithium-Ionen-Batterien ein neues, die gesamte abfallwirtschaftliche Wertschöpfungskette bedrohendes Brandrisiko dar – beginnend bei der Sammlung, über den Transport und die Lagerung hin zur Behandlung und Verwertung von Abfällen [9].

## 1. Lithium-Ionen-Batterien als abfallwirtschaftliche Herausforderung

Obwohl es Lithium-Ionen-Batterien seit etwa Anfang der 1990er Jahre gibt, treten nun, ein paar Jahre nach Beginn eines rapiden Anstiegs bei den In-Verkehr-Setzungszahlen, massive sicherheits- und brandschutztechnische Probleme auf. Unglücklicherweise steht die Branche, bedingt durch die abfallwirtschaftliche Phasenverschiebung, jedoch erst am Anfang dieser Entwicklung. Denn die Verkaufszahlen von Lithium-Ionen-Batterien steigen weiter und das sowohl in absoluten als auch in relativen Zahlen.

Lithium-Ionen-Batterien haben aufgrund der im Vergleich zu anderen Batterietypen hohen Energiedichte ein sehr hohes reaktives Potenzial. Durch verschiedene Gründe, wie etwa mechanische Beschädigung, thermische Einwirkungen, Überladung, innerem oder äußerem Kurzschluss, können diese hohen Energiemengen schlagartig freigesetzt werden, wodurch es zu einer raschen thermischen Zerlegung (auch thermisches Durchgehen oder thermal runaway genannt) bzw. einer unkontrollierten Wärmefreisetzung kommt [2, 3].

Bei der Betrachtung und Beurteilung der sicherheitstechnischen Herausforderungen von Lithium-Ionen-Batterien – oder Lithiumbatterien im Allgemeinen – in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft ist es wesentlich, die unterschiedlichen Gefahren und Risiken dieser entsprechend zu differenzieren:

### a) nach Batterietypen

Gemäß der Batterie-Richtlinie der europäischen Union (2006/66/EG) werden Batterien nach den drei folgenden Kategorien unterschieden:

- Gerätebatterien,
- Fahrzeugbatterien (Starterbatterien) und
- Industriebatterien (u.a. Traktionsbatterien).

Dieser Beitrag behandelt vordergründig die Kategorie der Gerätebatterien. Industriebatterien – insbesondere Traktionsbatterien und stationäre Speicherbatterien – stellen zwar durch die aktuellen und in Zukunft stark ansteigenden in Verkehr gesetzten Mengen eine enorme Herausforderung für die Abfall- und Ressourcenwirtschaft dar (z.B. Sicherheitsaspekte bei der Entladung und Aufbereitung [1]), werden in diesem Beitrag aber nicht behandelt.

### b) nach der Lebenszyklusphase

Von Lithium-Ionen-Batterien gehen in der Nutzungsphase andere Gefahren und Risiken aus als im End-of-Life-Status. Spätestens bei einer Gegenüberstellung und genaueren Betrachtung der entsprechenden Schadensfälle und -summen tritt das deutlich hervor.

In Tabelle 1 sind die unterschiedlichen Ursachen für eine thermische Zersetzung und / oder eine unkontrollierte Wärmefreisetzung und deren Bedeutung für die Nutzungsphase und das End-of-Life dargestellt. Die Systematik orientiert sich an [3], dabei wird zwischen externen und internen Ursachen unterschieden.

Tabelle 1: Ursachen und deren Bedeutung für eine thermische Zerlegung bzw. eine unkontrollierte Wärmefreisetzung

Ursache	Folge	Nutzungsphase	End-of-Life
externe Ursachen			
Überladen	thermische Zersetzung und unkontrollierte Wärmefreisetzung	gering – mittel	gering
thermische Belastung (externe Wärmeeinwirkung)	thermische Zersetzung und unkontrollierte Wärmefreisetzung	mittel	mittel – hoch
mechanische Belastung (Verformung, Schock, etc.)	interner Kurzschluss und unkontrollierte Wärmefreisetzung	mittel	hoch – sehr hoch
äußerer Kurzschluss	unkontrollierte Wärmefreisetzung	gering	gering – mittel
interne Ursachen			
Tiefentladen	Dendritenbildung und möglicher interner Kurzschluss (...)	mittel	gering
Produktionsfehler	interner Kurzschluss und unkontrollierte Wärmefreisetzung	gering – mittel	gering

**c) nach den Risikobereichen in Anlagen der Abfall- und Ressourcenwirtschaft**

Darüber hinaus ist es wichtig die Risikobereiche in abfallwirtschaftlichen Betriebsanlagen entsprechend des vorherrschenden Risikos zu differenzieren.

Am Beispiel Restmüll (gemischte Siedlungsabfälle) sind in Tabelle 2 mögliche Gefahren und deren Risiko zu den wichtigsten Anlagenteilen und Prozessschritten dargestellt. Einerseits sind stark gefährdete Bereiche (Hot-Spots) dadurch gekennzeichnet, dass mechanische Energie auf den Abfall übertragen wird (z.B. Müllpresse, Zerkleinerungsaggregate, Schockbelastungen bei größeren Fallhöhen). Andererseits sind insbesondere Abfallbunker bzw. Inputlager durch ein höheres Risikopotenzial gekennzeichnet.

Tabelle 2: Mögliche Gefahren durch Gerätebatterien im Restmüll (gem. Siedlungsabfälle) [9]

Anlage bzw. Prozessschritt	mögliche Gefahren	Risikobewertung
Sammelbehälter	Beschädigung durch externen Kurzschluss	gering
Ladetätigkeit		gering
Abfallsammelfahrzeug	mechanische Beschädigung durch Pressvorgang	mittel
Entladetätigkeit	mechanische Beschädigung beim Abkippen	gering
Abfallbunker / Inputlager	Beschädigung durch externen Kurzschluss	mittel – hoch
Umladetätigkeit	mechanische Beschädigung durch Radlader oder Greifer	mittel
Behandlungsanlage	mechanische Beschädigung bei Vorzerkleinerung, gefährliche Wärmeentwicklung nach Beschädigung	mittel – hoch
Outputlager	Beschädigung durch externen Kurzschluss, gefährliche Wärmeentwicklung nach Beschädigung	gering – mittel

## 2. Gerätebatterien in abfallwirtschaftlichen Stoffströmen

Aufgrund rasch steigender in Verkehr gesetzter Mengen an Gerätebatterien bei stagnierenden bis lediglich leicht ansteigenden Sammelmengen entstand in den letzten Jahren eine größer werdende Menge an Gerätebatterien, deren Verbleib unklar war. Dieser Aspekt und die im Durchschnitt längere Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien sind zwei wesentliche Gründe für das Sinken der Sammelquote in Österreich (Bild 1).

Im Zuge des Forschungsprojektes BAT-SAFE durchgeführte Sortieranalysen für die Stoffströme Restmüll, Leichtverpackungen, Metallverpackungen und Elektrokleingeräte (2016/2017) zeigten, dass zum Teil erhebliche Mengen an Gerätebatterien nicht fachgerecht entsorgt werden. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 3 dargestellt und sind insofern bemerkenswert, da knapp 800 Tonnen Gerätebatterien in Abfallströmen entsorgt werden, die dafür völlig ungeeignet sind. Neben der daraus resultierenden Umweltgefährdung stellen diese Batterien im Restmüll, der Leicht- und Metallverpackungen ein erhebliches Sicherheitsrisiko dar. Doch auch in der Fraktion der Elektrokleingeräte haben Lithium-Ionen-Batterien eine steigende sicherheitstechnische Relevanz, da diese in zunehmendem Maße fix in den Geräten verbaut sind und somit eine einfache Demontage verhindert wird.

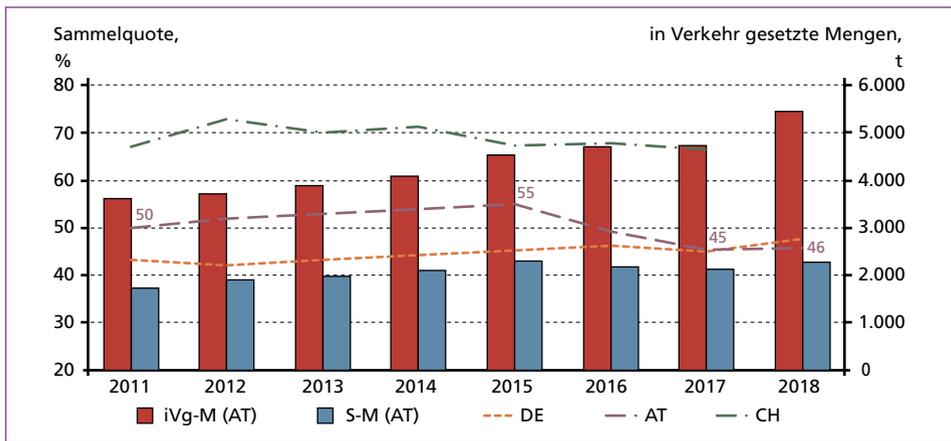


Bild 1: Entwicklung der Sammelquote (Vergleich AT, DE, CH) und der in Verkehr gesetzten Menge (iVg-M) und der Sammelmenge (S-M) von Gerätebatterien in Österreich ([8]; weitere Quellen: EAK (AT), UBA (DE), Inobat (CH))

Tabelle 3: In Sortieranalysen erhobene Gehalte und Mengen an Gerätebatterien (Forschungsprojekt BAT-SAFE)

Abfallströme	Abfallaufkommen 2016	Gerätebatterien	Gerätebatterien 2016	Lithiumbatterien	Lithiumbatterien 2016
	t	Gew.-%	t	Gew.-%	t
Restmüll	1.436.700	0,050	718,4	0,002	28,7
Leichtverpackungen	156.700	0,026	40,7	0,0014	2,2
Metallverpackungen	30.000	0,056	16,8	0,0003	0,1
Elektrokleingeräte	31.107	0,770	239,5	0,130	40,4

Groß angelegte Restmüllsortieranaysen, welche 2018 auf Landesebene in ganz Österreich durchgeführt wurden, bekräftigen die Projektergebnisse (u.a. [12, 14, 15]).

Die an sich geringen Batteriegehalte zeigen jedoch auch, dass die in der Abfallwirtschaft übliche massenbezogene Betrachtung von Stoffströmen dem Problem absolut nicht gerecht wird. Vielmehr bedarf es im Hinblick auf eine fundierte Risikoanalyse bzw. -bewertung einer partikelbezogenen Betrachtungsweise (Tabelle 4).

Tabelle 4: In Sortieranaysen erhobene Gehalte und Mengen an Gerätebatterien bzw. Lithiumbatterien (Forschungsprojekt BAT-SAFE)

Abfallströme	Abfall- aufkommen 2016	Geräte- batterien	Geräte- batterien 2016	Lithium- batterien	Lithium- batterien 2016
	t	Stk./t	Stk.	Stk./t	Stk.
Restmüll	1.436.700	20	28.734.000	1	1.436.700
Leichtverpackungen	156.700	14	2.193.800	0,8	125.360
Metallverpackungen	30.000	33	990.000	1	30.000
Elektrokleingeräte	31.107	85	2.644.095	12	373.284

### 3. Risikoanalyse und Risikobewertung

Zur Bewertung des Risikos, das von Gerätebatterien in abfallwirtschaftlichen Systemen ausgeht, wurde im Zuge des Projektes BAT-SAFE ein Rechenmodell entwickelt, worin im Projektverlauf ermittelte, untersuchte bzw. abgeschätzte Einflussgrößen einfließen. Das sind einerseits alle Faktoren, die Einfluss darauf haben, ob sich gefährliche Batterien im Abfallstrom befinden, wie etwa

- der Gehalt an Gerätebatterien im Stoffstrom,
- die Zusammensetzung dieser Gerätebatterien,
- deren (durchschnittlicher) Ladezustand oder
- deren Energiegehalt,

und andererseits die Faktoren, die Einfluss darauf haben, ob Batterien im abfallwirtschaftlichen System auf kritische Art und Weise beschädigt werden,

- wie etwa die Anzahl aber auch die Intensität mechanischer Beschädigungen oder
- die Größe und Form der Gerätebatterien.

Das Modell errechnet eine relative Risikozahl für einen abfallwirtschaftlichen Prozess bzw. ein abfallwirtschaftliches System, mit der Einheit *potenzielle Brandereignisse pro Jahr*. Damit kann das Risiko für unterschiedliche abfallwirtschaftliche Prozesse bzw. Systeme dargestellt, verglichen, aber auch dessen zeitlicher Verlauf nachvollzogen bzw. prognostiziert werden.

Beispielhaft für das österreichische Bundesland Steiermark ist das Ergebnis in Tabelle 5 vergleichend für die Abfallströme Restmüll und Leichtverpackungen (LVP) auf Systemebene dargestellt. Dabei werden die unterschiedlichen Prozesse der abfallwirtschaftlichen Wertschöpfungskette (Sammlung, Transport, Lagerung und Behandlung bzw. Verwertung) analysiert und hinsichtlich deren Risikopotentiale bewertet. Eine Hochrechnung auf ganz Österreich würde der Vielzahl und Diversität der vorhandenen Behandlungsanlagen nicht gerecht werden.

Tabelle 5: Vergleich des Risikopotenzials auf Systemebene für Restmüll und Leichtverpackungen (LVP) für das Bundesland Steiermark (Österreich)

Risikobewertung	Einheit	Restmüll Hochrechnung für 2016	Restmüll Vorhersage für 2020	LVP Hochrechnung für 2016	LVP Vorhersage für 2020
Abfallaufkommen Steiermark	t	156.000	160.000	28.725	29.500
Risikopotenzial der Sammlung	potenzielle Brandereignisse / a	89	183	12	23
Risikopotenzial der Behandlung [potenzielle Brandereignisse/a]	potenzielle Brandereignisse / a	634	1.300	39	75

Eines der wesentlichsten Ergebnisse dieser Risikoanalyse und -bewertung ist, dass das Risikopotenzial, das von Gerätebatterien in abfallwirtschaftlichen Systemen ausgeht, am stärksten vom Anteil an Lithiumbatterien im betrachteten Abfallstrom und von der Anzahl und der Intensität potenzieller Beschädigungen [6] abhängt. Nach eingehenden Untersuchungen wird davon ausgegangen, dass Veränderungen anderer Einflussgrößen, wie etwa der durchschnittliche Ladezustand, nur in geringerem Maße Einfluss auf das Risikopotenzial haben.

Für den Restabfall ist somit zu erwarten, dass sich das Risiko im Betrachtungszeitraum (von 2016 bis 2020) verdoppelt. Da vor allem zukünftige Veränderungen in der Aufbereitungstechnik und deren qualitativer und quantitativer Einfluss auf das Risikopotenzial nur schwer vorherzusagen sind, ist eine Vorhersage der mittel- bis langfristigen zukünftigen Risikoentwicklung schwierig. Wird alleine die Entwicklung des Anteils an Lithiumbatterien im Restabfall betrachtet, kann von einer Verdreifachung des Risikos bis etwa 2024 ausgegangen werden.

#### 4. Brandursachen und Brandereignisse

Die zunehmende Anzahl an Bränden in abfallwirtschaftlichen Anlagen, die durch Batterien ausgelöst werden, ist in ihrer Gesamtheit nur schwierig darzustellen. Das hat mehrere Gründe, denn einerseits gibt es weder in Deutschland noch in Österreich eine

einheitliche und zentrale Erfassung oder Kategorisierung von Brandursachen in dieser Branchentiefe. Andererseits sind abfallwirtschaftliche Brandursachen im Allgemeinen und Batterien als Brandursache im Speziellen oft schwierig zu ermitteln [9, 10].

Daher muss sich dieser unbekanntem Grundgesamtheit schrittweise genähert werden. In einer quantitativen Untersuchung der öffentlich bekannten Brandereignisse in Österreich (im Zeitraum 2007 bis 2017) konnte das deutlich gezeigt werden, was auch internationale Vergleichsdaten aus Großbritannien, Schweden und Deutschland (NRW und Sachsen) nahelegen – steigende Zahlen bei Brandereignisse in Abfallwirtschaft, Entsorgung und Recycling [10].

Mit mehreren prototypischen infrarotbasierten Branddetektions- und Löscheinrichtungen, welche über dem Austragsförderband von Zerkleinerungsaggregaten installiert wurden, konnten in kürzester Zeit sehr interessante Ergebnisse gesammelt und die Brandgefährlichkeit von Batterien in Aufbereitungsprozessen unterschiedlicher Abfallströme eindrucksvoll gezeigt werden. In den beiden Aufbereitungsanlagen kommt es durch das neue System mehrmals täglich zu Alarmierungen durch temperaturbedingte Schwellwertüberschreitungen. Dabei werden je nach Aufbereitungsanlage zwischen 50 und 95 % der Alarmierungen durch Batterien ausgelöst [13].

In Bild 2 sind die Ergebnisse zu den erhobenen Brandereignissen in Österreich grafisch dargestellt. Einerseits stellen die 285 ermittelten (öffentlich bekannten) Brände die sprichwörtliche Spitze des Eisberges dar. Laut Angaben von Anlagenbetreibern beträgt das Verhältnis von öffentlich bekannten Brandereignissen und jenen, die betriebsintern gelöscht werden können zumindest eins zu fünf. Daraus lässt sich schließen, dass im Hinblick auf die unbekanntem Grundgesamtheit – in Österreich (im Zeitraum von 2007 bis 2017) zumindest mit 1.500 Brandereignissen zu rechnen ist.

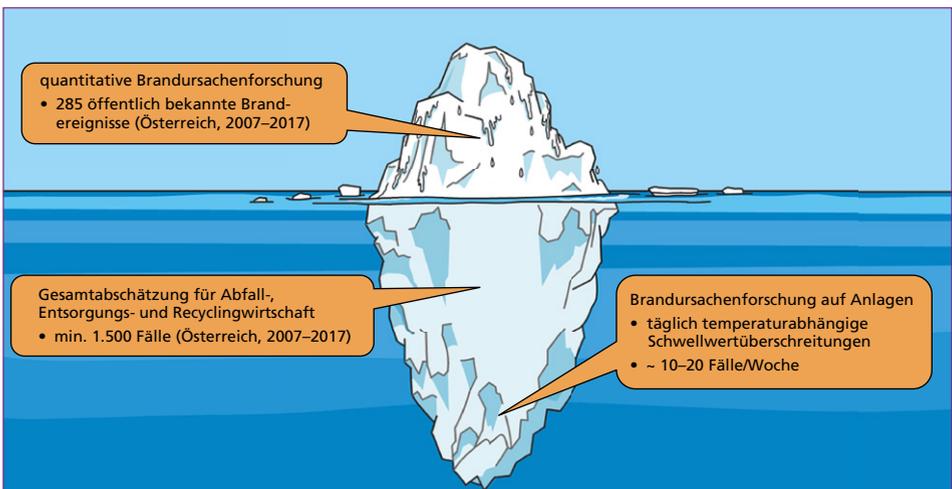


Bild 2: Abschätzung der Brandereignisse in abfallwirtschaftlichen Anlagen in Österreich

Andererseits stellen die über neue Detektionssysteme erkennbaren temperaturbedingten Schwellwertüberschreitungen die Basis des Eisberges dar, da unklar bleibt, wie viele davon tatsächlich zu einer Brandentstehung führen bzw. einen Brand auslösen würden. Eine aus diesen vorläufigen Erhebungsdaten hochgerechnete Anzahl potenzieller Brandereignisse wäre um zumindest eine Zehnerpotenz höher als die oben abgeschätzte Grundgesamtheit.

## 5. Versicherbarkeit von Anlagen

Als eine Folge dieser *brandgefährlichen* Entwicklung ziehen sich Versicherungsgesellschaften teilweise oder vollständig aus der Branche der Abfall- und Ressourcenwirtschaft zurück.

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass vor etwa 20 Jahren in der (österreichischen) Holzindustrie ein ähnlichen Trend beobachtet und später erfolgreich bekämpft werden konnte. Damals gab es eine starke Häufung von Brandereignissen in holzverarbeitenden Anlagen (u.a. klassische Sägewerke), mit der Folge, dass sich einerseits das durchschnittliche Schadensvolumen, andererseits auch die Anzahl der Schadensereignisse massiv erhöhte.

Abgesehen von den ursächlichen kausalen Zusammenhängen ist die damalige Situation in der Holzwirtschaft gut mit der aktuellen Brandproblematik in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft vergleichbar. Denn auch letztere zeichnet sich durch einen Anstieg des durchschnittlichen Schadensvolumens bei gleichzeitigem Anstieg der absoluten Schadensereignisse aus. Eine Entwicklung, die nicht ohne Folgen für die entsprechenden Versicherungsgesellschaften bleibt und sich massiv auf deren durchschnittliche Schadensquote auswirkt.

So kamen laut Angaben von Versicherungsvertretern in den letzten Jahren auf Prämieinnahmen von 100 Euro Schadensauszahlungen in der Höhe von 200 bis 300 Euro. Die Schäden ziehen sich dabei durch alle Betriebsgrößen und sind sowohl im Bereich des Sachwertschadens als auch im Bereich des Betriebsunterbrechungsschadens hoch [4].

Die Versicherungswirtschaft reagierte darauf mit drei unterschiedlichen Maßnahmen:

1. einer Prämienerrhöhung zur direkten einnahmenseitigen Verbesserung der Schadensquote. Neben Neuabschlüssen waren davon in den letzten Jahren vor allem, aber nicht ausschließlich Betriebe mit aktuellen Schadensfällen betroffen;
2. der Einführung bzw. starken Erhöhung von Selbsthalten, um die Anzahl der versicherungswirksamen Schadensereignisse zu reduzieren und damit direkt eine ausgabenseitige Verbesserung der Schadensquote zu erreichen. Selbsthalte in der Größenordnung von 500.000 Euro und mehr sind in der Branche mittlerweile keine Seltenheit; sowie
3. Nachforderungen von Maßnahmen im Bereich des vorbeugenden (baulichen und technischen) Brandschutzes, um das Eintrittsrisiko von Brandereignissen zu reduzieren und somit eine indirekte Verbesserung der Schadensquote zu erreichen.

Darüber hinaus kam es aber auch dazu, dass sowohl Erstversicherungs- als auch Rückversicherungsgesellschaften begannen sich teilweise oder vollständig aus der Branche der Abfall- und Ressourcenwirtschaft zurückzuziehen [4].

## 6. Lösungsansätze und Gegenmaßnahmen

Dieses Kapitel umfasst einerseits mögliche Lösungsansätze direkt in Bezug auf das *brandaktuelle* Thema der Lithium-Ionen-Batterien, andererseits aber auch allgemeinere Gegenmaßnahmen, die vorwiegend im vorbeugenden Brandschutz zu verortet sind.

### 6.1. Batterien

Im Hinblick auf ein verbessertes Management von Altbatterieströmen muss das übergeordnete Ziel sein, diese Batterien aus den verschiedenen Abfallströmen heraus zu bekommen und stattdessen getrennt zu erfassen. Das erfordert nicht zuletzt der Brandschutz, sondern bereits die Vermeidung von Schadstoffkontaminationen durch in Batterien enthaltenen Substanzen (zumeist Schwermetalle) und die Ziele einer ressourceneffizienten Abfall- bzw. Kreislaufwirtschaft.

Neben den bestehenden kommunalen Sammelsystemen ist es daher erforderlich, die Batteriesammlung über den Handel zu intensivieren und auszuweiten. Die Rücknahme- bzw. Sammelsysteme des Einzelhandels sind zwar erprobt und haben sich zu Erreichung der Sammelquote bewährt, jedoch wirken sie angesichts stagnierender Sammelmengen und der aktuellen Entwicklungen nicht mehr zeitgemäß und bedürfen einer Attraktivierung. Hersteller und Inverkehrsetzer sind im Sinne der erweiterten Produzentenverantwortung gleichermaßen angehalten, mehr und öffentlichkeitswirksame Maßnahmen zu treffen, ehe die zuständigen Behörden im Angesicht steigender Brandzahlen neue gesetzliche Maßnahmen ergreifen.

### 6.2. Brandschutz

Aus der Sicht eines umfassenden abfall- und ressourcenwirtschaftlichen Brandschutzkonzeptes bedarf es einerseits Lösungen für sicherheitstechnische Risiko-Hot-Spots in Anlagen und andererseits Maßnahmen, die das große Ganze im Fokus haben.

In den letzten Jahren etablierten sich spezielle auf Branchenbedürfnisse zugeschnittene Detektions- und Löschsysteme, einerseits zum Schutz der gesamten Betriebsanlage, andererseits auch zum individuellen Objektschutz (u.a. [11]).

Darunter fällt auch das neue Feuer Präventionssystem (FPS) der Fa. Lindner Recyclingtech, das über einem Infrarotsensor, der Hitzequellen über einem definierten Schwellwert am Förderband nach dem Shredder erkennt, und einen darauf folgenden Kühlvorgang mittels Wasserdüsen einleitet. Ein zweiter Infrarotsensor bringt zusätzliche Sicherheit indem er den Kühlerfolg kontrolliert, im Bedarfsfall die Anlage stoppt und Alarm auslöst, während die letzte Wasserdüse weiter kühlt [5].

Im Hinblick auf die Verbesserung und Weiterentwicklung von sicherheitstechnischen Maßnahmen in der Abfall- und Ressourcenwirtschaft gibt es mittlerweile eine Fülle an bestehender Literatur. Eine überblickshafte Zusammenstellung dazu bietet [9].

Darüber hinaus hat der Verband österreichischer Entsorgungsbetriebe (VOEB) in einem Arbeitskreis zum Thema Brandschutz in Zusammenarbeit mit dem Versicherungsverband Österreich VVO die neue Leitlinie *Brandschutz für Abfall- und Ressourcenwirtschaftsbetriebe* entwickelt und herausgegeben, die den Stand der Technik widerspiegeln und aktuelle brandschutztechnische Erkenntnisse inkludieren soll. Das dreiteilige Konvolut besteht aus:

- a. der *Leitlinie*, dem eigentlichen Hauptdokument [16],
- b. einer *Risikoeinstufung von Abfällen in Abhängigkeit ausgewählter Eigenschaften* [7] und
- c. einer *Maßnahmenmatrix*, in der die zu setzenden Brandschutzmaßnahmen in Abhängigkeit der Risikoklassen dargestellt sind [17].

### 6.3. Versicherungstechnische Handlungsempfehlungen

Die mitunter verheerenden und weitreichenden Auswirkungen von aktueller abfallwirtschaftlicher Brandereignisse und der zunehmende Druck der Versicherungsgesellschaften haben bewirkt, dass es in der Branche zu einem Umdenken aus sicherheits- und brandschutztechnischer Sicht kommt. Ein Umdenken, das in anderen Industriezweigen bereits mitunter schon vor Jahrzehnten stattgefunden hat (vgl. Industrieunfälle von Flixborough 1974, Seveso 1976, Basel 1986 u.v.m.).

Dazu gehört auch die grundlegende konzeptionelle Herangehensweise, eine abfallwirtschaftliche Anlage sicherheits- und insbesondere brandschutztechnisch so sicher auszustatten, als wäre diese gar nicht versichert. Denn nur dann ist auch davon auszugehen, dass bauliche, technische und / oder organisatorische Schutzmaßnahmen zu einer wesentlichen Risikoreduktion beitragen und lediglich ein akzeptable Restrisiko vom Sachversicherer getragen wird.

Die Erfahrungen aus Schadensfallanalysen haben auch gezeigt, dass Anlagenbetreiber oft zu wenig Bewusstsein für Änderungsrisiken haben, welche über die Jahre durch Änderungen oder Anpassungen in der Betriebsart oder Anlagenführung entstehen können [4]. Daher ist es dringend zu empfehlen, allfällige geplante Änderungen, die Betriebsart, Betriebsablauf oder Anlagenführung betreffen, auch mit dem jeweiligen Sachversicherer abzusprechen.

Weiterhin hat sich nach einigen Schadensfällen herausgestellt, dass oft kein ausreichender Versicherungsumfang hinsichtlich Betriebsunterbrechungen vorhanden ist. Insbesondere nach Großschäden bzw. Totalverlusten reichen die vertraglich vereinbarten Betriebsunterbrechungszeiträume oft nicht aus, mit der möglicherweise schwerwiegenden Folge, dass Anlagenbetreiber, trotz bestehendem Versicherungsschutz einem erheblichen unternehmerischen Risiko ausgesetzt sind.

## 7. Fazit

Lithiumbatterien, allen voran Lithium-Ionen-Batterien, bergen im End-of-Life eine Fülle an Gefahren für abfallwirtschaftliche Prozesse und Anlagen in sich, insbesondere, wenn diese als Fehlwürfe in andere Sammelsysteme gelangen. Das Risiko ist einerseits stark abhängig vom Anteil der Batterien im betroffenen Abfallstrom, differenziert sich andererseits abhängig von den Behandlungs- und Aufbereitungsprozessen, die dieser Abfallstrom durchläuft.

Das nach dem BAT-SAFE-Risikomodell berechnete Risikopotenzial von Gerätebatterien in abfallwirtschaftlichen Systemen kann die große Diskrepanz zwischen der Anzahl der im Projekt erhobenen bzw. abgeschätzten Brandereignissen und der Anzahl temperaturbedingter Schwellwertüberschreitungen bedingt erklären. Unter der Berücksichtigung, dass nicht aus jeder detektierten Schwellwertüberschreitung ein tatsächlicher Brand entsteht, liegen die Ergebnisse des Risikomodells und die anlagenbezogenen Realdaten in einem vergleichbaren, wenngleich erschreckend hohem Bereich.

Betreiber abfallwirtschaftlicher Anlagen haben in zunehmendem Maße mit Verschärfungen von Versicherungskonditionen zu kämpfen, mitunter droht ihnen sogar die Unversicherbarkeit. Jedoch gibt es vor allem auf brandschutztechnischer Ebene einige vielversprechende neue Entwicklungen, die ein hohes Potenzial aufweisen, um zur Bewältigung der aktuellen Herausforderungen beizutragen.

## 8. Quellen

- [1] Arnberger, A.; Coskun, E.; Rutrecht, B.: Recycling von Lithium-Ionen-Batterien. In: Thiel, S.; Thomé-Kozmiensky, E.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 11. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2018, S. 583-599.
- [2] Bruns, S.; Dinse, M.: Brandschutz im Umgang mit gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien im Recyclingbetrieb. In: Thiel, S.; Thomé-Kozmiensky, E.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 11. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2018, S. 603-613.
- [3] Fleischhacker, M.; Döring, H.: Chemische Sicherheit. In: Korthauer [Hrsg.]: Handbuch Lithium-Ionen-Batterien. Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2013.
- [4] Königsberger, P.: Risikotechnik – Wechselwirkung zwischen Versicherung und Unternehmen. VOEB-Veranstaltung Versicherbarkeit der Abfall- & Ressourcenwirtschaft – Vorstellung der Leitlinie für den Brandschutz. FH Campus Wien, 7.11.2019.
- [5] Lindner-Recyclingtech: Feuer-Präventionssystem (FPS). Informationsbroschüre. 2019.
- [6] Nigl, T.; Baldauf, M.: Erhebung des Beschädigungsgrades von Gerätebatterien in abfallwirtschaftlichen Systemen. ÖWAV-Tagung *Österreichische Abfallwirtschaftstagung 2019 – Vom Wert- zum Werkstoff. Die Umsetzung des EU-Kreislaufwirtschaftspakets in Österreich*, Eisenstadt, 15.-16.05.2019. ISBN: 978-3-903149-89-2.
- [7] Nigl, T.; Pomberger, R.: Brandschutz für Abfall- und Ressourcenwirtschaftsbetriebe – Risikoeinstufung von Abfällen in Abhängigkeit ausgewählter Eigenschaften. Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, Montanuniversität Leoben, 7.11.2019. Zuletzt abgerufen am 01.12.2019 unter <https://www.voeb.at/service/voeb-blog/detail/show-article/veranstaltung-brandschutz-versicherbarkeit-der-abfall-und-ressourcenwirtschaft/>.
- [8] Nigl, T.; Pomberger, R.: Ergebnisse des Projektes BAT-SAFE zur Gefahrenquelle Lithiumbatterien. Fachinformationstag Abfallwirtschaft für steirische Wirtschaftsbetriebe *Aktuelles zum Abfallrecht und Abfallmanagement*, Graz, 11.11.2019.

- [9] Nigl, T.; Pomberger, R.: Brandgefährliche Abfälle – Über Risiken und Strategien in der Abfallwirtschaft. Konferenzbeitrag zur Recy & DepoTech 2018. 7.-9. November 2018, Montanuniversität Leoben.
- [10] Nigl, T.; Rübenauber, W.; Pomberger, R.: Cause-Oriented Investigation of the Fire Incidents in Austrian Waste Management Systems. Detritus, 2019, available in Press: DOI 10.31025/2611-4135/2019.13872.
- [11] Orglmeister, A.: Brandrisiken in Abfallaufbereitungsanlagen minimieren – Brandfrüherkennung und automatisches Löschen. In: Thiel, S.; Thomé-Kozmiensky, E.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 11. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2018, S. 615-624.
- [12] Pulswerk: Restabfallanalyse Oberösterreich 2018/2019. Zuletzt abgerufen am 01.12.2019 unter [https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt\\_US/US\\_Restabfallanalyse\\_OOE\\_2018\\_2019.pdf](https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_US/US_Restabfallanalyse_OOE_2018_2019.pdf).
- [13] Säumel, A.: Neue Erkenntnisse und Maßnahmen beim Brandschutz. VOEB-Veranstaltung Versicherbarkeit der Abfall- & Ressourcenwirtschaft – Vorstellung der Leitlinie für den Brandschutz. FH Campus Wien, 7.11.2019.
- [14] Technisches Büro Hauer: Analysen des Restabfalls in Tirol 2018/19. Zuletzt abgerufen am 01.12.2019 unter [https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/abfallwirtschaft/downloads/tiroler\\_restmuellanalyse\\_2018\\_2019.pdf](https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/abfallwirtschaft/downloads/tiroler_restmuellanalyse_2018_2019.pdf).
- [15] Technisches Büro für Umweltschutz: Restmüllanalysen im Land Steiermark 2018/19. Zuletzt abgerufen am 01.12.2019 unter [http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/12737874\\_152083829/b3ad7d9f/Restm%C3%BCllanalysen%20Steiermark%202018\\_19%20Endbericht.pdf](http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/12737874_152083829/b3ad7d9f/Restm%C3%BCllanalysen%20Steiermark%202018_19%20Endbericht.pdf).
- [16] Verband Österreichischer Entsorgungsbetriebe; Versicherungsverband Österreich (2019) Brandschutz für Abfall- und Ressourcenwirtschaftsbetriebe – Leitlinie. VOEB, Wien, 7.11.2019. Zuletzt abgerufen am 01.12.2019 unter <https://www.voeb.at/service/voeb-blog/detail/show-article/veranstaltung-brandschutz-versicherbarkeit-der-abfall-und-ressourcenwirtschaft/>.
- [17] Verband Österreichischer Entsorgungsbetriebe: Brandschutz für Abfall- und Ressourcenwirtschaftsbetriebe – Maßnahmenmatrix. VOEB, Wien, 7.11.2019. Zuletzt abgerufen am 01.12.2019 unter <https://www.voeb.at/service/voeb-blog/detail/show-article/veranstaltung-brandschutz-versicherbarkeit-der-abfall-und-ressourcenwirtschaft/>.

## Ansprechpartner



**Dipl.-Ing. Thomas Nigl**  
Montanuniversität Leoben  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft  
Franz-Josef-Straße 18  
8700 Leoben, Österreich  
+43 3842 402-5124  
[thomas.nigl@unileoben.ac.at](mailto:thomas.nigl@unileoben.ac.at)



**Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Roland Pomberger**  
Montanuniversität Leoben  
Lehrstuhlleiter  
Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft  
Franz-Josef-Straße 18  
8700 Leoben, Österreich  
+43 3842 402-5150  
[roland.pomberger@unileoben.ac.at](mailto:roland.pomberger@unileoben.ac.at)

# LINDNER

FEUER-PRÄVENTIONSSYSTEM (FPS)

# EINFACH COOL BLEIBEN.

So geht man auf Nummer sicher: Die moderne Out-of-the-box-Lösung Lindner FPS erkennt und kühlt vollautomatisch überhitzte Partikel im Materialstrom direkt am Austragsband und beugt so effektiv möglichen Brandherden vor.

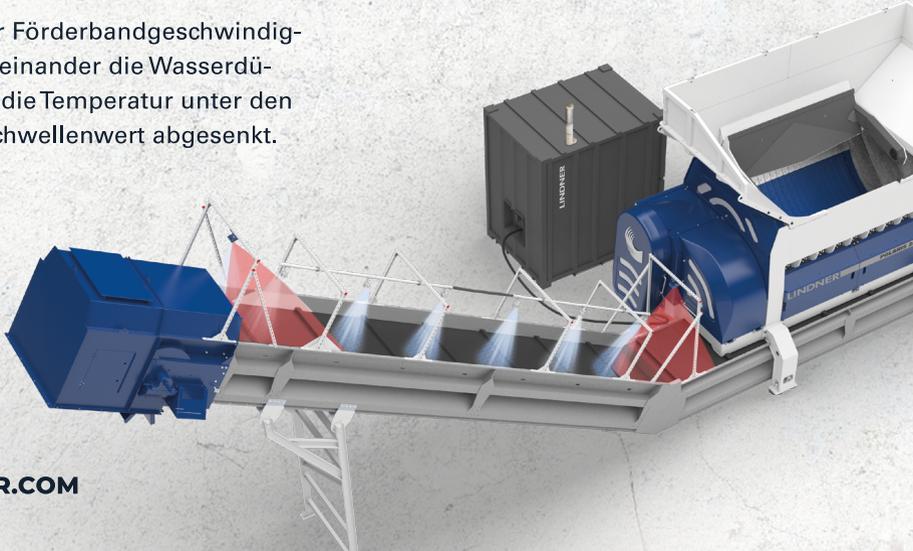
## AKTIVE HITZE-ERKENNUNG & AUTOMATISIERTES ABKÜHLEN

Zur Vermeidung möglicher Brandherde erfasst der IR-Sensor die Temperatur der Abfallströme am Förderband direkt nach dem Shredder. So werden überhitzte Partikel zuverlässig erkannt und der Kühlprozess ausgelöst.

Entsprechend der Förderbandgeschwindigkeit werden nacheinander die Wasserdüsen aktiviert und die Temperatur unter den vorgegebenen Schwellenwert abgesenkt.

## SICHERHEIT DANK KONTROLLSENSOR

Die 2. Sensoreinheit am oberen Ende des Austragsbands bringt zusätzliche Sicherheit. Sollte die Temperatur zu hoch sein, wird die Hitzequelle automatisch unter der letzten Wasserdüse angehalten, der Shredder gestoppt und Alarm ausgelöst.



[WWW.LINDNER.COM](http://WWW.LINDNER.COM)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Olaf Holm • Elisabeth Thomé-Kozmiensky • Daniel Goldmann • Bernd Friedrich (Hrsg.):

**Recycling und Sekundärrohstoffe – Band 13**

ISBN 978-3-944310-51-0 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Olaf Holm  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2020

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Olaf Holm

Erfassung und Layout: Janin Burbott-Seidel, Martin Graß, Cordula Müller,  
Claudia Naumann-Deppe, Sarah Pietsch, Roland Richter,  
Gabi Spiegel, Ginette Teske, Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Druck: Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.