

Vertiefende Ursachenermittlung zu Brandereignissen in der österreichischen Abfall-, Entsorgungs- und Recyclingwirtschaft

T. Nigl, T. Bäck & R. Pomberger

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

KURZFASSUNG: Die österreichische Abfall-, Entsorgungs- und Recyclingwirtschaft (AbER) steht in den letzten Jahren vor der zunehmend größer werdenden Herausforderung rasant steigender Brandstatistiken. In diesem Beitrag werden 559 Brandereignisse aus österreichischen AbER-Unternehmen der letzten zwölf Jahre (2007–2019) untersucht. Diese vertiefende Ursachenermittlung bestätigte wesentliche Risikobereiche in Lagerungsbereichen und Zerkleinerungsaggregaten und identifizierte darüber hinaus weitere spezifische Brandcharakteristika. Die durchgeführte Bewertung öffentlich verfügbarer Datensätze durch betriebsinterne Vergleichsdatsätze konnte die Richtigkeit der erhobenen Daten zu Brandereignissen in hohem Maße bestätigen und sowohl Datenqualität und Aussagekraft absichern.

1 EINLEITUNG

Die österreichische Abfall-, Entsorgungs- und Recyclingwirtschaft steht in den letzten Jahren vor der zunehmend größer werdenden Herausforderung rasant steigender Brandstatistiken. Diese Entwicklung ist jedoch kein rein nationales Phänomen – quer durch Europa und Nordamerika werden über steigende Brandzahlen bzw. Veränderung im Brandverhalten in abfallwirtschaftlichen Betriebsanlagen berichtet. Insbesondere in Ländern wie Österreich und Deutschland, welche sich durch eine hohe Aufbereitungstiefe von Abfällen auszeichnen, sind die Fallzahlen auf hohem Niveau und weiter steigend.

Gleichzeitig gibt es in der Branche große Bestrebungen und teils enorme Investitionen, um dieser fatalen Entwicklung entgegenzuwirken. So konnte einerseits durch die wissenschaftliche Erfassung und Auswertung von Brandereignissen (u.a. Fogelman 2018, Nigl et al. 2019, Nigl & Pomberger 2020) das Bewusstsein in Unternehmen, Interessensvertretungen und Bevölkerung erhöht werden. Andererseits wurden beispielsweise in Österreich neue brandschutztechnische Leitlinien entworfen (VOEB & VVS 2019), um den Stand der Technik im Brandschutz und Mindestanforderungen für die brandschutztechnische Umsetzung zu definieren.

Dieser Beitrag setzt die von Nigl et al. (2019) begonnene systematische Erhebung von Brandereignissen in der österreichischen Abfall-, Entsorgungs- und Recyclingwirtschaft (AbER) fort. Das mittelfristige Ziel ist, ein permanentes Monitoring für Brandereignisse aus AbER-Unternehmen und somit eine evidenzbasierte Entscheidungsgrundlage für künftige Brandschutzmaßnahmen aufzubauen. Die Datengrundlage soll dabei langfristig Basis eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses sein und gleichzeitig die Maßnahmen und deren Wirksamkeit evaluieren.

Die Ziele der Arbeit sind einerseits die Überprüfung der aus öffentlich verfügbaren Quellen erhobenen Daten auf Richtigkeit bzw. Plausibilität (qualitative Verbesserung der bestehenden Datenlage); andererseits die Erhebung weiterer Brandereignisse und damit eine quantitative Verbesserung der bestehenden Datenlage.

2 METHODIK

Die Vorgehensweise dieser (zweiten) Erhebungsphase zu Brandereignissen im Erhebungszeitraum 2 (EZ 2: 11/2017–10/2019), welche aus öffentlich verfügbaren Informationen erhoben wurden, basierte großteils auf der Methodik der Vorstudie (EZ 1: 11/2007–10/2017; Nigl et al. 2019). Im Folgenden werden die methodischen Erweiterungen beschrieben.

2.1 Erhebung und Untersuchung von Brandereignissen öffentlich verfügbarer Quellen

Im Zuge der Erhebung wurden die öffentlich verfügbaren Daten (ÖV) zu jedem einzelnen Brandereignis mit den betriebsinternen Daten (BI) abgeglichen bzw. in einem weiteren Datensatz zusammengeführt (ÖV+BI).

2.2 Erhebung und Untersuchung von Brandereignissen betriebsinterner Quellen

In einer dritten Erhebungsphase für den gesamten Zeitraum EZ 1 und EZ 2 (2007–2019) wurden die betroffenen Unternehmen, welchen Brandereignisse konkret zugeordnet werden konnten, kontaktiert und um zu innerbetrieblichen Informationen zu den Brandereignissen gebeten.

Um einen möglichst unverfälschten und vollständigen Vergleich der Datensätze gewährleisten zu können, wurde die übermittelten Referenzdaten auf ein Minimum beschränkt. Dieses enthielt das Datum, den Ort und das zugeordnete Unternehmen. Dadurch wurde einerseits die richtige Datierung, andererseits die richtige Zuordnung überprüft. Die weiteren abgefragten Parameter (Variablen) waren:

- Uhrzeiten (Brandmeldung bzw. Brandaus),
- (betroffene/s) Anlage/Aggregat,
- (betroffene) Abfallfraktion/Abfallart,
- Brandursache,
- Schadensausmaß und
- Anzahl der Verletzten.

2.3 Evaluierung der Erhebungsqualität durch betriebsinterne Daten

Der Vergleich öffentlich verfügbarer und betriebsinterner Datensätze zu Bewertung der Datenqualität von EZ 1 und 2 basierte auf der in Tab. 1 genannten Bewertungskategorien.

Tab. 1: Bewertungskategorien der Evaluierung.

Bewertungskategorie	Beschreibung
<i>richtig</i>	volle Übereinstimmung gegeben, kein Bedeutungswandel in der Terminologie
<i>eher richtig</i>	Übereinstimmung gegeben, geringer Bedeutungswandel in der Terminologie (ohne Auswirkungen auf Auswertung und Ergebnis)
<i>eher falsch</i>	kaum Übereinstimmung, großer Bedeutungswandel in der Terminologie (mit geringen Auswirkungen auf Auswertung und Ergebnis)
<i>falsch</i>	(absolut) keine Übereinstimmung gegeben

Diese Differenzierung wurde gewählt, da eine einfache binäre Beurteilung mit *richtig* und *falsch* den teils enormen terminologischen Unterschieden, die es einerseits in der Branche als auch in der medialen Berichterstattung gibt, nicht gerecht würde (vgl. Nigl

et al. 2019). Die dadurch gewonnenen Daten wurden anonymisiert auf Unternehmensebene und gesamtheitlich prozentuell ausgewertet und mit den vorab definierten Zielwerten verglichen. Letztere waren:

- Unternehmensbetrachtung: *richtig* $\geq 65\%$, *richtig + eher richtig* $\geq 75\%$
- Gesamtbetrachtung: *richtig* $\geq 70\%$, *richtig + eher richtig* $\geq 80\%$

3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Insgesamt konnte durch die beiden neuen Erhebungsphasen die Anzahl der erhobenen Brandereignisse im gesamten Betrachtungszeitraum von Anfang November 2007 bis Ende Oktober 2019 auf 559 Fälle erhöht werden.

3.1 Auswertung von Brandereignissen

Die folgende Datenauswertung beinhaltet die Brandereignisse (BE) von allen drei Erhebungsphasen und zwar in den folgenden drei Kombinationen:

- BE basierend auf Daten öffentlich verfügbarer Quellen (ÖV, n=358),
- BE basierend auf Daten betriebsinterner Quellen (*BI_neu*, n=101) und
- BE basierend auf Daten öffentlich verfügbarer und betriebsinterner Quellen (ÖV+*BI*, n=100)

Die zeitliche Verteilung der Brandereignisse zeigt, dass diese nach wie vor stark ansteigen (Abb. 1), obwohl es in der Branche seit Jahren erhebliche brandschutztechnische Investitionen gibt. Die hohen Zuwächse sind zum Teil aber auch der Erhebung betrieblicher Daten geschuldet, welche in den seltensten Fällen bis an den Beginn des EZ 1 zurück reichen. Der ungebremsste Anstieg macht aber auch deutlich, dass durch bisher ergriffene Maßnahmen noch keine Trendumkehr erwirkt werden konnte.

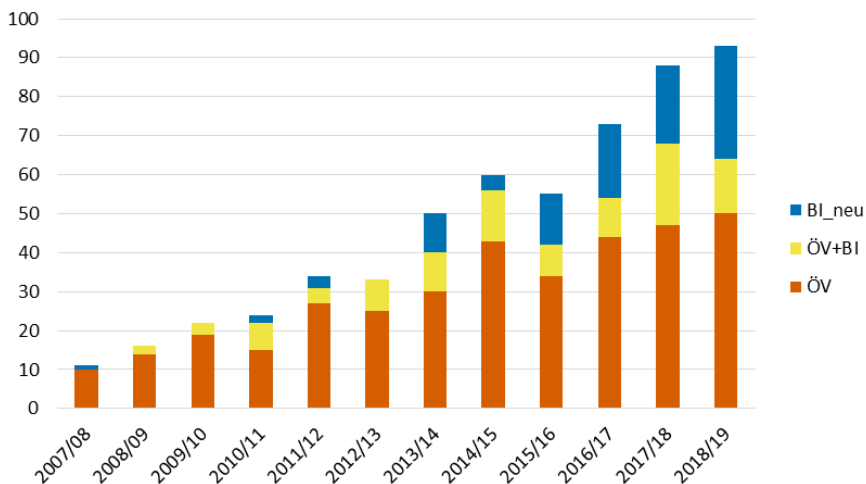


Abb. 1: Zeitliche Verteilung der Brandereignisse von EZ 1 und EZ 2 (n=559).

Die in Nigl et al. (2019) präsentierte Häufung von Brandereignissen in der warmen Jahreshälfte (März bis August) zeigt sich auch in der Auswertung der aktuellen Daten. Der Erklärungsansatz über die erhöhte mikrobiologische Aktivität – als Folge klimatisch bedingter Temperatur- und Niederschlagsmaxima – wird durch hohe Anteile von Brandereignissen, welche durch Selbstentzündung ausgelöst wurden, bestätigt.

Die Wahrscheinlichkeit von Brandereignissen ist mit einem Durchschnittswert von 91 BE an Wochentagen beinahe doppelt so hoch wie an Wochenendtagen (durchschnittlich 52 BE). Obwohl mit 49 von 110 nur knapp 45% der Brandereignisse in der Nachthälfte auftreten, beinhalten diese knapp 70% der Brandereignisse mit einem Schadensausmaß im sechs- oder höherstelligen Euro-Bereich.

Bei der Betrachtung der betroffenen Anlagenbereiche fällt auf, dass Lagerbereiche mit mehr als 36% am stärksten betroffen sind (Tab. 2). Im Detail ist jedoch zu beachten, dass die terminologische Abgrenzung, etwa zwischen Lager, Lagerbox, Freilager, etc. nicht ganz exakt ist.

Tab. 2: Verteilung der Brandereignisse nach betroffenen Anlagenbereichen bzw. Aggregaten.

Anlagenbereich (Aggregat)	EZ 1	EZ 2	Gesamt	[%]
Unspezifische Anlagenbereiche	48	10	58	10,4%
<i>Abfallsammelzentrum, Recyclinghof, etc.</i>	1	1	2	0,4%
<i>Aufbereitungs-, Behandlungsanlage</i>	13	3	16	2,9%
<i>EBS-Anlage</i>	4	-	4	0,7%
<i>Kompostierungsanlage</i>	1	1	2	0,4%
<i>MVA</i>	1	1	2	0,4%
<i>Sortieranlage</i>	8	-	8	1,4%
<i>Verwertungs-, Recyclinganlage</i>	11	1	12	2,1%
<i>Deponie</i>	8	2	10	1,8%
<i>Sammelstelle, Umladestation</i>	1	1	2	0,4%
Spezifische Lagerbereiche	134	71	205	36,7%
<i>Halle, Flugdachhalle</i>	3	2	5	0,9%
<i>Inputlager</i>	4	3	7	1,3%
<i>Bunker</i>	8	3	11	2,0%
<i>Abfallhaufen</i>	11	11	22	3,9%
<i>Zwischenlager</i>	8	3	11	2,0%
<i>Lager</i>	10	8	18	3,2%
<i>Lagerbox</i>	21	18	39	7,0%
<i>Lagerhalle</i>	27	6	33	5,9%
<i>Freilager</i>	16	14	30	5,4%
<i>Lagerplatz</i>	13	-	13	2,3%
<i>Outputlager</i>	6	2	8	1,4%
<i>Abfallballen, Ballenlager</i>	7	1	8	1,4%
Transportbereich	84	41	125	22,4%
<i>Großcontainer, Mulde</i>	42	18	60	10,7%
<i>Abfallcontainer</i>	20	9	29	5,2%
<i>Sammel-, Transportfahrzeug</i>	20	12	32	5,7%
<i>Radlader</i>	2	2	4	0,7%
Spezifische Anlagenbereiche	81	52	133	23,8%
<i>Anlieferung, Anlieferungshalle</i>	7	2	9	1,6%
<i>Müll-, Ballenpresse, Presscontainer</i>	9	4	13	2,3%
<i>Schredder, Shredderanlage</i>	36	28	64	11,4%
<i>mobile Schredderanlage</i>	1	3	4	0,7%
<i>Förderanlage</i>	15	10	25	4,5%
<i>Sieb, Windsichter</i>	-	1	1	0,2%
<i>Rottetunnel, Trocknungsbox</i>	1	-	1	0,2%
<i>Müllwender, Misch-, Umsetzanlage</i>	3	-	3	0,5%
<i>Elektrische Anlage</i>	3	2	5	0,9%
<i>Absaug-, Filteranlage</i>	4	-	4	0,7%
<i>Sozialräume, Waschplatz, Werkstatt</i>	2	2	4	0,7%
unbekannt	31	7	38	6,8%
Gesamt	378	181	559	100,0%

Bei spezifisch genannten Anlagenbereichen verzeichnen Brandereignisse in Schredder- und Förderanlagen relativ große Zuwächse (vgl. EZ 1 und EZ 2 in Tab. 2). Im Transportbereich stiegen die Brandzahlen bei den Sammel- und Transportfahrzeugen stark an.

In Tab. 3 ist die Verteilung der Brandereignisse nach Abfallfraktionen dargestellt. Der Anteil nicht genau zuordenbarer Abfallfraktionen ist mit knapp 30% immer noch hoch, konnte aber im Vergleich zur Vorstudie (Nigl et al. 2019) um mehr als 10 Prozentpunkte gesenkt werden. Von den identifizierten Abfallfraktionen stellen gemischte Siedlungsabfälle und ähnliche Abfälle aus Gewerbe und Industrie das größte Risiko dar.

Jene knapp 6%, welche in Tab. 3 mit *kein Abfall* genannt sind, sind auf technische Defekte zurückzuführen.

Tab. 3: Verteilung der Brandereignisse nach betroffenen Abfallfraktionen.

Abfallfraktion	EZ 1	EZ 2	Gesamt	[%]
Nicht zuordenbare Abfallfraktionen	127	43	170	30,4%
<i>Abfälle n.z.</i>	115	39	154	27,5%
<i>Gefährliche Abfälle n.z.</i>	7	3	10	1,8%
<i>Altstoffe n.z.</i>	5	1	6	1,1%
Siedlungs- & ähnliche Gewerbeabfälle	113	56	169	30,2%
<i>Restmüll</i>	61	38	99	17,7%
<i>Gewerbeabfall</i>	24	12	36	6,4%
<i>Spermmüll</i>	23	4	27	4,8%
<i>Industrie- und Gewerbeabfall</i>	5	2	7	1,3%
Weitere Abfallfraktionen	117	70	187	33,5%
<i>Metallische Abfälle</i>	30	9	39	7,0%
<i>Biogene Abfälle</i>	18	18	36	6,4%
<i>Kunststoffabfall</i>	12	9	21	3,8%
<i>Altpapier (Papier, Pappe, Karton)</i>	13	6	19	3,4%
<i>EAG, E-Schrott (ev. mit Batterien)</i>	4	9	13	2,3%
<i>Batterien</i>	8	5	13	2,3%
<i>Thermische Fraktion</i>	6	1	7	1,3%
<i>Werkstättenabfälle</i>	5	1	6	1,1%
<i>Ersatzbrennstoffe</i>	2	3	5	0,9%
<i>Altfahrzeuge</i>	3	2	5	0,9%
<i>Altfarben, Altlacke & Lackschlämme</i>	-	4	4	0,7%
<i>Alttextilien</i>	4	-	4	0,7%
<i>Schleifschlämme und -stäube</i>	3	-	3	0,5%
<i>Schredderleichtfraktion</i>	3	-	3	0,5%
<i>Altreifen & Reifenflusen</i>	1	1	2	0,4%
<i>Bauschutt, Bau- und Baustellenabfälle</i>	2	-	2	0,4%
<i>Rückstände aus mech. Behandlung</i>	2	1	3	0,5%
<i>Staub</i>	1	1	2	0,4%
kein Abfall	21	12	33	5,9%
Gesamt	378	181	559	100,0%

Tab. 4 zeigt die Verteilung der Brandursachen, welche sich an den zehn Kategorien des österreichischen Brandursachenschlüssels orientiert. Der Anteil unbekannter Brandursachen konnte im Vergleich zur Vorstudie (Nigl et al. 2019) von 75% auf 57% gesenkt werden, wobei die wesentlichsten Änderungen bei Selbstentzündung ~19% (+8 Prozentpunkte) und elektrischer Energie ~8% (+4 Prozentpunkte) auftraten. In dieser Gesamtbetrachtung ist bemerkenswert, dass Blitzschlag und Brandstiftung in

AbER-Betrieben – im Vergleich zu österreichweiten Statistiken der Brandverhütungsstellen für Gewerbe und Industrie (z.B. BVS OÖ 2019) – eine untergeordnete Rolle spielen, obwohl sie im Verhältnis zu anderen Brandursachen einfach zu ermitteln sind.

Tab. 4: Verteilung der Brandereignisse nach Brandursachen.

Brandursache	EZ 1	EZ 2	Gesamt	[%]
Blitzschlag	-	1	1	0,2%
Selbstentzündung	77	28	105	18,8%
<i>Selbstentzündung</i>	75	24	99	17,7%
<i>Chemische Reaktion</i>	1	3	4	0,7%
<i>Schmel-, Glimmbrand</i>	1	1	2	0,4%
Wärmeenergie	-	-	0	0,0%
Mechanische Energie	9	6	15	2,7%
Elektrische Energie	15	29	44	7,9%
<i>Akku, Batterie</i>	15	28	43	7,7%
<i>EAG</i>	-	1	1	0,2%
Offenes Licht und Feuer	11	10	21	3,8%
<i>Heißarbeiten, Funkenflug</i>	5	2	7	1,3%
<i>heiße Asche</i>	6	8	14	2,5%
(Behälter-)Explosion	7	10	17	3,0%
<i>Druckgaspackung</i>	5	7	12	2,1%
<i>Explosion</i>	2	3	5	0,9%
Brandstiftung	5	1	6	1,1%
<i>Brandstiftung</i>	5	-	5	0,9%
<i>Menschliches Versagen</i>	-	1	1	0,2%
Sonstige Brandursachen	20	12	32	5,7%
<i>technischer Defekt</i>	18	9	27	4,8%
<i>Rückbrand</i>	-	1	1	0,2%
<i>Folgebrand</i>	1	1	2	0,4%
<i>Staubexplosion</i>	1	1	2	0,4%
unbekannte Brandursachen	234	84	318	56,9%
Gesamt	378	181	559	100,0%

Der Vergleich von Branddauer und Schadensausmaß (in Abb. 2 beide ordinal-skaliert dargestellt) zeigt den starken Anstieg des Schadens bei steigender Branddauer.

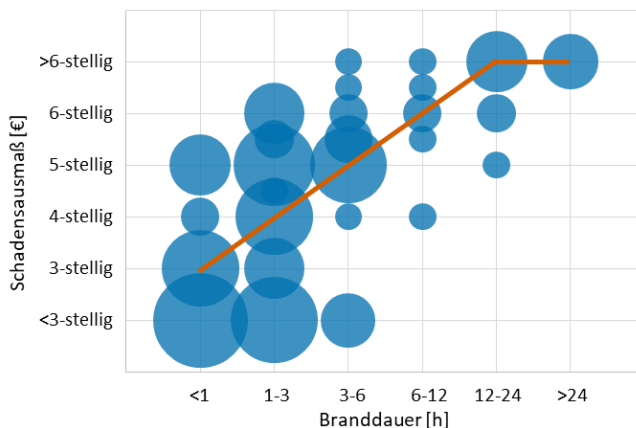


Abb. 2: Blasendiagramm zum Vergleich von Branddauer und Schadensausmaß. Die Blasengröße ist proportional zur Anzahl der Brandereignisse (n=105).

Mit der zusätzlichen Linie wurde der mittlere Schaden (Medianwert) der einzelnen Ordinalwerten der Branddauer dargestellt. Speziell zu beachten ist dabei auch die logarithmische Skalierung des Schadensausmaßes. Liegt der mittlere zu erwartende Schaden bei Bränden unter einer Stunde gerade mal im dreistelligen Euro-Bereich, so ist dieser für Brände über zwölf Stunden Dauer im siebenstelligen Euro-Bereich oder sogar noch darüber.

Da es aufgrund branchenspezifischer Rahmenbedingungen nahezu unmöglich ist, Brände in AbER-Betrieben generell zu unterbinden (Nigl & Pomberger 2018), zeigt dieser Zusammenhang umso deutlicher, wie wichtig es ist, die Branddauer im Brandfall kurz zu halten. Langfristig sind aufgrund des hohen Risikos – bedingt durch das hohe potenzielle Schadensausmaß und der steigenden Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung – eine rasche Detektion und ein konsequenter automatischer Löschangriff die wirksamsten Gegenmaßnahmen.

3.2 Evaluierung der Erhebungsqualität durch betriebsinterne Daten

Von 65 kontaktierten Unternehmen antworteten 21 mit auswertbaren Informationen zu erhobenen Brandereignissen, was einer Rücklaufquote von ~33% bezogen auf die Anzahl an Unternehmen entspricht. Elf davon übermittelten darüber hinaus Informationen zu nicht öffentlich bekannten Brandereignissen.

Durch die rückgemeldeten Informationen konnten die Datensätze von 100 Brandereignissen evaluiert werden. Das entspricht einer Rücklaufquote von ~36% bezogen auf die Anzahl der zuordenbaren Brandereignisse. Darüber hinaus konnten durch die Befragung 101 neue Brandereignisse aus dem Zeitraum 2007–2019 erhoben werden. Die hohen Rücklaufquoten sind für den gewählten Erhebungsansatz bemerkenswert und lassen schließen, dass die Kooperationsbereitschaft der Unternehmen – möglicherweise bedingt durch die prekäre Lage am Versicherungsmarkt – stark gestiegen ist (vgl. Nigl et al. 2019). Als weiterer Grund dafür wird vermutet, dass das Befragungsanschreiben im Gegensatz zum ersten Erhebungsversuch eine konkrete unternehmensbezogene Brandfallliste und die Publikation der Vorergebnisse beinhaltet. Betrachtet man die bewerteten Datensätze auf Unternehmensebene, zeigt sich, dass die Anteile *richtiger* Einträge zwischen 50 und 100% schwankten (siehe Abb. 3).

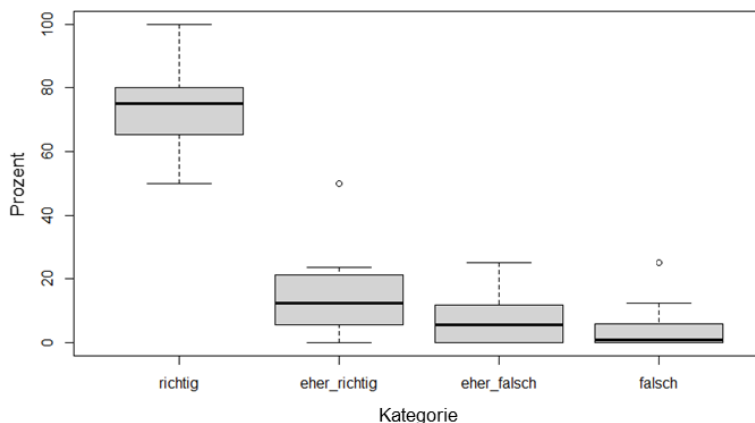


Abb. 3: Verteilung der Bewertungskategorien auf Unternehmensebene (Legende: Box-Whisker-Plot: Median, Box=25-75%, Whisker=1,5xIQA, Kreis=Ausreißer; n=21).

Die Unternehmen mit geringen Anteilen in der Kategorie *richtig* wiesen jedoch vergleichsweise hohe Anteile in der Kategorie *eher richtig* auf, wodurch diese beiden Kategorien gemeinsam in allen Unternehmen deutlich über 75% lagen.

In der Gesamtbetrachtung betrug der Anteil *richtiger* Einträge genau 75% und der Anteil *richtiger* und *eher richtiger* Einträge sogar fast 90%.

Im Hinblick auf die Zielwerte wurde somit lediglich der Wert für den Anteil *richtiger* Einträge in der Unternehmensbetrachtung ($\geq 65\%$) nicht erreicht. Da die anderen drei Werte aber deutlich über den definierten Zielwerten lagen, wird von einer hohen Datenqualität und einem geringen Einfluss der Erhebungsweise von EZ 1 und EZ 2 auf Datenqualität und Aussagekraft ausgegangen.

4 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

In dieser vertiefenden Ursachenermittlung konnten einerseits die wesentlichsten Risiko-Hotspots, wie etwa in den Bereichen Lagerung und Zerkleinerung, bestätigt werden; andererseits wurden weitere hoch relevante Brandcharakteristika identifiziert.

Allerdings wird die vorliegende quantitative Erhebung von tatsächlichen Brandereignissen dem hohen Gefahrenpotenzial von Schredder- bzw. Zerkleinerungsaggregaten nur bedingt gerecht. Stark ansteigende Auslösezahlen von Thermokameras auf Infrarot-Basis, welche temperaturbedingte Schwellwertüberschreitungen messen, zeigen hier ein anderes Bild, sprich ein deutlich höheres Risikopotenzial (Autischer et al. 2020, Nigl & Pomberger 2020).

Die zweite und dritte Erhebungsphase mit dem zusätzlichen Ansatz basierend auf innerbetrieblichen Daten zur Evaluierung und Verbesserung der Datengrundlage waren insofern erfolgreich, da einerseits bei bereits bekannten Brandereignissen vorhandene Daten in hohem Ausmaß bestätigt und fehlende Daten ergänzt, andererseits neue bisher unbekannte Brandereignisse erhoben werden konnten.

Der Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft wird die Erhebung von Brandereignissen in AbER-Unternehmen sowohl aus öffentlich verfügbaren, als auch aus betriebsinternen Quellen in Zukunft fortsetzen. Darüber hinaus wird durch eine engere Zusammenarbeit mit den österreichischen Brandverhütungsstellen (BVS) angestrebt, die Datengrundlage weiter zu verbessern.

LITERATUR

Autischer M., Holzschuster S., Nigl T. (2020) *Statistische Betrachtung von IR-Sensordaten in der Aufbereitung mit Relevanz zur Brandfrüherkennung*. Konferenzbeitrag zur Recy & DepoTech 2020. 18.-20. November 2020, Montanuniversität Leoben.

Brandverhütungsstelle Oberösterreich (2019) *Brandschaden Statistik 2019*. Zuletzt abgerufen am 01.08.2020 unter https://www.bvs-ooe.at/assets/uploads/2020/07/2019_Brandschaden-statistik_WEB.pdf.

Fogelman, R. (2018) *Fire Safety – Is the recycling industry facing a fire epidemic?* Recycling Product News. Zuletzt abgerufen am 01.08.2020 unter: <https://www.recyclingproductnews.com/article/27240/is-the-recycling-industry-facing-a-fire-epidemic>.

Nigl T., Rübenbauer W., Pomberger R. (2019) *Cause-oriented Investigation of the Fire Incidents in Austrian Waste Management Systems*. Detritus 9(March), pp. 213-220.

Nigl T., Pomberger R. (2018) *Brandgefährliche Abfälle – Über Risiken und Strategien in der Abfallwirtschaft*. Konferenzbeitrag zur Recy & DepoTech 2018. 7.-9. November 2018, Montanuniversität Leoben.

Nigl T., Pomberger R. (2020) *Brandrisiko durch Lithium-Ionen-Batterien: Sind unsere Anlagen noch versicherbar?* In: Holm O., Thomé-Kozmiensky S., Goldmann D., Friedrich B. (Hrsg.) *Recycling- und Sekundärrohstoffe*, Band 13. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2020, S. 482-494.

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/>.