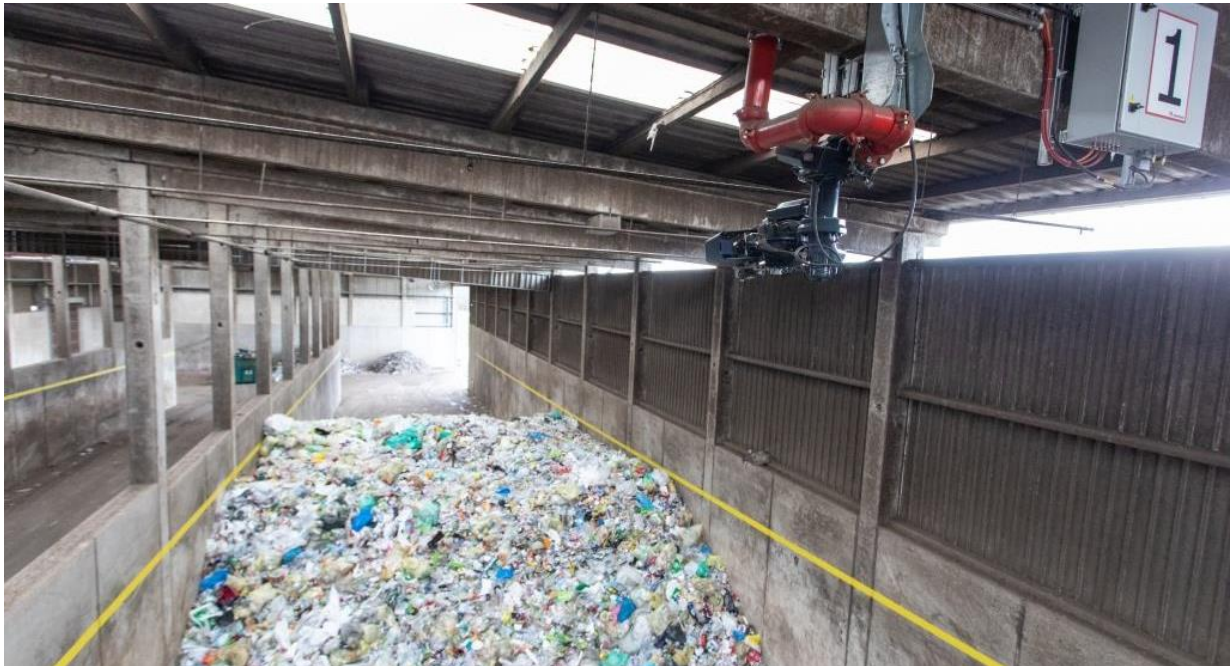


BRANDSCHUTZ FÜR ABFALL- UND RESSOURCENWIRTSCHAFTSBETRIEBE

Risikoeinstufung von Abfällen in Abhängigkeit ausgewählter Eigenschaften



Verfasst von:

Thomas Nigl (AVAW)

Roland Pomberger (AVAW)

Leoben, April 2022

2. Auflage

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 EINLEITUNG	2
2 BEWERTUNGSKRITERIEN UND ENTSCHEIDUNGSBAUM ZUR BEURTEILUNG DES BRANDRISIKOS	2
2.1 Brennbarkeit.....	4
2.1.1 Gefahrenklassen von Stoffen und Waren.....	4
2.1.2 Zuordnung der Gefahrenklassen nach Brennbarkeit.....	5
2.2 Anteil sicherheitstechnisch relevanter Stoffe bzw. Bestandteile	6
2.3 Selbstentzündungspotenzial	6
3 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND FAZIT	7
4 VERZEICHNISSE	8
4.1 Literatur.....	8
4.2 Abkürzungen.....	9
4.3 Tabellen	9
4.4 Abbildungen.....	9
5 ANHANG	10

1 Einleitung

Ende 2017 wurde durch den Verband Österreichischer Entsorgungsbetriebe (VOEB) ein Arbeitskreis gegründet, der sich mit dem Thema Brandschutz in Abfallwirtschaft, Entsorgung und Recycling befasst. Ziel des **Arbeitskreises Brandschutz** war die Erarbeitung von brandschutztechnischen Maßnahmen für Betriebe und Unternehmen aus der Branche Abfallwirtschaft, Entsorgung und Recycling (VOEB und VVO 2019; VOEB 2019).

Ein zentrales Element ist eine Maßnahmenmatrix, in der – basierend auf Brandrisikoklassen für Abfälle und Abfallarten – brandschutztechnische Maßnahmen empfohlen werden sollen. Dazu wurde vom Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft (AVAW) der Montanuniversität Leoben ein Entscheidungsbaum entworfen, mit dessen Hilfe Abfälle – mittels weniger (im Arbeitskreis definierter) Kriterien – einer Brandrisikoklasse zugeordnet werden können. Auf diesen Entscheidungsbaum, die Vorgehensweise, die verwendeten Beurteilungskriterien und die Definition der Begrifflichkeiten wird in diesem Leitfaden im Detail eingegangen.

2 Bewertungskriterien und Entscheidungsbaum zur Beurteilung des Brandrisikos

Bei der Beurteilung des Brandrisikos von Abfällen und Abfallarten gilt es einerseits den speziellen Rahmenbedingungen der Abfall-, Entsorgungs- und Recyclingwirtschaft Rechnung zu tragen (vgl. Nigl und Pomberger 2018), andererseits relativ klare und dadurch einfach anwendbare Bewertungskriterien zu finden. Die drei gewählten Kriterien sind:

- Brennbarkeit
- Anteil an sicherheitstechnisch relevanten Stoffen bzw. Bestandteilen
- erhöhtes Selbstentzündungspotenzial

Danach wurde ein Entscheidungsbaum erarbeitet, in dem anhand der drei definierten Bewertungskriterien eine Brandrisikoklasse für den entsprechenden Abfall abgeleitet wird (siehe Abbildung 1). Zuerst wird auf das Kriterium der Brennbarkeit von Abfällen eingegangen, nachfolgend auf den Anteil an sicherheitstechnisch relevanten Stoffen bzw. Bestandteilen und zuletzt auf das Selbstentzündungspotenzial des Abfalls / der Abfallart.

Die Brandrisikostufe entspricht der Anzahl an Bewertungskriterien, die im Entscheidungsbaum mit „Ja“ bewertet wurden. Eine beispielhafte Auflistung von Abfallarten und deren Zuordnung zur jeweiligen Brandrisikoklasse ist in Tabelle 2 im Anhang dargestellt.

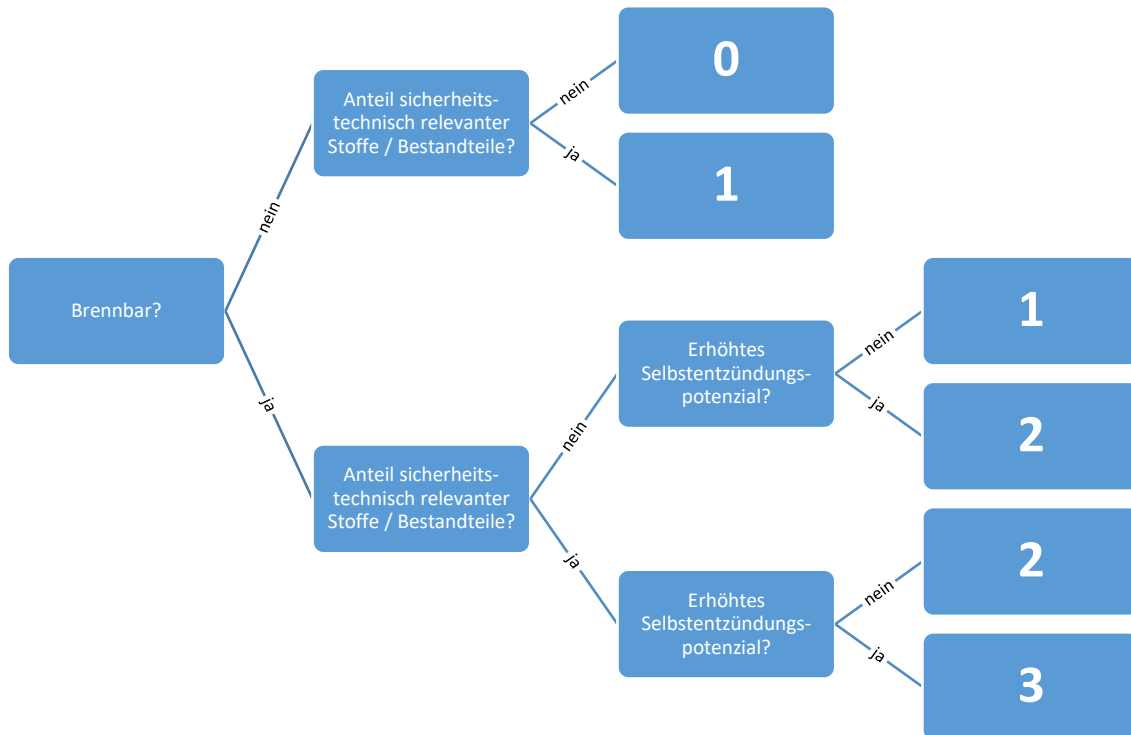


Abbildung 1: Entscheidungsbaum zur Bestimmung der Brandrisikoklasse eines bestimmten Abfalles bzw. einer Abfallart.

In Tabelle 1 sind alle theoretisch möglichen Kombinationen der drei Bewertungskriterien aufgelistet. Die letzten beiden sind dabei als irrelevant gekennzeichnet, da angenommen wird, dass diese rein theoretische Merkmalskombinationen darstellen. Ein Abfall, der als „nicht brennbar“ ausgewiesen wurde, sollte logischerweise auch kein erhöhtes Selbstentzündungspotenzial aufweisen.

Tabelle 1: Tabellarische Darstellung aller Kombinationen der drei Bewertungskriterien.

Abfall brennbar?	Anteil sicherheitstechnisch relevanter Stoffe/Bestandteile?	Erhöhtes Selbstentzündungspotenzial?	Brandrisikostufe	Brandrisikoklasse bezogen auf Abfallart
J	J	J	3	hoch
J	J	N	2	mittel
J	N	J	2	mittel
J	N	N	1	niedrig
N	J	N	1	niedrig
N	N	N	0	kein
(N	N	J	-	irrelevant)
(N	J	J	-	irrelevant)

Im Folgenden wird auf die einzelnen Bewertungskriterien im Detail eingegangen.

2.1 Brennbarkeit

Brennbarkeit ist im Allgemeinen jene Eigenschaft eines Stoffes bzw. Materials nach der Entflammung weiterzubrennen, auch wenn die Zündquelle entfernt wurde (vgl. u.a. Portz 2015).

Eine eigene Definition für brennbare Abfälle (etwa im Abfallrecht) gibt es jedoch nicht. Bei der Einteilung von Abfällen nach thermodynamischen Eigenschaften (z.B. sicherheitstechnische Kenngrößen) wird in der Regel nur auf den Heizwert (Hu) zurückgegriffen (u.a. Abfallverbrennungsverordnung), nicht jedoch auf die grundlegende Eigenschaft der Brennbarkeit.

Neben der Brennbarkeit und dem Heizwert gibt es noch weitere Kenngrößen anhand welcher Stoffe und Materialien beschrieben und charakterisiert werden können (u.a. BG RCI 2016). Dies sind beispielsweise (nicht taxativ):

- Flammpunkt
- Brennpunkt
- Zündtemperatur
- Mindestzündenergie
- Abbrandgeschwindigkeit
- Brennzahl (für Stäube)
- Sauerstoffindex (für Kunststoffe)

Darüber hinaus gibt es zur Bestimmung des Brandverhaltens von Stoffen und Materialien verschiedene Normen (z.B. DIN EN 13501, DIN 4102, ÖNORM A 3800-1). Diese wurden jedoch in der Regel für spezielle Anwendungsgebiete (z.B. Bauprodukte, Baustoffe) entwickelt, weshalb sie nur bedingt oder gar nicht für Abfälle geeignet sind. Dies gilt insbesondere, da Abfälle überwiegend als Stoffgemische und nicht als Reinstoffe vorliegen.

2.1.1 Gefahrenklassen von Stoffen und Waren

Die Brand- und Explosionsgefährlichkeit von gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen und Waren wird nach den Gefahrenklassen 1 – 6 beurteilt, die sich nach dem Katalog für die Risikobewertung von Stoffen und Waren des CEA (Comité Européen des Assurances) richten (Concepta 2018).

Gefahrenklasse 1

- Feste Stoffe, die äußerst leichtentzündbar sind und äußerst rasch abbrennen.
Beispiele: Asphaltlack, Schießbaumwolle, feines Aluminiumpulver.
- Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21° C. Beispiele: Benzin, Spiritus, Benzol, Äther, Aceton.

Gefahrenklasse 2

- Feste Stoffe, die leichtentzündbar sind und rasch abbrennen. *Beispiele: Holzwolle, künstliche Faserstoffe, Teere, Nitroseide, Holzstaub.*
- Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 21° bis 55°C. *Beispiele: Erdöl, Steinkohlenteer, Petroleum, Spirituosen.*

Gefahrenklasse 3

- Feste Stoffe, die einen höheren Zündpunkt haben als die Stoffe der Gefahrenklasse 2, aber nach der Zündung brennbar sind. *Beispiele: Kunstharze, Rohgummi, grobe Hobelspäne, Bitumen.*
- Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 55° bis 100°C. *Beispiele: Heizöl, Anilin, rauchende Schwefelsäure.*

Gefahrenklasse 4

- Feste Stoffe, die schwerentzündbar, jedoch brennbar sind. *Beispiele: Leder, Pappe, Schafwolle.*
- Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt über 100°C. *Beispiele: Härteöle, Rapsöl, Glycerin und schwere Heizöle.*

Gefahrenklasse 5

- Schwerbrennbare feste Stoffe und Waren sowie nichtbrennbare Stoffe und Waren, die durch Brandeinwirkung leicht beschädigt werden können. *Beispiele: Bakelit, Glas, Geschirr, Harnstoffharz, Kochsalz, Seife.*

Gefahrenklasse 6

- Inerte Gase im Normalzustand.
- Nichtbrennbare feste Stoffe und Waren, sowie nichtbrennbare Flüssigkeiten.
- Sind Gase, Stoffe und Waren abgefüllt oder verpackt in einem Verpackungsgut, das einer höheren Gefahrenklasse zuzuordnen ist, so sind diese selbst ebenfalls in die höhere Gefahrenklasse des Verpackungsgutes einzuordnen.
- Als nicht brennbar gelten Stoffe, die nicht zum Brennen gebracht werden können und nicht veraschen. *Beispiele: Sand, Lehm, Schlacke, natürliche und künstliche Steine, Glas, Asbest, Eisen sowie andere Metalle in nicht fein verteilter Form.*

Diese Gefahrenklassen sind zwar für Flüssigkeiten wesentlich stringenter definiert als für feste Stoffe, können anhand der gegebenen Beispiele aber auch für feste Abfälle verwendet werden.

2.1.2 Zuordnung der Gefahrenklassen nach Brennbarkeit

Bei der Anwendung des Bewertungskriteriums Brennbarkeit (siehe Abbildung 1) sind nun die Gefahrenklassen 1 – 4 als brennbare Abfälle bzw. Abfallarten einzuordnen sowie die Gefahrenklassen 5 und 6 als nicht brennbare Abfälle bzw. Abfallarten.

2.2 Anteil sicherheitstechnisch relevanter Stoffe bzw. Bestandteile

Welche Stoffe bzw. Bestandteile von Abfällen als sicherheitstechnisch relevant eingestuft werden müssen, ist unter anderem vom Abfallstrom, dessen Behandlungspfad, aber auch vom Anteil und den Eigenschaften des entsprechenden Stoffes bzw. Materials abhängig.

Im Allgemeinen können jedoch folgende Stoffe bzw. Bestandteile als sicherheitsrelevant eingestuft werden (nicht taxativ, vgl. u.a. Nigl und Pomberger 2018, Fogelman 2018):

- Batterien, insbesondere Lithiumbatterien und -akkumulatoren
- Druckgaspackungen (z.B. Gaskartuschen, Spraydosen, Feuerzeuge)
- nicht gelöschter Brandkalk
- phosphinbildende Mittel zur Schädlingsbekämpfung
- Haushaltschemikalien

Im Folgenden wird am Beispiel **Gerätebatterien** gezeigt, weshalb die genaue Definition eines Anteils sicherheitstechnisch relevanter Stoffe bzw. Bestandteile nicht trivial ist. Letzterer ist abhängig vom betroffenen Abfallstrom und den daraus folgenden Sammel-, Transport-, Lager- und Behandlungs- und Aufbereitungsprozessen.

Laut Untersuchungen der Montanuniversität Leoben (Forschungsprojekt BAT-SAFE) betrug der Anteil an Gerätebatterien im österreichischen Restmüll im Jahr 2016 0,05 Massen-% ($s: \pm 0,03$ Massen-%), wobei der Anteil von Lithiumbatterien bei lediglich 0,002 Massen-% ($s: \pm 0,004$ Massen-%) lag (Nigl 2017). Anders ausgedrückt heißt das, dass die durchschnittliche Anzahl pro Tonne Restmüll bei etwa 20 Stück Gerätebatterien (bzw. etwa 1 Stück Lithiumbatterien) liegt.

Die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Brandursachenforschung des Projektes BAT-SAFE haben gezeigt, dass bereits geringste Anteile an Lithiumbatterien zu Brandereignissen führen können. Insbesondere im Restmüll, wo es bereits unmittelbar bei der Sammeltätigkeit (in Abfallsammelfahrzeugen mit Presscontainer), aber auch in den Aufbereitungsprozessen (in Zerkleinerungsaggregaten) zu starken mechanischen Belastungen kommen kann, stellen diese Batterien ein Brandrisiko dar (Nigl und Baldauf 2019).

Dahingegen wurde der Anteil an Lithiumbatterien in der gemischten Sammlung für Gerätebatterien in der Abfallbehandlungspflichtenverordnung (AbfBPV, BMLFUW 2017) mit zehn Massenprozent begrenzt. Ab diesem Wert gelten weiterführende Sicherheits- und Brandschutzmaßnahmen gemäß der Verordnung.

Die zwei genannten Beispiele zeigen das breite Spektrum, das sich bei der Definition des Anteils an sicherheitstechnisch relevanten Stoffen bzw. Bestandteilen ergibt.

2.3 Selbstentzündungspotenzial

Die Selbsterwärmung und die Selbstentzündung von Schüttgütern sind im Wesentlichen durch exotherme biologische (v.a. mikrobiologische) Prozesse und exotherme chemisch-physikalische Prozesse bedingt. Darüber hinaus spielt der Wärmetransport in der Schüttung eine wesentliche Rolle. Ist dieser eingeschränkt, etwa durch einen materialbedingten

Wärmestau (Kunststoffe sind bspw. in der Regel gute Isolatoren), kann in der Folge die Selbstentzündungstemperatur einzelner Abfallstoffe überschritten werden (Moors 2006, Pomberger et al. 2006).

Folgende Parameter sind im Hinblick auf das Selbstentzündungspotenzial von Abfällen relevant (nicht taxativ, vgl. u.a. Holzer 2007, Moors 2006):

- Anteil an organischem Material
- Anhaftungen und Verschmutzungen
- spezifische Oberfläche des Materials
- Umgebungstemperatur (→ Reaktionsgeschwindigkeit)
- Stoff- und Wärmetransport (diffusiv und konvektiv)

Zur Selbstentzündung von brennbaren Schüttgütern kann es schon bei relativ niedrigen Temperaturen kommen, da langsame Oxidationsreaktionen mit Luftsauerstoff an Partikeloberflächen bereits bei Raumtemperatur auftreten und Wärme produzieren (Schoßig et al. 2010). Moors (2006) demonstrierte in Laborversuchen, dass eine Erwärmung auf 144 °C unter Versuchsbedingungen ausreicht, um Kunststoffrecyclingmaterial zur Selbstentzündung zu bringen.

Darüber hinaus gibt es in der Literatur zahlreiche weitere Publikationen, die sich mit der Selbstentzündung von Abfällen befassen (u.a. Raupenstrauch 2002, Pomberger et al. 2006, Wagner und Bilitewski 2009, Ibrahim et al. 2013).

3 Schlussfolgerungen und Fazit

Die exakte Definition der Begrifflichkeiten (z.B. Bewertungskriterien) für Abfälle und Abfallarten gestaltet sich schwierig. Jedoch stellen die in diesem Leitfaden zusammengefasste Literatur und die gegebenen Beispiele (siehe Tabelle 2 im Anhang) eine nützliche Hilfestellung für die Anwender und Anwenderinnen dar.

Die in Tabelle 2 aufgelisteten Beispiele sind als Empfehlungen zu betrachten. Sie basieren einerseits auf wissenschaftlichen Grundlagen, andererseits aber auch auf den Erfahrungswerten der Mitglieder des VOEB-Arbeitskreises *Brandschutz*.

Die tatsächliche Einstufung eines individuellen Stoffstroms hinsichtlich seiner Brandrisikoklasse sollte jedenfalls unter der Berücksichtigung der Charakteristika des zu betrachtenden Stoffstromes basieren. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass einerseits der Anteil an sicherheitstechnisch relevanten Stoffen bzw. Bestandteilen regional und saisonal schwanken kann, und sich andererseits die Zusammensetzung von Stoffströmen auch im Laufe der Zeit verändert (vgl. Nigl und Pomberger 2018).

4 Verzeichnisse

4.1 Literatur

- BG RCI (2016): Anlagensicherheit: Sicherheitstechnische Kenngrößen – Ermitteln und bewerten. URL: https://downloadcenter.bgrci.de/resource/downloadcenter/downloads/R003_Gesamtdokument.pdf (zuletzt aufgerufen am 09.07.2018).
- BMLFUW (2017): Abfallbehandlungspflichtenverordnung (AbfBPV). BGBl. II Nr. 102/2017.
- Concepta (2018): Allgemeine Sicherheitsvorschriften, Gefahrenklassen für Stoffe und Waren. URL: <https://www.concepta.cc/sicherheitstechnik/sicherheitsvorschriften.htm> (zuletzt aufgerufen am 12.07.2018).
- Fogelman R (2018): 2018 Annual Reported Waste and Recycling Facility Fires (US/CAN). URL: <https://www.linkedin.com/pulse/2018-annual-reported-waste-recycling-facility-fires-uscan-fogelman/> (zuletzt aufgerufen am 12.03.2019).
- Ibrahim MA, Alriksson S, Kaczala F, Hogland W (2013): Fires at storage sites of organic materials, waste fuels and recycleables. In: Waste Management Research 31 (9), S. 937–945, zuletzt geprüft am 07.12.2017.
- Holzer C; Hrsg. (2007): Anforderungen an die Zwischenlagerung von heizwertreichen Abfällen. BMLFUW, Wien.
- Moors A (2006): Recyclingmaterial aus Kunststoff – Gefahr der Selbstentzündung. Schadenprisma, 2/2006.
- Nigl T (2017): Der Anteil von Gerätebatterien und Lithiumbatterien im Restmüll – eine Analyse. Poster, Österreichische Abfallwirtschaftstagung 2017 – Die Digitalisierung der Abfallwirtschaft, Graz, 10.-11.05.2017. ISBN: 978-3-903149-20-5.
- Nigl T, Baldauf M (2019): Erhebung des Beschädigungsgrades von Gerätebatterien in abfallwirtschaftlichen Systemen. Poster, Österreichische Abfallwirtschaftstagung 2019 – Vom Wert- zum Werkstoff, Eisenstadt, 15.-16.05.2019. ISBN: 978-3-903149-89-2.
- Nigl T, Pomberger R (2018): Brandgefährlicher Abfall – Über Risiken und Strategien in der Abfallwirtschaft. Konferenzbeitrag zur Recy & Depo Tech 2018, 7.-9. November 2018, Montanuniversität Leoben.
- Pomberger R, Curtis A, Raupenstrauch H (2006): Brandschutztechnische Untersuchungen bei der Lagerung von Ersatzbrennstoffen für die Zementindustrie. In: Zwischenlagerung von Abfällen und Ersatzbrennstoffen, TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky.
- Portz H (2015): Brand- und Explosionsschutz von A – Z. Begriffserläuterungen und brandschutztechnische Kennwerte. Vieweg Verlag, Wiesbaden.
- Raupenstrauch H (2002): Selbsterwärmung und Schwelbrände in Hausmüllbunkern bzw. Deponien. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen.
- Schoßig J, Berger A, Malow M, Krause U (2010): Beurteilung und Verhinderung von Selbstentzündung und Brandgasemission bei der Lagerung von Massenschüttgütern und Deponiestoffen. Forschungsbericht 291. Hrsg. v. BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin.

VOEB (2019): Maßnahmenmatrix für Abfall- und Ressourcenwirtschaftsbetriebe.

VOEB und VVO (2019): Brandschutz für Abfall- und Ressourcenwirtschaftsbetriebe – Leitlinie.

Wagner J, Bilitewski B (2009): The temporary storage of municipal solid waste – Recommendations for a safe operation of interim storage facilities. Waste Management 29 (2009), 1693-1701.

4.2 Abkürzungen

AbfBPV	Abfallbehandlungspflichtenverordnung
AVAW	Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft
BAT-SAFE	<i>Auswirkungen und Risikoanalyse von Batterien in abfallwirtschaftlichen Systemen</i> (Forschungsprojekt)
CEA	Comité Européen des Assurances
COIN	Cooperation & Innovation
EF	Einflussfaktor
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
s	Standardabweichung
VOEB	Verband Österreichischer Entsorgungsbetriebe
VVO	Verband der Versicherungsunternehmen Österreichs

4.3 Tabellen

Tabelle 1: Tabellarische Darstellung aller Kombinationen der drei Bewertungskriterien. 3

Tabelle 2: Nicht taxative Auflistung von Abfallgruppen bzw. Abfallarten und beispielhafte Zuordnung zur jeweiligen Brandrisikoklasse.....10

4.4 Abbildungen

Titelbild: Zur Verfügung gestellt von Rosenbauer Brandschutz GmbH

Abbildung 1: Entscheidungsbaum zur Bestimmung der Brandrisikoklasse eines bestimmten Abfalles bzw. einer Abfallart. 3

5 Anhang

Tabelle 2: Nicht taxative Auflistung von Abfallgruppen bzw. Abfallarten und beispielhafte Zuordnung zur jeweiligen Brandrisikoklasse.

Ftl.Nr.	Abfallgruppe / Abfallart (nicht taxativ)	Anmerkungen	Brandrisiko- stufe	Brandrisiko- klasse
1	Gemischte Siedlungsabfälle (Restmüll)	j-j-j/n	2/3	mittel/hoch
2	Gewerbeabfall	j-j-j/n	2/3	mittel/hoch
3	Sperrmüll	j-j-n	2	mittel
4	Biogene Abfälle (z.B. Küchenabfälle)	j-n-n	1	niedrig
5	Grünschnitt	j-n-j	2	mittel
6	Altpapier, Karton	j-j/n-n	1/2	niedrig/mittel
7	Altglas	n-n-n	0	kein
8	Leichtverpackungen (z.B. gelbe Tonne, gelber Sack)	j-j-n	2	mittel
9	Metallabfälle, ohne brennbaren Anteil	n-n-n	0	kein
10	Metallabfälle, <10% brennbarer Anteil	j-n-n	1	niedrig
11	Metallabfälle, >10% brennbarer Anteil (z.B. Fe-Abscheider-Fraktion, Rückstände aus Behandlung)	j-j-j/n	2/3	mittel/hoch
12	Elektrokleingeräte	j-j-n	2	mittel
13	Elektrogroßgeräte (ohne/mit Lithiumbatterien)	j-n/j-n	1/2	niedrig/mittel
14	Bauschutt, mineralisch	n-n-n	0	kein
15	Bauschutt, gemischt	j-n-n	1	niedrig
16	Baustellenabfälle, gemischt	j-j-n	2	mittel
17	Ersatzbrennstoffe	j-n-j/n	1/2	niedrig/mittel
18	Werkstättenabfälle	j-j-j	3	hoch
19	Altholz	j-n-n	1	niedrig
20	Altreifen (stückig)	j-n-n	1	niedrig
21	Flusen (z.B. aus Altreifen)	j-n-j	2	mittel
22	Kunststoffabfälle (inkl. Schaumstoffe)	j-j-n	2	mittel
23	Aschen und Schlacken	n-n-n	0	kein

Legende

Brandrisikoklassen: Das Brandrisiko soll in Abhängigkeit des Materials mit einer Bewertung von 0 – 3 ausgedrückt werden. Wobei 0 kein, 1 ein niedriges, 2 ein mittleres und 3 ein großes Risiko darstellt. Fragen (siehe Spalte Anmerkungen):

1. Brennbarkeit?
2. Anteil sicherheitstechnisch relevanter Stoffe/Bestandteile?
3. Erhöhtes Selbstentzündungspotenzial?

Notizen

Notizen



LEHRSTUHL FÜR ABFALLVERWERTUNGSTECHNIK UND ABFALLWIRTSCHAFT

Montanuniversität Leoben

Franz-Josef-Straße 18

<http://avaw.unileoben.ac.at/>

A-8700 Leoben

Der Lehrstuhl ist Teil des Departments für Umwelt- und Energieverfahrenstechnik