

TEXTE 100/2017

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3714 31 325 0
UBA-FB 002568

Potenziale und Maßnahmen zur Vermeidung und insbesondere zur hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle

von

Günter Dehoust, Peter Küppers, Hartmut Stahl
Öko-Institut e.V.

Holger Alwast, Arno Häusler
Prognos AG

Rüdiger Oetjen-Dehne, Nadine Buschow, Hilmar Conrad
Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin

Prognos AG
Goethestraße 85
10623 Berlin

Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH
Levetzowstraße 10A
10555 Berlin

Abschlussdatum:

Juni 2017

Redaktion:

Fachgebiet III 1.5 Kommunale Abfallwirtschaft, Gefährliche Abfälle, Anlaufstelle
Basler Übereinkommen
David Geißler

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, November 2017

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3714 31 325 0 finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Im Jahr 2014 sind in der Bundesrepublik Deutschland rund 22,3 Mio. Mg als gefährlich eingestufte Abfälle angefallen. Welche Abfälle als gefährlich einzustufen sind, regelt die Abfallverzeichnisverordnung (AVV), die auf entsprechende Gefährlichkeitskriterien des Anhang III der Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG) verweist. Insgesamt sind 405 Abfallarten als gefährlich eingestuft, für die das Gebot zum Recycling gemäß der Abfallhierarchie nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ebenso gilt, wie für die ungefährlichen Abfälle. Ziel des Projektes war die Identifizierung von Recyclingpotenzialen für ausgewählte Abfallarten.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden dazu aus den produktionsspezifischen gefährlichen Abfällen, der AVV-Kapitel 1 – 9 und 11 – 16, dann 27 Abfallschlüssel für eine vertiefende Untersuchung der Recyclingpotenziale ausgewählt. Für die Beschreibung zu deren Entstehung, deren Entsorgungswegen und der für die gefährlichen Eigenschaften verantwortlichen Inhaltsstoffe wurden Datenbank- und Literaturrecherchen sowie Befragungen von Abfallerzeugern und Betreibern von Abfallbehandlungs- und Entsorgungsanlagen durchgeführt und analysiert. Es schließt sich eine Darstellung von Verfahren zur Zerstörung, Umwandlung oder Separation der gefährlichen Stoffe sowie von geeigneten Verwertungsverfahren an. Die vergleichende Bewertung dieser Verfahren untereinander erfolgte dann mit der zuvor erarbeiteten Bewertungsmethode. Aus den Ergebnissen wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die dabei helfen sollen, bestehende Hemmnisse zur Ausschöpfung der Recyclingpotenziale zu überwinden.

Abstract

Waste classified as hazardous amounted to approximately 22.3 million Mg in the Federal Republic of Germany in 2014. Overall, 405 types of waste are classified as hazardous. The principle of the priority of recovery in line with the waste management hierarchy pursuant to the German Circular Economy Act (*Kreislaufwirtschaftsgesetz* – KrWG) applies to these wastes just as it does to non-hazardous wastes. The purpose of the project reported in this study was to identify the recovery potential for selected types of waste.

In the course of the research project, the hazardous wastes generated in production processes, i.e. those listed in AVV Chapters 1 – 9 and 11 – 16, and specifically 27 waste codes within those Chapters, were selected for an in-depth study of recovery potential. In order to characterise the generation of these types of wastes, and their management paths and the constituent substances giving rise to their hazardous properties, database searches and literature reviews were carried out, and surveys of waste generators and of the operators of waste treatment and management facilities were conducted and analysed. The report subsequently presents processes for the degradation, conversion or separation of hazardous substances, and suitable recovery processes. A comparative assessment of these processes employed the assessment methodology developed previously in the course of the study. Building on the findings, the study derives recommendations for action that can help to remove the barriers currently impeding the full exploitation of recovery potential.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	16
Abkürzungsverzeichnis	19
1 Zusammenfassung	21
1.1 Einleitung	21
1.2 Auswahl der untersuchungsrelevanten Abfallarten	21
1.3 Analyse der untersuchungsrelevanten Abfallarten	22
1.4 Auswertung der Analysen und Identifikation hochwertiger Verwertungswege	25
1.4.1 Bewertungsmethode.....	25
1.4.2 Gesamtbewertungen der eingesetzten Verwertungsverfahren	25
1.4.3 Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse	27
1.5 Instrumente und Handlungsansätze zur Ausschöpfung von Verwertungspotenzialen bei gefährlichen Abfällen	28
1.5.1 Hemmnisse.....	28
1.5.2 Mögliche Instrumente zur Steigerung einer hochwertigen Verwertung der untersuchungsrelevanten Abfallarten.....	29
2 Summary	32
2.1 Introduction	32
2.2 Selection of the types of waste relevant to the study.....	32
2.3 Analysis of the types of waste relevant to the study.....	33
2.4 Evaluation of the analyses and identification of high-grade recovery paths	36
2.4.1 Assessment method.....	36
2.4.2 Overall assessments of the recovery processes employed	37
2.4.3 Summary of assessment findings.....	39
2.5 Instruments and approaches for tapping hazardous waste recovery potential	40
2.5.1 Obstacles.....	40
2.5.2 Possible instruments to boost the high-grade recovery of the waste types relevant to the study	41
3 Einleitung	44
4 Zielsetzung und Untersuchungsgegenstand des Vorhabens.....	46
5 Auswahl der untersuchungsrelevanten Abfallarten.....	47
5.1 Methodik des Auswahlprozesses.....	47
5.2 Identifizierung und Auswahl der mengenmäßig relevanten gefährlichen Abfälle aus Produktion und Gewerbe	47
5.2.1 Erzeugte und entsorgte Mengen an gefährlichen Abfällen (2010-2012)	47

5.2.2	Erzeugte Mengen an produktionsspezifischen gefährlichen Abfällen (2012)	48
5.2.3	TOP 50 der mengenbedeutenden gefährlichen Abfallarten aus Industrie und Gewerbe (2012).....	49
5.2.4	Kriterien zur weiteren Eingrenzung der TOP 50 der mengenbedeutenden produktionsspezifischen Abfallarten	51
5.2.5	Schritt 1: AVV-Schlüssel-Auswahl unter dem Kriterium „Hoher Anteil niedriger Entsorgungshierarchiestufen“	52
5.2.6	Schritt 2: AVV-Schlüssel-Auswahl unter dem Kriterium „Hoher Anteil in NRW erzeugt“	55
5.2.7	Schritt 3: AVV-Schlüssel-Auswahl unter dem Kriterium „Typisch produktionsspezifisch“	58
5.2.8	Schritt 4: AVV-Schlüssel-Auswahl unter den Kriterien „Stofflich nutzbarer Anteil“, Besonders gefährlich“ und „VV-Maßnahmen“	60
5.3	Ergebnisse des Auswahlprozesses	63
6	Analyse der untersuchungsrelevanten Abfallarten	68
6.1	Entstehungsgeschichte und Entsorgungswege	68
6.2	Abfallsteckbriefe	72
6.3	Gefahrenrelevante Inhaltsstoffe	99
6.3.1	Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen – Abfälle aus HZVA von Säuren bzw. Basen (AS 060101*, AS 060205*).....	101
6.3.2	Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen (AVV-Gruppen 0701 bis 0707).....	101
6.3.3	Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken (AS 080111*, AS 080113*, AS 080117*).....	102
6.3.4	Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie (AS 100401*).....	104
6.3.5	Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (AS 110105*, AS 110107*)	104
6.3.6	Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) (AS 110202*).....	105
6.3.7	Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen (AS 120107*, AS 120109*).....	105
6.3.8	Halogenfreie Lösemittel und Lösemittelgemische (AS 140603*)	106
6.4	Eingesetzte Verfahren zur Zerstörung, Umwandlung oder Separation der gefährlichen Stoffe und deren kreislaufwirtschaftliche Zuordnung.....	107
6.4.1	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen – Abfälle aus HZVA von Säuren bzw. Basen"	109
6.4.2	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung halogenorganischer Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (070103*, 070403*, 070503*, 070703*).....	110

6.4.3	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartenuntergruppe "Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen"	112
6.4.4	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände aus der HZVA organischer Grundchemikalien"	115
6.4.5	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartenuntergruppe "Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen - andere Reaktions- und Destillationsrückstände"	116
6.4.6	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken"	118
6.4.7	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie"	121
6.4.8	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen ..."	121
6.4.9	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) - aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie"	123
6.4.10	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen"	124
6.4.11	Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "andere Lösemittel und Lösemittelgemische - aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- und Aerosoltreibgasen"	125
7	Auswertung der Analysen und Identifikation hochwertiger Verwertungswege	127
7.1	Einleitung	127
7.2	Bewertungsmethode	127
7.2.1	Vorbemerkung	127
7.2.2	Allgemeine Beschreibung.....	128
7.2.3	Vorprüfung auf Ausschlusskriterien.....	128
7.2.4	Bewertungsindikatoren.....	129
7.2.4.1	Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	129
7.2.4.2	Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	129
7.2.4.3	Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	130
7.2.4.4	Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	131
7.2.4.5	Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	131
7.2.4.6	Energie	132
7.2.4.7	Treibhausgasemissionen	132
7.2.4.8	Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	134

7.2.4.9	Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächengewässer)	135
7.2.4.10	Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	135
7.3	Gesamtbewertungen der eingesetzten Verwertungsverfahren	136
7.3.1	Bewertungsergebnis für AS 060101* - Schwefelsäure und schweflige Säure (HZVA von Säuren).....	138
7.3.2	Bewertungsergebnis für AS 060205* - andere Basen (HZVA von Basen)	140
7.3.3	Bewertungsergebnis für AS 070103* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA organischer Grundchemikalien)	141
7.3.4	Bewertungsergebnis für AS 070104* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA organischer Grundchemikalien)	143
7.3.5	Bewertungsergebnis für AS 070107* - halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA organischer Grundchemikalien).....	145
7.3.6	Bewertungsergebnis für AS 070108* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA organischer Grundchemikalien).....	147
7.3.7	Bewertungsergebnis für AS 070204* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern).....	149
7.3.8	Bewertungsergebnis für AS 070208* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern).....	151
7.3.9	Bewertungsergebnis für AS 070304* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von organischen Farbstoffen und Pigmenten (außer 06 11)).....	153
7.3.10	Bewertungsergebnis für AS 070403* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln und anderen Bioziden).....	155
7.3.11	Bewertungsergebnis für AS 070404* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 02 01 08 und 02 01 09), Holzschutzmitteln (außer 03 02) und anderen Bioziden)	157
7.3.12	Bewertungsergebnis für AS 070503* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Pharmazeutika)	159
7.3.13	Bewertungsergebnis für AS 070504* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Pharmazeutika)	161
7.3.14	Bewertungsergebnis für AS 070608* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln).....	163
7.3.15	Bewertungsergebnis für AS 070703* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)	167

7.3.16	Bewertungsergebnis für AS 070704* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)	169
7.3.17	Bewertungsergebnis für AS 070708* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)	171
7.3.18	Bewertungsergebnis für AS 080111* - Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)	173
7.3.19	Bewertungsergebnis für AS 080113* - Farb- oder Lackschlämme, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)	175
7.3.20	Bewertungsergebnis für AS 080117* - Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (HZVA und Entfernung von Farben und Lacken).....	176
7.3.21	Bewertungsergebnis für AS 100401* - Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) – Abfälle aus der thermischen Bleimetallurgie	178
7.3.22	Bewertungsergebnis für AS 110105* - saure Beizlösungen (Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten)).....	179
7.3.23	Bewertungsergebnis für AS 110107* - alkalische Beizlösungen (Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten)).....	182
7.3.24	Bewertungsergebnis für AS 110202* - Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) (Abfälle aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie).....	184
7.3.25	Bewertungsergebnis für AS 120107* - halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen) (Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen)	185
7.3.26	Bewertungsergebnis für AS 120109* - halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen (Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen)	188
7.3.27	Bewertungsergebnis für AS 140603* - andere Lösemittel und Lösemittelgemische (Abfälle aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- u. Aerosoltreibgasen).....	191
7.4	Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse	193
7.4.1	Gleichrang von stofflicher und energetischer Verwertung.....	194
7.4.2	Vorrang stoffliche Verwertung.....	194
7.4.3	Vorrang der SAV aufgrund von Ausschlusskriterien	195
7.4.4	Beseitigung derzeit einziger Entsorgungsweg.....	195
8	Instrumente und Handlungsansätze zur Ausschöpfung von Verwertungspotenzialen bei gefährlichen Abfällen.....	197

8.1	Analyse der im Rahmen der Verfahrensbewertungen aufgezeigten Verwertungshemmnisse	197
8.1.1	Identifizierung von Verwertungshemmnissen	197
8.1.2	Diskussion von Verwertungshemmnissen	199
8.2	Mögliche Instrumente zur Steigerung einer hochwertigen Verwertung der untersuchungsrelevanten Abfallarten	201
8.2.1	Rechtliche Instrumente	201
8.2.2	Stärkung des Vollzugs.....	202
8.2.3	Fiskalische Instrumente.....	203
8.2.4	Kooperationen und informatorische Instrumente.....	204
9	Literaturverzeichnis	206

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Vorgehen zur Auswahl von 20 bis 30 AVV-Schlüsseln im Rahmen des Untersuchungsvorhabens, inkl. Gewichtungssanteile	22
Abbildung 1-2:	Verbleib der ausgewählten Abfallarten in Entsorgungsanlagen, Mittel 2010-2013	23
Abbildung 1-3:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070104*	23
Abbildung 1-4:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070104*	24
Abbildung 1-5:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070104*, AS 070204*, AS 070304*, AS 070404*, AS 070504* und AS 070704* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	24
Abbildung 1-6:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070104*	26
Figure 2-1:	Approach taken to select 20 to 30 AVV codes for inclusion in the study, and weighting factors	33
Figure 2-2:	Consignment of the selected waste types to management facility types, average over 2010 to 2013	34
Figure 2-3:	Waste origins by generator sectors – waste code 070104*	35
Figure 2-4:	Management paths of all sectors – waste code 070104*	35
Figure 2-5:	Assignment to processes pursuant to the German Circular Economy Act, for waste codes 070104*, 070204*, 070304*, 070404*, 070504* and 070704* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	36
Figure 2-6:	Assessment matrix for waste code 070104*	38
Abbildung 5-1:	In Deutschland erzeugte und entsorgte gefährliche Abfälle in den Jahren 2010 bis 2012	47
Abbildung 5-2:	Aufkommen gefährlicher Abfälle in Deutschland im Jahr 2012 nach Art der Abfälle.....	48
Abbildung 5-3:	Vorgehen zur Auswahl von 20 bis 30 AVV-Schlüsseln im Rahmen des Untersuchungsvorhabens, inkl. Gewichtungssanteile	52
Abbildung 6-1:	Aufkommen und Entsorgung gefährlicher Abfälle je Bundesland 2012	68
Abbildung 6-2:	Herkunft der untersuchungsrelevanten gefährlichen Abfallarten in NRW 2012	69
Abbildung 6-3:	Aufkommen und Entsorgung der ausgewählten Abfallarten in NRW, 2012	69
Abbildung 6-4:	Verbleib der ausgewählten Abfallarten in Entsorgungsanlagen, Mittel 2010-2013	70
Abbildung 6-5:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 060101*	72
Abbildung 6-6:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 060101*	72
Abbildung 6-7:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 060205*	73
Abbildung 6-8:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 060205*	73
Abbildung 6-9:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070103*	74

Abbildung 6-10:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070103*	74
Abbildung 6-11:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070104*	75
Abbildung 6-12:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070104*	75
Abbildung 6-13:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070107*	76
Abbildung 6-14:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070107*	76
Abbildung 6-15:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070108*	77
Abbildung 6-16:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070108*	77
Abbildung 6-17:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070204*	78
Abbildung 6-18:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070204*	78
Abbildung 6-19:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070208*	79
Abbildung 6-20:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070208*	79
Abbildung 6-21:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070304*	80
Abbildung 6-22:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070304*	80
Abbildung 6-23:	Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070403*	81
Abbildung 6-24:	Entsorgungswege alle Sparten – AS 070403*	81
Abbildung 6-25:	Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070404*	82
Abbildung 6-26:	Entsorgungswege alle Sparten – AS 070404*	82
Abbildung 6-27:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070503*	83
Abbildung 6-28:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070503*	83
Abbildung 6-29:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070504*	84
Abbildung 6-30:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070504*	84
Abbildung 6-31:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070608*	85
Abbildung 6-32:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070608*	85
Abbildung 6-33:	Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070703*	86
Abbildung 6-34:	Entsorgungswege alle Sparten – AS 070703*	86
Abbildung 6-35:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070704*	87
Abbildung 6-36:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070704*	87
Abbildung 6-37:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070708*	88
Abbildung 6-38:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 070708*	88
Abbildung 6-39:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 080111*	89
Abbildung 6-40:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 080111*	89
Abbildung 6-41:	Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 080113*	90
Abbildung 6-42:	Entsorgungswege alle Sparten – AS 080113*	90
Abbildung 6-43:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 080117*	91
Abbildung 6-44:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 080117*	91
Abbildung 6-45:	Entsorgungswege alle Sparten – AS 100401*	92

Abbildung 6-46:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 110105*	93
Abbildung 6-47:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 110105*	93
Abbildung 6-48:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 110107*	94
Abbildung 6-49:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 110107*	94
Abbildung 6-50:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 120107*	96
Abbildung 6-51:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 120107*	96
Abbildung 6-52:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 120109*	97
Abbildung 6-53:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 120109*	97
Abbildung 6-54:	Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 140603*	98
Abbildung 6-55:	Entsorgungswege alle Branchen – AS 140603*	98
Abbildung 6-56:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken über die Gesamtmenge der ausgewählten Abfallarten (> 90 Ma.-% NRW 2010- 2013)	108
Abbildung 6-57:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 060101* und AS 060205* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	109
Abbildung 6-58:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070103*, AS 070403*, AS 070503* und AS 070703* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	110
Abbildung 6-59:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070104*, AS 070204*, AS 070304*, AS 070404*, AS 070504* und AS 070704* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	112
Abbildung 6-60:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070101* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	115
Abbildung 6-61:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070108*, AS 070208*, AS 070608* und AS 070708* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	116
Abbildung 6-62:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 080111*, AS 080113* und AS 080117* (> 90 Ma.-% NRW 2010- 2013)	118
Abbildung 6-63:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 100401* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	121
Abbildung 6-64:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 110105* und 110107* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	121
Abbildung 6-65:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 110202* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	123
Abbildung 6-66:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 120107* und AS 120109* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	124
Abbildung 6-67:	Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 140603* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)	125
Abbildung 7-1:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 060101*	139
Abbildung 7-2:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 060205*	140

Abbildung 7-3:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070103*	142
Abbildung 7-4:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070104*	144
Abbildung 7-5:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070107*	146
Abbildung 7-6:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070108*	148
Abbildung 7-7:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070204*	150
Abbildung 7-8:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070208*	152
Abbildung 7-9:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070304*	154
Abbildung 7-10:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070403*	156
Abbildung 7-11:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070404*	158
Abbildung 7-12:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070503*	160
Abbildung 7-13:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070504*	162
Abbildung 7-14:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070608*	165
Abbildung 7-15:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070703*	168
Abbildung 7-16:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070704*	170
Abbildung 7-17:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070708*	172
Abbildung 7-18:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 080111*	174
Abbildung 7-19:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 080113*	176
Abbildung 7-20:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 080117*	177
Abbildung 7-21:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 110105*	180
Abbildung 7-22:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 110107*	183
Abbildung 7-23:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 120107*	186
Abbildung 7-24:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 120109*	189
Abbildung 7-25:	Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 140603*	192
Abbildung 7-26:	Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 15 AVV mit Gleichrang von stofflicher und energetischer Verwertung	194
Abbildung 7-27:	Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 6 AVV mit Vorrang von stofflicher Verwertung	195
Abbildung 7-28:	Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 4 AVV mit Vorrang der SAV	195
Abbildung 7-29:	Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 2 AVV für die derzeit die Beseitigung in Deutschland den einzigsten Entsorgungsweg darstellen	196

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Hemmnisse für die Ausweitung der stofflichen Verwertung gefährlicher Abfälle	29
Tabelle 1-2:	Instrumente und Maßnahmen zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle	30
Table 2-1:	Obstacles to expanding materials recovery from hazardous wastes.....	41
Table 2-2:	Instruments and measures to boost the high-grade recovery of hazardous wastes	42
Tabelle 5-1	TOP 50-Ranking produktionsspezifischer gefährlicher Abfälle ¹ im Jahr 2012	49
Tabelle 5-2	Ranking produktionsspezifischer gefährlicher Abfälle (2012) mit einer niedrigen Entsorgungshierarchiestufe ¹ größer und kleiner 50 %.....	53
Tabelle 5-3	Ranking produktionsspezifischer gefährlicher Abfälle (2012) mit einem Mindestanteil aus NRW > 20 %	56
Tabelle 5-4	Ranking typisch produktionsspezifischer gefährlicher Abfälle im Jahr 2012	58
Tabelle 5-5	Weitere Kriterien für die Auswahl von 20 bis 30 gefährlichen Abfällen nach AVV-Schlüssel im Jahr 2012	61
Tabelle 5-6	Untersuchungsrelevante gefährliche Abfallarten	65
Tabelle 5-7	Kandidatenliste	67
Tabelle 6-1	In Deutschland und NRW erzeugte und entsorgte Mengen der untersuchungsrelevanten gefährlichen Abfallarten.....	71
Tabelle 6-2	Änderung der gefahrenrelevanten Eigenschaften gemäß Anhang III der AbfRRL	100
Tabelle 6-3	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 060101* - Schwefelsäure und schweflige Säure - aus HZVA von Säuren	110
Tabelle 6-4	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 060205* - andere Basen - aus HZVA von Basen	110
Tabelle 6-5	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070103* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA organischer Grundchemikalien	111
Tabelle 6-6	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070403* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 020108 und 020109), Holzschutzmitteln (außer 0302) u. a. Bioziden	111
Tabelle 6-7	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070503* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Pharmazeutika.....	111
Tabelle 6-8	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070703* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.	111

Tabelle 6-9	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070104* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA organischer Grundchemikalien.....	113
Tabelle 6-10	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070204* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern	113
Tabelle 6-11	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070304* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von organischen Farbstoffen und Pigmenten	113
Tabelle 6-12	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070404* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 020108 und 020109), Holzschutzmitteln (außer 0302) u. a. Bioziden	114
Tabelle 6-13	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070504* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Pharmazeutika	114
Tabelle 6-14	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070704* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.....	114
Tabelle 6-15	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070101* - halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände - aus der HZVA organischer Grundchemikalien	115
Tabelle 6-16	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070108* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA organischer Grund-chemikalien	117
Tabelle 6-17	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070208* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern	117
Tabelle 6-18	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070608* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln	118
Tabelle 6-19	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 070708* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.	118
Tabelle 6-20	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 080111* - Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten - aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken	120
Tabelle 6-21	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 080113* - Farb- oder Lackschlämme, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten - aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken.....	120
Tabelle 6-22	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 080117* - Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten - aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken.....	120

Tabelle 6-23	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 100401* - Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) - aus der thermischen Bleimetallurgie.....	121
Tabelle 6-24	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 110105* - saure Beizlösungen - aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung).....	122
Tabelle 6-25	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 110107* - alkalische Beizlösungen - aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung).....	123
Tabelle 6-26	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 110202* - Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) - aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie.....	123
Tabelle 6-27	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 120107* - halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen) - aus der mechanischen Formgebung sowie der Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen	125
Tabelle 6-28	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 120109* - halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen - aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen.....	125
Tabelle 6-29	Verfahrensspektrum zur Entsorgung der AS 140603* - andere Lösemittel und Lösemittelgemische - aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- und Aerosoltreibgasen	126
Tabelle 7-1:	Vergleich der verwertbaren Metallausbeuten beim Hämatit- und beim Jarosit-Verfahren	185
Tabelle 8-1:	Hemmnisse für die Ausweitung der stofflichen Verwertung gefährlicher Abfälle	198
Tabelle 8-2:	Rechtliche Instrumente zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle	202
Tabelle 8-3:	Maßnahmen im Vollzug zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle	203
Tabelle 8-4:	Fiskalische Instrumente zur Förderung der Verwertung gefährlicher Abfälle.....	204
Tabelle 8-5:	Kooperationen und informatorische Instrumente zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle	205

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
a.n.g.	anderweitig nicht genannt
ABANDA	Abfallanalysendatenbank
AbfRRL	Abfallrahmenrichtlinie
AIDA	Informationsplattform Abfall in Nordrhein-Westfalen
anorg.	anorganisch
AS	Abfallschlüssel
AVV	Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung)
BGS	Begleitscheine
bspw.	beispielsweise
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol
CLP	Classification, Labelling and Packaging of Chemicals, EU-Chemikalienverordnung, siehe Verordnung (EG) Nr. 1272/2008
CPB	chemisch-physikalische Behandlungsanlagen
DK	Deponieklasse
EBS	Ersatzbrennstoff
Entra-Verfahren	Verfahren zur Aufarbeitung von Altölen und Kühlschmierstoffen
HP	Hazardous Properties
HVZA	Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung
IPA	Informations-Portal-Abfallbewertung
Isodry-Verfahren	Verfahren zur Aufbereitung von Lackschlämmen und -koagulaten
Kap.	Kapitel
KAS	Kommission für Anlagensicherheit beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz)
KSS	Kühlschmierstoffe
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
Mg	Megagramm; 1 Mg = 1 t = 1.000 kg
Mio.	Millionen
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
MVA	Müllverbrennungsanlage
NRW	Nordrhein-Westfalen

org.	Organisch
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD	Polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PIUS	Produktionsintegrierter Umweltschutz
POP	Persistente organische Schadstoffe (engl. persistent organic pollutants)
REACH	Regulation concerning the R egistration , E valuation , A uthorisation and R estriction of C hemicals
SAV	Sonderabfallverbrennung
THG	Treibhausgas
UTD	Untertagedeponie
UTV	Untertageversatz
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
VOC	Flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds)
VV-Maßnahmen	Maßnahmen zur Vermeidung / Verminderung
z. B.	zum Beispiel

1 Zusammenfassung

1.1 Einleitung

Im Jahr 2014 sind in der Bundesrepublik Deutschland rund 22,3 Mio. Mg als gefährlich eingestufte Abfälle angefallen. Welche Abfälle als gefährlich einzustufen sind, regelt die Abfallverzeichnisverordnung (AVV), die auf entsprechende Gefährlichkeitskriterien des Anhang III der Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG) verweist. Insgesamt sind 405 Abfallarten als gefährlich eingestuft, für die das Gebot zum Recycling gemäß der Abfallhierarchie nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ebenso gilt, wie für die ungefährlichen Abfälle.

Ziel des Projektes war die Identifizierung von Recyclingpotenzialen an ausgewählten Abfallarten: auf der Basis einer umfassenden Beschreibung der aktuellen Entsorgungssituation dieser Abfallarten und einer Bewertungsmethode, die für diesen Zweck auf der Grundlage einer bestehenden Methode entwickelt wurde.

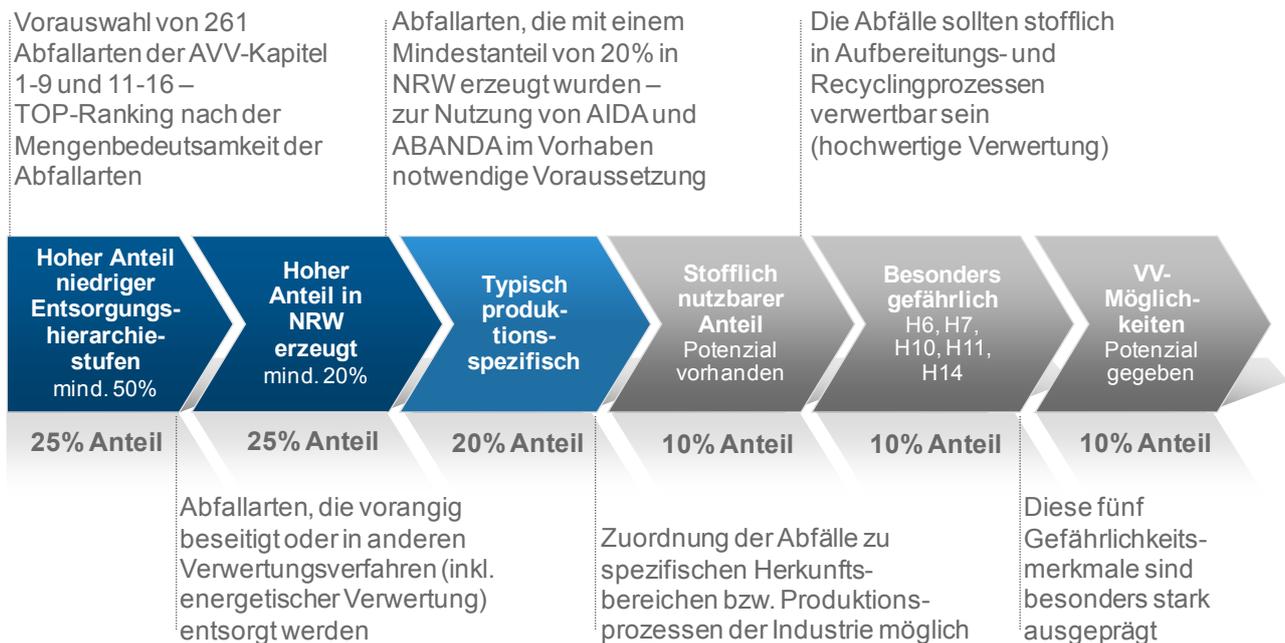
Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden dazu aus den produktionsspezifischen gefährlichen Abfällen, der AVV-Kapitel 1 – 9 und 11 – 16, dann 27 Abfallschlüssel für eine vertiefende Untersuchung der Recyclingpotenziale ausgewählt. Für die Beschreibung zu deren Entstehung, deren Entsorgungswegen und der für die gefährlichen Eigenschaften verantwortlichen Inhaltsstoffe wurden Datenbank- und Literaturrecherchen sowie Befragungen von Abfallerzeugern und Betreibern von Abfallbehandlungs- und Entsorgungsanlagen durchgeführt und analysiert. Es schließt sich eine Darstellung von Verfahren zur Zerstörung, Umwandlung oder Separation der gefährlichen Stoffe sowie von geeigneten Verwertungsverfahren an. Die vergleichende Bewertung dieser Verfahren untereinander erfolgte dann mit der zuvor erarbeiteten Bewertungsmethode. Aus den Ergebnissen wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die dabei helfen sollen, bestehende Hemmnisse zur Ausschöpfung der Recyclingpotenziale zu überwinden.

Die Bearbeitung dieses Forschungsvorhabens erfolgte durch das Öko-Institut e.V. in Zusammenarbeit mit den Ingenieurbüros u.e.c. Berlin und Prognos AG. Die Bearbeitung des Projektes wurde von einem Fachbeirat begleitet.

1.2 Auswahl der untersuchungsrelevanten Abfallarten

Auf Basis statistischer Daten wurde zunächst eine mengenbezogene Rangfolge der in der Bundesrepublik erzeugten gefährlichen Abfälle nach wesentlichen, weil mengenmäßig bedeutenden AVV-Schlüsseln für das Jahr 2012 erarbeitet, aus denen Primärabfälle identifiziert oder geschätzt werden können. Nach der so erfolgten Identifizierung der projektrelevanten Abfallarten erfolgte in mehreren weiteren Auswahlritten eine sukzessive Eingrenzung der untersuchungsrelevanten Abfälle auf 50 gefährliche produktionsspezifische Abfallarten aus der Produktion und dem Gewerbe (Wirtschaftszweig C – verarbeitendes Gewerbe). Im nächsten Schritt wurde nach dafür entwickelten Kriterien, wie Datenverfügbarkeit, vermutetes Verwertungspotenzial oder Ausprägung von bestimmten Gefährlichkeitsmerkmalen eine weitere Einengung erreicht (vgl. hierzu Abbildung 1-1). Nach einer Befragung von praxisnahen Experten wurden zusätzliche Abfallarten aufgenommen.

Abbildung 1-1: Vorgehen zur Auswahl von 20 bis 30 AVV-Schlüsseln im Rahmen des Untersuchungsvorhabens, inkl. Gewichtungsanteile



Eigene Darstellung

Durch die Begrenzung auf Produktionsabfälle wurde ausgehend von 23,4 Mio. Mg/a gefährlicher Abfälle in 2012 eine Eingrenzung auf 7,0 Mio. Mg/a erreicht. Die nach der abschließenden Auswahl verbleibenden 27 Abfallarten auf der Basis von AVV-Schlüsseln, die den folgenden Untersuchungen zugrunde liegen, stehen für eine Abfallmenge von etwa 2,5 Mio. Mg/a. Die vorwiegend heizwertreichen Abfallarten stammen aus:

- ▶ anorganisch-chemischen Prozessen (2 Abfallarten der Gruppe 6),
- ▶ organisch-chemischen Prozessen (15 Abfallarten der Gruppe 7),
- ▶ Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Beschichtungen (Farben, Lacke, Email), Klebstoffen, Dichtmassen und Druckfarben (3 Abfallarten der Gruppe 8),
- ▶ thermischen Prozessen (1 Abfallart der Gruppe 10),
- ▶ der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen; Nichteisen-Hydrometallurgie (3 Abfallarten der Gruppe 11),
- ▶ Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen (2 Abfallarten der Gruppe 12),
- ▶ organischen Lösemitteln, Kühlmitteln und Treibgasen (außer 07 und 08) (1 Abfallart der Gruppe 14).

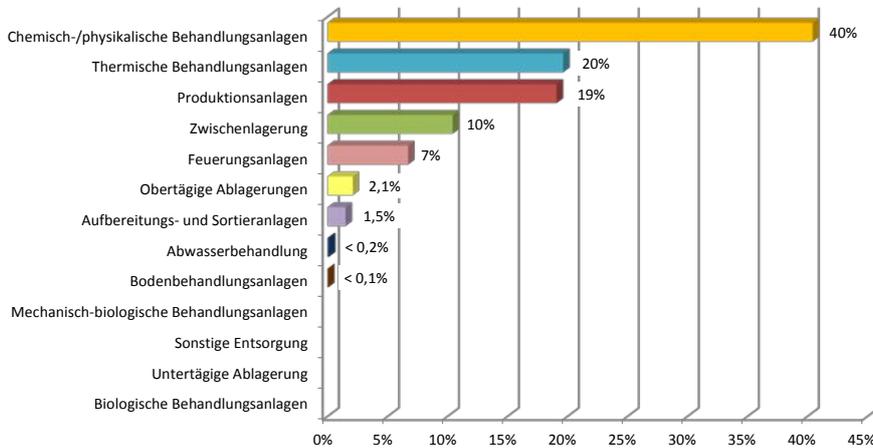
1.3 Analyse der untersuchungsrelevanten Abfallarten

Die für das Projekt notwendigen Informationen zu Entstehung, Entsorgungswege und Abfallinhaltsstoffe liegen bundesweit nicht vor. In NRW ist mit den internetbasierten Datenbanken AIDA, ABANDA und dem Informations-Portal-Abfallbewertung (IPA) des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) die Datenlage hierzu in Deutschland mit Abstand am besten. Zudem lag in NRW 2012 mit 730.800 Mg/a der Anteil bei 29 % der bundesweit angefallenen Menge der 27 ausgewählten Sonderabfälle. Deshalb wurden stellvertretend für die Situation in Deutschland die entsprechenden Daten aus NRW der Untersuchung zugrunde gelegt.

Die untersuchten Abfallarten werden gemäß AIDA neun unterschiedlichen Entsorgungsanlagentypen zugeordnet. Die chemisch-physikalische Behandlung (CPB) dominiert deutlich die anderen Entsor-

gungswege, gefolgt von der thermischen Behandlung und den Produktionsanlagen (Abbildung 1-2). Zu den Produktionsanlagen zählen u.a. Chemieanlagen, Anlagen der Kunststoff-, Metall-, Glas- und Papierproduktion sowie Ziegel-, Zement- und Asphaltmischwerke (s. auch Anhangband, Kapitel 7: Katalog der Entsorgungsanlagentypen).

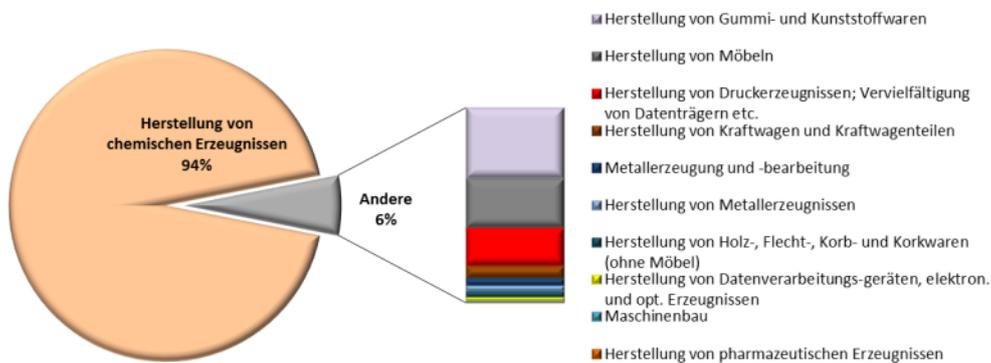
Abbildung 1-2: Verbleib der ausgewählten Abfallarten in Entsorgungsanlagen, Mittel 2010-2013



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

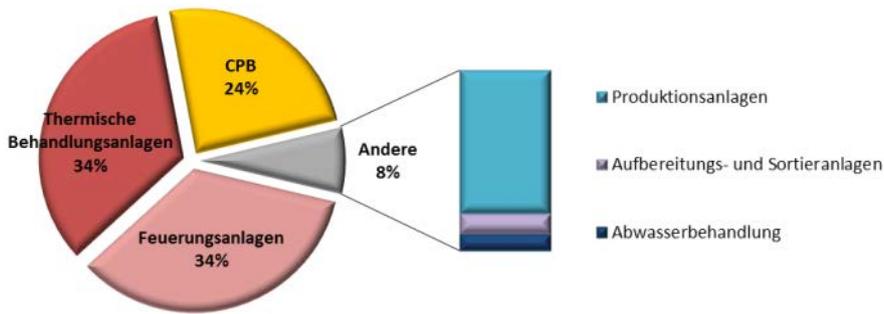
Die Beschreibung der Herkunft und des Verbleibs der 27 Abfallarten erfolgte dann in je einem Abfallsteckbrief. Am Beispiel des Abfallschlüssels AS 070104* „andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen aus HZVA organischer Grundchemikalien“ zeigt Abbildung 1-3 die Darstellungsweise der Steckbriefe zur Abfallherkunft und Abbildung 1-4 die zu den Entsorgungswegen.

Abbildung 1-3: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070104*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Abbildung 1-4: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070104*

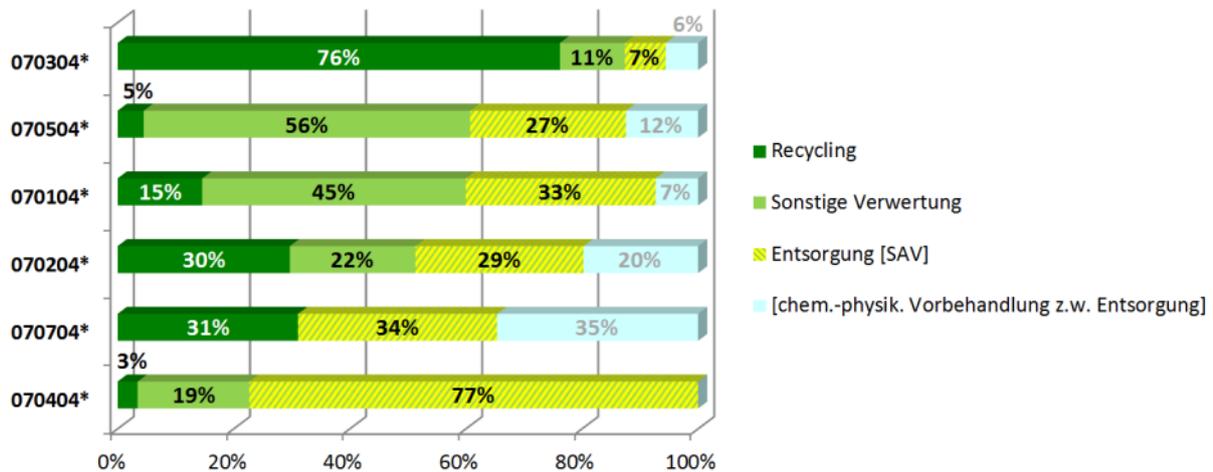


Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Schließlich werden 27 Abfallarten in Gruppen zusammengefasst und bezüglich ihrer gefahrenrelevanten Inhaltsstoffe beschrieben.

Anschließend werden je Abfallart die eingesetzten Entsorgungstechniken den Hierarchiestufen nach KrWG zugeordnet. Demnach werden z.B. die Abfälle des Schlüssels AS 070104* zu 15 % recycelt, zu 45 % einer sonstigen Verwertung, 33 % einer Entsorgung in einer Sonderabfallverbrennungsanlage (SAV) und 7 % der CPB zugeführt. Bei der SAV-Anlage kann nur im Einzelfall entschieden werden, ob es sich um eine Verwertung oder eine Beseitigung handelt, weshalb hier der Überbegriff Entsorgung genutzt wird. Die CPB stellt im Normalfall nur eine Behandlung vor der Beseitigung oder Verwertung dar. Da aber aus den ausgewerteten Unterlagen meist nicht unterschieden werden kann, wie die in der CPB behandelten Abfälle anschließend entsorgt werden, wurde die CPB hier extra aufgenommen. Am gezeigte Beispiel in Abbildung 1-5 war keine Abfallart direkt einer Deponie und damit der Beseitigung zugeführt worden.

Abbildung 1-5: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070104*, AS 070204*, AS 070304*, AS 070404*, AS 070504* und AS 070704* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

1.4 Auswertung der Analysen und Identifikation hochwertiger Verwertungswege

Auf der Basis der Ergebnisse der vorangehenden Kapitel erfolgt jetzt eine Bewertung der in Frage kommenden Verfahren bezüglich der ökologischen Auswirkungen und der Einschätzung zur hochwertigen Verwertung im Sinne des KrWG. Dazu wird zunächst eine Bewertungsmethode erarbeitet, die dann für die ausgewählten Abfallschlüsselnummern angewandt wird.

Die Bewertung auf Ebene der AVV-Schlüssel kann dabei nur eine grobe Orientierung sein. Eine konkrete Bewertung auf der Ebene von Abfallströmen unter detaillierter Kenntnis der Zusammensetzung und der konkreten Verwertungsanlagen kann dadurch nicht ersetzt werden. Die hier vorgestellte Methode kann jedoch auch für konkrete Bewertungen auf der Ebene konkreter Abfallströme und Anlagen im Rahmen des Vollzugs genutzt werden.

1.4.1 Bewertungsmethode

Die Bewertungsmethode soll eine für den Vollzug taugliche qualitative vergleichende Bewertung innerhalb eines Abfallschlüssels darstellen. Dazu werden die existierenden Bewertungsverfahren in einer dreistufigen Punktebewertung kombiniert mit der Darstellung als Ampelverfahren (1-2-3) innerhalb der Indikatoren:

- ▶ Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs
- ▶ Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis
- ▶ Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen
- ▶ Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz
- ▶ Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle
- ▶ Energie
- ▶ Treibhausgasemissionen
- ▶ Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft
- ▶ Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächengewässer)
- ▶ Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen

Eine numerische Aggregation der Ergebnisse auf der Ebene der Indikatoren wird nicht vorgenommen. Vielmehr wird je Abfallschlüssel eine Ergebnismatrix dargestellt. Die zusammenfassende Bewertung erfolgt dann verbal-argumentativ.

1.4.2 Gesamtbewertungen der eingesetzten Verwertungsverfahren

Entsprechend dieser Methode wurden alle betrachteten Abfallschlüssel untersucht. In Abbildung 1-6 wird beispielhaft die Ergebnismatrix der Bewertung der Einzelindikatoren und in Box 1-1 die zusammenfassende Bewertung des Abfallschlüssels AS 070104* „andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen aus HZVA organischer Grundchemikalien“ dargestellt.

Abbildung 1-6: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070104*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich; Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls (liegt zwischen 1 und 2); Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Box 1-1: Zusammenfassende Bewertung des AS 070104*

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie & THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine weiteren Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

1.4.3 Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse

Bei der Bewertung der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass das Ziel der Bewertung im Rahmen dieser Studie eine grobe Ersteinschätzung zu der „ökologischen“ Performance von Verwertungsverfahren auf der Ebene von AVV-Schlüsseln ist und darüber hinausgehende Interpretationen für eine konkrete Entscheidung im Einzelfall nicht bzw. allenfalls im Ausnahmefall möglich sind.

Die aus der Anwendung der Bewertungsmethode am Beispiel von 25 Abfallschlüsseln und für zwei Abfallschlüssel zusätzlich gewonnenen Ergebnisse, lassen sich grob in 4 Ergebniskategorien einteilen, wonach die Ersteinschätzung für die vorrangige Zuordnung der Abfälle auf Ebene der Abfallschlüssel erfolgen kann:

▶ **Gleichrang von stofflicher und energetischer Verwertung (15 AVV)**

Für 15 Abfallschlüssel reichten die vorliegenden Erkenntnisse auf Ebene der AVV-Schlüssel nicht für eine eindeutige Entscheidung zur Wahl der geeignetsten Entsorgungsmethode aus. Deshalb ist auf dieser Ebene von einem Gleichrang auszugehen. Die konkrete Bewertung für den einzelnen Abfall kann zu einer eindeutigen Zuordnung führen. Die konkrete Entscheidung über die Zuordnung zu dem geeignetsten Entsorgungsweg, bzw. den geeignetsten Entsorgungswegen muss im Einzelfall unter Nutzung konkreter Abfall- und Anlagendaten erfolgen. Bundesweit wurden 2012 etwa 0,95 Mio. Mg Abfälle dieser 15 Abfallschlüssel entsorgt, davon je 23 % recycelt bzw. einer sonstigen Verwertung zugeführt, 40 % in einer SAV entsorgt, ca. 1 % beseitigt und 13 % in einer CPB behandelt.

▶ **Vorrang stoffliche Verwertung**

Für die AVV-Schlüssel 060101*, 060205*, 110105* und 110107* weisen die Ergebnisse darauf hin, dass bei der Mehrheit der Abfälle das Recycling, also die stoffliche Verwertung, das geeignetste Verfahren ist und damit die Abfallhierarchie uneingeschränkt angewendet werden kann. Dies gilt tendenziell auch für die AVV-Schlüssel 120107* und 120109*. Eine Einzelfallprüfung ist im Normalfall nur dann erforderlich, wenn ein alternativer Entsorgungsweg eingeschlagen werden soll.

Bundesweit wurden 2012 etwa 1,1 Mio. Mg Abfälle dieser sechs Abfallschlüssel entsorgt, davon 44 % recycelt, 1 % einer sonstigen Verwertung zugeführt und 55 % in einer CPB behandelt.

► **Vorrang der SAV aufgrund von Ausschlusskriterien**

Für die vier AVV-Schlüssel 070403*, 070404*, 070503* und 070504* existieren Ausschlusskriterien bezüglich Arbeitsschutz und der Verschleppung von Schadstoffen in ein Verwertungsprodukt, die einen Vorrang der SAV begründen. Ausnahmen sind bei entsprechender Datenlage möglich, insbesondere wenn eine Rückführung innerhalb des Herstellungsbetriebs erfolgen soll. Ohne konkrete Erkenntnisse im Einzelfall ist für alle Abfälle dieser Abfallschlüssel von dem Vorrang der SAV auszugehen.

Bundesweit wurden 2012 etwa 260.000 Mg Abfälle dieser vier Abfallschlüssel entsorgt, davon 2 % recycelt, 22 % einer sonstigen Verwertung zugeführt, 70 % in einer SAV entsorgt und 5 % in einer CPB behandelt.

► **Beseitigung derzeit einziger Entsorgungsweg**

Für die zwei AVV-Schlüssel 100401* und 110202* stehen Verfahren zur Verwertung der Abfälle dieser Abfallschlüssel derzeit in Deutschland nicht zur Verfügung. Daraus folgt dass diese im Moment so wie sie anfallen oder nach einer Vorbehandlung der Beseitigung auf Deponien zugeführt werden. Es sollte generell geprüft werden, ob technische Möglichkeiten für eine Verwertung in absehbarer Zeit zu erwarten sind. Falls dies, wie bei den Abfällen der beiden genannten Abfallschlüssel, der Fall ist, sollten diese rückholbar, z. B. auf Monodeponien, abgelagert werden.

Bundesweit wurden 2012 etwa 260.000 Mg Abfälle dieser Abfallschlüssel entsorgt, davon 96 % beseitigt und 4 % in einer CPB behandelt.

1.5 Instrumente und Handlungsansätze zur Ausschöpfung von Verwertungspotenzialen bei gefährlichen Abfällen

Nach einer Analyse der Hemmnisse zur Nutzung von Recyclingpotenzialen werden Handlungsempfehlungen von Maßnahmen zur Überwindung der Hemmnisse gegeben.

1.5.1 Hemmnisse

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass in verschiedenen Fällen technische und ökologisch sinnvolle Möglichkeiten bestehen, das hochwertige Recycling von gefährlichen Abfällen zu steigern. Es gibt allerdings eine Reihe von Hemmnissen, die der Ausschöpfung dieser Potenziale mal mehr, mal weniger entgegenstehen. Diese können fünf verschiedenen Hemmnis-Typen zugeordnet werden:

- Rechtliche Hemmnisse
- Vollzugs-Hemmnisse
- Ökonomische Hemmnisse
- Informativische Hemmnisse
- Sonstige Hemmnisse

Tabelle 1-1: Hemmnisse für die Ausweitung der stofflichen Verwertung gefährlicher Abfälle

Hemmnis	Bemerkung
Abfallinhaltsstoffe eines AVV zu vielfältig	Die innerhalb einer AVV anfallenden Abfälle weisen bezüglich der Inhaltsstoffe große Schwankungsbreiten auf, die im Einzelfall gegen ein Recycling sprechen können.
Bedenken, dass anhand der Abfallzusammensetzung auf bestimmte Spezifika von Produktionsverfahren zurückgeschlossen werden könnte	Betrifft einzelne produktionsspezifische Abfälle der Chemie- und v.a. der Pharmaindustrie, zumal dann, wenn noch Reste der Wirkstoffe etc. in den Abfällen enthalten sind
Keine ausreichende Getrennthaltung durch Abfallerzeuger	Betrifft im Wesentlichen nur KMU (Kleine und mittlere Unternehmen), bei denen mehrere ähnliche Abfälle in kleinen Mengen anfallen
Fehlende konkrete Vorgaben zur Umsetzung der Abfallhierarchie	Komplexität der Abfälle erschwert „einfache“ Vorgaben
Mangelnde Angebote der Entsorgungswirtschaft zur hochwertigen stofflichen Verwertung	Aufgrund der rechtlichen und marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen liegen z. T. keine ausreichenden Angebote der Entsorgungswirtschaft zur hochwertigen stofflichen Verwertung vor; wenn doch, sind verfügbare Anlagen meist auf wenige Standorte verteilt.
Fehlende Investitionsbereitschaft	Investitionen setzen u. a. den gesicherten Zugang zu Inputstoffen voraus; hohe Markteintrittsbarrieren für Newcomer
Mangelnde Innovationen/ Umsetzung in der Praxis	Zusammenhang mit fehlender Investitionsbereitschaft
Aufwändige Genehmigungsverfahren und -anforderungen	Betrifft nicht nur Neuanlagen, sondern auch Bestandsanlagen (z. B. durch heranrückende Bebauung/ Störfallbedingte Schutzabstände)
Mangelnde Informationen über „geeignete“ Verwertungsbetriebe und -techniken	Betrifft allgemein zugängliche, leicht verfügbare Informationen und gilt im Wesentlichen für KMU
Schwierige Marktsituation (z. B. Abhängigkeit der Sekundärware vom Marktpreis der Primärware)	Durch Kopplung der Marktpreise für Sekundärware an die (gesunkenen) Marktpreise für Primärware
Qualität der Sekundärware	Keine 100%ige Trennung möglich, Gütesicherung nicht einheitlich
Kosten der Marktzulassung nach Stoffrecht	Markteintrittsbarriere

Quelle: eigene Darstellung

1.5.2 Mögliche Instrumente zur Steigerung einer hochwertigen Verwertung der untersuchungsrelevanten Abfallarten

Erfahrungsgemäß gibt es kein universelles Instrument, mit dem die komplexen und vielfältigen Hemmnisse alleine umfassend gelöst werden können. Allerdings gibt es aus Sicht der Autoren verschiedene Ansatzpunkte, die sich gegenseitig zu einem sogenannten Policy-Mix ergänzen können. Die dazu empfehlenswerten Instrumente und Maßnahmen sind folgenden Bereichen zuzuordnen:

- ▶ Rechtliche Instrumente
- ▶ Stärkung des Vollzugs
- ▶ Fiskalische Instrumente sowie
- ▶ Kooperationen und informatorische Instrumente

Die empfohlenen Instrumente und Maßnahmen in Verbindung mit den angesprochenen Akteuren werden Tabelle 1-2 in dargestellt.

Tabelle 1-2: Instrumente und Maßnahmen zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle

Angesprochene Akteure	Instrumente
	Rechtliche Instrumente
Bund/Länder	Ausgestaltung von § 8 Absatz 1 KrWG, bei Gleichrang verschiedener Verwertungsverfahren bezüglich der Umweltbelange den Vorrang des Recycling nach Abfallhierarchie aufrechterhalten
Bund/Länder	Untergesetzliches Regelwerk/Ausgestaltung von § 8 Absatz 2 KrWG: Stoffstromlenkende Verordnungen, z. B. nach dem Beispiel der Altölverordnung
Länder	Verwaltungsvorschriften zur Beschaffung der öffentlichen Hand (Berücksichtigung stoffstromlenkender Maßnahmen bei der öffentlichen Beschaffung)
	Stärkung des Vollzugs
Länder	Stärkung/Ausbau der Sonderabfallgesellschaften mit entsprechenden Befugnissen und Pflichten
Länder	Intensivere Zusammenarbeit auf Länderebene
Länder	Ergänzung des Nachweisverfahrens um Prüfung der hochwertigen Verwertbarkeit
Länder	Erweiterung der Deklarationsanalysen um Wertstoffe
Bund/Länder/ Umweltverwaltung	Branchenbezogene Analysen (früher nach § 5.1.3 BImSchG)
	Fiskalische Instrumente
Bund	Verringerter Umsatzsteuersatz z. B. für Recyclingprodukte
Bund/Länder	Investitionsförderung (analog Umweltinvestitionsprogramm UIP)
Bund/Länder	Verbesserte Abschreibungsbedingungen für Besitzer/Betreiber von Recyclinganlagen
Bund/Länder	Forschungsförderung zur Entwicklung beispielhafter Vorbildlösungen/Förderung von Modellprojekten

Angesprochene Akteure	Instrumente
	Kooperationen und informatorische Instrumente
Länder/Entsorgungswirtschaft	Verbreitung von Informationen über Leuchtturmprojekte, Ermittlung und Veröffentlichung von erreichbaren stofflichen Verwertungsquoten für konkrete gefährliche Abfälle
Länder/Branchenverbände	Gezielte freiwillige Vereinbarung nach dem Muster von Umweltallianzen
Bund/Länder/Branchenverbände	Listen von „geeigneten“ Verwertungsanlagen zur Verfügung stellen, inkl. zugelassene Abfälle und Annahmeveraussetzungen und –beschränkungen (Mindestgehalte Wertstoffe, maximale Gehalte an Störstoffen, Vorgaben zur Beschaffenheit)
Bund/Länder/Branchenverbände	Bewertungs- und Entscheidungshilfen und –methoden zur Verfügung stellen
Länder	Webbasiertes Bereitstellen von Bewertungsergebnissen für konkrete Abfälle (wenn Betriebsgeheimnisse betroffen sind, ausschließlich für Genehmigungsbehörden)
Bund/Länder/Umweltverwaltung/ Abfallerzeuger/Anlagenbauer/Entsorgungswirtschaft/ Wissenschaft/Beratung	Akteurskooperationen (Runde Tische) zwischen allen beteiligten Akteuren
Umweltverwaltung, Entsorgungswirtschaft	Stärkung/Aktualisierung/Ausbau des bestehenden webbasierten Informationsangebotes (AI-DA/ABANDA)

Quelle: eigene Darstellung

2 Summary

2.1 Introduction

Waste classified as hazardous amounted to approximately 22.3 million Mg in the Federal Republic of Germany in 2014. Classification of waste types as hazardous is governed by the German Waste Catalogue Ordinance (*Abfallverzeichnisverordnung – AVV*), which refers to the properties of waste that render them hazardous as listed in Annex III to the European Union Waste Framework Directive (2008/98/EC). Overall, 405 types of waste are classified as hazardous. The principle of the priority of recovery in line with the waste management hierarchy pursuant to the German Circular Economy Act (*Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG*) applies to these wastes just as it does to non-hazardous wastes.

The purpose of the project reported in this study was to identify the recovery potential for selected types of waste. The study proceeded from a comprehensive characterisation of the current management situation for these types of waste. It employed an assessment method developed specifically for this purpose, building upon an existing methodology.

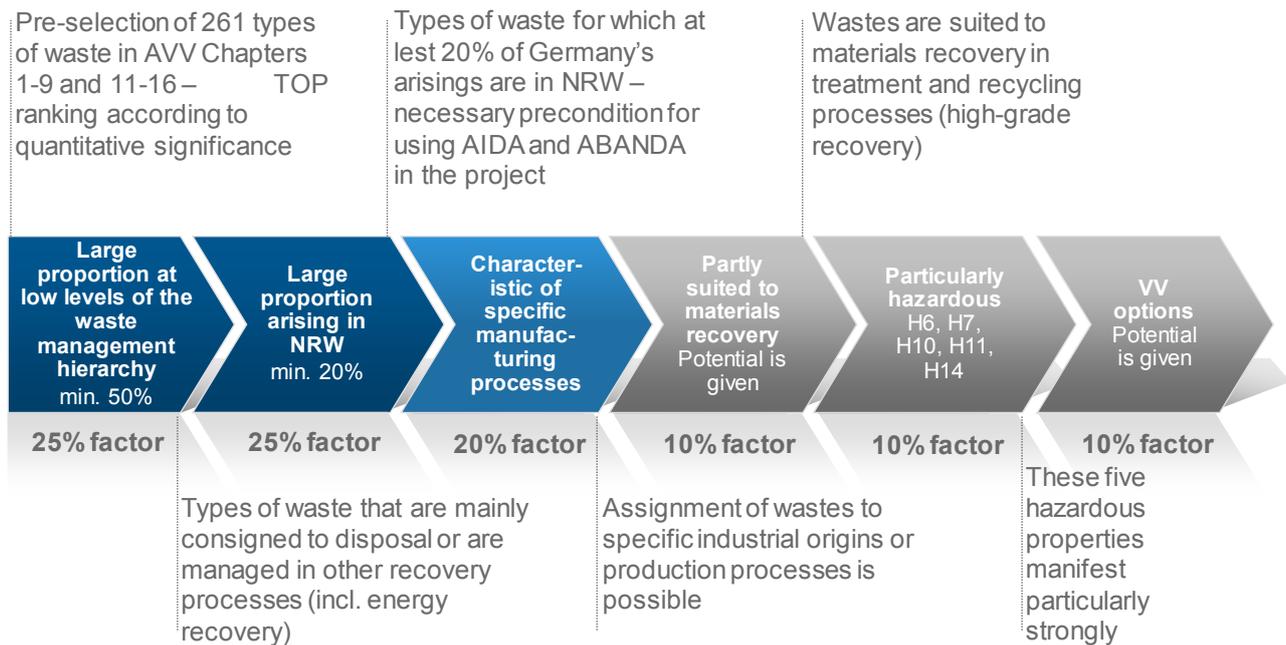
In the course of the research project, the hazardous wastes generated in production processes, i.e. those listed in AVV Chapters 1 – 9 and 11 – 16, and specifically 27 waste codes within those Chapters, were selected for an in-depth study of recovery potential. In order to characterise the generation of these types of wastes, and their management paths and the constituent substances giving rise to their hazardous properties, database searches and literature reviews were carried out, and surveys of waste generators and of the operators of waste treatment and management facilities were conducted and analysed. The report subsequently presents processes for the degradation, conversion or separation of hazardous substances, and suitable recovery processes. A comparative assessment of these processes employed the assessment methodology developed previously in the course of the study. Building on the findings, the study derives recommendations for action that can help to remove the barriers currently impeding the full exploitation of recovery potential.

This research project was conducted by Öko-Institut e.V. in cooperation with the u.e.c. Berlin and Prognos AG engineering consultancies. Work on the project was assisted by an expert advisory council.

2.2 Selection of the types of waste relevant to the study

Using statistical data, first a quantitative ranking was performed of the hazardous wastes generated in the Federal Republic of Germany. This ranking was done according to the quantitatively significant AVV codes for the year 2012, from which primary waste can be identified or estimated. After identifying the types of waste relevant to the project in this manner, several further selection steps were performed to successively narrow down the wastes relevant to the study to 50 production-specific hazardous waste types from manufacturing and commerce (Economic Sector C – Manufacturing). In the next step, the types of waste were further narrowed down using specifically developed criteria such as data availability, assumed recovery potential, and the manifestation of certain hazardous properties (cf. on this Figure 2-1). After questioning experts with close links to the sector, some additional types of waste were included in the scope of the study.

Figure 2-1: Approach taken to select 20 to 30 AVV codes for inclusion in the study, and weighting factors



Own presentation

Proceeding from 23.4 million Mg/a of hazardous waste generated in 2012, restriction of the study's scope to manufacturing wastes limited the amount covered to 7.0 million Mg/a. The 27 waste types based on AVV codes that remained after the final selection step, which were from then on the subject of the study, represent waste of about 2.5 million Mg/a. The mainly high-calorific-value waste types are:

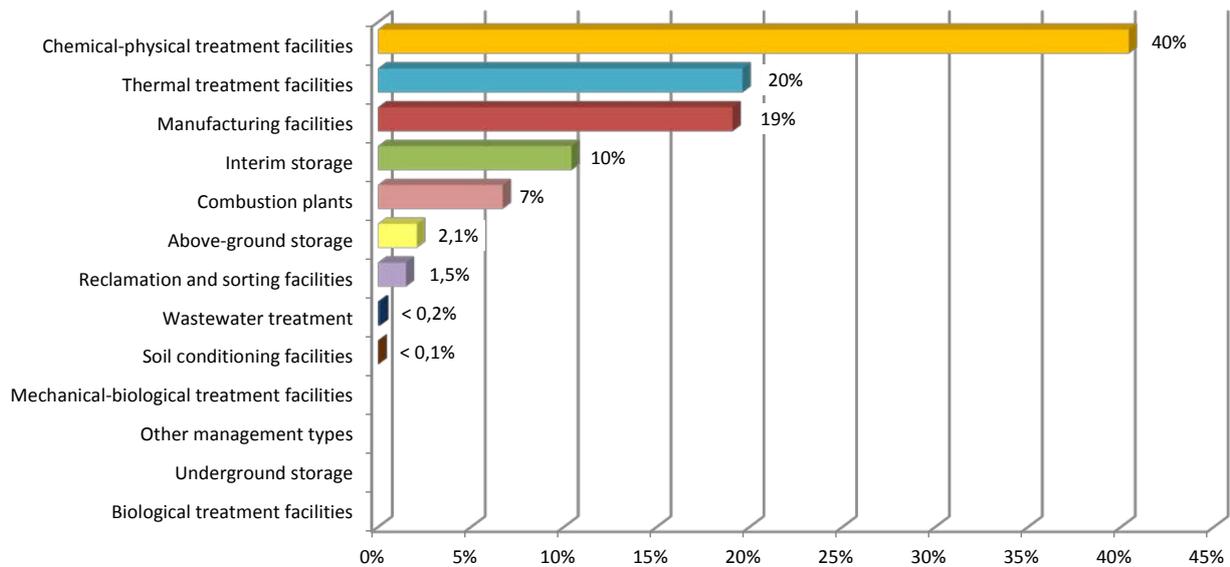
- ▶ from inorganic chemical processes (2 waste types in Group 6),
- ▶ from organic chemical processes (15 waste types in Group 7),
- ▶ from the manufacture, formulation, supply and use (MFSU) of coatings (paints, varnishes and vitreous enamels), adhesives, sealants and printing inks (3 waste types in Group 8),
- ▶ from thermal processes (1 waste type in Group 10),
- ▶ from chemical surface treatment and coating of metals and other materials; non-ferrous hydro-metallurgy (3 waste types in Group 11),
- ▶ from shaping and physical and mechanical surface treatment of metals and plastics (2 waste types in Group 12),
- ▶ waste organic solvents, refrigerants and propellants (except 07 and 08) (1 waste type in Group 14).

2.3 Analysis of the types of waste relevant to the study

The information on waste generation, management paths and constituent substances that was needed for the project is not available throughout the territory of Germany. In Germany's state of North-Rhine/Westphalia (*Nordrhein-Westfalen* – NRW), data availability is best. This is thanks to two web-based databases (AIDA and ABANDA) and the waste assessment information portal (*Informations-Portal-Abfallbewertung* – IPA) maintained by the state agency for nature, environment and consumer protection (*Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen* – LANUV NRW). Moreover, with 730,800 Mg/a of the 27 selected hazardous waste types in 2012, North-Rhine/Westphalia accounts for 29% of those waste types generated nationwide. The data for NRW were therefore taken as being representative of the overall situation in Germany, and were used for the study.

Following usage in the AIDA database, the waste types studied were assigned to nine different types of waste management facility. Chemical-physical treatment clearly dominates the other management paths, followed by thermal treatment and manufacturing facilities (Figure 2-2). Manufacturing facilities include, among others, chemical plants, plastic, metal, glass and paper manufacturing facilities, and brickworks, cement works and asphalt mixing plants (see also the supplementary volume, Chapter 7: Catalogue of management facility types).

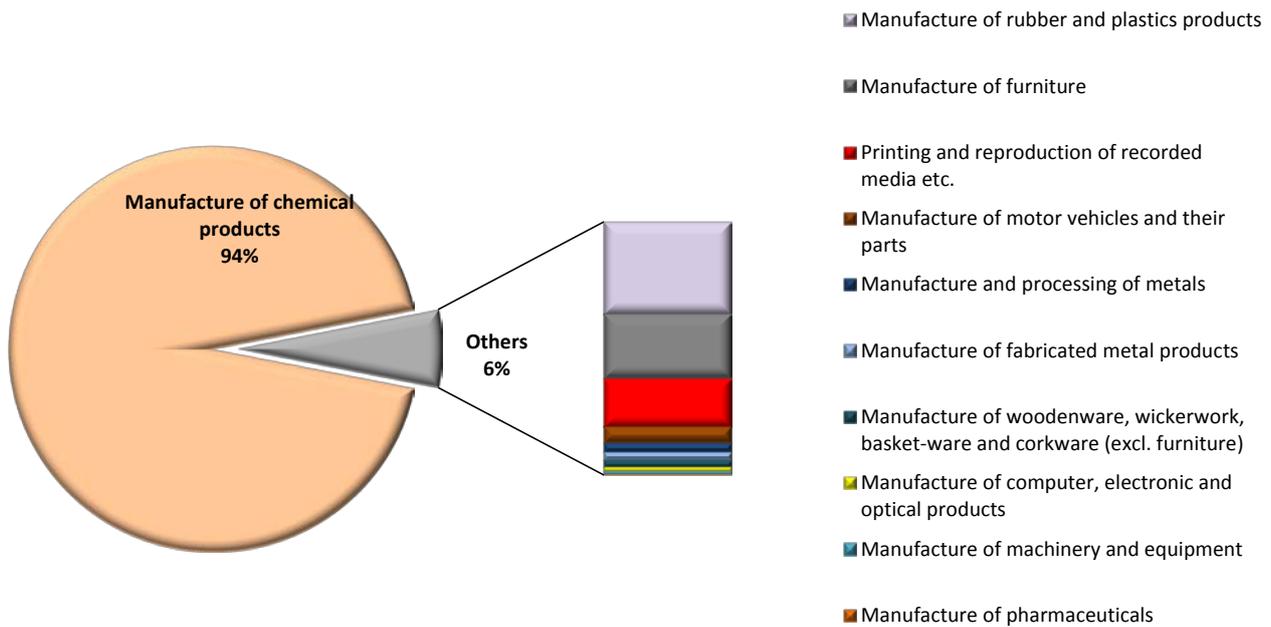
Figure 2-2: Consignment of the selected waste types to management facility types, average over 2010 to 2013



Own presentation, after [AIDA 2010-2013]

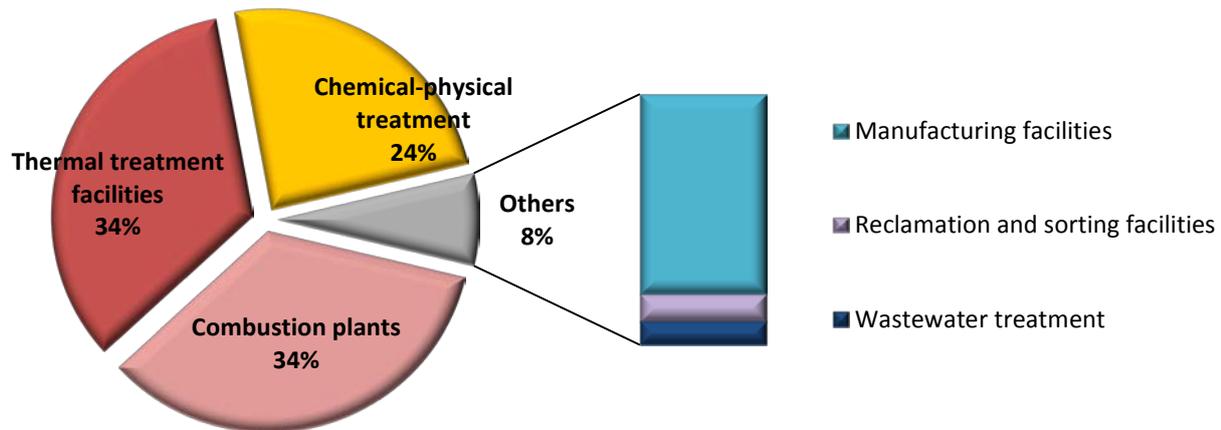
Characterisation of the origins and fates of the 27 types of waste was then performed in a waste profile sheet for each type. For the example of waste code 070104* – “Other organic solvents, washing liquids and mother liquors from the manufacture, formulation, supply and use (MFSU) of basic organic chemicals” – Figure 2-3 shows the way in which these profiles present waste origins, and Figure 2-4 shows the presentation of management paths.

Figure 2-3: Waste origins by generator sectors – waste code 070104*



Own presentation, after [AIDA 2012]

Figure 2-4: Management paths of all sectors – waste code 070104*

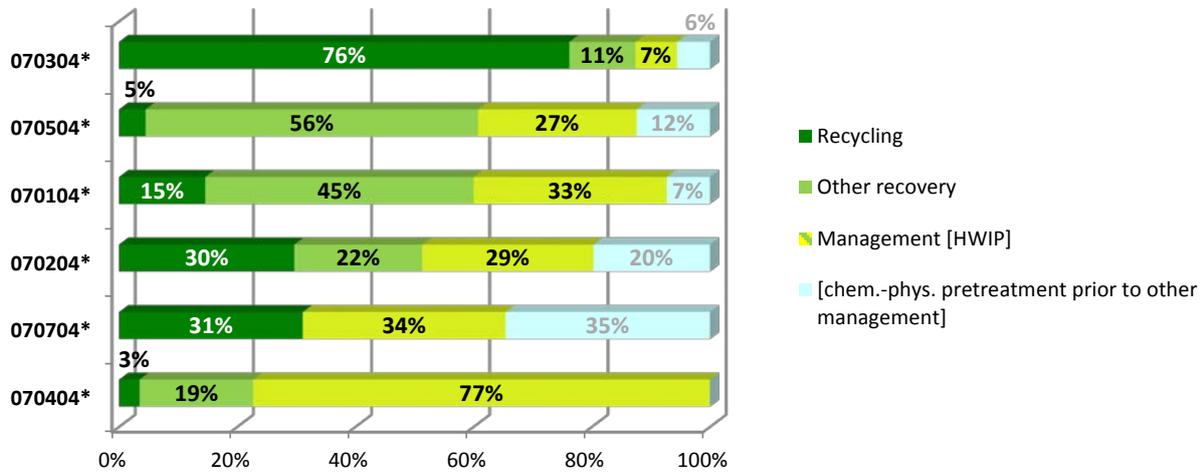


Own presentation, after [AIDA 2010-2013]

Finally, 27 waste types are aggregated in groups and are characterised in terms of their constituents that render them hazardous.

Subsequently, for each waste type the management techniques applied are assigned to the levels of the waste management hierarchy pursuant to the German Circular Economy Act. This shows that, of the wastes under code 070104*, 15% are recycled, 45% are consigned to other recovery paths, 33% are consigned to management in a hazardous waste incineration plant (HWIP) and 7% are consigned to chemical-physical treatment. In the case of consignment to HWIP, it can only be determined for each specific case whether this amounts to recovery or disposal – this is why the generic term “management” is used. Chemical-physical treatment normally amounts only to treatment prior to disposal or recovery. However, the documents analysed mostly did not permit a distinction as to which path the wastes consigned to chemical-physical treatment subsequently took – this is why chemical-physical treatment is listed separately here. In the representative case shown in Figure 2-5 no type of waste is consigned directly to landfill and thus to disposal.

Figure 2-5: Assignment to processes pursuant to the German Circular Economy Act, for waste codes 070104*, 070204*, 070304*, 070404*, 070504* and 070704* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Own presentation, after [AIDA 2010-2013]

2.4 Evaluation of the analyses and identification of high-grade recovery paths

Building on the findings of the previous sections, an assessment is now performed of the processes coming into question with regard to environmental impacts and high-grade recovery as required by the German Circular Economy Act. To this end, first an assessment method is formulated; the method is then applied to the selected waste codes.

An assessment at the level of AVV codes can only provide rough orientation. This is no substitute for a specific assessment at the level of waste streams, based on detailed knowledge of composition and of the specific recovery facilities. The method presented here can nonetheless also be used for specific assessments at the level of specific waste streams and facilities in the context of regulatory enforcement activities.

2.4.1 Assessment method

The assessment method is designed to be viable in regulatory enforcement activities, delivering a qualitative comparative assessment within a waste code. For this purpose, the existing assessment procedures are combined in a three-grade points-based rating with a colour coding (1 - 2 - 3) within the indicators:

- ▶ Proportion of resource that remains in the economic cycle
- ▶ Contaminant accumulation or transfer to the recovery product
- ▶ Sink function, contaminant build-up
- ▶ Resource requirement, consumption of auxiliary inputs
- ▶ Generation of additional non-recoverable wastes
- ▶ Energy
- ▶ Greenhouse gas emissions
- ▶ Potential for contaminant release to air
- ▶ Potential for contaminant release to water (effluent, surface waters)
- ▶ Occupational safety and health, and risk of operational malfunctions and faulty operation

No numerical aggregation of findings is performed at indicator level. Instead, a matrix of assessment findings is presented for each waste code. The summary assessment is then performed in verbal-argumentative form.

2.4.2 Overall assessments of the recovery processes employed

The method set out above was used to analyse all waste codes covered by the study. Figure 2-6 shows, as a representative case, the results matrix of the assessment of the individual indicators for waste code 070104* “Other organic solvents, washing liquids and mother liquors from the manufacture, formulation, supply and use (MFSU) of basic organic chemicals”. Box 1-1 shows the summary assessment for that code.

Figure 2-6: Assessment matrix for waste code 070104*

Criterion	Materials recovery	Energy recovery	Energy recovery	Energy recovery
<ul style="list-style-type: none"> ● best rating (1 point) ● intermediate rating (2 points) ● worst rating (3 points) ● knock-out criterion 	 Distillation	 (Power plant) combustion	 Cement works	 HWIP
1. Proportion of resource that remains in the economic cycle	● 70% on average, rating can be 1 in individual cases	● No resource in cycle	● No resource in cycle	● No resource in cycle
2. Contaminant accumulation or transfer to the recovery product	● Contaminant transfer to recovery product is possible	● No recovery product	● Contaminants remain in cement	● No recovery product
3. Sink function, contaminant buildup	● Contaminants in distillation residue -> management via HWIP or chem.-phy. treatment -> chem.-phy. treatment no sink	● Organic contaminants destroyed -> sink. Other contaminants recovered via slag/ash or to landfill -> partly no sink	● Organic contaminants destroyed -> sink. Other contaminants remain in cement -> partly no sink	● Organic contaminants destroyed -> sink. Other contaminants mostly disposed of together with flue gas purification residue in underground repository or recovered as mining backfill -> sink
4. Resource requirement, consumption of auxiliary inputs	● No use of auxiliary inputs	● Small quantities for flue gas purification	● Small quantities for flue gas purification	● Small quantities for flue gas purification
5. Generation of additional non-recoverable wastes	● No additional wastes	● Small quantities of additional wastes from flue gas purification that are not recovered	● No additional wastes	● Small quantities of additional wastes (chlorides from exhaust purification) that are not recovered as mining backfill
6. Energy	● Energy is consumed in process	● Medium to small energy extraction, rating tends to be between 1 and 2	● Direct utilisation in process	● Small to medium energy extraction, extraction is less than in power plant
7. Greenhouse gas (GHG) emissions	● Emissions from handling are relevant, distillation residue is incinerated 70% recovery product: credit for the avoided new production of solvent. If credit for solvent production is set at high level, rating can be 1. Distillation residue: credit for substitution of primary fuel	● Incineration of the waste (rating is between 1 and 2) Credit for substitution of primary fuel, set according to net energy extraction	● Incineration of the waste; Credit for substitution of primary fuel	● Incineration of the waste; Credit for substitution of primary fuel, set according to net energy extraction
8. Potential for contaminant release to air	● Non-point emissions are relevant	● Emissions after flue gas purification are higher than from MWIP	● Emissions after flue gas purification are higher than from MWIP	● Emissions lower than other paths
9. Potential for contaminant release to water (effluent, surface waters)	● Effluent purification / discharge limit values	● Partly possible via effluent treatment	● No effluent treatment, no water path	● No effluent treatment, no water path
10. Occupational safety and health, and risk of operational malfunctions and faulty operation	● Depending upon toxicity levels, protective provisions and the handling of wastes/solvents, rating can also be 1	● Risk to water, soil and human health is higher than from MWIP	● Risk to water, soil and human health is higher than from MWIP	● Know-how for handling these hazardous/toxic wastes is available

- best rating (1 point)
- intermediate rating (2 points)
- worst rating (3 points)
- knock-out criterion

Own presentation

Box 2-1: Summary assessment of waste code 070104*

In the overall consideration of environmental impacts and contaminant fates, the performance of distillation, (power plant) combustion and cement works is similar. The HWIP path has benefits, as it delivers the best outcome in terms of environmental impacts and contaminant fates.

Conclusion:

- ▶ Distillation has the best performance in terms of natural resource conservation, but its energy consumption outcome is less favourable than those of the energy recovery processes.
- ▶ If one considers energy consumption together with GHG emissions over the entire life cycle, the cement works process has benefits. There are no significant differences among the other processes in this regard.
- ▶ The HWIP process has benefits in terms of environmental impacts and contaminant fates. In terms of natural resource conservation, however, its performance is substantially lower than that of the other processes.
- ▶ The cement works process has the best performance in terms of energy & GHG emissions, but otherwise, and particularly compared to distillation, it has no further benefits.

To what extent there are actually no significant differences between the recovery variants analysed can only be appraised comparatively and determined finally on the basis of the specific wastes covered by the waste code or the specific waste stream in each case.

2.4.3 Summary of assessment findings

An evaluation of findings must take into account that the purpose of the assessment in the context of the present study is to perform a rough, initial appraisal of the environmental performance of recovery processes at the level of AVV waste codes. No interpretations beyond this that may form the basis of a concrete decision in an individual case can be derived (possibly in exceptional cases, at the very most).

The findings gained from applying the assessment method to 25 waste codes, supplemented by additional findings for a further two waste codes, can be grouped broadly in 4 classes of cases according to which an initial appraisal of the most suitable management path can be conducted at the level of waste codes:

- ▶ **Cases in which materials recovery and energy recovery are equivalent (15 AVV codes)**
For 15 waste codes, the findings at AVV code level do not suffice for a clear decision on the assignment of the most suitable management method. Equivalence can therefore be stated at this level. A concrete assessment of a specific type of waste can lead to a clear assignment. The actual decision on assignment to the best suited management path(s) must be taken in each individual case, using specific waste and facility data.
In 2012, about 0.95 million Mg wastes of these 15 codes were managed in Germany. Of these, 23% were consigned to recycling or other recovery, 40% to HWIP, approx. 1% were consigned to disposal, and 13% to chemical-physical treatment.
- ▶ **Cases in which materials recovery has priority**
The findings indicate that materials recovery is the most suitable process for most of the wastes with the 060101*, 060205*, 110105* and 110107* codes; the waste management hierarchy can be followed without restriction here. This also tends to apply to AVV codes 120107* and 120109*. An appraisal of the individual case is normally only required if an alternative management path is to be taken.
In 2012, about 1.1 million Mg wastes of these 6 codes were managed in Germany. Of these, 44% were recycled, 1% were consigned to other recovery, and 55% were consigned to chemical-physical treatment.

► **Cases in which the HWIP path has priority due to knock-out criteria**

The HWIP path has priority for four AVV codes – 070403*, 070404*, 070503* and 070504* – because of knock-out criteria in terms of occupational safety & health and contaminant transfer to a recovery product. Exceptions are possible if substantiated by the data, especially in cases in which substances are to be recycled within the manufacturing enterprise. In the absence of specific data pertaining to the case in hand, the priority of the HWIP path is to be assumed for all wastes in these codes.

In 2012, about 260,000 Mg wastes of these 4 codes were managed in Germany. Of these, 2% were recycled, 22% were consigned to other recovery, 70% were managed in a HWIP and 5% were consigned to chemical-physical treatment.

► **Cases in which disposal is the only management path at present**

For wastes in two AVV codes – 100401* and 110202* – no processes by which to recover these wastes are currently available in Germany. As a result, these wastes are consigned to landfill at present, either in the form in which they arise or after pre-treatment. It should be reviewed whether technical options for recovery are given or may be expected in the foreseeable future. If this should be the case for the wastes in these two codes, they should be deposited in a retrievable manner, e.g. on mono-landfills.

In 2012, about 260,000 Mg wastes of these codes were managed in Germany. Of these, 96% were consigned to disposal and 4% to chemical-physical treatment.

2.5 Instruments and approaches for tapping hazardous waste recovery potential

This section first analyses the obstacles that currently impede the tapping of recovery potential. It then recommends measures by which to remove those obstacles.

2.5.1 Obstacles

The study has found that in several cases there are technically and environmentally expedient options to boost the high-grade recovery of hazardous wastes. However, an array of obstacles impedes the tapping of this potential to various degrees. These obstacles can be grouped in five types:

- Statutory
- Enforcement-related
- Economic
- Informational
- Other obstacles

Table 2-1: Obstacles to expanding materials recovery from hazardous wastes

Obstacle	Notes
Constituents of wastes within an AVV code are too diverse	The wastes generated within an AVV code have large variations in their composition of constituent substances that can render recycling impractical in some cases
Concerns that conclusions can be drawn from the composition of waste about the specific properties of production processes	Applies to individual production-specific wastes from the chemical and, above all, pharmaceutical industry, especially where residues of active ingredients etc. are still contained in the wastes
No sufficient segregation by waste generators	Applies mainly only to SMEs where several similar types of waste arise in small quantities
Lack of specific provisions about implementation of the waste management hierarchy	Complexity of wastes hampers “simple” provisions
Lack of services available from the waste management industry for high-grade materials recovery	Due to statutory and market conditions, there is in some cases a lack of sufficient services available from the waste management industry for high-grade materials recovery; where such services are available, the facilities are usually limited to a small number of locations
Lack of willingness to invest	Investments presuppose, among other things, secure access to inputs; newcomers face high market entry barriers
Lack of innovation / practical implementation	Link to lack of willingness to invest
Complex permit procedures and requirements	Applies not only to new facilities, but also to existing ones (e.g. when the boundaries of settlements come closer / accident-related protective distances must be maintained)
Lack of information about “suitable” recovery firms and techniques	Relates to widely accessible, readily available information, and applies mainly to SMEs
Difficult market situation (e.g. dependence of secondary goods upon the market price of primary goods)	Through coupling of the market prices of secondary goods to the (fallen) ones of primary goods
Quality of secondary goods	Segregation not 100% possible, quality assurance not uniform
Cost of market approvals under chemicals law	Market entry barriers

Source: own presentation

2.5.2 Possible instruments to boost the high-grade recovery of the waste types relevant to the study

Experience teaches that there is no universal instrument by which the complex and diverse obstacles could be removed alone. However, there are various points of leverage that can be packaged in a complementary policy mix. Recommendable instruments and measures can be grouped in the following fields:

- ▶ Statutory instruments
- ▶ Strengthening enforcement

- ▶ Fiscal instruments
- ▶ Cooperation arrangements and informational instruments

Table 2-2 presents the recommended instruments and measures, and lists the stakeholders in question.

Table 2-2: Instruments and measures to boost the high-grade recovery of hazardous wastes

Stakeholders	Instruments
	Statutory instruments
Federal Government / Länder (the regional states of Germany)	Wording of Article 8 para 1 of the German Circular Economy Act (KrWG), maintaining the priority of recovery in accordance with the waste management hierarchy in cases in which different recovery processes have equivalent environmental performance
Federal Government / Länder	Sub-statutory regulations / wording of Article 8 para 2 of the German Circular Economy Act (KrWG): ordinances governing the course of material streams, modelled e.g. on Germany's Waste Oil Ordinance
Länder	Administrative rules on public-sector procurement (consideration in public procurement of measures influencing the course of material streams)
	Strengthening enforcement
Länder	Strengthening/expansion of the hazardous waste agencies (<i>Sonderabfallgesellschaften</i>) with corresponding rights and duties
Länder	Closer cooperation at <i>Länder</i> level
Länder	Expanding the required documentation to include a check of high-grade recoverability
Länder	Expanding the declaration analyses to include recyclables
Federal Government / Länder / Environmental administration	Sector-specific analyses (formerly pursuant to Article 5.1.3 of the Federal Emission Control Act – BImSchG)

Stakeholders	Instruments
	Fiscal instruments
Federal Government	Reduced value-added tax rate e.g. for recycled products
Federal Government / Länder	Investment assistance (analogous to the Environmental Investment Programme – UIP)
Federal Government / Länder	Improved depreciation terms for the owners/operators of recovery facilities
Federal Government / Länder	Promotion of research to develop pilot solutions / promotion of lighthouse projects
	Cooperation arrangements and informational instruments
Länder/ Waste management industry	Dissemination of information about lighthouse projects, determination and publication of achievable materials recovery rates for specific types of hazardous waste
Länder/ Industry federations	Targeted voluntary agreements, modelled on environmental alliances (<i>Umweltallianzen</i>)
Federal Government / Länder/ Industry federations	Provision of lists of “suitable” recovery facilities, incl. permitted wastes and acceptance terms and limitations (minimum resource content, maximum content of troublesome constituents, terms concerning properties of wastes)
Federal Government / Länder/ Industry federations	Provision of assessment and decision-making tools and methods
Länder	Web-based provision of assessment findings for specific types of waste (only for use by permitting authorities in cases where industrial secrets are concerned)
Federal Government / Länder/ Environmental administration/ Waste generators / Facility builders / Waste management industry / Academia / Consultants	Cooperation arrangements (Round Tables) involving all stakeholders
Environmental administration / Waste management industry	Strengthening/updating/expanding the existing provision of web-based information (AIDA/ABANDA)

Source: own presentation

3 Einleitung

Im Jahr 2014 sind in der Bundesrepublik Deutschland rund 22,3 Mio. Mg als gefährlich eingestufte Abfälle angefallen. Dies sind gemäß § 3 Abs. 5 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) „Abfälle, die durch Rechtsverordnung nach § 48 Satz 2 oder auf Grund einer solchen Rechtsverordnung bestimmt worden sind.“ Maßgeblich für die Einstufung ist die Abfallverzeichnisverordnung (AVV), die das Europäische Abfallverzeichnis umsetzt und Gefährlichkeitskriterien festsetzt. Hier bestimmt § 3 Abs. 1 Satz 1 AVV, dass die in der Anlage zur Verordnung mit einem Sternchen (*) gekennzeichneten Abfälle gefährlich sind. Die 2016 in Kraft getretene Novelle der AVV enthält u. a. überarbeitete, an die Veränderungen im europäischen Gefahrstoffrecht angepasste Gefährlichkeitskriterien und benennt 405 gefährliche Abfallarten.

Neben den Schadstoffen, die es vor dem Hintergrund des Gesundheits- und Umweltschutzes zu zerstören gilt, enthalten gefährliche Abfälle auch Wertstoffe, deren Recycling für die Kreislaufwirtschaft aus ökologischer wie auch ökonomischer Sicht von Vorteil sein kann.

In Zusammenhang mit der Abfallhierarchie des 2012 in Kraft getretenen Kreislaufwirtschaftsgesetzes hat das Umweltbundesamt in Abstimmung mit dem Bundesumweltministerium ein UFOPLAN-Projekt initiiert, um insbesondere Potenziale und Maßnahmen zur hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle zu identifizieren. Die Bearbeitung erfolgt durch das Öko-Institut e.V. in Zusammenarbeit mit den Ingenieurbüros u.e.c. Berlin und Prognos AG.

Angesichts der Vielzahl der als gefährlich eingestuften Abfälle liegt der Fokus dieses Projektes auf der Untersuchung der in der Bundesrepublik Deutschland erzeugten produktionsspezifischen gefährlichen Abfälle. Auf Basis einer zusätzlichen Einengung wird für untersuchungsrelevante Abfälle auf der Ebene der Abfallschlüssel analysiert, welcher Entsorgungsweg unter Beachtung der Anforderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes der aus ökologischer Sicht hochwertigste und am besten geeignete ist, sofern Konzepte zur Vermeidung oder Substitution nicht greifen. Bereits an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass unter jedem Abfallschlüssel zahlreiche, häufig äußerst heterogene und oftmals variable Abfallströme zusammengefasst sind.

Entsprechend wird es in der Praxis unumgänglich sein, Fragen zur Hochwertigkeit der Verwertung gefährlicher Abfälle auf Basis detaillierter Einzelfallbetrachtungen auf der Ebene der Abfälle unter Nutzung der erarbeiteten methodischen Grundlagen dieses Projektes zu verifizieren. Eine unreflektierte Übertragung der auf der Ebene der Abfallschlüssel erarbeiteten Ergebnisse ist nicht sachgerecht.

Da während der Projektlaufzeit die Heizwertklausel des § 8 Abs. 3 Satz 1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), die ab einem Heizwert von 11.000 kJ/kg eine Gleichrangigkeit der energetischen und stofflichen Verwertung beinhaltete, evaluiert und schlussendlich 2017 aufgehoben wurde, steht der Heizwert als Kriterium zur Umsetzung der Abfallhierarchie in Deutschland nicht mehr zur Verfügung. Die im Rahmen dieses Projektes erarbeitete Bewertungsmethode kann insofern als Beitrag für die zukünftige Vorgehensweise verstanden werden.

Die Bearbeitung des Forschungsprojektes erforderte zunächst eine Einengung des Untersuchungsgegenstandes. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden ausschließlich produktionsspezifische gefährliche Abfälle betrachtet (AVV-Kapitel 1 – 9 und 11 – 16). Aus der Grundgesamtheit der gefährlichen Abfälle wurden dann anhand geeigneter Beurteilungskriterien 27 Abfallschlüssel für eine vertiefende Untersuchung ausgewählt.

Für diese Abfälle werden anschließend die Entstehung und Entsorgungswege und die für die gefährlichen Eigenschaften verantwortlichen Inhaltsstoffe anhand von Datenbank- und Literaturrecherchen sowie Befragungen von Abfallerzeugern und Betreibern von Abfallbehandlungs- und Entsorgungsanlagen analysiert. Es schließt sich die Darstellung von Verfahren zur Zerstörung, Umwandlung oder Separation der gefährlichen Stoffe und der Vergleich der Entsorgungsverfahren untereinander an.

Die Bearbeitung des Projektes wurde von einem Fachbeirat begleitet, der die Berichterstellung intensiv begleitet und durch Diskussionsbeiträge und Kommentierungen zu den Kapiteln 2 bis 6 sowie teilweise 7.1 bereichert hat¹. Kapitel 7.2 stellt ausschließlich die Meinung der Autoren dar. Den teilnehmenden Institutionen und Firmen sei an dieser Stelle herzlich für die Diskussionsbeiträge und die zahlreichen Hinweise gedankt.

¹ Eine Einbindung der Gremien der durch die Beiratsmitglieder jeweils repräsentierten Verbände war hierbei aufgrund der vereinbarten Verschwiegenheit allerdings nicht möglich. Inwieweit die vorgebrachten Stellungnahmen im Rahmen des Projektberichtes tatsächlich berücksichtigt wurden, oblag den Gutachtern bzw. dem Auftragnehmer.

4 Zielsetzung und Untersuchungsgegenstand des Vorhabens

Dieses Forschungsvorhaben befasst sich mit der Hochwertigkeit der Verwertung von gefährlichen Abfällen und steht in Zusammenhang mit Grundlagenarbeiten aus den drei UFOPLAN-Vorhaben

- ▶ Ableitung von Kriterien zur Beurteilung einer hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle [Giegrich et al. 2007],
- ▶ Überprüfung der Grenzwerte von Metallen in Abfällen, bei deren Überschreitung eine Verwertung mit Metallrückgewinnung der einfachen Abfallverwertung im Versatz oder auf Deponien vorgeht [Dehoust et al. 201] und
- ▶ Erarbeitung stoffstromorientierter Lösungsansätze für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen [Dehne et al. 2015].

Hauptziel dieses Vorhabens ist es, für **ausgewählte in der Bundesrepublik Deutschland erzeugte gefährliche Abfälle** zu klären,

- ▶ welche Entsorgungswege genutzt werden,
- ▶ ob unter Beachtung der **Anforderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes** entsprechend hochwertige Verwertungsverfahren vorhanden sind und deren Nutzung ausgebaut werden kann.

Dazu wird eine Methode entwickelt, mit der im praktischen Vollzug eine Prüfung der Hochwertigkeit der zur Verfügung stehenden Anlagen möglich ist.

Um für einen zu beurteilenden Abfall eine Hilfe zur Einschätzung zu geben, welches oder welche der in Frage kommenden Verwertungsverfahren aus ökologischer Sicht geeignet ist, bedarf es angesichts der Anzahl der zu untersuchenden Abfälle einer leicht handhabbaren Methodik. Hierzu wurden die bereits 1999 entwickelten Ansätze des Arbeitskreises 21² [AK21 1999] weiterentwickelt und auf die aktuelle Problemstellung übertragen. Anschließend erfolgte auf der Grundlage erster Beispiele eine Verifizierung der Methode und ihrer Kriterien durch den Fachbeirat.

Wir möchten an dieser Stelle hervorheben, dass der Schwerpunkt der Methode auf ökologischen Aspekten liegt; die Anforderungen der §§ 6 bis 8 KrWG umfassen u. a. auch wirtschaftliche Aspekte, die im Rahmen dieses Projektes nicht analysiert werden. Dies kann zur Folge haben, dass sich bei einer Einzelfallprüfung herausstellt, dass eine stoffliche Verwertung zwar ökologisch vorteilhaft ist, diese aber wirtschaftlich nicht tragbar wäre.

Nach Auswertung der Diskussionsbeiträge wurde die Methode finalisiert und die Bewertung für die 27 Abfälle auf der Ebene der Abfallschlüssel durchgeführt.

Zusammen mit den übrigen Arbeitsergebnissen dieses Forschungsvorhabens werden abschließend Handlungsansätze und Maßnahmen zur Ausschöpfung der identifizierten Potenziale und der Stoffstromlenkung in eine hochwertige Aufbereitung der ausgewählten Abfälle diskutiert.

Wie bereits einleitend hervorgehoben, wurden die betroffenen Abfallströme nicht hinsichtlich ihrer Beschaffenheit (wie z. B. Schadstoffpotenzial, energetisches Potenzial, Heterogenität) analysiert. Dies und der Verzicht auf die Analyse wirtschaftlicher Fragen führen dazu, dass die Projektergebnisse erstmals eine systematische Aufarbeitung der projektspezifischen Fragestellungen darstellt, aber keine allgemeingültige und abfallstromscharfe Bewertung leisten kann und soll.

² Kommission der niedersächsischen Landesregierung zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen (3. Regierungskommission):

Abschlussbericht des Arbeitskreises 21 „Anforderungen an eine hochwertige Verwertung“.

5 Auswahl der untersuchungsrelevanten Abfallarten

5.1 Methodik des Auswahlprozesses

Auf Basis statistischer Daten, wurde zunächst eine mengenbezogene Rangfolge der in der Bundesrepublik erzeugten gefährlichen Abfälle nach wesentlichen, weil mengenmäßig bedeutenden AVV-Schlüsseln für das Jahr 2012 erarbeitet, aus denen Primärabfälle identifiziert oder abgeschätzt werden können.

Hierzu wurden in einem ersten Schritt die Daten für gefährliche Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland auf Ebene der sechststelligen AVV-Schlüssel des Statistischen Bundesamtes (Destatis) der Jahrgänge 2010 bis 2012 ausgewertet. Die Destatis-Daten der Fachserie 19, Reihe 1, Umwelt³ umfassen u. a. die Inputmengen in Abfallentsorgungsanlagen in Deutschland nach AVV-Schlüssel, Herkunft (im eigenen Betrieb erzeugt, aus dem Inland angeliefert und aus dem Ausland angeliefert) und Art der Anlage, die für die vorliegende Auswahl herangezogen worden sind. Bei der Bewertung der relevanten AVV-Schlüssel wurden aus dem Ausland angelieferte Mengen nicht berücksichtigt.

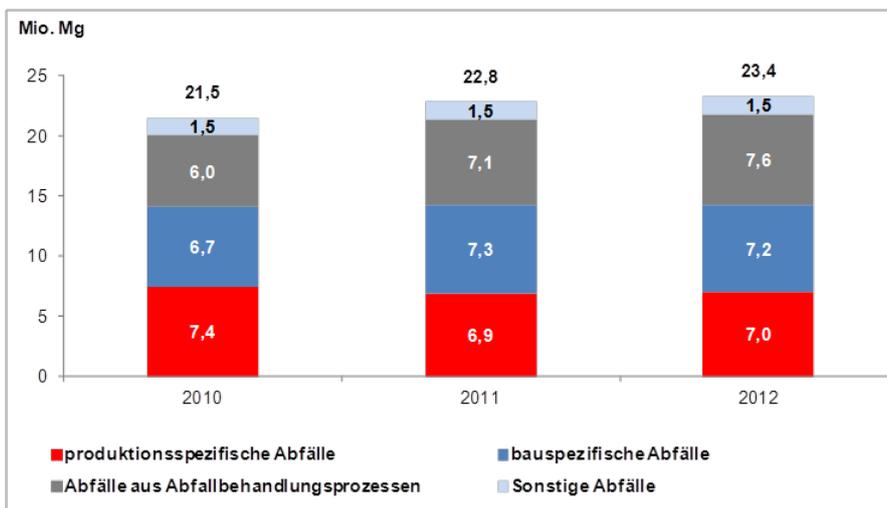
Nach der so erfolgten Identifizierung der projektrelevanten Abfallarten erfolgte in mehreren weiteren Auswahlritten eine sukzessive Eingrenzung der untersuchungsrelevanten Abfälle auf 50 bzw. 20 – 30 gefährliche produktionsspezifische Abfallarten aus der Produktion und dem Gewerbe (Wirtschaftszweig C – verarbeitendes Gewerbe).

5.2 Identifizierung und Auswahl der mengenmäßig relevanten gefährlichen Abfälle aus Produktion und Gewerbe

5.2.1 Erzeugte und entsorgte Mengen an gefährlichen Abfällen (2010-2012)

Die Entwicklung der in Deutschland erzeugten und entsorgten Menge gefährlicher Abfälle in den Jahren 2010 bis 2012 ist in Abbildung 5-1 dargestellt.

Abbildung 5-1: In Deutschland erzeugte und entsorgte gefährliche Abfälle in den Jahren 2010 bis 2012



Eigene Darstellung nach [Destatis 2010, Destatis 2011, Destatis 2012]

Die Mengen gefährlicher Abfälle sind in Deutschland vor allem durch eine Zunahme bei den Sekundärabfällen im 19er Kapitel von knapp 6,0 Mio. Mg (2010) auf knapp 7,6 Mio. Mg (2012) sowie bei den bauspezifischen Abfällen (AVV-Kapitel 17) von 6,7 Mio. Mg (2010) auf 7,2 Mio. Mg (2012) angestiegen (vgl. Abbildung 5-1).

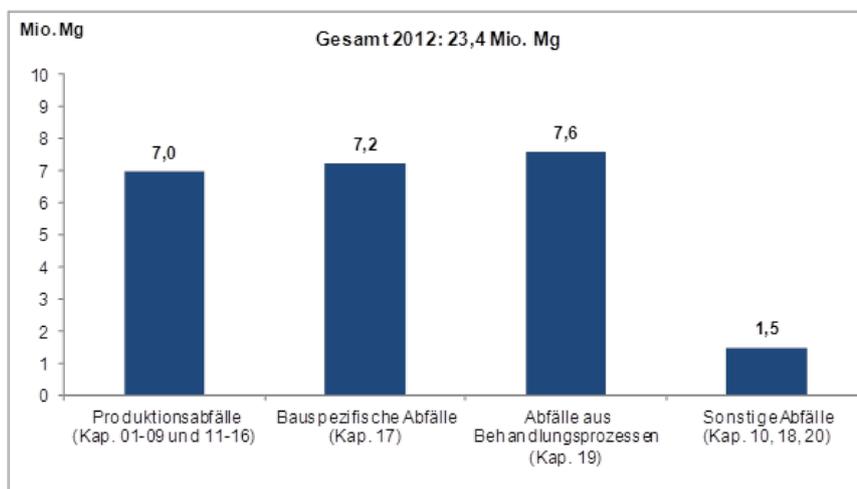
3 Statistisches Bundesamt (Destatis) – Fachserie 19, Reihe 1, Umwelt – Abfallentsorgung 2010, 2011 und 2012

Die Menge der **produktionsspezifischen Abfälle** (AVV-Kapitel 1-9 und 11-16) ist jedoch zwischen 2010 mit 7,4 Mio. Mg und 2012 mit 7,0 Mio. Mg leicht rückläufig gewesen. - Sonstige gefährliche Abfälle (AVV-Kapitel 10, 18 und 20) sind in den drei Jahren konstant bei 1,5 Mio. Mg geblieben.

5.2.2 Erzeugte Mengen an produktionsspezifischen gefährlichen Abfällen (2012)

- ▶ Für eine **erste Reduzierung** der 405 Abfallarten auf die rein produktionsspezifischen Abfälle wurden auf der Basis der bundesweiten Destatis-Daten für die Jahre 2010 bis 2012 die aus der **Behandlung von Abfällen stammenden AVV-Schlüssel (AVV-Kapitel 19)** nicht weiter berücksichtigt, da diese in der Regel nicht zu ihrem produktionsbedingten Ursprung zurückverfolgt werden können. Die Zwischenergebnisse aus dem Projekt „Metallrückgewinnung aus Abfällen“ [Dehoust et al. 2011] zeigen, dass aus den Daten dieser Abfälle keine für dieses Forschungsvorhaben brauchbaren Rückschlüsse gezogen werden können und deshalb die Recherche sinnvoller auf den Input von Abfallbehandlungs- und -entsorgungsanlagen, d. h. auf die Primärabfälle der Abfallerzeuger beschränkt wird.
- ▶ Zudem sind die **bauabfall- und altlastenspezifischen gefährlichen Abfälle (AVV-Kapitel 17)** sowie die **gefährlichen Abfälle des AVV-Kapitels 18 (Krankenhausabfälle)** und des **AVV-Kapitels 20 (Siedlungsabfälle)** ebenfalls nicht für dieses Vorhaben relevant, da auch diese gefährlichen Abfälle nicht aus Produktionsprozessen von Industrie und Gewerbe stammen und aus der Sicht der Verfasser unter den gesetzten Fragestellungen (vgl. Kapitel 1) keine spezifische Vertiefung im Rahmen dieses Untersuchungsvorhabens benötigen.
- ▶ Eine **weitere Reduzierung** wurde durch die Herausnahme von **gefährlichen mineralischen Massenabfällen** sowie von **Abfällen aus thermischen Prozessen und aus Kraftwerken (AVV-Kapitel 10)** vorgenommen, da auch diese Abfallarten nicht als typische produktionsspezifische Abfälle aus Industrieprozessen anzusehen sind und zudem auch in der Regel nicht als besonders gefährlich gelten dürften.

Abbildung 5-2: Aufkommen gefährlicher Abfälle in Deutschland im Jahr 2012 nach Art der Abfälle



Eigene Darstellung nach [Destatis 2012]

- ▶ Bei den Abfallgruppen der Abbildung 5-2 zeigen die **produktionsspezifischen Abfälle** (AVV-Kapitel 1-9 und 11-16) im **Jahr 2012** insgesamt ein Aufkommen von **rund 7,0 Mio. Mg**. Mengemäßig noch etwas relevanter, aber für die Fragestellungen dieses Untersuchungsvorhabens weniger von Bedeutung - da es sich ganz überwiegend nicht um Primärabfälle aus Produktionsprozessen handelt - sind die gefährlichen bauspezifischen Abfälle des AVV-Kapitels 17 mit in Summe rund 7,2 Mio. Mg. Auf die Abfälle aus Abfallbehandlungsprozessen (ebenfalls keine Primärabfälle)

entfallen 7,6 Mio. Mg und auf die sonstigen gefährlichen Abfälle (AVV-Kapitel 10, 18 und 20) in Summe 1,5 Mio. Mg.

5.2.3 TOP 50 der mengenbedeutenden gefährlichen Abfallarten aus Industrie und Gewerbe (2012)

Betrachten wir unter der oben genannten Zielsetzung des Untersuchungsvorhabens (siehe Kapitel 1) im Weiteren nur die **produktionspezifischen gefährlichen Abfälle aus Industrie und Gewerbe**, so ergibt sich das in Tabelle 5-1 wiedergegebene TOP 50-Ranking mengenbedeutender produktionspezifischer Abfälle der AVV-Kapitel 1 bis 9 sowie der AVV-Kapitel 11 bis 16.

Tabelle 5-1 TOP 50-Ranking produktionspezifischer gefährlicher Abfälle¹ im Jahr 2012

Abfall-schlüssel	AVV-Kap.	Bezeichnung	Abfälle ² [1.000 Mg]
120109*	12	halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	661,5
110111*	11	wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten	486,0
160104*	16	Altfahrzeuge	482,4
110109*	11	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	383,7
130205*	13	nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis	320,4
160601*	16	Bleibatterien	200,3
070104*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	189,3
070101*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	171,3
110105*	11	saure Beizlösungen	164,5
110202*	11	Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goe-thit)	160,0
130502*	13	Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern	155,1
130508*	13	Abfallgemische aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern	133,1
160213*	16	gefährliche Bestandteile enthaltende gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 12 fallen	131,7
150202*	15	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschl. Ölfilter a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	129,0
070108*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	128,2
060101*	6	Schwefelsäure und schweflige Säure	126,0
070201*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	120,8
160708*	16	ölhaltige Abfälle	111,3
140603*	14	andere Lösemittel und Lösemittelgemische	99,1
010505*	1	ölhaltige Bohrschlämme und -abfälle	96,1
130503*	13	Schlämme aus Einlaufschächten	88,9
130403*	13	Bilgenöle aus der übrigen Schifffahrt	87,4
070208*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	86,6
060405*	6	Abfälle, die andere Schwermetalle enthalten	83,4
060502*	6	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefähr-	79,2

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	Abfälle ² [1.000 Mg]
		liche Stoffe enthalten	
070708*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	77,7
070107*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	77,3
160215*	16	aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile	76,4
070501*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	75,5
110107*	11	alkalische Beizlösungen	73,1
070403*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	69,1
070504*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	67,6
130501*	13	feste Abfälle aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern	64,0
120118*	12	öhlhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme)	62,1
120107*	12	halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)	58,0
070103*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	53,6
070701*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	52,9
070704*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	41,7
130802*	13	andere Emulsionen	39,7
120301*	12	wässrige Waschflüssigkeiten	36,3
070304*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	35,6
150110*	15	Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	34,6
161001*	16	wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	33,5
130507*	13	öliges Wasser aus Öl-/Wasserabscheidern	32,7
070204*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	32,6
080111	8	Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten	31,9
070404	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	31,7
070503	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	30,3
070703	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	28,1
070608	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	27,6
50 AVV-Schlüssel		Gesamtsumme :	6.118,9

(87 %, bezogen auf das Gesamtaufkommen)

¹: Produktionsspezifische gefährliche Abfälle sind alle AVV-Schlüssel der AVV-Kapitel 1-9 sowie 11-16. [Destatis 2012]

²: Im eigenen Betrieb erzeugt und aus dem Inland angelieferte Abfälle

Diese 50 gefährlichen Abfallarten kommen im Jahr 2012 insgesamt auf ein Aufkommen von rund 6,1 Mio. Mg und bilden damit rund 87 % der Summe aller produktionsspezifischen Abfälle der AVV-Kapitel 1 bis 9 sowie 11 bis 16 ab (7,0 Mio. Mg). Vertreten sind in dieser Liste mengenbedeutender gefährlicher Abfälle auch bereits Abfälle fast aller Herkunftsbereiche (Ausnahmen: die AVV-Kapitel 2 bis 5 und 9). Besonders stark vertreten sind die produktionsspezifischen Abfälle der chemischen In-

dustrie und der Lackherstellung (AVV-Kapitel 6, 7 und 8), der Metallbe- und -verarbeitung (AVV-Kapitel 11 und 12) sowie der AVV-Kapitel 13 (Ölhaltige Abfälle) und 16 (Andere Abfälle).

Die obige Liste der TOP 50-produktionsspezifischen Abfälle der AVV-Kapitel 1 bis 9 sowie 11 bis 16 ist nach Einschätzung der Verfasser hinreichend geeignet, um damit eine weitere Eingrenzung auf maximal 20 bis 30 relevante AVV-Schlüssel für das Untersuchungsvorhaben vorzunehmen. Die Auswahl der AS (Abfallschlüssel) erfolgt nach den im Folgenden beschriebenen weiteren Kriterien.

5.2.4 Kriterien zur weiteren Eingrenzung der TOP 50 der mengenbedeutenden produktionsspezifischen Abfallarten

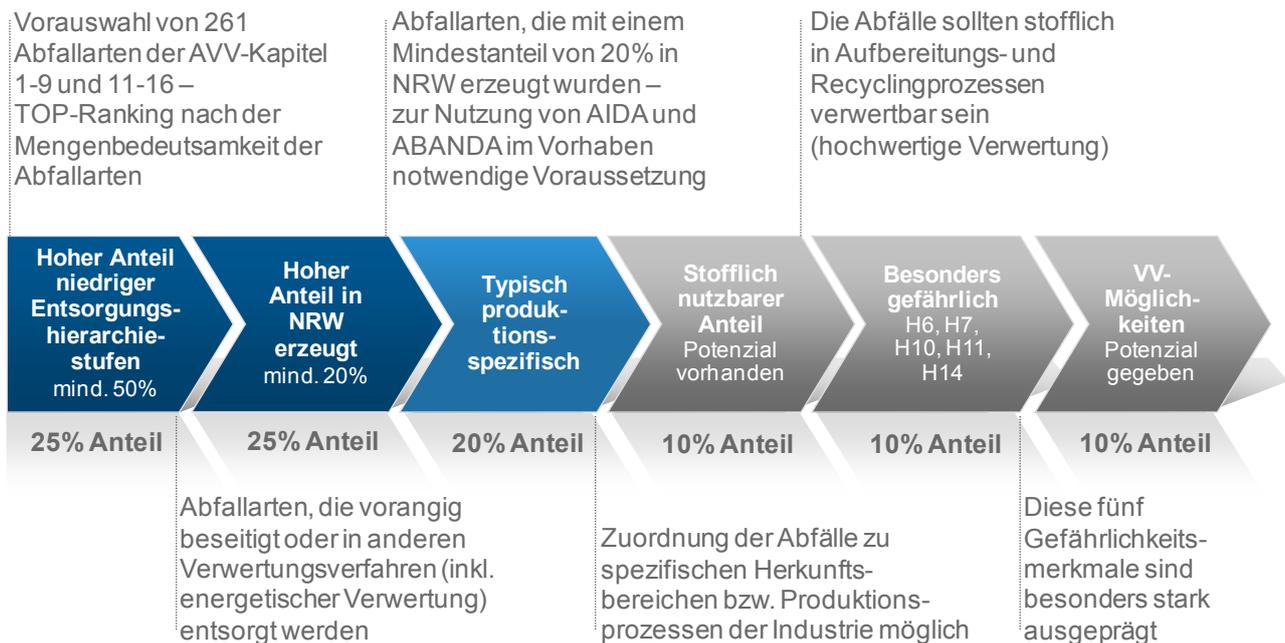
Eine Eingrenzung der in den vorangegangenen Kapiteln 5.2.1 bis 5.2.3 identifizierten, 50 produktionsspezifischen gefährlichen Abfallarten wurde für das Untersuchungsvorhaben anhand der folgenden Kriterien und relativen Gewichtungen vorgenommen:

- ▶ **25 %: Hoher Beseitigungsanteil/niedrige Hierarchiestufe -**
Hauptsächliche Entsorgungswege dieser gefährlichen Abfälle in den Hierarchiestufen Beseitigung und sonstige Verwertung (inkl. der energetischen Verwertung der Abfälle) mit einem Anteil von > 50 %.
- ▶ **25 %: Hoher NRW-Anteil -**
Um im Rahmen des Untersuchungsvorhabens die beiden Datenbanken AIDA (Informationsplattform Abfall in Nordrhein-Westfalen) und ABANDA (Abfallanalysendatenbank) des LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt, und Verbraucherschutz) in Nordrhein-Westfalen intensiver nutzen und auswerten zu können, wurde ein Mindestanteil der Herkunft der gefährlichen Abfälle aus NRW mit „mehr als 20 % Anteil“ als Kriterium festgelegt.
- ▶ **20 %: Typische produktionsspezifische Abfälle -**
Zuordnung der Abfälle zu spezifischen Herkunftsbereichen bzw. Produktionsprozessen der Industrie (zum Beispiel Destillationsrückstände von bestimmten Produktionsprozessen bzw. Unternehmen der chemischen Industrie). Nicht gut geeignet für diese Aufgabe erscheinen jedoch Abfallschlüssel, wie beispielsweise Abfälle aus Öl-/Wasserabscheidern (AVV 130502*) oder ölhaltige Abfälle (AVV 160708*), die keinen spezifischen Produktionsprozessen zuordenbar sind.
- ▶ **10 %: Stofflich nutzbarer Anteil -**
Die gefährlichen Abfälle sollten grundsätzlich stofflich durch Aufbereitungs- und Recyclingprozesse verwertbar sein (hochwertigere Verwertung).
- ▶ **10 %: Besonders gefährliche Abfälle -**
Bedeutend große Gefährlichkeit der Abfälle nach den gefahrenrelevanten Eigenschaften⁴ HP 1 bis HP 14 (vor allem HP 6, HP 7, HP 10, HP 11, HP 14).
- ▶ **10 %: VV-Möglichkeiten -**
Einschätzung der gefährlichen Abfälle nach Möglichkeiten der Vermeidung, Substitution oder ggf. einer hochwertigen Verwertung.

Das Vorgehen im Rahmen des Eingrenzungs- bzw. Auswahlprozesses und die Gewichtungsanteile im Auswahlprozess für die jeweiligen Schritte werden in der folgenden Übersicht zusammenfassend illustriert:

⁴ „ Hazardous Properties“ (HP) im Sinne der Nr. 2.2.1 der Anlage zur Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) bzw. laut Anhang III der europäischen Abfallrahmen-Richtlinie (AbfRRL)

Abbildung 5-3: Vorgehen zur Auswahl von 20 bis 30 AVV-Schlüsseln im Rahmen des Untersuchungsvorhabens, inkl. Gewichtungsanteile



Eigene Darstellung

5.2.5 Schritt 1: AVV-Schlüssel-Auswahl unter dem Kriterium „Hoher Anteil niedriger Entsorgungshierarchiestufen“

In der folgenden Tabelle 5-2 sind die Anteile an den niedrigsten Hierarchiestufen Beseitigung und sonstige Verwertung (inkl. energetischer Verwertung) der Abfallschlüssel/-arten dargestellt. Für 40 AVV-Schlüssel mit einem Aufkommen von rund 4,5 Mio. Mg (65 % aller produktionsspezifischen Abfälle) beträgt hiernach dieser Anteil mehr als 50 %.

Tabelle 5-2 Ranking produktionsspezifischer gefährlicher Abfälle (2012) mit einer niedrigen Entsorgungshierarchiestufe¹ größer und kleiner 50 %

Abfall-schlüssel	AVV-Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem In-land angelieferte Abfälle 2012 [1.000 Mg]	Anteil "niedrige Hierarchiestufe" nach Destatis berechnet 2012/25 %
120109*	12	halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	661,5	86 %
110111*	11	wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten	486,0	99 %
160104*	16	Altfahrzeuge	482,4	0 %
110109*	11	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	383,7	92 %
130205*	13	nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis	320,4	13 %
160601*	16	Bleibatterien	200,3	35 %
070104*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	189,3	96 %
070101*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	171,3	87 %
110105*	11	saure Beizlösungen	164,5	70 %
110202*	11	Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit)	160,0	100 %
130502*	13	Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern	155,1	92 %
130508*	13	Abfallgemische aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern	133,1	100 %
160213*	16	gefährliche Bestandteile enthaltende gebrauchte Geräte mit Ausnahme 16 02 09 bis 16 02 12	131,7	0 %
150202*	15	Aufsaug- u. Filtermaterial (einschl. Ölfilter), Wischtücher u. Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	129,0	78 %
070108*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	128,2	94 %
060101*	6	Schwefelsäure und schweflige Säure	126,0	54 %
070201*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	120,8	98 %
160708*	16	ölhaltige Abfälle	111,3	89 %
140603*	14	andere Lösemittel und Lösemittelgemische	99,1	91 %
010505*	1	ölhaltige Bohrschlämme und -abfälle	96,1	1 %
130503*	13	Schlämme aus Einlaufschächten	88,9	86 %

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem In- land angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	Anteil "niedri- ge Hierarchie- stufe" nach Destatis be- rechnet 2012/25 %
130403*	13	Bilgenöle aus der übrigen Schifffahrt	87,4	71 %
070208*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	86,6	87 %
060405*	6	Abfälle, die andere Schwermetalle enthalten	83,4	18 %
060502*	6	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	79,2	75 %
070708*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	77,7	95 %
070107*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	77,3	78 %
160215*	16	aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile	76,4	1 %
070501*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	75,5	25 %
110107*	11	alkalische Beizlösungen	73,1	99 %
070403*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	69,1	96 %
070504*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	67,6	80 %
130501*	13	feste Abfälle aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern	64,0	85 %
120118*	12	ölhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Lappschlämme)	62,1	34 %
120107*	12	halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)	58,0	36 %
070103*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	53,6	99 %
070701*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	52,9	100 %
070704*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	41,7	95 %
130802*	13	andere Emulsionen	39,7	93 %
120301*	12	wässrige Waschflüssigkeiten	36,3	88 %
070304*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	35,6	88 %
150110*	15	Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten o. durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	34,6	66 %

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem In- land angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	Anteil "niedri- ge Hierarchie- stufe" nach Destatis be- rechnet 2012/25 %
161001*	16	wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	33,5	97 %
130507*	13	öliges Wasser aus Öl-/Wasserabscheidern	32,7	98 %
070204*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssig- keiten und Mutterlaugen	32,6	91 %
080111*	8	Farb- und Lackabfälle, die organische Löse- mittel oder andere gefährliche Stoffe enthal- ten	31,9	52 %
070404*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssig- keiten und Mutterlaugen	31,7	87 %
070503*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssig- keiten und Mutterlaugen	30,3	58 %
070703*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssig- keiten und Mutterlaugen	28,1	99 %
070608*	7	andere Reaktions- und Destillationsrück- stände	27,6	82 %
40 AVV-Schlüssel (mit einem Anteil ¹ > 50 %)		Gesamtsumme :	4.532,6	(65 %)

¹: Entsorgungshierarchiestufen Beseitigung und sonstige Verwertung (inkl. energetischer Verwertung)
[Destatis 2012]

Bezogen auf das Kriterium „hoher Anteil niedriger Entsorgungshierarchiestufen“ in Tabelle 5-2 muss berücksichtigt werden, dass nicht für alle Abfallschlüssel auf Basis der Destatis-Daten eine eindeutige Zuordnung zu Beseitigungs- oder Recyclingverfahren möglich ist. Als Ursache hierfür sind zu nennen:

- ▶ Datenunvollständigkeiten aufgrund der statistischen Geheimhaltung⁵ und
- ▶ Zuordnung zu sonstigen (nicht näher spezifizierten) Behandlungsanlagen.⁶

5.2.6 Schritt 2: AVV-Schlüssel-Auswahl unter dem Kriterium „Hoher Anteil in NRW erzeugt“

Grenzt man nunmehr den Mindestanteil der gefährlichen Abfallarten, der aus Nordrhein-Westfalen stammt, mit einem Anteil von mehr als 20 % ein, so erhält man die Liste der mengenbedeutendsten 40 AVV-Schlüssel der folgenden Tabelle 5-3.

⁵ Der Abgleich zwischen Destatis-Daten und denen aus NRW zeigen z.T. erhebliche Abweichungen:

- ▶ AS 010505*: ölhaltige Bohrschlämme und -abfälle (Anmerkung: Hierzu sind 99 % der Entsorgungswege nach den Destatis-Daten nicht bekannt),
- ▶ AS 070501*: wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (Anmerkung: Deren Beseitigungsanteil beträgt in NRW auf der Basis der AIDA-Daten 100 %).

⁶ Für folgende Abfallschlüssel ist die Art der sonstigen Behandlungsanlagen nicht einschätzbar:

- ▶ AS 060405*: Abfälle, die andere Schwermetalle enthalten,
- ▶ AS 120107*: halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (a. Emulsionen u. Lösungen),
- ▶ AS 120118*: ölhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme).

Tabelle 5-3 Ranking produktionsspezifischer gefährlicher Abfälle (2012) mit einem Mindestanteil aus NRW > 20 %

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem In- land angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	Anteil aus NRW BGS ¹ / Destatis 2 0 1 2
120109*	12	halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und – lösungen	661,5	29 %
110111*	11	wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten	486,0	34 %
110109*	11	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	383,7	41 %
070104*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	189,3	52 %
070101*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	171,3	30 %
110105*	11	saure Beizlösungen	164,5	36 %
130508*	13	Abfallgemische aus Sandfanganlagen und Öl- /Wasserabscheidern	133,1	30 %
150202*	15	Aufsaug- u. Filtermaterial (einschl. Ölfilter), Wisch- tücher u. Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	129,0	25 %
070108*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	128,2	40 %
060101*	6	Schwefelsäure und schweflige Säure	126,0	25 %
070201*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	120,8	51 %
160708*	16	ölhaltige Abfälle	111,3	31 %
070208*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	86,6	50 %
060502*	6	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbe- handlung, die gefährliche Stoffe enthalten	79,2	50 %
070107*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstän- de	77,3	88 %
110107*	11	alkalische Beizlösungen	73,1	44 %
070403*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	69,1	64 %
070504*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	67,6	36 %
070103*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	53,6	61 %
130802*	13	andere Emulsionen	39,7	22 %
070304*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	35,6	30 %
150110*	15	Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten o. durch gefährlicher Stoffe verunreinigt	34,6	28 %

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem In- land angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	Anteil aus NRW BGS ¹ / Destatis 2 0 1 2
		sind		
161001*	16	wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	33,5	29 %
130507*	13	öliges Wasser aus Öl-/Wasserabscheidern	32,7	23 %
070204*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	32,6	28 %
080111*	8	Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten	31,9	25 %
070404*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	31,7	20 %
070503*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	30,3	38 %
070703*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	28,1	33 %
070608*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	27,6	70 %
070407*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	26,8	75 %
160709*	16	Abfälle, die sonstige gefährliche Stoffe enthalten	25,6	26 %
120116*	12	Strahlmittelabfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	25,2	32 %
161105*	16	Auskleidungen u. feuerfeste Materialien a. nicht-metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten	23,4	52 %
070401*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	21,0	56 %
060205*	6	andere Basen	18,7	43 %
080117*	8	Abfälle a. d. Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel o. andere gefährliche Stoffe enthalten	18,5	51 %
080115*	8	wässrige Schlämme, die Farben o. Lacke mit org. Lösemitteln o. anderen gefährlichen Stoffen enthalten	17,5	24 %
120114*	12	Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten	17,1	45 %
070401*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	21,0	56 %
060205*	6	andere Basen	18,7	43 %
080117*	8	Abfälle a. d. Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel o. andere gefährliche Stoffe enthalten	18,5	51 %
080115*	8	wässrige Schlämme, die Farben o. Lacke mit org. Lösemitteln o. anderen gefährlichen Stoffen ent-	17,5	24 %

Abfall-schlüssel	AVV-Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem Inland angelieferte Abfälle 2012 [1.000 Mg]	Anteil aus NRW BGS ¹ / Destatis 2012
		halten		
120114*	12	Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten	17,1	45 %
060313*	6	feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten	15,1	32 %
40 AVV-Schlüssel Gesamtsumme:			3.878,4	(55 %)

¹: Begleitscheine aus dem Jahr 2012 – im Weiteren: [Destatis 2012]

5.2.7 Schritt 3: AVV-Schlüssel-Auswahl unter dem Kriterium „Typisch produktionsspezifisch“

Ferner sollen im Rahmen des Untersuchungsvorhabens nur typische produktionsspezifische Abfallarten betrachtet werden, die eindeutig Branchen und Produktionsprozessen zuordenbar sind.⁷

In Tabelle 5-4 sind deshalb nur noch jene AS enthalten, welche dieses weitere Eingrenzungskriterium erfüllen.

Tabelle 5-4 Ranking typisch produktionsspezifischer gefährlicher Abfälle im Jahr 2012

Abfall-schlüssel	AVV-Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem Inland angelieferte Abfälle 2012 [1.000 Mg]	typisch produktionsspezifisch [qualitativ]
120109*	12	halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	661,5	X
110111*	11	wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten	486,0	X
070104*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	189,3	X
070101*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	171,3	X
110105*	11	saure Beizlösungen	164,5	X
070108*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	128,2	X

⁷ In der Tabelle 5-4 sind als typische produktionsspezifische Abfälle somit nicht mehr enthalten:

- AS 110109*: Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten,
- AS 130508*: Abfallgemische aus Sandfanganlagen und Öl-/ Wasserabscheidern,
- AS 150202*: Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind,
- AS 160708*: ölhaltige Abfälle,
- AS 060502*: Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten,
- AS 130802*: andere Emulsionen,
- AS 150110*: Verpackungen, die Rückstände gefährlicher Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind,
- AS 130507*: öliges Wasser aus Öl-/Wasserabscheidern.

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	im eigenen Be- trieb und aus dem Inland angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	typisch produk- tionsspe- zifisch [qualitativ]
060101*	6	Schwefelsäure und schweflige Säure	126,0	X
070201*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	120,8	X
070208*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	86,6	X
070107*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	77,3	X
110107*	11	alkalische Beizlösungen	73,1	X
070403*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	69,1	X
070504*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	67,6	X
070103*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	53,6	X
070304*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	35,6	X
161001*	16	wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	33,5	X
070204*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	32,6	X
080111*	8	Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten	31,9	X
070404*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	31,7	X
070503*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	30,3	X
070703*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	28,1	X
070608*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	27,6	X
070407*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	26,8	X
160709*	16	Abfälle, die sonstige gefährliche Stoffe enthalten	25,6	X
120116*	12	Strahlmittelabfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	25,2	X
161105*	16	Auskleidungen u. feuerfeste Materialien a. nicht-metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten	23,4	X
070401*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	21,0	X
060205*	6	andere Basen	18,7	X
080117*	8	Abfälle a. d. Farb- oder Lackentfernung, die organi-	18,5	X

Abfall-schlüssel	AVV-Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb und aus dem Inland angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	typisch produktions-spezifisch [qualitativ]
		sche Lösemittel o. andere gefährliche Stoffe enthalten		
080115*	8	wässrige Schlämme, die Farben oder Lacke mit org. Lösemitteln o. anderen gefährlichen Stoffen enthalten	17,5	X
120114*	12	Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten	17,1	X
060313*	6	feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten	15,1	X
32 AVV-Schlüssel		Gesamtsumme :	2.935,1	(42 %)

Eigene Darstellung nach [Destatis 2012]

5.2.8 Schritt 4: AVV-Schlüssel-Auswahl unter den Kriterien „Stofflich nutzbarer Anteil“, Besonders gefährlich“ und „VV-Maßnahmen“

Um aus der Liste der 32 AVV-Schlüssel aus Tabelle 5-4 eine Auswahl von 25 detaillierter zu untersuchender Abfallarten für das Untersuchungsvorhaben zu erhalten, wurde unter den drei gleichgewichtigen Kriterien im Auswahlverfahren -

- ▶ vorhandener **stofflich nutzbarer Anteil** der gefährlichen Abfälle,
- ▶ besondere **Gefährlichkeit** der Abfälle für **spezielle HP-Kriterien**,
- ▶ Vermeidung- und Verwertungsmöglichkeiten (**VV-Maßnahmen**) für die Abfälle vorhanden

eine Abwägung der Entscheidungskriterien in der Art vorgenommen, dass nur die produktions-spezifischen Abfälle im Untersuchungsvorhaben berücksichtigt werden, bei denen nach Einschätzung der Autoren

- ▶ es wenig Zweifel an einer eindeutigen stofflichen Nutzbarkeit dieser Abfallarten gibt und
- ▶ auch hinsichtlich der beiden anderen Kriterien bei den befragten Fachleuten und den Autoren überwiegend positive Einschätzungen vorlagen.⁸

Das Ergebnis dieses Auswahl-schrittes gibt die folgende Tabelle 5-5 wieder.

⁸ In Auswertung der Tabelle 5-5 sind somit folgende Abfallarten nicht mehr zu berücksichtigen :

- ▶ AS 161001*: wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten,
- ▶ AS 160709*: Abfälle, die sonstige gefährliche Stoffe enthalten,
- ▶ AS 060205*: andere Basen,
- ▶ AS 080117*: Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten,
- ▶ AS 080115*: wässrige Schlämme, die Farben oder Lacke mit organischen Lösemittel oder andere gefährliche Stoffen enthalten,
- ▶ AS 120114*: Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten,
- ▶ AS 060303*: feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten.

Tabelle 5-5 Weitere Kriterien für die Auswahl von 20 bis 30 gefährlichen Abfällen nach AVV-Schlüssel im Jahr 2012

Abfall-schlüssel	AVV-Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb u. aus dem Inland angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	stofflich nutzbarer Anteil [qualitativ ²]	10 % ¹	
					bes. gef. Abfall [qualitativ ³]	Vermeid. u. Verwert.-mögl. [qualitativ ⁴]
120109*	12	halogenfreie Bearbeitungsemlusionen und -lösungen	661,5	X	---	(X)
110111*	11	wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten	486,0	X	X	(X)
070104*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	189,3	X	X	(X)
070101*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	171,3	X	X	(X)
110105*	11	saure Beizlösungen	164,5	X	X	X
070108*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	128,2	X	X	(X)
060101*	6	Schwefelsäure und schweflige Säure	126,0	X	---	X
070201*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	120,8	X	X	(X)
070208*	7	andere Reaktions- und Destillationsrückstände	86,6	X	X	X
070107*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	77,3	X	X	(X)
110107*	11	alkalische Beizlösungen	73,1	X	---	X
070403*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	69,1	X	X	(X)
070504*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	67,6	X	X	X
070103*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	53,6	X	X	(X)
070304*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	35,6	X	X	(X)
161001*	16	wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	33,5	(X)	((X))	(X)
070204*	7	andere organische Lösemittel,	32,6	X	X	X

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb u. aus dem Inland angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	stofflich nutzba- rer An- teil [quali- tativ ²]	10 % ¹	
					bes. gef. Abfall [quali- tativ ³]	Vermeid. u. Ver- wert.- mögl. [quali- tativ ⁴]
		Waschflüssigkeiten und Mutter- laugen				
080111*	8	Farb- und Lackabfälle, die orga- nische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten	31,9	X	X	X
070404*	7	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutter- laugen	31,7	X	X	(X)
070503*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutter- laugen	30,3	X	X	(X)
070703*	7	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutter- laugen	28,1	X	X	X
070608*	7	andere Reaktions- und Destilla- tionsrückstände	27,6	X	X	(X)
070407*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	26,8	X	X	(X)
160709*	16	Abfälle, die sonstige gefährliche Stoffe enthalten	25,6	(X)	((X))	(X)
070608*	7	andere Reaktions- und Destilla- tionsrückstände	27,6	X	X	(X)
070407*	7	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände	26,8	X	X	(X)
160709*	16	Abfälle, die sonstige gefährliche Stoffe enthalten	25,6	(X)	((X))	(X)
120116*	12	Strahlmittelabfälle, die gefährli- che Stoffe enthalten	25,2	X	---	(X)
161105*	16	Auskleidungen u. feuerfeste Materialien a. nichtmetall. Pro- zessen, die gefährliche Stoffe enthalten	23,4	X	(X)	X
070401*	7	wässrige Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen	21,0	X	X	(X)
060205*	6	andere Basen	18,7	(X)	((X))	(X)
080117*	8	Abfälle a. d. Farb- o. Lackentfer- nung, die org. Lösemittel o. andere gefährliche Stoffe ent- halten	18,5	(X)	X	(X)

Abfall- schlüssel	AVV- Kap.	Bezeichnung	im eigenen Betrieb u. aus dem Inland angelieferte Abfälle 2 0 1 2 [1.000 Mg]	10 % ¹		
				stofflich nutzba- rer An- teil [quali- tativ ²]	bes. gef. Abfall [quali- tativ ³]	Vermeid. u. Ver- wert.- mögl. [quali- tativ ⁴]
080115*	8	wässrige Schlämme, die Farben oder Lacke mit org. Lösem. o. and. gefährlichen Stoffen enthalten	17,5	(X)	X	(X)
120114*	12	Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten	17,1	(X)	(X)	(X)
060313*	6	feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten	15,1	(X)	((X))	(X)
32 AVV-Schlüssel Gesamtsumme :			2.935,1	(42 %)		

¹: jew. Anteil der drei Auswahlkriterien im gesamten Auswahlverfahren

²: X = hoher Anteil stofflicher Nutzung möglich; (X) = überwiegende stoffliche Nutzung schwierig zu realisieren.

³: im Sinne der fünf HP-Kriterien (HP6, HP7, HP10, HP11, HP14): X = ja, (X) = wahrscheinlich, ((X)) = unsicher, --- = eher nicht.

⁴: X = wahrscheinlich, (X) = unsicher bis eher ja, --- = eher nicht (für TOP 32 nicht vergeben).

Eigene Darstellung nach [Destatis 2012]

5.3 Ergebnisse des Auswahlprozesses

Im Ergebnis des in Kapitel 5.2.8 beschriebenen Eingrenzungsschrittes 4 erfolgte zunächst eine Auswahl von 25 sehr bedeutenden Abfallarten (vgl. Anhangband Kapitel 3).

Auf Basis einer Fragebogenerhebung bei Betreibern von Behandlungs- und Entsorgungsanlagen und anderen Know-how-Trägern, wie beispielsweise den Landes-Sonderabfallgesellschaften, wurde im Rahmen des nächsten Arbeitsschrittes vom projektbegleitenden Fachbeirat (vgl. Anhangband Kapitel 1) die Auswahl dann auf 26, als untersuchungsrelevant angesehene gefährliche Abfallarten (Tabelle 5-6) erweitert. Außerdem wurden weitere 8 Abfallarten (Tabelle 5-7) für den Fall ausgewählt, dass sich die Betrachtung einzelner Abfallarten im Vorhaben als nicht zielführend erweist.

Aus dieser Gruppe der optionalen Abfallarten wurde im Weiteren – auf Empfehlung des Forschungsgebers hin – im November 2016 eine zusätzliche Abfallart (070107*) in den Untersuchungsrahmen des Vorhabens aufgenommen.

Von den schließlich in den engeren Untersuchungsrahmen aufgenommenen 27 Abfallarten entstammen 26 den folgenden herkunftsspezifischen Gruppen des AVV-Abfallartenkatalogs:

- ▶ 2 Abfälle aus Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Säuren bzw. Basen (Säuren – Gruppe 06 01 bzw. Basen – Gruppe 06 02),
- ▶ 4 Abfälle aus der HZVA organischer Grundchemikalien (Gruppe 07 01),
- ▶ 2 Abfälle aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern (Gruppe 07 02),
- ▶ 1 Abfall aus HZVA von organischen Farbstoffen und Pigmenten (Gruppe 07 03),
- ▶ 2 Abfälle HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (Gruppe 07 04),

- ▶ 2 Abfälle aus HZVA von Pharmazeutika (Gruppe 07 05),
- ▶ 1 Abfall aus HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln (Gruppe 07 06),
- ▶ 3 Abfälle aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g. (Gruppe 07 07),
- ▶ 3 Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken (Gruppe 08 01)
- ▶ 1 Abfall aus der thermischen Bleimetallurgie (Gruppe 10 04),
- ▶ 2 Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (Gruppe 11 01),
- ▶ 1 Abfall aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie (Gruppe 11 02),
- ▶ 2 Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen (Gruppe 12 01),

Einer der 27 ausgewählten Abfälle ist hingegen einer stoffspezifischen AVV-Gruppe zuzuordnen:

- ▶ 1 Abfall aus der Gruppe organischer Lösemittel, Kühlmittel sowie Schaum- und Aerosoltreibgase (Gruppe 14 06).

Somit sind vor allem die Herkunftsbereiche der anorganisch- und organisch-chemischen Produktionsprozesse (zusammen 17 Abfälle), der Farb- und Lackproduktion (3 Abfälle), der Metallproduktion und -oberflächenbearbeitung (zusammen 6 Abfälle) sowie - in stoffbezogener Sicht - von Lösemittelabfällen (1 Abfall) in der Auswahl (Tabelle 5-6) vertreten.

Die in die engere Untersuchung aufgenommenen **27** Abfallarten decken zwar nur rund 10 % aller produktionsspezifischen gefährlichen Abfallarten (in Summe 261 Abfallschlüssel) ab; bei einem Mengenaufkommen von rund 2,51 Mio. Mg entfallen jedoch **rund 36 % der Gesamtmenge der produktionsspezifischen gefährlichen Abfälle** (261 Abfallarten mit einem Aufkommen von zusammen 7,0 Mio. Mg) auf diese 27 Abfallarten.

Tabelle 5-6 Untersuchungsrelevante gefährliche Abfallarten

Abfall- schlüssel	Bezeichnung <i>(kursiv: Bezeichnung der AVV-Gruppe)</i>	Aufkommen ¹ [Mg/a]
060101*	Schwefelsäure und schweflige Säure <i>- aus Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Säuren</i>	126.000
060205*	andere Basen <i>- aus HZVA von Basen</i>	18.700
070103*	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA organischer Grundchemikalien</i>	53.600
070104*	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA organischer Grundchemikalien</i>	189.300
070107*	halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände <i>- aus HZVA organischer Grundchemikalien</i>	77.300
070108*	andere Reaktions- und Destillationsrückstände <i>- aus HZVA organischer Grundchemikalien</i>	128.200
070204*	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern</i>	32.600
070208*	andere Reaktions- und Destillationsrückstände <i>- aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern</i>	86.600
070304*	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von organischen Farbstoffen und Pigmenten (außer 06 11)</i>	35.600
070403*	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 02 01 08 und 02 01 09), Holzschutzmitteln (außer 03 02) und anderen Bioziden</i>	69.100
070404*	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 02 01 08 und 02 01 09), Holzschutzmitteln (außer 03 02) und anderen Bioziden</i>	31.700
070503*	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von Pharmazeutika</i>	30.300
070504*	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von Pharmazeutika</i>	67.600
070608*	andere Reaktions- und Destillationsrückstände <i>- aus HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln</i>	27.600
070703*	halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien anderswo nicht genannt (a. n. g).</i>	28.100
070704*	andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>- aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.</i>	41.700
070708*	andere Reaktions- und Destillationsrückstände <i>- aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.</i>	77.700

Abfall- schlüssel	Bezeichnung <i>(kursiv: Bezeichnung der AVV-Gruppe)</i>	Aufkommen ¹ [Mg/a]
080111*	Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten <i>- aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken</i>	31.900
080113*	Farb- oder Lackschlämme, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten <i>- aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken</i>	21.100
080117*	Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten <i>- aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken</i>	18.500
100401*	Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) <i>- aus der thermischen Bleimetallurgie</i>	98.900
110105*	saure Beizlösungen <i>- aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung)</i>	164.500
110107*	alkalische Beizlösungen <i>- aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung)</i>	73.100
110202*	Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) <i>- aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie</i>	160.000
120107*	halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen) <i>- aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen 12 01 01 Eisenfeil- und -drehspäne</i>	58.000
120109*	halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen <i>- aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen 12 01 01 Eisenfeil- und -drehspäne</i>	661.500
140603*	andere Lösemittel und Lösemittelgemische <i>- aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- und Aerosoltreibgasen</i>	99.100
27 AVV-Schlüssel (Abfallarten)		Gesamtsumme: 2.508.300

¹: In Deutschland erzeugt und entsorgt [Destatis 2012, AIDA 2012]

Darüber hinaus standen weitere 7 Abfallarten zur Verfügung für den Fall, dass die Untersuchung einzelner in der Vorstudie als relevant ausgewählter Abfallarten nicht zielführend war (Kandidatenliste, Tabelle 5-7).

Tabelle 5-7 Kandidatenliste

Abfallschlüssel	Bezeichnung (<i>kursiv: Bezeichnung der AVV-Gruppe</i>)
060502*	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten - <i>Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung</i>
080115*	wässrige Schlämme, die Farben oder Lacke mit organischen Lösemitteln oder anderen gefährlichen Stoffen enthalten - <i>aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken</i>
110109*	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten - <i>aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung)</i>
120118*	öhlhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme) - <i>aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen</i> 12 01 01 Eisenfeil- und -drehspäne
150202*	Aufsaug- u. Filtermaterialien (einschließl. Ölfilter a. n. g.), Wischtücher u. Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind - <i>Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung</i>
160709*	Abfälle, die sonstige gefährliche Stoffe enthalten - <i>aus der Reinigung von Transport- und Lagertanks und Fässern (außer 05 und 13)</i>
161001*	wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten - <i>Wässrige flüssige Abfälle zur externen Behandlung</i>

6 Analyse der untersuchungsrelevanten Abfallarten

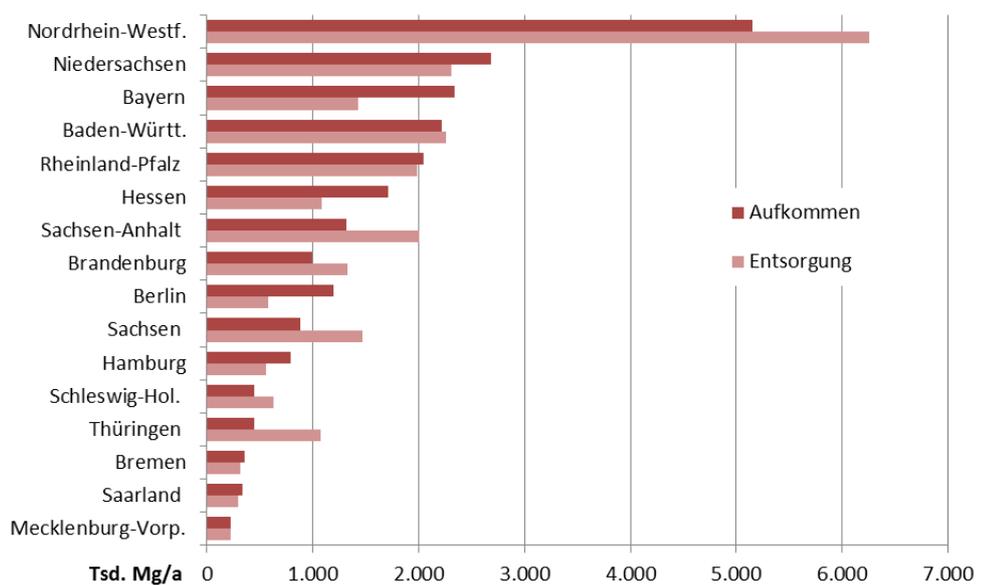
6.1 Entstehungsgeschichte und Entsorgungswege

In der Praxis werden Abfälle, deren Entstehung teilweise nicht auf vergleichbare Herstellungsverfahren zurückgeht, häufig unter einem Abfallschlüssel zusammengefasst. Für die, nach der in Kapitel 0 beschriebenen Methodik, ausgewählten, **27 untersuchungsrelevanten Abfallarten** wurden daher zunächst die Herkunft und darüber hinaus auch die Entsorgungswege recherchiert.

Die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Daten lassen hinsichtlich der Erzeuger bzw. der Entstehungsprozesse keine Rückschlüsse zu, sodass diese Informationen maßgeblich mit Hilfe der internetbasierten Datenbank AIDA des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) ermittelt wurden. Darüber hinaus diente auch das Informations-Portal-Abfallbewertung (IPA) des LANUV NRW als Informationsquelle [IPA NRW].

Ausgehend von den statistischen Angaben der einzelnen Bundesländer [Länderstatistiken 2012] werden im Bundesland NRW mit Abstand die größten Mengen gefährlicher Abfälle erzeugt und entsorgt. Im Jahr 2012 betrug das Aufkommen gefährlicher Abfälle allein in NRW rund 5 Mio. Mg, das sind rund 22 Ma.-% der insgesamt in Deutschland in diesem Jahr angefallenen Menge gefährlicher Abfälle. Bezogen auf die insgesamt in den einzelnen Bundesländern entsorgte gefährliche Abfallmenge von insgesamt rund 24 Mio. Mg lag der in NRW entsorgte Anteil bei etwa 26 Ma.-% (Abbildung 6-1). Insofern bildet die AIDA-Datenbank des LANUV NRW eine hinreichend repräsentative Grundlage für die Recherche zu Herkunft und Verbleib der untersuchungsrelevanten Abfallarten.

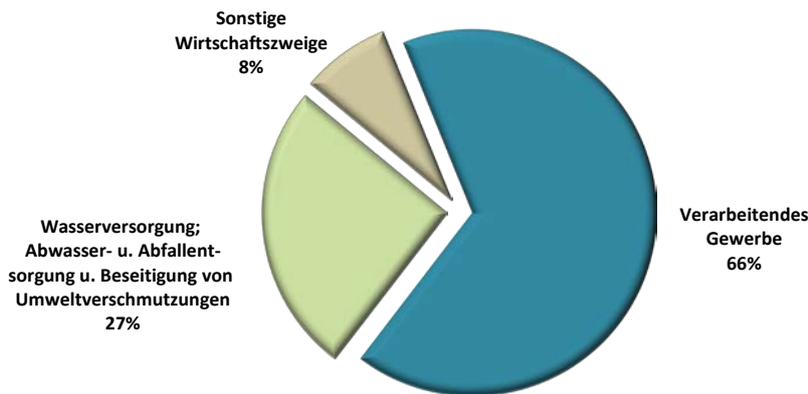
Abbildung 6-1: Aufkommen und Entsorgung gefährlicher Abfälle je Bundesland 2012



Eigene Darstellung nach [Länderstatistiken 2012]

Im Bundesland NRW entfielen im Jahr 2012 auf die 27 untersuchungsrelevanten gefährlichen Abfallarten insgesamt rund 730.800 Mg, dies entspricht etwa 29 Ma.-% der in insgesamt Deutschland angefallenen Menge dieser Abfallarten. Die betrachteten Abfälle entstehen in unterschiedlichen Wirtschaftszweigen. Der größte Erzeuger ist das verarbeitende Gewerbe mit einem Mengenanteil von rund 66 Ma.-% (siehe Abbildung 6-2). Entsprechend dem Schwerpunkt dieses Forschungsvorhabens werden nachfolgend ausschließlich die bei Produktionsprozessen, also im Sektor „verarbeitendes Gewerbe“, anfallenden Abfälle genauer betrachtet.

Abbildung 6-2: Herkunft der untersuchungsrelevanten gefährlichen Abfallarten in NRW 2012



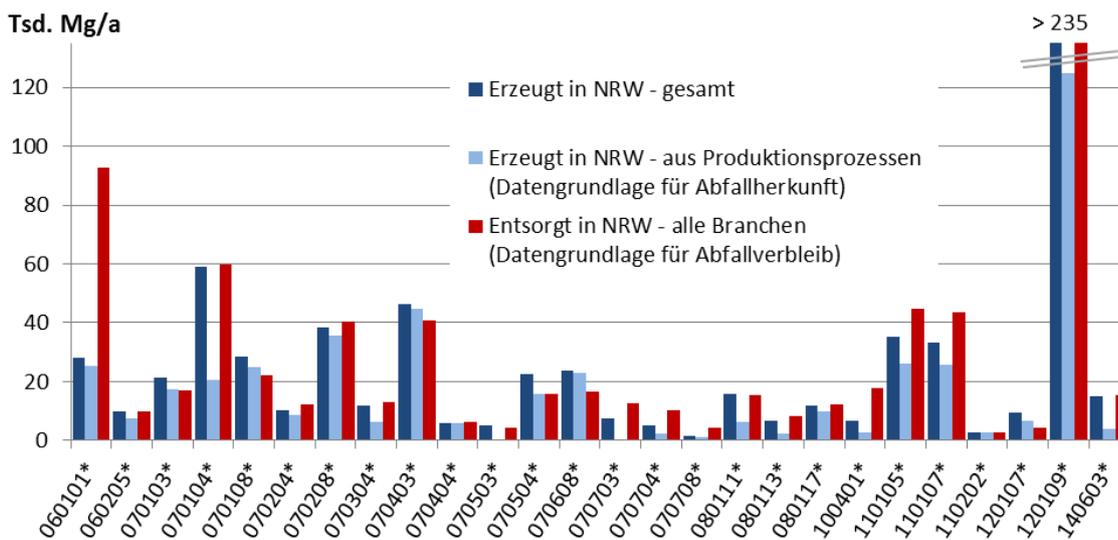
Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Mit Hilfe der AIDA-Daten kann die Herkunft der erzeugten Abfallarten bis hin zu den einzelnen Wirtschaftszweig-Klassen „Erzeugerbranchen Ebene 5“ zurückverfolgt werden. Die Untergliederung der Erzeugerbranchen erfolgt in Analogie zu der vom Statistischen Bundesamt verwendeten Klassifikation der Wirtschaftszweige und ist auszugsweise in Kapitel 5 im Anhangband dargestellt. Das Basisjahr für die Auswertung der Abfallherkunft ist das Jahr 2012.

Der Verbleib der entsorgten gefährlichen Abfälle in Entsorgungsanlagen kann ebenfalls anhand der AIDA-Daten abfallartenspezifisch recherchiert werden. Die Angaben zum Verbleib beziehen sich dabei aber auf die insgesamt entsorgte Menge einer gefährlichen Abfallart ohne Bezug zur Herkunft (= Erzeugerbranche) des Abfalls.

Hieraus ergibt sich die in Abbildung 6-3 dargestellte Datengrundlage für das Jahr 2012. Detaillierte Angaben zu der in NRW im verarbeitenden Gewerbe erzeugten und in NRW insgesamt entsorgten Abfallmenge je ausgewählter Abfallart sind Kapitel 6 des Anhangbandes zu entnehmen.

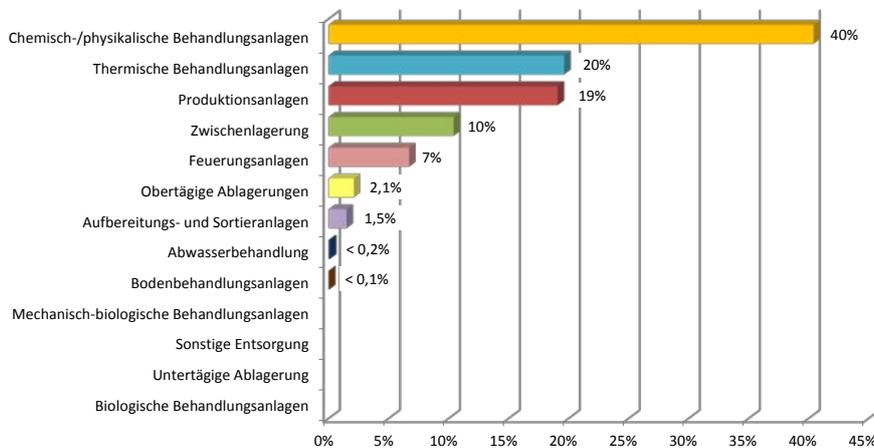
Abbildung 6-3: Aufkommen und Entsorgung der ausgewählten Abfallarten in NRW, 2012



Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Die untersuchten Abfallarten können **9 unterschiedlichen Entsorgungsanlagentypen** zugeordnet werden. Die chemisch-physikalische Behandlung dominiert deutlich die anderen Entsorgungswege (Abbildung 6-4). Einen Katalog der Anlagentypen zeigt Kapitel 7 im Anhangband.

Abbildung 6-4: Verbleib der ausgewählten Abfallarten in Entsorgungsanlagen, Mittel 2010-2013



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Anlagentypen, deren Hauptzweck nicht die Entsorgung von Abfällen ist, die aber Abfälle zu Produktionszwecken einsetzen, erfasst die AIDA-Datenbank ebenfalls als Entsorgungsweg. Dies ist beispielsweise bei Produktionsanlagen (u. a. Chemieanlagen, Metallproduktion), Feuerungsanlagen zur Energiegewinnung und Abwasserbehandlungsanlagen der Fall.

Ferner berücksichtigt die AIDA-Datenbank auch die Zwischenlagerung (Läger, Umladeanlagen, Wertstoffhöfe) als Entsorgungsweg. Da es sich hierbei nicht um eine Abfallentsorgung im eigentlichen Sinn handelt, bleibt die Zwischenlagerung in den nachfolgenden Betrachtungen zum Verbleib der untersuchten Abfallarten unberücksichtigt. Die Angaben zum Verbleib der gefährlichen Abfälle in NRW wurden für den Zeitraum 2010 bis 2013 ausgewertet.

Die je Abfallart recherchierten Informationen zu Herkunft und Verbleib werden im nachfolgenden **Kapitel 0** in zusammenfassenden Abfallsteckbriefen vollständig dokumentiert.

Prinzipiell differenzieren die Herkunftsangaben in den Abfallsteckbriefen nach Erzeugerbranchen⁹ bzw. nach Erzeugersparten¹⁰ im Sinne der WZ 2008 (z. B. „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ bzw. „Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittungen“), in denen die untersuchungsrelevanten Abfallarten jeweils angefallen sind. Darüber hinaus können die ausgewählten Abfallarten, bei Zugrundelegung der herkunftsbezogenen Definitionen der AVV (vgl. Kapitel- und Gruppenüberschriften im Abfallverzeichnis), innerhalb ihrer jeweiligen Herkunftsbranchen bzw. -sparten sowohl im Zuge von Herstellungsprozessen als auch von Zubereitungs-, Vertriebs- oder Anwendungsprozessen entstanden sein.

Eine mengenmäßige Differenzierung nach der jeweiligen Art des Abfallentstehungsprozesses ist aufgrund der verwendeten AIDA-Datenbasis (Abfallbegleitscheindaten aus der ASYS-Anwendung in NRW) nicht möglich und auch abfallrechtlich dergestalt nicht vorgesehen (vgl. NachwV).

⁹ Der besseren Verständlichkeit halber wurden alle (Wirtschaftszweig-)Abteilungen i.S. der WZ 2008, die der „Erzeugerbranche (Ebene 3)“ der AIDA-Datenbank entsprechen, im weiteren Text mit dem Synonym „Erzeugerbranche“ bzw. „Branche“, „Branchenbereich“ oder „Wirtschaftszweig“ umschrieben.

¹⁰ Ferner wurden alle (Wirtschaftszweig-)Klassen i.S. der WZ 2008, die in der Regel der „Erzeugerbranche (Ebene 5)“ der AIDA-Datenbank entsprechen, im weiteren Text mit den Synonym „Erzeugersparte“ bzw. „Sparte“, „Branchensparte“ oder „Wirtschaftszweigklasse“ umschrieben.

Die nachfolgende Tabelle 6-1 gibt hierzu einen zusammenfassenden Überblick über die in Deutschland und NRW im Jahr 2012 erzeugten und entsorgten Mengen der untersuchungsrelevanten gefährlichen Abfallarten.

Tabelle 6-1 In Deutschland und NRW erzeugte und entsorgte Mengen der untersuchungsrelevanten gefährlichen Abfallarten

Abfall- schlüssel	In Deutschland er- zeugt und entsorgt [Mg/a]	In NRW erzeugt alle Branchen [Mg/a]	In NRW erzeugt verarbeitendes Gewerbe [Mg/a]	In NRW entsorgt alle Branchen [Mg/a]
060101*	126.000	28.200	25.200	92.700
060205*	18.700	9.900	7.300	9.900
070103*	53.600	21.300	17.200	17.000
070104*	189.300	59.200	20.700	59.800
070107*	77.300	33.771	33.770	34.900
070108*	128.200	28.400	25.000	22.100
070204*	32.600	10.200	8.500	12.200
070208*	86.600	38.400	35.800	40.200
070304*	35.600	11.700	6.200	13.200
070403*	69.100	46.300	44.900	40.900
070404*	31.700	6.000	5.900	6.200
070503*	30.300	4.900	500	4.100
070504*	67.600	22.500	15.900	15.900
070608*	27.600	23.900	22.900	16.500
070703*	28.100	7.500	400	12.700
070704*	41.700	5.000	2.500	10.100
070708*	77.700	1.600	1.300	4.100
080111*	31.900	15.800	6.300	15.200
080113*	21.100	6.700	2.300	8.400
080117*	18.500	11.900	9.900	12.400
100401*	98.900	6.600	2.600	17.700
110105*	164.500	35.300	26.200	44.800
110107*	73.100	33.300	25.700	43.600
110202*	160.000	2.800	2.800	2.800
120107*	58.000	9.600	6.800	4.400
120109*	661.500	235.000	125.100	254.800
140603*	99.100	15.100	4.000	15.400
Summe	2.508.300	730.871	485.670	832.000

[Destatis 2012, AIDA 2012]

6.2 Abfallsteckbriefe

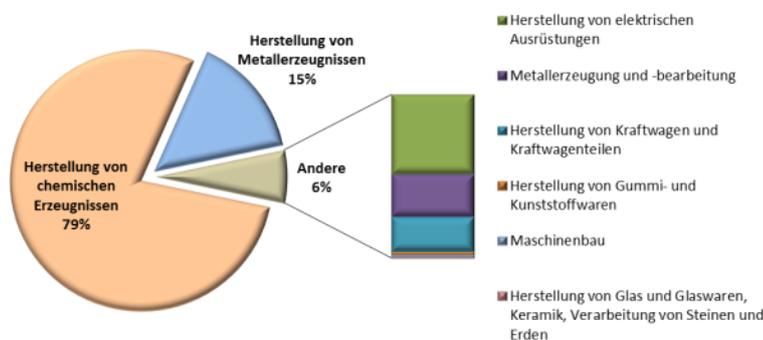
Dokumentation der recherchierten Informationen zu Abfallherkunft und –verbleib

Abfallsteckbrief AS 060101* Schwefelsäure und schweflige Säure
(AVV-Gruppe 0601 Abfälle aus Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Säuren)

Abfallherkunft Schwefelsäure und schweflige Säure kommen bei zahlreichen Produktionsprozessen als Rohstoff oder Hilfsmittel zum Einsatz. Herstellungs- und anwendungsbedingt bleibt die Säure mit organischen oder anorganischen Verunreinigungen versetzt als Abfall zurück.

Die im verarbeitenden Gewerbe erzeugte Abfallmenge fällt maßgeblich im Branchenbereich „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ (79 %), aber auch in der Erzeugerbranche „Herstellung von Metallerzeugnissen“ (15 %), darunter insbesondere bei der Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung, an (Abbildung 6-5).

Abbildung 6-5: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 060101*



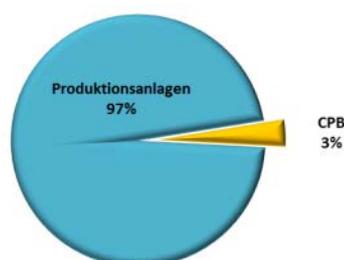
Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Innerhalb der Branche „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ sind als wesentliche abfallerzeugende Sparten (Wirtschaftszweigklassen) zu nennen:

- ▶ die Herstellung von Kunststoffen in Primärformen,
- ▶ die Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien,
- ▶ die Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien,
- ▶ die Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.,
- ▶ die Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittens sowie
- ▶ die Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermitteln.

Entsorgungswege Diese Abfallart wird fast ausschließlich in Produktionsanlagen (97 %), insbesondere Chemieanlagen, zurückgeführt (Abbildung 6-6). Nur ein Bruchteil der Gesamtmenge (3 %) wird in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (CPB) entsorgt.

Abbildung 6-6: Entsorgungswege alle Branchen – AS 060101*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

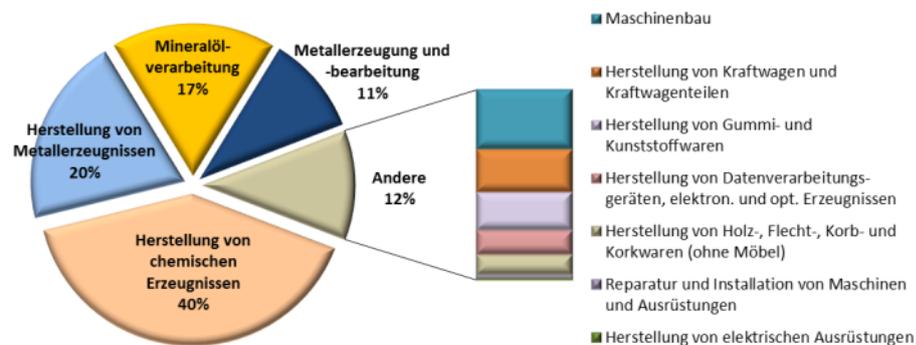
Abfallsteckbrief AS 060205* **andere Basen**
 (AVV-Gruppe 0602 *Abfälle aus HZVA von Basen*)

Abfallherkunft Unter dem Abfallschlüssel 060205* werden Laugengemische und organische Basen zusammengefasst. Abbildung 6-7 ist zu entnehmen, dass diese Abfallart maßgeblich in den Erzeugerbranchen

- ▶ Herstellung von chemischen Erzeugnissen (40 %),
v. a. von sonstigen org. und anorganische Grundstoffen und Chemikalien,
- ▶ Herstellung von Metallerzeugnissen (20 %),
v. a. der Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung,
- ▶ Mineralölverarbeitung (17 %) sowie im Wirtschaftszweig
- ▶ Metallerzeugung und -bearbeitung (11 %)

anfällt.

Abbildung 6-7: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 060205*

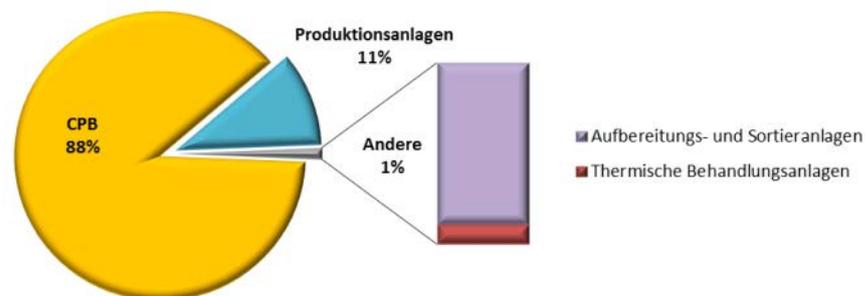


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

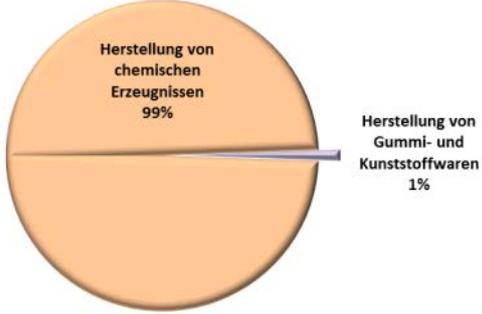
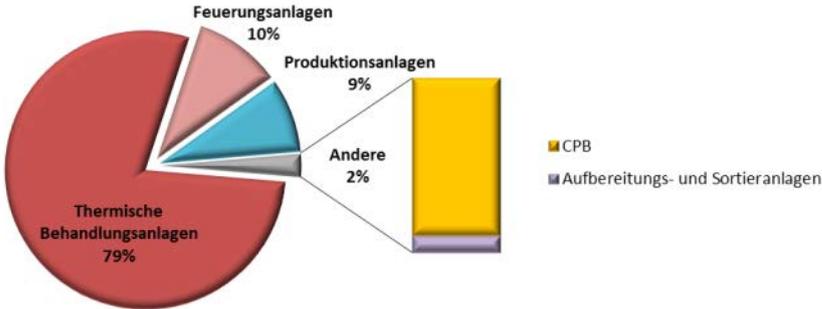
Entsorgungswege

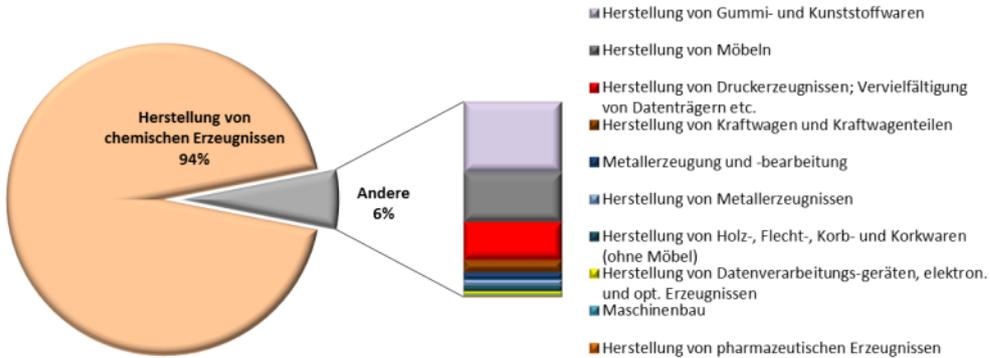
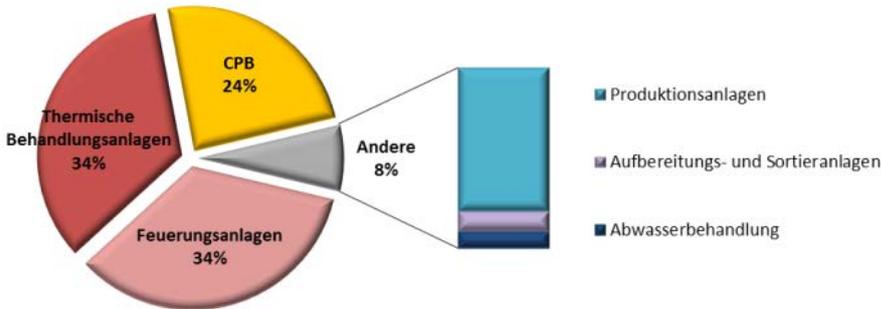
Die Abfallart wird überwiegend in CPB-Anlagen entsorgt (88 %). Darüber hinaus werden 11 % der Abfälle in Produktionsprozesse (maßgeblich Chemieanlagen) zurückgeführt (Abbildung 6-8). Die Behandlung in Aufbereitungs- und Sortieranlagen sowie die thermische Behandlung spielen eine untergeordnete Rolle (zusammen 1 %).

Abbildung 6-8: Entsorgungswege alle Branchen – AS 060205*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

<p>Abfallsteckbrief (AVV-Gruppe 0701)</p>	<p>AS 070103* halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>Abfälle aus HZVA organischer Grundchemikalien)</i></p>												
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Der Abfallschlüssel 070103* umfasst halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die der AVV-Herkunftsgruppe entstammen.</p> <p>Die Abfallart fällt maßgeblich im Branchenbereich „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ (99 %, Abbildung 6-9) an, und hier insbesondere in der Erzeugersparte</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien an. <p>Darüber hinaus aber auch in den Sparten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Herstellung von pyrotechnischen Erzeugnissen oder ▶ Herstellung von Kunststoffen in Primärformen. <p>Im Branchenbereich der Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (1 %) ist als abfallerzeugende Sparte die Herstellung von Platten, Folien, Schläuchen und Profilen aus Kunststoffen relevant.</p> <p>Abbildung 6-9: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070103*</p>  <table border="1" data-bbox="443 965 925 1279"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070103*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugerbranche</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von chemischen Erzeugnissen</td> <td>99%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>	Erzeugerbranche	Anteil (%)	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	99%	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	1%						
Erzeugerbranche	Anteil (%)												
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	99%												
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	1%												
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Die Abfallart 070103* wird überwiegend in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt (79 %, Abbildung 6-10). In wesentlich geringerem Umfang wird dieser Abfall ferner zur Energiegewinnung in Feuerungsanlagen (Kraftwerk, 10 %) oder in Produktionsanlagen (Zementwerk, 9 %) eingesetzt. In CPB- sowie Aufbereitungs- und Sortieranlagen werden in Summe 2 % entsorgt.</p> <p>Abbildung 6-10: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070103*</p>  <table border="1" data-bbox="430 1648 1252 1957"> <caption>Entsorgungswege alle Branchen – AS 070103*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungsanlage</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>79%</td> </tr> <tr> <td>Feuerungsanlagen</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>Produktionsanlagen</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>CPB</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>Aufbereitungs- und Sortieranlagen</td> <td>2%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>	Entsorgungsanlage	Anteil (%)	Thermische Behandlungsanlagen	79%	Feuerungsanlagen	10%	Produktionsanlagen	9%	CPB	2%	Aufbereitungs- und Sortieranlagen	2%
Entsorgungsanlage	Anteil (%)												
Thermische Behandlungsanlagen	79%												
Feuerungsanlagen	10%												
Produktionsanlagen	9%												
CPB	2%												
Aufbereitungs- und Sortieranlagen	2%												

<p>Abfallsteckbrief (AVV-Gruppe 0701)</p>	<p>AS 070104* andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>Abfälle aus HZVA organischer Grundchemikalien)</i></p>
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die unter dem Abfallschlüssel 070104* zusammengefasst werden, bestehen aus halogenfreien chemischen Verbindungen (u. a. Alkohole, Ester, aromatische sowie aliphatische Kohlenwasserstoffe). Sie fallen in einer Vielzahl von Branchen (Abbildung 6-11), insbesondere aber im Wirtschaftszweig „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ (94 %) an; darunter in den abfallerzeugenden Sparten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ der Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien, ▶ der Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermitteln, ▶ der Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittens sowie ▶ der Herstellung von Kunststoffen in Primärformen. <p>Abbildung 6-11: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070104*</p>  <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Die Entsorgung erfolgt zu jeweils 34 % in Feuerungsanlagen zur Energieerzeugung (Kraftwerk) und in Sonderabfallverbrennungsanlagen (Abbildung 6-12). Weitere 24 % werden in CPB-Anlagen behandelt und insgesamt 8 % werden den Entsorgungswegen Produktionsanlagen, Aufbereitungs- und Sortieranlagen sowie der Abwasserbehandlung zugeführt.</p> <p>Abbildung 6-12: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070104*</p>  <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>

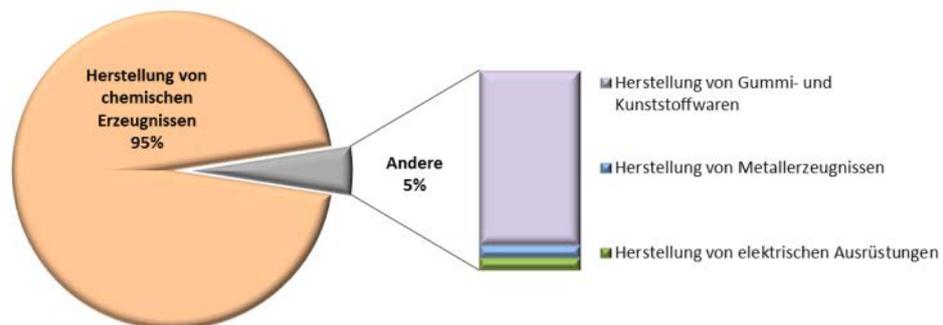
<p>Abfallsteckbrief (AVV-Gruppe 0701</p>	<p>AS 070107* halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände <i>Abfälle aus HZVA organischer Grundchemikalien)</i></p>								
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände, die der AVV-Herkunftsgruppe 0701 zuzuordnen sind, fallen zu jeweils 50 % in den Branchen „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ und „Mineralölverarbeitung“ an. (Abbildung 6-13).</p> <p>Eine weitere Differenzierung in unterschiedliche Erzeugersparten ist bei dieser Abfallart nicht relevant.</p> <p>Abbildung 6-13: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070107*</p> <div data-bbox="459 660 774 981" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070107*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugerbranche</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mineralölverarbeitung</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von chemischen Erzeugnissen</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>	Erzeugerbranche	Anteil	Mineralölverarbeitung	50%	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	50%		
Erzeugerbranche	Anteil								
Mineralölverarbeitung	50%								
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	50%								
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Neben der Verbrennung in Sonderabfallverbrennungsanlagen (81 %) werden 18 % dieser Abfallart in Produktionsanlagen (Chemieanlagen) eingesetzt. (Abbildung 6-14). Die chemisch-physikalische Behandlung spielt mit einem Mengenanteil von lediglich 1 % nur eine sehr untergeordnete Rolle.</p> <p>Abbildung 6-14: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070107*</p> <div data-bbox="430 1321 790 1657" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Entsorgungswege alle Branchen – AS 070107*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>81%</td> </tr> <tr> <td>Produktionsanlagen</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>CPB</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>	Entsorgungswege	Anteil	Thermische Behandlungsanlagen	81%	Produktionsanlagen	18%	CPB	1%
Entsorgungswege	Anteil								
Thermische Behandlungsanlagen	81%								
Produktionsanlagen	18%								
CPB	1%								

Abfallsteckbrief AS 070108* andere Reaktions- und Destillationsrückstände
(AVV-Gruppe 0701 Abfälle aus HZVA organischer Grundchemikalien)

Abfallherkunft Nicht halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände aus HZVA organischer Grundchemikalien stammen zu 95 % aus der Erzeugerbranche „Herstellung chemischer Erzeugnisse“ (Abbildung 6-15). Als abfallerzeugende Sparten sind hierbei im Einzelnen relevant

- ▶ die Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien,
- ▶ die Herstellung von Kunststoffen in Primärformen,
- ▶ die Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.,
- ▶ die Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermitteln sowie
- ▶ die Herstellung von ätherischen Ölen.

Abbildung 6-15: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070108*

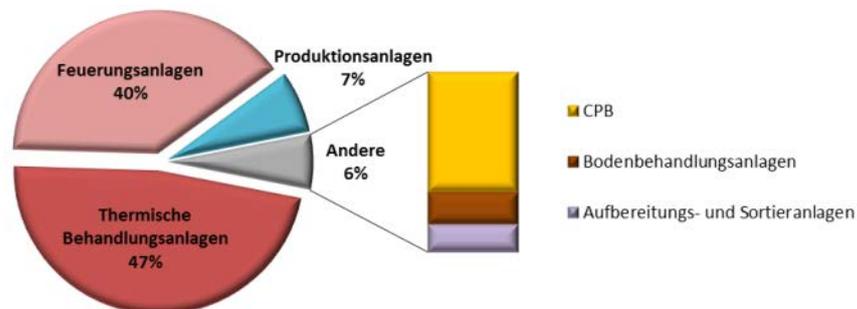


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege

Die Entsorgung dieser Abfallart erfolgt überwiegend durch die Verbrennung in Sonderabfallverbrennungsanlagen (47 %, Abbildung 6-16) sowie in Feuerungsanlagen zur Energieerzeugung (Kraftwerke, 40 %). Nur 7 % werden in Produktionsprozessen (Zementwerk) eingesetzt und zusammen 6 % werden in CPB-, Bodenbehandlungs- oder Aufbereitungs- und Sortieranlagen entsorgt.

Abbildung 6-16: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070108*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Abfallsteckbrief AS 070204* andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen

(AVV-Gruppe 0702 Abfälle aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern)

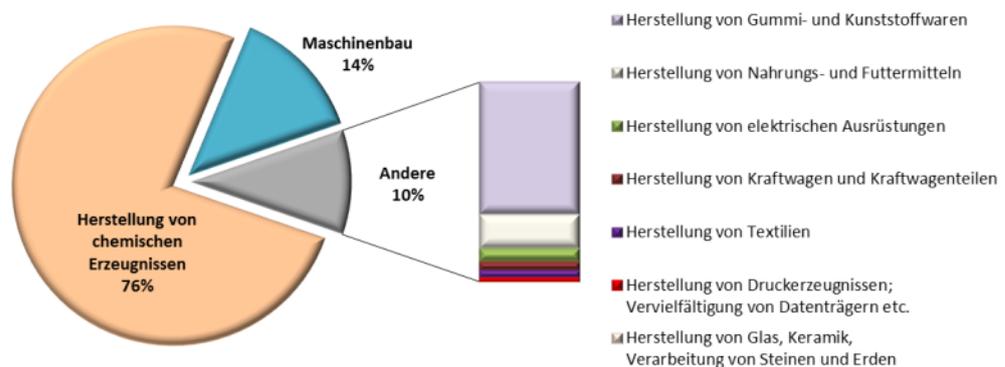
Abfallherkunft Halogenfreie organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die der AVV-Herkunftsgruppe 0702 entstammen, werden unter dem Schlüssel 070204* zusammengefasst.

Diese Abfälle fallen im Zuge diverser Produktionstätigkeiten zu 76 % in der Erzeugerbranche „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ und zu 14 % innerhalb des Maschinenbaus (Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen a.n.g.) an (Abbildung 6-17) an.

Im Branchenbereich „Herstellung chemischer Erzeugnisse“ fallen Abfälle des AS 070204* im Wesentlichen in folgenden Sparten an:

- ▶ Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.,
- ▶ Herstellung von Kunststoffen in Primärformen,
- ▶ Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien,
- ▶ Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten und
- ▶ Herstellung von Klebstoffen.

Abbildung 6-17: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070204*

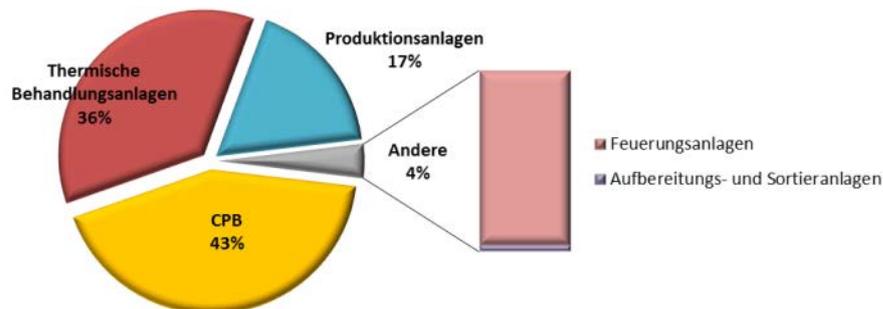


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege

Diese Abfallart wird zu 43 % in CPB-Anlagen und zu 36 % in Sonderabfallverbrennungsanlagen entsorgt (Abbildung 6-18). In Produktionsanlagen (hier Zementwerk) werden 17 % eingesetzt, zusammen 4 % werden Feuerungsanlagen oder Aufbereitungs- und Sortieranlagen zugeführt.

Abbildung 6-18: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070204*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Abfallsteckbrief AS 070208* andere Reaktions- und Destillationsrückstände
(AVV-Gruppe 0702 Abfälle aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern)

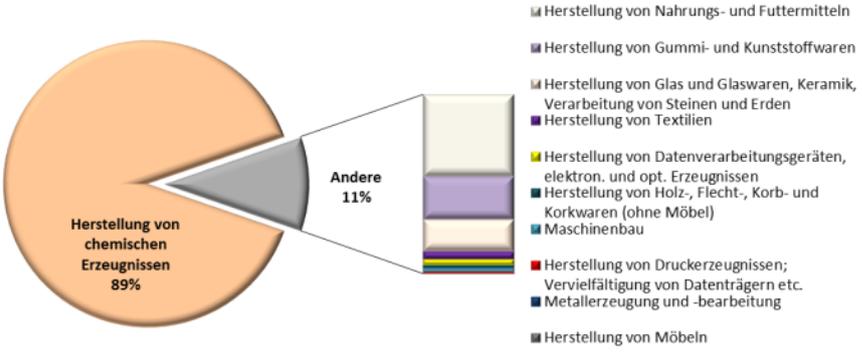
Abfallherkunft Nicht halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände der AVV-Herkunftsgruppe 0702 entstehen zu etwa 89 % im Branchenbereich der Herstellung von chemischen Erzeugnissen (Abbildung 6-19) und hier insbesondere in den Erzeugersparten

- ▶ Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien,
- ▶ Herstellung von Kunststoffen in Primärformen,
- ▶ Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittten,
- ▶ Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten,
- ▶ Herstellung von synthetischem Kautschuk in Primärformen,
- ▶ Herstellung von Chemiefasern und
- ▶ Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien.

Darüber hinaus sind als relevante Erzeugerbranchen jeweils die Herstellung von

- ▶ Nahrungs- und Futtermitteln (5 %),
- ▶ Gummi- und Kunststoffwaren (3 %) sowie
- ▶ Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (2 %) zu nennen.

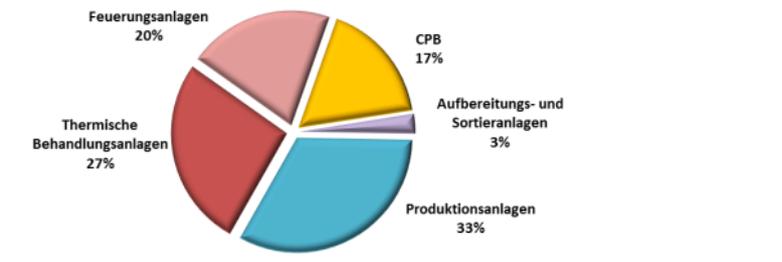
Abbildung 6-19: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070208*



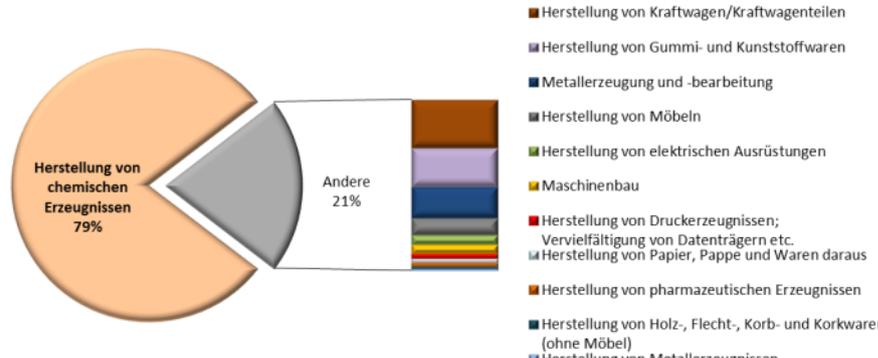
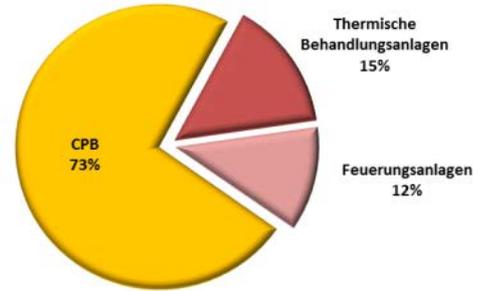
Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

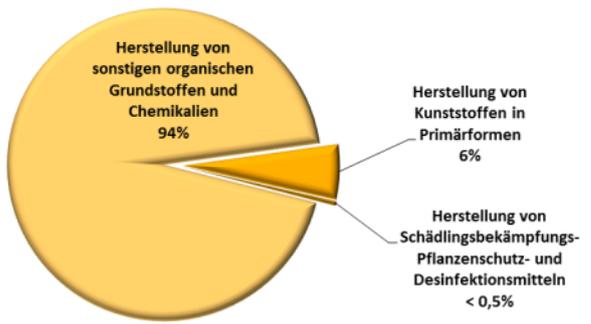
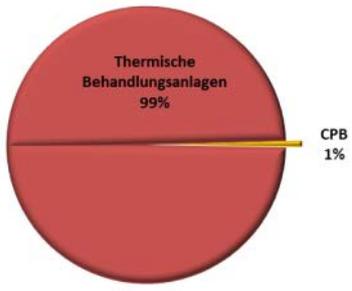
Entsorgungswege Für diesen Abfall konnten insgesamt 5 Entsorgungswege identifiziert werden. Dieser Abfall wird zu 50 % verbrannt, sowohl in Sonderabfallverbrennungsanlagen (27 %, darunter Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle) als auch in Feuerungsanlagen (Kraftwerke, 20 %). Ein Drittel dieser Abfallart wird zu Produktionszwecken in Chemieanlagen eingesetzt, 17 % werden chemisch-physikalisch behandelt (Abbildung 6-20).

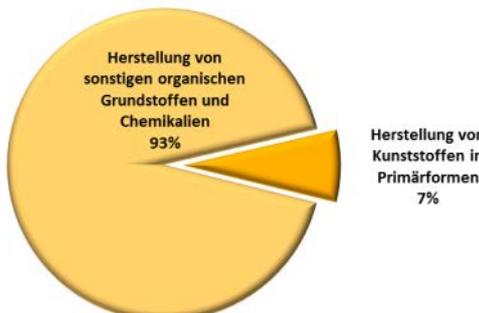
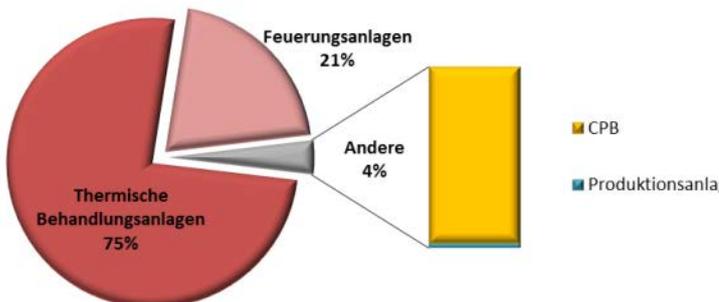
Abbildung 6-20: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070208*



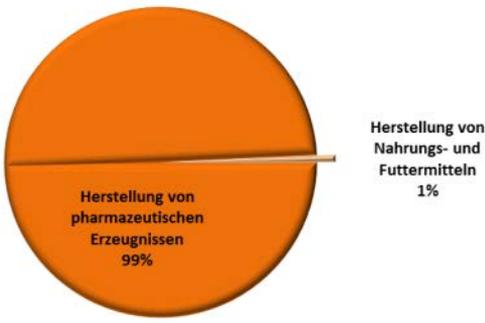
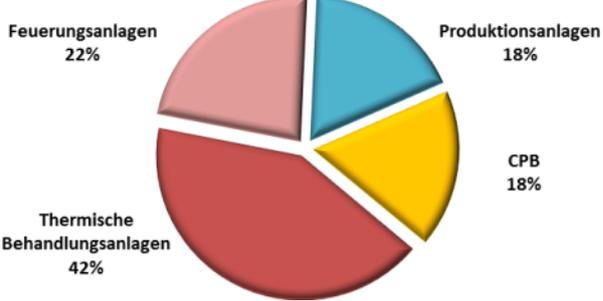
Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

<p>Abfallsteckbrief</p> <p><i>(AVV-Gruppe 0703</i></p>	<p>AS 070304* andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen</p> <p>Abfälle aus HZVA von organischen Farbstoffen und Pigmenten (außer 06 11))</p>
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Halogenfreie organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die der AVV-Herkunftsgruppe 0703 zuzuordnen sind, fallen zu 79 % in der Branche „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ an, darunter in den abfallerzeugenden Sparten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ der Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten sowie ▶ der Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten. <p>Darüber hinaus entstehen diese flüssigen Abfälle in vielen weiteren Branchenbereichen (Abbildung 6-21) bei diversen Produktionstätigkeiten.</p> <p>Abbildung 6-21: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070304*</p>  <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Für diese Abfallart wurden insgesamt 3 Entsorgungswege identifiziert (Abbildung 6-22). Der Großteil dieser Abfälle – 73 % der insgesamt entsorgten Mengen – wird chemisch-physikalisch behandelt. Der Rest wird in Sonderabfallverbrennungsanlagen (15 %) oder zur Energieerzeugung in Feuerungsanlagen verbrannt (12 %, Kraftwerke).</p> <p>Abbildung 6-22: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070304*</p>  <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>

<p>Abfallsteckbrief (AVV-Gruppe 0704)</p>	<p>AS 070403* halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>Abfälle aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 02 01 08 und 02 01 09), Holzschutzmitteln (außer 03 02) und anderen Bioziden)</i></p>								
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen der AVV-Herkunftsgruppe 0704 fallen ausschließlich im Branchenbereich der Herstellung von chemischen Erzeugnissen an und hier insbesondere innerhalb der Sparte „Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien“ (94 %, Abbildung 6-23).</p> <p>Abbildung 6-23: Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070403*</p>  <table border="1"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070403*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugersparten</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien</td> <td>94%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Kunststoffen in Primärformen</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln</td> <td>< 0,5%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>	Erzeugersparten	Anteil	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	94%	Herstellung von Kunststoffen in Primärformen	6%	Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln	< 0,5%
Erzeugersparten	Anteil								
Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	94%								
Herstellung von Kunststoffen in Primärformen	6%								
Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln	< 0,5%								
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Die Entsorgung dieser Abfälle erfolgt zu 99 % in Sonderabfallverbrennungsanlagen, 1 % wird chemisch-physikalisch behandelt (Abbildung 6-24).</p> <p>Abbildung 6-24: Entsorgungswege alle Sparten – AS 070403*</p>  <table border="1"> <caption>Entsorgungswege alle Sparten – AS 070403*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>99%</td> </tr> <tr> <td>CPB</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>	Entsorgungswege	Anteil	Thermische Behandlungsanlagen	99%	CPB	1%		
Entsorgungswege	Anteil								
Thermische Behandlungsanlagen	99%								
CPB	1%								

<p>Abfallsteckbrief <i>(AVV-Gruppe 0704</i></p>	<p>AS 070404* andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen <i>Abfälle aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 02 01 08 und 02 01 09), Holzschutzmitteln (außer 03 02) und anderen Bioziden)</i></p>								
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Halogenfreie Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen der AVV-Herkunftsgruppe 0704 fallen ebenfalls ausschließlich im Branchenbereich der Herstellung von chemischen Erzeugnissen an und hier insbesondere innerhalb der Sparte „Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien“ (93 %, Abbildung 6-25).</p> <p>Abbildung 6-25: Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070404*</p>								
 <table border="1" data-bbox="446 672 925 985"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070404*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugersparten</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Kunststoffen in Primärformen</td> <td>7%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>		Erzeugersparten	Anteil (%)	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	93%	Herstellung von Kunststoffen in Primärformen	7%		
Erzeugersparten	Anteil (%)								
Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	93%								
Herstellung von Kunststoffen in Primärformen	7%								
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Neben der Verbrennung in Sonderabfallverbrennungsanlagen (75 %) werden 21 % dieser Abfallart zur Energieerzeugung in Feuerungsanlagen (Kraftwerke) eingesetzt (Abbildung 6-26). Die chemisch-physikalische Behandlung und der Einsatz in Produktionsanlagen spielen eine untergeordnete Rolle (zusammen 4 %).</p> <p>Abbildung 6-26: Entsorgungswege alle Sparten – AS 070404*</p>								
 <table border="1" data-bbox="478 1355 1197 1657"> <caption>Entsorgungswege alle Sparten – AS 070404*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Feuerungsanlagen</td> <td>21%</td> </tr> <tr> <td>Andere</td> <td>4%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>		Entsorgungswege	Anteil (%)	Thermische Behandlungsanlagen	75%	Feuerungsanlagen	21%	Andere	4%
Entsorgungswege	Anteil (%)								
Thermische Behandlungsanlagen	75%								
Feuerungsanlagen	21%								
Andere	4%								

<p>Abfallsteckbrief</p> <p><i>(AVV-Gruppe 0705</i></p>	<p>AS 070503* halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen</p> <p><i>Abfälle aus HZVA von Pharmazeutika)</i></p>						
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die der AVV-Herkunftsgruppe 0705 entstammen, werden unter dem Abfallschlüssel 070503* zusammengefasst. Im Sektor des verarbeitenden Gewerbes fällt diese Abfallart ausschließlich im Branchenbereich „Herstellung von pharmazeutischen (91 %, Abbildung 6-27) und chemischen (9 %) Erzeugnissen an, und hier insbesondere in den Sparten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen sowie ▶ Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen. <p>Abbildung 6-27: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070503*</p>						
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Erzeugerbranche</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen</td> <td>91%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von chemischen Erzeugnissen</td> <td>9%</td> </tr> </tbody> </table>		Erzeugerbranche	Anteil (%)	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	91%	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	9%
Erzeugerbranche	Anteil (%)						
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	91%						
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	9%						
<p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>							
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Die Entsorgung dieser Abfallart erfolgt zu 90 % in Sonderabfallverbrennungsanlagen (Abbildung 6-28). Der Rest wird chemisch-physikalisch behandelt (9 %) oder zu einem weitaus geringeren Anteil auch in Feuerungsanlagen zur Energieerzeugung eingesetzt (1 %, Kraftwerke).</p> <p>Abbildung 6-28: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070503*</p>						
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>Andere</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>		Entsorgungswege	Anteil (%)	Thermische Behandlungsanlagen	90%	Andere	10%
Entsorgungswege	Anteil (%)						
Thermische Behandlungsanlagen	90%						
Andere	10%						
<p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>							

<p>Abfallsteckbrief</p> <p><i>(AVV-Gruppe 0705</i></p>	<p>AS 070504* andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen</p> <p>Abfälle aus HZVA von Pharmazeutika)</p>										
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Halogenfreie Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die der AVV-Herkunftsgruppe 0705 zuzuordnen sind, werden unter dem Abfallschlüssel 070504* zusammengefasst. Im Sektor des verarbeitenden Gewerbes fällt dieser Abfall maßgeblich in der Branche der Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen an (99 %, Abbildung 6-29), hier insbesondere innerhalb der Sparten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen sowie ▶ Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen. <p>Abbildung 6-29: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070504*</p>										
 <table border="1" data-bbox="453 779 938 1102"> <thead> <tr> <th>Erzeugerbranche</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen</td> <td>99%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>		Erzeugerbranche	Anteil (%)	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	99%	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	1%				
Erzeugerbranche	Anteil (%)										
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	99%										
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	1%										
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Mehr als die Hälfte dieser Abfälle wird verbrannt und dabei neben der thermischen Behandlung in Sonderabfallverbrennungsanlagen (42 %, Abbildung 6-30) teilweise auch zur Energieerzeugung in Feuerungsanlagen (Kraftwerk, 22 %) eingesetzt. Darüber hinaus werden jeweils 18 % in Produktionsanlagen (Zementwerk) eingesetzt oder chemisch-physikalisch behandelt.</p> <p>Abbildung 6-30: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070504*</p>										
 <table border="1" data-bbox="421 1473 1024 1774"> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>42%</td> </tr> <tr> <td>Feuerungsanlagen</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>Produktionsanlagen</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>CPB</td> <td>18%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>		Entsorgungswege	Anteil (%)	Thermische Behandlungsanlagen	42%	Feuerungsanlagen	22%	Produktionsanlagen	18%	CPB	18%
Entsorgungswege	Anteil (%)										
Thermische Behandlungsanlagen	42%										
Feuerungsanlagen	22%										
Produktionsanlagen	18%										
CPB	18%										

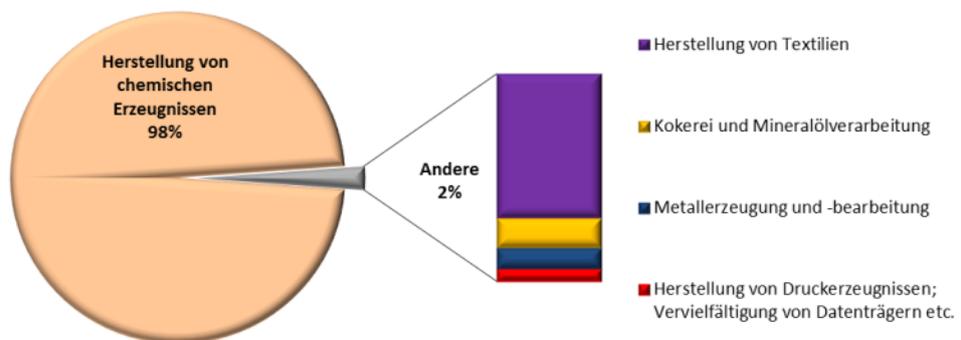
Abfallsteckbrief **AS 070608* andere Reaktions- und Destillationsrückstände**
(AVV-Gruppe 0706 **Abfälle aus HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln)**

Abfallherkunft Nicht halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände der AVV-Herkunftsgruppe 0706 entstehen zu etwa 98 % im Branchenbereich der Herstellung von chemischen Erzeugnissen und hier vor allem in den Erzeugersparten

- ▶ Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien,
- ▶ Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermitteln und
- ▶ Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.

In bedeutend geringerer Menge fällt diese Abfallart außerdem bei weiteren Produktionstätigkeiten, wie zum Beispiel in der Erzeugerbranche „Herstellung von Textilien“ an (Abbildung 6-31).

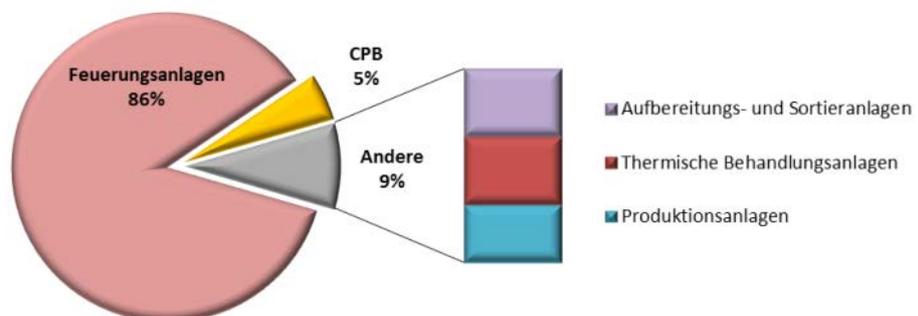
Abbildung 6-31: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070608*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege Diese Abfallart wird hauptsächlich in Feuerungsanlagen zur Energieerzeugung eingesetzt (Kraftwerk, 86 %). Die chemisch-physikalische Behandlung, thermische Behandlung, der Einsatz in Produktionsprozessen (Chemieanlagen) und die Behandlung in Aufbereitungs- und Sortieranlagen machen zusammen 14 % aus (Abbildung 6-32).

Abbildung 6-32: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070608*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

<p>Abfallsteckbrief</p> <p><i>(AVV-Gruppe 0707</i></p>	<p>AS 070703* halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen</p> <p><i>Abfälle aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)</i></p>										
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Unter dem Abfallschlüssel 070703* werden halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen zusammengefasst, die nicht den AVV-Herkunftsgruppen 0701 bis 0706 zugeordnet werden können, sondern unter der AVV-(Auffang)- Gruppe „Abfälle aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.“ einzuordnen sind. Diese Abfallart entsteht bei Produktionstätigkeiten ausschließlich in der Branche „Herstellung chemischer Erzeugnisse“ (Abbildung 6-33).</p> <p>Hierbei sind die folgenden, abfallerzeugenden Sparten relevant:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ die Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien (99 %) sowie ▶ die Herstellung von Kunststoffen in Primärform, jedoch mit einem deutlich niedrigeren Aufkommen (1 %). <p>Abbildung 6-33: Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070703*</p> <div data-bbox="448 949 941 1272" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 070703*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugersparten</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien</td> <td>99%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Kunststoffen in Primärformen</td> <td>1%</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>	Erzeugersparten	Anteil (%)	Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	99%	Herstellung von Kunststoffen in Primärformen	1%				
Erzeugersparten	Anteil (%)										
Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien	99%										
Herstellung von Kunststoffen in Primärformen	1%										
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Die halogenierten Flüssigkeiten werden überwiegend in Sonderabfallverbrennungsanlagen entsorgt (74 %), weitere 13 % werden chemisch-physikalisch behandelt und ebenfalls 13 % kommen in Produktionsanlagen mit stofflicher Verwertung erneut zum Einsatz (Abbildung 6-34).</p> <p>Abbildung 6-34: Entsorgungswege alle Sparten – AS 070703*</p> <div data-bbox="440 1615 917 1910" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>Entsorgungswege alle Sparten – AS 070703*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>74%</td> </tr> <tr> <td>CPB</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Produktionsanlagen</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Aufbereitungs- und Sortieranlagen</td> <td><1%</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>	Entsorgungswege	Anteil (%)	Thermische Behandlungsanlagen	74%	CPB	13%	Produktionsanlagen	13%	Aufbereitungs- und Sortieranlagen	<1%
Entsorgungswege	Anteil (%)										
Thermische Behandlungsanlagen	74%										
CPB	13%										
Produktionsanlagen	13%										
Aufbereitungs- und Sortieranlagen	<1%										

<p>Abfallsteckbrief</p> <p><i>(AVV-Gruppe 0707</i></p>	<p>AS 070704* andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen</p> <p><i>Abfälle aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)</i></p>								
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Unter dem Abfallschlüssel 070704* werden halogenfreie Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen zusammengefasst, die unter der AVV-(Auffang-) Gruppe 0707 einzuordnen sind und nicht den AVV-Herkunftsgruppen 0701 bis 0706 zugeordnet werden können. Im Rahmen von verschiedenen Produktionstätigkeiten entsteht diese Abfallart maßgeblich im Wirtschaftszweig „Herstellung von chemischen Erzeugnisse“ (89 %, Abbildung 6-35), darunter in den abfallerzeugenden Sparten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien, ▶ Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g., ▶ Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittens, ▶ Herstellung von Kunststoffen in Primärformen, <p>aber auch im Branchenbereich „Metallerzeugung und -bearbeitung“ (11) fällt diese Abfallart an, beispielsweise innerhalb der Sparten</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ der Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen sowie ▶ der Erzeugung und ersten Bearbeitung von Aluminium. <p>Abbildung 6-35: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070704*</p>								
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070704*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugerbranche</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von chemischen Erzeugnissen</td> <td>89%</td> </tr> <tr> <td>Metallerzeugung und -bearbeitung</td> <td>11%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Metallerzeugnissen</td> <td>< 0,4%</td> </tr> </tbody> </table>		Erzeugerbranche	Anteil	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	89%	Metallerzeugung und -bearbeitung	11%	Herstellung von Metallerzeugnissen	< 0,4%
Erzeugerbranche	Anteil								
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	89%								
Metallerzeugung und -bearbeitung	11%								
Herstellung von Metallerzeugnissen	< 0,4%								
<p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>									
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Die halogenfreien Flüssigkeiten werden überwiegend chemisch-physikalisch behandelt (63 %, Abbildung 6-36). In Sonderabfallverbrennungsanlagen werden 30 % direkt entsorgt und weitere 7 % werden in Feuerungsanlagen zur Energieerzeugung (Kraftwerk) eingesetzt.</p> <p>Abbildung 6-36: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070704*</p>								
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>Entsorgungswege alle Branchen – AS 070704*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPB</td> <td>63%</td> </tr> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Feuerungsanlagen</td> <td>7%</td> </tr> </tbody> </table>		Entsorgungswege	Anteil	CPB	63%	Thermische Behandlungsanlagen	30%	Feuerungsanlagen	7%
Entsorgungswege	Anteil								
CPB	63%								
Thermische Behandlungsanlagen	30%								
Feuerungsanlagen	7%								
<p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>									

Abfallsteckbrief AS 070708* andere Reaktions- und Destillationsrückstände

(AVV-Gruppe 0707 Abfälle aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)

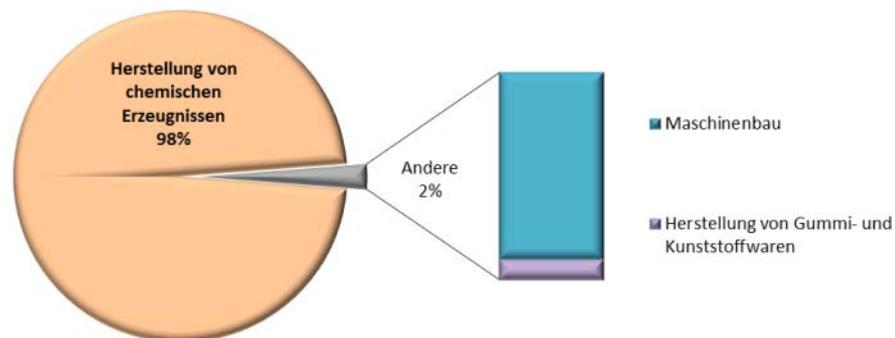
Abfallherkunft

Unter dem Abfallschlüssel 070708* werden halogenfreie Reaktions- und Destillationsrückstände zusammengefasst, die nicht den AVV-Herkunftsgruppen 0701 bis 0706 zugeordnet werden können, sondern unter der AVV-(Auffang-) Gruppe 0707 einzuordnen sind. Diese Abfallart entsteht bei Produktionstätigkeiten maßgeblich im Branchenbereich der Herstellung von chemischen Erzeugnisse (98 %, Abbildung 6-37), aber auch in den Wirtschaftszweigen „Maschinenbau“ sowie „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ (zusammen 2 %).

Im Branchenbereich „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ fallen Abfälle des AS 070708* im Wesentlichen in den Sparten

- ▶ der Herstellung von Kunststoffen in Primärformen und
 - ▶ der Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien
- an.

Abbildung 6-37: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 070708*

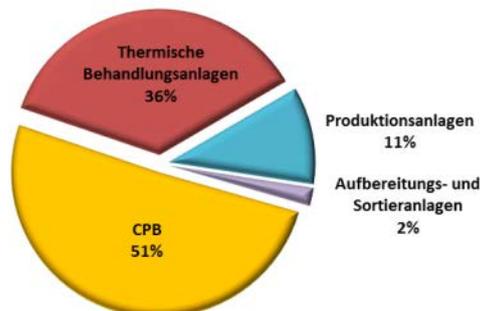


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

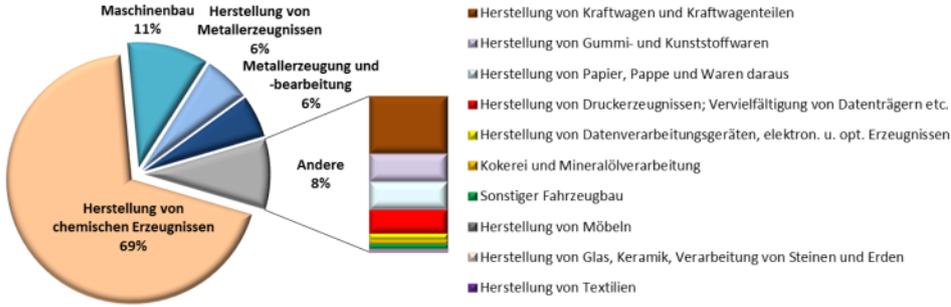
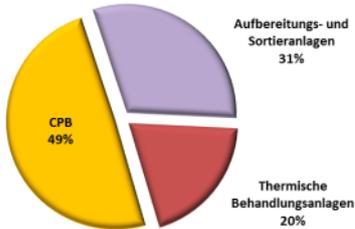
Entsorgungswege

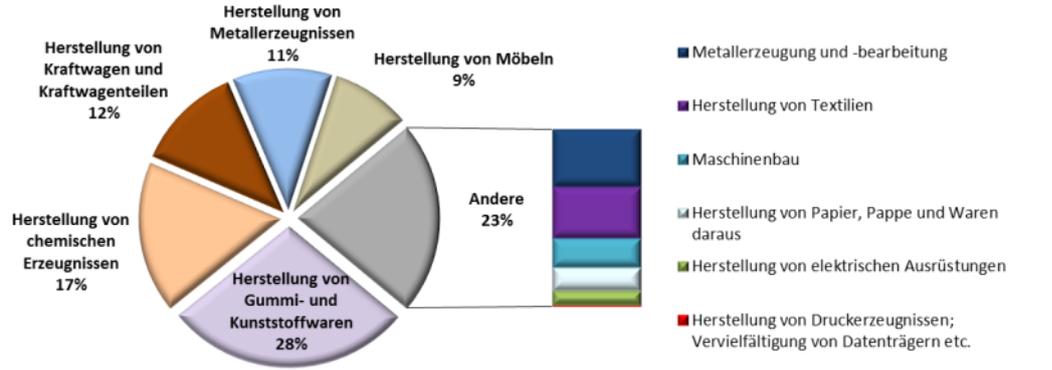
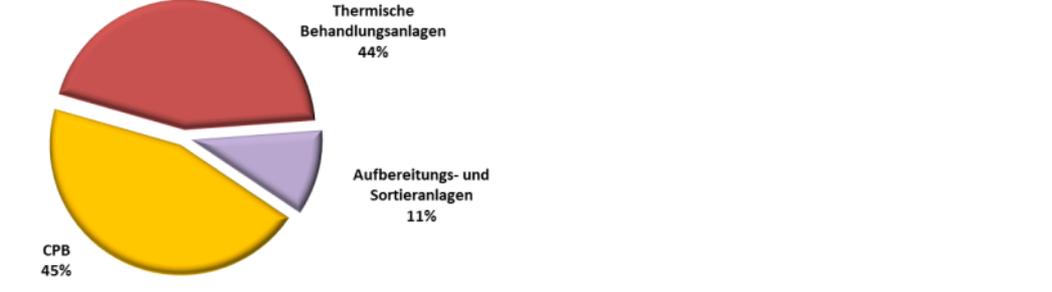
Die halogenfreien Rückstände werden zu 51 % chemisch-physikalisch behandelt (Abbildung 6-38). In Sonderabfallverbrennungsanlagen werden 36 % entsorgt, weitere 11 % kommen in Produktionsanlagen (Chemieanlagen) erneut zum Einsatz und 2 % werden in Aufbereitungs- und Sortieranlagen entsorgt.

Abbildung 6-38: Entsorgungswege alle Branchen – AS 070708*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

<p>Abfallsteckbrief</p> <p><i>(AVV-Gruppe 0801)</i></p>	<p>AS 080111* Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten</p> <p><i>Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)</i></p>												
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Farb- und Lackreste des AS 080111* bleiben bei der Herstellung bzw. Zubereitung (z. B. Rückstellproben, Fehlchargen) und der Verwendung von Farben und Lacken (z. B. Überschüsse aus dem Lackierprozess) als Abfall zurück. Farb- und Lackabfälle fallen bei einer Vielzahl von Produktionstätigkeiten an und sind in der Regel nicht mit anderen Komponenten verunreinigt. Im Branchenbereich der Herstellung von chemischen Erzeugnissen fallen etwa 69 % der insgesamt erzeugten Farb- und Lackabfälle an, etwa 11 % entstammen der Erzeugerbranche „Maschinenbau“ und weitere 12 % den Branchen „Herstellung von Metallerzeugnissen“ und „Metallerzeugung und -bearbeitung“. Als abfallerzeugende Sparten sind hierbei im Einzelnen relevant:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ die Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten sowie von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittlen (Branche „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“), ▶ die Herstellung von Maschinen für die Verarbeitung von Kunststoffen und Kautschuk sowie von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen (Branche „Maschinenbau“) und ▶ die Erzeugung und erste Bearbeitung von Aluminium (Branche „Metallerzeugung und -bearbeitung“). <p>Die restlichen 8 % verteilen sich auf 10 weitere Erzeugerbranchen (Abbildung 6-39).</p> <p>Abbildung 6-39: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 080111*</p>  <table border="1"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 080111*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugerbranche</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von chemischen Erzeugnissen</td> <td>69%</td> </tr> <tr> <td>Maschinenbau</td> <td>11%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Metallerzeugnissen</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Metallerzeugung und -bearbeitung</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Andere</td> <td>8%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>	Erzeugerbranche	Anteil (%)	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	69%	Maschinenbau	11%	Herstellung von Metallerzeugnissen	6%	Metallerzeugung und -bearbeitung	6%	Andere	8%
Erzeugerbranche	Anteil (%)												
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	69%												
Maschinenbau	11%												
Herstellung von Metallerzeugnissen	6%												
Metallerzeugung und -bearbeitung	6%												
Andere	8%												
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Im Mittel werden 49 % dieser Abfälle in CPB-Anlagen entsorgt, 31 % werden zu Brennstoffen aufbereitet (Aufbereitungs- und Sortieranlagen) und 20 % werden direkt in Sonderabfallverbrennungsanlagen entsorgt (Abbildung 6-40).</p> <p>Abbildung 6-40: Entsorgungswege alle Branchen – AS 080111*</p>  <table border="1"> <caption>Entsorgungswege alle Branchen – AS 080111*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPB</td> <td>49%</td> </tr> <tr> <td>Aufbereitungs- und Sortieranlagen</td> <td>31%</td> </tr> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>	Entsorgungswege	Anteil (%)	CPB	49%	Aufbereitungs- und Sortieranlagen	31%	Thermische Behandlungsanlagen	20%				
Entsorgungswege	Anteil (%)												
CPB	49%												
Aufbereitungs- und Sortieranlagen	31%												
Thermische Behandlungsanlagen	20%												

<p>Abfallsteckbrief</p> <p><i>(AVV-Gruppe 0801</i></p>	<p>AS 080113* Farb- oder Lackschlämme, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten</p> <p>Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)</p>														
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Farb- oder Lackschlämme, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten, entstehen bei der Aufbereitung von mit Farbe verschmutzten Wasch- und Spülwässer aus Reinigungsvorgängen und fallen innerhalb folgender Erzeugersparten als Abfall an (Abbildung 6-41):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ bei der Herstellung von Kunststoffwaren (28 %), ▶ bei der Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittlen (Branche „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“, 17 %), ▶ bei der Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen (12 %), ▶ bei der Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung (Branche „Herstellung von Metallerzeugnissen, 11 %) sowie ▶ bei der Herstellung von Möbeln (9 %). <p>Abbildung 6-41: Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 080113*</p>  <table border="1" data-bbox="403 884 1455 1254"> <caption>Abfallherkunft nach Erzeugersparten – AS 080113*</caption> <thead> <tr> <th>Erzeugersparten</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von chemischen Erzeugnissen</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Metallerzeugnissen</td> <td>11%</td> </tr> <tr> <td>Herstellung von Möbeln</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Andere</td> <td>23%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]</p>	Erzeugersparten	Anteil (%)	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	28%	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	17%	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	12%	Herstellung von Metallerzeugnissen	11%	Herstellung von Möbeln	9%	Andere	23%
Erzeugersparten	Anteil (%)														
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	28%														
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	17%														
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	12%														
Herstellung von Metallerzeugnissen	11%														
Herstellung von Möbeln	9%														
Andere	23%														
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Die Schlämme werden in CPB-Anlagen (45 %) oder Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle oder Sonderabfälle (44 %) entsorgt. Zu Brennstoffen werden 11 % aufbereitet (Abbildung 6-42).</p> <p>Abbildung 6-42: Entsorgungswege alle Sparten – AS 080113*</p>  <table border="1" data-bbox="403 1556 1455 1848"> <caption>Entsorgungswege alle Sparten – AS 080113*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungswege</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPB</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>Thermische Behandlungsanlagen</td> <td>44%</td> </tr> <tr> <td>Aufbereitungs- und Sortieranlagen</td> <td>11%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]</p>	Entsorgungswege	Anteil (%)	CPB	45%	Thermische Behandlungsanlagen	44%	Aufbereitungs- und Sortieranlagen	11%						
Entsorgungswege	Anteil (%)														
CPB	45%														
Thermische Behandlungsanlagen	44%														
Aufbereitungs- und Sortieranlagen	11%														

Abfallsteckbrief AS 080117* Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten

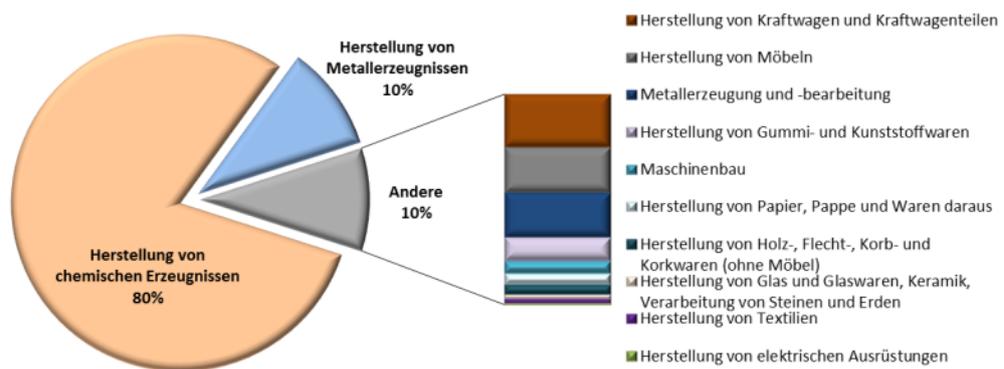
(AVV-Gruppe 0801 Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)

Abfallherkunft

Bei der Farb- oder Lackentfernung entstehen Abfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten. Die Zusammensetzung dieser Abfälle ist dabei abhängig von der Farb- und Lackzusammensetzung, dem Untergrund sowie von dem Entlackungsverfahren (thermisch, mechanisch, chemisch) bzw. des Entlackungsmittels.

Im Rahmen von Produktionstätigkeiten fallen Abfälle, die dem Abfallschlüssel 081117* zugeordnet werden, maßgeblich im Branchenbereich der Herstellung von chemischen Erzeugnissen (80 %, Abbildung 6-43), genauer in den Erzeugerparten der Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten sowie der Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kittan an. Darüber hinaus auch innerhalb der Sparte „Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung“ des Wirtschaftszweiges „Herstellung von Metallerzeugnissen“ (10 %).

Abbildung 6-43: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 080117*

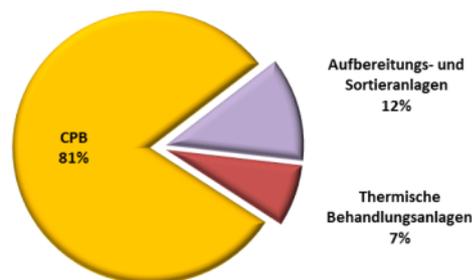


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege

81 % dieses Abfalls werden chemisch-physikalisch behandelt, 12 % werden in Aufbereitungs- und Sortieranlagen zu Brennstoffen aufbereitet, weitere 7 % in Verbrennungsanlagen entsorgt (Abbildung 6-44).

Abbildung 6-44: Entsorgungswege alle Branchen – AS 080117*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

<p>Abfallsteckbrief (AVV-Gruppe 1004</p>	<p>AS 100401* Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) <i>Abfälle aus der thermischen Bleimetallurgie)</i></p>						
<p>Abfallherkunft</p>	<p>Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie entstehen ausschließlich im Branchenbereich der Metallerzeugung und -bearbeitung. Schlacken sind nichtmetallische Rückstände aus der Schmelze, die glasig oder kristallin erstarren.</p>						
<p>Entsorgungswege</p>	<p>Diese Schlacken werden zu 88 % auf obertägigen Deponien abgelagert, davon 60 % auf DK¹ III-Deponien. 12 % der anfallenden Schlacke aus der thermischen Bleimetallurgie werden in Aufbereitungsanlagen für eine Verwertung im Straßen- und Wegebau vorbereitet (Abbildung 6-45).</p> <p>Abbildung 6-45: Entsorgungswege alle Sparten – AS 100401*</p>						
<table border="1"> <caption>Abbildung 6-45: Entsorgungswege alle Sparten – AS 100401*</caption> <thead> <tr> <th>Entsorgungsweg</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Obertägige Ablagerungen</td> <td>88%</td> </tr> <tr> <td>Aufbereitungs- und Sortieranlagen</td> <td>12%</td> </tr> </tbody> </table>		Entsorgungsweg	Anteil	Obertägige Ablagerungen	88%	Aufbereitungs- und Sortieranlagen	12%
Entsorgungsweg	Anteil						
Obertägige Ablagerungen	88%						
Aufbereitungs- und Sortieranlagen	12%						
<p>Eigene Darstellung nach AIDA 2010-2013 ¹ Deponieklasse</p>							

Abfallsteckbrief AS 110105* saure Beizlösungen

(AVV-Gruppe 1101 Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten)

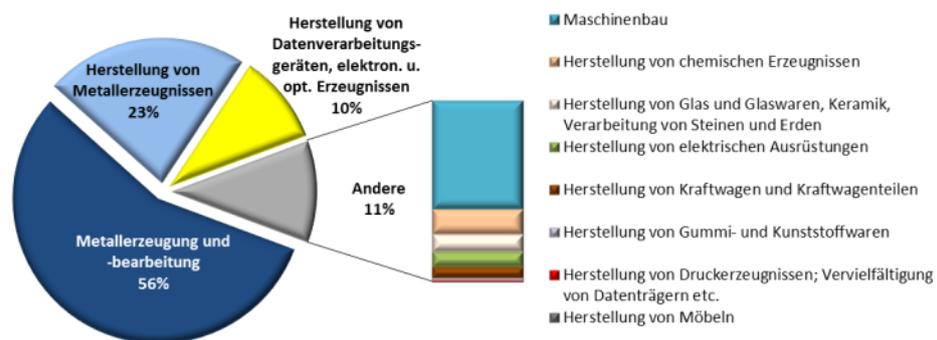
Abfallherkunft

Bei der Oberflächenbearbeitung von Metallen werden zu beschichtende Werkstücke zunächst von unerwünschten Ablagerungen u. a. mit Hilfe einer Beizlösung gereinigt (entzundert, entrostet). Saure Beizlösungen kommen insbesondere für die Behandlung von Stahl, Aluminium und Zink zum Einsatz.

Verbrauchte saure Beizlösungen fallen maßgeblich im Branchenbereich der Metallherzeugung und -bearbeitung (56 %, Abbildung 6-46) sowie im Wirtschaftszweig „Herstellung von Metallenerzeugnissen“ (23 %), hier insbesondere in den Sparten

- ▶ der Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen,
- ▶ der Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung,
- ▶ der Herstellung von kaltgezogenem Draht, Präzisionsstahlrohren,
- ▶ der Erzeugung und ersten Bearbeitung von Aluminium, Kupfer und sonstigen NE-Metallen sowie
- ▶ der Herstellung von Schössern und Beschlägen aus unedlen Metallen, von Press-, Zieh- und Stanzteilen und von Schrauben und Nieten.

Abbildung 6-46: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 110105*

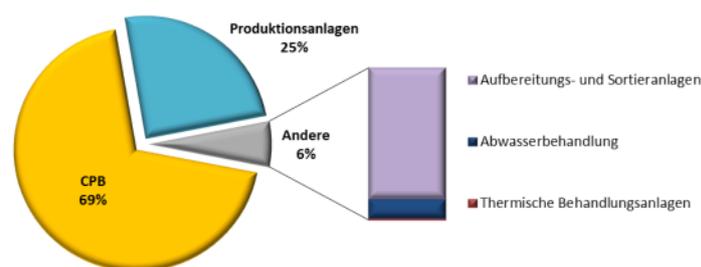


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege

Die verbrauchten sauren Beizlösungen enthalten die Beizchemikalien (Säuren, Inhibitoren) und Salze der Metalle der gebeizten Werkstücke. Saure Beizlösungen werden vorrangig chemisch-physikalisch behandelt (69 %). Ein Viertel kann in Produktionsanlagen (Chemieanlagen, Metallproduktion) eingesetzt werden. Den übrigen Entsorgungswegen werden insgesamt 6 % zugeführt (Abbildung 6-47).

Abbildung 6-47: Entsorgungswege alle Branchen – AS 110105*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Abfallsteckbrief AS 110107* alkalische Beizlösungen

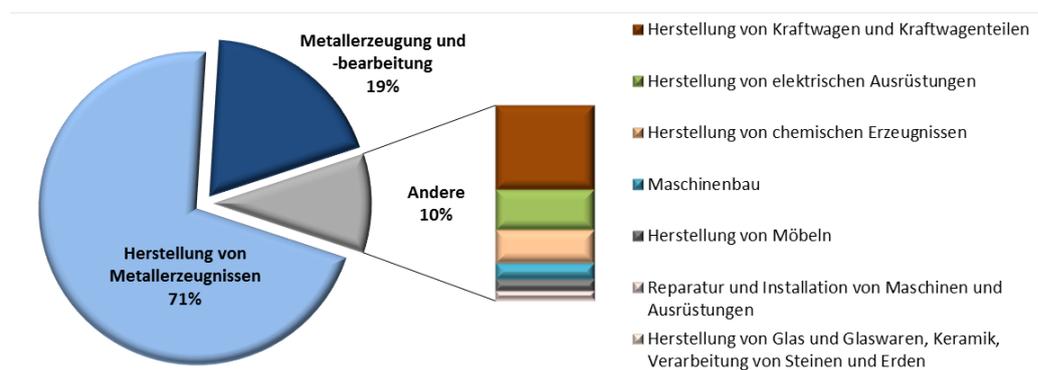
(AVV-Gruppe 1101 Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten)

Abfallherkunft

Im Zuge der Oberflächenbearbeitung von Aluminium und Zink wird vorrangig eine alkalische Beizlösung für die Reinigung (Entzundern, Entrosten) der Werkstücke eingesetzt. Verbrauchte alkalische Beizlösungen fallen maßgeblich in den Erzeugerbranchen „Herstellung von Metallerzeugnissen“ (71 %, Abbildung 6-48) sowie in der „Metallerzeugung und -bearbeitung“ (19 %) an. Hierbei sind insbesondere die abfallerzeugenden Sparten

- ▶ der Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung,
 - ▶ der Erzeugung und ersten Bearbeitung von Aluminium,
 - ▶ der Herstellung von Ausbauelementen aus Metall, von Gesenkschmiedeteilen, von Schrauben und Nieten, von Schlössern und Beschlägen aus unedlen Metallen und von Press-, Zieh- und Stanzteilen sowie
 - ▶ der Herstellung von Stahlrohren/ Präzisionsstahlrohren
- relevant.

Abbildung 6-48: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 110107*

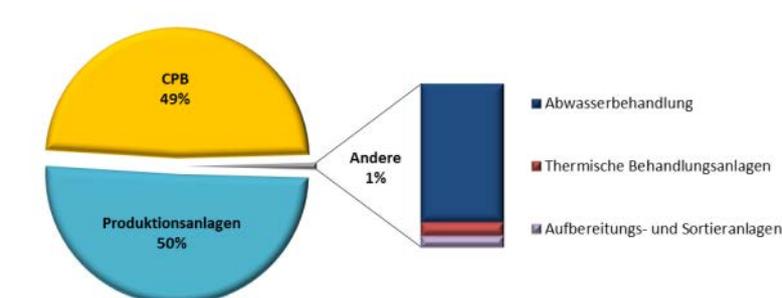


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege

Die verbrauchten alkalischen Beizlösungen werden zu 50 % in Produktionsanlagen (Chemieanlagen) eingesetzt oder chemisch-physikalisch (49 %, Abbildung 6-49) behandelt. Der Einsatz in Abwasserbehandlungsanlagen, die Verbrennung oder eine Aufbereitung der Beizlösungen bilden die Ausnahme (zusammen 1 %).

Abbildung 6-49: Entsorgungswege alle Branchen – AS 110107*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Abfallsteckbrief <i>(AVV-Gruppe 1102</i>	AS 110202* Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) <i>Abfälle aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie)</i>
Abfallherkunft	Diese Schlämme fallen im Zuge von hydrometallurgischen Prozessen ausschließlich im Wirtschaftszweig der Metallerzeugung und -bearbeitung innerhalb der Sparte „Erzeugung und erste Bearbeitung von Zink“ als Abfall an.
Entsorgungswege	Die Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie werden ausschließlich auf DK III-Deponien beseitigt.

Abfallsteckbrief	AS 120107* halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)
<i>(AVV-Gruppe 1201</i>	<i>Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen)</i>

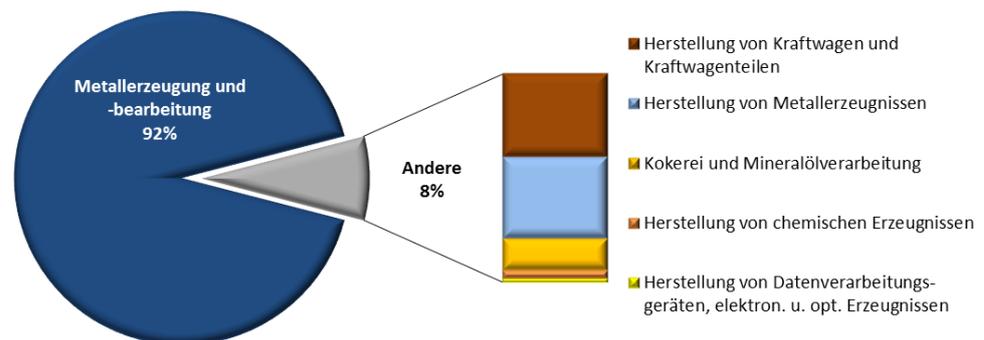
Abfallherkunft

Bei Prozessen der mechanischen Formgebung sowie bei der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen werden Kühlschmierstoffe (KSS) zur Ableitung der Wärme und Senkung der Reibung am Werkstoff eingesetzt. Bei den KSS handelt es sich um Vielkomponentengemische aus Mineralölen und eigenschaftsverbessernden Additiven (Korrosionsschutz, Senkung des Verschleißes). Nichtwassermischbare KSS werden als Bearbeitungsöle bezeichnet.

Halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis fallen zu 92 % in der Erzeugerbranche „Metallerzeugung und -bearbeitung“ an (Abbildung 6-50), insbesondere innerhalb der Sparten

- ▶ der Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen,
- ▶ der Erzeugung und der ersten Bearbeitung von Aluminium sowie
- ▶ der Herstellung von Präzisionsstahlrohren.

Abbildung 6-50: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 120107*

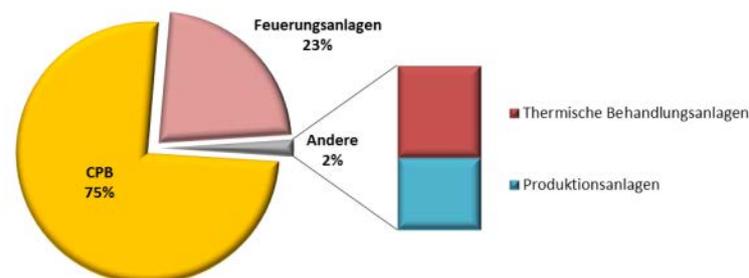


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege

Drei Viertel der halogenfreien Bearbeitungsöle werden in CPB-Anlagen entsorgt, 23 % werden in Feuerungsanlagen (Kraftwerk) energetisch verwertet. Andere Verfahren (thermische Behandlung, Einsatz in Produktionsanlagen) spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle (2 %, Abbildung 6-51).

Abbildung 6-51: Entsorgungswege alle Branchen – AS 120107*



Eigene Darstellung nach AIDA 2010-2013

Abfallsteckbrief AS 120109* halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen

(AVV-Gruppe 1201 Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen)

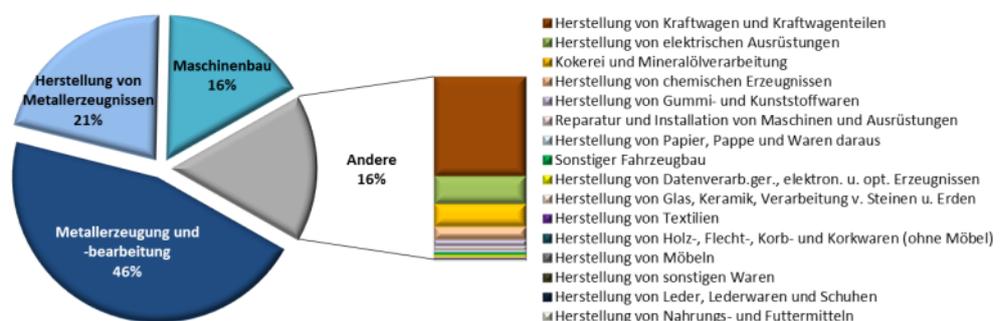
Abfallherkunft

Kommen bei Prozessen der mechanischen Formgebung sowie bei der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen wassermischbare KSS zum Einsatz, werden diese als Bearbeitungsemulsionen und -lösungen bezeichnet. Ebenso wie die Bearbeitungsöle (vgl. Abfallsteckbrief AS 120107*) haben Bearbeitungsemulsionen und -lösungen die Aufgabe Wärme und Reibung am zu bearbeitenden Werkstoff zu reduzieren.

Halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen fallen bei einer Vielzahl von Produktionstätigkeiten in diversen Erzeugerbranchen an (Abbildung 6-52). Als mengenrelevant hervorzuheben sind die Branchen „Metallerzeugung und -bearbeitung“ (46 %), „Herstellung von Metallerzeugnissen“ (21 %) sowie „Maschinenbau“ (16 %). Darunter beispielsweise die abfallerzeugenden Sparten

- ▶ der Herstellung von Stahlrohren (ohne Präzisionsstahlrohre),
- ▶ der Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen,
- ▶ der Herstellung von Press-, Zieh- und Stanzteilen, von Schrauben und Nieten und
- ▶ der Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen.

Abbildung 6-52: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 120109*

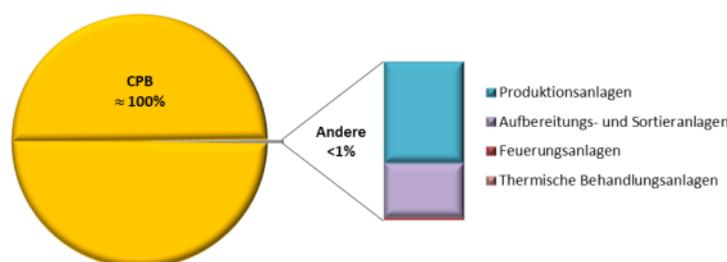


Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege

Halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen werden fast ausschließlich in CPB-Anlagen entsorgt (Abbildung 6-53). Der Anteil weiterer Entsorgungswege, hierzu zählen die Produktionsanlagen, Aufbereitungs- und Sortieranlagen, Feuerungsanlagen und Abfallverbrennungsanlagen, liegt zusammen unter 1 %.

Abbildung 6-53: Entsorgungswege alle Branchen – AS 120109*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Abfallsteckbrief	AS 140603* andere Lösemittel und Lösemittelgemische
(AVV-Gruppe 1406	Abfälle aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- u. Aerosoltreibgasen)

Abfallherkunft Halogenfreie, organische Lösemittel und Lösemittelgemische, die nicht unter AVV-Kapitel 07 und AVV-Kapitel 08 fallen, werden unter dem – stoffbezogenen – Abfallschlüssel 140603* zusammengefasst.

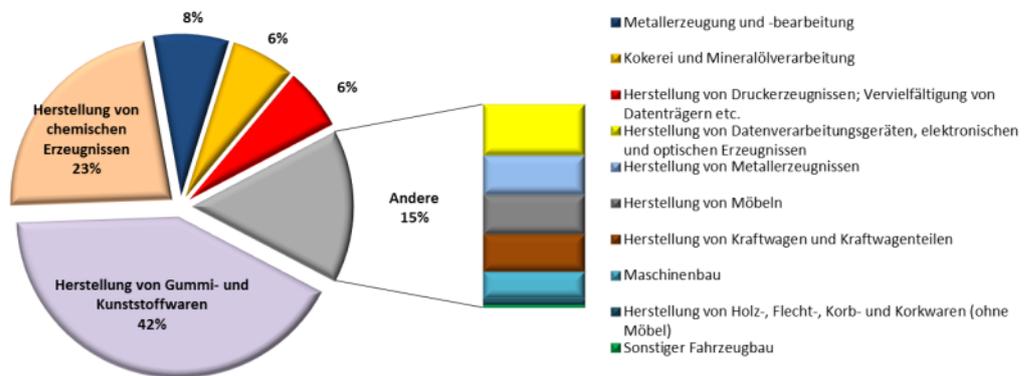
Diese Abfälle fallen bei sehr unterschiedlichen Produktionstätigkeiten an (Abbildung 6-54). Als mengenrelevant hervorzuheben ist die Erzeugerbranche „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ (42 %), hierunter fallen z. B. die Erzeugersparten

- ▶ Herstellung von Platten, Folien, Schläuchen und Profilen aus Kunststoffen,
- ▶ Herstellung von Verpackungsmitteln aus Kunststoffen und
- ▶ Herstellung von sonstigen Gummiwaren und sonstigen Kunststoffwaren.

Ferner stammen 23 % aus der Branche „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“, hierunter beispielweise aus den Branchensparten

- ▶ der Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitten,
- ▶ der Herstellung von Kunststoffen in Primärformen und
- ▶ der Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen a. n. g.

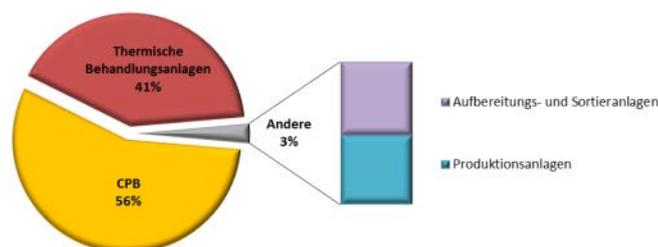
Abbildung 6-54: Abfallherkunft nach Erzeugerbranchen – AS 140603*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2012]

Entsorgungswege Die dem Abfallschlüssel 140603* zuzuordnenden halogenfreien, organischen Lösemittel und Lösemittelgemische werden überwiegend chemisch-physikalisch behandelt (56 %), weitere 41 % werden direkt in Sonderabfallverbrennungsanlagen entsorgt. Den übrigen Entsorgungswegen werden zusammen 3 % zugeführt (Abbildung 6-55).

Abbildung 6-55: Entsorgungswege alle Branchen – AS 140603*



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.3 Gefahrenrelevante Inhaltsstoffe

Die Entscheidung darüber, ob ein Abfall als gefährlich gilt oder nicht, regelt grundsätzlich die Abfallverzeichnis-Verordnung in der novellierten Fassung vom 11. März 2016 (BGBl. I S. 382). Die AVV enthält das Gesamtverzeichnis der Abfallarten. Die Zuordnung eines Abfalls zu einer der sechsstelligen Abfallschlüsselnummern erfolgt dabei überwiegend herkunftsbezogen.

Unter Umsetzung des Beschlusses 2014/955/EU zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/98/EG (Abfallrahmen-Richtlinie, AbfRRL) stuft die Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) 408 Abfallarten als gefährlich ein und kennzeichnet diese mit einem Sternchen: *. Bei etwa der Hälfte der gefährlichen Abfallarten handelt es sich um sogenannte Spiegeleinträge. Diese Abfallarten können, ausgehend von den Inhaltsstoffen und deren Konzentrationen, als gefährlich oder als nicht gefährlich eingestuft werden. Die für dieses Forschungsvorhaben ausgewählten Abfallarten umfassen insgesamt 3 Spiegeleinträge (080111*, 080113*, 080117*). Alle anderen Abfallarten gelten als eindeutig gefährlich.

Im Allgemeinen gilt eine Abfallart dann als gefährlich, sobald sie laut § 3 Abs. 2 Satz 1 AVV mindestens eine der in Anhang III der AbfRRL aufgeführten gefahrenrelevanten Eigenschaften aufweist. Für die Beurteilung, ob eine oder mehrere dieser Eigenschaften zutreffen, wird unter Nr. 1.1 der Anlage der AVV nun ausdrücklich auf die Bewertung von Stoffen und Gemischen nach der Methodik der europäischen CLP-Verordnung („Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rats über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006“) Bezug genommen. In diesem Zusammenhang sind die bislang als H-Kriterien bekannten gefahrenrelevanten Eigenschaften für die Einstufung von Abfällen in HP-Kriterien („Hazardous Properties“) umbenannt worden. Die Änderungen zeigt Tabelle 6-2. Zur Bewertung und Einstufung der gefahrenrelevanten Eigenschaften von Abfällen wird unter Nr. 2.2.1 der Anlage der AVV auf die im Anhang III der AbfRRL enthaltenen Berücksichtigungsgrenzwerte und Grenzkonzentrationen sowie Gefahrenklassen, -kategorien und Gefahrenhinweise¹¹ hingewiesen. Eine exemplarische Bewertung und Einstufung für HP 4 ist Kapitel 8 im Anhangband zu entnehmen.

¹¹ ... jeweils der chemikalienrechtlichen Einstufung nach CLP-Verordnung entsprechend. - Mit Inkrafttreten der CLP-Verordnung umfassen die oben erwähnten Gefahrenhinweise die sogenannten H-Sätze, davor als R-Sätze bezeichnet.

Tabelle 6-2 Änderung der gefahrenrelevanten Eigenschaften gemäß Anhang III der AbfRRL

H-Kriterien und Bezeichnung (alt)	HP-Kriterien und Bezeichnung (neu)
H 1: explosiv	HP 1: explosiv
H 2: brandfördernd	HP 2: brandfördernd
H 3: entzündbar	HP 3: entzündbar
H 4: reizend	HP 4: reizend – Hautreizungen und Augenschädigungen
H 5: gesundheitsschädlich	HP 5: spezifische Zielorgan-Toxizität (STOT)/Aspirationsgefahr
H 6: giftig	HP 6: akute Toxizität
H 7: krebserzeugend	HP 7: karzinogen
H 8: ätzend	HP 8: ätzend
H 9: infektiös	HP 9: infektiös
H 10: fortpflanzungsschädigend	HP 10: reproduktionstoxisch
H 11: mutagen	HP 11: mutagen
H 12: giftiges Gas abscheidend	HP 12: Freisetzung eines akut toxischen Gases
H 13: sensibilisierend	HP 13: sensibilisierend
H 14: ökotoxisch	HP 14: ökotoxisch
H 15: auslaugend	HP 15: Abfall, der eine der o.g. gefahrenrelevanten Eigenschaften entwickeln kann, die der ursprüngliche Abfall nicht unmittelbar aufweist.

Für eine nachfolgende nähere Betrachtung der charakteristischen Zusammensetzung und der in den ausgewählten Abfallarten enthaltenen Schadstoffe wurden verschiedene Literaturquellen¹² und die Daten der Abfallanalysebank (ABANDA) in Verbindung mit dem Modul HAZARD-Check des LANUV NRW herangezogen. Mit dem Modul können die Abfallanalysewerte mit unterschiedlichen Grenzwertlisten, u. a. auf Basis des Anhangs III AbfRRL, abgeglichen werden.

Für die Einstufung der Gefährlichkeit von Abfällen sind folgende Abfallkomponenten von Bedeutung:

- ▶ Metalle und Metallverbindungen,
- ▶ Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW),
- ▶ Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW),
- ▶ Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK),
- ▶ Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol (BTEX),
- ▶ Dioxine und Furane (PCDD/PCDF –persistente organische Schadstoffe (POP)),
- ▶ Polychlorierte Biphenyle (PCB – POP),
- ▶ Andere POP sowie
- ▶ Cyanide und
- ▶ Amine.

Die Darstellung der Inhaltsstoffe der gefährlichen Abfälle erfolgt zunächst in qualitativer Form und soweit möglich, mit quantitativen Angaben.

¹² u. a. wurde der KAS-25-Leitfaden „Einstufungen von Abfällen gemäß Anhang I der Störfallverordnung“ herangezogen (KAS 2012). Dieser Leitfaden wird zurzeit durch den Arbeitskreis „Überarbeitung des Leitfadens KAS-25“ der Kommission für Anlagensicherheit überarbeitet.

6.3.1 Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen – Abfälle aus HZVA von Säuren bzw. Basen (AS 060101*, AS 060205*)

Säuren und Laugen werden chemikalienrechtlich als ätzend eingestuft. Die ätzende Wirkung führt dazu, dass auch Abfallsäuren und Abfalllaugen und demzufolge die Abfallarten 060101* und 060205* grundsätzlich nach HP 8 (ätzend) als gefährlich einzustufen sind. Darüber hinaus sind diese Abfälle prozessbedingt mit organischen oder anorganischen Verunreinigungen (Öle, Fette oder Metallverbindungen) belastet, denen ebenfalls gefahrenrelevante Eigenschaften zugeordnet werden können [KAS 2012¹³]. Jedoch sind diese Verunreinigungen wie auch die Säure- bzw. Basenkonzentration für die Gefährlichkeitseinstufung des Abfalls in diesem Fall nicht relevant [IPA NRW].

6.3.2 Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen (AVV-Gruppen 0701 bis 0707)

Halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen aus der Herstellung, Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung

- ▶ organischer Grundchemikalien (AS 070103*),
- ▶ organischer Pflanzenschutzmittel, Holzschutzmittel und anderer Biozide (AS 070403*),
- ▶ von Pharmazeutika (AS 070503*) sowie
- ▶ von Feinchemikalien und sonstigen Chemikalien (AS 070703*)

enthalten halogenierte Lösemittel sowie prozessbedingt auch andere halogenierte sowie nicht halogenierte Verbindungen [KAS 2012]. In den Abfällen lassen sich beispielsweise Chlorbenzol, Dichlormethan, Toluol, Xylol sowie aliphatische Alkohole (u. a. Ethanol, Methanol) und Ketone in relevanten Konzentrationen nachweisen [ABANDA 2015]. Die gefahrenrelevanten Eigenschaften der Inhaltsstoffe reichen von akut toxisch (nach HP 6), karzinogen (nach HP 7), entzündbar (nach HP 3, Flammpunkt kleiner als/gleich 60°C) bis ökotoxisch (nach HP 14).

Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen aus der Herstellung, Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung

- ▶ organischer Grundchemikalien (AS 070104*),
- ▶ von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern (AS 070204*),
- ▶ von organischen Farbstoffen und Pigmenten (AS 070304*),
- ▶ organischer Pflanzenschutzmittel, Holzschutzmittel und anderer Biozide (AS 070404*),
- ▶ von Pharmazeutika (AS 070504*) sowie
- ▶ von Feinchemikalien und sonstigen Chemikalien (AS 070704*)

enthalten die typischen Lösemittelbestandteile, wie Alkohole, Carbonsäuren, Ketone, Ester sowie aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe. Darüber hinaus können die Abfälle Spuren der Syntheseausgangsstoffe, -zwischenprodukte und der -produkte selbst (z. B. pharmazeutische Wirkstoffe, Fungizide, Pestizide usw.) aufweisen [KAS 2012]. Abfallanalysen zeigen, dass es sich bei den relevanten Gefahrenmerkmalen hervorrufenden Inhaltsstoffen beispielsweise um Aceton, Methanol, Toluol, Xylol, Benzol, Styrol oder Acrylnitril handelt [ABANDA 2015]. Aufgrund der eingesetzten Lösemittel haben die Abfälle einen Flammpunkt von weniger als 60 °C, teilweise sogar unter 0 °C und sind somit als entzündbar nach HP3 einzustufen. Die in relevanten Konzentrationen vorkommenden Inhaltsstoffe sind außerdem teilweise akut toxisch (nach HP 6), karzinogen (nach HP 7), reizend (nach HP 4) sowie ökotoxisch (nach HP 14).

¹³ In der Referenz KAS 2012 wird auf H-Kriterien abgestellt, die überwiegend den HP-Kriterien (vgl. Tabelle 6-2) entsprechen

KAS = Kommission für Anlagensicherheit beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände aus der Herstellung, Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung von

- ▶ organischen Grundchemikalien (AS 070107*),

enthalten neben halogenierten Lösemitteln und weiteren halogenierten Verbindungen auch nicht halogenierte Lösemittel sowie Anteile der Edukte, Produkte oder Zwischenprodukte aus den ursprünglichen Syntheseprozessen [KAS 2012].

Analysen der halogenierten Reaktions- und Destillationsrückstände des AS 070107* zeigen, dass die relevanten Gefahrenmerkmale zum Beispiel durch die in dieser Abfallart enthaltenen, zweifach-, dreifach- oder vierfach-chlorierten Ethane und Ethene verursacht werden [ABANDA 2015].

Neben den überwiegend akut toxischen Eigenschaften (Einstufung HP 6) der genannten chlororganischen Verbindungen werden darüber hinaus Di-, Tri- und Tetrachlorethan als auch Trichlormethan als karzinogen (nach HP 7) eingestuft. Bei entsprechend hohen Anteilen von 1,2-Dichlorethan und 1,2-Dichlorethen in den Rückständen sind die Abfälle aufgrund der sich einstellenden Mischungsflammpunkte von kleiner 60 °C als entzündbar nach HP 3 einzustufen [ABANDA 2015].

Andere Reaktions- und Destillationsrückstände aus der Herstellung, Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung

- ▶ organischer Grundchemikalien (AS 070108*),
- ▶ von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern (AS 070208*),
- ▶ von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln (AS 070608*) sowie
- ▶ von Feinchemikalien und sonstigen Chemikalien (AS 070708*)

enthalten neben den für die Synthese eingesetzten organischen Lösemitteln Anteile der Synthesearbeitsstoffe und -(zwischen)produkte gegebenenfalls auch halogenierte Verbindungen als Verunreinigungen. Die Abfallbeschreibungen der Kommission für Anlagensicherheit weisen aus, dass diese Abfälle aufgrund der enthaltenen Lösemittelrückstände überwiegend einen Flammpunkt von kleiner als 60 °C haben. Somit sind diese Abfälle als entzündbar nach HP 3 einzustufen. Es lässt sich insbesondere ein hoher Gehalt von Toluol, Benzol und Xylol nachweisen [ABANDA 2015]. Neben den akut toxischen Eigenschaften dieser Verbindungen wird Benzol zusätzlich als karzinogen (nach HP 7) und mutagen (nach HP 11) eingestuft. Darüber hinaus werden beispielsweise für die Synthese für Polyurethan (Herstellung von Kunststoffen und Gummi) akut toxische Isocyanate und für die Synthese von u. a. Schmierstoffen, Seifen giftige Phenole eingesetzt, die auch im Reaktions- bzw. Destillationsrückständen wiederzufinden sind [KAS 2012].

6.3.3 Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken (AS 080111*, AS 080113*, AS 080117*)

Farben und Lacken werden teilweise organische Lösemittel zugesetzt, die für die Streich- oder Sprühfähigkeit des Anstrichmittels sorgen und meist ein Gemisch aus aliphatischen Kohlenwasserstoffen (z. B. Hexan) und aromatischen Kohlenwasserstoffen (z. B. Benzol, Toluol, Xylol) sowie Aldehyden, Ketonen, Estern und Alkoholen bilden. In der Regel sind sie frei von Halogenen. Der Einsatz halogenhaltiger Lösemittel erfolgt nur vereinzelt und ausschließlich für Spezialfarben/-lacke [IPA NRW]. Organische Lösemittel gehören zu den flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds - VOC). Nach dem Auftragen des Anstrichmittels auf eine Oberfläche verdunstet das Lösemittel beim Trocknungsprozess.

Weitere Inhaltsstoffe von Farben und Lacken sind

- ▶ Bindemittel (Epoxidharz, Polyurethan, Acrylsäureester),
- ▶ organische Farbpigmente (z. B. Azopigmente, Dioxazine, Pigmentruß),
- ▶ anorganische Farbpigmente (z. B. Zink-, Blei-, Chrom-, Eisenoxid, Zink-, Bleichromat),
- ▶ Füllstoffe (z. B. Calciumoxid, Gesteinsmehl, Titandioxid) sowie
- ▶ Additive (u. a. Weichmacher, Dispergiermittel, UV-Schutzmittel, Haftvermittler, Fungizide/Bakterizide) [Denz 2009, IPA NRW].

Flüssige Fehlchargen oder Rückstellproben aus der Farb-/Lackproduktion sowie überlagerte Farben und Lacke, die als Abfall anfallen, sind, sofern diese nicht ausgehärtet sind und organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten, dem Abfallschlüssel AS 080111* zuzuordnen. Je nachdem ob es sich hierbei um Nasslacke auf Basis organischer Lösemittel oder auf Wasserbasis handelt, beträgt der Anteil der organischen Lösemittel weniger als 20 % bis zu 85 % und auf Pigmente und Füllstoffe entfallen zusammen 15 bis 35 % [IPA NRW].

Bei der Herstellung und Verarbeitung von Farben und Lacken im industriellen/gewerblichen Bereich fallen u. a. mit Farben und Lacken verschmutztes Wasch- und Spülwasser aus der Reinigung von Anlagenteilen und Behältern sowie Spritzkabinenwasser aus der Aufnahme des sogenannten Lackoversprays¹⁴ bei der Spritzlackierung an. Im Zusammenhang mit der Aufbereitung (Koagulation oder Destillation) dieser verschmutzten wässrigen Suspensionen bleiben Farb- und Lackschlämme zurück, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (AS 080113*) [IPA NRW, LAU LSA 2013].

Darüber hinaus werden je nach Aufbereitungsverfahren Adsorptionsmittel zugegeben, zum Beispiel sogenannte Koaguliermittel (Metallsalze, Polyelektrolyte), die die Farbpartikel von der wässrigen Phase trennen. Hinsichtlich der enthaltenen chemischen Bestandteile sind die Schlämme den eingesetzten Farben und Lacken ähnlich. Unterschiede zeigen sich in der mengenmäßigen Verteilung dieser Komponenten, so liegt der Anteil der organischen Lösemittel bei unter 20 % und der Metallgehalt variiert in Abhängigkeit der in der Farbe/im Lack enthaltenen anorganischen Pigmente und dem eingesetzten Koaguliermittel [IPA NRW].

Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (AS 080117*) sind in ihrer Zusammensetzung maßgeblich vom Entlackungsverfahren bzw. dem eingesetzten Entlackungsmittel abhängig. Grundsätzlich werden die chemische, die mechanische und die thermische Entlackung voneinander unterschieden.

Bei den chemischen Verfahren werden die Werkstücke in beheizte Säuren- oder Laugenbäder oder in ein mit organischen, wasserfreien Lösemitteln gefülltes Bad getaucht. Die Farbe löst sich ab und bleibt als Schlamm zurück. Der Schlamm enthält neben den Lackrückständen bzw. anorganischen Pigmenten prozessbedingt organische Lösemittel oder Säure- bzw. Laugenrückstände. Bei den mechanischen Verfahren werden die Werkstücke mit Hilfe von Strahl- oder Schleifmitteln oder Wasserhochdruck vom Lack befreit. Zu den Strahlmitteln zählen u. a. Stahlkorn, Glasperlen oder Kunststoffgranulate, die bis zu einer bestimmten Korngröße im Kreislauf gefahren werden. Das im Kreislauf geführte Strahlmittel wird regelmäßig aufbereitet/gereinigt. Dabei werden zu feines Strahlgut, Lackstückchen und Metallabrieb ausgetragen [VOA 2013].

Für temperaturunempfindliche Materialien können zudem thermische Verfahren zum Einsatz kommen. Dabei handelt es sich entweder um die Zersetzung der Farb-/Lackschicht durch Erhitzen (z. B. Schwelkammerpyrolyse, Wirbelbettentlackung) oder die Versprödung bei sehr niedrigen Temperaturen (z. B. mit flüssigem Stickstoff, Strahlen mit Trockeneis) mit abschließender mechanischer Ablö-

¹⁴ Lackoverspray bezeichnet in der Lackiertechnik den in der Raumluft befindlichen Lacknebel, der durch das Vorbeispritzen am Werkstück bzw. durch Ablenken des Spritzstrahls entsteht.

sung vom Untergrund [Brock et al. 2000]. Die Rückstände aus der pyrolytischen Entlackung können farbpigmenthaltige, inerte Stäube sowie Spuren von PAK und von Dioxinen und Furanen enthalten [IPA NRW].

Für die Einstufung der Gefährlichkeit insbesondere der Abfallarten AS 080111* und 080117* sind die im Lösemittel enthaltenen aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffe maßgebend. Organische Lösemittel werden nach HP 3 als entzündbar, nach HP 5 gesundheitsschädlich und nach HP 14 als ökotoxisch eingestuft. Aber auch von den anorganischen, metallhaltigen Farbpigmenten gehen Gefahren aus. So gelten insbesondere Chromate als akut toxisch (nach HP 6) und ökotoxisch (nach HP 14). Laugen und Säuren, die für die chemische Entlackung eingesetzt werden, werden nach HP 8 als ätzend eingestuft. Bei der Entfernung älterer Farben und Lacke können zudem Halogene in den Rückständen enthalten sein [KAS 2012, IPA NRW].

6.3.4 Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie (AS 100401*)

In der Metallurgie bezeichnet der Begriff Schlacke einen nichtmetallischen, glasig oder kristallin erstarrten Schmelzrückstand. Blei wird aus sulfidischen Bleierzen (Primärbleierzeugung) oder aus Sekundärblei aus Recyclingmaterial (u. a. Bleibatterien, Akkumulatoren) erzeugt. Bei dem Prozess der thermischen Bleimetallurgie entstehen Schlacken, die in der Metallschmelze nicht gelöste oder dabei gebildete Metalloxide sowie elementares Metall, das beim Schlackeaustrag mitgerissen wurde, enthalten. Zu den wesentlichen Komponenten zählen die Metalle Blei, Kupfer, Zink, Zinn, Arsen, Antimon und Bismut sowie deren oxidische Verbindungen. Grundsätzlich ist die Zusammensetzung der Schlacke jedoch abhängig vom metallurgischen Verfahren und den eingesetzten Rohstoffen [KAS 2012].

Die statistische Auswertung von Abfallanalysenwerten zeigt, dass die Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie hohe Gehalte an Blei und Zink aufweisen und die Grenzwerte in Bezug auf die Gefährlichkeitsbeurteilung überschreiten. Insofern sind Bleischlacken als ökotoxisch (nach HP 14) einzustufen [KAS 2012, ABANDA 2015, HAZARD-Check 2015].

6.3.5 Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (AS 110105*, AS 110107*)

Werkstücke aus Aluminium, Stahl, Edelstahl, Kupfer oder unterschiedlichen Metalllegierungen werden vor der eigentlichen galvanotechnischen Beschichtung u. a. mit Hilfe einer Beizlösung gereinigt (entzundert, entrostet) und von unerwünschten Ablagerungen (Oxidschichten, Metallverbindungen) an der Werkstoffoberfläche befreit. Saure Beizlösungen kommen u. a. für die Behandlung von Stahl, Aluminium und Zink zum Einsatz und bestehen aus Mineralsäuren (Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Fluss-, Chrom-, Phosphorsäure oder Gemische daraus) und Beizinhibitoren, die das Auflösen der zu beizenden Metalle verhindern. Alkalische Beizlösungen, bestehend aus Natronlauge, werden ausschließlich für Werkstücke aus Aluminium und Zink eingesetzt. Die Zugabe von Tensiden zu den Beizbädern hat zusätzlich eine entfettende Wirkung [IPA NRW].

Verbrauchte saure Beizlösungen (AS 110105*) enthalten noch reaktiv wirksame Restsäuren. Je nach Säuregemisch und behandelten Werkstoff liegt der Säuregehalt im Bereich zwischen 10 – 30 % [IPA NRW]. Darüber hinaus enthält die Beizlösung die entsprechend der behandelten Werkstücke gebildeten Metallsalze der eingesetzten Säuren, u. a. Chloride, Sulfate, Nitrate oder Chromate der Metalle Eisen, Nickel, Zink, Chrom, Kupfer oder Cadmium [KAS 2012]. Bei verbrauchten alkalischen Beizlösungen (AS 110107*) beträgt der Laugengehalt in der Regel bis zu 25 % [IPA NRW].

Zu den gefahrenrelevanten Komponenten der Beizlösungen zählen die Säuren und Laugen sowie die Salze der Nichteisenmetalle (u. a. Kupfer, Chrom, Nickel, Zink, Vanadium). Hinsichtlich des Säure- bzw. Laugengehaltes sind verbrauchte Beizlösungen grundsätzlich als ätzend nach HP 8 einzustufen. Beim Einsatz von Fluss- oder Chromsäure ist die Beizlösung als akut toxisch nach HP 6 zu beurteilen, Chromsäure in hohen Anteilen gilt zudem als brandfördernd nach HP 2 [KAS 2012].

Die in den Beizlösungen enthaltenen Nichteisenmetallsalze sind mit HP 14 und HP 5 eingestuft, Nickelsalze (insbesondere Nickelchlorid) sind darüber hinaus als toxisch (HP 6) und karzinogen (HP 7) gekennzeichnet [Böckler et al. 2011]. Bezogen auf den Metallgehalt liegt die Gesamtmetallkonzentration bei ca. 10 % [IPA NRW].

Mineralölkohlenwasserstoffe aus der Verschleppung aus vorhergehenden Entfettungsbädern oder organische Beizzusätze stellen aufgrund der geringen Konzentrationen kein Gefahrenpotenzial dar [IPA NRW].

6.3.6 Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) (AS 110202*)

Bei dem hydrometallurgischen Verfahren zur Zinkgewinnung wird aus dem Mineral Zinksulfid durch das sogenannte Rösten zunächst Zinkoxid erzeugt, das im nächsten Schritt in verdünnter Schwefelsäure gelöst wird (Laugung). Dieser Schritt dient insbesondere der Ausfällung des in der abschließenden Zinkelektrolyse störenden Eisens. Je nach Verfahren (Jarosit-Verfahren, Goethit-Verfahren, Hämatit-Verfahren) werden dabei unterschiedliche Eisenverbindungen (Jarosit, Goethit, Hämatit) ausgefällt. Darüber hinaus bleiben auch Begleitmetalle wie Blei und Silber im ungelösten Rückstand zurück. In der anschließenden Laugenreinigung werden bei der Laugung ebenfalls in Lösung überführte Begleitelemente wie Kupfer, Kobalt, Nickel und Cadmium durch die Zugabe von Zinkstaub nacheinander abgeschieden.

Die bei der Laugung und Laugenreinigung anfallenden Schlämme enthalten die oben genannten Begleitmetalle in metallischer Form oder als Sulfat sowie Zink und Eisenverbindungen. Insbesondere die Jarositschlämme enthalten neben Eisen und Zink einen sehr hohen Schwefelgehalt, Goethitschlämme sind in der Regel halogenhaltig [BW 2003, KAS 2012]. Während die bei der Laugung des Zinkoxids und der anschließenden Laugenreinigung anfallenden Rückstände in Abhängigkeit des Gehaltes der enthaltenen Begleitmetalle i. d. R. metallurgisch aufgearbeitet werden können, bleibt insbesondere für die chemisch stabilen Eisenhydroxidrückstände aus dem Jarosit- und Goethit-Verfahren nur die Beseitigung auf einer DK III Deponie [BW 2003].

Die Auswertung der ABANDA-Daten für diese Abfallart zeigt, dass die Gehalte insbesondere an Zink, Kupfer und Nickel die gefahrenrelevanten Konzentrationsgrenzen überschreiten und als ökotoxisch (nach HP 14) aufgrund der Zink- und Kupfergehalte und als karzinogen (nach HP 7) aufgrund der enthaltenen Nickelmengen einzustufen sind [HAZARD-Check 2015, KAS 2012].

6.3.7 Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen (AS 120107*, AS 120109*)

Kühlschmiermittel (KSS) kommen bei der mechanischen Formgebung und Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen zur Senkung der Reibung am Werkstoff, Ableitung der Prozesswärme und Entfernung von Spänen und Abrieb zum Einsatz. Es werden Bearbeitungsöle (nichtwassermischbare KSS) sowie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen (beide wassergemischte KSS) unterschieden.

KSS sind Vielkomponentengemische mit bis zu 30 Einzelkomponenten. Neben dem Grundöl (Mineralöl, synthetisches Öl oder pflanzliches Öl) werden eine Vielzahl eigenschaftsverbessernder Additive zugesetzt. Am Markt existieren etwa 300 verschiedene Additive, dazu zählen u. a. Alterungsschutzstoffe, Antinebelzusätze, Hochdruckadditive, Haftfähigkeitsverbesserer, Antischaumadditive, Emulgatoren, Konservierungsmittel (Biozide) und Korrosionsschutzinhibitoren.

Die KSS werden bei spanenden und umformenden Prozessen solange im Kreislauf geführt, bis ein bestimmter Grad an Verunreinigungen erreicht ist und die KSS ausgetauscht werden müssen. Die Verunreinigungen umfassen

- ▶ Reaktionsprodukte (z. B. N-Nitrosamine, PAK, Zersetzungsprodukte von Additiven, Abbauprodukte von Mikroorganismen)
- ▶ Fremdstoffe (z. B. Späne und Metallabrieb, Fremdöle aus dem Schmiersystem der Werkzeugmaschine, u. a. Hydrauliköle),
- ▶ Mikroorganismen (Bakterien und Pilze; gilt insbesondere für wassergemischte KSS) sowie
- ▶ Nachsetzstoffe (z. B. Kühlschmierkonzentrat, Wasser, pH-Wert-Regulierer, Systemreiniger, Nachkonservierer) [IFA 2015].

Verbrauchte Bearbeitungsöle sowie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen auf Mineralölbasis sind den Abfallschlüsseln AS 120107* bzw. 120109* zuzuordnen. Die eingesetzten Mineralöle bestehen aus paraffinischen, naphthenischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen. Bei Bearbeitungsölen beträgt der Mineralölanteil 50 bis 90 %, auf die Additive entfallen 10 bis 50 % und bei 1 bis 10 % handelt es sich um oben genannte Verunreinigungen. Bei den wassergemischten KSS variiert der Wasseranteil zwischen 70 und 95 %, das wassermischbare KSS-Konzentrat (Mineralöl plus Additive) macht etwa 2 bis 10 % aus, der Rest entfällt auf Verunreinigungen [Kißler 2000, IPA NRW].

Aufgrund der enthaltenen Mineralöle gelten diese Abfallarten grundsätzlich als umweltgefährlich und wassergefährdend und sind als gefährlicher Abfall einzustufen. Nach der neuen Einstufung gemäß CLP-Verordnung ist die Viskositätsgrenze für Mineralöle oder Mineralölzubereitungen von $7 \text{ mm}^2/\text{s}$ auf $20,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ erhöht worden, so dass mehr Produkte mit dem Gefahrenhinweis H304 „Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.“ zu kennzeichnen und in die Gefahrenkategorie HP 5 (spezifische Zielorgantoxizität, Aspirationsgefahr Kategorie 1) einzustufen sind. Für Gemische gilt dies gleichermaßen, sofern diese mindestens 10 % eines Stoffes enthalten, der in diese Gefahrenkategorie eingestuft wurde, und eine bei 40 °C gemessene kinematische Viskosität kleiner als $20,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ aufweisen. Auswertbare Informationen aus der ABANDA 2015 liegen hierzu nicht vor.

Darüber hinaus können auch einzelne Schwermetalle und Schwermetalllegierungen (Kupfer, Nickel, Chrom), die als reizend (HP 4) und in fein disperser Form als wassergefährdend gelten, für die Einstufung als gefährlicher Abfall relevant sein.

6.3.8 Halogenfreie Lösemittel und Lösemittelgemische (AS 140603*)

Wie in Kapitel 0 dargelegt, sind die Herkunftsbereiche dieser Abfallart sehr vielfältig. Es handelt sich hierbei u. a. um Lösemittel/Lösemittelgemische zur Entfettung oder Reinigung von verschmutzten Werkstücken in galvanotechnischen oder spanenden Prozessen in metallverarbeitenden Betrieben sowie zur Entlackung von Anlagenteilen und Geräten. In der Regel kommen hierfür organische Lösemittel zum Einsatz. Nach dem Gebrauch weisen die Lösemittel bzw. Lösemittelgemische Verunreinigungen von Lacken, Farben, Mineralölen, Fetten, Wachsen, Rost oder Schmutzpartikeln auf.

Die Einstufung als gefährlicher Abfall ist im Wesentlichen durch das Lösemittel selbst begründet. Die gefahrenrelevanten Eigenschaften der eingesetzten Lösemittel sind u. a.

- ▶ entzündbar (HP 3),
- ▶ akut toxisch (HP 6, z. B. Methanol),
- ▶ reproduktionstoxisch (HP 10) und
- ▶ ökotoxisch (HP 14) [KAS 2012, ABANDA 2015].

6.4 Eingesetzte Verfahren zur Zerstörung, Umwandlung oder Separation der gefährlichen Stoffe und deren kreislaufwirtschaftliche Zuordnung

Zur Identifizierung der aktuell angewandten Verfahren zur Zerstörung, Umwandlung oder Separation der in den untersuchungsrelevanten Abfällen enthaltenen gefährlichen Stoffe wurde im Wesentlichen auf die Datenbank AIDA des LANUV NRW zurückgegriffen.¹⁵

Da aufgrund der (öffentlich zugänglichen) Datenbankstruktur von AIDA ein direkter Zugriff auf die je erzeugter Abfallart eingesetzten Behandlungstechniken nicht möglich ist, wurde der Rechercheweg über die Datenbankebenen "Abfallart" ▶ "Regierungsbezirk" ▶ "Kreis" ▶ Anlagenbetreiber ("Entsorger") ▶ "Anlagensteckbrief" gewählt, um anhand der spezifischen Angaben der jeweiligen "Anlagensteckbriefe" (Verfahrenskurzbeschreibung, installierte Verfahrenslinie(n), Technische Beschreibungen und Verfahrensdaten, Abfall-Input-Kataloge) die jeweils pro Abfallart eingesetzten Verfahrenstechniken konkret zu identifizieren.

Um ferner den Rechercheaufwand in einem angemessenen Umfang zu halten, wurde auf die betreffenden Datenbankeinträge des Bezugsjahres 2012 zurückgegriffen, womit im Ergebnis für über 90 % der in 2010-2013 in Nordrhein-Westfalen entsorgten Mengen an untersuchungsrelevanten Abfallarten eine Verfahrensidentifizierung erreicht werden konnte. Die im Folgenden wiedergegebenen prozentualen Angaben für die jeweiligen Entsorgungsverfahrenanteile basieren daher auf einem zumindest 90-prozentigen Entsorgungsmengenniveau der jeweiligen untersuchungsrelevanten Abfallarten [AIDA 2010-2013].

Der größte Anteil der betrachteten, untersuchungsrelevanten Abfallarten (insgesamt 22,1 Ma.-%, entsprechend rund 148.580 Mg) gelangt laut Datenbank AIDA in neun Sonderabfallverbrennungsanlagen mit einer verfügbaren Kapazität von zusammen rund 374.000 Mg/a zur Entsorgung.

Diese thermische Behandlung von Abfällen kann nach den allgemeinen Vorgaben der Verwertungsdefinition des § 3 Abs. 23 KrWG in ihrem Hauptergebnis entweder eine Verwertung (Substitution von Primärbrennstoffen innerhalb der Anlage oder „in der weiteren Wirtschaft“) oder auch eine Beseitigung darstellen, wenn z. B. die Energierückgewinnung nur eine Nebenfolge der Beseitigung des Schadstoffpotenzials der behandelten Abfälle ist.

So wird im Falle der Verbrennung von gefährlichen Abfällen in Sonderabfallverbrennungsanlagen immer mit Blick auf den konkreten Abfall-Input zu entscheiden sein, welche Entsorgungsart, z. B. in Abhängigkeit vom Einsatzzweck oder Energieinhalt des Abfalls oder von der Energieeffizienz der betreffenden Anlage, im jeweiligen Einzelfall zutreffend ist.

Eine solche abfallstrombezogene Unterscheidung ist auf Basis des zugänglichen, undifferenzierten Datenbestandes in der AIDA-Datenbank („entsorgte Abfallarten nach Entsorger“ / „entsorgte Abfallarten nach Anlagentechnik“) nicht möglich. Anderweitige, statistisch differenzierte und belastbare Datenquellen stehen für den gewählten Untersuchungsraum aktuell ebenfalls nicht zur Verfügung. Daher werden die abfallartenspezifischen Mengenströme bzw. Mengenanteile, die in eine Sonderabfallverbrennung gelangen, in den folgenden Darstellungen unter der (nicht weiter differenzierten) Kategorie „Entsorgung [SAV - Sonderabfallverbrennung]“ zusammengefasst.

Unter Anwendung und Kombination unterschiedlicher Verfahrenstechniken erzeugen chemisch-physikalische Behandlungsanlagen aus den ihnen zugeführten Abfallströmen in der Regel - neben einleitfähigen Abwasserströmen (im Anlagen-Durchschnitt rund 60 M.-% des Gesamt-Outputs) - eine Reihe von festen, pastösen oder öligen Abfall-Outputströmen, die zur umweltverträglichen Entsorgung

¹⁵ Dazu sei angemerkt, dass für die hier vorgenommene Identifizierung Daten der Datenbank AIDA verwendet wurden, welche sich durch den Bezug zu NRW teilweise deutlich von den Daten von Destatis, welche für die Auswahl der AVV-Schlüssel verwendet wurden (siehe Kapitel 4.2.5), unterscheiden können.

in weiteren Entsorgungsanlagen (z. B. Destillations-, Feuerungs- oder Sonderabfallverbrennungsanlagen) end-entsorgt werden müssen [IFUA 2012].

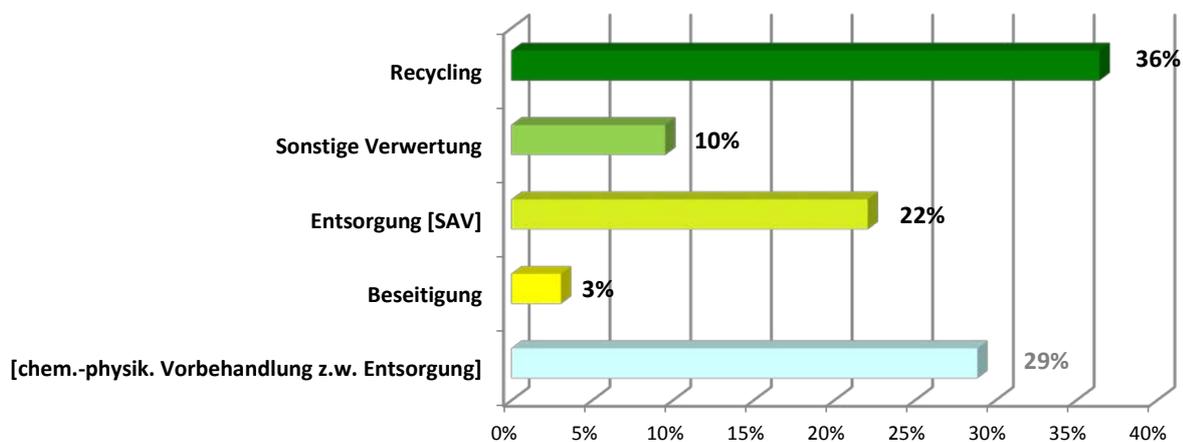
Eine Rückverfolgung, welcher chemisch-physikalisch behandelte Abfallstrom in welcher End-Entsorgungsanlage entsorgt wurde, ist jedoch aufgrund Datenstruktur der AIDA-Datenbank nicht möglich. Der zugängliche Datenbestand in der AIDA-Datenbank enthält nur auf die jeweiligen Entsorgungsanlagen bezogene Input- oder Output-Mengendaten, nicht aber abfallstrombezogene Mengendaten, mit denen beispielsweise einem End-Entsorgungsanlagen-Input der jeweilige CPB-Anlagen-Output eindeutig zugeordnet werden könnte.

Beim Durchgang der Abfallströme durch die chemisch-physikalische Behandlungsanlagen ändern sich ferner die Abfallschlüssel „vom Input zum Output“, so dass bereits aus abfallrechtlich-systematischen Gründen keine durchgängige Verfolgung von in CPB-Anlagen vorbehandelten Abfallströmen möglich ist.

Diese, einer bestimmten End-Entsorgungsart (= kreislaufwirtschaftlichen Hierarchiestufe) nicht zuordenbaren, abfallartenspezifischen Mengenströme bzw. Mengenteile werden in den folgenden Darstellungen unter der Kategorie "chemisch-physikalische Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung" zusammengefasst. So sind mithin die prozentualen Angaben für diejenigen abfallartenspezifischen Verfahrensmengen, die einer Entsorgungsart (Recycling, Sonstige Verwertung, Entsorgung (SAV), Beseitigung) zuordenbar sind, immer als Mindestanteile der betreffenden Entsorgungsart aufzufassen.

Unter Bezug einer Grundgesamtheit von mehr als 90 % der 2010-2013 in NRW entsorgten Mengen an untersuchungsrelevanten Abfallarten ergibt sich die kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der angewandten Verfahrenstechniken in Abbildung 6-56.

Abbildung 6-56: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken über die Gesamtmenge der ausgewählten Abfallarten (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)¹⁶



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Unter den dem **Recycling** zuzuordnenden Verfahrenstechniken (insgesamt rund 36 %) dominiert die *Thermische Spaltung zu einem Erzeugnis (Schwefeldioxid)* (rund 12 %) gefolgt von der *Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Emulsionsspaltung) zu Sekundärrohstoffen (Rezyklatölen)* (8 %) und der *Distillation* (5 %).

Zur **Sonstigen Verwertung** der ausgewählten gefährlichen Abfallarten (insgesamt rund 10 %) tragen hauptsächlich die *Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung* (8 %) als auch die *Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff bei der Zementherstellung* (1 %) bei.

¹⁶ Ggf. auftretende Abweichungen zu 100 % sind rundungsbedingt.

Unter der Entsorgungskategorie **Entsorgung [SAV]** (insgesamt rund 22 %) werden, wie im Vorangehenden erläutert, alle die Mengenanteile der untersuchungsrelevanten Abfallarten subsummiert, die einer *Sonderabfallverbrennung* unterzogen werden. Eine weitergehend differenzierende Untersuchung ist derzeit auf Basis des Datenbestandes der AIDA-Datenbank als auch wegen des Fehlens anderweitiger, statistisch differenzierter und belastbarer Datenquellen für den gewählten Untersuchungsraum nicht möglich.

Die Verfahrenstechniken zur **Beseitigung** (insgesamt rund 3 %) werden nahezu vollständig durch die *Ablagerung auf einer Deponie für gefährliche Abfälle* (2,7 %) repräsentiert.

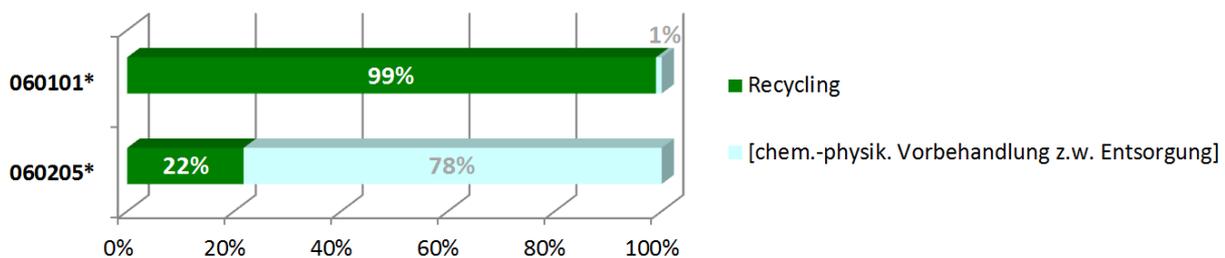
Eine vollständige Verteilungsaufstellung der Verfahrenstechniken - bezogen auf die Gesamtmenge (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013) der ausgewählten Abfallarten - ist Kapitel 9 im Anhangband zu entnehmen.

Zur Betrachtung der charakteristischen Zusammensetzung und der gefahrenrelevanten Inhaltsstoffe wurden die ausgewählten Abfallarten im vorangegangenen Kapitel 6.3 systematisch zu acht Abfallartengruppen zusammengefasst, wobei die Abfallartengruppe "Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen" nochmals in die Abfallartenuntergruppen "Halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen", "Andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen" und "Andere Reaktions- und Destillationsrückstände" untergliedert wurde.

Diese Gliederungssystematik wird bei den folgenden Darstellungen der eingesetzten Verfahrenstechniken zur Entsorgung der ausgewählten Abfallarten beibehalten.

6.4.1 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen – Abfälle aus HZVA von Säuren bzw. Basen"

Abbildung 6-57: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 060101* und AS 060205* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Innerhalb der Abfallartengruppe "Abfälle aus anorganisch-chemischen Prozessen ..." werden bei der Verwertung von Altsäuren (AS 060101*) und der Verwertung von Altbeizen (AS 060205*) deutlich unterschiedliche Verwertungszuordnungsquoten erreicht.

Nahezu 100 % der anfallenden Alt-Schwefelsäuren des **AS 060101*** werden im Wirtschaftskreislauf wieder eingesetzt, wobei die **thermische Spaltung der Altsäuren zu Schwefeldioxid** mit rd. 97 % ganz im Vordergrund steht. Hierbei teilen sich zwei Betreiber von Spaltanlagen den Recyclingmarkt für Alt-Schwefelsäuren in NRW auf.

Rund 22 % der entsorgten Altbeizen des **AS 060205*** werden chemisch-physikalisch zu **handelsfähigen Natriumaluminaten** aufbereitet, die zum Beispiel als Fällungsmittel bei der kommunalen oder industriellen Abwasserreinigung Verwendung finden.

Weitere rund 78 % der basischen Rückstände gelangt in chemisch-physikalische Behandlungsanlagen, wo sie, nach ihrer Entgiftung und Neutralisation, einer Phasentrennung fest/wässrig zur weiteren Entsorgung unterzogen werden (4 Anlagenstandorte in NRW).

Tabelle 6-3 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 060101***- Schwefelsäure und schweflige Säure - aus HZVA von Säuren

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Thermische Spaltung zu einem Erzeugnis (Schwefeldioxid)	97 %	Recycling
2. Einsatz als Ersatzbetriebsmittel (Neutralisationsmittel, Spaltnittel, Beizmittel etc.)	2 %	Recycling
3. Phasentrennung fest/wässrig m. vorgeschalteter Entgiftung u. Neutralisation	1 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

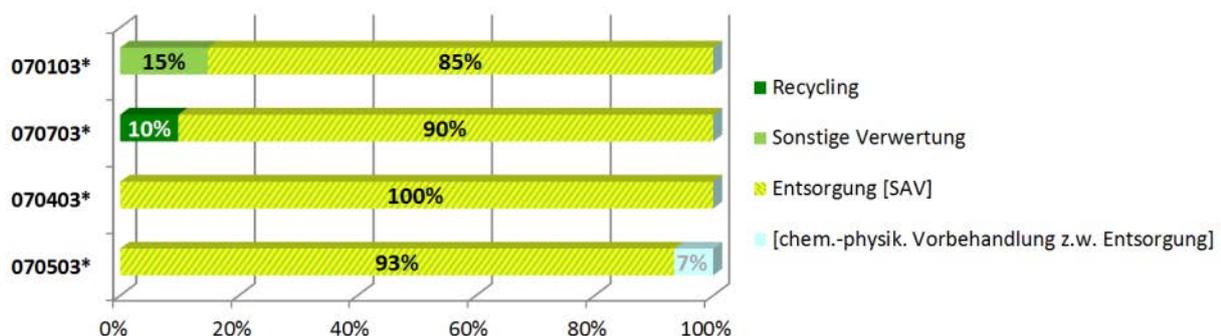
Tabelle 6-4 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 060205*** - andere Basen - aus HZVA von Basen

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Phasentrennung fest/wässrig m. vorgeschalteter Entgiftung u. Neutralisation	78 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
2. Aufbereitung, chem.-physik., zu einem Erzeugnis (Natriumaluminat)	22 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.2 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung halogenorganischer Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (070103*, 070403*, 070503*, 070703*)

Abbildung 6-58: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070103*, AS 070403*, AS 070503* und AS 070703* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Zum weitaus überwiegenden Anteil werden die Abfallarten 070103*, 070403*, 070503* sowie 070703*, die halogenorganische Komponente enthalten, in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt, mithin also entweder energetisch verwertet oder thermisch beseitigt. Dies trifft insbesondere auf die Abfallart **AS 070403*** zu, die zu 100 % einer Entsorgung in Sonderabfallverbrennungsanlagen zugeführt werden.

Darüber hinaus werden rund 15 % der halogenierten Lösemittelabfälle des **AS 070103*** als Ersatzbrennstoffe in einer Kraftwerksfeuerung der chemischen Industrie mitverbrannt, also energetisch verwertet.

Halogenierte Lösemittelabfälle **des AS 070703*** gelangen zu rund 10 % in eine Lösemittelverwertungsanlage (1 Standort), wo sie nach destillativer Vorreinigung in zwei Rektifikationskolonnen weiter aufbereitet und anschließend als Destillate dem Wirtschaftskreislauf wieder zugeführt werden.

Der geringe Anteil (rund 7 %) der halogenierten Lösemittelabfälle des **AS 070503***, der nicht in Sonderabfallverbrennungsanlagen entsorgt wird, gelangt in chemisch-physikalische Behandlungsanlagen, wo er einer Phasentrennung (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung) zur weiteren Entsorgung unterzogen wird.

Tabelle 6-5 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070103*** - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA organischer Grundchemikalien

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil ¹	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Sonderabfallverbrennung	85 %	Entsorgung [SAV]
2. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	15 %	Sonstige Verwertung

¹ bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-6 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070403*** - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 020108 und 020109), Holzschutzmitteln (außer 0302) u. a. Bioziden

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil ¹	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Sonderabfallverbrennung	100 %	Entsorgung [SAV]

¹ bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-7 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070503*** - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Pharmazeutika

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil ¹	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Sonderabfallverbrennung	93 %	Entsorgung [SAV]
2. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	7 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

¹ bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

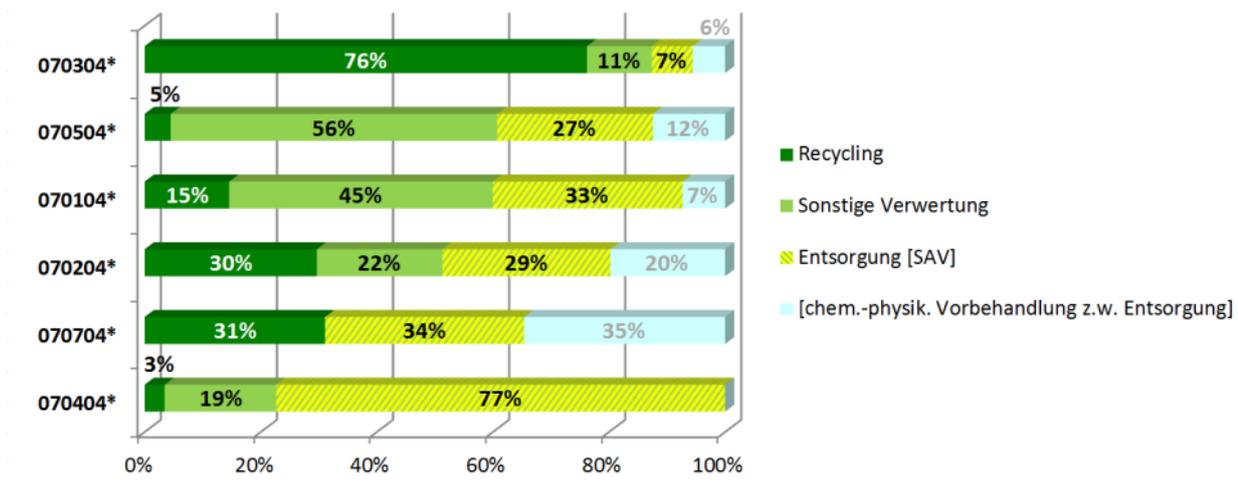
Tabelle 6-8 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070703*** - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil ¹	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Sonderabfallverbrennung	90 %	Entsorgung [SAV]
2. Destillation	10 %	Recycling

¹ bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.3 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartenuntergruppe "Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen"

Abbildung 6-59: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070104*, AS 070204*, AS 070304*, AS 070404*, AS 070504* und AS 070704* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Innerhalb der Abfalluntergruppe "andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen aus der HZVA ..." werden herkunfts- bzw. abfallartenspezifisch sehr unterschiedliche Mengenanteile der Abfallarten den verschiedenen Recycling- und Verwertungsverfahren bzw. der Sonderabfallverbrennung zugeführt.

Den größten Anteil an den Entsorgungsverfahren dieser Abfalluntergruppe besitzt mit einer Gesamt quote von rund 35 % über alle 6 Abfallarten die **Sonderabfallverbrennung**.

- Unter den ausgewählten Abfallarten der Untergruppe weist der **AS 070404*** mit rund 77 % den höchsten Mengenanteil auf, der einer Entsorgung in Sonderabfallverbrennungsanlagen (4 Drehrohrofenanlagen an verschiedenen Standorten in NRW) zuzuordnen ist.

Darüber hinaus besitzt mit einer Gesamtquote von rund 27 % die **destillative Aufbereitung** einen (weiteren) wesentlichen Anteil an den Verfahren zur Behandlung der Abfalluntergruppe. Den mit rund 76 % höchsten Mengenanteil, der einer destillativen Verwertung zuzuordnen ist, weisen unter den ausgewählten Abfallarten der Untergruppe der **AS 070304*** auf (mehrstufige Destillationslinien an insg. 3 Standorten in NRW).

Ferner gelangt eine Gesamtquote (über alle 6 Abfallarten) von 18 % der Abfalluntergruppe als **Ersatzbrennstoff** zur Mitverbrennung in **Kraftwerksfeuerungen** und darüber hinaus eine Gesamtquote von rund 7 % zur thermischen Verwertung in die **Zementindustrie**.

- Hinsichtlich der Mitverbrennung im Kraftwerk weist die Abfallart **AS 070104*** mit rund 41 % höchsten Mengenanteil auf (Wirbelschichtfeuerung eines Kraftwerksstandortes in NRW); hinsichtlich des Ersatzbrennstoffeinsatzes in der Zementindustrie weist die Abfallart **AS 070504*** mit rund 21 % den höchsten Mengenanteil auf (2 Werksstandorte in NRW).

Im Übrigen werden die 6 Abfallarten der Untergruppe zu einer Gesamtquote von rund 13 % einer chemisch-physikalischen Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung unterzogen.

Weitere Angaben zu der chemisch-physikalischen Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung bzw den bei der Verwertung eingesetzten Verfahrenstechniken sind den folgenden Verfahrensspektren (Tabellen 16-21) für die einzelnen Abfallarten der Untergruppe "andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen aus der HZVA ..." zu entnehmen.

Tabelle 6-9 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070104*** - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA organischer Grundchemikalien

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	41 %	Sonstige Verwertung
2. Sonderabfallverbrennung	33 %	Entsorgung [SAV]
3. Destillation	15 %	Recycling
4. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	7 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
5. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff bei der Zementherstellung	5 %	Sonstige Verwertung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-10 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070204*** - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Destillation	30 %	Recycling
2. Sonderabfallverbrennung	29 %	Entsorgung [SAV]
3. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	20 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
4. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff bei der Zementherstellung	19 %	Sonstige Verwertung
5. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	3 %	Sonstige Verwertung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-11 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070304*** - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von organischen Farbstoffen und Pigmenten ...

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Destillation	76 %	Recycling
2. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff bei der Zementherstellung	11 %	Sonstige Verwertung
3. Sonderabfallverbrennung	7 %	Entsorgung [SAV]
4. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	6 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-12 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070404*** - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 020108 und 020109), Holzschutzmitteln (außer 0302) u. a. Bioziden

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Sonderabfallverbrennung	77 %	Entsorgung [SAV]
2. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	19 %	Sonstige Verwertung
3. Destillation	3 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-13 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070504*** - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Pharmazeutika

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	36 %	Sonstige Verwertung
2. Sonderabfallverbrennung	27 %	Entsorgung [SAV]
3. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff bei der Zementherstellung	21 %	Sonstige Verwertung
4. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	12 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
5. Destillation	5 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

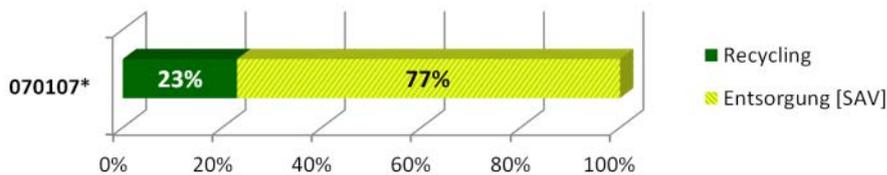
Tabelle 6-14 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070704*** - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen - aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	35 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
2. Sonderabfallverbrennung	34 %	Entsorgung [SAV]
3. Destillation	31 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.4 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände aus der HZVA organischer Grundchemikalien"

Abbildung 6-60: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070101* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Der - mit rund 77 % - größte Mengenanteil der anfallenden Reaktions- und Destillationsrückstände des **AS 070107*** wird in **Sonderabfallverbrennungsanlagen** verbrannt, also entweder energetisch verwertet oder thermisch beseitigt.

Darüber hinaus gelangen ca. 23 % dieser halogenierten Rückstände in **Hochtemperatur-Verbrennungs- bzw. -Oxidationsanlagen**, in denen die organisch gebundenen Chloranteile oxidativ und absorptiv (Quenche mit nachgeschalteter Waschkolonne) zu marktgängiger Salzsäure umgesetzt werden. Dieser Weg einer **stofflichen Verwertung (Recycling)** von Abfällen des AS 070107* wird im Untersuchungsgebiet NRW an zwei Anlagenstandorten der chemischen Industrie besprochen.

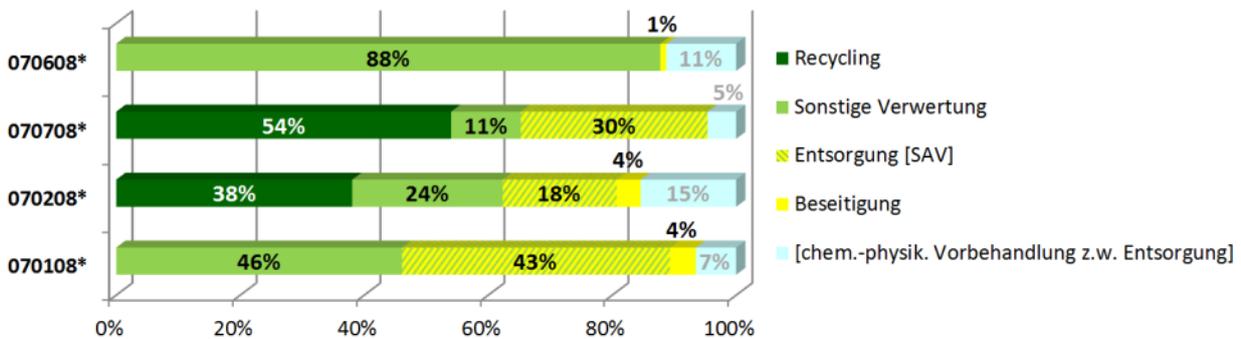
Tabelle 6-15 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070101*** - halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände - aus der HZVA organischer Grundchemikalien

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Sonderabfallverbrennung	77 %	Entsorgung [SAV]
2. Hochtemperatur-Oxidation zu einem Erzeugnis (Salzsäure)	23 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.5 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartenuntergruppe "Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen - andere Reaktions- und Destillationsrückstände"

Abbildung 6-61: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 070108*, AS 070208*, AS 070608* und AS 070708* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Ähnlich wie bei der vorangegangenen Abfalluntergruppe ("andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen") zeigt sich bei Betrachtung der 4 Abfallarten der Untergruppe „andere Reaktions- und Destillationsrückstände“, dass auch hier je nach Herkunft sehr unterschiedliche Mengenanteile der Abfallarten den verschiedenen Verfahrenstechniken des Recyclings und der sonstigen Verwertung sowie der der Sonderabfallverbrennung zugeführt werden.

Mit einer Gesamtquote von rund 39 % über alle 4 Abfallarten besitzt die **Mitverbrennung in Kraftwerksfeuerungen** den höchsten Anteil an den Verfahren zur Verwertung der Abfalluntergruppe „andere Reaktions- und Destillationsrückstände“, gefolgt von der **Sonderabfallverbrennung** (Entsorgung) mit einer Gesamtquote von rund 23 %, der **Destillation** mit vorgeschalteter Phasenabtrennung mittels Schwerkraftabscheidung (Gesamtquote rund 14 %) sowie der **chemisch-physikalischen Aufbereitung zu einem Sekundärrohstoff** (Aromatenraffination) mit einer Quote von insgesamt rund 10 % über alle ausgewählten Abfallarten der Untergruppe.

- ▶ Mit Blick auf die Einzel-Abfallarten weisen die „anderen Reaktions- und Destillationsrückstände aus der HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln“ des **AS 070608*** den weitaus höchsten Mengenanteil (88 %) bezüglich einer **sonstigen Verwertung** als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung auf (1 betriebseigener Kraftwerksstandort der chemischen Industrie in NRW).
- ▶ Den höchsten Zuführungsanteil zur **stofflichen Verwertung (Recycling)** weisen mit rund 54 % die Reaktions- und Destillationsrückstände des **AS 070708*** auf, die nach einer Phasentrennung (Schwerkraftabscheidung) in die destillative Aufbereitung zum weiteren stofflichen Recycling gelangen (2 Behandlungsanlagenstandorte).
- ▶ Hinsichtlich einer **stofflichen Verwertung** folgt an zweiter Stelle die Abfallart **AS 070208***, die zu rund 38 % einer Anlage zur Aromatenraffination zum Zwecke ihrer weiteren Verwertung als Sekundärrohstoff zugeführt wird.
- ▶ Den höchsten Mengenanteil (rund 48 %) bezüglich einer Entsorgung in **Sonderabfallverbrennungsanlagen** (3 industrie-eigene Drehrohrofenanlagen an verschiedenen Standorten in NRW) weisen innerhalb der Abfalluntergruppe die anderen Reaktions- und Destillationsrückstände aus der HZVA organischer Grundchemikalien des **AS 070108*** auf.

Ferner gelangt eine Gesamtquote (über alle 4 Abfallarten der Untergruppe) von rund 10 % in unterschiedliche chemisch-physikalische Vorbehandlungsverfahren zur weiteren Entsorgung.

Tabelle 6-16 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070108*** - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA organischer Grundchemikalien

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Sonderabfallverbrennung	43 %	Entsorgung [SAV]
2. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	41 %	Sonstige Verwertung
3. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff bei der Zementherstellung	6 %	Sonstige Verwertung
4. Verbrennung mit Klärschlämmen	4 %	Beseitigung
5. Konditionierung (Zuschlagsstoffe, Aufsaugmassen) für die weitere thermische Behandlung	4 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
6. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	2 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-17 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070208*** - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil ¹	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Aufbereitung, chemisch-physikalisch, zu einem Sekundärrohstoff	38 %	Recycling
2. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	24 %	Sonstige Verwertung
3. Sonderabfallverbrennung	18 %	Entsorgung [SAV]
4. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	12 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
5. Verbrennung mit Siedlungsabfällen (MVA ²)	4 %	Beseitigung
6. Konditionierung (Zuschlagsstoffe, Aufsaugmassen) für die weitere thermische Behandlung	3 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

¹ bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

² Müllverbrennungsanlage

Tabelle 6-18 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070608*** - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	85 %	Sonstige Verwertung
2. Konditionierung (Zuschlagsstoffe, Aufsaugmassen) für die weitere thermische Behandlung	5 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
3. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	5 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
4. Verbrennung als Substitutionsbrennstoff in einer Spaltanlage	3 %	Sonstige Verwertung
5. Phasentrennung pastös-fest/flüssig (Schwerkraftabscheidung)	1 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
6. Verbrennung mit Siedlungsabfällen (MVA)	1 %	Beseitigung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

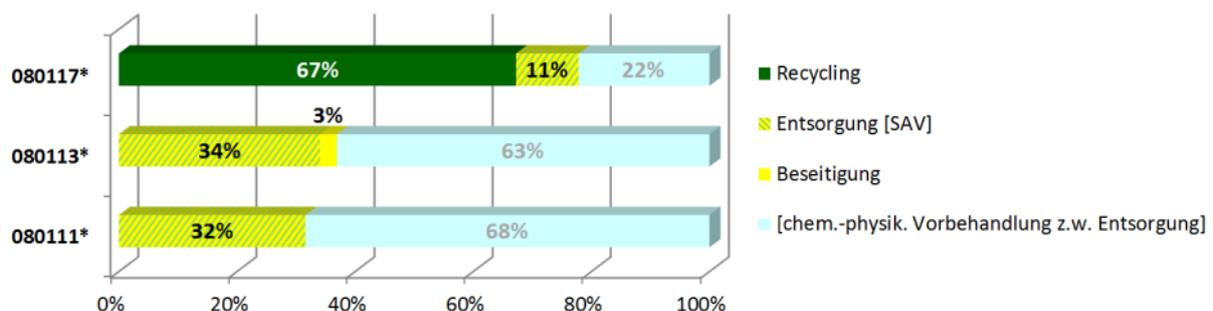
Tabelle 6-19 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 070708*** - andere Reaktions- und Destillationsrückstände - aus HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung) und Destillation	54 %	Recycling
2. Sonderabfallverbrennung	30 %	Entsorgung [SAV]
3. Verbrennung als Substitutionsbrennstoff in einer Spaltanlage	11 %	Sonstige Verwertung
4. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	5 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.6 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken"

Abbildung 6-62: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 080111*, AS 080113* und AS 080117* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Bei der Betrachtung der Verfahrensspektren dieser Abfallgruppe fällt zunächst auf, dass diese jeweils relativ hohe Mengenanteile ausweisen, die, wie am Anfang des Kapitels 6.4 ausführlich dargestellt, aus datensystematischen Gründen nur chemisch-physikalischen Vorbehandlungsverfahren für die weitere End-Entsorgung der Abfälle zugeordnet werden können (vgl. Entsorgungskategorie „chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung“ in Abbildung 6-62).

Da jedoch in den jeweiligen Anlagensteckbriefen der verwendeten Quelle (AIDA-Datenbank) zumindest charakterisierende Hinweise zum weiteren Entsorgungsweg des chemisch-physikalisch behandelten Abfall-Outputs enthalten sind, werden im Folgenden neben den Erläuterungen zu den eindeutig zuordenbaren Mengenanteilen auch ergänzende Hinweise zu den Anteilen gegeben, die quellenbedingt nicht eindeutig einem End-Entsorgungsverfahren zuordenbar sind.

Nur für die Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung **des AS 080117*** konnte innerhalb dieser Abfallartengruppe ein Mengenanteil von rund 67 % identifiziert werden, der eindeutig einer **destillativen Aufbereitung** mit anschließender Rückführung der gewonnenen Lösemittel in den Wirtschaftskreislauf - sprich der stofflichen Verwertung - zuzuordnen ist. In NRW wird eine solche Destillationstechnik von einem Anlagenbetreiber angeboten und betrieben.

Im Rahmen des oben ausgewiesenen Mengenanteils von rund 22 % der Abfallart AS 080117*, der zunächst eine chemisch-physikalische Vorbehandlung erfährt, ist unter anderem auch eine Teilmenge von rund 7 % an Abfällen aus der Farb- oder Lackentfernung enthalten, die als Input in eine Sonderabfallbehandlungsanlage zur weiteren Konditionierung (Vermengung mit Aufsaugmassen) für eine weitere energetische Verwertung gelangt.

Die Farb- oder Lackschlämme des **AS 080113*** gelangen zunächst zu einem Mengenanteil von insgesamt rund 34 % zur Entsorgung in **Sonderabfallverbrennungsanlagen** (3 Drehrohrofenanlagen an verschiedenen NRW-Standorten). Weitere - eindeutig zuordenbare - rund 3 % dieser Abfallart werden in einem Müllheizkraftwerk (**Siedlungsabfallverbrennungsanlage** mit 3 Verbrennungskesseln mit Vorschubrosten) beseitigt.

Ein Mengenanteil von rund 52 % der Abfallart AS 080113*, der in der insgesamt für „chemisch-physikalische Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung“ ausgewiesenen Quote von rund 63 % enthalten ist, wird als Input mehreren chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (3 Standorte in NRW) zur Konditionierung zugeführt. Nach einer definierten Vermengung mit Aufsaugmassen und/oder Zuschlagstoffen (hier vorwiegend Sägemehl) wird der jeweilige Anlagen-Output anschließend, zum Beispiel als Ersatzbrennstoff in der Zementindustrie, energetisch verwertet.

Auch bei den Farb- und Lackabfällen **des AS 080111*** ist ein Mengenanteil von rund 32 % eindeutig einer Entsorgung in **Sonderabfallverbrennungsanlagen** zuordenbar (hier 4 Drehrohrofenanlagen in NRW).

Insgesamt ein Mengenanteil von rund 68 % der Abfallart AS 080111* gelangt als Input in unterschiedliche chemisch-physikalische Anlagen (4 Standorte in NRW) zur Vorbehandlung für die anschließende weitere Entsorgung. Je nach installierter Behandlungstechnik bzw. -abfolge werden im Output pastöse bis feste Abfälle erzeugt, die beispielsweise der Zementindustrie als Ersatzbrennstoff oder den Sonderabfallverbrennern zur energetischen Verwertung bzw. thermischen Beseitigung überlassen werden.

Nähere Angaben zu den bei der chemisch-physikalischen Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung und der Entsorgung dieser Abfallartengruppe eingesetzten Verfahrenstechniken sind den folgenden Verfahrensspektren für die AS 080111*, AS 080113* und AS 080117* zu entnehmen.

Tabelle 6-20 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 080111*** - Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten - aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Konditionierung (Zuschlagsstoffe, Aufsaugmassen) für die weitere thermische Behandlung	57 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
2. Sonderabfallverbrennung	32 %	Entsorgung [SAV]
3. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	12 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Tabelle 6-21 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 080113*** - Farb- oder Lackschlämme, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten - aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Konditionierung (Zuschlagsstoffe, Aufsaugmassen) für die weitere thermische Behandlung	52 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
2. Sonderabfallverbrennung	34 %	Entsorgung [SAV]
3. Konditionierung (Entwässerung/Verfestigung)	8 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
4. Verbrennung mit Siedlungsabfällen (MVA)	3 %	Beseitigung
5. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	3 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

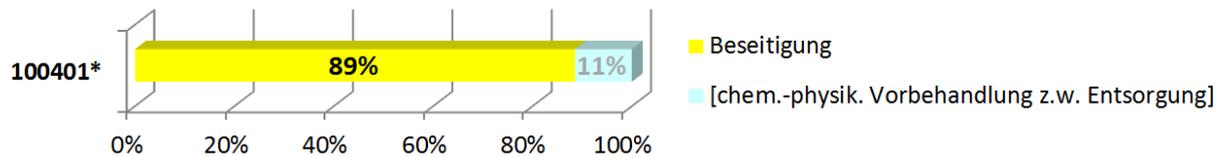
Tabelle 6-22 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 080117*** - Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten - aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Destillation	67 %	Recycling
2. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	15 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
3. Sonderabfallverbrennung	11 %	Entsorgung [SAV]
4. Konditionierung (Zuschlagsstoffe, Aufsaugmassen) für die weitere thermische Behandlung	7 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.7 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie"

Abbildung 6-63: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 100401* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Der weitaus größte Mengenanteil - nahezu 90 % - der anfallenden Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie des **AS 100401*** gelangen zur Beseitigung auf sogenannte **Sonderabfalldeponien** (Deponien der Klasse III). Hierfür werden in NRW zwei Deponien der Klasse III in Anspruch genommen.

Ein Mengenanteil von rund 11 % des AS 100401 wird ferner als Vorbehandlungs-Input einer mechanischen Aufbereitung mit anschließender Aussortierung der verwertbaren Output-Fraktion für das weitere Recycling unterzogen (1 Aufbereitungsanlagenstandort in NRW).

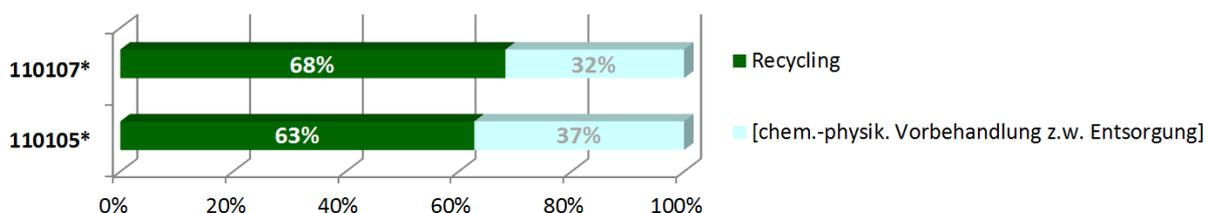
Tabelle 6-23 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 100401*** - Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) - aus der thermischen Bleimetallurgie

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Ablagerung auf einer Deponie für gefährliche Abfälle	89 %	Beseitigung
2. Aufbereitung, mechanisch (Zerkleinerung, Klassierung) und Sortierung	15 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.8 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen ..."

Abbildung 6-64: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 110105* und 110107* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Beide Abfallarten der Gruppe „Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen ...“ weisen im Vergleich mit den meisten anderen ausgewählten Abfallarten mit 63 % bzw. 68 % relativ hohe Recycling-Zuordnungsquoten auf.

Die alkalischen Beizlösungen des **AS 110107***, die mit einem Mengenanteil von insgesamt rund 68 % einem Recyclingverfahren (stoffliche Verwertung) zugeführt werden, werden hierbei überwiegend chemisch-physikalischen Behandlungstechniken unterzogen, die eine **Aufbereitung** der alkalischen Altbeizen zu **marktgängigen Erzeugnissen** zum Ziel haben. So gelangt ein Anteil von insgesamt rund 66 % der Abfallart des AS 110107* in NRW in zwei industrielle Aufbereitungsanlagen, die Natriumaluminat für verschiedene Abnehmer herstellen.

Im Übrigen werden rund 3 % der alkalischen Altbeizen des AS 110107* in einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage (in NRW) als **Ersatz-Neutralisationsmittel** im Zuge der dort installierten Verfahrenslinie stofflich verwertet.

Der verbleibende Mengenanteil von rund 32 % des AS 110107* gelangt als Input in verschiedene chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (5 Anlagenstandorte in NRW), in denen die alkalischen Altbeizen einer Entgiftung und Neutralisation zu ihrer weiteren End-Entsorgung unterzogen werden.

Der Mengenanteil von rund 63 % der sauren Altbeizen des **AS 110105***, der einer stofflichen Verwertung zugeordnet werden kann, wird im Wesentlichen durch Verfahrenstechniken zur **Aufbereitung zu einem Sekundärrohstoff** (rund 25 % - 2 Anlagenstandorte in NRW) bzw. **zu Aluminiumsulfat** (rund 14 % - 1 Altsäureaufbereitungsanlage in NRW) sowie durch den Einsatz als **Ersatz-Neutralisationsmittel** in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (rund 24 % - 2 Standorte in NRW) repräsentiert.

Als Input wird ferner ein Mengenanteil von insgesamt rund 37 % des AS 110105* mehreren chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (4 Anlagenstandorte in NRW) zugeführt, in denen die sauren Altbeizen für ihre weitere End-Entsorgung im Wesentlichen entgiftet und neutralisiert werden.

Tabelle 6-24 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 110105*** - saure Beizlösungen - aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung)

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Phasentrennung fest/wässrig m. vorgeschalteter Entgiftung u. Neutralisation)	37 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
2. Aufbereitung, chem.-physik., zu einem Sekundärrohstoff	25 %	Recycling
3. Einsatz als Ersatzbetriebsmittel (Neutralisationsmittel, Spaltnittel, Beizmittel etc.)	24 %	Recycling
4. Phasentrennung flüssig/fest (Schwerkraftabscheidung) u. Destillation zu einem Erzeugnis (Aluminiumsulfat)	14 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

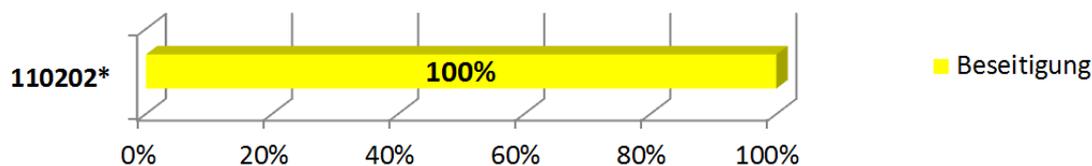
Tabelle 6-25 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 110107*** - alkalische Beizlösungen - aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung)

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Aufbereitung, chem.-physik., zu einem Erzeugnis (Natriumaluminat)	53 %	Recycling
2. Phasentrennung fest/wässrig m. vorgeschalteter Entgiftung u. Neutralisation)	32 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
3. Phasentrennung flüssig/fest (Schwerkraftabscheidung) u. Destillation zu einem Erzeugnis (Natriumaluminat)	13 %	Recycling
4. Einsatz als Ersatzbetriebsmittel (Neutralisationsmittel, Spaltnittel, Beizmittel etc.)	3 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.9 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) - aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie"

Abbildung 6-65: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 110202* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Die Abfallmengen an schwermetallhaltigen Schlämmen aus der Zink-Hydrometallurgie des **AS 110202*** werden im repräsentativen Untersuchungsgebiet in Gänze auf **Deponien für gefährliche Abfälle** (Deponien der Klasse III) abgelagert. In NRW nehmen zwei Deponien der Klasse III die Abfallströme des AS 110202* auf.

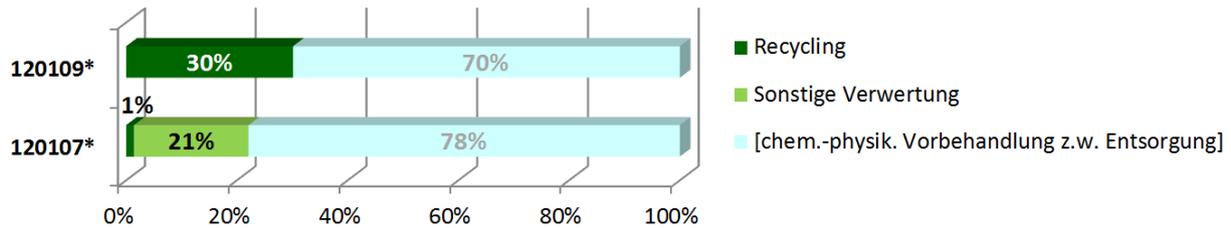
Tabelle 6-26 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 110202*** - Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) - aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
Ablagerung auf einer Deponie für gefährliche Abfälle	100 %	Beseitigung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.10 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallartengruppe "Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen"

Abbildung 6-66: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 120107* und AS 120109* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Ähnlich wie die Abfallartengruppe "Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken" (vgl. Kap. 6.4.6) weist auch die hier betrachtete Artengruppe "Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen" verhältnismäßig hohe Mengenanteile auf, die datenquellenbedingt nur der Entsorgungskategorie „chemisch-physikalische Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung“ zugeordnet werden können.

So werden im Folgenden, der besseren Transparenz halber, neben den Erläuterungen zu den eindeutig zuordenbaren Mengenanteilen (Recycling, sonstige Verwertung) auch ergänzende Hinweise zu den Anteilen gegeben, die nicht eindeutig einem End-Entsorgungsverfahren zuordenbar sind (chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung).

Rund ein knappes Drittel (rund 30 %) der halogenfreien Emulsionsabfälle des **AS 120109*** werden unter Anwendung chemisch-physikalischer Behandlungstechniken zu marktgängigen **Rezyklatölen** aufbereitet.

Der verbleibende Mengenanteil von rund 70 % der Abfallart AS 120109* gelangt als Input in unterschiedliche chemisch-physikalische Behandlungsanlagen, wobei eine Teilmenge von rund 38 % einer vorbehandelnden Phasentrennung fest/wässrig/organisch mittels Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung zur weiteren End-Entsorgung unterzogen wird (6 Behandlungsanlagenstandorte in NRW). Eine weitere Input-Teilmenge von rund 30 % wird einer Vorbehandlungsanlage zugeführt, in der im Wesentlichen eine Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Emulsionsspaltung) der Abfälle AS 120109* zum Zwecke ihrer weiteren energetischen Verwertung vorgenommen wird. Darüber hinaus erfahren weitere rund 2 % (Input) der Emulsionsabfälle eine chemisch-physikalische Vorbehandlung, die die Abfälle des AS 120109* für ihre weitergehende stoffliche Verwertung in geeigneter Weise auf- bzw. vorbereitet (1 Altölbehandlungsanlage mit Zwischenlager in NRW).

Bei der Verwertung der halogenfreien Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis des **AS 120107*** dominiert mit einer Zuordnungsquote von rund 21 % die **Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff** (betriebseigenes Kraftwerk eines Abfallerzeugers) während darüber hinaus rund 1 % nach **Phasentrennung bzw. Emulsionsspaltung und Destillation** direkt stofflich verwertet werden.

Die übrigen insgesamt rund 78 % der Bearbeitungsölrückstände gelangen als Input in eine Reihe von chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (3 Anlagenstandorte in NRW), wo sie einer Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung und/oder Emulsionsspaltung) zu ihrer weiteren End-Entsorgung unterzogen werden.

Tabelle 6-27 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 120107*** - halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen) - aus der mechanischen Formgebung sowie der Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	78 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
2. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff in einer Kraftwerksfeuerung	21 %	Sonstige Verwertung
3. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung) u. Destillation	1 %	Recycling

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

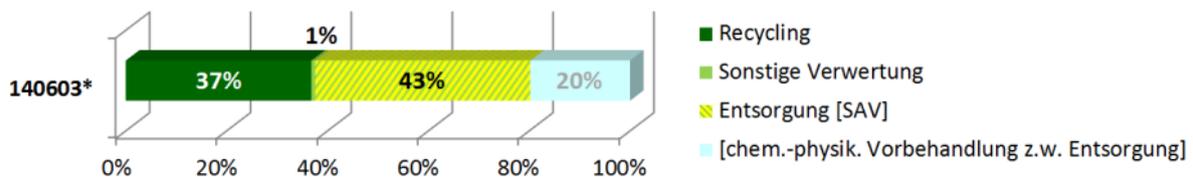
Tabelle 6-28 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 120109*** - halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen - aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
1. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	38 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
2. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Emulsionsspaltung) zu Sekundärrohstoffen (Rezyklatölen)	30 %	Recycling
3. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Emulsionsspaltung) z. weiteren thermische Behandlung	30 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
4. Phasentrennung wässrig/organisch (Emulsionsspaltung) u. Destillation zur weiteren stofflichen Verwertung	2 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

6.4.11 Eingesetzte Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Abfallart "andere Lösemittel und Lösemittelgemische - aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- und Aerosoltreibgasen"

Abbildung 6-67: Kreislaufwirtschaftliche Zuordnung der Verfahrenstechniken für die AS 140603* (> 90 Ma.-% NRW 2010-2013)



Eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

Der größte Mengenanteil mit rund 43 % der „anderen Lösemittel und Lösemittelgemische ...“ des **AS 140603*** gelangt zur Entsorgung in **Sonderabfallverbrennungsanlagen** (4 Drehrohrofenanlagen an verschiedenen NRW-Standorten).

Den zweitgrößten Mengenanteil an den Verfahrenstechniken zur Entsorgung der Lösemittelabfälle des AS 140603* repräsentiert mit rund 37 % die **destillative Aufbereitung** - sprich die stoffliche Verwertung - der Lösemittel und Lösemittelgemische (2 Destillationsanlagen in NRW).

Weitere rund 1 % der Alt-Lösemittel/-gemische werden als **Ersatzbrennstoff** zur energetischen Verwertung einem **Zementwerk** (NRW) zugeführt.

Ferner gelangt eine Quote von insgesamt rund 20 % der „anderen Lösemittel und Lösemittelgemische...“ des AS 140603* in unterschiedliche chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (Phasentrennung fest/wässrig/organisch mittels Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung) zur Vorbehandlung für die Entsorgung (insgesamt 6 Anlagenstandorte in NRW).

Tabelle 6-29 Verfahrensspektrum zur Entsorgung der **AS 140603*** - andere Lösemittel und Lösemittelgemische - aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- und Aerosoltreibgasen

Eingesetzte Verfahrenstechnik	Anteil*	Zuordnung nach § 6 ff. KrWG
Sonderabfallverbrennung	43 %	Entsorgung [SAV]
2. Destillation	35 %	Recycling
3. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung u./o. Emulsionsspaltung)	20 %	chem.-physik. Vorbehandlung zur weiteren Entsorgung
4. Phasentrennung fest/wässrig/organisch (Schwerkraftabscheidung) u. Destillation	2 %	Recycling
5. Mitverbrennung als Ersatzbrennstoff bei der Zementherstellung	1 %	Sonstige Verwertung

* bezogen auf > 90 Ma.-% NRW 2010-2013 / eigene Darstellung nach [AIDA 2010-2013]

7 Auswertung der Analysen und Identifikation hochwertiger Verwertungswege

7.1 Einleitung

Auf der Basis der Ergebnisse der vorangehenden Kapitel muss jetzt eine Bewertung erfolgen, welche in Frage kommenden Verfahren eine hochwertige Verwertung im Sinne des KrWG darstellen. Dazu wird zunächst eine Bewertungsmethode erarbeitet, die dann anhand für die ausgewählten Abfallschlüsselnummern angewandt wird.

Wie schon mehrmals darauf hingewiesen, kann die Bewertung auf Ebene der AVV-Schlüssel nur eine grobe Orientierung sein. Eine konkrete Bewertung auf der Ebene von Abfallströmen unter detaillierter Kenntnis der Zusammensetzung und der konkreten Verwertungsanlagen kann dadurch nicht ersetzt werden. Dennoch kann die hier vorgestellte Methode auch eine Hilfe für konkrete Bewertungen auf der Ebene konkreter Abfallströme und Anlagen sein.

7.2 Bewertungsmethode

7.2.1 Vorbemerkung

Ziel der Bewertungsmethode ist, für einen zu beurteilenden Abfall eine Hilfe zur Einschätzung zu geben, welches oder welche der in Frage kommenden Verwertungsverfahren aus ökologischer Sicht am besten geeignet ist. Bei der Bewertung werden alle wichtigen Verwertungsverfahren nur vergleichend bewertet. Wenn ein Verfahren sowohl als Verwertungs- als auch als Beseitigungsverfahren zum Einsatz kommt, wird es mit bewertet, ohne zu hinterfragen, ob es im speziellen Bewertungsfall eine Verwertung oder eine Beseitigung darstellt. Verfahren die ausschließlich als Beseitigungsverfahren einzustufen sind, werden nicht berücksichtigt.

Ausgangslage für die Entwicklung der Bewertungsmethode war die Bewertungsgrundlage des AK 21¹⁷ [AK21 1999]. Diese wurde auf die aktuelle Problemstellung übertragen.

Rohstoffliche Verwertung (Zementwerk, wenn Rohstoffnutzung die energetische überwiegt) wird zusammen mit dem Recycling bewertet. Wenn bei einer Verwertung im Zementwerk die energetische Nutzung des Abfalls überwiegt und wenn keine eindeutige Zuordnung möglich ist, wird das Zementwerk als energetisches Verwertungsverfahren bewertet.

Die Bewertung erfolgt **immer nur** innerhalb einer Abfallart. Eine absolute Einstufung der Verfahren in hochwertig und nicht hochwertig erfolgt deshalb nicht. Es wird nur ermittelt, welches Verfahren bzw. welche Verfahrenskombination im direkten Vergleich am besten abschneidet und ob die Unterschiede so relevant sind, dass eine differenzierte Einstufung begründet ist. Deshalb wirken sich nur die Bewertungskriterien auf das Ergebnis aus, bei denen relevante Unterschiede zwischen zu bewertenden Verfahren zu verzeichnen sind. Die Bewertung orientiert sich deshalb an den Informationen, die über die zu bewertenden Verfahren bekannt sind.

Da sich auch innerhalb einer Abfallart einzelne Abfälle oder Abfallchargen erheblich voneinander unterscheiden, können die Bewertungsergebnisse nur als grobe Hilfe für eine Entscheidung im Einzelfall dienen. Daher ist anzunehmen, dass die Datenlage nicht immer eine eindeutige Einstufung nach diesem Bewertungsschema zulassen wird. Für diesen Fall soll die Bewertungsmethode als Orientierung für eine qualitative Einschätzung durch mehrere Experten aus Behörden und der Abfallwirtschaft dienen. Anhand der Abweichungen der unterschiedlichen Einstufungen wird zu erkennen sein, ob es sich insgesamt um eindeutige Einstufungen handelt oder zur Bewertung im Einzelfall noch konkrete Daten

¹⁷ Kommission der niedersächsischen Landesregierung zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen (3. Regierungskommission): Abschlussbericht des Arbeitskreises 21 „Anforderungen an eine hochwertige Verwertung“.

eingeholt werden müssen. Die Erkenntnisse bei der Bewertung sollen auch für eine Einschätzung der Datenlage und der Benennung der Datenlücken genutzt werden.

7.2.2 Allgemeine Beschreibung

Die Bewertung erfolgt gemeinsam für die stoffliche Verwertung/Recycling und die energetische Verwertung. Eventuelle Vorbehandlungsverfahren werden nicht separat bewertet, sondern bei den beiden Verfahren, stoffliche und energetische Verwertung integriert und bei deren Bewertung berücksichtigt.

Generell werden sämtliche Bewertungskriterien bei allen beiden Verfahren, stoffliche Verwertung und energetische Verwertung, angewandt.

Zur Bewertung innerhalb der einzelnen Bewertungskriterien wird eine dreistufige Punktebewertung von **1** - **2** - **3** genutzt. Wie durch die zusätzliche farbliche Abstufung als Ampel verdeutlicht, bedeutet **1** Punkt die beste, **2** die nächstbeste und **3** Punkte die jeweils schlechteste Einstufung.

Ist eine Bewertung nicht eindeutig, d.h. sie liegt zwischen zwei Einstufungen (z. B. zwischen **1** und **2**), dann wird geprüft, ob konkrete Indizien vorliegen, die die bessere Einstufung rechtfertigen, z. B. weil der größte Teil der Abfallgruppe entsprechend einzustufen ist. Anderenfalls wird die schlechtere Einstufung verwendet (im Beispiel oben **2**).

Die Aggregation der einzelnen Kriterien zu einem Endergebnis erfolgt **nicht** durch eine einfache Addition der Punktzahlen oder eine anderes mathematisches Aggregationsverfahren. Vielmehr wird eine verbal-argumentative Bewertung vorgenommen, die die verschiedenen Kriterien zusammenfasst.

Die Bewertung innerhalb der einzelnen Bewertungskriterien orientiert sich an der Spanne der - in den im Vergleich einbezogenen Verfahren - auftretenden Abfall-, Emissions- oder Energiemengen bzw. der entsprechenden Risiken. Eine derartige quantitative Bewertung wird aber nur in den Fällen möglich sein, in denen tatsächlich auch die entsprechenden Datengrundlagen vorhanden sind.

Liegt beispielsweise der Energieverbrauch verschiedener Vorbehandlungsverfahren wie bei AS 120109* zwischen 2 und 1.000 kWh je m³, beträgt die Spanne 998 kWh.

Die Zuordnung wie bewertet wird, erfolgt nach folgendem Schema (beispielhaft dargestellt am Energieverbrauch; gilt nur für das Beispiel der Vorbehandlungsverfahren, bei den Verwertungsverfahren erfolgt eine andere Vorgehensweise):

- ▶ < 20 % (hier < 200 kWh) = **1** = kein/geringer Energieverbrauch
- ▶ 20 % bis 50 % (hier 200 bis 500 kWh) = **2** = Mittlerer Energieverbrauch;
- ▶ > 50 % (hier > 500 kWh) = **3** = hoher Energieverbrauch.

Absehbar ist schon, dass bei sehr geringen Differenzen zwischen den einzelnen Verfahren die Spanne unter Umständen weiter angesetzt werden muss, um minimale Unterschiede nicht zu hoch zu bewerten.

7.2.3 Vorprüfung auf Ausschlusskriterien

Über die dreistufige Punktebewertung hinausgehend wird zusätzlich ein „K.o.“ als Ausschlusskriterium eingeführt, d.h. im Falle eines K.o. bei einem bestimmten Bewertungskriteriums bedeutet dies den Ausschluss des Verfahrens. Ist ein Sonderabfall beispielsweise stark toxisch belastet (z. B. durch Dioxine), so stellt dies beim Bewertungskriterium „Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis“ ein Ausschlusskriterium (K.o.) für die stoffliche Verwertung dar, selbst wenn nur eine sehr geringe Schadstoffanreicherung/-verschleppung in die Verwertungsfraktion (Einstufung **1**) vorliegen würde.

Die Gesamtbewertung muss auch dem Umstand Rechnung tragen, dass bestimmte Abfälle aufgrund ihrer Zusammensetzung bzw. Schadstoffbelastung nicht für die Verbrennung in einem Kraftwerk oder

Zementwerk geeignet sind. Bestimmte Bewertungskriterien (z. B. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen oder Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft) müssen dann wiederum auch als K.o. eingestuft sein:

- ▶ Humantoxikologisch sehr belastete Abfälle sollen nicht in Anlagen verwertet werden, in denen ein umfangreiches Handling zu hohen Risiken für die Mitarbeiter führen,
- ▶ Stark mit Quecksilber oder Halogenen belastete Abfälle sollen nicht mitverbrannt werden, letztere auch nicht in MVA'n,
- ▶ Abfälle bei denen aufgrund der Zusammensetzung und Schadstoffbelastung eine Verschleppung von besonders kritischen Stoffen in das Produkt unterstellt werden müssen, sollen nicht stofflich verwertet werden. Dieses K.o. gilt auch für energetische Verwertung in Produktionsprozessen, wenn eine Verschleppung in das Produkt nicht ausgeschlossen werden kann.

Beispielsweise sollten die Abfallschlüssel „AS 070504* Organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Pharmazeutika)“ und „AS 070404* Organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln und anderen Bioziden)“ bei entsprechender Zusammensetzung und Schadstoffbelastung generell für alle stoffliche Verwertungsverfahren ausgeschlossen werden (K.o. beim Bewertungskriterien Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis). Ausnahmen sollen dann möglich sein, wenn die Verwertungserzeugnisse wieder im gleichen Produktionsprozess eingesetzt werden. Zumindest „AS 070404* Organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln und anderen Bioziden)“ sollten bei entsprechender Schadstoffbelastung auch von der energetische Verwertung im Zementwerk und im Kraftwerk ausgeschlossen werden (K.o. beim Bewertungskriterien Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen).

Generell sollte in solchen eine Einzelfallprüfung durchgeführt werden, bei der die konkrete Zusammensetzung der Abfälle bekannt ist. Bei unklarer Zusammensetzung sollte jedoch nach dem Vorsorgeprinzip ein Ausschluss erfolgen (K.o. Einstufung).

7.2.4 Bewertungsindikatoren

7.2.4.1 Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs

Für die Einstufung der Hochwertigkeit eines Verwertungsverfahrens ist der als Wertstoff im Wirtschaftskreislauf verbleibende Anteil des Abfallinputs von großer Bedeutung. Daher ist hier die Frage zu beantworten, welcher Anteil des Abfalls durch das Verwertungsverfahren als Wertstoff im Wirtschaftskreislauf verbleibt.

Bei dieser Fragestellung werden nur direkt der Abfall und dessen Verbleib im Wirtschaftskreislauf adressiert. Sekundäre Effekte, wie die potenzielle Rohstoffschonung durch die Substitution von energetischen Ressourcen bei der energetischen Verwertung, werden nicht hier, sondern in den Kapiteln „Energie“ und „Treibhausgasemissionen“ (Gutschriften durch die Einsparung von Primärbrennstoffen bzw. Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Primärprodukten) betrachtet.

- ▶ **1** Wertstoff bleibt ganz oder zu hohem Anteil im Wirtschaftskreislauf
- ▶ **2** Wertstoff bleibt zu mittlerem Anteil im Wirtschaftskreislauf
- ▶ **3** Wertstoff bleibt zu geringem/keinem Anteil im Wirtschaftskreislauf

7.2.4.2 Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis

Eine Schadstoffanreicherung im Verwertungserzeugnis sollte auf keinen Fall stattfinden. Geringfügige Schadstoffverschleppungen ins Verwertungserzeugnis werden sich nicht immer vollständig vermei-

den lassen. Die im Verwertungserzeugnis verschleppten oder verbliebenen Schadstoffkonzentrationen sollten aber nicht höher sein, als in der Neuware, die ersetzt wird.

Bei der energetischen Verwertung in Feuerungsanlagen, Müll- und Sondermüllverbrennungsanlagen wird kein Verwertungserzeugnis hergestellt, in das Schadstoffe verschleppt und angereichert werden.

Beim Einsatz in Produktionsanlagen, z. B. in Zementwerken, kann ein Teil der Schadstoffe im hergestellten Erzeugnis verbleiben.

- ▶ **1** keine Schadstoffanreicherung/-verschleppung
- ▶ **2** geringe Schadstoffverschleppung*¹
- ▶ **3** mittlere/hohe Schadstoffanreicherung/-verschleppung*²

*1 Konzentration im Verwertungserzeugnis nicht höher als in der ersetzten Neuware.

*2 Konzentration im Verwertungserzeugnis höher als in der ersetzten Neuware.

7.2.4.3 Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen

Werden die im Abfall enthaltenen Schadstoffe (i.d.R. organische Stoffe) bei einem stofflichen Verwertungsverfahren vollständig zerstört, stellt bereits das Verwertungsverfahren eine Senke dar.

Werden im Abfall enthaltene, durch Verbrennung zerstörbare Schadstoffe (i.d.R. organische Stoffe) bei einem energetischen Verwertungsverfahren vollständig zerstört, stellt das Verwertungsverfahren für den im Abfall enthaltenen Anteil dieser Schadstoffe eine Senke dar. Das gleiche gilt, wenn Schadstoffe auf andere Weise, z. B. bei einer chemisch-physikalischen Behandlung, vollständig zerstört werden.

Werden die im Abfall enthaltenen Schadstoffe nur in einen Teilstrom (Restabfall) überführt oder in ihm zurückgehalten und damit aufkonzentriert, stellt sich die Frage, ob dieser Teilstrom (Restabfall) anschließend in eine (geschlossene) Senke überführt wird. Hier ist also die Prozesskette weiter zu betrachten.

Als Senken kommen die vollständige Zerstörung der Schadstoffe in einem nachgeschalteten Verfahren sowie die Verbringung nach Untertage (UTD [Untertagedeponie], Versatz) in Betracht. Bei einer oberirdischen Deponie handelt es sich um eine geschlossene Senke, die die Senkenfunktion i.d.R. nur über einen begrenzten Zeitraum erfüllen kann.

Die Einbindung von Schadstoffen beispielsweise in Zement bzw. Beton oder Asphalt stellt keine geschlossene Senke dar.

Werden

- ▶ alle enthaltenen Schadstoffe vollständig zerstört oder
- ▶ ein Teil der enthaltenen Schadstoffe vollständig zerstört und der übrige Teil der enthaltenen Schadstoffe mit den entstehenden Abfällen in eine UTD oder den Versatz verbracht,

handelt es sich um eine langfristig geschlossene Senke (**1**).

Werden alle enthaltenen Schadstoffe mit den entstehenden Abfällen auf eine oberirdische Deponie verbracht, handelt es sich um eine geschlossene Senke mit langfristig höherem Freisetzungsrisko (**2**).

Ein Mix aus **1** und der Verbringung auf eine Deponie (**2**) ist mit **2** zu bewerten und es ist in der Begründung darauf hinzuweisen, dass die Bewertung tatsächlich zwischen **1** und **2** liegt. Es sei denn, es liegen eindeutige Indizien dafür vor, dass der vollständig zerstörte Schadstoffanteil sehr deutlich überwiegt oder der auf Deponien abgelagerte Anteil äußerst gering ist. Dann kann auch mit **1** bewertet werden.

Ein Mix aus **1**, **2** und **3** wird normalerweise mit **3** bewertet. Er kann mit **2** bewertet werden, wenn der mit **3** bewertete Anteil sehr gering ist. Nur im Ausnahmefall, wenn der mit **1** zu bewertende Schadstoffanteil deutlich überwiegt (> 70 %), und der Anteil der nach **3** zu bewerten ist sehr gering ist

(<< 5 %) kann dieser Mix auch mit **1** bewertet werden. Dann ist in der Begründung darauf hinzuweisen, dass die Bewertung tatsächlich zwischen **1** und **2** liegt.

Ein Mix aus **1** und **3** ist ebenfalls mit **2** zu bewerten, es sei denn, dass der mit **3** zu bewertende Schadstoffanteil deutlich überwiegt, dann ist mit **3** zu bewerten.

Wenn keine Zerstörung der enthaltenen Schadstoffe erfolgt, handelt es sich um keine geschlossene Senke (**3**). Gleiches gilt, wenn alle enthaltenen Schadstoffe in Produkte (Zement, Beton, Asphalt) gelangen oder bei Baumaßnahmen (Straßen und Wege, Schallschutzwälle etc.) eingesetzt werden.

- ▶ **1** langfristig geschlossene Senke (vollständige Zerstörung, UTD, Versatz)
- ▶ **2** geschlossene Senke mit langfristig höherem Freisetzungsrisko (Deponie, Mix aus 1, 2 und 3 wie beschrieben)
- ▶ **3** keine geschlossene Senke (Zement, Beton, Asphalt, Straßen- u. Wegebau etc.)

7.2.4.4 Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz

Bei allen stofflichen Verwertungsverfahren kommen Rohstoffe und/oder andere Betriebsmittel zur Herstellung des Verwertungserzeugnisses sowie zur Behandlung des entstehenden Abwasser und des Abgases zum Einsatz. Die aufgrund des Abfalleinsatzes benötigten Rohstoff- und Betriebsmittelmengen sollten so gering wie möglich gehalten werden. Daher ist hier die Frage zu beantworten, ob die benötigten Mengen an Rohstoffen und Betriebsmitteln gering, mittel oder hoch sind.

Bei allen energetischen Verfahren kommen Betriebsmittel zur Behandlung des entstehenden Abgases zum Einsatz.

Da der Rohstoff- und Betriebsmitteleinsatz bei den Verfahren je nach Abfallart sehr unterschiedlich sein kann, ist ein Vergleich nur innerhalb einer Abfallart sinnvoll.

- ▶ **1** kein/geringer Verbrauch/Einsatz
- ▶ **2** mittlerer Verbrauch/Einsatz
- ▶ **3** hoher Verbrauch/Einsatz

7.2.4.5 Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle

Bei vielen Verfahren entstehen zusätzliche Abfälle. Um einen zusätzlich anfallenden Abfall handelt es sich dann, wenn seine Inhaltsstoffe in dem zur Verwertung angenommenen ursprünglichen Abfall der entsprechenden Schlüsselnummer nicht enthalten waren, sondern erst bei dem Verwertungsverfahren entstehen oder bei diesem zugesetzt wurden.

So handelt es sich beispielsweise bei einem zu entsorgenden Destillationsrückstand, in dem nur die Stoffe enthalten sind, die bereits im Ausgangsabfall enthalten waren, nicht um einen zusätzlich anfallenden Abfall.

Bei der energetischen Verwertung entstehen zusätzliche Abfälle, die insbesondere als Anteil in der Asche/Schlacke, in den Filterstäuben und in anderen Rauchgasreinigungsrückständen enthalten sind.

Die Masse des zusätzlich entstehenden Abfalls sollte möglichst gering sein. Insbesondere dann, wenn eine Verwertung nicht möglich ist. Daher ist hier der Frage nachzugehen, ob diese zusätzlich entstehenden Abfälle verwertet oder beseitigt werden. Anzugeben ist, ob der verwertbare Anteil hoch, mittel oder gering ist. Unter Umständen fallen auch keine zusätzlichen Abfälle an oder alle zusätzlich anfallenden Abfälle können stofflich oder energetisch verwertet werden.

Nur wenn die Qualität der Abfälle sehr bedeutend ist, es sich beispielsweise um hochtoxische Abfälle handelt und deshalb ein besonderes Risikopotenzial von diesen ausgeht, wird die Bewertung um den qualitativen Aspekt erweitert.

- ▶ **1** kein/geringer nicht verwertbarer Abfallanfall, keine gefährlichen Abfälle
- ▶ **2** mittlerer nicht verwertbarer Abfallanfall, keine oder sehr wenige gefährliche Abfälle
- ▶ **3** hoher nicht verwertbarer Abfallanfall oder mittlerer nicht verwertbarer Abfallanfall, wenn es sich um gefährliche Abfälle handelt

7.2.4.6 Energie

Bei allen Verfahren (Vorbehandlung, stoffliche und energetische Verwertung) wird entweder Energie verbraucht (Vorbehandlung und stoffliche Verwertung) oder Energie erzeugt (energetische Verwertung).

Der Energieverbrauch sollte bei der Vorbehandlung und stoffliche Verwertung so gering wie möglich sein.

Bei der energetischen Verwertung soll die im Abfall enthaltene Energie genutzt werden. Die Bewertung fällt daher umso besser aus, je mehr der im Abfall enthaltenen Energie tatsächlich in Strom und Wärme bzw. Prozesswärme umgewandelt wird und genutzt werden kann (Energieauskopplung¹⁸). Der energetische Netto-Wirkungsgrad, also die netto ausgekoppelte Energiemenge, bei dem der Eigenbedarf der Anlage abgezogen ist, ist daher von entscheidender Bedeutung.

Durch die Nutzung der im Abfall enthaltenen Energie wird eine entsprechende Menge an Primärbrennstoffen substituiert bzw. eingespart. Bei der Sonderabfallverbrennungsanlage hängt die tatsächlich eingesparte Menge an Primärbrennstoffen davon ab, wie viel Strom und/oder Wärme konkret erzeugt und ausgekoppelt wird. Die Einsparung an Primärbrennstoffen wird mittels einer Gutschrift auch beim Kriterium „Treibhausgasemissionen“ berücksichtigt.

Der energetische Wirkungsgrad kann bei Feuerungs- sowie Müll- und Sonderabfallverbrennungsanlagen nicht eindeutig bestimmt werden, da er davon abhängig ist, ob nur Strom oder nur Wärme oder beides erzeugt wird. Dies ist je nach Anlage unterschiedlich.

Bei der stofflichen Verwertung ist der Energiegehalt des Abfalls (oder Teile des Energiegehalts) noch im Verwertungsprodukt vorhanden und kann potenziell noch verwertet werden. Dieses Potenzial wird in vorliegender Betrachtung vereinfachend nicht berücksichtigt, da der tatsächliche Verbleib des Verwertungsprodukts nach dessen Lebensende und somit auch eine potenzielle Nutzung des Energiegehalts nicht vorhersehbar sind. Entsprechend bleibt bei der stofflichen Verwertung auch eine potenzielle Einsparung an Primärbrennstoffen unberücksichtigt.

- ▶ **1** hoher Grad an Netto-Energieauskopplung verbunden mit hoher Einsparung an Primärbrennstoffen
- ▶ **2** geringer bis mittlerer Grad an Netto-Energieauskopplung verbunden mit geringer bis mittlerer Einsparung an Primärbrennstoffen
- ▶ **3** Energieverbrauch bzw. keine Netto-Energieauskopplung verbunden mit keiner Einsparung an Primärbrennstoffen bzw. Verbrauch an Primärbrennstoffen

7.2.4.7 Treibhausgasemissionen

Bei Verfahren zur Herstellung von Verwertungserzeugnissen können Treibhausgase emittiert werden. Ihre Emissionen sollten so gering wie möglich sein.

Es werden zunächst die direkten Treibhausgasemissionen aus dem Umgang mit dem Abfall¹⁹ berücksichtigt. Hinzu kommen dann die Emissionen aus dem Energieverbrauch (z. B. Strom oder Wärme).

¹⁸ Beim Zementwerk wird die resultierende Prozesswärme direkt im Prozess genutzt, eine Energieauskopplung findet in dem Sinne also nicht statt. Vereinfachend wird der Begriff Energieauskopplung dennoch auch für das Zementwerk angewendet.

¹⁹ Inklusive der zusätzlich entstehenden Abfälle.

Bei der energetischen Verwertung werden direkte CO₂-Emissionen durch die Verbrennung emittiert und es können – mit gegenläufigem Vorzeichen – Gutschriften durch die Abgabe von Strom und Wärme oder die Einsparung von Primärbrennstoffen vergeben werden. Bei der stofflichen Verwertung wiederum fallen keine direkten CO₂-Emissionen an, aber es resultiert eine Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Primärprodukten, so dass insgesamt eine Einsparung an Treibhausgasemissionen resultiert.

Nachfolgend wird am Beispiel von drei Abfällen (ein Öl und zwei Lösemittel) die Vorgehensweise erläutert. Die Beispiele können als Orientierungshilfe für die Bewertung der Sonderabfälle herangezogen werden. Bei der stofflichen Verwertung sind die Ausbeute an Verwertungsprodukt und der „Veredlungsgrad“ des Produkts wesentliche Einflussfaktoren. Bei den energetischen Verfahren spielt beim Zementwerk oder der Kraftwerksfeuerung die Frage, welcher Energieträger konkret durch den betrachteten Sonderabfall ersetzt wird, eine wichtige Rolle. Im Zweifelsfall müssen für die spezifischen Abfälle jeweils vereinfachende Berechnungen der Treibhausgasemissionen durchgeführt werden.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die Bewertung immer in Abhängigkeit der Zusammensetzung und Beschaffenheit des Abfalls steht. Die tatsächlichen Treibhausgasemissionen bzw. die erzielbaren Einsparungen hängen bspw. von dem Heizwert und dem Anteil an fossilem Kohlenstoff des Abfalls ab. Deshalb können keine abschließenden Bandbreiten als Grundlage für die Bewertung gegeben werden. Diese müssen jeweils im direkten Vergleich für den jeweiligen Abfall bestimmt werden.

► **Öl (einfaches Öl; Substitution auf der Stufe eines Vorprodukts)**

Bei der stofflichen Verwertung entsteht als Verwertungsprodukt 1kg eines Öles (vereinfachend wird angenommen, dass aus 1 kg Abfall 1 kg Verwertungsprodukt (Öl) entsteht). Dadurch wird die Neuherstellung dieses Öles auf der Stufe eines Vorprodukts vermieden. Es resultiert eine Gutschrift von -0,4 kg CO₂eq pro kg des Öles. Hinzu kommt eine Lastschrift von 0,7 kg CO₂eq pro kg des Öles für den Strombedarf beim Verwertungsverfahren. Mit keinen direkten Emissionen, der hohen Gutschrift und der Lastschrift (Strom) resultiert in Summe eine Lastschrift von ungefähr 0,3 kg CO₂eq pro kg Abfall. Daher wird die stoffliche Verwertung mit 2 eingestuft.

Bei der alternativen Verbrennung von 1 kg des obigen Abfalls (wiederum vereinfachend 1 kg Öl) entstehen im Zementwerk 3,2 kg CO₂eq (Lastschrift). Durch die Verbrennung von 1kg Öl wird im Zementwerk die Verbrennung von 1,4 kg Steinkohle substituiert. Daraus resultiert eine Gutschrift für 1,4 kg Steinkohle in Höhe von -3,8 kg CO₂eq. Aus der Lastschrift für die Verbrennung des Öls und der Gutschrift für die Substitution der Steinkohle resultiert in Summe eine Einsparung von ungefähr -0,6 kg CO₂eq. Für das Zementwerk würde dann aus den hohen direkten Treibhausgasemissionen (Lastschrift) und den nochmals deutlich höheren Gutschriften die Einstufung 1 resultieren.

► **Lösemittel THF (Tetrahydrofuran)**

Bei der stofflichen Verwertung entsteht als Verwertungsprodukt 1kg THF (vereinfachend wird angenommen, dass aus 1 kg Abfall 1 kg Verwertungsprodukt (THF) entsteht). Dadurch wird die Neuherstellung von THF vermieden. Es resultiert eine Gutschrift von -6,2 kg CO₂eq pro kg THF. Hinzu kommt eine Lastschrift von 0,7 kg CO₂eq pro kg THF für den Strombedarf beim Verwertungsverfahren. Mit keinen direkten Emissionen, der sehr hohen Gutschrift und der Lastschrift (Strom) resultiert in Summe eine Gutschrift von ungefähr -5,5 kg CO₂eq pro kg Abfall. Daher wird die stoffliche Verwertung mit 1 eingestuft.

Bei der alternativen Verbrennung von 1 kg des obigen Abfalls (wiederum vereinfachend 1 kg THF) entstehen im Zementwerk 1,6 kg CO₂eq (Lastschrift). Durch die Verbrennung von 1kg THF wird im Zementwerk die Verbrennung von 1,1 kg Steinkohle substituiert. Daraus resultiert eine Gutschrift für 1,1 kg Steinkohle in Höhe von -3,0 kg CO₂eq. Aus der Lastschrift für die Verbrennung von THF und der Gutschrift für die Substitution der Steinkohle resultiert in Summe eine Einsparung von ungefähr -1,3

kg CO₂eq. Für das Zementwerk würde dann aus den hohen direkten Treibhausgasemissionen (Lastschrift) und den nochmals deutlich höheren Gutschriften die Einstufung 1 resultieren.

► **Lösemittel Aceton**

Bei der stofflichen Verwertung entsteht als Verwertungsprodukt 1kg Aceton (vereinfachend wird angenommen, dass aus 1 kg Abfall 1 kg Verwertungsprodukt (Aceton) entsteht). Dadurch wird die Neuerstellung von Aceton vermieden. Es resultiert eine Gutschrift von -2,3 kg CO₂eq pro kg Aceton. Hinzu kommt eine Lastschrift von 0,7 kg CO₂eq pro kg Aceton für den Strombedarf beim Verwertungsverfahren. Mit keinen direkten Emissionen, der hohen Gutschrift und der Lastschrift (Strom) resultiert in Summe eine Gutschrift von ungefähr -1,6 kg CO₂eq pro kg Abfall. Daher wird die stoffliche Verwertung mit 1 eingestuft.

Bei der alternativen Verbrennung von 1 kg des obigen Abfalls (wiederum vereinfachend 1 kg Aceton) entstehen im Zementwerk 1,3 kg CO₂eq (Lastschrift). Durch die Verbrennung von 1kg Aceton wird im Zementwerk die Verbrennung von 1,0 kg Steinkohle substituiert. Daraus resultiert eine Gutschrift für 1,0 kg Steinkohle in Höhe von -2,7 kg CO₂eq. Aus der Lastschrift für die Verbrennung von Aceton und der Gutschrift für die Substitution der Steinkohle resultiert in Summe eine Einsparung von ungefähr -1,4 kg CO₂eq. Für das Zementwerk würde dann aus den hohen direkten Treibhausgasemissionen (Lastschrift) und den nochmals deutlich höheren Gutschriften die Einstufung 1 resultieren.

► **Lösemittel Aceton; aber halbiertes Heizwert aufgrund Mischung mit anderen heizwertarmen Stoffen (Annahme nur 50 % Aceton)**

Bei der stofflichen Verwertung entsteht als Verwertungsprodukt 0,5 kg Aceton (vereinfachend wird angenommen, dass aus 1 kg Abfall 0,5 kg Verwertungsprodukt (Aceton) entsteht). Dadurch wird die Neuerstellung von Aceton vermieden. Es resultiert eine Gutschrift von -1,1 kg CO₂eq pro 0,5 kg Aceton. Hinzu kommt eine Lastschrift von 0,7 kg CO₂eq pro 0,5 kg Aceton bzw. 1kg Abfall für den Strombedarf beim Verwertungsverfahren. Mit keinen direkten Emissionen, der Gutschrift und der Lastschrift (Strom) resultiert in Summe eine Gutschrift von ungefähr -0,4 kg CO₂eq pro kg Abfall. Daher wird die stoffliche Verwertung mit 2 eingestuft.

Bei der alternativen Verbrennung von 1 kg des obigen Abfalls (wiederum vereinfachend 0,5 kg Aceton) entstehen im Zementwerk 0,7 kg CO₂eq (Lastschrift). Durch die Verbrennung von 1kg Abfall bzw. 0,5kg Aceton wird im Zementwerk die Verbrennung von 0,5 kg Steinkohle substituiert. Daraus resultiert eine Gutschrift für 0,5 kg Steinkohle in Höhe von -1,4 kg CO₂eq. Aus der Lastschrift für die Verbrennung von Aceton und der Gutschrift für die Substitution der Steinkohle resultiert in Summe eine Einsparung von ungefähr -0,7 kg CO₂eq. Für das Zementwerk würde dann aus den direkten Treibhausgasemissionen (Lastschrift) und den höheren Gutschriften die Einstufung 1 resultieren.

- **1** deutliche Netto-Einsparung an Treibhausgasemissionen
- **2** ungefähr neutrale Treibhausgasbilanz
- **3** deutliche Netto-Verursachung von Treibhausgasemissionen

7.2.4.8 Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft

Schadstofffreisetzungen in die Luft erfolgen über die Abgasreinigung und diffus, beispielsweise bei offenen innerbetrieblichen Transporten, über die Atmung von Lagerbehältern im Freien und/oder über die Raumluft, wenn diese nicht über eine Abgasreinigung geführt wird. Je geringer die Schadstofffreisetzungen sind, desto besser wird das Verfahren bewertet.

In die Bewertung mit einzubeziehen sind somit nicht nur die Schadstofffreisetzungen über die Abgasreinigung, sondern auch diejenigen, die diffus erfolgen. Beim vorliegenden Kriterium gilt es also qualitativ zu bewerten, wie hoch das Potenzial der oben beschriebenen Möglichkeiten der Schadstofffreisetzung ist. Das Risiko unbeabsichtigter Schadstofffreisetzungen beispielsweise durch Stör- und Unfälle

le oder nicht fachgerechtes Handling wird nicht hier sondern im Kapitel zum „Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen“ berücksichtigt.

- ▶ **1** kein/geringes Potenzial
- ▶ **2** mittleres Potenzial
- ▶ **3** hohes Potenzial

7.2.4.9 Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächengewässer)

Über das Abwasser finden in der Regel bei allen Verfahren Schadstofffreisetzungen in Oberflächengewässern statt, entweder direkt (in der Regel nach einer betriebsinternen Abwasserbehandlung) oder indirekt über eine Kläranlage. Ihre Höhe ist abhängig von der Qualität der Abwasserbehandlung und den festgelegten Einleitgrenzwerten. Je geringer die Schadstofffreisetzungen sind, desto vorteilhafter ist das Verfahren. In bestimmten Fällen kann und wird das Abwasser nach einer internen Behandlung im Verfahren oder im Betrieb auch wieder eingesetzt, so dass keine Schadstofffreisetzungen über das Abwasser erfolgen.

Beim vorliegenden Kriterium gilt es qualitativ zu bewerten, wie hoch das Potenzial der oben beschriebenen Möglichkeiten der Schadstofffreisetzung ist.

Das Risiko unbeabsichtigter Schadstofffreisetzungen beispielsweise durch Stör- und Unfälle oder nicht fachgerechtes Handling wird nicht hier sondern im Kapitel zum „Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen“ berücksichtigt.

- ▶ **1** kein/geringes Potenzial
- ▶ **2** mittleres Potenzial
- ▶ **3** hohes Potenzial

7.2.4.10 Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen

Alle Verfahren können sowohl für die Arbeitnehmer als auch für die direkte Nachbarschaft negative Auswirkungen auf ihre Gesundheit haben. Ebenso können negative Auswirkungen auf die Umwelt verursacht werden. Dafür gilt es mögliche Bodenkontaminationen und Umweltauswirkungen über den Wasserpfad zu betrachten.

Bei den Arbeitnehmern werden mögliche Auswirkungen durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes verringert. Hier kommt beispielsweise

- ▶ kein Arbeiten in schlecht gelüfteten Räumen,
- ▶ kein offenes Handhaben von Abfällen mit gefährlichen Eigenschaften,
- ▶ die Zurverfügungstellung und Nutzung von Schutzkleidung und anderen Schutzausrüstungen sowie
- ▶ die umfassende Unterweisung hinsichtlich der erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen und der bei Betriebsstörungen zu ergreifenden Maßnahmen

in Betracht.

Für die direkte Nachbarschaft können sich Gesundheitsgefahren insbesondere durch die Emissionen von Luftschadstoffen bei Betriebsstörungen mit erhöhten Freisetzungen ergeben. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass Betriebe ihre Arbeitnehmer und die direkte Nachbarschaft bewusst erhöhten Gesundheitsgefahren aussetzen, ist hier das Risiko von erhöhten Gesundheitsgefahren durch Bedienungsfehler, Betriebsstörungen und Unfälle zu bewerten.

Unter Umständen kann es auch zu unbeabsichtigten direkten Schadstofffreisetzungen in Oberflächengewässern kommen, wenn beispielsweise Abfälle beim Handling verschüttet werden und bei Regen das Regenwasser nicht über die Abwasserbehandlung geführt wird.

Schadstofffreisetzung in den Boden sollten ebenfalls nur unbeabsichtigt erfolgen. Zu bewerten ist hier das Risiko unbeabsichtigter Schadstofffreisetzung, z. B. durch Verschütten sowie Behälter- und Rohrleitungsleckagen, in Verbindung mit der Möglichkeit, dass Abfälle in den Boden gelangen können. Dabei ist Boden- und Grundwasserkontamination zu berücksichtigen.

Generell als relativ sicher und damit vorteilhaft können Verfahren gelten, bei denen die Abfälle und andere eingesetzte oder entstehende Stoffe in geschlossenen Kreisläufen gehalten werden.

Das Risiko steigt mit der Komplexität der Anlagentechnik sowie mit der Anzahl der manuellen Arbeiten und der Anzahl der erforderlichen Bedienungen und Kontrollen durch Arbeitnehmer (Risiko des menschlichen Versagens).

Mit Blick auf eine mögliche Bodenkontamination ist das Risiko beispielsweise dann hoch, wenn Flächen auf denen Abfälle gelagert, umgeschlagen, transportiert oder gehandhabt werden oder über die Rohrleitungen führen, nicht undurchlässig sind und/oder Fugen nicht ausreichend dicht oder defekt sind.

Generell sinkt das Risiko mit der Qualität der installierten Sicherheitstechnik. Das Risiko wird auch in dem Maße geringer, je weniger innerbetriebliche Umschlagvorgänge, Transporte und/oder Handling stattfinden und mit Blick auf Bodenkontaminationen je besser die betroffenen Flächen versiegelt sind und in Stand gehalten werden.

Die Bedeutung dieses Bewertungskriteriums ist umso höher, je schadstoffhaltiger die Abfallart ist.

- ▶ 1 geringes Risiko
- ▶ 2 mittleres Risiko
- ▶ 3 hohes Risiko

7.3 Gesamtbewertungen der eingesetzten Verwertungsverfahren

Der in § 6 Abs. 1 KrWG festgelegte Grundsatz zur Abfallhierarchie besagt, dass das Recycling von Abfällen bzw. ihren Inhaltsstoffen einen höheren Rang besitzt als die sonstige Verwertung. Bei der sonstigen Verwertung werden insbesondere die energetische Verwertung und die Verfüllung (Versatz) genannt.

Ausgehend von dieser Rangfolge soll nach § 6 Abs. 2 KrWG diejenige Maßnahme (Verwertungsverfahren) den Vorrang haben, die – unter Betrachtung des gesamten Lebenszyklus des Abfalls – den Schutz von Mensch und Umwelt unter Berücksichtigung des Vorsorge und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet. Neben der technischen Möglichkeit und der wirtschaftlichen Zumutbarkeit sind dabei insbesondere

- ▶ die zu erwartenden Emissionen,
- ▶ das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen,
- ▶ die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie
- ▶ die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen

zu berücksichtigen.

Danach hat das Recycling von Abfällen Vorrang vor der energetischen Verwertung, wenn es technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Davon abgewichen werden kann nur dann, wenn das energetische Verwertungsverfahren Vorteile hinsichtlich des Schutzes von Mensch und Umwelt aufweist oder wenn beide Verfahren in diesem Bezug gleichrangig sind.

Für die Bewertung der Verwertungsverfahren stellt sich demnach die Frage, ob ein oder mehrere energetische Verwertungsverfahren hinsichtlich des Schutzes von Mensch und Umwelt besser abschneiden als die zur Verfügung stehenden stofflichen Verwertungsverfahren. Dies kann beispielsweise

se der Fall sein, wenn bei der Verwertung eines Abfalls relevante Kriterien hinsichtlich des Schutzes von Mensch und Umwelt bei allen für diesen Abfall zur Verfügung stehenden stofflichen Verwertungsverfahren schlechter bewertet werden als bei energetischen Verwertungsverfahren.

Die nach § 6 Abs. 2 KrWG insbesondere zu berücksichtigenden Punkte können wie folgt beschrieben werden.

► **Zu erwartende Emissionen**

Emissionen sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliches.

► **Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen**

Die Schonung der natürlichen Ressourcen bezieht sich auf Primärrohstoffe und Primärenergie, die durch den Einsatz von Abfällen ersetzt werden können. Dabei ist es aber von Bedeutung, ob lediglich ein Primärrohstoff oder ein in der Produktionskette höher stehender Stoff ersetzt wird, da dann bereits die in der Vorkette eingesetzten Ressourcen vermieden werden.

► **Einzusetzende oder zu gewinnende Energie**

Beim Recycling (stoffliche Verwertung) wird in aller Regel Energie eingesetzt werden müssen. Bei der energetischen Verwertung wird Energie gewonnen. Dabei spielt aber nicht nur der Heizwert des eingesetzten Abfalls eine Rolle, sondern auch die Energieeffizienz der jeweiligen Anlage. Um diese Differenz beim Bewertungssystem zu verdeutlichen, wurde nur die bei der Verwertung der Abfälle verbrauchte oder bereitgestellte Energie berücksichtigt. Durch die Bereitstellung von Produkten aus der stofflichen Verwertung wird aber auch Energie eingespart, die für die Primärproduktion dieser Produkte dann nicht mehr eingesetzt werden muss. Darüber hinaus bleibt der Energieinhalt der Abfälle bei der stofflichen Verwertung normalerweise weitgehend erhalten und kann abhängig von der tatsächlichen Verwendung nach einem oder mehreren stofflichen Recyclingzyklen immer noch energetisch genutzt werden (Kaskadennutzung). Berücksichtigt man also den gesamten Lebenszyklus, ist bezüglich der Energiebilanz bei stofflichen und energetischen Verwertungsverfahren insgesamt von ähnlichen Ergebnissen auszugehen.

► **Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen**

Nach § 7 Abs. 3 Satz 3 ist eine Verwertung ausgeschlossen, wenn sie zu einer Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf führt. Da eine Schadstoffverschleppung in Verwertungserzeugnisse aber nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, was vom Gesetzgeber auch nicht verlangt wird, ist hier der Vergleich mit dem Schadstoffgehalt des Erzeugnisses, das ersetzt werden soll, von Bedeutung.

Die verwendeten **Bewertungskriterien** können diesen obigen Punkten wie folgt zugeordnet werden:

1. Zu erwartende Emissionen:
 - Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft,
 - Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächengewässer),
 - Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen.
2. Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen:
 - Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs,
 - Auf welcher Stufe substituiert das Verwertungserzeugnis Neeware,
 - Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz.

3. Einzusetzende oder zu gewinnende Energie:
 - ▶ Energie (Verbrauch/Erzeugung) und
 - ▶ Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen).
4. Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen
 - ▶ Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis und
 - ▶ Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen.

Die Bewertung in diesem Projekt erfolgt auf der „groben“ Ebene der AVV-Schlüssel. Erfahrungsgemäß weisen die einzelnen Abfälle, die einem Abfallschlüssel zugeordnet sind, erhebliche Schwankungsbreiten bezüglich Zusammensetzung, Beschaffenheit und Schadstoffgehalten auf. Die abschließende Bewertung kann deshalb erst im konkreten Einzelfall erfolgen, wenn diese Daten bekannt sind. Das gleiche gilt bezüglich exakter Daten der zur Frage stehenden Abfallbehandlungsanlagen.

Das heißt, die Prüfung auf der Ebene der AVV-Schlüssel kann nur Hinweise darauf geben, ob die Abfallhierarchie wegen ökologischer Aspekte entweder grundsätzlich in Frage gestellt werden sollte oder ob die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass eine Einzelfallprüfung dazu führen könnte.

Auf der Ebene der AVV-Schlüssel können sich dennoch prinzipiell ähnliche Ergebnisse ergeben, die häufig von der konkreten Schadstoffbelastung der einzelnen Abfälle abhängen. So weist die SAV besonders dann Vorteile auf, wenn aufgrund sehr hoher Schadstoffgehalte des Abfalls im Einzelfall Mitarbeiter beim Umgang einer sehr hohen Gefährdung ausgesetzt sein können und/oder eine Verschleppung in das Produkt zu erheblichen Schäden und Gefährdungen bei der weiteren Nutzung führen könnte.

Die Bewertungsmethode kann nach entsprechender Anpassung auch für eine konkrete Prüfung im Einzelfall herangezogen werden.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Einzelergebnisse für die Abfallarten nach AVV-Schlüsseln, jedes Verwertungsverfahren und jedes Kriterium entsprechend der in Kapitel 7.2 beschriebenen Methodik tabellarisch dargestellt. In der Tabelle werden neben der Angabe der vergebenen Punktzahlen auch kurze Begründungen dazu aufgeführt. Anschließend erfolgt jeweils eine zusammenfassende Bewertung.

Detailliertere Informationen zu den jeweiligen Verwertungsverfahren können darüber hinaus den abfallartenbezogenen Verfahrenssteckbriefen (Kapitel 10 bis 36 im Anhangband) entnommen werden.

7.3.1 Bewertungsergebnis für AS 060101* - Schwefelsäure und schweflige Säure (HZVA von Säuren)

Ein gewisser Anteil von Schwefelsäure und schwefliger Säure, die der AVV-Herkunftsgruppe „Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Säuren“ und damit insgesamt der Herstellung chemischer Erzeugnisse (v.a. Kunststoffe, organische und anorganische Grundstoffe, Farben sowie Herstellung von Seifen, Wasch- und Reinigungsmitteln) zuzuordnen sind, wird nach Maßgabe der jeweilig enthaltenen Konzentrationen an rückgewinnbarem SO_3 (bei Schwefelsäure) bzw. SO_2 (bei schwefliger Säure) durch thermische Spaltung aufbereitet und diese Anteile rückgewonnen.

Neben dieser Variante der stofflichen Verwertung kommen in eher seltenen Fällen (3 % der Entsorgungswege gemäß dem Abfallsteckbrief im Anhang) in einigen wenigen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (CPB'n) auch Abfallsäuren des AS 060101* als saure Ersatz-Neutralisationsmittel zum Einsatz. Da dies aber eher eine Ausnahme darstellt, wird hierzu selber keine Verfahrensbewertung erstellt.

Das Verwertungsverfahren der thermischen Spaltung wird im Folgenden mit seiner Bewertung dargestellt.

Abbildung 7-1: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 060101*

Kriterium	Stoffliche Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Thermische Spaltung
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● hoch
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis so gut wie ausgeschlossen
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● nahezu vollständige Schadstoffzerstörung
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● mittlerer bis hoher Verbrauch an Betriebsmitteln
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● nein oder nur sehr gering
6. Energie	● mittlerer bis hoher Energieverbrauch
7. Treibhausgasemissionen	● keine Abfall- und Rückstandsbestandteile vorhanden, die ein Treibhausgaspotenzial besitzen > THG-Bilanz ungefähr neutral
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● mittelhohe Emissionen
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren der thermischen Spaltung schneidet bei der Schonung der natürlichen Ressourcen sehr gut ab, da hierbei der Teil der rückgewinnbaren SO₃ (bei Schwefelsäure) bzw. SO₂ (bei schwefliger Säure) im Wertstoffkreislauf gehalten werden kann.

Zudem ist keine Schadstoffanreicherung in den beiden sekundären Produkten festzustellen.

Die thermische Spaltung schneidet hingegen beim Kriterium Energie durch den mittleren bis hohen spezifischen Energieverbrauch des Verfahrens erwartungsgemäß schlecht ab.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneidet die thermische Spaltung durchschnittlich bis gut ab. Dies gilt auch für das Kriterium des Arbeitsschutzes bzw. dem Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen (kurz: Arbeitsschutz).

Fazit:

Insgesamt sollte eine Aufbereitung der in der chemischen Industrie anfallenden Abfallsäuren über deren thermische Spaltung erfolgen, eine andere Entsorgung dieser Abfälle erscheint vorwiegend entbehrlich.

7.3.2 Bewertungsergebnis für AS 060205* - andere Basen (HZVA von Basen)

Ein gewisser Anteil von Alt-Laugen bzw. Alt-Laugengemischen, die der AVV-Herkunftsgruppe „Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Basen“ zuzuordnen sind, wird nach Maßgabe der jeweilig enthaltenen Aluminium- und Natrium-Konzentrationen chemisch-physikalisch zu markt-gängigen Natriumaluminaten aufbereitet. Neben dieser Variante der stofflichen Verwertung kommen in einigen CPB auch Abfall-Laugen des AS 060205* als Ersatz-Neutralisationsmittel zum Einsatz.

Beide Verwertungsverfahren werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-2: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 060205*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung
	 <p>Chemisch-physikalische Aufbereitung zu Natriumaluminat</p>	 <p>Einsatz als Ersatz-Neutralisationsmittel im CPB-Anlagenbetrieb</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 65 % (bis zu max. 69 %)	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis in sehr geringem Umfang möglich	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe verbleiben in den Behandlungsrückständen (Filterkuchen) aus der Aufbereitung --> Beseitigung auf oberirdischer Deponie	● Schadstoffe verbleiben in den Behandlungsrückständen (Filterkuchen) aus der Sedimentation/ Filtration --> Beseitigung auf oberirdischer Deponie
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln (Natriumsulfid, polymere Flockungsmittel, Schwefelsäure) und Rohstoffen (Aluminiumhydroxiden)	● kein oder nur geringer, zusätzlicher Betriebsmitteleinsatz (z.B. erhöhter Flockungsmittelbedarf)
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen
6. Energie	● mittlerer bis hoher Energieverbrauch	● (CPB-spezifischer) geringer bis mittlerer Energieverbrauch
7. Treibhausgasemissionen	● keine Abfall- und Rückstands-Bestandteile vorhanden, die ein Treibhausgaspotenzial besitzen > THG-Bilanz ungefähr neutral	● keine Abfall- und Rückstands-Bestandteile vorhanden, die ein Treibhausgaspotenzial besitzen > THG-Bilanz ungefähr neutral
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● keine relevanten Emissionen	● keine relevanten Emissionen
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen/ ätzenden Abfällen vorhanden	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen/ ätzenden Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Im Vergleich der beiden stofflichen Verwertungsverfahren schneidet die Aufbereitung zu Natriumaluminaten hinsichtlich der Schonung von natürlichen Ressourcen etwas besser ab als der ersatzweise Einsatz als Neutralisationsmittel, da bei der Substitution von Neutralisationsmitteln im CPB-Anlagenbetrieb keine Erzeugnisse oder Sekundärrohstoffe hergestellt werden, die in den Wirtschaftskreislauf zur weiteren Verwendung gelangen.

Bei zusätzlicher Berücksichtigung der zu erwartenden Emissionen, der einzusetzenden Energie und dem Schadstoffverbleib ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Verfahren.

Hinsichtlich des Einzelkriteriums „Rohstoffbedarf und Betriebsmittel“ weist die Aufbereitung zu Natriumaluminaten einen gewissen Nachteil gegenüber der Neutralisationsmittel-Substitution im CPB-Anlagenbetrieb auf.

Fazit:

Die Aufbereitung zu Natriumaluminaten weist deutliche Vorteile bei der Schonung der natürlichen Ressourcen auf.

- ▶ Bei zusätzlicher Berücksichtigung der zu erwartenden Emissionen, der einzusetzenden Energie und dem Schadstoffverbleib ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden betrachteten, stofflichen Verwertungsverfahren.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden (stofflichen) Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

Während vor rund zwei Jahrzehnten der Einsatz von Abfall-Laugen als Ersatz-Neutralisationsmittel noch als Stand der Technik in CBP'n angesehen wurde [Rudolph 1995], wird diese Verwertungsvariante aktuell nur noch in relativ wenigen Behandlungsanlagen praktiziert.

7.3.3 Bewertungsergebnis für AS 070103* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA organischer Grundchemikalien)

Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen, die bei der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung (HZVA) von Chemikalien können ein oder mehrere Lösemittel sowie die unterschiedlichsten Begleitstoffe enthalten.

Für die stoffliche Verwertung von Lösemitteln kommt grundsätzlich die Destillation in Frage. Eventuell müssen die Abfälle dafür vorher einer Vorbehandlung unterzogen werden.

Die energetische Verwertung ist grundsätzlich möglich und wird – wenn auch in geringem Umfang – in Kraftwerksfeuerungen und Zementwerken durchgeführt. Eine Vorbehandlung ist unter Umständen dann erforderlich, wenn der Abfall zu viel Wasser enthält. Der überwiegende Teil dieser Abfallart wird aber in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt.

Die Destillation und die drei genannten energetischen Verwertungsverfahren werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-3: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070103*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● Mengen für Rauchgasreinigung abhängig vom Halogengehalt, auch 1 möglich
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● kann auch 1 sein, wenn der Chloridgehalt der Filterstäube den innerbetrieblichen Wiedereinsatz noch zulässt	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant; Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich; Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung, insbesondere HCl, Hg und PCDD/F, deutlich höher als bei SAV; KO-Kriterium möglich	● Emissionen nach Abgasreinigung, insbesondere HCl, Hg und PCDD/F, deutlich höher als bei SAV; KO-Kriterium möglich	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet bei den Kriterien Energie und Arbeitsschutz schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerk, schneiden beim Kriterium Energie besser ab. Beim Kriterium Arbeitsschutz schneidet nur die Sonderabfallverbrennung besser ab.

Unter Berücksichtigung der THG-Emissionen und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich die Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen, Arbeitsschutz und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie & THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden. Hierzu sind auch konkrete Informationen zu den Verwertungsanlagen notwendig, die neben der Emissionssituation und dem energetischen Wirkungsgrad insbesondere auch die Situation bezüglich Arbeitsschutz und Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfallgefahren berücksichtigen müssen.

7.3.4 Bewertungsergebnis für AS 070104* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA organischer Grundchemikalien)

Für nicht halogenierte organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die aus der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und Anwendung organischer Grundchemikalien stammen (AS 070104*) wird als stoffliches Verwertungsverfahren die Destillation bewertet, wobei nicht zwischen verschiedenen Destillationsverfahren unterschieden wird, da diese vom Einzelfall abhängig sind (enthalten Lösemittel/Stoffe).

Für die energetische Verwertung kommt der Einsatz in einer (Kraftwerks-)feuerung, einem Zementwerk und einer Sonderabfallverbrennungsanlage in Betracht. Alle drei Möglichkeiten werden bewertet.

Abbildung 7-4: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070104*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich; Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls (liegt zwischen 1 und 2); Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet nur bei dem Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerke, schneiden hier besser ab. Unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten

Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie & THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine weiteren Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

7.3.5 Bewertungsergebnis für AS 070107* - halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA organischer Grundchemikalien)

Halogenierte Reaktions- und Destillationsrückstände, die der AVV-Herkunftsgruppe „Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) organischer Grundchemikalien“ zuzuordnen sind, werden in nennenswertem Umfang in Hochtemperatur-Oxidationsanlagen zur Gewinnung von Salzsäure eingesetzt, das heißt, stofflich verwertet.

Der größere Teil von Reaktions- und Destillationsrückständen des AS 070107* gelangt jedoch zu seiner energetischen Verwertung in Sonderabfallverbrennungsanlagen.

Beide Verwertungsalternativen werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-5: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070107*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Hochtemperatur-Oxidationsanlage	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● ca. 40 - 50 % (bezogen auf das Verwertungserzeugnis Chlorwasserstoff)	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis i.d.R. ausgeschlossen	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit den behandelten Abgasreinigungsrückständen überwiegend auf oberirdischen Deponien beseitigt --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung und Abwasserbehandlung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● gewisse Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung (Nasswäsche), die nicht verwertet werden	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (z.B. Filterstäube aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● direkte Nutzung als Prozessenergie; weitere Wärmeauskopplung zur Dampferzeugung	● mittlere bis geringere Energieausnutzung als beim HT-Oxidationsprozess
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant; komplette Oxidation des Abfalls; Gutschrift für die nicht erforderliche Neuerstellung von Chlorwasserstoff (Synthese-Ausgangsstoff) bzw. für die Substitution von Primärenergieträgern kann eventuell auch zur Bewertung mit 1 führen	● komplette Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● (geringe) diffuse Emissionen relevant	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Behandlungsrückständen kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Die Sonderabfallverbrennung schneidet beim Kriterium „Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs“ schlecht ab, während die stoffliche Verwertung in Hochtemperatur-

Verbrennungsanlagen bei diesem Kriterium eine mittlere Bewertung verzeichnet - im Vergleich somit etwas besser einzustufen ist.

Vorteile gegenüber der stofflichen Verwertung zeigt hingegen die Sonderabfallverbrennungsanlage bei gemeinsamer Betrachtung der Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen).

Im konkreten Einzelfall kann durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Hochtemperatur-Oxidation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten prozessinternen Energieumsatz.

Hinsichtlich der einzusetzenden bzw. zu gewinnenden Energie als auch hinsichtlich der Schadstoffanreicherung unterscheiden sich beide Verfahren nicht nennenswert voneinander.

Fazit:

- ▶ Die Hochtemperatur-Oxidation schneidet hinsichtlich der einzusetzenden bzw. zu gewinnenden Energie etwas besser ab.
- ▶ Die Sonderabfallverbrennung liegt bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) im Verfahrensvergleich vorn.
Darüber hinaus schneidet das Verfahren beim Kriterium „Entstehung zusätzlicher, nicht verwertbarer Abfälle“ vergleichsweise besser als die Hochtemperatur-Oxidation ab.
- ▶ Hinsichtlich der Schonung der natürlichen Ressourcen, des Verbleibs von Schadstoffen und der einzusetzenden bzw. zu gewinnenden Energie zeigen beide Verwertungsverfahren keine signifikanten Unterschiede.

Weder für das energetische Verfahren (SAV) noch für das stoffliche Verfahren (Hochtemperatur-Oxidation) wird durch die vergleichende Bewertung im Vorangegangenen eine Vorteilhaftigkeit gegenüber der jeweils anderen Verwertungsalternative aufgezeigt. Unter der im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen summarischen Betrachtung und Bewertung (aller Einzelströme) des Abfallschlüssels 07 01 07* kann daher zunächst von einer Gleichrangigkeit der betrachteten Verwertungsverfahren im Sinne des § 8 Abs. 1 Satz 1 u. 2 KrWG ausgegangen werden.

Ob aber tatsächlich ein Gleichrang, ein Vorteil oder ein Nachteil besteht, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend bewertet und entschieden werden.

Somit kann für die unter dem Abfallschlüssel 07 01 07* subsummierten Abfälle weder der Vorrang des Recyclings pauschal bewertet werden, noch von einer, in diesem Zusammenhang generell geltenden, Wahlfreiheit der betreffenden Abfallerzeuger bzw. -besitzer gemäß § 8 Abs. 1 Satz 2 KrWG ausgegangen werden.

7.3.6 Bewertungsergebnis für AS 070108* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA organischer Grundchemikalien)

Für die – in der Entsorgungspraxis relevanten – Reaktionsrückstände, die der AVV-Herkunftsgruppe „Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) organischer Grundchemikalien“ zuzuordnen sind, wird die Destillation als stoffliches Verwertungsverfahren mit in die vergleichende Bewertung aufgenommen. Hierbei wird jedoch nicht zwischen verschiedenen Verfahrenstechniken der Destillation unterschieden, da deren Anwendung vom abfallspezifischen Einzelfall abhängig ist (→ jeweils enthaltene organische Stoffkomponenten / Lösemittel).

Die energetische Verwertung von Reaktions- und Destillationsrückständen des AS 070108* findet sowohl (Kraftwerks)feuerungen und Zementwerken als auch in Sonderabfallverbrennungsanlagen statt. Alle drei Entsorgungsalternativen werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-6: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070108*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Einschränkung des jeweiligen Rückgewinnungspotenzials durch stark schwankende Zusammensetzungen (stofflich u. quantitativ) der zu behandelnden Rückstandsgemische	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis in geringem Umfang möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Behandlungsrückstand aus der (erneuten) Destillation --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (z.B. Filterstäube aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant; Behandlungsrückstand aus der Destillation wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 50%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Synthese-Ausgangsstoffen bzw. Lösemitteln kann auch zu einer Bewertung mit 1 führen. Behandlungsrückstand: evt. Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff.	● komplette Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● komplette Verbrennung des Abfalls; eventuell Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● komplette Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● (geringe) diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Behandlungsrückständen kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation schneidet beim Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren - insbesondere der Einsatz im Zementwerk – sind hier im Vergleich als besser, bzw. als deutlich besser einzustufen.

Unter gemeinsamer Betrachtung der Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und der Einsatz in Zementwerken ähnlich ab. Hier ist die SAV eindeutig im Vorteil, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Im konkreten Einzelfall kann durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Hier ist die Destillation als stoffliches Verwertungsverfahren im Vorteil.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten ab, hinsichtlich des Energieverbrauchs ist sie jedoch gegenüber den energetischen Verfahren als schlechter zu bewerten.
- ▶ Bei den Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus des jeweiligen Abfalls betrachtet, sind keine relevanten Unterschiede zwischen den einzelnen Verwertungsverfahren zu verzeichnen.
- ▶ Bezüglich Energie sind die energetischen Verfahren besser einzustufen.
- ▶ In der Zusammenschau von Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf.
- ▶ Die Sonderabfallverbrennung liegt bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen im Verfahrensvergleich deutlich vorn.
- ▶ Das Zementwerk liegt hinsichtlich des Einzelkriteriums Energie im Verfahrensvergleich vorn, weist aber ansonsten - insbesondere im Vergleich zur Destillation - keine Vorteile auf.

Weder für das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation noch für die energetische Verwertung in Kraftwerksfeuerungen oder Zementwerken wird durch die vergleichende Bewertung im Vorangegangenen eine Vorteilhaftigkeit gegenüber den jeweils anderen Verwertungsalternativen aufgezeigt. Das Verfahren der Sonderabfallverbrennung schneidet im Vergleich zu allen anderen Verwertungsverfahren bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen besser ab.

Unter der im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen summarischen Betrachtung (aller Einzelströme) des Abfallschlüssels 07 01 08* ist also zunächst grundsätzlich von einer Gleichrangigkeit der betrachteten Verfahren der Destillation, des Einsatzes im Kraftwerk sowie in einem Zementwerk und der Sonderabfallverbrennung im Sinne des § 8 Abs. 1 Satz 1 u. 2 KrWG auszugehen.

Eine weitergehende und konkretere Aussage über die Vorteilhaftigkeit bzw. über die Höherwertigkeit der einen oder anderen Verwertungsmethode bleibt einer vergleichenden Bewertung von möglichen Verwertungsvarianten konkreter Abfall-Einzelströme vorbehalten.

7.3.7 Bewertungsergebnis für AS 070204* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern)

Für nicht halogenierte organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die bei der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung (HZVA) von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern anfallen (AS 070204*) wird als stoffliches Verwertungsverfahren die Destilla-

tion bewertet, wobei nicht zwischen verschiedenen Destillationsverfahren unterschieden wird, da diese vom Einzelfall abhängig sind (enthaltene Lösemittel/Stoffe).

Für die energetische Verwertung kommt der Einsatz in einer (Kraftwerks-)feuerung, einem Zementwerk und einer Sonderabfallverbrennungsanlage in Betracht. Alle drei Möglichkeiten werden bewertet.

Abbildung 7-7: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070204*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	kein Wertstoff im Kreislauf	kein Wertstoff im Kreislauf	kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	kein Verwertungserzeugnis	Schadstoffe verbleiben im Zement	kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung in allen energetischen Verwertungsverfahren + bedingt CPB --> CPB keine Senke	organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	kein Betriebsmitteleinsatz	geringe Mengen für Rauchgasreinigung	geringe Mengen für Rauchgasreinigung	geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	keine zusätzlichen Abfälle	geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	keine zusätzlichen Abfälle	geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden
6. Energie	verfahrensbedingter Energieverbrauch	mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	direkte Nutzung im Prozess	geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	diffuse Emissionen relevant	Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	z.T. über Abwasserbehandlung möglich	keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet nur bei dem Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerke, schneiden hier klar besser ab. Unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie & THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

7.3.8 Bewertungsergebnis für AS 070208* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern)

Für die – hier praxisrelevanten – Reaktionsrückstände, die der AVV-Herkunftsgruppe „Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Kunststoffen, synthetischem Gummi und Kunstfasern“ zuzuordnen sind, wird die Destillation als Verfahren der stofflichen Verwertung in die vergleichende Bewertung mit einbezogen. Hierbei wird jedoch nicht zwischen verschiedenen Verfahrenstechniken der Destillation unterschieden, da deren Anwendung vom abfallspezifischen Einzelfall abhängig ist (→ jeweils enthaltene organische Stoffkomponenten / Lösemittel).

Eine energetische Verwertung von Reaktions- und Destillationsrückständen des AS 07 02 08* findet in Feuerungsanlagen (Kraftwerke) und in Sonderabfallverbrennungsanlagen statt. Beide Varianten der energetischen Verwertung werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-8: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070208*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Einschränkung des jeweiligen Rückgewinnungspotenzials durch stark schwankende Zusammensetzungen (stofflich und quantitativ) der zu behandelnden Rückstandsgemische	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis in geringem Umfang möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Behandlungsrückstand aus der (erneuten) Destillation --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (z.B. Filterstäube aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant; Behandlungsrückstand aus der Destillation wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 50%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuerstellung von Synthese-Ausgangsstoffen bzw. Lösemitteln kann auch zu einer Bewertung mit 1 führen Behandlungsrückstand: evt. Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff.	● komplette Verbrennung des Abfalls; eventuell Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● komplette Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● (geringe) diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich geringer
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Behandlungsrückständen kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation schneidet beim Kriterium Energie verhältnismäßig schlecht ab. Die energetischen Verfahren sind hier im Vergleich als besser einzustufen.

Unter gemeinsamer Betrachtung der Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden die Destillation und der Einsatz in (Kraftwerks)feuerungen ähnlich ab. Hier ist die SAV im Vorteil, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Im konkreten Einzelfall kann durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Hier ist die Destillation als stoffliches Verwertungsverfahren im Vorteil.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten ab, hinsichtlich des Energieverbrauchs ist sie jedoch gegenüber den energetischen Verfahren als schlechter zu bewerten.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die Sonderabfallverbrennung liegt bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen im Verfahrensvergleich deutlich vorn.
- ▶ Im Vergleich mit der Destillation weist die Verwertung in (Kraftwerks)feuerungen keine Vorteile auf.

Weder für das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation noch für die energetische Verwertung in Kraftwerksfeuerungen wird durch die vergleichende Bewertung im Vorangegangenen eine Vorteilhaftigkeit gegenüber der jeweils anderen Verwertungsalternative aufgezeigt. Das Verfahren der Sonderabfallverbrennung schneidet im Vergleich zu beiden anderen Verwertungsverfahren bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen besser ab.

Unter der im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen summarischen Betrachtung (aller Einzelströme) des Abfallschlüssels 07 02 08* ist also zunächst grundsätzlich von einer Gleichrangigkeit der betrachteten Verfahren im Sinne des § 8 Abs. 1 Satz 1 u. 2 KrWG auszugehen.

Eine weitergehende und konkretere Aussage über die Vorteilhaftigkeit bzw. über die Höherwertigkeit der einen oder anderen Verwertungsmethode bleibt einer vergleichenden Bewertung von möglichen Verwertungsvarianten konkreter Abfall-Einzelströme vorbehalten.

7.3.9 Bewertungsergebnis für AS 070304* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von organischen Farbstoffen und Pigmenten (außer 06 11))

Für nicht halogenierte organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die bei der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung (HZVA) von organischen Farbstoffen und Pigmenten anfallen (AS 070304*) wird als stoffliches Verwertungsverfahren die Destillation bewertet, wobei nicht zwischen verschiedenen Destillationsverfahren unterschieden wird, da diese vom Einzelfall abhängig sind (enthaltene Lösemittel/Stoffe).

Für die energetische Verwertung kommt der Einsatz in einer (Kraftwerks-)feuerung, einem Zementwerk und einer Sonderabfallverbrennungsanlage in Betracht. Alle drei Möglichkeiten werden bewertet.

Abbildung 7-9: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070304*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet nur bei dem Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerke, schneiden hier klar besser ab. Unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich

insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie und THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

7.3.10 Bewertungsergebnis für AS 070403* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlauge (HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln und anderen Bioziden)

Für halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlauge, die aus der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und Anwendung von organischen Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln und anderen Bioziden stammen (AS 070403*) ist prinzipiell als stoffliches Verwertungsverfahren die Destillation denkbar. Für die energetische Verwertung kommt nur der Einsatz in einer Sonderabfallverbrennungsanlage in Betracht.

Bei AS 070403* muss aufgrund der Zusammensetzung und Schadstoffbelastung eine Verschleppung von besonders kritischen Stoffen in das Produkt unterstellt werden. Deshalb liegt hier ein **K.o.-Kriterium** vor und die Sonderabfälle sollen entsprechend nicht stofflich verwertet werden. Ebenso gilt dieses **K.o.-Kriterium** auch für die energetische Verwertung in Kraftwerksfeuerungen und Zementwerken, da mit Halogenen belastete Abfälle hier nicht verbrannt werden sollen.

Eine **Ausnahme** ist nur im Rahmen einer Einzelfallprüfung für die Destillation möglich und zwar dann, wenn das Verwertungserzeugnis aus der stofflichen Verwertung wieder im gleichen Herstellungsprozess eingesetzt wird. Gegenüber der energetischen Verwertung hat die Destillation dann auch den Vorteil, dass die Verbrennung halogenorganischer Verbindungen vermieden wird.

Nachfolgend wird nur unter der Voraussetzung einer Ausnahme im Rahmen einer Einzelfallprüfung die vergleichende Bewertung zwischen der Destillation und der Sonderabfallverbrennungsanlage vorgenommen.

Abbildung 7-10: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070403*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● KO-Kriterium: Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis ist möglich, muss aber aufgrund des hohen Toxizitätspotenzials ausgeschlossen werden; Ausnahme: Einsatz im gleichen Herstellungsprozess	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● Mengen für Rauchgasreinigung abhängig vom Halogengehalt, auch 1 möglich
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● geringe bis mittlere Energieauskopplung
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden, aber sehr hohe Toxizität

Eigene Darstellung

Auch wenn im Einzelfall die Destillation nicht ausgeschlossen wird und die Verschleppung ins Verwertungserzeugnis bei der Verwertung im gleichen Herstellungsprozess als kein relevanter Nachteil be-

wertet wird, hat die stoffliche Verwertung gegenüber der SAV klare Nachteile aufgrund des hohen Risikos beim Arbeitsschutz und potenziellen Betriebsstörungen bzw. Fehlbedingungen. Das höhere Risiko im Vergleich zur SAV ist abhängig von der tatsächlichen Toxizität, den vorliegenden Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen. Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen zeigen sich Vorteile der SAV.

Ansonsten schneidet das stoffliche Verfahren nur beim Kriterium Energie schlecht ab. Die SAV schneidet hier zwar besser ab, unter Berücksichtigung der THG-Emissionen und des gesamten Lebenszyklusses ergeben sich aber insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile hat die SAV beim Verbleib von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf bzw. der Substitution von Neuware. Genau hier liegen die klaren Vorteile der Destillation.

Fazit:

- ▶ Bei der Destillation besteht die Möglichkeit der Verschleppung von Wirkstoffen der Pflanzen- und Holzschutzmittel sowie anderer Biozide ins Verwertungserzeugnis. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob aufgrund der Rückführung in die Ursprungsproduktion dies akzeptabel ist. Diese Möglichkeit besteht bei den energetischen Verfahren in der SAV nicht.
- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen besser ab, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die Sonderabfallverbrennung.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen.

Aufgrund des Vorsorgeprinzips und der möglichen Verschleppung von Wirkstoffen ins Verwertungserzeugnis bei der Destillation sollte der SAV der Vorrang gegeben werden. Nur beim Einsatz des Verwertungserzeugnisses im gleichen Herstellungsprozess ist der Gleichrang der stofflichen Verwertung nicht in Frage gestellt.

7.3.11 Bewertungsergebnis für AS 070404* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von organischen Pflanzenschutzmitteln (außer 02 01 08 und 02 01 09), Holzschutzmitteln (außer 03 02) und anderen Bioziden)

Für nicht halogenierte organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die aus der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und Anwendung von organischen Pflanzenschutzmitteln, Holzschutzmitteln und anderen Bioziden stammen (AS 070403*) ist prinzipiell als stoffliches Verwertungsverfahren die Destillation denkbar.

Bei AS 070403* ist aufgrund der Zusammensetzung und Schadstoffbelastung der Gefahr einer Verschleppung von besonders kritischen Stoffen in das Produkt besonders kritisch zu untersuchen. Deshalb liegt hier ein **K.o.-Kriterium** vor, wenn das Verwertungsprodukt nicht im gleichen Herstellungsprozess eingesetzt werden soll. Nur für diese Ausnahme soll die stoffliche Verwertung der Sonderabfälle in Erwägung gezogen werden. Für die energetische Verwertung in Kraftwerksfeuerungen und Zementwerken gilt bezüglich des Kriteriums Arbeitsschutz ein **K.o.-Kriterium**, weil diese Anlagen nicht für den Umgang mit toxischen Stoffen ausgelegt sind.

Eine **Ausnahme** ist nur im Rahmen einer Einzelfallprüfung für die Destillation möglich und zwar dann, wenn das Verwertungserzeugnis aus der stofflichen Verwertung wieder im gleichen Herstellungsprozess eingesetzt wird. Gegenüber der energetischen Verwertung hat die Destillation dann auch den Vorteil, dass die Verbrennung halogenorganischer Verbindungen vermieden wird.

Nachfolgend wird unter der Voraussetzung einer Ausnahme für die Destillation im Rahmen einer Einzelfallprüfung die vergleichende Bewertung zwischen der Destillation und der Sonderabfallverbrennungsanlage vorgenommen.

Abbildung 7-11: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070404*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● KO-Kriterium: Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis ist möglich, muss aber aufgrund des hohen Toxizitätspotenzials ausgeschlossen werden; Ausnahme: Einsatz im gleichen Herstellungsprozess	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung in allen energetischen Verwertungsverfahren + bedingt CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von den Schutzvorkehrungen und Umgang mit den Abfällen kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● KO-Kriterium: aufgrund der sehr hohen Toxizität besteht ein zu hohes Risiko für Mensch und Umwelt bei Fehlbedienungen und Störungen	● KO-Kriterium: aufgrund der sehr hohen Toxizität besteht ein zu hohes Risiko für Mensch und Umwelt bei Fehlbedienungen und Störungen	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden, aber sehr hohe Toxizität

Eigene Darstellung

Auch wenn im Einzelfall die Destillation nicht ausgeschlossen wird und die Verschleppung ins Verwertungserzeugnis bei der Verwertung im gleichen Herstellungsprozess als kein relevanter Nachteil bewertet wird, hat die stoffliche Verwertung gegenüber der SAV klare Nachteile aufgrund des hohen Risikos beim Arbeitsschutz und potenziellen Betriebsstörungen bzw. Fehlbedingungen. Das höhere Risiko im Vergleich zur SAV ist abhängig von der tatsächlichen Toxizität, den vorliegenden Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen. Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen zeigen sich Vorteile der SAV.

Ansonsten schneidet das stoffliche Verfahren nur beim Kriterium Energie schlecht ab. Die SAV schneidet hier zwar besser ab, unter Berücksichtigung der THG-Emissionen und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich aber insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile hat die SAV beim Verbleib von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf bzw. der Substitution von Neuware. Genau hier liegen die klaren Vorteile der Destillation.

Fazit:

- ▶ Bei der Destillation besteht die Möglichkeit der Verschleppung von Wirkstoffen der Pflanzen- und Holzschutzmittel sowie anderer Biozide ins Verwertungserzeugnis. Diese Möglichkeit besteht bei den energetischen Verfahren in der SAV nicht.
- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen besser ab, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die Sonderabfallverbrennung.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen.

Aufgrund des Vorsorgeprinzips und der möglichen Verschleppung von Wirkstoffen ins Verwertungserzeugnis bei der Destillation sollte der SAV der Vorrang gegeben werden. Nur beim Einsatz des Verwertungserzeugnisses im gleichen Herstellungsprozess ist der Vorrang der stofflichen Verwertung nicht in Frage gestellt.

7.3.12 Bewertungsergebnis für AS 070503* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Pharmazeutika)

Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen, die bei der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung (HZVA) von Pharmazeutika können ein oder mehrere Lösemittel sowie die unterschiedlichsten Begleitstoffe enthalten.

Für die stoffliche Verwertung von Lösemitteln kommt grundsätzlich die Destillation in Frage. Eventuell müssen die Abfälle dafür vorher einer Vorbehandlung unterzogen werden.

Die energetische Verwertung ist grundsätzlich möglich und wird – wenn auch in geringem Umfang – in Kraftwerksfeuerungen und Zementwerken durchgeführt. Eine Vorbehandlung ist unter Umständen dann erforderlich, wenn der Abfall zu viel Wasser enthält. Der überwiegende Teil dieser Abfallart wird aber in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt.

Die vier genannten Verwertungsverfahren werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-12: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070503*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich; Einzelfallprüfung des Gefahrenpotenzials der Medikamentenwirkstoffe erforderlich; KO-Kriterium möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● Mengen für Rauchgasreinigung abhängig vom Halogengehalt auch 1 möglich
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● kann auch 1 sein, wenn der Chloridgehalt der Filterstäube den innerbetrieblichen Wiedereinsatz noch zulässt	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung, insbesondere HCl, Hg und PCDD/F, deutlich höher als bei SAV; KO-Kriterium möglich	● Emissionen nach Abgasreinigung, insbesondere HCl, Hg und PCDD/F, deutlich höher als bei SAV; KO-Kriterium möglich	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/toxischen Abfällen vorhanden; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet bei den Kriterien Energie und Arbeitsschutz schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerk, schneiden beim Kriterium Energie besser ab. Beim Kriterium Arbeitsschutz schneidet nur die Sonderabfallverbrennung besser ab.

Unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich die Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen, Arbeitsschutz und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie & THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden. Hierzu sind auch konkrete Informationen zu den Verwertungsanlagen notwendig, die neben Emissionssituation und energetischem Wirkungsgrad insbesondere auch die Situation bezüglich Arbeitsschutz und Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfallgefahren berücksichtigen müssen.

7.3.13 Bewertungsergebnis für AS 070504* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Pharmazeutika)

Für nicht halogenierte organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die aus der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und Anwendung von Pharmazeutika stammen (AS 070504*) wird als stoffliches Verwertungsverfahren die Destillation bewertet, wobei nicht zwischen verschiedenen Destillationsverfahren unterschieden wird, da diese vom Einzelfall abhängig sind (enthaltene Lösemittel/Stoffe).

Für die energetische Verwertung kommt der Einsatz in einer (Kraftwerks)feuerung, einem Zementwerk und einer Sonderabfallverbrennungsanlage in Betracht. Alle drei Möglichkeiten werden bewertet.

Abbildung 7-13: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070504*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich; Einzelfallprüfung des Gefahrenpotenzials der Medikamentenwirkstoffe erforderlich; KO-Kriterium möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Beim stofflichen Verfahren (Destillation) liegt aufgrund der möglichen Verschleppung von pharmazeutischen Wirkstoffen ins Verwertungserzeugnis ein potenzielles K.o.-Kriterium vor. Dies gilt es, im Ein-

zelfall zu prüfen. Wird das Verwertungserzeugnis wieder im gleichen Herstellungsprozess eingesetzt, wird die Verschleppung ins Bewertungserzeugnis nicht als relevant erachtet. Das Problem der Verschleppung ins Verwertungserzeugnis besteht bei der SAV und der Kraftwerksfeuerung nicht. Beim Zementwerk kann bei Aufgabe in der Primärfeuerung aufgrund der hohen Temperaturen und der Verweilzeit davon ausgegangen werden, dass zumindest organische Inhaltsstoffe zerstört werden und damit nicht in den Zement gelangen.

Ansonsten schneidet das stoffliche Verfahren nur bei dem Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerk, schneiden hier deutlich besser ab. Unter Berücksichtigung der THG-Emissionen und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf. Genau hier liegen klare Vorteile der Destillation. Allerdings ist hierbei die Verschleppung von pharmazeutischen Wirkstoffen ins Verwertungserzeugnis und das damit verbundene potenzielle K.o.-Kriterium zu berücksichtigen.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich klare Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Bei der Destillation besteht die Möglichkeit der Verschleppung von pharmazeutischen Wirkstoffen ins Verwertungserzeugnis; bei den energetischen Verfahren nicht bzw. beim Zementwerk nur bedingt.
- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie und THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten im Vergleich zur Destillation keine Vorteile.

Aufgrund des Vorsorgeprinzips und der möglichen Verschleppung von pharmazeutischen Wirkstoffen ins Verwertungserzeugnis bei der Destillation sollte der SAV der Vorrang gegeben werden. Kann in einer Einzelfallprüfung diese Problematik ausgeräumt werden, ist von einer Gleichrangigkeit der stofflichen Verwertung auszugehen. Um dies bewerten zu können, sind konkrete Informationen zu den Verwertungsanlagen notwendig, die neben Emissionssituation und energetischem Wirkungsgrad insbesondere auch die Situation bezüglich Arbeitsschutz und Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfallgefahren berücksichtigen müssen.

7.3.14 Bewertungsergebnis für AS 070608* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA von Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmitteln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln)

Für die – in der Entsorgungspraxis relevanten – Reaktionsrückstände, die der AVV-Herkunftsgruppe „Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) Fetten, Schmierstoffen, Seifen, Waschmit-

teln, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln“ zuzuordnen sind, wird die Destillation als Verfahren der stofflichen Verwertung in die vergleichende Bewertung mit aufgenommen. Hierbei wird jedoch nicht zwischen verschiedenen Verfahrenstechniken der Destillation unterschieden, da deren Anwendung vom abfallspezifischen Einzelfall abhängig ist (→ jeweils enthaltene organische Stoffkomponenten / Lösemittel).

Eine energetische Verwertung von Reaktions- und Destillationsrückständen des AS 070608* findet in sowohl in Feuerungsanlagen (Kraftwerken) und Säurespaltanlagen als auch in Sonderabfallverbrennungsanlagen statt. Alle drei Entsorgungsvarianten werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-14: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070608*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Säurespaltanlage	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Einschränkung des jeweiligen Rückgewinnungspotenzials durch stark schwankende Zusammensetzungen (stofflich u. quantitativ) der zu behandelnden Rückstandsgemische	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis in geringem Umfang möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben in den Abgas- und Abwasserreinigungsrückständen	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Behandlungsrückstand aus der (erneuten) Destillation --> Entsorgung SAV oder CPB. --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen und behandelten Abwasserreinigungsrückständen überwiegend auf oberirdischen Deponien beseitigt --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● gewisse Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgas- und Abwasserreinigung, die nicht verwertet werden	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (z.B. Filterstäube aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● hoher Energienutzungsgrad; direkte Nutzung im Prozess als Prozessenergie	● mittlere bis geringe Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant; Behandlungsrückstand aus der Destillation wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 50%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Synthese-Ausgangsstoffen bzw. Lösemitteln kann auch zu einer Bewertung mit 1 führen; Behandlungsrückstand: evt. Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff (oder wird anderer Abfall ersetzt?).	● komplette Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● komplette Verbrennung des Abfalls; eventuell Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● komplette Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● (geringe) diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Behandlungsrückständen kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation schneidet beim Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren - insbesondere der Einsatz in Säurespaltanlagen – sind hier im Vergleich als besser, bzw. als deutlich besser einzustufen.

Unter gemeinsamer Betrachtung der zu erwartende Emissionen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und der Einsatz in Säurespaltanlagen ähnlich ab. Hier ist die SAV im Vorteil, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Im konkreten Einzelfall kann durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Hier ist die Destillation als stoffliches Verwertungsverfahren im Vorteil.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten ab, hinsichtlich des Energieverbrauchs ist sie jedoch gegenüber den energetischen Verfahren als schlechter zu bewerten.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die Sonderabfallverbrennung liegt bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen im Verfahrensvergleich deutlich vorn.
- ▶ Der Einsatz in Säurespaltanlagen liegt hinsichtlich des Einzelkriteriums Energie im Verfahrensvergleich vorn, weist aber ansonsten - insbesondere im Vergleich zur Sonderabfallverbrennung - keine Vorteile auf.

Darüber hinaus schneidet dieses Verfahren beim Kriterium „Entstehung zusätzlicher, nicht verwertbarer Abfälle“ im Vergleich am schlechtesten ab.

Weder für das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation noch für die energetische Verwertung in Kraftwerksfeuerungen oder Säurespaltanlagen wird durch die vergleichende Bewertung im Vorangegangenen eine Vorteilhaftigkeit gegenüber den jeweils anderen Verwertungsalternativen aufgezeigt. Das Verfahren der Sonderabfallverbrennung schneidet zwar im Vergleich zu den anderen Verwertungsverfahren bei den direkten Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen besser, bei der Ressourcennutzung aber schlechter als die Destillation sowie bei den Treibhausgasemissionen und der Energiebilanz schlechter als die Säurespaltanlage ab.

Unter der im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen summarischen Betrachtung (aller Einzelströme) des Abfallschlüssels 07 06 08* ist also zunächst grundsätzlich von einer Gleichrangigkeit der betrachteten Verfahren im Sinne des § 8 Abs. 1 Satz 1 u. 2 KrWG auszugehen.

Eine weitergehende und konkretere Aussage über die Vorteilhaftigkeit bzw. über die Höherwertigkeit der einen oder anderen Verwertungsmethode bleibt einer vergleichenden Bewertung von möglichen Verwertungsvarianten konkreter Abfall-Einzelströme vorbehalten.

7.3.15 Bewertungsergebnis für AS 070703* - halogenorganische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)

Die Abfälle des AS 070703*, halogenorganischen Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.) können ein oder mehrere Lösemittel sowie die unterschiedlichsten Begleitstoffe enthalten.

Für die stoffliche Verwertung von Lösemitteln kommt grundsätzlich die Destillation in Frage. Eventuell müssen die Abfälle dafür vorher einer Vorbehandlung unterzogen werden.

Die energetische Verwertung ist grundsätzlich möglich und wird – wenn auch in geringem Umfang – in Kraftwerksfeuerungen und Zementwerken durchgeführt. Eine Vorbehandlung ist unter Umständen dann erforderlich, wenn der Abfall zu viel Wasser enthält. Der überwiegende Teil dieser Abfallart wird aber in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt.

Die vier genannten Verwertungsverfahren werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-15: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070703*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● Mengen für Rauchgasreinigung abhängig vom Halogengehalt auch 1 möglich
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● kann auch 1 sein, wenn der Chloridgehalt der Filterstäube den innerbetrieblichen Wiedereinsatz noch zulässt	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung, insbesondere HCl, Hg und PCDD/F, deutlich höher als bei SAV; KO-Kriterium möglich	● Emissionen nach Abgasreinigung, insbesondere HCl, Hg und PCDD/F, deutlich höher als bei SAV; KO-Kriterium möglich	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 2 erfolgen	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/toxischen Abfällen vorhanden; abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet bei den Kriterien Energie und Arbeitsschutz schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerke, schneiden beim Kriterium Energie besser ab. Beim Kriterium Arbeitsschutz schneidet nur die Sonderabfallverbrennung besser ab.

Unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich die Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen, Arbeitsschutz und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie & THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden. Hierzu sind auch konkrete Informationen zu den Verwertungsanlagen notwendig, die neben Emissionssituation und energetischem Wirkungsgrad insbesondere auch die Situation bezüglich Arbeitsschutz und Vorkehrungen zur Verhinderung von Störfallgefahren berücksichtigen müssen.

7.3.16 Bewertungsergebnis für AS 070704* - andere organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen (HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)

Bei dieser Abfallart handelt es sich um nicht halogenierte organische Lösemittel, Waschflüssigkeiten und Mutterlaugen, die bei der Herstellung, der Zubereitung, dem Vertrieb und der Anwendung (HZVA) von Feinchemikalien und Chemikalien anfallen und an anderer Stelle nicht genannt sind.

Abfälle dieser Abfallart können ein oder mehrere Lösemittel sowie die unterschiedlichsten Begleitstoffe enthalten. Um welche Lösemittel und Begleitstoffe es sich im Einzelnen handelt, ist nicht bekannt. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, spezielle Verwertungsverfahren für bestimmte Lösemittel oder andere Inhaltsstoffe zu benennen und vergleichend zu bewerten.

Für die stoffliche Verwertung von Lösemitteln kommt grundsätzlich die Destillation in Frage, die zu einem geringen Teil auch durchgeführt wird. Eventuell müssen die Abfälle dazu vorher einer Vorbehandlung unterzogen werden. Die energetische Verwertung erfolgt in Kraftwerksfeuerungen und Zementwerken. Eine Vorbehandlung ist unter Umständen auch hier erforderlich, wenn der Abfall zu viel Wasser enthält. Ein nicht unerheblicher Teil dieser Abfallart wird in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt.

Abbildung 7-16: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070704*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet nur bei dem Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerke, schneiden hier besser ab. Unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten

Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab. Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

7.3.17 Bewertungsergebnis für AS 070708* - andere Reaktions- und Destillationsrückstände (HZVA von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.)

Für die - - in der Entsorgungspraxis relevanten - Reaktionsrückstände, die der AVV-Herkunftsgruppe „Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Feinchemikalien und Chemikalien a. n. g.“ zuzuordnen sind, wird die Destillation als Verfahren der stofflichen Verwertung in die vergleichende Bewertung mit aufgenommen. Hierbei wird jedoch nicht zwischen verschiedenen Verfahrenstechniken der Destillation unterschieden, da deren Anwendung vom abfallspezifischen Einzelfall abhängig ist (→ jeweils enthaltene organische Stoffkomponenten / Lösemittel).

Eine energetische Verwertung von Reaktions- und Destillationsrückständen des AS 070708* findet sowohl in Säurespaltanlagen als auch in Sonderabfallverbrennungsanlagen statt. Beide Varianten der energetischen Verwertung werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-17: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 070708*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 Säurespaltanlage	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Einschränkung des jeweiligen Rückgewinnungspotenzials durch stark schwankende Zusammensetzungen (stofflich und quantitativ) der zu behandelnden Rückstandsgemische	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis in geringem Umfang möglich	● Schadstoffe verbleiben in den Abgas- und Abwasserreinigungsrückständen	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Behandlungsrückstand aus der (erneuten) Destillation --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungs-rückständen und behandelten Abwasserreinigungsrückständen überwiegend auf oberirdischen Deponien beseitigt --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● gewisse Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgas- und Abwasserreinigung, die nicht verwertet werden	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (z.B. Filterstäube aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● Energieverbrauch bei Destillationen eher hoch	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2; geringere Energieausnutzung als im Säurespaltprozess
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant; Behandlungsrückstand aus der Destillation wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 50%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Synthese-Ausgangsstoffen bzw. Lösemitteln kann auch zu einer Bewertung mit 1 führen Behandlungsrückstand: evt. Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff (oder wird anderer Abfall ersetzt?).	● komplette Verbrennung des Abfalls; eher zwischen 1 und 2; bei Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff eventuell 1	● komplette Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● (geringe) diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Behandlungsrückständen kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation schneidet beim Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren - insbesondere der Einsatz in Säurespaltanlagen – sind hier im Vergleich als besser, bzw. als deutlich besser einzustufen.

Unter gemeinsamer Betrachtung der Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden die Destillation und der Einsatz in Säurespaltanlagen ähnlich ab. Hier ist die SAV eindeutig im Vorteil, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen deutlich am besten abschneidet.

Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf.

Gewisse Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Hier ist die Destillation als stoffliches Verwertungsverfahren im Vorteil.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten ab, hinsichtlich des Energieverbrauchs ist sie jedoch gegenüber den energetischen Verfahren als schlechter zu bewerten.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist die Säurespaltanlage Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die Sonderabfallverbrennung liegt bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen im Verfahrensvergleich deutlich vorn.
- ▶ Der Einsatz in Säurespaltanlagen liegt hinsichtlich des Einzelkriteriums Energie im Verfahrensvergleich vorn, weist aber ansonsten - insbesondere im Vergleich zur Sonderabfallverbrennung - keine Vorteile auf.

Darüber hinaus schneidet dieses Verfahren beim Kriterium „Entstehung zusätzlicher, nicht verwertbarer Abfälle“ im Vergleich am schlechtesten ab.

Weder für das stoffliche Verwertungsverfahren der Destillation noch für die energetische Verwertung in Säurespaltanlagen wird durch die vergleichende Bewertung im Vorangegangenen eine Vorteilhaftigkeit gegenüber der jeweils anderen Verwertungsalternative aufgezeigt. Das Verfahren der Sonderabfallverbrennung schneidet im Vergleich zu allen anderen Verwertungsverfahren zwar bei den Umweltauswirkungen (→ zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen besser, bei der Ressourcennutzung aber schlechter als die Destillation sowie bei der Energiebilanz schlechter als die Säurespaltanlage ab.

Unter der im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen summarischen Betrachtung (aller Einzelströme) des Abfallschlüssels 07 07 08* ist also zunächst grundsätzlich von einer Gleichrangigkeit der betrachteten Verfahren im Sinne des § 8 Abs. 1 Satz 1 u. 2 KrWG auszugehen.

Eine weitergehende und konkretere Aussage über die Vorteilhaftigkeit bzw. über die Höherwertigkeit der einen oder anderen Verwertungsmethode bleibt einer vergleichenden Bewertung von möglichen Verwertungsvarianten konkreter Abfall-Einzelströme vorbehalten.

7.3.18 Bewertungsergebnis für AS 080111* - Farb- und Lackabfälle, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)

Für die stoffliche Verwertung von lösemittelhaltigen Farb- und Lackgemischen kommt das kombinierte Konditionierungs-/Trocknungsverfahren ISODRY zum Einsatz. Die energetische Verwertung findet sowohl in Zementwerken als auch in Sonderabfallverbrennungsanlagen statt.

Abbildung 7-18: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 080111*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 ISODRY-Verfahren	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Wertstoffe (energiereiche Bindemittel, Füllstoffe, Pigmente und Lösemittel) bleiben zu einem hohen Anteil im Wirtschaftskreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Konzentration in den Verwertungserzeugnissen nicht höher als in der ersetzten Neuware	● mineralische Bestandteile verbleiben im Zement	● es wird kein Verwertungserzeugnis hergestellt
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Abwasserreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen nicht verwertbaren Abfälle	● keine zusätzlichen nicht verwertbaren Abfälle	● nur geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● hoher Energieverbrauch für den Trocknungsprozess	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung
7. Treibhausgasemissionen	● hohe Treibhausgasemissionen beim Trocknungsprozess werden durch Ersatz von Primärrohstoffen ausgeglichen	● Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff, entsprechend der Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● Emissionen stammen aus dem Trocknungsprozess	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen gering
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Nachteile weist die energetische Verwertung in Zementwerken und Sonderabfallverbrennungsanlagen bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf, da die Farb- und Lackabfälle selbst als energetische Ressource verwendet werden. Aufgrund des hohen Anteils an verschiedenen Wertstoffen (energiereiche Bindemittel, Füllstoffe, Pigmente und Lösemittel) hat das ISODRY-Verfahren hier klare Vorteile.

Der Bedarf an Rohstoffen und Betriebsmitteln für die Abwasser- bzw. Rauchgasreinigung ist für alle drei Verfahren als gering einzuschätzen.

Das ISODRY-Verfahren schneidet aufgrund des hohen Energiebedarfs für den Trocknungsprozess bei dem Kriterium Energie gegenüber den beiden bewerteten energetischen Verwertungsverfahren verhältnismäßig schlecht ab.

Bei gemeinsamer Betrachtung der Umweltauswirkungen (zu erwartende Emissionen) und dem Verbleib von Schadstoffen weist das ISODRY-Verfahren gegenüber der energetischen Verwertung im Zementwerk keine signifikanten Unterschiede auf. Die Sonderabfallverbrennung schneidet hierbei am besten ab.

Fazit:

- ▶ Bezogen auf die Umweltauswirkungen zeigen sich für die Sonderabfallverbrennung leichte Vorteile, insbesondere durch das geringere Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft.
- ▶ Gegenüber den energetischen Verwertungsverfahren werden durch das ISODRY-Verfahren Wertstoffe in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt, was dieses Verfahren in Bezug auf das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen klar bevorteilt.
- ▶ Das ISODRY-Verfahren hat verfahrensbedingt einen hohen Energieverbrauch für den Trocknungsprozess. Es ist im Einzelfall zu klären, ob die THG-Emissionen aus der Trocknung durch die Bereitstellung von Primärrohstoffen ausgeglichen werden kann.
- ▶ Beim Verbleib von Schadstoffen ist die Sonderabfallverbrennung mit Abstand am besten zu bewerten.

Weder für das ISODRY-Verfahren noch für die energetische Verwertung im Zementwerk wird durch die vergleichende Bewertung im Vorangegangenen eine Vorteilhaftigkeit gegenüber der jeweils anderen Verwertungsalternative aufgezeigt. Einzig das Verfahren der Sonderabfallverbrennung schneidet im Vergleich der drei Verwertungsverfahren bei den Umweltauswirkungen (zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen besser, bei der Ressourcennutzung aber schlechter als das Isodry-Verfahren sowie bei den Treibhausgasemissionen und der Energiebilanz schlechter als das Zementwerk ab.

Unter der im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen summarischen Betrachtung (aller Einzelströme) des Abfallschlüssels 080111* ist also zunächst grundsätzlich von einer Gleichrangigkeit des betrachteten ISODRY-Verfahrens und des Einsatzes im Zementwerk sowie der Sonderabfallverbrennung im Sinne des § 8 Abs. 1 Satz 1 u. 2 KrWG auszugehen.

Eine weitergehende und konkretere Aussage über die Vorteilhaftigkeit bzw. über die Höherwertigkeit der einen oder anderen Verwertungsmethode bleibt einer vergleichenden Bewertung von möglichen Verwertungsvarianten konkreter Abfalleinzelströme vorbehalten.

7.3.19 Bewertungsergebnis für AS 080113* - Farb- oder Lackschlämme, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)

Für die Behandlung von Farb- und Lackschlämmen, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten kommt nur die Entsorgung in der Sonderabfallverbrennung in Betracht. Diese wird für die Farb- und Lackschlämme gemäß der folgenden tabellarischen Übersicht bewertet.

Abbildung 7-19: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 080113*

Kriterium	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● es wird kein Verwertungserzeugnis hergestellt
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● nur geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● geringe bis mittlere Energieauskopplung, liegt eher zwischen 2 und 3
7. Treibhausgasemissionen	● Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend der Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● Emissionen gering
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden

Eigene Darstellung

Da keine anderen stofflichen oder energetischen Verwertungsverfahren für Farb- und Lackschlämme relevant sind, ist die Sonderabfallverbrennung unbestritten und eindeutig der zu wählende Entsorgungsweg.

7.3.20 Bewertungsergebnis für AS 080117* - Abfälle aus der Farb- oder Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten (HZVA und Entfernung von Farben und Lacken)

Für die stoffliche Verwertung von Abfällen aus der Farb- und Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten, kommen Destillationsverfahren zum Einsatz. Die energetische Verwertung dieser Abfälle findet sowohl in Zementwerken als auch in Kraftwerken und SAV statt.

Abbildung 7-20: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 080117*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Zielprodukt: Lösemittel; mittel mit Tendenz zu 3 (Kleinmengen)	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● geringe Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis	● es wird kein Verwertungserzeugnis hergestellt	● keine Schadstoffanreicherung/ -verschleppung	● es wird kein Verwertungserzeugnis hergestellt
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere geringe Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● geringer Betriebsmitteleinsatz (ggfs. Schleppmittel)	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● mittlerer nicht verwertbarer Abfallanfall, sehr wenige gefährliche Abfälle (abhängig vom Schleppmittel auch 3)	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen gefährlichen Abfälle	● nur geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● hoher verfahrensbedingter Energieverbrauch	● geringe bis mittlere Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 2 und 3
7. Treibhausgasemissionen	● hoher verfahrensbedingter Energieverbrauch wird durch bereitgestellten Sekundärrohstoff in etwa ausgeglichen	● komplette Verbrennung des Abfalls; eventuell Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff, entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen gering
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Behandlungsrückständen kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für den Umgang mit diesen gefährlichen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Nachteile weist die energetische Verwertung in Zementwerken, Kraftwerken und Sonderabfallverbrennungsanlagen bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf bzw. der Substitution von Neuware auf, da die Abfälle aus der Farb- und Lackentfernung dort selbst als energetische Ressource verwendet werden. Aufgrund des hohen Anteils an verschiedenen, rückgewinnbarer Wertstoffe (v.a. der enthaltenen Lösemittel) hat die Destillation hier Vorteile, die nur dadurch eingeschränkt werden, dass die zu erhaltenden, absoluten Mengenanteile i.d.R. recht gering sind.

Der Bedarf an Rohstoffen und Betriebsmitteln für die Abwasser- bzw. Rauchgasreinigung ist für alle vier Verfahren als gering einzuschätzen.

Die Destillation schneidet aufgrund des hohen verfahrensbedingten Energiebedarfs für den Gesamtprozess bei dem Kriterium Energie gegenüber den drei bewerteten energetischen Verwertungsverfahren verhältnismäßig schlecht ab.

Bei gemeinsamer Betrachtung der Umweltauswirkungen (zu erwartende Emissionen) und dem Verbleib von Schadstoffen weist die Destillation gegenüber der energetischen Verwertung im Zementwerk und im Kraftwerk keine signifikanten Unterschiede auf. Die Sonderabfallverbrennung schneidet hierbei deutlich am besten ab.

Fazit:

- ▶ Bezogen auf die Umweltauswirkungen zeigen sich für die Sonderabfallverbrennung leichte Vorteile, insbesondere durch das geringere Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft.
- ▶ Gegenüber den energetischen Verwertungsverfahren werden durch das Destillationsverfahren Wertstoffe in den Wirtschaftskreislauf in geringem Anteil zurückgeführt, was dieses Verfahren in Bezug auf das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen leicht bevorteilt.
- ▶ Das Destillationsverfahren hat verfahrensbedingt einen hohen Energieverbrauch für den Aufheizungsprozess. Unter Berücksichtigung der während des Prozesses z.T. verursachten diffusen Lösemittlemissionen in die Luft weist dieses Verfahren eine auch insgesamt leicht schlechtere Bilanz, v.a. gegenüber der Sonderabfallverbrennung auf.
- ▶ Beim Verbleib von Schadstoffen ist die Sonderabfallverbrennung auch gegenüber der energetischen Verwertung im Zementwerk und Kraftwerk mit Abstand am besten zu bewerten.

Weder für das Destillations-Verfahren noch für die energetische Verwertung im Zementwerk oder im Kraftwerk wird durch die vergleichende Bewertung im Vorangegangenen eine Vorteilhaftigkeit gegenüber der jeweils anderen Verwertungsalternative aufgezeigt. Das Verfahren der Sonderabfallverbrennung schneidet im Vergleich der Verwertungsverfahren bei den Umweltauswirkungen (zu erwartende Emissionen) und beim Verbleib von Schadstoffen besser ab.

Unter der im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen summarischen Betrachtung (aller Einzelströme) des Abfallschlüssels 080117* ist also zunächst grundsätzlich von einer Gleichrangigkeit der betrachteten Verfahren im Sinne des § 8 Abs. 1 Satz 1 u. 2 KrWG auszugehen.

Eine weitergehende und konkretere Aussage über die Vorteilhaftigkeit bzw. über die Höherwertigkeit der einen oder anderen Verwertungsmethode bleibt einer vergleichenden Bewertung von möglichen Verwertungsvarianten konkreter Abfalleinzelströme vorbehalten.

7.3.21 Bewertungsergebnis für AS 100401* - Schlacken (Erst- und Zweitschmelze) – Abfälle aus der thermischen Bleimetallurgie

Schlacken aus der thermischen Bleimetallurgie fallen in Primär- und Sekundär-Bleihütten an, wobei auch in den Primärbleihütten Sekundärrohstoffe (bleihaltige Abfälle) eingesetzt werden. Sie enthalten noch Zink in relevanten Umfängen [Berzelius 2007] sowie mit unterschiedlichen Konzentrationen andere Metalle wie Kupfer und Zinn, so dass eine Metallrückgewinnung interessant erscheint. Die pyrometallurgische Rückgewinnung, z. B. mit dem Wälzverfahren, wird aber durch die starke Legierungsbildung, die amorphe Struktur und die insgesamt ungünstigen Bindungsformen verhindert [Dehoust et al. 2015].

Derzeit werden die anfallenden Abfälle mit dieser Schlüsselnummer vor allem deponiert oder im Deponiebau eingesetzt. Da für die Aufbereitung zur Verwertung noch geeignete Techniken entwickelt werden müssen, wird eine Ablagerung auf Monodeponien empfohlen, um eine Rückholbarkeit der Abfälle für den Zeitpunkt sicherzustellen, wenn geeignete Verfahren zur Aufbereitung zur Verfügung stehen (vgl. hierzu Kapitel 30 im Anhangband und [Dehoust et al. 2015]). Eine weitergehende Bewer-

tung mit dem vorgestellten Verfahren kann erst dann durchgeführt werden, wenn entsprechende Aufbereitungs- oder Verwertungsverfahren zur Verfügung stehen.

7.3.22 Bewertungsergebnis für AS 110105* - saure Beizlösungen (Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten))

Ein gewisser Anteil von sauren Beizlösungen, die der AVV-Herkunftsgruppe „Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten)“ zuzuordnen sind, wird nach Maßgabe der jeweilig enthaltenen Konzentrationen an Aluminiumsulfat, Eisen-/Zinkchlorid oder Eisen(III)-Salzen chemisch-physikalisch, bei Aluminiumsulfat auch chemisch-physikalisch/thermisch zu marktgängigen Produkten aufbereitet. Neben dieser Variante der stofflichen Verwertung kommen in einigen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (CPB'n) auch saure Beizlösungen des AS 110105* als Spaltnittel oder als Ersatz-Neutralisationsmittel zum Einsatz.

Alle fünf Verwertungsverfahren werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-21: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 110105*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Chemisch-physikalische / thermische Aufbereitung zu Aluminiumsulfat	 Chemisch-physikalische Aufbereitung zu Eisen-/Zinkchlorid	 Chemisch-physikalische Aufbereitung zu Eisen(III)-Salzen	 Einsatz als Spaltnittel im CPB-Anlagenbetrieb	 Einsatz als Ersatz-Neutralisationsmittel im CPB-Anlagenbetrieb
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● hoch	● hoch	● hoch	● mittel	● kein Verwertungserzeugnis
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● geringe Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis kann verfahrensbedingt stattfinden	● geringe Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis kann verfahrensbedingt stattfinden	● geringe Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis kann verfahrensbedingt stattfinden	● geringe Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis kann verfahrensbedingt stattfinden	● es wird kein Verwertungserzeugnis hergestellt
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss	● geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss	● geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss	● z.T. geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss	● z.T. geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln (Ionenaustauscher)	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln (Oxidation)	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln (Fällmittel)	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln (Fällmittel)
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Chemisch-physikalische / thermische Aufbereitung zu Aluminiumsulfat	 Chemisch-physikalische Aufbereitung zu Eisen-/Zinkchlorid	 Chemisch-physikalische Aufbereitung zu Eisen(III)-Salzen	 Einsatz als Spaltmittel im CPB-Anlagenbetrieb	 Einsatz als Ersatz-Neutralisationsmittel im CPB-Anlagenbetrieb
6. Energie	● hoher verfahrensbedingter Energieverbrauch (insbesondere für die Verdampfung)	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● verfahrensbedingter Energieverbrauch
7. Treibhausgasemissionen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen in etwa ausgeglichen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen in etwa ausgeglichen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen in etwa ausgeglichen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen in etwa ausgeglichen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen nur bedingt ausgeglichen; kann auch mit 3 zu bewerten sein
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● keine relevanten Emissionen	● keine relevanten Emissionen	● keine relevanten Emissionen	● keine relevanten Emissionen	● keine relevanten Emissionen
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden

Eigene Darstellung

Im Vergleich der stofflichen Verwertungsverfahren schneiden die Aufbereitungsverfahren zu Aluminiumsulfat, Eisen-/Zinkchlorid oder Eisen(III)-Salzen hinsichtlich der Schonung von natürlichen Ressourcen ein wenig besser ab als der ersatzweise Einsatz als Spaltnittel oder als Neutralisationsmittel in den CPB-Anlagen, da bei der Substitution von Neutralisationsmitteln im CPB-Anlagenbetrieb keine Erzeugnisse oder Sekundärrohstoffe hergestellt werden, die in den Wirtschaftskreislauf zur weiteren Verwendung gelangen.

Bei zusätzlicher Berücksichtigung der zu erwartenden Emissionen, der einzusetzenden Energie und dem Schadstoffverbleib ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den fünf betrachteten Verfahren.

Fazit:

- ▶ Die Aufbereitung saure Beizlösungen zu Aluminiumsulfat, Eisen-/Zinkchlorid oder Eisen(III)-Salzen schneidet bei der Schonung der natürlichen Ressourcen jeweils ein wenig besser ab als der ersatzweise Einsatz als Spaltnittel oder Neutralisationsmittel im CPB-Anlagenbetrieb.
- ▶ Bei zusätzlicher Berücksichtigung der zu erwartenden Emissionen, der einzusetzenden Energie und dem Schadstoffverbleib ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei betrachteten, stofflichen Aufbereitungsverfahren und dem Einsatz als Spaltnittel oder als Neutralisationsmittel im CPB-Anlagenbetrieb.

Inwieweit nun tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den fünf (stofflichen) Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

Während vor rund zwei Jahrzehnten der Einsatz von Abfallsäuren als Ersatz-Neutralisationsmittel noch als Stand der Technik in CBP'n angesehen wurde [Rudolph 1995], wird diese Verwertungsvariante aktuell nur noch in relativ wenigen Behandlungsanlagen praktiziert.

7.3.23 Bewertungsergebnis für AS 110107* - alkalische Beizlösungen (Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten))

Ein gewisser Anteil der alkalischen Beizlösungen, die der AVV-Herkunftsgruppe „Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, alkalisches Entfetten)“ zuzuordnen sind, wird nach Maßgabe der jeweilig enthaltenen Aluminium- und Natrium-Konzentrationen entweder chemisch-physikalisch oder sogar chemisch-physikalisch/thermisch zu marktgängigen Natriumaluminaten aufbereitet. Neben dieser Variante der stofflichen Verwertung werden in einigen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (CPB'n) die alkalischen Beizlösungen (AS 110107*) auch als Ersatz-Neutralisationsmittel verwendet.

Alle drei Verwertungsverfahren werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-22: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 110107*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Chemisch-physikalische Aufbereitung zu Natriumaluminat	 Chemisch-physikalische / thermische Aufbereitung zu Natriumaluminat	 Einsatz als Ersatz-Neutralisationsmittel im CPB-Anlagenbetrieb
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● hoch	● hoch	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● geringe Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis kann verfahrensbedingt stattfinden	● geringe Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis kann verfahrensbedingt stattfinden	● es wird kein Verwertungserzeugnis hergestellt
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe verbleiben in den Behandlungsrückständen (Filterkuchen) aus der Aufbereitung → Beseitigung auf oberirdischer Deponie → geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss	● Schadstoffe verbleiben in den Behandlungsrückständen (Filterkuchen) aus der Aufbereitung → Beseitigung auf oberirdischer Deponie → geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss	● Schadstoffe verbleiben in den Behandlungsrückständen (Filterkuchen) aus der Aufbereitung → Beseitigung auf oberirdischer Deponie → geschlossene Senke ohne langfristig sicheren Einschluss
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln	● mittlerer Verbrauch an Betriebsmitteln (Fällmittel)
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Abwasserreinigung, die beseitigt werden müssen
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● hoher verfahrensbedingter Energieverbrauch (insbesondere für die Verdampfung)	● verfahrensbedingter Energieverbrauch
7. Treibhausgasemissionen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen in etwa ausgeglichen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen in etwa ausgeglichen	● der hohe Energieverbrauch wird durch die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen nur bedingt ausgeglichen; kann auch mit 3 zu bewerten sein
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● keine relevanten Emissionen	● keine relevanten Emissionen	● keine relevanten Emissionen
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden	● geringes Risiko, da Know-How für den Umgang vorhanden

Eigene Darstellung

Im Vergleich der drei stofflichen Verwertungsverfahren schneiden die beiden Aufbereitungsverfahren zu Natriumaluminaten hinsichtlich der Schonung von natürlichen Ressourcen ein wenig besser ab als der ersatzweise Einsatz als Neutralisationsmittel, da bei der Substitution von Neutralisationsmitteln im CPB-Anlagenbetrieb keine Erzeugnisse oder Sekundärrohstoffe hergestellt werden, die in den Wirtschaftskreislauf zur weiteren Verwendung gelangen.

Bei zusätzlicher Berücksichtigung der zu erwartenden Emissionen, der einzusetzenden Energie und dem Schadstoffverbleib ergeben sich insgesamt **keine signifikanten** Unterschiede zwischen den drei betrachteten Verfahren.

Hinsichtlich des Einzelkriteriums „Rohstoffbedarf und Betriebsmittel“ weist die jeweilige Aufbereitung zu Natriumaluminaten einen gewissen Nachteil gegenüber der Neutralisationsmittelsubstitution im CPB-Anlagenbetrieb auf.

Fazit:

- ▶ Die Aufbereitung zu Natriumaluminaten schneidet bei der Schonung der natürlichen Ressourcen jeweils ein wenig besser als der ersatzweise Einsatz als Neutralisationsmittel im CPB-Anlagenbetrieb ab.
- ▶ Hinsichtlich der benötigten Rohstoffe und Betriebsmittel ist sie jedoch gegenüber der Neutralisationsmittel-Substitution graduell schlechter zu bewerten.
- ▶ Bei zusätzlicher Berücksichtigung der zu erwartenden Emissionen, der einzusetzenden Energie und dem Schadstoffverbleib ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei betrachteten, stofflichen Verwertungsverfahren.

Inwieweit nun tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei (stofflichen) Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

Während vor rund zwei Jahrzehnten der Einsatz von Abfall-Laugen, zu denen die alkalischen Beizlösungen zu zählen sind, als Ersatz-Neutralisationsmittel noch als Stand der Technik in CBP'n angesehen wurde [Rudolph 1995], wird diese Verwertungsvariante aktuell nur noch in relativ wenigen Behandlungsanlagen praktiziert.

7.3.24 Bewertungsergebnis für AS 110202* - Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit) (Abfälle aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie)

Bei den als Schlämme anfallenden Abfällen dieser Schlüsselnummer handelt es sich um Schlämme aus den Laugungs- und Laugenreinigungsprozessen der Zink-Hydrometallurgie. Neben mineralischen Stoffen sind in ihnen Begleitmetalle enthalten [UM B-W 2003].

Eine gemeinsame Bewertung für die Abfälle dieses Abfallschlüssels ist nicht zielführend, weil die einzelnen Abfälle zwar in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung in unterschiedlichen Hütten eingesetzt werden können, aber nur unter ganz speziellen Voraussetzungen bezüglich der Gehalte der einzelnen Metalle.

Da die Abfälle dieses Abfallschlüssels (nahezu) ausschließlich deponiert werden und soweit es sich um Jarosit oder Goethit handelt für die Aufbereitung zur Verwertung noch geeignete Techniken entwickelt werden müssen, wird eine Ablagerung auf Monodeponien empfohlen, um eine Rückholbarkeit der Abfälle für den Zeitpunkt sicherzustellen, wenn geeignete Verfahren zur Aufbereitung zur Verfügung stehen (vgl. hierzu Kapitel 33 im Anhangband und [Dehoust et al. 2015]).

Sollte es sich bei den nicht einem Recycling zugeführten Schlämmen aus der Zink-Hydrometallurgie nicht um Jarosit oder Goethit handeln, sondern um eine Gemisch aus den bei der Zink-Hydrometallurgie anfallenden Schlämmen, sollte dafür Sorge getragen werden, dass die bei den verschiedenen Verfahrensschritten anfallenden Schlämme getrennt gehalten werden und damit dem jeweils entsprechenden Recyclingverfahren zugeführt werden können. Denn Gemische aus diesen Schlämmen können aufgrund der enthaltenen unterschiedlichen Metalle (Pb, Ag, Fe, Cu, Ni, Co, Cd) und ihrer Gehalte kaum gezielt einem sinnvollen Recyclingverfahren zugeordnet werden.

Durch die Anwendung des Hämatit-Verfahrens in der Zink-Hydrometallurgie könnte die Verwertbarkeit der Schlämme gesteigert werden. Bei diesem Verfahren wird das Eisen als Hämatit ausgefällt und nicht als Jarosit oder Goethit. Hämatit kann als Sekundärrohstoff wieder eingesetzt werden: nach Verringerung des Zinkgehalts von 1 % auf 0,1 % in der Stahlindustrie oder direkt als Farbstoff in der Ze-

mentindustrie. Außerdem sind die Ausbeuten der anderen enthaltenen Metalle beim Hämatit-Verfahren höher als beim Jarosit-Verfahren (Förstner/Gratwohl 2003).

Tabelle 7-1: Vergleich der verwertbaren Metallausbeuten beim Hämatit- und beim Jarosit-Verfahren

	Ausbeute	
	Jarosit-Verfahren	Hämatit-Verfahren
Fe	-,-	90 %
Cu	84 %	95 %
Cd	82 %	92,5 %
Pb	65 %	>98 %
Ag	60 %	>98 %
Zn	98 %	>98 %

Quelle: [Förstner/Gratwohl 2003]

7.3.25 Bewertungsergebnis für AS 120107* - halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen) (Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen)

Bei dieser Abfallart handelt es sich um verbrauchte Öle auf Mineralölbasis, die bei der Metallbearbeitung zum Schmieren, Kühlen und Späneabtransport eingesetzt werden (KSS-Öle). Neben den Hauptbestandteilen Öl und Wasser sind darin aus der Prozessanwendung stammender Metallabrieb, Rost und Schmutz sowie die Chemikalien der Ausgangskühlschmierstoffe enthalten. Als stoffliche Verwertungsverfahren werden die Destillation am Beispiel der Vakuumdestillation und mit dem Meinken- und ENTRA-Verfahren zwei Schwefelsäure-Bleicherde-Verfahren bewertet. Im Vergleich dazu werden als energetische Verwertungsverfahren Feuerungsanlagen, Zementwerke und Sonderabfallverbrennungsanlagen bewertet.

Die für die einzelnen Verfahren erforderlichen Vor- und Nachbehandlungsschritte sind bei der Bewertung berücksichtigt.

Abbildung 7-23: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 120107*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 Meiniken-Verfahren	 ENTRA-Verfahren	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● > 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● ca. 85 %	● ca. 99 %	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Verschleppung ins Produkt bis max. Grenzwert zulässig	● Verschleppung ins Produkt bis max. Grenzwert zulässig	● Verschleppung ins Produkt bis max. Grenzwert zulässig	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe in Destillat --> Entsorgung unbekannt, restliche Schadstoffe in Bleicherde --> Senke Zementwerk	● Schadstoffe in Säureteer und Bleicherde --> Verbrennung	● Schadstoffe in Säureteer und Bleicherde --> Verbrennung	● Ölphase in Verbrennung --> Senke; Aschen/ Schlacken z.T. keine Senke, Mix aus 1, 2 und 3	● Ölphase in Verbrennung --> Senke; Schadstoffe z.T. in Produkt, Mix aus 1 und 3	● Ölphase in Verbrennung, org. Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● Bleicherde gering	● Bleicherde und Schwefelsäure hoch	● Bleicherde und Schwefelsäure mittel, Natronlauge gering	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● nur verwertbare zusätzliche Abfälle	● nur verwertbare zusätzliche Abfälle	● nur verwertbare zusätzliche Abfälle	● geringe Mengen Aschen/ Filterstäube etc.; tatsächliche Mengen einzelfallabhängig	● keine	● geringe Mengen Aschen/ Filterstäube etc.; tatsächliche Mengen einzelfallabhängig

Hierarchie bei gefährlichen Abfällen

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 Meinken-Verfahren	 ENTRA-Verfahren	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● Es wird Energie verbraucht: ca. 1.015 kWh/t Raffinat	● Es wird Energie verbraucht: ca. 1.051 kWh/t Raffinat	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Verbrennung organischer Bestandteile (Bleicherde, Destillat); Verwertungserzeugnis >70%: Gutschrift für nicht erforderliche Neuherstellung Primärprodukt; Destillat, Bleicherde: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung organischer Bestandteile (Bleicherde, Destillat) 15%; Verwertungserzeugnis 85%: Gutschrift für nicht erforderliche Neuherstellung Primärprodukt; Destillat, Bleicherde: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung org. Bestandteile (Bleicherde, Destillat) 1%; Verwertungserzeugnis 99%: Gutschrift für nicht erforderliche Neuherstellung Primärprodukt; Destillat, Bleicherde: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; bei sehr geringer Energieauskopplung auch 3 möglich
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● Risiko Fehlbedienung liegt eigentlich zwischen 1 und 2	● Risiko Fehlbedienung liegt eigentlich zwischen 1 und 2	● Risiko Fehlbedienung liegt eigentlich zwischen 1 und 2	● wenige Arbeiten händisch, geringes Risiko für Fehlbedienungen	● wenige Arbeiten händisch, geringes Risiko für Fehlbedienungen	● wenige Arbeiten händisch, geringes Risiko für Fehlbedienungen

Eigene Darstellung

Fazit:

- ▶ Bezüglich der Schadstofffreisetzung in Luft und Wasser schneiden die hier eingesetzten stofflichen Verwertungsverfahren insgesamt gut ab. Dies gilt im gleichen Umfang für das Zementwerk und die Sonderabfallverbrennung.
- ▶ Die Vorteile der Recyclingverfahren gegenüber den Verfahren zur energetischen Verwertung liegen erwartungsgemäß in der Rückführung von Wertstoffen aus dem Abfall. Hier sind die zwei Schwefelsäure-Bleicherde-Verfahren der Destillation überlegen. Dafür brauchen diese aber mehr Betriebsmittel, das Meinkenverfahren noch etwas mehr als das ETRA-Verfahren.
- ▶ Bezüglich Energie und Treibhausgasemissionen schneiden dagegen die energetischen Verwertungsverfahren besser ab, insbesondere das Zementwerk.

Insgesamt kann aufgrund der Bewertungsergebnisse auf Ebene des Abfallschlüssels und der Verfahrenstypen keine klare Empfehlung ausgesprochen werden. Aufgrund der sehr hohen Recyclingausbeuten bei den Schwefelsäure-Bleicherde-Verfahren sollte im Einzelfall auf jeden Fall deren Eignung und die ökologische Gesamtbilanz geprüft werden, bevor ein anderes Verfahren in Betracht gezogen wird.

7.3.26 Bewertungsergebnis für AS 120109* - halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen (Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen)

Bei dieser Abfallart handelt es sich insbesondere um verbrauchte Kühlschmierstoffe (KSS). Neben den Hauptbestandteilen Öl und Wasser sind darin aus der Prozessanwendung stammende Metallteilchen sowie die Chemikalien der Ausgangskühlschmierstoffe enthalten. Um eine Verwertung des enthaltenen Öls und u. U. auch des Wassers zu ermöglichen, sind mehrere Behandlungsschritte erforderlich (Vgl. auch Kapitel 35 im Anhangband). Als stoffliche Verwertungsverfahren werden die Destillation am Beispiel der Vakuumdestillation und mit dem Meinken- und ENTRA-Verfahren zwei Schwefelsäure-Bleicherde-Verfahren bewertet. Im Vergleich dazu werden als energetische Verwertungsverfahren Feuerungsanlagen, Zementwerke und Sonderabfallverbrennungsanlagen mit bewertet.

Die für die einzelnen Verfahren erforderlichen Vor- und Nachbehandlungsschritte sind bei der Bewertung berücksichtigt.

Abbildung 7-24: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 120109*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 Meinken-Verfahren	 ENTRA-Verfahren	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● > 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein (ca. 10 % Verluste aus der Vorbehandlung sind darin nicht berücksichtigt)	● ca. 85 % (ca. 10 % Verluste aus der Vorbehandlung sind darin nicht berücksichtigt)	● ca. 99 % (ca. 10 % Verluste aus der Vorbehandlung sind darin nicht berücksichtigt)	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Verschleppung ins Produkt bis max. Grenzwert zulässig	● Verschleppung ins Produkt bis max. Grenzwert zulässig	● Verschleppung ins Produkt bis max. Grenzwert zulässig	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe in Destillat --> Entsorgung unbekannt, restliche Schadstoffe in Bleicherde --> Senke Zementwerk	● Schadstoffe in Säureteer und Bleicherde --> Verbrennung	● Schadstoffe in Säureteer und Bleicherde --> Verbrennung	● Ölphase in Verbrennung --> Senke; Aschen/ Schlacken z.T. keine Senke, Mix aus 1, 2 und 3	● Ölphase in Verbrennung --> Senke; Schadstoffe z.T. in Produkt, Mix aus 1 und 3	● Ölphase in Verbrennung, organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● Bleicherde gering; bei Vorbehandlung durch organische Spaltung zusätzlich Spaltnittel 3-15 kg/m ³	● Bleicherde und Schwefelsäure hoch; bei Vorbehandlung durch organische Spaltung zusätzlich Spaltnittel 3-15 kg/m ³	● Bleicherde und Schwefelsäure mittel, Natronlauge gering; bei Vorbehandlung durch organische Spaltung zusätzlich Spaltnittel 3-15 kg/m ³	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung; bei Vorbehandlung durch organische Spaltung zusätzlich Spaltnittel 3-15 kg/m ³	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung; bei Vorbehandlung durch organische Spaltung zusätzlich Spaltnittel 3-15 kg/m ³	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung; bei Vorbehandlung durch organische Spaltung zusätzlich Spaltnittel 3-15 kg/m ³
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● nur verwertbare zusätzliche Abfälle	● nur verwertbare zusätzliche Abfälle	● nur verwertbare zusätzliche Abfälle	● geringe Mengen Aschen/ Filterstäube etc.; tatsächliche Mengen einzelfallabhängig	● keine	● geringe Mengen Aschen/ Filterstäube etc.; tatsächliche Mengen einzelfallabhängig

Hierarchie bei gefährlichen Abfällen

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 Meinken-Verfahren	 ENTRA-Verfahren	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch; zusätzlich bei Vorbehandlung: organische Spaltung ca. 2 kWh/m ³ , Verdampfungsverfahren bis 1.000 kWh/m ³ , Ultrafiltration ca. 32 kWh/m ³	● verfahrensbedingter Energieverbrauch: ca. 1.015 kWh/t Raffinat; zusätzlich bei Vorbehandlung: organische Spaltung ca. 2 kWh/m ³ , Verdampfungsverfahren bis 1.000 kWh/m ³ , Ultrafiltration ca. 32 kWh/m ³	● verfahrensbedingter Energieverbrauch: ca. 1.051 kWh/t Raffinat; zusätzlich bei Vorbehandlung: organische Spaltung ca. 2 kWh/m ³ , Verdampfungsverfahren bis 1.000 kWh/m ³ , Ultrafiltration ca. 32 kWh/m ³	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2; zusätzlich bei Vorbehandlung: organische Spaltung ca. 2 kWh/m ³ , Verdampfungsverfahren bis 1.000 kWh/m ³ , Ultrafiltration ca. 32 kWh/m ³	● direkte Nutzung im Prozess; zusätzlich bei Vorbehandlung: organische Spaltung ca. 2 kWh/m ³ , Verdampfungsverfahren bis 1.000 kWh/m ³ , Ultrafiltration ca. 32 kWh/m ³	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk; zusätzlich bei Vorbehandlung: organische Spaltung ca. 2 kWh/m ³ , Verdampfungsverfahren bis 1.000 kWh/m ³ , Ultrafiltration ca. 32 kWh/m ³
7. Treibhausgasemissionen	● Vorbehandlung kann hohen Energieaufwand erfordern, z.B. Verdampfungsverfahren; bei Verfahren mit geringem Energieaufwand und hoher Bereitstellung von Sekundärrohstoffen ist auch 2 möglich; Verbrennung organischer Bestandteile (Bleicherde, Destillat) Verwertungserzeugnis >70%: Gutschrift für nicht erforderliche Neuerstellung Primärprodukt. Destillat, Bleicherde: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff.	● Vorbehandlung kann hohen Energieaufwand erfordern, z.B. Verdampfungsverfahren; bei Verfahren mit geringem Energieaufwand und hoher Bereitstellung von Sekundärrohstoffen ist auch 2 möglich; Verbrennung organischer Bestandteile (Bleicherde, Destillat) Verwertungserzeugnis >70%: Gutschrift für nicht erforderliche Neuerstellung Primärprodukt. Destillat, Bleicherde: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff.	● Vorbehandlung kann hohen Energieaufwand erfordern, z.B. Verdampfungsverfahren; bei Verfahren mit geringem Energieaufwand und hoher Bereitstellung von Sekundärrohstoffen ist auch 2 möglich; Verbrennung organischer Bestandteile (Bleicherde, Destillat) Verwertungserzeugnis >70%: Gutschrift für nicht erforderliche Neuerstellung Primärprodukt. Destillat, Bleicherde: Gutschrift für Ersatz Primärbrennstoff.	● Vorbehandlung kann hohen Energieaufwand erfordern, z.B. Verdampfungsverfahren; Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Energiebereitstellung, kann auch 2 sein	● Vorbehandlung kann hohen Energieaufwand erfordern, z.B. Verdampfungsverfahren; Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff; kann bei geringem Vorbehandlungsaufwand auch 1 sein	● Vorbehandlung kann hohen Energieaufwand erfordern, z.B. Verdampfungsverfahren; Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; kann bei geringem Vorbehandlungsaufwand und hoher Energieausbeute auch 2 sein
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant	● Abgasreinigung, diffuse nicht relevant
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● z.T. händischer Umgang bei Vorbehandlung; Risiko Fehlbedienung	● z.T. händischer Umgang bei Vorbehandlung; Risiko Fehlbedienung	● z.T. händischer Umgang bei Vorbehandlung; Risiko Fehlbedienung	● wenige Arbeiten händisch; zusätzlich zum Teil händischer Umgang bei Vorbehandlung; Risiko für Fehlbedienungen	● wenige Arbeiten händisch; zusätzlich zum Teil händischer Umgang bei Vorbehandlung; Risiko für Fehlbedienungen	● wenige Arbeiten händisch; zusätzlich zum Teil händischer Umgang bei Vorbehandlung; Risiko für Fehlbedienungen

Eigene Darstellung

Insgesamt wirkt sich der erforderliche Aufwand zur Vor- und Nachbehandlung auf die Bewertungen bei Energie und Treibhausgasemissionen aus. Beim Meinken-Verfahren zudem beim Betriebsmittelbedarf. Insgesamt schneiden die drei Verfahren zur stofflichen Verwertung recht ähnlich ab. In Einzelvergleichen für konkrete Abfälle und Anlagen können durchaus relevantere Unterschiede zu verzeichnen sein.

Fazit:

- ▶ Bezüglich der Schadstofffreisetzung in Luft und Wasser schneiden die hier eingesetzten stofflichen Verwertungsverfahren insgesamt gut ab. Dies gilt im gleichen Umfang für das Zementwerk und die Sonderabfallverbrennung.
- ▶ Die Vorteile der Recyclingverfahren gegenüber den Verfahren zur energetischen Verwertung liegen erwartungsgemäß in der Rückführung von Wertstoffen aus dem Abfall. Hier sind die zwei Schwefelsäure-Bleicherde-Verfahren der Destillation überlegen. Dafür brauchen diese aber mehr Betriebsmittel, das Meinkenverfahren noch etwas mehr als das ETRA-Verfahren.
- ▶ Bezüglich Energie und Treibhausgasemissionen schneiden dagegen die energetischen Verwertungsverfahren besser ab, insbesondere das Zementwerk.

Insgesamt kann aufgrund der Bewertungsergebnisse auf Ebene des Abfallschlüssels und der Verfahrenstypen keine klare Empfehlung ausgesprochen werden. Aufgrund der sehr hohen Recyclingausbeuten bei den Schwefelsäure-Bleicherde-Verfahren sollte im Einzelfall auf jeden Fall deren Eignung und die ökologische Gesamtbilanz geprüft werden, bevor ein anderes Verfahren in Betracht gezogen wird.

7.3.27 Bewertungsergebnis für AS 140603* - andere Lösemittel und Lösemittelgemische (Abfälle aus organischen Lösemitteln, Kühlmitteln sowie Schaum- u. Aerosoltreibgasen)

Bei dieser Abfallart handelt es sich um organische Lösemittel und Lösemittelgemische, die in der Abfallverzeichnis-Verordnung unter AS 07 „Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen“ und AS 08 „Abfälle aus Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Beschichtungen (Farben, Lacke, Email), Klebstoffen, Dichtmassen und Druckfarben“ nicht genannt werden. Da halogenierte Lösemittel und Lösemittelgemische in der Abfallverzeichnis-Verordnung unter der AS 14 06 02* gelistet sind, kann davon ausgegangen werden, dass in den hier betrachteten Abfällen keine halogenierten Lösemittel enthalten sind.

Für die stoffliche Verwertung von Lösemitteln kommt grundsätzlich die Destillation in Frage, die zum Teil auch zur Anwendung kommt. Eventuell müssen die Abfälle dazu vorher einer Vorbehandlung unterzogen werden. Die energetische Verwertung erfolgt in Zementwerken. In Feuerungsanlagen kann sie ebenfalls stattfinden, auch wenn dies nach AIDA in Nordrhein-Westfalen nicht der Fall ist. In beiden Fällen ist unter Umständen eine Vorbehandlung erforderlich, wenn der Abfall zu viel Wasser enthält. Ein erheblicher Anteil dieser Abfallart wird aber in Sonderabfallverbrennungsanlagen verbrannt.

Die genannten vier Verfahren werden im Folgenden bewertet.

Abbildung 7-25: Bewertungsmatrix für die Abfallart AS 140603*

Kriterium	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung	Energetische Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> ● beste Einstufung (1 Punkt) ● mittlere Einstufung (2 Punkte) ● schlechteste Einstufung (3 Punkte) ● KO-Kriterium 	 Destillation	 (Kraftwerks)feuerung	 Zementwerk	 SAV
1. Anteil des im Wirtschaftskreislauf verbleibenden Wertstoffs	● Ø 70 %, kann im Einzelfall auch 1 sein	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf	● kein Wertstoff im Kreislauf
2. Schadstoffanreicherung oder -verschleppung in das Verwertungserzeugnis	● Schadstoffverschleppung ins Verwertungserzeugnis möglich	● kein Verwertungserzeugnis	● Schadstoffe verbleiben im Zement	● kein Verwertungserzeugnis
3. Senkenfunktion, Aufkonzentration von Schadstoffen	● Schadstoffe im Destillationsrückstand --> Entsorgung SAV oder CPB --> CPB keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Schlacke/ Asche verwertet oder deponiert --> z.T. keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe verbleiben im Zement --> keine Senke	● organische Schadstoffe werden zerstört --> Senke; andere Schadstoffe werden mit Abgasreinigungsrückständen zum überwiegenden Teil in UTD beseitigt oder Bergversatz verwertet --> Senke
4. Rohstoffbedarf, Betriebsmitteleinsatz	● kein Betriebsmitteleinsatz	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung	● geringe Mengen für Rauchgasreinigung
5. Entstehung zusätzlicher nicht verwertbarer Abfälle	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle aus der Rauchgasreinigung, die nicht verwertet werden	● keine zusätzlichen Abfälle	● geringe Mengen zusätzlicher Abfälle (Chloride aus der Abgasreinigung), die nicht im Bergversatz verwertet werden
6. Energie	● verfahrensbedingter Energieverbrauch	● mittlere bis geringe Energieauskopplung, liegt eher zwischen 1 und 2	● direkte Nutzung im Prozess	● geringe bis mittlere Energieauskopplung; geringere Energieauskopplung als bei Kraftwerk
7. Treibhausgasemissionen	● Emissionen beim Handling relevant, Destillationsrückstand wird verbrannt; Verwertungserzeugnis 70%: Gutschrift für die nicht erforderliche Neuherstellung von Lösemittel; bei hoher Gutschrift für Lösemittelherstellung auch 1 möglich; Destillationsrückstand: Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung; liegt eher zwischen 1 und 2	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff	● Verbrennung des Abfalls; Gutschrift für Ersatz-Primärbrennstoff entsprechend Netto-Energieauskopplung
8. Potenzial der Schadstofffreisetzung in die Luft	● diffuse Emissionen relevant	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen nach Abgasreinigung höher als bei SAV	● Emissionen im Vergleich am geringsten
9. Potenzial der Schadstofffreisetzung ins Wasser (Abwasser, Oberflächenwasser)	● Abwasserreinigung/ Einleitgrenzwerte	● z.T. über Abwasserbehandlung möglich	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad	● keine Abwasserbehandlung, kein Wasserpfad
10. Arbeitsschutz und Risiko von Betriebsstörungen und Fehlbedienungen	● abhängig von der Toxizität, den Schutzvorkehrungen und dem Umgang mit den Abfällen/ Lösemitteln kann auch eine Bewertung mit 1 erfolgen	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Risiko für Wasser, Boden und Menschen höher als bei SAV	● Know-How für Umgang mit diesen gefährlichen/ toxischen Abfällen vorhanden

Eigene Darstellung

Das stoffliche Verfahren (Destillation) schneidet nur bei dem Kriterium Energie schlecht ab. Die energetischen Verfahren, insbesondere das Zementwerke, schneiden hier klar besser ab. Unter Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und des gesamten Lebenszyklus ergeben sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier betrachteten Verfahren. Im konkreten Einzelfall kann jedoch durchaus auch eine abweichende Bewertung der genannten Kriterien getroffen werden. Für die Verfahrensalternative der SAV beispielsweise in Abhängigkeit von der realisierten Energieauskopplung oder bei der Destillation z. B. in Abhängigkeit vom konkreten Energiebedarf bzw. hängt die THG-Gutschrift vom Veredelungsgrad der substituierten Neuware ab.

Nachteile weisen die energetischen Verfahren bezüglich des Verbleibs von Wertstoffen im Wirtschaftskreislauf auf. Genau hier liegen die Vorteile der Destillation.

Bei der Gesamtbetrachtung der Umweltauswirkungen und dem Verbleib von Schadstoffen schneiden Destillation, (Kraftwerks)feuerung und Zementwerk ähnlich ab. Hier zeigen sich Vorteile der SAV, die bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen am besten abschneidet.

Fazit:

- ▶ Die Destillation schneidet bei Schonung der natürlichen Ressourcen am besten, beim Energieverbrauch aber schlechter ab als die energetischen Verfahren.
- ▶ Berücksichtigt man den Energieverbrauch zusammen mit den THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg, weist das Zementwerk Vorteile auf. Bei den restlichen Verfahren sind keine relevanten Unterschiede zu verzeichnen.
- ▶ Die SAV hat Vorteile bei Umweltauswirkungen und beim Verbleib von Schadstoffen. Sie schneidet aber bei der Schonung der natürlichen Ressourcen deutlich schlechter ab.
- ▶ Das Zementwerk schneidet bei Energie & THG-Emissionen von allen Verfahren am besten ab, hat aber ansonsten, insbesondere im Vergleich zur Destillation, keine Vorteile.

Inwieweit tatsächlich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Verwertungsvarianten bestehen, kann nur anhand des jeweiligen konkret im Abfallschlüssel enthaltenen Abfalls bzw. Einzelstroms vergleichend beurteilt und entschieden werden.

7.4 Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse

Die aus der Anwendung der Bewertungsmethode am Beispiel von 25 Abfallschlüsseln und für zwei Abfallschlüssel zusätzlich gewonnenen Ergebnisse, lassen sich grob in 4 Ergebniskategorien einteilen, wonach die Ersteinschätzung für die vorrangige Zuordnung der Abfälle auf Ebene der Abfallschlüssel erfolgen kann:

- ▶ Gleichrang von stofflicher und energetischer Verwertung (15 AVV)
- ▶ Vorrang stoffliche Verwertung (6 AVV: 060101*, 060205*, 110105*, 110107*, 120107*, 120109*)
- ▶ Vorrang der SAV aufgrund von Ausschlusskriterien (4 AVV: 070403*, 070404*, 070503*, 070504*)
- ▶ Beseitigung derzeit einziger Entsorgungsweg (2 AVV: 100401*, 110202*)

Bei der Bewertung der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass das Ziel der Bewertung im Rahmen dieser Studie eine grobe Ersteinschätzung zu der „ökologischen“ Performance von Verwertungsverfahren auf der Ebene von AVV-Schlüssel ist und darüber hinausgehende Interpretationen für eine konkrete Entscheidung im Einzelfall nicht bzw. allenfalls im Ausnahmefall möglich ist.

Die Einschränkungen der Aussagekraft der auf Ebene der Abfallschlüssel basieren insbesondere darauf, dass Zusammensetzung, Beschaffenheit und Schadstoffbelastung der einzelnen Abfälle eines

AVV-Schlüssels erheblich schwanken und dass auch die Umweltperformance einzelner Verwertungsanlagen der gleichen Technik sich sehr stark unterscheiden können. **Deshalb sind konkrete Einschätzungen und Bewertung normalerweise nur im Einzelfall mit den Daten des konkreten Abfalls und der konkreten zu vergleichenden Verwertungsanlagen möglich.**

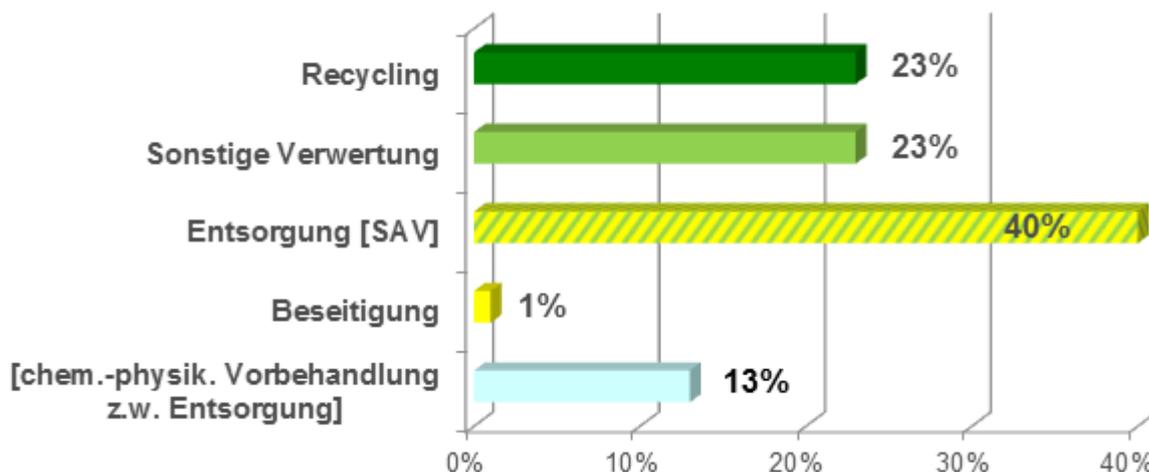
Die Bewertungsmethode kann aber mit wenig Aufwand so spezifiziert werden, dass sie auch für diese Einzelfallbetrachtungen, unter Nutzung der konkreten Abfall- und Anlagendaten anwendbar ist.

7.4.1 Gleichrang von stofflicher und energetischer Verwertung

Für 15 Abfallschlüssel reichten die vorliegenden Erkenntnisse auf Ebene der AVV-Schlüssel nicht für eine eindeutige Entscheidung zur Wahl der geeignetsten Entsorgungsmethode aus. Deshalb ist auf dieser Ebene von einem Gleichrang auszugehen. Die konkrete Bewertung für den einzelnen Abfall kann zu einer eindeutigen Zuordnung führen. Die konkrete Entscheidung über die Zuordnung zu dem geeignetsten Entsorgungsweg, bzw. den geeignetsten Entsorgungswegen muss im Einzelfall unter Nutzung konkreter Abfall- und Anlagendaten erfolgen.

Bundesweit wurden 2012 etwa 0,95 Mio. Mg Abfälle dieser 15 Abfallschlüssel entsorgt. Die Verteilung auf die einzelnen Entsorgungswege der in NRW entsorgten Abfälle dieser Schlüssel zeigt Abbildung 7-26.

Abbildung 7-26: Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 15 AVV mit Gleichrang von stofflicher und energetischer Verwertung

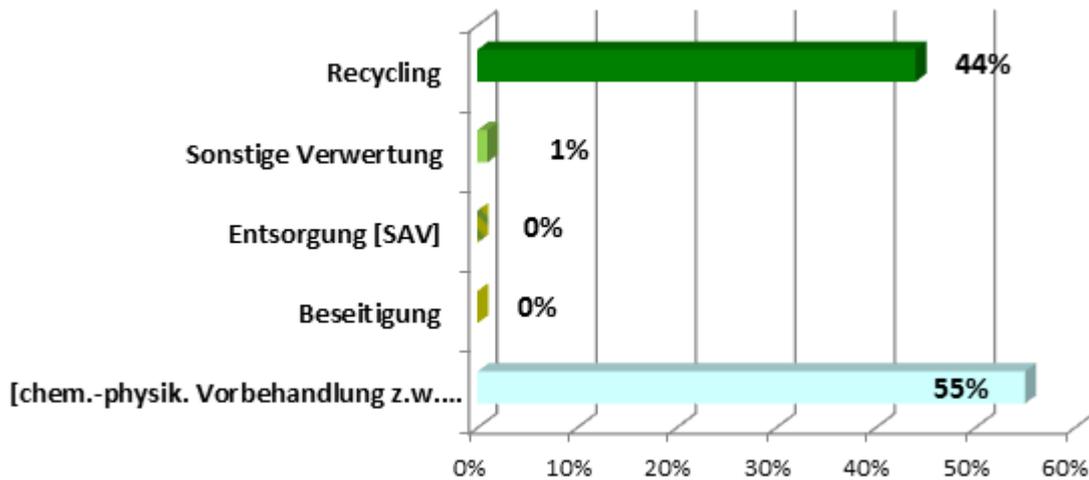


7.4.2 Vorrang stoffliche Verwertung

Für die AVV-Schlüssel 060101*, 060205*, 110105* und 110107* weisen die Ergebnisse darauf hin, dass bei der Mehrheit der Abfälle das Recycling, also die stoffliche Verwertung, das geeignetste Verfahren ist und damit die Abfallhierarchie uneingeschränkt angewendet werden kann. Dies gilt tendenziell auch für die AVV-Schlüssel 120107* und 120109*. Eine Einzelfallprüfung ist im Normalfall nur dann erforderlich, wenn ein alternativer Entsorgungsweg eingeschlagen werden soll.

Bundesweit wurden 2012 etwa 1,1 Mio. Mg Abfälle dieser sechs Abfallschlüssel entsorgt. Die Verteilung auf die einzelnen Entsorgungswege der in NRW entsorgten Abfälle dieser Schlüssel zeigt Abbildung 7-27.

Abbildung 7-27: Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 6 AVV mit Vorrang von stofflicher Verwertung

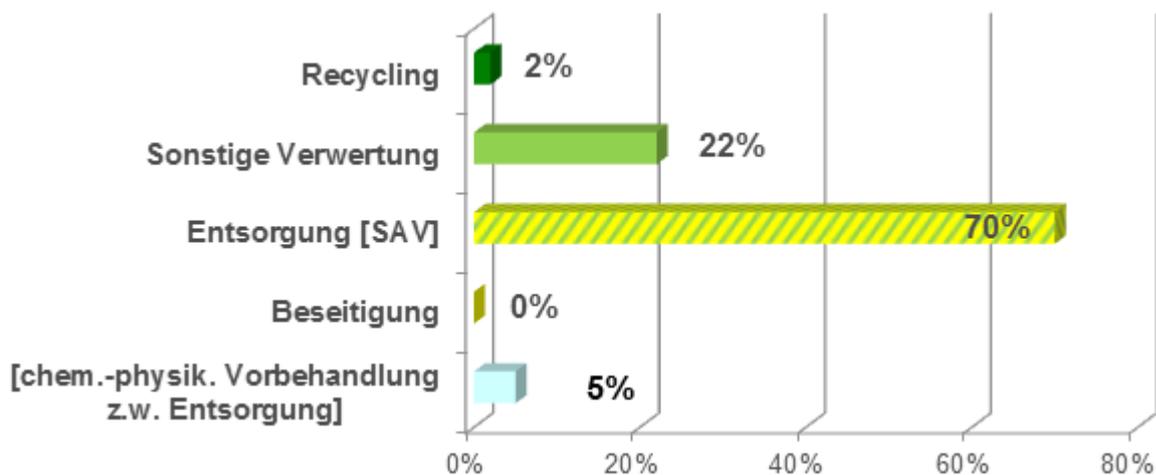


7.4.3 Vorrang der SAV aufgrund von Ausschlusskriterien

Für die vier AVV-Schlüssel 070403*, 070404*, 070503* und 070504* existieren Ausschlusskriterien bezüglich Arbeitsschutz und der Verschleppung von Schadstoffen in ein Verwertungsprodukt, die einen Vorrang der SAV begründen. Ausnahmen sind bei entsprechender Datenlage möglich, insbesondere wenn eine Rückführung innerhalb des Herstellungsbetriebs erfolgen soll. Ohne konkrete Erkenntnisse im Einzelfall ist für alle Abfälle dieser Abfallschlüssel von dem Vorrang der SAV auszugehen.

Bundesweit wurden 2012 etwa 260.000 Mg Abfälle dieser vier Abfallschlüssel entsorgt. Die Verteilung auf die einzelnen Entsorgungswege der in NRW entsorgten Abfälle dieser Schlüssel zeigt Abbildung 7-28.

Abbildung 7-28: Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 4 AVV mit Vorrang der SAV



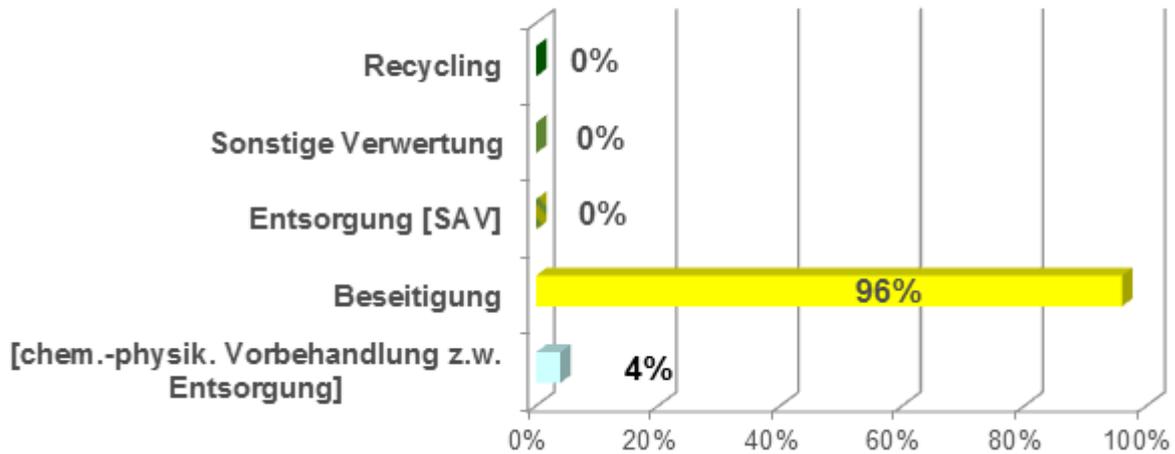
7.4.4 Beseitigung derzeit einziger Entsorgungsweg

Für die zwei AVV-Schlüssel 100401* und 110202* Verfahren zur Verwertung der Abfälle dieser Abfallschlüssel stehen derzeit in Deutschland nicht zur Verfügung. Daraus folgt im Moment dass diese so wie sie anfallen oder nach einer Vorbehandlung der Beseitigung auf Deponien zugeführt werden. Es sollte geprüft werden, ob technische Möglichkeiten für eine Verwertung gegeben oder in absehbarer

Zeit zu erwarten sind. Falls dies, wie bei den Abfällen der beiden genannten Abfallschlüssel, der Fall ist, sollten diese rückholbar, z. B. auf Monodeponien, abgelagert werden.

Bundesweit wurden 2012 etwa 260.000 Mg Abfälle dieser Abfallschlüssel entsorgt. Die Verteilung auf die einzelnen Entsorgungswege der in NRW entsorgten Abfälle dieser Schlüssel zeigt Abbildung 7-29.

Abbildung 7-29: Verteilung der Entsorgungswege in NRW 2010 bis 2013 für die Abfälle der 2 AVV für die derzeit die Beseitigung in Deutschland den einzigen Entsorgungsweg darstellen



8 Instrumente und Handlungsansätze zur Ausschöpfung von Verwertungspotenzialen bei gefährlichen Abfällen

8.1 Analyse der im Rahmen der Verfahrensbewertungen aufgezeigten Verwertungshemmnisse

8.1.1 Identifizierung von Verwertungshemmnissen

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass in verschiedenen Fällen technische und ökologisch sinnvolle Möglichkeiten bestehen, die (stoffliche) Verwertung zu steigern. Dass diese Potenziale nicht stärker als bislang genutzt werden, ist nicht allein auf ökonomische Aspekte zurückzuführen. Vielmehr wurden uns bei den während der Bearbeitung durchgeführten Expertengesprächen mit Marktteilnehmern entlang der Wertschöpfungskette 12 einzelne Hemmnisse benannt. Auch wenn diese Meinungen durchaus auch die Einzelinteressen der Verbände und Unternehmen widerspiegeln dürften, sind ihnen wertvolle Hinweise auf die Relevanz einzelner Hemmnisse sowie den Umgang der betroffenen Unternehmen mit diesen Themen zu entnehmen.

Die nachfolgend diskutierten zentralen Hemmnisse wurden zudem mit den Teilnehmern des Projektfachbeirats diskutiert. Entsprechende Hinweise zur Ergänzung des Beirates wurden nur teilweise aufgenommen. Ob diese Hemmnisse zum Tragen kommen oder nicht hängt vom Einzelfall ab. Teilweise gelten diese Hemmnisse nur für einen Teil der Abfälle nicht für alle Abfallerzeuger oder -entsorger. Dies vorausgeschickt, zeigt Tabelle 8-1 zunächst die Hemmnisse im Überblick.

Tabelle 8-1: Hemmnisse für die Ausweitung der stofflichen Verwertung gefährlicher Abfälle

Hemmnis	Bemerkung
Abfallinhaltsstoffe eines AVV zu vielfältig	Die innerhalb einer AVV anfallenden Abfälle weisen bezüglich der Inhaltsstoffe große Schwankungsbreiten auf, die im Einzelfall gegen ein Recycling sprechen können.
Bedenken, dass anhand der Abfallzusammensetzung auf bestimmte Spezifika von Produktionsverfahren zurückgeschlossen werden könne	Betrifft einzelne produktionsspezifische Abfälle der Chemie- und v.a. der Pharmaindustrie, zumal dann, wenn noch Reste der Wirkstoffe etc. in den Abfällen enthalten sind
Keine ausreichende Getrennthaltung durch Abfallerzeuger	Betrifft im Wesentlichen nur KMU (Kleine und mittlere Unternehmen), bei denen mehrere ähnliche Abfälle in kleinen Mengen anfallen
Fehlende konkrete Vorgaben zur Umsetzung der Abfallhierarchie	Komplexität der Abfälle erschwert „einfache“ Vorgaben
Mangelnde Angebote der Entsorgungswirtschaft zur hochwertigen stofflichen Verwertung	Aufgrund der rechtlichen und marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen liegen z.T. keine ausreichenden Angebote der Entsorgungswirtschaft zur hochwertigen stofflichen Verwertung vor; wenn doch, sind verfügbare Anlagen meist auf wenige Standorte verteilt.
Fehlende Investitionsbereitschaft	Investitionen setzen u. a. den gesicherten Zugang zu Inputstoffen voraus; hohe Markteintrittsbarrieren für Newcomer
Mangelnde Innovationen/ Umsetzung in der Praxis	Zusammenhang mit fehlender Investitionsbereitschaft
Aufwändige Genehmigungsverfahren und -anforderungen	Betrifft nicht nur Neuanlagen, sondern auch Bestandsanlagen (z. B. durch heranrückende Bebauung/ Störfallbedingte Schutzabstände)
Mangelnde Informationen über „geeignete“ Verwertungsbetriebe und -techniken	Betrifft allgemein zugängliche, leicht verfügbare Informationen und gilt im Wesentlichen für KMU
Schwierige Marktsituation (z. B. Abhängigkeit der Sekundärware vom Marktpreis der Primärware)	Durch Kopplung der Marktpreise für Sekundärware an die (gesunkenen) Marktpreise für Primärware
Qualität der Sekundärware	Keine 100%ige Trennung möglich, Gütesicherung nicht einheitlich
Kosten der Marktzulassung nach Stoffrecht	Markteintrittsbarriere

Quelle: eigene Darstellung

Systematisch können diese Hemmnisse fünf verschiedenen Hemmnis-Typen zugeordnet werden:

- ▶ Rechtliche Hemmnisse
- ▶ Vollzugs-Hemmnisse
- ▶ Ökonomische Hemmnisse
- ▶ Informativische Hemmnisse
- ▶ Sonstige Hemmnisse

8.1.2 Diskussion von Verwertungshemmnissen

Rechtliche Hemmnisse

Die Vermeidung von Abfällen und die gezielte Lenkung nicht vermeidbarer Abfälle in eine hochwertige Verwertung sind maßgebliche abfallwirtschaftliche Ziele des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG).

Das benannte Hemmnis „fehlende konkrete Vorgaben zur Umsetzung der Abfallhierarchie“ mag aus rechtlicher Sicht zunächst verwundern. Schließlich definieren in Hinblick auf das Recycling die § 6, 7 und 8 des KrWG auch für gefährliche Abfälle den gesetzlichen Rahmen. Wenn eine hochwertige Verwertung in ökologischer Hinsicht vorteilhaft (wie in dieser Untersuchung für einige Abfallströme aufgezeigt), technisch möglich, wirtschaftlich zumutbar und sozial vertretbar ist, dann hat der Abfallerzeuger den Abfall, soweit nicht vermeidbar oder wiederverwendbar, zu recyceln. Das Hemmnis stellt vielmehr auf unbestimmte Rechtsbegriffe im Kreislaufwirtschaftsgesetz sowie auf die Fälle ab, bei denen ökobilanziell kein klarer Vorrang für die stoffliche Verwertung identifiziert wird.

Im Falle der ökologischen Gleichrangigkeit, wie sie in dieser Untersuchung für 15 Abfallarten auf der Betrachtungsebene der Abfallschlüssel (AS) festgestellt wurde, hat der Abfallerzeuger ein Wahlrecht und kann seine Entsorgungsentscheidung beispielsweise nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten treffen.

Hinsichtlich der Definition und Ermittlung der im Gesetz verankerten hochwertigen Verwertung leistet u. a. dieses Projekt mit der vorgestellten Bewertungsmethode einen praxisorientierten Beitrag zur Ausgestaltung der ökologischen Aspekte. Allerdings sind insbesondere zur wirtschaftlichen Zumutbarkeit noch viele Fragen in praktischer Hinsicht offen. Zu erwähnen ist, dass § 8 Absatz 2 KrWG es dem Ordnungsgeber ermöglicht, durch eine Rechtsverordnung nach Anhörung der beteiligten Kreise für bestimmte Abfallarten den Vorrang oder Gleichrang einer Verwertungsmaßnahme zu bestimmen und Anforderungen an die Hochwertigkeit der Verwertung festzulegen. Ob ein untergesetzliches Regelwerk, zumindest für ausgewählte AS, eine geeignetes Instrument darstellt, wird im Weiteren noch diskutiert.

In den Bereich der rechtlichen Hemmnisse ist auch der Aspekt „Keine ausreichende Getrennthaltung durch Abfallerzeuger“ einzuordnen, sofern hier nicht auf Fragen der technischen Möglichkeit abgestellt werden soll. Werden Abfälle nicht getrennt gehalten, wird eine anzustrebende „abfallsortenreine“ Aufbereitung bzw. höherwertige Verwertung der gefährlichen Abfallströme erschwert. Gerade kleine und mittlere Unternehmen führen die nicht ausreichenden Flächen für eine Vielzahl von Behältern als Argument gegen eine Getrennthaltung an. Grundsätzlich schätzen wir dieses Argument als allenfalls in Ausnahmefällen stichhaltig ein.

Vollzugs-Hemmnisse

Grundsätzlich ist der Vollzug des Kreislaufwirtschaftsgesetzes Aufgabe der Länder. Wenn zuständige Mitarbeiter in Vollzugsbehörden „Fehlende konkrete Vorgaben zur Umsetzung der Abfallhierarchie“ beklagen, stellt sich die Frage, ob das bestehende Instrumentarium ausreichend und praxisgerecht ist.

Wenn zudem die ökologische Betrachtung auf einzelne Abfälle – und eben nicht auf einzelne AS abgestellt werden muss, gehen wir davon aus, dass eigentlich ein erheblicher Verwaltungsaufwand zu leisten wäre. Ob dafür ausreichend qualifiziertes Personal vorhanden ist, konnte im Rahmen dieses Gutachtens nicht analysiert werden.

Ökonomische Hemmnisse

Mehrere der aufgezeigten Hemmnisse sind direkt oder indirekt als ökonomische Hemmnisse einzustufen. Hohe und steigende Aufwendungen einerseits und geringe (bzw. sinkende) Erlöse andererseits führen zu hohen Preisen, die im Einzelfall nicht unter denen anderer Entsorgungswege liegen. In der Praxis wird das Recycling aber nur dann bevorzugt, wenn zusätzlich zu den ökologischen Vorzügen auch

Preisvorteile gegeben sind. Wirtschaftlich zumutbare Mehrkosten werden i.d.R. nur akzeptiert, wenn klare rechtliche Vorgaben dies notwendig machen.

Bezüglich der Erlössituation sind Märkte für Sekundärrohstoffe in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass mit den Primärrohstoffen eine Alternative zur Verfügung steht und die potenziellen Käufer deshalb -zumindest derzeit - nicht zwingend auf Sekundärprodukte angewiesen sind. Bestehen für gefährliche Abfälle zudem keine konkreten Regelungen zur Aufbereitung und stofflichen Verwertung, wie dies beispielsweise in der Altölverordnung der Fall ist, müssen Marktanreize für den Einsatz von Sekundärprodukten über deutlich günstigere Preise als für Neuware gesetzt werden.

Beispielsweise hängt das Recycling im Bereich der Lösemittelrückgewinnung stark vom jeweiligen Markt- bzw. Gestellungspreis der korrespondierenden Primärdestillate bzw. darüber hinaus vom Rohölpreis ab. Ein Ausbau der stofflichen Verwertung von Alt-Lösemitteln ist daher eine marktpreisgebundene Funktion des betreffenden Primärproduktes.

Der Kostenaufwand für die sortenreine getrennte Erfassung an der Anfallstelle, die Logistik, die benötigte technische Infrastruktur, die Erfüllung von (steigenden) Umweltschutzaufgaben, die Qualitätskontrolle und die Marktzulassung nach Stoffrecht sowie die abhängig vom Wertstoffanteil zu berücksichtigenden Kosten für die nicht verwertbaren Reste der Aufbereitung ist nach Angaben von Marktteilnehmern so erheblich, dass bei sinkenden Preisen für die Neuware auch die Preise für die Sekundärware sinken und so teilweise keine auskömmlichen Preise am Markt durchsetzbar sind. Nicht zuletzt deshalb beklagt der BVSE, dass „die immer weiter nachgebenden Rohstoffpreise die bestehende Sonderabfallverwertung gefährden“ (BVSE 2016).

Hinzu kommt, dass die in § 6 Absatz 2 Kreislaufwirtschaftsgesetz formulierte Berücksichtigung der „wirtschaftlichen Zumutbarkeit“ bei der Entscheidung über einen Entsorgungsweg oftmals dahingehend missverstanden wird, dass bei ansonsten gleichrangigen Entsorgungswegen die kostengünstigere Lösungen bevorzugt werden kann. Tatsächlich können aber auch teurere hochwertige Recyclingwege wirtschaftlich zumutbar sein; wirtschaftlich unzumutbar im Rechtssinne sind nur Recyclinglösungen, die für den Abfallerzeuger außer Verhältnis zu den Kosten der energetischen Verwertung oder Beseitigung stehen und den wirtschaftlichen Erfolg des Produkts gefährden. Fraglich ist zugegebenermaßen, ob im praktischen Vollzug die Prüfung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit, ohne konkrete Vorgaben welche Mehrkosten noch zumutbar sind, leistbar ist.

Informatorische Hemmnisse

Diesem Bereich sind die Hemmnisse „Mangelnde Informationen über „geeignete“ Verwertungsbetriebe und -techniken“ und letztlich auch zu Teilen das Hemmnis „Fehlende konkrete Vorgaben zur Umsetzung der Abfallhierarchie“ zuzuordnen.

Nach unserer Einschätzung ist derzeit die Informationsbereitstellung und Informationstiefe von Bundesland zu Bundesland in der Tat sehr unterschiedlich. Positiv hervorzuheben sind länderübergreifend erarbeitete Informationsangebote wie z. B. die Abfallsteckbriefe des Informations-Portal-Abfallbewertung²⁰ als auch die Informationsangebote einzelner Sonderabfallgesellschaften. Diese Wege können genutzt werden, um vertiefende und ergänzende Informationsangebote zu Verwertungsverfahren und -betrieben bereitzustellen.

Sonstige Hemmnisse

Die Identifikation der zur Verwertung der untersuchungsrelevanten Abfallarten eingesetzten Verfahrenstechniken hat bestätigt, dass zumindest in den letzten 10 – 15 Jahren großtechnisch keine neuen, innovativen Verwertungsverfahren eingesetzt wurden. Auch innovative Verwertungstechnologien, die beispielsweise innerhalb der letzten zehn Jahre aus ihrer Laborerprobung heraus Eingang in die groß-

²⁰ <http://www.abfallbewertung.org/>

technische Praxis gefunden hätten, konnten für das untersuchte Abfallartenspektrum nicht aufgezeigt werden. Das Hemmnis „Mangelnde Innovationen / Umsetzung in der Praxis“ ist insofern für uns nachvollziehbar. Die Ursache kann jedoch den bereits aufgezeigten ökonomischen Hemmnissen zugeordnet werden.

Das benannte Hemmnis „Abfallinhaltsstoffe zu vielfältig“ läuft darauf hinaus, dass der momentan erreichte Verwertungsanteil für die betroffenen Abfälle nicht weiter steigerungsfähig ist, weil die bisher nicht recycelten Abfälle eines AVV qualitativ auch nicht für das Recycling geeignet sind. Ob dem tatsächlich so ist, vermögen wir in Ermangelung entsprechender Analysedaten auf Abfallebene nicht mit hinreichender Sicherheit zu beurteilen. Zumindest die uns von Seiten einiger Fachbeiratsmitglieder bereitgestellten Daten zu Spannbreiten wesentlicher Inhaltsstoffe sprechen für dieses Argument.

Bedenken, anhand der Abfallzusammensetzung könne auf bestimmte Spezifika der Produktionsverfahren zurückgeschlossen werden und deshalb seien diese Abfälle energetisch zu nutzen oder zu beseitigen, sind nicht grundsätzlich auszuschließen. Allerdings ist dies aus unserer Sicht für einen recht geringen Teil der produktionsspezifischen Abfälle begründet, z. B. für einzelne Abfälle aus der Herstellung pharmazeutischer Produkte.

Das Hemmnis „Qualität der Sekundärware“ geht darauf zurück, dass bis auf wenige Ausnahmen durch die betrachteten Verfahrenstechniken Rezyklate erzeugt werden, die nicht vollständig gleichwertig zu den korrespondierenden Primärprodukten sind. Ursache sind u. a. zeitliche und zusammensetzungsmäßige Qualitätsschwankungen der eingesetzten Abfälle.

8.2 Mögliche Instrumente zur Steigerung einer hochwertigen Verwertung der untersuchungsrelevanten Abfallarten

Wie bereits die Vielfalt der Hemmnisse zur Steigerung der hochwertigen Verwertung (ausgewählter) gefährlicher Abfälle zeigt, gibt es kein universelles Instrument, mit dem die komplexen und vielfältigen Hemmnisse alleine umfassend gelöst werden können. Allerdings gibt es aus Sicht der Autoren verschiedene Ansatzpunkte, die sich gegenseitig zu einem sogenannten Policy-Mix ergänzen können.

Ausgehend von der Systematisierung in Kapitel 7.1 werden nachfolgend Instrumente und Maßnahmen aus den Bereichen:

- ▶ Rechtliche Instrumente
- ▶ Stärkung des Vollzugs
- ▶ Fiskalische Instrumente sowie
- ▶ Kooperationen und informatorische Instrumente

diskutiert²¹.

8.2.1 Rechtliche Instrumente

Rechtliche Instrumente, wie Gebote und Verbote, schreiben bestimmte Verhaltensweisen vor und können auch Fehlverhalten geeignet sanktionieren. Solchen Instrumenten wird üblicherweise eine hohe Wirksamkeit und Zielgenauigkeit zugewiesen.

In Hinblick auf die Stoffstromlenkung bei gefährlichen Abfällen geht es vorrangig um die Frage, ob im Falle der technischen, ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Gleichrangigkeit von Verwertung, sonstiger Verwertung und Beseitigung die Wahlfreiheit des Abfallerzeugers zwingend erforderlich ist.

Die Autoren empfehlen dem in der Abfallhierarchie in § 6 Abs. 1 KrWG ausgedrückten Vorrang des Recyclings vor der sonstigen Verwertung und Beseitigung dadurch mehr Bedeutung beizumessen, dass dieser Vorrang erst dann aufgegeben wird, wenn Verfahren der sonstigen Verwertung oder Be-

²¹ Wie bereits in der Einleitung beschrieben, stellt dieses Kapitel die ausschließliche Meinung der Autoren dar. Eine Beteiligung des Beirats erfolgte nicht.

seitigung bezüglich der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt gem. § 6 Abs. 2 KrWG eindeutige Vorteile nachweisen können. Gemäß § 7 Abs. 2 KrWG gilt das in der Abgrenzung der Verwertung gegenüber der Beseitigung. Nach § 8 Abs. 1 KrWG besteht allerdings zwischen mehreren, bezüglich dem Schutz von Mensch und Umwelt gleichrangigen, Verwertungsmaßnahmen ein Wahlrecht.

Da die Bewertung verschiedener Entsorgungsverfahren - wie u. a. in dieser Studie gezeigt - sehr komplex ist und bezüglich der einzelnen Indikatoren gegenläufig sein kann, kann ein abschließendes eindeutiges und wissenschaftlich begründbares Bewertungsergebnis (Vorrang oder Gleichrang von bestimmten Entsorgungsverfahren oder -anlagen) im Rahmen des praktischen Vollzugs im Allgemeinen nur mit erheblichem Aufwand ermittelt werden. In vielen Fällen wird als Ergebnis entsprechend vereinfachter Bewertungen durch die Vollzugsbehörden möglicherweise nur „grob“ ein Gleichrang ermittelt werden können. In diesen Fällen wäre es wünschenswert, wenn dennoch die Abfallhierarchie erhalten bliebe. Voraussetzung dafür wäre eine Anpassung des § 8 Abs. 1 KrWG (vgl. hierzu auch Landmann/Rohmer 2013).

Tabelle 8-2: Rechtliche Instrumente zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle

Angesprochene Akteure	Instrumente
Bund/Länder	Ausgestaltung von § 8 Absatz 1, Bei Gleichrang verschiedener Verwertungsverfahren bezüglich der Umweltbelange den Vorrang des Recycling nach Abfallhierarchie aufrechterhalten
Bund/Länder	Untergesetzliches Regelwerk/Ausgestaltung von § 8 Absatz 2 KrWG: Stoffstromlenkende Verordnungen, z. B. nach dem Beispiel der Altölverordnung
Länder	Verwaltungsvorschriften zur Beschaffung der öffentlichen Hand (Berücksichtigung stoffstromlenkender Maßnahmen bei der öffentlichen Beschaffung)

Quelle: eigene Darstellung

Des Weiteren ist es möglich von § 8 Abs. 2 KrWG Gebrauch zu machen und für die Abfallarten, für die sich klare ökologische Vorteile der Verwertung ergeben, über Rechtsverordnungen nach dem Beispiel der Altölverordnung klare Festlegungen zur Verwertung zu treffen. Dies hätte neben der Klärung von Vor- oder Gleichrang bestimmter Verfahren zum Recycling oder zur sonstigen Verwertung auch den Vorteil, dass konkrete Anforderungen an die Hochwertigkeit der Verwertung genauso bestimmt werden können, wie Maßnahmen zum Schutz der Umwelt. Zudem kann eine Vereinfachung für Abfallerzeuger und den Vollzug erreicht werden, da für die betreffenden gefährlichen Abfälle die sonst notwendigen einzelfallbezogenen Untersuchungen entfallen würden. Bei der Erarbeitung der Grundlagen für stoffstromlenkende Rechtsverordnungen nach § 8 Abs. 2 KrWG kann die in dieser Studie erarbeitete Bewertungsmethode genutzt werden.

Indirekt kann auch durch entsprechende Berücksichtigung von stoffstromlenkender Maßnahmen in den Verwaltungsvorschriften zur Beschaffung der öffentlichen Hand, durch Vorgaben zur Verwertung entsprechender Abfälle oder der Beschaffung von recycelten Produkten, die Ausschöpfung von Wertungspotenzialen unterstützt werden (vgl. hierzu VwVBU-Berlin 2016).

8.2.2 Stärkung des Vollzugs

Zur Umsetzung der Abfallhierarchie bei gefährlichen Abfällen ist es in Anwendung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und unter Einbeziehung der Arbeitsergebnisse dieses Vorhabens in vielen Fällen erforderlich, einzelfallbezogene Untersuchungen zur technischen, ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Vorteilhaftigkeit der Verwertung von den Abfallerzeugern einzufordern und die Untersuchungsergebnisse fachtechnisch zu prüfen.

Um diese komplexe Vollzugsaufgabe leisten zu können, sollten die damit beauftragten Sonderabfallgesellschaften und die zuständigen Vollzugsbehörden personell und fachlich gestärkt werden. Auch die in diesen Bereichen aktiven privaten Entsorgungsunternehmen sollten unterstützt werden. Hilfreich wäre in diesem Zusammenhang auch eine Intensivierung der Zusammenarbeit auf der Ebene aller Bundesländer, beispielsweise um die knappen Ressourcen von möglicher Doppelarbeit zu entlasten.

Tabelle 8-3: Maßnahmen im Vollzug zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle

Angesprochene Akteure	Instrumente
Länder	Stärkung/Ausbau der Sonderabfallgesellschaften mit entsprechenden Befugnissen und Pflichten
Länder	Intensivere Zusammenarbeit auf Länderebene
Länder	Ergänzung des Nachweisverfahrens um Prüfung der hochwertigen Verwertbarkeit
Länder	Erweiterung der Deklarationsanalysen um Wertstoffe
Bund/Länder/Umweltverwaltung	Branchenbezogene Analysen (früher nach § 5.1.3 BImSchG)

Quelle: eigene Darstellung

Im konkreten Vollzug sollten die Nachweispflichten nach § 50 KrWG für die Entsorgung gefährlicher Abfälle um Prüfungen zur Einhaltung der Abfallhierarchie ergänzt werden. Dazu sollten auch die Deklarationsanalysen nach der Nachweisverordnung (NachwV) um die wertgebenden Elemente, zum Beispiel Metalle, ergänzt werden.

Nicht zuletzt empfehlen wir, dass branchenbezogene Analysen zur Vermeidung und zum Recycling von (gefährlichen) Abfällen nach dem Vorbild der Untersuchungen in Programmen zur Umsetzung von § 5.1.3 BImSchG in den 90er Jahren durchgeführt und gefördert werden. Auch die Recherchen zu dieser Studie haben gezeigt, dass nahezu alle Informationen zum hochwertigen Recycling gefährlicher Abfälle immer noch auf die Studien dieser Programme zurückzuführen sind, aber der aktuellen Rechts- und Marktlage entsprechend aktualisiert werden müssen. Bei entsprechender Lastenverteilung und Koordination sowie Bereitstellung der Ergebnisse erwarten wir nicht nur die Behebung informatorischer Hemmnisse, sondern auch eine Vereinfachung der Vollzugsaufgaben.

8.2.3 Fiskalische Instrumente

Fiskalische Instrumente stellen meist ein indirekt wirkendes Instrument dar, auf das der Adressat nicht eingehen muss. Sanktionsmechanismen gibt es i.d.R. nicht, entsprechend liegt die Wirksamkeit unterhalb der rechtlicher Instrumente.

Durch fiskalische Instrumente können die konkreten Instrumente und Maßnahmen in anderen Bereichen unterstützt werden. Häufig müssen zumindest in der Einführungsphase neuer Recyclingverfahren und -methoden wirtschaftliche Nachteile gegenüber eingespielten Verfahren der sonstigen Verwertung und Beseitigung überwunden werden. Dazu können prinzipiell die in Tabelle 8-4 genannten Instrumente genutzt werden.

Tabelle 8-4: Fiskalische Instrumente zur Förderung der Verwertung gefährlicher Abfälle

Angesprochene Akteure	Instrumente
Bund	Verringerter Umsatzsteuersatz z. B. für Recyclingprodukte
Bund/Länder	Investitionsförderung (analog Umweltinvestitionsprogramm UIP)
Bund/Länder	Verbesserte Abschreibungsbedingungen für Besitzer/Betreiber von Recyclinganlagen
Bund/Länder	Forschungsförderung zur Entwicklung beispielhafter Vorbildlösungen/Förderung von Modellprojekten

Quelle: eigene Darstellung

Eine Senkung des Umsatzsteuersatzes für Recyclingprodukte aus gefährlichen Abfällen kann zu einer ökonomischen Besserstellung gegenüber anderen Entsorgungswegen führen. Angesichts der Vielfalt der betreffenden Produkte und der in diesem Projekt ausgesparten Untersuchung wirtschaftlicher Eckdaten gehen die Autoren davon aus, dass dieses fiskalische Instrument allenfalls unterstützend wirken kann. Eine Steigerung der Recyclingmengen muss sich jedoch nicht einstellen.

Die Investitionsförderung über zinsverbilligte Kredite oder anteilige verlorene Zuschüsse als auch verbesserte Abschreibungsbedingungen für Investitionen in Anlagen zur hochwertigen Verwertung zielen darauf ab, das Investitionsrisiko für die Betreiber entsprechender Anlagen zu verringern. Da das wirtschaftliche Risiko aber maßgeblich auch von anderen Faktoren (Inputverfügbarkeit, Wettbewerbssituation) beeinflusst wird, sind solche Instrumente aus unserer Sicht lediglich eine sinnvolle Ergänzung.

Um innovative Ansätze zur hochwertigen Verwertung zu entwickeln, zu erproben und in den Markt einzuführen, bedarf es entsprechender (anwendungsorientierter) Forschung und Entwicklung. Wie die Projektbearbeitung zeigte, fehlt es an einer wissenschaftlich fundierten Befassung mit dem Themenkomplex „hochwertige Verwertung gefährlicher Abfälle“. Diese anzuregen, wäre über ein entsprechendes Förderungsdesign möglich.

8.2.4 Kooperationen und informatorische Instrumente

Als ein sehr wichtiges Instrument in nahezu allen Sparten von Abfallvermeidung, Recycling und Ressourcenschutz stellt sich immer wieder eine intensivere Informationsbereitstellung und -verbreitung sowie die Förderung von Beratung und Kooperation heraus. Es handelt sich dabei um eine wesentliche Grundlage zur Ausschöpfung von Potenzialen. Einige Beispiele hierzu sind in Tabelle 8-5 aufgeführt.

Tabelle 8-5: Kooperationen und informatorische Instrumente zur Förderung der hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle

Angesprochene Akteure	Instrumente
Länder/Entsorgungswirtschaft	Verbreitung von Informationen über Leuchtturmprojekte, Ermittlung und Veröffentlichung von erreichbaren stofflichen Verwertungsquoten für konkrete gefährliche Abfälle
Länder/Branchenverbände	Gezielte freiwillige Vereinbarung nach dem Muster von Umweltallianzen
Bund/Länder/Branchenverbände	Listen von „geeigneten“ Verwertungsanlagen zur Verfügung stellen, inkl. zugelassene Abfälle und Annahmeveraussetzungen und –beschränkungen (Mindestgehalte Wertstoffe, maximale Gehalte an Störstoffen, Vorgaben zur Beschaffenheit)
Bund/Länder/Branchenverbände	Bewertungs- und Entscheidungshilfen und –methoden zur Verfügung stellen
Länder	Webbasiertes Bereitstellen von Bewertungsergebnissen für konkrete Abfälle (wenn Betriebsgeheimnisse betroffen sind, ausschließlich für Genehmigungsbehörden)
Bund/Länder/Umweltverwaltung/Abfallerzeuger/Anlagenbauer/Entsorgungswirtschaft/Wissenschaft/Beratung	Akteurskooperationen (Runde Tische) zwischen allen beteiligten Akteuren
Umweltverwaltung/Entsorgungswirtschaft	Stärkung/Aktualisierung/Ausbau des bestehenden webbasierten Informationsangebotes (AIDA/ABANDA)

Quelle: eigene Darstellung

Besonders wichtig erscheinen uns die Aktualisierung und der Ausbau von webbasierten Informationen zu Abfällen, Abfallvermeidung und Entsorgungsanlagen wie ABANDA und AIDA die von der Umweltverwaltung in NRW erstellt und gepflegt werden sowie deren Ausdehnung auf das gesamte Bundesgebiet. Des Weiteren gibt es Portale und webbasierte Informationsdienste wie das Informations-Portal-Abfallbewertung (IPA), das Internet Portal Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) und ähnliche, die ebenfalls gestärkt und soweit möglich und sinnvoll mit einander verknüpft und vernetzt werden sollten. Auch die Ergebnisse von vergleichenden Bewertungen zur Festlegung des geeigneten Entsorgungswegs sollten für konkrete gefährliche Abfälle so öffentlich verfügbar gemacht werden. Falls in solchen Ergebnisberichten Betriebsgeheimnisse enthalten sind, sollten sie zumindest allen zuständigen Überwachungs- und Genehmigungsbehörden im Bundesgebiet zur Verfügung gestellt werden.

9 Literaturverzeichnis

- ABANDA 2015 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, sen, <http://www.lanuv.nrw.de>: Abfallanalysen-Datenbank ABANDA. Statistik über die Analysen einer Abfallart unter Berücksichtigung der Messwerte kleiner
zen. <http://www.lanuv.nrw.de/abfall/bewertung/abanda.htm>. zuletzt aufgerufen am 18.09.2015
- ABANDA 2016 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, Recklinghausen, <http://www.lanuv.nrw.de>: Abfallanalysen-Datenbank ABANDA. Statistik über die Analysen einer Abfallart unter Berücksichtigung der Messwerte kleiner Bestimmungsgrenzen. <http://www.lanuv.nrw.de/abfall/bewertung/abanda.htm>; zuletzt abgerufen am 12.12.2016
- AIDA 2010-2013 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, sen, <http://www.lanuv.nrw.de>: AIDA - Informationsplattform Abfall in NRW. Nach Abfallarten aufgeschlüsselte entsorgte Abfallmengen für die Jahre 2010, 2011, 2012, 2013. <http://www.abfall-nrw.de/aida/>. zuletzt abgerufen am 11.06.2015
- AIDA 2012 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz © Land NRW, sen, <http://www.lanuv.nrw.de>: AIDA - Informationsplattform Abfall in NRW. Nach Abfallarten aufgeschlüsselte erzeugte Abfallmengen für das Jahr 2012. <http://www.abfall-nrw.de/aida/>. zuletzt abgerufen am 11.06.2015
- AIDA 2016a Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Land NRW, Recklinghausen, AIDA - Informationsplattform Abfall in NRW. Datenbankeinträge zur Entsorgungsanlage: Herstellung von Natriumaluminat, REMONDIS Production GmbH, Lünen (Technische Daten der nie), <http://www.abfall-nrw.de/aida/>; zuletzt abgerufen am 12.10.2016
- AIDA 2016b Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Land NRW, Recklinghausen, AIDA - Informationsplattform Abfall in NRW. Datenbankeinträge unter „Entsorger-Suche“, hier: Anlagensteckbriefe und Verfahrenslinienbeschreibungen, <http://www.abfall-nrw.de/aida/>; zuletzt abgerufen am 29.11.2016
- AK21 1999 Kommission der Niedersächsischen Landesregierung zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen (1999): Abschlussbericht des Arbeitskreises 21 - „Anforderungen an eine hochwertige Verwertung“, Hannover
- ATZ-EVUS 2001 Entwicklungszentrum für Verfahrenstechnik – ATZ-EVUS: Kühlschmierstoffrecycling mit Hilfe temperaturaktivierten Druckhydrolyse (TDH), Schlussbericht, Sulzbach-Rosenberg 2001
- AWP-S NRW 2005 Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2005): Abfallwirtschaftsplan Nordrhein-Westfalen - Teilplan Sonderabfälle (gefährliche Abfälle)
- Berzelius 2007 Berzelius Stolberg GmbH: Entwicklung eines Verfahrens zur Reduzierung der Blei- und Zinkgehalte zur nachhaltigen Vermeidung einer Deponierung und Gewinnung von Schlackeprodukt, Zinkoxid und Bleimetall, Abschlussbericht, Förderkennzeichen BMBF 01 RW 0145, Stolberg 2007
- Böckler et al. 2011 Böckler, M. (BG ETEM), Michels, P. (BG ETEM), Breidenbach, H. (Zentralverband Oberflächentechnik e.V.) (2011): Gefahrstoffe in der Galvanotechnik und der Oberflächenveredelung - Eine Handlungshilfe als Grundlage zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung. Berufsgenossenschaft Textil Elektro Medientechnische. Köln
- Brauer 1996 Brauer, H. (Hrsg.): Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik, Band 2 Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1996

Bremen 2014	Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen (2014): Bilanz der gefährlichen Abfälle, Land Bremen, 2004 bis 2013; Bremen November 2014 http://www.bauumwelt.bremen.de/umwelt/abfall/plaene_konzepte_und_bilanzen-23800 ; abgerufen am 29.11.2016
Brock et al. 2000	Brock, Th., Groteklaes, M., Mischke, P. (2000): Lehrbuch der Lacktechnologie. Hannover
BVSE 2016	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung: Marktbericht 2015/2016: Sonderabfallentsorgung unter hohem Kostendruck, Internet Abruf am 18.05.2017, http://www.bvse.de/fachbereiche-sonderabfall-altoel/sonderabfallwirtschaft-themen/marktbericht.html
BW 2003a	Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (2003): Handbuch zum richtigen Umgang mit dem Europäischen Abfallverzeichnis 2001/118/EG. Reihe Abfall, Heft 73 Band A, Stuttgart/Fellbach 2003
BW 2003	Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (2003): Handbuch zum richtigen Umgang mit dem Europäischen Abfallverzeichnis 2001/118/EG. Reihe Abfall Heft 73 Band B. Stuttgart/Fellbach
BW 2014	Betrieblicher Umweltschutz in Baden-Württemberg – Eine Informationsplattform des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Stand 31.12.2014, http://www.bubw.de/?vl=1021
Davids/Lange 1986	Davids P., Lange M.: Die TA Luft '86 – Technischer Kommentar, VDI-Verlag, Düsseldorf 1986
Dehne et al. 2015	Dehne, I., Oetjen-Dehne, R., Siegmund, N., Dehoust, G., Möck, A. (2015): Stoffstromorientierte Lösungsansätze für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen, u.e.c. Berlin und Öko-Institut e.V., UBA-Texte 18/2015
Dehoust et al. 2007	Dehoust, G.; Küppers, P.; Neles, J.; Schmidt, G.; Schüler, D.: Methodenentwicklung für die ökologische Bewertung der Entsorgung gefährlicher Abfälle unter und über Tage und Anwendung auf ausgewählte Abfälle, Forschungsvorhaben gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Förderkennzeichen 02C1345, unterstützt durch Drittmittel von vier Versatzbergwerken, Öko-Institut, Darmstadt 2007
Dehoust et al. 2008	Dehoust G. et al.: Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle, Endbericht, Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, FuE-Vorhaben, Förderkennzeichen 204 33 325, Dessau 2008, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3706.pdf
Dehoust et al. 2016	Dehoust, Breitenstein, Küppers, Goldmann, Jenseit, Blepp: Überprüfung der Grenzwerte von Metallen in Abfällen, bei deren Überschreitung eine Verwertung mit Metallrückgewinnung der einfachen Abfallverwertung im Versatz oder auf Deponien vorgeht; Öko-Institut e.V. und TU Clausthal, Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik, UFOPLAN-Vorhaben FKZ 3713 33 333, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/2016-11-22-metallruckgewinnung_bericht-inkl-anlagen_final.pdf
Denz 2009	Denz, W. (2009): Leitfaden Gefährliche Abfälle aus der Lackherstellung, http://www.denz-umweltberatung.de/download-infoschriften/#Lack . zuletzt aufgerufen am 15.10.2015
Denz 2009a	Denz, W.: Inhaltsstoffe wassergemischter Kühlschmierstoffemulsionen, Infoblatt Stand 02.2009, http://www.denz-umweltberatung.de/app/download/1360922150/PIUS+Metall+-+Inhaltsstoffe+von+KSS+2009-02.pdf?t=1233767897
Denz 2009b	Denz, W.: Verfahren zur Spaltung von Kühlschmierstoffemulsionen, Infoblatt Stand 02.2009, http://www.denz-umweltberatung.de/app/download/1360957450/PIUS+Metall+-+Spaltung+von+KSS+2009-02.pdf?t=1233767949
Destatis 2010	Statistisches Bundesamt (2012): Fachserie 19 Reihe 1 Umwelt Abfallentsorgung 2010. Wiesbaden
Destatis 2011	Statistisches Bundesamt (2013): Fachserie 19 Reihe 1 Umwelt Abfallentsorgung 2011. Wiesbaden
Destatis 2012	Statistisches Bundesamt (2014): Fachserie 19 Reihe 1 Umwelt Abfallentsorgung 2012. Wiesbaden

Destatis 2013 Statistisches Bundesamt (2015): Fachserie 19 Reihe 1 Umwelt Abfallentsorgung 2013. Wiesbaden

Franck/Collin 1968 Franck, H.-G.; Collin, G.: Steinkohlenteer: Chemie, Technologie und Verwendung. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1968

Förstner/Gratwohl 2003 Förstner, U.; Grathwohl, P.: Ingenieurgeochemie, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003

Giegrich et al. 2007 Giegrich, J., Liebich, A., Fehrenbach, H. (2007): Ableitung von Kriterien zur Beurteilung einer hochwertigen Verwertung gefährlicher Abfälle, ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Förderkennzeichen 202 35 310

Groß 2016 Groß, G.: Recycling von Abfallschwefelsäuren mit Sauerstoff - Große Mengen auf-bereiten, in: PROZESSTECHNIK Online, [http://www.prozesstechnik-online.de/chemie/-/article/5829525/25640595/Gro%C3%259;abgerufen am 10.10.2016](http://www.prozesstechnik-online.de/chemie/-/article/5829525/25640595/Gro%C3%259;abgerufen%20am%2010.10.2016)

HAZARD-Check 2015 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Beurteilung der Abfallgefahrlichkeit anhand hinterlegter [ten. http://www.abfallbewertung.org/hazardcheck/hazardcheck.php?content=hazardcheck](http://www.abfallbewertung.org/hazardcheck/hazardcheck.php?content=hazardcheck). zuletzt aufgerufen am 26.10.2015

IFA 2015 Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Stand 2015): Zusammensetzung von [fen. http://www.dguv.de/ifa/Praxishilfen/K%C3%BChlschmierstoffe/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/Praxishilfen/K%C3%BChlschmierstoffe/index.jsp). zuletzt aufgerufen am 29.10.2015

IFUA 2012 IFUA-Projekt-GmbH, Bielefeld in Zusammenarbeit mit INFA GmbH, Ahlen (2012): Programm zur Reduzierung der Gewässerbelastung aus Chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen in Nordrhein-Westfalen - CPB-Programm -, Projektbericht P 205086

Indaver 2015 Aussage von Dr. Neuss, Indaver Deutschland GmbH, Email vom 10.07.2015

IPA NRW Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Informations- Portal - Abfallbewertung (kurz IP@). <http://www.abfallbewertung.org/ipa.php?>. zuletzt aufgerufen am 12.08.2015

KAS 2012 KAS Kommission für Anlagensicherheit beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012): Leitfaden Einstufung von Abfällen gemäß Anhang I der Störfall-Verordnung. Bonn

Kißler 2000 Kißler, H. (2000): Ganzheitliche Betrachtung des KSS-Einsatzes Anforderungen und Kostenfaktoren als Grundlage für Optimierungsmaßnahmen. ABAG-itm. Fellbach

Knappe et al. 2012 Knappe, F., Dehoust, G., Petschow, U., Jakubowski, G. (2012): Steigerung von Akzeptanz und Einsatz mineralischer Sekundärrohstoffe unter Berücksichtigung schutzgutbezogener und anwendungsbezogener Anforderungen, des potenziellen, volkswirtschaftlichen Nutzens sowie branchenbezogener, ökonomischer Anreizinstrumente, ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Förderkennzeichen 206 31 304/01

- Länderstatistiken 2012 Abfallbilanzen der Bundesländer 2012 bzw. Saarland 2011:
- Sonderabfallagentur Baden-Württemberg GmbH (2013): SAA-Daten 2012 Gefährliche Abfälle Aufkommen und Entsorgungswege Nicht gefährliche Abfälle Importe und Exporte
- Bayrisches Landesamt für Umwelt (LFU) (2013): Sonderabfallstatistik 2012 für Bayern
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin: Abfallbilanz des Landes Berlin 2012
- Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg: Landesbilanz gefährliche Abfälle 2011 und 2012
- Freie Hansestadt Bremen Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr (2014): Bilanz der gefährlichen Abfälle Land Bremen 2004 bis 2013.
- Freie und Hansestadt Hamburg Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2013): Hamburger Abfallstatistik 2012 Gefährliche Abfälle
- Hessisches Statistisches Landesamt (2014): Statistische Berichte Kennziffer: Q II 11 - j/12 Gefährliche Abfälle in Hessen 2012
- Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2014): Statistische Berichte Abfallwirtschaft, Recycling Q II – j Gefährliche Abfälle in Mecklenburg-Vorpommern sowie grenzüberschreitende Abfallverbringung 2012
- Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (ZUS AGG), Niedersächsische Gesellschaft zur Endablagerung von Sonderabfall mbH (NGS): Fakten 2012 Sonderabfälle in Niedersachsen Aufkommen Entsorgungswege Notifizierung
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2015): Daten und Informationen zur Sonderabfallwirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2011/12 sowie Daten zu Abfallimporten nach und Abfallexporten aus Nordrhein-Westfalen 2012
- Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz (2013): Landesabfallbilanz Rheinland-Pfalz 2012
- Statistisches Amt Saarland (2015): Gefährliche Abfälle- regionaler Verbleib 2012 - 2013, Tabellen und Grafiken aus dem Bereich "Umwelt, Energie, Wasser und Abfallwirtschaft", online bar: [http://www.saarland.de/dokumente/thema_statistik/besond_a\(1\).pdf](http://www.saarland.de/dokumente/thema_statistik/besond_a(1).pdf), zuletzt aufgerufen am 30.11.2015
- Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen (2014): Statistischer Bericht Gefährliche Abfälle im Freistaat Sachsen 2012 Q II 11 – j/12
- Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt: Abfallbilanz 2012 für das Land Sachsen-Anhalt Teil I Siedlungsabfallbilanz Teil II Bilanz der nachweispflichtigen Abfälle
- GOES Gesellschaft für die Organisation der Entsorgung von Sonderabfällen mbH (2013): GOES – Statistik der gefährlichen Abfälle 2012 für Schleswig-Holstein
- Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz des Freistaates Thüringen: Abfallbilanz 2012 Daten und Informationen zur Abfallwirtschaft
- Landmann/Rohmer 2013 „Umweltrecht“, UmweltR/Beckmann, 69. EL April 2013
- LAU LSA 2013 Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Stand vom 31.07.2013): Datensammlung Sachsen-Anhalt Einstufung von Abfällen anhand ihrer Gefährlichkeit. http://www.lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Abfallwirtschaft/Gefahrliche_Abfaelle/Dateien/Datensammlung_Abfalleinstufung_Stand_31_07_2013.pdf, zuletzt aufgerufen am 18.09.2015

- LRA Dachau 2015 Anordnung des Landratsamtes Dachau nach § 17 BImSchG gegenüber der Firma Reichenspurner Recycling GmbH, 85238 Petershausen, vom 11.06.2015,
<http://www.landratsamt-dachau.de/Dox.aspx?docid=c6eee2d6-b4d9-4092-bd39-ab8f369c5b16>;
abgerufen am 05.10.2016
- LUBW 1996 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Untersuchung von Betrieben der spanenden Metallbearbeitung (Branchengutachten), Handbuch Abfall 1, Karlsruhe 1996
- LUIS-BB 2016 Landwirtschafts- und UmweltInformationssystem Brandenburg (LUIS-BB)
Abfallwirtschaft - Zugelassene Entsorger für einen ausgewählten Abfall,
<http://www.luis.brandenburg.de/a/ASYS/A7100006/default.aspx>;
abgerufen am 04.10.2016
- Maier 2011 Maier, K.-H. (Dürr Systems AG): Dürr löst komplexe Aufgaben bei der Verbrennung von flüssigen und gasförmigen Rückständen, 2011,
<http://www.chemie.de/whitepaper/126379/duerr-loest-komplexe-aufgaben-bei-der-verbrennung-von-fluessigen-und-gasfoermigen-rueckstaenden.html> ;
abgerufen am 12.12.2016
- Martens 2011 Martens, H.: Recyclingtechnik – Fachbuch für Lehre und Praxis, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2011
- Möller 1999 Möller, U. J.: Rohrreaktor zur Aufarbeitung von Altölen und Kühlschmierstoffen,
Projektbericht im Auftrag der ABAG-item GmbH, Hamburg Mai 1999
- MUNLV NRW 2007 Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (2007): Entsorgungsatlas Nordrhein-Westfalen (Stand: 01.04.2007).
Düsseldorf 2007
- NEHLSSEN 2016b EMAS-Umwelterklärung der Fa. Nehlsen GmbH & Co KG, Ndl. Nehlsen-Plump, für den Standort Mär-
tens der Betriebsstätte Bremen; Bremen, 10.06.2016
- Prognos 2003 Alwast H., Koepf, M.: Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und
Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen, Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 2003
- ReCiPe 2014 PRé Consultants, Radboud University Nijmegen, Leiden University, RIVM: ReCiPe 2008-A life cycle
impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the
endpoint level, Version 1.11, Dec. 2014, <http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet>
- Reichenspurner 2016 Website der Firma Reichenspurner Recycling GmbH, 85238 Petershausen,
<http://www.reichenspurner.de/90/downloads>;
abgerufen am 04.10.2016
- Rematec 2016 Anlagenbeschreibung der REMATEC GmbH, Werk Mügeln, 04769 Mügeln,
<http://www.fire-ev.de/Dokumente/Kurzbeschreibung%20Werk%20M%C3%BCgeln.pdf>;
abgerufen am 05.10.2016
- REMONDIS 2016 (Beantworteter) Fragenkatalog, Prozessbeschreibung und Verfahrensfließbild der der Anlage zur Her-
stellung von Natriumaluminatlaugen (alumin) der REMONDIS Production GmbH, 44536 Lünen (Lippe-
werk) vom 09.09.2016
- Rudolph 1995 Rudolph, K.-U. (1995): Stand der Abwassertechnik in verschiedenen Branchen, Band 1, UBA-Texte
72/1995, Umweltbundesamt Berlin

- Rütgers 2016 Unternehmensporträt und Störfallbroschüre der Firma RÜTGERS InfraTec GmbH, 44579 Castrop-Rauxel,
<http://www.ruetgers-group.com/de/home/unternehmen/business-lines/infratec.html> - und -
https://www.ruetgers-group.com/fileadmin/templates/ruetgers/Medien/PDF/Downloads_2011/rut_stoerfallbroesch_A5_web.pdf;
jeweils abgerufen am 05.10.2016
- Schulte 2009 Schulte, J.: Untersuchungen über die Verbrennung von Flüssigschwefel mit Sauerstoff und Spaltung von Abfallsäuren in einem Drehofen zur Herstellung von Schwefeldioxid,
Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften ,
RWTH Aachen, Januar 2009
- SOLVAY 2010 Solvay-Werk Rheinberg (Hrsg.): Broschüre „Industriepark Solvay Rheinberg“, Rheinberg 2010
- UBA 2006a Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für Abfallbehandlungsanlagen, Dessau 2006
- UBA 2006b Merkblatt über beste verfügbare Techniken für Großfeuerungsanlagen, Dessau 2006
- UBA 2007 Merkblatt über beste verfügbare Techniken für die Herstellung Anorganischer Grundchemikalien,
Dessau 2007
- UBA 2008 Umweltbundesamt (Stand vom 21.02.2008): Bericht zu den Auswirkungen von REACH auf Recycling/Verwertung, www.reach-info.de/dokumente/Bericht_REACH_und_Recycling.pdf zuletzt aufgerufen am 12.01.2016
- UBA 2015 Umweltbundesamt: Treibhauspotentiale (Global Warming Potential, GWP) ausgewählter Verbindungen und deren Gemische gemäß Viertem Sachstandsbericht des IPCC bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren, Stand Mai 2015,
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/treibhauspotentiale_ausgewaehlter_verbindungen_und_deren_gemische_2015_05.pdf
- UM B-W 2003 Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Handbuch zum richtigen Umgang mit dem Europäischen Abfallverzeichnis 2001/118/EG,
Reihe Abfall, Heft 73, Band B, Stuttgart/Fellbach, Februar 2003
- VOA 2013 Verband für die Oberflächenveredelung für Aluminium e.V. – VOA (2013): Informationen zu QualitätStrip. http://www.voa.de/assets/files/Qualitaetszeichen/QS_Infoblatt_Stand04092013.pdf. zuletzt aufgerufen am 18.09.2015
- WDG 2016 Website der Firma Wittenberger Destillations GmbH, 19322 Wittenberge,
<http://www.wdg-solvent.de/Entsorgung/entsorgung.html>;
abgerufen am 04.10.2016
- WZ 2008 Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige Ausgabe 2008, Wiesbaden
- Ziermann/Mager 2013 Ziermann, F.; Mager, T.: Entwicklung Energie sparender Verfahren zur Regenerierung der Lösemittel in Reinigungsmaschinen, Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter AZ 28738 Ref.21/2 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Februar 2013

Rechtsakte

17. BImSchV Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV) vom 2. Mai 2013
- 2000/532/EG Entscheidung 2000/532/EG der Kommission vom 3. Mai 2000 zur Ersetzung der Entscheidung 94/3/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß Artikel 1 Buchstabe a) der Richtlinie 75/442/EWG des Rates über Abfälle und der Entscheidung 94/904/EG des Rates über ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie 91/689/EWG über gefährliche Abfälle. zuletzt geändert

	durch Beschl. 2014/955/EU - ABl. Nr. L 370 vom 30.12.2014 S. 44
2008/98/EG	Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien – Abfallrahmenrichtlinie. zuletzt geändert durch RL (EU) 2015/1127 - ABl. Nr. L 184 vom 11.07.2015 S. 13
2014/955/EU	Beschluss 2014/955/EU der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. ABl. Nr. L 370 vom 30.12.2014 S. 44
AltöIV	Altölverordnung (AltöIV) v. 16.04.2002, BGBl. I S. 1368, zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 14 des Gesetzes v. 24.02.2012, BGBl. I S. 212
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung. Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis vom 10. Dezember 2001. zuletzt geändert am 04.03.2016
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24. Februar 2012, zuletzt geändert am 04.04.2016
NachwV	Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV), Nachweisverordnung vom 20. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2298), die zuletzt durch Artikel 7 der Verordnung vom 2. Dezember 2016 (BGBl. I S. 2770) geändert worden ist
TA Luft	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft –TA Luft) vom 24. Juli 2002
VO (EG) Nr. 1272/2008	Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (CLP- oder GHS-Verordnung). zuletzt geändert durch VO (EU) 2015/1221 - ABl. Nr. L 197 vom 25.07.2015 S. 10
VwVBU-Berlin	Erste Verwaltungsvorschrift zur Änderung der Verwaltungsvorschrift für die Anwendung von Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung von Liefer-, Bau- und Dienstleistungen (Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU) Vom 23. Februar 2016, http://www.stadtentwicklung.berlin.de/sen/uvk/service/gesetzestexte/de/download/beschaffung/VwVBU.pdf