

Kunststoffe im Bausektor

Semesterarbeit im WiSe 2021/22 im Modul
Abfallwirtschaft und -behandlung

Saskia Degner und Kim Behring

Bild: <https://www.nehlsen.com/recycling-entsorgung/abfaelle/kunststoffe>



Gliederung

- ▶ Kunststoffe im Bauwesen
 - ▶ Vorstellung Pilotprojekt KUBA
 - ▶ Grundlagen/ Daten
- ▶ Kunststoffmengen
 - ▶ Hoch- und Tiefbau
 - ▶ Gesamtmenge
- ▶ Kunststoffabfälle
- ▶ Erfassung und Rückführung
 - ▶ Rechtliche Grundlagen
 - ▶ Kunststoffrückführung
 - ▶ Rücknahmesysteme
- ▶ Zukunftsprognose

Kunststoffe im Bausektor - Pilotprojekt KUBA



Abbildung: Modell der Kreislaufwirtschaft

Vgl:
<https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/economy/20151201STO05603/kreislaufwirtschaft-definition-und-vorteile>

- ▶ „KUBA - Nachhaltige Kunststoffwertschöpfungskette: Pilotfall Kunststoffe in Bauwirtschaft und Gebäuden“
 - ▶ Frühjahr 2021
 - ▶ BMBF-Verbundbauvorhaben
- ▶ „Entwicklung eines Konzeptes zur nachhaltigen Nutzung von Kunststoffen in der Bauwirtschaft“
 - ▶ Stichwort Circular Economy

Kunststoffe im Bausektor - Grundlagen/ Daten

- ▶ Kaum grundlegende Daten zum Kunststoffbestand im Baubereich
 - ▶ Hoch- und Tiefbau
- ▶ Grundlage: Untersuchungen, Statistiken und Gespräche mit Stakeholdern

Kunststoffmengen - Hochbau

- ▶ Wohngebäude
 - ▶ unterschiedlicher Bauart
 - ▶ Gebäudetypen
 - ▶ Ausführung
 - ▶ Ca. 300 Gebäude wurden betrachtet
 - ▶ Einteilung der Kunststoffmengen und -qualitäten nach Einsatzbereich
- ▶ Nicht Wohngebäude
 - ▶ Merkllich weniger Gebäude dieser Einstufung
 - ▶ Einteilung der Kunststoffmengen und -qualitäten nach Nutzungsart

Kunststoffmengen - Hochbau

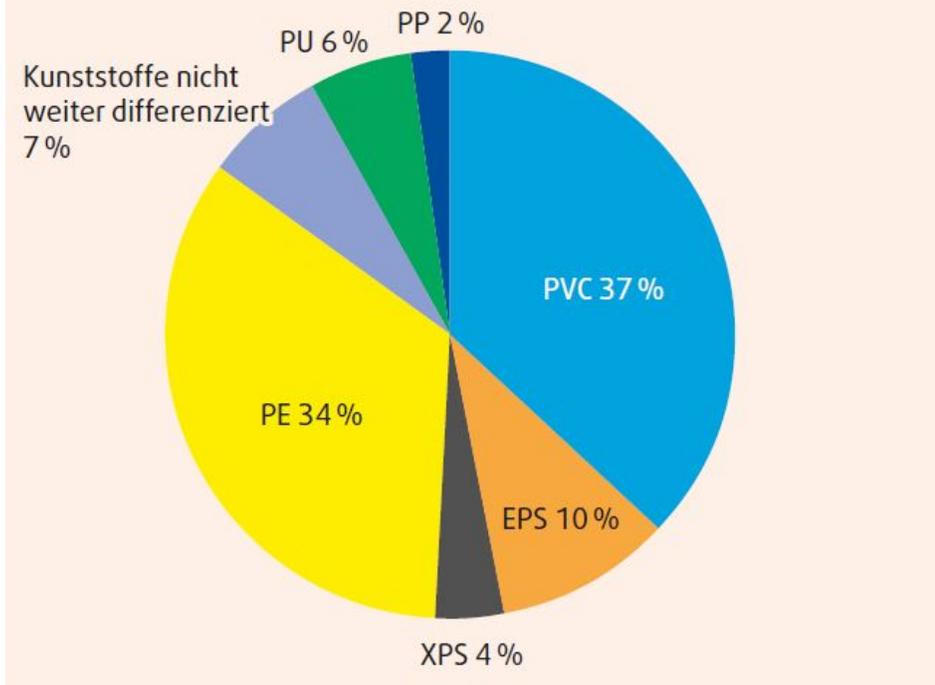
- ▶ Wohngebäude (Betrachtungsjahr 2017)
 - ▶ Ca. 22. Mio Tonnen Kunststoff
 - ▶ 58% Polyethylen (PE)
 - ▶ 24% Expandiertes oder extrudiertes Polystyrol (EPS/ XPS) = Styropor
 - ▶ 12% Polyvinylchlorid (PVC)
 - ▶ 54% aller verbauten Kunststoffe finden sich in Einfamilienhäuser wieder
- ▶ Nicht Wohngebäude (Zeitraum 2015)
 - ▶ Ca. 40 Mio. Tonnen Kunststoff
 - ▶ Je 30% Polyethylen (PE), Expandiertes oder extrudiertes Polystyrol (EPS/ XPS), Polyvinylchlorid (PVC)
 - ▶ 10% Polyurethan (PUR/ PIR)

Kunststoffmengen - Tiefbau

- ▶ Tiefbau (Betrachtungsjahr: 2015)
 - ▶ ca. 8 Mio Tonnen Kunststoff
 - ▶ 41% Polyethylen (PE9)
 - ▶ 30% Polyvinylchlorid (PVC)
 - ▶ deutlich geringere Menge im Vergleich zum Hochbau

Kunststoffmengen - Gesamtmenge

Verteilung der Kunststoffmengen im Bestand im Hoch- und Tiefbau in D
(2015/2017) [Gesamtmenge ca. 70 Mio. Mg]



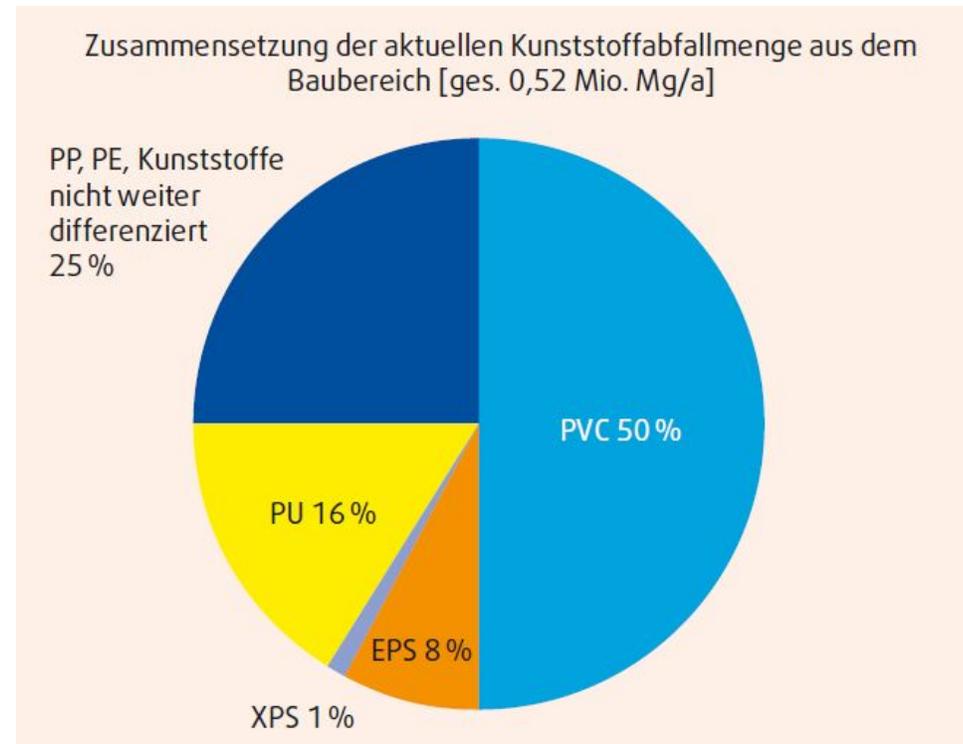
„Abbildung 1 Verteilung der Kunststoffmengen im Bestand im Hoch- und Tiefbau in D[...]“

vgl: Walter, Kopka, Fricke, & Flamme, 2012

- ▶ Gesamtmenge (Deutschland)
 - ▶ Ca. 70 Mio. Tonnen Kunststoff
 - ▶ 37% Polyvinylchlorid (PVC)
 - ▶ 34% Polyethylen (PE)

Kunststoffabfälle - aktuelle Mengen

- ▶ Deutschland derzeit 0,52 Mio. Tonnen Kunststoffabfall pro Jahr aus dem Bausektor
 - ▶ Keine reine Kunststoffabfall Erfassung
 - ▶ Realität: Kunststoff- wird mit anderen Abfallarten gemischt erfasst und recycelt
- ▶ Ca. 30% des Gesamtabfalls wird dem mechanischen Recycling zugeführt
 - ▶ Ca. 0,16 Mio. Tonnen
 - ▶ 50% des Recycelten Abfalls sind PVC-Kunststoffe (Polyvinylchlorid)



„Abbildung 2 Zusammensetzung der aktuellen Kunststoffabfallmenge aus dem Baubereich [ges. 0,52 Mio. mg/a]“

vgl: Walter, Kopka, Fricke, & Flamme, 2012

Kunststoffabfälle - zukünftige Mengen

- ▶ Menge an Kunststoffabfall wird mittel- und langfristig ansteigen
 - ▶ Achtung! Zeitliche Verzögerung (Langlebigkeit von Kunststoff)
- ▶ Beispiel 1: Fenstersanierung in den 1990er Jahren
 - ▶ Sanierung von 20 - 30 Mio. m² Fensterflächen
 - ▶ PVC-Abfallaufkommen steigt auf ca. 56.000 Tonnen/Jahr in den nächsten 20 Jahren
- ▶ Beispiel 2: Ausführungsart Wärmedämmverbundsystem (WDVS)
 - ▶ Material expandierter Polystyrol (EPS) wird zunehmend verbaut
 - ▶ EPS-Abfallaufkommen steigt von 45.000 Tonnen/ Jahr auf ca. 88.000 Tonnen/Jahr

Kunststoffabfälle - Faktoren

- ▶ Faktoren für ein verändertes Abfallaufkommen sind:
 - ▶ Konjunkturelle Entwicklung
 - ▶ Steigende Umsetzung von Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen
 - ▶ Bedingt durch die gesetzlichen Vorgaben

Erfassung und Rückführung - rechtliche Grundlagen

- ▶ Entsorgung nach Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)
- ▶ §1 GewAbfV
 - ▶ „Diese Verordnung gilt für die Bewirtschaftung, insbesondere die Erfassung, die Vorbehandlung, die Vorbereitung zur Wiederverwertung, das Recycling und die sonstige Verwertung, [...] von **bestimmten Bau- und Abbruchabfällen**.“
- ▶ Begriffsbestimmung: Bau- und Abbruchabfall nach §2 Abs. 3 GewAbfV
 - ▶ „bei Bau- und Abbrucharbeiten anfallende mineralische und weitere nicht mineralische Abfälle, die in **Kapitel 17** der Anlagen der **Abfallverzeichnis-Verordnung** aufgeführt sind, [...]“
 - ▶ Kapitel 17 02 03: Kunststoffe und Kapitel 17 02 04* „Glas, Kunststoffe und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind“



Erfassung und Rückführung - rechtliche Grundlagen



- ▶ §3 GewAbfV
 - ▶ „Erzeuger und Besitzer von gewerblichen Siedlungsabfällen haben die folgenden Abfallfraktionen jeweils **getrennt zu sammeln und zu befördern** [...]“
 - ▶ Getrennte Sammlung, Erfassung und Rückführung
- ▶ Problematik: Keine getrennte Haltung möglich
 - ▶ §3 Abs. 2 GewAbfV: „Die Pflichten nach Absatz 1 Satz 1 entfallen, soweit die getrennte Sammlung der jeweiligen Abfallfraktion **technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar** ist.[...]“
 - ▶ Fehlende Technische Maßnahmen: z.B. beengte Platzverhältnisse
 - ▶ Wirtschaftliche Unzumutbarkeit: z.B. zu geringe Abfallmenge
- ▶ Dokumentationspflicht nach §3 Abs. 3 GewAbfV
 - ▶ „Erzeuger und Besitzer haben die Erfüllung der Pflichten nach Absatz 1 Satz 1 oder, im Fall der **Abweichung von diesen Pflichten**, das Vorliegen der Voraussetzungen nach Absatz 2 zu **dokumentieren**.[...]“

Erfassung und Rückführung - Kunststoffrückführung

- ▶ Bund/ Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Hinweise beachten
- ▶ Neubaumaßnahmen
 - ▶ Geringer Kunststoffabfall
 - ▶ Einsatz von vorkonfektionierten Produkten
 - ▶ Sortierte und getrennte Erfassung von Verpackungen und Verschnittresten
- ▶ Umbau-/ Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen
 - ▶ Keine getrennte Abfallsammlung vor Ort zwingend notwendig
 - ▶ Bau- und Abbruchabfall über die Fraktion „Baumischabfall“, gemäß AVV 17 09 04,* entsorgt
 - ▶ „gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 anfallen
 - ▶ Sortierung und Aufbereitung erfolgt nach den jeweiligen Abfallqualitäten

Erfassung und Rückführung - Kunststoffrückführung

- ▶ Fokus bei der Rückführung auf:
 - ▶ Wert- und Schadstoffhaltige Fraktionen
 - ▶ Abfallmenge
- ▶ Sortierung und Rückführung wird nicht primär behandelt
 - ▶ Kunststoff hat einen geringen Materialwert
 - ▶ Kunststofferfassung bringt keinen großen Erlös
 - ▶ Trennung benötigt einen hohen technischen Aufwand
 - ▶ Verminderte Qualitäten durch Verschmutzungen
- ▶ Fehlende Logistikkonzepte sowie Aufbereitungs- und Entsorgungsmöglichkeiten
- ▶ großer zeitlicher Aufwand bei Rücknahmesystemen

Erfassung und Rückführung - Rücknahmesysteme

- ▶ Liegt viel und qualitativ hochwertiger Kunststoffabfall vor
 - ▶ separate Erfassung
 - ▶ Entsorgung über die vorhandenen Rücknahmesysteme
- ▶ Rücknahmesysteme
 - ▶ Geschlossene Materialkreisläufe
 - ▶ Hohe Erfassungsqualität
 - ▶ „Push-Prinzip“
- ▶ Erschwernisse durch
 - ▶ große (regionale) Unterschiede bezüglich der GewAbfV
 - ▶ Konkurrenzkampf zwischen chemischem, energetischen und stofflichen Recycling

Erfassung und Rückführung - Rücknahmesysteme

▶ Hauptsysteme

- ▶ 1. Gruppe: Systeme, die Kunststoffe und kunststoffhaltige Güter, wie Verpackungen erfasst
 - ▶ 2. Gruppe: Systeme, die Fraktionen im Baubereich, Folien und reine Kunststoffe getrennt erfassen
 - ▶ 3. Gruppe: Systeme, die werthaltige oder problematische Abfälle erfassen
- ▶ Analyse mithilfe der vorliegenden Hauptmerkmalen und der Einstufung „unklar“



vergleichbar mit
Pilotprojekt
„KUBA“

Erfassung und Rückführung - Rücknahmesysteme

Merkmal	Ausprägung										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
Art der Fraktion	Monofraktion Kunststoff		Monofraktion Sonstige		Mischfraktion nur Kunststoffe			Mischfraktion auch Kunststoffe		Mischfraktion Sonstige	
Reinheit der Fraktion	keine Verunreinigungen		leichte Verunreinigungen			mittlere Verunreinigungen			starke Verunreinigungen		
Qualität der Fraktion	Niedrige Qualität			hohe Qualität				erfüllt definierte Qualitätskriterien			
Erfassung (Systemart)	Holsystem					Bringsystem					
Erfassung (Behälter)	behälterlos			Behälter nicht standardisiert				Behälter standardisiert			
Absteuerungswege	Konsolidierung	Sortierung		Vorbehandlung		Recycling (werkstofflich)		Recycling (rohstofflich)		Closed-Loop	
Automatisierung	Nein			Teilweise				Vollständig			
IT-Unterstützung	Nein			Teilweise				Vollständig			

Tabelle 1: Morphologische Analyse:
Hauptmerkmale und Ausprägungen

vgl: Walter, Kopka, Fricke, & Flamme, 2012

Erfassung und Rückführung - Rücknahmesysteme

Merkmal											unklar	
Anzahl Fraktionen	33	0	0	0	0	0	0	1	0	1	33	22
Art der Fraktion	30		12			7		14			1	
Reinheit der Fraktion	22		23			0		1			35	
Qualität der Fraktion	0		0			46					35	
Erfassung (Systemart)	33		47								1	
Erfassung (Behälter)	43		6			26					6	
Absteuerungswege	10	17		8	29		1		5		11	
Automatisierung	31		4			2					44	
IT-Unterstützung	21		8								50	

vorwiegend Monofractionen oder sehr viele Fraktionen

Wenn Angaben vorhanden: Definierte Qualitätskriterien, oftmals durch Ausschluss von Stoffen/Fractionen

Behälterlose Erfassung oder standardisierte Behälter stark überwiegen

Wenn Angaben vorhanden: Stark überwiegen keine Automatisierung

Vorwiegende Absteuerungsweg: Werkstoffliches Recycling

Tabelle 2: Ausgewählte Schlussfolgerung zur morphologischen Analyse

Exkurs: Informationsbereitstellung

- ▶ **Transparenz in der Informationsbereitstellung notwendig für Circular Economy bzw. nachhaltiges Recycling**
 - ▶ Idealfall: Stoffströme und Informationen dazu laufen parallel
 - ▶ Realität: Informationen liegen nicht immer vor
- ▶ **Konkretere Definitionen für die Abfallströme erforderlich**
 - ▶ Stoffstromzusammensetzung
 - ▶ Qualität des Abfallstromes

Zukunftsprognose

- ▶ Menge an Kunststoffabfall aus dem Bausektor wird ansteigen
 - ▶ Müllverwertungsanlagen können an ihre Grenzen stoßen
- ▶ Förderung neuer Entsorgungssysteme
 - ▶ getrennte Kunststofferfassung nimmt an Wirtschaftlichkeit zu
- ▶ Aspekte für eine nachhaltige Kunststoffrückführung
 - ▶ Förderung recyclinggerechter Bauprodukte
 - ▶ Baudatenbank mit Informationen zu den verbauten Stoffen
 - ▶ Anpassung der Rückführungslogistik an den Herstellungsprozess
 - ▶ Optimierung bestehender Konzepte
- ▶ Hohe Qualität von gemischten Kunststoffen notwendig

The background features abstract, overlapping green geometric shapes in various shades, primarily on the left and right sides, with a white central area.

Ende

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Kunststoffe im Bausektor - Zusammenfassung

- Pilotprojekt: „KUBA – Nachhaltige Kunststoffwertschöpfungskette: Pilotfall Kunststoffe in der Bauwirtschaft“
 - Stichwort: Circular Economy¹(Kreislaufwirtschaft)
 - Lebenszyklus der verarbeiteten Materialien soll verlängert werden
 - Ziel: Ausarbeitung eines Konzeptes für die nachhaltige Nutzung von Kunststoffen im Bausektor
- **Kunststoffmengen: ca. 70 Mio. Tonnen Kunststoff²**
 - 37% Polyvinylchlorid, 34% Polyethylen
 - Hochbau bei Wohngebäude
 - Grundlage: Analyse unterschiedlicher Gebäudetypen, unterschiedlicher Bauart
 - Kunststoffeinteilung nach Menge und Qualitäten je Einsatzbereich
 - Betrachtungsjahr 2017: ca. 22 Mio. Tonnen Kunststoff
 - 58% Polyethylen, 24% Expandiertes/ Extrudiertes Polystyrol, 12% Polyvinylchlorid, keine Mengenangabe zu Polyurethan
 - Hochbau bei Nicht Wohngebäude
 - Grundlage: Studie des Leibniz-Institutes für ökologische Raumentwicklung, Nutzflächenberechnung des Bestandes
 - Kunststoffeinteilung nach Menge und Qualitäten je Nutzungsart
 - Betrachtungsjahr 2015: ca. 40 Mio. Tonnen Kunststoff
 - 30% Polyethylen, 30% Expandiertes/ Extrudiertes Polystyrol, 30% Polyvinylchlorid, 10% Polyurethan
 - Tiefbau
 - Betrachtungsjahr 2015: ca. 8 Mio. Tonnen Kunststoff
 - 41% Polyethylen, 30% Polyvinylchlorid
- **Kunststoffabfallmengen: aktuell ca. 0,52 Mio. Tonnen pro Jahr aus dem Bausektor³**
 - Kunststoff wird in der Realität zusammen mit anderen Abfällen erfasst und recycelt
 - Kunststoffmengen werden in Zukunft ansteigen
 - zeitliche Verzögerung aufgrund der Langlebigkeit von Kunststoffen
 - Faktoren für verändertes Abfallaufkommen: Konjunkturelle Entwicklung, steigende Sanierungs- und Rückbaumaßnahmen (ggf. mit gesetzlichen Änderungen)
- Erfassung und Rückführung nach der Gewerbeabfallversorgung (GewAbfV)
 - Kunststoffabfälle aus dem Bausektor werden nach §1 GewAbfV als Bau- und Abbruchabfall entsorgt → Definition nach §2 Abs. 3 GewAbfV
 - i.d.R. gilt: getrennte Sammlung, Erfassung und Rückführung nach §3 GewAbfV
 - Realität: getrennte Vorhaltung nicht immer möglich → kann entfallen, wenn die Voraussetzungen für §3 Abs. 2 GewAbfV vorliegen
 - Begründung einer wirtschaftlichen Unzumutbarkeit
 - z.B. zu geringe Abfallmenge



Abbildung 1 - Modell der Kreislaufwirtschaft

¹ siehe (Kreislaufwirtschaft: Definition und Vorteile, 2015)² vgl. (Walter, Kopka, Fricke, & Flamme, 2012), S. 546³ vgl. (Conversio, 2020), S.10

- fehlende (technische) Maßnahmen zur Trennung
 - z.B. beengte Platzverhältnisse
- Kunststoffrückführung
 - Hinweise der Bund/ Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) beachten
 - keine primäre Betrachtung von Kunststoffabfällen, wegen
 - zu geringem Materialwert (im Vergleich zu Metall)
 - Unterscheidung der Kunststoffarten benötigt hohen technischen Aufwand
 - minderwertige Qualität von Abfällen wegen chemischer Behandlung
 - hoher zeitlicher Aufwand bei Rücknahmesystemen (z.B. Palettieren, ...)
- Rücknahmesysteme → wenn möglich geschlossene Materialkreisläufe für hohe Qualitäten
 - viel Kunststoffabfall in guter Qualität: separate Erfassung
 - Erschwernisse durch
 - (regionale) Unterschiede in der Umsetzung der GewAbfV
 - vorherrschenden Konkurrenzkampf zwischen den Recyclingformen
 - drei verschiedene Rücknahmesystemgruppen
 - 1. Gruppe: Systeme, die Kunststoffe und kunststoffhaltige Güter, wie Verpackungen erfasst
 - 2. Gruppe: Systeme, die Fraktion im Baubereich, Folien und reine Kunststoffe getrennt erfasst
 - 3. Gruppe: Systeme, die werthaltige oder problematische Abfälle erfassen
- Analyse der Rücknahmesysteme notwendig zum Verständnis der Kunststoffwertschöpfkette
 - Charakter der Systeme: Behälterlose Erfassung von Monofractionen im Bringsystem
 - Bestimmender Absteigerungsweg: wertstoffliche Recycling (mechanisches Recycling)
 - Häufige Probleme: Systeme haben oft keine IT-Unterstützung, daher sind sie nur schwer in bestehende (Lieferketten) Netzwerke zu integrieren
- Exkurs: Informationsbereitstellung
 - notwendig für die optimale Umsetzung der Circular Economy
 - Idealfall: Informationen zu den Stoffströmen kommen parallel mit diesem in der Weiterverarbeitungsanlage an
 - Realität: komplexe Ansammlung von (Kunststoff)Abfällen verfügen über keine Informationen in der Zusammensetzung
 - Abfallströme müssen konkreter und genauer definiert werden
 - ermöglicht eine notwendige Ableitung der Abfallqualitäten
- Zukunftsprognose
 - Kunststoffabfall aus dem Bausektor wird ansteigen (Langlebigkeit der Kunststoffe)
 - Müllverwertungsanlagen werden an ihre Grenzen stoßen
 - neue, wirtschaftliche Entsorgungssysteme müssen entwickelt werden
 - getrennte Kunststoffmüllerefassung wird wirtschaftlicher werden
- Faktoren für eine nachhaltige Rückführung
 - Förderung von recyclinggerechter bzw. ressourcenoptimierter Bauprodukte
 - Entwicklung einer Baudatenbank mit relevanten Informationen für Bauwerke
 - Abschätzung der Stoffströme im Vorfeld möglich
 - Rückführungslogistik muss an die Produktionskette von Neuware angepasst werden
 - Informationen zum In- und Output bereitstellen
 - (digitale) Nachverfolgung der Stoffströme
 - Qualitätssicherungskonzept muss angepasst werden
 - Langlebigkeit und den Verschmutzungsgrad den Kunststoff beachten
- nachhaltige Wiederverwertung erfordert eine hohe Qualität des Kunststoffabfalls → sortenreinen Kunststoff verbauen

Quellenverzeichnis

1. Walter, Gotthard; Kopka, Jan-Philip; Fricke, Claas; Flamme, Sabine (2021): Kunststoffe im Bausektor. In: *Müll und Abfall* (10. Auflage). DOI: 10.37307/j.1863-9763.2021.10.04, abgerufen am 09.November 2021
2. Istel, Katharina (20. April 2018): NABU: Verpackungsabfälle aus Kunststoff für Obst und Gemüse seit 2000 um 140% gestiegen, verfügbar unter: <https://pr.euractiv.com/pr/nabu-verpackungsabf-ile-aus-kunststoff-f-r-obst-und-gem-se-seit-2000-um-140-prozent-gestiegen>, abgerufen am 23.November 2021
3. Europäisches Parlament (02. Dezember 2015): Kreislaufwirtschaft: Definition und Vorteile, online Bericht, verfügbar unter: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/economy/20151201STO05603/kreislaufwirtschaft-definition-und-vorteile>, abgerufen am 23. November 2021
4. Conversio (August 2020): Stoffstrombild Kunststoffe 2019, pdf-Datei, verfügbar unter: <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/kurzfassung-stoffstrombild-kunststoffe-2019.pdf>, abgerufen am 24.11.2021
5. GewAbfV 2017: Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung – GewAbfV, Stand: vom 18.April 2017 "Gewerbeabfallverordnung vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 896), zuletzt geändert durch Art. 4 der Verordnung vom 9.Juli 2021 (BGBl. I S. 2598), pdf-Datei, verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/GewAbfV.pdf, abgerufen am 25.11.2021
6. AVV 2001: Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV), Stand: vom 10.Dezember 2001 "Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533), pdf-Datei, verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/avv/AVV.pdf>, abgerufen am 25.November 2021
7. Weyer, Günther (11. Februar 2019), Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 34 „Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung“, pdf-Datei, verfügbar unter: https://www.laga-online.de/documents/m34_vollzugshinweise_gewabfv_endfassung_11022019_inh-red_aenderung_1554388381.pdf, abgerufen am 25. November 2021
8. Holubek, Jan (14. Juni 2021): Kunststoffprodukte in der Baubranche. Vorteile, Probleme, Lösungsansätze, in: Klimaforum Bau, verfügbar unter: <https://klimaforum-bau.de/2021/06/kunststoffprodukte-in-der-baubranche-vorteile-probleme-loesungsansaezte/>, abgerufen am 01. Dezember 2021