



Untersuchung der Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit von Guss- und Kunststoff-Entwässerungssystemen

Im Auftrag des IZEG – INFORMATIONSZENTRUM ENTWÄSSERUNGSTECHNIK GUSS
E.V.

Erstellt durch:
EPEA GmbH – Part of Drees & Sommer
Obere Waldplätze 12, 70569 Stuttgart

Stuttgart, 17.06.2025

EPEA GmbH und Cradle to Cradle®

Die Erarbeitung des Berichtes erfolgt durch die EPEA GmbH.

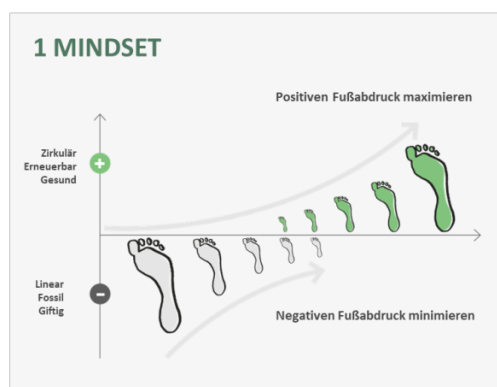
Nach fünf Jahren enger Partnerschaft in der Beratung von Bauherr:innen und Investor:innen haben sich Drees & Sommer und Prof. Dr. Michael Braungart unter der neuen Firmierung EPEA GmbH – Part of Drees & Sommer seit dem 01.01.2019 zusammengeschlossen. Ziel dabei ist es, die Cradle to Cradle® Designprinzipien für die Circular Economy in allen Industriebranchen zu etablieren.

Die EPEA GmbH ist ein international tätiges Beratungsinstitut, das durch öko-effektives Design die Qualität und den Nutzwert von Materialien, Produkten und Dienstleistungen optimiert. Ein internationales Team aus den Bereichen Wissenschaft, Ingenieurwesen und Industrieberatung arbeitet für einen weltweiten Markt daran, das Cradle to Cradle® Designkonzept auf Produkte, Prozesse, Gebäude und Quartiere anzuwenden.

Übertragen auf die Bauindustrie bedeutet dies, dass Gebäude Mehrwert für Mensch, Umgebung und Wirtschaft schaffen – Ziel ist, einen positiven Fußabdruck zu kreieren. Zum Ausdruck kommt dies in umfassender Qualität durch die Gestaltung der Gebäude, bei der der Mensch im Mittelpunkt steht. Gesundheit, Flexibilität und Wertschöpfung sind weitere Cradle to Cradle® Parameter, die Berücksichtigung finden. Unter anderem werden sämtliche Konstruktionen, Anlagen und Bauprodukte so gestaltet, dass ihre Bestandteile qualitativ erhalten bleiben. Gebäude werden somit zu Rohstoffdepots, die am Ende ihrer Nutzungszeit ihre verbauten Materialien zur Wiedernutzung wieder freigeben. Voraussetzung dabei ist die positive Definition von Materialien, die unweigerlich zur Forderung der Materialgesundheit im Sinne der Menschen im Gebäude führt.



EPEAs Ansatz
Inspiriert von Cradle to Cradle®



3 GRUNDSÄTZE

-  Nährstoffe bleiben Nährstoffe
-  Nutzung aktueller Solarerträge
-  Vielfalt wird gefeiert

5 KRITERIEN

-  Gesunde Materialien
-  Zirkuläre Produkte
-  Klimapositiver CO₂-Fußabdruck
-  Regenerative Nutzung des Ökosystems
-  Soziale Fairness

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	AKRONYME	4
3	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
4	TABELLENVERZEICHNIS	6
5	UNTERSUCHUNGSRAHMEN.....	7
6	ABSCHÄTZUNG DER MATERIALGESUNDHEIT VON KUNSTSTOFF- UND GUSSROHREN FÜR ABWASSERSYSTEME	8
7	ÖKOBILANZ	10
7.1	ZIELSETZUNG UND UNTERSUCHUNGSRAHMEN.....	10
7.2	SACHBILANZ	11
8	RECYCLINGFÄHIGKEIT.....	13
8.1	RECYCLINGFÄHIGKEIT VON KUNSTSTOFFROHREN	14
8.2	RECYCLINGFÄHIGKEIT VON GUSSEISENROHREN.....	16
9	REALE RECYCLINGFÄHIGKEIT	17
9.1	EINSCHRÄNKUNGEN DURCH RÜCKGEWINNUNGSPROZESSE.....	17
9.2	KOSTENVERGLEICH – NOTWENDIGE RÜCKBAUTÄTIGKEITEN FÜR GETRENNTE ENTSORGUNG	19
9.3	LEBENSDAUERANNAHMEN	20
10	ZUSAMMENFASSUNG	21
11	FAZIT UND AUSBLICK	22
12	LITERATURVERZEICHNIS.....	23

1 ZUSAMMENFASSUNG

Diese Analyse untersucht ganzheitlich die Recyclingfähigkeit und weitere Nachhaltigkeitsaspekte von Abwasserrohrsystemen für den Innenbereich von Gebäuden. Im Fokus steht der Lebenszyklus der Produkte – von der Herstellung über die Nutzung und der Rückgewinnung bis zur stofflichen Verwertung. Ziel der Untersuchung war die Beantwortung der Frage welches Material unter einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbetrachtung zukünftig von Bauherren mit eigenen Nachhaltigkeitszielen priorisiert werden sollten. Als Referenzrahmen zur Beantwortung dieser Frage diente ein typisches Szenario aus dem Mehrfamilienhausbau. Betrachtet werden Rohre aus Guss, Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP), während Spezialrohre und Zubehörteile ausgeschlossen sind.

Die Untersuchung basiert auf wissenschaftlicher Literatur, Expert:innen-Interviews und öffentlich zugänglichen Datensätzen. Die Bewertung erfolgte anhand folgender Kriterien:

- Materialgesundheit
- Ökobilanzieller Vergleich der Herstellung
- technische Recyclingfähigkeit
- reale Recyclingfähigkeit heute

Für die Nachhaltigkeitsbewertung der Herstellung erwiesen sich verfügbare Datensätze als unzureichend, da sie keine direkte Vergleichbarkeit zwischen den Abwasserrohrsystemen erlauben.

Aufgrund fehlender Daten zur Zusammensetzung der Kunststoffrohre war eine direkte Gegenüberstellung der Materialgesundheit aller Einzelmaterialien von Kunststoff- und Gusseisen-Abflussrohren nicht möglich.

Die Untersuchung der realen Recyclingfähigkeit beinhaltet auch praktische Fragen des Aufwandes der Rückgewinnung von Guss- und Kunststoffrohren. Die Befragung von Expert:innen aus der Abrisspraxis hat ergeben, dass Gussrohre mit einem höheren Aufwand im Rückbau verbunden sind als Kunststoffrohre im gleichen Anwendungsfall was sich auch in der Kostenschätzung des Rückbauaufwandes mit marktüblichen Tools widerspiegelt. Auch die Vergütung die Abbrecher bei der Entsorgung von Recycler für die Gussrohre als Altschrott heute bekommen gleicht diesen Mehraufwand nur teilweise aus. Auf der theoretischen Ebene kommt die Analyse zu dem Schluss, dass Gussrohre problemlos dem Metallrecycling zugeführt werden, während die untersuchte Gruppe von Multilayer-Kunststoffrohre überwiegend thermisch verwertet¹ werden. Chemische Recyclingverfahren für Kunststoffe befinden sich noch in der Entwicklungsphase. Während Gussrohre heute bereits etablierte Recyclingprozesse durchlaufen, sind für Kunststoffrohre größere Anstrengungen nötig, um ihr theoretisches Recyclingpotenzial zukünftig zu realisieren. Derzeit erfolgt kein hochwertiges Recycling von Kunststoffrohren, im Gegensatz zu Gussrohren, die als Altschrott effizient verwertet werden.

Die Untersuchung zeigt, dass Gussrohre im betrachteten Nutzungsszenario als Entwässerungsrohre heute recycelt werden, während Multilayer-Kunststoffrohre überwiegend thermisch verwertet werden. Der erhöhte Rückbauaufwand von Gussrohren wird nur teilweise durch die Vergütung als Metallschrott kompensiert. Die Recyclingfähigkeit ist auf technischer und bezüglich der Prozesse zur Materialrückgewinnung aus dem Gebäudeabriss für Gussrohre heute als gegeben zu bewerten und für Multilayer-Kunststoffrohre nicht.

¹ Verbrennung von Abfällen zur Müllentsorgung mit Energierückgewinnung mit einem Wirkungsgrad von circa 50 % (Umweltbundesamt, 2016). Dabei entsteht Energie die genutzt wird aber auch CO₂ das ausgestoßen wird.

2 AKRONYME

BPA	-	Bisphenol A
Bvse	-	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung
C2C	-	Cradle to Cradle
EBS	-	Ersatzbrennstoff
EN	-	Europäische Norm
EPD	-	Umweltproduktdeklaration (Engl.: Environmental Product Declaration)
GWP	-	Erderwärmungspotenzial (Engl.: Global Warming Potential)
GewAbfV	-	Gewerbeabfallverordnung
PE	-	Polyethylen
PP	-	Polypropylen
SDS	-	Sicherheitsdatenblätter
TDS	-	Technische Datenblätter

3 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Rohrsysteme aus Gusseisen und Kunststoff (PE, PP)	7
Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des angestrebten Verwertungsweg für Bau- und Abbruchabfälle nach GewAbfV.....	13

4 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Erläuterung der C2C Ratings A/a,B/b,C/c und X/x.....	8
Tabelle 2: Gegenüberstellung der betrachteten EPDs sowie deren Kerneigenschaften	11
Tabelle 3: Kostenschätzung Rückbau von Guss- und Kunststoffrohren.....	19
Tabelle 4: Vergleich der Entsorgungskosten bzw. Vergütung von Guss- und Kunststoffrohren	20
Tabelle 5: Ergebnisübersicht Vergleich Abwasserrohrsysteme aus Gusseisen und Kunststoff (PE und PP)...	21

5 UNTERSUCHUNGSRAHMEN

In dem vorliegenden Bericht werden Abwassersysteme aus Gusseisen mit Abwassersystemen aus PE und PP verglichen. Um eine Vergleichbarkeit in der Anwendbarkeit der Abwassersysteme herzustellen, werden die folgenden Einschränkungen bzw. Annahmen getroffen:

- Abwassersysteme aus Kunststoff: Bei Kunststoffsystemen werden ausschließlich die Polymere PE und PP betrachtet. Es werden nur Multilayer-Kunststoffsysteme (Verbunde) berücksichtigt, die neben zwei ummantelnden Kunststoffschichten eine mineralische Füllschicht besitzen (vgl. Abbildung 1).
- Abwassersysteme aus Gusseisen: Abwassersystemen aus Gusseisen wird eine Standardzusammensetzung von Gusseisen zugrunde gelegt (2,7-3,8 % aus Kohlenstoff, 0,8-3 % aus Silizium, 0,4-0,8 % aus Mangan, 0,1-1 % aus Phosphor und zu 0,05-0,12 % aus Schwefel (Martens & Goldmann, 2016)). Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass eine Epoxidharzbeschichtung der Rohre notwendig ist.

Dichtungen oder andere Konstruktionselemente sind nicht Teil der Untersuchung. Entsprechend werden nur die Materialien der Rohre betrachtet.

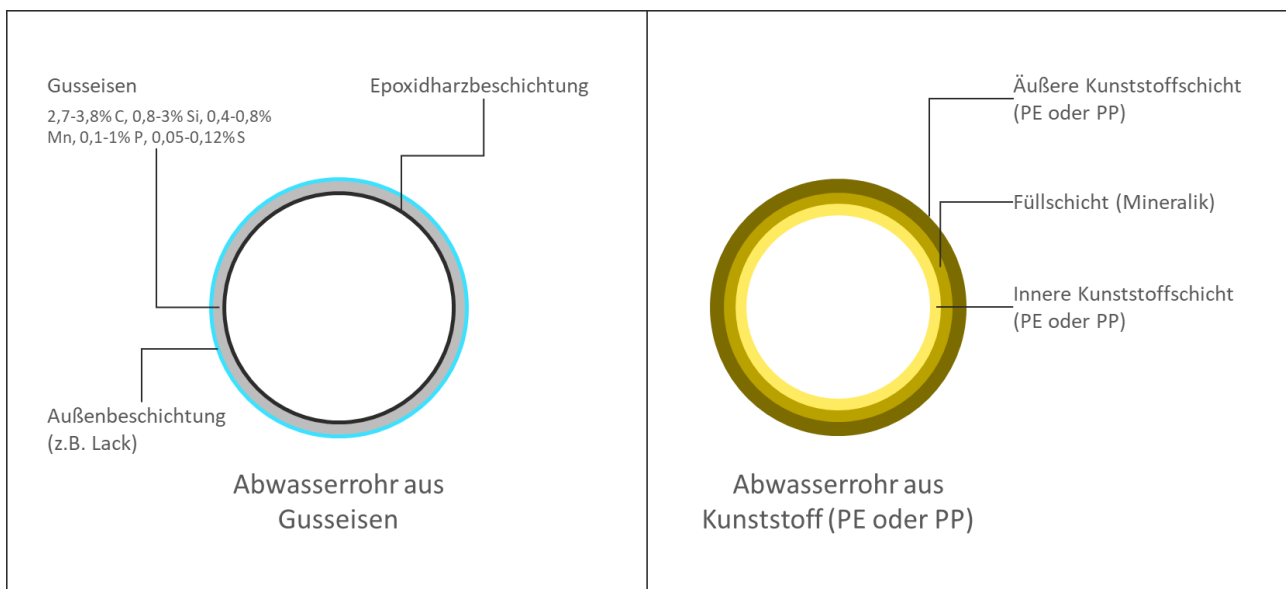


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Rohrsysteme aus Gusseisen und Kunststoff (PE, PP)

Der Vergleich berücksichtigt die Materialgesundheit der gelisteten Materialien sowie die Recyclingfähigkeit der Abwasserrohre aus theoretischer und praktischer Perspektive. Zusätzlich betrachtet wird der Treibhausgasausstoß anhand eines Vergleichs von vorhandenen Environmental Product Declarations (EPDs). Für die weitere Datengrundlage wird sowohl wissenschaftliche Literatur genutzt als auch Expert:innen aus der Abbruch- und der Recyclingbranche interviewt.

6 ABSCHÄTZUNG DER MATERIALGESUNDHEIT VON KUNSTSTOFF- UND GUSSROHREN FÜR ABWASSERSYSTEME

Die Bewertung der Materialgesundheit eines Produkts bzw. der Summe der homogenen Materialien, die das Produkt ausmachen, ist zentraler Bestandteil der Umsetzung des Cradle to Cradle Designprinzips. Ziel ist es, keine toxischen Stoffe über unsere Produkte in Umlauf zu bringen, um damit verbundene negative Auswirkungen auf menschliche Gesundheit und Umwelt sowie die potenzielle Akkumulation in späteren Phasen des Lebenszyklus (z.B. End-Of Use-Recycling) zu verhindern.

Die Abschätzung der Materialgesundheit erfolgt in Anlehnung an den Cradle to Cradle Certified® Standard (Cradle to Cradle Product Innovation Institute, 2022). Homogene Materialien/Chemikalien erhalten Ratings von A/a-C/c und X/x*, wobei A/a das beste Rating und X/x das schlechteste Rating darstellt. Die genaue Bedeutung der jeweiligen Ratings ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Erläuterung der C2C Ratings A/a,B/b,C/c und X/x

Rating	Erläuterung
A/a*	Ideales C2C Material/Ideale Chemikalie – keine Gefahr
B/b	Material unterstützt größtenteils C2C Ziele/Kein moderates oder signifikantes Risiko
C/c	Akzeptierbar mit einzelnen Bedenken/Ein oder mehrere moderate Risiken
X/x	Stark problematische Eigenschaften, auslaufen lassen/Ein oder mehrere signifikante Risiken
*Bei der Bewertung mit Großbuchstaben wird das homogene Material bewertet, bei der Bewertung mit Kleinbuchstaben die einzelne Chemikalie	

Für die Vergabe der Ratings muss sowohl ein „chemical hazard assessment“ als auch ein „chemical exposure assessment“ (Cradle to Cradle Product Innovation Institute, 2022) durchgeführt werden. Für das chemical hazard assessment werden insgesamt 21 Kriterien betrachtet, die Auswirkungen der eingesetzten chemischen Substanzen auf Mensch und Umwelt berücksichtigen. Für jedes Kriterium wird eine Risikoabschätzung vorgenommen, die in das Gesamtrating mit einfließt. Beispiele für Kriterien sind Karzinogenität, orale, dermale und inhalative Toxizität, aquatische Toxizität, Persistenz, Bioakkumulation, etc.

Exkurs: Materialgesundheitsbewertung homogener Materialien

Im C2C Standard werden Produkte in homogene Materialien und die darin eingesetzten chemischen Substanzen aufgeteilt. Ein homogenes Material beschreibt ein Material, das mechanisch nicht weiter aufgetrennt werden kann. Hierzu gehören zum Beispiel Polypropylen, Stahl, Shampoo oder eine Beschichtung. Ist ein homogenes Material mit >100 ppm im Gesamtprodukt enthalten, muss es bei der Bewertung der Materialgesundheit berücksichtigt werden (Cradle to Cradle Products Innovation Institute, 2024).

Um ein homogenes Material bewerten zu können, muss jede Chemikalie, die zu >100 ppm im homogenen Material vorhanden ist, einzeln bewertet werden. Die am schlechtesten bewertete Chemikalie bestimmt das Gesamtrating des homogenen Materials (Cradle to Cradle Products Innovation Institute, 2024).

Für 16 der Kriterien wird zusätzlich das exposure assessment durchgeführt. Beim exposure assessment wird bewertet, ob während der Herstellung, Nutzung und Nachnutzung der chemischen Substanzen eine Chance besteht, dass die menschliche Gesundheit und/oder Umwelt einem Risiko ausgesetzt ist. Als vereinfachtes Beispiel: Eine eingesetzte Chemikalie wird dermal toxisch eingestuft. Allerdings wird sie während der

Herstellung maschinell aufgetragen und ist im Gesamtprodukt nicht Teil einer Oberfläche, sodass kein Kontakt zur Haut von Arbeiter:innen zustande kommt. Auch während der Nachnutzung oder Entsorgung kommt es zu keiner Freilegung der Substanz. Entsprechend besteht keine Aussetzung (exposure) gegenüber der dermalen Toxizität – dies würde final in der Bewertung berücksichtigt und könnte zu einer Verbesserung des Gesamtratings führen, sofern keine anderen Risiken bestehen.

Für den Vergleich der Materialgesundheit von Abflussrohren aus Kunststoff und Gusseisen müssen die einzelnen Bestandteile (vgl. Abbildung 1) der Produkte offengelegt werden. Dies bedeutet, dass sowohl für das Grundmaterial (Polymer, Kunststoff) als auch die eingesetzten Beschichtungen, Füllschichten und Additive Rezepturen zur Verfügung gestellt werden müssen, die alle eingesetzten Chemikalien >100 ppm (gerechnet auf das jeweilige homogene Material) angeben. Dieses Maß an Transparenz konnte zum Zeitpunkt des Abschluss des Berichts nicht hergestellt werden – zwar sind für Gusseisenrohre Herstellerdaten sowie Legierungsspezifikationen vorhanden, für Rohre aus Kunststoff fehlen jedoch Angaben zu eingesetzten Additiven. Somit kann lediglich die Materialgesundheit der Gusseisenrohre abgeschätzt werden. Ein Vergleich von Abwasserrohren aus Gusseisen und Kunststoff ist nicht möglich und kann erst durchgeführt werden, wenn die fehlenden Daten z.B. über Hersteller und/oder Lieferanten bereitgestellt werden.

7 ÖKOBILANZ

7.1 ZIELSETZUNG UND UNTERSUCHUNGSRAHMEN

Dieser Abschnitt der Analyse setzt sich zum Ziel, Guss- und Kunststoffrohre ökobilanziell miteinander zu vergleichen, indem passende Umweltproduktdeklarationen (EPDs) herausgesucht und gegenübergestellt werden.

Hierbei gibt es mehrere Faktoren zu beachten, um zu gewährleisten, dass dieser Vergleich sinnvoll und fair gestaltet ist. Dies betrifft zum einen die funktionelle Einheit der jeweiligen Ökobilanz und zum anderen die Auswahl der in den Vergleich einbezogenen Lebenszyklusmodule gemäß EN 15978.

Ökobilanzen für Rohre verwenden üblicherweise eine von zwei funktionellen Einheiten – die Masse (in kg) oder die Länge (in m). Prinzipiell können EPDs, die unterschiedliche funktionelle Einheiten verwenden, miteinander verglichen werden. Hierfür ist es jedoch notwendig, die Ergebnisse von einer Einheit in die andere umzurechnen, wofür zusätzliche Informationen wie der Durchmesser des Rohre und die Dichte des Materials notwendig sind.

Hinsichtlich der Lebenszyklusmodule ist für einen Vergleich weniger die „korrekte“ Auswahl der zu betrachtenden Module entscheidend, sondern vielmehr, dass für alle betrachteten EPDs die gleichen Module ausgewählt werden. Da bei der Erstellung einer EPD nicht alle Module verpflichtend deklariert werden müssen, können EPDs sich in der Anzahl der deklarierten Module unterscheiden. Hierdurch kann bei einem Vergleich, welcher lediglich die Summe aller Module miteinander vergleicht, ohne zu prüfen ob es sich um dieselben Module handelt, eine EPD alleine deshalb schlechter abschneiden, weil sie transparent mehr Module deklariert hat als die andere.

Für einen Vergleich ist es daher sinnvoll, sich auf die Module zu beschränken, die pflichtmäßig deklariert werden müssen und die nicht von projektspezifischen Eigenschaften wie der Transportdistanz zur Baustelle beeinflusst werden. Aus diesem Grund ist für diese Studie der Bilanzrahmen auf die folgenden Lebenszyklusmodule beschränkt:

- A1-A3: Produktherstellungsphase
- B4: Austausch
- C3: stoffliche und energetische Wiederverwertung
- C4: Deponierung

Es werden lediglich EPDs für den Vergleich herangezogen, welche gemäß EN 15804 erstellt und durch einen Programhalter, welcher Mitglied der ECO Plattform ist, publiziert wurden. Hiermit soll sichergestellt werden, dass die verglichenen EPDs denselben Qualitätsstandard erfüllen.

Zusätzlich gilt es hierbei noch zu erwähnen, dass der der Berechnung zugrundeliegende Standard EN 15804 im Jahr 2020 überarbeitet wurde und es somit zwei unterschiedliche Versionen dieses Standards gibt: EN 15804 + A1 und EN 15804 + A2.

EPDs, welche auf unterschiedlichen Versionen dieses Standards basieren, können nicht miteinander verglichen werden, da die zur Berechnung der Ergebnisse verwendeten Daten und Rechenmethoden überarbeitet wurden. Somit können Unterschiede zwischen den EPD nicht zwingend auf die tatsächlichen Umweltauswirkungen des Produktes zurückgeführt werden, sondern können ebenso durch der Rechenmethodik inhärente Unterschiede entstanden sein.

7.2 SACHBILANZ

In dieser Analyse werden keine eigenen Berechnungen durchgeführt. Vielmehr werden bereits existierende EPDs miteinander verglichen. In Tabelle 2 sind die in dieser Studie betrachtenden EPD sowie deren Eigenschaften gegenübergestellt aufgelistet. Für den Vergleich der Umweltauswirkungen der Herstellung unterschiedlicher Rohmaterialien wird sich an dieser Stelle nur auf das GWP (Erderwärmungspotenzial) bezogen, welches in kg CO₂ eq. gemessen wird

Tabelle 2: Gegenüberstellung der betrachteten EPDs sowie deren Kerneigenschaften

Titel	PAM-GLOBAL® S	Silent-Pro
Hersteller	Saint-Gobain PAM	Geberit International AF
Typ	Gussrohr	Kunststoff
Konformität	EN15804 + A1	EN15804 + A1 EN15804 + A2
Deklarierte Einheit	1 m	1 kg
Durchmesser	Nicht angegeben	44-148 mm (innen) 50-160 mm (außen)
Dichte / Masse	7,41 kg pro m	0,79-8,45 kg pro m
Lebenszyklusmodule	A1-A3 A4 A5 C2 C3 C4	A1-A3 A4 A5 C1 C2 C3 C4 D
Geographische Repräsentativität	Frankreich	Schweiz

Bei der Betrachtung der Eigenschaften beider EPDs fällt auf, dass ein direkter Vergleich nicht ohne Weiteres durchgeführt werden kann. Zum einen unterscheidet sich die deklarierte Einheit beider EPDs. Zwar lassen sich die Ergebnisse der EPD von Saint-Gobain PAM aufgrund der Angabe des Längengewichtes von Meter in Kilogramm umrechnen, jedoch reicht das allein für eine vollständige Vergleichbarkeit nicht aus.

Eine weitere wichtige Rolle spielt hier die Tatsache, dass bei der EPD von Geberit International AF eine große Bandbreite an Rohren mit unterschiedlichen Durchmessern und Längengewichten genutzt wurde, um ein durchschnittliches Ergebnis zu erzeugen. Ein Vergleich des spezifischen Gussrohres von Saint-Gobain PAM mit den durchschnittlichen Werten der Geberit International AF EPD ist wenig zielführend, da im Durchschnitt auch einige Rohre enthalten sind, die unterschiedliche Dimensionen aufweisen als das Gussrohr.

Zwar sind in der Geberit International AF EPD der Silent-Pro Kunststoffrohre auch Angaben zu einzelnen, für die Berechnung des Durchschnitts verwendeten Rohre enthalten. Um hier jedoch das korrekte Rohr auswählen zu können, müsste man zuerst wissen, welche Dimensionen das PAM-GLOBAL® S Rohr aufweist.

Des Weiteren gilt zu erwähnen, dass beide EPDs unter der Nutzung unterschiedlicher Strommixe erstellt wurden. Während Saint-Gobain PAM den französischen Strommix in der Modellierung nutzt, ist es bei Geberit International AF der italienische Strommix. Gemäß der Association of Issuing Bodies liegt der CO₂-Gehalt des französischen Produktionsmixes bei gerade einmal 30,8 g CO₂e/kWh, während es beim italienischen Mix immerhin 273 g CO₂e/kWh sind (Association of Issuing Bodies, 2024). Somit dürften bereits durch den Strommix Unterschiede in den EPD Ergebnissen entstehen, selbst wenn eine gleiche Materialität vorliegen würde. Um einen fairen Vergleich hinsichtlich der reinen Materialität zu gewährleisten, müssten hier also

Korrekturfaktoren eingeführt werden, um Unterschiede im Strommix herauszurechnen, wobei aus den EPDs nicht hervorgeht, wie groß der Anteil des Strommixes an den gesamten Umweltauswirkungen überhaupt ist.

Insgesamt müssten also für beiden EPDs zuerst Annahmen getroffen werden, was die physikalischen Eigenschaften der Rohre sowie den Strommix betrifft, um einen mathematischen Vergleich zuzulassen. Ein solcher Vergleich wäre dann jedoch mit großer Unsicherheit behaftet und wird daher nicht als durchführbar bewertet.

8 RECYCLINGFÄHIGKEIT

In diesem Bericht erfolgt die Abschätzung der Recyclingfähigkeit unter der Annahme, dass die Abwasserrohre als Bau- und Abbruchabfall anfallen. Damit unterliegt das Recycling der Rohre der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV). Für beide Stoffströme (Kunststoffrohre, Gusseisenrohre) gelten dieselben Vorschriften, vereinfacht dargestellt in Abbildung 2. Priorisiertes Ziel ist die getrennte Sammlung der Stoffströme am Anfallort, um sie möglichst direkt weiteren Schritten für die Wiederverwendung oder dem Recycling zuführen zu können. Sollte eine getrennte Sammlung nicht realisierbar sein, muss das Abfallgemisch einer Vor- oder Aufbereitungsanlage zugeführt werden. Auch hier ist das vorrangige Ziel die weitere Behandlung für das Recycling. Die sonstige Verwertung sollte nur dann erfolgen, wenn keine der anderen Optionen technisch und/oder wirtschaftlich abbildbar sind.

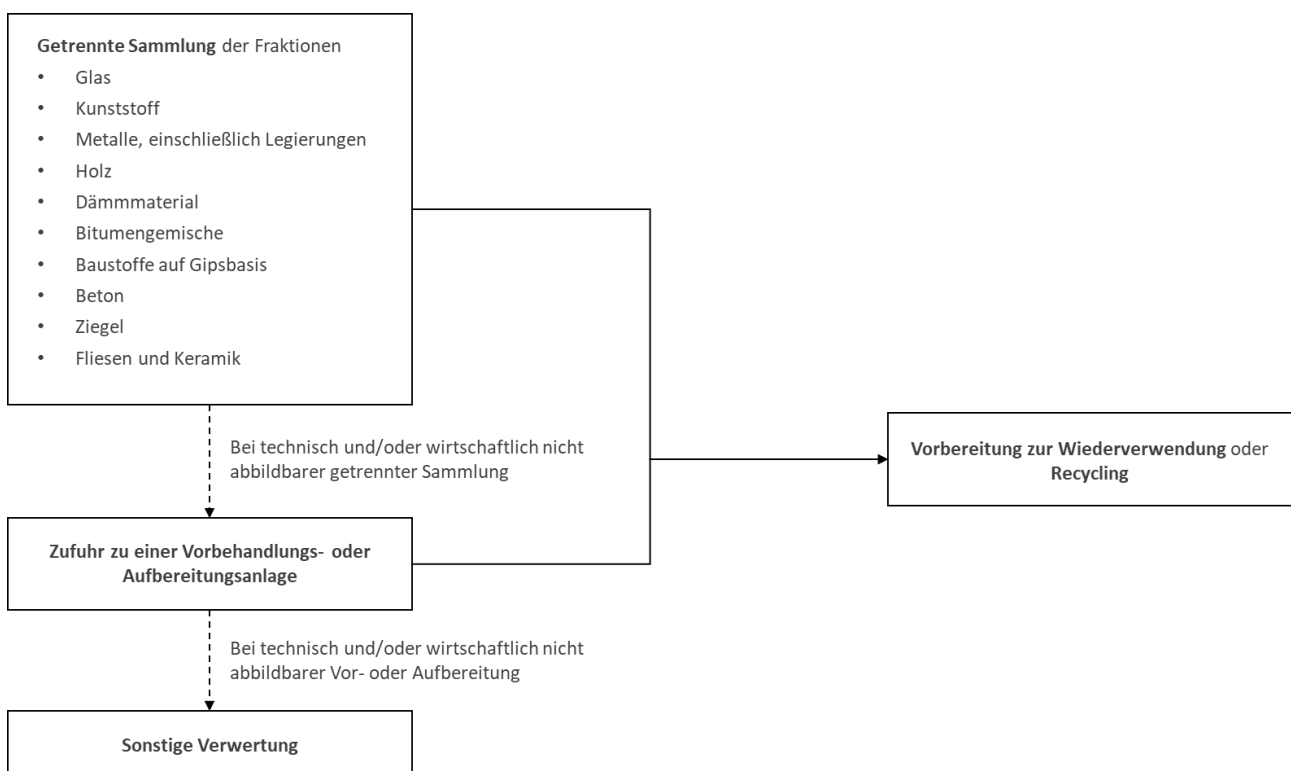


Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung des angestrebten Verwertungsweg für Bau- und Abbruchabfälle nach GewAbfV

Entsprechend Abbildung 2 sind für Kunststoff- und Gusseisenabfälle die gleichen rechtlichen Voraussetzungen für das Recycling gegeben. Inwieweit das Recycling auf Basis dieser Voraussetzungen möglich ist bzw. umgesetzt wird, ist Bestandteil der weiteren Analyse dieses Berichtes. Es wird in den folgenden Untersuchungen zwischen dem theoretischen Recyclingpotenzial (z.B. Technologien, die ein Recycling ermöglichen, aber nicht flächendeckend verfügbar oder wirtschaftlich abbildbar sind) und dem tatsächlichen Recycling, das heute umgesetzt wird, welches in Kapitel 9 näher beschrieben wird, unterschieden.

8.1 RECYCLINGFÄHIGKEIT VON KUNSTSTOFFROHREN

Die nachfolgende Untersuchung gibt einen Überblick über den aktuellen Stand des Recyclings von Kunststoffrohren. Für die Beurteilung der Recyclingfähigkeit von Abflussrohren aus Kunststoff ist eine Unterscheidung zwischen einlagigen (Singlelayer) und mehrlagigen (Multilayer) Rohren erforderlich, da sich die entstehenden Sekundärprodukte der Verwertung unterscheiden. Für diesen Bericht wird die Recyclingfähigkeit von Multilayer-Kunststoffrohren betrachtet, da ihr Anwendungsszenario dem von Gussrohren entspricht. Zunächst werden die Recyclingprozesse der Hauptbestandteile Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) erläutert. Anschließend werden die spezifischen Herausforderungen dargestellt und – wo notwendig – von anderen Verfahren des Kunststoffrecyclings abgegrenzt. Abschließend wird die Recyclingfähigkeit der im Untersuchungsrahmen (Kapitel 5) definierten Kunststoffrohre unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik in Recyclinganlagen bewertet.

Laut der im Jahr 2024 veröffentlichten Conversio-Studie „Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2023 – Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen“ fielen im Jahr 2023 5,58 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle (post-consumer) an. Betrachtet man nur die stoffliche Verwertung und nicht die Deponierung werden drei Verwertungswege für die Kunststoffabfälle gelistet:

- Thermische Verwertung (ca. 64 %),
- mechanisches Recycling (ca. 35 %) und
- chemisches Recycling/rohstoffliche Verwertung (ca. 0,4 %)
(Conversio Market & Strategy GmbH, 2024).

Aus den Zahlen wird deutlich, dass in Deutschland das mechanische Recycling flächendeckend für die stoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen angewandt wird (vgl. auch (Shamsuyeva & Endres, 2021)). Beim mechanischen Recycling werden die chemischen Eigenschaften des Kunststoffs nicht verändert. Entstehende Produkte sind Sekundärrohstoffe in Form von Mahlgut und/oder Regranulat (Shamsuyeva & Endres, 2021). Sofern die Kunststoffe einem Recycling zugeführt werden, umfasst die Prozesskette in der Regel die folgenden Schritte: Zerkleinerung, Reinigung, Sortierung (z.B. Entfernung Metalle, weitere Aufteilung in Kunststoffarten) und Regranulierung. Generell können über diese Route sowohl Polypropylen (PP) als auch Polyethylen (PE) behandelt und zu Sekundärprodukten weiterverarbeitet werden (Santos, Esmizadeh, & Riahinezhad, 2024). Bei den hier betrachteten Abflussrohren aus Kunststoff handelt es sich jedoch nicht um einschichtige (Singlelayer) Kunststoffe, sondern um sogenannten Multilayer-Kunststoff, d.h. ein Kunststoffprodukt, das aus mehr als einer Kunststoffschicht und im Fall der Abflussrohre zusätzlich aus einer mineralischen Füllstoffschicht (vgl. Kapitel 6) besteht. Für das Recycling von Multilayer-Kunststoffen müssen – trotz der allgemeinen Recyclingfähigkeit von PP und PE – Einschränkungen getroffen werden. So ist das entstehende Sekundärprodukt laut Expert:innen-Interviews für die Nutzung als Ersatzbrennstoff (EBS) geeignet, allerdings nicht für die Herstellung von Regranulat zum Einsatz in neuen Kunststoffprodukten. Grund hierfür ist die Qualitätsminderung des Regranulats z.B. durch die eingesetzten Füllstoffe. Die Expert:innen räumen ein, dass Regranulat aus Multilayer-Kunststoffen hochwertigem Material beigemischt werden kann, wenn die Qualitätsanforderungen an das Sekundärprodukt dies zulassen. In diesem Fall bleibt die Basis für das Regranulat trotzdem Regranulat aus der Verarbeitung von Singlelayer-Kunststoffrohren. Singlelayer-Kunststoffrohre kommen allerdings für andere Anwendungsgebiete als Gussrohre zum Einsatz und sind somit nicht Teil des Vergleichs der Recyclingfähigkeit.

Exkurs: Abgrenzung Recycling von Singlelayer- zu Multilayer-Kunststoffrohren

Generell gilt, dass Kunststoffe bestehend aus nur einer Schicht (Singlelayer) und Kunststoffart besser zu recyceln sind als Multilayer-Kunststoffe (Anwar, Suprihatin, Sasongko, Najib, & Pranoto, 2024). Für das Recycling von Singlelayer-Kunststoffrohren aus „füllstofffreiem“ (REHAU Vertriebs AG, 2024) PP konnte ein Rücknahmesystem des Herstellers Rehau ermittelt werden. In Zusammenarbeit mit dem Unternehmen PreZero werden die Rohre stofflich verwertet und zu Regranulat verarbeitet.

Trotzdem gilt auch bei erfolgreichem mechanischen Recycling, dass Qualitätsverluste herbeigeführt werden – z.B. durch die erneute Verarbeitung (z.B. Extrusion) und Einflüsse wie UV-Strahlung, Kontamination, usw. (gilt für post-consumer Kunststoffabfälle). Entsprechend ist das mechanische Recycling auf eine bestimmte Anzahl von Recycling-Zyklen begrenzt; zumindest bei der Herstellung eines Sekundärprodukts mit vergleichbaren Materialeigenschaften bzw. Qualitäten der Ursprungsanwendung.

Es zeigt sich, dass die hier betrachteten Abwasserrohre aus Multilayer-Kunststoff nur eingeschränkt für das mechanische Recycling auf gleichbleibender Materialqualität geeignet sind. Neben den Expert:innen-Interviews wird diese Aussage auch durch die Studienlage gestützt (wenn auch fokussiert auf Kunststoffe aus anderen Quellen, hauptsächlich Verpackungen). Die Studien verdeutlichen dass der Einsatz von Füllstoffen und Additiven sich negativ auf die Recyclingfähigkeit auswirkt und vor allem die Herstellung von Mahlgut und/oder Regranulat mit definierten Qualitäten erschwert, die für die spätere Extrusion jedoch zwingend notwendig sind (Auer, et al., 2023; Shamsuyeva & Endres, 2021; Schyns & Schaver, 2021; Santos, Esmizadeh, & Riahinezhad, 2024). Entsprechend ist davon auszugehen, dass Multilayer-Abwasserrohre nach heutigem Stand und in naher Zukunft mit mineralischer Füllstoffschicht der thermischen (z.B. in Form von EBS) statt der stofflichen Verwertung zugeführt werden (Ragaert, Delva, & Van Geem, 2017; Schyns & Schaver, 2021). Unter Berücksichtigung, dass das Bauwesen den zweitgrößten Anteil am Kunststoffbedarf in Deutschland besitzt, wird deutlich, dass Lösungen gefunden werden müssen, die den Anteil der stofflichen Verwertung erhöhen, um die thermische Verwertung zu minimieren (Umweltbundesamt, 2023). Eine Alternative soll das chemische Recycling bieten. Im Idealfall werden bei dem chemischen Recycling aus den entsorgten Kunststoffen „[chemische] Grundstoffe in Neuqualität“ (Fraunhofer Umsicht, 2024) erzeugt, die unabhängig vom vorher enthaltenen Störstoff-, Schadstoff- und/oder Gehalt von Additiven der Herstellung neuer Kunststoffe zugeführt werden können. Anders als bei dem mechanischen Recycling erfolgt kein Qualitätsverlust, sodass ein Recycling unbegrenzt ermöglicht wird (Fraunhofer Umsicht, 2024). Einen Überblick über chemische Recyclingprozesse bietet unter anderem ein Artikel von Ragaert, Delva und van Geem aus dem Jahr 2017: Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste (Ragaert, Delva, & Van Geem, 2017).

Zwar bietet chemisches Recycling im Gegensatz zum mechanischen Recycling das Potenzial auch Multilayer-Kunststoffe ohne Begrenzung der Kreisläufe zu recyceln, allerdings zeigen die Befragungen der Expert:innen, dass die Prozesse (noch) nicht industriell bzw. flächendeckend umgesetzt werden (siehe Zahlen der Conversio Studie). Darüber hinaus beschränken sich die chemischen Recyclingprozesse heute nach Aussage eines der Expert:innen-Interviews in der Recyclinganlage des entsprechenden Unternehmens auf Materialien aus dem Haushaltsmüll und nicht auf Industrieabfälle wie Rohre aus Abrissprojekten.

Da das chemische Recycling noch nicht industriell umgesetzt wird und das mechanische Recycling in der Regel zu EBS-Produkten führt, wird das Recycling von Multilayer-Kunststoffrohren unter den heutigen Bedingungen als nicht möglich eingestuft. Zwar wird in Einzelfällen Regranulat aus Multilayer-Rohren mit Regranulat aus anderen Quellen (z.B. Singlelayer-Rohre) gemischt, da diese Form der Verwertung aber nur dann stattfinden

kann, wenn das entsprechend hochwertigere Regranulat vorhanden ist, kann die alleinige Recyclingfähigkeit von Multilayer-Rohren nicht bestätigt werden.

8.2 RECYCLINGFÄHIGKEIT VON GUSSEISENROHREN

In diesem Abschnitt wird der aktuelle Stand des Recyclings von Gusseisen, insbesondere im Kontext von Abwasserrohren untersucht. Laut befragten Expert:innen aus der Entsorgungs- und Abfallbranche existiert für Metalle eine etablierte Recyclingstruktur, die auch Gusseisen einschließt. Aufbauend auf dieser allgemeinen Betrachtung des Metallrecycling wird im Folgenden die spezifische Recyclingfähigkeit von Gusseisenrohren untersucht und analysiert, welche Herausforderungen sich in der Praxis bei der stofflichen Verwertung ergeben.

Die Recyclingquote von Eisen-Metallen, unter die auch Gusseisen fällt, lag in Bezug auf die gesamt gesammelte Menge an Eisen-Metall-Altschrott in der EU 2015 bei einer End-of-Life Quote von 75 % (European Commission, 2018). Diese Quote zeigt, dass das Recycling von Eisen-Metallen etabliert ist und in großen Umfang stattfindet aber stets auch Ressourcenverluste mit sich bringt, die durch Verunreinigungen der Eisen-Metalle mit anderen Nicht-Eisen-Metallen, Bauschuttresten oder anderen Störstoffen entstehen.

Metalle werden im Allgemeinen über pyrometallurgische Prozesse recycelt und können zu neuen bzw. Sekundärprodukten verarbeitet werden. Homogene, nicht kontaminierte Stoffströme können direkt dem Umschmelzen zugeführt werden z.B. Produktionsabfälle (Martens & Goldmann, 2016).

Abwasserrohre aus Gusseisen werden laut Expert:innen-Interviews als Altschrott gesammelt, d.h. in einer gemischten Fraktion mit anderen Metallen. Der Altschrott wird zur Rückgewinnung von werthaltigen Metallen sortiert und darüber für unterschiedliche Metalle eine homogene Abfallfraktion bspw. für Guss gebildet. Für das Recycling der Gusseisenrohre sollen durch die Aufbereitung vor allem die Legierungselemente kontrolliert werden, um im fertigen Produkt die erforderlichen Legierungsspezifikationen einhalten zu können. Laut Martens und Goldmann empfiehlt sich eine Sortierung in die Fraktionen „Gusseisen unlegiert, Stahl unlegiert, [und] legierter Stahl bzw. Gusseisen (Legierungsart) [...]“ (Martens & Goldmann, 2016). Um die Qualitätsanforderungen der Sekundärprodukte gewährleisten zu können, empfehlen Martens & Goldmann ähnlich wie für das Kunststoffrecycling vorbereitende Schritte zur Sicherung der Recyclingqualität einzuhalten. Empfohlen werden die sortenreine Erfassung auf der Abbruchbaustelle, die Sammlung nach Stahl und Gusschrott, die Zerkleinerung zur weiteren Reinigung von Störstoffen (wie bspw. Zementanhaftungen) und die sensorgestützte Sortierung zur Abtrennung von Störstoffen (Martens & Goldmann, 2016).

Die befragten Expert:innen trafen die Aussage, dass das Recycling von Altschrott und spezifisch der Fraktion Gusseisen heute den Standardverwertungsweg darstellt und die Recyclingquote der angelieferten Gussrohre bei interner statistischer Erfassung bei bis zu 90 % liegt (Nehlsen Consulting GmbH & Co KG, 2024). Zusammenfassend bestätigen sowohl die Literatur als auch die Expert:innen die tatsächliche Recyclingfähigkeit, die europaweit geringe Verlustrate von 25 % bei Eisen-Metallen (Ergebnis der Literatur Recherche) und 10 % bei Gussrohren (Expert:innen-Interview), sowie den Einsatz von Gusseisen ohne Qualitätsverlust und ohne Begrenzung der Zyklen als Sekundärmaterial.

9 REALE RECYCLINGFÄHIGKEIT

Die Umsetzung des Recycling von Materialien ist nicht ausschließlich von ihren chemischen Eigenschaften und der materialspezifischen Recyclingfähigkeit abhängig. Zur Beantwortung der Frage welches Material aus Recyclingsicht zu bevorzugen ist, muss auch betrachtet werden, wie die Materialien nach ihrer Nutzung bspw. bei einem Abriss zurückgewonnen werden können. Die folgenden Abschnitte beschränken sich auf den Fall des Total-Abrisses eines Gebäudes und vernachlässigen Fälle in denen Rohre beispielsweise bei einer Sanierung als Abfall entstehen.

9.1 EINSCHRÄNKUNGEN DURCH RÜCKGEWINNUNGSPROZESSE

Die Rückgewinnung von Baumaterialien aus Gebäuden nach ihrem Abriss ist heute für viele Materialien, die von großer Massenrelevanz sind (wie bspw. Beton, Holz und Gips), weitestgehend der Standard. Materialien mit geringerer Massenrelevanz sind zwar gleichermaßen regulatorisch benannt, werden aber in der Praxis häufig nicht gezielt für das Recycling aus Gebäuden zurückgewonnen. Für die Betrachtung von Entwässerungssystemen ist daher zunächst festzuhalten, dass die Getrenntsammlung sowohl von Gusseisen- als auch von Kunststoffrohren, wie in Abschnitt 8 bereits aufgeführt, als Bau- und Abbruchabfälle unter die Pflichten der Gewerbeabfallverordnung fallen. Nach § 8 Absatz 1 Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) sind Erzeuger und Besitzer von Bau- und Abbruchabfällen in der Pflicht in verschiedene Abfallfraktionen zu trennen, zu sammeln und dem Recycling oder der Wiederverwendung zurück zu führen.

Allerdings gibt es eine wichtige Einschränkung, die in der Praxis nach Aussagen der Abbrecher aus den Expert:innen-Interviews immer wieder dazu führt, dass bei kleineren Gebäudeabrissen (bspw. Einfamilienhäuser) keine Trennung vorgenommen wird. Die Gewerbeabfallverordnung besagt, dass keine Trennung erforderlich ist, wenn diese technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist. Dies ist der Fall wenn bspw. nicht genug Platz für die Aufstellung der unterschiedlichen Container existiert. Wirtschaftlich nicht zumutbar ist die Trennung, wenn die Gesamtmenge der einzelnen Fraktionen sehr gering ist und damit eine getrennte Sammlung und Aufbereitung sehr teuer wird.

„Die getrennte Sammlung ist dann wirtschaftlich nicht zumutbar, wenn die Kosten für die getrennte Sammlung, insbesondere auf Grund einer hohen Verschmutzung oder einer sehr geringen Menge der jeweiligen Abfallfraktion, außer Verhältnis zu den Kosten für eine gemischte Sammlung und eine anschließende Vorbehandlung oder Aufbereitung stehen. Kosten, die durch nicht durchgeführte aber technisch mögliche und wirtschaftlich zumutbare Maßnahmen des selektiven Abbruchs und Rückbaus hätten vermieden werden können, sind bei der Prüfung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit von den Kosten für die getrennte Sammlung abzuziehen“ (§ 8 Absatz 2 GewAbfV).

Sollte die Pflicht der Trennung aus wirtschaftlicher oder technischer Notwendigkeit entfallen, ist der Erzeuger und Besitzer des Abfalls nach § 9 Absatz 1 GewAbfV allerdings dazu verpflichtet „Gemische, die überwiegend Kunststoffe, Metalle, einschließlich Legierungen, oder Holz enthalten, unverzüglich einer Vorbehandlungsanlage zuzuführen“ (§ 9 Absatz 1 GewAbfV).

In der Praxis führt dies nach Aussagen der Expert:innen aus den befragten Abbruchunternehmen häufig dazu, dass Kunststoffrohre bei kleineren Abrissbaustellen nicht getrennt gesammelt werden, sondern entweder bei der Entrümpelung oder Entkernung im Sperrmüll oder dem Baumischabfall entsorgt werden. Bei größeren Abrissbaustellen hingegen ist eine getrennt Sammlung von Kunststoffen im Sinne der GewAbfV klassischerweise Teil der Ausschreibung. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass es nicht üblich ist, Kunststoffrohre separat als eigene Fraktion auszuschreiben, sondern dass in der Regel die Kunststofffraktion als ganze Materialgruppe nach Abfallschlüsseln ausgeschrieben wird.

In der aktuellen Abbruchpraxis treten Kunststoffe meist nicht in sortenreiner oder sauber getrennter Form auf (Prof. Clemens Deilmann, 2016). Zusätzlich erschweren logistische Faktoren die Wiederverwertung: Beispielsweise weisen Rohre ein hohes Volumen bei geringem Gewicht auf, während bei Materialien wie Dachbahnen oder Tür- und Fensterprofilen oft nur geringe Mengen bei einzelnen Abrissprojekten anfallen (ebd.).

Laut dem Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung (bvse) bietet die Sortiertechnik eine praktikable und umweltfreundliche Lösung für die Behandlung von gemischten Bau- und Gewerbeabfällen, wenn eine getrennte Sammlung direkt vor Ort nicht umsetzbar ist (bvse - Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung, 2020). Allerdings werden diese technischen Möglichkeiten bisher meist nicht für eine stoffliche Verwertung der Kunststofffraktionen genutzt. Stattdessen erfolgt vorrangig eine thermische Verwertung gemeinsam mit anderen brennbaren Abfällen (Prof. Clemens Deilmann, 2016).

Für die Verwertung von Kunststoffrohren ist es nach Angaben unterschiedlicher Initiativen, die die Quote des Recyclings von Abwasserrohrsystemen heben wollen, notwendig, dass Rohre ohne weitere Verunreinigung von anderen Kunststoffen (bspw. PE-Folien oder PVC-Fenstern) angeliefert werden. Damit dies gelingt, muss diese Anforderung explizit in die Positionen des Leistungsverzeichnis eines Abrisses geschrieben und die korrekte Trennung auf der Baustelle kontrolliert werden. Auch werden weitere Anforderungen an die Mindestlängen und an die weiteren Bauteile von Rohrsystemen wie den Schweißmuffen gestellt (PreZero Kunststoffrecycling GmbH, 2024). Nachhaltigkeitszertifizierungen wie das DGNB System für den Gebäuderückbau berücksichtigen diesen Faktor bereits und fordern gezielt Konzepte für eine getrennte Entsorgung, die über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgehen (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V. | DGNB GmbH, 2024).

Es zeigt sich, dass sowohl technische als auch regulatorische Entwicklungen stattfinden müssen, damit die hypothetischen Potenziale des Recyclings von Kunststoffrohren in der Praxis umgesetzt werden können, da andernfalls Kunststoffe nie in der ausreichenden Reinheit von der Baustelle zum Entsorger gelangen werden. Solange kann das Recycling von Kunststoffrohren nur über die individuellen Bemühungen einzelner Bauherren erreicht werden bspw. durch Erweiterung der Ausschreibung durch explizite Positionen zum Sammeln von sortenreinen Kunststoffabfällen. Die heutigen Prozesse auf Abbruchbaustellen zeigen, dass für Gussrohre in Ausschreibungen für Abrissprojekte heute bereits keine gesonderte Leistungen für die getrennte Sortierung von Gussabflussrohren formuliert werden müssen, da diese nach Aussage der befragten Abbrucher mit anderen Metallen (bspw. Heizkörper und Armaturen) immer zusammen unter dem Abfallschlüssel 17 04 05 – Eisen und Stahl gesammelt werden.

In der Praxis zeigt sich folglich, dass Gussrohre beim Abriss von Gebäuden heute in Deutschland klassischerweise als Altschrott entsorgt und damit die in Kapitel 8.2 beschriebene Recyclingfähigkeit des Materials Guss-eisen als Ressource für die Herstellung von neuen Gussprodukten nicht durch Hürden in den Entsorgungsprozessen verhindert werden. Dies begründet sich maßgebend darin, dass keine gesonderte Trennung von Gussrohren und anderen Metallen beim Abriss erforderlich ist, diese aber auch ohne eine gezielt Trennung dem Recycling zugeführt werden können. Für Kunststoffrohre bestehen heute noch unterschiedliche Hürden, die das reale Recycling nach Abriss eines Gebäudes verhindern. Das reale Recycling von Kunststoffabflussrohren scheitert zum aktuellen Stand der Abrissprozesse noch an der fehlenden Trennung von Kunststofffraktionen bei großen Projekten und bei kleinen Projekten an der allgemeinen Pflicht Kunststoffabfälle gesondert zu erfassen. Kunststoffe können in den Recyclinganlagen zwar von Bauschutt oder Sperrmüll getrennt werden, werden anschließend aber aufgrund der hohen Verunreinigung lediglich der thermischen Verwertung zugeführt.

9.2 KOSTENVERGLEICH – NOTWENDIGE RÜCKBAUTÄTIGKEITEN FÜR GETRENNTE ENT-SORGUNG

Es ist festzustellen, dass alle befragten Expert:innen die Aussage getroffen haben, dass Gussrohre heute bereits üblicherweise zusammen mit anderen Metallen konsequent in die stoffliche Verwertung abgegeben werden und für deren Gewinnung aus Abbruchbaustellen keine regulatorische Lenkung notwendig ist, da der Metallschrott einen monetären Gegenwert bei der Entsorgung erzielt. Im Folgenden wird daher beschrieben, welche Kosten unterschiedliche Materialien unter der Annahme des höchstmöglichen Verwertungsweges erzeugen. Annahme für den höchstmöglichen Verwertungsweg:

- Gussrohre – klassischer Ausbau und Sammlung der Fraktion 17 04 05
- Kunststoffrohre – selektiver Ausbau mit Sammlung als Fraktion Kunststoffrohre nach Anforderungen von Herstellerrücknahmesystemen wie PreZero und nicht als Fraktion 17 02 03

Die Kosten wurden über das Baupreislexikon für Abbruchtätigkeiten geschätzt. Die Preisabfrage hat keinen Unterschied zwischen PP und PE ergeben. Formstücke, Verbindungen und Anschlüsse wurden nach oben beschriebenem Betrachtungsrahmen nicht einkalkuliert. Daher wurden diese in den Ergebnissen zusammengefasst.

Tabelle 3: Kostenschätzung Rückbau von Guss- und Kunststoffrohren

Material	Annahme der Preisabfrage	Mittlerer Preis [€ / Laufmeter]
Gussrohre	Rohrleitung Guss, Außendurchmesser 80-100 mm abbrechen, nicht schadstoffbelastet, von Hand ausbauen, laden in Behälter vom AN, AN belädt LKW und transportiert LKW bis 10 km	5,54 €/m
Kunststoffrohre	Rohrleitung Kunststoff, Außendurchmesser 80-100 mm abbrechen, nicht schadstoffbelastet, von Hand ausbauen, AN verwendet Behälter vom AG, AN belädt LKW und transportiert LKW bis 10 km	2,59 €/m

Der große Unterschied in den Kosten für den Rückbau von Gussrohren im Vergleich zu Kunststoffrohren ist nach Auffassung der befragten Expert:innen aus dem Abbruchgewerbe auf das hohe Gewicht von Gussrohren und die damit verbundene Notwendigkeit des Geräteeinsatzes zurückzuführen. Allgemein beschreiben die Expert:innen die Demontage von Kunststoff- im Vergleich zu Gussrohren als einfacher und den damit verbundenen zeitlichen Aufwand als geringer.

Neben den Kosten für den Rückbau sind die Kosten für die Entsorgung aufzuführen. Für die Entsorgung von Kunststoffrohren muss heute (18.12.2024) 163,46 €/t bezahlt werden, dies ist gleichwertig mit den Entsorgungskosten von Baumischabfällen, die sich ebenfalls auf 163,46 €/t belaufen (Zweckverband Abfallwirtschaft Westsachsen, ZAW, 2024). Im Gegensatz dazu steht die Vergütung für Gussrohre, die sich heute (18.12.2024) auf 220 €/t beläuft (Schrott24 GmbH, 2024). Unter der Annahme eines gemittelten Laufmetergewichtes von Gussrohren mit 8,5 kg/lfm und Kunststoffrohren mit 2,3 kg/lfm ergibt dies folgende Entsorgungskosten bzw. Vergütungen:

Tabelle 4: Vergleich der Entsorgungskosten bzw. Vergütung von Guss- und Kunststoffrohren

Material	Annahme des mittleren Gewichts [kg / Laufmeter]	Entsorgung bzw. Vergütung [€ / Laufmeter]
Gussrohre	8,5 kg/lfm	+ 1,87 €/m
Kunststoffrohre	2,3 kg/lfm	- 0,38 €/m
Differenz:		2,25 €/m

Insgesamt ist der Ausbau und die Entsorgung von Gussrohren mit 3,67 €/lfm etwas teurer als der Ausbau und die Entsorgung von Kunststoffrohren mit 2,97 €/lfm.

9.3 LEBENSDAUERANNAHMEN

Die technische Lebensdauer von Guss- sowie Kunststoffrohren wird in der Literatur mit über 50 Jahren benannt. Es gibt keine wissenschaftlichen Quellen, die diese Aussagen beweisen. Auch in den EPDs der jeweiligen Produkte aus Gusseisen und Kunststoff wird mit Annahmen einer Lebensdauer von über 50 Jahren gerechnet. Losgelöst von der fehlenden belastbaren Datenlage ist der Aussagegehalt der Angabe einer technischen Lebensdauer im Kontext von Baumaterialien irreführend. Die wirkliche Lebensdauer von Bauprodukten hängt maßgebend von der Lebensdauer des Gebäudes ab, in dem diese verbaut sind. Heute gebaute Gebäude werden mit einer Lebensdauer von 50 Jahren angenommen. Dies liegt an der steuerrechtlichen Art der Abschreibung des Wertes eines Gebäude auf 0 € nach 50 Jahren. Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen wird zukünftig mit einer Gesamtnutzungsdauer für Wohngebäude von 80 Jahren rechnen (Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, 2024).

Die Recherche mittels wissenschaftlicher Quellen hat ergeben, dass es keine vergleichbaren Untersuchungen der realen Lebensdauer von Guss- und Kunststoffrohren für den Einsatzbereich im Gebäude gibt. Die meisten Untersuchungen beziehen sich auf Rohrsysteme für kommunale Abwasserrohrsysteme. Aufgrund der völlig anderen Exposition können aus diesen Studien keine Ableitungen für Rohrsysteme im Innenbereich angestellt werden. Die Recherche von Herstellerangaben ist gleichermaßen nicht für einen aussagekräftigen Vergleich zu verwenden. Für eine Bewertung der übergeordneten Nachhaltigkeit von unterschiedlichen Rohrsystemen ist dies ein wichtiger Punkt für zukünftige Forschung.

Ein wichtiger Hinweis ist allerdings, dass alle „Annahmen“ für die Lebensdauer von Bauteilen immer nur eine hypothetische Abschätzung verbleiben werden. Unter der Annahme, dass Gebäude typischerweise eine Lebensdauer von 50 Jahren aufweisen und Kunststoffrohre erst seit 30 Jahren verbaut werden, dürften erst in 20 Jahren mit einer vermehrten Rückführung von Kunststoffrohren zu rechnen sein. Es fällt allerdings bereits jetzt eine erhebliche Menge an Kunststoffrohren bei den Recyclern als Abfall an. Das Beispiel zeigt, dass die technisch möglich Lebensdauer von Einzelprodukten von der wirtschaftlichen Lebensdauer von Gebäuden bzw. ihrer Sanierungszyklen abhängig ist. Aussagen zur Nachhaltigkeit von Bauprodukten aufgrund ihrer überdurchschnittlichen Lebensdauer sind daher in Zusammenhang der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Gebäudes in dem sie verbaut sind zu sehen. Gleichmaßen ist es richtig, dass eine hohe Lebensdauer von Bauprodukten die Sanierungszyklen von Gebäuden reduziert und damit zur Wirtschaftlichkeit beiträgt. Die technische Lebensdauer der Gesamtheit der verbauten Bauprodukte sowie die wirtschaftliche Lebensdauer des Gesamtgebäudes beeinflussen sich gegenseitig folglich sowohl positiv als auch negativ.

Zusammenfassend wird deutlich, dass kein fundierter Vergleich der technischen Lebensdauer von unterschiedlichen Rohrmaterialien möglich ist und dieser nur bedingt eine Aussagekraft hätte, da im Bauwesen die technische und wirtschaftliche Lebensdauer von Gebäuden stark voneinander abweichen. Weitere

praxisnahe Studien sind für die Beantwortung der Frage notwendig, ob es zwischen den verschiedenen Materialien von Entwässerungssystemen maßgebende Unterschiede in der technischen Lebensdauer gibt, die die wirtschaftliche Lebensdauer von Gebäuden negativ oder positiv beeinflussen.

10 ZUSAMMENFASSUNG

Abwasserrohrsysteme aus Kunststoff (PP und PE) und Gusseisen wurden anhand ihrer Materialgesundheit, ihrem Carbon Footprint und ihrer Recyclingfähigkeit miteinander verglichen. Die Ergebnisse basieren auf wissenschaftlicher Literatur, Expert:innen-Interviews sowie EPDs und sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 5: Ergebnisübersicht Vergleich Abwasserrohrsysteme aus Gusseisen und Kunststoff (PE und PP)

Material des Abwasserrohrsystems	Multilayer-Kunststoff (PE & PP)	Gusseisen
Materialgesundheit nach C2C-Standard	Kein Rating möglich aufgrund fehlender Datengrundlage	
Carbon Footprint über den Lebenszyklus	kein Vergleich möglich aufgrund einer unzureichenden Datenlage bzw. Unterschiede in Angaben der Produkte und des verwendeten Strommixes.	
Technische Recyclingfähigkeit	Kein stoffliches Recycling möglich, nur thermische Verwertung (z.B. EBS) Chemisches Recycling für Rohre nicht am Markt üblich	Stoffliches Recycling ohne erhebliche Qualitätsverluste heute üblich und am Markt etabliert
Einschränkungen durch Rückgewinnungsprozesse	gezielte Trennung nur bei explizitem Bauherrenwunsch für das Recycling bei Abriss, für multi layer Rohre gibt es keine gesonderte Trennung oder Rücknahmesysteme	Sortenreine Trennung heute üblich und Abrissunternehmen werden für Metallschrott bei der Entsorgung vergütet, der Aufwand der Rückgewinnung bei Abriss ist in der Praxis hoch und mit maschinellem Aufwand verbunden
Kosten für Rückbau und Entsorgung pro Laufmeter-Abflussrohr	Ca. 2,97 €/lfm. (Stand 2024) zusammengesetzt aus: Rückbau: 2,59 €/lfm Entsorgungskosten: 0,38 €/lfm Vergütung: 0 €/lfm	Ca. 3,67 €/lfm (Stand 2024) zusammengesetzt aus: Rückbau: 5,54 €/lfm Entsorgungskosten: 0 €/lfm Vergütung: 1,87 €/lfm
Lebensdauer	Kein Vergleich möglich, da fehlende statistische Daten zur materialspezifischen Lebensdauer von unterschiedlichen Rohrmaterialien und zusätzlich stark abhängig von der wirtschaftlichen Lebensdauer des Gebäudes Kein Vergleich möglich, da fehlende statistische Daten zur materialspezifischen Lebensdauer von unterschiedlichen Rohrmaterialien und zusätzlich stark abhängig von der wirtschaftlichen Lebensdauer des Gebäudes	

11 FAZIT UND AUSBLICK

Die Untersuchung zeigt, dass die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit von Abwasserrohren aus Kunststoff und Gusseisen bislang auf wenige Teilaspekte begrenzt ist, was eine abschließende Bewertung erschwert. Dennoch konnten besonders im praktischen Kontext des Abrisses neue Erkenntnisse zu den unterschiedlichen Nachhaltigkeitsaspekten von Guss- und Kunststoffrohren gewonnen werden. Für die einzelnen Bereiche der Recyclingfähigkeit und ganzheitlichen Nachhaltigkeit ergeben sich insgesamt folgende Ergebnisse:

Ein Vergleich der Materialgesundheit gemäß dem C2C-Standard konnte aufgrund fehlender Daten zu den Kunststoffrohren nicht durchgeführt werden. Es fehlen Informationen zur genauen Zusammensetzung der Kunststoffrohre – beispielsweise zur Zusammensetzung der jeweiligen Kunststoffschichten inklusive der eingesetzten Additive sowie zur Füllstoffschicht.

Ein belastbarer Vergleich der CO₂-Fußabdrücke der analysierten EPDs konnte nicht durchgeführt werden. Die Datensätze unterscheiden sich in zentralen Parametern, die für eine fundierte Vergleichbarkeit erforderlich wären. Dazu zählen insbesondere fehlende Angaben zu den physikalischen Eigenschaften der Rohre (z. B. exakte Durchmesser) sowie die Verwendung unterschiedlicher Strommixgrundlagen. Ein Vergleich wäre daher nur unter Verwendung weitreichender Annahmen und Abschätzungen möglich, was mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist. Um zukünftig belastbare Bewertungen zu ermöglichen, sollten EPDs auf dem europäischen Markt durch standardisierte Angaben – etwa zu Materialdichte, Durchmessern und Energieeinsatz – verbessert werden.

Beim Vergleich der Recyclingfähigkeit zeigen sich deutliche Unterschiede: Gussrohre können ohne Qualitätsverlust vollständig recycelt werden, während Multilayer-Kunststoffrohre überwiegend thermisch verwertet werden. Unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Technik lässt sich zusammenfassen, dass Gussrohre recyclingfähig sind, während Multilayer-Kunststoffrohre für dieselbe bauliche Anwendung bislang nicht recyclingfähig sind. Darüber hinaus wird das Recycling von Multilayer-Kunststoffrohren in der Praxis erschwert, da diese in Abrissprojekten häufig zusammen mit anderen Kunststoffen oder in kleineren Projekten mit weiteren Baumaterialien entsorgt werden. Soll das chemische Recycling von Multilayer-Kunststoffrohren künftig durch neue Verfahren ermöglicht werden, müssen sich neue Standards für die Rückgewinnung von Materialien aus Abrissprojekten etablieren. Im Gegensatz dazu werden Gussrohre bereits heute getrennt von anderen Baumaterialien als Altschrott gesammelt und rückgewonnen. Der Aufwand für die Rückgewinnung von Gussrohren wurde von den befragten Expert:innen aus der Abrisspraxis als höher eingestuft – für die Sammlung mit anderen Metallfraktionen stellt dies jedoch keine praktische Hürde dar.

Die Bewertung der technischen Lebensdauer von Guss- und Kunststoffrohren in im Gebäude verbauten Entwässerungssystemen konnte aufgrund unzureichender Daten und fehlender belastbarer Langzeitvergleiche nicht abschließend erfolgen. Folglich konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Materialien festgestellt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass trotz der bestehenden Datenlücken und methodischen Herausforderungen die Untersuchung wertvolle Einblicke in die Recyclingfähigkeit und Nachhaltigkeitsaspekte von Abwasserrohren liefert. Insbesondere wird deutlich, dass Gussrohre unter den aktuellen Bedingungen recyclingtechnisch im Vorteil sind, während für Multilayer-Kunststoffrohre noch erheblicher Forschungsbedarf für die Schließung der Recyclingkreisläufe besteht.

12 LITERATURVERZEICHNIS

- Anwar, M. A., Suprihatin, Sasongko, N. A., Najib, M., & Pranoto, B. (2024). Challenges and prospects of multilayer plastic waste management in several countries: A systematic literature review. *Case Studies in Environmental Engineering*, 1-15.
- Association of Issuing Bodies. (2024). *European Residual Mixes 2023 - Version 1.0*.
- Auer, M., Schmidt, J., Diemert, J., Gerhardt, G., Renz, M., Galler, V., & Woidasky, J. (2023). Quality Aspects in the Compounding of Plastic Recyclate. *Recycling*, 1-18.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (17. 12 2024). *Landesamt für Umwelt*. Von https://www.lfu.bayern.de/abfall/schadstoffratgeber_gebaeuderueckbau/suchregister/doc/435.pdf abgerufen
- Bozena, A., & Kern, K. (2024). *Werkstofftechnik für das Wirtschaftsingenieurwesen*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. (17. 12 2024). *Was gilt für die Festlegung der Gesamtnutzungsdauer?* Von <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/faqs/Webs/BMWSB/DE/bauen/novellierung-wertermittlungsrecht/10.html#:~:text=F%C3%BCr%20freistehende%20Ein%2D%20und%20Zweifamilienh%C3%A4user,Gesamtnutzungsdauer%20von%2080%20Jahren%20vorgegeben.> abgerufen
- bvse - Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung . (2020). *Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft* . https://www.bvse.de/dateien2020/2-PDF/01-Nachrichten/01-bvse/2020/November/Statusbericht_der_deutschen_Kreislaufwirtschaft_2020.pdf.
- Conversio Market & Strategy GmbH. (November 2024). *Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2023 - Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen (Kurzfassung)* . Von BKV Studien: https://www.bkv-gmbh.de/files/bkv/studien/Kurzfassung_Stoffstrombild_2023.pdf abgerufen
- Cradle to Cradle Product Innovation Institute. (November 2021). *Resources*. Abgerufen am 17. Dezember 2024 von Geological Materials Assessment Methodology: <https://cms.new.c2ccertified.org/assets/mtd-geological-materials-assessment-110921-cradle-to-cradle-products-innovation-institute.pdf>
- Cradle to Cradle Product Innovation Institute. (Februar 2022). *Resources*. Abgerufen am 12. Dezember 2024 von Material Health Assessment Methodology: <https://cms.new.c2ccertified.org/assets/mtd-material-health-assessment-021522-cradle-to-cradle-products-innovation-institute.pdf>
- Cradle to Cradle Products Innovation Institute. (2024). *Cradle to Cradle Certified Version 4.1 Product Standard User Guidance*. Von https://api.c2ccertified.org/assets/v4.1_user-guidance_final_071524-1724095998.pdf abgerufen
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB e.V. | DGNB GmbH. (17. 12 2024). *Das DGNB System für den Gebäuderückbau*. Von <https://www.dgnb.de/de/zertifizierung/gebaeude/rueckbau> abgerufen
- European Chemicals Agency. (18. Oktober 2014). *Substance Infocard*. Abgerufen am 17. Dezember 2024 von 4,4'-isopropylidenediphenol: <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.001.133>
- European Commission. (2018). *Material Flow Analysis of Aluminium, Copper, and Iron in the EU-28*. Italien: Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science.
- Fischer, B., Milunov, M., Floredo, Y., Hofbauer, P., & Joas, A. (2014). *Identification of relevant emission pathways to the environment and quantification of environmental exposure for Bisphenol A*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_41_2014_identification_of_relevant_emission_pathways_of_bisphenol_a_0.pdf abgerufen

- Fraunhofer Umsicht. (2024). *Chemisches Recycling von Kunststoffen*. Abgerufen am 12. Dezember 2024 von Hintergrund und Technologien: Chemisches Recycling: <https://www.umsicht-suro.fraunhofer.de/de/unsere-loesungen/chemisches-recycling.html#:~:text=Chemisches%20Recycling%20von%20Kunststoffen,mechanischen%20Verfahren%20des%20Kunststoffrecyclings%20dar.>
- International Pollutants Elimination Network. (September 2020). *Plastic's toxic additives and the circular economy*. Abgerufen am 17. Dezember 2024 von https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics_and_additives_final-low-o-en.pdf
- Kang, H.-J., Park, H.-J., Kwon, O.-K., Lee, W.-S., Jeong, D.-H., Ju, B.-K., & Kwon, J.-H. (2018). Occurrence of microplastics in municipal sewage. *Environmental Health and Toxicology*, 1-8.
- Martens, H., & Goldmann, D. (2016). Recycling von metallischen Werkstoffen und metallhaltigen Abfällen. In H. Martens, & D. Goldmann, *Recyclingtechnik* (S. 107-269). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Nehlsen Consulting GmbH & Co KG. (14. Oktober 2024). Experten-Interview - reale Recyclingfähigkeit Guss- und Kunststoffrohre. (E. G. Sommer, Interviewer)
- PreZero Kunststoffrecycling GmbH. (16. 12 2024). *Fachverband Kunststoffrohr-Industrie*. Von KRV: https://www.krv.de/system/files/downloads/prezero_-_annahmekatalog_kunststoffrohre.pdf abgerufen
- Prof. Clemens Deilmann, J. R. (2016). Materialströme - Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. *Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und*
- Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 24-58.
- REHAU Vertriebs AG. (2024). *Kanalrohre*. Abgerufen am 11. Dezember 2024 von AWADUKT Rohre – die zukunftssicheren Rohrleitungssysteme: <https://www.rehau.com/ch-de/handwerker-und-bauunternehmer/tiefbau-architekten/abwasser-tiefbau/kanalbau-tiefbau/kanalrohre>
- REHAU Vertriebs AG. (2024). *Rücknahmesystem*. Abgerufen am 11. Dezember 2024 von Recycling. Von der Baustelle zurück in den Kreislauf: <https://bs.rehau.com/de-de/wissenswertes/nachhaltigkeit/ruecknahmesystem>
- Rolsky, C., Kelkar, V., Driver, E., & Halden, R. U. (2020). Municipal sewage sludge as a source of microplastics in the. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 16-22.
- Santos, G., Esmizadeh, E., & Riahinezhad, M. (2024). Recycling Construction, Renovation, and Demolition Plastic Waste: Review of the Status Quo, Challenges and Opportunities. *Journal of Polymers and the Environment*, 479-509.
- Schrott24 GmbH. (16. 12 2024). *Metaloop*. Von <https://www.metaloop.com/de/disclaimer/> abgerufen
- Schyns, Z. O., & Schaver, M. P. (2021). Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A Review. *Macromolecular Rapid Communications*, 2000415.
- Shamsuyeva, M., & Endres, H.-J. (2021). Plastics in the context of the circular economy and sustainable plastics recycling: Comprehensive review on research development, standardization and market. *Composites Part C: Open Access*, 1-16.
- Umweltbundesamt. (20. April 2016). *Thermische Behandlung*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/entsorgung/thermische-behandlung#thermische-behandlung-von-siedlungsabfaellen> abgerufen
- Umweltbundesamt. (22. Oktober 2021). *Bisphenol A*. Abgerufen am 17. Dezember 2024 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-reach/stoffgruppen/bisphenol-a#was-ist-bisphenol-a>
- Umweltbundesamt. (30. Juni 2023). *Umweltbundesamt*. Von Kunststoffabfälle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/kunststoffabfaelle#kunststoffe-produktion-verwendung-und-verwertung> abgerufen

Umweltbundesamt. (10. 02 2024). *Abfallaufkommen*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#abfallintensitat> abgerufen

Zweckverband Abfallwirtschaft Westsachsen, ZAW. (16. 12 2024). *ZAW-Sachsen*. Von <https://www.zaw-sachsen.de/entsorgung/abfall-abc/> abgerufen