

**Werkstoffrecycling in Deutschland –  
Bestandsanalyse und Beurteilung der  
Nachhaltigkeit nach 30 Jahren Grüner Punkt**

von Antonia Emmi Sophia Werner

Fachlehrerin: Frau Heinemann

**Gymnasium Petrinum  
Erdkunde Grundkurs Q1**

**Schuljahr: 2019/2020**

# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	3
2 Sammlung und Verwertung von Verpackungsabfällen.....	4
2.1 Recycling - Geschichtliche Entwicklung/Historie.....	4
2.2 Rechtliche Vorgaben.....	5
2.2.1 Kreislaufwirtschafts- und Verpackungsgesetz.....	5
2.2.2 Das Duale System und der Grüne Punkt.....	6
2.3 Arten, Techniken des Recyclings und Verwertung von Verpackungsabfällen.....	7
2.4 Allgemeines.....	7
2.4.1 Werkstoffliches Recycling.....	7
2.4.2 Rohstoffliches Recycling.....	11
2.4.3 Energetisches Recycling.....	11
2.5 Beurteilung der Verwertung.....	12
3 Fazit.....	20
4 Anhang.....	21
5 Literaturverzeichnis.....	24
6 Selbstständigkeitserklärung.....	26

# 1 Einleitung

Das erstplatzierte Foto des internationalen Foto-Wettbewerbs „Unicef-Foto des Jahres 2019“ des Fotografen Hartmut Schwarbach Argus (Abbildung 1<sup>1</sup>) zeigt die Problematik auf: Kinder im Stadtteil Tondo am Hafen sammeln Plastikflaschen aus der verdreckten Bucht, um sie bei einem Müll-Recycler zu verkaufen<sup>2</sup>.



Abbildung 1: Unicef-Foto des Jahres 2019

Dieses Bild erscheint umso problematischer, wenn man den Informationen aus den Nachrichten folgt, dass es sich nicht nur um lokale

Abfälle handeln soll, sondern um Abfälle aus den Industrieländern Europas wie Deutschland und Großbritannien oder aus den Nordamerikanischen Vereinigten Staaten. Nach Informationen von *Recherchen der "WirtschaftsWoche"* und des ZDF-Magazins „Frontal 21“ wurden auf einer Müllkippe in Malaysia auch Verpackungen, wie sie die Supermarktketten Aldi und Edeka verwenden<sup>3</sup>, gefunden. Der Export von deutschem Plastikmüll ist jedoch nur dann erlaubt, wenn diese Abfälle im Ausland schadlos verwertet werden. Dieses Bild weist ggf. aus, dass es mit der Verwertung nicht so weit her sein kann und unter dem Deckmantel der Verwertung billige Abfallentsorgung des deutschen Wohlstandsmülls im Ausland erfolgt, so dass zunehmend Entwicklungsländer in Asien durch die Plastikmüllexporte überlastet und Abfälle illegal auf deren Mülldeponien gelangen.

Gemäß der Autoren des t-online<sup>4</sup> Magazins wird die Hälfte des für das Recycling gesammelten Kunststoffes in der Europa zur Weiterverarbeitung in Länder außerhalb der EU exportiert. Laut des Autors Christoph Schulz in „Careelite“ wurden 11 % des deutschen Verpackungsmülls im Jahr 2016 ins Ausland exportiert. Offensichtlich mit steigender Tendenz waren es 2018 knapp 13 %<sup>5</sup>.

Erfreulich dabei ist, dass Deutschland anteilmäßig nicht der größte Exporteur in der EU zu sein scheint. Trotzdem ergibt sich die Frage, wie nachhaltig sich tatsächlich das viel gepriesene deutsche Recycling im Rahmen des Dualen Systems darstellt und wie erfolgreich die Umsetzung wirklich ist?

Um diese Frage zu beantworten werden im Folgenden die Sammlung und Verwertung von Verpackungsabfällen, sowie Arten und Techniken des Recyclings dargestellt, um die Techniken und Verwertungen auf Basis der Nachhaltigkeit zu bewerten. Darüber hinaus werden die rechtlichen Vorgaben, sowie die Entwicklung bzw. die Geschichte des Recyclings und der Dualen Systeme aufgelistet.

## 2 Sammlung und Verwertung von Verpackungsabfällen

### 2.1 Recycling - Geschichtliche Entwicklung/Historie

Der Begriff **Recycling** kommt aus der englischen Sprache und heißt auf Deutsch **Wiederverwertung**. Unter **Recycling** kann der gesamte Prozess verstanden werden, der die Sammlung von Abfällen, die Durchführung von Vorbehandlungsmaßnahmen, die mechanische Aufbereitung zu Sekundärrohstoffen und deren Verarbeitung zu neuen Grundstoffen und Werkstoffen umfasst, die dann wieder verwendet werden.

Der Mensch musste sich zu Urzeiten, als er wider besseren Wissens noch in enger Verbundenheit zur Natur und geringen Kenntnissen von Materialien, Werkstoffen und arbeitserleichternde Maschinen ein „nachhaltiges“ Dasein führte, kaum Gedanken um seine Abfälle machen. Diese, meist aus Speiseresten bestehend, verfielen am Ende mehr oder weniger wieder zu Erde.

Doch spätestens mit der Industriellen Revolution, in der die wesentlichen lebensverlängernden, lebenserleichternden und produktionsfördernden Errungenschaften entwickelt wurden, änderte sich auch die Qualität und Menge der Abfälle.

Unter dem wirtschaftlichen Aspekt erkannte man dann natürlich auch einige Abfallfraktionen, die sich gewinnbringend erneut in den Wirtschaftskreislauf einbringen ließen. Der Großteil wurde jedoch einfach – mehr oder weniger geordnet - abgelagert.

Die bereits historische Bedeutung des Recyclings wird in diesem Sinne deutlich an der Verwertung von Altmetallen, die seit der Gewinnung und Nutzung von Metallen praktiziert wird.

In neuerer Zeit gewannen dann auch andere Materialien wie Altpapier, Holz, Textilien und Altglas an wirtschaftlichem Interesse und sind nach einer Aufbereitung ebenfalls weiter verwendbar. In Zeiten der Rohstoffknappheit oder wirtschaftlichen Krisen wurde **Recycling** oft als bedeutende gesellschaftliche Maßnahme durchgeführt. Das betraf z. B. das Sammeln von Edelmetallschmuck im 1. Weltkrieg oder das Einschmelzen von Bronzedenkmälern und Glocken im 2. Weltkrieg. In der ehemaligen DDR entstanden Müllsammelstellen, wo Lumpen, Altpapier und Gläser angenommen wurden.

Vor dem Hintergrund der weltweit zunehmenden Bevölkerung, dem damit anwachsenden Energiehunger und der Klimaproblematik reihte sich mit der Transparenz des fortschreitenden Vermüllens der Weltmeere auch die Bewältigung der Abfallproblematik in die drängendsten Probleme, denen die Menschheit ausgesetzt ist. Dabei zeigte sich deutlich, dass dabei die kurzfristige wirtschaftliche Betrachtung nicht weit genug reicht, um diese Probleme zu lösen.

Im Rahmen der weltweiten Umweltdiskussion der vergangenen Jahrzehnte hat das **Recycling** als mögliche Lösung eine erweiterte Bedeutung als Umweltschutzmaßnahme

gewonnen. Es trägt nicht nur unter bestimmten Bedingungen einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>- Emissionen bei, sondern ermöglicht auch eine erhebliche Einsparung von Energie gegenüber der Primärproduktion<sup>6</sup>.

## 2.2 Rechtliche Vorgaben

### 2.2.1 Kreislaufwirtschafts- und Verpackungsgesetz

Das **Recycling** von Abfällen unterliegt einer Reihe von rechtlichen Vorgaben, die geschaffen wurden um Umweltschutz zu gewährleisten, Ressourcenschonung sicherzustellen und die Verantwortung für den Umgang mit Abfällen zu regeln. Das seit 2012 geltende Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG setzt entsprechende abfallrechtliche Vorgaben der europäischen Gemeinschaft<sup>7</sup> in deutsches Recht um und löste das seit 1996 geltende Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz KrW-/AbfG<sup>8</sup> ab, welches wiederum das bis 1994 an geltende Abfall-Gesetz<sup>9</sup> ersetzte. Schon diese begriffliche Entwicklung betont den nunmehr vom Gesetzgeber eingeschlagenen Weg, fort von der Abfallwirtschaft in eine Wirtschaft der Wiederverwertung mit minimalem Abfallaufkommen, auf Neudeutsch: „Circular Economy“.

Grundsätzlich ist der Erzeuger und Besitzer von Abfällen gemäß § 7 KrWG zur Beseitigung und Verwertung verpflichtet. Dabei muss er sich an die in § 6 vorgegebene Abfallhierarchie halten<sup>10</sup>, solange durch die entsprechende Behandlungs-/Beseitigungsmaßnahme der Umweltschutz am besten gewährleistet ist:

„§6 Abfallhierarchie

(1) Vermeidung und Bewirtschaftung von Abfällen in der Rangfolge

1. Vermeidung
2. Vorbereitung zur Wiederherstellung
3. Recycling
4. sonstige Verwertung, energetische Verwertung und Verfüllung
5. Beseitigung (gemeinwohlverträglich)“

Im darauf folgenden Absatz 2 werden die Kriterien zur Auswahl der obigen Maßnahmen unter den Gesichtspunkten Emissionen, Ressourcenschonung, Energie, Schadstoffanreicherung aufgelistet.

Um das Recycling zu vereinfachen, sollen laut § 23 KrWG die Erzeugnisse so gestaltet sein, dass bei ihrer Herstellung und ihrem Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird und sichergestellt ist, dass sie auch nach dem Gebrauch umweltverträglich verwertet und beseitigt werden können.

Eines der begleitenden Regelwerke, die dafür Sorge tragen sollen, dass die Abfallwirtschaft sich der Abfallhierarchie unterwirft, ist das Verpackungsgesetz. Das neue Verpackungsgesetz (VerpackG) ist am 1. Januar 2019 in Kraft getreten und hat die bis dahin geltende Verpackungsverordnung abgelöst. Während anfänglich eine Quote von 58,5 % für Kunststoffe erreicht werden soll, gilt ab 2022 eine Quote von 63 %. Für

Glas, Eisen, Aluminium und Papier gilt eine 80 %-Quote, ab 2022 sind es 90 % (§ 16 VerpackG).

Im Vergleich dazu erforderte die damals geltende Verpackungsverordnung ein Recycling von 36 % der Verpackungen aus Kunststoff, 60 % für Aluminium und Verbunde, 70 % für Weißblech und Papier und für Glas bei 75 %<sup>11</sup>.

Das Verpackungsgesetz verpflichtet alle Hersteller von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen sich zur Gewährleistung der Rücknahme und Verwertung an einem oder mehreren Systemen zu beteiligen (§ 7) soweit sie nicht selber gemäß § 8 für die Sortierung und Verwertung sorgen.

## **2.2.2 Das Duale System und der Grüne Punkt**

Die ursprüngliche Verpackungsverordnung von 1990 sah zunächst nur ein System vor, welches als zusätzliches Abfallwirtschaftssystem „dual“ neben dem öffentlichen System (graue Tonne) bestehen sollte.<sup>12</sup> Die Duales System Deutschland GmbH war geboren und bekam als Markenzeichen den Grünen Punkt.

Systembeteiligte Verpackungsabfälle werden entweder im Gelben Sack, in der Gelben Tonne, in Altglascontainern oder in der Altpapiertonne gesammelt von einem oder mehreren der Dualen Systeme entsorgt bzw. recycelt.

Über 12 Jahre konnte die Duales System Deutschland GmbH sich eine Monopolstellung bewahren, als nach einer weiteren überwundenen Krise das Unternehmen zu einer Umstrukturierung gezwungen war. Dies machte es Konkurrenten einfacher sich am Markt zu etablieren und allmählich konnten sich immer mehr Unternehmen am dualen System in der Abfallwirtschaft beteiligen. Seit 2003 ist die Zahl immer weiter gestiegen und mittlerweile sind neben der DSD GmbH zehn weitere Anbieter zugelassen worden. Sie sind der Auftraggeber für das Einsammeln der Verpackungsabfälle in den Städten und Landkreisen und schreiben diese Leistungen in regelmäßigen Abständen neu aus<sup>13</sup>.

Finanziert wird das Duale System von den Herstellern der Verpackungen selbst und dem Erzeuger, der die Verpackung nutzt, die sich als Produktverantwortliche auf diese Art an der Entsorgung beteiligen. Die Kosten und Preise der Lizenz legen die Dualen Systeme individuell und jedes Jahr neu fest. Sie richten sich aber nach der Menge der anfallenden Abfälle genauso wie auch nach deren Art. So ist die Entsorgung von Altpapier und Glas billiger als die Behandlung von Kunststoffen, die als Verpackung dienen. Für das Jahr 2020 verhandeln Vertreiber und Entsorger derzeit über Preise von 650 bis 670 Euro pro Tonne Kunststoff<sup>14</sup>.

## 2.3 Arten, Techniken des Recyclings und Verwertung von Verpackungsabfällen

### 2.4 Allgemeines

Das Recycling ist umso hochwertiger bzw. nachhaltiger, wenn die erneute Nutzung im ursprünglichen Einsatzfeld erfolgt, da hierbei der geringste Ressourcen- und Energieverbrauch verbunden ist. Das Abfallrecycling kann pauschal, auch über die Grenzen der Verpackungsabfälle hinaus, in die im folgenden beschriebenen Arten eingeteilt werden:

#### 2.4.1 Werkstoffliches Recycling

Das werkstoffliche Recycling stellt demnach das hochwertigste Recyclingverfahren dar. Die Abfälle werden direkt mit ihren stofflichen Eigenschaften wieder so eingesetzt, als wenn Neumaterial für die Produktion verwendet würde.

Die Forderung nach dem vermehrten Einsatz von Werkstoffen und Grundstoffen, die aus Sekundärrohstoffen hergestellt wurden, ist nur dann ohne Probleme möglich, wenn diese Stoffe identische oder zumindest ähnliche Eigenschaften und Qualitäten wie die aus Primärrohstoffen erzeugten aufweisen. Problematisch sind dabei oft Verunreinigungen, Störstoffe oder Inhaltsstoffe der Abfälle<sup>15</sup>.

Die vielfältigen Produkte, Werkstoffe und Materialien lassen sich unterschiedlich gut und unterschiedlich oft in hinreichender Qualität recyceln. Das resultiert aus den sehr unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Produkte, Werkstoffe und Materialien.

Um die benötigten Qualitäten für die Sekundärrohstoffe zu erhalten, sind verschiedene Aufbereitungsprozesse notwendig. Die beschriebenen Stufen der Vorbehandlung, der Aufbereitung und der Herstellung der sekundären Werkstoffe stellen den technologischen Kern der Recyclingtechnik dar, sind stark voneinander abhängig und miteinander verschränkt<sup>16</sup>. Als Ausgangsmaterial dienen Altstoffe, zu denen auch die Verpackungsabfälle der Dualen Systeme gehören, aber auch Altprodukte und Produktionsabfälle.

Der erste Schritt in der Aufbereitungskette besteht in der **Sammlung** dieser Abfälle. Sie können je nach Abfallart lokal, regional oder zentral und in stark vermischten, eingeschränkt gemischten Sammelgruppen oder sortenreinen Abfallarten auftreten.

Eine **Vorbehandlung** von Abfallströmen ist dann notwendig, wenn bestimmte Inhaltsstoffe oder Komponenten die weiteren Behandlungsstufen des Verwertungsprozesses stören und Sekundärrohstoffe irreversibel kontaminieren. Diese Behandlungsschritte werden als **Schadstoffentfrachtung** bezeichnet.

Für große und komplexe **Altprodukte** ist außerdem als Vorbehandlung eine **Demontage** notwendig. Für Bauwerke oder Elektroaltgeräte kommt z.B immer eine Demontage

zur Anwendung. Für die spätere Sortierung der Werkstoffe müssen die Werkstoffverbindungen bzw. -verbunde aufgelöst werden. Die Auftrennung der Werkstoffverbindungen kann durch Zerschneiden, Brechen, Abschmelzen, Schreddern oder Mahlen erfolgen. Beschichtungen können chemisch abgelöst, verdampft oder abgebrannt werden. Die **Zerkleinerungsverfahren** haben im Recyclingprozess wichtige Aufgaben zu erfüllen. So werden bestimmte Stückgrößen-/Formen hergestellt, die für die nachfolgende Sortierung optimal sind.

Die **Sortierung** erfolgt unter Ausnutzung der unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Stoffe. Sortierungsprozesse leisten die für die nachfolgenden Prozesse erforderliche Anreicherung der Wertstoffe und eine Abreicherung der Störstoffe. Zu den wesentlichen Sortierungsverfahren (Massenstrom-Sortierung) zählen die Dichtentrennung, die Sortierung im Magnetfeld, das Sortieren im elektrischen Feld sowie der Sortierung nach anderen mechanischen Eigenschaften.

Der letzte Prozessschritt in der Recyclingkette ist das Einbringen und Nutzen von Sekundärstoffen in etablierten Produktionsprozessen. Dazu gehören Hüttenprozesse zur Erzeugung von Metallen und Legierungen, Compoundierung zur Erzeugung von Kunststoff-Werkstoffen oder Prozesse der Glas- oder Papiererzeugung. So werden Grund- oder Werkstoffe produziert, die prinzipiell und originär aus Primärstoffen hergestellt werden.

Diese zuvor genannten voneinander abhängigen Prozesse werden in der folgenden Übersicht (Diagramm 1) grafisch dargestellt:

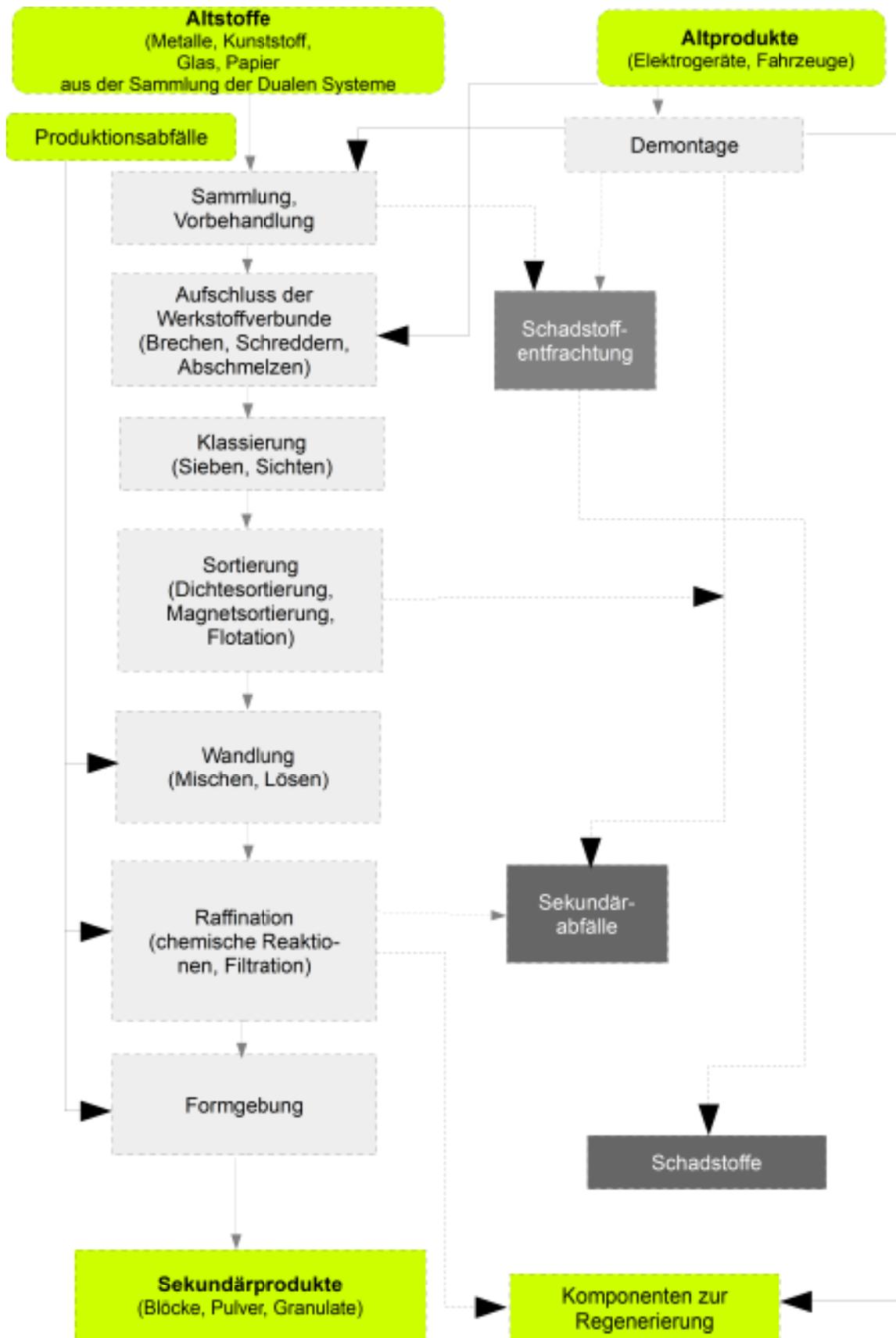


Diagramm 1: Allgemeines Verfahrensschema des werkstofflichen Recyclings

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln benannt, besteht eine fünfstufige Abfallhierarchie. Vorrang hat die jeweils beste Option der Verwertung aus Sicht des Umweltschutzes.

Als wesentliche Fraktionen des werkstofflichen Recyclings im Zusammenhang mit den Dualen Systemen sind die **Altpapier-, Altmittel- oder Altglassammlungen** genannt.

Für **Altglas** gilt, dass nach der Erfassung über die Altglascontainer eine Aufbereitung des Altglases erfolgt. Hierbei wird das Glas gewaschen; Fremdstoffe wie Schraubverschlüsse und Papieretiketten werden aussortiert und gesondert verwertet. Daher darf der Verschluss auch auf dem Glasbehälter verbleiben. Sofern erforderlich, erfolgt eine Nachsortierung nach Farben. Bei der eigentlichen Verwertung wird das Altglas z. B. in der Behälterglasindustrie eingeschmolzen und für die Produktion von neuem Behälterglas beigemischt.

**Altmittel** werden über spezielle Container auf den Wertstoffhöfen sowie über spezielle Sammelbehälter an ausgewählten Containerstandorten in den Städten und Gemeinden gesammelt. Der beauftragte Altmittelhändler sortiert es in der Regel zunächst nach Aluminium, Kupfer, Chrom, Edelstahl, Eisenschrott u. a.. Nach der weiteren Vermarktung erfolgt letztendlich das Einschmelzen in Hochöfen der metallherstellenden Industrie.

Die **Altpapiersammlung** in Deutschland besteht aus einem Hol- und Bringsystem, an dem private und kommunale Unternehmen mitwirken. Das Holsystem ist dadurch gekennzeichnet, dass das Altpapier in die dafür von den Kommunen bereitgestellten Tonnen, Container oder Säcke an den Anfallstellen entsorgt, dann von Entsorgungsfahrzeugen abgeholt und in Sortieranlagen sortiert wird. Beim Bringsystem, auch als alternatives Erfassungssystem bezeichnet, werden die Altpapiere von den Verbrauchern gesammelt und vorsortiert an Altpapierankaufstellen oder Recyclinghöfen abgegeben<sup>17</sup>.

Aber auch Kunststoffe gehören bekanntermaßen dazu. Die Wiederverwertung von Kunststoffen ist komplexer als das Recycling von Metallen oder Glas, da die Vielfalt an Kunststoffarten deutlich größer ist. So werden zum Teil Kunststoffabfälle nach Kunststoffart sortiert, gewaschen, eingeschmolzen und zu sogenannten Rezyklaten aufbereitet. Diese Rezyklate dienen als Ausgangsstoff für neue Produkte und ersetzen damit Originalmaterial bzw. vermeiden den zusätzlichen Bedarf an Ressourcen (Erdöl). Als Beispiel dafür ist das PET-Recycling zu nennen.

Ein unter der Bezeichnung des **PET-Recycling** vertriebener Kunststoff wird aus eingesammelten gebrauchten PET-Flaschen hergestellt (recyceltes PET). Die leeren Flaschen werden erfasst, gereinigt und zerkleinert. Anschließend wird das Material geschmolzen und zu einem Bestandteil der fertigen Folie verarbeitet, die u.a. zur Herstellung von Verpackungen verwendet wird<sup>18</sup>. PET-Verpackungen erfüllen strengste hygienische Anforderungen im Lebensmittelbereich. Deshalb wird PET oft für Getränkeflaschen verwendet, die im Gegensatz zu Glasflaschen oder Aluminiumdosen unzerbrechlich, leicht und wiederverschließbar sind.

## 2.4.2 Rohstoffliches Recycling

Das **rohstoffliche Recycling** beschränkt sich auf Kunststoffabfälle, welche keine hinreichende Qualität durch das werkstoffliche Recycling erreichen können. Es werden chemische Prozesse angewendet, um die in den Kunststoffen vorhandenen Polymerketten zu Verbindungen mit niedrigem Molekulargewicht umzuwandeln oder in manchen Fällen zu ihren ursprünglichen Monomeren (Ausgangsstoffen) umzusetzen. Deshalb wird das **rohstoffliche** Recycling zunehmend begrifflich durch **chemisches** Recycling ersetzt. Techniken für diese Recyclingmethode sind die Pyrolyse (Rückumwandlung von Kunststoff in flüssiges Öl), das Hydrocracking (Verfahren, bei dem die Kohlenwasserstoffmoleküle von Erdöl durch Zugabe von Wasserstoff unter hohem Druck und in Gegenwart eines Katalysators in einfachere Moleküle wie Benzin oder Kerosin zerlegt werden) und die Depolymerisation (Abbau eines Polymers)<sup>19</sup>.

## 2.4.3 Energetisches Recycling

**Energetisches Recycling** liegt erst an Nummer 4 der Abfallhierarchie und ist die Verbrennung in industriellen Anlagen (spezielle Müllverbrennungsanlage und Mitverbrennungsanlagen wie Kraftwerke und Zementfabriken) mit dem Ziel der energetischen Nutzung bei gleichzeitiger Zerstörung umweltschädlicher Stoffe und Abscheidung problematischer Substanzen im Verbrennungsrückstand. Um für die energetische Verwertung geeignet zu sein, müssen die Abfälle gemäß KrWG<sup>20</sup> einen Mindestheizwert von 11.000 kJ/kg aufweisen und die Verbrennungsanlagen bestimmte Anforderungen an den energetischen Nutzungsgrad bei der Verbrennung erfüllen, was prinzipiell zur Zeit flächendeckend der Fall ist<sup>21</sup>. Zur **energetischen Verwertung** wurden 2017 in Deutschland 68 Müllverbrennungsanlagen mit einer Kapazität von rund 20 Millionen Tonnen betrieben, die primär zur Restabfallbehandlung sowie darüber hinaus zur energetischen Verwertung von Verpackungsabfällen genutzt werden. Des Weiteren stehen in 32 Ersatzbrennstoffwerken Verbrennungskapazitäten von rund 5 Millionen Tonnen zur Verfügung.

Beispielhaft wird das Verfahren an einer Müllverbrennungsanlage erläutert: Die angelieferten Abfälle werden in einen großen Bunker abgeworfen und dort zwischengelagert. Mit Greifern werden die Abfälle in die Aufgabeschurre gelegt, eine Art Schacht, über den sie in den Ofen transportiert werden. Der Ofen verfügt meist über einen Vorschubrost, der sich ständig vor- und zurückbewegt. Dadurch wird der Müll weitergeschoben und ständig umgewälzt. Eine Stunde lang wird er bei einer Temperatur von mindestens 850°C verbrannt. Diese Temperatur ist gesetzlich vorgeschrieben, damit sämtliche Schadstoffe zerstört werden. Die heißen Rauchgase, die bei der Verbrennung entstehen, geben ihre Energie in einem Kessel in Form von Dampf ab und werden mittels einer aufwändigen Reinigungs- und Filteranlage in mehreren Stufen gereinigt. Die gereinigten Rauchgase strömen anschließend durch einen hohen Kamin. Der entstandene Dampf wird energetisch zur Strom- und/oder Fernwärmeproduktion genutzt<sup>22</sup>.

## 2.5 Beurteilung der Verwertung

"Nachhaltigkeit ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcen-Nutzung, bei dem die Bewahrung der wesentlichen Eigenschaften, der Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit des jeweiligen Systems im Vordergrund steht".

Der Leitgedanke bei nachhaltigem Handeln im ökologischen Sinn muss der Bewahrung von Ressourcen gewidmet sein. Im Zusammenhang mit Recycling geht es um die Bewahrung von natürlichen Ressourcen, d.h. von Boden, Wasser, Luft, Rohstoffe und natürlicher Vielfalt. Diese Komponenten zählen zu den wichtigsten Grundlagen für Leben auf der Erde, also auch für unsere Existenz und für die von Tieren und Pflanzen.

Um die jeweiligen Recycling-Methoden beurteilen zu können, werden anhand der Hauptfraktionen der dualen Abfallströme in den folgenden Diagrammen zunächst die Entwicklungen seit 1991 bis 2017 näher erläutert und bewertet.

### Verbrauchsmenge Gesamt:

Die Gesamtmengen der jeweiligen Fraktionen sind im Diagramm 2 dargestellt. Den größten Anteil im zuletzt bilanzierten Jahr 2017 mit 8350 kt (ca. 50 %) weist die Papier/Pappe/Karton-Fraktion auf. Darauf folgen Altglas und Kunststoffe mit einem jeweiligen Anteil von ca. 3000 kt (je 23 %) und abschließend die Altmetalle mit ca. 840 kt (ca. 4 %).

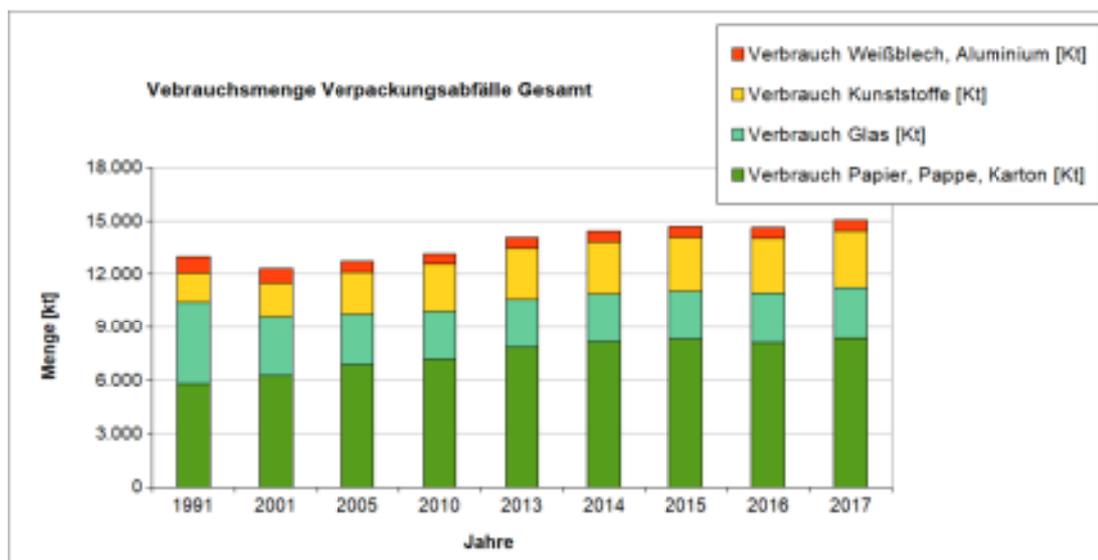


Diagramm 2

### Glas-Recycling:

Der Gesamtverbrauch von Glas hat sich über den Zeitraum von 1991 mit 4550 kt bis 2001 bereits auf ca. 3000 kt stark verringert und hielt sich dann bis 2017 bei knapp 2580 kt. Grund für diese Entwicklung ist der vermehrte Ersatz von Glas durch Kunststoffverpackungen in der Getränkeindustrie<sup>23</sup>. Die Verwertungsquote hält sich seit Jah-

ren bei 80 bis 90 % des Gesamtverbrauches. Sie basiert ausschließlich auf der stofflichen Verwertung und ist somit als hochwertig einzustufen (Diagramm 3). Glas lässt sich theoretisch zu 100 % wiederverwerten.

Durch die Ablieferung in Altglascontainer können Verbraucher einen bedeutenden Beitrag zum Umweltschutz leisten, denn Altglas ist der wichtigste Rohstoff für neue Glasverpackungen, soweit die Verbraucher die farbliche Zuordnung korrekt treffen. Die hochwertigen klaren farblosen Gläser kann man nur dann aus den Rezyklaten wieder erhalten, solange in der entsprechenden Sortierfraktion keine andersfarbigen Flaschen eingeworfen werden. Ein diesbezüglicher Fehlwurf macht schon in kleiner „Konzentration“ die gesamte Farblosfraktion unbrauchbar, so dass sie nur noch in den downgecyclten Grün- oder Braunfraktionen genutzt werden kann. So besteht jede farblose Flasche im Schnitt zu rund 60 % aus „Alt“-Scherben, bei der Farbe Grün sind es sogar bis zu 90 %. Insofern lässt sich Glas prinzipiell beliebig oft einschmelzen und zu neuen, hochwertigen Glasverpackungen ohne Qualitätsverlust verarbeiten<sup>24</sup>. Eine nachhaltige Glasverpackung gewährleistet eine Verringerung des Materialeinsatzes und insbesondere des Energieverbrauchs, da das energieintensive Einschmelzen des eigentlichen Ausgangsstoffes Sand bei sehr hohen Temperaturen zur Herstellung der Gläser entfallen kann. Ein weiteres Indiz für diese Effektivität liegt auch in der teilweise vorhandenen Wertschöpfung.

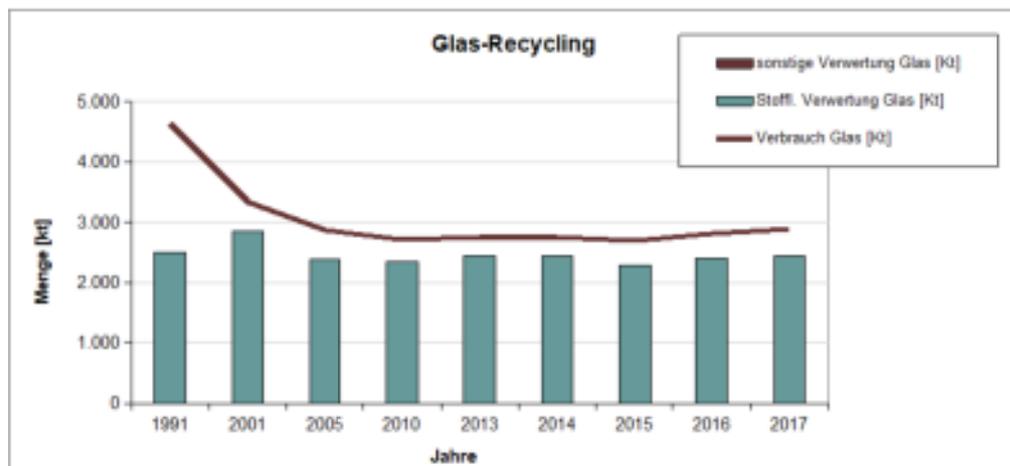


Diagramm 3

### Metall-Recycling:

Die Entwicklung des Metall-Recyclings verläuft sehr ähnlich zu der des Glas-Recyclings (Diagramm 4). So war zunächst ein erhöhter Gesamtverbrauch der Metalle (Weißbleche und Aluminium), über den Zeitraum von 1991 von 900 kt auf knapp oberhalb von 600 kt bis 2005 zurückgegangen. Das Jahr 2010 weist den niedrigsten Verbrauch von Metallen mit 570 kt auf. Bis 2017 stagniert im Wesentlichen der Verbrauch, wobei tendenziell ein leichter Anstieg festzustellen ist. Gleichzeitig besteht seit 2005 eine hohe Verwertungsquote von bis zu 92,4 %. Während 1991 noch nur ca. 300 kt stofflich verwertet wurden, sind es 2017 bis zu 590 kt, wobei die sonstige Verwertung der Metalle nur einen sehr kleinen Teil von ca. 20 kt einnimmt. Somit erhält man eine

vielversprechende Steigerung der Recycling Quote von 34,7 % im Jahr 1991 auf 90,1 % 2017.

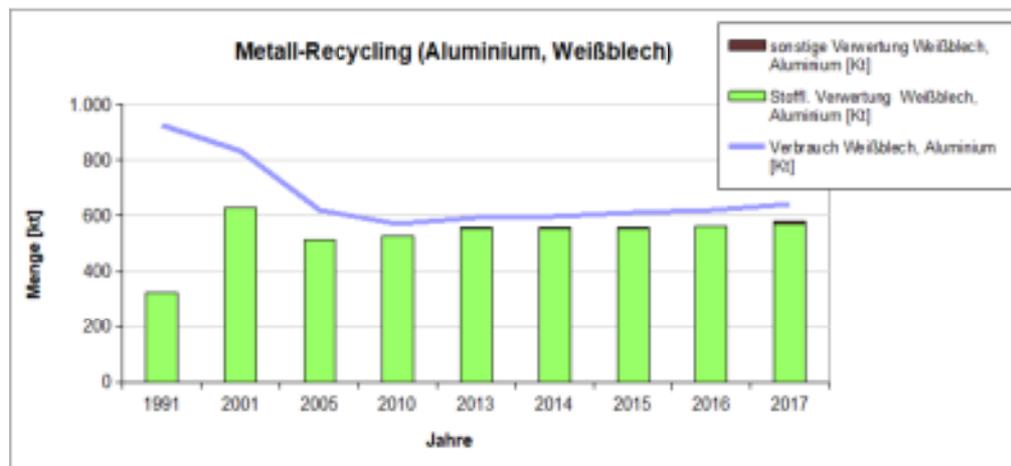


Diagramm 4

Produkte aus Aluminium und Weißblech sind zu 100 % recyclingfähig und entsprechend nachhaltig einzustufen. Sie lassen sich immer wieder ohne Qualitätsverlust recyceln und bleiben dabei in einem geschlossenen Materialkreislauf. Durch jede Tonne recycelter Materialien werden in ganz erheblichem Maße natürliche Ressourcen eingespart. Jede Tonne eingesetztem Metallrezyklat vermeidet den Abbau von Metallerzen und den Verbrauch von fossiler Energie bei der Produktion der reinen Metalle<sup>25</sup>.

#### Papier, Pappe, Karton-Recycling:

Beim Gesamtverbrauch von Papier, Pappe oder Karton ist eine deutliche Zunahme über den Betrachtungszeitraum zu erkennen. So wurden 1991 nur bis zu 600 kt verbraucht, während es 2017 fast 9000 kt waren. Die deutlich größere Verbrauchsmenge im Vergleich zum Metallverbrauch lässt auf eine besonders hohe Bedeutung des Papiers schließen. Während noch 1991 etwa nur die Hälfte des Verbrauchs stofflich verwertet wurde, war die Verwertung über den Zeitraum tendenziell steigend und seit dem Jahr 2013 bei bis zu 99,1 % des anfallenden Mülls als quasi vollständig zu bezeichnen. Auch das Papier-Recycling ist quasi vollständig werkstofflich und weist nur einen sehr kleinen Teil auf (ca. 2 %), der sonstig verwertet wurde (Diagramm 5).

Altpapierfasern können bis zu sechsmal wiederverwertet werden. Die Papierherstellung ist sehr belastend für die Umwelt, weil sie enorme Mengen an Holz, Energie und Wasser erfordert. Im Vergleich zur Herstellung von Papier aus Holzfasern wird bei der Verarbeitung von Recyclingpapier bis zu 60 % Energie und bis zu 70 % Wasser gespart. Darüber hinaus werden beim Papier-Recycling weniger Chemikalien gebraucht, die Abwasserbelastung ist bis zu zehn Mal niedriger als bei der Produktion von Frischfaserpapier. Nur durch Recycling kann die wertvolle Ressource Holz dauerhaft geschont werden<sup>26</sup>.

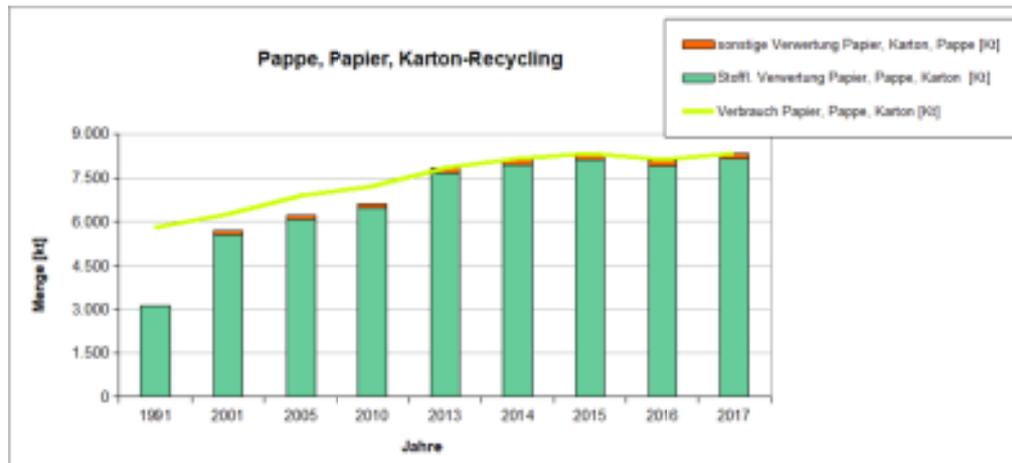


Diagramm 5

Altpapier wird für die Herstellung von Zeitungspapier, Büropapieren (Kopierpapier) und Hygienepapieren (Toilettenpapier) eingesetzt. Zeitungspapier und viele Kartons bestehen nahezu ausschließlich aus Altpapier. Die Vergrauung der Papiere wird durch weiße Füllstoffe (Calciumcarbonat, Kaolin) verringert.

Papierrecycling erweist sich wie das Glas- und Metallrecycling als ökonomisch und ökologisch nachhaltig und verfügt aufgrund der noch relativ hohen Wertschöpfung über eine hohe Akzeptanz<sup>27</sup>, was sogar teilweise zu besonderen Wettbewerbssituationen geführt hat (Stichwort „Krieg ums Altpapier“<sup>28</sup>), jedoch stark den Marktschwankungen unterliegt<sup>29</sup>, wie man zuletzt beim Wegbrechen des asiatischen Marktes feststellen konnte.

### Kunststoff-Recycling:

Der Verbrauch der Kunststoffabfall-Fraktion hat sich kontrastierend zum Glas-Recycling ausgehend vom 1991 mit 1.550 kt auf 3.050 kt im Jahr 2017 verdoppelt<sup>23</sup>. Während 1991 nur 11 % recycled wurden, waren es 2010 schon etwa 2.000 kt. Das entspricht einer Recycling-Quote von 75 %. Eine sonstige Verwertung wurde erst ab 2013 bilanziert, entsprechende Zahlen fehlen für die Zeit davor. Dies führte aber sogleich dazu, dass seit dem laut Statistik in Diagramm 6 eine nahezu 100 %ige Verwertungsquote deklariert wurde<sup>30</sup>.

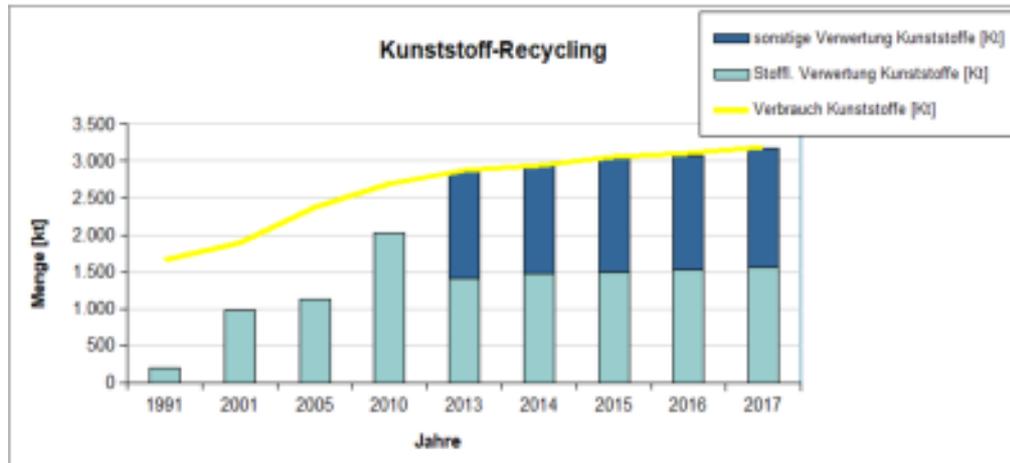


Diagramm 6

Im Gegensatz zu den oben bereits genannten Abfallfraktionen setzt sich die Verwertungsquote aus einem wesentlich niedrigeren Anteil der stofflichen Verwertung (maximal ca. 50 %) und einem etwa mengenmäßig gleichen Anteil der sonstigen Verwertung zusammen, wobei dieser in den letzten Jahren im Verhältnis zu den stofflichen Verwertungsmengen leicht zugenommen hat.

Kunststoffrecycling hat theoretisch einen großen positiven ökologischen Effekt: Es bietet Möglichkeiten, die Menge der zu entsorgenden Abfälle, den Ölverbrauch und die Kohlendioxidemissionen zu reduzieren. So ist Kunststoffrecycling gleichbedeutend mit der Wiederverwendung knapper Ressourcen wie zum Beispiel Öl. Kunststoffe werden fast ausschließlich aus Petrochemikalien erzeugt, die aus fossilen Ölen und Gasen hergestellt werden. Da die Herstellung von Kunststoffen auch Energie benötigt, wird eine ähnliche zusätzliche Menge an fossilen Brennstoffen für ihre Herstellung eingesetzt.

Dennoch gilt die richtige Sortierung als enorm wichtig beim Recyceln. Die Kunststoffe müssen möglichst sortenrein sein, um gut weiterverarbeitet werden zu können. Die meisten Verpackungen bestehen aus Polyolefinen<sup>1</sup>. Deshalb sind die Sortier- und Recyclingmaschinen darauf spezialisiert, Polyolefine zu verarbeiten. Mischen sich andere Stoffe darunter, sinkt die Qualität und Einsetzbarkeit der dabei entstehenden Granulate<sup>31</sup>.

Das obige Diagramm 6 basiert auf Zahlen der Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung (GVM)<sup>32</sup>.

Für die weitere Betrachtung der Nachhaltigkeit ist hier ein weiterer Blick auf die Verwertungsarten sinnvoll. Das Diagramm 7 gibt Zahlen der Conversio Market & Strategy GmbH<sup>33</sup> über einen etwas weiteren Zeitraum und in feinerer Unterscheidung der Verwertungsarten wieder:

1 teilkristalline Polymere aus der Gruppe der Thermoplaste

## Entwicklung der Verwertung der Kunststoffabfälle

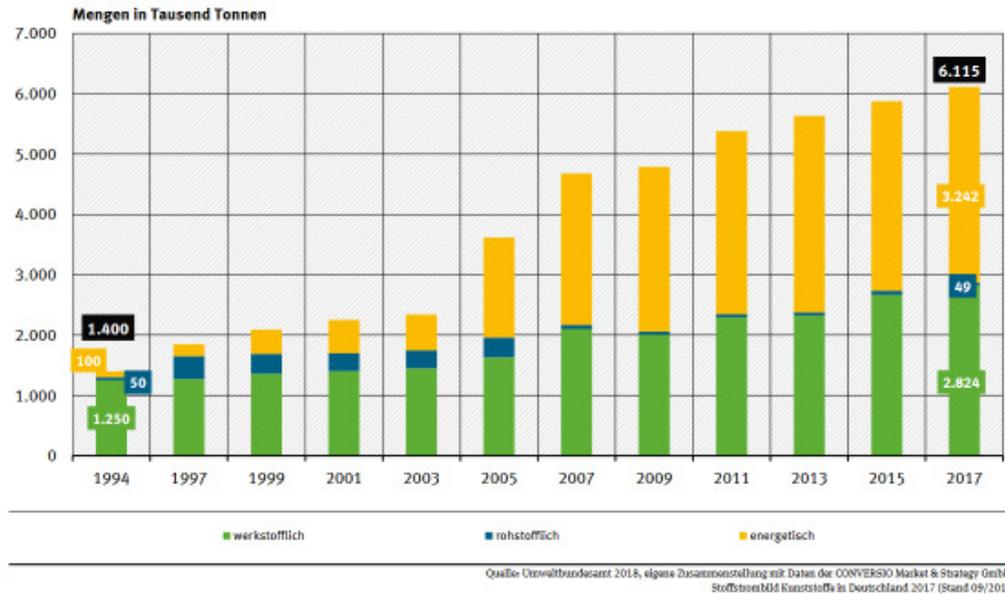
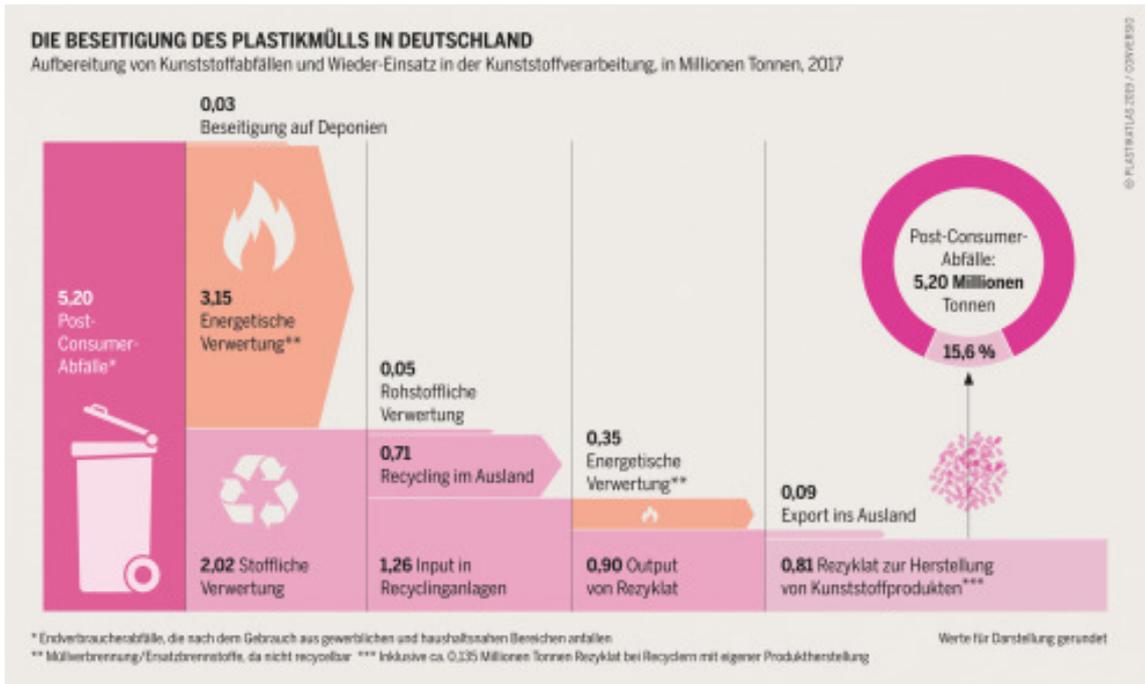


Diagramm 7

Man muss jedoch berücksichtigen, erkennbar an den absoluten Mengen, dass hier die gesamten Verwertungsmengen an Kunststoffabfällen (also inklusive des produktiven Gewerbes und nicht nur Verpackungen, die davon etwa 1/3 ausmachen) aufgeführt sind. So zeigt jedoch das Diagramm 7, dass nur ein sehr geringer Teil der „sonstigen Verwertung“ demnach rohstofflich erfolgt und die sonstige Verwertung in Diagramm 6 sich daher quasi ausschließlich auf die energetische Verwertung zurückführen lässt.

Dazu kommt, dass zwar die offiziellen werkstoffliche Recyclingquoten für diese Gesamtmenge an Kunststoffabfällen in Deutschland relativ hoch liegen (2016 bei 45 %), jedoch täuschen diese Zahlen bislang darüber hinweg, dass sie sich lediglich auf die Anlieferung bei einem Recyclingunternehmen, nicht aber auf das wirklich recycelte Plastik beziehen. Würde hingegen die Gesamtmenge der anfallenden gebrauchten Kunststoffprodukte als Grundlage betrachtet, würden in Deutschland nur etwa insgesamt 15,6 % zu Rezyklat verarbeitet, das dann erneut verwendet werden kann<sup>36</sup>. Das folgende Diagramm 8 von der Heinrich Böll Stiftung zeichnet dieses ernüchterndere Bild über die tatsächliche Verwertung<sup>34</sup>.



**Diagramm 8**

Wie bereits erwähnt, werden bei der energetischen Verwertung Abfälle in Müllverbrennungsanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung verbrannt. Müllverbrennungsanlagen tragen dazu bei, dass der Verbrauch fossiler Brennstoffe und die Abhängigkeit von ausländischem Öl reduziert wird. Doch auch die Verbrennung mit Energierückgewinnung hat negative ökologische Folgen. Das größte Problem ist die Entstehung von Schadstoffen, insbesondere CO<sub>2</sub>. Da Kunststoff aus einem fossilen Brennstoff hergestellt wird, gilt seine Verbrennung als anthropogene Quelle für Kohlenstoffdioxidemissionen. Die weiteren bei der Verbrennung freigesetzten Verbindungen wie Dioxine, Stickoxide, saure Rauchgasbestandteile und Schwermetalle werden zwar durch aufwändige Rauchgasreinigungseinrichtungen zurückgehalten, diese gehen jedoch zu Lasten des Wirkungsgrades.

Das werkstoffliche Recycling ist insofern aus ökologischer Sicht die zu bevorzugende Methode der Kunststoffabfallverwertung, wenn die Qualität und die Anwendungsmöglichkeiten stimmen. Hier hat auch der Gesetzgeber mit der letzten Novellierung versucht, mehr Druck aufzubauen, indem er seit 2017 die energetische Verwertung nicht mehr gleichwertig zur stofflichen Verwertung stellt (siehe Abfallhierarchie Kapitel 2.2.1)<sup>35</sup> und sich die Sortierquoten im Verpackungsgesetz von 2019 nunmehr nicht mehr auf den Eingang bei den Recyclern, sondern auf die tatsächliche Verwertungsform beim Anwender beziehen sollen.

Dem werkstofflichen Recycling beim Kunststoffverpackungsmüll entgegen wirken jedoch die Sortierdisziplin bzw. Fehlwürfe der Verbraucher, verschmutzte und ineinander gepackte Behältnisse, die die dichteabhängige Trennung erschweren, und leider vermehrt die Produktqualität der Hersteller, die entgegen der gesetzlichen Vorgaben die

Verpackungen eher nach Verkaufsaspekten als der Recyclebarkeit ausrichten (siehe Interview im Anhang 4).

Zusätzlich spielen natürlich auch hier wieder wirtschaftliche Rahmenbedingungen eine große Rolle, ob für das werkstoffliche Recycling ein Markt besteht.

Deutschland ist der weltweit drittgrößte Exporteur von Plastikmüll nach den USA und Japan. Der bisher größte Abnehmer China hat seit 2019 einen Einfuhrstopp verhängt und auch Malaysia, der zweitgrößte Importeur, möchte die Müllmengen deutlich reduzieren<sup>36</sup>. Das größte Problem ist, dass eine zunehmende Konkurrenz um die Verwertung des Überangebotes von Kunststoffen herrscht und in Europa Aufbereitungskapazitäten und Abnehmer fehlen, weshalb Abfälle, damit sie überhaupt noch „verwertet“ werden, exportiert werden müssen.

Darüber hinaus macht der niedrige Ölpreis die stoffliche Verwertung dieser Fraktion trotz vorhandenem Wissen und fortschrittlicher Technologie wirtschaftlich fast unmöglich. Der niedrige Ölpreis setzt die Recyclingunternehmen unter Druck und für die sogenannten Rezyklate finden sich zunehmend weniger Abnehmer.

### 3 Fazit

Die Frage nach der Nachhaltigkeit des Recyclings ist nicht einfach zu beantworten. Die Datenbasis scheint uneinheitlich und je nach Quelle, eventuell auch je nach Interessenlage, gefärbt.

Unstrittig ist offensichtlich die grundsätzliche Nachhaltigkeit bei den Fraktionen Glas, Papier/Pappe/Karton und Altmetallen. Der hohe Anteil des werkstofflichen Recyclings, die gute Rezyklatqualität und allein die finanziellen Anreize durch die die Ressourcenersparnis an Rohstoffen und Energie bewirken, dass diese Fraktionen im Allgemeinen eine positive Wertschöpfung erreichen und in der weiter verarbeitenden Industrie ausreichend Absatz finden können. Der Preis unterliegt aber grundsätzlich dem Markt, so dass der Absatz je nach Angebot und Nachfrage sehr stark schwankt.

Uneinheitlich ist die Situation beim Kunststoffrecycling. Festzuhalten ist, dass das nachhaltigere einzustufende werkstoffliche Recycling bei Kunststoffverpackungen weniger verbreitet ist. Dies liegt an den nur sehr schwer erreichbaren, den Ausgangsstoffen entsprechenden Sortierqualitäten aus den Gemischen der Verpackungsabfälle.

So bleibt zur Zeit häufig nur die energetische Verwertung als wirtschaftliche und ökologisch sinnvolle Alternative. Doch diese macht nur dann in Verbindung mit einer vorherigen Abfalltrennung Sinn, wenn die Energiegewinnung aus dem Abfall als Ersatzbrennstoff in hochwertigen Anlagen mit qualitativ hochwertigen Rauchgasreinigungseinrichtungen bei gleichzeitig hohem Energiewirkungsgrad erfolgt oder wo hohe Heizwerte Primärenergieträger wie Heizöl oder Kohle ersetzen können.

Allen Fraktionen ist gemeinsam, dass deren Verwertungsweg stark vom Markt abhängig ist. Um die Abhängigkeit zu reduzieren, ist es nicht nur ökologisch sinnvoll, den Abfall erst gar nicht entstehen zu lassen. Für die Zukunft ist es wichtig, dass im Bereich des Kunststoffrecyclings die Vereinheitlichung der eingesetzten Kunststoffarten forciert wird, die Hersteller die Trennbarkeit von Verbunden vereinfachen und so das Produktdesign auf die Recyclebarkeit hin optimieren. Auch ein Zwang, dass Kunststoffprodukte zumindest zum Teil aus Rezyklaten hergestellt werden<sup>37</sup>, kann den Ressourcenverbrauch und die Abhängigkeit vom Markt und den noch zu günstig zu habenden Rohstoffen mindern.

## 4 Anhang

### Fragenkatalog Interview am 04.02.2020 bei der AGR-DAR

Interview bei der AGR-DAR GmbH mit Herrn Beyer

#### 1. Welche Funktion haben Sie hier bei der AGR-DAR?

Ich bin technischer Leiter und arbeite als Prokurist in der Geschäftsleitung. Dabei bin ich in den Bereichen wie der Technik, Genehmigungen, Verträge und der Verwertung von den sortierten Abfällen tätig und besitze somit neben zwei weiteren Mitarbeitern die Handlungsvollmacht. Damit unterliege ich einer großen kaufmännischen Verantwortung.

#### 2. Welche Arten von Abfällen nehmen Sie an? (nur gelbe Tonne?)

Grundsätzlich nehmen wir die Gelbe Tonne an. Zusätzlich nehmen wir auch Altpapier an, welches jedoch nur verpresst wird. Styropor erhalten wir aus gewerblichen Firmen. Auch Folien werden bei uns sortiert, getrennt und anschließend verpresst.

#### 3. Wie finanziert sich Ihr Unternehmen?

Wir finanzieren uns durch das Sortieren des Gelben Sacks. Dazu sind wir auch im Gewerblichen tätig, da wir Abfallcontainer vermieten und auch durch den Transport der Abfälle bezahlt werden. Die Logistik spielt dabei eine wichtige Rolle. Unser Preis setzt sich aus Euro pro Tonne zusammen. Das Duale System ist dabei unser Auftraggeber. Mittlerweile haben wir Verträge mit neun Dualen Systemen, welche alle unterschiedlich sind. Unsere Vertragsgebiete erstrecken sich über ganz Nordrhein-Westfalen bis nach Niedersachsen und Bremen.

#### 4. Wie gestaltet sich der Preis, mit dem Sie die Abfälle annehmen, und in welcher Größenordnung liegt er?

Der Sortierpreis ist sehr hoch. Unsere Spannweite umfasst einen Preis von 160-200 Euro pro Tonne (gelbe Tonne). Die Vermarktungserlöse sind jedoch deutlich gesunken. Aluminium hat zum Beispiel 100 Euro pro Tonne verloren. Man ist somit auf die Selbstvermarktung angewiesen.

#### 5. Wie viel Tonnen Abfälle werden pro Jahr sortiert?

In der AGR-DAR sind 90.000 Tonnen Abfälle genehmigt und werden pro Jahr sortiert. Das entspricht umgerechnet ca. 28 kg Abfälle pro Einwohner in einem Jahr.

#### 6. Welche Techniken verwenden Sie um zu sortieren?

Wir verwenden viele unterschiedliche Sortiertechniken. Dazu gehören unter anderem Siebtrommeln, Nah-Infrarotgeräte (NIR) und (Nicht-)Eisen-Abscheider. Mittlerweile gibt es auch schon erste Sortierroboter mit Greifarmen, die jedoch in unserer Anlage noch nicht verwendet werden. Die Handarbeit von Menschen lässt sich trotzdem nicht ganz vermeiden. Der Automatisierungsgrad liegt bei etwa 80 %. Die Handarbeit nimmt ca. 20 % ein.

**7. Wie viele verschiedenen Sortierfraktionen erhalten Sie, und gibt es eine Massenbilanz dazu?**

Wir erhalten ungefähr neun unterschiedliche Sortierfraktionen. Dazu gehören Folien, Mischkunststoffe, Tetrapacks (Getränkekartons), Aluminium, verschiedene Eisen, Papier, PP (Polypropylen), PE (Polyethylen) und PET (Polyethylenterephthalat). Für eine sichere Sammlung und den vorschriftsmäßigen Transport von Sortierabfällen steht eine breite Palette von Spezialbehältern zur Verfügung.

**8. Welcher Anteil von den Abfällen wird energetisch verwertet?**

30 % der sortierten Abfälle werden im RZR Herten (Müllverbrennungsanlage) energetisch verwertet und 20 % dienen als Ersatzbrennstoff bspw. in der Zementindustrie.

**9. Was wird aus einem Tetrapack?**

Allgemein landet unsere Tetrapack-Fraktion in Aufbereitungsanlagen. Die materielle Zusammensetzung macht es jedoch immer schwieriger, Tetrapacks einer werkstofflichen aufbereitbaren Fraktion zuzuordnen, da die Hersteller ein neueres Produktdesign mit einem vermehrten Kunststoffanteil auf den Markt bringen.

**10. Welche Effizienz haben Ihre unterschiedlichen Sortiertechniken?**

Meiner Meinung nach, sind die Sortiertechniken als sehr effizient zu bewerten. Natürlich haben die verschiedenen Techniken auch unterschiedliche Qualitäten. Analysen weisen jedoch geringe Verluste an Werkstoffen auf. Werkstoffe in Resten liegen deutlich bei unter 10 %.

**11. Welche Fraktionen haben eine positive Wertschöpfung und welche eine negative?**

Die Aluminiumfraktion hatte eine positive Wertschöpfung aber jetzt nicht mehr. Kunststoffarten, Eisen und Tetrapacks sind durchaus positiv und auch Mischkunststoffe gehören dazu. Folien schwanken meistens zwischen einer positiven und negativen Wertschöpfung. Für die Fraktion der energetischen Verwertung ins RZR Herten müssen wir bezahlen.

**12. Was kann der Verbraucher tun, um zu einer besseren Sortiertiefe beizutragen?**

Natürlich gilt erstmals, dass Fehlwürfe und Reste vermieden werden sollten. In den gegebenen Sack gehören außerdem nur Verpackungen, denn viele Menschen sind sich dessen nicht bewusst. Auch das Abziehen des Aludeckels kann zu einer besseren Sortiertiefe beitragen. Verschlüsse bei Flaschen müssen nicht unbedingt entfernt werden. Dennoch sollten die Reste entleert werden, dazu gehören auch abgelaufene Lebensmittel.

**13. Wer übernimmt die sortierten Abfälle, wer sind Ihre Abnehmer und was passiert dann damit?**

Sortierte Abfälle gelangen zu speziellen Aufbereitern, die das Material aufwerten. Dazu gehört auch das werkstoffliche Recycling. Es besteht ein extremer Wettbewerb, der

aber unabhängig vom Ölpreis ist. Den Menschen sollte jedoch bewusst sein, dass recyceltes Material ebenso hochwertig wie Neuware ist.

**14. Kennen Sie den Verbleib der sortierten Abfallfraktionen und müssen Sie diese kontrollieren?**

In der Anlage ist jedes Gramm der weitergegebenen Abfälle bekannt und muss kontrolliert werden. Die Firmen müssen zugelassen und zertifiziert sein nach dem Verpackungsgesetz. Die stoffliche Verwertungsquote liegt dabei bei 50 %.

**15. Asien nimmt immer weniger Verpackungsabfälle aus Deutschland an - hat das eine Auswirkung auf Ihren Betrieb?**

Die Verpackungsabfälle aus der Anlage gelangen nicht nach Asien, da es dort kaum zertifizierte Anlagen aus dem Gewerbe gibt. Es besteht eine zunehmende Konkurrenz um die Verwertung von Kunststoffen, und in Europa besteht eine fehlende Aufbereitungskapazität, weshalb Abfälle exportiert werden müssen.

**16. Das Verpackungsgesetz bilanziert zukünftig die Sortierfraktionen abweichend von der bisherigen Praxis und die geforderten Verwertungsquoten werden angehoben - welche Auswirkungen hat das auf Ihren Betrieb?**

Das hat massive Auswirkungen, da mehr als 2.000.000 Euro investiert werden müssen, um die 50 % Quote zu erreichen. Die Bilanzierung für unseren Betrieb ist gleich geblieben.

**17. Was planen Sie für die Zukunft, um die Sortierverfahren bzw. Effizienz zu verbessern?**

In Zukunft planen wir eine Nah-Infrarotnachrüstung, um die Effizienz der Sortierverfahren von Papier und Tetrapacks zu steigern. Persönlich glaube ich nicht, dass man die Sortiertiefe für die werkstofflichen Fraktionen mit den technischen Möglichkeiten unter den jetzigen Bedingungen auf über 50% anheben kann.

**18. Aus ihrer Sicht: Wie nachhaltig ist das Duale System?**

Das Duale System ist dann nachhaltig, wenn auch Bürger in der Lage sind, sortierfähiges Material zu überbringen. Der Ansatz des Verpackungsgesetzes muss überprüft werden und auch die Einsatzquote von Recycling muss weiterhin erhöht und gesetzlich gesteuert werden.

- 1 o.V. (2019): Deutscher macht heftige Aufnahme Foto vom Mädchen im Müll schockiert die ganze Welt. Express. <https://www.express.de/news/politik-und-wirtschaft/unicef-foto-des-jahrs-maedchen-muell-manila-33639742> (letzter Zugriff 23.02.2020)
- 2 o.V. (2019): Deutscher macht heftige Aufnahme Foto vom Mädchen im Müll schockiert die ganze Welt. Express. <https://www.express.de/news/politik-und-wirtschaft/unicef-foto-des-jahrs-maedchen-muell-manila-33639742> (letzter Zugriff 03.02.2020)
- 3 Stephani, H. (2019): Auf einer Müllkippe in Malaysia befanden sich Verpackungen, wie sie die Supermarktketten Aldi und Edeka verwenden: EUROPATICKER, hrsg. von Hans Stephani. [http://www.umweltruf.de/2019\\_Programm/news/news3.php3?nummer=1136](http://www.umweltruf.de/2019_Programm/news/news3.php3?nummer=1136) (letzter Zugriff 03.02.2020)
- 4 Buchholz, J (2019): Plastikmüll – Warum unser Recycling wenig bringt. t-online.de [https://www.t-online.de/leben/plastik/id\\_85284858/zwei-milliarden-tonnen-abfall-muell-ein-globales-problem.html](https://www.t-online.de/leben/plastik/id_85284858/zwei-milliarden-tonnen-abfall-muell-ein-globales-problem.html) (letzter Zugriff 03.02.2020)
- 5 Schulz, C. (2020): Plastikmüll Statistiken, Zahlen, Fakten & Studien 2019/2020. CareElite. <https://www.careelite.de/plastik-muell-fakten/#produktion-statistik> (letzter Zugriff 03.02.2020)
- 6 Martens, H., Goldmann, D (2016): Recyclingtechnik: Fachbuch für Lehre und Praxis. Augsburg, 2. Auflage, Vorwort, S.9
- 7 Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG)
- 8 García, O., Schulze-Hagen, A. (2012): <https://dejure.org/gesetze/KrW-AbfG> (letzter Zugriff 23.02.2020)
- 9 o.V. (1986): Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen. Bundesgesetzblatt. [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBI&jumpTo=bgbl186s1410.pdf#\\_bgbl\\_\\_%2F%2F%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl186s1410.pdf%27%5D\\_\\_1584611698422](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl186s1410.pdf#_bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl186s1410.pdf%27%5D__1584611698422) (letzter Zugriff 23.02.2020)
- 10 Martens, H., Goldmann, D (2016): Recyclingtechnik: Fachbuch für Lehre und Praxis. Augsburg, 2. Auflage, S. 10
- 11 o.V. (2012): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/mehr-recycling-in-deutschland-1507858> (letzter Zugriff 23.02.2020)
- 12 o.V. (2016): Warum gibt es das Duale System in Deutschland. <https://www.wohindamit.de/warum-gibt-es-das-duale-system/> (letzter Zugriff 23.02.2020)
- 13 o.V. <https://www.abfallwelt.de/abfaelle/verpackungen/duale-systeme/> (letzter Zugriff 8.02.2020)
- 14 (2017): Die Finanzierung des Dualen Systems. Hamburg. <https://germantech.ru/de/germany/dual/financing/> (letzter Zugriff 8.02.2020)
- 15 Martens, H., Goldmann, D (2016): Recyclingtechnik: Fachbuch für Lehre und Praxis. Augsburg, 2. Auflage, S. 12.
- 16 Martens, H., Goldmann, D (2016): Recyclingtechnik: Fachbuch für Lehre und Praxis. Augsburg, 2. Auflage, S. 24
- 17 Wirtschaftsbetriebe Kreis Coesfeld GmbH (WBC): <https://www.wbc-coesfeld.de/abfallentsorgung/entsorgung/verwertung/verwertungswege.html>
- 18 Martens, H., Goldmann, D (2016): Recyclingtechnik: Fachbuch für Lehre und Praxis. Augsburg, 2. Auflage, S. 223-224.
- 19 Rudolph, N., Kiesel, R., Aumnate, C. (2020): Einführung Kunststoffrecycling: Ökonomische, ökologische und technische Aspekte der Kunststoffabfallverwertung, Carl Hanser Verlag (München), S. 19
- 20 García, O., Schulze-Hagen, A. (2017): Kreislaufwirtschaftsgesetz, hrsg. von Rechtsinformationssysteme GmbH. <https://dejure.org/gesetze/KrWG>
- 21 Rudolph, N., Kiesel, R., Aumnate, C. (2020): Einführung Kunststoffrecycling: Ökonomische, ökologische und technische Aspekte der Kunststoffabfallverwertung, Carl Hanser Verlag (München), S. 24

- 22 Rudolph, N., Kiesel, R., Aumnate, C. (2020): Einführung Kunststoffrecycling: Ökonomische, ökologische und technische Aspekte der Kunststoffabfallverwertung, Carl Hanser Verlag (München), S. 20
- 23 Schüler, K. (2019): Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2017, GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, Mainz.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/2019\\_11\\_19\\_aufkommen\\_u\\_verwertung\\_verpackungsabfaelle\\_2017\\_final.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/2019_11_19_aufkommen_u_verwertung_verpackungsabfaelle_2017_final.pdf)
- 24 Martens, H., Goldmann, D. (2016): Recyclingtechnik: Fachbuch für Lehre und Praxis. Augsburg, 2. Auflage, S. 348.
- 25 Bender, M. (2017): Stahlrecycling: Aus Alt wird Neu. Wirtschaftsvereinigung Stahl.  
<https://www.stahl-online.de/index.php/themen/energie-und-umwelt/recycling/> (letzter Zugriff 27.03.2020)
- 26 Hermann, L. (2018): Papier-Recycling: Wie es funktioniert und was aus dem Papier wird.  
<https://utopia.de/ratgeber/papier-recycling-wie-es-funktioniert-und-was-aus-dem-papier-wird/> (letzter Zugriff 27.03.2020)
- 27 BDE: Getrenntsammlung muss aufrechterhalten werden – Wertstoffe für Produktion unverzichtbar, Pressemitteilung vom 20.03.2020. <https://www.bde.de/assets/newsletterpdfs/pressemitteilung/2020/PM-20-03-20-Getrenntsammlung.pdf> (letzter Zugriff 27.03.2020)
- 28 Elbe-Jeetzelt-Zeitung (31.01.2008): Altpapier-Krieg mit blauer Tonne  
[https://www.ejz.de/lokales/lokales/altpapier-krieg-mit-blauer-tonne\\_50\\_108653004-28-.html](https://www.ejz.de/lokales/lokales/altpapier-krieg-mit-blauer-tonne_50_108653004-28-.html) (letzter Zugriff 27.03.2020)
- 29 Spiegel Online (23.11.2008)  
[https://www.t-online.de/finanzen/boerse/news/id\\_16950708/papier-krieg-zu-ende-alte-pappe-ist-wieder-abfall.html](https://www.t-online.de/finanzen/boerse/news/id_16950708/papier-krieg-zu-ende-alte-pappe-ist-wieder-abfall.html) (letzter Zugriff 27.03.2020)
- 30 Rudolph, N., Kiesel, R., Aumnate, C. (2020): Einführung Kunststoffrecycling: Ökonomische, ökologische und technische Aspekte der Kunststoffabfallverwertung, Carl Hanser Verlag (München), S. 77
- 31 Goebel, J. (2018): Das Märchen vom Recycling-Meister Deutschland. <https://www.wiwo.de/unternehmen/industrie/kunststoff-das-maerchen-vom-recycling-meister-deutschland/20897740.html> (letzter Zugriff 27.03.2020)
- 32 Schüler, K. (2018): Recyclingbilanz für Verpackungen. GVM mbH. 25. Ausgabe.  
[https://gvmonline.de/files/recycling/Recycling\\_2017\\_Zusammenfassung\\_Ergebnisse.pdf](https://gvmonline.de/files/recycling/Recycling_2017_Zusammenfassung_Ergebnisse.pdf)
- 33 Stephani, H. (2019): Kunststoffe – Produktion, Verwendung und Verwertung, Umweltbundesamt/Conversio Markte & Strategy GmbH. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehelter-abfallarten/kunststoffabfaelle#kunststoffe-produktion-verwendung-und-verwertung>
- 34 Moun, D., Flood, C., Wefers, H. (2019): Abfallentsorgung: Hinter den Kulissen der ungelösten Plastikkrise. [https://www.boell.de/de/2019/05/27/abfallentsorgung-hinter-den-kulissen-der-ungeloesten-plastikkrise?dimension1=ds\\_plastikatlas](https://www.boell.de/de/2019/05/27/abfallentsorgung-hinter-den-kulissen-der-ungeloesten-plastikkrise?dimension1=ds_plastikatlas)
- 35 Regierungspräsidium Gießen: Abfallnews - Wegfall Heizwertklausel.  
<https://rp-giessen.hessen.de/umwelt-natur/abfall/abfallnews/wegfall-heizwertklausel> (letzter Zugriff 29.03.2020)
- 36 Recycling in Deutschland. Spiegel Wissenschaft. 2019.  
<https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/plastikmuell-nur-16-prozent-werden-in-deutschland-wiederverwendet-a-1271125.html> (letzter Zugriff 29.03.2020)
- 37 Der Grüne Punkt (2020), Zum Tag des Recyclings: Wann wird der Kunststoff kreislauffähig? Forderungen des Grünen Punkts zum Global Recycling Day / Weg zur Kreislaufwirtschaft ist noch weit, aber ohne Alternative.  
<https://www.gruener-punkt.de/unternehmen/news/artikel/details/zum-tag-des-recyclings-wann-wird-der-kunststoff-kreislauffaehig.html> (letzter Zugriff 27.03.2020)

## 6 Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt und die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe. Das Gleiche gilt auch für beigegebene Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen.

Unterschrift: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_