

# 12.21

Lizenziert für Frau Isabelle Henkel.  
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

## Müll und Abfall

53. Jahrgang  
Dezember 2021  
Seite 649-704

[www.MUELLundABFALL.de](http://www.MUELLundABFALL.de)

Fachzeitschrift  
für Kreislauf-  
und Ressourcen-  
wirtschaft



Online informieren und bestellen:  
[www.ESV.info/19441](http://www.ESV.info/19441)

Doumet / Thärichen

**Gewerbeabfallverordnung**  
Praxiskommentar

# Reicht das mechanische Recycling, um die Quoten der EU für Verpackungen zu erreichen? Alternativen und Innovationen sind gefordert!

## Is mechanical recycling enough to meet the EU's quotas for packaging?

Alternatives and innovations are required!

Thomas Obermeier und Isabelle Henkel

### Zusammenfassung

Zur Erreichung der hoch gesteckten Recyclingquoten kommen wir mit dem mechanischen Recycling allein nicht aus. Dazu müssen Kunststoffmengen recycelt werden, die derzeit in die thermische Verwertung gehen. Die Wirtschaftlichkeit sollte beim Recycling nicht im Fokus stehen, sondern vielmehr sollten politisch Weichen gestellt werden, um Märkte für Rezyklate zu schaffen, z. B. durch das Festlegen von Substitutionsquoten. Dies fordern verschiedene Verbände und Institutionen seit Jahren.

Deshalb sollten dringend weitere Studien die ökologischen Auswirkungen, die CO<sub>2</sub>-Bilanz und die ökonomische Machbarkeit untersuchen.

Dass das chemische Recycling aktuell ein großes Potenzial hat, zeigen die zahlreichen hohen Investitionen der chemischen Industrie, der Kunststoffverarbeiter und der Verpackungshersteller in diese Verfahren: Bis 2030 sollen 7,2 Mrd. EUR investiert werden.

Die Zeit scheint reif: Klimaschutz, Kundenwunsch und politischer Druck schaffen die Voraussetzungen für Innovationen.

Diesen Verfahren in Deutschland und der EU keine Chance zu geben ist deshalb rückwärtsgewandt und wird die Innovationskraft der chemischen Industrie in risikofreudigere Länder verlagern.

### Abstract

Mechanical recycling alone is not enough to achieve the ambitious recycling quotas. To achieve this, quantities of plastics that are currently sent for thermal recycling must be recycled. Economic efficiency should not be the focus of recycling, but rather the political course should be set to create markets for recyclates, e.g. by setting substitution quotas. Various associations and institutions have been calling for this for years. Therefore, further studies should urgently examine the ecological effects, the CO<sub>2</sub> balance and the economic feasibility. The fact that chemical recycling currently has great potential is shown by the nu-

merous high investments made by the chemical industry, plastics processors and packaging manufacturers in these processes: 7.2 billion euros are to be invested by 2030. The time seems ripe: climate protection, customer demand and political pressure are creating the conditions for innovation. Not giving these processes a chance in Germany and the EU is therefore backward-looking and will shift the innovative power of the chemical industry to countries that are more willing to take risks.

Laut dem Stoffstrombild Kunststoffe, veröffentlicht von der Conversio Market & Strategy GmbH,<sup>1</sup> wurden in Deutschland nur 46,7% der Kunststoffabfälle<sup>2</sup>, die zum Großteil aus Verpackungen stammen, einer stofflichen Verwertung zugeführt. Insgesamt fallen laut Conversio-Studie 3,16 Mio t Verpackungskunststoffe an; darin enthalten sind jedoch auch gewerbliche Kunststoffverpackungen, Um- und Transportverpackungen, bepfandete PET-Flaschen sowie die falsch über den Restmüll entsorgten Kunststoffverpackungen.

Lizenziert und damit Grundlage für die Quotenberechnung laut Verpackungsgesetz sind insgesamt 1,8 Mio t Verpackungsabfälle, von denen rund 1,15 Mio t auf Kunststoffverpackungen entfallen. Darüber hinaus werden über den Gelben Sack auch rund 150.000 t nicht lizenzierte stoffgleiche Nicht-Verpackungen erfasst.

Die Recyclingrate für Kunststoffabfälle in der EU beträgt derzeit 30%.<sup>3</sup> Weltweit liegt die Recyclingquote noch weit darunter. Die Zahlen zeigen also deutlich:

- <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/kurzfassung-stoffstrombild-kunststoffe-2019.pdf>
- Die 46,7% beziehen auf 6,28 Mio t Kunststoffabfälle. Die Daten wurden 2019 erhoben. Die 6,28 Mio. t unterteilen sich in 5,35 Mio. t Post-Consumer Kunststoffabfall und 0,93 Mio. t Post-industrial Kunststoffabfall
- <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20181212STO21610/plastikmull-und-recycling-in-der-eu-zahlen-und-fakten>



**Isabelle Henkel**  
Diplom-Wirtschaftsingenieurin  
Geschäftsführung  
DGAW e.V.  
Projektleitung TOMM+C



**Thomas Obermeier**  
Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Abfallwirtschaft, Ehrenpräsident der DGAW e.V., CEO Tomm+C

- ◆ Abfallvermeidung und zero waste – wenn auch wünschenswert – bleiben mittelfristig eine Illusion,
- ◆ die aktuell verfügbaren Rezyklate reichen keineswegs aus, um die geforderten Einsatzquoten aus der EU zu erfüllen, geschweige denn die Selbstverpflichtungen der Brand Owner,
- ◆ mit dem mechanischen Recycling allein sind die Ziele nicht zu schaffen.

Trotzdem sollte die **Vermeidung von Abfällen und Kunststoffen** erste Priorität bleiben. Deutlich wird aber auch: Wir brauchen neue Recyclingtechnologien!

## 1. Herausforderungen und Grenzen der beiden Recyclingverfahren

### 1.1 Rezyklatqualität

Betrachtet man die Rezyklatqualität, so geht das mechanische Recycling mit einer stetigen Minderung der Qualität der Rezyklate sowie einer Anreicherung von Schadstoffen einher.

Der Einsatz von Rezyklaten aus dem mechanischen Recycling im Lebensmittelbereich ist bisher nur für rPET möglich, welches durch die sortenreine Sammlung von PET Getränkeflaschen sehr gut mechanisch recycelt werden und die Lebensmittelzulassung bekommen kann.

Diese Nachteile durch ein Verfahren auszugleichen, mit dem man wieder Neuware auch für den Lebensmittelbereich herstellen kann, macht den Charme der chemischen Verfahren aus.

### 1.2 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der chemischen Recyclingverfahren ist aufgrund der hohen Energie- und Betriebskosten aktuell noch in Frage zu stellen.

Die Verfahren des chemischen Recyclings sind sehr energieintensiv, daran ist kein Zweifel. Ebenso muss dringend ein ökobilanzieller Vergleich der Verfahren erstellt werden, der die Umweltauswirkungen, den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck sowie die Wirtschaftlichkeit betrachtet. Das UBA hat hierzu kürzlich eine Studie in Auftrag gegeben, deren Ergebnisse 2023 vorliegen sollen.<sup>4</sup>

Dass aber das mechanische Recycling immer wirtschaftlich ist, stimmt nicht, wie in Zeiten niedriger Ölpreise im Jahr 2020 deutlich wurde. Eine Studie von McKinsey geht davon aus, dass die Wirtschaftlichkeit des mechanischen Recyclings erst bei Rohölpreisen von 70–75 USD/Barrel und darüber gegeben ist, jedoch bei Preisen ab 65 USD/Barrel und darunter kaum noch darstellbar ist.<sup>5</sup> Ende Oktober 2021 lag der Ölpreis bei 83 USD/Barrel.

Hochwertige, möglichst helle Rezyklate für den Einsatz im Konsumgüterbereich waren bereits vor der Coronakrise zum Großteil mehrfach teurer als Neuware und wurden eingesetzt, um den Kundenwünschen zu entsprechen, den Selbstverpflichtungen nachzukom-

men und frühzeitig auf die von der EU im Green Deal<sup>6</sup> bzw. im Aktionsplan Kreislaufwirtschaft<sup>7,8</sup> vorgesehenen Rezyklateinsatzquoten für Verpackungen zu reagieren. Hier hat der Druck von Kunden und Politik zu einem erfreulichen Umdenken geführt.

Sollte eine Kunststoff- oder CO<sub>2</sub>-Steuer erhoben werden, würde sich auch Neuware verteuern, sodass alternative Recyclingverfahren im Wettbewerb besser abschneiden.

Zu beachten ist außerdem, dass mit jedem Aufbereitungsschritt weitere Kunststoffreste anfallen, die meist nur noch energetisch zu verwerten sind. Darüber hinaus gelangt durch die Aufbereitungs- und Waschprozesse beim Recycler ein nicht unerheblicher Anteil an Mikroplastik über den Abwasserstrom in die Umwelt.

### 1.3 Mengenpotenziale

Die von der EU in der Abfallrahmenrichtlinie und national im KrWG geforderten höheren Recyclingquoten zusammen mit der seit Mitte 2021 geltenden neuen Berechnungsmethode (Output-Methode) werden wohl nur erreicht werden können, wenn das mechanische Recycling durch andere Verfahren, z.B. chemische, ergänzt wird. Hier könnte das chemische Recycling als Alternative zur thermischen Verwertung der jetzt anfallenden Reste zum Einsatz kommen. Dies würde nicht nur die rund 45% an Sortierresten umfassen, sondern auch die bei der Rezyklatherstellung anfallenden Reste. Ein weiteres Potenzial läge auch in den Kunststoffabfällen, die sich noch in der Restabfallfraktion befinden.

Die TU Hamburg hat in einer Studie aus dem Jahr 2018 berechnet, dass nur rund 75% der Gesamtverpackungsmenge separat erfasst wird, davon 45% als Reste thermisch verwertet werden und von den 55% an Recycler verkaufte Kunststoffballen nochmals rund 25% als Reste bei der Rezyklatherstellung anfallen.

Betrachtet man das Mengenpotenzial, das in die Recyclingquote laut Verpackungsgesetz eingerechnet werden könnte, so ergeben sich bei 1,15 Mio t lizenzierten Kunststoffverpackungsabfällen und der ab 2022 geltenden Recyclingquote von 63% rund 0,42 Mio t Sortierreste. Mit den weiteren 25% Resten, die beim Recycler anfallen, erhöht sich das Potenzial auf 0,61 Mio. t, die derzeit thermisch verwertet werden.

Bezogen auf die insgesamt anfallenden 5,3 Mio t Post-Consumer Kunststoffabfälle aus der Converso-Studie, die im Jahr 2019 in Deutschland angefallen sind und aktuell zu rund 45% thermisch verwertet werden, ergäbe sich so ein Gesamtpotenzial von 2,39 Mio t. Experten gehen davon aus, dass mittelfristig mit Etablierung der chemischen Recyclingverfahren rund 1 Mio. t Kunststoffabfälle in den Kreislauf zurückgeführt werden könnten.

### 1.4 Rechtliche Herausforderungen

Gegenüber der Abfallrahmenrichtlinie ist das chemische Kunststoffrecycling im deutschen Verpackungsge-

<sup>4</sup> Euwid: AUSGABE 16/2020 VOM 15.04.2020

<sup>5</sup> <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/chemicals/our%20insights/no%20time%20to%20waste%20what%20plastics%20recycling%20could%20offer/no-time-to-waste-what-plastics-recycling-could-offer.pdf?shouldIndex=false>

<sup>6</sup> [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF)

<sup>7</sup> [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf)

<sup>8</sup> [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan\\_annex.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan_annex.pdf)

setz allerdings nicht als Recycling anerkannt und kann deshalb bisher auch nicht zur Quotenberechnung herangezogen werden. Das Umweltbundesamt hat hierzu ein eindeutiges Hintergrundpapier veröffentlicht.<sup>9</sup>

Der Verband Chemical Recycling Europe forderte jedoch bereits in zwei Positionspapieren die Gleichstellung der Verfahren bzw. eine schnelle Anerkennung des chemischen Recyclings.<sup>10, 11</sup>

Auch der Verband der Chemischen Industrie (VCI) hat in einem Positionspapier<sup>12</sup> einen Vorschlag zur systematischen und abfallrechtlichen Einordnung des chemischen Recyclings erarbeitet, der die Verfahren aus dem technischen und abfallrechtlichen Blickwinkel betrachtet. Da das Abfallrecht nicht explizit vorschreibt, ob die Materialsubstitution direkt oder indirekt erfolgen muss, könnte für die einzelnen Stoffströme das nachhaltigste Verfahren zum Einsatz kommen und so ein level playing field eröffnet werden, ohne die Abfallgesetzgebung zu verändern.

### 1.5 Technischer Reifegrad der Verfahren

Die meisten Verfahren des chemischen Recyclings sind noch nicht großtechnisch marktreif. Allerdings sind einige doch weit über den Labormaßstab hinausgekommen. Es existieren Pilot- und Demonstrationsanlagen, zum Teil auch im halbindustriellen Maßstab.

Zudem liegen zahlreiche Life Cycle Assessments vor, die jedoch von den Umweltorganisationen kritisiert werden.

Insgesamt wird deutlich, dass die Überwindung der technischen Hürden noch Entwicklungsarbeit erfordert. Trotzdem kommen die meisten Studien zu dem Schluss, dass es sich lohnt, die Verfahren zukünftig in den Fokus zu nehmen. Dies sind die Kernaussagen:

- ◆ Je reiner das Inputmaterial, desto höher die Ausbeute;
- ◆ Der Energieaufwand der Pyrolyse ist zwar höher als der der mechanischen Aufbereitung, jedoch weit niedriger als der zur Herstellung von Neukunststoffen.
- ◆ Durch die Gegenrechnung von Gutschriften aus der thermischen Verwertung spielt der Energiemix eine große Rolle: Je erneuerbarer der Energiemix, desto geringer die Klimaauswirkungen der Pyrolyse, da die Gutschriften aus der thermischen Verwertung geringer sind.
- ◆ Bei der Aufbereitung des Pyrolyseöls fallen weitere Nebenprodukte an, die zum Teil behandelt werden müssen. Die Ölausbeute liegt zwischen 70 % und 85 %.
- ◆ Für die Gesamtausbeute liegen Angaben von einzelnen Herstellern vor: Für die Herstellung von einer Tonne Neukunststoff werden rund 1,7 t Mischkunststoffe benötigt.

- ◆ Andere Angaben gehen von mindestens 2 t spezifikationsgerechtem Input für 1 t Neukunststoffe aus.
- ◆ Je teurer die Herstellung eines Kunststoffes ist, z. B. im Bereich der technischen Kunststoffe, desto mehr lohnt sich das chemische Recycling, insbesondere wenn solvolytische Verfahren oder die Depolymerisation angewandt werden, bei denen die Monomere erhalten bleiben.

Das Heranziehen der Methode der Massenbilanzierung wird kritisch betrachtet und hat den Nachteil einer relativ ungenauen Quotenberechnung. Auf der anderen Seite ermöglicht sie aber, die im Moment kleinen Mengen an Pyrolyseölen in den bestehenden Anlagen zu verarbeiten und trotzdem deren Anteile im Endprodukt auszuweisen. Alternativ müssten separate kleine Produktionsanlagen erstellt werden oder die Anlagen für einzelne Chargen hoch- und runtergefahren werden, was nicht effizient ist und zu hohen Mehrkosten der Produkte führt. Die Massenbilanzierung unterstützt damit die Entwicklung und den Einsatz neuer innovativer Technologien, im Bereich der Bioökonomie genauso wie im Bereich des chemischen Recyclings.<sup>13</sup>

Der Einsatz der Massenbilanzierung sollte unter folgenden Voraussetzungen möglich sein:

- ◆ Zertifizierung und Überprüfung der Massenbilanzierung durch unabhängige Institute,
- ◆ Klare Regelungen für die Kommunikation und Definitionen für die Claims, damit die Konsumenten aufgeklärt und nicht irreführt werden. Es darf nicht der Eindruck entstehen, bei den eingesetzten chemisch recycelten Anteilen handele es sich um Rezyklate aus dem mechanischen Recycling. Hier bedarf es auch weiterer Aufklärung der Verbraucher.

### 1.6 Plastic to fuel kein Recycling

Diesem Kritikpunkt stimmen die Autoren zu. Gemischte Kunststoffe aufwändig aufzubereiten, um die Produkte, z. B. Pyrolyseöl oder Syngas anschließend zu Brennstoff wie Diesel aufzubereiten, kann nicht als Recycling bezeichnet werden.

In diesem Fall erscheint die thermische Verwertung unter Nutzung von Strom und Abwärme sinnvoller und nachhaltiger, da der aufwändige Aufbereitungsschritt wegfällt.

## 2. Conclusion

Zur Erreichung der hoch gesteckten Recyclingquoten kommen wir mit dem mechanischen Recycling allein nicht aus. Dazu müssen Kunststoffmengen recycelt werden, die derzeit in die thermische Verwertung ge-

9 [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-17\\_hgp\\_chemisches\\_recycling\\_online.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-17_hgp_chemisches_recycling_online.pdf)

10 <https://www.chemicalrecyclingeurope.eu/post/position-paper-on-chemical-recycling>

11 <https://www.chemicalrecyclingeurope.eu/post/potential>

12 [https://www.bayerische-chemieverbaende.de/wp-content/uploads/2019/03/20190322-ped\\_vci\\_positionspapier\\_chemisches\\_recycling.pdf](https://www.bayerische-chemieverbaende.de/wp-content/uploads/2019/03/20190322-ped_vci_positionspapier_chemisches_recycling.pdf)

13 [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiM8PpeIP7wAhX-8bsIHQfZAKYQFjAAegQIBRAF&url=https%3A%2F%2Fwww.vci.de%2Fflangfassungen%2Fflangfassungen-https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=htps://www.https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiXvv6CyofxAhWusKQKHfwiD8gQFjAAegQIAxAF&url=https%3A%2F%2Fwww.vci.de%2Fflangfassungen%2Fflangfassungen-pdf%2F2017-03-06-vci-position-einsatz-nachwachsende-rohstoffe-massenbilanzierung.pdf&usq=AOvVaw2QVJhwMjRZDLuYydyYlaS\\_](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiM8PpeIP7wAhX-8bsIHQfZAKYQFjAAegQIBRAF&url=https%3A%2F%2Fwww.vci.de%2Fflangfassungen%2Fflangfassungen-https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=htps://www.https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiXvv6CyofxAhWusKQKHfwiD8gQFjAAegQIAxAF&url=https%3A%2F%2Fwww.vci.de%2Fflangfassungen%2Fflangfassungen-pdf%2F2017-03-06-vci-position-einsatz-nachwachsende-rohstoffe-massenbilanzierung.pdf&usq=AOvVaw2QVJhwMjRZDLuYydyYlaS_)

hen. Die Wirtschaftlichkeit sollte beim Recycling nicht im Fokus stehen, sondern vielmehr sollten politisch Weichen gestellt werden, um Märkte für Rezyklate zu schaffen, z. B. durch das Festlegen von Substitutionsquoten. Dies fordern verschiedene Verbände und Institutionen seit Jahren.<sup>14, 15</sup>

Deshalb sollten dringend weitere Studien die ökologischen Auswirkungen, die CO<sub>2</sub>-Bilanz und die ökonomische Machbarkeit untersuchen.

Dass das chemische Recycling aktuell ein großes Potenzial hat, zeigen die zahlreichen hohen Investitionen der chemischen Industrie, der Kunststoffverarbeiter und der Verpackungshersteller in diese Verfahren: Bis 2030 sollen 7,2 Mrd. EUR investiert werden.<sup>16, 17</sup>

Die Zeit scheint reif: Klimaschutz, Kundenwunsch und politischer Druck schaffen die Voraussetzungen für Innovationen.

Diesen Verfahren in Deutschland und der EU keine Chance zu geben ist deshalb rückwärtsgewandt und wird die Innovationskraft der chemischen Industrie in risikofreudigere Länder verlagern.

#### **Anschrift der Autoren**

**Thomas Obermeier, Isabelle Henkel**

Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V.  
Nieritzweg 23, 14165 Berlin  
Tel.: (030) 84 59 14 77  
Fax: (030) 84 59 14 79  
E-Mail: info@dgaw.de

14 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/kru-empfehl-substitutionsquote-als>

15 Wertvolle Abfälle. Entsorger fordern Mindestquote für recycelte Rohstoffe, Handelsblatt vom 29.05.2020

16 [https://www.suedpack.com/fileadmin/dummy/Nachhaltigkeit/Chemisches\\_Recycling/Whitepaper\\_Chemisches\\_Recycling\\_2021\\_02\\_01.pdf](https://www.suedpack.com/fileadmin/dummy/Nachhaltigkeit/Chemisches_Recycling/Whitepaper_Chemisches_Recycling_2021_02_01.pdf)

17 <https://320grad.de/2021/06/01/kunststoffherzeuger-wollen-milliarden-in-chemisches-recycling-investieren/>