

Zerlegen statt zerkleinern, lohnt sich das?

Prumbohm, M.

Im Folgenden Artikel geht es um einen qualitativen Vergleich der herkömmlichen sowie idealen Herangehensweise zur Verwertung von Altfahrzeugen. Hintergrund ist die zunehmende Anzahl an elektronischen Bauteilen in Fahrzeugen und die damit verbundene Zunahme an wirtschaftsstrategisch wichtigen Materialien in Fahrzeugen.



The following article deals with a qualitative comparison of the conventional and ideal approach to the recovery of end-of-life vehicles. The background is the increasing number of electronic components in vehicles and the associated increase in economically strategically important materials in vehicles.

Hintergrund: Woraus bestehen Altfahrzeuge und wie werden diese behandelt?

Altfahrzeuge gehören zu den Produkten, deren stoffliche Wiederverwertung seit langem durch Quoten gesetzlich geregelt sind, siehe /2/. Die Recyclingprozesse sind bewährt und effizient hinsichtlich der Rückgewinnung der im Fahrzeug verbauten Stoffe mit großen Massenanteilen. Komplexe Produkte wie Fahrzeuge bestehen jedoch aus einer großen Vielzahl an Materialien und Stoffen, die im Gesamtprodukt in stark unterschiedlichen Mengen vorhanden sind. Dazu unterscheiden sich die verbauten Materialien stark abhängig vom Fahrzeugtyp und der jeweiligen Ausführung.

Produkte und damit auch Fahrzeuge am Ende des ihres Lebenszyklus lassen sich auf verschiedene Arten behandeln, um die verbauten Stoffe weiter im Wirtschaftskreislauf zu nutzen. Herkömmlich wird eine stoffliche Verwertung durch ein Zerkleinern der Produkte / Fahrzeuge bzw. deren Reste eingeleitet. Eine Zerkleinerung lässt sich durch verschiedene Schneid-, Prall- und Brechverfahren, ggf. in mehreren Stufen vollständig erreichen. Die austretenden Massenströme lassen sich in Abhängigkeit der Korngrößen klassieren und hinsichtlich der Stoffe sortieren und trennen. Mit diesem Vorgehen lassen sich vor allem die Stoffe effizient gewinnen, die mit einer hohen Konzentration in den Stoffströmen enthalten sind. Je geringer der Anteil eines Stoffes am Gesamtstrom ist, desto aufwändiger und damit teurer ist es, diesen nach der Zerkleinerung für eine Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft zurückzugewinnen. Gefährliche Stoffe und Bauteile mit besonders hohem Anteil an teuren Ressourcen wie beispielsweise die Katalysatoren, werden in Kraftfahrzeugen vor der Zerkleinerung entfrachtet, also manuell

demontiert. Gesammelt zerkleinert ist der Gesamtanteil der Zielstoffe in für die entsprechenden Bauteile deutlich höher, als für die übrigen, beispielsweise elektronischen Bauteile. Somit lässt sich eine Aufkonzentration der aktuell schwierig im Kreislauf nutzbaren Rohstoffe, durch Maßnahmen im Vorfeld weiterer Aufbereitungsschritte, erreichen.

Was steckt hinter der Idee des Zerlegens?

Im Zuge der steten Zunahme an elektronischen Bestandteilen in Fahrzeugen, nehmen der Gehalt und damit die Bedeutung der in den entsprechenden Bauteilen verwendeten Stoffe zu. Elemente wie Tantal in Kondensatoren und weitere seltene Erden in elektronischen Bauteilen lassen sich aus dem großen Massenstrom der Zerkleinerung jedoch nach wie vor nicht wirtschaftlich gewinnen. Eine manuelle Demontage, die sie bei den gefährlichen Stoffen zwingend vorgeschrieben und bei den leicht erreichbaren Teilen gewinnbringend durchgeführt wird, ist hinsichtlich Bauteilen wie Steuergeräten und weiteren Elektronikbauteilen in der Tiefe nicht wirtschaftlich darstellbar, siehe /3/. An dieser Stelle setzt der Gedanke der Zerlegung an. Damit gemeint ist entsprechend die Lücke zwischen manueller Demontage und vollständiger Zerkleinerung, siehe Tabelle 1. Ein Zerlegen von Fahrzeugen, das über die Entfrachtung und wirtschaftlich darstellbare Demontage weniger Teile aus dem Fahrzeug hinausgeht, wird bereits heute z.B. mit modifizierten Baumaschinen durchgeführt, siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Entnahme einer Antriebswelle im Rahmen einer maschinengestützten, manuellen Zerlegung eines Altfahrzeuges /2/

Die Anforderung an einen Prozess, der eine Verbesserung der Recyclingtiefe bietet, liegt also in dem Zeitaufwand pro Fahrzeug und dem Output an zu entnehmenden, rohstofflich interessanter Bauteile wie beispielsweise Steuergeräte. Zur Präzisierung der zu erfüllenden Anforderungen werden im weiteren Verlauf die Bewertungskriterien für Recyclingverfahren betrachtet und die drei Ausrichtungen „Demontage“, „Zerlegung“ und „Zerkleinerung“ qualitativ miteinander verglichen.

Wie lassen sich Recyclingverfahren bewerten und vergleichen?

Aus rein rohstofflicher Sicht bzw. dem Gedanken einer Kreislaufwirtschaft in ausgeprägter Form folgend, ist eine manuelle Tiefendemontage aller stofflicher lohnenswerter Bauteile die Ideallösung. Diese benötigt jedoch sehr viel Zeit und ein hohes handwerkliches Geschick der ausführenden Personen, ist damit sehr teuer und durch die hohe Variantenvielfalt der Fahrzeuge am Markt nicht oder nur schwer automatisierbar. Eine partielle Demontage lohnt sich hingegen, wenn nur Bauteile entfernt werden, die einfach und schnell erreichbar sind und zugleich eine gewisse Menge an wirtschaftlich interessanten Stoffen enthalten. Ausschlaggebende Faktoren sind demnach die Zeit pro Vorgang und die gewonnene Menge an Stoffen in Tonnen-Angaben bzw. die damit erzielbaren Erlöse im Vergleich mit den aufzubringenden Kosten pro Zeiteinheit für den Prozess bzw. Anlagenbetrieb. Im Rahmen von Studien wie der OKRAM /3/ wurde die Demontage von Altfahrzeugen hinsichtlich dieser Kriterien überprüft. Im Ergebnis sind lediglich acht von 30 untersuchten, elektronischen Steuerbauteilen /3/ aus Fahrzeugen sicher wirtschaftlich manuell zu entfernen. Hinsichtlich der benötigten Zeit bieten die maschinengestützten Zerlegeverfahren einen Vorteil gegenüber der manuellen Demontage, bei der Separierung der wirtschaftlich sinnvollen Bauteile. Eine Tiefendemontage ist jedoch mit diesen Verfahren ebenfalls sehr zeitintensiv. Die Zerlegung komplexer Strukturen ist recht zügig möglich, benötigt jedoch sehr viel Geschick des Bedieners. So lassen sich binnen acht Minuten sich aus einem Kleinwagen wesentliche Steuergeräte aus dem Motorraum und verschiedene Teile des Kabelstranges entfernen. Die Nachteile beider Vorgehensweisen liegen in der manuellen Durchführung und damit einer Fehleranfälligkeit über die große Zahl an Fahrzeugen gesehen. Bei der maschinengestützten Demontage wird darüber hinaus restliche Fahrzeugstruktur stark beschädigt, die Entnahme weiterer Teile ist durch den Prozess selbst also beeinträchtigt.

Tabelle 1: Vergleich der herkömmlichen Vorgehensweisen mit dem Konzept einer maschinellen Zerlegung

Verfahren	Erreichbare elektronischer Bauteile	Nachteile
(Tiefen-) Demontage, manuell	vollständig	Zeit- und personalaufwändig = teuer, wirtschaftlich nur für acht Bauteile
Demontage, maschinengestützt	partiell, < 50 %	Personal aufwändig, wirtschaftlich nur für wenige Bauteile
<i>Maschinelle Zerlegung</i>	<i>partiell, Sollwert > 50 %</i>	<i>SOLL: geringer Zeit- und Personalaufwand, > 8 Teile separierbar nach Zerlegung</i>

Beachtet werden muss die Randbedingung, dass es bei diesem Vergleich um die Extraktion der in den elektronischen Bauteilen befindlichen Stoffe aus Fahrzeugen geht. Eine Zerkleinerung der übrigen Stoffe, wie beispielsweise der Karosserie mit Kunststoffteilen etc. erfolgt bei allen Prozessen als Folgeschritt nach der Entnahme/Separierung. Das Verfahren der Zerkleinerung wird entsprechend zum Vergleich mit dem Verlust der Stoffe im Massenstrom eines Gesamtfahrzeugs gesehen.

Zusammenfassung

Im Vergleich der herkömmlichen Herangehensweise bei der Verwertung von Altfahrzeugen ergibt sich nach einer qualitativen Analyse der Bedarf für ein automatisches, maschinelles Zerlegeverfahren für Fahrzeuge, um die Entnahme von deutlich mehr elektronischen Steuergeräten als bisher wirtschaftlich möglich zu machen. Die Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit dieser ersten Konzeptidee bedarf weiterer Arbeit.

Literatur

- /1/ Brummer, Christina: Nur die Spitze des Müllberges, Online-Artikel in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung, 19. April 2019, zuletzt abgerufen am 09. Dezember 2019, URL: www.faz.net/aktuell/wirtschaft/elektroschrott-das-leben-eines-elektrogeraets-wird-immer-kuerzer-16110902.html
- /2/ Verordnung über die Überlassung, Rücknahme und umweltverträgliche Entsorgung von Altfahrzeugen – AltfahrzeugV, Version vom 02. Dezember 2016, zuletzt abgerufen am 09. Dezember 2019, URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/altautov/AltfahrzeugV.pdf>
- /3/ <https://www.powerhand.com/products/attachments/scrap-grabs/vrs-200-vehicle-dismantler>
- /4/ Groke, M.; et al: Optimierung der Separation von Bauteilen und Materialien aus Altfahrzeugen zur Rückgewinnung kritischer Metalle (ORKAM) Endbericht; TEXTE 02/2017, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Forschungskennzahl 3713 33 337, UBA-FB 002394
- /5/ Taylor & Braithwaite: VRS Car Dismantler, Videodokument, zuletzt abgerufen am 09. Dezember 2019, URL: https://www.youtube.com/watch?v=-P7GaiQ_L7Y