

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

17. Autoverwertertagung in Hohenroda, 2. Oktober 2024

Die Decarbonisierung forciert die automobilen Kunststoff- und Metallkreisläufe

Regina Kohlmeyer

Fachgebiet III 1.2 – Produktverantwortung – Elektrogeräte, Fahrzeuge und Batterien



Jahre
Umweltbundesamt
1974–2024

Gliederung

1 DECARBONISIERUNG

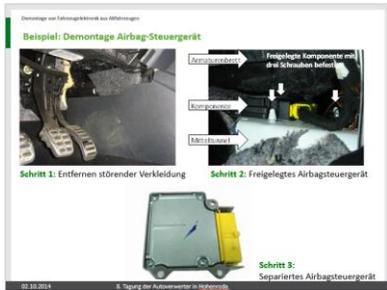
2 KUNSTSTOFFE

3 METALLE

4 SONSTIGES

UBA-Vorträge Hohenroda

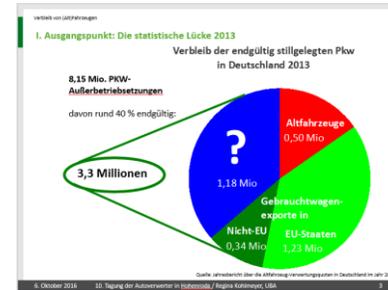
(8) 2014: Fahrzeugelektronik



(9) 2015: Ressourceneffizienz



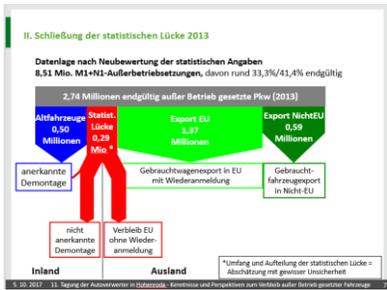
(10) 2016: Verbleib von Altfahrzeugen



(11) 2017: Aktuelle Themen Altfahrzeugverwertung

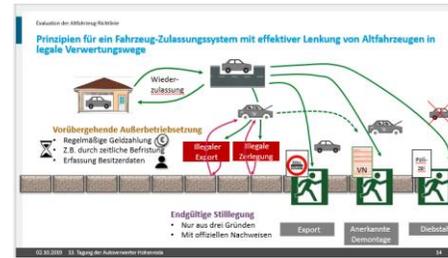


(11) 2017 (Jung): Unbekannter Verbleib



(12) 2018 (Kitazume): Empfehlungen für Sachverständige

(13) 2019: Evaluation der EG-Altfahrzeug-Richtlinie



2020

(14) 2021: Auswirkungen illegaler Altfahrzeugverwertung

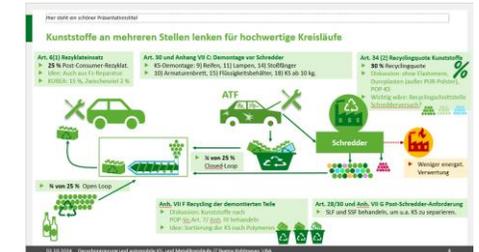
(15) 2022: Recycling von Kunststoff-Kraftstofftanks



(16) 2023: Entwurf für die neue EU-Altfahrzeugverordnung



(17) 2024: Decarbonisierung KS + Metall



Decarbonisierung und Circular Economy im Automobilbereich

Zunehmendes Interesse der Fahrzeughersteller an Kreislaufführung

- Motiv ist Bestreben der Hersteller nach Treibhausgasneutralität.

BMW „In der konsequenten Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft liegt der Schlüssel zu einer nachhaltigeren Zukunft.“

Visionsfahrzeug BMW I Vision Circular

Ziel für 2040:

- Optimiert für geschlossene Materialkreisläufe.
- Zu 100 Prozent aus recycelten Materialien.
- Zu 100 Prozent recyclingfähig.



Car2Car

- BMWK-Förderprojekt
- Steigerung der Qualität von Sekundärrohstoffen aus Altfahrzeug-Recycling
- Aluminium, Stahl, Glas, Kupfer und Kunststoff.
- Innovative Demontage- und automatisierte Sortierverfahren



Volkswagen Konzern Leitbild Umwelt 2022

- Bekenntnis zum **Pariser Klimaschutzabkommen**, 1,5° Ambitionsniveau wird angestrebt.
- Bis spätestens 2050: VW als bilanziell CO₂-neutrales Unternehmen.
- Reduktion der Primärrohstoffe durch den Einsatz von **recyceltem Material** und nachwachsenden Rohstoffen.



...berufen vom BMWK.
u.a. **AG Circular Car**

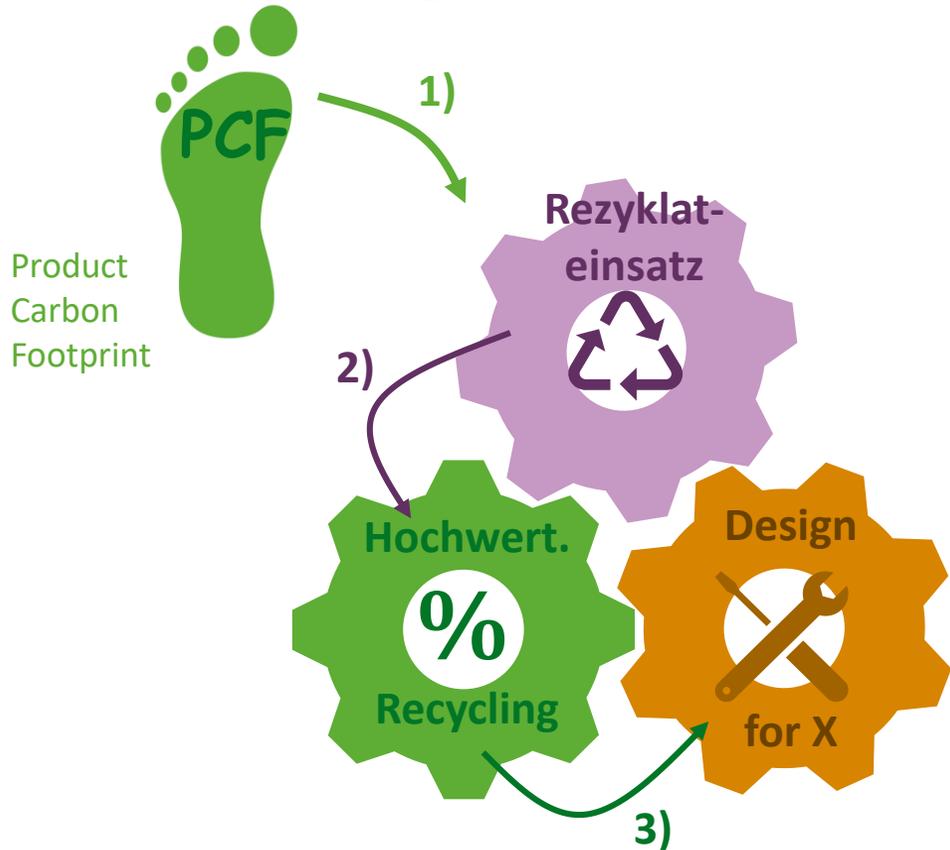
EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung

- Unternehmen müssen offenlegen, welche klimarelevanten Emissionen sie zu verantworten haben. !
- Spätestens ab 2025: Dekarbonisierungsplan.

BMW: [Zirkularität bei BMW](#), BMW: [I Vision Circular im Überblick](#), BMW: [Förderprojekt Car2Car](#); [Expertenkreis Transformation der Automobilwirtschaft Nachhaltigkeitsbericht Volkswagen 2023](#), Seit 83, [Volkswagen Leitbild Umwelt 2022](#); [Richtlinie \(EU\) 2022/2464](#) zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (CSRD)

Decarbonisierung: Motiv für Befassung mit Entsorgungsphase

Decarbonisierung



CAR-Vo Einleitung/Begründung:

„Der Übergang der Automobilindustrie zur Kreislaufwirtschaft ist von entscheidender Bedeutung für die Verwirklichung der **Klimaneutralitätsziele** der EU für 2050...“

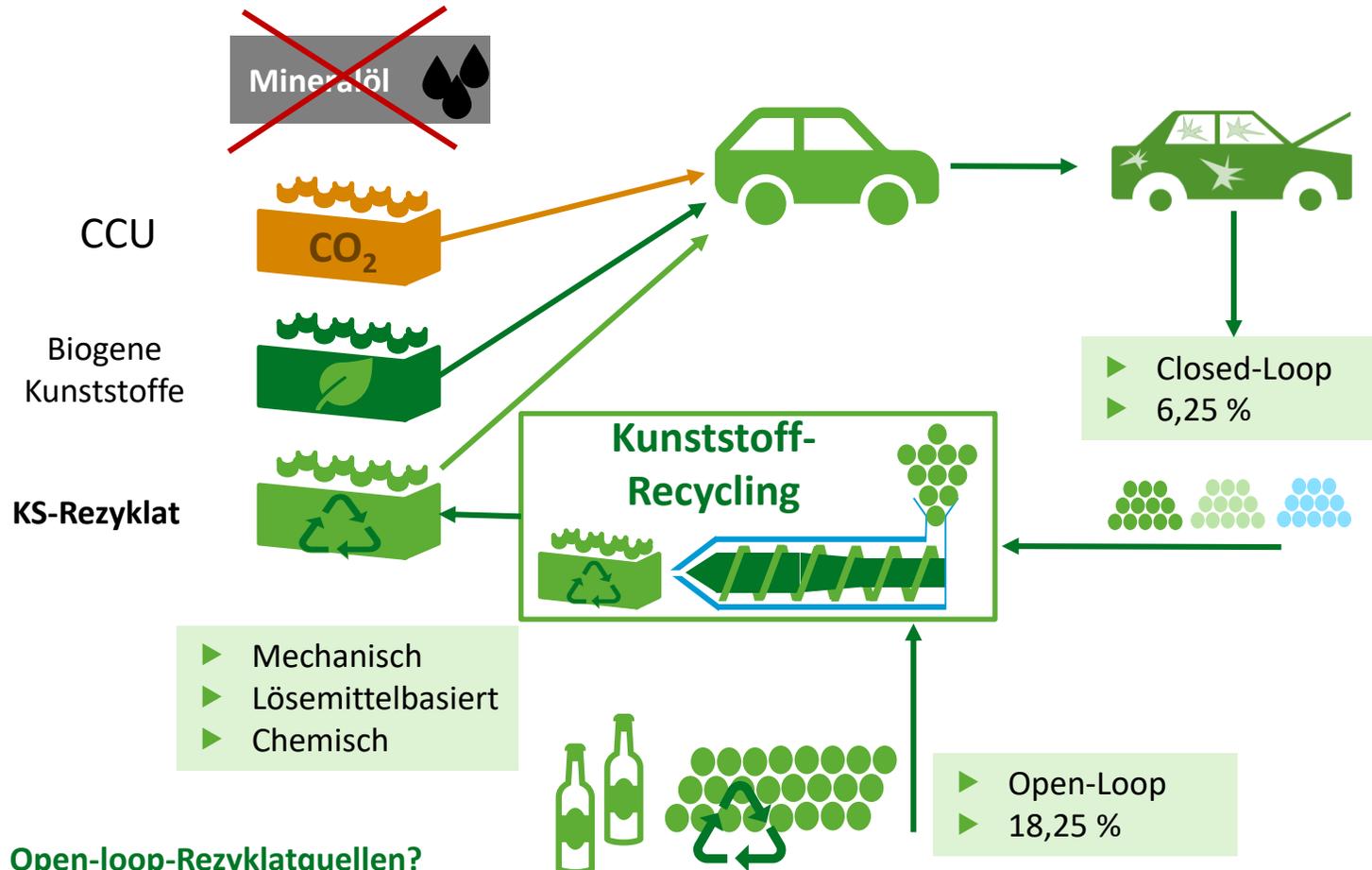
Je enger die Kreisläufe, desto relevanter:

- ▶ Schadstoffe/ Störstoffe aus Kreisläufen!
- ▶ Downcycling verhindern
- ▶ Hohe Erfassungsrate, optimale Sortierung



- 1) Reduktion des **Product Carbon Footprint** → Mehr **Rezyklateinsatz**
- 2) Nachfrage nach **Rezyklat** → Bedarf an mehr **hochwertigem Recycling**
- 3) Bedarf an gutem **Recycling** → Besseres **Design for Recycling** erforderlich

Kunststofffrezyklate für Fahrzeuge

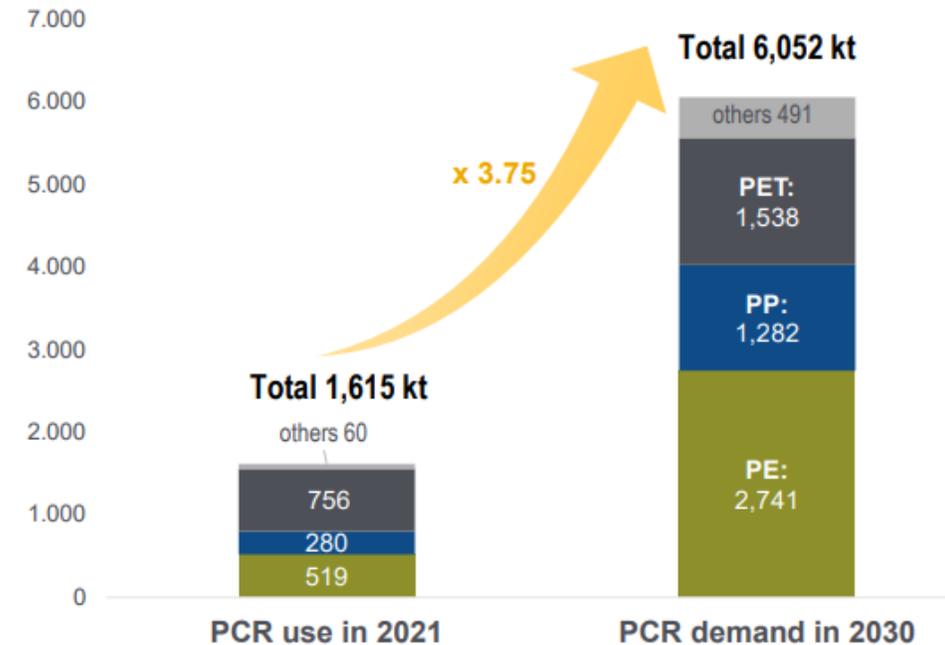


Open-loop-Rezyklatquellen?

Zur Erfüllung der PCR-Quoten in **Verpackungen** sind folgende Mengensteigerungen bis 2030 (im Vergleich zu 2021) in Europa erforderlich:

- **Verfünffachung** der Menge an Polyolefin (PP,PE)-PCR
- **Verdopplung** der PET-Menge

Post-consumer recycles (PCR) in packaging



09/2023 | Forecast Model "Use of recyclates in Europe 2020 to 2030"

Conversio Forecast Model „Use of recyclates in Europe 2020 to 2030“

Kunststoffe aus Altfahrzeugen – Closed-Loop Rezyklateinsatzquote

Szenario	Quelle	Einheit	EU	EU
Beschreibung			CAR-Vo in 5 J	Vorschlag: Zwischenstufe in 3 J
Nachfrage nach Closed-Loop-Rezyklaten für Neufahrzeuge				
1	Anzahl Neufz.-Registrierungen ¹⁾	<u>ACEA 2022</u> Pkw	9.300.000	
2	Durchschn. Gewicht Neufz. in DE	<u>AMS/KBA 2023</u> kg	1.700 kg	
3	Kunststoffanteil Neufz.	<u>KUREA, Abb17</u> %	20 %	
4	Kunststoffe pro Neufz.	Z2 * Z3 kg	340 kg	
5	Kunststoffe ohne Elastom./Duropl.	kg	?	
6	Closed-Loop-Rz-Quote	variiert %	6,25 %	2,0 %
7	Bedarf an Closed-Loop-KS-Rezyklat	Z4 * Z6 kg/Fz	21,25 kg	6,8 kg
8	Bedarf an Closed-Loop-KS-Rezyklat	Z7 * Z1 t/a	197.625 t	63.240 t

Szenario	Quelle	Einheit	EU	EU
Beschreibung			CAR-Vo in 5 J	Vorschlag: Zwischenstufe in 3 J
Recycelte Kunststoffmengen aus Altfahrzeugen				
1	Anzahl Altfahrzeuge ²⁾	<u>EuroStat, KOM</u> Stück	9.000.000	6.000.000
2	Durchschn. Gewicht Altfahrzeug	<u>EuroStat, Destatis, (UBA-JB 2021, S. 12)</u> kg	1140 kg	1140 kg
3	Anteil Kunststoff	<u>KUREA, Abb17</u> %	14,5 %	12 %
4	Gesamt-KS pro Altfahrzeug	Z2 * Z3 kg/Fz	165	137
5	KS ohne Elastom./Duropl.	Schätzung kg/Fz	etwa ³⁾ 120	etwa ³⁾ 100
6	Recyclingquote	variiert	30 %	15 %
7	KS-Recycling gemäß Quote	Z6 * Z5 kg/Fz	36 kg	15 kg ⁴⁾
8	KS-Recycling gemäß Quote, davon sind noch technol. Verluste abzuziehen.	Z7 * Z1 t/a	324.000 t	90.000 t

1) Aufgrund der Verkehrswende werden keine ansteigenden Mengen für die Neuzulassungen angenommen.

2) Anzahl Altfahrzeuge: Jetzt 5,7 Mio in EU. Laut [Factsheet der KOM](#) soll die CAR-Vo bewirken, dass Menge um 3,8 Mio steigt (inkl. Lkw, etc.). Daher Schätzung: in 3 Jahren: 6 Mio., in 5 Jahren: 9 Mio. M1+N1-Fahrzeuge inkl. KS-Mengen aus der Fahrzeug-Reparatur.

3) Schätzung. Gemäß [ADEME-Altfahrzeug-Jahresbericht](#) für 2020 (Tab. 2, Seite 12) enthielt ein durchschnittliches Altfahrzeug in Frankreich 2020 etwa 112 kg PP, PE, PA, ABS, PVC, PC, PMMA, PS etc., jedoch ohne Reifen, Gummi, PU-Schaum, Textilien, Farbe. Da ein (unbekannter) Anteil schadstoffbelastet ist, wurde auf 100 kg (Szenario in 3 Jahren) abgerundet. Für das Szenario in 5 Jahren wurde wegen des steigenden Kunststoffgehalts auf 120 kg aufgerundet.

4) [UBA](#) hatte 2016 (Seite 9,) das werkstoffliche Recycling von 20 kg Kunststoff pro Altfahrzeug gefordert.

Kunststoffe an mehreren Stellen lenken für hochwertige Kreisläufe

Art. 6(1) Rezyklateinsatz

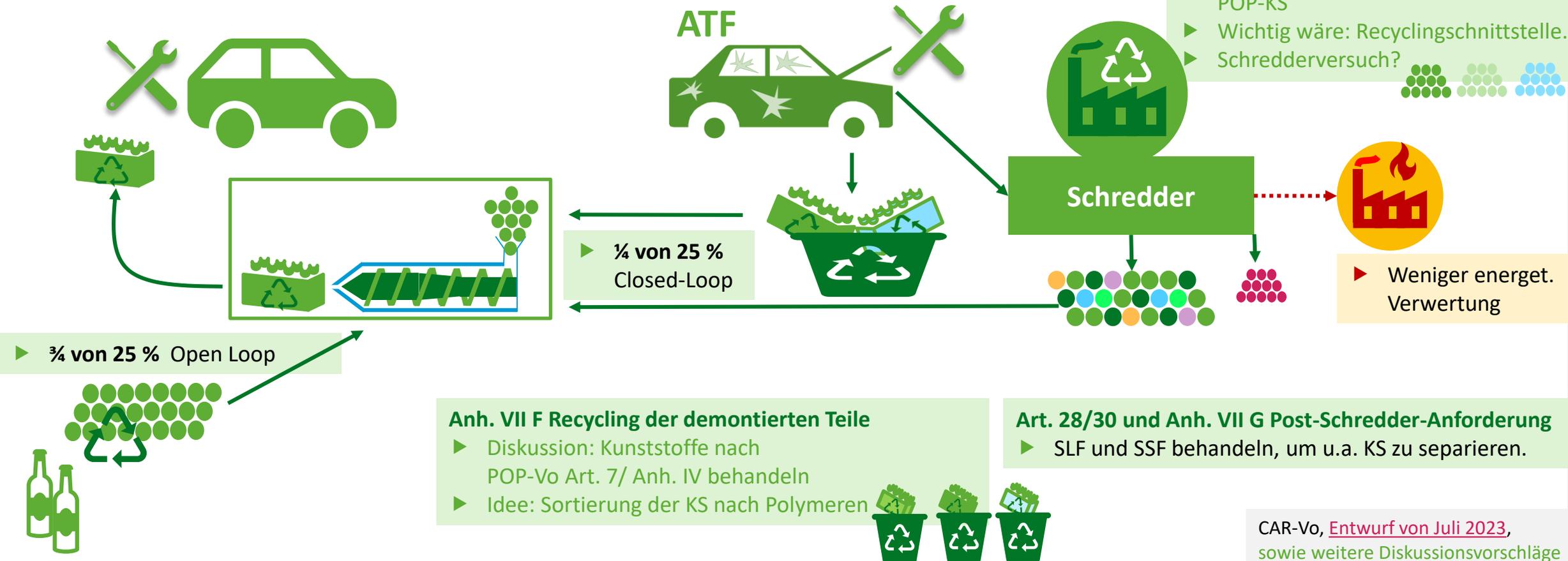
- ▶ 25 % Post-Consumer-Rezyklat.
- ▶ Idee: Auch aus Fz-Reparatur.
- ▶ KUREA: 15 %, Zwischenziel 2 %

Art. 30 und Anhang VII C: Demontage vor Schredder

- ▶ KS-Demontage: 9) Reifen, 11) Lampen, 14) Stoßfänger
- ▶ 10) Armaturenbrett, 15) Flüssigkeitsbehälter, 18) KS ab 10 kg.

Art. 34 (2) Recyclingquote Kunststoffe

- ▶ 30 % Recyclingquote
- ▶ Diskussion: ohne Elastomere, Duroplasten (außer PUR-Polster), POP-KS
- ▶ Wichtig wäre: Recyclingschnittstelle. Schredderversuch?



Anh. VII F Recycling der demontierten Teile

- ▶ Diskussion: Kunststoffe nach POP-Vo Art. 7/ Anh. IV behandeln
- ▶ Idee: Sortierung der KS nach Polymeren

Art. 28/30 und Anh. VII G Post-Schredder-Anforderung

- ▶ SLF und SSF behandeln, um u.a. KS zu separieren.

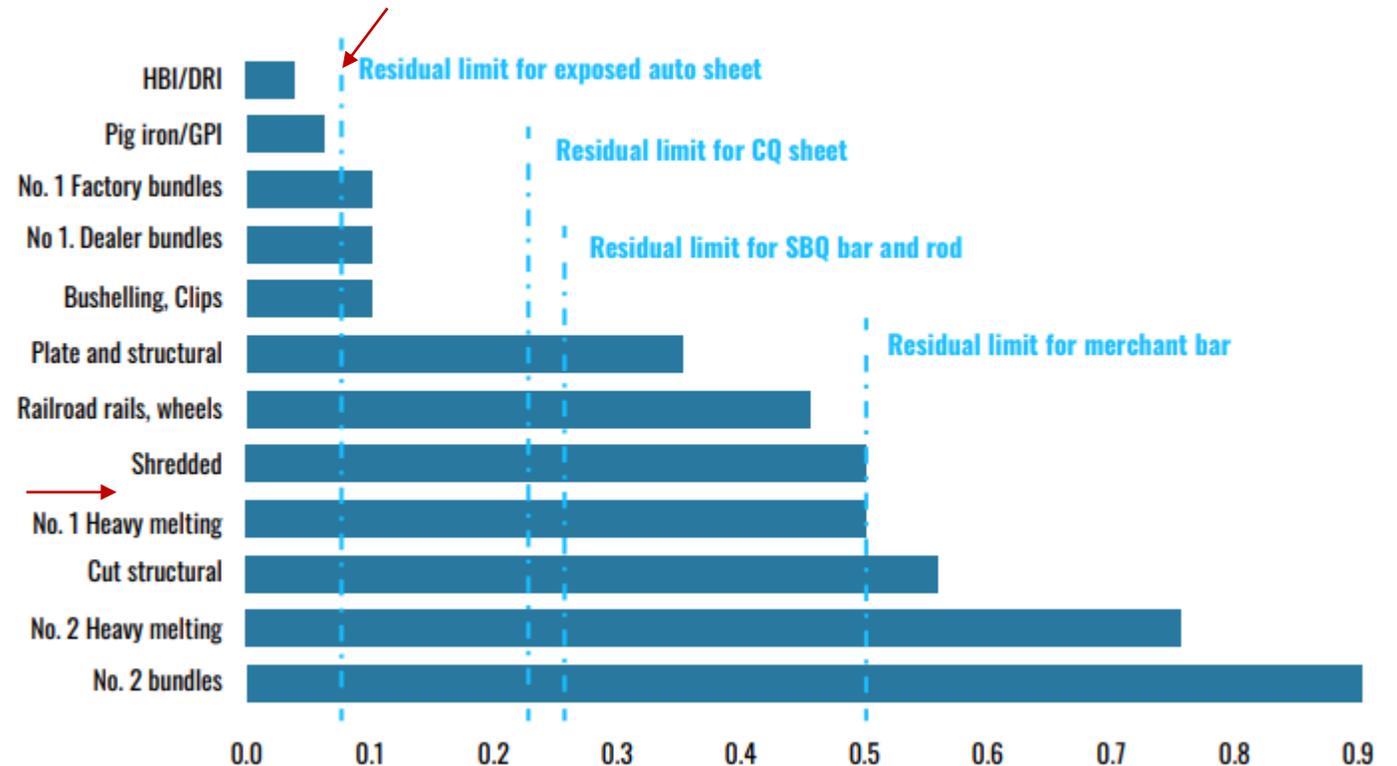
CAR-Vo, Entwurf von Juli 2023, sowie weitere Diskussionsvorschläge

Decarbonisierung durch Stahlrecycling

CAR-Vo. Erwägungsgrund (20)

- Automobilindustrie gehört zu **größten Stahlverbrauchern**
- Kaum recycelter Stahl in Neufahrzeugen
- Zur Senkung des **CO₂-Fußabdrucks**:
EU-Kommission erhält das Recht (in Art. 6(3)),
Mindestrezyklatquoten für Stahl festzulegen.
- Stahlschrott: Mengen sind vorhanden.
ABER:
- Stahlschrott aus Altfahrzeugen enthält
typischerweise rund **0,4 % Kupfer**

Metallic feed residual levels for various steel products

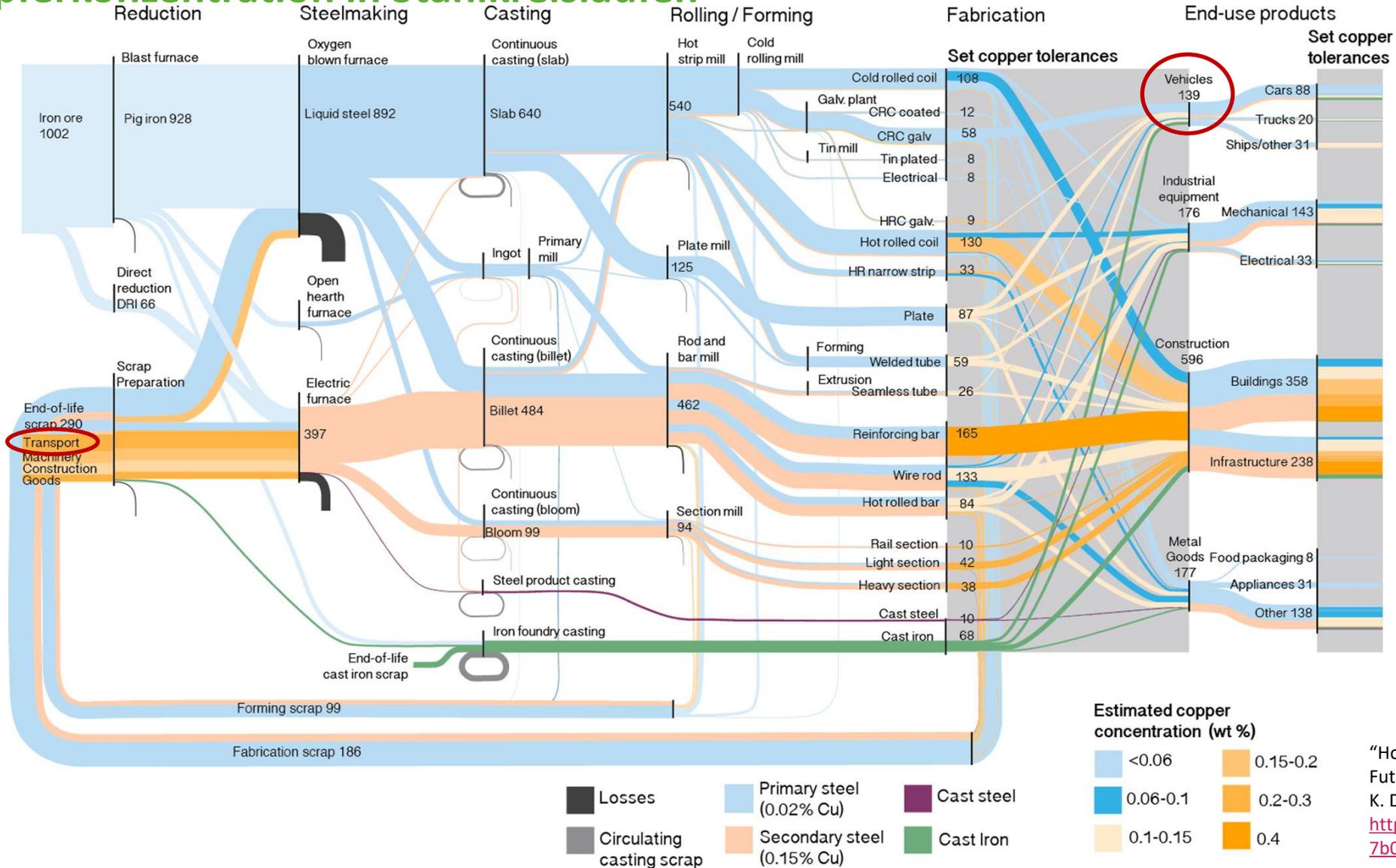


Source: J.Jones,AisTech 2022

Impact Assessment zur CAR-Vo: [SWD\(2023\)256 final. Part 3](#), Seite 157

Danieli (2022): [Transition Technologies to Danieli Ecological and Quality Electric Steelmaking Using Scrap and Energlron® DRI](#)

Kupferkonzentration in Stahlkreisläufen



“How Will Copper Contamination Constrain Future Global Steel Recycling?”
 K. Daehn, AC Serrenho, JM Allwood (2017)
<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.7b00997>

CAR-Vo für hochwertige Metallkreisläufe

Art. 6(3)+(4) Rezyklateinsatz

- ▶ Post-Consumer-Rezyklat nach Machbarkeitsstudie

Art. 30 und Anh. VII C: Demontage vor Schredder

- ▶ Metall-Demontage: 2) Elektromotoren, 4) Motorblöcke, 6) Getriebe, 13) Kabelstrang, 17) Metall ab 10 kg, 19) Elektronik
- ▶ Z.T. Ausnahmen bei Gleichwertigkeit der PST

Anh. VII F Recycling der demontierten Teile

- ▶ Diskussion: Aluminium aus Wärmetauschern separat recyceln.

Art. 28 Schredder

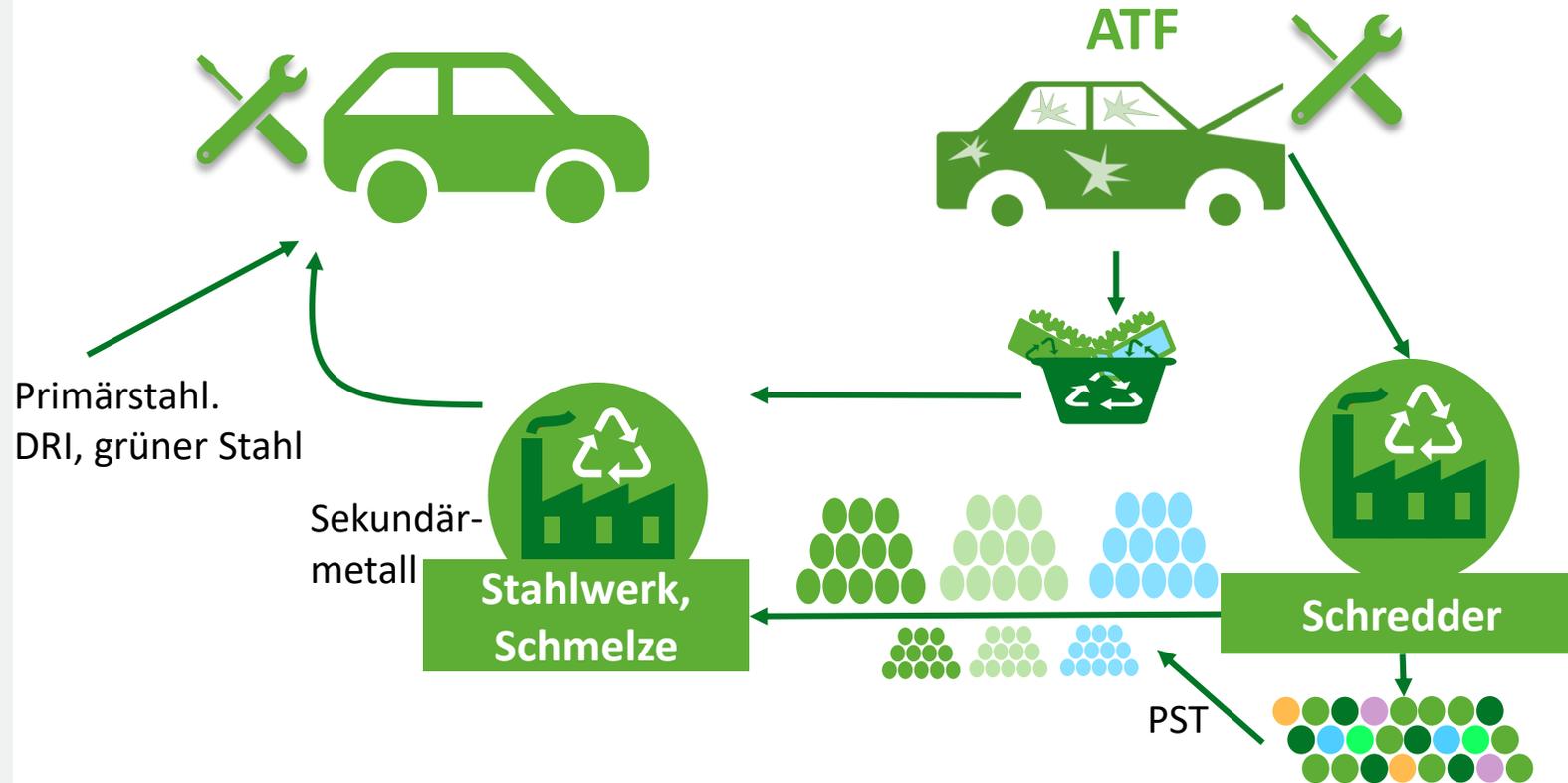
- ▶ Prüfung auf Trockenlegung
- ▶ Nicht mit WEEE und Verpackungen mischen
- ▶ In Diskussion: nur mit anderen Abfällen mischen, wenn Kriterien eingehalten (Anh G)

Anh. VII G Post-Schredder-Anforderung

- ▶ Nachweis der Gleichwertigkeit

In Diskussion: Kriterien für gemeinsames Schreddern:

- ▶ Keine Qual.verschlechterung, Batt. entfernt, WEEE vorbehandelt, kein Verpack-KS, ELV-Reporting möglich
- ▶ Outputqualitäten:
 - ▶ < 0,1 % Cu in Haupt-Stahlfraktion
 - ▶ Alu sortiert in Guss und Knetlegierungen
 - ▶ Schredderrückstände sortieren: Eisen, Nichteisen, Kunststoff, Organik. Rest-Metall < 1 %, Rest-Organik < 5 %



CAR-Vo, [Entwurf von Juli 2023](#), sowie weitere Diskussionsvorschläge

Reine Stahlkreisläufe, Vermeidung von Kupfer-Verlusten

- **Schlussfolgerung:**
Besser sortieren für automobiler Qualitäten!
- Vorschlag: **0,1 % freies Kupfer** im Schredderschrott
- Neuformulierung der Stahlschrottsorten?

BDSV Stahlschrottsortenliste (2010)

Sorten-Nr.	Sortenbeschreibung
0	Stahlaltschrott, der nicht unter die Definitionen der Sorten 1 und 3 fällt, Höchstabmessungen: 1,50 x 0,50 x 0,50 m
1	Stahlaltschrott, mind. 4 mm Stärke, Höchstabmessungen: 1,50 x 0,50 x 0,50 m
2	Stahlneuschrott, mind. 3 mm Stärke, Höchstabmessungen: 1,50 x 0,50 x 0,50 m
3	Schwerer Stahlaltschrott, mind. 6 mm Stärke, Höchstabmessungen: 1,50 x 0,50 x 0,50 m
4	Shredderstahlschrott, frei von Stahlschrott aus der Müllverbrennung oder -separation Schüttgewicht (i.tr.): mind. 1,1 t/m ³ Fe-Gehalt metallisch: mind. 92%

...

Sorten-Nr.	Sortenbeschreibung
46	Geshreddeter oder durch ähnliche Verfahren aufbereiteter Stahlschrott aus der Müllverbrennung, Schüttgewicht (i.tr.): mind. 0,9 t/m ³ Korngröße: Obergrenze 50-70 mm max. 5 Gew.-% < 5 mm Fe-Gehalt metallisch: mind. 92 % Nässe: gesonderte Vereinbarung

Neue Anforderungen an Behandlung von E-Fahrzeugen

CAR-Vo, Entwurf von Juli 2023

Art. 29 Schadstoffentfrachtung

- ▶ (4) Separation **Batterien**

Anhang VII A Lagerung und Standorte

- ▶ Bisher keine speziellen E-Fahrzeug-Anforderungen

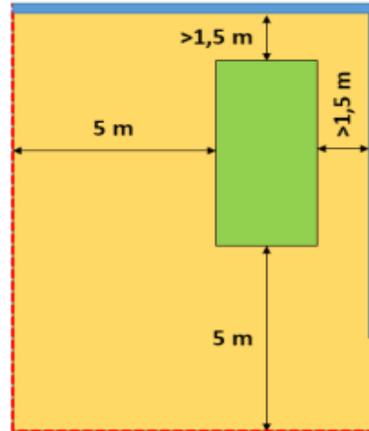
Ideen zur Ergänzung:

- ▶ Separate **Quarantäneflächen** für Elektro-Altfahrzeuge, bis Batterie entnommen.
- ▶ **Lagerung von beschädigten Elektro-Altfahrzeugen** separat, nicht gestapelt, unter freiem Himmel mit Abstand zu anderen Fahrzeugen oder brennbaren Objekten von mindestens 5 m in jede Richtung bzw. 1,5 m zu einer Feuerschutzwand.
- ▶ Angemessene Vorrichtungen, um mögliche **Feuer zu stoppen** oder an der Ausbreitung zu hindern und Feuer früh zu detektieren.

Anhang VII Trockenlegung

- ▶ Bisher keine speziellen E-Fahrzeug-Anforderungen

Ideen zur Ergänzung?



— = Brandschutzmauer bzw. adäquate Maßnahme wie z.B. geeignete Brandbegrenzungsdecke (mindestens feuerhemmend / analog F30)

Quelle: [VDA 2022](#)

Anhang VII C Demontage vor dem Schreddern

1. Batterien für Elektrofahrzeuge;
2. E-Antriebsmotoren,
19a. Inverter für Elektrofahrzeuge

Ideen zur Ergänzung

- ▶ Brennstoffzellen
- ▶ Carbonfaser-Bauteile

Art. 31 Verwertung entnommener Teile

- ▶ Anhang VII F: Batterien nach BattV entsorgen.
- ▶ NdFeB-Magneten und Kupfer aus E-Motoren entnehmen, wenn machbar, sofern nicht wiederverwendbar.
Wenn nicht recycelbar: Zwischenlagern.

Anhang VII C – Separation vor dem Schreddern

Anhang VII C der CAR-Vo gemäß
ursprünglichem Entwurf von Juli 2023

Anhang VII C Demontage vor dem
Schreddern

1. **Batterien für Elektrofahrzeuge;**
2. **E-Antriebsmotoren**, einschließlich ihrer Gehäuse und aller zugehörigen Steuereinheiten, Kabel und anderer Teile, Komponenten und Materialien
3. **Starterbatterien** gemäß der Definition in der Batterieverordnung
4. **Motoren**
5. **Katalysatoren**
6. **Getriebe**
7. Windschutzscheiben, Heck- und Seitenscheiben aus **Glas**
8. **Räder**
9. **Reifen**
10. **Armaturenbretter**
11. Unmittelbar zugängliche Teile des **Infotainmentsystems**, einschließlich Ton-, Navigations- und Multimediasteuergeräte, einschließlich Displays $> 100 \text{ cm}^2$
12. **Scheinwerfer**, einschließlich ihrer Aktuatoren
13. **Kabelbäume**
14. **Stoßfänger**
15. **Flüssigkeitsbehälter**
16. **Wärmetauscher**
17. Alle anderen **Mono-Metallteile $> 10 \text{ kg}$**
18. Alle anderen **Mono-Kunststoffteile $> 10 \text{ kg}$**
19. Elektrische und **elektronische Bauteile:**
 - a) **Inverter** für Elektrofahrzeuge
 - b) **Leiterplatten** $> 10 \text{ cm}^2$
 - c) **Photovoltaik (PV)-Module** $> 0,2 \text{ m}^2$
 - d) **Steuermodule und Ventilgehäuse** für das Automatikgetriebe.

Demontierte Teile
BMW

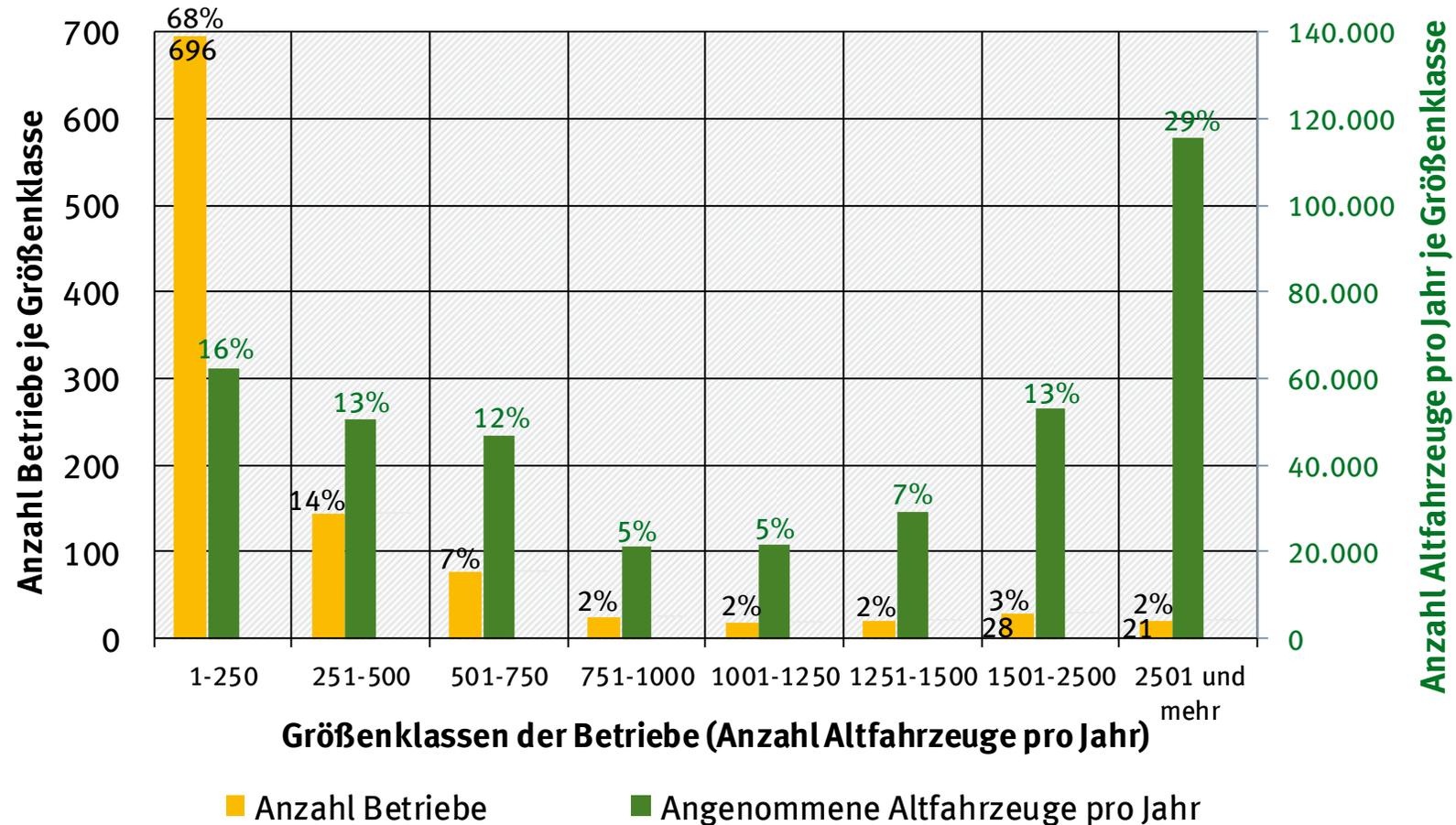


Leiterplatten



Fotos: BMW Demontagezentrum RDZ, Juni 2024

Größenklassen der Altfahrzeugverwerter in Deutschland, 2021



Altfahrzeug-Demontagebetriebe insgesamt (2021): 1030 / (2022): 991
 Angenommene Altfahrzeuge insgesamt (2021): 400.277 / (2022): 292.877

Quelle: Destatis 2023,
 Sonderauswertung

Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt
 „Altfahrzeugverwertung und Fahrzeugverbleib“.
[Diagramm zu Größenklassen der Altfahrzeugverwerter
 in Deutschland 2021](#)
 BMUV/ UBA: [Altfahrzeug-Jahresbericht für 2022](#)

IN4climate.RR: „Fahrzeugverwertungsfabrik im Rheinischen Revier“

- „IN4climate.NRW im Rheinischen Revier“ – kurz IN4climate.RR. Gefördert vom BMWK
- Projekt der Landesgesellschaft NRW.Energy4Climate und des Wuppertal Instituts.
- **Ziel**, die Transformation der Industrie im Rheinischen Revier (Kohleausstieg) zur Klimaneutralität strategisch zu flankieren und zu unterstützen.
- Teilprojekt 6: Ansiedlungspotenziale entlang der Prozess- und Wertschöpfungsketten

Entwicklung eines Geschäftsmodells für eine Fahrzeugverwertungsfabrik

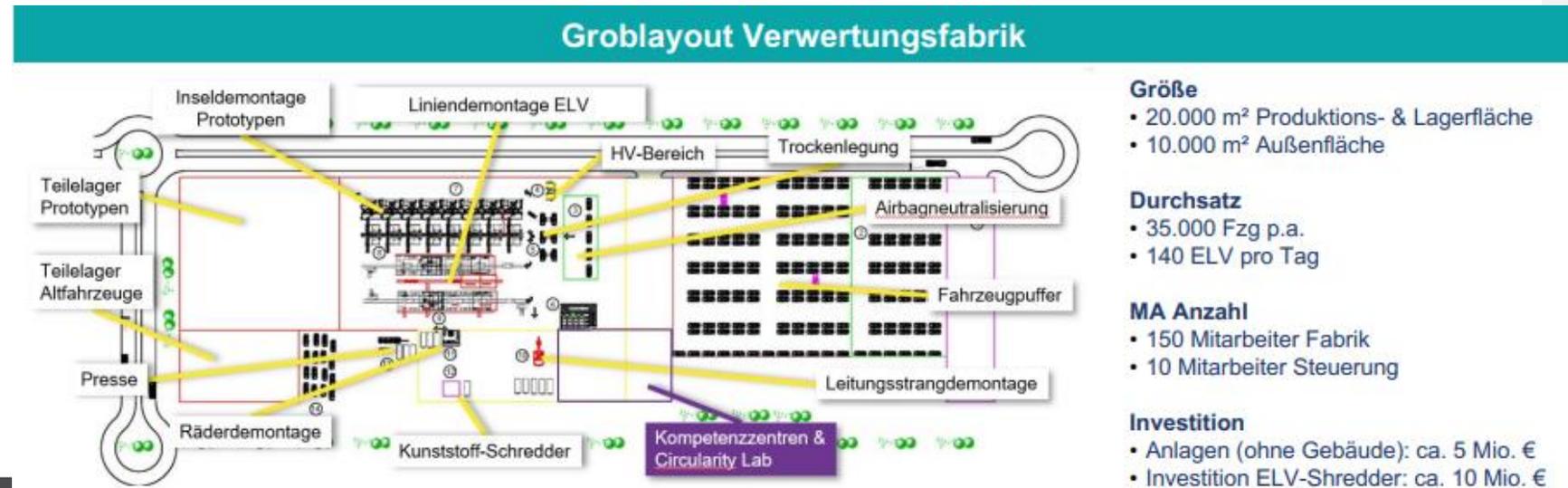
- **Altfahrzeuge in hoher Stückzahl (ca. 35.000 pro Jahr an einem Standort)**
- Weitgehend automatisierte Zerlegung, Sortierung in sortenreine Stoffströme für ein hochwertigeres Recycling von Glas, Kunststoffsorten und Metallfraktionen.
- Chancen auf neue Arbeitsplätze im Rheinischen Revier, jedoch direkte Konkurrenz zu den derzeitig ansässigen Demontagebetrieben.
- Workshop zur Konzipierung einer Fahrzeugverwertungsfabrik 5/2024

Arbeit in Fokusgruppen startet:

- Inspektion/Materialerkennung
- (Teil-)Automatisierte Demontage
- Recyclingtechnologien
- Abnehmerströme
- Kooperationen



[IN4climate.RR, Projektstand 12/2023](#), [IN4climate.RR: Die Verwertung von Altfahrzeugen](#), Juli 2023, Seite 20/21
Fahrzeugverwertungsfabrik: Kick-off Fokusgruppen 27.8.2024,
[CEWI-Präsentation Fahrzeugverwertungsfabrik 19.12.2022](#)



Abgrenzung Altfahrzeug, Restwertbörsen

Anhang I Kriterien Altfahrzeug

In der Diskussion

Teil A: Muss-Kriterien, wann Fahrzeug nicht mehr reparierbar ist

Zu prüfen von Fachmann

Zum Beispiel

- Ausgeschlachtet, nicht mehr als Fahrzeug genutzt
- Technischer Totalschaden
- Im Wasser bis über Armaturenbrett
- Ausgebrannt
- Karosserie u.ä. nicht mehr reparierbar

Anhang I Kriterien Altfahrzeug

In der Diskussion

Teil B: Indikatoren (Kann): Im Einzelfall prüfen, ob Abfall

Zum Beispiel

- TÜV seit 2 Jahren abgelaufen, seit 2 Jahren nicht mehr versichert
- Ökonomischer Totalschaden
- Im Wasser unterhalb Armaturenbrett, aber Motor oder elektronisches System beschädigt
- Reparaturkosten bis zur Verkehrstauglichkeit > Zeitwert
- Flüssigkeiten tropfen heraus

Artikel 37

Nachweisen bei Eigentümerwechsel, dass kein Altfahrzeug

In der Diskussion

- Im Falle eines Unfallfahrzeugs muss der Versicherer prüfen, ob Altfahrzeug

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Regina Kohlmeyer

regina.kohlmeyer@uba.de

Umweltbundesamt

Fachgebiet III 1.2

Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib>



**Jahre
Umweltbundesamt
1974–2024**