

Altfahrzeugrecycling – eine aktuelle Übersicht



Prof. Dr.-Ing. Burkhard Berninger, OTH Amberg-Weiden

DGAW-Regionalveranstaltung

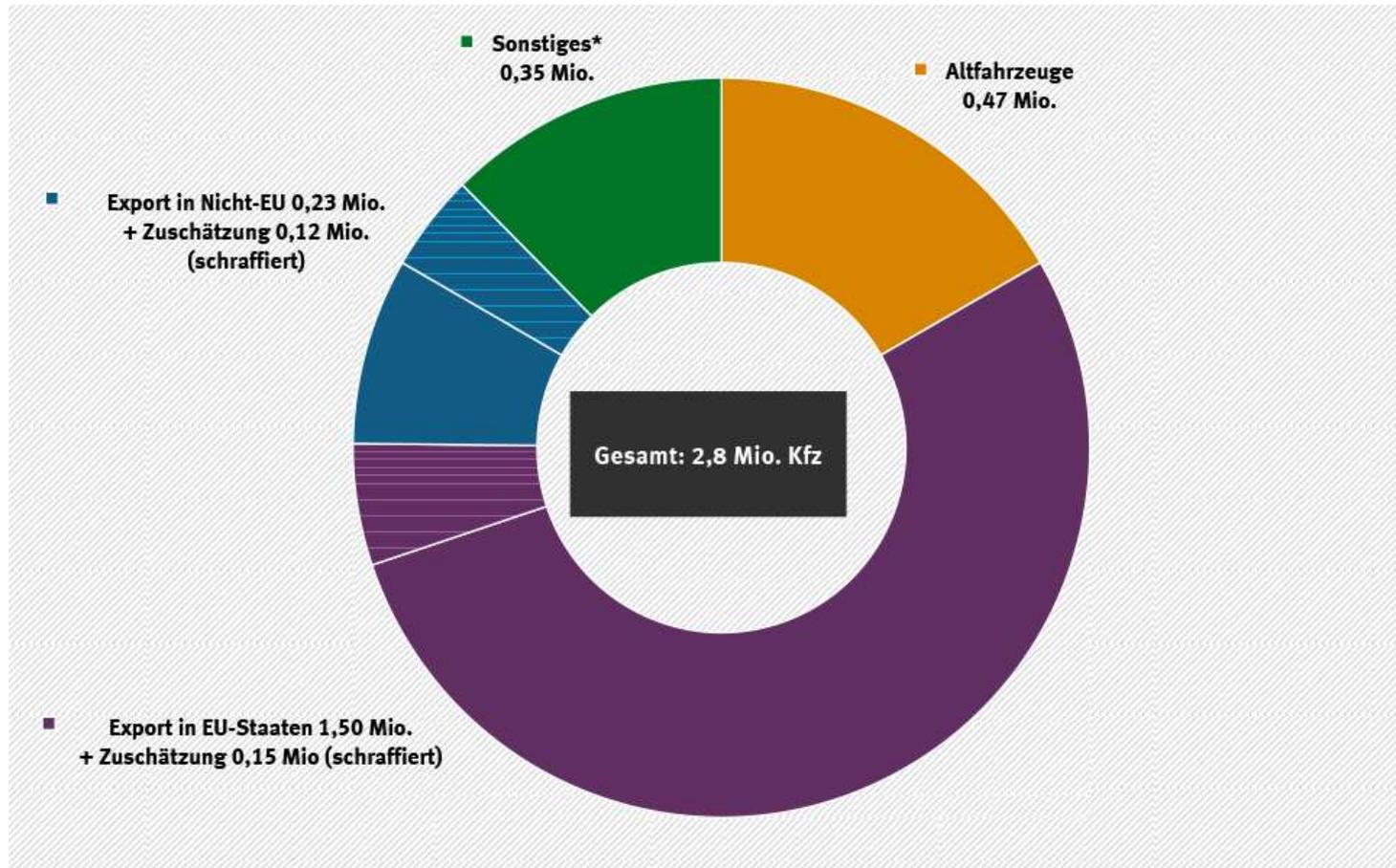
Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT,

Sulzbach-Rosenberg

15. November 2018

31/08/2007

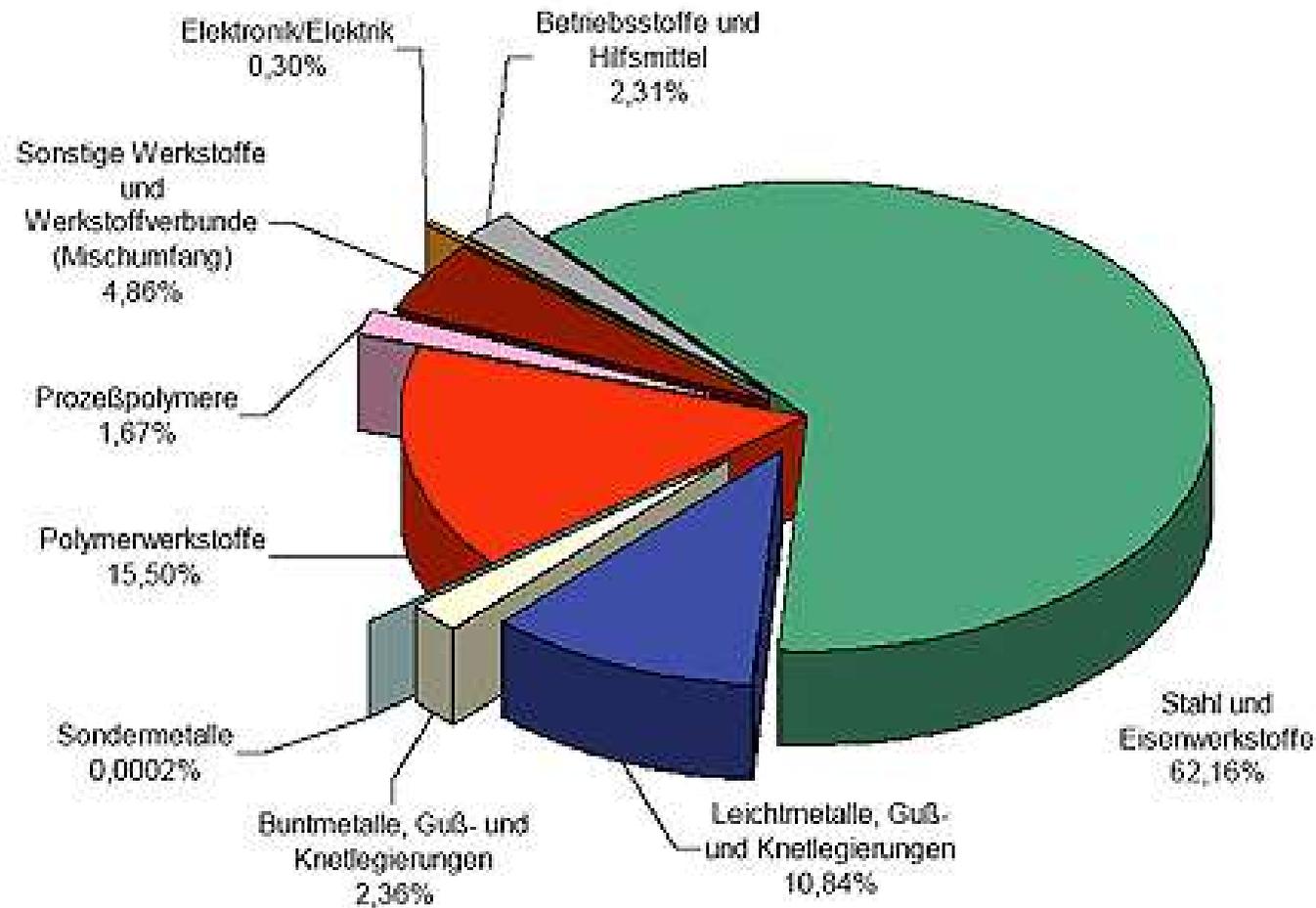
Verbleib endgültig stillgelegter Pkw in Deutschland 2015



* statistisch nicht belegt

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt, Arbeitsstatistik zu Mengenangaben über Wiederanmeldungen von Gebrauchtfahrzeugen im Ausland. Persönliche Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes vom 02.05.2016; Außerbetriebsetzungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern in den Jahren 2007 bis 2016 nach Fahrzeugklassen; Außerbetriebsetzungen von Lkw in den Jahren 2006 bis 2015 nach zulässiger Gesamtmasse. Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik 2015, 8-Steller, Gebrauchtfahrzeugexport aus Deutschland (11 Warennummern); Tabelle 14 der Erhebung über die Abfallentsorgung im Jahr 2015, Wiesbaden, 2017.

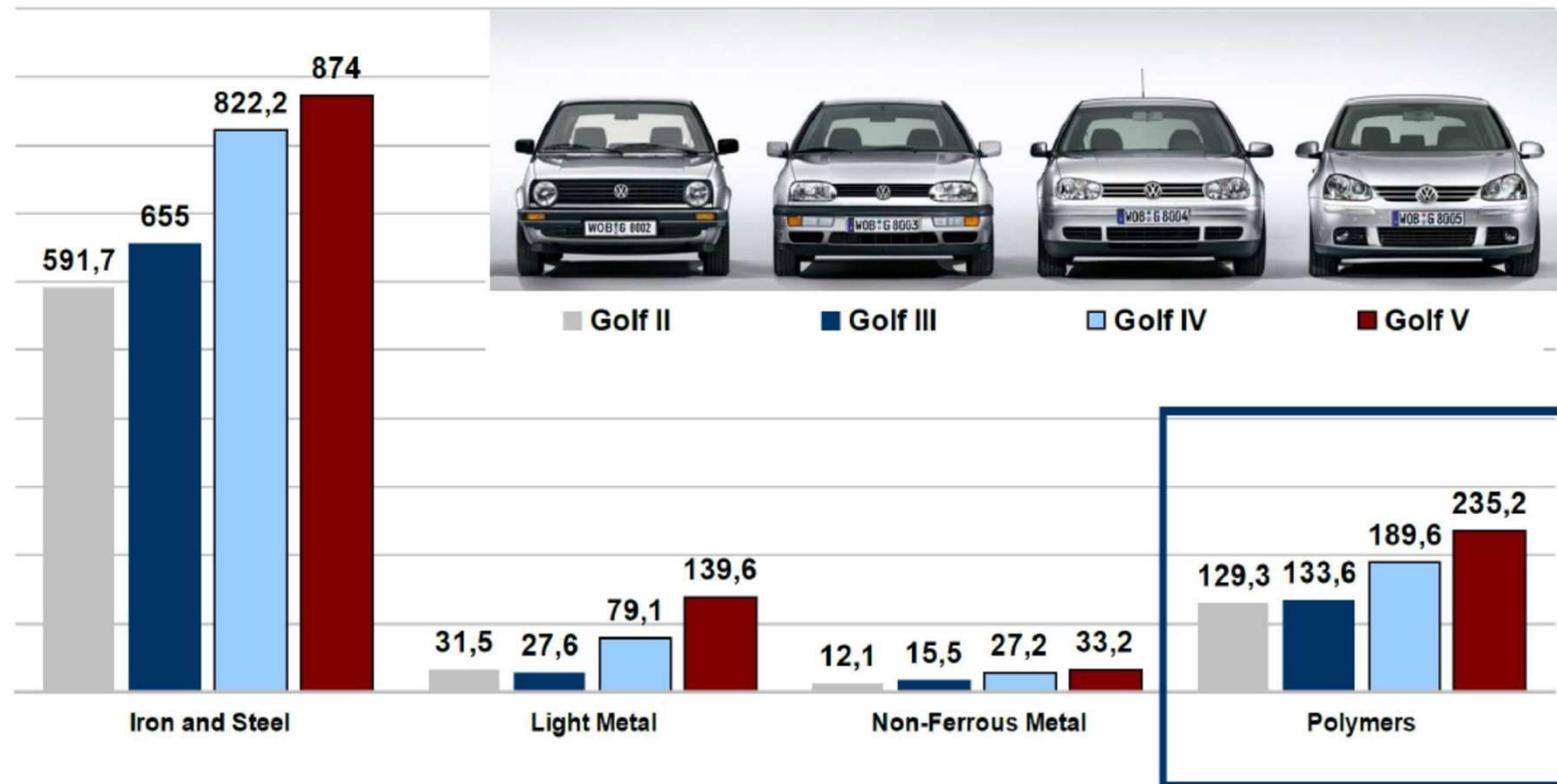
Beispiel: Werkstoffverteilung im Golf V



Kunststoffanteile in den letzten 30 Jahren (Beispiel Golf)



kg/Auto



Quelle: Volkswagen

Betriebsflüssigkeiten in Alt-Pkw

Betriebsflüssigkeiten	Menge [l]	Entsorgungswege
Kraftstoffe	2-10	chemische Industrie Thermische Verwertung Eigenverbrauch
Bremsflüssigkeit	0,5 - 1	Wiederaufarbeitung (Sonderabfallverbrennung)
Kühlerflüssigkeit	5 - 7	chemisch-physikalische Behandlung Konzentration Eigenverbrauch
Motoröl	2-4	Altölraffination Thermische Verwertung Sonderabfallverbrennung
Getriebeöl	2	
Weitere Öle (Differential, Stoßdämpfer,...)	1	
Scheibenwaschwasser	1-3	Redestillation der Alkohole Eigenverbrauch
Kältemittel	0-3	Rücknahme durch Lieferanten
Schmierfette	1	(Thermische Verwertung); in der Regel keine Entnahme
Summe	14,5 - 32	

Quelle: eigene Daten aus der
Zertifizierung von
Demontagebetrieben

Rechtliche Grundlagen

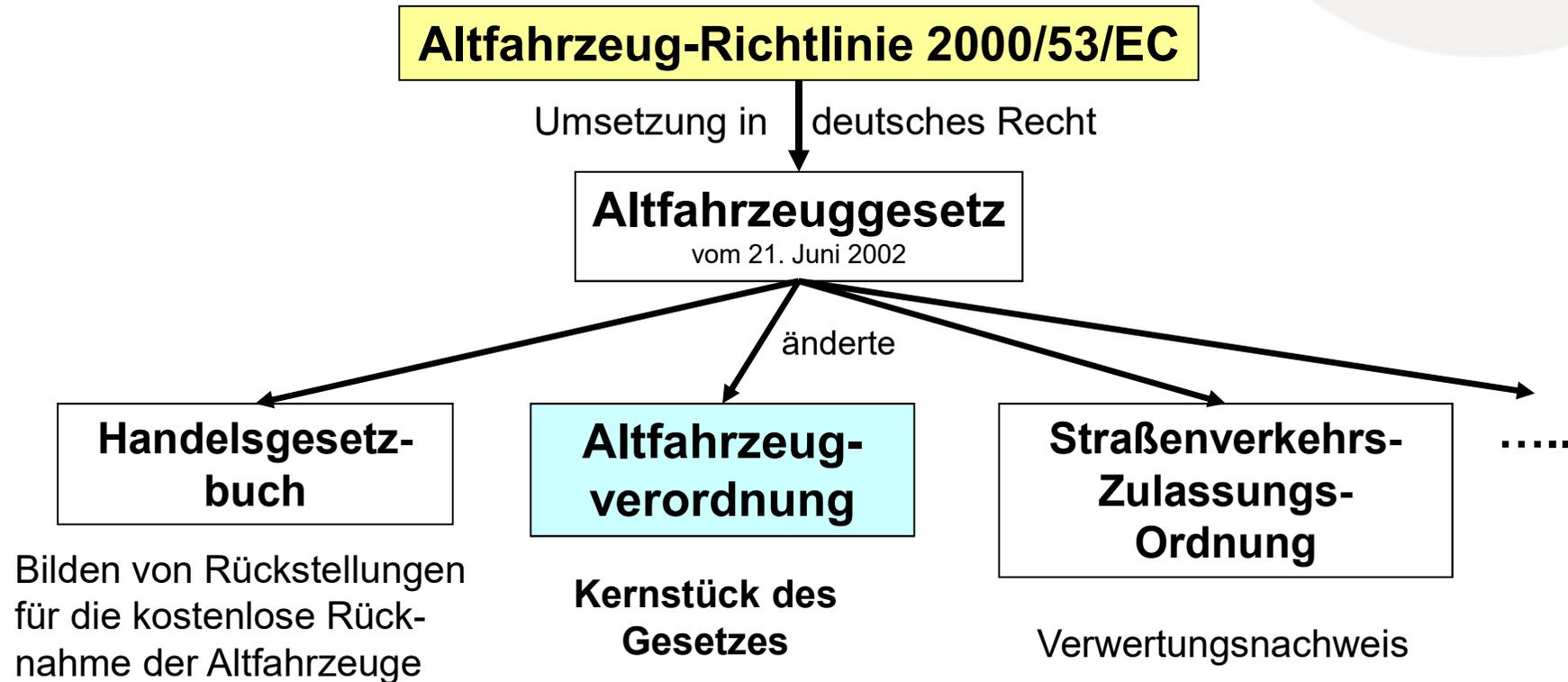
Freiwillige Selbstverpflichtung (FSV) der Automobilindustrie :

- Recyclinggerechte Konstruktion der Pkw
- Umweltverträgliche Behandlung der Altfahrzeuge
- Entwicklung, Aufbau und Optimierung von Stoffkreisläufen und Verwertungswegen
- Kostenlose Rücknahme des Pkw unter bestimmten Randbedingungen

Altautoverordnung 1.4.1998 / seit 1.7.2002 Altfahrzeugverordnung

- Schriftlicher Verwertungsnachweis für die Verschrottung
- Technische und bauliche Anforderungen an Annahmestellen, Demontagebetriebe und Shredder (Trockenlegung, Teileausbau)
- organisatorische Anforderungen an Annahmestellen, Demontagebetriebe und Shredder (u.a. Dokumentationspflichten)
- Pflicht zur Zertifizierung aller Annahmestellen, Demontagebetriebe und Shredder durch externe Sachverständige
- kostenlose Rücknahme durch Hersteller
- Verwertungsquoten
- Ausbaupflichten

Rechtlicher Rahmen der Altfahrzeugverwertung



Vollzug durch die Bundesländer und ihre Überwachungsbehörden, z.B.

- Genehmigungen für Behandlungsanlagen,
- Überwachung der Anlagen.

Anerkennung von Betrieben nach AltfahrzeugV



- Anerkannt werden können:
 - Annahmestellen / Rücknahmestellen
 - Demontagebetriebe
 - Schredderanlagen und
 - sonstige Anlagen zur weiteren Behandlung
- Formale Anerkennung für Demontagebetriebe
 - Bescheinigung nach § 5 Abs. 3 AltfahrzeugV
 - ⇒ Sachverständiger nach § 6 AltfahrzeugV
 - Öffentlich bestellt nach § 36 GewO
 - Umweltgutachter gemäß Umweltauditgesetz mit Branchenzulassung für „Rückgewinnung“
 - Entsorgungsfachbetrieb

Anforderungen an Demontagebetriebe



Detaillierte Anforderungen in Anhang 3 zur AltfahrzeugV:

- Genehmigungen
- Platzgröße und -aufteilung
- Entnahme und ordnungsgemäße Lagerung von Betriebsflüssigkeiten, Batterien, etc.
- Bauliche Gestaltung von Bodenflächen
- Ausbaupflichten für bestimmte Teile
- Verwertungsquoten
- Dokumentation (Betriebstagebuch, Betriebshandbuch)
- Einhaltung weiterer Umweltvorschriften (Abfallrecht, Gewässerschutzrecht, Immissionsschutzrecht,...)

Ausbaupflichten nach AltfahrzeugV



Schadstoffcharakter:

- Latentwärmespeicher
- Stoßdämpfer, wenn nicht trockengelegt
- asbesthaltige Bauteile,
- quecksilberhaltige Bauteile soweit durchführbar
- bestimmte als schadstoffhaltig gekennzeichnete Bauteile und Werkstoffe
- kraftfahrzeugfremde Stoffe.

Wiederverwendung / stoffliche Verwertung:

- Katalysatoren
- Auswuchtgewichte
- Aluminiumfelgen,
- Front-, Heck-, Seitenscheiben und Glasdächer
- Reifen

- große Kunststoffbauteile
- kupfer-, aluminium- und magnesiumhaltige Teile

Ausnahme: Rückgewinnung im Schredder zur stofflichen Verwertung möglich

Verwertungsquoten nach AltfahrzeugV



Bezugsgröße: Durchschnittliches Fahrzeugleergewicht pro Jahr

Demontagebetriebe

Seit 1.1.2015

- Wiederverwendung / Verwertung ≥ 95 Gew.%
- Wiederverwendung / **stoffliche** Verwertung ≥ 85 Gew.%

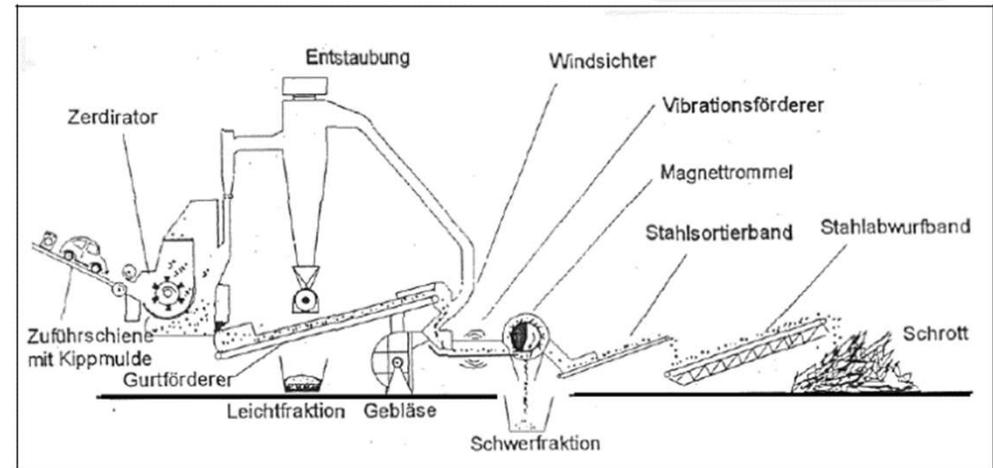
Schredder

- vom nichtmetallischen Anteil der Schredderrückstände
- seit 1. 1.2015 5% stoffliche Verwertung und weitere 10% Verwertung

Anforderungen an Schredderanlagen

AltfahrzeugV, Anhang, Nr. 4

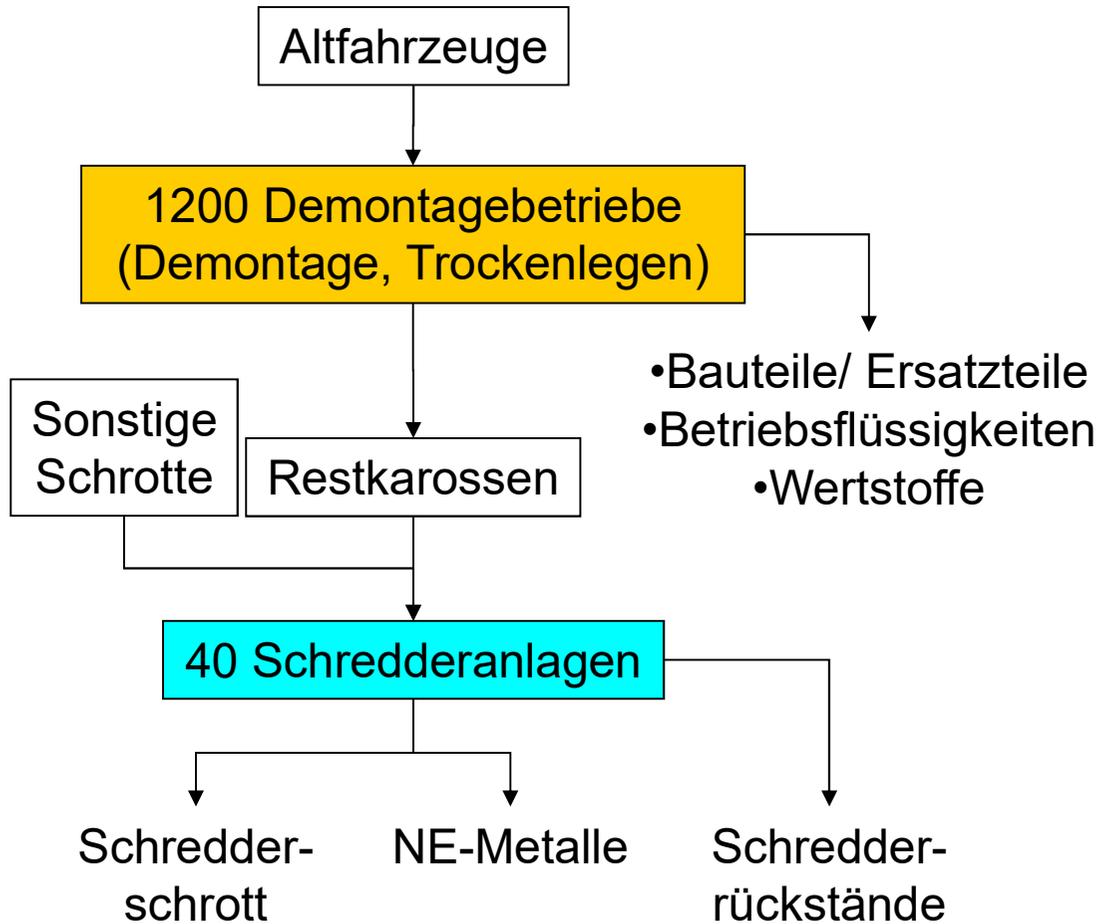
- Allgemeine Anforderungen
- Betriebliche Verwertungsquoten
- Dokumentation



Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG

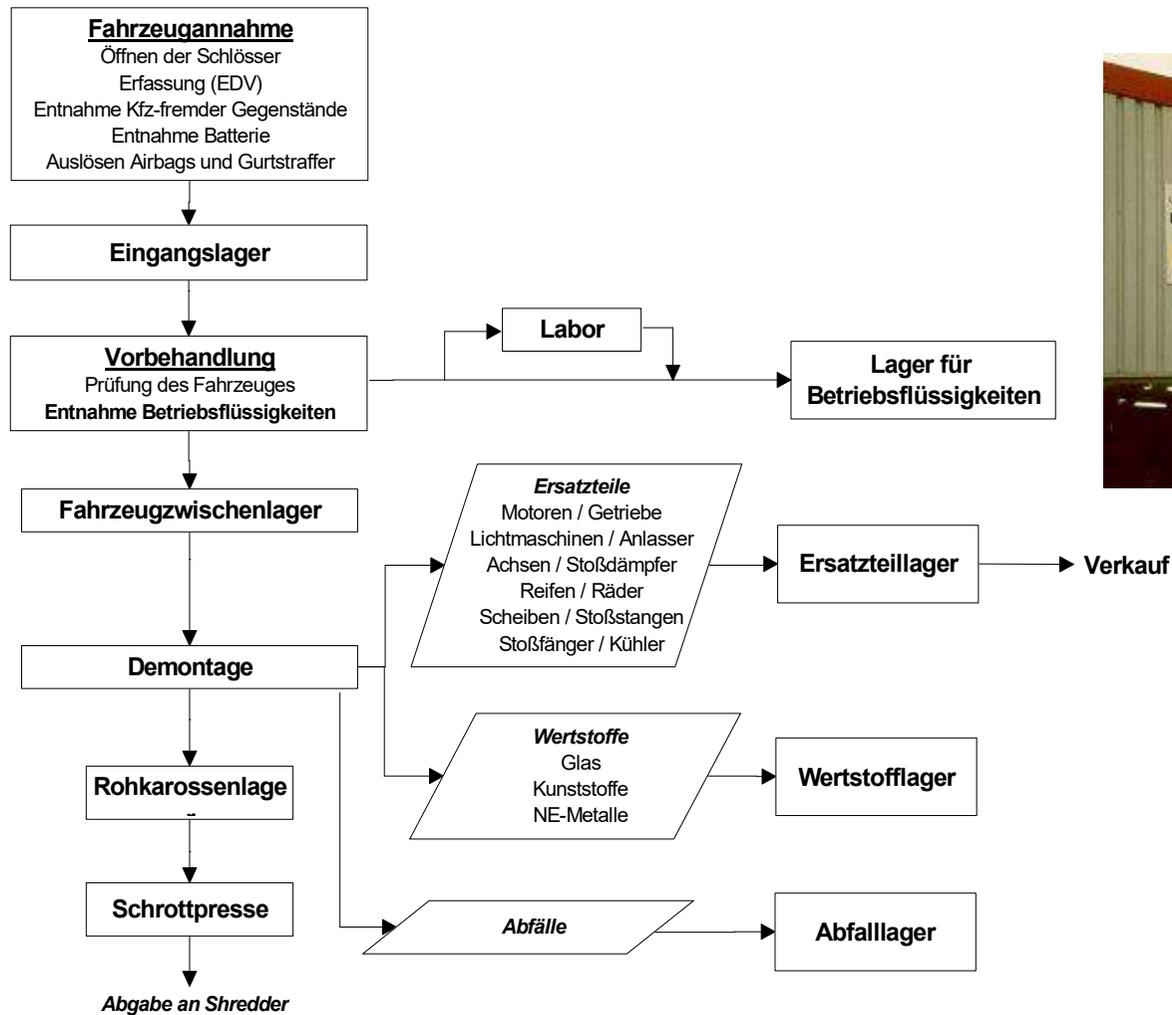
- Genehmigung, Betrieb nach “Stand der Technik”
- TA Luft: Emissionswerte für z.B. Staub, organische Emissionen
- Ausblick EU: Revision der IVU-Richtlinie (IPPC-Directive) 2008/1/EG
 - EU-weite Genehmigungspflicht für Schredderanlagen.
 - BVT-Merkblatt (BREF Document)

Demontage und Verwertung von Altfahrzeugen in Deutschland



Bildquelle: <http://www.preuer.de/de/zerkleinerung-von-karossern-jegleicher-art-2.html>

Betriebsablauf eines Altfahrzeugdemontagebetriebes



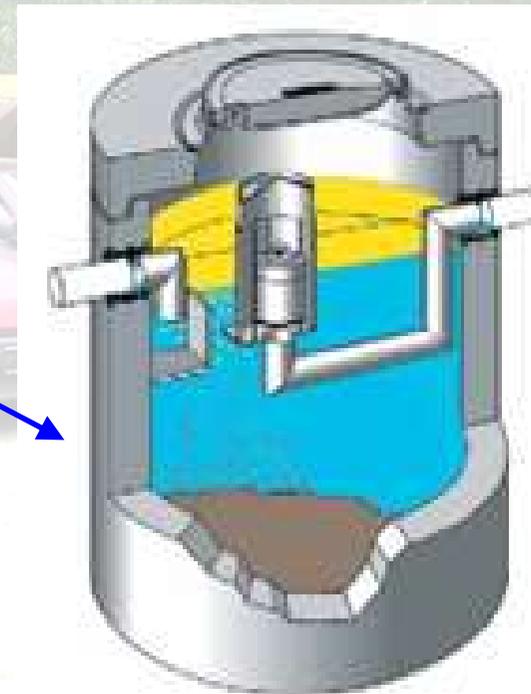
Annahmefläche / Eingangslager



Annahmefläche / Eingangslager

Anforderungen

- Mineralölundurchlässige und säurebeständige Flächen
- Überdachung / Einhausung oder
- Anschluß an Leichtstoffabscheider
- Bindemittel für austretende Flüssigkeiten
- Keine unbehandelten Fahrzeuge außerhalb der Fläche



Sprengung

Vorbehandlung (Trockenlegung)

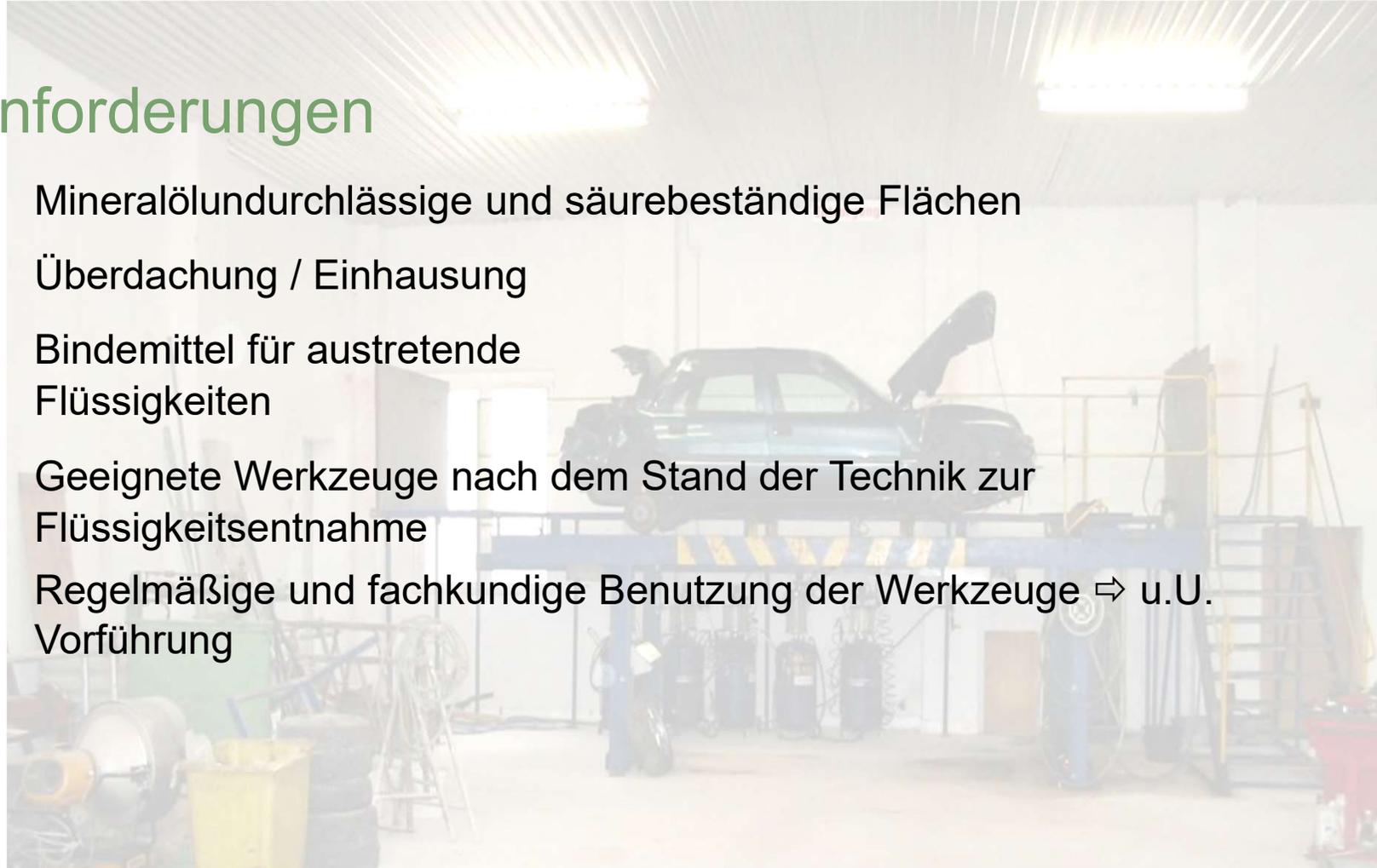
häufig gemeinsam
mit nachfolgender
Demontage



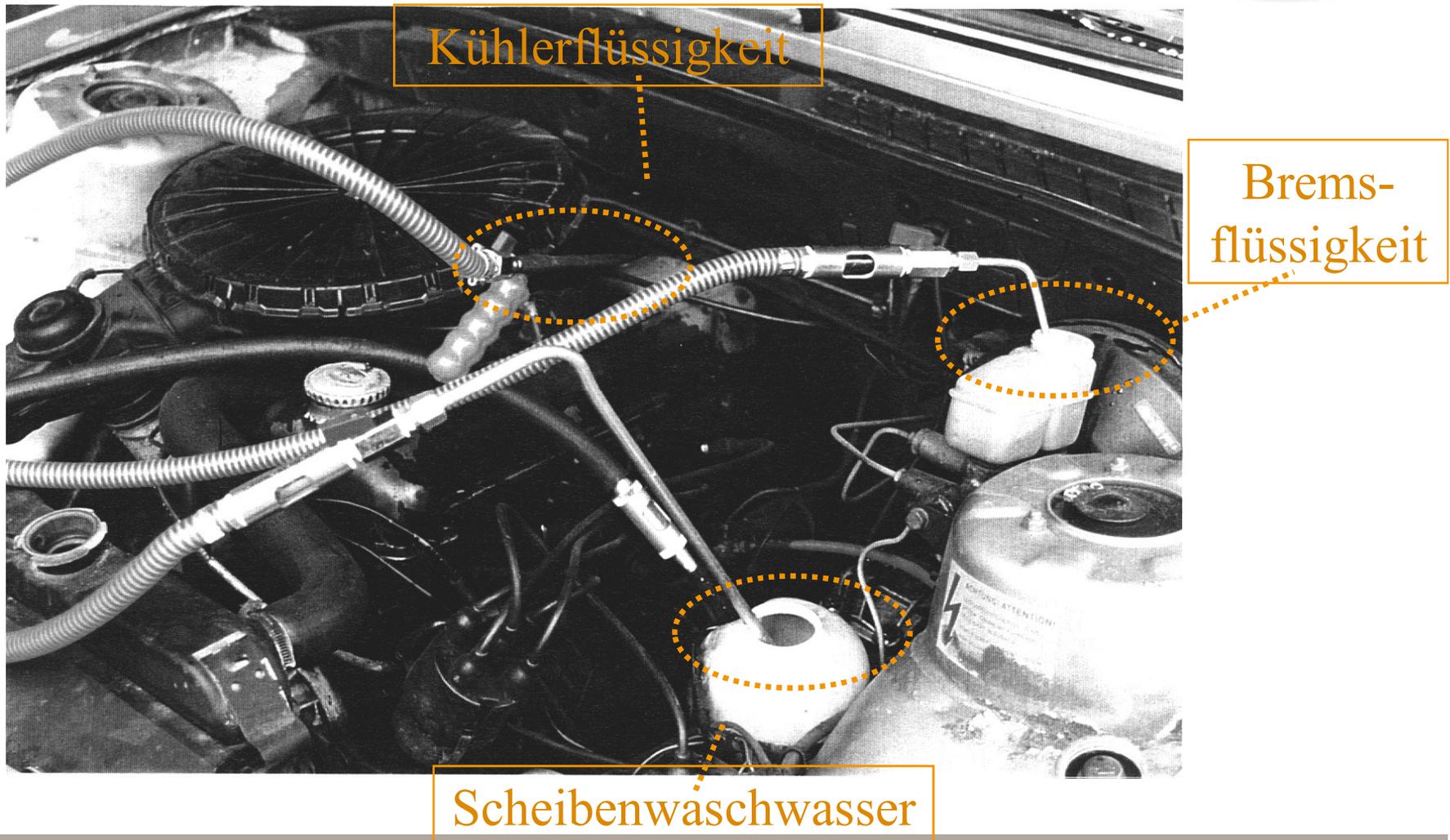
Vorbehandlung / Trockenlegung

Anforderungen

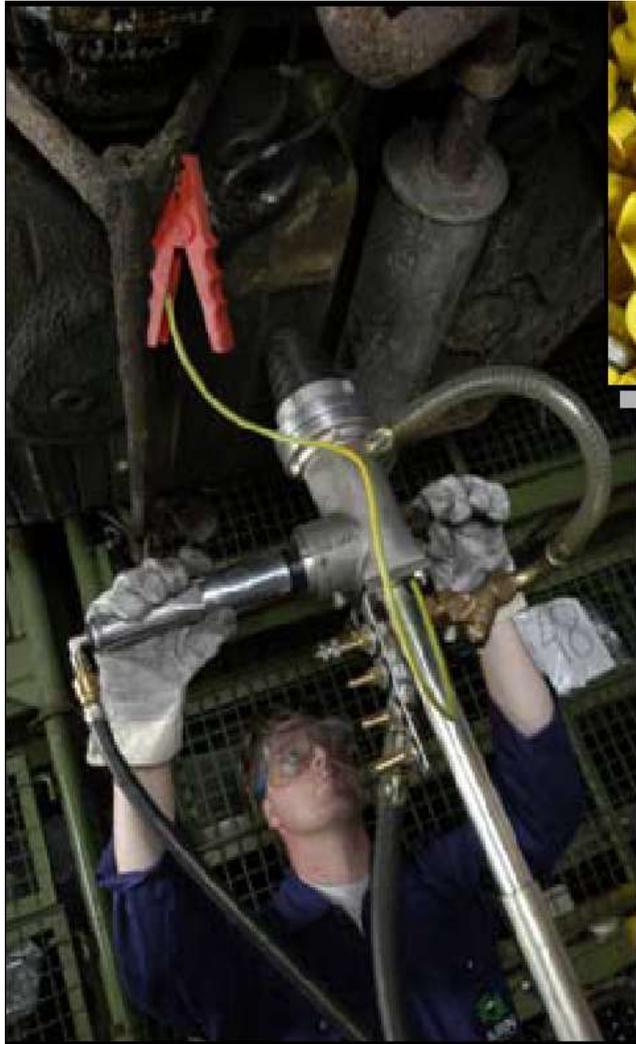
- Mineralölundurchlässige und säurebeständige Flächen
- Überdachung / Einhausung
- Bindemittel für austretende Flüssigkeiten
- Geeignete Werkzeuge nach dem Stand der Technik zur Flüssigkeitsentnahme
- Regelmäßige und fachkundige Benutzung der Werkzeuge ⇨ u.U. Vorführung



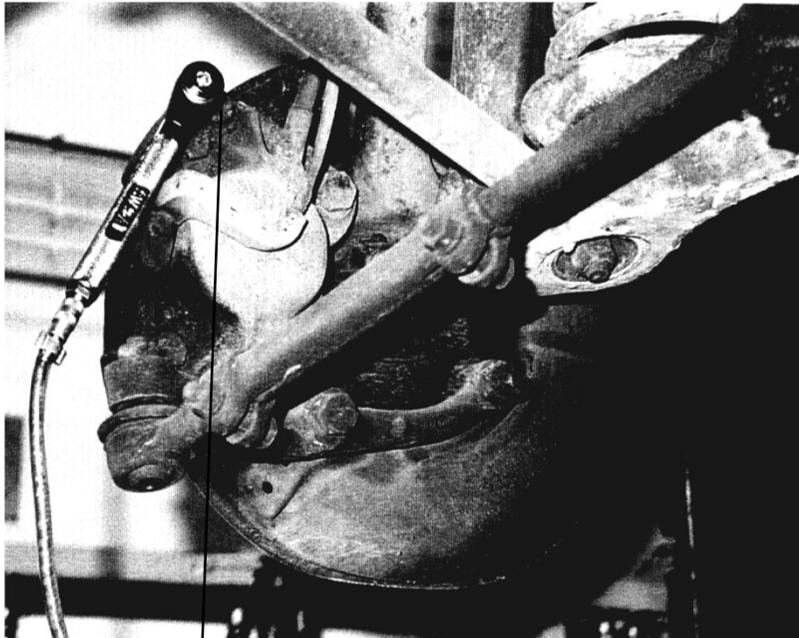
Entnahme von Betriebsflüssigkeiten im Motorraum



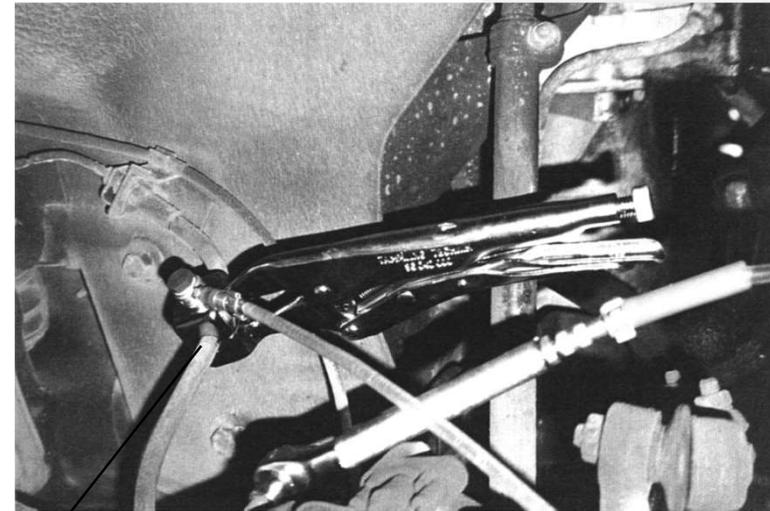
Entnahme von Kraftstoff



Entnahme von Bremsflüssigkeit



Entlüftungsnippel
am Rad



Bremsleitung
(Unterboden)



Vorratsbehälter
(Motorraum)

Entnahme von Stoßdämpferöl



2. Fachgespräch AltfahrzeugV: Empfehlungen für Sachverständige/ Regina Kohlmeier, UBA Berlin 15. Februar 2018

Demontage



EDV-System IDIS (Internationales Demontage Informations-System)



DAIMLERCHRYSLER



VOLKSWAGEN AG



TOYOTA

Land Rover Discovery Alle Jan 1994 - Sept 1998

AREA: Instrumententafel

COMPONENTS

- 3.1 Kombiinstrument-Gehäuse
- 3.2 Kombiinstrument-Schaltbe
- 3.3 Lenksäulenverkleidung
- 3.4 Frischluftdüse
- 3.5 Aschenbecher-Gehäuse
- 3.6 Instrumententafel Verkleidung
- 3.7 Luftkanal
- 3.8 Luftkanal
- 3.9 Luftkanal
- 3.10 Mittelkonsole-Deckel
- 3.11 Schaltergehäuse
- 3.12 Frischluftdüse
- 3.13 Mittelkonsole
- 3.14 Aschenbecher-Gehäuse

3.4 Frischluftdüse

Allgemeine Informationen

Ausführung	Alle
Familie	Sonstige
Werkstoffe	PPE+PS
Stückzahl	2
Gewicht	30 g
Kennzeichnung	
Position	

Werkzeuge

- Hebel

Verbindungselemente

Methode

- Abnehmen

Kommentar

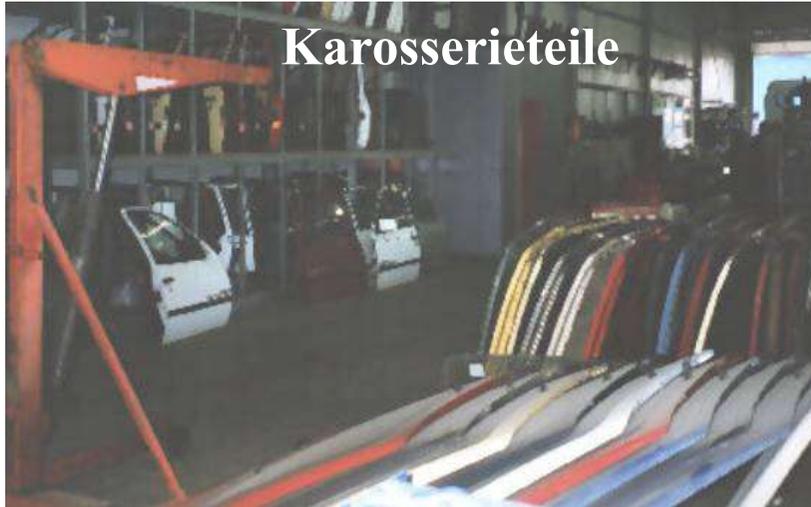
Ausbau der Kunststoffteile im Demontagebetrieb



- Gesetzliche Forderung der AltfahrzeugV !
- Ausbau technisch unproblematisch
- **Problembereiche:**
- Wirtschaftlichkeit: Demontageaufwand 5 - 14 €/Kfz ¹
kein / geringer Materialerlös ¹
- Sortenvielfalt / Erkennbarkeit
- Getrenntlagerung ⇒ Logistischer Aufwand
- Absatz nur begrenzt unter eng definierten Bedingungen möglich
- Kühlergrill, Stoßfänger und Radkappen:
 $\Sigma = 10-12 \text{ kg/Pkw (ca. 1-2 \% des Leergewichts) } ^1$
- Rücklauf von Kunststoffen aus Werkstätten mit definierter Qualität

¹ Quelle: Verwertungspotenzial für Kunststoffe aus Altfahrzeugen,
Gutachten des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie Pfinztal im Auftrag des Umweltbundesamtes 2003

Ersatzteillager



Ersatzteillager



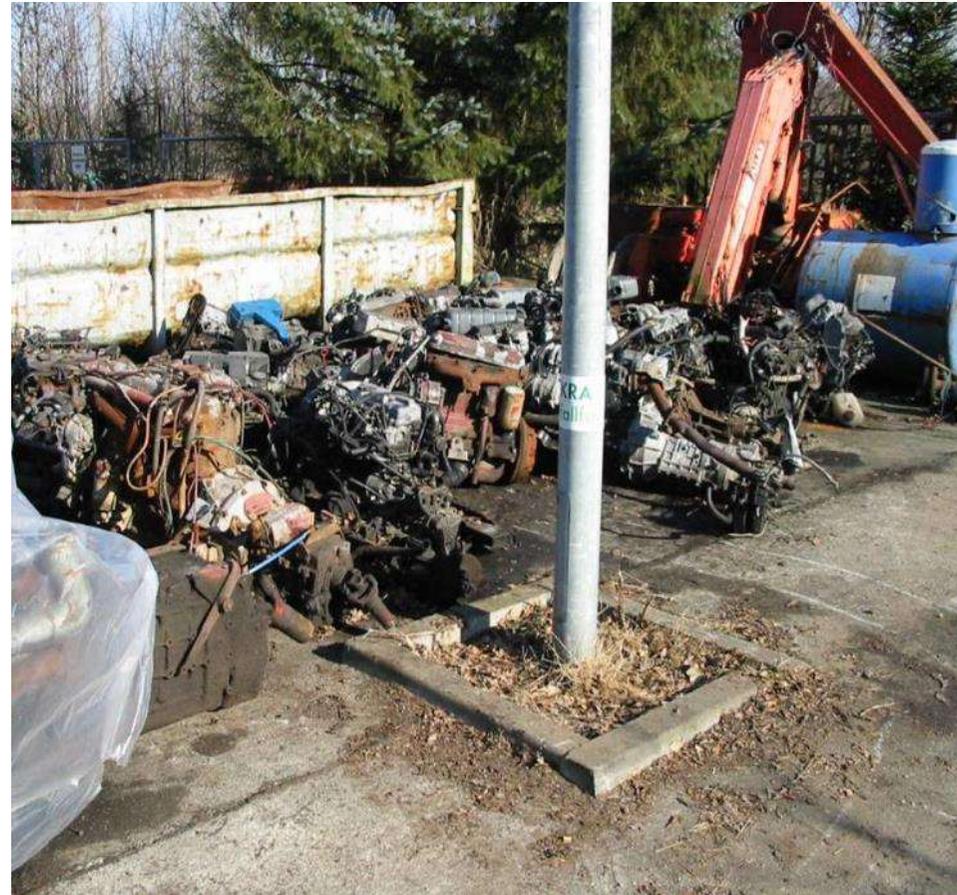
Altfahrzeugrecycling – eine aktuelle Übersicht
DGAW-Regionalveranstaltung

Prof. Dr.-Ing. Burkhard Berninger
Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Ersatzteillager



Ersatzteillager



Abfallagerung

Anforderungen

- Ausreichende Lagerkapazitäten
 - ⇒ feste Abfälle
 - ⇒ Betriebsflüssigkeiten
- Geeignete vorschriftenkonforme Lagerung von Betriebsflüssigkeiten
 - ⇒ VAwS, BetrSichV (brennbare Flüssigkeiten),..
- Behälterbeschriftung
- Geeignete Batteriecontainer
- Regelmäßige Containerprüfung

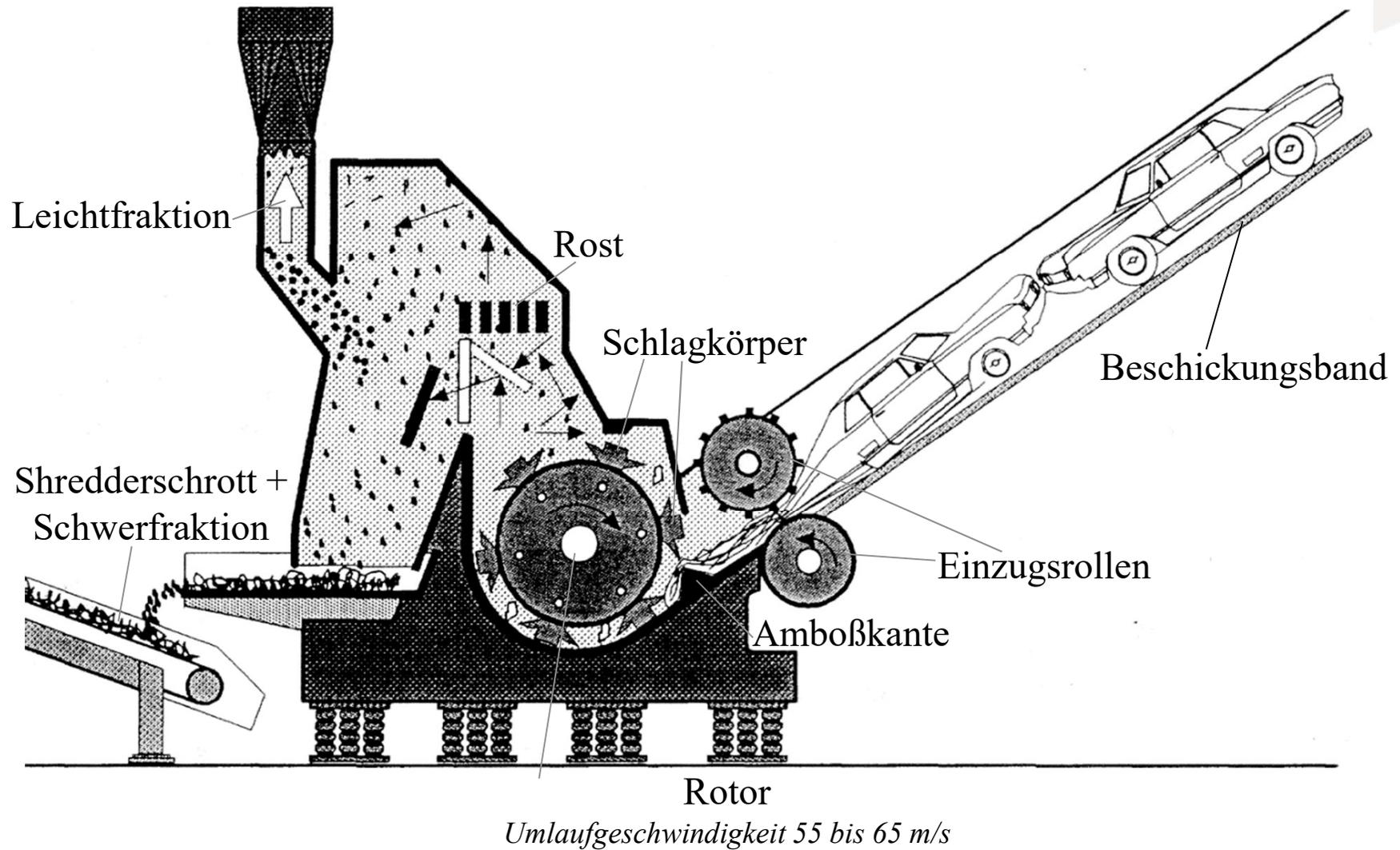
Flüssigkeitslager



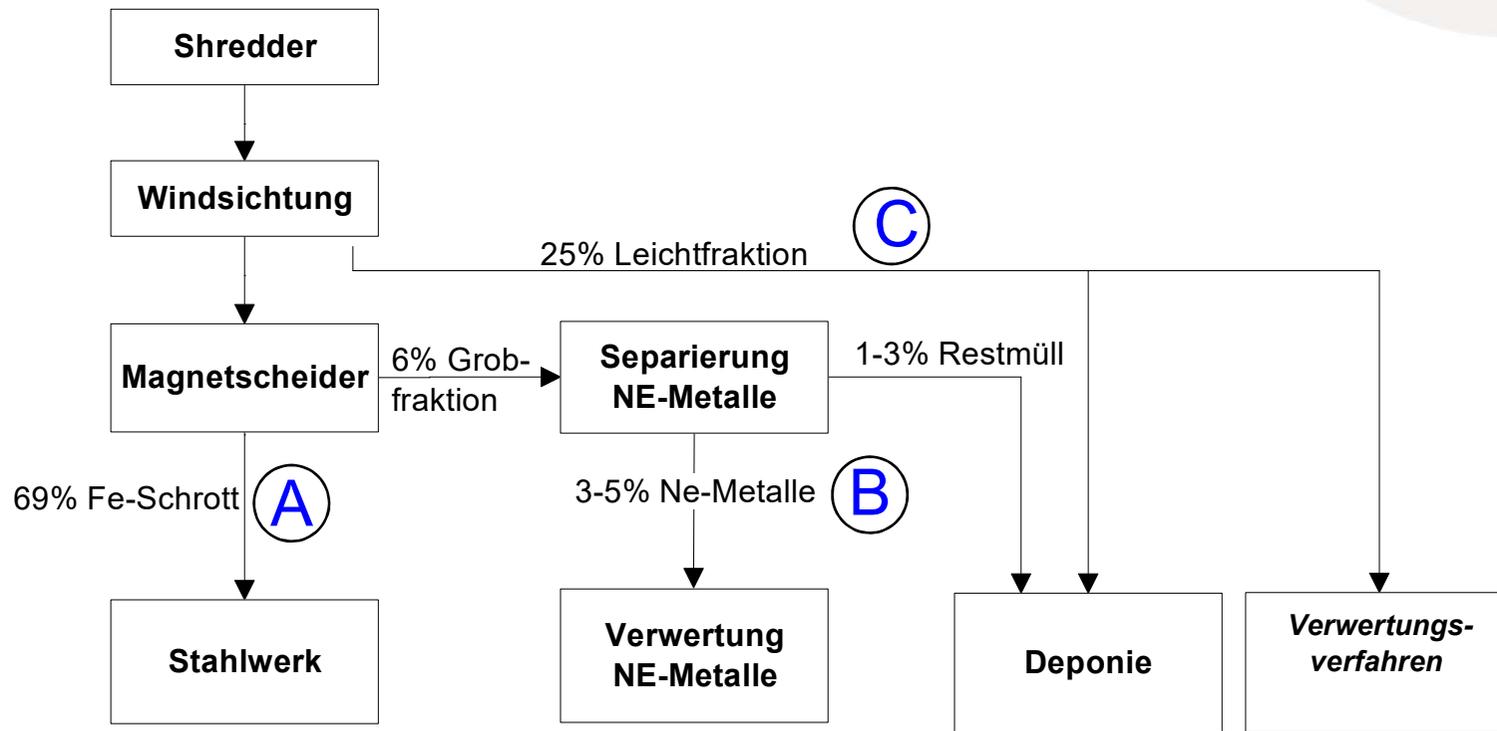
Restkarossenlager



Shreddern der Restkarossen



Materialfluß im Shredder



%-Werte bezogen auf Inputmasse der Karosse

Erzielbare Qualität Shredderstahl

Shredderstahlschrott,

frei von Stahlschrott aus der Müllverbrennung
oder –separation Schüttgewicht (i.tr.): mind.
 $1,1 \text{ t/m}^3$

Fe-Gehalt metallisch:
mind. 92%



BDSV

Bundesvereinigung Deutscher
Stahlrecycling- und
Entsorgungsunternehmen e.V.

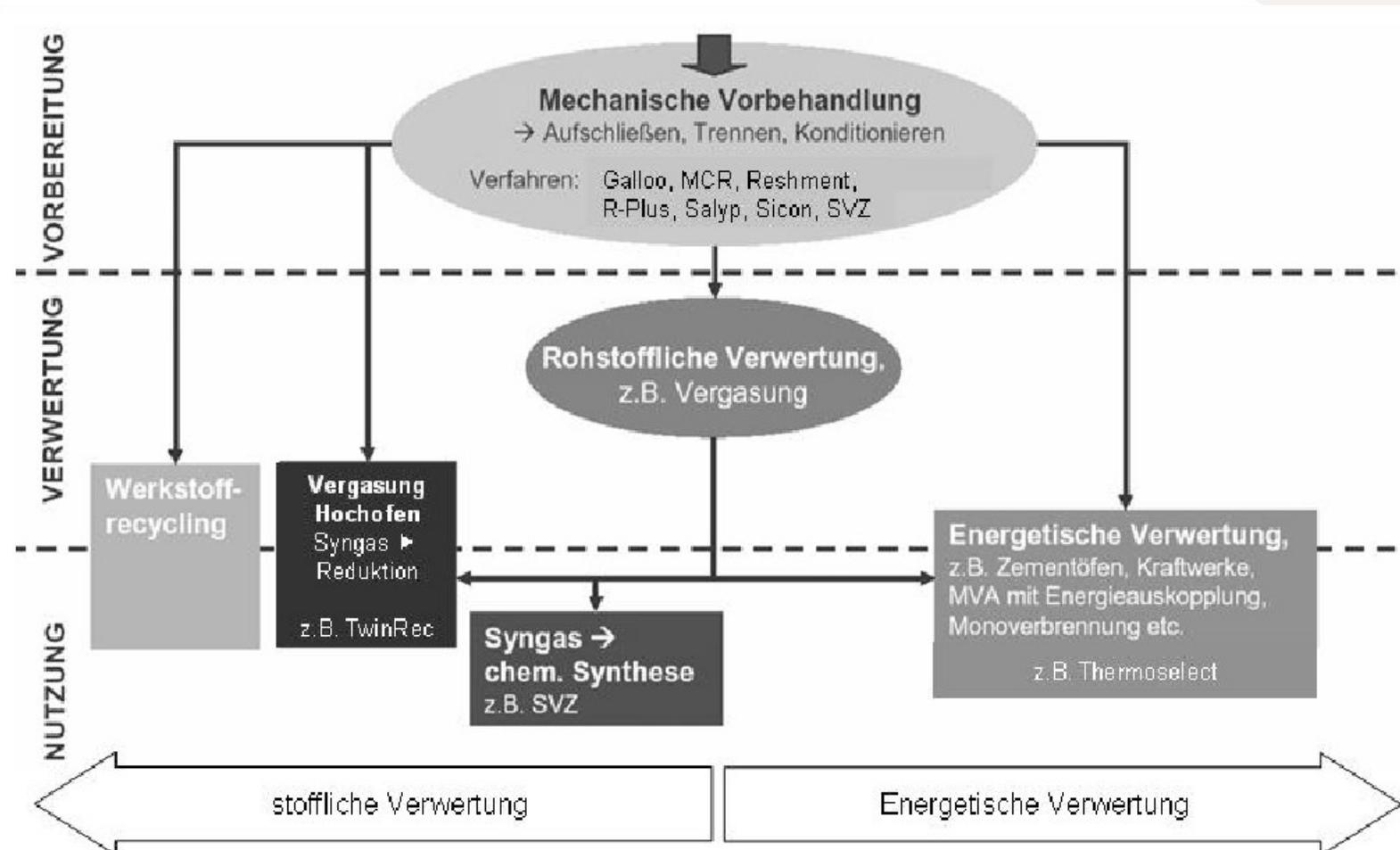
STAHLSCHROTTSORTENLISTE

Kunststoffreiche Siebfractionen aus der Schredderleichtfraktion



Stofflich verwertbar?

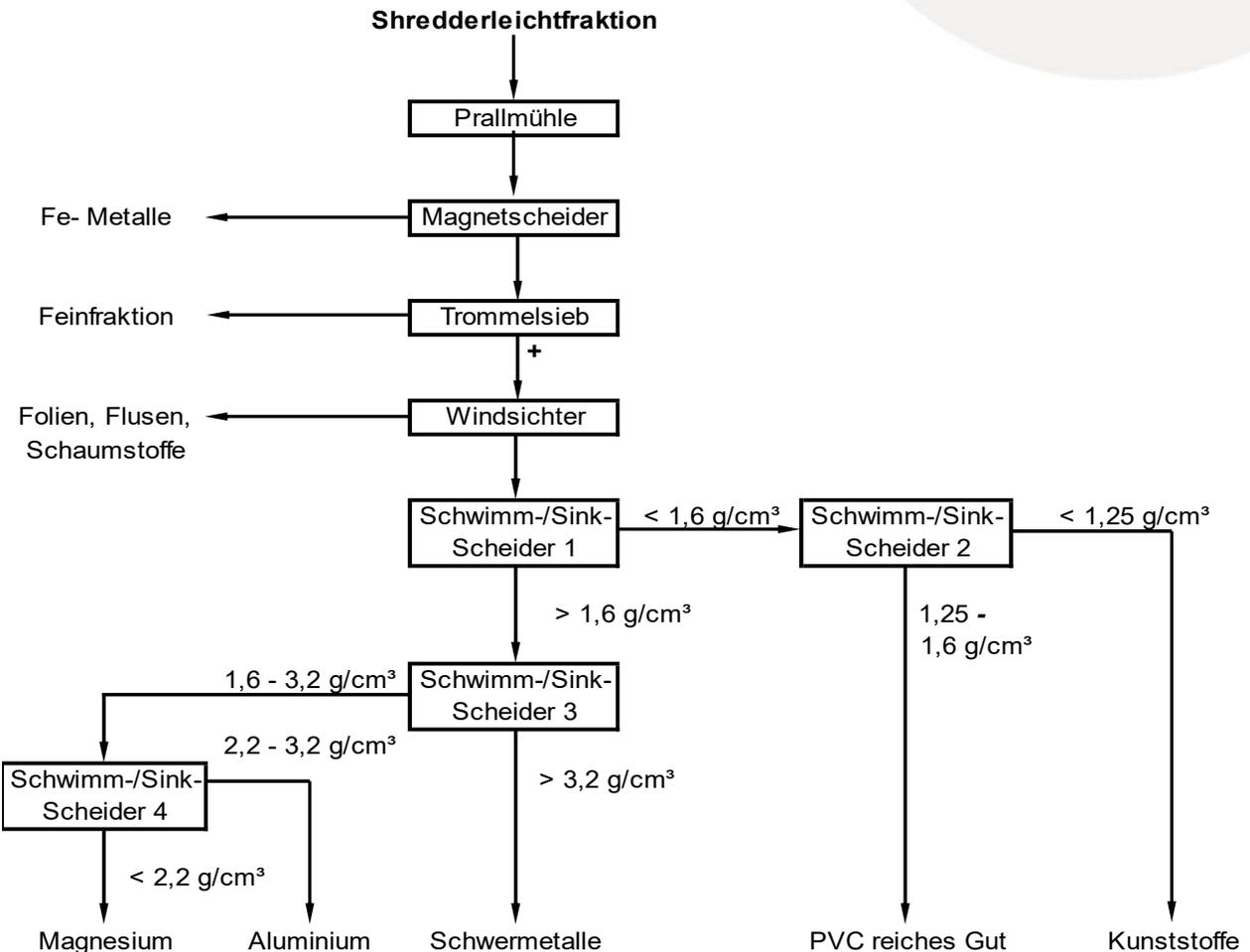
Systematik der wesentlichen SLF-Aufbereitungsverfahren



Quelle: Deppert, K.: Schredderleichtfraktion – Stoffströme und Verwertung in Bayern; Ergebnisse einer Studie im Auftrag des LFU, Vortrag im Landesamt für Umwelt Augsburg 17.10.2005

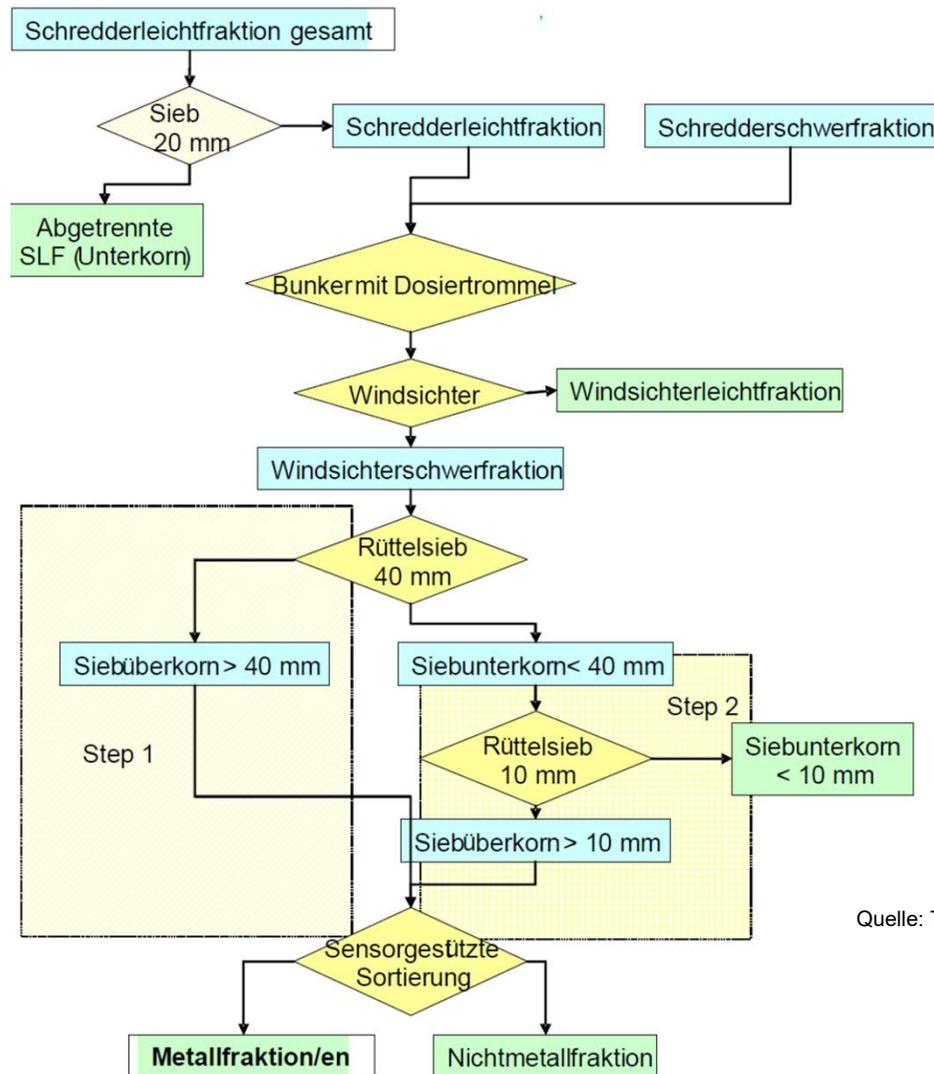
Beispiel Werkstoffliche Verwertung: SRTL-Verfahren Fa. Galloo SA Belgien

- Polyolefin-Fraktion
(Schwimm-
Sinktrennung)
- Vermischung mit
Getränkeflaschen-
deckeln und
Batteriekästen
- Herstellung von
Radkästen
(Renault)



Quellen: 5. Internationaler Automobil-Recycling-Kongreß Amsterdam, März 2005
 Julius, J.: Bestandsaufnahme zur Aufbereitung und Verwertung der Shredderleichtfraktion; Lehrstuhl für Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe
 der RWTH Aachen im Auftrag der ARGE CarNet, April 2005

Beispiel mechanische Aufbereitung SLF: Anlage Lübecker Schrotthandel



Quelle: Tabel, Leistner, Holm: BMU-Umweltinnovationsprogramm – Abschlussbericht zum Vorhaben „Einsatz einer Kompaktsortieranlage zur Metallausschleusung bei Schredderleichtfraktionen, Aktenzeichen: MBe1-001648, Lübeck, 31.5.2011

Stand des Kunststoffrecyclings aus Altfahrzeugen



- Kunststoffe aus Altautos können eine Rohstoffquelle sein
- Realistische Menge: **20-30 kg Kunststoff** pro Altfahrzeug (ca. 10.000-15.000 t/a)
- Innovative Aufbereitungstechniken
 - sortenreine und hochwertige Materialströme auch aus Verbänden und stark verschmutzten Altteilen möglich
- Qualität der Rezyklate oft besser als erwartet.
- Gegenstand des Kunststoffrecyclings sind derzeit allerdings überwiegend Produktionsabfälle.
- Zahlreiche Einzelprojekte: Nachweis, dass sich hochwertige Kunststoffrezyklate auch aus Altfahrzeug-Kunststoffen erzeugen lassen.

Quelle: Schiemann: Möglichkeiten des werkstofflichen Recyclings von Kunststoffen aus Altfahrzeugen, UBA-Fachgespräch Altfahrzeugverwertung, Dessau 15.2.2017

Stand der Glasverwertung aus Altfahrzeugen



Verwertung der Scherben:

- Flach- und Behälterglaswannen (nach entsprechender Aufbereitung)
- Glaswollehersteller

Post-Schredder-Glas-Verwertung

- Gleichwertig, wenn daraus eine Glasfraktion wie Scherben verwertet werden können eröffnet.
→ Annahmeanforderungen der Behälter- bzw. Flachglasindustrie

Verunreinigungen	Behälterglas			
	Weiß	Grün	Braun	Bunt
KSP (g/t) Keramik, Steine, Porzellan	20 / > 50			
NE Metalle (g/t)	3 / > 5			
Fe Metalle (g/t)	2 / > 5			

Problem: Wirtschaftlichkeit

- Kosten des Ausbaus bis zu € 1.000/t
- Einnahmen: 0 €/t

Quelle: UBA-Fachgespräch Altfahrzeugverwertung , Dessau 15.2.2017

Fahrzeugelektronik



Umsetzung ProgRess II-Ziel
(kreislaufwirtschaftliches
Ziel der Bundesregierung) :
„möglichst weitgehende
Demontage der
Fahrzeugelektronik pro
Altfahrzeug bis 2020“

wirtschaftlich separierbare
Komponenten der
Fahrzeugelektronik

	Urteil	Fahrzeugelektronik-Komponente	Bsp. Gewicht
Motoren	+	Lichtmaschine	6,7 kg
	+/-	Anlasser	3,6 kg
	+/-	Scheibenwischermotor	2,5 kg
Steuergeräte	+	Heizungsgebläse	1,5 kg
	+	Inverter (Hybridfahrzeug)	(13,5) kg
	+	Fahrtsteuerung	2,6 kg
	+	Getriebesteuerung	2,2 kg
	+	Motorsteuerung	0,7 kg
	+/-	Start-Stopp-Komponente	0,5 kg
Sensor	+/-	Infotainment	1,8 kg
	+	Lambdasonde	0,08 kg
Summe (ohne Inverter)			22,2 kg

Quelle: UBA-Fachgespräch Altfahrzeugverwertung , Dessau 15.2.2017

Weitere Themen mit Entwicklungsbedarf



- Stoßdämpferöl
- AdBlue (Umgang weitgehend offen)
- Kältemittel (Umstellung von R134a auf R1234yf / selten CO2 (R744))
- Pyrotechnik (Auslösen oder Demontage)
- Hochvoltbatterien
- Flüssiggastanks
- POP (bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffen):
Demontage, Abtrennen nach dem Schredder, komplettes Entsorgen
POP-haltiger Schredderrückstände
- CFK /- GFK: zunehmend durch Leichtbauweise auch in Altfahrzeugen
- Nicht mehr vorhanden: Latentwärmespeicher / Asbest

Neue Checkliste für Sachverständige (Auszug)



Lfd. Nr.	Nr. aus Anhang	Anforderungen	Bemerkungen/Kommentarzeile	Erfüllungsgrad			
				e	1	2	3
3.11	3.1.2 3.2.2.4	Bezüglich der Lagerung der entnommenen Betriebsflüssigkeiten/Bauteile sind die entsprechenden Bauartzulassungs- und Prüfzeichenunterlagen für sämtliche installierte Lagertanks bzw. Auffangwannen etc. vorzulegen; insbesondere für folgende Stoffe:	Beachte: Die jeweiligen spezifischen landesrechtlichen Regeln sind zu befolgen! vorhandene Gefährdungsstufen nach VAWS: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C...Prüfpflicht durch Sachverständige alle 5 Jahre <input type="checkbox"/> D...Prüfpflicht / Anlagenkataster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Auffangraum:	Bauartzulassung/ Kennzeichnung:	Gefährdungsstufe nach VAWS:		
			<ul style="list-style-type: none"> • Motoröl¹⁾ • Schalt-, Automatik- und Differenzialgetriebeöle¹⁾ • Hydraulik- und Servoöle¹⁾ • Stoßdämpferöle¹⁾ <small>¹⁾ Öle können zusammen gelagert werden gem. Anhang 3.2.2.1</small>	<input type="checkbox"/> doppelwandig <input type="checkbox"/> Leckageanzeige <input type="checkbox"/> einwandig / Auffangraum: _____ <input type="checkbox"/> gemeinsam mit lfd. Nr.: _____		Stufe _____	
			<ul style="list-style-type: none"> • Kühlerflüssigkeit 	<input type="checkbox"/> doppelwandig <input type="checkbox"/> Leckageanzeige <input type="checkbox"/> einwandig / Auffangraum: _____ <input type="checkbox"/> gemeinsam mit lfd. Nr.: _____		Stufe _____	
			<ul style="list-style-type: none"> • Kraftstoffe (Benzin, Diesel, Gemisch) 	<input type="checkbox"/> doppelwandig <input type="checkbox"/> Leckageanzeige <input type="checkbox"/> einwandig / Auffangraum: _____ <input type="checkbox"/> gemeinsam mit lfd. Nr.: _____		Stufe _____	
			<ul style="list-style-type: none"> • Bremsflüssigkeit 	<input type="checkbox"/> doppelwandig <input type="checkbox"/> Leckageanzeige <input type="checkbox"/> einwandig / Auffangraum: _____ <input type="checkbox"/> gemeinsam mit lfd. Nr.: _____		Stufe _____	
		<ul style="list-style-type: none"> • Scheibenwaschflüssigkeit 	<input type="checkbox"/> doppelwandig <input type="checkbox"/> Leckageanzeige <input type="checkbox"/> einwandig / Auffangraum: _____ <input type="checkbox"/> gemeinsam mit lfd. Nr.: _____		Stufe _____		

Hinweise des UBA für Sachverständige: Quotenberechnung (Beispiel)



Berechnung der 10%- Verwertungsquote für Demontagebetriebe								
Demontagebetrieb:	Testdemontagebetrieb		Eingabefelder					
Zeitraum (Kalenderjahr)	Summen		2015		2016		2017	
	2015	bis 2017						
Altfahrzeuge								
Anzahl angenommener Altfahrzeuge	630 Stk.		200 Stk.		220 Stk.		210 Stk.	
Fahrzeugesamtgewicht (Briefgewicht abzüglich Fahrer (75 kg) und Kraftstoff (40 kg) [kg])	678.000 kg		212.000 kg		243.000 kg		223.000 kg	
	Wiederverwendung (Ersatzteile) [kg]	Recycling (stoffliche Verwertung) [kg]	Wiederverwendung (Ersatzteile) [kg]	Recycling (stoffliche Verwertung) [kg]	Wiederverwendung (Ersatzteile) [kg]	Recycling (stoffliche Verwertung) [kg]	Wiederverwendung (Ersatzteile) [kg]	Recycling (stoffliche Verwertung) [kg]
Nichtmetallische Bauteile								
Batterien	5.600 kg	9.100 kg	2.100 kg	3.500 kg	3.500 kg	3.100 kg		2.500 kg
Ölfilter	0 kg	180 kg	0 kg	180 kg				
Katalysatoren (nicht metallischer Anteil)	0 kg	670 kg	0 kg	320 kg		150 kg		200 kg
Reifen	0 kg	16.500 kg	0 kg	5.500 kg				11.000 kg
Kunststoffteile zur stoffl. Verwertung		600 kg		500 kg		100 kg		
Glas zur stoffl. Verwertung		1.100 kg		700 kg		400 kg		
sonstige nichtmetallische Werkstoffe zur stofflichen Verwertung		0 kg		0 kg				
Nichtmetallischer Anteil der Ersatzteile (Mengenangaben, siehe Arbeitsblatt "Ersatzteilliste")	0 kg		0 kg					
Betriebsflüssigkeiten (Berechnung siehe Arbeitsblatt "Betriebsflüssigkeiten")	900 kg	7.151 kg	300 kg	2.113 kg	300 kg	1.988 kg	300 kg	3.050 kg
Summe nichtmetallische Bauteile	41.801 kg		15.213 kg		9.538 kg		17.050 kg	
individuelle Verwertungsquote des Betriebes [%]	6,17%		7,18%		3,93%		7,65%	
Bescheinigte Verwertungsquote Schredder [%]	5%		5%		5%		5%	
Verwertungsquote [%] (inkl. der vertikalen Kooperation mit Schreddern) nach Anhang 3.2.4.1 AltfahrzeugV (10%)	11%		12%		9%		13%	
Erfüllt / Nicht erfüllt	erfüllt		erfüllt		nicht erfüllt		erfüllt	

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Burkhard Berninger

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden
Fachgebiet Recycling und Abfalltechnik / Umweltmanagementsysteme
Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg
☎ +49 / (0)9621 / 482 – 3305
b.berninger@oth-aw.de

TÜV-Cert-Auditleiter für Umwelt- Energie- und Qualitätsmanagement

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Altautoverwertung der IHK Regensburg