

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

(FKZ) 200 33 323

Beschreibung des Standes der Technik bei der Vorbehandlung,
insbesondere der Trockenlegung
von Altfahrzeugen gemäß AltfahrzeugV

tec4U
Ingenieurgesellschaft mbH

Im Auftrag
des Umweltbundesamtes

September 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	14
2	EG-Richtlinie 2000/53 über Altfahrzeuge und Altautoverordnung der Bundesrepublik Deutschland.....	15
2.1	EG Altauto-Richtlinie EG2000/53	15
2.2	Altautoverordnung (AAVO).....	16
2.3	Randbedingungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)	16
2.4	Zusammenfassende Betrachtung.....	18
3	Chemisch-physikalische Randbedingungen bei der Trockenlegung.....	21
3.1	Die Viskosität.....	21
3.2	Oberflächenspannung	23
3.3	Die Dampfdrücke von Betriebsflüssigkeiten:	24
3.4	Zusammenfassung.....	25
4	Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegung und Trockenlegungsgrade.....	27
4.1	Bestmögliche Trockenlegung	27
4.1.1	Ablasszeiten und Nachtropfzeiten.....	27
4.2	Qualität der Trockenlegung, Trockenlegungsgrade.....	31
4.3	Ermittlung von Restflüssigkeitsmengen in trockengelegten Fahrzeugen der FH Lübeck.....	36
4.3.1	Motoröl.....	38
4.3.2	Kühlflüssigkeit.....	41
4.3.3	Kraftstoff.....	42
4.4	Trockenlegungsergebnisse im Versuch.....	43
4.4.1	Entnahme Motoröle:.....	45
4.4.2	Getriebeöl	47

4.4.3	Differentialöle	49
4.4.4	Servolenkungsöle	51
4.4.5	Stoßdämpferöle	52
4.4.6	Kühlflüssigkeiten	54
4.4.7	Scheibenwaschwasser	55
4.4.8	Bremsflüssigkeiten	56
4.4.9	Kraftstoffe.....	58
4.5	Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegungsversuche	60
5	Beschreibung der Anlagentechnik	62
6	Kostenanalyse der Vorbehandlung einschließlich Demontage	76
6.1	Löhne und Gehälter.....	76
6.2	Platzgröße und Platzaufteilung.....	78
6.3	Betriebsparameter und technische Ausstattung	79
6.4	Gesamtdarstellung der Kosten	83
6.5	Kosten- Erlössituation.....	84
7	Beschreibung der Altautoverwertung in Deutschland.....	86
7.1	Auswertung der Fragebogenaktion und Datenbasis.....	86
7.2	Betriebsgrößen und Fahrzeugdurchsatz	87
7.2.1	Betriebsflächen bezogen auf die jährlich durchgesetzten Fahrzeuge	89
7.2.2	Anzahl der Mitarbeiter bezogen auf die Anzahl der jährlich durchgesetzten Fahrzeuge	90
7.2.3	Trockenlegungszeiten und Umfeld der Trockenlegung.....	91
7.3	Angaben zu Betriebsstoffen und deren Entnahme:	94
7.3.1	Öle:	94
7.3.2	Kraftstoffe:.....	95
7.3.3	Bremsflüssigkeiten.....	96
7.3.4	Kühlflüssigkeit	97

7.3.5	Waschwasser:.....	97
7.3.6	Stoßdämpfer	98
7.3.7	Kältemittel	99
7.3.8	Statistisch entsorgtes Flüssigkeitsvolumen.....	100
7.4	Zusammenfassende Darstellung der Entnahmeverfahren für Öle, Kühflüssigkeiten, Bremsflüssigkeiten, Waschwasser und Kraftstoffe	102
7.5	Vergleich mit bekannten Daten aus dem europäischen Ausland	104
7.5.1	Betrachtung der quantitativen Unterschiede zwischen Verwertungsberieben	105
7.5.2	Anlagentechnik zur Trockenlegung.....	110
7.6	Fahrzeug - Vorbehandlung und Bauteilentnahme	111
7.7	Fahrzeug - Vorbehandlung zur Erhöhung von Recyclingquoten, Rücklauf von Katalysatoren und Kunststoffkraftstoffbehältern	115
7.8	Zusammenfassung und Kommentierung:.....	118
8	Möglichkeiten des Monitorings bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen	120
9	Zusammenfassung zum Stand der Technik der Vorbehandlung.....	123
9.1	Statement zum Stand der Technik der Vorbehandlung	125
10	Technische Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altfahrzeugen (Stand 2002)	128
10.1	Vorbemerkung.....	128
10.2	Technische Mindestanforderungen	128
10.3	Begriffsbestimmung der bestmöglichen Trockenlegung	129
10.4	Ablaufschema.....	130
10.5	Anforderungen an Trockenlegungsanlagen und deren Betrieb	131
10.5.1	Kraftstoffe.....	132
10.5.2	Motoröle	133

10.5.3	Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeöle	134
10.5.4	Hydraulik- und Servoflüssigkeiten	135
10.5.5	Stoßdämpferöle und Flüssigkeiten aus Hydrolagern	136
10.5.6	Bremsflüssigkeiten	138
10.5.7	Kältemittel aus Klimaanlage und Kompressorenöle	139
10.5.8	Kühlerflüssigkeit	140
10.5.9	Scheibenwaschflüssigkeit	141
11	Verzeichnis der verwendeten Literatur	143
12	Anhang	145
12.1	Fragebogen	145
12.2	Auszug aus Diplomarbeit FH Lübeck	152
12.3	Eigene Trockenlegungsversuche	156
12.3.1	Trockenlegung BMW_E30	158
12.3.2	Trockenlegung MB_260E W124	174
12.3.3	Trockenlegung Opel Ascona	196
12.3.4	Trockenlegung Peugeot 205	212
12.3.5	Trockenlegung Renault 25	231
12.3.6	Trockenlegung VW Golf	250
12.3.7	Trockenlegung VW Polo	268
12.4	Auszug Altautoverordnung	288

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

(FKZ) 200 33 323

Beschreibung des Standes der Technik bei der Vorbehandlung,
insbesondere der Trockenlegung
von Altautos gemäß AltautoV

tec4U
Ingenieurgesellschaft mbH

Im Auftrag
des Umweltbundesamtes

September 2002

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichtes Beschreibung des Standes der Technik bei der Vorbehandlung, insbesondere der Trockenlegung von Altautos gemäß AltautoV		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Boes, Joachim Schneider, Manfred Sander, Martin		8. Abschlussdatum September 2002
		9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) tec4U Ingenieurgesellschaft mbH Altenkesseler Straße 17/D2 D-66115 Saarbrücken		10. UFOPLAN-Nr.200 33 323
		11. Seitenzahl 289
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 14191 Berlin		12. Literaturangaben 18
		13. Tabellen und Diagramme 29
		14. Abbildungen 54
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung Bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen verbleiben stets Restmengen von Betriebsflüssigkeiten im Fahrzeug. Mit den am Markt verfügbaren Werkzeugen und einer gewissenhaften Vorgehensweise sind diese Restmengen erzielbar. Speziell bei Klimaanlageanlagen ist festzuhalten, dass nach der Entnahme des Kältemittels Teile des Kompressorenöls im Aggregat verbleiben. Der Stand der Technik bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen stellt sich wie folgt dar: Eigenbauten zur Trockenlegung müssen den Stand der Technik repräsentieren. Die Entnahme von Kältemitteln hat mit hierzu zugelassenen Geräten zu erfolgen. Die Fahrzeuge sind während der Trockenlegung so zu positionieren, dass mindestens derjenige Trockenlegungsgrad erreicht wird, der auch bei einer strikt waagerechten Positionierung erreicht werden würde. Die Entnahmeöffnungen sind nach der Trockenlegung zu verschließen. Die Entnahme der Betriebsflüssigkeiten erfolgt durch die Grundtechniken Absaugen, Ablassen und Ablassen mit Nachsaugen bzw. durch die Demontage des Aggregates.		
17. Schlagwörter Trockenlegung, Stand der Technik, Betriebsflüssigkeiten, Altauto, , Vorbehandlung, Altautoverordnung		
18. Preis	19.	20.

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Titel Description of the state of the art of the pretreatment especially of the drainage of end of life vehicles according AltautoV		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Boes, Joachim Schneider, Manfred Sander, Martin		8. Report Date September 2002
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) tec4U Ingenieurgesellschaft mbH Altenkesseler Straße 17/D2 D-66115 Saarbrücken		10. UFOPLAN-Ref. No.200 33 323
		11. No. of Pages 289
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Postfach 33 00 22 14191 Berlin		12. No. of Reference 18
		13. No. of Tables, Diagrams 29
		14. No. of Figures 54
15. Supplementary Notes		
16. Abstract After the drainage of End of Life Vehicles (ELV) always will be found remaining quantities of operating liquids in the drained aggregate. Remaining quantities are quantified under the condition of assiduously working and the use of tools available on the market. It is to adhere that rests of oil will remain in air conditioning systems after removing the freezing agent. The state of the art during the drainage of ELV is characterised as follows: Own constructions used for drainage have to represent the state of the art. The elimination of freezing agent has to take place with accredited equipments. The positioning of the ELV during the drainage has to take place in such a manner, that the same degree of drainage will be realized as in a strictly horizontal position. The extraction holes have to be closed again after the drainage. The extraction of operating liquids will be realised with the basic technologies extraction by sucking, extraction by discharge, sucking and discharge or by removal of the aggregate containing the operating liquid.		
17. Keywords Drainage, state of the art, liquids, end of live vehicle, end of live vehicle directive, pretreatment,		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	14
2	EG-Richtlinie 2000/53 über Altfahrzeuge und Altautoverordnung der Bundesrepublik Deutschland.....	15
2.1	EG Altauto-Richtlinie EG2000/53	15
2.2	Altautoverordnung (AAVO).....	16
2.3	Randbedingungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)	16
2.4	Zusammenfassende Betrachtung.....	18
3	Chemisch-physikalische Randbedingungen bei der Trockenlegung.....	21
3.1	Die Viskosität.....	21
3.2	Oberflächenspannung	23
3.3	Die Dampfdrücke von Betriebsflüssigkeiten:	24
3.4	Zusammenfassung.....	25
4	Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegung und Trockenlegungsgrade.....	27
4.1	Bestmögliche Trockenlegung	27
4.1.1	Ablasszeiten und Nachtropfzeiten.....	27
4.2	Qualität der Trockenlegung, Trockenlegungsgrade.....	31
4.3	Ermittlung von Restflüssigkeitsmengen in trockengelegten Fahrzeugen der FH Lübeck.....	36
4.3.1	Motoröl.....	38
4.3.2	Kühlflüssigkeit.....	41
4.3.3	Kraftstoff.....	42
4.4	Trockenlegungsergebnisse im Versuch.....	43
4.4.1	Entnahme Motoröle:.....	45
4.4.2	Getriebeöl	47

4.4.3	Differentialöle	49
4.4.4	Servolenkungsöle	51
4.4.5	Stoßdämpferöle	52
4.4.6	Kühlflüssigkeiten	54
4.4.7	Scheibenwaschwasser	55
4.4.8	Bremsflüssigkeiten	56
4.4.9	Kraftstoffe.....	58
4.5	Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegungsversuche	60
5	Beschreibung der Anlagentechnik	62
6	Kostenanalyse der Vorbehandlung einschließlich Demontage	76
6.1	Löhne und Gehälter.....	76
6.2	Platzgröße und Platzaufteilung.....	78
6.3	Betriebsparameter und technische Ausstattung	79
6.4	Gesamtdarstellung der Kosten	83
6.5	Kosten- Erlössituation.....	84
7	Beschreibung der Altautoverwertung in Deutschland.....	86
7.1	Auswertung der Fragebogenaktion und Datenbasis.....	86
7.2	Betriebsgrößen und Fahrzeugdurchsatz	87
7.2.1	Betriebsflächen bezogen auf die jährlich durchgesetzten Fahrzeuge	89
7.2.2	Anzahl der Mitarbeiter bezogen auf die Anzahl der jährlich durchgesetzten Fahrzeuge	90
7.2.3	Trockenlegungszeiten und Umfeld der Trockenlegung.....	91
7.3	Angaben zu Betriebsstoffen und deren Entnahme:	94
7.3.1	Öle:	94
7.3.2	Kraftstoffe:.....	95
7.3.3	Bremsflüssigkeiten.....	96
7.3.4	Kühlflüssigkeit	97

7.3.5	Waschwasser:.....	97
7.3.6	Stoßdämpfer	98
7.3.7	Kältemittel	99
7.3.8	Statistisch entsorgtes Flüssigkeitsvolumen.....	100
7.4	Zusammenfassende Darstellung der Entnahmeverfahren für Öle, Kühflüssigkeiten, Bremsflüssigkeiten, Waschwasser und Kraftstoffe	102
7.5	Vergleich mit bekannten Daten aus dem europäischen Ausland	104
7.5.1	Betrachtung der quantitativen Unterschiede zwischen Verwertungsberieben	105
7.5.2	Anlagentechnik zur Trockenlegung.....	110
7.6	Fahrzeug - Vorbehandlung und Bauteilentnahme	111
7.7	Fahrzeug - Vorbehandlung zur Erhöhung von Recyclingquoten, Rücklauf von Katalysatoren und Kunststoffkraftstoffbehältern	115
7.8	Zusammenfassung und Kommentierung:.....	118
8	Möglichkeiten des Monitorings bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen	120
9	Zusammenfassung zum Stand der Technik der Vorbehandlung.....	123
9.1	Statement zum Stand der Technik der Vorbehandlung	125
10	Technische Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altfahrzeugen (Stand 2002)	128
10.1	Vorbemerkung.....	128
10.2	Technische Mindestanforderungen	128
10.3	Begriffsbestimmung der bestmöglichen Trockenlegung	129
10.4	Ablaufschema.....	130
10.5	Anforderungen an Trockenlegungsanlagen und deren Betrieb	131
10.5.1	Kraftstoffe.....	132
10.5.2	Motoröle	133

10.5.3	Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeöle	134
10.5.4	Hydraulik- und Servoflüssigkeiten	135
10.5.5	Stoßdämpferöle und Flüssigkeiten aus Hydrolagern	136
10.5.6	Bremsflüssigkeiten	138
10.5.7	Kältemittel aus Klimaanlage und Kompressorenöle	139
10.5.8	Kühlerflüssigkeit	140
10.5.9	Scheibenwaschflüssigkeit	141
11	Verzeichnis der verwendeten Literatur	143
12	Anhang	145
12.1	Fragebogen	145
12.2	Auszug aus Diplomarbeit FH Lübeck	152
12.3	Eigene Trockenlegungsversuche	156
12.3.1	Trockenlegung BMW_E30	158
12.3.2	Trockenlegung MB_260E W124	174
12.3.3	Trockenlegung Opel Ascona	196
12.3.4	Trockenlegung Peugeot 205	212
12.3.5	Trockenlegung Renault 25	231
12.3.6	Trockenlegung VW Golf	250
12.3.7	Trockenlegung VW Polo	268
12.4	Auszug Altautoverordnung	288

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Viskosität von ausgewählten Ölen in Abhängigkeit der Temperatur .	22
Abbildung 2: Gemittelte Viskosität von Öl in Abhängigkeit der Temperatur.....	23
Abbildung 3: Dampfdruckverlauf Oktan	25
Abbildung 4: Gesamtmassenenentnahme Motoröl beim Nachtropfen nach Strömungsabriss.....	28
Abbildung 5: Nachlauf von Öl nach Strömungsabriss je Zeiteinheit	29
Abbildung 6: Prozentual kumulierte Ölaustrittsmenge nach Strömungsabriss bei einer Gesamtaustrittsmenge von 60 g = 100%.....	30
Abbildung 7: Ermittelte Restflüssigkeiten in Betrieb 1	37
Abbildung 8: Ermittelte Restflüssigkeiten in Betrieb 2	37
Abbildung 9: Ablassmengen Motoröl	39
Abbildung 10: Restmengen Öl in trockengelegten Fahrzeugen.....	40
Abbildung 11: Kühlflüssigkeit.....	41
Abbildung 12: Kraftstoffreste in Betrieb 2	42
Abbildung 13: Vergleich der Entnahmemengen von Motoröl bei verschiedenen Entnahmemethoden	46
Abbildung 14: Vergleich der Entnahmemengen von Getriebeöl bei verschiedenen Entnahmemethoden	48
Abbildung 15: Vergleich der Entnahmemengen von Differentialöl bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	50
Abbildung 16: Entnahmemengen von Servolenkungsöl	51
Abbildung 17: Entnahmemengen von Stoßdämpferöl	53
Abbildung 18: Vergleich der Entnahmemengen von Kühlflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	55
Abbildung 19: Vergleich der Entnahmemengen von Bremsflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	57
Abbildung 20: Entnahmemengen von Kraftstoff	59

Abbildung 21: Geräte zur Entnahme von Automatiköl	64
Abbildung 22: Geräte zur Entnahme von Differentialöl	65
Abbildung 23: Geräte zur Entnahme von Getriebeöl	66
Abbildung 24: Geräte zur Entnahme von Motoröl	66
Abbildung 25: Geräte zur Entnahme von Bremsflüssigkeit	67
Abbildung 26: Geräte zur Entnahme von Kältemittel	68
Abbildung 27: Geräte zur Entnahme von Kühlflüssigkeit	69
Abbildung 28: Geräte zur Entnahme von Kraftstoff	70
Abbildung 29: Geräte zur Entnahme von Scheibenwaschflüssigkeit	71
Abbildung 30: Geräte zur Entnahme von Servoöl	72
Abbildung 31: Geräte zur Entnahme von Stoßdämpferöl	73
Abbildung 32: Betriebsgrößen zertifizierter Altautoverwerter in Deutschland	87
Abbildung 33: Jährliche Fahrzeugverwertungen in Abhängigkeit der Betriebsgröße	88
Abbildung 34: Betriebsfläche bezogen auf durchgesetzte Fahrzeuge	90
Abbildung 35: Trockenlegungszeit	92
Abbildung 36: Mittlere Trockenlegungszeiten abhängig vom Fahrzeugdurchsatz	93
Abbildung 37: Betriebsgröße und Trockenlegungsort	94
Abbildung 40: Entnahme Stoßdämpferöl	98
Abbildung 41: Entnahme Kältemittel	99
Abbildung 38: Entnahmeverfahren zur Trockenlegung	102
Abbildung 39: Zeitangabe zur Tropffreiheit von Aggregaten im Mittel	103
Abbildung 42: Entsorgte Ölmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	106
Abbildung 43: Entsorgte Bremsflüssigkeitsmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	107
Abbildung 44: Entsorgte Kühlflüssigkeitsmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	108
Abbildung 45: Entsorgte Kraftstoffmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	109

Abbildung 46: Entsorgte Waschflüssigkeitsmenge über Fahrzeugdurchsatz	110
Abbildung 47: Anlagen zur Trockenlegung	111
Abbildung 48: Entnommene Bauteile.....	112
Abbildung 49: Behandlung Airbags und Gurtstraffer	113
Abbildung 50: Führung eines Betriebshandbuches zur Bauteilerfassung.....	114
Abbildung 51: Führung eines Betriebstagebuches	115
Abbildung 52: Einfach entfernbare Kunststoffteile	116
Abbildung 53: Zeitbedarf für die Demontage	117
Abbildung 54: Katalysatoraufkommen	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nachlauf von Öl nach Strömungsabbriss	31
Tabelle 2: Entnahmemöglichkeiten verschiedener Betriebsmittel.....	35
Tabelle 3: untersuchte Fahrzeugtypen	44
Tabelle 4: Füllmengen der untersuchten Fahrzeuge	45
Tabelle 5: Vergleich der Entnahmemengen von Motoröl bei verschiedenen Entnahmemethoden	47
Tabelle 6: Vergleich der Entnahmemengen von Getriebeöl bei verschiedenen Entnahmemethoden	49
Tabelle 7: Vergleich der Entnahmezeiten von Differentialöl bei verschiedenen Entnahmemethoden	50
Tabelle 8: Entnahmezeiten von Servolenkungsöl.....	52
Tabelle 9: Entnahmezeiten von Stoßdämpferöl.....	53
Tabelle 10: Vergleich der Entnahmezeiten von Scheibenwaschflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	56
Tabelle 11: Vergleich der Entnahmezeiten von Bremsflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden	58
Tabelle 12: Entnahmemengen von Kraftstoff.....	59
Tabelle 13: Zusammenfassung Betriebsflüssigkeits-Restmengen	60
Tabelle 14: Basiswerte Löhne und Gehälter.....	76
Tabelle 15: Mitarbeiterbedarf nach Betriebsgröße.....	77
Tabelle 16: Ergebnis der Löhne und Gehälter nach Betriebsgröße.....	77
Tabelle 17: Investitionen für Gebäude und Grundstück.....	79
Tabelle 18: Investitionen für technische Ausstattung und Anlagentechnik	82
Tabelle 19: Gesamtergebnis der Betriebskosten.....	83
Tabelle 20: Trockenlegungs-, Vorbehandlungs- und Demontagekosten je Fahrzeug	83
Tabelle 21: Erlöse für Materialien und Werkstoffe	84

Tabelle 22: Betriebsflächen pro Fahrzeug	89
Tabelle 23: Gemittelte, entnommene Ölmenge / Fahrzeug und Jahr	100
Tabelle 24: Gemittelte, entnommene Bremsflüssigkeitsmenge / Fahrzeug und Jahr	100
Tabelle 25: Gemittelte, entnommene Kühlflüssigkeitsmenge / Fahrzeug und Jahr	101
Tabelle 26: Gemittelte, entnommene Kraftstoffmenge / Fahrzeug und Jahr.....	101
Tabelle 27: Gemittelte, entnommene Waschwassermenge pro Fahrzeug und Jahr	101
Tabelle 28: Entnahmemengen im Vergleich zu ARN.....	105
Tabelle 29: Tabellarische Zusammenfassung der technischen Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altfahrzeugen	142

Verzeichnis der genutzten Abkürzungen

AAVO	Altauto Verordnung
ABS	Anti Blockier System
ARN	Auto Recycling Nederlands
ASR	Automotive Shredder Residue
BImSchG	Bundes Immissionsschutz Gesetz
C	Celsius
EG 2000/53	EG Altauto Richtlinie
FCKW	Fluor Chlor Kohlen Wasserstoff
FH	Fachhochschule
Fzg	Fahrzeug
g	Gramm
h	Stunde
h:mm:ss	Stunde:Minute:Sekunde
kg	Kilogramm
kJ	Kilo Joule
KKB	Kunststoff Kraftstoffbehälter
km	Kilometer
l	Liter
LCD	Liquid Cristal Display
LKW	Lastkraftwagen
mg	Milligramm
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
rd.	rund
s	Sekunde
SAE	Society of Automotive Engineers
SLF	Shredder Leicht Fraktion
T	Temperatur
t	Tonne
TÜV	Technischer Überwachungs Verein
UVV	Unfall Verhütungs Vorschrift
€	Euro

1 Vorwort

Dieser Bericht dient dazu, den Stand der Technik bei der Trockenlegung darzustellen und zeigt ferner auf, wie sich die Vorbehandlung von Altfahrzeugen derzeit darstellt. Mit folgenden Randbedingungen wurde die Thematik zielführend eingegrenzt:

- EG Altauto-Richtlinie EG 2000/53 als Vorgabe für eine nationale Umsetzung
- bestehende deutsche Altautoverordnung
- Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
- chemisch-physikalische Randbedingungen
- Der Ist-Zustand aus Umfrageergebnissen bei deutschen Verwertungsbetrieben
- experimentelle Trockenlegungsanalysen an Altfahrzeugen
- Grenzwerte bei Schredder-Leicht-Fraktionen (SLF/ASR)
- verfügbare Geräte und Anlagentechnik

Aus diesem Gesamtkomplex wurde ein nach heutigen Gesichtspunkten zutreffendes Bild des Standes der Technik bei der Trockenlegung dargestellt. Dies beinhaltet die prinzipiellen Möglichkeiten, die bereits heute recyclingtechnisch zur Verfügung stehen, um die Vorgaben der EG Altauto-Richtlinie bezüglich der zu erzielenden Verwertungsquoten zu erreichen.

Des weiteren wurde untersucht, welche Möglichkeiten grundsätzlich für ein Monitoring der Trockenlegung zur Verfügung stehen.

Saarbrücken, im Januar 2002

tec4U Ingenieurgesellschaft mbH

2 EG-Richtlinie 2000/53 über Altfahrzeuge und Altautoverordnung der Bundesrepublik Deutschland

Die Rahmenbedingungen und Anforderungen zu dieser Studie werden durch die Altautoverordnung und die nationale Umsetzung der EG-Richtlinie gegeben. Aus diesem Grunde wurden die jeweiligen Dokumente hinsichtlich der Bedeutung für dieses Projekt analysiert und zur Durchführung herangezogen.

Im ersten Schritt erfolgte die Interpretation der vorliegenden Richtlinien und Verordnungen und die Ermittlung des daraus resultierenden Handlungsbedarfs.

2.1 EG Altauto-Richtlinie EG2000/53

In der EG Richtlinie EG2000/53 über Altfahrzeuge vom 18.09.2000 werden die Erfordernisse geregelt, die beim Altfahrzeugrecycling zukünftig zu beachten sind. In dieser Richtlinie werden hierzu technische Mindeststandards gefordert, die von den Mitgliedstaaten umzusetzen sind.

Unter Punkt 3 "Behandlung zur Beseitigung von Schadstoffen aus Altfahrzeugen" im Anhang 1 "Technische Mindestanforderung für die Behandlung gemäß Artikel 6 Absätze 1 und 3" werden folgende Mindeststandards definiert:

- Entfernung von Batterien und Flüssiggastanks
- Entfernung oder Neutralisation von potentiell explosionsfähigen Bauteilen (Airbags)
- Entfernung sowie getrennte Sammlung und Lagerung von Kraftstoff, Motoröl, Kraftübertragungsflüssigkeit, Getriebeöl, Hydrauliköl, Kühlflüssigkeit, Frostschutzmittel, Bremsflüssigkeit und Flüssigkeiten aus Klimaanlage sowie anderen in den Altfahrzeugen enthaltenen Flüssigkeiten, es sei denn, sie sind

für die Wiederverwertung der betreffenden Teile erforderlich.

- Soweit durchführbar, Entfernung aller Bauteile, die nachweislich Quecksilber enthalten.

Unter Punkt 4 "Behandlung zur Verbesserung des Recycling" des selben Anhangs werden folgende Zusatzmaßnahmen definiert:

- Entfernung von Katalysatoren
- Entfernung von kupfer-, aluminium- und magnesiumhaltigen Metallbauteilen, wenn die entsprechenden Metalle nicht beim Schreddern getrennt werden
- Entfernung von Reifen und großen Kunststoffbauteilen (Stoßfänger, Armaturentafel, Flüssigkeitsbehälter usw.), wenn die entsprechenden Materialien beim Schreddern nicht in einer Weise getrennt werden, die ihr tatsächliches Recycling als Rohstoff ermöglicht
- Entfernung von Glas.

2.2 *Altautoverordnung (AAVO)*

In der Altautoverordnung von 7/97 werden die Erfordernisse aus den Punkten 3 und 4 des Anhangs der EG Richtlinie zum Teil bereits geregelt, teilweise sind hierfür Soll-Vorschriften angegeben, die sich insbesondere auf die Entnahme von Bauteilen zur Erhöhung der Recyclingquoten beziehen. Siehe hierzu 12.4 Auszug Altautoverordnung.

2.3 *Randbedingungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)*

Der Geltungsbereich des Bundesimmissionsschutzgesetzes beinhaltet den Betrieb von Anlagen, von denen Gefährdungen und Beeinträchtigungen für die Umwelt und den Menschen ausgehen können.

Im Bundesimmissionsschutzgesetz wird auch eine Definition des Standes der Technik geliefert, die hier zu Grunde gelegt werden soll:

Hier heißt es in §3, dass „der Stand der Technik im Sinne dieses Gesetzes der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen ist, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen gesichert erscheinen lässt“ (...), „Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind“.

Die Bundesregierung wird in §33 des BImSchG u.a. ermächtigt, „zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sowie zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 51) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates

1. zu bestimmen, dass in § 3 Abs. 5 Nr. 1 oder 2 bezeichnete Anlagen oder bestimmte Teile von solchen Anlagen nach einer Bauartprüfung allgemein zugelassen und dass mit der Bauartzulassung Auflagen zur Errichtung und zum Betrieb verbunden werden können;
2. vorzuschreiben, dass bestimmte serienmäßig hergestellte Anlagen oder bestimmte hierfür serienmäßig hergestellte Teile gewerbsmäßig oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen nur in Verkehr gebracht werden dürfen, wenn die Bauart der Anlage oder des Teils allgemein zugelassen ist und die Anlage oder der Teil dem zugelassenen Muster entspricht; sowie
3. das Verfahren der Bauartzulassung zu regeln“.

Es ist dadurch möglich, die Prüfung von Anlagen oder Anlagenteilen, die zur Trockenlegung dienen, so zu gestalten, dass mit der Bauartzulassung der Stand der Technik zum Zeitpunkt der Prüfung erreicht wird und somit technisch

weiterentwickelte Verfahren dynamisch in die betriebliche Praxis integriert werden können.

2.4 Zusammenfassende Betrachtung

Die sich aus diesen Bestimmungen ergebenden Maßnahmen lassen sich wie folgt darstellen:

- Entnahme von Betriebsmitteln und Betriebsflüssigkeiten aus den Fahrzeugen mittels geeigneter Verfahren bzw. Anlagentechnik sowie Neutralisation von Gefahrstoffpotentialen.

Ziel hierbei ist es, den größtmöglichen Anteil der jeweiligen Stoffe und Materialien aus dem Fahrzeug zu entfernen. Ein Maß zur Beurteilung dieser Bemühungen kann der Trockenlegungsgrad darstellen. Dieser ist jedoch an Rahmenbedingungen und Betrachtungsweisen gekoppelt, auf die im weiteren Verlauf noch näher eingegangen wird. Entscheidend für eine Beurteilung ist nicht nur die jeweilige Betriebsflüssigkeit sondern auch das flüssigkeitstragende System. So ist zur Findung des Standes der Technik nicht nur das Entnahmewerkzeug maßgebend, vielmehr ist auch die Anwendung auf die jeweiligen Systembereiche von entscheidender Bedeutung.

Die Forderung nach einer Tropffreiheit der trockengelegten Aggregate ist zwar eindeutig, es existieren aber verschiedene Arten, Tropffreiheit zu realisieren. Die Tropffreiheit eines Aggregats hängt zum einen von der Lage des Fahrzeugs bei der Trockenlegung ab, zum anderen von den chemisch-physikalischen Randbedingungen. Werden Absaugmethoden zur Trockenlegung angewandt, welche die flüssigkeitsführenden System nicht beschädigen, so kann zwar eine Tropffreiheit gewährleistet werden, der größtmögliche Trockenlegungsgrad ist jedoch nicht garantiert.

Im Falle der Neutralisation, also dem Zünden von pyrotechnischen Elementen (Airbags) in eingebautem Zustand, wird nur das Gefahrenpotential durch die

Explosion bzw. die Umweltgefährdung durch unreakiertes Treibmittel gemindert. Eine Entfrachtung dieser Substanzen lässt sich dabei jedoch nicht vollständig erreichen. Der Stand der Technik ist dementsprechend nur auf den reinen Zündvorgang zu beziehen. Beim Auslösen der pyrotechnischen Bauteile ist jedoch festzuhalten, dass bei diesem Vorgang Rauchpartikel freigesetzt werden, die eine dauerhafte Exposition von Mitarbeitern nicht zulassen. Bei der Definition eines Standes der Technik bei diesen Maßnahmen ist es daher erforderlich, zusätzlich die Bestimmungen des Arbeitsschutzes zu berücksichtigen:

- Demontage von Bauteilen zur Reduzierung des direkten Umweltgefährdungspotentials von Altfahrzeugen

Hierzu gehören beispielsweise:

- Batterien: Bleibatterie (Starterbatterie), Zusatzblei- oder Gel-Batterien, Batterien im Bereich der Instrumententafeln und Schlüssel, Bleiauswuchtgewichte, Airbagzündeinrichtungen.
- Quecksilberhaltige Bauteile wie z.B. Gasentladungslampen, Neonlampen und Schaltungselemente mit Quecksilberfüllung. LCD-Anzeigen, die z.B. in Navigationssystemen zu finden sind, enthalten ebenfalls häufig Quecksilber¹

Hier ist anzumerken, dass es sich bei den Gasentladungslampen um eine relativ neue Technologie handelt, und somit eine größere Zahl an Rückläufern erst in einigen Jahren zu erwarten ist. Es ist darüber hinaus festzuhalten, dass die Anteile an Quecksilber in diesen extrem niedrig sind (0.5-0.6 mg)².

¹ Heavy Metals in Vehicles, Final Report, pp39-43, Ökopol GmbH 27.03.2000

² Heavy Metals in Vehicles, Final Report, pp39-43, Ökopol GmbH 27.03.2000

- Latentwärmespeicher stehen in direkter Verbindung mit dem Kühlsystem des Fahrzeugs. Sie können daher erst nach der Trockenlegung dieses Systems demontiert werden. Für das zur Demontage anstehende Aufkommen gilt wie für die Gasentladungslampen, dass Rückläufe in nennenswerter Zahl erst in mehreren Jahren zu erwarten sind
- Die Entfernung von Katalysatoren ist derzeit bereits auch ökonomisch sinnvoll. Aktuell können Vergütungen von mehr als 10€ je Katalysator erzielt werden.

Bezüglich der Vorbehandlung von Altfahrzeugen ist eindeutig, dass Bauteile, die umweltgefährdende Stoffe beinhalten (s.o.) zu entfernen sind. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die betreffenden Betriebe, welche eine Vorbehandlung durchführen, Kenntnis davon haben, wo diese Teile zu lokalisieren sind. Bei Bauteilen wie Scheinwerfern, Starterbatterien, Auswuchtgewichten oder großen LCD Displays ist die Lokalisierung mit Sicherheit kein Problem. Bei anderen Bauteilen wird dies jedoch ohne Demontageinformationen des Fahrzeugherstellers, in welchem solche schadstoffhaltigen Bauteile genau identifiziert werden, problematisch.

Entsprechendes gilt für schadstoffbefrachtete Bauteile, die nachträglich in ein Fahrzeug eingebaut werden und für die der Hersteller des Fahrzeugs nicht in die Pflicht genommen werden kann. Hierzu zählen beispielsweise Zusatzbatterien, nachgerüstete Scheinwerfer oder elektronische Bauteile für Audio- oder Kommunikationsanlagen.

3 Chemisch-physikalische Randbedingungen bei der Trockenlegung

Physikalisch gesehen ist die Trockenlegung von Fahrzeugen ein strömungstechnischer Vorgang, der zum einen durch konstruktive Gegebenheiten der flüssigkeitsführenden Systeme beeinflusst, zum anderen aber auch durch stoffliche Eigenschaften der Betriebsmittel bestimmt wird. Die Trockenlegung von Aggregaten in Fahrzeugen wird, nachdem die Flüssigkeit zugänglich ist, durch die Vorgänge Ablassen, Absaugen oder Ausblasen durchgeführt.

3.1 Die Viskosität

Die Viskosität einer Flüssigkeit ist eine Größe, die das Fließverhalten einer Flüssigkeit maßgeblich beschreibt. Sie ist temperaturabhängig und zwar dergestalt, dass mit fallender Temperatur ein exponentieller Anstieg der Viskosität zu verzeichnen ist. Die Temperaturabhängigkeit der Viskosität einer newtonschen Flüssigkeit kann bei laminarer Strömung über die Formel

$$\eta_{(T)} = A * \text{EXP} (B/T) \quad (1)$$

$$A = \eta_1 * \text{EXP} (B / T_1) \quad (2)$$

$$B = T_1 * T_2 / (T_1 - T_2) * \ln (\eta_1 / \eta_2) \quad (3)$$

angenähert berechnet werden. Dabei sind

η_1 : Viskosität bei Temperatur T_1 in mm^2/s

η_2 : Viskosität bei Temperatur T_2 in mm^2/s

$\eta_{(T)}$: Viskosität bei gegebener Temperatur T

T_1, T_2, T : Temperatur in K

Wird eine Flüssigkeit abgelassen, bewirkt eine erhöhte Viskosität eine Verlängerung der Ablaufzeiten. Wird sie abgesaugt, ist eine Erhöhung des Absaugunterdruckes erforderlich. Besonders starke Temperaturabhängigkeiten in Temperaturbereichen, die bei der Trockenlegung auftreten können, zeigen hierbei Öle. Die folgende Abbildung zeigt die Temperaturabhängigkeit der Viskositäten für die geläufigen Typen SAE 40, SAE 10 und SAE 10 + Polymere:

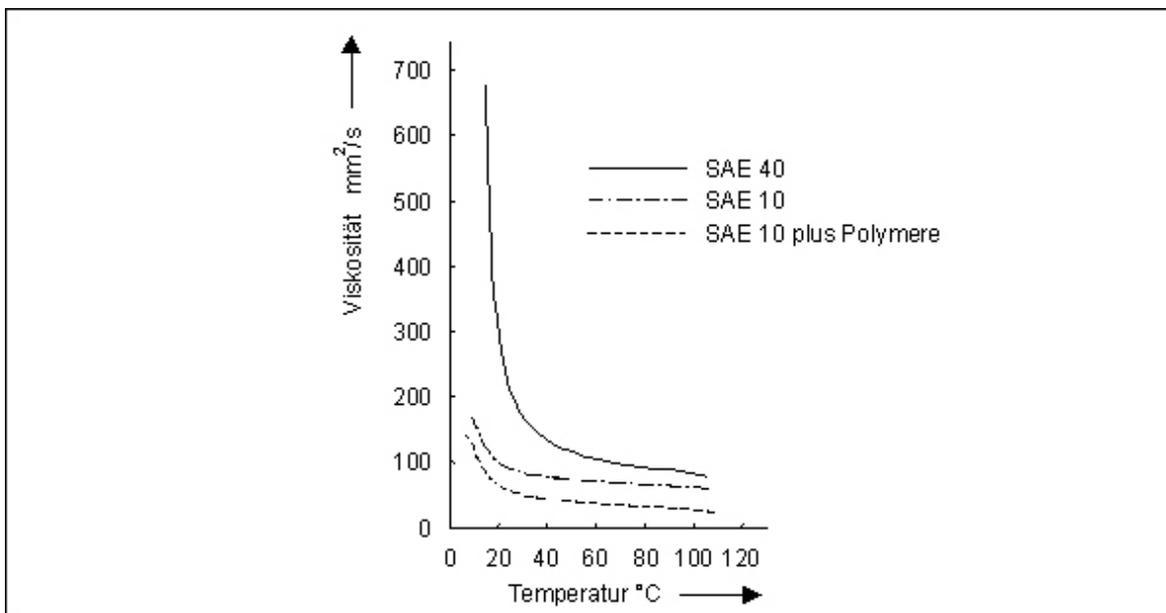


Abbildung 1: Viskosität von ausgewählten Ölen in Abhängigkeit der Temperatur

Als Mittelwert der aufgeführten Öltypen ergibt sich daraus nach der oben angegebenen Formel für übliche Sommer- und Wintertemperaturen folgender Verlauf:

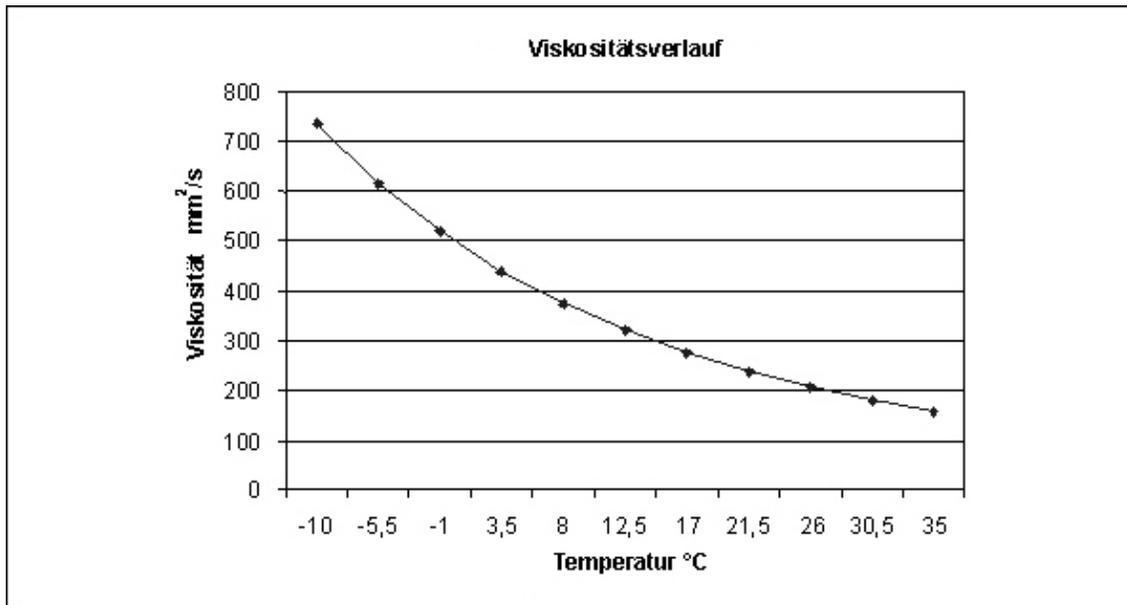


Abbildung 2: Gemittelte Viskosität von Öl in Abhängigkeit der Temperatur

3.2 Oberflächenspannung

Eine andere Größe, die im physikalischen Sinn Einfluss auf die Trockenlegung hat, ist die Oberflächenspannung, da sie den Grad der Benetzung einer Fläche bestimmt. Da Öle und andere organische Flüssigkeiten, die als Betriebsflüssigkeiten im Auto verwendet werden, niedrige Oberflächenspannungen aufweisen, ist stets mit einer vollständigen Benetzung der flüssigkeitsführenden Teile zu rechnen. Wässrige Betriebsflüssigkeiten sind in der Regel mit Zusatzstoffen wie Tensiden und Glykolen versehen, die ebenfalls zu einer deutlichen Reduktion der Oberflächenspannung führen. Somit kann auch hier eine vollständige Benetzung angenommen werden.

Die Flüssigkeitsschicht, die als benetzte Oberfläche in flüssigkeitsführenden Teilen vorliegt, ist grundsätzlich nicht durch Fließvorgänge entfernbar. Die Dicke dieser Schicht ist wiederum von der Viskosität und somit auch von der Temperatur abhängig. Dies bedeutet, dass ein Fahrzeug, welches bei tiefen Temperaturen trockengelegt wurde, höhere Anteile an Betriebsflüssigkeiten aufweisen muss als eines, das bei höheren Temperaturen trockengelegt wurde.

3.3 Die Dampfdrücke von Betriebsflüssigkeiten:

Die Dampfdrücke, die sich abhängig von der Umgebungstemperatur bei Betriebsflüssigkeiten einstellen, können z.B. nach der Clausius Clapeyronischen Gleichung recht zuverlässig abgeschätzt werden. Diese Gleichung stellt die Beziehung zwischen der Verdampfungswärme, dem Molekulargewicht und der Temperatur her und stellt eine Exponentialfunktion der folgenden Form dar:

$$P_1 = \text{EXP} (-\Delta H/R) \times (1/T_1 - 1/T_2) \times p_2 \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

p_1 : Dampfdruck der Flüssigkeit bei der Temperatur T_1

p_2 : Dampfdruck der Flüssigkeit bei einer Temperatur T_2

ΔH : Verdampfungswärme der Flüssigkeit

R : Allgemeine Gaskonstante

T_1, T_2 : Temperatur in K

Während Kältemittel unter Normalbedingungen gasförmig vorliegen, zeigen die flüssig vorliegenden Kraftstoffe abhängig von der Umgebungstemperatur exponentiell ansteigende Dampfdrücke. Zur Verdeutlichung wurde hier eine Dampfdruckkurve berechnet, die jedoch nur einen groben Trend angeben kann, da

es sich bei Kraftstoffen um recht komplexe Mischungen mit sehr weit gestrecktem Siedebereich handelt. So liegt der Siedebereich von Benzin zwischen ca. 40 und 200°C. Als Mittelwert für das Molekulargewicht wurde für Ottokraftstoff Oktan Sp. 125, Molekulargewicht 0,114 kg/Mol, Verdampfungswärme 39kJ/Mol³ herangezogen. Man erhält folgenden Dampfdruckverlauf:

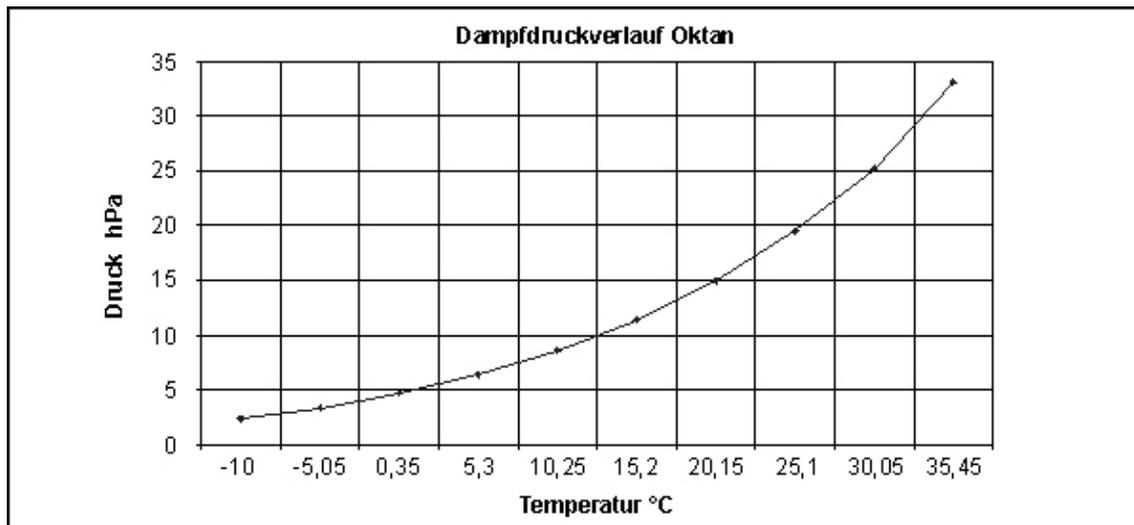


Abbildung 3: Dampfdruckverlauf Oktan

3.4 Zusammenfassung

Bezüglich der physikalischen Zusammenhänge ist also festzuhalten, dass eine Konditionierung der Fahrzeuge auf höhere Temperaturen vor der Trockenlegung hilfreich ist, um hohe Trockenlegungsgrade zu erreichen. Dies gilt insbesondere für das Ablassen von Motor- und Getriebeölen sowie von Bremsflüssigkeiten, da bei diesen Stoffen besonders starke Abhängigkeiten zwischen der Viskosität und der Temperatur auftreten. Tiefe Außentemperaturen führen hier zu einer zu längeren Ablasszeiten bis Tropffreiheit auftritt, zum anderen ergeben sich dickere

³ Laborkatalog Merck 2000

Benetzungsschichten, was den Anteil der Restflüssigkeit im Fahrzeug weiter ansteigen lässt. Daher werden trockenanzulegende Fahrzeuge durch eine Konditionierung auf höhere Temperaturen bei gleichen Trockenlegungszeiten grundsätzlich niedrigere Gehalte an Restflüssigkeiten enthalten, als solche, die bei niedrigen Temperaturen trockengelegt wurden.

Diesem Trend entgegen läuft die Tatsache, dass gleichzeitig mit der Konditionierung auf höhere Temperaturen die Dampfdrücke von Flüssigkeiten ansteigen. Insbesondere bei Kraftstoffen kann dies zu Problemen mit den stationären Arbeitsplatzkonzentrationen führen.

Hierbei ist es bedeutsam, dass sich die Dampfdrücke eines Gemisches aus den Partialdampfdrücken der Einzelkomponenten des Systems gemäß der Forderungen aus dem Raoult'schem Gesetz über die Summierung

$$p_{(g)} = \sum x_{(i)} \times p_{(i)} \quad (5)$$

aufbauen, was bedeutet, dass Komponenten mit niedrigen Siedepunkten, abhängig von ihren Anteilen $x_{(i)}$ in der Mischung multipliziert mit dem jeweiligen Dampfdruck der Komponente selbst ($p_{(i)}$) angereichert werden. Dies kann zu erheblichen Anreicherungen dieser Stoffe in der Dampfphase führen, was besonders bei niedrig siedenden, z.T. toxischen Mischungsbestandteilen von Bedeutung ist. In der Vergangenheit war hier insbesondere Benzol zu nennen, dessen Anteil im Kraftstoff jedoch stark zurückgegangen ist.

4 Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegung und Trockenlegungsgrade

4.1 Bestmögliche Trockenlegung

Die bestmögliche Trockenlegung des Altfahrzeugs wird erreicht, wenn das flüssigkeitsführende Aggregat vollständig entfernt wird.

Ohne diese Demontage ist die bestmögliche Trockenlegung abhängig von der Entnahmedauer.

4.1.1 Ablasszeiten und Nachtropfzeiten

Daher wurde in dieser Studie auch untersucht, wie lange im speziellen Öle nach dem Strömungsabriss an einer Ablassöffnung noch nachlaufen bzw. nachtropfen. Die nachtropfende Ölmenge wurde hierzu kurz nach dem Strömungsabriss über die Zeit aufgezeichnet.

Versuchsparameter:

- Öltyp: 15 W 40
- Laufleistung: 5400 km
- Entnahmetemperatur : 20°C

Die kumulierte entnommene Gesamtmasse über die Zeit stellt sich hierbei wie folgt dar:

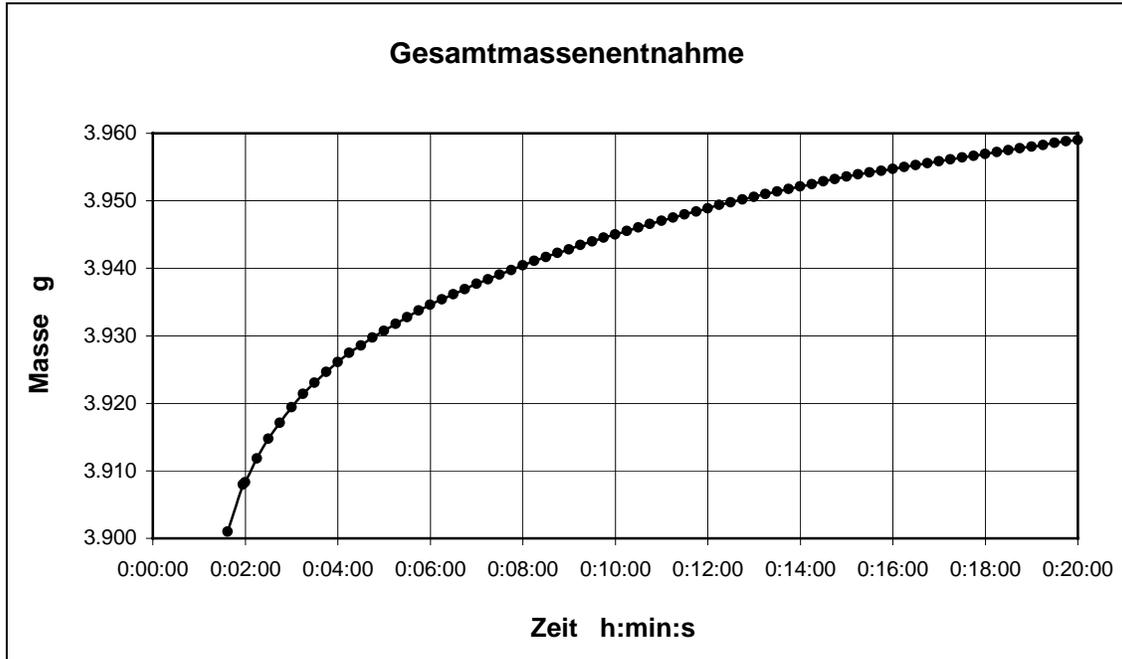


Abbildung 4: Gesamtmassenentnahme Motoröl beim Nachtropfen nach Strömungsabbriss

Nach dem Strömungsabbriss tropfen über 60 Gramm Öl nach, bevor nur noch sehr geringe Nachlaufmengen gefunden werden.

Die nach dem Strömungsabbriss austretende Ölmenge je Zeiteinheit stellt sich wie folgt dar:

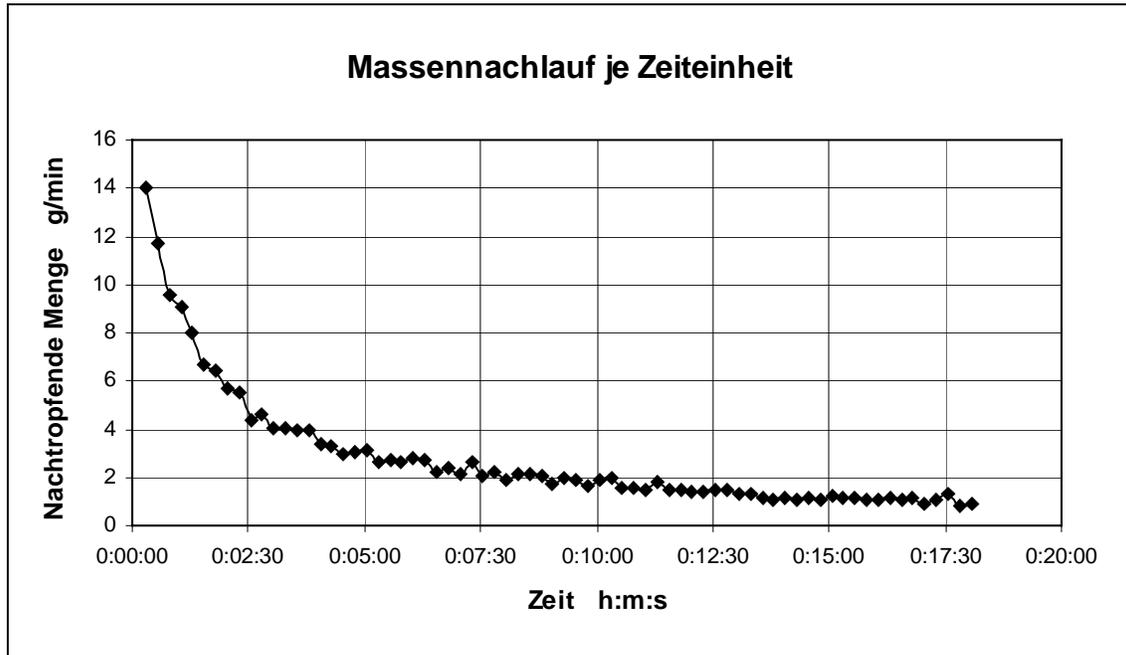


Abbildung 5: Nachlauf von Öl nach Strömungsabbriss je Zeiteinheit

Setzt man die nachtropfende Menge von 60g in einer groben Näherung als 100%-Marke an, so erhält der Verlauf der prozentualen kumulierten Austrittsmenge folgendes Aussehen:

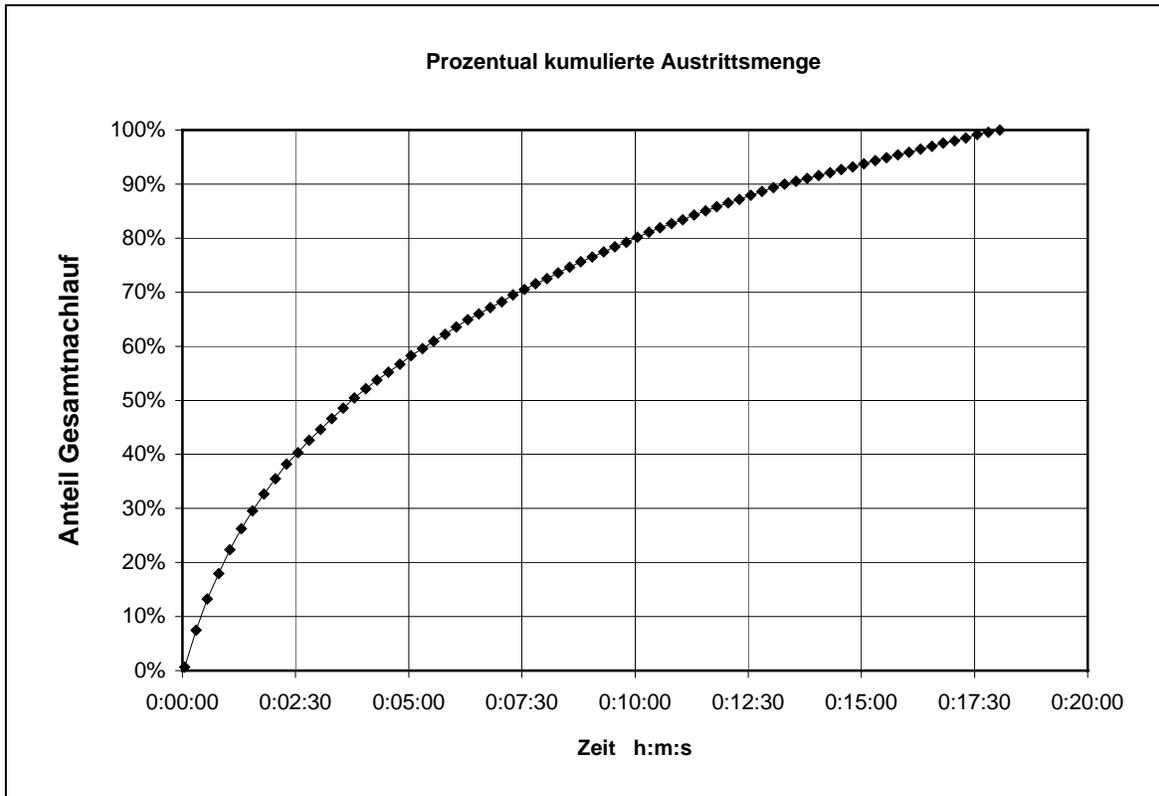


Abbildung 6: Prozentual kumulierte Ölaustrittsmenge nach Strömungsabriss bei einer Gesamtaustrittsmenge von 60 g = 100%

Diese Untersuchung wurde unter Hallenbedingungen durchgeführt (20°C) und wird bei höheren oder tieferen Temperaturen entsprechend andere Ergebnisse liefern. Es werden ferner Abhängigkeiten in Bezug auf die Ölqualitäten auftreten und es werden sicherlich auch unterschiedliche Verlaufsformen je nach Geometrie der Ablassöffnung auftreten. Es bleibt jedoch festzuhalten, dass das System nach dem Strömungsabriss nachtropft. Diese nachtropfenden Mengen könnten bei der Trockenlegung zeitneutral entnommen werden, wenn die Trockenlegung der ölführenden Aggregate als erstes durchgeführt wird und die nachtropfenden Mengen während der Trockenlegung der übrigen Aggregate aufgefangen wird. Das Nachtropfen der Öle kann auch dadurch weitgehend verhindert werden, dass nach dem Ablassen nachgesaugt wird.

Man kann den Entnahmeprozess ca. 5 - 10 Minuten nachdem unmittelbar an der Ablassöffnung bzw. der Entnahmestelle ein Strömungsabriss erfolgt ist und nur noch tropfenweise Flüssigkeit austritt, beenden, da dann nur noch minimale Mengen unter großem Zeitaufwand entnommen werden können. Diese Angaben gelten für Öle, wenn das Fahrzeug auf Hallenbedingungen konditioniert ist.

In der folgenden Tabelle ist abschließend aufgelistet, welche Austrittsmengen an Öl nach Strömungsabriss im Versuch zu erwarten sind:

Zeit nach Strömungsabriss	Prozentual kumulierter Ölaustritt (60g=100%)	Nachlaufende Ölmenge je Minute
5 Minuten	58%	25,2g
6 Minuten	64%	21,6g
7 Minuten	68%	19,2g
8 Minuten	73%	16,2g
9 Minuten	77%	13,8g
10 Minuten	80%	12,0g

Tabelle 1: Nachlauf von Öl nach Strömungsabriss

4.2 Qualität der Trockenlegung, Trockenlegungsgrade

Um den Stand der Technik bei der Trockenlegung zu beschreiben, muss zunächst ein Maß für die Qualität der Trockenlegung gefunden werden. Zwei verschiedene Messgrößen werden in der Praxis verwandt:

Absoluter Trockenlegungsgrad

Zum einen der Trockenlegungsgrad, der die aus dem Fahrzeug entnommene Betriebsflüssigkeitsmenge in Bezug setzt zu der Gesamt-Betriebsflüssigkeitsmenge. Werden die Betriebsflüssigkeiten vor der Entnahme auf einen definierten Wert aufgefüllt (z.B. auf maximalen Füllstand), bietet der so definierte Trockenlegungsgrad ein geeignetes Maß, um die absolute Güte der Trockenlegung zu beurteilen. Konstruktive Eigenschaften wie große Totvolumina, d.h. nicht erreichbare Vertiefungen in flüssigkeitsführenden Systemen oder solche, die unter der Ablassöffnung liegen, können so leicht erkannt werden. Diese Messgröße wird daher von tec4U standardmäßig zur Beurteilung der Flüssigkeitssysteme zu untersuchender Fahrzeuge genutzt.

Relativer Trockenlegungsgrad

Eine andere Definition legt die praktisch entfernbar Flüssigkeitsmenge zugrunde und berücksichtigt diejenige Flüssigkeitsmenge nicht, die z.B. aufgrund von Totvolumina im Aggregat verbleibt. Diese Methode stellt eine gute Möglichkeit dar Entnahmeverfahren bei gleichen Fahrzeugtypen zu vergleichen. Sie sagt jedoch nichts darüber aus, wie viel Restflüssigkeit im Aggregat verbleibt.

In der Praxis jedoch ist zur Beurteilung der Qualität der Trockenlegung der Trockenlegungsgrad in beiden Betrachtungsweisen ungeeignet. Zum einen weisen die zur Verwertung anstehenden Fahrzeuge in den seltensten Fällen definierte Füllmengen auf, zum anderen werden über die Betrachtung der entnommenen Flüssigkeitsmengen Fahrzeuge mit unterschiedlichen flüssigkeitstragenden Systemen nicht einheitlich gewertet. Vergleiche sind somit nur innerhalb der einzelnen Modelle möglich.

Um dennoch die Qualität der Trockenlegung in der Betrieblichen Verwertungspraxis ermitteln zu können, wurde die im Fahrzeug verbleibende

Restmenge als Messgröße herangezogen. Sie lässt Vergleiche zwischen verschiedenen Fahrzeugtypen zu und ist darüber hinaus unabhängig von den stark unterschiedlichen Füllständen, mit denen die Fahrzeuge beim Verwerter angeliefert werden.

Darüber hinaus stellt die Restmenge an Betriebsflüssigkeiten das eigentliche ökologische Gefährdungspotential dar, welches bei der weiteren Behandlung oder beim Transport des Altfahrzeuges zur endgültigen Verwertung freigesetzt werden kann.

Im Fahrzeug verbleibende Restmengen lassen sich nur ermitteln, indem man die flüssigkeitsführenden Komponenten komplett demontiert und alle bei der Demontage auftretenden Betriebsflüssigkeiten aufnimmt. Das heißt, dass für jedes Fahrzeug (im Extremfall für jedes Modell, Motorvariante, mit/ohne Klimaanlage, Zusatzheizung, Niveauregulierung...) eine Untersuchung der normalerweise im Fahrzeug verbleibenden Restmenge durchgeführt werden muss. Da kaum jedes auf dem europäischen Markt zugelassene Fahrzeug derart aufwändig untersucht werden kann, wurde für die vorliegende Untersuchung ein Spektrum von Fahrzeugen ausgewählt, welches die heute zur Entsorgung anstehenden Altfahrzeuge in etwa wiedergibt.

In einem ersten Überblick wurden in der nachfolgenden Tabelle die im Altfahrzeug auftretenden Betriebsflüssigkeiten und Betriebsmittel mit den aufnehmenden Systemen und Komponenten dargestellt. Es treten jedoch nicht alle Komponenten in allen Fahrzeugen auf. Die einzelnen Komponenten sind hinsichtlich der Entleerungsmöglichkeiten im allgemeinen dargestellt, ohne auf individuelle Besonderheiten verschiedener Fahrzeugtypen genauer einzugehen.

Betriebsflüssigkeit bzw. Betriebsmittel	Beteiligte Komponenten und System	Entnahmemöglichkeit durch am Markt verfügbare Technik
Motoröl	Ölwanne	Fast vollständig
	Ölfiler	Zum Teil
	Motorblock	Nicht möglich
	Ölpumpe	Nicht möglich
	Ölkühler	Zum Teil
Getriebeöl	Getriebe	Fast vollständig
	Getriebeölfiler	Zum Teil
Differentialöl	Differential	Fast vollständig
Hydrauliköl Niveauregulierung	Vorratsbehälter	Fast vollständig
	Leitungen	Zum Teil
	Pumpe	Zum Teil
	Zylinder	Zum Teil
Hydrauliköl Servolenkung	Vorratsbehälter	Fast vollständig
	Pumpe	Zum Teil
	Leitung	Zum Teil
	Lenkgetriebe	Zum Teil
Hydrauliköl Automatikgetriebe	Getriebe	Fast vollständig
	Ölfiler	Zum Teil
	Ölkühler	Zum Teil
	Wandler	Zum Teil
	Wandler	Nicht möglich
Bremsflüssigkeit	Ausgleichsbehälter	Fast vollständig
	Hauptbremszylinder	Zum Teil
	ABS Modulator	Nicht möglich
	Leitungen	Fast vollständig
	Radbremszylinder	Zum Teil
	Ausgleich Kupplung	Fast vollständig
	Kupplungsbetätigungs- zylinder	Zum Teil
	Leitung	Fast vollständig
	Hydraulischer Kupplungszyylinder	Zum Teil
Stoßdämpferöl	Stoßdämpfer	Fast vollständig (außer bei Gasdruck oder integriertem Niveaueausgleich:

Betriebsflüssigkeit bzw. Betriebsmittel	Beteiligte Komponenten und System	Entnahmemöglichkeit durch am Markt verfügbare Technik
	Hydrolager im Motorbereich	Zum Teil
	Schwingungsdämpfer	Zum Teil
Kältemittel und Kompressoröl	Klimakühler	Kältemittel fast vollständig (bei betriebswarmem Motor voll-ständig)
	Wärmetauscher Innenraum	Kältemittel fast vollständig
	Leitungen	Kältemittel fast vollständig
	Klimakompressor	Kältemittel fast vollständig, Kompressoröl nur zu geringen Mengen
Kühlflüssigkeit	Kühler	mit Ablass: fast vollständig / ohne Ablass: zum Teil
	Vorratsbehälter	Fast vollständig
	Wärmetauscher Innenraum	Zum Teil
	Wasserpumpe	Zum Teil
	Motorblock	Mit Ablass: fast vollständig / ohne Ablass zum Teil
	Leitungen	Zum Teil
Scheibenwaschflüssigkeit	Waschwasserbehälter	Fast vollständig
	Leitungen	In der Regel nicht möglich
Kraftstoff	Tank	Fast vollständig
	Leitungen	Zum Teil
	Filter	Zum Teil
	Vergaser	Nicht möglich
Fette und Schmierstoffe	Antriebswellen	Zum Teil
	Kugelhöpfe	Nicht möglich
	div. Motoren (z.B. Fensterheber)	Nicht möglich

Tabelle 2: Entnahmemöglichkeiten verschiedener Betriebsmittel

Um die Ergebnisse auf eine möglichst breite Datenbasis zu stellen, wurden neben den eigenen Untersuchungen die Ergebnisse einer Diplomarbeit der FH Lübeck (siehe 12.2 Auszug aus Diplomarbeit FH Lübeck) in diesen Bericht eingearbeitet. Außerdem wurde eine Fragebogenaktion durchgeführt, in der zahlreiche Verwerter

in Deutschland zu der Verwertungspraxis befragt wurden.
Die Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

4.3 Ermittlung von Restflüssigkeitsmengen in trockengelegten Fahrzeugen der FH Lübeck

Im Rahmen dieser Diplomarbeit der FH Lübeck wurden innerhalb eines Feldversuches die Restmengen an Betriebsflüssigkeiten in zuvor trockengelegten Fahrzeugen untersucht. Diese Untersuchung erfolgte bei 2 Betrieben an jeweils 50 verschiedenen zuvor trockengelegten Fahrzeugen. Bei der Auswahl der Fahrzeuge wurde darauf geachtet, daß eine möglichst große, aber innerhalb der beiden Betriebe vergleichbare Typpalette untersucht wurde. Die Fahrzeuge wurden auf dem Betriebsgelände zum Zecke des Ersatzteilverkaufs jeweils paarweise gestapelt gelagert. Es mußte teilweise zerstörungsfrei gearbeitet werden, da eine zerstörende Öffnung der flüssigkeitsführenden Aggregate deren Wiederverkauf unmöglich gemacht hätte. Die untersuchten Fahrzeugtypen sind im Anhang angegeben.

Es ist anzumerken, dass bei dieser Untersuchung die Anteile an Betriebsflüssigkeiten nicht erfasst sind, die in unzugänglichen Bereichen noch auftreten können (z. B Kühlflüssigkeit im Motorblock etc.).

Auch ist zu beachten, dass die Untersuchung an Fahrzeugen durchgeführt wurde, die teilweise bereits länger zurückliegend trockengelegt wurden. Hierdurch können insbesondere bei Kraftstoffen und wässrigen Medien Verdunstungsverluste auftreten.

Die erhaltenen Ergebnisse sind im folgenden grafisch dargestellt, wobei die Mittelwerte für die gemessenen Gehalte an Restflüssigkeiten herangezogen wurden und diesen die sich aus diesen Mittelwerten errechnete Standardabweichung gegenübergestellt wurde:

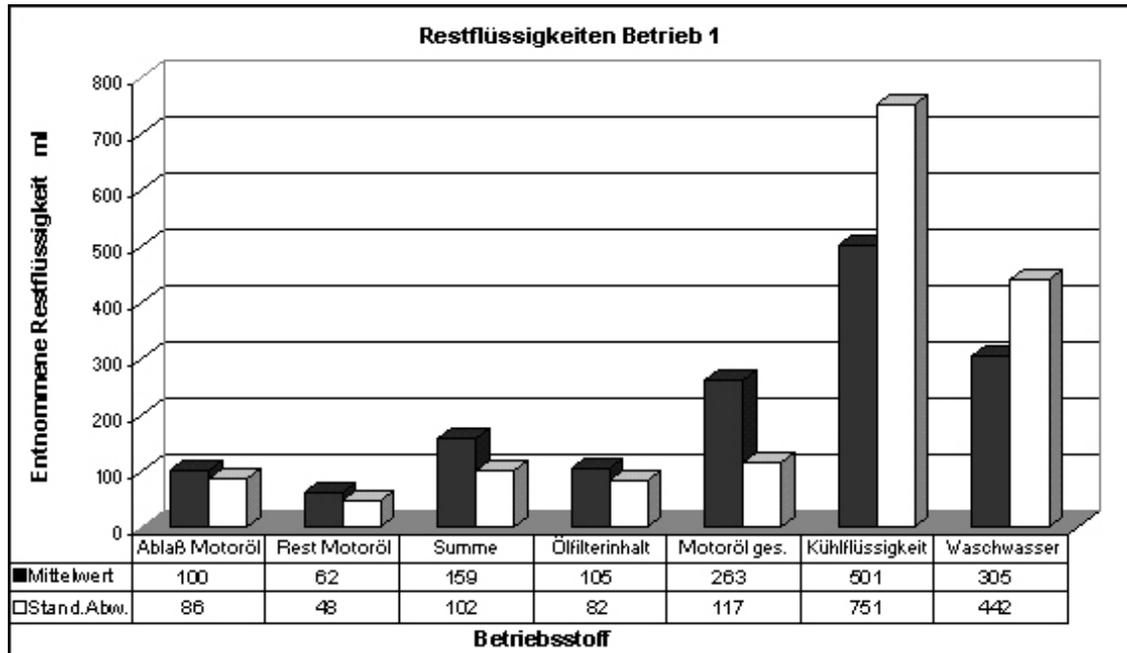


Abbildung 7: Ermittelte Restflüssigkeiten in Betrieb 1

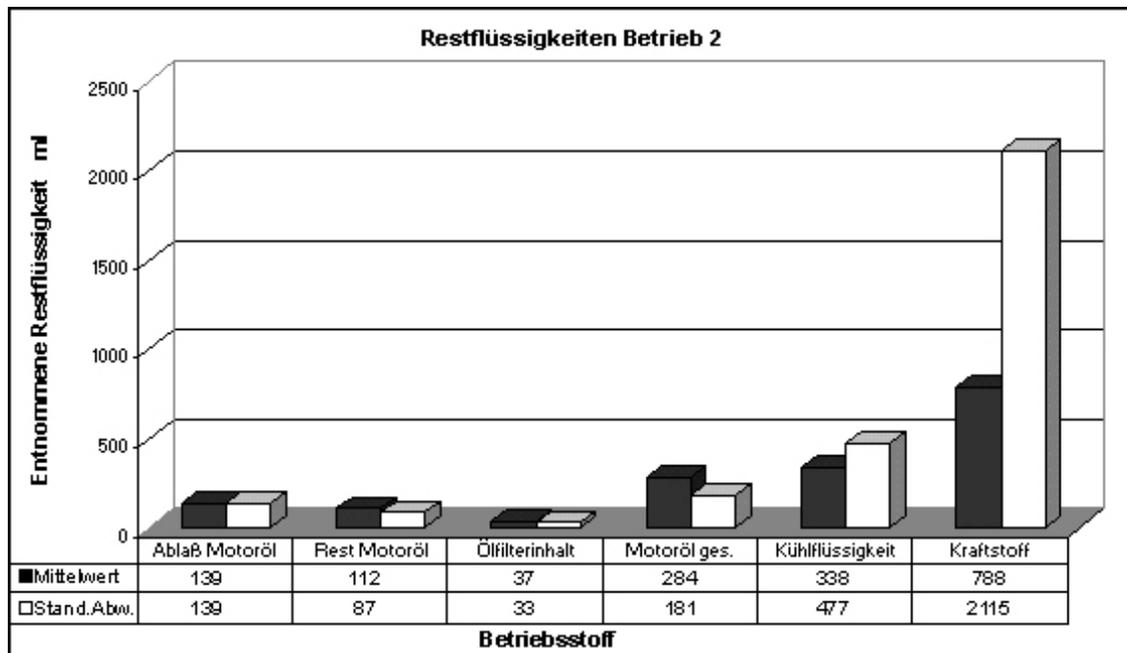


Abbildung 8: Ermittelte Restflüssigkeiten in Betrieb 2

In der genannten Arbeit werden die aufgetretenen Unterschiede zwischen den beiden Betrieben diskutiert . Hier wird u.a. darauf hingewiesen, dass insbesondere die Lage des Fahrzeuges bei der Trockenlegung einen wesentlichen Einfluss darauf hat, wie viel Betriebsflüssigkeit entnommen werden kann. Auch der Transport des Fahrzeuges von der Trockenlegung zur Lagerung und die Art der Lagerung selbst haben Einfluss auf die aus Totvolumina nachlaufenden Restmengen an Betriebsflüssigkeiten.

4.3.1 Motoröl

Bei den Motorölen wurde diejenige Restmenge gemessen, die sich nach erneutem Öffnen der Ablassschraube/Ablassöffnung noch entnehmen ließ und diejenige Menge an Motoröl ermittelt, die sich anschließend noch in der Ölwanne befand. Die Ermittlung der Restmenge in der Ölwanne wurde durch die Demontage der Ölwanne durchgeführt. Ebenso wurde der Inhalt des Ölfilters untersucht

Bei den Ablassmengen für Motoröle wurden folgende Streuungen gefunden:

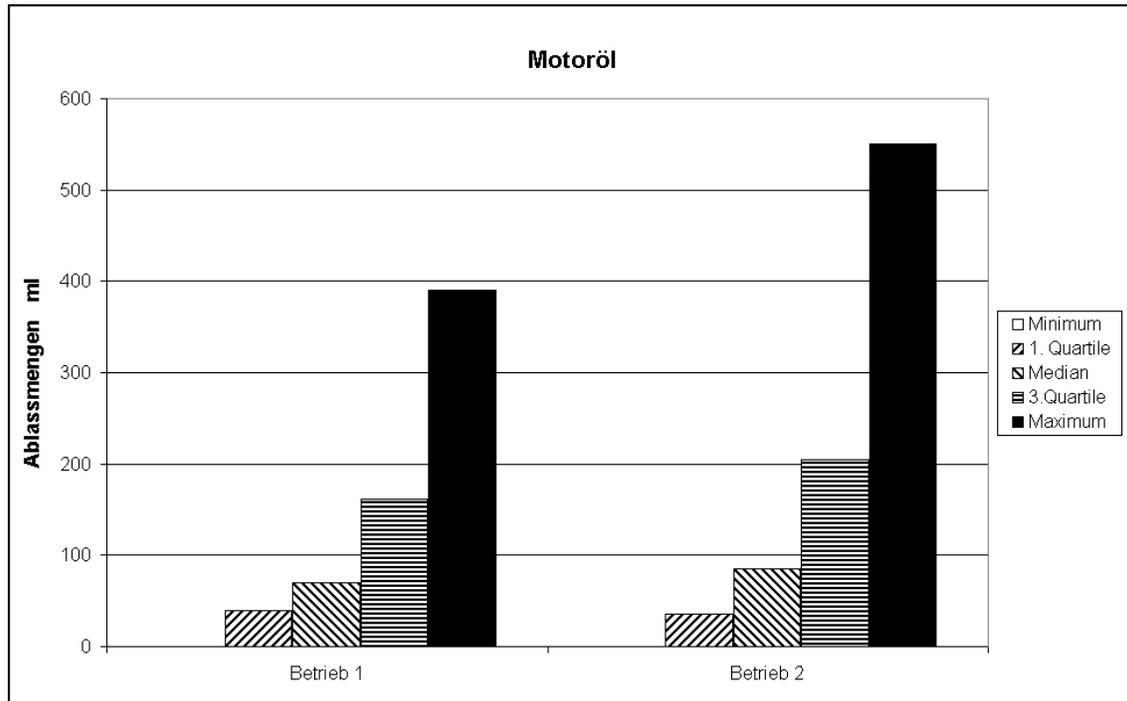


Abbildung 9: Ablassmengen Motoröl

Die Ergebnisse beider Betriebe liegen hier recht nahe bei einander, wobei in Betrieb 2 ein deutlich erhöhter Maximalwert zu verzeichnen ist. Die Öltemperaturen betragen bei der Erfassung der Restmengen zwischen 8 und 22 °C, ein Bereich also, bei dem die Viskosität des Öls besonders stark von der Temperatur abhängt und wodurch die auftretenden Maximalwerte möglicherweise beeinflusst worden sind.

Die Reste des Motoröls, die nach dem erneuten Ablass in den Ölwanne gefunden wurden bzw. sich noch in den Ölfiltern fanden, streuen bei beiden Betrieben folgendermaßen:

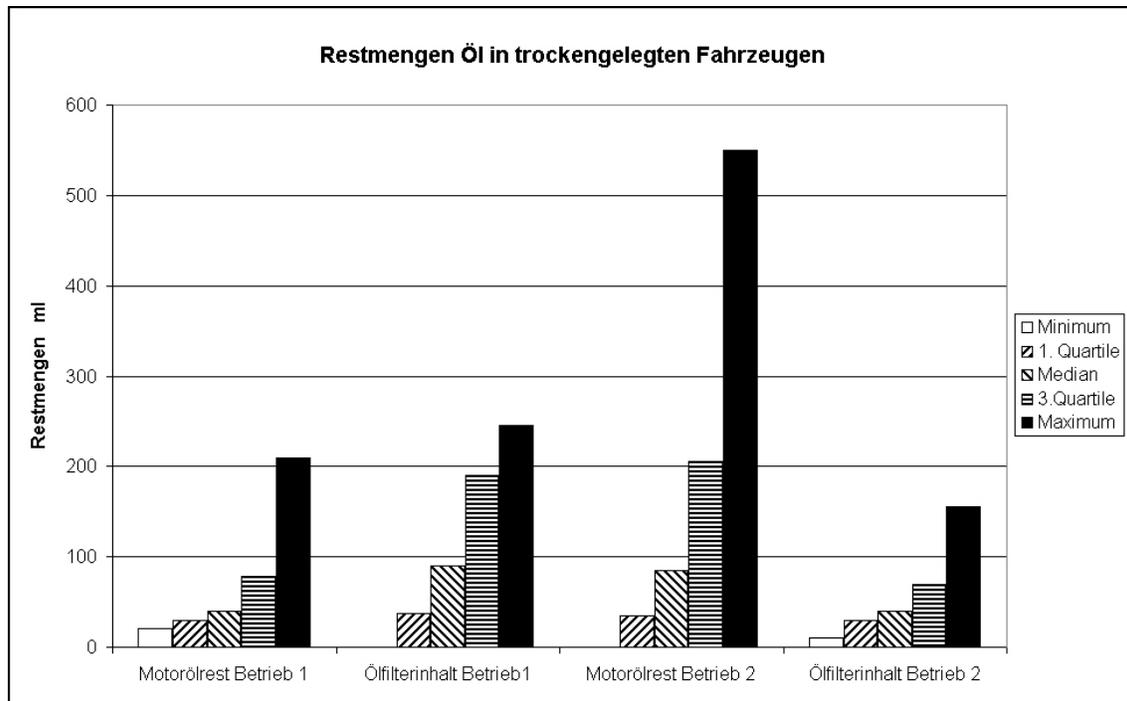


Abbildung 10: Restmengen Öl in trockengelegten Fahrzeugen

Es fällt auf, dass die nach der Messung der Ablassmenge noch verbleibenden Menge an Öl in der Ölwanne und im Ölfilter bei beiden Betrieben recht unterschiedlich ist.

Dies wird in der zitierten Arbeit auf die Lage des Fahrzeuges zurückgeführt, da die in der Ölwanne verbleibende Restmenge an Öl stark von der Neigung des Fahrzeuges bei der Lagerung und der Positionierung des Fahrzeuges zur Trockenlegung abhängt. So können beispielsweise bei sehr starken Neigungen Öle aus Totvolumina im Motor freigesetzt werden. Die unterschiedlichen Inhalte der Ölfilter werden auf nicht konsequente Arbeitsweisen in Betrieb 1 zurückgeführt.

4.3.2 Kühlflüssigkeit

Bei den Kühlflüssigkeiten wurde kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Betrieben gefunden, wie folgende Gegenüberstellung zeigt:

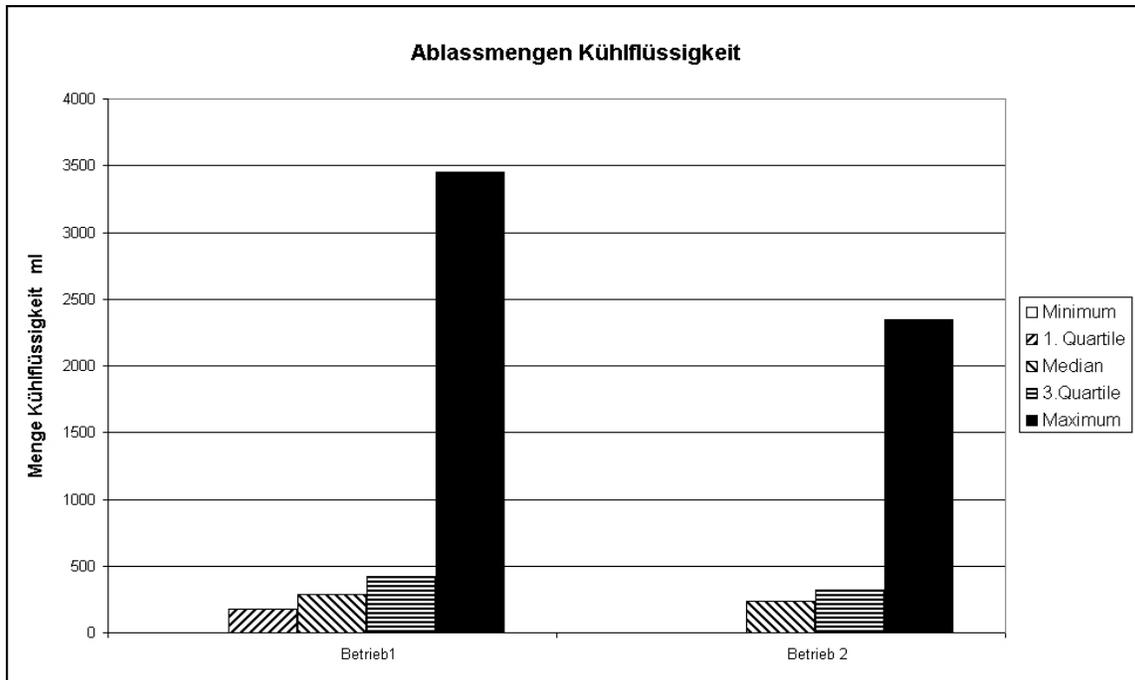


Abbildung 11: Kühlflüssigkeit

Die Restmengen werden durch Reservoirs im Kühlkreislauf verursacht, die bei der Trockenlegung nicht ohne weiteres erreichbar sind. Es fiel auf, dass die Kühlsysteme nicht immer am tiefsten Punkt, der zur Entnahme der Kühlflüssigkeit aus dem Kühler optimal gewesen wäre, geöffnet wurden.

Bei der Waschflüssigkeit, die durch einfache Demontage des Waschbehälters entfernbar ist, wurde in der genannten Arbeit festgestellt, dass diese von einem Betrieb vollständig entnommen wurde, so dass keine Restmengen gefunden wurden, bei dem anderen Betrieb wurden erhebliche Restmengen gefunden, was auf nicht konsequentes Arbeiten zurückgeführt wurde.

4.3.3 Kraftstoff

Der Vergleich der erzielbaren Restmengen an Kraftstoffen zeigte, dass es offenbar erhebliche Unterschiede bezüglich der Ergebnisse der Trockenlegung bei den einzelnen Methoden zur Entnahme gibt:

In Betrieb 1, der zur Entnahme des Kraftstoffes eine käufliche Anlage verwendet, die den Kraftstofftank am tiefsten Punkt ansticht, wurden keine Kraftstoffreste im Tank gefunden. Hierzu wird jedoch in der zitierten Arbeit angemerkt, dass die untersuchten Fahrzeuge zum Teil mehrmonatige Lagerzeiten aufwiesen, wodurch bei den offenen Systemen naturgemäß Verdunstungsverluste zu erwarten sind.

Bei Betrieb 2 wurde der Kraftstoff über die Saugleitung des Altfahrzeuges bzw. über die Tankfüllöffnung entnommen. Auch hier handelte es sich bei dem untersuchten Fahrzeugbestand z.T. um Altfahrzeuge, die mehrere Monate gelagert wurden und daher Verluste von Kraftstoffresten durch Verdunstung zu erwarten sind. Hier fanden sich folgende Restmengen:

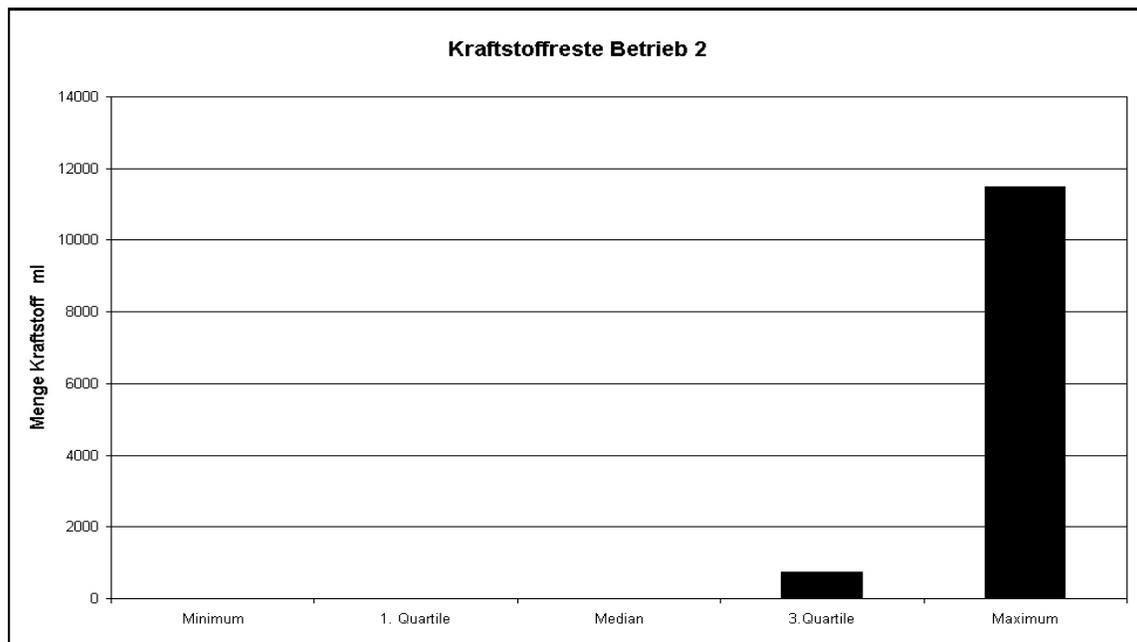


Abbildung 12: Kraftstoffreste in Betrieb 2

Bis zum Median (50% der untersuchten Fahrzeuge) waren die trocken gelegten Fahrzeuge (auch wenn die z.T. lange Lagerzeit berücksichtigt werden muss) frei von Kraftstoffen. In einer Minderheit der Fahrzeuge fanden sich Restmengen, die offenbar auf Totvolumina zurückzuführen sind, die über die Saugleitung nicht erreichbar sind.

4.4 Trockenlegungsergebnisse im Versuch

Im Rahmen der Untersuchung über den Stand der Technik bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen wurde innerhalb eigener Trockenlegungsversuche überprüft, welches Maß bei der Trockenlegung mit herkömmlicher, am Markt verfügbarer Technik realisierbar ist. Die technisch zur Verfügung stehenden Methoden, um eine Trockenlegung zu erreichen, sind für das jeweilige Aggregat unterschiedlich, beinhalten aber immer Vorgehensweisen wie Demontieren, Absaugen, Ablassen und reversibles oder zerstörendes Öffnen. Die ermittelten Restmengen stellen somit Werte dar, die bei Fahrzeugen, die auf Hallenbedingungen konditioniert wurden, erreichbar sein sollten. Die Fahrzeuge wurden für die Trockenlegung waagrecht positioniert. Dadurch lässt sich jedoch nicht herleiten, dass die ermittelten Restmengen Minimalmengen darstellen, die nicht mehr unterschritten werden können. Es handelt sich vielmehr um Restmengen, die bei den untersuchten Fahrzeugtypen mit den oben beschriebenen Entnahmemethoden im Fahrzeug verbleiben.

Zusätzlich zu den Restmengen wurde die zur Trockenlegung der Fahrzeuge erforderliche Arbeitszeit gemessen, um ein Bild über den zeitlichen Aufwand und den hierdurch erzeugten ökologischen Effekt zu erhalten. Die angegebenen Arbeitszeiten sind nicht repräsentativ für das Altfahrzeug im allgemeinen, sondern beziehen sich auf den betrachteten Fahrzeugtyp, dessen Füllstände mit Flüssigkeiten und das eingesetzte Werkzeug zur Trockenlegung.

Die Arbeitszeiten geben einen Überblick darüber, mit welchem Zeitaufwand bei sorgfältiger Arbeitsweise gerechnet werden muss, um hohe Trockenlegungsgrade an einem Aggregat zu erreichen.

Für die Untersuchung wurden Fahrzeuge ausgewählt, die derzeit einen hohen Lösungsanteil zeigen und aus den Segmenten der Klein-, Mittel- und Oberklasse stammen. Dies waren:

Fahrzeugklasse	Fahrzeugtyp	Lösungsanteil	Bauzeitraum
Kleinwagen	Peugeot 205	0,8 %	83 – 96
	VW Polo	2,4 %	82 – 90
Mittelklasse	BMW 3er	2,7 %	82 – 90
	VW Golf	5,1 %	83 – 92
	Opel Ascona	0,7 %	81 – 88
Oberklasse	Mercedes W124	1,6 %	84 – 93
	Mazda 626	0,6 %	82 - 87

Tabelle 3: untersuchte Fahrzeugtypen

Die Datenbasis wurde hierbei den statistischen Mitteilungen des Kraftfahrbundesamtes entnommen.

Die Einzelprotokolle zur Trockenlegung / Vorbehandlung dieser Fahrzeuge sind im Anhang 12.3 Eigene Trockenlegungsversuche verfügbar.

	BMW 320i [g]	Mercedes 260E [g]	Opel Ascona [g]	Peugeot 205 [g]	Renault 25 [g]	VW Golf [g]	VW Polo [g]
Motoröl	3.702	5.525	3.198	3.825	5.293	3.887	3.615
Getriebeöl	1.047	1.360	1.680	1.800	2.385	1.080	1.891
Differentialöl	878	1.020	-	-	-	-	-
Servoöl	-	800	-	-	617	-	-
Dämpferöl	890	1.131	726	698	1.228	1.008	732
Kühlflüssigkeit	10.500	9.000	7.700	5.800	8.300	6.300	5.600
Waschwasser	4.000	5.000	1.600	3.200	2.000	4.200	3.500
Bremsflüssigkeit	395	424	388	473	544	383	375
Kraftstoff	41.250	52.500	45.750	37.500	54.000	41.250	31.500
Kältemittel	-	-	-	-	950	-	-

Tabelle 4: Füllmengen der untersuchten Fahrzeuge

4.4.1 Entnahme Motoröle:

Die Entfernung der Motoröle wurden in drei verschiedenen Vorgehensweisen vorgenommen:

- 1) durch Ablassen aus der Ablassöffnung,
- 2) durch Ablassen aus der Ablassöffnung mit anschließendem Nachsaugen und
- 3) durch Absaugen über das Führungsrohr für den Ölmesstab.

Die Ergebnisse sind im folgenden dargestellt:

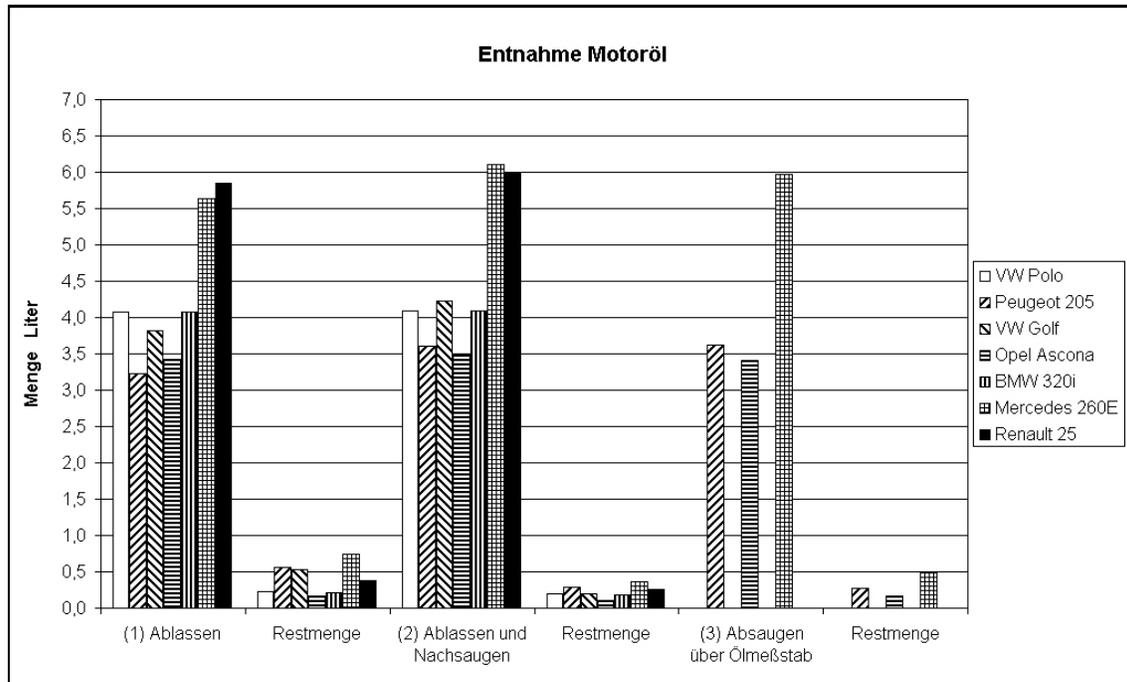


Abbildung 13: Vergleich der Entnahmemengen von Motoröl bei verschiedenen Entnahmemethoden

Eine Auswertung der verbleibenden Restmengen ergab:

1. Mittlere verbleibende Restmenge nur Ablassen:
0,4 Liter (Standardabweichung = 0,22)
2. Mittlere verbleibende Restmenge Ablassen/Nachsaugen:
0,23 Liter (Standardabweichung = 0,08)
3. Die Absaugung über das Führungsrohr des Ölmesstabes war nur bei den Fahrzeugen VW, Peugeot, Opel und Mercedes möglich, da die tiefste Stelle bei den anderen Typen nicht erreichbar ist. Daher erfolgte hier keine Wertung.

Die Entnahmezeiten stellen sich wie folgt dar:

Entnahmezeiten des Motoröls	(1) Ablassen [h:mm:ss]	(2) Ablassen und Nachsaugen [h:mm:ss]	(3) Absaugen über Ölmess-Stab [h:mm:ss]
VW Polo	0:05:50	0:06:19	0:07:27
Peugeot 205	0:05:09	0:05:51	0:05:48
VW Golf	0:07:52	0:08:28	n.m.
Opel Ascona	0:08:53	0:09:10	0:09:08
BMW 320i	0:08:39	0:08:58	n.m
Mercedes 260E	0:11:28	0:11:51	0:08:19
Renault 25	0:09:43	0:09:59	n.m
Mittelwert	0:08:13	0:08:39	0:07:40

Tabelle 5: Vergleich der Entnahmemengen von Motoröl bei verschiedenen Entnahmemethoden

4.4.2 Getriebeöl

Es zeigte sich, dass eine geöffnete oder geschlossene Einfüllöffnung keine nennenswerten Auswirkungen auf den Trockenlegungsgrad hatte.

Zur Trockenlegung der Getriebe standen folgende Optionen zur Verfügung:

1. Ablassen über Ablassöffnung
2. Ablassen und Nachsaugen über Ablassöffnung
3. Zerstörung der Gehäuses an der tiefsten Stelle (Anbohren/Anmeißeln) und Ablassen des Getriebeöls

Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar:

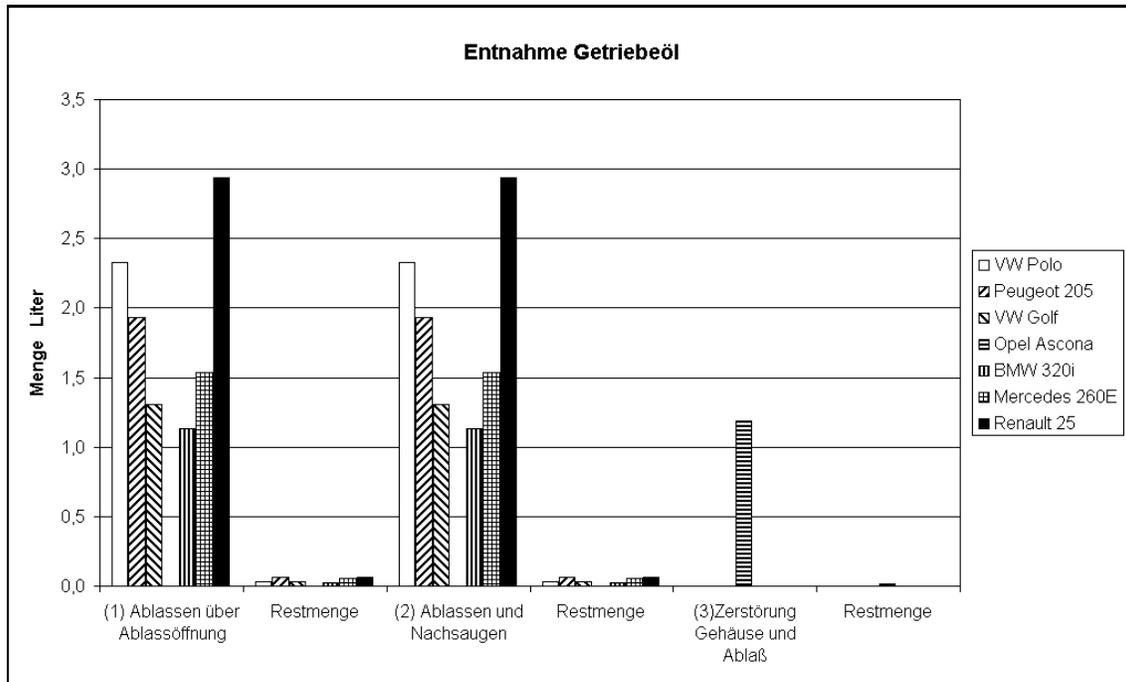


Abbildung 14: Vergleich der Entnahmemengen von Getriebeöl bei verschiedenen Entnahmemethoden

Eine Auswertung der im Fahrzeug verbleibenden Restmengen an Getriebeöl ergab:

- Ablassen: Restmenge 0,05 Liter (Standardabweichung = 0,02)
- Ablassen und Nachsaugen: Restmenge 0,05 Liter (Standardabweichung = 0,02)

Eine Auswertung der erforderlichen Trockenlegungszeiten ergab folgenden Zeitbedarf:

Entnahmezeiten Getriebeöle	Ablassen [h:mm:ss]	Zerstörung Getriebegehäuse [h:mm:ss]
VW Polo	0:05:15	-
Peugeot 205	0:04:14	-
VW Golf	0:02:22	-
BMW 320i	0:01:31	-
Mercedes 260E	0:01:43	-
Renault 25	0:04:20	-
Opel Ascona	-	0:02:42
Mittelwert	0:03:14	0:02:42

Tabelle 6: Vergleich der Entnahmemengen von Getriebeöl bei verschiedenen Entnahmemethoden

4.4.3 Differentialöle

Die Entnahme der Differentialöle ist nur bei den Fahrzeugen mit Heckantrieb bestimmt worden, da bei den Fahrzeugen mit Vorderradantrieb das Differential über den Getriebeölkreislauf mitgeschmiert wird. Dies waren die Modelle BMW 320i und Mercedes 260E.

Zur Trockenlegung standen folgende Optionen zur Verfügung

1. Ablassen über die Ablassöffnung
2. Ablassen und Absaugen über Ablassöffnung

Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar:

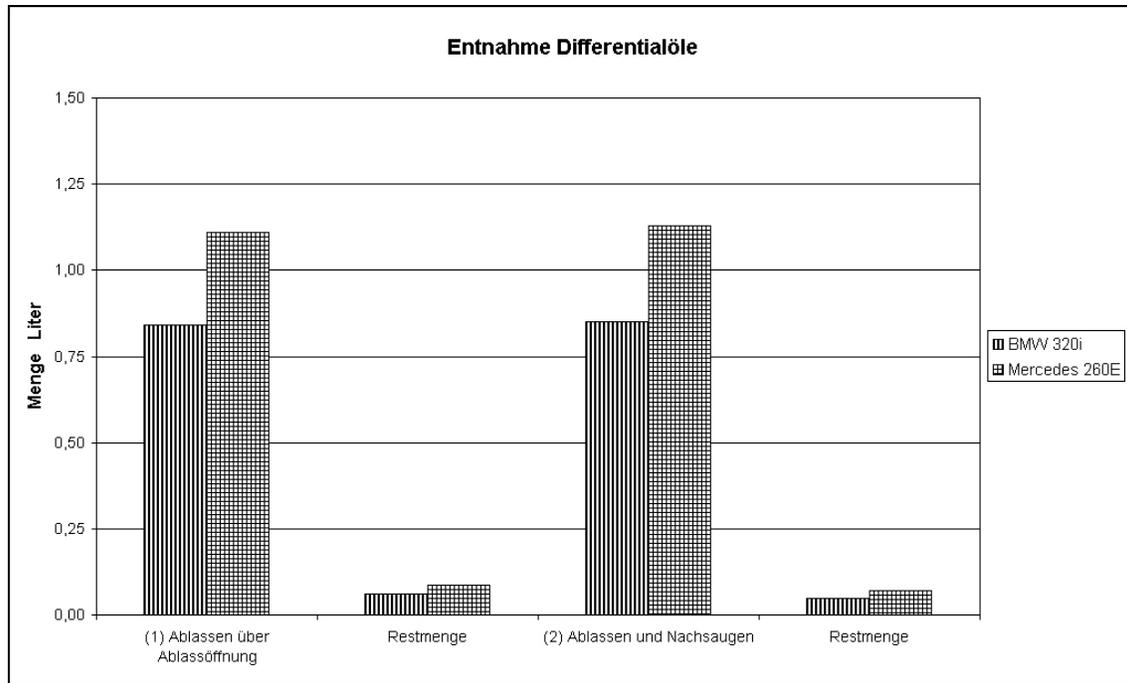


Abbildung 15: Vergleich der Entnahmemengen von Differentialöl bei verschiedenen Entnahmemethoden

Die im Fahrzeug verbleibenden Restmengen liegen bei der Trockenlegung über die Ablassöffnung bei 0,07 Liter, wird zusätzlich nachgesaugt verbleiben 0,06 Liter als Restmenge

Bei der Entnahme der Differentialöle wurden folgende Zeiten ermittelt:

Entnahmezeiten Differentialöle	(1) Ablassen über Ablassöffnung [h:mm:ss]	(2) Ablassen und Nachsaugen [h:mm:ss]
BMW 320i	0:05:02	0:05:20
Mercedes 260E	0:03:55	0:04:10
Mittelwert	0:04:29	0:04:45

Tabelle 7: Vergleich der Entnahmezeiten von Differentialöl bei verschiedenen Entnahmemethoden

4.4.4 Servolenkungsöle

Das Ausstattungsmerkmal Servolenkung war nur bei den Fahrzeugen Mercedes 260E und Renault 25 vorhanden. Das Servolenkungsöl wurde durch Anstechen des Schlauches am Lenkgetriebe und zusätzlicher kontinuierlicher Lenkbewegung entnommen:

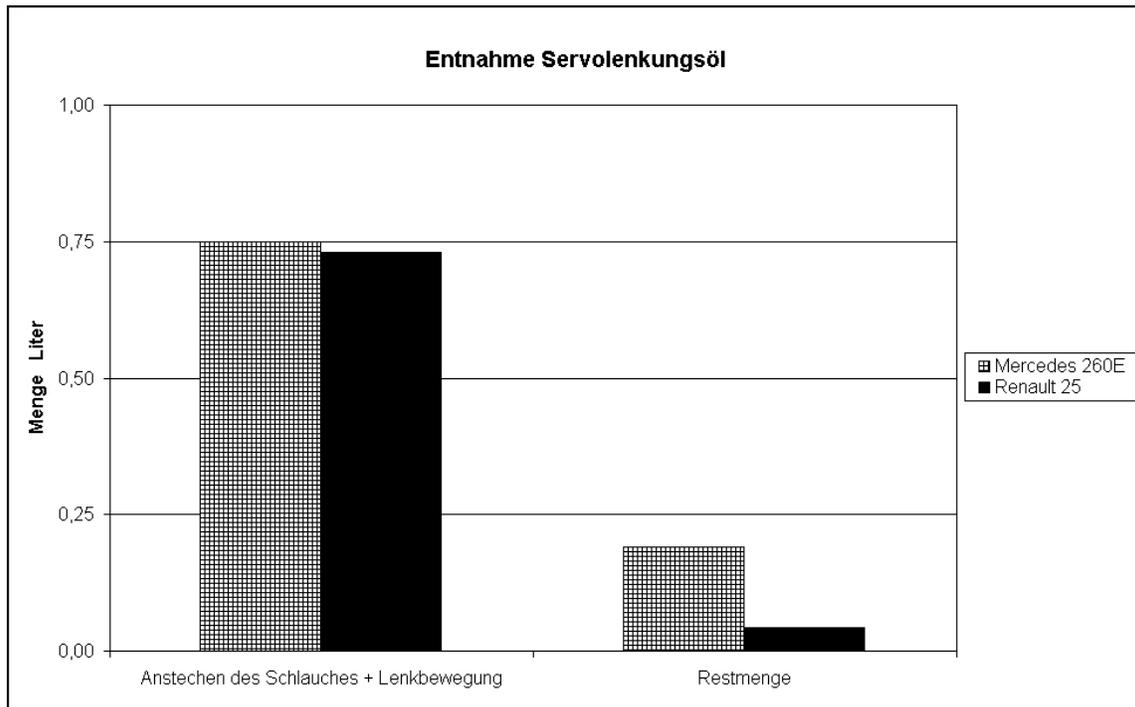


Abbildung 16: Entnahmemengen von Servolenkungsöl

Die im Fahrzeug verbleibenden Restmengen betragen im Mittel 0,12 l

Die Entnahmezeiten stellen sich wie folgt dar

Entnahmezeiten Servolenkungsöl	Anstechen des Schlauches + Lenkbewegung [h:mm:ss]
Mercedes 260E	0:02:26
Renault 25	0:02:16
Mittelwert	0:02:21

Tabelle 8: Entnahmezeiten von Servolenkungsöl

4.4.5 Stoßdämpferöle

Die Stoßdämpferöle können entfernt werden, indem der gesamte Stoßdämpfer demontiert wird, oder indem die Stoßdämpfer angebohrt werden, um das Dämpferöl zu entnehmen. Die Demontage liefert eine 100%ige Entfernung des Dämpferöls aus dem Altfahrzeug, setzt jedoch voraus, dass der Stoßdämpfer anschließend ordnungsgemäß aufgearbeitet wird. Dies kann durch eine nachträgliche Trockenlegung erfolgen, die entweder beim Verwerter oder aber in einem anderen Verwertungsbetrieb durchgeführt wird. Ökologisch vorteilhaft ist die Demontage des Stoßdämpfers, da die Entleerung eines Stoßdämpfers in ausgebautem Zustand in jedem Fall vollständiger erfolgen kann als in eingebautem Zustand.

Innerhalb dieser Untersuchung wurden, da es sich um eine verbreitete Maßnahme zur Trockenlegung handelt, die verbleibenden Restmengen bei einer Trockenlegung durch Anbohren in eingebautem Zustand betrachtet:

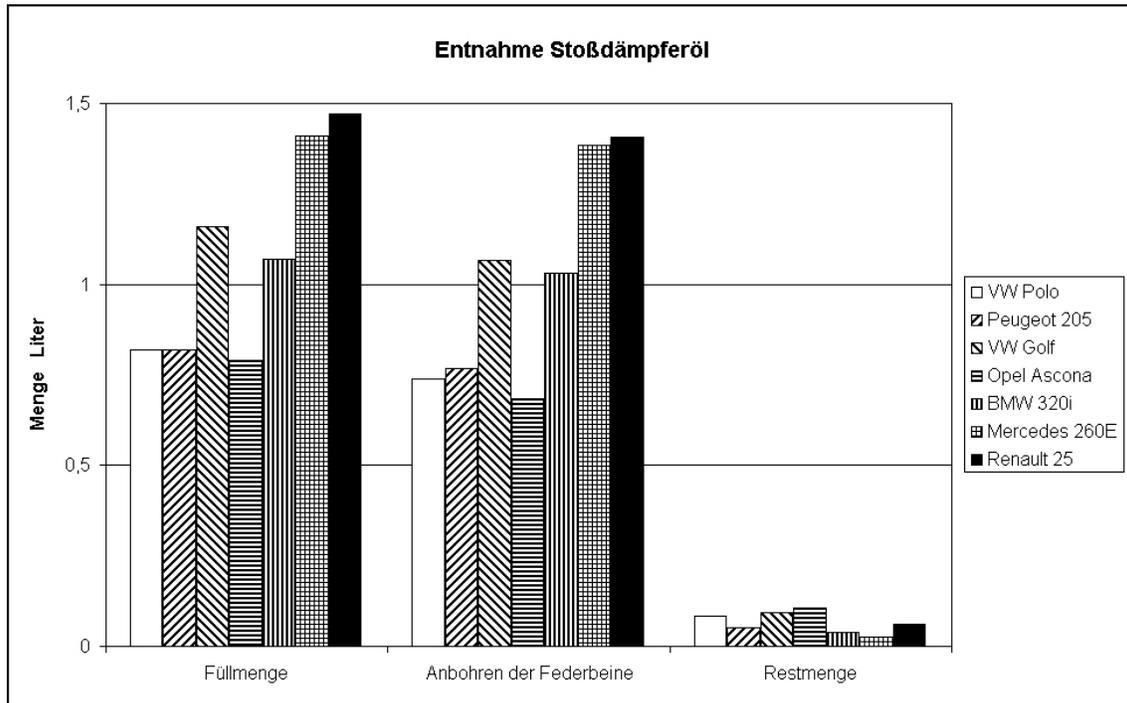


Abbildung 17: Entnahmemengen von Stoßdämpferöl

Die verbleibenden Restmengen betragen im Mittel 0,07 Liter, wobei die Standardabweichung etwa 0,03 l je Stoßdämpfer erreichte.

Die Zeiten, die zur Entfernung der Stoßdämpferöle beziehungsweise zum Ausbau der Stoßdämpfer ermittelt wurden, sind im folgenden angegeben:

Entnahmezeiten Stoßdämpferöl	Anbohren der Stoßdämpfers [h:mm:ss]	Demontage [h:mm:ss]
VW Polo	0:09:40	0:23:32
Peugeot 205	0:06:26	0:16:28
VW Golf	0:06:37	0:12:07
Opel Ascona	0:10:07	0:43:03
BMW 320i	0:09:24	0:09:52
Mittelwert	0:08:27	0:21:00

Tabelle 9: Entnahmezeiten von Stoßdämpferöl

4.4.6 Kühlflüssigkeiten

Bei den Kühlflüssigkeiten wurden verschiedene Methoden zur Entnahme angewendet:

1. die Entnahme erfolgt durch das Ablassen über die Entnahmeöffnungen an Kühler und Motorblock.
2. Zusätzlich zum Ablassen über die Entnahmeöffnungen werden die Heizungsschläuche oder die Kühlschläuche oder beides angestochen.
3. Die Kühlflüssigkeit wird nur durch Anstechen der Kühl- oder Heizschläuche entfernt.

Welche Entnahmemöglichkeit gewählt wird, hängt stark von konstruktiven Gegebenheiten am Fahrzeug ab. Details hierzu finden sich im Anhang zur Trockenlegung der betrachteten Fahrzeuge. Die Restmengen wurden durch Differenzbildung zu den Nennfüllmengen bestimmt.

Die ermittelten Ergebnisse sind in nachfolgender Darstellung angegeben:

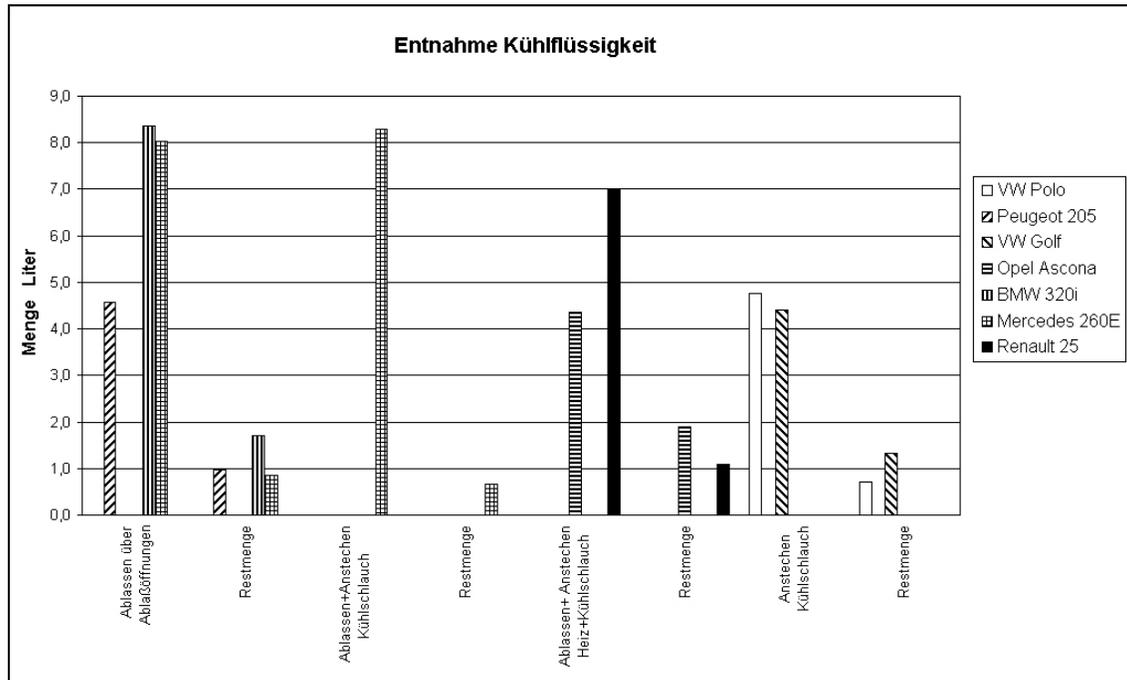


Abbildung 18: Vergleich der Entnahmemengen von Kühlflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden

Die mittlere Zeit zur Entnahme der Kühlflüssigkeiten liegt bei 6 Minuten 42 Sekunden

4.4.7 Scheibenwaschwasser

Das Scheibenwaschwasser kann entweder durch eine Demontage des Behälters entfernt werden oder durch Absaugen über die Einfüllöffnung. Mit beiden Vorgehensweisen wird bei etwa gleichem Zeitaufwand ein Trockenlegungsgrad von über 99% erreicht. Entsprechend verbleiben nur wenige ml Restmenge, die sich im Leitungssystem befinden. Der Mittelwert der Restmenge lag bei Ausbau des Behälters bei 16 ml (Standardabweichung 9 ml). Mittels Absaugen wurden 22 ml bei einer Standardabweichung von 14 ml erreicht.

Die Entnahmezeiten für den Waschwasserbehälter bzw. für die Absaugung der Waschflüssigkeit sind:

Scheibenwaschflüssigkeit	Absaugen [h:mm:ss]	Demontage [h:mm:ss]
VW Polo	0:01:59	0:01:20
Peugeot 205	0:02:08	0:01:33
VW Golf	0:01:33	0:00:37
Opel Ascona	0:00:44	0:00:30
BMW 320i	0:01:44	0:00:40
Mercedes 260E	0:02:04	0:00:30
Renault 25	0:00:46	0:00:46
Mittelwert	0:01:34	0:00:51

Tabelle 10: Vergleich der Entnahmezeiten von Scheibenwaschflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden

4.4.8 Bremsflüssigkeiten

Bremsflüssigkeiten wurden durch

1. Absaugung an den Entlüftungsnippeln
2. Absaugung an den Entlüftungsnippeln mit zusätzlicher Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters sowie
3. Ausblasen durch eine Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter

entfernt. Hierbei wurden durch die reine Absaugung die schlechtesten Ergebnisse erzielt, wohingegen die Entfernung der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung sowohl im Fall des Absaugens als auch im Fall des Ausblasens ähnliche Ergebnisse lieferte. Die mittleren Restmengen lagen beim reinen Absaugen bei

0,09 Liter (Standardabweichung = 0,02),

beim Absaugen mit entsprechender Druckbeaufschlagung bei

0,04 Liter ((Standardabweichung = 0,01)

sowie beim Ausblasen durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters bei 0,04 Liter (Standardabweichung = 0,01)

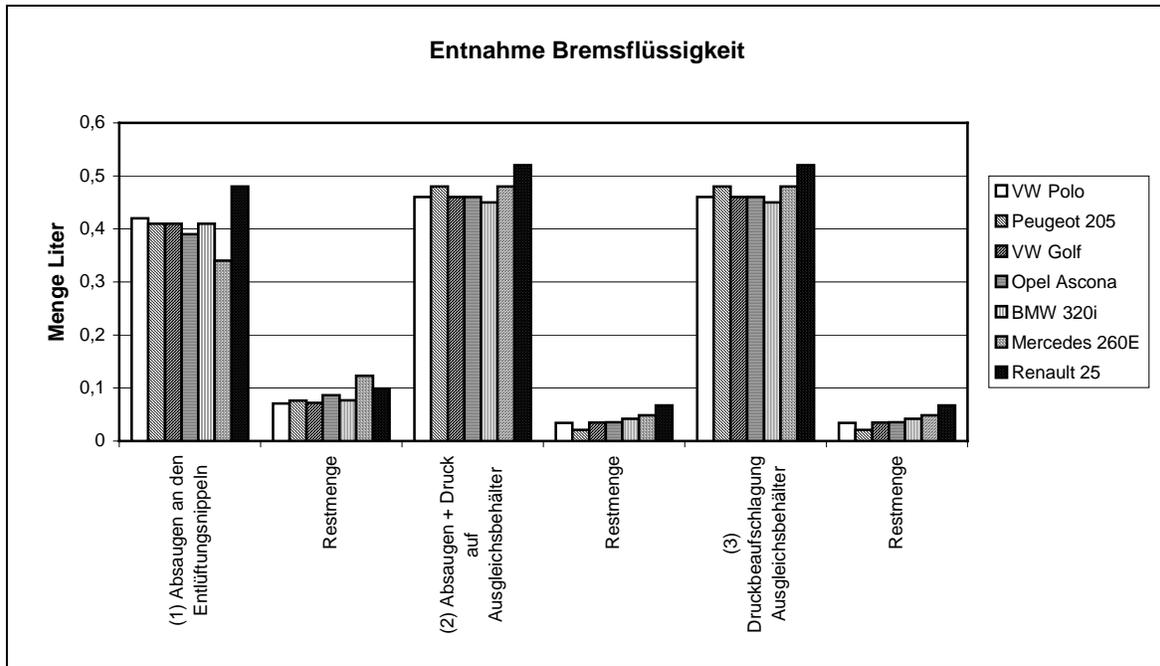


Abbildung 19: Vergleich der Entnahmemengen von Bremsflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden

Der Zeitbedarf, der zur Trockenlegung des Bremssystems erforderlich war, ist in der folgenden Tabelle angegeben:

Entnahmezeiten Bremsflüssigkeit	Absaugen an den Entlüftungsnippeln [h:mm:ss]	Ausblasen durch Druckbeauf- schlagung [h:mm:ss]	Absaugen unter Druckbeauf- schlagung [h:mm:ss]
VW Polo	0:05:41	0:04:55	0:05:27
Peugeot 205	0:05:30	0:05:16	0:05:48
VW Golf	0:05:31	0:04:10	0:04:42
Opel Ascona	0:06:11	0:05:10	0:05:42
BMW 320i	0:06:55	0:04:29	0:05:01
Mercedes 260E	0:05:40	0:04:16	0:04:48
Renault 25	0:17:17	0:16:00	0:16:32
Mittelwert	0:07:32	0:06:19	0:06:51

Tabelle 11: Vergleich der Entnahmezeiten von Bremsflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden

4.4.9 Kraftstoffe

Zur Entfernung der Kraftstoffe wurde der Tank angebohrt und der Kraftstoff durch ein geschlossenes System abgesaugt. Eine Absaugung über die Tanköffnung wurde nicht untersucht, da der tiefste Punkt im Kraftstofftank nicht ohne weiteres erreichbar ist. Im folgenden sind die abgesaugten Kraftstoffmengen (Füllmengen vor Trockenlegung) und die resultierenden Restmengen im Tank dargestellt:

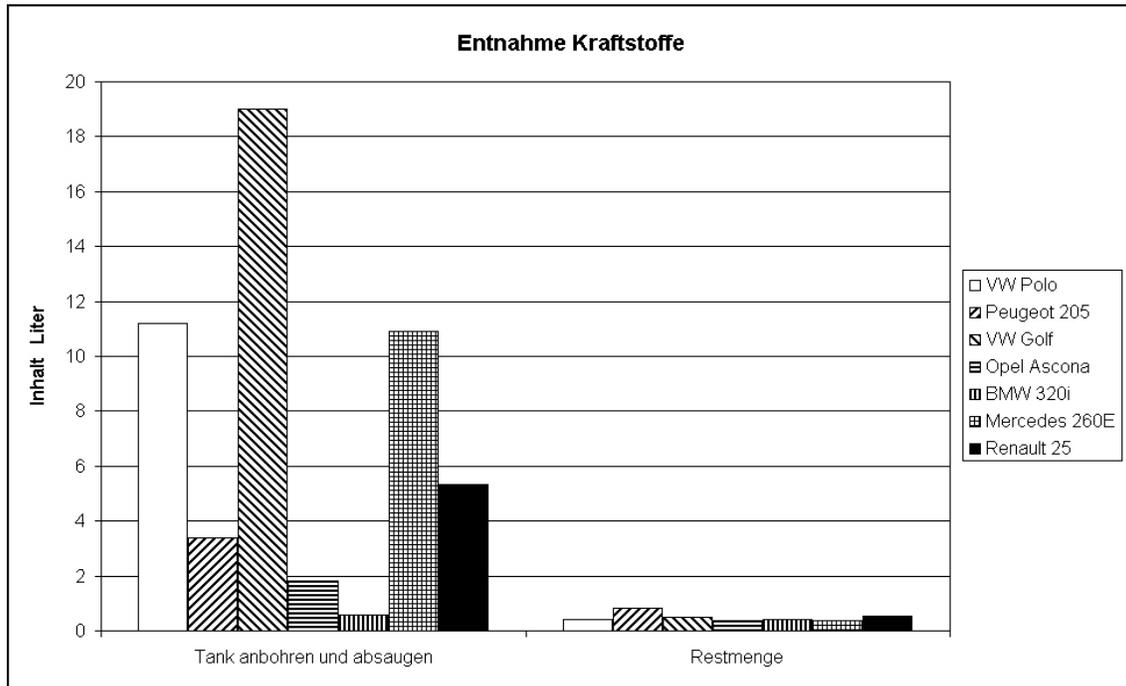


Abbildung 20: Entnahmemengen von Kraftstoff

Die im System verbleibenden Restmengen betragen im Mittel 0,49 Liter (Standardabweichung = 0,16). Dies beinhaltet auch Restmengen aus den Kraftstoffleitungen und Einspritzsystemen sowie ggf. den Kraftstofffiltern.

Folgende Zeiten waren erforderlich, um den Kraftstoff aus den untersuchten Fahrzeugen zu entfernen:

Kraftstoff	Tank anbohren und absaugen
VW Polo	0:02:55
Peugeot 205	0:02:53
VW Golf	0:04:59
Opel Ascona	0:01:29
BMW 320i	0:01:45
Mercedes 260E	0:03:43
Renault 25	0:03:18
Mittelwert	0:03:00

Tabelle 12: Entnahmemengen von Kraftstoff

Diese Zeiten beziehen sich auf die vorgefundenen Füllmengen.

4.5 Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegungsversuche

Die ermittelten Daten sollen im Folgenden noch einmal zusammengefasst dargestellt werden:

Betriebsflüssigkeit	Methode	Mittlere Entnahmemenge [l]	Mittlere Restmenge [l]	Restmenge vgl. FH Lübeck [l]
Motoröl	Ablassen	4,3	0,4	
	Ablassen und Nachsaugen	4,51	0,23	
	Mittelwert		0,31	0,26
Getriebeöl	Ablassen	1,86	0,05	
	Ablassen und Nachsaugen	1,86	0,05	
	Mittelwert		0,05	
Differentialöl	Ablassen	0,98	0,07	
	Ablassen und Nachsaugen	0,99	0,06	
Servolenkungsöle	Anstechen und Lenkbewegung	0,98	0,12	
Stoßdämpfer	Anbohren und Absaugen	1,1	0,07	
Kühlflüssigkeiten	Mittelwert	5,93	1,15	0,42
Scheibenwaschwasser	Absaugen	3,3	0,02	0,3
	Demontage	3,3	0,016	0,3
Bremsflüssigkeit	Absaugen	0,41	0,09	
	Ausblasen	0,47	0,04	
Kraftstoff	Anbohren und Absaugen	7,45	0,49	0,8

Tabelle 13: Zusammenfassung Betriebsflüssigkeits-Restmengen

Während bei Motoröl eine weitgehende Übereinstimmung zu finden ist, weichen andere Werte zum Teil stark ab. Dies betrifft insbesondere Kühlflüssigkeiten,

Scheibenwaschwasser und Kraftstoff. Diese Unterschiede können wie folgt begründet werden:

- Kraftstoff: Ein Betrieb, der in der Diplomarbeit der FH Lübeck untersucht wurde, saugte den Kraftstoff ab, wobei Restmengen im Tank verbleiben.
- Kühlflüssigkeit : In der Diplomarbeit der FH Lübeck wurde die Kühlflüssigkeit gemessen, die noch im Kühler zu finden war, während die eigenen Versuche die gesamte Restmenge im Kühlsystem, Kühler, Motor und Wärmetauscher, berücksichtigte. Es wird ferner in der Diplomarbeit der FH Lübeck darauf hingewiesen, dass es sich z.T. um Fahrzeuge handelt, die schon lange gelagert wurden (bis 10 Monate), wodurch bei den meist noch offenen Kühlsystemen Verdunstungsverluste auftreten konnten.
- Waschflüssigkeiten: Waschflüssigkeiten wurden in einem untersuchten Betrieb offenbar nicht entfernt, weshalb hohe Durchschnittswerte für die Restgehalte resultierten.

5 Beschreibung der Anlagentechnik

Die Vorgehensweise bei der Trockenlegung von Fahrzeugen und die dabei zur Anwendung gebrachten Werkzeuge unterliegen natürlichen Grenzen. Eine Entnahme ist unter Sog, Druck oder Schwerkraft entsprechend dem jeweiligen Aggregatzustand einer Betriebsflüssigkeit möglich.

Der erreichbare Trockenlegungsgrad wird überwiegend durch die Systemgestalt beeinflusst. Diese wird bestimmt durch:

- die Form (tiefste Stelle),
- das Volumen (konstant oder veränderlich), sowie
- das Vorhandensein einer Entnahmeöffnung und
- deren Zugänglichkeit für ein Trockenlegungswerkzeug.

Darüber hinaus ist eine fachgerechte Vorgehensweise des Bedienungspersonals der Trockenlegungsgeräte für das Erreichen des bestmöglichen Trockenlegungsgrades von größter Bedeutung.

Die am Markt vorhandenen Trockenlegungswerkzeuge sind derart differenziert, dass der großen Vielfalt der Systemgestaltungen entsprochen wird. Darüber hinaus sollen durch einfaches Handling das Erreichen eines optimalen Trockenlegungsgrades ermöglicht werden.

Unabhängig vom erreichbaren Trockenlegungsgrad kann man die Werkzeuge in zwei Gruppen einteilen.

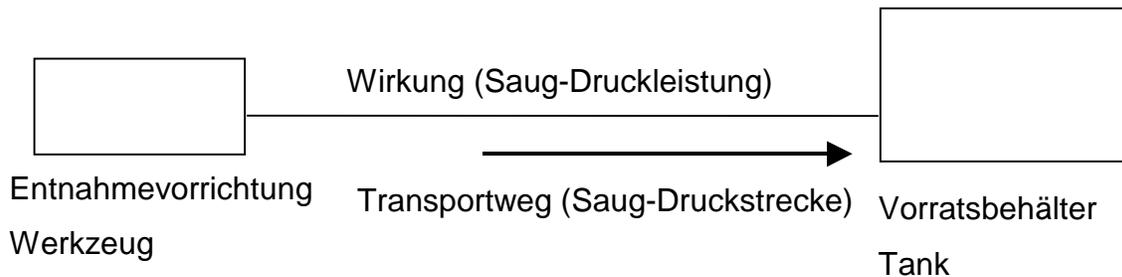
Zum ersten die in Großbetrieben mit hohem Fahrzeugdurchsatz eingesetzten Werkzeuge, die sich durch grobes, teilweise zerstörendes Vorgehen zum Erreichen optimaler Entnahmegeschwindigkeiten auszeichnen. Hierbei stehen der Automatisierungsgrad und ein möglichst einfaches Handling im Vordergrund.

Dabei ist zu beachten, dass zum Teil Nacharbeiten erforderlich werden, die die Tropffreiheit eines Systems gewährleisten, wie z. B. das Anbringen eines Stopfens zum Verschließen eines Bohrloches.

Und zum zweiten die in Betrieben mit geringem Fahrzeugdurchsatz, die als Low-Cost Produkte zwar längere Entnahmezeiten mit sich bringen, aber durch den Einsatz entsprechender Hilfsmittel in jedem Fall einen vergleichbaren Trockenlegungsgrad erreichen.

Anlagenprinzip

Der Grundaufbau einer Trockenlegungsanlage lässt sich wie folgt vereinfacht darstellen:



Der modulare Aufbau ermöglicht eine weitgehende Anpassung einer Anlage an die jeweiligen Bedürfnisse eines Betriebes.

Eine Charakterisierung von Trockenlegungsanlagen kann demnach anhand der Anforderungen und Bedürfnissen der Betriebe vorgenommen werden.

Hierzu lassen sich Anlagen nach der Größe der Betriebe, in denen sie zum Einsatz kommen, unterteilen.

Im Folgenden werden die einzelnen Betriebsflüssigkeiten und die entsprechenden Entnahmemöglichkeiten und Prinzipien aufgelistet. So weit möglich werden dazu Anlagekomponenten oder Werkzeuge gezeigt und beschrieben.

Automatikgetriebeöl

Systemkomponenten:

- Gehäuse Automatikgetriebe
- Wandler

Entnahmeprinzipien:

- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube
- Absaugen über Einfüllöffnung
- Anbohren oder Zerstörung des Gehäuses und Ablassen

Werkzeuge:

- Auffangschale
- Absaugsonde
- Anbohrereinheit mit integrierter Absaugung



Auffangschale



Absaugsonde



Anbohrereinheit

Abbildung 21: Geräte zur Entnahme von Automatiköl

Differentialöl

Systemkomponenten:

- Differentialgehäuse

Entnahmeprinzipien:

- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube
- Absaugen über Einfüllöffnung
- Anbohren oder Zerstörung des Gehäuses und Ablassen

Werkzeuge:

- Auffangschale
- Absaugsonde
- Anbohrereinheit mit integrierter Absaugung



Auffangschale



Absaugsonde



Anbohrereinheit

Abbildung 22: Geräte zur Entnahme von Differentialöl

Getriebeöl

Systemkomponenten:

- Getriebegehäuse

Entnahmeprinzipien:

- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube,
- Absaugen über Einfüllöffnung
- Anbohren oder Zerstörung des Gehäuses und Ablassen

Werkzeuge:

- Auffangschale
- Absaugsonde
- Anbohrereinheit mit integrierter Absaugung



Auffangschale



Absaugsonde



Anbohrereinheit

Abbildung 23: Geräte zur Entnahme von Getriebeöl**Motoröl***Systemkomponenten:*

- Ölwanne
- Ölfilter

Entnahmeprinzipien:

- Ablassschraube der Ölwanne öffnen und Motoröl ablassen
- über Einführrohr des Ölmesstabs absaugen
- Anbohren oder Zerstörung der Ölwanne und Ablassen

Werkzeuge:

- Auffangschale
- Altölabsauggerät
- Anbohrereinheit mit integrierter Absaugung



Auffangschale



Altölabsauggerät



Anbohrereinheit

Abbildung 24 Geräte zur Entnahme von Motoröl

Bremsflüssigkeit

Systemkomponenten:

- Ausgleichsbehälter
- Leitungen
- ABS-Modulator evtl. mit Druckspeicher
- Hauptbremszylinder
- Radbremszylinder

Entnahmeprinzipien:

- Absaugen an den Entlüftungsnippeln der Radbremszylinder
- Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters
- Kombination von Druckbeaufschlagung und Absaugen

Werkzeuge:

- Absaugnippel mit ggf. Absaugeinheit
- Bremsleitungszange
- Universalspanner für Ausgleichsbehälter zur Druckbeaufschlagung



Absaugeinheit mit
Nippel



Steuereinheit
Druckbeaufschlagung



Bremsleitungszange

Abbildung 25: Geräte zur Entnahme von Bremsflüssigkeit

Kältemittel

Systemkomponenten:

- Wärmetauscher Front
- Wärmetauscher Innenraum
- Kompressor
- Leitungen
- Trockner

Entnahmeprinzipien:

- Absaugen aus dem geschlossenen System an den Anschlüssen der Hochdruck- und Niederdruckseite

Werkzeuge:

- Absaugeinrichtung

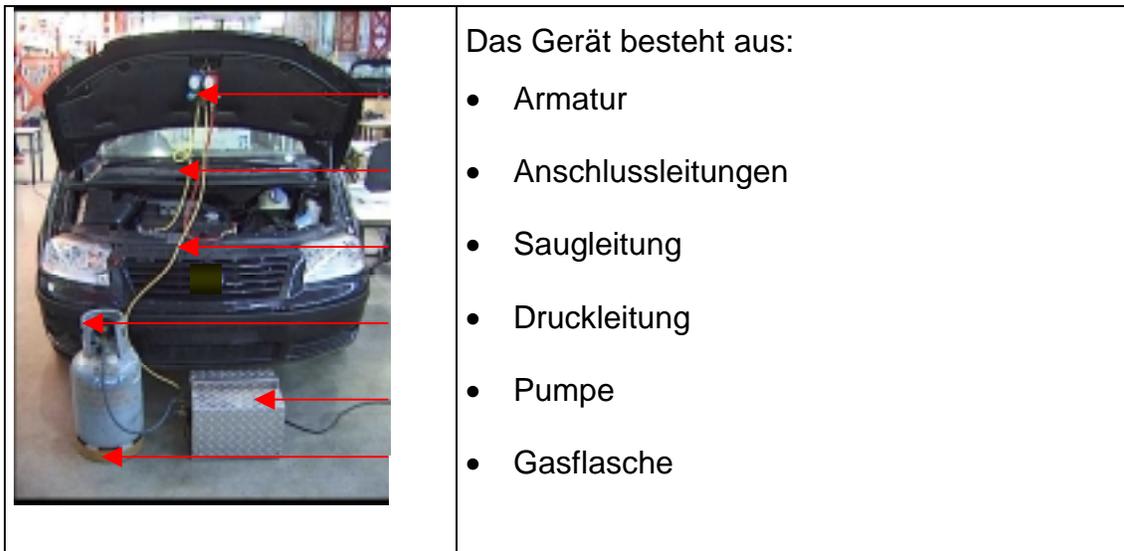


Abbildung 26: Geräte zur Entnahme von Kältemittel

Kühlflüssigkeit

Systemkomponenten:

- Ausgleichsbehälter

- Leitungen und Schläuche
- Wärmetauscher Front
- Heizungskühler
- Thermostat

Entnahmeprinzipien:

- Schläuche anstechen und absaugen
- Ablassschraube am Kühler öffnen und Kühlflüssigkeit ablassen oder absaugen
- evtl. Ausgleichsbehälter zusätzlich mit Druck beaufschlagen, evtl. Ablassschraube am Motorblock berücksichtigen

Werkzeuge:

- Absaugsonde
- Auffangschale
- Sauglanze mit Hohlneedle zum Anstechen



Auffangschale



Absaugsonde



Hohlneedle zum Anstechen

Abbildung 27: Geräte zur Entnahme von Kühlflüssigkeit

Kraftstoff

Systemkomponenten:

- Tank
- Leitungen
- Förderpumpe
- Einspritzpumpe
- Filter

Entnahmeprinzipien:

- Tank anbohren oder anstechen und
- Kraftstoff aus dem geschlossenen System absaugen

Werkzeuge:

- Anbohr- oder Anstechvorrichtung
- Absaugsonde für Leitungen



Tankanstich- und
Absaugeinheit



Absaugsonde



Bohrer

Abbildung 28: Geräte zur Entnahme von Kraftstoff

Scheibenwaschflüssigkeit

Systemkomponenten:

- Behälter
- Leitungen
- Spritzdüsen
- Pumpe

Entnahmeprinzipien:

- Behälter über Einfüllöffnung absaugen, oder
- Behälter am Boden anstechen und Absaugen bzw. Ablassen
- Behälter demontieren und entleeren

Werkzeuge:

- Anbohr- oder Anstechvorrichtung
- Absaugsonde für Leitungen



Absaugsonde

Abbildung 29: Geräte zur Entnahme von Scheibenwaschflüssigkeit

Servoöl

Systemkomponenten:

- Ausgleichsbehälter
- Pumpe
- Leitungen
- Lenkgetriebe

Entnahmeprinzipien:

- Absaugen des Ausgleichsbehälters
- Anstechen der Leitung, jeweils bei gleichzeitigem Betätigen der Lenkung

Werkzeuge:

- Anstechvorrichtung
- Absaugsonde für Leitungen



Absaugsonde



Hohlnadel zum Anstechen

Abbildung 30: Geräte zur Entnahme von Servoöl

Stoßdämpferöl

Systemkomponenten:

- Stoßdämpfer
- Hydromotorlager

Entnahmeprinzipien:

- Anbohren oder Anstechen und Absaugen der Dämpfer
- Demontage und Entleeren durch Anbohren und Absaugen oder Zerstörung

Gasdruckstoßdämpfer müssen grundsätzlich vor der Trockenlegung drucklos gemacht werden. Hierzu muss eine Entspannungsöffnung oberhalb des Flüssigkeitsspiegels geschaffen werden.

Werkzeuge:

- Mobiles Stoßdämpferanbohrgerät
- Stationäres Stoßdämpferanbohrgerät



Die Problematik der Zugänglichkeit für Anbohr- und Absaugwerkzeuge für von einer von der Feder umschlossenen Stoßdämpfer (Mc Pherson).



Stoßdämpferanbohrgeräte

Abbildung 31 Geräte zur Entnahme von Stoßdämpferöl

Übersicht kompletter Anlagen

Mobile Trockenlegung



Trockenlegungsanlagen für unterschiedliche Betriebsflüssigkeiten mit Flüssigkeitskulis. Diese sind bereits mit entsprechenden Sauglanzen und Hohnadeln oder ähnlichem ausgerüstet, um Zugang zur Betriebsflüssigkeit zu erlangen.

Stationäres
Trockenlegungsmodul*



Trockenlegungsmodul als Standplatz. An Schwenkarmen sind die Vorrichtungen zur Betriebsstoffentnahme angebracht. Diese Schwenkarme können abhängig von der Ausstattung einer Anlage mit unterschiedlichen Entnahmegewerten und Werkzeugen bestückt werden.

Im Einzelnen können dies sein:

Werkzeuge zum Erreichen einer Betriebsflüssigkeit wie Bohrer, Zangen, Scheren, Dorne, Nadeln, etc. und Geräte zum Verbringen einer Betriebsflüssigkeit in einen geeigneten Vorratsbehälter wie Leitungen, Sonden, Schläuche, etc.

Trockenlegungsanlage mit
Bühne*



Trockenlegungsanlage als Standplatz mit Bühne. Hierbei kann gleichzeitig unterhalb und oberhalb des Altfahrzeugs gearbeitet werden.

* Quelle: SEDA

Doppelte
Trockenlegungsanlage mit
Bühne*



Effektive Erhöhung des Fahrzeugdurchsatzes durch Kopplung ganzer
Anlagenteile

* Quelle: SEDA

6 Kostenanalyse der Vorbehandlung einschließlich Demontage

Im Hinblick darauf, dass eine Altautoverwertungsanlage hohen Umweltstandards genügen muss und hierbei auch sehr komplex zusammengesetzte Stoffströme bewegt werden müssen, ist es zunächst wichtig, dass eine solche Anlage moderne industrielle Strukturen und Arbeitsweisen aufweist. Unter diesem Aspekt ist eine von tec4U erarbeitete Kostenanalyse durchgeführt worden, welche zum einen auf Basis von 450 Fahrzeugen (Betrieb 450) und zum anderen auf 11000 Fahrzeugen (Betrieb 11000) pro Jahr zur Vorbehandlung und Demontage beruht.

In die Berechnung flossen folgende Rahmenbedingungen und Grundlagen ein:

- Löhne und Gehälter
- Betriebsgröße und Flächenbedarf
- Betriebsparameter und technische Ausstattung
- Kosten und Erlös Situation

6.1 Löhne und Gehälter

Es wurden für beide Betriebsgrößen gleiche Löhne und Gehälter zugrunde gelegt, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. In der nachfolgenden Tabelle sind durchschnittliche Löhne und Gehälter für die betreffenden Berufsgruppen dargestellt.

	Arbeitgeberaufwand [€/Jahr]
Betriebsleiter	60.000 €
Büro	36.000 €
Annahme	49.000 €
Demonteure	36.000 €
Ersatzteillager	35.000 €
Staplerfahrer	36.000 €
LKW-Fahrer	36.000 €

Tabelle 14: Basiswerte Löhne und Gehälter

Auf Grund regionaler Unterschiede kann es in Lohn und Gehaltsstruktur zu Abweichungen kommen.

Mit den jeweils benötigten Mitarbeitern und unter Berücksichtigung eines Schichtbetriebes und dem Rationalisierungspotential industrieller Anlagentechnik ergeben sich folgender Personalaufwand:

Randbedingungen	Betrieb 450	Betrieb 11000
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	2	50
Anzahl der Schichten	1	2
Anzahl der Fahrzeuge je Schicht	2	25
Anzahl der Mitarbeiter gesamt	2	30
Anzahl Mitarbeiter Demontage und Trockenlegung	1,5	18
Mitarbeiter Betrieb und Organisation	0,5	7
Mitarbeiter Verwaltung und Geschäftsführung		5

Tabelle 15: Mitarbeiterbedarf nach Betriebsgröße

Das Ergebnis stellt sich wie folgt dar:

	Betrieb 450	Betrieb 11000
Lohn Arbeiter	48.750,00 €	85.000,00 €
Lohn Angestellter	15.230,00 €	315.000,00 €
Lohn Geschäftsführer/ Verwaltung	12.000,00 €	300.000,00 €
Summe Löhne	75.980,00 €	1.200.000,00 €

Tabelle 16: Ergebnis der Löhne und Gehälter nach Betriebsgröße

6.2 Platzgröße und Platzaufteilung

Anlagen zur Lagerung und Behandlung von Altfahrzeugen sollen in ausgewiesenen Industrie- oder Gewerbegebieten erstellt werden. Die Errichtung dieser Anlagen in Trinkwasserschutzgebieten ist unzulässig.

Die Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, die auf dem Betriebsgelände einer Anlage zur Lagerung und Behandlung von Altfahrzeugen errichtet werden, sind nach den Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes, zu errichten, zu unterhalten und zu betreiben.

Platzgröße und Platzaufteilung für die Altfahrzeugbehandlung müssen der Anzahl der anfallenden Altfahrzeuge und der Art ihrer Behandlung angepasst und so gewählt sein.

Ein Altfahrzeug soll einschließlich Behandlung im Mittel nicht mehr als 3 Monate auf dem Platz lagern.

Die Gesamtfläche ist zu gliedern in Bereiche für:

- Anlieferung (Annahme, Erfassung und Bewertung)
- Eingangslager für nicht trockengelegte Altfahrzeuge
- Entnahmestelle für Betriebsflüssigkeiten (Trockenlegung)
- Zwischenlager
- Demontage
- Lager für gebrauchsfähige Kraftfahrzeugteile, unterteilt in trockene und flüssigkeitstragende Bauteile
- Lager für sonstige Wertstoffe
- Lagerplatz der Restkarossen
- Lager für Abfälle zur Beseitigung

- Lager für Betriebsflüssigkeiten
- Verkehrsflächen und Flächen für Betriebsgebäude

Die angelieferten Altfahrzeuge dürfen vor ihrer Behandlung nur innerhalb des vorgesehenen Anlieferungsbereiches oder auf Flächen zwischengelagert werden, die dafür zugelassen sind.

Daraus lassen sich folgende Investitionskosten für Gebäude und Grundstück ableiten:

Randbedingungen	Betrieb 450	Betrieb 11000
Grundstück	125.000,00 €	550.000,00 €
Tiefbau	60.000,00 €	850.000,00 €
Hochbau	125.000,00 €	1.350.000,00 €
Außenanlage	40.000,00 €	230.000,00 €
Summe Investitionen	350.000,00 €	2.950.000,00 €

Tabelle 17: Investitionen für Gebäude und Grundstück

Hierbei wurden Mittelwerte gebildet, welche je nach Region erheblich schwanken können.

6.3 Betriebsparameter und technische Ausstattung

Bei Anlagen zur Lagerung und Behandlung von Altfahrzeugen ist zu gewährleisten:

- Trockenlegung aller Kraftfahrzeuge
- möglichst weitgehende Demontage von Wertstoffen
- Getrennthaltung aller Wertstoffe und Abfälle

Trockenlegung

Nach der Anlieferung und ggf. Funktionsprüfung sind im Bereich der Trockenlegung aus jedem Altfahrzeug zunächst die Batterien und dann die Betriebsflüssigkeiten und Betriebsmittel zu entfernen und getrennt zu sammeln, insbesondere:

- Motoröl
- Ölfilter
- Getriebeöl, Differentialöl
- Hydrauliköl (z. B. Servolenkung)
- Kraftstoff
- Kühlflüssigkeit
- Bremsflüssigkeit
- Stoßdämpferöl (oder nachträgliche Demontage)
- Kältemittel aus Klimaanlage (FCKW u.a.)
- Scheibenwaschflüssigkeit

Dieses gilt nicht für Bauteile, die als Ersatzteile wiederverwendet werden sollen, wie z.B. Motoren und Getriebe.

Bauteile und Stoffe, von denen eine Gefahr für Grund- und Oberflächenwasser ausgehen kann, sind auf den dafür vorgesehenen befestigten und überdachten Flächen zu lagern.

Die Trockenlegung der Altfahrzeuge soll nach dem Stand der Technik erfolgen.

Demontage

Die Demontage der Altfahrzeuge geschieht einerseits zur Gewinnung von Wertstoffen und Ersatzteilen, andererseits aber auch zur Entfernung von Stör- und Schadstoffen. Die Entscheidung, welche Teile ausgebaut werden sollen, kann nicht pauschal getroffen werden. Der Betrieb muss jedoch in der Lage sein,

diejenigen Kraftfahrzeugteile zerstörungsfrei auszubauen, die als ganze Bauteile oder Baugruppen im Sinne einer hochwertigen Verwertung weiterverwendet werden sollen.

Für die Demontage sind geeignete und zugelassene Werkzeuge und Geräte (gemäß UVV bzw. Gerätesicherheitsgesetz) und Fachpersonal einzusetzen. Die Entnahme von pyrotechnischen Einrichtungen wie Gurtstraffern und den Airbags sind nur von dafür geschultem Personal und nach den Vorschriften der Hersteller bzw. Importeure durchzuführen.

Behandeln der Wertstoffe und Abfälle zur Beseitigung

Wertstoffe und Abfälle zur Beseitigung sind eindeutig zu kennzeichnen bzw. in eindeutig gekennzeichneten Behältnissen getrennt zu lagern.

Alle aus dem Altfahrzeug gewonnenen Bauteile und Stoffe sind vorrangig einer Wiederverwendung oder Verwertung zuzuführen. Zu diesem Zweck sind die ausgebauten Materialien zu sortieren und gegebenenfalls zu reinigen und zu prüfen. Einschließlich der Ersatzteilwiederverwendung erscheinen die im Anhang 2 empfohlenen Orientierungswerte erreichbar.

Die Weitergabe von Abfall zur Beseitigung darf nur erfolgen, wenn der annehmende Betrieb eine entsprechende Zulassung nachweist.

Altöle sind der Aufarbeitung bzw. sonstigen Entsorgung zuzuführen.

Bremsflüssigkeit, Hydraulikflüssigkeiten, Kältemittel aus Klimaanlage und Kühlerflüssigkeit sind der Aufbereitung zuzuführen. Abfälle zur Beseitigung sind einer ordnungsgemäßen Beseitigung zuzuführen.

Verwertung der Restkarossen

Zur weiteren Verwertung der Altfahrzeuge dürfen nur trockengelegte und schadstoffentfrachtete Altfahrzeuge gelangen. Darüber hinaus müssen sicherheitsrelevante Bauteile und Stoffe vor der Weiterverwertung demontiert werden, z.B. Tank oder pyrotechnische Elemente.

Trockengelegte und demontierte Altfahrzeuge können zum Transport mit einer Paketierpresse verdichtet werden, wenn sichergestellt ist, dass die weitere Verwertung nicht behindert ist.

Die Altfahrzeuge dürfen zur Volumenreduzierung nur auf der dafür vorgesehenen Arbeitsplatte gestaucht bzw. in der sonst vorgesehenen Anlage (Paketierpresse, Schrottschere) behandelt werden.

Aus den oben genannten Begebenheiten und unter Berücksichtigung der Aufwände für Verwaltung ergibt sich folgende Kosten Situation:

Randbedingungen	Betrieb 450	Betrieb 11000
Trockenlegung	14.000,00 €	212.500,00 €
Demontage	8.000,00 €	86.000,00 €
Handling	29.500,00 €	517.000,00 €
Entsorgung	2.500,00 €	120.000,00 €
Verwaltung	2.000,00 €	12.000,00 €
Werkzeuge Allgemein	2.550,00 €	18.750,00 €
Summe Investitionen	58.550,00 €	966.250,00 €

Tabelle 18: Investitionen für technische Ausstattung und Anlagentechnik

6.4 Gesamtdarstellung der Kosten

Auf Basis der:

- Löhne und Gehälter
- Investitionskosten für Gebäude und Grundstück
- Investitionskosten für technische Ausstattung und Anlagentechnik

Ergeben sich für die beiden Betriebsgrößen folgende in Tabelle 19 dargestellte Betriebskosten pro Jahr. Investitionskosten für Gebäude und Grundstück werden für einen Abschreibungszeitraum von 20 Jahren in die Rechnung miteinbezogen. Investitionskosten für technische Ausstattung und Anlagentechnik werden auf 10 Jahre abgeschrieben.

	Betrieb 450	Betrieb 11000
Betriebskosten / Jahr		
Energie	1.750,00 €	35.000,00 €
Versicherung und Steuer	2.125,00 €	42.500,00 €
Instandhaltung	2.927,40 €	48.312,50 €
Betriebsstoffe	750,00 €	15.000,00 €
Sonstiges	625,00 €	12.500,00 €
Anlagenabschreibung	5854,80 €	96.625,00 €
Gebäudeabschreibung	17.500,00 €	149.000,00 €
Löhne	75.980,32 €	1.200.000,00 €
SUMME	115.689,93 €	1.752.250,00 €

Tabelle 19: Gesamtergebnis der Betriebskosten

Damit belaufen sich die Kosten bezogen auf ein Fahrzeug wie folgt:

	Betrieb 450.	Betrieb 11000
Kosten je Fahrzeug	257,01 €	159,30 €

Tabelle 20: Trockenlegungs-, Vorbehandlungs- und Demontagekosten je Fahrzeug

6.5 Kosten- Erlössituation

Diesen Betriebskosten stehen entsprechende Erlöse für Materialien und Ersatzteile sowie Entsorgungskosten für Abfälle, Materialien und Flüssigkeiten gegenüber. Die folgende Tabelle gibt die Preisbereiche an, die hier erzielbar sind:

Bauteil / Stoff	Materialerlöse
Verbundglas	- 40 bis -10 €/ t
Glas	-5 bis 10 €/t
Scheinwerfer, Rückleuchten, Blinker (Basis PC/PMMA/ABS)	0 bis 25 €/t
Elastomere (ohne Metall)	-75 bis 0 €/ t
Elektromotoren	10 bis 75 €/t
Kabel	50 bis 300 €/t
Reifen	-1,25 bis 2,90 €/St.
Polyolefine, wie Stoßfänger	0 bis 50 €/t
FE Metalle vordemontiert	15 bis 70 €/t
Karosserie	10 bis 30 €/t
Katalysatoren	5 bis 20€/St.
Aluminium vordemontiert	800 bis 1000€/t
Kühlflüssigkeit	-0,64 bis 0 €/Liter
Bremsflüssigkeit	-0,43 bis -0,22 €/Liter
Scheibenwischwasser	-0,10 bis 0 €/Liter
Motor - + Getriebeöl	-0,10 bis -0,07 €/Liter
Hydrauliköl	-0,08 bis -0,07 €/Liter
Benzin / Diesel	-0,21 bis 0 €/Liter
Ölfilter	-120 bis -60 €/t

Tabelle 21: Erlöse für Materialien und Werkstoffe

Die Erlöse, die für bestimmte Materialien erzielt werden, beziehungsweise die Kosten, welche für deren Entsorgung oder Verwertung entstehen, sind nur

innerhalb bestimmter Bereiche quantifizierbar. Der Grund hierfür liegt darin, dass diese Werte abhängig sind von der Menge (hohe Angebotsmengen führen zu besseren Erlösen bzw. zu niedrigeren Kosten) und von der jeweils angebotenen Qualität des Materials. Darüber hinaus sind die Materialerlöse von den jeweiligen Preisen für entsprechende Neuware abhängig.

7 Beschreibung der Altautoverwertung in Deutschland

Zur Ermittlung des derzeit angewandten aktuellen Standes der Technik wurde eine Befragung unter den Altfahrzeugverwertern in Deutschland durchgeführt. Der hierzu erarbeitete Fragebogen findet sich im Anhang 12.1

Fragebogen zu diesem Bericht.

Die angegebenen Informationen aus den zurückgesendeten Fragebögen basieren auf Angaben der angeschriebenen Verwertungsbetriebe. Inhalte und Angaben zu den im Fragebogen aufgeführten Punkten wurden auf Grund der Anonymität nicht überprüft.

Nach Auswertung dieser Fragebögen stellt sich die Situation der Verwerter in Deutschland folgendermaßen dar:

7.1 Auswertung der Fragebogenaktion und Datenbasis

Insgesamt wurden 417 zertifizierte Verwertungsbetriebe angeschrieben. Da innerhalb der Liste der zertifizierten Verwerter keine Angaben über die Größe des jeweiligen Verwertungsbetriebes enthalten sind, erfolgte die Auswahl nach Regionen und zufällig. Von den angeschriebenen Verwertungsfirmen wurden 115 verwertbare Fragebögen ausgefüllt zurückgesandt. Die Anzahl der zertifizierten Altautoverwerter in Deutschland liegt bei 1143 (Stand 01.09.01). Die Datenbasis umfasst somit über 10% aller Verwerter in Deutschland. Die Betriebsgröße der Verwertungsbetriebe, die sich an der Befragung beteiligten, lag, wie die Auswertung ergab, zwischen 30 Fahrzeugen bis hin zu 10000 Fahrzeugen pro Jahr, und umfasst somit kleinste Betriebe wie auch sehr große Verwertungsfirmen.

7.2 Betriebsgrößen und Fahrzeugdurchsatz

Die Größe der Betriebe, die sich an der Fragebogenaktion beteiligten, lag in folgenden Bereichen:

Kleinster Betrieb:	30 Fahrzeuge pro Jahr
1.Quartil (25% der Betriebe):	400 Fahrzeuge pro Jahr
Median (50% der Betriebe):	800 Fahrzeuge pro Jahr
3.Quartil (75% der Betriebe):	1750 Fahrzeuge pro Jahr
Maximalwert:	10000 Fahrzeuge pro Jahr
Der Arithmetische Mittelwert lag bei 1270 Fahrzeugen pro Jahr	

Die Einzelverteilung ist folgender Darstellung zu entnehmen:

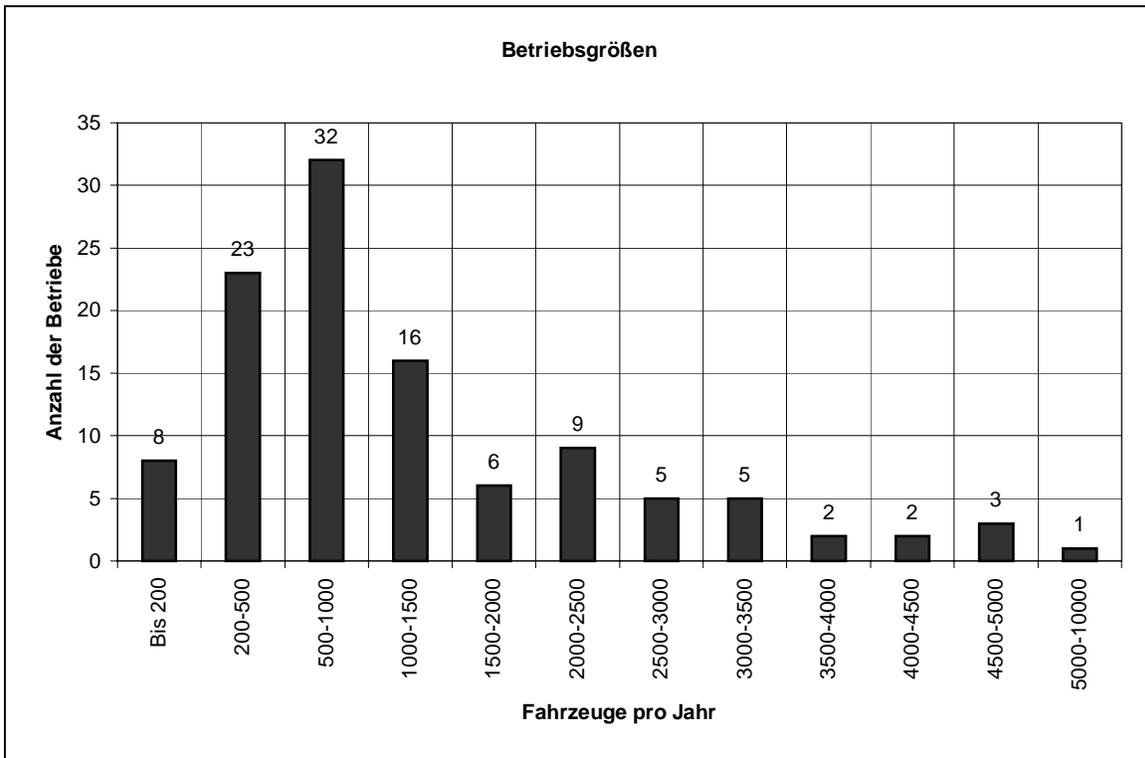


Abbildung 32: Betriebsgrößen zertifizierter Altautoverwerter in Deutschland

Rechnet man die jährlich verwertete Anzahl von Fahrzeugen auf die Betriebsgröße um so erhält man folgendes Bild :

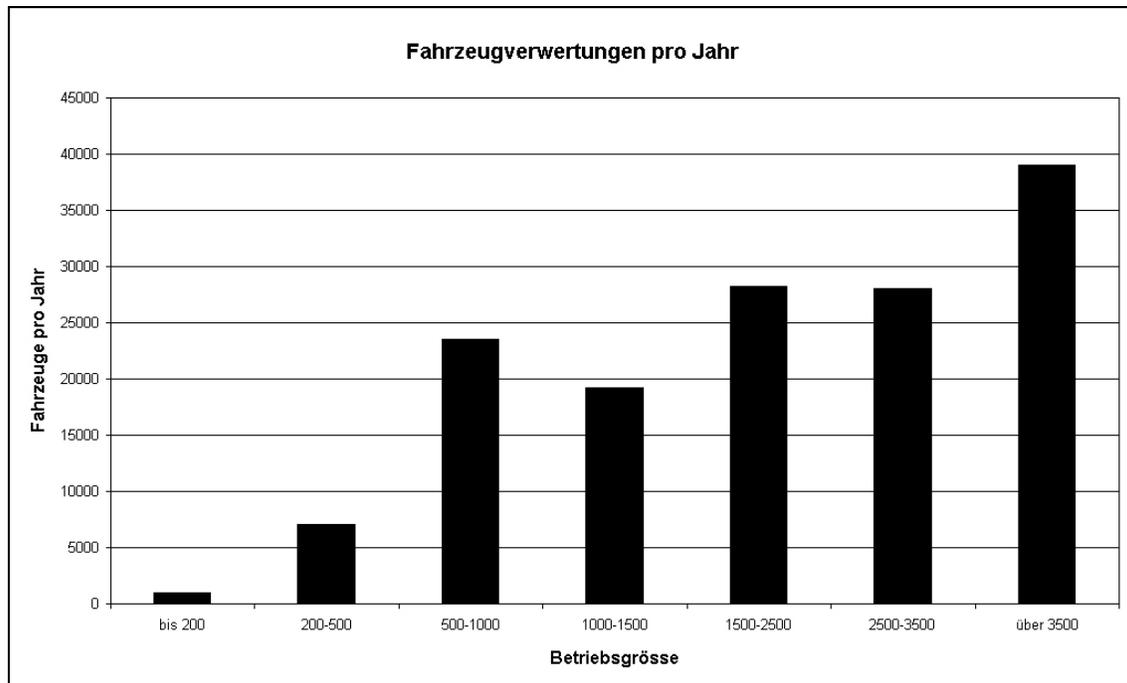


Abbildung 33: Jährliche Fahrzeugverwertungen in Abhängigkeit der Betriebsgröße

Es ist ersichtlich, dass innerhalb dieser Erhebung kleinere Betriebe bis ca. 1000 Fahrzeuge pro Jahr zwar zahlenmäßig dominieren, der größere Teil der Altfahrzeuge jedoch von größeren Betrieben verwertet wird.

7.2.1 Betriebsflächen bezogen auf die jährlich durchgesetzten Fahrzeuge

Die Betriebsflächen zeigen hierbei, bezogen auf die durchgesetzten Fahrzeuge, folgende Verteilung:

Verteilung	m ² Betriebsfläche je Fahrzeug p.a.
Minimalwert	0,67
1. Quartil	3,52
Medianwert	7,69
2. Quartil	15,1
Maximum	105,2
Arithmetisches Mittel	14,2

Tabelle 22: Betriebsflächen pro Fahrzeug

Hierbei ist zu beachten, dass bei einigen Betrieben erhebliche Mengen an Fahrzeugen gelagert werden, bei anderen jedoch, obwohl höhere Durchsätze an Fahrzeugen angegeben werden, nur wenige Fahrzeuge im Lagerbestand befindlich sind. Das liegt beispielsweise daran, dass einige Betriebe auch mit dem Ersatzteilhandel oder Altfahrzeughandel befasst sind. In der Regel liegt das Betriebsareal jedoch bei 7-15m² je durchgesetztem Fahrzeug. Mit zunehmendem Fahrzeugdurchsatz sinkt der Platzbedarf pro durchgesetztem Fahrzeug deutlich.

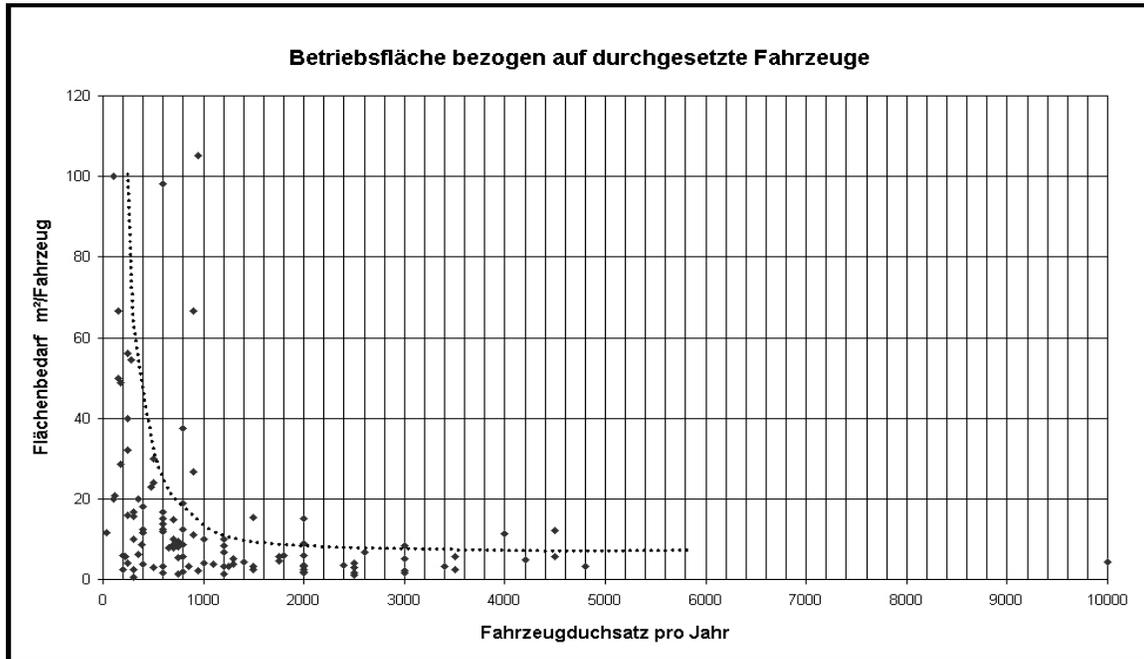


Abbildung 34: Betriebsfläche bezogen auf durchgesetzte Fahrzeuge

7.2.2 Anzahl der Mitarbeiter bezogen auf die Anzahl der jährlich durchgesetzten Fahrzeuge

Die Anzahl der insgesamt pro Jahr durchgesetzten Fahrzeuge bezogen auf die beschäftigten Mitarbeiter schwankt in folgenden Bereichen:

Minimalwert:	2 Fahrzeuge pro Mitarbeiter und Jahr
1.Quartil:	100 Fahrzeuge pro Mitarbeiter und Jahr
Median:	178 Fahrzeuge pro Mitarbeiter und Jahr
3.Quartil:	250 Fahrzeuge pro Mitarbeiter und Jahr
Maximalwert:	900 Fahrzeuge pro Mitarbeiter und Jahr
Arithmetischer Mittelwert:	205 Fahrzeuge pro Mitarbeiter und Jahr

Da viele Betriebe neben der reinen Demontage und Trockenlegung auch andere Geschäftsfelder bedienen, war in Bezug auf den Stand der Technik bei der

Trockenlegung wichtig, wie viele Fahrzeuge pro Mitarbeiter in der Trockenlegung pro Jahr durchgesetzt werden. Hier stellt sich die Situation folgendermaßen dar:

Minimalwert:	50 Fahrzeuge pro Mitarbeiter
1. Quartil:	300 Fahrzeuge pro Mitarbeiter
Median:	600 Fahrzeuge pro Mitarbeiter
3. Quartil:	1000 Fahrzeuge pro Mitarbeiter
Maximum:	2500 Fahrzeuge pro Mitarbeiter

Der arithmetische Mittelwert lag hier bei 715 Fahrzeugen pro Mitarbeiter und Jahr in der Trockenlegung.

7.2.3 Trockenlegungszeiten und Umfeld der Trockenlegung

Ein weiterer Bestandteil der Umfrage war die Zeit, welche im Mittel notwendig ist, um ein Fahrzeug trockenanzulegen. Hierzu wurde nach der insgesamt erforderlichen Zeit die in Klassen von 1-3 Stunden eingeteilt war, gefragt und, da hierbei auch Leerlaufzeiten auftreten, nach dem prozentualen Anteil der reinen Arbeitszeit.

Der prozentuale Anteil der reinen Arbeitszeit bei der Trockenlegung wird mit durchschnittlich 70% angegeben, wobei die Angaben zwischen 15% und 100% streuen. Der Medianwert liegt bei 75%. Die rechnerischen reinen Arbeitszeiten schwanken hier somit zwischen einem Minimalwert von 9 Minuten je Fahrzeug bis hin zu maximalen 144 Minuten:

Minimalwert:	9 Minuten Trockenlegungszeit je Fahrzeug
1.Quartile:	39 Minuten Trockenlegungszeit je Fahrzeug
Median:	57 Minuten Trockenlegungszeit je Fahrzeug
3.Quartile:	96 Minuten Trockenlegungszeit je Fahrzeug

Der arithmetische Mittelwert lag bei 65 Minuten, wobei eine Standardabweichung von 35 Minuten errechnet wurde. Ein Auftrag der mittleren Trockenlegungszeit

gegen die jährlich durchgesetzten Fahrzeuge liefert zunächst ein sehr inhomogenes Bild:

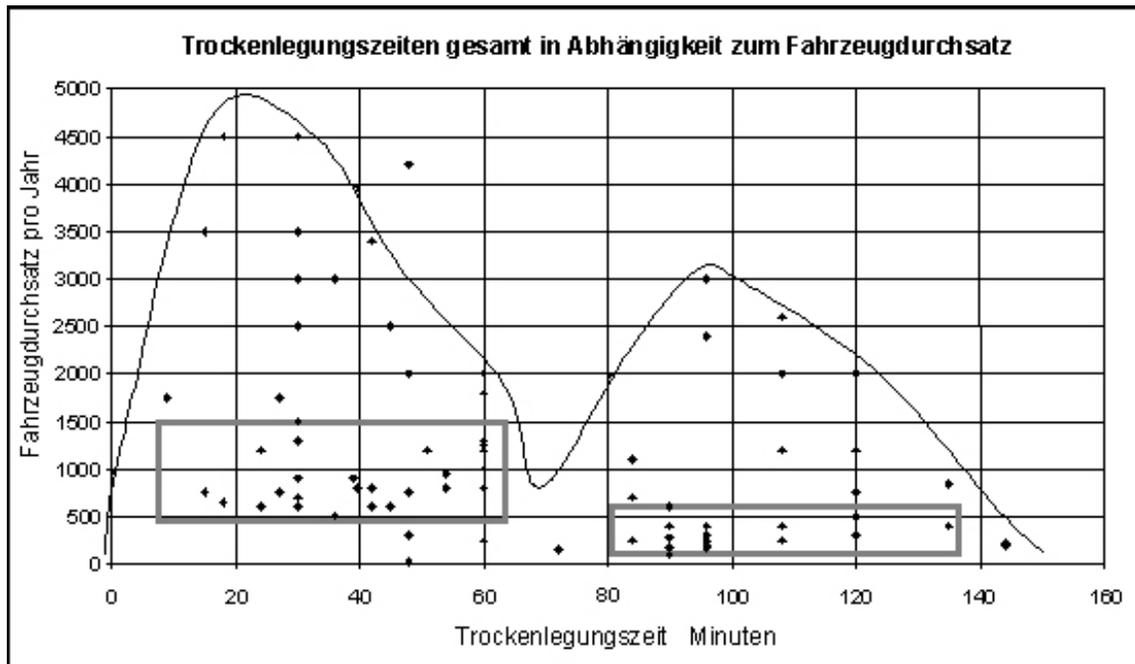


Abbildung 35: Trockenlegungszeit

Die nähere Betrachtung zeigt, dass sich die Trockenlegungszeiten in zwei deutlich unterschiedliche Bereiche aufteilen: Eine Gruppe erreicht die Trockenlegung in unter 60 Minuten, die andere in 80 bis 140 Minuten. Gliedert man diese Datensätze auf, so findet man in der Gruppe mit Trockenlegungszeiten unter 60 Minuten bevorzugt Anlagen, deren Durchsätze über 500 Fahrzeuge pro Jahr liegen: Der Schwerpunkt liegt hier bei 500-1500 Fahrzeugen pro Jahr. In der anderen Gruppe findet man vornehmlich kleinere Anlagen, wobei der Schwerpunkt hier bei bis zu 500 Fahrzeugen pro Jahr liegt: Dieser Umstand entspricht den Erwartungen, da mit zunehmendem Durchsatz ein zunehmend professionelles und automatisiertes Arbeiten vorausgesetzt werden kann. Dies bestätigt die

Auswertung der Frage, wie lange es im Mittel dauert, bis ein Aggregat trockengelegt ist.

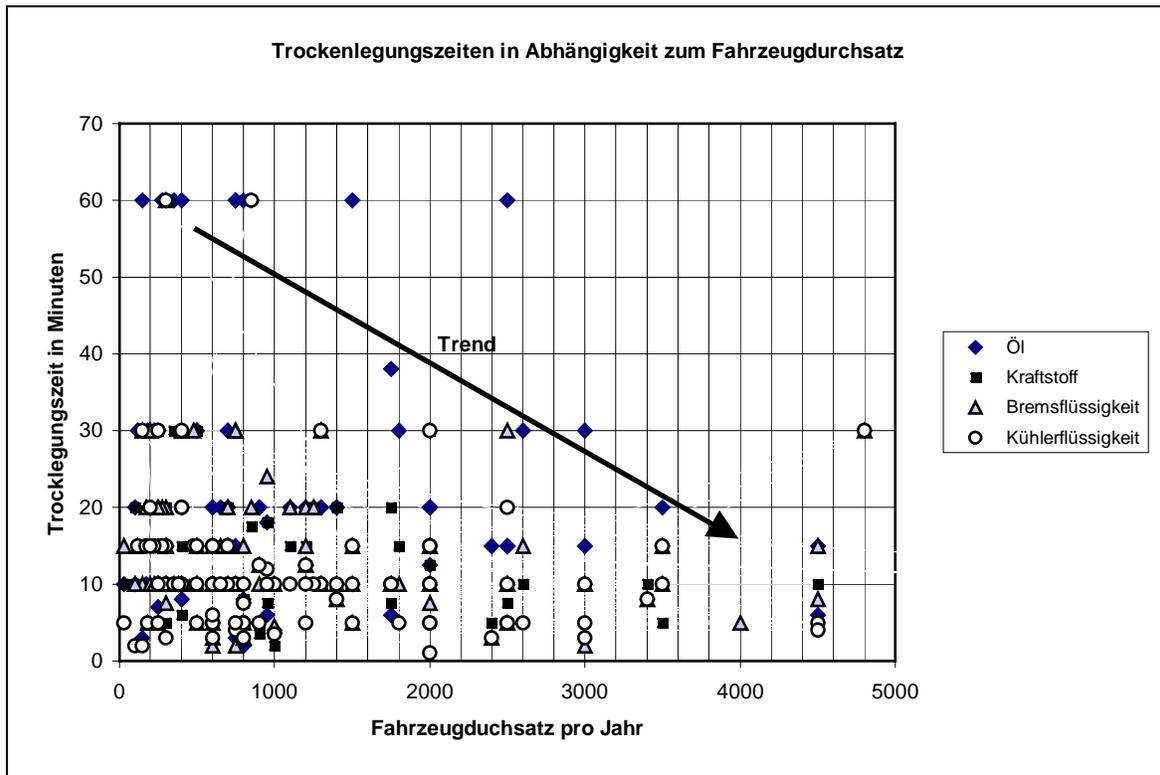


Abbildung 36: Mittlere Trockenlegungszeiten abhängig vom Fahrzeugdurchsatz

Das lokale Umfeld bei der Trockenlegung zeigt ein ähnliches Bild. Die Frage ob die Trockenlegung der Fahrzeuge im Freien, in einer Halle oder in einer beheizten Halle erfolge, wurde auf die jährlichen Durchsätze an Fahrzeugen umgelegt. Hierbei zeigte sich folgender Zusammenhang:

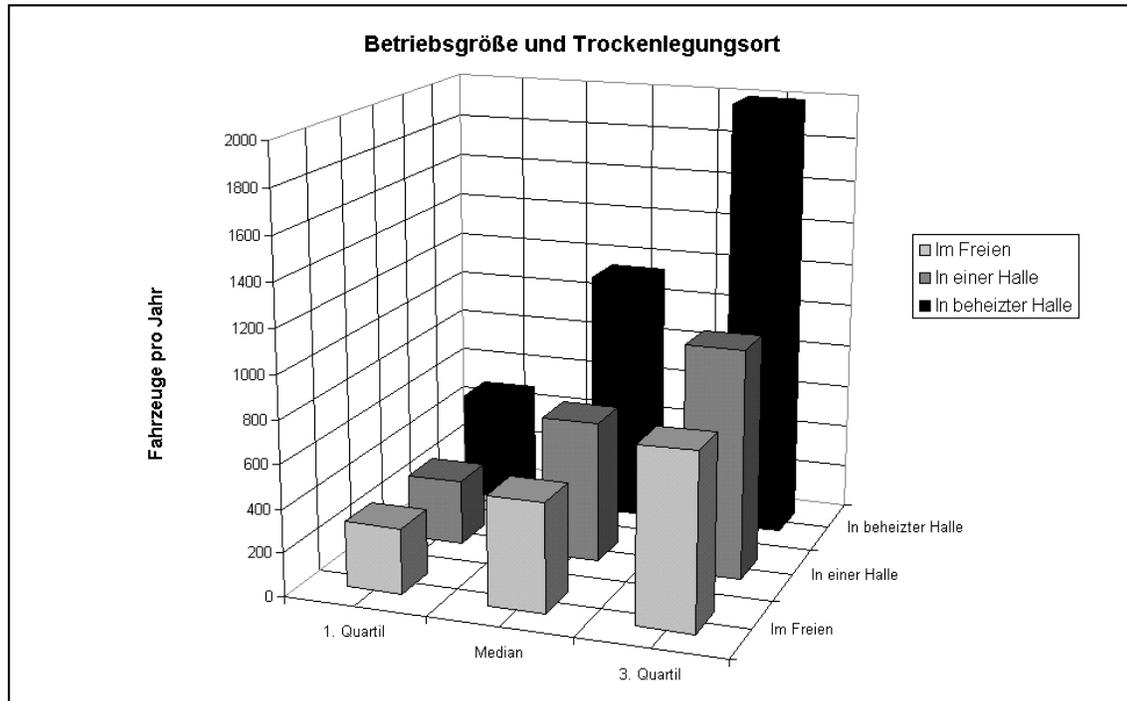


Abbildung 37: Betriebsgröße und Trockenlegungsort

Auch hier ist ersichtlich, dass mit zunehmender Anzahl an jährlich durchgesetzten Fahrzeugen die Standards bezüglich des Standorts der Trockenlegung eindeutig steigen. Im einzelnen gaben 9,5% der Betriebe an im Freien zu arbeiten, 30,2% verfügen über eine Halle und 60,3% über eine beheizbare Halle.

7.3 Angaben zu Betriebsstoffen und deren Entnahme:

Es wurde für alle befragten Unternehmen insgesamt statistisch ausgewertet, wie sich die Trockenlegung der Fahrzeuge darstellt. Die Ergebnisse sind, gegliedert nach Betriebsflüssigkeiten, im folgenden zusammengefasst:

7.3.1 Öle:

Die Zeiten, in denen eine Tropffreiheit der ölführenden Aggregate erreicht wird, werden im arithmetischen Mittel mit 22 Minuten angegeben.

Die folgende Verteilung gibt die Bandbreite wieder:

Minimum : 2 Minuten
1. Quartile: 10 Minuten
Median: 20 Minuten
3. Quartile: 30 Minuten

Hierbei wird das Öl

- bei 45% der Betriebe durch Anbohren
- bei 80% der Betriebe durch Absaugen und
- bei 78% der Betriebe durch Ablassen entfernt.

Ein Anbohren der ölführenden Aggregate kann erforderlich sein, wenn beispielsweise Ablass-Schrauben nicht mehr zu öffnen sind. Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Über 95% der Betriebe verschließen die Entnahmeöffnungen wieder. Der Ölfilter wird von 78% der Betriebe entfernt, 15% entfernen ihn nicht und 5% machten keine Angaben hierzu.

7.3.2 Kraftstoffe:

Kraftstoffe werden durch

- Absaugen und
- Ablassen

entnommen, wobei die durchschnittliche arithmetische Zeit bis zur Tropffreiheit 12,7 Minuten beträgt.

Die Bandbreite liegt hier wie folgt:

Minimum: 2 Minuten
Median: 10 Minuten
3. Quartile: 15 Minuten
Maximum: 30 Minuten

Das Kraftstoffsystem wird in 75% der Fälle wieder verschlossen, die übrigen Betriebe machten hierzu keine Angaben oder verzichteten auf einen erneuten Verschluss des Kraftstoffsystems.

7.3.3 Bremsflüssigkeiten

Bremsflüssigkeiten werden zu 96% durch Absaugen entfernt. Die durchschnittliche arithmetische Zeit bis zur Tropffreiheit wird hier zu 13,06 Minuten errechnet. Die Streuungen liegen in folgendem Intervall:

Minimalwert: 2 Minuten
Median: 10 Minuten
3.Quartile: 15 Minuten
Maximalwert: 60 Minuten

Hier gaben 78% der Betriebe an, die Entnahmestelle erneut zu verschließen, die übrigen Betriebe verzichteten auf einen erneuten Verschluss oder machten keine Angaben hierzu.

7.3.4 Kühlflüssigkeit

Kühlflüssigkeit wird durch

- Absaugen oder
- Ablassen

entfernt. Eine Tropffreiheit wird hier im arithmetischen Mittel in 11,43 Minuten erreicht, wobei folgende Verteilung gefunden wurde:

Minimalwert:	1 Minute
Median:	10 Minuten
3.Quartile:	15 Minuten
Maximum:	60 Minuten

37% gaben an, das Kühlsystem wieder zu verschließen, die übrigen Betriebe verschlossen das System nicht mehr oder machten keine Angaben hierzu.

7.3.5 Waschwasser:

Bei Waschwasser gaben die befragten Betriebe als Entfernungsmethode die Absaugung oder die Demontage des Waschwasserbehälters an.

7.3.6 Stoßdämpfer

Zur Entfernung von Stoßdämpferöl wurde nach den dort eingesetzten Methoden gefragt. Die Ergebnisse sind in den beiden nachstehenden Diagrammen dargestellt:

Entfernung der Stoßdämpfer/ des Stoßdämpferöls:

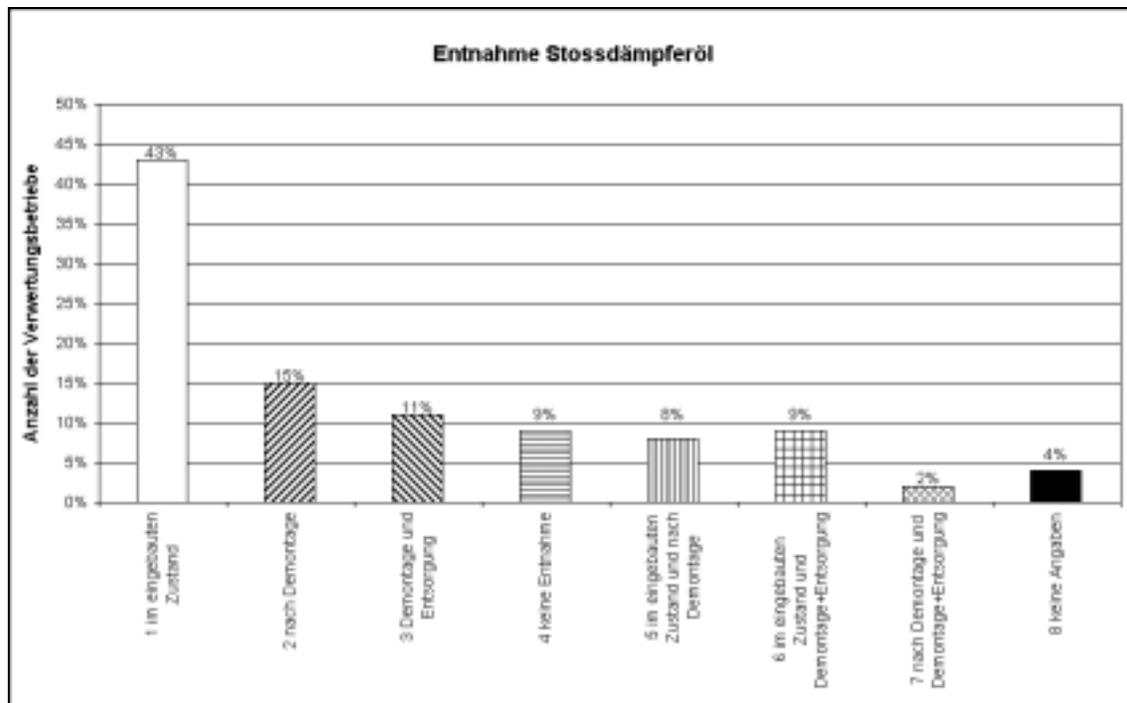


Abbildung 38: Entnahme Stoßdämpferöl

Hieraus wird ersichtlich, dass in der Summe die Totaldemontage des Stoßdämpfers in etwa so verbreitet ist wie die Trockenlegung des Stoßdämpfers am Fahrzeug selbst.

7.3.7 Kältemittel

Bei Kältemitteln wurden die folgenden Methoden zur Entnahme angegeben:

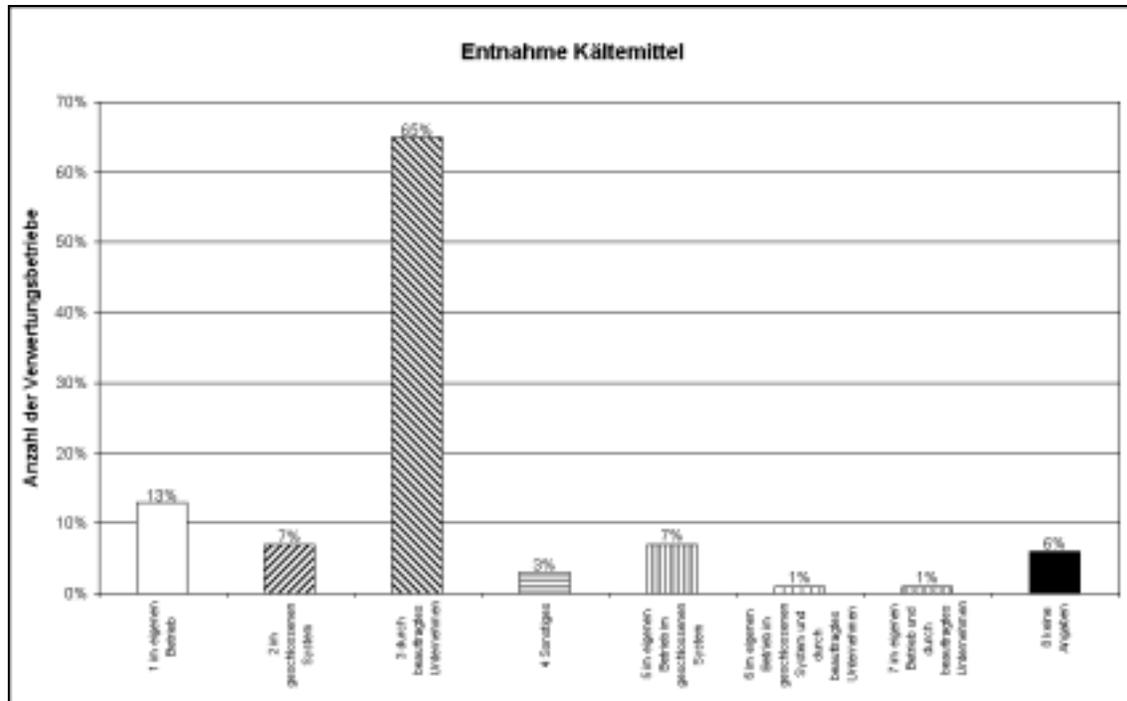


Abbildung 39: Entnahme Kältemittel

Von einer ordnungsgemäßen Entsorgung kann jedoch nur gesprochen werden, wenn die Entnahme der Kältemittel durch zugelassene Geräte oder durch beauftragte Unternehmen erfolgt. Unter diesem Gesichtspunkt sind Angaben wie „im eigenen Betrieb“, „keine Angaben“, oder „sonstiges“ eher als Indiz dafür zu werten, dass bei diesen Befragten nicht unbedingt nach Vorschrift verfahren wird. Auch unter dem Aspekt, dass Mehrfachnennungen möglich waren, sind zumindest die Entnahmen die unter „sonstiges“ oder „keine Angaben“ vorgenommen werden als ökologisch problematisch zu werten. Es scheinen also knapp 10% der Betriebe hier etwas lax zu verfahren.

7.3.8 Statistisch entsorgtes Flüssigkeitsvolumen

Im weiteren wurde untersucht, welche Mengen an Betriebsmittel pro Fahrzeug im Mittel anfallen.

Setzt man die Anzahl der insgesamt durchgesetzten Fahrzeuge pro Jahr in Bezug zu den jährlich entsorgten Betriebsflüssigkeiten, so erhält man die gemittelte Menge der Betriebsflüssigkeiten pro Fahrzeug und Jahr. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen, unterteilt nach Betriebsflüssigkeiten, dargestellt:

Öle (allgemein):

Minimalwert	0,60 Liter je Fahrzeug
1.Quartil	3,32 Liter je Fahrzeug
Median	4,23 Liter je Fahrzeug
3.Quartil	6,03 Liter je Fahrzeug
Maximalwert	28,00 Liter je Fahrzeug
Mittelwert	5,08 Liter je Fahrzeug

Tabelle 23: Gemittelte, entnommene Ölmenge / Fahrzeug und Jahr

Bremsflüssigkeiten:

Min	0,1 Liter je Fahrzeug
1.Quartil	0,21 Liter je Fahrzeug
Median	0,30 Liter je Fahrzeug
3.Quartil	0,50 Liter je Fahrzeug
Max	2,00 Liter je Fahrzeug
Mittelwert	0,44 Liter je Fahrzeug

Tabelle 24: Gemittelte, entnommene Bremsflüssigkeitsmenge / Fahrzeug und Jahr

Kühflüssigkeiten

Min	0,1 Liter je Fahrzeug
1.Quartil	1,59 Liter je Fahrzeug
Median	2,45 Liter je Fahrzeug
3.Quartil	3,74 Liter je Fahrzeug
Max	15,00 Liter je Fahrzeug
Mittelwert	2,83 Liter je Fahrzeug

Tabelle 25: Gemittelte, entnommene Kühflüssigkeitsmenge / Fahrzeug und Jahr

Kraftstoffe

Min	0,2 Liter je Fahrzeug
1.Quartil	1,23 Liter je Fahrzeug
Median	2,63 Liter je Fahrzeug
3.Quartil	8,86 Liter je Fahrzeug
Max	23,33 Liter je Fahrzeug
Mittelwert	5,29 Liter je Fahrzeug

Tabelle 26: Gemittelte, entnommene Kraftstoffmenge / Fahrzeug und Jahr

Waschwasser

Min	0,00 Liter je Fahrzeug
1.Quartil	0,01 Liter je Fahrzeug
Median	0,33 Liter je Fahrzeug
3.Quartil	0,68 Liter je Fahrzeug
Max	4,00 Liter je Fahrzeug
Mittelwert	0,54 Liter je Fahrzeug

Tabelle 27: Gemittelte, entnommene Waschwassermenge pro Fahrzeug und Jahr

Kältemittel

Da Kältemittel bei weitem noch nicht in allen Fahrzeugen auftreten, ergibt eine Umlage auf die durchgesetzten Fahrzeuge derzeit kein sinnvolles Ergebnis. Auf eine Darstellung wurde aus diesem Grund verzichtet.

7.4 Zusammenfassende Darstellung der Entnahmeverfahren für Öle, Kühlflüssigkeiten, Bremsflüssigkeiten, Waschwasser und Kraftstoffe

Die folgende Darstellung gibt einen zusammenfassenden Überblick über die eingesetzten Entnahmeverfahren zur Entfernung von Ölen, Kühlflüssigkeiten, Bremsflüssigkeiten, Waschwasser und Kraftstoff aus der Umfrage:

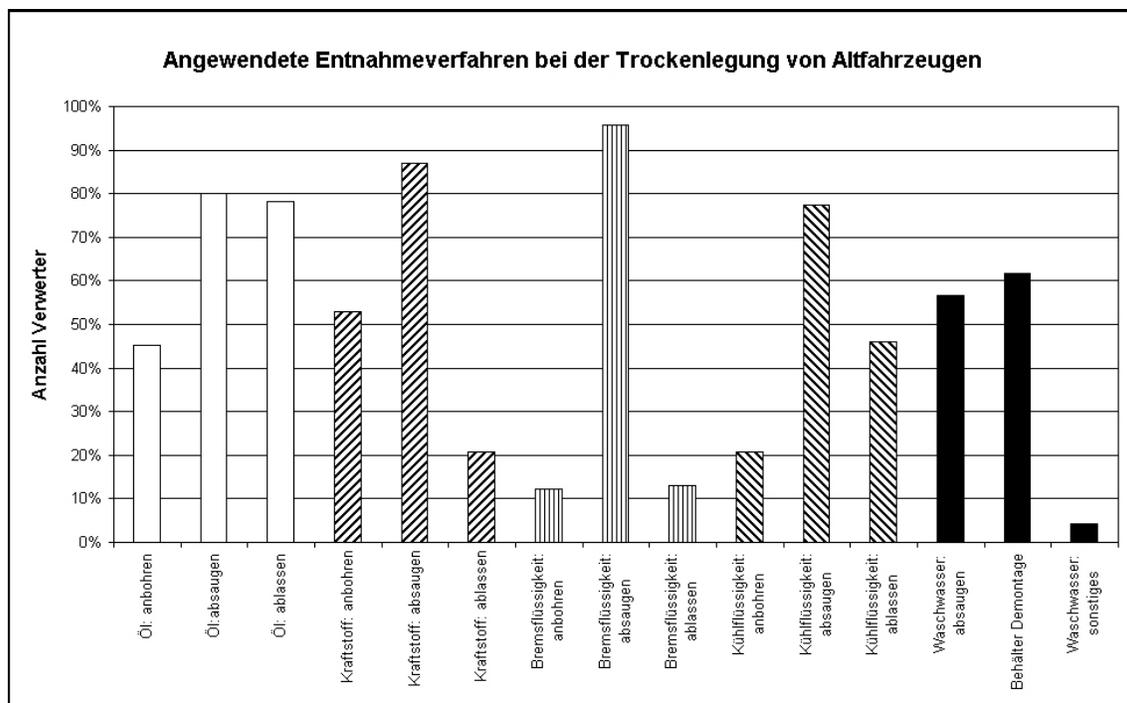


Abbildung 40: Entnahmeverfahren zur Trockenlegung

Stellt man die mittleren Entnahmezeiten für Betriebsflüssigkeiten bis zum Erreichen der Tropffreiheit dieser Aggregate gegenüber, so ergibt sich folgendes Schaubild:

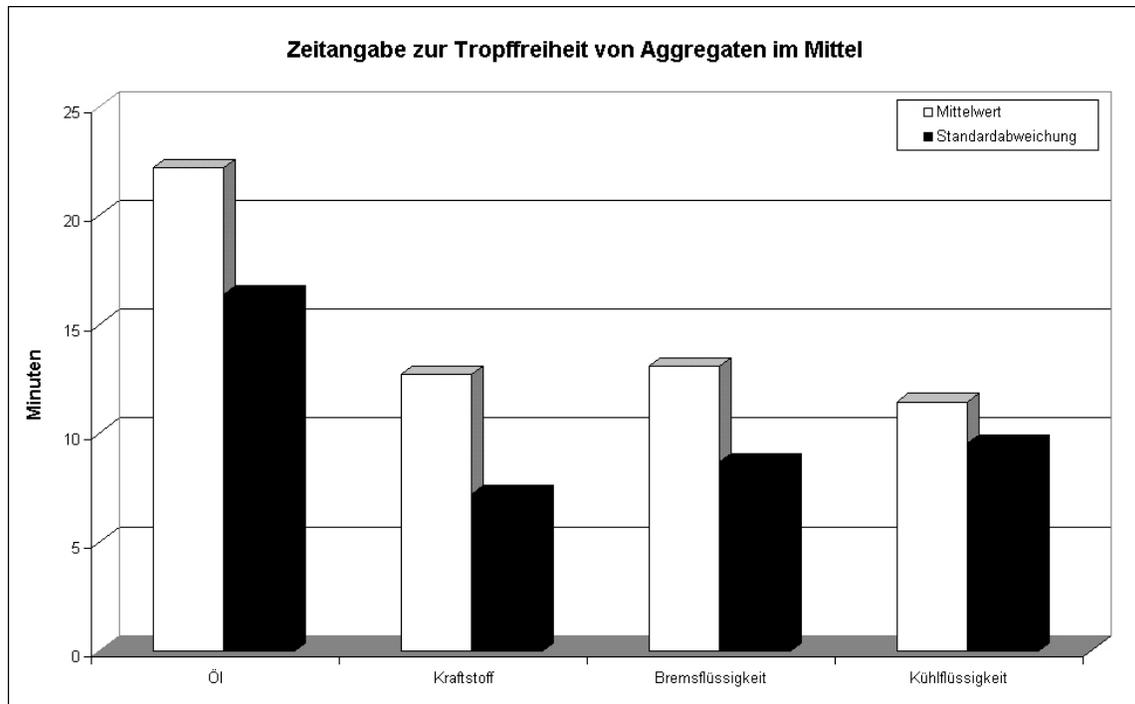


Abbildung 41: Zeitangabe zur Tropffreiheit von Aggregaten im Mittel

7.5 Vergleich mit bekannten Daten aus dem europäischen Ausland

Als Vergleichswert wird in diesem Abschnitt angeführt, welche Mengen bei ARN auftreten. ARN ist für das Autorecycling von Altfahrzeugen in den Niederlanden exklusiv zuständig. Im Report für das Jahr 2000 werden folgende Angaben zu den anfallenden Betriebsflüssigkeiten gemacht :

Öle: 4,9 l je Fahrzeug

Kraftstoff : 5,0 kg je Fahrzeug

Waschwasser : 0,9 kg je Fahrzeug

Bremsflüssigkeiten : 0,3 kg je Fahrzeug

Kühlflüssigkeiten : 3,6 kg je Fahrzeug

Hierbei handelt es sich jedoch um Normwerte, die nicht weiter kommentiert sind und somit auch nicht in einer hier zu kommentierenden Verteilungsfunktion integriert werden können. Fest steht jedoch, dass die Datenbasis in den Niederlanden sehr groß ist und jährlich rund 250.000 Fahrzeuge umfasst (2000: rd. 287.000). Mögliche auftretende Restmengen sind jedoch auch hier nicht dokumentiert.

Vergleicht man die Werte von ARN mit denjenigen, die innerhalb der statistischen Erhebung gefundenen wurden, so erhält man folgendes Bild:

Betriebsstoff	ARN [kg bzw. l/ Fzg.]	Eigene Erhebung (kg/Fzg.)
Öle	4,9 l	5,1
Kraftstoff	5,0 kg	5,3
Bremsflüssigkeit	0,3 kg	0,4
Kühlflüssigkeit	3,6 kg	2,8
Waschwasser	0,9 kg	0,5

Tabelle 28: Entnahmemengen im Vergleich zu ARN

Es fällt auf, dass bei sehr umweltkritischen Stoffen (Öle, Kraftstoffe und Bremsflüssigkeiten) hier eine recht gute Übereinstimmung festzustellen ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Bereich zwischen arithmetischem Mittelwert und Median, der sich aus der statistischen Untersuchung ergibt, betrachtet wird. Die Abweichung bei Bremsflüssigkeiten liegen bei -25%, die bei Kühlflüssigkeiten bei knapp +30% (jeweils bezogen auf die eigenen Ergebnisse). Bei Waschwasser beträgt die Abweichung +80%. Ein Grund hierfür könnte die quantitativ unterschiedliche Datenbasis sein.

7.5.1 Betrachtung der quantitativen Unterschiede zwischen Verwertungsberieben

Zur Beantwortung der Frage, ob es quantitative Unterschiede zwischen Unternehmen mit hohem Fahrzeugdurchsatz und solchen mit niedrigerem Fahrzeugdurchsatz bezüglich der entsorgten Betriebsstoffe gibt, wurde die Anzahl der jährlich behandelten Fahrzeuge mit den entsorgten Betriebsstoffen in Bezug gesetzt:

Öle

Bei Ölen stellt sich dies folgendermaßen dar:

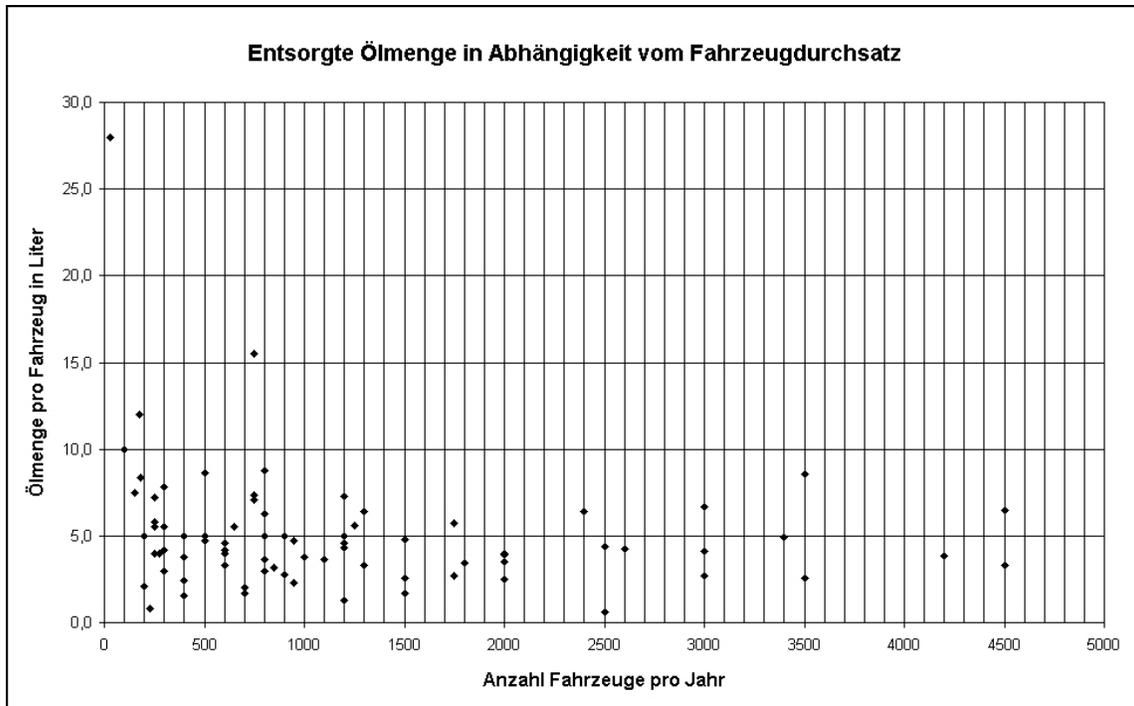
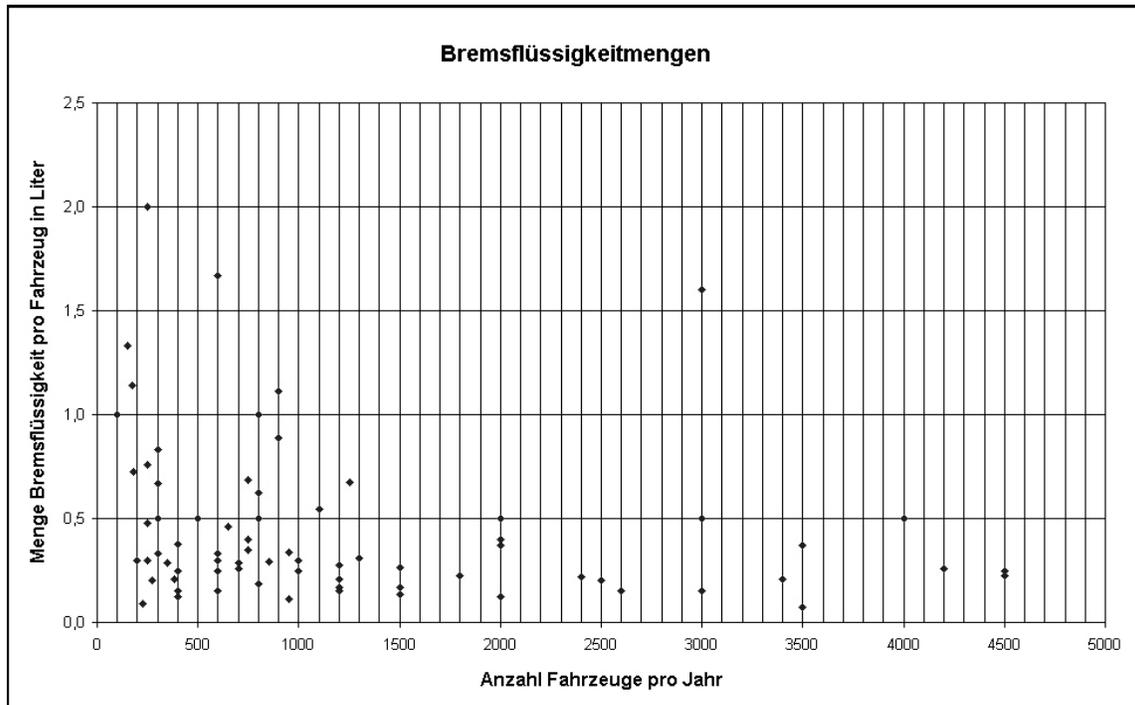


Abbildung 42: Entsorgte Ölmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz

Man stellt fest, dass zwischen großen und kleinen Betrieben keine signifikanten Unterschiede auftreten. Ein Zusammenhang zwischen der in den Betrieben eingesetzten Anlagentechnik und den entsorgten Ölmengen konnte mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht gefunden werden.

Bremsflüssigkeiten



Kühflüssigkeiten, Kraftstoffe und Waschwasser

Eine Gegenüberstellung von Fahrzeugdurchsatz und entsorgten Kraftstoff-, Kühflüssigkeits- und Wassermengen ergibt keinen Hinweis auf Zusammenhänge zwischen Betriebsgröße und entnommenen Betriebsflüssigkeiten. Der Grund hierfür liegt darin, dass betriebsinterne Verwertungen möglich sind (Kraftstoffe / Waschwasser). Zum anderen haben Betriebe, die in größerem Maßstab Unfallwagen annehmen, im allgemeinen ein geringeres Aufkommen an Kühflüssigkeit als solche, die keine Unfallfahrzeuge annehmen.

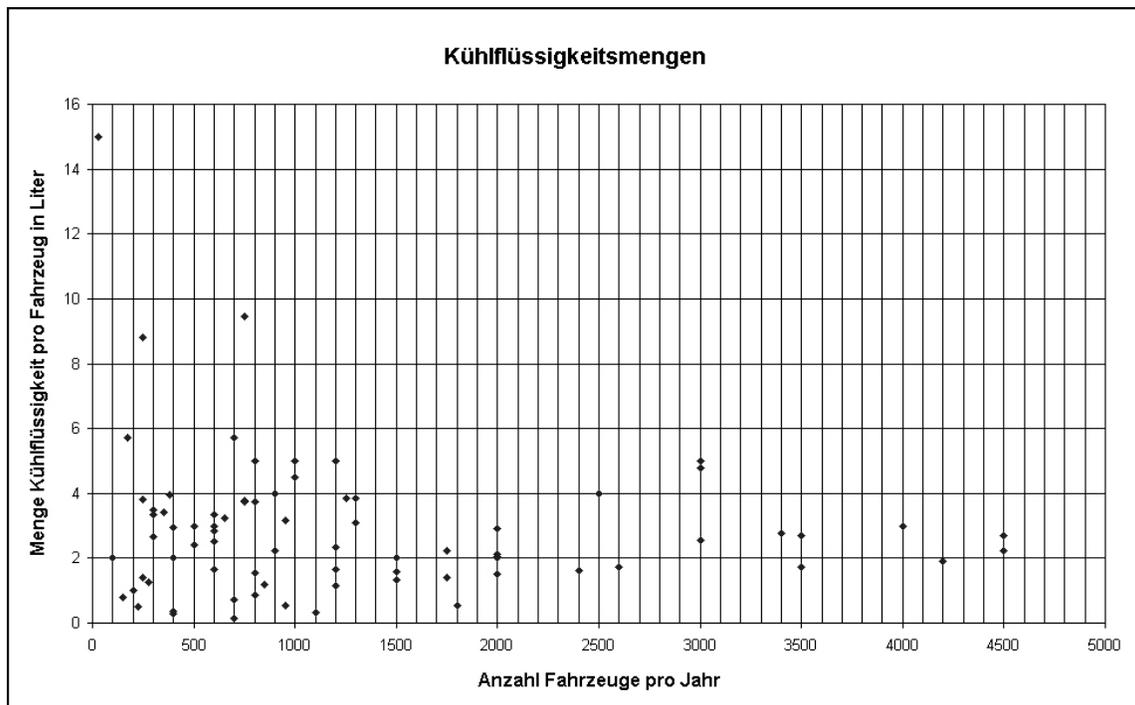


Abbildung 44: Entsorgte Kühflüssigkeitsmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz

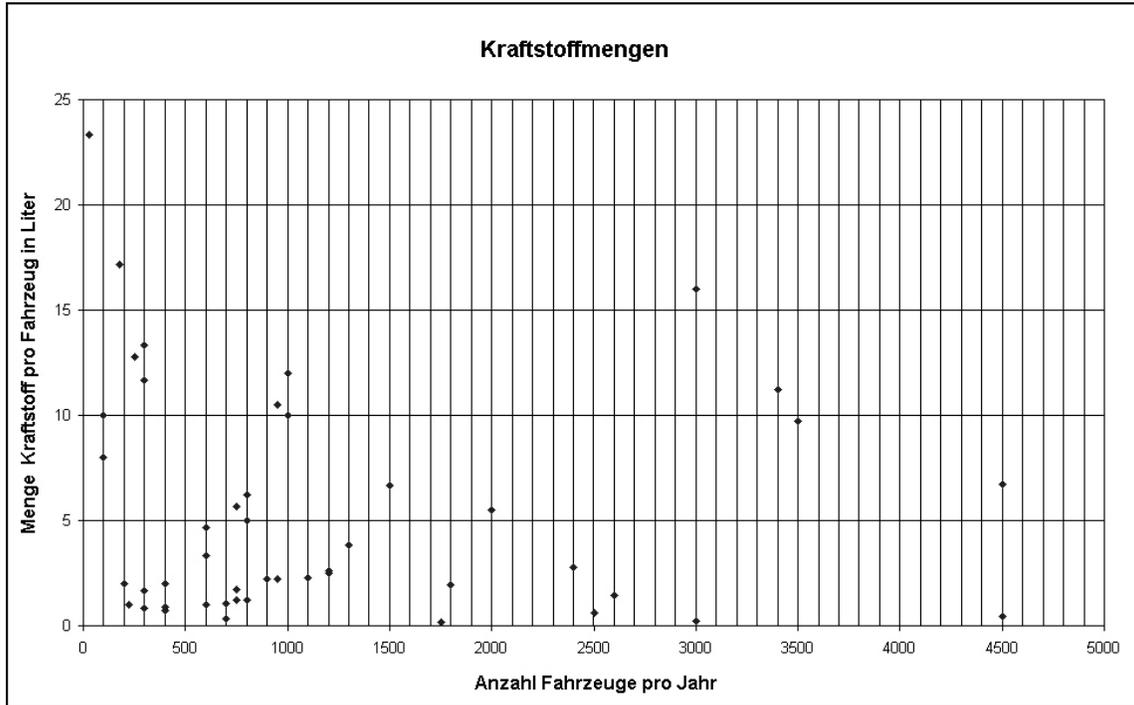


Abbildung 45: Entsorgte Kraftstoffmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz

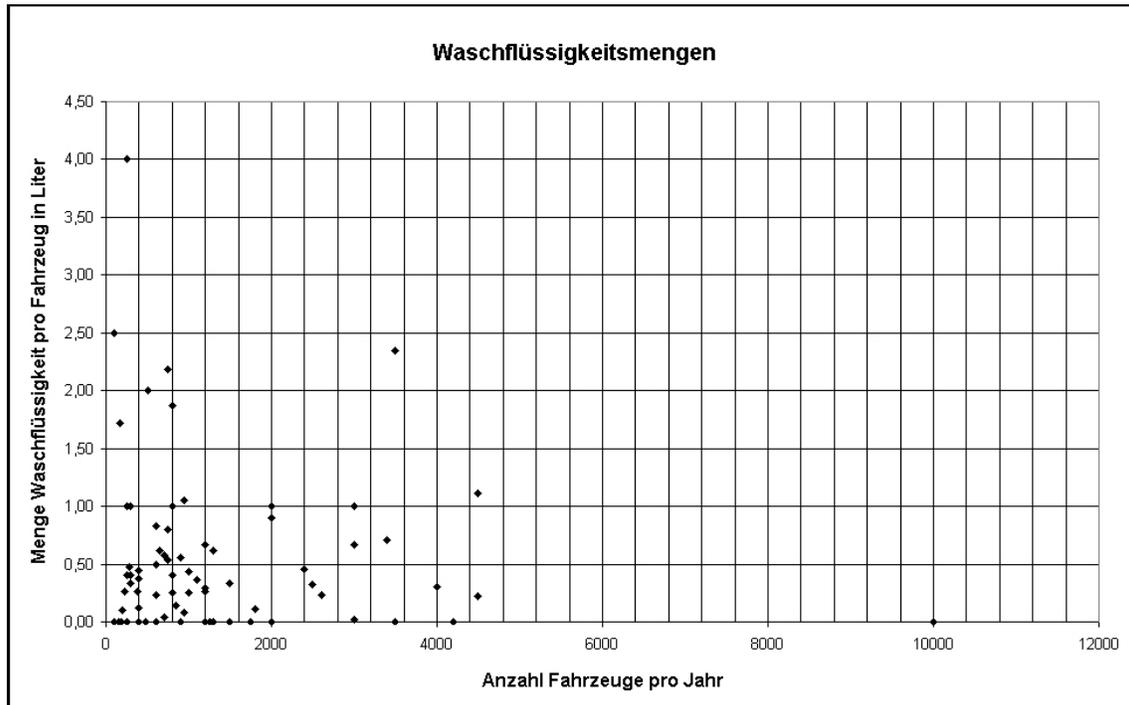


Abbildung 46: Entsorgte Waschflüssigkeitsmenge über Fahrzeugdurchsatz

7.5.2 Anlagentechnik zur Trockenlegung

Auf die Frage nach der betrieblichen Ausstattung ergab die Auswertung der Fragebögen, dass der überwiegendste Anteil der Betriebe über marktgängige Anlagentechnik zur Trockenlegung verfügen

Die folgende Grafik berücksichtigt dabei marktgängige Anlagen mit Eigenbauten und Kombinationen hieraus.

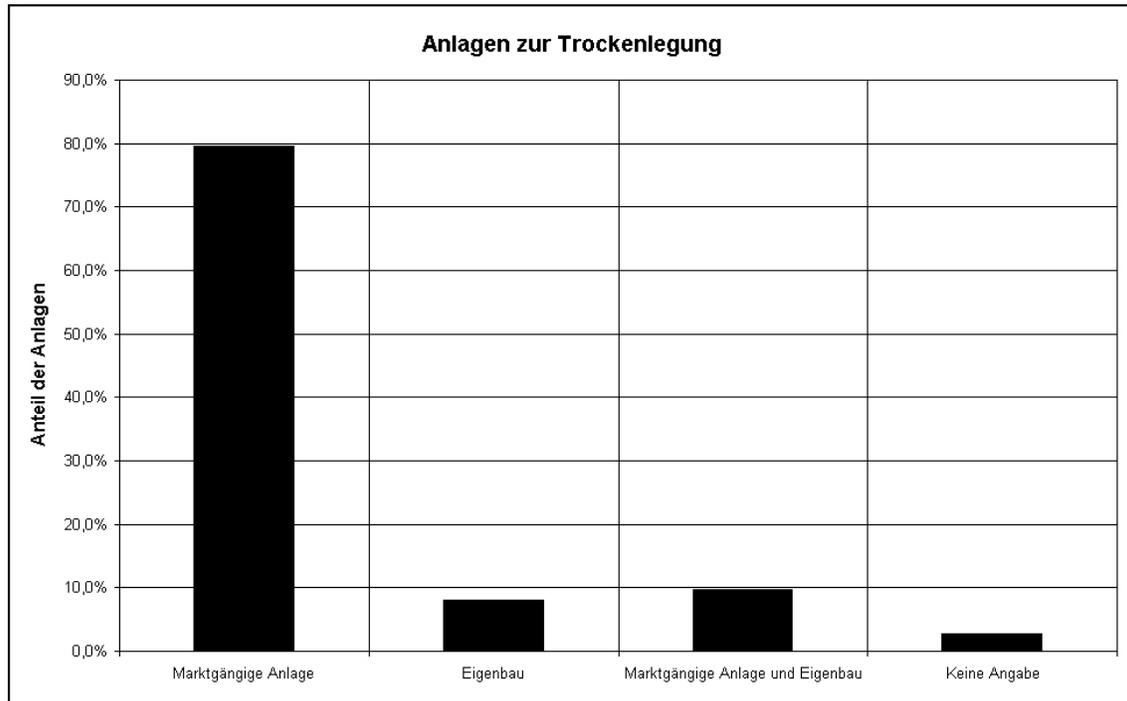


Abbildung 47: Anlagen zur Trockenlegung

Am häufigsten wurden die Systeme von Flaco, Seda und Tammling genannt, die bei 45% der Unternehmen zum Einsatz kommen.

7.6 Fahrzeug - Vorbehandlung und Bauteilentnahme

Die an der Erhebung beteiligten Betriebe wurden nach den Teilen gefragt, die von Ihnen grundsätzlich entfernt würden. Zur Auswahl standen dabei die Bauteile Reifen, Batterien, Katalysatoren, Neonleuchten, Auswuchtgewichte, Airbags und Gurtstraffer. Es wurden folgende Angaben gemacht:

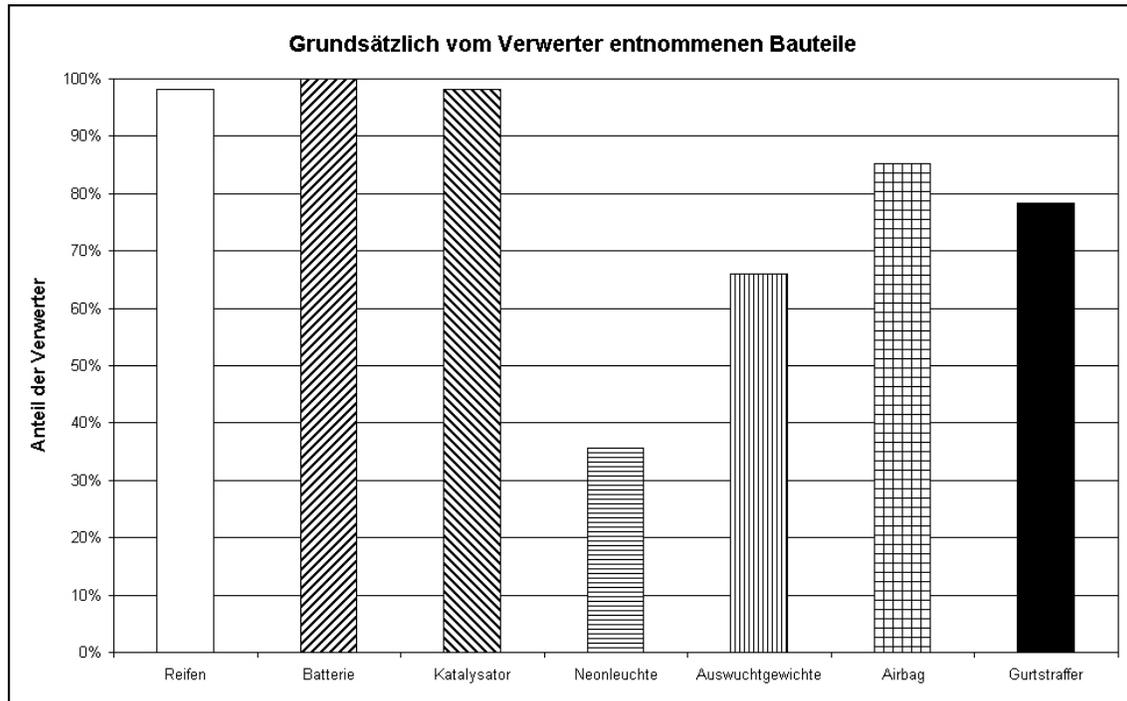


Abbildung 48: Entnommene Bauteile

Die spezielle Frage nach der Behandlung der Airbags und Gurtstraffer wurde folgendermaßen beantwortet:

1. 57% der Betriebe lösen den Airbag und die Gurtstraffer aus
2. Demontiert werden diese Bauteile von 24% der Unternehmen
3. „Sonstiges“ in Verbindung mit Demontage und Auslösen gaben 19 % an

Dies ist im folgenden grafisch dargestellt.

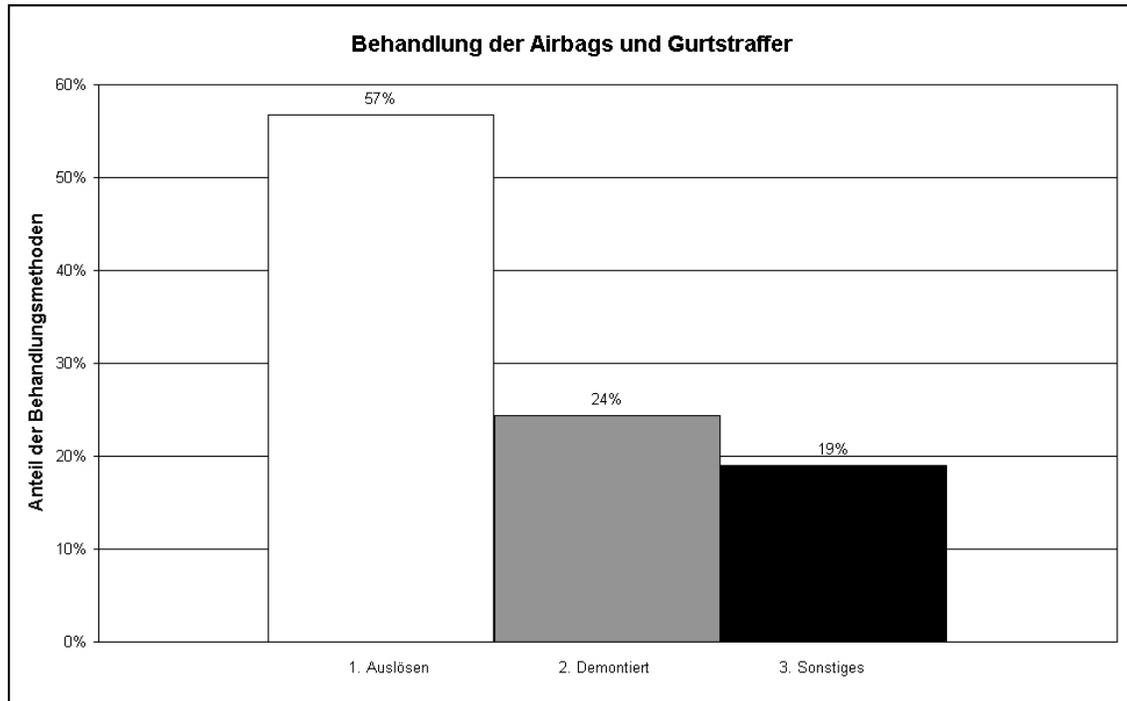


Abbildung 49: Behandlung Airbags und Gurtstraffer

Geht man davon aus, dass eine Auslösung und/oder eine Demontage klare und nachvollziehbare Vorgehensweisen sind, so kann man konstatieren, dass mit diesen Behandlungsarten immerhin 81% der Betriebe arbeiten. Unklar bleibt, was mit den demontierten Bauteilen erfolgt.

Die Erfassung von entnommenen Bauteilen in einem Betriebstagebuch erfolgt nur eingeschränkt, wie die Erhebung ergab. Auf die Frage, ob über entnommene Bauteile ein Betriebstagebuch geführt würde, wurden folgende Angaben gemacht:

- 40% der befragten Betriebe gaben an, ein solches zu führen, wohingegen
- 49% angaben, dieses nicht zu führen
- 10% machten hier keine oder unklare Angaben

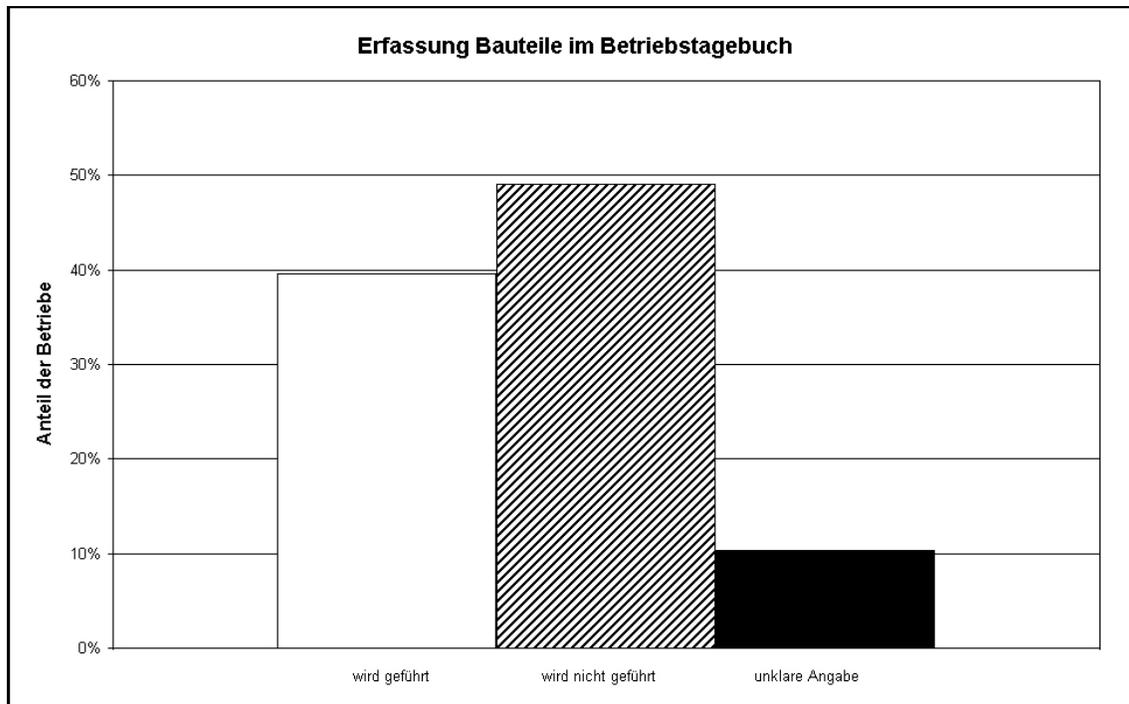


Abbildung 50: Führung eines Betriebshandbuches zur Bauteilerfassung

Ein Zusammenhang zwischen der jährlich durchgesetzten Anzahl an Fahrzeugen und der wenig ausgeprägten Neigung, entnommene Bauteile in einem Betriebstagebuch zu erfassen, lässt sich mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht herstellen, wie folgende Abbildung, in der die Betriebsgrößen mit berücksichtigt wurden, zeigt. Hierbei wurde die Antwort auf die Frage, ob ein Betriebstagebuch geführt wird, („keine Angabe“ (=0), „Ja“ (=1) „Nein“ (=2) oder auch „teilweise“ (=3)) in Bezug gesetzt zu der Betriebsgröße (Durchsatz an Altfahrzeugen p.a.) des antwortenden Betriebes:

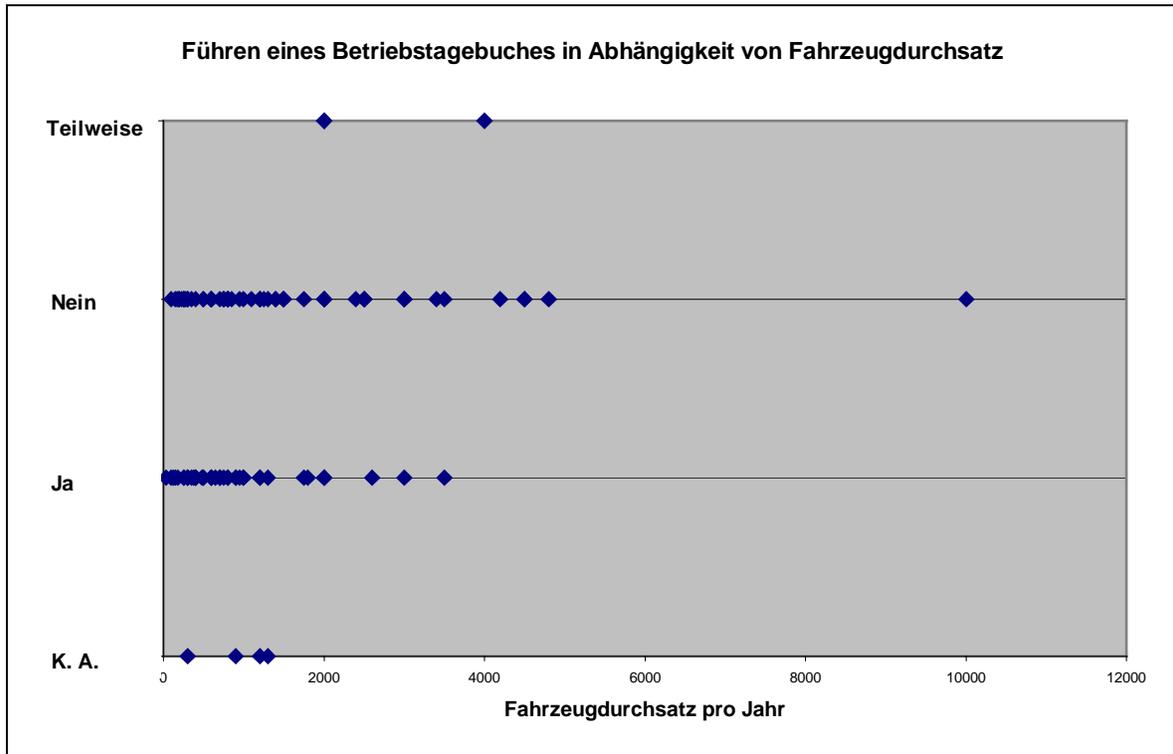


Abbildung 51: Führung eines Betriebstagebuches

7.7 Fahrzeug - Vorbehandlung zur Erhöhung von Recyclingquoten, Rücklauf von Katalysatoren und Kunststoffkraftstoffbehältern

Im Rahmen kommender Richtlinien könnte es zukünftig erforderlich sein, dass bestimmte Bauteile zur Erhöhung der Recyclingquoten aus den Fahrzeugen entnommen werden müssen. Hierzu wurde gefragt, ob sich die Betriebe in der Lage sähen, solche Bauteile zu entnehmen, wenn bestimmte Arbeitsanweisungen hierzu vorlägen. Es wurde angegeben, dass sich fast $\frac{2}{3}$ hierzu uneingeschränkt befähigt sehen, ein weiteres Drittel sieht sich hierzu in der Lage, wenn Lagerkapazität geschaffen wird. Einschränkend wurde jedoch oft kommentiert, dass hierzu Vergütungen bzw. Absatzmärkte vorhanden sein müssten.

In diesem Zusammenhang wurde zusätzlich gefragt, welche Kunststoff - Bauteile, nach Ansicht der Verwertungsbetriebe relativ einfach zu entfernen sind. Die zur Auswahl stehende Liste umfasste folgende Bauteile:

Scheinwerfer, Heckleuchten, Stoßfänger, Kühlergrills, Spoiler, Sitze
Türseitenverkleidungen und Hutablagen:

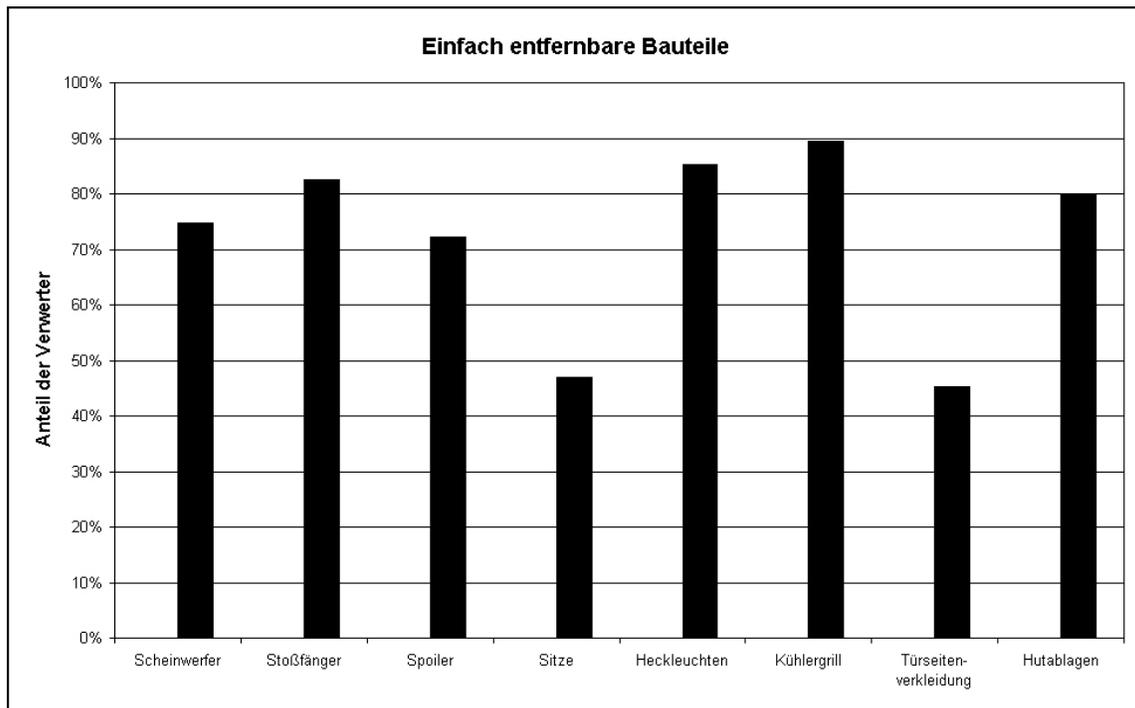


Abbildung 52: Einfach entfernbar Kunststoffteile

Weiter wurde angegeben, dass zur Entnahme von Stoßfängern, Armaturentafeln, Kunststoff Kraftstoffbehältern (KKB) und allen Scheiben folgende Zeitspannen erforderlich sind:

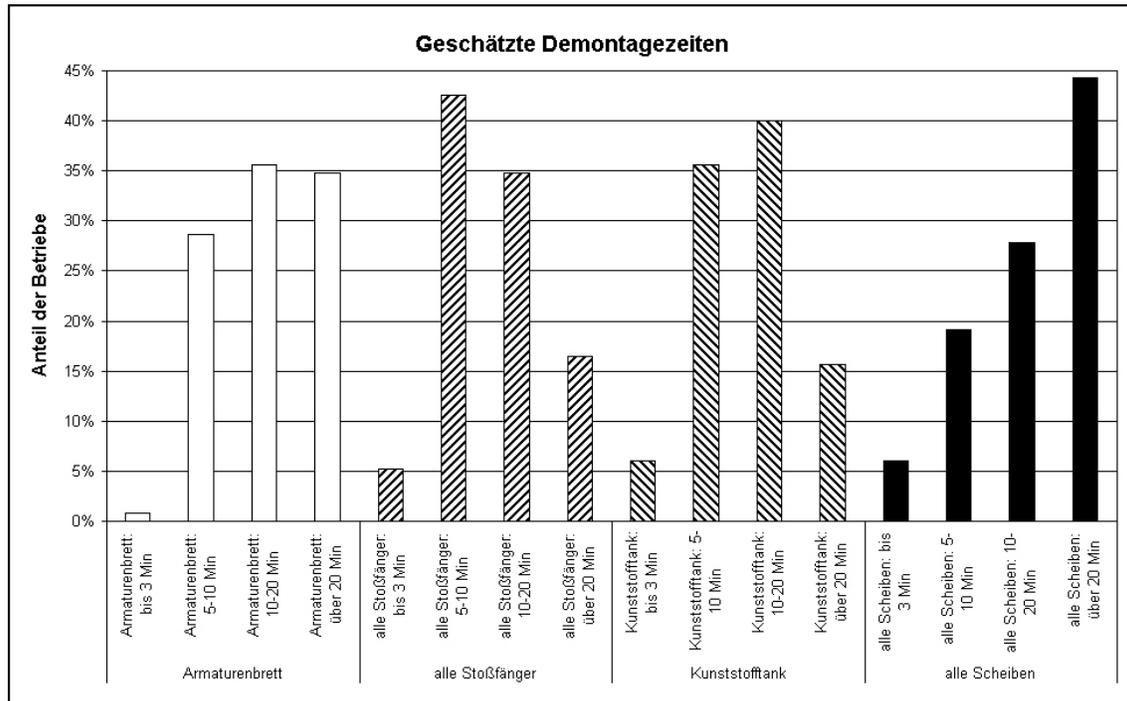


Abbildung 53: Zeitbedarf für die Demontage

Um den Anteil der Katalysatoren in Altfahrzeugen zu quantifizieren, wurden die Verwertungsbetriebe darüber befragt, wie hoch sie das Katalysator Aufkommen bei Altfahrzeugen einschätzen. Die Auswertung ergab folgendes Bild:

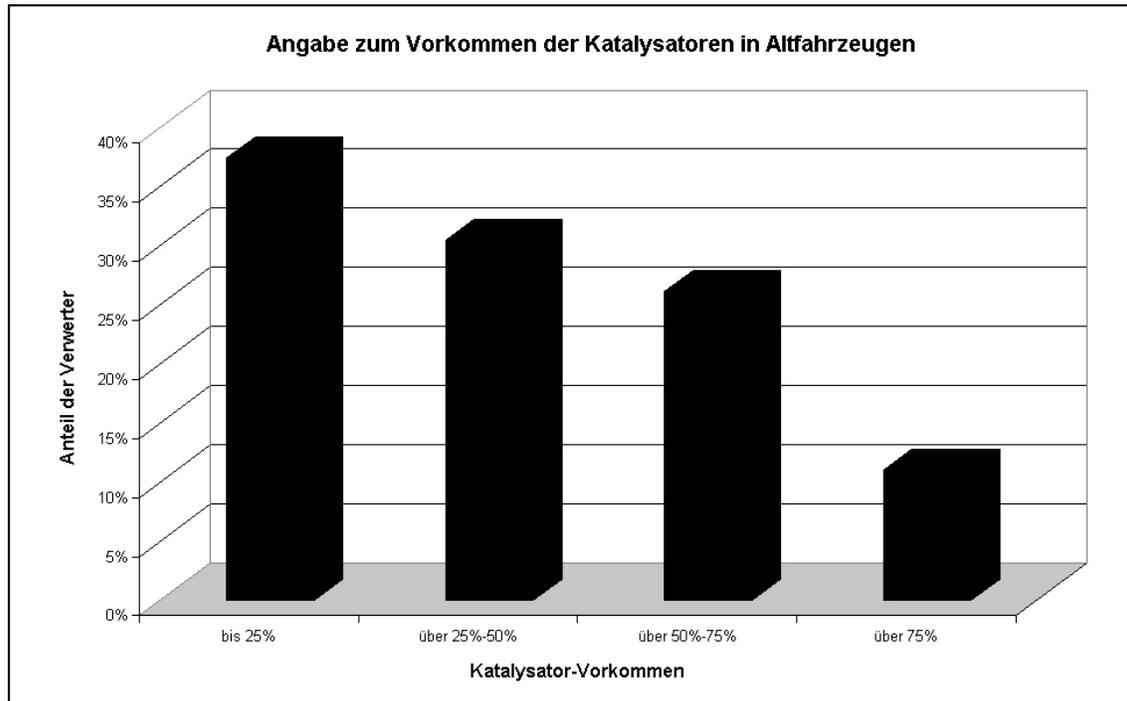


Abbildung 54: Katalysatoraufkommen

Ähnliche Angaben zeigen sich bei den Kunststoff-Kraftstoffbehältern, die nach der Umfrage im Mittel bei knapp 35% aller Altfahrzeuge angetroffen werden.

7.8 Zusammenfassung und Kommentierung:

Die Auswertung der Fragebögen ergab ein anschauliches Bild über den Ist-Zustand der deutschen Altautoverwertung. Hervorzuheben sind folgende Standards:

1. Der überwiegende Teil der deutschen Altautoverwerter setzt zur Trockenlegung kommerziell erhältliche Werkzeuge oder Anlagen ein. Ein nur geringer Teil gibt an, Eigenbauten zu verwenden.

2. Es ist festzuhalten, dass die überwiegende Mehrheit der Betriebe die Trockenlegung in eine Halle oder beheizten Halle durchführt.
3. Die Trockenlegung von Stoßdämpfern am Fahrzeug und die Totaldemontage als Trockenlegungsmethode sind gleichermaßen verbreitet. Nur ein geringer Teil entfernt die Stoßdämpferöle nicht.
4. Katalysatoren, Reifen und Batterien werden von nahezu 100% aller Betriebe entfernt, die überwiegende Mehrheit entfernt Auswuchtgewichte, Airbags und Gurtstraffer.
5. Betriebstagebücher werden in 49% der befragten Unternehmen nicht geführt .
6. Die Mehrheit der Betriebe ist der Ansicht, dass Armaturentafeln, Stoßfänger, Kunststofftanks und Scheiben in jeweils unter 20 Minuten entfernbar sind.
7. Die Mehrheit der Betriebe beauftragt Fremdunternehmen zur Entnahme der Kältemittel
8. Die Neutralisation von pyrotechnischen Bauteilen erfolgt entweder durch Auslösen (57%) oder durch Demontage (24%), wobei 6% angeben sowohl zu demontieren als auch auszulösen.
9. Die überwiegende Mehrheit der Betriebe verschließt die Entnahmeöffnung bei trockengelegten Aggregaten, wenn sie Öle, Bremsflüssigkeiten oder Kraftstoffe enthalten haben. Bei Kühlsystemen verschließt nur eine Minderheit die Entnahmeöffnung erneut.

8 Möglichkeiten des Monitorings bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen

Geeigneterweise ist die Überwachung der Qualität der Trockenlegung von Altfahrzeugen in den einzelnen Betrieben anhand des dort entsorgten Betriebsstoffvolumens vorzunehmen. Dies ist jedoch nur begrenzt möglich.

Neben dem Umstand, dass Unfallwagen häufig bereits bis zur Annahme durch den Verwerter einen großen Teil der ursprünglichen Betriebsflüssigkeiten verloren haben können, kommt auch der betriebsinternen Verwertung eine ganz erhebliche Bedeutung zu. Die betriebsinterne Verwertung von z.B. Kraftstoffen und Waschflüssigkeiten ist weit verbreitet. Eine Überprüfung der Qualität der Trockenlegung ist daher zunächst nur über Stichproben möglich :

Für die Größenordnungen der Restmengen, die in Fahrzeugen -auch bei sorgfältig durchgeführter Trockenlegung- noch vorhanden sein können, ergaben die eigenen Trockenlegungsversuche im Mittel folgende Anhaltswerte:

- Motoröl: 0,31 l
- Getriebeöl: 0,05 l
- Differentialöl: 0,06 l
- Servolenkungsöle: 0,12 l
- Stoßdämpfer: 0,07 l
- Kühlflüssigkeiten: 1,15 l
- Scheibenwaschflüssigkeit: 0,02 l
- Bremsflüssigkeit: 0,06 l
- Kraftstoff: 0,49 l

Diese Werte können jedoch keinesfalls als repräsentativ für alle Altfahrzeuge angesehen werden. Vielmehr müssten für jeden Fahrzeugtyp die entsprechenden Restmengen gemessen werden.

Für eine gezielte Auswahl, bei welcher Unternehmen Stichproben durchgeführt werden sollen, bieten die entsorgten Flüssigkeitsvolumina umgelegt auf die durchgesetzten Altfahrzeuge aber dennoch, da die entsorgten Flüssigkeiten und die angenommenen Fahrzeuge die einzigen Randbedingungen sind, die ständig protokolliert werden.

Daher könnte man eine Kontrollmöglichkeit dadurch schaffen, dass man Plausibilitätsprüfungen durchführt, indem man Eckwerte für bestimmte Betriebsflüssigkeiten aufstellt und diese mit den von den Verwertungsbetrieben entsorgten Mengen vergleicht. Hier bieten sich die jährlich zu entsorgenden Volumina an Ölen, Kühlflüssigkeiten und Bremsflüssigkeiten an, wohingegen Kraftstoffe und Waschwässer häufig intern verwertet werden und deswegen weniger geeignet sind. Bei genauerer Analyse muss man jedoch festhalten, dass insbesondere Kühlflüssigkeiten sehr häufig bei Unfällen verloren gehen, so dass Betriebe, die bevorzugt Unfallwagen annehmen hier naturgemäß niedrigere Entsorgungsvolumen aufweisen. Gegen Unfälle robuster geschützt sind Öle und in besonderem Maße Bremsflüssigkeiten. Als Plausibilitätskennzahlen könnten also die Entsorgungsvolumina für Bremsflüssigkeiten und Öle gelten.

Dies sei beispielhaft an Bremsflüssigkeiten erläutert: Geht man im Mittel von einem Volumen von ca. $\frac{1}{2}$ Liter Bremsflüssigkeit je Fahrzeug aus und vergleicht dieses Volumen mit dem statistisch ermittelten Streubereich der entsorgten Menge an Bremsflüssigkeit pro trockengelegtem Fahrzeug so erhält man folgenden Zusammenhang:

Minimum:	0,1 Liter je Fahrzeug
1. Quartile:	0,21 Liter je Fahrzeug
Median:	0,3 Liter je Fahrzeug
3. Quartile:	0,5 Liter je Fahrzeug
Maximum:	2,0 Liter je Fahrzeug
Arithmetisches Mittel:	0,44 Liter je Fahrzeug

Es fällt auf, dass das eigentliche Füllvolumen erst in der 3. Quartile erreicht wird, wobei dies sehr unterschiedliche Gründe haben kann. Fest steht jedoch auch, dass in der Regel über die Hälfte des Bremsflüssigkeitsvolumens entfernbar sein sollte, so dass ein Minimalwert von 0,1 Litern und der erste Quartilswert von 0,21 Litern je Fahrzeug erklärungsbedürftig sind.

Ein Monitoring über andere Bauteile gelingt am einfachsten bei Starterbatterien und Reifen, da diese Bauteile in der Regel in einem festen Bezug zum Fahrzeug stehen. Dies bedeutet, dass pro Altfahrzeug eine Batterie anfallen sollte. Andere Bauteile wie Airbags oder Gurtstraffer sind hingegen nur sehr schwierig zu überwachen, da deren Anzahl pro Fahrzeug stark unterschiedlich ist bzw. heute bei weitem noch nicht jedes Fahrzeug hiermit ausgestattet ist. Eine Überprüfung kann hier ebenfalls nur durch Stichproben erfolgen.

9 Zusammenfassung zum Stand der Technik der Vorbehandlung

Wie sowohl die von tec4U durchgeführten Analysen, als auch die Messreihe aus der Diplomarbeit an der FH Lübeck (siehe Tabelle 13: Zusammenfassung Betriebsflüssigkeits-Restmengen) zeigten, sind Restgehalte an Betriebsflüssigkeiten unvermeidlich. Mit am Markt üblichen Werkzeugen, sind die in Abschnitt 4 Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegung und Trockenlegungsgrade angegebenen Restmengen erreichbar, wobei hierzu jedoch eine sorgfältige Arbeitsweise erforderlich ist.

Eigenbauten zur Trockenlegung von Fahrzeugen sollten zulässig sein, sofern sie mindestens die gleichen oder aber bessere Ergebnisse bezüglich der Trockenlegung eines Aggregates liefern wie kommerzielle Produkte. Die Zulassung solcher Eigenbauten sollte nur nach einer technischen Überprüfung durch eine neutrale Institution (TÜV etc.) erfolgen.

Eine Festschreibung von maximal zulässigen Restmengen in Aggregaten ist problematisch, da diese von der Bauweise des flüssigkeitsführenden Aggregates abhängen. Die Restmenge, die bei einem Entnahmeverfahren in dem flüssigkeitsführenden Aggregat verbleibt, ist demnach auch abhängig davon, wie das Aggregat bei der Entleerung positioniert ist und an welcher Stelle es entleert wird (sofern die tiefste Stelle für eine Entleerung nicht erreichbar ist).

Eine dauerhafte Tropffreiheit von flüssigkeitsführenden Aggregaten am Altfahrzeug ist nur dann zu erreichen, wenn diese Aggregate wieder verschlossen werden. Idealerweise geschieht dies so, dass der Ausgangszustand des ungefüllten Systems wieder erreicht wird. Bei wiederverschließbaren Öffnungsmöglichkeiten, wie beispielsweise bei Ablassnippeln oder entsprechenden Schrauben gelingt dies,

ist jedoch technisch nach der zerstörenden Öffnung des Aggregates nicht möglich.

Aus diesem Grunde ist der entnommene Ölfilter, wenn er als einschraubbare Einheit vorliegt nach seiner sorgfältigen Entleerung auch wieder aufzuschrauben, um das Altfahrzeug in diesem Bereich wieder sicher abzudichten.

Bei zerstörender Öffnung von Aggregaten sind diese nach der Entleerung durch geeignete Verschlussmassen wieder zu verschließen. Anbieter kommerzieller Trockenlegungsanlagen bieten entsprechende Verschlüsse an. Es können auch gewindefurchende Schrauben in die Entnahmeöffnung eingedreht werden.

Bei Klimaanlageanlagen ist generell zu bemerken, dass nach der Entnahme des Kältemittels Teile des Kompressorenöls in den Klimaanlageanlagen verbleiben und nur schwer (z.B. durch eine Demontage) entfernbar sind. Die Klimakompressoren arbeiten je nach Leistung mit Füllmengen von 600 bis 1200 g Kältemittel (früher R12, heute verbreitet R134A), dem etwa 100 bis 300 ml Kältemaschinenöl zugemischt sind. Diese Kältemaschinenöle können eine mineralische Basis haben, sind jedoch auch häufig vollsynthetisch hergestellt, wobei diese dann eine Esterbasis aufweisen. Im Hinblick darauf, dass die Kältemaschinenöle teilweise im Kompressor verbleiben, andererseits Kälteaggregate jedoch auch einen hohen Anteil an Aluminium enthalten, wäre eine Demontage des Aggregates unter ökologischen und ökonomischen Aspekten dann sinnvoll, wenn eine gute Zugänglichkeit des Aggregates vorliegen würde. Dies ist im allgemeinen heute jedoch nicht der Fall.

Für den Stand der Technik bezogen auf die Trockenlegung von Altfahrzeugen lassen sich hieraus zunächst folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Trockenlegung von Fahrzeugen erfolgt in einer meist temperierbaren Halle.

2. Eigenbauten zur Trockenlegung von Fahrzeugen müssen den technischen Standard der kommerziell verfügbaren Geräte mindestens erreichen oder aber diesen übertreffen. Mit kommerziell verfügbaren Geräten werden bei sorgsamer Arbeitsweise durchweg Ergebnisse erzielt, die im Bereich derjenigen liegen, die in eigenen Versuchsreihen ermittelt wurden.
3. Die Entnahme der Kältemittel durch den eigenen Betrieb erfolgt mit hierfür zugelassenen Geräten.
4. Die Fahrzeuge werden bei der Flüssigkeitsentnahme so positioniert, dass mindestens diejenige Trockenlegung eines Aggregates erreicht wird, welche auch bei einer strikt waagerechten Positionierung erreicht würde.
5. Die Entnahmeöffnungen sind erneut zu verschließen.
6. Die Entnahme der Betriebsflüssigkeiten erfolgt durch die Grundtechniken Absaugen, Ablassen und Ablassen mit Nachsaugen bzw. durch die Demontage des Aggregates (Waschwasser / Stoßdämpfer)

9.1 Statement zum Stand der Technik der Vorbehandlung

Zum Stand der Technik bezogen auf die Vorbehandlung ist folgendes festzuhalten:

1. Die Neutralisation von pyrotechnische Bauteilen erfolgt durch Auslösen oder Demontage.
2. Katalysatoren, Batterien, Reifen und Auswuchtgewichte werden entfernt.

Die weitere Vorbehandlung zur Erhöhung von Recyclingquoten ist unter zwei Aspekten zu sehen:

Zum einen steht unter entropischen Gesichtspunkten eine werkstoffliche Wiederverwertung grundsätzlich vor einer rohstofflichen. Dies wird jedoch dadurch limitiert, dass der ökonomische Aufwand zur Erzielung eines werkstofflich einsetzbaren Recyclates zuweilen zu hoch ist. In diesen Fällen sollte eine

rohstoffliche Verwertung vorgezogen werden.

Im betrachteten Umfeld des Altfahrzeuges heißt dies: Eine Schredder-Leicht-Fraktion ist unter wirtschaftlichen Aspekten nicht mehr werkstofflich aufzuarbeiten, zumindest wenn man die heute zur Verfügung stehenden und erprobten Techniken zugrunde legt. Sie ist jedoch auch nicht gänzlich vermeidbar, da bestimmte Kunststoffteile nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand von der Karosserie zu trennen sind.

Die Demontage von Bauteilen führt einerseits zu einer Reduktion der Schredder-Leicht-Fraktion, andererseits wird durch die Demontage von Bauteilen auch das zu trennende Stoffgemisch weniger komplex, da demontierte Bauteile wesentlich weniger komplex aufgebaut sind als das Fahrzeug selbst. Die zur Aufarbeitung einzelner Bauteile erforderliche Trenntechnik steht im allgemeinen zur Verfügung. Der größte Teil der Kosten, die durch das Recycling von demontierten Bauteilen entstehen, sind auf die Demontage der Bauteile selbst zurückzuführen. Aus diesem Grunde wurde bei der Befragung der Altfahrzeugverwerter danach gefragt, welche Bauteile sie als einfach zu demontieren bezeichnen würden. Hierbei wurden überwiegend genannt: Scheinwerfer, Heckleuchten, Stoßfänger, Kühlergrills und Hutablagen. Die Mehrheit der Betriebe gab an, dass auch komplexe Teile wie Armaturentafeln in weniger als 20 Minuten entfernbar sind.

Für Teile, wie z.B. Armaturentafeln, Kabelbäume oder Stoßfänger macht eine Demontage ökonomisch dann Sinn, wenn der Demontagebetrieb hierdurch Gewinne erzielen kann, oder wenn der zusätzliche Aufwand, der hierdurch entsteht vergütet wird. Ökologisch ist festzuhalten, dass speziell im Bereich des Armaturenbrettes die höchste Zahl an elektronischen Bauteilen implementiert sein kann, die mit Schadstoffen befrachtet sein können.

Durch die Entfernung der Armaturentafel ist es in der Regel auch möglich große Teile des Kupfers, welches im Fahrzeug in Form von Kabelbäumen verbaut ist, sortenrein wiederzugewinnen.

Die Technologien zur Aufarbeitung der genannten Teile sind zwar vorhanden, jedoch auf konstante und zuverlässige Massenströme angewiesen. Mit IDIS, dem International Dismantling Information System, welches jedem Demontagebetrieb zugänglich ist, kann zudem zukünftig eine Zuordnung erfolgen, welche Kunststoffe für bestimmte Bauteile eingesetzt wurden.

10 Technische Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altfahrzeugen (Stand 2002)

10.1 Vorbemerkung

Gegenüber der vorherigen Fassung sind einige Ergänzungen vorgenommen worden. Sie beziehen sich auf die Kraftstoffentnahme (Leitungen), auf Fahrzeuge mit ABS (Entfernung der Bremsflüssigkeit) und auf die Entnahme von Servoölen. Der Latentwärmespeicher wird bei der Entnahme der Kühlflüssigkeit zusätzlich berücksichtigt.

10.2 Technische Mindestanforderungen

Dieses Anforderungsprofil richtet sich an Betreiber von Altautoverwertungsbetrieben. Es soll als Orientierungshilfe insbesondere bei

- (1) der Auswahl von Anlagen oder Anlagenteilen zur Trockenlegung,
 - (2) der Genehmigung solcher Anlagen
- dienen.

Das Anforderungsprofil gilt für ortsfeste und mobile Trockenlegungsanlagen gleichermaßen.

Im einzelnen regeln die Anforderungen die Trockenlegung folgender Betriebsstoffe:

- (1) Kraftstoffe
- (2) Motoröle
- (3) Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeöle
- (4) Hydraulik-, Servo- und Hydrolastflüssigkeiten

- (5) Stoßdämpferöle und Flüssigkeiten aus Hydrolagern
- (6) Bremsflüssigkeiten
- (7) Kältemittel aus Klimaanlage und Kompressorenöle
- (8) Kühlerflüssigkeit und Latentwärmespeicher
- (9) Scheibenwaschflüssigkeit

Grundsätzlich ist die Ausbildung und Einweisung des Personals in die ordnungsgemäße und den Herstellerangaben entsprechende Bedienung dieser Anlagen oder Anlagenteile Voraussetzung für eine gute Qualität des Trockenlegungsvorganges. Daher hat hierzu stets eine Arbeits- und Verfahrensanweisung zu erfolgen.

Ziel bei der Trockenlegung von Aggregaten in Altfahrzeugen ist das Erreichen der bestmöglichen Trockenlegung (s.u.). Hierzu ist bei der Trockenlegung der Fahrzeuge auf hierfür zugelassenen Einrichtungen die waagerechte Lage einzuhalten. Vorgehensweisen, die eine darüber hinausgehende verbesserte Trockenlegung von Aggregaten ermöglichen, dürfen angewendet werden.

Wird ein flüssigkeitsführendes Aggregat demontiert und dient nicht dem Ersatzteilhandel, so ist es nach der Demontage trocken zulegen oder von hierfür zugelassenen Fachbetrieben weiterzubehandeln.

Diese Weiterbehandlung umfasst hierbei die Trockenlegung oder Entfrachtung des Aggregates außerhalb des Altfahrzeuges und die anschließende Verwertung oder Beseitigung der hierbei anfallenden Stoffe.

10.3 Begriffsbestimmung der bestmöglichen Trockenlegung

Die bestmögliche Trockenlegung eines Aggregates, welches nicht vollständig entfernt wird, ist dann erreicht, wenn unmittelbar an der Ablassöffnung bzw. der Entnahmestelle ein Strömungsabriss erfolgt ist, und, nachdem dieser Zustand

erreicht ist, nur noch tropfenweise Flüssigkeit entnommen werden kann. Dieser Zustand hat sich bei Ölen in der Regel erst 5 Minuten nach Strömungsabbruch eingestellt, wenn ein Fahrzeug auf Hallenbedingungen konditioniert ist. Es wird daher empfohlen, den Ölablass als erstes vorzunehmen und während der übrigen Arbeiten zur Trockenlegung nachtropfendes Öl aufzufangen. Ist die Ablassöffnung bzw. Entnahmeöffnung nicht am tiefsten Punkt angebracht, so ist durch geeignete Hilfsmittel die verbleibende Restmenge abzusaugen. Im Falle des Absaugens ist die bestmögliche Entnahmemenge dann erreicht, wenn nur noch tropfenweise Flüssigkeit abgesaugt werden kann. Hierüber ist eine Arbeitsanweisung zu erstellen.

Die bestmögliche Trockenlegung am Altfahrzeug wird immer erreicht, wenn das flüssigkeitsführende Aggregat entfernt wird.

10.4 Ablaufschema

Die Trockenlegung eines Altfahrzeuges hat grundsätzlich so zu erfolgen, dass alle pyrotechnischen Bauteile vor der Trockenlegung entfernt oder ausgelöst werden. Im Umgang mit pyrotechnischen Bauteilen ist das Sprengstoffgesetz zu beachten. Bei der Auslösung ist darauf zu achten, dass gesundheitliche Gefährdungen ausgeschlossen sind. Hierzu gehören z.B. Maßnahmen zur Einhaltung von arbeitshygienisch unbedenklichen Arbeitsplatzkonzentrationen von Schadstoffen, sowie Maßnahmen, die Immissionen in Form von Lärmbelastigungen auf zugelassene Maße reduzieren. Nach der Neutralisation der pyrotechnischen Bauteile sind alle schadstoffhaltigen Teile zu entfernen. Hierzu gehören insbesondere alle Batterien, Auswuchtgewichte, quecksilberhaltige Bauteile wie z.B. Displays von Navigationssystemen, Displays mit Hintergrundbeleuchtung, quecksilberhaltige Schalter und Leuchtstoffröhren. Audioanlagen fallen ebenfalls unter diesen Punkt.

10.5 Anforderungen an Trockenlegungsanlagen und deren Betrieb

Anlagen, die zur Entnahme von flüssigen oder unter Normalbedingungen gasförmigen Betriebsstoffen dienen, müssen grundsätzlich so ausgelegt und betrieben werden, dass eine Gefährdung der dort arbeitenden Personen und der Umwelt ausgeschlossen ist. Hierzu gehören insbesondere Maßnahmen, die der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten dienen und die Vermeidung von Hautkontakten sicherstellen.

Für verwendete Anlagen oder Anlagenteile muss eine technische Zulassung vorliegen, die den Stand der Technik repräsentiert. Das trockenliegende Fahrzeug ist in waagerechter Lage zu behandeln. Positionierungen, die durch Lageänderungen während der Trockenlegungsvorgänge auch darüber hinausgehende Möglichkeiten zur Entleerung eines Aggregates zulassen (beispielsweise durch die Ausschüttelung von auftretenden Totvolumina) können angewendet werden. Alle Betriebsflüssigkeiten sind grundsätzlich verlustfrei in dafür zugelassene Lagerbehälter zu überführen.

Eigene Konstruktionen von Anlagen zur Trockenlegung von Altfahrzeugen sind zulässig, sofern sie den Stand der Technik repräsentieren. Hierzu müssen mit diesen Konstruktionen Ergebnisse erzielt werden, die mindestens den Ergebnissen entsprechen, die auch mit Anlagen erzielt werden, die am Markt verfügbar sind.

Die Trockenlegung sollte bevorzugt in einer beheizten Halle erfolgen oder in Betriebseinrichtungen, die vergleichbare Arbeitsbedingungen zulassen. Eine Temperierung des Fahrzeuges und der Betriebsflüssigkeiten auf Temperaturen über 15°C ist vorzusehen. Alle Aggregate sind nach der Trockenlegung erneut zu verschließen. Dies erfolgt entweder mit den Einfüll- oder Ablassverschlüssen selbst oder durch geeignete andere Verschlüsse, wie z.B. gewindefurchende Schrauben.

Eine Betriebsanweisung über die Gefahren, die sich durch den Umgang mit der zu entnehmenden Stoffklasse ergeben, hat grundsätzlich zu erfolgen.

10.5.1 Kraftstoffe

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Kraftstoffen eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen.

- (1) Anlagen und Anlagenteile, die zur Entnahme von Kraftstoffen dienen, müssen explosionsgeschützt ausgeführt sein.
- (2) Die Entnahme des Kraftstoffs erfolgt durch Absaugen über die Tanköffnung oder über zusätzlich zu schaffende Entnahmemöglichkeiten (z.B. durch Anstechen oder Anbohren mit hierfür geeigneten, explosionsgeschützten Werkzeugen), über die der größtmögliche Trockenlegungsgrad gewährleistet wird. In jedem Fall ist der Kraftstoff über eine emissionsgeminderte, an der Entnahmestelle abgedichtete Fall- und/oder Saugstrecke in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter verlustfrei zu überführen.
- (3) In die Fall- und Saugstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.
- (4) Die Öffnung(en) zur Entnahme des Kraftstoffes ist (sind) nach Beendigung des Entnahmevorgangs tropffrei zu verschließen.
- (5) Das Kraftstoffsystem, inklusive der Kraftstofffilter ist unter Berücksichtigung o.g. Anforderungen zu entleeren. Dies erfolgt durch Absaugung der Leitung entweder im Motorraum oder am Tank.

Der erneute Verschluss des Kraftstofftankes hat mit hierfür geeigneten Mitteln zu erfolgen.

10.5.2 Motoröle

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Motorölen eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen. Bei der Handhabung der Altöle ist die Altölverordnung zu beachten. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

- (1) Die Entnahme des Motoröls hat über die am Altauto vorhandenen Ablass- oder Entnahmemöglichkeiten (z.B. Ablassschraube) zu erfolgen. Ansonsten sind Entnahmemöglichkeiten zu schaffen (z.B. durch Anbohren), über welche die Entnahme der größtmöglichen Menge an Motoröl gewährleistet wird. Die Entnahme hat über Fall- und/oder Saugstrecken zu erfolgen, wobei durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangtrichter ausreichender Größe, Spritzschutz etc.) das verlustfreie Auffangen bzw. Ableiten gewährleistet sein muss.
- (2) Beim Einsatz einer Saugstrecke ist das Motorenöl verlustfrei in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter zu überführen.
- (3) Sofern ein Auffangbehälter verwendet wird, ist das verlustfreie Umfüllen in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter durch eine tropffreie Verbindung zu gewährleisten.
- (4) In die Saugstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.
- (5) Die Öffnung(en) zur Entnahme des Motorenöls ist (sind) nach Beendigung des Ablassvorgangs tropffrei zu verschließen.
- (6) Der Ölfilter ist sorgsam zu entleeren.
- (7) Wird der Motor komplett durch Demontage entfernt, muss die Trockenlegung des Motors in den nachfolgenden Verwertungsschritten erfolgen.

Die Öffnung(en) zur Entnahme des Öls ist (sind) nach der Trockenlegung durch geeignete Mittel wieder tropffrei zu verschließen.

10.5.3 Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeöle

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeölen eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen. Bei der Handhabung der Altöle ist die Altölverordnung zu beachten. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

- (1) Die Entnahme des Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeöls hat über die am Altauto vorhandenen Ablass- oder Entnahmemöglichkeiten (z.B. Ablassschraube) zu erfolgen. Darüber hinaus muss die Anlage oder das Anlagenteil in der Lage sein, gegebenenfalls Ablassmöglichkeiten (z.B. durch Anbohren oder Anstechen) zu schaffen, über welche die höchstmögliche Trockenlegung gewährleistet wird. Die Entnahme hat über Fall- und /oder Saugstrecken zu erfolgen, wobei durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangtrichter ausreichender Größe, ggf. Spritzschutz etc.) das verlustfreie Ableiten in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter gewährleistet sein muss.
- (2) In die Saugstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.
- (3) Die Öffnungen zur Entnahme des Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeöls sind nach Beendigung des Ablassvorgangs tropffrei zu verschließen.
- (4) Der Ölfilter ist sorgsam zu entleeren. Liegt er als einschraubbare Einheit vor, so wird er nach seiner Entleerung wieder eingeschraubt um den Motor wieder abzudichten.
- (5) Werden Schalt-, Automatik- bzw. Differentialgetriebe komplett durch Demontage entfernt, muss die Trockenlegung der Aggregate in nachfolgenden Verwertungsschritten erfolgen.

Die Öffnung(en) zur Entnahme des Öls ist (sind) nach der Trockenlegung durch geeignete Mittel wieder tropffrei zu verschließen.

10.5.4 Hydraulik- und Servoflüssigkeiten

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Hydraulik- und Servoöle eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen. Bei der Handhabung der Altöle ist die Altölverordnung zu beachten. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

- (1) Bei Altfahrzeugen mit Servolenkungen ist während der Entnahme des Servoöls zur Erhöhung des Entnahmegrades die Lenkung kontinuierlich zu betätigen oder eine vergleichbare Maßnahme durchzuführen.
- (2) Die Entnahme von Hydraulik- und Servoölen hat über die am Altauto vorhandenen Ablass- oder Entnahmemöglichkeiten (z.B. Ablassschraube) zu erfolgen. Ansonsten sind Entnahmemöglichkeiten zu schaffen (z.B. durch Anbohren), über die die höchstmögliche Trockenlegung des Aggregates gewährleistet wird. Die Entnahme hat über Fall- und/oder Saugstrecken zu erfolgen, wobei durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangtrichter ausreichender Größe, Spritzschutz etc.) das verlustfreie Auffangen bzw. Ableiten gewährleistet sein muss.
- (3) Beim Einsatz einer Saugstrecke ist das Hydraulik- und Servoöl verlustfrei in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter zu überführen.
- (4) Sofern ein Auffangbehälter verwendet wird, ist das verlustfreie Umfüllen in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter durch eine tropffreie Verbindung zu gewährleisten.
- (5) In die Saug- und/oder Druckstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.
- (6) Die Öffnungen zur Entnahme des Hydraulik- und Servoöls sind nach Beendigung des Ablassvorgangs tropffrei zu verschließen. Hierbei sind nach der Trockenlegung alle Maßnahmen zu vermeiden, die zu einem

Druckaufbau (z.B. Lenkbewegungen) im trockengelegten Aggregat führen könnten, es sei denn, die gewählte Verschlussmethode ist hierfür geeignet.

10.5.5 Stoßdämpferöle und Flüssigkeiten aus Hydrolagern

Es wird empfohlen Stoßdämpfer auszubauen. Für die Trockenlegung gelten folgende Richtlinien:

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Stoßdämpferölen und Flüssigkeiten aus Hydrolagern eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

Entnahme im eingebauten Zustand

- (1) Zur Entnahme dieser Flüssigkeiten sind Entnahmemöglichkeiten zu schaffen (z.B. durch Anbohren), über welche die höchstmögliche Trockenlegung gewährleistet wird.
- (2) Die Entnahme hat über Saug und/oder Druckstrecken zu erfolgen, wobei durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangtrichter ausreichender Größe, Spritzschutz etc.) das verlustfreie Ableiten gewährleistet sein muss. Die Flüssigkeiten sind verlustfrei in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter zu überführen.
- (3) In die Saug- und/oder Druckstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.
- (4) Für Öffnung(en) zur Entnahme Stoßdämpferöls und Flüssigkeiten aus Hydrolagern ist (sind) nach Beendigung des Ablassvorgangs Tropffreiheit zu gewährleisten. Hierbei sind nach der Trockenlegung alle Maßnahmen zu vermeiden, die zu einem Druckaufbau (z.B. Lenkbewegungen) im trockengelegten Aggregat führen könnten, es sei denn, die gewählte Verschlussmethode ist hierfür geeignet.
- (5) Gasdruckstoßdämpfer sind vor der Trockenlegung oberhalb des Flüssigkeitsspiegels durch z.B. anbohren zu entspannen, wobei durch

geeignete Maßnahmen (z.B. Spritzschutz etc.) das verlustfreie Ableiten gewährleistet sein muss. Stoßdämpfer, die nicht eindeutig zu identifizieren sind, sind so zu behandeln wie Gasdruckstoßdämpfer.

Entnahme im ausgebautem Zustand

- (1) Sofern Stoßdämpfer in ausgebautem Zustand (z.B. mittels Schere) geöffnet werden, ist ein ausreichend großer Auffangbehälter zu verwenden, der das verlustfreie Auffangen des Öls gewährleistet. Das verlustfreie Umfüllen in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter ist durch eine tropffreie Verbindung zu gewährleisten.
- (2) Ausgebaute Stoßdämpfer, die nicht trockengelegt werden, sind Unternehmen zu übereignen, die eine ordnungsgemäße Aufarbeitung der Stoßdämpfer gewährleisten.

10.5.6 Bremsflüssigkeiten

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Bremsflüssigkeit eingesetzt werden, müssen folgende, technische Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

- (1) Grundsätzlich sind die vorhandenen Entlüftungsmöglichkeiten des Bremssystems zur Entnahme der Bremsflüssigkeiten zu nutzen. Dabei ist die Bremsflüssigkeit durch eine Druck- und/oder Saugstrecke in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter verlustfrei zu überführen.
- (2) Darüber hinaus muss die Anlage oder das Anlagenteil über saugende Spezialwerkzeuge zur direkten Entnahme der Bremsflüssigkeit aus dem Leitungssystem verfügen, die einzusetzen sind, wenn die Entnahme über die vorhandenen Entlüftungsmöglichkeiten technisch nicht möglich ist (z.B. Entlüftungsnippel sind zerstört).
- (3) In die Druck- und/oder Saugstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.
- (4) Vor Beendigung des Ablassvorgangs ist der Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter zu überprüfen und ggf. abzusaugen.
- (5) Die Öffnung(en) zur Entnahme der Bremsflüssigkeit ist (sind) nach Beendigung des Ablassvorgangs tropffrei zu verschließen.
- (6) Ist die Bremsflüssigkeitsentnahme nur direkt über das Bremsleitungssystem möglich, muss das Nachtropfen durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.
- (7) Die Entnahme von Bremsflüssigkeiten ist bei Fahrzeugen mit ABS über eine Druckbeaufschlagung durchzuführen um die im Aggregat verbleibenden Restmengen zu reduzieren.
- (8) nach der Trockenlegung sind alle Maßnahmen zu vermeiden, die zu einem Druckaufbau im trockengelegten Bremssystem führen könnten (z.B.

Pedalbetätigungen), es sei denn, die gewählte Verschlussmethode ist hierfür geeignet.

10.5.7 Kältemittel aus Klimaanlage und Kompressorenöle

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Kältemitteln aus Klimaanlage eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

- (1) Die Entnahme von Kältemitteln erfolgt mittels handelsüblicher Absauggeräte, die ausschließlich als geschlossenes System arbeiten. Dabei sind Kältemittel aus Klimaanlage über eine Saugstrecke in einen nach Bauart zugelassenen, gasdichten Lagerbehälter verlustfrei zu überführen.
- (2) Besitzt ein Altautoverwertungsbetrieb keine eigene Anlage zur Entnahme von Kältemitteln aus Klimaanlage, kann er sich Dritter bedienen, sofern deren Anlagen die Anforderungen dieser Empfehlung erfüllen und die Entsorgung ordnungsgemäß, transparent und nachvollziehbar dokumentiert wird.
- (3) Die Entnahme der Öle ist durch geeignete Maßnahmen zu gewährleisten

10.5.8 Kühlerflüssigkeit

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Kühlerflüssigkeit eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

- (1) Durch konstruktive Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass während aller Arbeitsgänge der Kühlerflüssigkeitsentnahme jeglicher Hautkontakt mit der Kühlerflüssigkeit verhindert wird.
- (2) Die Entnahme der Kühlerflüssigkeit aus dem unteren und oberen Kreislauf hat über die am Altfahrzeug vorhandenen Ablass- oder Entnahmemöglichkeiten (z.B. Ablassschraube) zu erfolgen. Ansonsten sind Entnahmemöglichkeiten zu schaffen (z.B. durch Anbohren) über die die höchstmögliche Trockenlegung an Kühlerflüssigkeit gewährleistet wird. Zur Vermeidung eines Flüssigkeitsstaus ist darauf zu achten, dass sich die Heizungsventile und der Kühlerverschluss vor dem Absaugen in geöffneter Stellung befinden. Bei Fahrzeugen mit elektrisch gesteuerten Heizungsventilen ist vor Ausbau der Batterie und der weiteren Vorbehandlung des Fahrzeuges die geöffnete Ventilstellung zu überprüfen.
- (3) Die Entnahme hat über Saug- und/oder Druckstrecken zu erfolgen, wobei durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangtrichter ausreichender Größe, ggf. Spritzschutz etc.) das verlustfreie Ableiten in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter gewährleistet sein muss.
- (4) In die Saug- und/oder Druckstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.
- (5) Die Öffnung(en) zur Entnahme der Kühlerflüssigkeit ist (sind) nach Beendigung des Ablassvorgangs tropffrei zu verschließen.
- (6) Nach der Entfernung der Kühlerflüssigkeit ist der Latentwärmespeicher zu entfernen

10.5.9 Scheibenwaschflüssigkeit

Anlagen oder Anlagenteile, die zur Entnahme von Scheibenwaschflüssigkeit eingesetzt werden, müssen folgende technische Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus sind die beschriebenen Arbeitsgänge durchzuführen:

- (1) Die Entnahme der Scheibenwaschflüssigkeit erfolgt direkt über eine Saugstrecke oder nach dem Ausbau des Scheibenwaschflüssigkeitstanks durch Umfüllen in einen nach Bauart zugelassenen, geschlossenen Lagerbehälter, wobei durch geeignete Maßnahmen (z.B. Auffangtrichter ausreichender Größe, Spritzschutz etc.) das verlustfreie Ableiten bzw. Umfüllen gewährleistet sein muss.
- (2) Im Falle einer eingeschränkten Zugänglichkeit zum Behälterboden (tiefste Stelle) ist auch ein zerstörender Eingriff zulässig.
- (3) In die Saugstrecke ist eine Sichtkontrolle einzubauen.

Tabellarische Zusammenfassung der technischen Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altautos

	Kraftstoff	Motoröl	Schalt-, Automatik-, Differential- getriebeöle	Hydraulik- und Servoöle	Stoß- dämpfer- öle	Brems- flüssig- keit	Kältemittel	Kühl- flüssig- keit	Scheiben- wisch- flüssigkeit
vorhandene Entnahmemöglichkeiten nutzen	X	X	X	X	--	X	X Ausschließlich mittels geschl. System	X	X
ggf. Entnahmemöglichkeiten schaffen	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	--	(X)	(X))nach Tankaus- bau entleeren
Fallstrecke (ausschließlich)	--	--	--	--	(X) nur im ausge- bauten Zustand	--	--	--	--
Saugstrecke (ausschließlich)	--	--	--	--	--	--	X	--	X De- montage
Fall- und/oder Saugstrecke	X	X	X	X	--	--	--	--	--
Druckstrecke (ausschließlich)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Saug- und/oder Druckstrecke	--	--	--	--	(X) im einge- bauten Zustand	X	--	X	--
Sichtkontrolle	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Verschließen der Ablassöffnung	X	X	X	X	(X) nur im einge- bauten Zustand	X	X	X	X
Abpumpen in geschlossenen Lagerbehälter (Bauart-zugelassen)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hautkontakt verhindern	X	X	X	X	X	X		X	X

Tabelle 29: Tabellarische Zusammenfassung der technischen Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altautos

X = Erforderliche Maßnahmen

(X) = Alternative Maßnahmen

11 Verzeichnis der verwendeten Literatur

- „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Altfahrzeuge“
- Altautoverordnung vom 07/97
- Anhang II Abschnitt A der Richtlinie 70/145/EWG des Rates vom 6. Februar 1970 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Betriebserlaubnis für Kraftfahrzeuge und Kraftfahrzeuganhänger
- Arbeitsgemeinschaft Altauto; 1. Monitorbericht vom 31.03.2000
- Dipl. Wirt.-Ing. Thomas Klukas (Dissertation); Planung und Steuerung eines industriellen Demontageprozesses; Universität Kaiserslautern D386
- Dr.-Ing. Karl O. Tiltmann; Herausgeber; Recyclingpraxis Kunststoffe; Verlag TÜV Rheinland
- Fachhochschule Lübeck / Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften : Diplomarbeit von J. Kleinwort: Untersuchung von Trockenlegungsverfahren für Altautos hinsichtlich der Restmengen an Betriebsflüssigkeiten und Betriebsmitteln (31.08.1999)
- Firmeninformation SEDA Umweltechnik A 6345 Kössen
- Gemeinsamer Entwurf nach Billigung durch den Vermittlungsausschuss des Artikels 251 Absatz 4EG-Vertrag vom 7. Juli 2000
- Hans Domininghaus; Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften; 5. Auflage; Springer-Verlag
- Heavy Metals in Vehicles Final Report Ökopol GmbH Hamburg 27.03.2000
- Kraftfahrt Bundesamt; Presseinformation Nr. 2/2001
- Kraftfahrt-Bundesamt; Statistische Mitteilung; „Bestand an Personenkraftwagen nach Hubraumklassen 1965 bis 2000 in

Deutschland“

- Kraftfahrt-Bundesamt; Statistische Mitteilung; Reihe 1 Kraftfahrzeuge; Heft 12; Dezember 2000
- Kraftfahrt-Bundesamt; Statistische Mitteilung; Reihe 1 Kraftfahrzeuge; Heft 8; August 2001
- Laborkatalog Merck
- Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Altfahrzeugmerkblatt; (Merkblatt 9); 7.Fassung; Erich Schmidt Verlag
- VDI Bericht Nr. 934

12 Anhang

12.1 Fragebogen

Folgender Fragebogen wurde den Unternehmen zugesandt :

(I) Angaben zu Ihrem Unternehmen:

Wie viele Fahrzeuge, die endgültig aus dem Verkehr gezogen werden, nimmt Ihr Unternehmen im Durchschnitt pro Jahr etwa an ?

.....

Wie viele Mitarbeiter beschäftigt Ihr Unternehmen ?

.....

Wie viele Mitarbeiter sind hierbei mit der reinen Vorbehandlung / Trockenlegung beschäftigt ?

.....

Wie hoch ist Ihr Bestand an gelagerten Fahrzeugen im Mittel ?

.....

Wie groß ist Ihr Betriebsgelände ?m²

(II) Angaben zur Art der angenommenen Fahrzeuge:

Wenn Sie eine Wertung für die von Ihnen angenommenen Fahrzeuge abgeben können, welche der folgenden Wertungen würden Sie abgeben?

Katalysator

- | | | |
|--------------------------|---|----------|
| <input type="checkbox"/> | die angenommenen Fahrzeuge verfügen mittlerweile fast alle über einen Katalysator | |
| <input type="checkbox"/> | mehr als die drei viertel aller Fahrzeuge | über 75% |
| <input type="checkbox"/> | mehr als die Hälfte | über 50% |
| <input type="checkbox"/> | mehr als ein Viertel | über 25% |
| <input type="checkbox"/> | bis zu einem Viertel | bis 25% |

Kunststoffkraftstoffbehälter

Können Sie Angaben darüber machen, wie viele Fahrzeuge über einen Kunststoff-Kraftstoffbehälter verfügen ?

.....%

(III) Angaben zur Vorbehandlung selbst:

Welche Bauteile werden von Ihnen grundsätzlich aus dem Fahrzeug entfernt ?

- Reifen
- Batterie
- Katalysatoren
- Neonleuchten (z.B.) in Vans
- Auswuchtgewichte
- Airbags
- Gurtstraffer
- Sonstige (was.....)

Werden in Ihrem Unternehmen Airbags und Gurtstraffer vor der Demontage im Fahrzeug ausgelöst oder demontiert

- Ja ausgelöst
- Nein demontiert und Zündung nach dem Ausbau
- sonstige Entsorgung

(IV) Angaben zur Trockenlegung

Benutzen Sie bestimmte Anlagen zur Trockenlegung ? Sind diese Eigenkonstruktionen oder gekauft ?

- Gekauft (wenn ja, welcher Typ ?
- Eigenkonstruktionen

Werden die Fahrzeuge im Freien trockengelegt oder in einer Halle ?

- Im freien oder innerhalb einer überdachten Arbeitsfläche
- in einer Halle
- in einer beheizbaren Halle

Falls die Fahrzeuge in einer beheizbaren Halle trockengelegt werden, wie lange stehen diese Fahrzeuge in der Halle, bis sie trockengelegt werden ?

- überhaupt nicht
- bis zu 2 Stunden
- ca. 1/2 Tag
- über Nacht

Wie lange dauert es etwa nach Ihrer Erfahrung, bis ein Fahrzeug trockengelegt ist und Problembauteile wie Batterien und Auswuchtgewichte entfernt sind?

- bis 1 Stunde
- bis 2 Stunden
- über 3 Stunden

Wie hoch ist hierbei der Anteil an reiner Arbeitszeit ?%

Wie entfernen Sie Betriebsflüssigkeiten ?

Öle (Getriebe / Motor / Differential)

- anbohren
- absaugen
- ablassen

Welches Gerät benutzen Sie zum Absaugen ?

- Eigenbau
- käufliches Gerät Typ:.....

Nach welcher Zeit ist das Aggregat im Mittel tropffrei oder vollständig abgesaugt ?

Nach

Wird das System anschließend wieder verschlossen ? Ja Nein

Demontieren Sie die ÖlfILTER ? Ja Nein

Wie entfernen Sie Kraftstoff:

- anbohren
- absaugen
- ablassen

Welches Gerät benutzen Sie zum Absaugen ?

- Eigenbau
- käufliches Gerät Typ:.....

Nach welcher Zeit ist der Tank im Mittel tropffrei oder vollständig abgesaugt ?

Nach

Wird das System anschließend wieder verschlossen ? Ja Nein

Wie entfernen sie Bremsflüssigkeiten

- anbohren
- absaugen
- ablassen

Welches Gerät benutzen Sie zum Absaugen ?

- Eigenbau
- käufliches Gerät Typ:.....

Nach welcher Zeit ist das Aggregat im Mittel tropffrei oder vollständig abgesaugt ?

Nach

Wird das System anschließend wieder verschlossen ? Ja Nein

Wie entfernen Sie Kühflüssigkeit

- anbohren
- absaugen
- ablassen

Welches Gerät benutzen Sie zum Absaugen ?

- Eigenbau
- käufliches Gerät Typ:.....

Nach welcher Zeit ist das Aggregat im Mittel tropffrei oder vollständig abgesaugt ?

Nach

Wird das Kühlsystem anschließend wieder verschlossen ? Ja Nein

Wie entfernen Sie Waschwasser ?

- absaugen
- Demontage Behälter.
- sonstige Methode

Welches Gerät benutzen Sie zum Absaugen ?

- Eigenbau
- käufliches Gerät Typ:.....

Entfernen Sie das Öl aus Stoßdämpfern ?

- Ja, im eingebauten Zustand
- Ja, nach Demontage der Stoßdämpfer
- Entfernung durch Demontage des Stoßdämpfers / Entsorgung des Stoßdämpfers
- Nein

Falls Fahrzeuge mit Klimaanlage angeliefert werden, wie entfernen Sie das Kältemittel ?

- Das Kältemittel wird durch den eigenen Betrieb abgesaugt.
- Entnahme im geschlossenen System
- Das Kältemittel wird durch ein beauftragtes Unternehmen entfernt.
- Das Kältemittel tritt aus und verdampft
- sonstige Methode

(V) Angaben zur Menge, Lagerung und Entsorgung der Reststoffe / Betriebsstoffe

Erfolgt die Entsorgung / Verwertung von Batterien in speziellen Transportgefäßen eines Entsorgungsunternehmens?

- Ja
- Nein
- Sonstiges

.....

Wie hoch sind die Entsorgungsmengen der folgenden Stoffe pro Jahr ? (siehe Übernahmescheine)?

Motoröl:

Getriebeöl:

Automatiköl:.....

Kühlflüssigkeit:.....

Bremsflüssigkeit:.....

Waschflüssigkeit:.....

Kältemittel:.....

Kraftstoffe:.....

Wie hoch sind Ihre Lagerkapazitäten für Öle ? (genauere Angabe:.....)

- Bis 1000 l
- Bis 2000 l
- Bis 5000 l
- Über 5000 l (ca.:.....)

Wie hoch sind Ihre Lagerkapazitäten für Bremsflüssigkeiten ? (genauere Angabe:.....)

- bis 250 l
- bis 1000 l
- über 1000l (ca.:.....l)

Wie hoch sind Ihre Lagerkapazitäten für Kühlflüssigkeiten ? (genauere Angabe:.....)

- Bis 1000 l
- Bis 5000 l
- Über 5000 l (ca.:.....)

Wie hoch sind Ihre Lagerkapazitäten für Waschflüssigkeiten ? (genauere Angabe:.....)

- Bis 1000 l
- Bis 5000 l
- Über 5000 l (ca.:.....)

Wie hoch sind Ihre Lagerkapazitäten für Kraftstoffe ? (genauere Angabe:.....)

- Kraftstoffe werden betriebsintern verwertet.
- Bis 1000 l
- Bis 2000 l
- Über 2000 l (ca.:.....)

Wie hoch sind Ihre Lagerkapazitäten für Kältemittel ? (genauere Angabe:.....)

- bis 20l
- bis 50l
- bis 100l
- über 100l

Werden zusätzlich zur Vorbehandlung auch andere Bauteile demontiert, bevor das Fahrzeug in die Verwertung (z.B.) Schredder überführt wird ?

.....

(VI) Sonstige Angaben

Werden ausgebaute Teile im Betriebstagebuch erfasst?

- Nein
 Ja, mit Art (z.B. Motor) und Anzahl

Um zukünftige rechtliche Vorgaben seitens der EU zu erfüllen, kann es nötig sein, bestimmte Bauteile auszubauen und einer Verwertung zuzuführen. Dies können z.B. bestimmte Kunststoffteile (Tank, Armaturenbrett,..) sein oder auch Teile aus Kupfer, Aluminium und schwermetallhaltige Bauteile. Wäre Ihr Betrieb in der Lage solche Trennungen vorzunehmen, wenn Arbeitsanweisungen hierzu vorlägen ?

- uneingeschränkt ja
 eingeschränkt ja, wenn Lagerkapazitäten geschaffen würden
 nein
 sonstige Angabe

Welche Baugruppen, in denen überwiegend Kunststoffe verarbeitet sind, lassen sich Ihrer Erfahrung nach relativ gut demontieren:

- Scheinwerfer
 Heckleuchten
 Stoßfänger
 Kühlergrills
 Spoiler
 Türseitenverkleidungen
 Sitze
 Hutablagen

Wie lange glauben Sie, dauert es, bis eine Armaturentafel -auch zerstörend- aus einem Fahrzeug entfernt werden kann ?

- bis 3 Minuten
 5-10 Minuten
 10-20 Minuten
 über 20 Minuten

Wie lange schätzen Sie die durchschnittliche Entfernung (auch zerstörend) von allen Stoßfängern ein ?

- bis 3 Minuten
 5-10 Minuten
 10-20 Minuten
 über 20 Minuten

Wie lange schätzen Sie unter den gleichen Bedingungen die Dauer für die Entfernung eines Kunststoff Kraftstofftanks ?

- bis 3 Minuten
 5-10 Minuten
 10-20 Minuten
 über 20 Minuten

Wie lange schätzen Sie dauert es alle Scheiben (auch zerstörend) zu entfernen?

- bis 3 Minuten
- 5-10 Minuten
- 10-20 Minuten
- über 20 Minuten

12.2 Auszug aus Diplomarbeit FH Lübeck

Folgende Fahrzeuge wurden im Rahmen der Diplomarbeit an der FH Lübeck untersucht :

Betrieb 1		Betrieb 2	
Fahrzeugnummer	Hersteller und Modell	Fahrzeugnummer	Hersteller und Modell
1	FORD ESCORD LASER	1	TOYOTA CAMRY GLI
2	FORD ESCORD LASER	2	RENAULT 11
3	FORD FIESTA	3	FORD ESCORD 1,6D
4	FORD ESCORD Kombi	4	FORD COURIER 1,8D
5	VW POLO	5	OPEL KADETT E
6	VW POLO	6	OPEL ASCONA C LUXUS
7	VW GOLF 1	7	OPEL KADETT C-L
8	VW DERBY	8	CITROENG AX
9	VW GOLF CAPRIOLE 1,6E	9	NISSAN MICRA 1,0
10	VW JETTA	10	SKODA
11	AUDI 80	11	BMW 316
12	AUDI 80	12	PEUGEOT 309GR
13	AUDI 80	13	OPEL CORSA A
14	AUDI 80	14	SUZUKI
15	AUDI 80	15	TOYOTA 4WD
16	AUDI 80	16	FORD SIERRA
17	VW PASSAT KOMBI	17	RENAULT 9 GTL
18	PEUGEOT 205	18	OPEL CORSA A-CC
19	PEUGEOT 205	19	FORD SIERRA KOMBI
20	PEUGEOT 205	20	OPEL SENATOR 2,5I
21	PEUGEOT 205	21	FORD ESCORD 1,4 GHIA
22	PEUGEOT 205	22	FIAT REGATA 90 SI
23	NISSAN MICRA	23	VOLVO 340
24	NISSAN CHERRY	24	HONDA PRELUDE 4W A.L.B.EX
25	MAZDA 323	25	MAZDA 121 LX
26	NISSAN MICRA	26	OPEL KADETT C-L
27	HONDA CIVIC 1,5S TURBO	27	NISSAN ALMERA
28	MAZDA 323 LX 1,3	28	FIAT PANDA
29	MITSUBISHI COLT GLX	29	FIAT UNO 600
30	BMW 316	30	YUGO 65EFI
31	BMW 316	31	LADA NOVA 2105
32	BMW 318 I	32	FORD SIERRA KOMBI LASER
33	BMW 316	33	MAZDA 626 GLX
34	BMW 315	34	PEUGEOT 205
35	OPEL KADETT D 1,3S	35	MERCEDES 200E

36	OPEL ASCONA C 1,4S	36	FORD COURIER
37	OPEL CORSA 1,3 LS	37	PEUGEOT 205
38	OPEL KADETT D 1,3S	38	FORD FIESTA
39	FIAT UNO 750 CL	39	OPEL ASCONA D
40	FIAT PANDA 1000CL	40	VW GOLF 1
41	FIAT PANDA 1000CL	41	PEUGEOT 309
42	VW GOLF 2	42	PEUGEOT 205
43	VW GOLF 2	43	FORD FIESTA
44	VW GOLF 2	44	TOYOTA STARLET DX
45	BMW 525 I	45	TOYOTA GL
46	BMW 520	46	VW POLO
47	HONDA CIVIC	47	VOLVO
48	TOYOTA CELICA 1600	48	DAIHATSU CHARADE TS
49	MITSUBISHI COLT	49	OPEL CORSA SWING
50	MITSUBISHI GALANT GLX	50	FORD SIERRA 2,0 IS

Gefundene Restmengen in Betrieb 1 (alle Angaben in ml)

Nr.	Ablas s	Motoröl Rest	Summe	Ölfilter- inhalt	Motoröl Gesamt	Kühl- flüssigkeit	Scheiben- waschwas.	Kraftstoff
1	0	50	50	70	120	0	0	0
2	40	60	100	40	140	270	0	0
3	0	55	55	10	65	0	0	0
4	170	60	230	<5	230	440	270	0
5	30	20	50	190	240	0	0	0
6	210	20	230	140	370	0	440	0
7	290	20	310	30	340	120	1100	0
8	390	20	410	40	450	190	650	0
9	60	90	150	230	380	0	/	0
10	170	80	250	210	460	/	0	0
11	0	30	30	160	190	2100	50	0
12	130	25	155	200	355	500	610	0
13	50	20	70	190	260	525	0	0
14	110	20	130	170	300	/	150	0
15	40	25	65	170	235	/	/	0
16	0	20	20	180	200	1950	670	0
17	50	20	70	170	240	540	0	0
18	70	30	100	0	100	2900	1100	0
19	80	130	210	0	210	/	330	0
20	130	120	250	0	250	420	0	0
21	70	125	195	0	195	350	740	0
22	60	120	180	0	180	390	/	0
23	70	190	260	40	300	310	0	0
24	220	180	400	20	420	420	0	0
25	0	20	20	<5	20	340	0	0

Nr.	Ablas s	Motoröl Rest	Summe	Ölfiler- inhalt	Motoröl Gesamt	Kühl- flüssigkeit	Scheiben- waschwas.	Kraftstoff
26	40	180	220	20	240	300	0	0
27	270	40	310	<5	310	380	0	0
28	80	80	160	20	180	340	/	0
29	220	50	270	190	460	3450	420	0
30	40	40	80	245	325	210	0	0
31	220	40	260	210	470	250	0	0
32	170	40	210	190	400	/	0	0
33	180	210	390	170	560	120	570	0
34	70	40	110	140	250	240	/	0
35	10	75	85	225	310	1370	430	0
36	135	80	215	205	420	360	65	0
37	85	35	120	125	245	110	0	0
38	125	75	200	35	235	215	630	0
39	25	30	55	85	140	185	930	0
40	75	35	110	60	170	190	750	0
41	35	35	70	75	145	0	0	0
42	70	35	105	210	315	/	0	0
43	35	35	70	195	265	215	/	0
44	135	30	165	180	345	180	2100	0
45	175	45	220	85	260	120	0	0
46	35	40	75	90	165	420	0	0
47	170	75	245	35	280	410	70	0
48	45	60	105	55	160	/	/	0
49	110	85	195	65	260	210	270	0
50	0	35	35	45	80	/	760	0
Σ	4.995	3.040	7.925	5.215	13.140	21.040	13.105	0
Ø	99,9	60,8	158,5	104,3	262,8	501,0	304,8	0

In Betrieb Nr 2 wurden folgende Ergebnisse erhalten:

Nr.	Ablas s	Motoröl Rest	Summe	Ölfiler- inhalt	Motoröl Gesamt	Kühl- flüssigkeit	Scheiben- waschwas.	Kraftstoff
1	70	205	275	<5	275	270	0	11500
2	425	50	475	40	515	310	0	300
3	320	180	500	<5	500	0	0	/
4	55	70	125	90	215	1250	0	550
5	145	80	225	30	255	280	0	/
6	180	235	415	40	455	670	0	0
7	0	20	20	20	40	140	0	330
8	260	305	565	30	595	90	0	/
9	190	275	465	<5	465	0	0	/
10	130	195	325	50	375	125	0	0

Nr.	Ablas s	Motoröl Rest	Summe	Ölfiler- inhalt	Motoröl Gesamt	Kühl- flüssigkeit	Scheiben- waschwas.	Kraftstoff
11	420	65	485	70	555	270	0	420
12	0	20	20	30	50	195	0	/
13	45	165	210	40	250	2350	0	0
14	210	20	230	40	270	240	0	0
15	0	35	35	60	95	320	0	/
16	165	65	230	20	250	0	0	0
17	0	30	30	/	30	470	0	0
18	0	170	170	30	200	270	0	/
19	0	50	50	40	90	330	0	0
20	140	45	185	70	255	420	0	250
21	75	30	105	30	135	0	0	/
22	0	70	70	<5	70	0	0	/
23	175	190	365	80	445	380	0	0
24	50	60	110	<5	110	270	0	0
25	35	310	345	20	365	/	0	0
26	50	20	70	30	100	0	0	0
27	0	180	180	80	260	/	0	/
28	70	170	240	60	300	130	0	0
29	360	210	570	30	600	/	0	750
30	185	150	335	70	405	/	0	/
31	225	160	385	<5	385	0	0	/
32	425	70	495	60	555	70	0	2200
33	390	155	545	20	565	/	0	/
34	550	110	660	<5	660	270	0	/
35	0	110	110	155	265	0	0	/
36	0	60	60	<5	60	240	0	/
37	250	335	585	<5	585	/	0	/
38	35	50	85	<5	85	0	0	1800
39	20	20	40	40	80	110	0	800
40	90	25	115	/	115	180	0	1200
41	290	130	420	<5	420	680	0	/
42	90	40	130	<5	130	0	0	/
43	120	30	150	60	210	0	0	0
44	210	80	290	<5	290	760	0	1700
45	30	80	110	/	110	1450	0	700
46	80	20	100	10	110	320	0	/
47	70	220	290	80	370	1540	0	0
48	70	30	100	<5	100	0	0	0
49	70	120	190	30	220	220	0	1150
50	170	60	230	110	340	240	0	0
Σ	6.940	5.575	12.515	1.665	14.180	14.860	0	23.650
Ø	138,8	111,5	250,3	35,4	283,6	337,7	0	788,3

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

(FKZ) 200 33 323

Beschreibung des Standes der Technik bei der Vorbehandlung,
insbesondere der Trockenlegung
von Altfahrzeugen gemäß AltfahrzeugV

tec4U
Ingenieurgesellschaft mbH

Im Auftrag
des Umweltbundesamtes

September 2002

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichtes Beschreibung des Standes der Technik bei der Vorbehandlung, insbesondere der Trockenlegung von Altautos gemäß AltautoV		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Boes, Joachim Schneider, Manfred Sander, Martin	8. Abschlussdatum September 2002	
	9. Veröffentlichungsdatum	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) tec4U Ingenieurgesellschaft mbH Altenkesseler Straße 17/D2 D-66115 Saarbrücken	10. UFOPLAN-Nr.200 33 323	
	11. Seitenzahl 289	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 14191 Berlin	12. Literaturangaben 18	
	13. Tabellen und Diagramme 29	
	14. Abbildungen 54	
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung Bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen verbleiben stets Restmengen von Betriebsflüssigkeiten im Fahrzeug. Mit den am Markt verfügbaren Werkzeugen und einer gewissenhaften Vorgehensweise sind diese Restmengen erzielbar. Speziell bei Klimaanlageanlagen ist festzuhalten, dass nach der Entnahme des Kältemittels Teile des Kompressorenöls im Aggregat verbleiben. Der Stand der Technik bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen stellt sich wie folgt dar: Eigenbauten zur Trockenlegung müssen den Stand der Technik repräsentieren. Die Entnahme von Kältemitteln hat mit hierzu zugelassenen Geräten zu erfolgen. Die Fahrzeuge sind während der Trockenlegung so zu positionieren, dass mindestens derjenige Trockenlegungsgrad erreicht wird, der auch bei einer strikt waagerechten Positionierung erreicht werden würde. Die Entnahmeöffnungen sind nach der Trockenlegung zu verschließen. Die Entnahme der Betriebsflüssigkeiten erfolgt durch die Grundtechniken Absaugen, Ablassen und Ablassen mit Nachsaugen bzw. durch die Demontage des Aggregates.		
17. Schlagwörter Trockenlegung, Stand der Technik, Betriebsflüssigkeiten, Altauto, , Vorbehandlung, Altautoverordnung		
18. Preis	19.	20.

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Titel Description of the state of the art of the pretreatment especially of the drainage of end of life vehicles according AltautoV		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Boes, Joachim Schneider, Manfred Sander, Martin		8. Report Date September 2002
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) tec4U Ingenieurgesellschaft mbH Altenkesseler Straße 17/D2 D-66115 Saarbrücken		10. UFOPLAN-Ref. No.200 33 323
		11. No. of Pages 289
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Postfach 33 00 22 14191 Berlin		12. No. of Reference 18
		13. No. of Tables, Diagrams 29
		14. No. of Figures 54
15. Supplementary Notes		
16. Abstract After the drainage of End of Life Vehicles (ELV) always will be found remaining quantities of operating liquids in the drained aggregate. Remaining quantities are quantified under the condition of assiduously working and the use of tools available on the market. It is to adhere that rests of oil will remain in air conditioning systems after removing the freezing agent. The state of the art during the drainage of ELV is characterised as follows: Own constructions used for drainage have to represent the state of the art. The elimination of freezing agent has to take place with accredited equipments. The positioning of the ELV during the drainage has to take place in such a manner, that the same degree of drainage will be realized as in a strictly horizontal position. The extraction holes have to be closed again after the drainage. The extraction of operating liquids will be realised with the basic technologies extraction by sucking, extraction by discharge, sucking and discharge or by removal of the aggregate containing the operating liquid.		
17. Keywords Drainage, state of the art, liquids, end of live vehicle, end of live vehicle directive, pretreatment,		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	14
2	EG-Richtlinie 2000/53 über Altfahrzeuge und Altautoverordnung der Bundesrepublik Deutschland.....	15
2.1	EG Altauto-Richtlinie EG2000/53	15
2.2	Altautoverordnung (AAVO).....	16
2.3	Randbedingungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)	16
2.4	Zusammenfassende Betrachtung.....	18
3	Chemisch-physikalische Randbedingungen bei der Trockenlegung.....	21
3.1	Die Viskosität.....	21
3.2	Oberflächenspannung	23
3.3	Die Dampfdrücke von Betriebsflüssigkeiten:	24
3.4	Zusammenfassung.....	25
4	Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegung und Trockenlegungsgrade.....	27
4.1	Bestmögliche Trockenlegung	27
4.1.1	Ablasszeiten und Nachtropfzeiten.....	27
4.2	Qualität der Trockenlegung, Trockenlegungsgrade.....	31
4.3	Ermittlung von Restflüssigkeitsmengen in trockengelegten Fahrzeugen der FH Lübeck.....	36
4.3.1	Motoröl.....	38
4.3.2	Kühlflüssigkeit.....	41
4.3.3	Kraftstoff.....	42
4.4	Trockenlegungsergebnisse im Versuch.....	43
4.4.1	Entnahme Motoröle:.....	45
4.4.2	Getriebeöl	47

4.4.3	Differentialöle	49
4.4.4	Servolenkungsöle	51
4.4.5	Stoßdämpferöle	52
4.4.6	Kühlflüssigkeiten	54
4.4.7	Scheibenwaschwasser	55
4.4.8	Bremsflüssigkeiten	56
4.4.9	Kraftstoffe.....	58
4.5	Vergleichende Gegenüberstellung der Trockenlegungsversuche	60
5	Beschreibung der Anlagentechnik	62
6	Kostenanalyse der Vorbehandlung einschließlich Demontage	76
6.1	Löhne und Gehälter.....	76
6.2	Platzgröße und Platzaufteilung.....	78
6.3	Betriebsparameter und technische Ausstattung	79
6.4	Gesamtdarstellung der Kosten	83
6.5	Kosten- Erlössituation.....	84
7	Beschreibung der Altautoverwertung in Deutschland.....	86
7.1	Auswertung der Fragebogenaktion und Datenbasis.....	86
7.2	Betriebsgrößen und Fahrzeugdurchsatz	87
7.2.1	Betriebsflächen bezogen auf die jährlich durchgesetzten Fahrzeuge	89
7.2.2	Anzahl der Mitarbeiter bezogen auf die Anzahl der jährlich durchgesetzten Fahrzeuge	90
7.2.3	Trockenlegungszeiten und Umfeld der Trockenlegung.....	91
7.3	Angaben zu Betriebsstoffen und deren Entnahme:	94
7.3.1	Öle:	94
7.3.2	Kraftstoffe:.....	95
7.3.3	Bremsflüssigkeiten.....	96
7.3.4	Kühlflüssigkeit	97

7.3.5	Waschwasser:.....	97
7.3.6	Stoßdämpfer	98
7.3.7	Kältemittel	99
7.3.8	Statistisch entsorgtes Flüssigkeitsvolumen.....	100
7.4	Zusammenfassende Darstellung der Entnahmeverfahren für Öle, Kühflüssigkeiten, Bremsflüssigkeiten, Waschwasser und Kraftstoffe	102
7.5	Vergleich mit bekannten Daten aus dem europäischen Ausland	104
7.5.1	Betrachtung der quantitativen Unterschiede zwischen Verwertungsberieben	105
7.5.2	Anlagentechnik zur Trockenlegung.....	110
7.6	Fahrzeug - Vorbehandlung und Bauteilentnahme	111
7.7	Fahrzeug - Vorbehandlung zur Erhöhung von Recyclingquoten, Rücklauf von Katalysatoren und Kunststoffkraftstoffbehältern	115
7.8	Zusammenfassung und Kommentierung:.....	118
8	Möglichkeiten des Monitorings bei der Trockenlegung von Altfahrzeugen	120
9	Zusammenfassung zum Stand der Technik der Vorbehandlung.....	123
9.1	Statement zum Stand der Technik der Vorbehandlung	125
10	Technische Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altfahrzeugen (Stand 2002)	128
10.1	Vorbemerkung.....	128
10.2	Technische Mindestanforderungen	128
10.3	Begriffsbestimmung der bestmöglichen Trockenlegung	129
10.4	Ablaufschema.....	130
10.5	Anforderungen an Trockenlegungsanlagen und deren Betrieb	131
10.5.1	Kraftstoffe.....	132
10.5.2	Motoröle	133

10.5.3	Schalt-, Automatik- und Differentialgetriebeöle	134
10.5.4	Hydraulik- und Servoflüssigkeiten	135
10.5.5	Stoßdämpferöle und Flüssigkeiten aus Hydrolagern	136
10.5.6	Bremsflüssigkeiten	138
10.5.7	Kältemittel aus Klimaanlage und Kompressorenöle	139
10.5.8	Kühlerflüssigkeit	140
10.5.9	Scheibenwaschflüssigkeit	141
11	Verzeichnis der verwendeten Literatur	143
12	Anhang	145
12.1	Fragebogen	145
12.2	Auszug aus Diplomarbeit FH Lübeck	152
12.3	Eigene Trockenlegungsversuche	156
12.3.1	Trockenlegung BMW_E30	158
12.3.2	Trockenlegung MB_260E W124	174
12.3.3	Trockenlegung Opel Ascona	196
12.3.4	Trockenlegung Peugeot 205	212
12.3.5	Trockenlegung Renault 25	231
12.3.6	Trockenlegung VW Golf	250
12.3.7	Trockenlegung VW Polo	268
12.4	Auszug Altautoverordnung	288

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Viskosität von ausgewählten Ölen in Abhängigkeit der Temperatur .	22
Abbildung 2: Gemittelte Viskosität von Öl in Abhängigkeit der Temperatur.....	23
Abbildung 3: Dampfdruckverlauf Oktan	25
Abbildung 4: Gesamtmassenenentnahme Motoröl beim Nachtropfen nach Strömungsabriss.....	28
Abbildung 5: Nachlauf von Öl nach Strömungsabriss je Zeiteinheit	29
Abbildung 6: Prozentual kumulierte Ölaustrittsmenge nach Strömungsabriss bei einer Gesamtaustrittsmenge von 60 g = 100%.....	30
Abbildung 7: Ermittelte Restflüssigkeiten in Betrieb 1	37
Abbildung 8: Ermittelte Restflüssigkeiten in Betrieb 2	37
Abbildung 9: Ablassmengen Motoröl	39
Abbildung 10: Restmengen Öl in trockengelegten Fahrzeugen.....	40
Abbildung 11: Kühlflüssigkeit.....	41
Abbildung 12: Kraftstoffreste in Betrieb 2	42
Abbildung 13: Vergleich der Entnahmemengen von Motoröl bei verschiedenen Entnahmemethoden	46
Abbildung 14: Vergleich der Entnahmemengen von Getriebeöl bei verschiedenen Entnahmemethoden	48
Abbildung 15: Vergleich der Entnahmemengen von Differentialöl bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	50
Abbildung 16: Entnahmemengen von Servolenkungsöl	51
Abbildung 17: Entnahmemengen von Stoßdämpferöl	53
Abbildung 18: Vergleich der Entnahmemengen von Kühlflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	55
Abbildung 19: Vergleich der Entnahmemengen von Bremsflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	57
Abbildung 20: Entnahmemengen von Kraftstoff	59

Abbildung 21: Geräte zur Entnahme von Automatiköl	64
Abbildung 22: Geräte zur Entnahme von Differentialöl	65
Abbildung 23: Geräte zur Entnahme von Getriebeöl	66
Abbildung 24: Geräte zur Entnahme von Motoröl	66
Abbildung 25: Geräte zur Entnahme von Bremsflüssigkeit	67
Abbildung 26: Geräte zur Entnahme von Kältemittel	68
Abbildung 27: Geräte zur Entnahme von Kühflüssigkeit	69
Abbildung 28: Geräte zur Entnahme von Kraftstoff	70
Abbildung 29: Geräte zur Entnahme von Scheibenwaschflüssigkeit	71
Abbildung 30: Geräte zur Entnahme von Servoöl	72
Abbildung 31: Geräte zur Entnahme von Stoßdämpferöl	73
Abbildung 32: Betriebsgrößen zertifizierter Altautoverwerter in Deutschland	87
Abbildung 33: Jährliche Fahrzeugverwertungen in Abhängigkeit der Betriebsgröße	88
Abbildung 34: Betriebsfläche bezogen auf durchgesetzte Fahrzeuge	90
Abbildung 35: Trockenlegungszeit	92
Abbildung 36: Mittlere Trockenlegungszeiten abhängig vom Fahrzeugdurchsatz	93
Abbildung 37: Betriebsgröße und Trockenlegungsort	94
Abbildung 40: Entnahme Stoßdämpferöl	98
Abbildung 41: Entnahme Kältemittel	99
Abbildung 38: Entnahmeverfahren zur Trockenlegung	102
Abbildung 39: Zeitangabe zur Tropffreiheit von Aggregaten im Mittel	103
Abbildung 42: Entsorgte Ölmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	106
Abbildung 43: Entsorgte Bremsflüssigkeitsmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	107
Abbildung 44: Entsorgte Kühflüssigkeitsmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	108
Abbildung 45: Entsorgte Kraftstoffmenge in Abhängigkeit vom Fahrzeugdurchsatz	109

Abbildung 46: Entsorgte Waschflüssigkeitsmenge über Fahrzeugdurchsatz	110
Abbildung 47: Anlagen zur Trockenlegung	111
Abbildung 48: Entnommene Bauteile.....	112
Abbildung 49: Behandlung Airbags und Gurtstraffer	113
Abbildung 50: Führung eines Betriebshandbuches zur Bauteilerfassung.....	114
Abbildung 51: Führung eines Betriebstagebuches	115
Abbildung 52: Einfach entfernbare Kunststoffteile	116
Abbildung 53: Zeitbedarf für die Demontage	117
Abbildung 54: Katalysatoraufkommen	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nachlauf von Öl nach Strömungsabbriss	31
Tabelle 2: Entnahmemöglichkeiten verschiedener Betriebsmittel.....	35
Tabelle 3: untersuchte Fahrzeugtypen	44
Tabelle 4: Füllmengen der untersuchten Fahrzeuge	45
Tabelle 5: Vergleich der Entnahmemengen von Motoröl bei verschiedenen Entnahmemethoden	47
Tabelle 6: Vergleich der Entnahmemengen von Getriebeöl bei verschiedenen Entnahmemethoden	49
Tabelle 7: Vergleich der Entnahmezeiten von Differentialöl bei verschiedenen Entnahmemethoden	50
Tabelle 8: Entnahmezeiten von Servolenkungsöl.....	52
Tabelle 9: Entnahmezeiten von Stoßdämpferöl.....	53
Tabelle 10: Vergleich der Entnahmezeiten von Scheibenwaschflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden.....	56
Tabelle 11: Vergleich der Entnahmezeiten von Bremsflüssigkeit bei verschiedenen Entnahmemethoden	58
Tabelle 12: Entnahmemengen von Kraftstoff.....	59
Tabelle 13: Zusammenfassung Betriebsflüssigkeits-Restmengen	60
Tabelle 14: Basiswerte Löhne und Gehälter.....	76
Tabelle 15: Mitarbeiterbedarf nach Betriebsgröße.....	77
Tabelle 16: Ergebnis der Löhne und Gehälter nach Betriebsgröße.....	77
Tabelle 17: Investitionen für Gebäude und Grundstück.....	79
Tabelle 18: Investitionen für technische Ausstattung und Anlagentechnik	82
Tabelle 19: Gesamtergebnis der Betriebskosten.....	83
Tabelle 20: Trockenlegungs-, Vorbehandlungs- und Demontagekosten je Fahrzeug	83
Tabelle 21: Erlöse für Materialien und Werkstoffe	84

Tabelle 22: Betriebsflächen pro Fahrzeug	89
Tabelle 23: Gemittelte, entnommene Ölmenge / Fahrzeug und Jahr	100
Tabelle 24: Gemittelte, entnommene Bremsflüssigkeitsmenge / Fahrzeug und Jahr	100
Tabelle 25: Gemittelte, entnommene Kühlflüssigkeitsmenge / Fahrzeug und Jahr	101
Tabelle 26: Gemittelte, entnommene Kraftstoffmenge / Fahrzeug und Jahr.....	101
Tabelle 27: Gemittelte, entnommene Waschwassermenge pro Fahrzeug und Jahr	101
Tabelle 28: Entnahmemengen im Vergleich zu ARN.....	105
Tabelle 29: Tabellarische Zusammenfassung der technischen Mindestanforderungen an die Anlagentechnik zur Trockenlegung von Altfahrzeugen	142

Verzeichnis der genutzten Abkürzungen

AAVO	Altauto Verordnung
ABS	Anti Blockier System
ARN	Auto Recycling Nederlands
ASR	Automotive Shredder Residue
BImSchG	Bundes Immissionsschutz Gesetz
C	Celsius
EG 2000/53	EG Altauto Richtlinie
FCKW	Fluor Chlor Kohlen Wasserstoff
FH	Fachhochschule
Fzg	Fahrzeug
g	Gramm
h	Stunde
h:mm:ss	Stunde:Minute:Sekunde
kg	Kilogramm
kJ	Kilo Joule
KKB	Kunststoff Kraftstoffbehälter
km	Kilometer
l	Liter
LCD	Liquid Cristal Display
LKW	Lastkraftwagen
mg	Milligramm
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
rd.	rund
s	Sekunde
SAE	Society of Automotive Engineers
SLF	Shredder Leicht Fraktion
T	Temperatur
t	Tonne
TÜV	Technischer Überwachungs Verein
UVV	Unfall Verhütungs Vorschrift
€	Euro

12.3 Eigene Trockenlegungsversuche

Die Bewertung der Entnahme der einzelnen Betriebsstoffe erfolgte in Anlehnung an den Kriterienkatalog zur Betriebsstoffentnahme der VDI-Richtlinie "Recyclingorientierte Produktentwicklung" (VDI 2243, Blatt1, Entwurf von Dezember 2000).

VDI 2243 "Recyclingorientierte Produktentwicklung"

Kapitel 3.4.2. Betriebsstoffentnahme

Betriebsflüssigkeiten müssen unabhängig voneinander einfach, schnell und vollständig entfernbar sein.

Ablassmöglichkeiten vorsehen und deren gute Erkennbarkeit und Zugänglichkeit gewährleisten.

Wenn keine Ablassmöglichkeit gegeben, Markierung für zerstörenden Eingriff in flüssigkeitstragendes Bauteil vorsehen.

Kriterien der Systembeschreibung

Kriterium	Abkürzung
Die Betriebsflüssigkeit ist schnell und vollständig entfernbar :	1
Das System/Teilsystem besitzt eine "tiefste Stelle" :	2
Die Betriebsflüssigkeit kann ungehindert und schnell zur "tiefsten Stelle" hin abfließen :	3
An der "tiefsten Stelle" ist eine Ablassöffnung vorhanden :	4
Für die Betriebsflüssigkeit sind Ablassseinrichtungen vorgesehen :	5
Die Ablassseinrichtungen sind gut auffindbar :	6
Die Ablassseinrichtungen sind gut zugänglich :	7
Bei fehlender Ablassseinrichtung ist eine Markierung für einen zerstörenden Eingriff vorgesehen :	8
Der Mitarbeiter kann mit dem Kraftstoff in Kontakt kommen :	9
Die Entnahmestelle ist nach der Betriebsstoffentnahme verschließbar :	10
Die Verschmutzung durch Gefahr- und Betriebsstoffe wird vermieden :	11

Bei den angegebenen Demontage- bzw. Entnahmezeiten handelt es sich um reproduzierbare Zeiten, die alle notwendigen Arbeitsschritte vom Sichten der Verbindungselemente bis zum Plazieren der demontierten Bauteile bzw. der entnommenen Betriebsflüssigkeiten in dafür vorgesehenen Behältern beinhalten.

Die Füllmengen der einzelnen Betriebsflüssigkeiten wurden durch Addition der Entnahme- und Restmengen ermittelt. Die Restmengen im Fahrzeug wurden mittels Demontage oder Zerstörung einzelner Bauteile ermittelt.

Bei der Trockenlegung wurden folgende Trockenlegungsgeräte verwendet::

Trockenlegungswerkzeug	Beschreibung
Absauggerät für Kraftstoff	SEDA
Absauggerät für Kühlflüssigkeit	SEDA
Absauggerät für Bremsflüssigkeit	Standardgerät (z.B. HAZET)
Adapteranschlüsse für Druckbeaufschlagung (Kühl- und Bremssystem)	Standardgerät (z.B. HAZET, ATE)
Sonstige Auffangvorrichtungen	Diverse

Die Klimaanlage wurden generell durch einen externen Auftragnehmer abgesaugt.

12.3.1 Trockenlegung BMW_E30

Fahrzeugidentifikation:

Hersteller:	BMW
Typ und Ausführung:	E30 320i

Verwiegung:

Alle Betriebsflüssigkeiten mit Ausnahme des Kraftstoffs wurden auf Maximum aufgefüllt, die Temperatur bei Versuchsbeginn betrug 23°C.

Fahrzeuggewicht verwogen: $m=1039,3$ kg.

Die Trockenlegung umfasst bei dem vorliegenden Fahrzeug folgende Betriebsflüssigkeiten:

Motoröl, Getriebeöl, Kühflüssigkeit, Scheibenwaschwasser, Bremsflüssigkeit, Dämpferöl, Kraftstoff und Differentialöl,

und folgende zusätzliche Bauteile:

Batterie, Ölfilter und Reifen.

Analyse der Betriebsflüssigkeiten

Motoröl

Vorgehensweise

Um das Motoröl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen über Führungsrohr Ölmes-Stab
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Zusätzlich zu einer der beiden o.g. Möglichkeiten ist der Ölfilter zu demontieren. Dabei ist für dieses Fahrzeug zu beachten, dass der Ölfilter vor der Motorölentnahme demontiert wird.

Versuch 1: Absaugen über Führungsrohr Ölmesstab

Der vorliegende Versuchsablauf führte zu keinem Ergebnis, weil das Führungsrohr nicht bis in die Ölwanne reicht und ein Einführen einer Absauglanze bzw. eines Schlauchs durch die Platzierung des Ölsiebs unter der Ölpumpe innerhalb der Ölwanne verhindert wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 21°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Öffnen der Ablassschraube:	8 s
Ablassen des Motoröls:	6 min 17 s
Eindreihen der Ablassschraube:	7 s
Gesamtzeit:	6 min 34 s

Motoröl aus Ölfilter:

Ölfiler demontieren:	27 s
Ölfiler entleeren:	25 s
Ölfiler eindrehen:	23 s
Gesamtzeit:	1 min 15 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	4,29 l	⚖	3.702 g
Abgelassenes Motoröl:	4,01 l	⚖	3.463 g
Motoröl aus Ölfiler:	0,06 l	⚖	50 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	4,07 l	⚖	3.513 g
Restmenge:	0,22 l	⚖	189 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird die Ölwanne über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	4,29 l	⚖	3.702 g
Abgelassenes Motoröl:	4,01 l	⚖	3.463 g
Motoröl aus Ölwanne (abgesaugt):	0,02 l	⚖	18 g
Motoröl aus Ölfiler:	0,06 l	⚖	50 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	4,09 l	⚖	3.531 g
Restmenge:	0,20 l	⚖	171 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfiler, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	X		Frei seitlich an der Ölwanne.
7	X		Frei seitlich an der Ölwanne.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Die Restmenge in der Ölwanne beträgt nach dem Ablassen des Motoröls 29g, d.h. ein nachträgliches Absaugen der Ölwanne über die Ablassöffnung führt unter Berücksichtigung des

Arbeitsaufwands zu keinem sinnvollen Ergebnis. Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindrehen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschlussstopfens nicht möglich ist.

Ergebnis

Da das Motoröl nicht abgesaugt werden kann, ist die einzige Entnahmemöglichkeit das Ablassen in Verbindung mit der Demontage und Entleerung des Ölfilters. Das zusätzliche Absaugen der Ölwanne über die Ablassöffnung ergibt eine weitere Entnahmemenge von 18g.

Getriebeöl

Vorgehensweise

Um das Getriebeöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 21°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	9 s
Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	53 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	1 min 20 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,15 l \cong 1.047 g
------------	------------------------

Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,13 l	≅	1.026 g
Restmenge:	0,02 l	≅	21 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube am Getriebe.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung ist nicht notwendig.
9		-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt einen Zeitgewinn beim Ablassen des Getriebeöls, der allerdings durch zusätzliche Demontagetätigkeiten z. T. wieder ausgeglichen wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 21°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	1 min 16 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	1 min 34 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,15 l	≅	1.047 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,12 l	≅	1.023 g
Restmenge:	0,03 l	≅	24 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

siehe Versuch 1

Ergebnis

Durch das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube wird das Getriebe besser belüftet, wodurch das Getriebeöl (anfangs) sehr viel schneller ablaufen kann. Trotz der Zusatzfähigkeit verkürzt sich dadurch die Entnahmezeit insgesamt um ca. 15 Sekunden. Die Entnahmemenge kann in beiden Fällen als gleich angenommen werden.

Ein nachträgliches Absaugen des Getriebebodens führte zu keinem sinnvollen Ergebnis !

Differentialöl

Vorgehensweise

Um das Differentialöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 21°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	9 s
Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Differentialöls:	4 min 26 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	4 min 53 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,90 l	≈	878 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	0,84 l	≈	816 g
Restmenge:	0,06 l	≈	62 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird das Gehäuse über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	0,90 l	≈	878 g
Abgelassenes Differentialöl:	0,84 l	≈	816 g
Differentialöl aus Gehäuse (abgesaugt):	0,01 l	≈	14 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	0,85 l	≈	830 g
Restmenge:	0,05 l	≈	48 g

Restmengen an Differentialöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Differentialöls

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
			und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Achsgetriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Differentialöls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle des Achsgetriebes.
5	X		Ablassschraube am Achsgetriebe.
6	X		Frei an der Rückseite des Achsgetriebes.
7	X		Frei an der Rückseite des Achsgetriebes.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt einen Zeitgewinn beim Ablassen des Differentialöls, der allerdings durch zusätzliche Demontagetätigkeiten z. T. wieder ausgeglichen wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 21°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	5 min 37 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	5 min 55 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,90 l	≙	878 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	0,84 l	≙	817 g
Restmenge:	0,06 l	≙	61 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird das Gehäuse über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	0,90 l	≙	878 g
Abgelassenes Differentialöl:	0,84 l	≙	817 g
Differentialöl aus Gehäuse (abgesaugt):	0,01 l	≙	15 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	0,85 l	≙	832 g
Restmenge:	0,05 l	≙	46 g

Restmengen an Differentialöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

siehe Versuch 1

Ergebnis

Durch das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube wird das Achsgetriebe besser belüftet, wodurch das Differentialöl (anfangs) sehr viel schneller ablaufen kann. Trotz der Zusatzfähigkeit verkürzt sich dadurch die Entnahmezeit insgesamt um ca. 1 Minute. Die Entnahmemenge kann in beiden Fällen als gleich angenommen werden.

Ein nachträgliches Absaugen des Achsgetriebebodens über die Ablassöffnung erzielt nur eine Erhöhung des Trockenlegungsgrades von 1,7% (15g Öl).

Kühlflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Kühlflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Ablassen durch Öffnen der Ablassschrauben an Kühler und Motorblock.

Das Anstecken des Kühlerschlauchs an der Kühlerseite wurde nicht durchgeführt, weil durch die Form des Schlauchs die Zugänglichkeit mit einem Anstechwerkzeug beeinträchtigt ist.

Versuch 1: Ablassen der Kühlflüssigkeit

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Heizungsventil öffnen:	1 s
Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	3 s
Ablassschraube Kühler öffnen:	16 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	1 min 53 s
Ablassschraube Kühler schließen:	15 s
Ablassschraube Motorblock öffnen:	10 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	2 min 11 s
Ablassschraube Motorblock schließen:	10 s
Gesamtzeit:	4 min 59 s

Das Heizungsventil des Fahrzeugs ist elektrisch betätigt, d.h. während der Trockenlegung ist die Stromversorgung wiederherzustellen, damit das Ventil geöffnet werden kann.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	10,50 l	±	10.500 g
entnommene Kühlflüssigkeit Kühler:	3,53 l	±	3.531 g
entnommene Kühlflüssigkeit Motor:	4,84 l	±	4.837 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	8,37 l	±	8.368 g
Restmenge:	2,13 l	±	2.132 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, in den Zylindern (Motor) und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefsten Stellen sind in diesem Fall die Ablassschrauben an der Kühlerunterseite und am Motorblock. Es existiert jedoch noch 1 weitere tiefste Stelle (Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4	X		Das Kühlsystem besitzt zwei Ablassrichtungen.
5	X		Das Kühlwasser kann durch Ablassen an Kühler und Motorblock entnommen werden.
6	X		Die Ablassschrauben befinden sich gut auffindbar seitlich am Motorblock und an der Kühlerunterseite.
7	X		Die Ablassschrauben befinden sich gut zugänglich seitlich am Motorblock und an der Kühlerunterseite.
8	-	-	Ein zerstörender Eingriff ist bei der vorliegenden Entnahme nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschrauben.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Der Heizungskühler läuft über die Heizungsschläuche beim Ablassen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer. Das Anstechen der Heizungsschläuche ergibt keine zusätzliche Entnahmemenge.

Waschwasser

Vorgehensweise

Um das Waschwasser aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen des Waschwassers am Behälterboden
- Demontage und Entleeren des Waschwasserbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden. Auf das Anstechen des Waschwasserbehälters wurde verzichtet, weil sich diese Vorgehensweise in vorherigen Versuchen aus Platzgründen im Fahrzeug als nicht effektiv herausgestellt hat !

Versuch 1: Absaugen des Waschwassers am Behälterboden

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s

Waschwasser absaugen:	1 min 29 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	1 min 36 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	4,00 l	≈	4.000 g
Gesamtmenge entnommenes Washwasser:	3,99 l	≈	3.989 g
Restmenge:	0,01 l	≈	11 g

Restmengen an Washwasser befinden sich in der Washwasserpumpe und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Der Behälter kann bis auf die Wandhaftung vollständig entleert werden.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Washwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4		X	Der Behälter besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Der Washwasserbehälter besitzt, mit Ausnahme der Pumpe (kleine Öffnung, kein Zugriff auf den Behälterboden), keine Ablassmöglichkeit.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für den Washwasserbehälter ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Der Washwasserbehälter ist durch die Entnahme von oben tropffrei, d.h. ein Verschließen des Behälters ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 2: Demontage des Washwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	13 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	11 s
Gesamtzeit:	25 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	4,00 l	≈	4.000 g
Gesamtmenge entnommenes Washwasser:	3,99 l	≈	3.989 g
Restmenge:	0,01 l	≈	11 g

Restmengen an Washwasser befinden sich in der Washwasserpumpe und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Waschwasser kann durch Auskippen des Behälters schnell entnommen werden. Die Flüssigkeitsmenge im Behälter wird dadurch, bis auf die Wandhaftung, vollständig entnommen.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Behälteröffnung.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Beim Abziehen bzw. Schneiden der Leitungen ist zu beachten, dass durch die Flüssigkeitssäule im Behälter Waschwasser aus der Waschpumpe ausläuft.

Ergebnis

Durch die Demontage des Waschwasserbehälters wird in ca. einem Drittel der Zeit die komplette Flüssigkeitsmenge (außer Leitungen) aus dem Fahrzeug entnommen.

Die Verbindungselemente des Behälters sind leicht zugänglich.

Bremsflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Bremsflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Zylindern
- Entnahme der Bremsflüssigkeit an den Zylindern durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1,5 bar
- Kombination von Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters (1,5 bar) und Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Zylindern

Versuch 1: Absaugen der Bremsflüssigkeit

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Anbringen der Absaugvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln, Radbremszylindern und Kupplungsnehmerzylinder:	32 s
Bremsflüssigkeit absaugen:	3 min 17 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Zylindern:	32 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	8 s

Gesamtzeit:	4 min 45 s
-------------	------------

Anmerkung: Die Summe der Einzelzeiten pro Zylinder ergibt 5 Minuten und 41 Sekunden. Durch eine parallele Entnahme (Vergleichbarkeit mit Versuch 2) verkürzt sich die Gesamtzeit.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	≈	395 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,41 l	≈	321 g
Restmenge:	0,09 l	≈	74 g

Trockenlegungsgrad:	81,3 %
---------------------	--------

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (7g), in den Leitungen (12g) und den Bremssätteln/Radbremssylindern (durchschnittlich 12g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel / Radbremszylinder / Kupplung besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln, Radbremszylindern und Kupplungsnehmerzylinder sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder oder sonstiger Bauteile leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch von der Saugleistung der Entnahmevorrichtung ab.

Versuch 2: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Anbringen der Auffangvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Zylindern:	32 s

Bremsflüssigkeit ausblasen:	1 min 41 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Zylindern:	32 s
Auffangvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	3 min 14 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	△	395 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,45 l	△	358 g
Restmenge:	0,05 l	△	37 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (3g), in den Leitungen (8g) und den Bremssätteln/Radbremsszylindern (durchschnittlich 7g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel / Radbremszylinder / Kupplung besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln, Radbremszylindern und Kupplungsnehmerzylinder sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder oder sonstiger Bauteile leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch vom angelegten Druck auf den Ausgleichsbehälter ab.

Versuch 3: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung und Saugen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Der Versuch führte zu annähernd dem selben Ergebnis wie Versuch zwei, jedoch mit etwas höherem Aufwand für den Demonteur. Zusätzlich behindert eine zu geringe Saugleistung an den Radbremszylindern den Prozess, was zu einer Erhöhung der Demontagezeit führt.

Ergebnis

Die Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter führt zum besten Ergebnis. Sowohl die Entnahmezeit als auch der Entnahmegrad sind hier das Optimum.

Stoßdämpferöl

Vorgehensweise

Um das Stoßdämpferöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Demontage der Stoßdämpfer
- Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Versuch 1: Demontage der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radkappen:	8 s
Demontage der Kompletträder:	48 s
Demontage der vorderen Stoßdämpfer:	3 min 2 s
Lösen der Seitenverkleidungen:	38 s
Demontage der hinteren Stoßdämpfer:	1 min 16 s
Gesamtzeit:	5 min 52 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,53 l	≈	420 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,53 l	≈	420 g
Restmenge:	0,00 l	≈	0 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,59 l	≈	470 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,59 l	≈	470 g
Restmenge:	0,00 l	≈	0 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Stoßdämpferöl wird durch die Demontage der Stoßdämpfer komplett vom Fahrzeug entnommen. Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Befestigung der Stoßdämpfer und der Lösbarkeit der Verbindungselemente (Korrosion) ab.

Versuch 2: Anbohren der Stoßdämpfer und Absaugen des Dämpferöls

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radkappen:	8 s
--------------------------	-----

Demontage der Komplettträger:	48 s
Anbohren der vorderen Stoßdämpfer:	4 min 10 s
Anbohren der hinteren Stoßdämpfer:	1 min 6 s
Absaugen des Stoßdämpferöls:	1 min 32 s
Gesamtzeit:	7 min 44 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,53 l	±	420 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,50 l	±	402 g
Restmenge:	0,03 l	±	18 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,59 l	±	470 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,57 l	±	456 g
Restmenge:	0,02 l	±	14 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Der Zugriff auf die Betriebsflüssigkeit hängt von der Wandstärke der Dämpfer ab. Eine vollständige Entnahme des Dämpferöls ist durch die Komplexität der Stoßdämpfer nicht möglich.
2	X		Die Stoßdämpfer besitzen durch den Doppelrohraufbau 2 tiefste Stellen.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung der Stoßdämpfer und der Viskosität des Dämpferöls ab.
4		X	Die Stoßdämpfer besitzen keine Ablassöffnung.
5		X	An den Stoßdämpfern sind keine Ablasserichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Bohrungen in den Stoßdämpfern sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Stoßdämpfer sind jeweils zweimal anzubohren. Jeweils einmal am Boden jedes Standrohrs und einmal an der Oberseite zur Belüftung.

Ergebnis

Die Demontage ist hier die bessere Methode, weil das Dämpferöl durch den Aufbau der Stoßdämpfer (Doppelrohrdämpfer) nicht vollständig entnommen werden kann. Zusätzlich ist das Anbohren problematisch, weil beide Standrohre jeweils 2-mal gebohrt werden müssen, und die tiefste Stelle des Gehäuses nicht gut zugänglich ist.

Kraftstoff

Vorgehensweise

Um den Kraftstoff aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anbohren des Stahl tanks und Absaugen im geschlossenen System

Versuch 1: Anbohren des Tanks und Absaugen des Kraftstoffs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 21°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Anbohren des Stahl tanks:	22 s
Kraftstoff absaugen:	49 s
Bohrung verschließen:	19 s
Gesamtzeit:	1 min 30 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	49,5 l	±	37.125 g
Füllmenge Versuchsablauf:	2,1 l	±	1.602 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	0,6 l	±	413 g
Restmenge:	1,5 l	±	1.189 g

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs wurde ca. 1/2 l Kraftstoff abgesaugt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich hierbei auf den Versuchsablauf. Zur Ermittlung des Trockenlegungsgrades wurde zusätzlich zum realen Ergebnis noch das Normleergewicht des Fahrzeugs, sprich 90 % der Gesamtfüllmenge (0,9 x 55 l = 49,5 l) berücksichtigt.

Restmengen an Kraftstoff verbleiben im Kraftstofftank, in den Leitungen und im Einspritzsystem.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von Größe und Anzahl der Bohrungen ab. Eine vollständige Entnahme des Kraftstoff ist nicht möglich.
2		X	Das Teilsystem Kraftstofftank besitzt 1 tiefste Stelle, d.h. einmal Anbohren.
3	X		Die Form des Tanks behindert das Nachfließen des Kraftstoffs nicht.
4		X	Der Kraftstofftank besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Am Kraftstofftank sind keine Ablasserichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	X		Nach dem Anbohren ist das System offen, d.h. es können Benzindämpfe austreten.
10		X	Die Bohrungen im Tank sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11		X	Austretende Benzindämpfe während des Trockenlegungsvorgangs.

Anmerkung: Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr ist der Kraftstoff im geschlossenen System abzusaugen. Nach dem Absaugen ist das System nicht mehr geschlossen, d.h. die Anbohröffnungen sind aus Sicherheitsgründen wieder zu verschließen.

Analyse der zusätzlichen Bauteile

Batterie

Demontage

Die Batterie ist als erstes Bauteil aus dem Fahrzeug zu demontieren, damit die Stromversorgung des Fahrzeugs unterbrochen ist. Ziel dabei ist es, Kurzschlüsse bei Arbeiten am Fahrzeug zu vermeiden, bzw. um bei neueren Fahrzeugen die pyrotechnischen Bauteile (Airbags, Gurtstraffer) zu entschärfen.

Demontagezeit:	47 s
----------------	------

Reifen

Demontage

Zur Demontage der Reifen sind alle Räder zu demontieren. Die Komplettäder wurden im Rahmen der Trockenlegung (siehe Stoßdämpferöl) demontiert. Das Ersatzrad ist zusätzlich zu demontieren.

Demontagezeit Radzierdeckel:	2 s
Demontagezeit Komplettad:	12 s
Demontagezeit Ersatzrad:	37 s
Demontagezeit Reifen:	3 min

12.3.2 Trockenlegung MB_260E W124

Fahrzeugidentifikation:

Hersteller:	Mercedes Benz
Typ und Ausführung:	W 124 (260E)

Verwiegung:

Alle Betriebsflüssigkeiten mit Ausnahme des Kraftstoffs wurden auf Maximum aufgefüllt, die Temperatur bei Versuchsbeginn betrug 24°C.

Fahrzeuggewicht verwogen: $m=1427,0$ kg.

Die Trockenlegung umfasst bei dem vorliegenden Fahrzeug folgende Betriebsflüssigkeiten:

Motoröl, Getriebeöl, Servoöl, Kühflüssigkeit, Scheibenwaschwasser, Bremsflüssigkeit, Dämpferöl, Kraftstoff und Differentialöl,

und folgende zusätzliche Bauteile:

Batterie, Ölfilter, Katalysator und Reifen.

Analyse der Betriebsflüssigkeiten

Motoröl

Vorgehensweise

Um das Motoröl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Zusätzlich zu einer der beiden o.g. Möglichkeiten ist der Ölfilter zu demontieren. Dabei ist für dieses Fahrzeug zu beachten, dass der Ölfilter vor der Motorölentnahme demontiert wird.

Versuch 1: Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 24°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Das Führungsrohr des Ölmess-Stabes reicht bis zum Boden der Ölwanne und ein Einführen einer Absauglanze bzw. eines Schlauchs ist ungehindert möglich.

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Ölmess-Stab herausziehen:	2 s
Einführen der Absaugvorrichtung:	9 s
Absaugen des Motoröls:	6 min 12 s
Entnehmen der Absaugvorrichtung:	7 s
Gesamtzeit:	6 min 32 s

Motoröl aus Ölfilter:

Ölfilter demontieren:	30 s
Ölfilter entleeren:	30 s

Ölfiler eindrehen:	22 s
Gesamtzeit:	1 min 22 s

Der eingebaute Ölfiler läuft trotz der annähernd senkrechten Einbaulage und nach unten gerichteter Öffnung nicht selbständig leer. Beim Lösen des Ölfilters fließt ein Teil des Motoröls in den Motor zurück. Um zu vermeiden, dass diese Ölmenge als Restmenge im Motor verbleibt, sollte der Ölfiler zuerst demontiert und entleert werden.

Anmerkung: Da der Ölfiler nur eingeschränkt zugänglich ist, muss zur Demontage ein Spezialwerkzeug verwendet werden.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	6,50 l	≈	5.525 g
Abgesaugtes Motoröl:	5,60 l	≈	4.761 g
Motoröl aus Ölfiler:	0,37 l	≈	310 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	5,97 l	≈	5.071 g
Restmenge:	0,53 l	≈	454 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfiler, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und der Saugleistung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Ein Verschließen der Entnahmestelle ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Motoröl aus Ölfiler:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Demontage des eingeschränkt auffindbaren und eingeschränkt zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindrehen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 24°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Öffnen der Ablassschraube:	7 s
Ablassen des Motoröls:	8 min 45 s
Eindrehen der Ablassschraube:	7 s
Gesamtzeit:	9 min 01 s

Motoröl aus Ölfilter:

Ölfilter demontieren:	30 s
Ölfilter entleeren:	30 s
Ölfilter eindrehen:	22 s
Gesamtzeit:	1 min 22 s

Der eingebaute Ölfilter läuft trotz der annähernd senkrechten Einbaulage und nach unten gerichteter Öffnung nicht selbständig leer. Beim Lösen des Ölfilters fließt ein Teil des Motoröls in den Motor zurück. Um zu vermeiden, dass diese Ölmenge als Restmenge im Motor verbleibt, sollte der Ölfilter zuerst demontiert und entleert werden.

Anmerkung: Da der Ölfilter nur eingeschränkt zugänglich ist, muss zur Demontage ein Spezialwerkzeug verwendet werden.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	6,50 l	⊕	5.525 g
Abgelassenes Motoröl:	5,27 l	⊕	4.483 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,37 l	⊕	310 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	5,64 l	⊕	4.793 g
Restmenge:	0,86 l	⊕	732 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird die Ölwanne über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	6,50 l	⊗	5.525 g
Abgelassenes Motoröl:	5,27 l	⊗	4.483 g
Motoröl aus Ölwanne (abgesaugt):	0,47 l	⊗	399 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,37 l	⊗	310 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	6,11 l	⊗	5.192 g
Restmenge:	0,39 l	⊗	333 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfilter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	X		Frei an der Seite der Ölwanne.
7	X		Frei an der Seite der Ölwanne.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Restmenge in der Ölwanne kann durch nachträgliches Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung deutlich verringert werden. Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Demontage des eingeschränkt auffindbaren und eingeschränkt zugänglichen Ölfilters..
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindreihen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschlussstopfens nicht möglich ist.

Ergebnis

Das Motoröl kann sowohl abgesaugt als auch abgelassen werden. Das Absaugen ergibt die kürzeste Gesamtzeit, allerdings wird beim Ablassen mit zusätzlichem Absaugen über die Ablassöffnung ein höherer Trockenlegungsgrad erreicht. Der Ölfilter sollte vor dem Ablassen des Motoröls demontiert werden, weil sich sonst die Restmenge um das in den Motor zurückfließende Motoröl wieder erhöht, und damit ein entsprechend geringerer Trockenlegungsgrad erreicht wird.

Getriebeöl

Vorgehensweise

Um das Getriebeöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 24°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	9 s
Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	1 min 03 s
Eindreihen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	1 min 30 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,60 l	≙	1.360 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,54 l	≙	1.307 g
Restmenge:	0,06 l	≙	53 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt einen Zeitgewinn beim Ablassen des Getriebeöls, der allerdings durch zusätzliche Demontagetätigkeiten z. T. wieder ausgeglichen wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 24°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	1 min 31 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	1 min 49 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,60 l	≈	1.360 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,54 l	≈	1.307 g
Restmenge:	0,06 l	≈	53 g

Trockenlegungsgrad:	96,3 %
---------------------	--------

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
			Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Ergebnis

Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt bei gleicher Entnahmemenge für den Gesamtprozess einen Zeitvorteil von 13 Sekunden. Aus diesem Grunde ist diese Zusatzfähigkeit empfehlenswert.

Das nachträgliche Absaugen des Getriebebodens durch die Einfüllöffnung führte zu keinem Ergebnis.

Differentialöl

Vorgehensweise

Um das Differentialöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 24°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	9 s
Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Differentialöls:	3 min 15 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	3 min 42 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,20 l	≈	1.020 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	1,11 l	≈	940 g
Restmenge:	0,09 l	≈	80 g

Restmengen an Differentialöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird das Gehäuse über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	1,20 l	≈ 1.020 g
Abgelassenes Differentialöl:	1,11 l	≈ 940 g
Differentialöl aus Gehäuse (abgesaugt):	0,02 l	≈ 17 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	1,13 l	≈ 957 g
Restmenge:	0,07 l	≈ 63 g

Restmengen an Differentialöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Differentialöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Achsgetriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Differentialöls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle des Achsgetriebes.
5	X		Ablassschraube an der Seite des Achsgetriebes.
6	X		Frei an der Seite des Achsgetriebes.
7	X		Frei an der Seite des Achsgetriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Achsgetriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Durch das nachträgliche Absaugen des Gehäusebodens im Bereich der Ablassschraube kann der Trockenlegungsgrad noch um 1,6 % erhöht werden.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 24°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	3 min 31 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	3 min 49 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,20 l	≈ 1.020 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	1,11 l	≈ 941 g
Restmenge:	0,09 l	≈ 79 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird das Gehäuse über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	1,20 l	≈	1.020 g
Abgelassenes Differentialöl:	1,11 l	≈	941 g
Differentialöl aus Gehäuse (abgesaugt):	0,02 l	≈	16 g
Gesamtmenge entnommenes Differentialöl:	1,13 l	≈	957 g
Restmenge:	0,07 l	≈	63 g

Restmengen an Differentialöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Differentialöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Achsgetriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Differentialöls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle des Achsgetriebes.
5	X		Ablassschraube an der Seite des Achsgetriebes.
6	X		Frei an der Seite des Achsgetriebes.
7	X		Frei an der Seite des Achsgetriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Achsgetriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Durch das nachträgliche Absaugen des Gehäusebodens im Bereich der Ablassschraube kann der Trockenlegungsgrad noch um 1,5 % erhöht werden.

Ergebnis

Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube bringt für den Gesamtprozess weder einen Zeitvorteil, noch eine Erhöhung der Entnahmemenge. Auf diese Tätigkeit kann deshalb verzichtet werden.

Das nachträgliche Absaugen des Gehäusebodens im Bereich der Ablassschraube ergibt eine Erhöhung des Trockenlegungsgrades um 1,6 %.

Kühlflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Kühlflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Anstechen und Absaugen des Kühlerschlauchs an der Kühlerunterseite und Ablassen der Kühlflüssigkeit aus dem Motor

- Ablassen durch Öffnen der Ablassschrauben am Kühler und am Motorblock

Versuch 1: Absaugen der Kühlflüssigkeit

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	4 min 56 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Schlauch an Motorablassschraube anbringen:	3 s
Motorablassschraube öffnen:	7 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	2 min 53 s
Motorablassschraube schließen:	7 s
Gesamtzeit:	8 min 18 s

Das Heizungsventil des Fahrzeugs ist elektrisch betätigt, d.h. während der Trockenlegung ist die Stromversorgung wiederherzustellen, damit das Ventil geöffnet werden kann.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	9,00 l	≈	9.000 g
Kühlflüssigkeit aus Kühlkreislauf (abgesaugt):	4,94 l	≈	4.941 g
Abgelassene Kühlflüssigkeit (Motor):	3,35 l	≈	3.353 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	8,29 l	≈	8.294 g
Restmenge:	0,71 l	≈	706 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, im Kühlkreislauf und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefsten Stellen sind in diesem Fall der Kühlerschlauch an der Kühlerunterseite und die Ablassschraube am Motorblock. Es existiert jedoch noch 1 weitere tiefste Stelle (Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4	X		Das Kühlsystem besitzt eine Ablassanlage.
5	X		Das Kühlwasser kann durch Anstechen des Kühlerschlauchs und Ablassen des Motorblocks entnommen werden.
6	X		Die Ablassschraube befindet sich gut auffindbar seitlich am Motorblock.
7	X		Die Ablassschraube befindet sich gut zugänglich seitlich am Motorblock.
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff (Kühlerschlauch) wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Der Heizungskühler läuft über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer. Das Anstechen der Heizungsschläuche ergibt keine zusätzliche Entnahmemenge.

Versuch 2: Ablassen der Kühflüssigkeit

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 24°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Ablassschraube am Kühler öffnen:	6 s
Kühflüssigkeit aus Kühler ablassen:	4 min 34 s
Ablassschraube am Kühler schließen:	6 s
Schlauch an Motorablassschraube anbringen:	3 s
Ablassschraube am Motor öffnen:	7 s
Kühflüssigkeit Motor ablassen:	2 min 38 s
Ablassschraube am Motor schließen:	7 s
Gesamtzeit:	7 min 45 s

Das Heizungsventil des Fahrzeugs ist elektrisch betätigt, d.h. während der Trockenlegung ist die Stromversorgung wiederherzustellen, damit das Ventil geöffnet werden kann.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	9,00 l	≈	9.000 g
entnommene Kühflüssigkeit Kühler:	4,82 l	≈	4.818 g
entnommene Kühflüssigkeit Motor:	3,21 l	≈	3.216 g
Gesamtmenge entnommene Kühflüssigkeit:	8,03 l	≈	8.034 g
Restmenge:	0,97 l	≈	966 g

Restmengen an Kühflüssigkeit befinden sich im Kühler, im Kühlkreislauf und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefsten Stellen sind in diesem Fall die Ablassschrauben an der Kühlerunterseite und am Motorblock. Es existiert jedoch noch 1 weitere tiefste Stelle (Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4	X		Das Kühlsystem besitzt zwei Ablasseinrichtungen.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
5	X		Das Kühlwasser kann durch Ablassen an Kühler und Motorblock entnommen werden.
6	X		Die Ablassschrauben befinden sich gut auffindbar seitlich am Motorblock und an der Kühlerunterseite.
7	X		Die Ablassschrauben befinden sich gut zugänglich seitlich am Motorblock und an der Kühlerunterseite.
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschrauben.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Der Heizungskühler läuft über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer. Das Anstechen der Heizungsschläuche ergibt keine zusätzliche Entnahmemenge.

Ergebnis

Die Gesamtzeit für das Ablassen der Kühlflüssigkeit gegenüber dem Absaugen ist um ca. 1 Minute geringer, allerdings werden dabei auch 260g weniger entnommen. Empfohlen wird deshalb trotz des höheren Zeitaufwands das Absaugen an der Kühlerunterseite in Kombination mit dem Ablassen am Motorblock.

Servoöl

Vorgehensweise

Um das Servoöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anstechen des Druckschlauchs am Lenkgetriebe und Absaugen des Servoöls bei zusätzlicher Lenkbetätigung.

Versuch 1: Anstechen des Druckschlauchs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Schlauch anstechen:	11 s
Servoöl absaugen	35 s
Lenkung betätigen	30 s
Anstechlanze entnehmen:	11 s
Verschlussstopfen anbringen:	20 s
Gesamtzeit:	1 min 51 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,00 l	≙	800 g
Abgesaugtes Servoöl:	0,59 l	≙	475 g
Abgesaugtes Servoöl inkl. Lenken:	0,15 l	≙	121 g
Gesamtmenge entnommenes Servoöl:	0,75 l	≙	596 g

Restmenge:	0,25 l	±	204 g
------------	--------	---	-------

Restmengen an Servoöl befinden sich im Lenkgetriebe und der Servopumpe.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung und der Viskosität des Öls ab. Da die Anstichstelle sich nicht an der tiefsten Stelle befindet, kann das Öl nicht vollständig abgesaugt werden.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall das Lenkgetriebe.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Servoöls ab.
4		X	Das Lenkgetriebe hat keine Ablassöffnung.
5		X	Das Lenksystem hat keine Ablassanlage.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Durch die zusätzliche Lenkbetätigung wird das Servoöl von der tiefsten Stelle (Lenkgetriebe) zur Anstichstelle im Schlauch hin transportiert.

Waschwasser

Vorgehensweise

Um das Waschwasser aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen des Waschwassers am Behälterboden
- Demontage und Entleeren des Waschwasserbehälters

Versuch 1: Absaugen des Waschwassers am Behälterboden

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s
Waschwasser absaugen:	1 min 49 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	1 min 56 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	5,00 l	±	5.000 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	4,99 l	±	4.995 g

Restmenge:	0,01 l \pm 5 g
------------	------------------

Restmengen an Waschwasser befinden sich in der Waschwasserpumpe und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4		X	Der Behälter besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Der Waschwasserbehälter besitzt, mit Ausnahme der Pumpe (kleine Öffnung, kein Zugriff auf den Behälterboden), keine Ablassmöglichkeit.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für den Waschwasserbehälter ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Der Waschwasserbehälter ist durch die Entnahme von oben tropffrei, d.h. ein Verschließen des Behälters ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 2: Demontage des Waschwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	15 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	8 s
Gesamtzeit:	22 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	5,00 l \pm 5.000 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	4,99 l \pm 4.995 g
Restmenge:	0,01 l \pm 5 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich in der Waschwasserpumpe und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Waschwasser kann durch Auskippen des Behälters schnell entnommen werden. Die Flüssigkeitsmenge im

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
			Behälter wird dadurch, bis auf die Wandhaftung, vollständig entnommen.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Behälteröffnung.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Behälter ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Beim Abziehen bzw. Schneiden der Leitungen ist zu beachten, dass durch die Flüssigkeitssäule im Behälter Waschwasser aus dem Waschpumpe ausläuft.

Ergebnis

Das Absaugen des Waschwassers und die Demontage des Behälters mit anschließendem Ausschütten ergeben den selben Trockenlegungsgrad. Die Demontage und Entleerung des Flüssigkeitsbehälters benötigt allerdings nur etwa ein Viertel der Gesamtzeit gegenüber dem Absaugen. Empfehlenswert ist daher trotz der auslaufenden Betriebsflüssigkeit die Demontage und Entleerung des Waschwasserbehälters.

Bremsflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Bremsflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln/Kupplung
- Entnahme der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln/Kupplung durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1,5 bar
- Kombination von Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters (1,5 bar) und Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln / Kupplung

Versuch 1: Absaugen der Bremsflüssigkeit

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Anbringen der Absaugvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln /	28 s

Kupplung:	
Bremsflüssigkeit absaugen:	3 min 20 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln / Kupplung:	28 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	4 min 40 s

Anmerkung: Die Summe der Einzelzeiten pro Bremssattel bzw. Kupplungsnehmerzylinder ergibt 5 Minuten und 53 Sekunden. Durch eine parallele Entnahme (Vergleichbarkeit mit Versuch 2) verkürzt sich die Gesamtzeit.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,53 l	±	424 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,34 l	±	271 g
Restmenge:	0,19 l	±	153 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder, im ABS-Modulator, in den Leitungen und den Bremssätteln und Kupplungsgeberzylinder.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Kupplung besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Kupplungsnehmerzylinder sind gut auffindbar und ohne Demontage anderer Bauteile leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch von der Saugleistung der Entnahmevorrichtung ab.

Versuch 2: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Anbringen der Auffangvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln/Kupplung:	28 s
Bremsflüssigkeit ausblasen:	1 min 41 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln/Kupplung:	28 s
Auffangvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	3 min 6 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,53 l	≈	424 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,48 l	≈	381 g
Restmenge:	0,05 l	≈	43 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder, im ABS-Modulator, in den Leitungen und den Bremssätteln und Kupplungsnehmerzylinder.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Kupplung besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel sind gut auffindbar und ohne Demontage anderer Bauteile leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch vom angelegten Druck auf den Ausgleichsbehälter ab.

Versuch 3: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung und Saugen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Der Versuch führte zu annähernd dem selben Ergebnis wie Versuch zwei, jedoch mit etwas höherem Aufwand für den Demonteur. Zusätzlich behindert eine zu geringe Saugleistung an den Bremssätteln bzw. Kupplungsnehmerzylinder den Prozess, was zu einer Erhöhung der Demontagezeit führt.

Ergebnis

Die Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter führt zum besten Ergebnis. Sowohl die Entnahmezeit als auch der Entnahmegrad sind hier das Optimum.

Stoßdämpferöl

Vorgehensweise

Um das Stoßdämpferöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Demontage der Stoßdämpfer
- Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Versuch 1: Demontage der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radzierdeckel:	8 s
Demontage der Komplettträder:	1 min 4 s
Demontage der vorderen Stoßdämpfer:	2 min 56 s
Demontage der hinteren Stoßdämpfer:	2 min 46 s
Demontage des Lenkungsämpfers:	17 s
Gesamtzeit:	7 min 11 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,95 l	⚖	758 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,95 l	⚖	758 g
Restmenge:	0,00 l	⚖	0 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,40 l	⚖	322 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,40 l	⚖	322 g
Restmenge:	0,00 l	⚖	0 g

Lenkungsämpfer:

Füllmenge:	0,06 l	⚖	51 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,06 l	⚖	51 g
Restmenge:	0,00 l	⚖	0 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Stoßdämpferöl wird durch die Demontage der Stoßdämpfer komplett vom Fahrzeug entnommen. Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Befestigung der Stoßdämpfer und der Lösbarkeit der Verbindungselemente (Korrosion) ab.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	
11	-	-	

Versuch 2: Anbohren der Stoßdämpfer und Absaugen des Dämpferöls

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radzierdeckel:	8 s
Demontage der Komplettträder:	1 min 4 s
Anbohren der vorderen Dämpfer:	1 min 18 s
Anbohren der hinteren Dämpfer:	56 s
Anbohren des Lenkungsdämpfers:	24 s
Absaugen des Stoßdämpferöls:	1 min 59 s
Gesamtzeit:	5 min 49 s

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,95 l	⬇	758 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,93 l	⬇	746 g
Restmenge:	0,02 l	⬇	12 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,40 l	⬇	322 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,39 l	⬇	314 g
Restmenge:	0,01 l	⬇	8 g

Lenkungsdämpfer :

Füllmenge:	0,06 l	⬇	51 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,06 l	⬇	49 g
Restmenge:	0,00 l	⬇	2 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Der Zugriff auf die Betriebsflüssigkeit hängt von der Wandstärke der Dämpfer ab. Eine vollständige Entnahme des Dämpferöls ist durch die Komplexität der Dämpfer nicht möglich.
2	X		Die Dämpfer besitzen durch den Doppelrohraufbau 2 tiefste Stellen.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung der Dämpfer und der Viskosität des Dämpferöls ab.
4		X	Die Dämpfer besitzen keine Ablassöffnung.
5		X	An den Dämpfern sind keine Ablassrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Bohrungen in den Dämpfern sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Stoßdämpfer sind jeweils zweimal anzubohren. Jeweils einmal am Boden jedes Standrohrs und einmal an der Oberseite zur Belüftung.

Anmerkung: Da die Stoßdämpfer unter Gasdruck stehen, sollte das Anbohren und Absaugen im geschlossenen System erfolgen.

Ergebnis

Die Demontage ist hier die bessere Methode, weil das Dämpferöl durch den Aufbau der Dämpfer (Doppelrohr-Gasdruck-Dämpfer) nicht vollständig entnommen werden kann. Zusätzlich ist das Anbohren problematisch, weil beide Standrohre jeweils 2-mal gebohrt werden müssen, und die tiefste Stelle des Gehäuses nicht gut zugänglich ist.

Kraftstoff

Vorgehensweise

Um den Kraftstoff aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anbohren des Tanks und Absaugen aus dem geschlossenen System

Versuch 1: Anbohren des Tanks und Absaugen des Kraftstoffs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Anbohren des Metalltanks:	8 s
Kraftstoff absaugen:	2 min 44 s
Bohrung verschließen:	36 s

Gesamtzeit:	3 min 28 s
-------------	------------

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	63,0 l	△	47.250 g
Füllmenge Versuchsablauf:	11,3 l	△	9.040 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	10,9 l	△	8.720 g
Restmenge:	0,4 l	△	320 g

Anmerkung: Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr ist der Kraftstoff im geschlossenen System abzusaugen. Nach dem Absaugen ist das System nicht mehr geschlossen, d.h. die Anbohröffnungen sind aus Sicherheitsgründen wieder zu verschließen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von Größe und Anzahl der Bohrungen ab. Eine vollständige Entnahme des Kraftstoff ist nicht möglich.
2		X	Das Teilsystem Kraftstofftank besitzt mehrere tiefste Stellen.
3	X		Die Form des Tanks behindert das Nachfließen des Kraftstoffs nicht.
4		X	Der Kraftstofftank besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Am Kraftstofftank sind keine Ablasserichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	X		Bei Entnahme aus dem geschlossenen System und sachgemäßer Vorgehensweise ist ein Kontakt vermeidbar.
10		X	Ein spezieller Verschlussstopfen ist anzubringen.
11		X	Austretende Benzindämpfe während des Trockenlegungsvorgangs.

Ergebnis

Während des Versuchsablaufs wurden 11,3 l Kraftstoff abgesaugt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich hierbei auf den Versuchsablauf. Zur Ermittlung des Trockenlegungsgrades wurde zusätzlich zum realen Ergebnis noch das Normleergewicht des Fahrzeugs, sprich 90 % der Gesamtfüllmenge (0,9 x 70 l = 63,0 l) berücksichtigt.

Restmengen an Kraftstoff verbleiben im Kraftstofftank, in den Leitungen und der Einspritzanlage.

Analyse der zusätzlichen Bauteile

Batterie

Demontage

Die Batterie ist als erstes Bauteil aus dem Fahrzeug zu demontieren, damit die Stromversorgung des Fahrzeugs unterbrochen ist. Ziel dabei ist es, Kurzschlüsse bei Arbeiten am Fahrzeug zu

vermeiden, bzw. um bei neueren Fahrzeugen die pyrotechnischen Bauteile (Airbags, Gurtstraffer) zu entschärfen.

Demontagezeit:	47 s
----------------	------

Bauteilmasse:	16.650 g
---------------	----------

G-Kat

Demontage

Demontagezeit:	45 s
----------------	------

Bauteilmasse:	3.255 g
---------------	---------

Reifen

Demontage

Zur Demontage der Reifen sind alle Räder zu demontieren. Die Komplettträder wurden im Rahmen der Trockenlegung (siehe Stoßdämpferöl) demontiert. Das Ersatzrad ist zusätzlich zu demontieren.

Demontagezeit Radzierdeckel:	2 s
Demontagezeit Kompletttrad:	16 s
Demontagezeit Ersatzrad:	37 s
Demontagezeit Reifen:	3 min

Reifen Kompletttrad:

Für die Komplettträder sind zuerst die Radzierdeckel abzuhebeln. Für das Ersatzrad sind keine weiteren Bauteile zu demontieren.

Die Reifen sind auf einem Reifendemontiergerät von den Felgen abzuziehen. Dazu ist das Ventil auszudrehen, der Reifen auf beiden Seiten vom Felgenhorn zu drücken und anschließend einzuspannen und von der Felge abzuziehen.

Werkstoffe

Masse Kompletttrad:	18.280 g
Masse Felge:	9.720 g
Masse Reifen:	8.560 g

12.3.3 Trockenlegung Opel Ascona

Fahrzeugidentifikation:

Hersteller:	Opel
Typ und Ausführung:	Ascona C

Verwiegung:

Alle Betriebsflüssigkeiten mit Ausnahme des Kraftstoffs wurden auf Maximum aufgefüllt, die Temperatur bei Versuchsbeginn betrug 22°C.

Fahrzeuggewicht verwogen: $m=877,0$ kg.

Die Trockenlegung umfasst bei dem vorliegenden Fahrzeug folgende Betriebsflüssigkeiten:

Motoröl, Getriebeöl, Kühlflüssigkeit, Scheibenwaschwasser, Bremsflüssigkeit, Dämpferöl und Kraftstoff,

und folgende zusätzliche Bauteile:

Batterie, Ölfilter, Katalysator und Reifen.

Analyse der Betriebsflüssigkeiten

Motoröl

Vorgehensweise

Um das Motoröl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Zusätzlich zu einer der beiden o.g. Möglichkeiten ist der Ölfilter zu demontieren.

Versuch 1: Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Das Führungsrohr reicht nicht bis in die Ölwanne, der Boden Ölwanne kann aber mit einer Absauglanze erreicht werden.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor)

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Ölmess-Stab rausziehen:	1 s
Absauglanze einführen:	5 s
Motoröl absaugen:	7 min 56 s
Absauglanze entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	8 min 5 s

Motoröl aus Ölfilter

Ölfilter demontieren:	11 s
Ölfilter entleeren:	32 s
Ölfilter eindrehen:	10 s
Gesamtzeit:	53 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,59 l	≥	3.198 g
Abgesaugtes Motoröl:	3,34 l	≥	2.973 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,07 l	≥	68 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,41 l	≥	3.041 g
Restmenge:	0,18 l	≥	157 g

Systembeschreibung**Motoröl aus Ölwanne (Motor):**

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Ein Verschließen der Entnahmestelle ist bei dieser Vorgehensweise nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindreihen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor)

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Öffnen der Ablassschraube:	7 s
Ablassen des Motoröls:	6 min 45 s
Eindrehen der Ablassschraube:	8 s
Gesamtzeit:	7 min 2 s

Motoröl aus Ölfilter

Ölfilter demontieren:	11 s
Ölfilter entleeren:	32 s
Ölfilter eindrehen:	10 s
Gesamtzeit:	53 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,59 l	≙	3.198 g
Abgelassenes Motoröl:	3,35 l	≙	2.981 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,07 l	≙	68 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,42 l	≙	3.049 g
Restmenge:	0,17 l	≙	149 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird die Ölwanne über die Ablassöffnung abgesaugt.

Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	3,59 l	≙	3.198 g
Abgelassenes Motoröl:	3,35 l	≙	2.981 g
Motoröl aus Ölwanne (abgesaugt):	0,06 l	≙	49 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,07 l	≙	68 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,48 l	≙	3.098 g
Restmenge:	0,11 l	≙	100 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfilter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
7	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Die Restmenge in der Ölwanne kann durch nachträgliches Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung verringert werden. Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindrehen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Ergebnis

Das Ablassen des Motoröls ist beim vorliegenden Fahrzeug die bessere Vorgehensweise, ein zusätzliches Absaugen der Ölwanne über die Ablassöffnung wird empfohlen, weil dadurch die Restmenge ohne größeren Aufwand reduziert werden kann.

Getriebeöl

Vorgehensweise

Um das Getriebeöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Aufmeißeln der Ölwanne

Getriebe mit Dauerfüllung, keine Einfüll- und Ablassvorrichtung vorhanden.

Abschrauben der Ölwanne nicht sinnvoll, weil die tiefste Stelle aufgemeißelt wird, d.h. kein Unterschied zum Abschrauben, weil der Demontageaufwand zu hoch ist (11 Schrauben zu lösen) und weil das Öl nach Lösen aller Schrauben seitlich aus der Dichtfläche ausläuft (kann nicht gezielt aufgefangen werden).

Versuch 1: Ablassen nach Aufmeißeln der Ölwanne

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Aufmeißeln der Ölwanne:	17 s
Ablassen des Getriebeöls:	2 min 13 s
Gesamtzeit:	2 min 30 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,20 l	≈	960 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,19 l	≈	949 g
Restmenge:	0,01 l	≈	11 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Erstbefüllung 2,1 l, bei Fahrzeug nur noch 1,2 l vorhanden !!!!!

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4		X	Das Getriebe hat keine Ablassschraube.
5		X	Das Getriebe hat keine Ablassschraube.
6	-		
7	-		
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Durch die Zerstörung der Ölwanne ist ein Verschließen nur schwer möglich.
11		X	Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist infolge des Nachtropfens möglich.

Anmerkung: Das Getriebe ist auf Lebenszeit und damit wartungsfrei ausgelegt. Eine sinnvolle Trockenlegung kann deshalb nur durch Demontage bzw. Zerstörung des Getriebes erreicht werden.

Ergebnis

Das Getriebe kann bauartbedingt nicht ohne Aufwand entnommen werden. Aus diesem Grunde ist das Getriebeöl nur mittels Demontage bzw. Zerstörung erreichbar.

Kühlflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Kühlflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Anstechen der Kühler-/Heizungsschläuche mit einer Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1 bar und Ablassen der Kühlflüssigkeit aus dem Motor
- Anstechen der Kühler-/Heizungsschläuche ohne Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters und Ablassen der Kühlflüssigkeit aus dem Motor

Beim Versuchsfahrzeug war die Wasserpumpe defekt und der Motor konnte wegen des fehlenden Motorsteuergeräts nicht gestartet und damit nicht vollständig entlüftet werden.

Versuch 1: Entnahme mit Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Teilsystem großer Kühlkreislauf:

Heizungsventil öffnen:	1 s
Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	3 min 11 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Gesamtzeit:	3 min 29 s

Teilsystem Heizungskreislauf:

Heizungsschläuche anstechen:	10 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	41 s
Anstechlanze entnehmen:	6 s
Gesamtzeit:	57 s

Teilsystem kleiner Kühlkreislauf:

Öffnen der Ablassschraube am Motor:	18 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	1 min 27 s
Eindreihen der Ablassschraube am Motor:	20 s
Gesamtzeit:	2 min 5 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	7,70 l	±	7.700 g
Kühlflüssigkeit aus Wasserschlauch:	3,20 l	±	3.200 g

Kühlflüssigkeit aus Heizungsschlauch:	0,06 l	±	60 g
Kühlflüssigkeit aus Motor:	1,09 l	±	1.090 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	4,35 l	±	4.350 g
Restmenge:	3,35 l	±	3.350 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Kühlerschlauch an der Unterseite der Wasserpumpe. Es existieren jedoch noch 3 weitere tiefste Stellen (Kühler, Motor, Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4	X		Nur der Motor (Teilsystem) besitzt eine Ablassereinrichtung.
5		X	Das Kühlwasser kann (abgesehen vom Motor) nur durch Abziehen bzw. Anstechen des Kühlerschlauchs entnommen werden.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Auf die Teilsysteme "kleiner Kühlkreislauf (Motor)" und "Heizungskreislauf" kann nur durch Demontage bzw. Zerstörung entsprechender Bauteile zugegriffen werden. Der Motor läuft nach dem Öffnen der Ablassschraube komplett leer.

Versuch 2: Entnahme ohne Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Kein Unterschied zur Entnahme mit Druckbeaufschlagung. Die Montage der Druckbeaufschlagung (insgesamt ca. 10s) entfällt.

Ergebnis

Durch die Druckbeaufschlagung des Kühlsystems während der Entnahme wird kein besseres Ergebnis erzielt. Wegen dem erhöhten Aufwand kann darauf verzichtet werden.

Waschwasser

Vorgehensweise

Um das Waschwasser aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen des Waschwassers am Behälterboden
- Demontage und Entleeren des Waschwasserbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden.

Versuch 1: Absaugen des Waschwassers am Behälterboden

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 26°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s
Waschwasser absaugen:	31 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	38 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,60 l	±	1.600 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,59 l	±	1.586 g
Restmenge:	0,01 l	±	14 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4		X	Der Behälter besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Der Waschwasserbehälter besitzt, mit Ausnahme der Pumpe (kleine Öffnung, kein Zugriff auf den Behälterboden), keine Ablassmöglichkeit.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für den Waschwasserbehälter ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Der Waschwasserbehälter ist durch die Entnahme von oben tropffrei, d.h. ein Verschließen des Behälters ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 2: Demontage des Waschwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 26°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	8 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	7 s
Gesamtzeit:	16 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,60 l	≈	1.600 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,59 l	≈	1.586 g
Restmenge:	0,01 l	≈	14 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Waschwasser kann durch Auskippen des Behälters schnell entnommen werden. Die Flüssigkeitsmenge im Behälter wird dadurch, bis auf die Wandhaftung, vollständig entnommen.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Behälteröffnung.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Behälter ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Ergebnis

Die Demontage des Waschwasserbehälters ist trotz der nicht garantierten Tropffreiheit des Systems die bessere Vorgehensweise.

Bremsflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Bremsflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern
- Entnahme der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1,5 bar

- Kombination von Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters (1,5 bar) und Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern

Versuch 1: Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Anbringen der Absaugvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit absaugen:	3 min 51 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	5 min 11 s

Anmerkung: Die Summe der Einzelzeiten pro Radbremszylinder ergibt 6 Minuten und 9 Sekunden.

Durch eine parallele Entnahme (Vergleichbarkeit mit Versuch 2) verkürzt sich die Gesamtzeit.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	⚖	388 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,39 l	⚖	302 g
Restmenge:	0,11 l	⚖	86 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (7g), in den Leitungen (12g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 16g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Radbremszylinder besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und menge hängt bei diesem Versuch von der Saugleistung der Entnahmevorrichtung ab.

Versuch 2: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Ausblasen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Anbringen der Auffangvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit ausblasen:	2 min 35 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Auffangvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	4 min

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	⌆	388 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,46 l	⌆	358 g
Restmenge:	0,04 l	⌆	30 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (3g), in den Leitungen (2g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 6g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2	X		Jedes Teilsystem Bremssattel/Radbremszylinder besitzt eine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch vom angelegten Druck auf den Ausgleichsbehälter ab.

Versuch 3: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung und Saugen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Der Versuch führte zu annähernd dem selben Ergebnis wie Versuch zwei, jedoch mit etwas höherem Aufwand für den Demonteur. Zusätzlich behindert eine zu geringe Saugleistung an den Radbremszylindern den Prozess, was zu einer Erhöhung der Demontagezeit führt.

Ergebnis

Das Ausblasen der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter führt zum besten Ergebnis. Sowohl die Entnahmezeit als auch der Entnahmegrad sind hier das Optimum.

Stoßdämpferöl

Vorgehensweise

Um das Stoßdämpferöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Demontage der Stoßdämpfer
- Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Versuch 1: Demontage der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 26°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Komplettträder:	1 min 4 s
Demontage der vorderen Stoßdämpfer:	33 min 22 s
Demontage der hinteren Stoßdämpfer:	3 min 48 s
Gesamtzeit:	38 min 14 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,47 l	±	374 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,47 l	±	374 g
Restmenge:	0,00 l	±	0 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,44 l	±	352 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,44 l	±	352 g
Restmenge:	0,00 l	±	0 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Stoßdämpferöl wird durch die Demontage der Stoßdämpfer komplett vom Fahrzeug entnommen. Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Befestigung der Stoßdämpfer und der Lösbarkeit der Verbindungselemente (Korrosion) ab.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	
11	-	-	

Versuch 2: Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 26°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Komplettträger:	1 min 4 s
Anbohren der vorderen Stoßdämpfer:	4 min 42 s
Anbohren der hinteren Stoßdämpfer:	1 min 8 s
Absaugen des Stoßdämpferöls:	1 min 33 s
Gesamtzeit:	8 min 27 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,47 l	⊕	374 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,40 l	⊕	322 g
Restmenge:	0,07 l	⊕	52 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,44 l	⊕	352 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,38 l	⊕	306 g
Restmenge:	0,06 l	⊕	46 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Der Zugriff auf die Betriebsflüssigkeit hängt von der Wandstärke der Dämpfer ab. Eine vollständige Entnahme des Dämpferöls ist durch die Komplexität der Stoßdämpfer nicht möglich.
2	X		Die Stoßdämpfer besitzen durch den Doppelrohrbau 2 tiefste Stellen.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung der Stoßdämpfer und der Viskosität des Dämpferöls ab.
4		X	Die Stoßdämpfer besitzen keine Ablassöffnung.
5		X	An den Stoßdämpfern sind keine Ablassrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Bohrungen in den Stoßdämpfern sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Stoßdämpfer sind jeweils zweimal anzubohren. Jeweils einmal am Boden jedes Standrohrs und einmal an der Oberseite zur Belüftung.

Ergebnis

Die Demontage ist hier die bessere Methode, weil das Dämpferöl durch den Aufbau der Stoßdämpfer (Doppelrohrdämpfer) nur zu etwa 90 % entnommen werden kann. Zusätzlich ist das Anbohren problematisch, weil beide Standrohre jeweils 2-mal gebohrt werden müssen, und die tiefste Stelle des Gehäuses nicht gut zugänglich ist.

Kraftstoff

Vorgehensweise

Um den Kraftstoff aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anbohren des Stahl tanks und Absaugen im geschlossenen System

Versuch 1: Anbohren des Tanks und Absaugen des Kraftstoffs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 26°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Anbohren des Stahl tanks:	22 s
Kraftstoff absaugen:	33 s
Bohrung verschließen:	19 s
Gesamtzeit:	1 min 14 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	54,9 l	⊖	41.175 g
Füllmenge Versuchsablauf:	2,3 l	⊖	1.713 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	1,8 l	⊖	1.355 g
Restmenge:	0,5 l	⊖	358 g

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs wurden ca. 2 l Kraftstoff abgesaugt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich hierbei auf den Versuchsablauf. Zur Ermittlung des Trockenlegungsgrades wurde zusätzlich zum realen Ergebnis noch das Normleergewicht des Fahrzeugs, sprich 90 % der Gesamtfüllmenge (0,9 x 61 l = 54,9 l) berücksichtigt.

Restmengen an Kraftstoff verbleiben im Kraftstofftank, in den Leitungen und im Einspritzsystem.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von Größe und Anzahl der Bohrungen ab. Eine vollständige Entnahme des Kraftstoff ist nicht möglich.
2		X	Das Teilsystem Kraftstofftank besitzt 2 tiefste Stellen, d.h. zweimal Anbohren.
3	X		Die Form des Tanks behindert das Nachfließen des Kraftstoffs nicht.
4		X	Der Kraftstofftank besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Am Kraftstofftank sind keine Ablassseinrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	X		Nach dem Anbohren ist das System offen, d.h. es können Benzindämpfe austreten.
10		X	Die Bohrungen im Tank sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11		X	Austretende Benzindämpfe während des Trockenlegungsvorgangs.

Anmerkung: Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr ist der Kraftstoff im geschlossenen System abzusaugen. Nach dem Absaugen ist das System nicht mehr geschlossen, d.h. die Anbohröffnungen sind aus Sicherheitsgründen wieder zu verschließen.

Analyse der zusätzlichen Bauteile

Batterie

Demontage

Die Batterie ist als erstes Bauteil aus dem Fahrzeug zu demontieren, damit die Stromversorgung des Fahrzeugs unterbrochen ist. Ziel dabei ist es, Kurzschlüsse bei Arbeiten am Fahrzeug zu vermeiden, bzw. um bei neueren Fahrzeugen die pyrotechnischen Bauteile (Airbags, Gurtstraffer) zu entschärfen.

Demontagezeit:	47 s
----------------	------

Bauteilmasse:	16.650 g
---------------	----------

G-Kat

Demontage

Demontagezeit:	1 min 11 s
----------------	------------

Bauteilmasse:	3.475 g
---------------	---------

Reifen

Demontage

Zur Demontage der Reifen sind alle Räder zu demontieren. Die Kompleträder wurden im Rahmen der Trockenlegung (siehe Stoßdämpferöl) demontiert. Das Ersatzrad ist zusätzlich zu demontieren.

Demontagezeit Kompletrad:	16 s
Demontagezeit Ersatzrad:	23 s
Demontagezeit Reifen:	3 min

Reifen Kompletrad:

Für die Kompleträder sind zuerst die Radzierdeckel abzuhebeln. Für das Ersatzrad sind keine weiteren Bauteile zu demontieren.

Die Reifen sind auf einem Reifendemontiergerät von den Felgen abzuziehen. Dazu ist das Ventil ausdrehen, der Reifen auf beiden Seiten vom Felgenhorn zu drücken und anschließend einzuspinnen und von der Felge abzuziehen.

Masse Kompletrad:	14.780 g
Masse Felge:	7.835 g
Masse Reifen:	6.945 g

12.3.4 Trockenlegung Peugeot 205

Fahrzeugidentifikation:

Hersteller:	Peugeot
Typ und Ausführung:	205

Verwiegung:

Alle Betriebsflüssigkeiten mit Ausnahme des Kraftstoffs wurden auf Maximum aufgefüllt, die Temperatur bei Versuchsbeginn betrug 30°C.

Fahrzeuggewicht verwogen: $m=763,5$ kg.

Die Trockenlegung umfasst bei dem vorliegenden Fahrzeug folgende Betriebsflüssigkeiten:

Motoröl, Getriebeöl, Kühlflüssigkeit, Scheibenwaschwasser, Bremsflüssigkeit, Dämpferöl und Kraftstoff,

und folgende zusätzliche Bauteile:

Batterie, Ölfilter, Katalysator und Reifen.

Analyse der Betriebsflüssigkeiten

Motoröl

Vorgehensweise

Um das Motoröl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Zusätzlich zu einer der beiden o.g. Möglichkeiten ist der Ölfilter zu demontieren.

Versuch 1: Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Ölmess-Stab herausziehen	2 s
Einführen der Absaugvorrichtung:	9 s
Absaugen des Motoröls:	3 min 57 s
Entnehmen der Absaugvorrichtung:	7 s
Gesamtzeit:	4 min 17 s

Motoröl aus Ölfilter:

Ölfilter demontieren:	18 s
Ölfilter entleeren:	30 s
Ölfilter eindrehen:	16 s
Gesamtzeit:	1 min 4 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,92 l	⚖	3.825 g
------------	--------	---	---------

Abgesaugtes Motoröl:	3,48 l	△	3.391 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,14 l	△	139 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,62 l	△	3.530 g
Restmenge:	0,30 l	△	295 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfilter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und der Saugleistung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Ein Verschließen der Entnahmestelle ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Öffnen der Ablassschraube:	8 s
Ablassen des Motoröls:	2 min 42 s
Eindrehen der Ablassschraube:	8 s
Gesamtzeit:	3 min

Motoröl aus Ölfilter:

Ölfilter demontieren:	18 s
Ölfilter entleeren:	30 s
Ölfilter eindrehen:	16 s
Gesamtzeit:	1 min 4 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,92 l	△	3.825 g
Abgelassenes Motoröl:	3,09 l	△	3.019 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,14 l	△	139 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,23 l	△	3.158 g

Restmenge:	0,69 l	≈	667 g
------------	--------	---	-------

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird die Ölwanne über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	3,92 l	≈	3.825 g
Abgelassenes Motoröl:	3,09 l	≈	3.019 g
Motoröl aus Ölwanne (abgesaugt):	0,38 l	≈	365 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,14 l	≈	139 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,61 l	≈	3.523 g
Restmenge:	0,31 l	≈	302 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfilter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
7	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Die Restmenge in der Ölwanne kann durch nachträgliches Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung deutlich verringert werden. Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindreihen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Ergebnis

Das Absaugen des Motoröls über das Führungsrohr des Ölmess-Stabes ist in diesem Fall die schlechtere Vorgehensweise. Durch das Ablassen des Motoröls mit anschließendem Nachsaugen durch die Ablassöffnung kann bei insgesamt kürzerer Entnahmezeit annähernd die selbe Ölmenge entnommen werden.

Das Nachsaugen ist beim vorliegenden Fahrzeug empfehlenswert, weil sich dadurch der Trockenlegungsgrad um ca. 10% erhöht.

Getriebeöl

Vorgehensweise

Um das Getriebeöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	9 s
Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	3 min 34 s
Eindreihen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	4 min 1 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	2,00 l	≙	1.800 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,93 l	≙	1.739 g
Restmenge:	0,07 l	≙	61 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt einen Zeitgewinn beim Ablassen des Getriebeöls, der allerdings durch zusätzliche Demontagetätigkeiten z. T. wieder ausgeglichen wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	4 min 11 s
Eindrehen der Ablassschraube:	9 s
Gesamtzeit:	4 min 29 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	2,00 l	≈	1.800 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,93 l	≈	1.740 g
Restmenge:	0,07 l	≈	60 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

siehe Versuch 1

Ergebnis

Durch das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube wird das Getriebe besser belüftet, wodurch das Getriebeöl (anfangs) sehr viel schneller ablaufen kann. Trotz der Zusatztätigkeit verkürzt sich dadurch die Entnahmezeit insgesamt um ca. eine halbe Minute. Die Entnahmemenge kann in beiden Fällen als gleich angenommen werden.

Ein nachträgliches Absaugen des Getriebebodens führte zu keinem sinnvollen Ergebnis !

Kühflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Kühflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Anstechen und Absaugen des Kühlerschlauchs an der Kühlerunterseite mit Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1 bar und Öffnen der Ablassschraube am Motorblock.
- Anstechen und Absaugen des Kühlerschlauchs an der Kühlerunterseite ohne Druckbeaufschlagung und Öffnen der Ablassschraube am Motorblock.
- Ablassen durch Öffnen der Ablassschrauben an Kühler und Motorblock.

Versuch 1: Absaugen mit Druckbeaufschlagung und Ablassen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Heizungsventil öffnen:	1 s
Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	3 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühflüssigkeit absaugen:	4 min 9 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Motorablass-Schraube öffnen:	8 s
Kühflüssigkeit ablassen:	15 s
Motorablass-Schraube schließen:	7 s
Gesamtzeit:	4 min 56 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	5,80 l	±	5.800 g
entnommene Kühflüssigkeit Kühler:	4,41 l	±	4.412 g
entnommene Kühflüssigkeit Motor:	0,20 l	±	195 g
Gesamtmenge entnommene Kühflüssigkeit:	4,61 l	±	4.607 g
Restmenge:	1,19 l	±	1.193 g

Restmengen an Kühflüssigkeit befinden sich im Kühler und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefsten Stellen sind in diesem Fall der Kühlerschlauch an der Kühlerunterseite und die Ablassschraube am Motorblock. Es existiert jedoch noch 1 weitere tiefste Stelle (Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4	X		Das Kühlsystem besitzt eine Ablasseinrichtung.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
5	X		Das Kühlwasser kann durch Anstechen des Kühlerschlauchs und Ablassen des Motorblocks entnommen werden.
6	X		Die Ablassschraube befindet sich gut auffindbar seitlich am Motorblock.
7	X		Die Ablassschraube befindet sich gut zugänglich seitlich am Motorblock.
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff (Kühlerschlauch) wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Der Heizungskühler läuft über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer. Das Anstechen der Heizungsschläuche ergibt keine zusätzliche Entnahmemenge.

Versuch 2: Absaugen ohne Druckbeaufschlagung und Ablassen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Heizungsventil öffnen:	1 s
Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	3 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlfüssigkeit absaugen:	4 min 2 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Motorablass-Schraube öffnen:	8 s
Kühlfüssigkeit ablassen:	15 s
Motorablass-Schraube schließen:	7 s
Gesamtzeit:	4 min 44 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	5,80 l	≙	5.800 g
entnommene Kühlfüssigkeit Kühler:	4,41 l	≙	4.410 g
entnommene Kühlfüssigkeit Motor:	0,20 l	≙	195 g
Gesamtmenge entnommene Kühlfüssigkeit:	4,61 l	≙	4.605 g
Restmenge:	1,20 l	≙	1.195 g

Restmengen an Kühlfüssigkeit befinden sich im Kühler und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

siehe Versuch 1

Versuch 3: Ablassen an Kühler und Motorblock

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Heizungsventil öffnen:	1 s
Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	3 s
Ablass-Schraube Kühler öffnen:	21 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	3 min 34 s
Ablass-Schraube Kühler schließen:	15 s
Motorablass-Schraube öffnen:	8 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	15 s
Motorablass-Schraube schließen:	7 s
Gesamtzeit:	4 min 10 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	5,80 l	≈	5.800 g
entnommene Kühlflüssigkeit Kühler:	4,37 l	≈	4.366 g
entnommene Kühlflüssigkeit Motor:	0,20 l	≈	195 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	4,56 l	≈	4.561 g
Restmenge:	1,24 l	≈	1.239 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefsten Stellen sind in diesem Fall die Ablass-Schrauben an der Kühlerunterseite und am Motorblock. Es existiert jedoch noch 1 weitere tiefste Stelle (Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4	X		Das Kühlsystem besitzt zwei Ablasserichtungen.
5	X		Das Kühlwasser kann durch Ablassen an Kühler und Motorblock entnommen werden.
6	X		Die Ablassschrauben befinden sich gut auffindbar seitlich am Motorblock und an der Kühlerunterseite.
7	X		Die Ablassschrauben befinden sich gut zugänglich seitlich am Motorblock und an der Kühlerunterseite.
8	-	-	Ein zerstörender Eingriff ist bei der vorliegenden Entnahme nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschrauben.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Der Heizungskühler läuft über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer. Das Anstecken der Heizungsschläuche ergibt keine zusätzliche Entnahmemenge.

Ergebnis

Die zusätzliche Druckbeaufschlagung führte am Versuchsfahrzeug zu keiner Verbesserung (siehe Golf).

Das Ablassen der Kühlflüssigkeit nach Öffnen der beiden Ablassschrauben (Kühler und Motorblock) ist hier die beste Vorgehensweise, weil in kürzerer Zeit annähernd die selbe Flüssigkeitsmenge entnommen werden kann.

Waschwasser

Vorgehensweise

Um das Waschwasser aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen des Waschwassers am Behälterboden
- Demontage und Entleeren des Waschwasserbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden. Auf das Anstecken des Waschwasserbehälters wurde verzichtet, weil sich diese Vorgehensweise in vorherigen Versuchen aus Platzgründen im Fahrzeug als nicht effektiv herausgestellt hat !

Versuch 1: Absaugen des Waschwassers am Behälterboden

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Waschwasserbehälter vorn:

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s
Waschwasser absaugen:	40 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	47 s

Waschwasserbehälter hinten:

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s
Waschwasser absaugen:	38 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	45 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Waschwasserbehälter vorn:

Füllmenge:	1,70 l	≙	1.700 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,69 l	≙	1.689 g
Restmenge:	0,01 l	≙	11 g

Waschwasserbehälter hinten:

Füllmenge:	1,50 l	±	1.500 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,48 l	±	1.480 g
Restmenge:	0,02 l	±	20 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich im Waschwasserbehälter hinten und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4		X	Der Behälter besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Der Waschwasserbehälter besitzt, mit Ausnahme der Pumpe (kleine Öffnung, kein Zugriff auf den Behälterboden), keine Ablassmöglichkeit.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für den Waschwasserbehälter ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Der Waschwasserbehälter ist durch die Entnahme von oben tropffrei, d.h. ein Verschließen des Behälters ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 2: Demontage des Waschwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Waschwasserbehälter vorn:

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	29 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	7 s
Gesamtzeit:	37 s

Waschwasserbehälter hinten:

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	10 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	6 s
Gesamtzeit:	17 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Waschwasserbehälter vorn:

Füllmenge:	1,70 l	±	1.700 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,69 l	±	1.689 g
Restmenge:	0,01 l	±	11 g

Waschwasserbehälter hinten:

Füllmenge:	1,50 l	±	1.500 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,49 l	±	1.491 g
Restmenge:	0,01 l	±	9 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Waschwasser kann durch Auskippen des Behälters schnell entnommen werden. Die Flüssigkeitsmenge im Behälter wird dadurch, bis auf die Wandhaftung, vollständig entnommen.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Behälteröffnung.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Beim Abziehen bzw. Schneiden der Leitungen ist zu beachten, dass durch die Flüssigkeitssäule im Behälter Waschwasser aus der Waschpumpe ausläuft.

Ergebnis

Durch die Demontage der beiden Waschwasserbehälter wird in fast der Hälfte der Zeit die komplette Flüssigkeitsmenge (außer Leitungen) aus dem Fahrzeug entnommen.

Die Verbindungselemente beider Behälter sind leicht zugänglich.

Bremsflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Bremsflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern
- Entnahme der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1,5 bar

- Kombination von Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters (1,5 bar) und Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern

Versuch 1: Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 30°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	7 s
Anbringen der Absaugvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit absaugen:	3 min 7 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	4 min 30 s

Anmerkung: Die Summe der Einzelzeiten pro Radbremszylinder ergibt 5 Minuten und 58 Sekunden. Durch eine parallele Entnahme (Vergleichbarkeit mit Versuch 2) verkürzt sich die Gesamtzeit.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	≈	473 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,41 l	≈	385 g
Restmenge:	0,09 l	≈	88 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (10g), in den Leitungen (18g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 15g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Radbremszylinder besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
			Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch von der Saugleistung der Entnahmevorrichtung ab.

Versuch 2: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 30°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Anbringen der Auffangvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit ausblasen:	2 min 41 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Auffangvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	4 min 6 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	≈	473 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,48 l	≈	452 g
Restmenge:	0,02 l	≈	21 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (3g), in den Leitungen (2g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 4g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Radbremszylinder besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
			Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch vom angelegten Druck auf den Ausgleichsbehälter ab.

Versuch 3: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung und Saugen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 30°C.

Der Versuch führte zu annähernd dem selben Ergebnis wie Versuch zwei, jedoch mit etwas höherem Aufwand für den Demonteur. Zusätzlich behindert eine zu geringe Saugleistung an den Radbremszylindern den Prozess, was zu einer Erhöhung der Demontagezeit führt.

Ergebnis

Die Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter führt zum besten Ergebnis. Sowohl die Entnahmezeit als auch der Entnahmegrad sind hier das Optimum.

Stoßdämpferöl

Vorgehensweise

Um das Stoßdämpferöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Demontage der Stoßdämpfer
- Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Versuch 1: Demontage der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 30°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radkappen:	4 s
Demontage der Kompletträder:	28 s
Demontage der vorderen Stoßdämpfer:	9 min 58 s
Demontage der hinteren Stoßdämpfer:	2 min 18 s
Gesamtzeit:	12 min 48 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,61 l	≈	484 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,61 l	≈	484 g
Restmenge:	0,00 l	≈	0 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,27 l	≈	214 g
------------	--------	---	-------

Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,27 l	±	214 g
Restmenge:	0,00 l	±	0 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Stoßdämpferöl wird durch die Demontage der Stoßdämpfer komplett vom Fahrzeug entnommen. Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Befestigung der Stoßdämpfer und der Lösbarkeit der Verbindungselemente (Korrosion) ab.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist durch die Komplettdemontage nicht möglich.

Anmerkung: Die vorderen Stoßdämpfer können auch ohne Bremsscheibe und Achsschenkel demontiert werden, der Demontageaufwand ist allerdings eher höher. Im vorliegenden Versuchsablauf waren die Verbindungselemente des linken hinteren Stoßdämpfers derart korrodiert, dass das Bauteil nur mit Gewalt demontiert werden konnte. Die Demontagezeit betrug dabei 9 Minuten und 12 Sekunden. Für den rechten hinteren Stoßdämpfer ergab sich bei leichter Korrosion die o.g. Demontagezeit von 1 Minute und 7 Sekunden.

Versuch 2: Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 30°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radkappen:	4 s
Demontage der Komplettträger:	28 s
Anbohren der vorderen Stoßdämpfer:	1 min 48 s
Anbohren der hinteren Stoßdämpfer:	1 min
Absaugen des Stoßdämpferöls:	1 min 26 s
Gesamtzeit:	4 min 46 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,61 l	±	484 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,56 l	±	450 g
Restmenge:	0,05 l	±	34 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,27 l	△	214 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,26 l	△	204 g
Restmenge:	0,01 l	△	10 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Der Zugriff auf die Betriebsflüssigkeit hängt von der Wandstärke der Dämpfer ab. Eine vollständige Entnahme des Dämpferöls ist durch die Komplexität der Dämpfer nicht möglich.
2	X		Die Stoßdämpfer besitzen durch den Doppelrohraufbau 2 tiefste Stellen.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung der Stoßdämpfer und der Viskosität des Dämpferöls ab.
4		X	Die Stoßdämpfer besitzen keine Ablassöffnung.
5		X	An den Stoßdämpfern sind keine Ablassseinrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Bohrungen in den Dämpfer sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Stoßdämpfer sind jeweils zweimal anzubohren. Jeweils einmal am Boden jedes Standrohrs und einmal an der Oberseite zur Belüftung.

Ergebnis

Die Demontage ist hier die bessere Methode, weil das Dämpferöl durch den Aufbau der Stoßdämpfer (Doppelrohrdämpfer) nur zu etwa 90 % entnommen werden kann. Zusätzlich ist das Anbohren problematisch, weil beide Standrohre jeweils 2-mal gebohrt werden müssen, und die tiefste Stelle des vorderen Stoßdämpfers nicht gut zugänglich ist.

Kraftstoff

Vorgehensweise

Um den Kraftstoff aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anbohren des Kunststofftanks und Absaugen im geschlossenen System

Versuch 1: Anbohren des Tanks und Absaugen des Kraftstoffs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 27°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Anbohren des Kunststofftanks:	8 s
Kraftstoff absaugen:	2 min 17 s
Bohrung verschließen:	13 s
Gesamtzeit:	2 min 38 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	45,0 l	≅	33.750 g
Füllmenge Versuchsablauf:	4,5 l	≅	3.347 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	3,4 l	≅	2.538 g
Restmenge:	1,1 l	≅	809 g

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs wurden ca. 3 l Kraftstoff abgesaugt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich hierbei auf den Versuchsablauf. Zur Ermittlung des Trockenlegungsgrades wurde zusätzlich zum realen Ergebnis noch das Normleergewicht des Fahrzeugs, sprich 90 % der Gesamtfüllmenge (0,9 x 50 l = 45,0 l) berücksichtigt.

Restmengen an Kraftstoff verbleiben im Kraftstofftank, in den Leitungen und in der Einspritzanlage.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Größe der Bohrung ab. Eine vollständige Entnahme des Kraftstoff ist nicht möglich.
2		X	Das Teilsystem Kraftstofftank besitzt 1 tiefste Stelle.
3	X		Die Form des Tanks behindert das Nachfließen des Kraftstoffs nicht.
4		X	Der Kraftstofftank besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Am Kraftstofftank sind keine Ablassrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	X		Nach dem Anbohren ist das System offen, d.h. es können Benzindämpfe austreten.
10		X	Die Bohrung im Tank ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11		X	Austretende Benzindämpfe während des Trockenlegungsvorgangs.

Anmerkung: Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr ist der Kraftstoff im geschlossenen System abzusaugen. Nach dem Absaugen ist das System nicht mehr geschlossen, d.h. die Anbohröffnungen sind aus Sicherheitsgründen wieder zu verschließen.

Analyse der zusätzlichen Bauteile

Batterie

Demontage

Die Batterie ist als erstes Bauteil aus dem Fahrzeug zu demontieren, damit die Stromversorgung des Fahrzeugs unterbrochen ist. Ziel dabei ist es, Kurzschlüsse bei Arbeiten am Fahrzeug zu vermeiden, bzw. um bei neueren Fahrzeugen die pyrotechnischen Bauteile (Airbags, Gurtstraffer) zu entschärfen.

Demontagezeit:	53 s
----------------	------

Werkstoffe

Bauteilmasse:	11.900 g
---------------	----------

Reifen

Demontage

Zur Demontage der Reifen sind alle Räder zu demontieren. Die Komplettträder wurden im Rahmen der Trockenlegung (siehe Stoßdämpferöl) demontiert. Das Ersatzrad ist zusätzlich zu demontieren.

Demontagezeit Radkappe:	1 s
Demontagezeit Kompletttrad:	7 s
Demontagezeit Ersatzrad:	17 s
Demontagezeit Reifen:	3 min

Für die Komplettträder sind zuerst die Radkappen abzuziehen. Für das Ersatzrad sind keine weiteren Bauteile zu demontieren.

Die Reifen sind auf einem Reifendemontiergerät von den Felgen abzuziehen. Dazu ist das Ventil ausdrehen, der Reifen auf beiden Seiten vom Felgenhorn zu drücken und anschließend einzuspinnen und von der Felge abzuziehen.

Werkstoffe

Masse Kompletttrad:	11.420 g
Masse Felge:	6.800 g
Masse Reifen:	4.620 g

Felge, Stahl 13":

G-Kat

Demontage

Demontagezeit:	2 min 3 s
----------------	-----------

Bauteilmasse:	5.620 g
---------------	---------

12.3.5 Trockenlegung Renault 25

Fahrzeugidentifikation:

Hersteller:	Renault
Typ und Ausführung:	25

Verwiegung:

Alle Betriebsflüssigkeiten mit Ausnahme des Kraftstoffs wurden auf Maximum aufgefüllt, die Temperatur bei Versuchsbeginn betrug 27°C.

Fahrzeuggewicht verwogen: $m=1309,6$ kg.

Die Trockenlegung umfasst bei dem vorliegenden Fahrzeug folgende Betriebsflüssigkeiten:

Motoröl, Getriebeöl, Servoöl, Kühlflüssigkeit, Scheibenwaschwasser, Bremsflüssigkeit, Dämpferöl, Kraftstoff und Kältemittel R12,

und folgende zusätzliche Bauteile:

Batterie, Ölfilter, Katalysator und Reifen.

Analyse der Betriebsflüssigkeiten

Motoröl

Vorgehensweise

Um das Motoröl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Zusätzlich zu einer der beiden o.g. Möglichkeiten ist der Ölfilter zu demontieren.

Versuch 1: Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab

Der vorliegende Versuchsablauf führte zu keinem Ergebnis, weil das Führungsrohr nicht bis in die Ölwanne reicht und ein Einführen einer Absauglanze bzw. eines Schlauchs bis zum Ölwanneboden nicht möglich ist.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	4 s
Öffnen der Ablassschraube:	8 s
Ablassen des Motoröls:	7 min 42 s
Eindreihen der Ablassschraube:	8 s
Gesamtzeit:	8 min 2 s

Motoröl aus Ölfilter:

Ölfilter demontieren:	10 s
Ölfilter entleeren:	23 s

Ölfiter eindrehen:	10 s
Gesamtzeit:	43 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	6,26 l	⚖	5.293 g
Abgelassenes Motoröl:	5,78 l	⚖	4.886 g
Motoröl aus Ölfiter:	0,08 l	⚖	64 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	5,85 l	⚖	4.950 g
Restmenge:	0,41 l	⚖	343 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird die Ölwanne über die Ablassöffnung abgesaugt. Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	6,26 l	⚖	5.293 g
Abgelassenes Motoröl:	5,78 l	⚖	4.886 g
Motoröl aus Ölwanne (abgesaugt):	0,14 l	⚖	119 g
Motoröl aus Ölfiter:	0,08 l	⚖	64 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	6,00 l	⚖	5.069 g
Restmenge:	0,26 l	⚖	224 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfiter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	X		Frei an der Unterseite der Ölwanne.
7	X		Frei an der Unterseite der Ölwanne.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Die Restmenge in der Ölwanne kann durch nachträgliches Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung deutlich verringert werden. Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfiter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindreihen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfiterflansches ist trotz Restmenge der Ölfiter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfitertypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Ergebnis

Da das Motoröl nicht abgesaugt werden kann, ist die einzige Entnahmemöglichkeit das Ablassen in Verbindung mit der Demontage und Entleerung des Ölfilters. Beim vorliegenden Fahrzeug ist das zusätzliche Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung empfehlenswert, weil sich dadurch der Trockenlegungsgrad um fast 10 % erhöht.

Getriebeöl

Vorgehensweise

Um das Getriebeöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	10 s
Öffnen der Ablassschraube:	10 s
Ablassen des Getriebeöls:	3 min 40 s
Eindreihen der Ablassschraube:	8 s
Gesamtzeit:	4 min 8 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,00 l	≙	2.385 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	2,94 l	≙	2.335 g
Restmenge:	0,06 l	≙	50 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube hat keinen Einfluss auf die Getriebeölenentnahme.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	10 s
Ablassen des Getriebeöls:	3 min 40 s
Eindrehen der Ablassschraube:	8 s
Gesamtzeit:	3 min 58 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,00 l	≙	2.385 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	2,93 l	≙	2.333 g
Restmenge:	0,07 l	≙	52 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

siehe Versuch 1

Ergebnis

Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube bringt für die Flüssigkeitsentnahme weder einen Zeitvorteil, noch eine Erhöhung der Entnahmemenge. Auf diese Tätigkeit kann wegen der längeren Arbeitszeit verzichtet werden.

Die Differenz der Entnahmemengen beider Versuche kann vernachlässigt werden. Die Zeit für das Ablassen des Getriebeöls war in beiden Versuchen auf die Sekunde gleich.

Kühlflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Kühlflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Anstechen der Kühler-/Heizungsschläuche mit einer Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1 bar und Ablassen der Kühlflüssigkeit aus dem Motor
- Anstechen der Kühler-/Heizungsschläuche ohne Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters und Ablassen der Kühlflüssigkeit aus dem Motor

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden. Der Kühler besitzt keine Ablassereinrichtung.

Versuch 1: Anstechen und Ablassen mit Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	2 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	7 min 18 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Heizungsschläuche anstechen:	10 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	1 min 57 s
Anstechlanze entnehmen:	6 s
Ablassschraube Motorblock öffnen:	11 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	1 min 22 s
Ablassschraube Motorblock schließen:	10 s
Gesamtzeit:	11 min 29 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	8,30 l	△	8.300 g
Kühlflüssigkeit aus Kühlkreislauf (abgesaugt):	5,22 l	△	5.223 g
Kühlflüssigkeit aus Heizungskreislauf (abgesaugt):	0,52 l	△	517 g
Abgelassene Kühlflüssigkeit:	1,26 l	△	1.264 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	7,00 l	△	7.004 g
Restmenge:	1,30 l	△	1.296 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, im Motor (Thermostat) und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kühlflüssigkeit aus Kühlkreislauf:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Unterseite des Wasserkühlers. Der Kühlerschlauch ist nicht an der tiefsten Stelle des Kühlers befestigt.
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4		X	Der Kühlkreislauf besitzt keine Ablassereinrichtung.
5		X	Das Kühlwasser kann nur durch Abziehen bzw. Anstechen des Kühlerschlauchs entnommen werden.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Der Motor läuft über das Thermostat zum Teil mit leer. Es verbleibt eine Restmenge Kühlflüssigkeit im Kühler, die nur durch Zerstörung bzw. Demontage erreicht werden kann.

Kühlflüssigkeit aus Heizungskreislauf:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Unterseite des Wärmetauschers. Die Heizungsschläuche sind nicht an der tiefsten Stelle befestigt.
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch den Aufbau verhindert.
4		X	Der Heizungskreislauf besitzt keine Ablassereinrichtung.
5		X	Das Kühlwasser kann nur durch Abziehen bzw. Anstechen der Heizungsschläuche entnommen werden.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Es verbleibt eine Restmenge Kühlflüssigkeit im Wärmetauscher, die nur durch Zerstörung bzw. Demontage erreicht werden kann.

Kühlflüssigkeit aus Motor:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Belüftung des Gesamtsystems und der Größe der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Motorblock.
3	X		Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung des Gesamtsystems ab.
4	X		Die Ablassöffnung befindet sich an der tiefsten Stelle des Motorblocks.
5	X		Ablassschraube am Motorblock.
6	X		Frei am Motorblock (über Ölfilter).
7	X		Frei am Motorblock (über Ölfilter).
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Motors ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Versuch 2: Anstechen und Ablassen ohne Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	2 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	7 min 3 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Heizungsschläuche anstechen:	10 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	1 min 56 s
Anstechlanze entnehmen:	6 s
Ablassschraube Motorblock öffnen:	11 s
Kühlflüssigkeit ablassen:	1 min 29 s
Ablassschraube Motorblock schließen:	10 s
Gesamtzeit:	11 min 15 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	8,30 l	≈	8.300 g
Kühlflüssigkeit aus Kühlkreislauf (abgesaugt):	5,21 l	≈	5.210 g
Kühlflüssigkeit aus Heizungskreislauf (abgesaugt):	0,52 l	≈	516 g
Abgelassene Kühlflüssigkeit:	1,28 l	≈	1.281 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	7,01 l	≈	7.007 g
Restmenge:	1,29 l	≈	1.293 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, im Motor (Thermostat) und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kühlflüssigkeit aus Kühlkreislauf, Heizungskreislauf und Motor:

siehe Versuch 1

Ergebnis

Die Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter beschleunigt anfangs die Flüssigkeitsentnahme, weil der Ausgleichsbehälter und der Zulaufschlauch schneller entleert werden. Im Anschluss wird allerdings das Nachlaufen der Kühlflüssigkeit durch die Luftströmung im System etwas behindert, wodurch sich die Prozesszeit beider Versuchsabläufe nicht oder unwesentlich unterscheidet. Ebenso kann der Unterschied der Entnahmemengen beider Versuchsabläufe vernachlässigt werden.

Empfehlenswert ist daher ein Absaugen der Kühlflüssigkeit nach Öffnen des Verschlussdeckels Ausgleichsbehälter ohne zusätzliche Druckbeaufschlagung des Kühlkreislaufes.

Waschwasser

Vorgehensweise

Um das Waschwasser aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen des Waschwassers am Behälterboden
- Demontage und Entleeren des Waschwasserbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden. Auf das Anstechen des Waschwasserbehälters wurde verzichtet, weil sich diese Vorgehensweise in vorherigen Versuchen aus Platzgründen im Fahrzeug als nicht effektiv herausgestellt hat !

Versuch 1: Absaugen des Waschwassers am Behälterboden

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	6 s
Waschwasser absaugen:	29 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	38 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	2,00 l	±	2.000 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,98 l	±	1.985 g
Restmenge:	0,02 l	±	15 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich im Waschwasserbehälter und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4		X	Der Behälter besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Der Waschwasserbehälter besitzt, mit Ausnahme der Pumpe (kleine Öffnung, kein Zugriff auf den Behälterboden), keine Ablassmöglichkeit.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für den Waschwasserbehälter ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Der Waschwasserbehälter ist durch die Entnahme von oben tropffrei, d.h. ein Verschließen des Behälters ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Der Behälterboden ist beim Absaugen des Waschwassers nicht sichtbar. Dadurch verbleibt eine Restmenge von 6g im Behälter.

Versuch 2: Demontage des Waschwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Rad demontieren:	9 s
Flüssigkeitsbehälter demontieren:	10 s
Behälter ausleeren:	11 s
Gesamtzeit:	30 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	2,00 l	±	2.000 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,99 l	±	1.994 g
Restmenge:	0,01 l	±	6 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Waschwasser kann durch Auskippen des Behälters schnell entnommen werden. Die Flüssigkeitsmenge im Behälter wird dadurch, bis auf die Wandhaftung, vollständig entnommen.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Behälteröffnung.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Behälter ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Beim Abziehen bzw. Schneiden der Leitungen ist zu beachten, dass durch die Flüssigkeitssäule im Behälter Waschwasser aus der Waschpumpe ausläuft.

Ergebnis

Durch das Absaugen von oben kann der Behälterboden nicht optimal erreicht werden, wodurch immer eine Restmenge im Behälter verbleibt. Durch die Demontage des Flüssigkeitsbehälters wird in der kürzesten Zeit der höchste Trockenlegungsgrad erreicht.

Empfehlenswert ist daher trotz der auslaufenden Betriebsflüssigkeit die Demontage und Entleerung des Waschwasserbehälters.

Bremsflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Bremsflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln/Kupplung
- Entnahme der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln/Kupplung durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1,5 bar
- Kombination von Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters (1,5 bar) und Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Bremssätteln/Kupplung

Versuch 1: Absaugen der Bremsflüssigkeit an Bremssätteln/Kupplung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Anbringen der Absaugvorrichtung:	15 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln:	28 s
Öffnen des Entlüftungsnippels am Kupplungsnehmerzylinder:	6 min 37 s

Bremsflüssigkeit absaugen:	6 min 11 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln/Kupplungsnehmerzylinder:	37 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	10 s
Gesamtzeit:	14 min 22 s

Anmerkung: Die Summe der Einzelzeiten pro Bremssattel und Kupplungsnehmerzylinder ergibt 8 Minuten und 20 Sekunden. Durch eine parallele Entnahme (Vergleichbarkeit mit Versuch 2) verkürzt sich die Gesamtzeit.

Zum Erreichen des Kupplungsnehmerzylinders sind einige, z.T. schwer zugängliche Bauteile im Motorraum zu demontieren. Der Zeitaufwand von ca. 7 Minuten für eine Entnahmemenge von 33g ist in diesem Fall nicht mehr wirtschaftlich.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Bremsflüssigkeit ohne hydraulische Kupplung:

Füllmenge:	0,60 l	≈	544 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,48 l	≈	432 g
Restmenge:	0,12 l	≈	112 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (7g), in den Leitungen (12g), in den Bremssätteln (durchschnittlich 12g) und in der Kupplung (41g).

Bremsflüssigkeit mit hydraulischer Kupplung:

Füllmenge:	0,60 l	≈	544 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,52 l	≈	469 g
Restmenge:	0,08 l	≈	75 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (7g), in den Leitungen (12g), in den Bremssätteln (durchschnittlich 12g) und in der Kupplung (8g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Kupplung besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Der Kupplungsnehmerzylinder befindet sich komplett verdeckt auf der Oberseite der Kupplungsglocke und ist erst nach Demontage mehrerer Bauteile überhaupt zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch von der Saugleistung der Entnahmevorrichtung ab.

Versuch 2: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Anbringen der Auffangvorrichtung:	15 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln:	28 s
Öffnen des Entlüftungsnippels am Kupplungsnehmerzylinder:	6 min 37 s
Bremsflüssigkeit ausblasen:	4 min 54 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Bremssätteln/Kupplungsnehmerzylinder:	37 s
Auffangvorrichtung entnehmen:	10 s
Gesamtzeit:	13 min 10 s

Anmerkung: Zum Erreichen des Kupplungsnehmerzylinders sind einige, z.T. schwer zugängliche Bauteile im Motorraum zu demontieren. Der Zeitaufwand von ca. 7 Minuten für eine Entnahmemenge von 37g ist in diesem Fall nicht mehr wirtschaftlich.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Bremsflüssigkeit ohne hydraulische Kupplung:

Füllmenge:	0,60 l	⊕	544 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,52 l	⊕	474 g
Restmenge:	0,08 l	⊕	70 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (7g), in den Leitungen (12g), in den Bremssätteln (durchschnittlich 12g) und in der Kupplungsbetätigung (4g).

Bremsflüssigkeit mit hydraulischer Kupplung:

Füllmenge:	0,60 l	⊕	544 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,56 l	⊕	511 g
Restmenge:	0,04 l	⊕	33 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (7g), in den Leitungen (12g), in den Bremssätteln (durchschnittlich 12g) und in der Kupplungsbetätigung (4g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Kupplung besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Der Kupplungsnehmerzylinder befindet sich komplett verdeckt auf der Oberseite der Kupplungsglocke und ist erst nach Demontage mehrerer Bauteile überhaupt zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch vom angelegten Druck auf den Ausgleichsbehälter ab.

Versuch 3: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung und Saugen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Der Versuch führte zu annähernd dem selben Ergebnis wie Versuch zwei, jedoch mit etwas höherem Aufwand für den Demonteur. Zusätzlich behindert eine zu geringe Saugleistung an den Bremssätteln bzw. Kupplungsnehmerzylinder den Prozess, was zu einer Erhöhung der Demontagezeit führt.

Ergebnis

Die Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter führt zum besten Ergebnis. Sowohl die Entnahmezeit als auch der Entnahmegrad sind hier das Optimum.

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs waren die hinteren Entlüftungsnippel durch starke Korrosion abgerissen. Der Versuch erfolgte dann nach Reparatur der Bremssättel, um die korrekten Ergebnisse zu erhalten.

Stoßdämpferöl

Vorgehensweise

Um das Stoßdämpferöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Demontage der Stoßdämpfer
- Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Anmerkung: Bei den vorderen Dämpfern handelt es sich um Gasdruckdämpfer.

Versuch 1: Demontage der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Komplettträger:	36 s
Demontage der vorderen Stoßdämpfer:	0 s
Demontage der Gepäckraumabdeckung:	3 s
Demontage der Seitenlehnen:	14 s
Demontage der Seitenverkleidungen:	1 min 16 s
Demontage der hinteren Stoßdämpfer:	1 min 42 s
Gesamtzeit:	3 min 51 s

Anmerkung: Die vorderen Gasdruckdämpfer sind nur mit einem Spezialwerkzeug zu demontieren.

Die Feder ist auf gar keinem Fall mit einem handelsüblichen Federspanner zu spannen (Lebensgefahr). Da das zu verwendende Spezialwerkzeug nur an Fachwerkstätten ausgeliefert wird, und somit auch kein Verwerter die Möglichkeit hat, die Dämpfer zu demontieren, verblieben die Stoßdämpfer beim Versuch im Fahrzeug.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,35 l	⚖	280 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,00 l	⚖	0 g
Restmenge:	0,35 l	⚖	280 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	1,19 l	⚖	948 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	1,19 l	⚖	948 g
Restmenge:	0,00 l	⚖	0 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Das Stoßdämpferöl wird durch die Demontage der Dämpfer komplett vom Fahrzeug entnommen. Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Befestigung der Dämpfer und der Lösbarkeit der Verbindungselemente (Korrosion, ...) ab.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	
11	-	-	

Anmerkung: Da die vorderen Stoßdämpfer nicht (ohne Spezialwerkzeug) demontiert werden können, ist eine schnelle und vollständige Betriebsflüssigkeitsentnahme nicht möglich.

Versuch 2: Anbohren und Absaugen des Dämpferöls

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Komplettträger:	36 s
Anbohren der vorderen Stoßdämpfer:	1 min 58 s
Anbohren der hinteren Stoßdämpfer:	1 min 26 s
Absaugen des Stoßdämpferöls:	58 s
Gesamtzeit:	4 min 58 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,35 l	≈	280 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,32 l	≈	254 g
Restmenge:	0,03 l	≈	26 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	1,19 l	≈	948 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	1,16 l	≈	922 g
Restmenge:	0,03 l	≈	26 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Der Zugriff auf die Betriebsflüssigkeit hängt von der Wandstärke der Dämpfer ab. Eine vollständige Entnahme des Dämpferöls ist durch die Komplexität der Stoßdämpfer nicht möglich.
2	X		Die Stoßdämpfer besitzen durch den Doppelrohrbau 2 tiefste Stellen.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung der Stoßdämpfer und der Viskosität des Dämpferöls ab.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
4		X	Die Stoßdämpfer besitzen keine Ablassöffnung.
5		X	An den Stoßdämpfern sind keine Ablassvorrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Bohrungen in den Stoßdämpfern sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Stoßdämpfer sind jeweils zweimal anzubohren. Jeweils einmal am Boden jedes Standrohrs und einmal an der Oberseite zur Belüftung.

Anmerkung: Da die Stoßdämpfer unter Gasdruck stehen, sollte das Anbohren und Absaugen im geschlossenen System erfolgen.

Ergebnis

Da die vorderen Dämpfer (ohne das erforderliche Spezialwerkzeug) nicht demontierbar sind, und das Anbohren ebenfalls ein Gefahrenpotential für den Demonteur birgt, wird bei diesem Fahrzeug lediglich die Demontage der hinteren Stoßdämpfer empfohlen. Dadurch reduziert sich der Gesamttrockenlegungsgrad auf das Fahrzeug bezogen auf 77,2%.

Kraftstoff

Vorgehensweise

Um den Kraftstoff aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anbohren des Kunststofftanks und Absaugen im geschlossenen System

Versuch 1: Anbohren des Tanks und Absaugen des Kraftstoffs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Anbohren des Kunststofftanks:	15 s
Kraftstoff absaugen:	2 min 12 s
Bohrung verschließen:	36 s
Gesamtzeit:	3 min 3 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	64,8 l	⊕	48.600 g
Füllmenge Versuchsablauf:	5,9 l	⊕	4.437 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	5,3 l	⊕	3.990 g
Restmenge:	0,6 l	⊕	447 g

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs wurden ca. 4 l Kraftstoff abgesaugt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich hierbei auf den Versuchsablauf. Zur Ermittlung des Trockenlegungsgrades wurde zusätzlich zum realen Ergebnis noch das Normleergewicht des Fahrzeugs, sprich 90 % der Gesamtfüllmenge (0,9 x 72 l = 64,8 l) berücksichtigt.

Restmengen an Kraftstoff verbleiben im Kraftstofftank, in den Leitungen und im Einspritzsystem.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von Größe und Anzahl der Bohrungen ab. Eine vollständige Entnahme des Kraftstoff ist nicht möglich.
2	X		Das Teilsystem Kraftstofftank besitzt 1 tiefste Stelle.
3	X		Die Form des Tanks behindert das Nachfließen des Kraftstoffs nicht.
4		X	Der Kraftstofftank besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Am Kraftstofftank sind keine Ablassseinrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	X		Nach dem Anbohren ist das System offen, d.h. es können Benzindämpfe austreten.
10		X	Die Bohrungen im Tank sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11		X	Austretende Benzindämpfe während des Trockenlegungsvorgangs.

Anmerkung: Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr ist der Kraftstoff im geschlossenen System abzusaugen. Nach dem Absaugen ist das System nicht mehr geschlossen, d.h. die Anbohröffnungen sind aus Sicherheitsgründen wieder zu verschließen.

Kältemittel R12

Vorgehensweise

Um das Kältemittel aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Absaugen im geschlossenen System

Versuch 1: Absaugen des Kältemittels

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Absauganlage anschließen:	1 min
Kältemittel absaugen:	1 min 47 s
Absauganlage entnehmen:	1 min
Gesamtzeit:	3 min 47 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	950 g
Füllmenge Versuchsablauf:	90 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	90 g
Restmenge:	0 g

Anmerkung: Das Klimasystem war altersbedingt nur noch mit 90g Kältemittel befüllt. Der Trockenlegungsgrad wird in diesem Fall auf die tatsächliche Füllmenge bezogen, da bei entsprechender Vorgehensweise das Kältemittel vollständig aus dem System abgesaugt werden kann (inkl. einem Teil Kältemaschinenöl).

Anmerkung: Kältemittel R12 ist verboten und darf beim Absaugen nicht mit Kältemittel R134a gemischt werden.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Anlage und der Temperatur ab. Das Kältemittel kann bei entsprechender Vorgehensweise so gut wie vollständig abgesaugt werden.
2		X	Die Klimaanlage besitzt keine definierte tiefste Stelle.
3	-	-	
4	-	-	
5	X		Die Klimaanlage hat 2 Anschlüsse zum Entleeren und Befüllen des Systems.
6	X		Die Klimaanschlüsse befinden sich gut auffindbar im Motorraum.
7	X		Die Klimaanschlüsse befinden sich gut zugänglich im Motorraum.
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Die Klimaanlage dichtet sich über die Ventile selbständig ab.
11	X		Das Kältemittel wird komplett im geschlossenen System entnommen.

Servolenkungsöl

Vorgehensweise

Um das Servoöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Absaugen am Schlauch des Lenkgetriebe

Versuch 1: Absaugen des Servoöls

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 22°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Schlauch an Lenkgetriebe anstecken:	16 s
Servoöl absaugen:	55 s

Lenkung betätigen:	25 s
Absauglanze entnehmen:	5 s
Gesamtzeit:	1 min 41 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,77 l	△	617 g
Gesamtmenge entnommenes Servoöl:	0,73 l	△	581 g
Restmenge:	0,04 l	△	36 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung und der Viskosität des Öls ab. Da die Anstichstelle sich nicht an der tiefsten Stelle befindet, kann das Öl nicht vollständig abgesaugt werden.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall das Lenkgetriebe.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Servoöls ab.
4		X	Das Lenkgetriebe hat keine Ablassöffnung.
5		X	Das Lenksystem hat keine Ablassanlage.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Durch die zusätzliche Lenkbetätigung wird das Servoöl von der tiefsten Stelle (Lenkgetriebe) zur Anstichstelle im Schlauch hin transportiert.

Analyse der zusätzlichen Bauteile

Batterie

Demontage

Die Batterie ist als erstes Bauteil aus dem Fahrzeug zu demontieren, damit die Stromversorgung des Fahrzeugs unterbrochen ist. Ziel dabei ist es, Kurzschlüsse bei Arbeiten am Fahrzeug zu vermeiden, bzw. um bei neueren Fahrzeugen die pyrotechnischen Bauteile (Airbags, Gurtstraffer) zu entschärfen.

Demontagezeit:	53 s
----------------	------

Werkstoffe

Bauteilmasse:	17.700 g
---------------	----------

G-Kat

Demontage

Demontagezeit:	48 s
----------------	------

Bauteilmasse:	4.979 g
---------------	---------

Reifen

Demontage

Zur Demontage der Reifen sind alle Räder zu demontieren. Die Kompleträder wurden im Rahmen der Trockenlegung (siehe Stoßdämpferöl) demontiert. Das Ersatzrad ist zusätzlich zu demontieren.

Demontagezeit Kompletrad:	9 s
Demontagezeit Ersatzrad:	17 s
Demontagezeit Reifen:	3 min

Für die Räder sind keine weiteren Bauteile zu demontieren.

Die Reifen sind auf einem Reifendemontiergerät von den Felgen abzuziehen. Dazu ist das Ventil ausdrehen, der Reifen auf beiden Seiten vom Felgenhorn zu drücken und anschließend einzuspannen und von der Felge abzuziehen.

Werkstoffe

Masse Kompletrad:	17.940 g
Masse Felge:	9.380 g
Masse Reifen:	8.560 g

12.3.6 Trockenlegung VW Golf**Fahrzeugidentifikation:**

Hersteller:	Volkswagen
Typ und Ausführung:	Golf 19 E

Verwiegung:

Alle Betriebsflüssigkeiten mit Ausnahme des Kraftstoffs wurden auf Maximum aufgefüllt, die Temperatur bei Versuchsbeginn betrug 27°C.

Fahrzeuggewicht verwogen: m=915,2 kg.

Die Trockenlegung umfasst bei dem vorliegenden Fahrzeug folgende Betriebsflüssigkeiten:

Motoröl, Getriebeöl, Kühlflüssigkeit, Scheibenwaschwasser, Bremsflüssigkeit, Dämpferöl und Kraftstoff,

und folgende zusätzliche Bauteile:

Batterie, Ölfilter, Katalysator und Reifen.

Analyse der Betriebsflüssigkeiten

Motoröl

Vorgehensweise

Um das Motoröl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Zusätzlich zu einer der beiden o.g. Möglichkeiten ist der Ölfilter zu demontieren.

Versuch 1: Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab

Der vorliegende Versuchsablauf führte zu keinem Ergebnis, weil das Führungsrohr nicht bis in die Ölwanne reicht und ein Einführen einer Absauglanze bzw. eines Schlauchs durch die Platzierung des Ölsiebs unter der Ölpumpe innerhalb der Ölwanne verhindert wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Öffnen der Ablassschraube:	7 s
Ablassen des Motoröls:	5 min 26 s
Eindrehen der Ablassschraube:	8 s
Gesamtzeit:	5 min 43 s

Motoröl aus Ölfilter:

Ölfilter demontieren:	21 s
Ölfilter entleeren:	24 s
Ölfilter eindrehen:	19 s
Gesamtzeit:	1 min 4 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	4,43 l	⚖	3.887 g
Abgelassenes Motoröl:	3,60 l	⚖	3.162 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,21 l	⚖	187 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,82 l	⚖	3.349 g
Restmenge:	0,61 l	⚖	538 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird die Ölwanne über die Ablassöffnung abgesaugt.

Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	4,43 l	△	3.887 g
Abgelassenes Motoröl:	3,60 l	△	3.162 g
Motoröl aus Ölwanne (abgesaugt):	0,41 l	△	357 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,21 l	△	187 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	4,22 l	△	3.706 g
Restmenge:	0,21 l	△	181 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfilter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
7	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Die Restmenge in der Ölwanne kann durch nachträgliches Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung deutlich verringert werden. Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
10	X		Eindreuen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des ÖlfILTERflansches ist trotz Restmenge der ÖlfILTER wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an ÖlfILTERtypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Ergebnis

Da das Motoröl nicht abgesaugt werden kann, ist die einzige Entnahmemöglichkeit das Ablassen in Verbindung mit der Demontage und Entleerung des Ölfilters. Beim vorliegenden Fahrzeug ist das zusätzliche Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung empfehlenswert, weil sich dadurch der Trockenlegungsgrad um fast 10 % erhöht.

Getriebeöl

Vorgehensweise

Um das Getriebeöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	9 s
Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	1 min 41 s
Eindreuen der Ablassschraube:	10 s
Gesamtzeit:	2 min 09 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,35 l	≈	1.080 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,31 l	≈	1.051 g
Restmenge:	0,04 l	≈	29 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
			Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt einen Zeitgewinn beim Ablassen des Getriebeöls, der allerdings durch zusätzliche Demontagetätigkeiten wieder ausgeglichen wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	9 s
Ablassen des Getriebeöls:	1 min 53 s
Eindrehen der Ablassschraube:	10 s
Gesamtzeit:	2 min 12 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	1,35 l	△	1.080 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	1,32 l	△	1.052 g
Restmenge:	0,03 l	△	28 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Ergebnis

Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube bringt für den Gesamtprozess weder einen Zeitvorteil, noch eine Erhöhung der Entnahmemenge. Auf diese Tätigkeit kann wegen der längeren Arbeitszeit verzichtet werden.

Kühlflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Kühlflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Anstechen des Kühlerschlauchs zwischen Kühlerunterseite und Wasserpumpe mit einer Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1 bar
- Anstechen des Kühlerschlauchs zwischen Kühlerunterseite und Wasserpumpe ohne Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden. Motorblock und Kühler besitzen keine Ablasserichtungen und der Heizungskühler läuft zu ca. 75% mit leer.

Versuch 1: Anstechen des Kühlerschlauchs mit Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	3 min 24 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Gesamtzeit:	3 min 41 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	6,30 l	≈	6.300 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	4,38 l	≈	4.380 g
Restmenge:	1,92 l	≈	1.920 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, in den Zylindern (Motor) und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
2		X	Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Kühlerschlauch an der Unterseite der Wasserpumpe. Es existieren jedoch noch 3 weitere tiefste Stellen (Kühler, Motor, Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4		X	Das gesamte Kühlsystem besitzt keine Ablassereinrichtung.
5		X	Das Kühlwasser kann nur durch Abziehen bzw. Anstechen des Kühlerschlauchs entnommen werden.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Auf die Teilsysteme "kleiner Kühlkreislauf (Motor)" und "Heizungskreislauf" kann nur durch Demontage bzw. Zerstörung entsprechender Bauteile zugegriffen werden. Der Motor läuft über den Thermostat, der Heizungskühler über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer.

Versuch 2: Anstechen des Kühlerschlauchs ohne Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	3 min 22 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Gesamtzeit:	3 min 34 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	6,30 l	≈	6.300 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	4,40 l	≈	4.400 g
Restmenge:	1,90 l	≈	1.900 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, in den Zylindern (Motor) und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
			Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Kühlerschlauch an der Unterseite der Wasserpumpe. Es existieren jedoch noch 3 weitere tiefste Stellen (Kühler, Motor, Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4		X	Das gesamte Kühlsystem besitzt keine Ablassereinrichtung.
5		X	Das Kühlwasser kann nur durch Abziehen bzw. Anstechen des Kühlerschlauchs entnommen werden.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Auf die Teilsysteme "kleiner Kühlkreislauf (Motor)" und "Heizungskreislauf" kann nur durch Demontage bzw. Zerstörung entsprechender Bauteile zugegriffen werden. Der Motor läuft über den Thermostat, der Heizungskühler über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer.

Ergebnis

Die Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter beschleunigt anfangs die Flüssigkeitsentnahme, weil der Ausgleichsbehälter und der Zulaufschlauch schneller entleert werden. Im Anschluss wird allerdings das Nachlaufen der Kühlflüssigkeit durch die Luftströmung im System etwas behindert, wodurch sich die Prozesszeit beider Versuchsabläufe nicht oder unwesentlich unterscheidet. Ebenso kann der Unterschied der Entnahmemengen beider Versuchsabläufe vernachlässigt werden.

Empfehlenswert ist daher ein Absaugen der Kühlflüssigkeit nach Öffnen des Verschlussdeckels Ausgleichsbehälter ohne zusätzliche Druckbeaufschlagung des Kühlkreislaufes.

Waschwasser

Vorgehensweise

Um das Waschwasser aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen des Waschwassers am Behälterboden
- Anstechen des Flüssigkeitsbehälters an der Unterseite
- Demontage und Entleeren des Waschwasserbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden.

Versuch 1: Absaugen des Waschwassers am Behälterboden

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s
Waschwasser absaugen:	1 min 18 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	1 min 25 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	4,20 l	≅	4.200 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	4,16 l	≅	4.159 g
Restmenge:	0,04 l	≅	41 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich im Waschwasserbehälter und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4		X	Der Behälter besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Der Waschwasserbehälter besitzt, mit Ausnahme der Pumpe (kleine Öffnung, kein Zugriff auf den Behälterboden), keine Ablassmöglichkeit.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für den Waschwasserbehälter ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Der Waschwasserbehälter ist durch die Entnahme von oben tropffrei, d.h. ein Verschließen des Behälters ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 2: Anstechen des Waschwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Behälter anstechen:	7 s
Waschwasser absaugen:	1 min 28 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	4 s
Gesamtzeit:	1 min 40 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	4,20 l	≈	4.200 g
Gesamtmenge entnommenes Washwasser:	4,05 l	≈	4.053 g
Restmenge:	0,15 l	≈	147 g

Restmengen an Washwasser befinden sich im Washwasserbehälter und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Washwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Behälter ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 3: Demontage des Washwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	11 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	10 s
Gesamtzeit:	22 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	4,20 l	≈	4.200 g
------------	--------	---	---------

Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	4,17 l	≈	4.171 g
Restmenge:	0,03 l	≈	29 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Waschwasser kann durch Auskippen des Behälters schnell entnommen werden. Die Flüssigkeitsmenge im Behälter wird dadurch, bis auf die Wandhaftung, vollständig entnommen.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Behälteröffnung.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Behälter ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Ergebnis

Das Anstechen des Waschwasserbehälters führt zu einem schlechten Ergebnis, weil durch die Form des Behälters die tiefste Stelle nur schwer erreichbar ist. Durch das Absaugen von oben kann der Behälterboden besser erreicht werden und eine Beschädigung des Behälters (Tropffreiheit) wird vermieden. Durch die Demontage des Flüssigkeitsbehälters wird in der kürzesten Zeit der höchste Trockenlegungsgrad erreicht.

Empfehlenswert ist daher trotz der auslaufenden Betriebsflüssigkeit die Demontage und Entleerung des Waschwasserbehälters.

Bremsflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Bremsflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern
- Entnahme der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1,5 bar

- Kombination von Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters (1,5 bar) und Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern

Versuch 1: Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Anbringen der Absaugvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit absaugen:	3 min 11 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	4 min 31 s

Anmerkung: Die Summe der Einzelzeiten pro Radbremszylinder ergibt 5 Minuten und 53 Sekunden. Durch eine parallele Entnahme (Vergleichbarkeit mit Versuch 2) verkürzt sich die Gesamtzeit.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	≈	383 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,41 l	≈	316 g
Restmenge:	0,09 l	≈	67 g

Trockenlegungsgrad:	82,5 %
---------------------	--------

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (7g), in den Leitungen (12g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 12g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Radbremszylinder besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch von der Saugleistung der Entnahmevorrichtung ab.

Versuch 2: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Anbringen der Auffangvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit ausblasen:	1 min 35 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Auffangvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	3 min

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	≈	383 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,46 l	≈	354 g
Restmenge:	0,04 l	≈	29 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (3g), in den Leitungen (2g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 6g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Radbremszylinder besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch vom angelegten Druck auf den Ausgleichsbehälter ab.

Versuch 3: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung und Saugen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 28°C.

Der Versuch führte zu annähernd dem selben Ergebnis wie Versuch zwei, jedoch mit etwas höherem Aufwand für den Demonteur. Zusätzlich behindert eine zu geringe Saugleistung an den Radbremszylindern den Prozess, was zu einer Erhöhung der Demontagezeit führt.

Ergebnis

Die Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter führt zum besten Ergebnis. Sowohl die Entnahmezeit als auch der Entnahmegrad sind hier das Optimum.

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs war der hintere linke Entlüftungsnippel durch starke Korrosion abgerissen, was zu einer Verringerung des Trockenlegungsgrades von 9,4% (Versuch 1) und 10,9% (Versuch 2+3) führte. Der Versuch wurde dann nach Reparatur des Radbremszylinders wiederholt, um die korrekten Ergebnisse zu erhalten.

Stoßdämpferöl

Vorgehensweise

Um das Stoßdämpferöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Demontage der Stoßdämpfer
- Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Versuch 1: Demontage der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radzierdeckel:	8 s
Demontage der Kompleträder:	48 s

Demontage der vorderen Stoßdämpfer:	3 min 4 s
Demontage der Gepäckraumabdeckung:	5 s
Demontage der Seitenverkleidungen:	1 min 6 s
Demontage der hinteren Stoßdämpfer:	2 min 56 s
Gesamtzeit:	8 min 7 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,63 l	±	504 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,63 l	±	504 g
Restmenge:	0,00 l	±	0 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,63 l	±	504 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,63 l	±	504 g
Restmenge:	0,00 l	±	0 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Stoßdämpferöl wird durch die Demontage der Stoßdämpfer komplett vom Fahrzeug entnommen. Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Befestigung der Stoßdämpfer und der Lösbarkeit der Verbindungselemente (Korrosion) ab.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	
11	-	-	

Versuch 2: Anbohren der Stoßdämpfer und Absaugen des Dämpferöls

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Radzierdeckel:	8 s
Demontage der Kompletträder:	48 s
Anbohren der vorderen Stoßdämpfer:	1 min 8 s
Anbohren der hinteren Stoßdämpfer:	1 min 4 s
Absaugen des Stoßdämpferöls:	1 min 49 s
Gesamtzeit:	4 min 57 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,63 l	≥	504 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,58 l	≥	461 g
Restmenge:	0,05 l	≥	43 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,63 l	≥	504 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,58 l	≥	465 g
Restmenge:	0,05 l	≥	39 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Der Zugriff auf die Betriebsflüssigkeit hängt von der Wandstärke der Dämpfer ab. Eine vollständige Entnahme des Dämpferöls ist durch die Komplexität der Stoßdämpfer nicht möglich.
2	X		Die Stoßdämpfer besitzen durch den Doppelrohraufbau 2 tiefste Stellen.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung der Stoßdämpfer und der Viskosität des Dämpferöls ab.
4		X	Die Stoßdämpfer besitzen keine Ablassöffnung.
5		X	An den Stoßdämpfern sind keine Ablassseinrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Bohrungen in den Stoßdämpfern sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Stoßdämpfer sind jeweils zweimal anzubohren. Jeweils einmal am Boden jedes Standrohrs und einmal an der Oberseite zur Belüftung.

Ergebnis

Die Demontage ist hier die bessere Methode, weil das Dämpferöl durch den Aufbau der Stoßdämpfer (Doppelrohrdämpfer) nur zu etwa 90 % entnommen werden kann. Zusätzlich ist das Anbohren problematisch, weil beide Standrohre jeweils 2-mal gebohrt werden müssen, und die tiefste Stelle des Gehäuses nicht gut zugänglich ist.

Kraftstoff

Vorgehensweise

Um den Kraftstoff aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anbohren des Kunststofftanks und Absaugen im geschlossenen System

Versuch 1: Anbohren des Tanks und Absaugen des Kraftstoffs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 29°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Anbohren des Kunststofftanks:	15 s
Kraftstoff absaugen:	3 min 53 s
Bohrung verschließen:	36 s
Gesamtzeit:	4 min 44 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	49,5 l	⊕	37.125 g
Füllmenge Versuchsablauf:	19,5 l	⊕	14.625 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	19,0 l	⊕	14.250 g
Restmenge:	0,5 l	⊕	375 g

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs wurden ca. 19 l Kraftstoff abgesaugt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich hierbei auf den Versuchsablauf. Zur Ermittlung des Trockenlegungsgrades wurde zusätzlich zum realen Ergebnis noch das Normleergewicht des Fahrzeugs, sprich 90 % der Gesamtfüllmenge ($0,9 \times 55 \text{ l} = 49,5 \text{ l}$) berücksichtigt.

Restmengen an Kraftstoff verbleiben im Kraftstofftank, in den Leitungen und im Vergaser.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von Größe und Anzahl der Bohrungen ab. Eine vollständige Entnahme des Kraftstoff ist nicht möglich.
2		X	Das Teilsystem Kraftstofftank besitzt 2 tiefste Stellen, d.h. zweimal Anbohren.
3	X		Die Form des Tanks behindert das Nachfließen des Kraftstoffs nicht.
4		X	Der Kraftstofftank besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Am Kraftstofftank sind keine Ablasserichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	X		Nach dem Anbohren ist das System offen, d.h. es können Benzindämpfe austreten.
10		X	Die Bohrungen im Tank sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11		X	Austretende Benzindämpfe während des Trockenlegungsvorgangs.

Anmerkung: Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr ist der Kraftstoff im geschlossenen System abzusaugen. Nach dem Absaugen ist das System nicht mehr geschlossen, d.h. die Anbohröffnungen sind aus Sicherheitsgründen wieder zu verschließen.

Analyse der zusätzlichen Bauteile

Batterie

Demontage

Die Batterie ist als erstes Bauteil aus dem Fahrzeug zu demontieren, damit die Stromversorgung des Fahrzeugs unterbrochen ist. Ziel dabei ist es, Kurzschlüsse bei Arbeiten am Fahrzeug zu vermeiden, bzw. um bei neueren Fahrzeugen die pyrotechnischen Bauteile (Airbags, Gurtstraffer) zu entschärfen.

Demontagezeit:	47 s
----------------	------

Bauteilmasse:	16.650 g
---------------	----------

U-Kat

Demontage

Demontagezeit:	3 min 47 s
----------------	------------

Aufgrund des Fahrzeugalters waren die Verbindungselemente korrodiert. Die beiden hinteren Schrauben waren gerade noch mit Standardwerkzeugen lösbar, die drei vorderen konnten nur noch zerstörend gelöst werden.

Werkstoffe

Bauteilmasse:	3.255 g
---------------	---------

Reifen

Demontage

Zur Demontage der Reifen sind alle Räder zu demontieren. Die Komplettäder wurden im Rahmen der Trockenlegung (siehe Stoßdämpferöl) demontiert. Das Ersatzrad ist zusätzlich zu demontieren.

Demontagezeit Radzierdeckel:	2 s
Demontagezeit Kompletttrad:	12 s
Demontagezeit Ersatzrad:	23 s
Demontagezeit Reifen:	3 min

weiteren Bauteile zu demontieren.

Die Reifen sind auf einem Reifendemontiergerät von den Felgen abzuziehen. Dazu ist das Ventil ausdrehen, der Reifen auf beiden Seiten vom Felgenhorn zu drücken und anschließend einzuspannen und von der Felge abzuziehen.

Werkstoffe

Masse Komplettrad:	15.080 g
Masse Felge:	8.040 g
Masse Reifen:	6.840 g

Der Reifen besteht aus vulkanisiertem Gummi mit einer Karkasse aus Stahldraht.

12.3.7 Trockenlegung VW Polo

Fahrzeugidentifikation:

Hersteller:	Volkswagen
Typ und Ausführung:	Polo

Verriegung:

Alle Betriebsflüssigkeiten mit Ausnahme des Kraftstoffs wurden auf Maximum aufgefüllt, die Temperatur bei Versuchsbeginn betrug 23°C.

Fahrzeuggewicht verwogen: $m=681,7$ kg.

Die Trockenlegung umfasst bei dem vorliegenden Fahrzeug folgende Betriebsflüssigkeiten:

Motoröl, Getriebeöl, Kühlflüssigkeit, Scheibenwaschwasser, Bremsflüssigkeit, Dämpferöl und Kraftstoff,

und folgende zusätzliche Bauteile:

Batterie, Ölfilter und Reifen.

Analyse der Betriebsflüssigkeiten

Motoröl

Vorgehensweise

Um das Motoröl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Zusätzlich zu einer der beiden o.g. Möglichkeiten ist der Ölfilter zu demontieren.

Versuch 1: Absaugen über Führungsrohr Ölmess-Stab

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor)

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Ölmess-Stab rausziehen:	1 s

Absauglanze einführen:	5 s
Motoröl absaugen:	5 min 49 s
Absauglanze entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	5 min 59 s

Motoröl aus Ölfilter

Ölfilter demontieren:	21 s
Ölfilter entleeren:	31 s
Ölfilter eindrehen:	19 s
Gesamtzeit:	1 min 11 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,69 l	⊃	3.615 g
Abgesaugtes Motoröl:	3,29 l	⊃	3.227 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,18 l	⊃	173 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,47 l	⊃	3.400 g
Restmenge:	0,22 l	⊃	215 g

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfilter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Ein Verschließen der Entnahmestelle ist bei dieser Vorgehensweise nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindrehen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Motoröl aus Ölwanne (Motor)

Öffnen des Deckels Einfüllstutzen:	2 s
Öffnen der Ablassschraube:	7 s
Ablassen des Motoröls:	3 min 17 s
Eindrehen der Ablassschraube:	8 s
Gesamtzeit:	3 min 34 s

Motoröl aus Ölfilter

Ölfilter demontieren:	21 s
Ölfilter entleeren:	31 s
Ölfilter eindrehen:	19 s
Gesamtzeit:	1 min 11 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	3,69 l	≈	3.615 g
Abgelassenes Motoröl:	3,31 l	≈	3.242 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,18 l	≈	173 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,49 l	≈	3.415 g
Restmenge:	0,20 l	≈	200 g

Zusätzlich zu dieser Standardvorgehensweise wird die Ölwanne über die Ablassöffnung abgesaugt.

Dadurch verändert sich das Ergebnis wie folgt:

Füllmenge:	3,69 l	≈	3.615 g
Abgelassenes Motoröl:	3,31 l	≈	3.242 g
Motoröl aus Ölwanne (abgesaugt):	0,03 l	≈	30 g
Motoröl aus Ölfilter:	0,18 l	≈	173 g
Gesamtmenge entnommenes Motoröl:	3,52 l	≈	3.445 g

Restmenge:	0,17 l	±	170 g
------------	--------	---	-------

Restmengen an Motoröl befinden sich im Ölfilter, wegen der Notlaufeigenschaften im Zylinderkopf, in Lagerstellen, in der Ölpumpe und in der Ölwanne.

Systembeschreibung

Motoröl aus Ölwanne (Motor):

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Motoröls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden der Ölwanne.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Motoröls ab.
4		X	Die Ablassschraube befindet sich nicht an der tiefsten Stelle der Ölwanne.
5	X		Ablassschraube an der Ölwanne.
6	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
7	X		Frei an der Rückseite der Ölwanne.
8		X	Das Teilsystem besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung der Ölwanne ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Die Restmenge in der Ölwanne kann durch nachträgliches Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung verringert werden. Auf sonstige Restmengen im Motor kann nur durch Demontage zugegriffen werden.

Motoröl aus Ölfilter:

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Demontage des gut auffindbaren und gut zugänglichen Ölfilters.
2	-	-	
3	-	-	
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	X		Eindrehen des entleerten Ölfilters.
11		X	Beim Lösen des Ölfilters läuft Motoröl aus, das später auf den Arbeitsplatz tropfen kann.

Anmerkung: Zum Verschließen des Ölfilterflansches ist trotz Restmenge der Ölfilter wieder einzudrehen, da aufgrund der Vielfalt an Ölfiltertypen eine Anfertigung eines Universalverschluss-Stopfens nicht möglich ist.

Ergebnis

Das Ablassen des Motoröls in Verbindung mit der Demontage und Entleerung des Ölfilters ist hier die beste Vorgehensweise. Das zusätzliche Absaugen der Ölwanne durch die Ablassöffnung ist empfehlenswert, bringt jedoch keine große Erhöhung des Trockenlegungsgrades.

Getriebeöl

Vorgehensweise

Um das Getriebeöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube
- Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Versuch 1: Ablassen nach Öffnen von Einfüll- und Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Einfüllschraube:	29 s
Öffnen der Ablassschraube:	11 s
Ablassen des Getriebeöls:	4 min 07 s
Eindreihen der Ablassschraube:	12 s
Gesamtzeit:	4 min 59 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	2,36 l	△	1.891 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	2,33 l	△	1.864 g
Restmenge:	0,03 l	△	27 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Ein zusätzliches Absaugen des Getriebes über die Ablassöffnung führte zu keinem Ergebnis.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt einen Zeitgewinn beim Ablassen des Getriebeöls, der allerdings durch zusätzliche Demontagetätigkeiten wieder ausgeglichen wird.

Versuch 2: Ablassen nach Öffnen der Ablassschraube

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen der Ablassschraube:	11 s
Ablassen des Getriebeöls:	4 min 19 s
Eindrehen der Ablassschraube:	12 s
Gesamtzeit:	4 min 42 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	2,36 l	△	1.891 g
Gesamtmenge entnommenes Getriebeöl:	2,33 l	△	1.865 g
Restmenge:	0,03 l	△	26 g

Restmengen an Getriebeöl befinden sich wegen der Notlaufeigenschaften in Lagerstellen und Zahnflanken.

Ein zusätzliches Absaugen des Getriebes über die Ablassöffnung führte zu keinem Ergebnis.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahme hängt von der Viskosität des Getriebeöls und des Querschnitts der Ablassöffnung ab.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Boden des Getriebes.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Viskosität des Getriebeöls ab.
4	X		Die Ablassschraube befindet sich an der tiefsten Stelle des Getriebes.
5	X		Ablassschraube an der Getriebeunterseite.
6	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
7	X		Frei an der Unterseite des Getriebes.
8		X	Das System besitzt eine Ablassschraube, d.h. eine Zerstörung des Getriebes ist nicht notwendig.
9	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
10	X		Mittels Eindrehen der Ablassschraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise nicht möglich.

Anmerkung: Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube ergibt einen Zeitgewinn beim Ablassen des Getriebeöls, der allerdings durch zusätzliche Demontagetätigkeiten wieder ausgeglichen wird.

Ergebnis

Das zusätzliche Öffnen der Einfüllschraube bringt für den Gesamtprozess weder einen Zeitvorteil, noch eine Erhöhung der Entnahmemenge. Auf diese Tätigkeit kann wegen der längeren Arbeitszeit verzichtet werden.

Kühlflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Kühlflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Anstechen des Kühlerschlauchs zwischen Kühlerunterseite und Wasserpumpe mit einer Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1 bar
- Anstechen des Kühlerschlauchs zwischen Kühlerunterseite und Wasserpumpe ohne Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden. Motorblock und Kühler besitzen keine Ablasserichtungen und der Heizungskühler läuft nach Öffnen des Heizungsventils zu ca. 3-Viertel mit leer.

Versuch 1: Anstechen des Kühlerschlauchs mit Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Heizungsventil öffnen:	1 s
Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	3 min 08 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Gesamtzeit:	3 min 26 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	5,60 l	≈	5.600 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	4,77 l	≈	4.770 g
Restmenge:	0,83 l	≈	830 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, in den Zylindern (Motor) und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Kühlerschlauch an der Unterseite der Wasserpumpe. Es existieren jedoch noch 3 weitere tiefste Stellen (Kühler, Motor, Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4		X	Das gesamte Kühlsystem besitzt keine Ablassereinrichtung.
5		X	Das Kühlwasser kann nur durch Abziehen bzw. Anstechen des Kühlerschlauchs entnommen werden.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Auf die Teilsysteme "kleiner Kühlkreislauf (Motor)" und "Heizungskreislauf" kann nur durch Demontage bzw. Zerstörung entsprechender Bauteile zugegriffen werden. Der Motor läuft über den Thermostat, der Heizungskühler über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer.

Versuch 2: Anstechen des Kühlerschlauchs ohne Druckbeaufschlagung

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Heizungsventil öffnen:	1 s
Öffnen Verschlussdeckel Ausgleichsbehälter:	4 s
Kühlerschlauch anstechen:	5 s
Kühlflüssigkeit absaugen:	3 min 11 s
Anstechlanze entnehmen:	3 s
Gesamtzeit:	3 min 24 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	5,60 l	≈	5.600 g
Gesamtmenge entnommene Kühlflüssigkeit:	4,77 l	≈	4.770 g
Restmenge:	0,83 l	≈	830 g

Restmengen an Kühlflüssigkeit befinden sich im Kühler, in den Zylindern (Motor) und im Heizungskühler.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt vom Aufbau und der Belüftung des Gesamtsystems ab.
2		X	Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Kühlerschlauch an der Unterseite der Wasserpumpe. Es existieren jedoch noch 3 weitere tiefste Stellen (Kühler, Motor, Wärmetauscher Heizung).
3		X	Ein ungehindertes und schnelles Nachfließen wird durch die Komplexität des Kühlsystems verhindert.
4		X	Das gesamte Kühlsystem besitzt keine Ablassereinrichtung.
5		X	Das Kühlwasser kann nur durch Abziehen bzw. Anstechen des Kühlerschlauchs entnommen werden.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Schlauch ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Anbringen eines Gummistopfens.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Auf die Teilsysteme "kleiner Kühlkreislauf (Motor)" und "Heizungskreislauf" kann nur durch Demontage bzw. Zerstörung entsprechender Bauteile zugegriffen werden. Der Motor läuft über den Thermostat, der Heizungskühler über die Heizungsschläuche beim Absaugen des großen Kühlkreislaufs zum Teil mit leer.

Ergebnis

Die Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter beschleunigt anfangs die Flüssigkeitsentnahme, weil der Ausgleichsbehälter und der Zulaufschlauch schneller entleert werden. Im Anschluss wird allerdings das Nachlaufen der Kühlflüssigkeit durch die Luftströmung im System etwas behindert, wodurch sich die Prozesszeit beider Versuchsabläufe nicht unterscheidet. Ebenso kann der Unterschied der Entnahmemengen beider Versuchsabläufe vernachlässigt werden.

Empfehlenswert ist daher ein Absaugen der Kühlflüssigkeit nach Öffnen des Verschlussdeckels Ausgleichsbehälter und des Heizungsventils im Innenraum des Fahrzeugs ohne zusätzliche Druckbeaufschlagung des Kühlkreislaufes.

Waschwasser

Vorgehensweise

Um das Waschwasser aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen des Waschwassers am Behälterboden
- Anstechen des Flüssigkeitsbehälters an der Unterseite
- Demontage und Entleeren des Waschwasserbehälters

Weitere Entnahmestellen sind nicht vorhanden.

Versuch 1: Absaugen des Waschwassers am Behälterboden

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Waschwasserbehälter vorn:

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s
Waschwasser absaugen:	31 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	38 s

Waschwasserbehälter hinten:

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Absaugvorrichtung einführen:	4 s
Waschwasser absaugen:	38 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	2 s
Gesamtzeit:	45 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Waschwasserbehälter vorn:

Füllmenge:	1,80 l	±	1.800 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,77 l	±	1.773 g
Restmenge:	0,03 l	±	27 g

Waschwasserbehälter hinten:

Füllmenge:	1,70 l	±	1.700 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,69 l	±	1.687 g
Restmenge:	0,01 l	±	13 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich im Waschwasserbehälter vorn und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4		X	Der Behälter besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Der Waschwasserbehälter besitzt, mit Ausnahme der Pumpe (kleine Öffnung, kein Zugriff auf den Behälterboden), keine Ablassmöglichkeit.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für den Waschwasserbehälter ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Der Waschwasserbehälter ist durch die Entnahme von oben tropffrei, d.h. ein Verschließen des Behälters ist nicht notwendig.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 2: Anstechen des Waschwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Waschwasserbehälter vorn:

Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Behälter anstechen:	7 s
Waschwasser absaugen:	27 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	4 s
Gesamtzeit:	39 s

Waschwasserbehälter hinten:

Der Behälter befindet sich seitlich im Heck des Fahrzeugs. Dadurch ist er mit einer Anstechlanze von unten nicht zugänglich.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Waschwasserbehälter vorn:

Füllmenge:	1,80 l	±	1.800 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,70 l	±	1.698 g
Restmenge:	0,10 l	±	102 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich im Waschwasserbehälter und in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Saugleistung der Absaugvorrichtung ab. Eine vollständige Entnahme ist durch die Form des Flüssigkeitsbehälters nicht möglich (Vertiefung unterhalb der Pumpe, schwer erreichbar).
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall der Behälterboden.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Behälter ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Versuch 3: Demontage des Waschwasserbehälters

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Waschwasserbehälter vorn:

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	11 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	8 s
Gesamtzeit:	20 s

Waschwasserbehälter hinten:

Demontage des Flüssigkeitsbehälters:	24 s
Öffnen Verschlussdeckel Flüssigkeitsbehälter:	1 s
Flüssigkeitsbehälter auskippen:	7 s
Gesamtzeit:	32 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Waschwasserbehälter vorn:

Füllmenge:	1,80 l	±	1.800 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,79 l	±	1.788 g
Restmenge:	0,01 l	±	12 g

Waschwasserbehälter hinten:

Füllmenge:	1,70 l	±	1.700 g
Gesamtmenge entnommenes Waschwasser:	1,69 l	±	1.687 g
Restmenge:	0,01 l	±	13 g

Restmengen an Waschwasser befinden sich in den Leitungen.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Waschwasser kann durch Auskippen des Behälters schnell entnommen werden. Die Flüssigkeitsmenge im Behälter wird dadurch, bis auf die Wandhaftung, vollständig entnommen.
2	X		Die tiefste Stelle ist in diesem Fall die Behälteröffnung.
3	X		Die Form des Waschwasserbehälters behindert das Nachfließen nicht.
4	-	-	
5	-	-	
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Anstichstelle im Behälter ist wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Ergebnis

Das Anstechen des Waschwasserbehälters führt zu einem schlechten Ergebnis, weil durch die Form des Behälters die tiefste Stelle nur schwer erreichbar ist. Durch das Absaugen von oben kann der Behälterboden besser erreicht werden und eine Beschädigung des Behälters (Tropffreiheit) wird vermieden. Durch die Demontage des Flüssigkeitsbehälters wird in der kürzesten Zeit der höchste Trockenlegungsgrad erreicht.

Empfehlenswert ist daher trotz der auslaufenden Betriebsflüssigkeit die Demontage und Entleerung des Waschwasserbehälters.

Bremsflüssigkeit

Vorgehensweise

Um die Bremsflüssigkeit aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 3 Möglichkeiten:

- Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern
- Entnahme der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern durch eine Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters von 1,5 bar
- Kombination von Druckbeaufschlagung des Ausgleichsbehälters (1,5 bar) und Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern

Versuch 1: Absaugen der Bremsflüssigkeit an den Radbremszylindern

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Anbringen der Absaugvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit absaugen:	3 min 21 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Absaugvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	4 min 41 s

Anmerkung: Die Summe der Einzelzeiten pro Radbremszylinder ergibt 6 Minuten und 17 Sekunden.

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	≈	375 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,42 l	≈	312 g
Restmenge:	0,08 l	≈	63 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (5g), in den Leitungen (12g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 11g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel / Radbremszylinder besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch von der Saugleistung der Entnahmevorrichtung ab.

Versuch 2: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Ausblasen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Öffnen des Deckels Ausgleichsbehälter:	4 s
Druckanschluss befestigen:	5 s
Anbringen der Auffangvorrichtung:	12 s
Öffnen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Bremsflüssigkeit ausblasen:	2 min 20 s
Schließen der Entlüftungsnippel an den Radbremszylindern:	28 s
Auffangvorrichtung entnehmen:	8 s
Gesamtzeit:	3 min 45 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge:	0,50 l	≅	375 g
Gesamtmenge entnommene Bremsflüssigkeit:	0,46 l	≅	347 g
Restmenge:	0,04 l	≅	28 g

Restmengen an Bremsflüssigkeit befinden sich im Hauptbremszylinder (3g), in den Leitungen (2g) und den Radbremszylindern (durchschnittlich 6g).

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Bremsflüssigkeit ist systembedingt weder schnell, noch vollständig aus dem System entnehmbar.
2		X	Jedes Teilsystem Bremssattel/Radbremszylinder besitzt keine tiefste Stelle.
3		X	Die Bremsflüssigkeit kann systembedingt weder schnell, noch ungehindert zur tiefsten Stelle hin fließen.
4		X	An der tiefsten Stelle ist keine Ablassöffnung vorhanden.
5		X	Das System besitzt nur eine Entlüftungs-, und keine Ablassereinrichtung.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Für das Bremssystem ist kein zerstörender Eingriff vorgesehen.
9	-	-	
10	X		Die Entnahmestellen sind durch Zudrehen der Entlüftungsnippel wiederverschließbar.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Entlüftungsnippel an den Bremssätteln bzw. Radbremszylindern sind gut auffindbar und ohne Demontage der Räder leicht zugänglich. Die Entnahmegeschwindigkeit und -menge hängt bei diesem Versuch vom angelegten Druck auf den Ausgleichsbehälter ab.

Versuch 3: Entnahme der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung und Saugen

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Der Versuch führte zu annähernd dem selben Ergebnis wie Versuch zwei, jedoch mit etwas höherem Aufwand für den Demonteur. Zusätzlich behindert eine zu geringe Saugleistung an den Radbremszylindern den Prozess, was zu einer Erhöhung der Demontagezeit führt.

Ergebnis

Das Ausblasen der Bremsflüssigkeit durch Druckbeaufschlagung auf den Ausgleichsbehälter führt zum besten Ergebnis. Sowohl die Entnahmezeit als auch der Entnahmegrad sind hier das Optimum.

Stoßdämpferöl

Vorgehensweise

Um das Stoßdämpferöl aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 2 Möglichkeiten:

- Demontage der Stoßdämpfer
- Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Versuch 1: Demontage der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Kompleträder:	1 min
Demontage der vorderen Stoßdämpfer:	15 min 36 s
Demontage der hinteren Stoßdämpfer:	2 min 56 s
Gesamtzeit:	19 min 32 s

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,45 l	≅	358 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,45 l	≅	358 g
Restmenge:	0,00 l	≅	0 g

Trockenlegungsgrad:	100 %
---------------------	-------

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,47 l	≅	374 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,47 l	≅	374 g
Restmenge:	0,00 l	≅	0 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1	X		Das Stoßdämpferöl wird durch die Demontage der Stoßdämpfer komplett vom Fahrzeug entnommen. Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von der Befestigung der Stoßdämpfer und der Lösbarkeit der Verbindungselemente (Korrosion) ab.

Versuch 2: Anbohren und Absaugen der Stoßdämpfer

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 25°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Demontage der Komplettträder:	1 min
Anbohren der vorderen Stoßdämpfer:	4 min 18 s
Anbohren der hinteren Stoßdämpfer:	1 min 8 s
Absaugen des Stoßdämpferöls:	1 min 34 s
Gesamtzeit:	8 min

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Stoßdämpfer vorn:

Füllmenge:	0,45 l	≙	358 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,40 l	≙	320 g
Restmenge:	0,05 l	≙	38 g

Stoßdämpfer hinten:

Füllmenge:	0,47 l	≙	374 g
Gesamtmenge entnommenes Dämpferöl:	0,42 l	≙	338 g
Restmenge:	0,05 l	≙	36 g

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Der Zugriff auf die Betriebsflüssigkeit hängt von der Wandstärke der Dämpfer ab. Eine vollständige Entnahme des Dämpferöls ist durch die Komplexität der Stoßdämpfer nicht möglich.
2	X		Die Stoßdämpfer besitzen durch den Doppelrohraufbau 2 tiefste Stellen.
3		X	Die Fließgeschwindigkeit hängt von der Belüftung der Stoßdämpfer und der Viskosität des Dämpferöls ab.
4		X	Die Stoßdämpfer besitzen keine Ablassöffnung.
5		X	An den Stoßdämpfern sind keine Ablassseinrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	-	-	
10		X	Die Bohrungen in den Stoßdämpfern sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11	X		Die Verschmutzung des Arbeitsplatzes ist bei sachgemäßer Vorgehensweise vermeidbar.

Anmerkung: Die Stoßdämpfer sind jeweils zweimal anzubohren. Jeweils einmal am Boden jedes Standrohrs und einmal an der Oberseite zur Belüftung.

Ergebnis

Die Demontage ist hier die bessere Methode, weil das Dämpferöl durch den Aufbau der Stoßdämpfer (Doppelrohrdämpfer) nur zu etwa 90 % entnommen werden kann. Zusätzlich ist das Anbohren problematisch, weil beide Standrohre jeweils 2-mal gebohrt werden müssen, und die tiefste Stelle des Gehäuses nicht gut zugänglich ist.

Kraftstoff

Vorgehensweise

Um den Kraftstoff aus dem Fahrzeug zu entnehmen, gibt es 1 Möglichkeit:

- Anbohren des Stahltanks und Absaugen im geschlossenen System

Versuch 1: Anbohren des Tanks und Absaugen des Kraftstoffs

Während des Versuchsablaufs betrug die Umgebungstemperatur 23°C.

Analyse der Trockenlegungszeiten

Anbohren des Stahltanks:	22 s
Kraftstoff absaugen:	1 min 59 s
Bohrung verschließen:	19 s
Gesamtzeit:	2 min 40 s

Analyse der Entnahme- und Restmenge

Füllmenge komplett:	37,8 l	≈	28.350 g
Füllmenge Versuchsablauf:	11,6 l	≈	8.726 g
Gesamtmenge entnommener Kraftstoff:	11,2 l	≈	8.415 g
Restmenge:	0,4 l	≈	311 g

Anmerkung: Während des Versuchsablaufs wurden ca. 11 l Kraftstoff abgesaugt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich hierbei auf den Versuchsablauf. Zur Ermittlung des Trockenlegungsgrades wurde zusätzlich zum realen Ergebnis noch das Normleergewicht des Fahrzeugs, sprich 90 % der Gesamtfüllmenge (0,9 x 42 l = 37,8 l) berücksichtigt.

Restmengen an Kraftstoff verbleiben im Kraftstofftank, in den Leitungen und im Vergaser.

Systembeschreibung

Kriterium	erfüllt	nicht erfüllt	Bemerkung
1		X	Die Entnahmegeschwindigkeit hängt von Größe und Anzahl der Bohrungen ab. Eine vollständige Entnahme des Kraftstoff ist nicht möglich.
2		X	Das Teilsystem Kraftstofftank besitzt 2 tiefste Stellen, d.h. zweimal Anbohren.
3	X		Die Form des Tanks behindert das Nachfließen des Kraftstoffs nicht.
4		X	Der Kraftstofftank besitzt keine Ablassöffnung.
5		X	Am Kraftstofftank sind keine Ablassrichtungen vorgesehen.
6	-	-	
7	-	-	
8		X	Die genaue Position für den zerstörenden Eingriff wird vom Demonteur festgelegt.
9	X		Nach dem Anbohren ist das System offen, d.h. es können Benzindämpfe austreten.
10		X	Die Bohrungen im Tank sind wegen der Zerstörung nicht wiederverschließbar. Eine Ausweichmöglichkeit wäre das Eindrehen einer Schraube.
11		X	Austretende Benzindämpfe während des Trockenlegungsvorgangs.

Anmerkung: Wegen der Explosions- und Vergiftungsgefahr ist der Kraftstoff im geschlossenen System abzusaugen. Nach dem Absaugen ist das System nicht mehr geschlossen, d.h. die Anbohröffnungen sind aus Sicherheitsgründen wieder zu verschließen.

Analyse der zusätzlichen Bauteile

Reifen

Demontage

Zur Demontage der Reifen sind alle Räder zu demontieren. Die Kompletträder wurden im Rahmen der Trockenlegung (siehe Stoßdämpferöl) demontiert. Das Ersatzrad ist zusätzlich zu demontieren.

Demontagezeit Komplettrad:	15 s
Demontagezeit Ersatzrad:	23 s
Demontagezeit Reifen:	3 min

Reifen Komplettrad:

Für die Kompletträder sind zuerst die Radzierdeckel abzuhebeln. Für das Ersatzrad sind keine weiteren Bauteile zu demontieren.

Die Reifen sind auf einem Reifendemontiergerät von den Felgen abzuziehen. Dazu ist das Ventil ausdrehen, der Reifen auf beiden Seiten vom Felgenhorn zu drücken und anschließend einzuspannen und von der Felge abzuziehen.

Werkstoffe

Masse Komplettrad:	12.680 g
Masse Felge:	7.120 g
Masse Reifen:	5.560 g

Batterie**Demontage**

Die Batterie ist als erstes Bauteil aus dem Fahrzeug zu demontieren, damit die Stromversorgung des Fahrzeugs unterbrochen ist. Ziel dabei ist es, Kurzschlüsse bei Arbeiten am Fahrzeug zu vermeiden, bzw. um bei neueren Fahrzeugen die pyrotechnischen Bauteile (Airbags, Gurtstraffer) zu entschärfen.

Demontagezeit:	27 s
----------------	------

Bauteilmasse:	11.450 g
---------------	----------

12.4 Auszug Altautoverordnung

3.2.2 Vorbehandlung

3.2.2.1 Nach der Anlieferung sind jedem Altauto unverzüglich die Batterien, alle pyrotechnischen Bauteile und der Latentwärmespeicher zu entnehmen. Die pyrotechnischen Bauteile sind durch geschultes Fachpersonal unverzüglich nach der Maßgabe der Hersteller entweder auszubauen und in zugelassenen Anlagen zu entsorgen oder im eingebauten Zustand auszulösen und dadurch unschädlich zu machen. Anschließend sind folgende Betriebsflüssigkeiten und Betriebsmittel zu entfernen und getrennt zu sammeln:

Motoröl,
ÖlfILTER,
Getriebeöl, Differentialöl,
Hydrauliköl (z. B. Servolenkung),
Kraftstoff,
Kühlerflüssigkeit,
Bremsflüssigkeit,
Stoßdämpferöl (oder nachträgliche Demontage der Stoßdämpfer),
Kältemittel aus Klimaanlage (FCKW u. a.),
Scheibenwaschflüssigkeit.

Dieses gilt nicht für Bauteile, die als Ersatzteile wiederverwendet werden sollen, z. B. Motoren und Getriebe, wenn diese anschließend unverzüglich ausgebaut werden.

Bauteile und Stoffe, von denen eine Gefahr für Grund- und Oberflächenwasser ausgehen kann, sind auf den dafür vorgesehenen befestigten und überdachten Flächen zu lagern.

3.2.2.2 Die Entnahme von Betriebsflüssigkeiten hat nach dem Stand der Technik zu erfolgen, wobei die Tropffreiheit aller Aggregate zu erzielen ist.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit kann im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft den jeweiligen Stand der Technik bekannt geben.

3.2.2.3 Für die Entnahme der Kraftstoffe sind dem Stand der Technik entsprechende, für die Entnahme von Kältemitteln geschlossene Systeme zu verwenden. Beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten sind die Bestimmungen der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten und andere einschlägige Vorschriften, z. B. zum Explosionsschutz, einzuhalten.

3.2.2.4 Die Tanklagerbefüllung und die Förderanlagen sind mit Sicherheitsverriegelungen auszustatten. Die Funktionsfähigkeit der vorgenannten Einrichtungen ist durch gesetzlich vorgeschriebene technische Gutachten nachzuweisen. Insbesondere für die Handhabung und Lagerung wassergefährdender Stoffe und von Gefahrstoffen sind Betriebsanweisungen für jeden Einzelstoff zu erstellen.

3.2.3 Demontage

3.2.3.1 Der Betrieb muss technisch, organisatorisch und personell in der Lage sein, diejenigen Kraftfahrzeugteile zerstörungsfrei auszubauen, die als ganze Bauteile oder Baugruppen weiterverwendet werden sollen.

3.2.3.2 Folgende Stoffe, Materialien und Bauteile sind wegen ihres Schad- und Störstoffcharakters zu entfernen:

Stoßdämpfer, wenn nicht trockengelegt,

asbesthaltige Bauteile,

kraftfahrzeugfremde Stoffe sowie

Stoffe, Materialien und Bauteile, die in erheblichem Umfang mit Schadstoffen verunreinigt sind.

3.2.3.3 Neben den zur Wiederverwendung bestimmten Aggregaten und Materialien sollen unter Berücksichtigung des § 5 Abs.4 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes insbesondere folgende Bauteile, Stoffe, Materialien und zum Zwecke der Verwertung ab- oder ausgebaut werden: große Kunststoffteile (z. B. Stoßfänger, Radabdeckungen, Armaturengehäuse, Kraftstofftanks), Räder,

Front-, Heck- und Seitenscheiben,

Sitze,

alle kupferhaltigen Teile wie Elektronik, Kabelbäume, Elektromotoren