

Mit Unterstützung von



27. Februar 2025

Karosserie- und Lackbetriebe Branchenfahrplan

Autoren

Rahel Liechti, act Cleantech Agentur Schweiz

Linda Kren, act Cleantech Agentur Schweiz

Julien Floris, act Cleantech Agentur Schweiz

Roman Marty, Smart Y Energy Solutions

Nathanaël Gobat, enerprocess

Adrian Douillet, Climate Services SA

Dieser Branchenfahrplan wurde im Jahr 2024 im Rahmen des Förderprogramms “Fahrpläne zur Dekarbonisierung” mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt. Das Bundesamt für Energie hat gemäss den Förderbedingungen des Programms die Zustimmung erteilt. Die Analysen und Lösungsansätze wurden mit dem Ziel durchgeführt, den Branchenfahrplan Karosserie- und Lackbetriebe auf das Inkrafttreten des Klima- und Innovationsgesetzes auszurichten.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Karosserie- und Lackbetriebe

Branchenfahrplan



Datum 27.02.2025
Version 1.1

Ansprechpersonen

act Cleantech Agentur Schweiz

Rahel Liechti, Leiterin Projekte

+41 58 750 05 00

r.liechti@act-schweiz.ch

Linda Kren, Projektleiterin Dekarbonisierung

+41 58 750 05 00

l.kren@act-schweiz.ch

Julien Floris, Projektleiter Dekarbonisierung

+41 58 750 05 00

j.floris@act-schweiz.ch

Brandschenkestrasse 6

8001 Zürich

www.act-schweiz.ch

act-Energiespezialist

Roman Marty, Energieberater

smart Y Energy Solutions

Buechholz 30

8964 Rudolfstetten

+41 79 769 19 75

roman.marty@smart-y.ch

www.smart-y.ch

act-Energiespezialist

Nathanaël Gobat, Energieberater

enerprocess

Wabersackerstrasse 30

2555 Brügg

+41 78 775 66 47

info@enerprocess.ch

Partner:innen

Adrian Douillet, Berater

Climate Services SA

Passage du Cardinal 11

1700 Freiburg

+41 26 508 58 35

adrian.douillet@climate-services.ch

www.climate-services.ch

Inhalt

1	Zusammenfassung	2
2	Ausgangslage	5
3	Systemgrenzen	7
3.1	Betrachtungserimeter.....	7
3.2	Systemgrenzen der Treibhausgasbilanz.....	8
4	Technische Analyse	10
4.1	Steckbriefe der Pilotbetriebe	10
4.2	Energierrelevante Prozesse und Anlagen	10
5	Treibhausgasbilanz	15
6	Analyse der Scope 1 und Scope 2 Emissionen	17
7	Analyse der Scope 3 Emissionen	18
7.1	Kategorie 3.1 – Eingeaufte Produkte und Dienstleistungen.....	20
7.2	Kategorie 3.5 - Betriebsabfälle.....	20
7.3	Kategorie 3.7 – Pendlerverkehr	20
8	Absenkpfad.....	21
9	Massnahmen zur Reduktion von Scope 1 & 2.....	23
9.1	Prozesse und Maschinen.....	26
9.2	Wärmeerzeugung.....	30
9.3	Mobilität.....	35
9.4	Stromerzeugung	37
9.5	Allgemeinere Massnahmen	39
10	Optionale Massnahmen zur Reduktion von Scope 3	41
11	Technologischer Ausblick.....	45
12	Fazit	47
13	Abschluss.....	49
	Anhang.....	52
14	Methode	52
14.1	Grundlagen der Bilanzierung.....	52
14.2	Systemgrenzen	53

1 Zusammenfassung

Die AMAG Import AG (Auftraggeberin) hat mit Unterstützung des Schweizer Händlerverbands der Volkswagen Konzernmarken und ihrem Netzwerk einen Branchenfahrplan für Karosserie- und Lackbetriebe entwickelt. Das Ziel eines Branchenfahrplans ist aufzuzeigen, wie eine typische Verteilung der Treibhausgasemissionen in der Branche aussieht. Zudem wird dargelegt wie allgemeingültige Anlagen und Prozesse aussehen. Der Branchenfahrplan enthält eine Massnahmenliste mit grossem Anwendungspotenzial für die Branche. Dadurch erhalten KMUs mit begrenzten Ressourcen direkten Zugang zu einer typischen Treibhausgas-Bilanzierung sowie zu möglichen Massnahmen, um das Ziel der Netto-Null-Emissionen in ihrem Betrieb und innerhalb ihrer Branche zu realisieren.

Der Branchenfahrplan wurde auf der Grundlage von sieben individuellen Dekarbonisierungsfahrplänen der Karosserie- und Lackpilotbetrieben erstellt. Dabei wurden sowohl Betriebe, die nur Karosserie und Lackiererei enthalten, analysiert und auch sogenannte Mischbetriebe, welche neben der Karosserie- und Lackabteilung zum Beispiel auch einen Vertrieb haben. Bei den Mischbetrieben wurde die Systemgrenze aus Vergleichbarkeitsgründen auf die Karosserie- und Lackabteilung beschränkt.

Die Ausgangslagen präsentierten sich hinsichtlich der Aktivitäten in den Betrieben als weitgehend homogen. Die Prozesse und Anlagen in den Pilotbetrieben waren jedoch unterschiedlich - dies vor allem in Bezug auf das Alter und den Ausbaustandard der Gebäude, der Gebäudetechnik, der Prozesstechnik und Prozessabläufe der Lackierung sowie dem individuellen Stand bezüglich Sensibilisierung auf Energie- und Ressourceneffizienz.

Durchschnittlich emittierten die analysierten Karosserie- und Lackbetriebe im Basisjahr 2022 147.2 tCO₂e. Dabei fielen mit 67% die meisten Emissionen im Scope 3 an, wobei hier die Kategorie 3.1 «Eingekaufte Produkte und Dienstleistungen» den grössten Anteil ausmacht, gefolgt von der Kategorie 3.7 «Pendlerverkehr» und 3.5 «Betriebsabfälle». Scope 1 Emissionen machten 32% der Treibhausgase aus. Die «stationäre Verbrennung» verursachte hierbei den grössten Anteil. Der Scope 2 fiel mit 1% durch Elektrizitätsemissionen im Vergleich gering aus, da in der Schweiz ein hoher Anteil an emissionsarmen Energien im Strommix genutzt wird.

Ein Absenkpfad, welcher Netto-Null Emissionen bis 2050 für Scope 1 & 2 anstrebt, wurde nach den Vorgaben des schweizerischen Klima- und Innovationgesetz erstellt. Der Scope 3 Absenkpfad wurde nach der Science Based Target Initiative errechnet und strebt eine Reduktion von 90% der Emissionen bis 2050 an, wobei die dann noch verbleibenden

Emissionen mit Speicherung des CO₂ durch Negativemissionstechnologien auszugleichen sind.

Im Scope 1 & 2 konnten Massnahmen in fünf Kategorien für die Reduktion von Treibhausgasen mit Ziel Netto Null bis 2050 ermittelt werden: 1) Prozess und Maschinen - Umstellung auf Niedertemperatur-Lackierung, 2) Wärmeerzeugung - Ersatz der Heizöl- oder Erdgasbrenner mit Wärmepumpen oder wo möglich mit einem Anschluss an das Fernwärmenetz, 3) CO₂-arme Mobilität - Die Umstellung von Fahrzeugen auf E-Mobilität, 4) Stromerzeugung - Bau von Photovoltaik-Anlagen, 5) Energiemanagement, Betriebsoptimierung und Sensibilisierung von Mitarbeitenden.

Im Scope 3 wurden optionale Massnahmen für die drei wichtigsten Emissionskategorien «Eingekaufte Produkte», «Pendlerverkehr» und «Betriebsabfälle» erstellt. Dabei wurden die Massnahmen für die emissionsintensivsten Kategorien qualitativ beschrieben. Beim Einkauf können Betriebe die Optimierung ihrer Lieferkette, die Förderung der Kreislaufwirtschaft oder die Reduktion der Emissionen durch eingekauftes Verbrauchsmaterial angehen. Beim Pendlerverkehr kann ein Mobilitätsplan erarbeitet werden. Bei den Betriebsabfällen ist ein effizientes System zur getrennten Sammlung und zum Recycling empfohlen, falls dies noch nicht vorhanden ist. Ebenso gehört hier das Reparieren statt Ersetzen zu einer wichtigen Massnahme, wie auch die Sensibilisierung der Mitarbeitenden.

Diese Massnahmen sollten mit unterschiedlicher Ausprägung auf die meisten weiteren K+L Betriebe anwendbar sein. Je nach Ausgangslage muss jedoch ein Betrieb grössere Investitionen tätigen, welche sich erst über eine längere Zeitperiode auszahlen wird. Eine Abschätzung der Kosten, welche Betriebe der Branche für die Erreichung von Netto-Null investieren müssen, ist im Rahmen dieser Arbeit nur sehr vereinzelt möglich, auch weil mehrere Technologieumstellungen im Gange sind (Lackchemie und E-Mobilität).

Dieser Branchenfahrplan stellt den ersten seiner Art in der Schweiz dar und entspricht den Anforderungen, welche EnergieSchweiz im Januar 2024 für subventionierte Branchenfahrpläne publiziert hat. Der Branchenfahrplan wurde vor der Publikation der Verordnung des Klima- und Innovationsgesetzes Ende November 2024 erstellt und kann daher noch Abweichungen der Anforderung für Fahrpläne in der Verordnung enthalten. In einem Ausblick wurde im Austausch mit der Branche Möglichkeiten und Themenfelder zusammengetragen, welche in Zukunft relevant für die Dekarbonisierung von Karosserie- und Lackbetrieben sein können (nicht abschliessend). Der Branchenfahrplan soll zudem die

Ausgangslage für eine mögliche Branchenlösung mit allen interessierten Branchenmitgliedern darstellen.

Dieser Branchenfahrplan kann gemäss den Richtlinien, die im Januar 2025 vom Bundesamt für Energie publiziert werden, aktualisiert werden.

2 Ausgangslage

Die AMAG Import AG will zusammen mit dem Schweizer Händlerverband der Volkswagen Konzernmarken die nachhaltige Entwicklung von Karosserie- und Lackbetrieben (K+L) der Autobranche aktiv mitgestalten und hat hierfür einen Branchenfahrplan für die Karosserie- und Lackbetriebe in Auftrag gegeben. Das Ziel ist, dass dieser Branchenfahrplan als Hilfestellung der ganzen Branche dient und später die Grundlage für eine allfällige Branchenlösung darstellt.

Der Branchenfahrplan soll die typische Verteilung der Emissionen, Prozesse und eine Massnahmenliste mit grossem Anwendungspotenzial in der Branche aufzeigen. Dadurch erhalten auch KMUs mit begrenzten Ressourcen einen direkten Zugang zu einer typischen Treibhausgasbilanzierung sowie zu möglichen Massnahmen, um das Ziel der Netto-Null-Emissionen in ihrem Betrieb und innerhalb ihrer Branche zu realisieren. Damit können Unternehmen in der Branche ihre Investitionen entsprechend dem Netto-Null-Ziel auszurichten.

Der Branchenfahrplan wurde im Einklang mit den regulatorischen Rahmenbedingungen des Bundes entwickelt und ist flexibel ausbaubar. Zusammen mit der act Cleantech Agentur Schweiz wurde anhand des Pilotprojekts «Umwelt Standard» ein Branchenfahrplan für die Dekarbonisierung von Karosserie- und Lackbetrieben erstellt. Dieser wurde von EnergieSchweiz mitfinanziert. Im Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG) sind Netto-Null-Fahrpläne für Unternehmen vorgesehen. Im Sektor Industrie sind die Treibhausgasemissionen – gegenüber 1990 – bis 2040 um mindestens 50 Prozent und bis 2050 um mindestens 90 Prozent zu vermindern. Da K+L Betriebe keine schwervermeidbaren¹ Emissionen aufweisen, müssen diese bis 2050 sämtliche Treibhausgasemissionen vermeiden. Dabei sind mindestens die direkten aus der Verbrennung von Brennstoffen und die indirekten Emissionen aus der Bereitstellung der eingekauften Energie (Scope 1 & 2) zu berücksichtigen.

Aufgrund der erhobenen Daten wurden die für die Branche relevantesten Kennzahlen ermittelt. Über einen solchen Branchenansatz sollen die KMUs gezielt bei der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen inklusive vor- und nachgelagerter Lieferkette unterstützt werden, da die Erfassung aller Kennzahlen in der Regel aufwändig ist. Die Treibhausgasbilanzierung wird auf Grundlage des Greenhouse Gas Protocols (GHG-Protokoll) erarbeitet. Sie bildet eine gute und anerkannte Basis, um nächste mögliche Schritte der Dekarbonisierung mit weiteren

¹ Mit schwervermeidbaren Emissionen sind z.B. Emissionen aus der Verbrennung von Sonderabfällen gemeint.

(internationalen) Standards zu vervollständigen. Die SOLL-Zielwerte werden nach dem KIG für Scope 1& 2 sowie nach der SBTi-Methodik für Scope 3 errechnet.

Im Projekt wurden insgesamt sieben verschiedene Dekarbonisierungsfahrpläne für unterschiedliche K+L Betriebe erstellt, die als Ausgangslage für den Branchenfahrplan dienen. Der Schwerpunkt wurde auf die Karosserie- und Lack-Abteilung der Reparaturbetriebe gelegt. Es wurden dabei zwei Karosseriebetriebe und fünf Mischbetriebe analysiert, wobei bei letzteren die Systemgrenze auf die Karosserie – und Lackabteilung gelegt wurde.

3 Systemgrenzen

3.1 Betrachtungsperimeter

Für den Branchenfahrplan wurden sowohl AMAG Retail Reparaturbetriebe als auch Partner Reparaturbetriebe als Pilotunternehmen für Dekarbonisierungsfahrpläne analysiert (siehe Abbildung 1: Systemgrenze des Pilotprojektes Dekarbonisierung Karosserie- und Lackbetriebe).

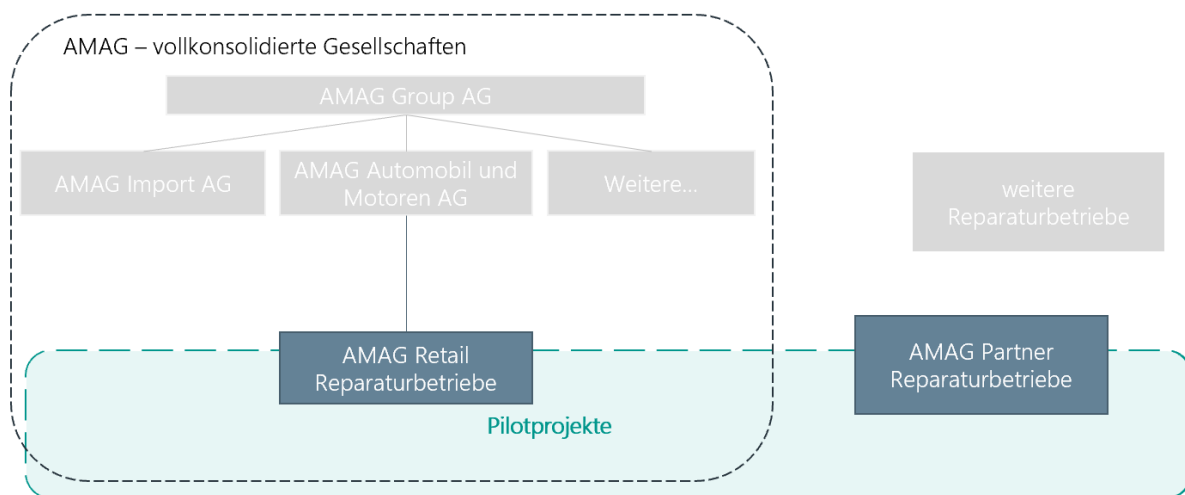


Abbildung 1: Systemgrenze des Pilotprojektes Dekarbonisierung Karosserie- und Lackbetriebe

Es werden zwei Arten von Karosserie- und Lackbetrieben unterschieden. Einerseits Betriebe, die nur Karosserie- und Lackbetriebe sind (hier Karosseriebetriebe genannt) und andererseits sogenannte Mischbetriebe, welche neben der K+L Abteilung z.B. auch einen Vertrieb, Waschanlagen, eine mechanische Werkstatt oder eine Tankstelle haben (siehe Abbildung 2). Bei der Bilanzierung wurden ausschliesslich die Geschäftsaktivitäten der Abteilungen K+L betrachtet und analysiert, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse, aber auch der Prozesse für die Datenerhebung mit den Karosserie- und Lackgaragen zu vergleichen. Wie der Anteil der K+L in den Mischbetrieben festgelegt wurde, steht in der Methodik im Anhang (siehe Kapitel 14). Es ist zu beachten, dass bei einem Mischbetrieb 50% der Waschanalagezyklen für K+L verwendet wurde, während bei allen anderen Mischbetrieben die Waschanlagen öffentlich waren und nicht zum K+L Bereich gehörten.

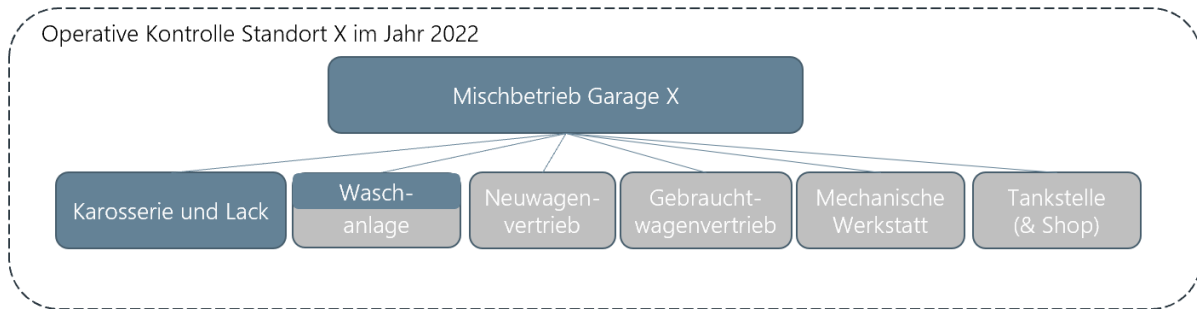


Abbildung 2: Beispiel der Systemgrenze der Abteilung K+L bei einem Mischbetrieb

Zwei Betriebe waren reine Karosseriebetriebe (Karosserie und Lackiererei) und es wurde daher der gesamte Betrieb betrachtet und analysiert (siehe Abbildung 3: Beispiel der Systemgrenze bei einem Karosseriebetrieb).

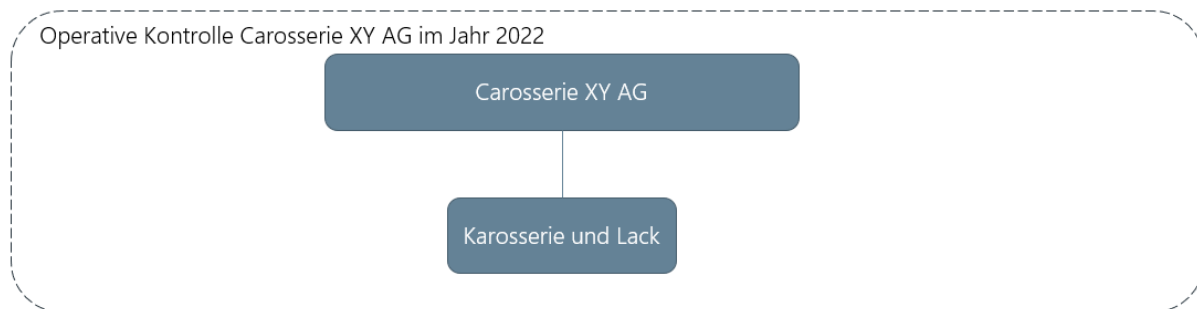


Abbildung 3: Beispiel der Systemgrenze bei einem Karosseriebetrieb

3.2 Systemgrenzen der Treibhausgasbilanz

Basierend auf dem GHG-Protokoll wurden die untersuchten Kategorien der Pilotunternehmen bestimmt. Bei den direkten Emissionen (Scope 1) wurden für die Pilotunternehmen die «stationäre Verbrennung» (Scope 1.1), die «Verbrennung von Treibstoffen» (Scope 1.2), «Kältemittelverluste» (Scope 1.3) und «Prozessemissionen» (Scope 1.4) berücksichtigt.

Bei den indirekten Emissionen kamen nur die Emissionen der Herstellung von Elektrizität in Frage (Scope 2.1), da die Pilotunternehmen im Referenzjahr keine weiteren Energieformen wie Fernwärme, Fernkälte oder Dampf bezogen.

Bei den vor- und nachgelagerten Emissionen wurden die Kategorien «Eingekaufte Produkte & Dienstleistungen» (Scope 3.1), «Kapitalgüter» (Scope 3.2), «Brennstoff- und energiebezogene Emissionen» (Scope 3.3), «Transport und Verteilung» (Upstream, Scope 3.4), «Betriebsabfälle» (Scope 3.5), «Geschäftsreisen» (Scope 3.6) sowie «Pendlerverkehr» (Scope 3.7) berücksichtigt.

Detaillierte Angaben zur Grundlage der Bilanzierung, zur Definition der Systemgrenzen inklusive Annahmen und Limitationen, sowie die prozentualen Anteile von K+L von Mischbetrieben können dem Anhang entnommen werden (siehe Kapitel 14).

4 Technische Analyse

Die act-Energiespezialisten haben bei den Begehungen in den Pilotbetrieben alle relevanten energetischen Verbraucher an den Standorten aufgenommen, welche für Karosserie-Reparaturen und Lackierungen notwendig sind.

Es wurden bewusst unterschiedliche Betriebe ausgewählt. Die jeweiligen Ausgangslagen präsentierten sich verschieden, vor allem hinsichtlich folgender Themen:

- Alter und Ausbaustandard der Gebäude
- Gebäudetechnik (Lüftung, Heizung, Kälte, Druckluft, etc.)
- Prozesstechnik und Prozessabläufe (Lacke und Verarbeitungstemperaturen)
- Individueller Stand bzgl. Sensibilisierung auf Energie- und Ressourceneffizienz

Entsprechend wurden die untenstehenden Steckbriefe der jeweiligen Pilotbetrieben erstellt, um die Unterschiede der Ausgangslage hervorzuheben.

4.1 Steckbriefe der Pilotbetriebe

In fünf Reparaturbetrieben wurden vorwiegend die Geschäftsaktivitäten der Abteilungen K+L analysiert, im Unterschied zu zwei Karosseriebetrieben, bei denen sämtliche energetische Prozesse am Standort analysiert wurden (siehe Kap.3.1). Bei den Mischbetrieben mussten sowohl bei der energieträgerspezifischen Aufteilung als auch bei der Prozesszuordnung der energetischen Verbräuche innerhalb des Betriebes, bezüglich Zuordnung der Abteilung K+L, zumeist Annahmen getroffen werden. Nutzbare Messwerte in Form von Energiezählerdaten lagen in der Regel nicht vor oder waren nicht zugänglich (technische Gründe wie nicht fachgerechte Aufschaltung auf Gebäudeleitsysteme oder unzureichende Datensicherung).

Die Gesamtübersicht der eruierten und zuordbaren Energieträger und Verbrauchsmengen für alle sieben Pilotbetriebe zeigt die nachfolgende Tabelle 1.

		Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4	Betrieb 5	Betrieb 6	Betrieb 7
		Mischbetrieb	Mischbetrieb	Nur K+L Betrieb	Mischbetrieb	Nur K+L Betrieb	Mischbetrieb	Mischbetrieb
	Anzahl Mitarbeitende (MA)	33 MA	23 MA	9 MA	11 MA	10 MA	12 MA	7 MA
Heizöl (HEL)	K+L Zuordnung	-	100%	100%	-	-	-	100%
	Gesamtverbrauch K+L [MWh]	-	256	220	-	-	-	30
	Verbrauch für Prozesswärme (Einbrennprozess Lackeieranlagen) [MWh]	-	256	50	-	-	-	30
	Verbrauch für Komfortwärme [MWh]	-	-	170	-	-	-	-
Erdgas	K+L Zuordnung	77%	-	-	52%	100%	56%	30%
	Gesamtverbrauch K+L [MWh]	320	-	-	270	98	140	100
	Verbrauch für Prozesswärme (Einbrennprozess Lackeieranlagen) [MWh]	300	-	-	253	15	130	90
	Verbrauch für Komfortwärme [MWh]	20	-	-	-	83	10	10
	Waschanlage [MWh]	-	-	-	17	-	-	-
Benzin	K+L Zuordnung			100%		100%		
	Gesamtverbrauch K+L [MWh]	-	-	31	-	10	-	-
	Fahrzeuge [MWh]			31		10		
Diesel	K+L Zuordnung	100%	70%	100%		100%		
	Gesamtverbrauch K+L [MWh]	13	36	4	-	2	-	-
	Abschleppfahrzeug [MWh]	13	36					
	Hochdruckreiniger [MWh]			4				
	Fahrzeuge [MWh]					2		

		Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 3	Betrieb 4	Betrieb 5	Betrieb 6	Betrieb 7
Strom		Mischbetrieb	Mischbetrieb	Nur K+L	Mischbetrieb	Nur K+L	Mischbetrieb	Mischbetrieb
	K+L Zuordnung	70%	30%	100%	28%	100%	35-40%	56%
	Gesamtverbrauch K+L [MWh]	260	290	43	220	69	200	134
	Lüftungsanlagen [MWh]	180	n/a	n/a	30	n/a	n/a	n/a
	Beleuchtung (inkl. Prozesslicht) [MWh]	33	n/a	n/a	n/a	3	n/a	n/a
	Druckluft (Kompressoren) [MWh]	15	n/a	18	15	25	n/a	n/a
	Sauganlage für Schleifprozesse [MWh]	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Abluftventilatoren [MWh]	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Boiler (Brauchwarmwasser) [MWh]	4	n/a	n/a	n/a	-	-	-
	Div. Verbraucher [MWh]	13	n/a	17	25	5	n/a	n/a
	Lackieranlagen [MWh]	n/a	n/a	8	120	35	n/a	n/a
	Heizung [MWh]	-	n/a	-	30	-	-	n/a
	Gesamtverbrauch [MWh]	593	582	298	490	179	340	264
	Heizöl	-	44%	74%	-	-	-	11%
	Erdgas	54%	-	-	55%	55%	41%	38%
	Benzin	-	-	10%	-	5%	-	-
	Diesel	2%	6%	1%	-	1%	-	-
Strom	44%	50%	14%	45%	39%	59%	51%	

Tabelle 1: Energieverbräuche aller Pilotbetriebe. 5 Betriebe sind Mischbetriebe, wobei die Energieträger auf K+L heruntergebrochen wurden (Details siehe Anhang). Betrieb 3 und 5 sind reine Karosserie- und Lackbetriebe. Legende: n/a = nicht angegeben; - bedeutet «nicht vorhanden»

Elektrizitätsverbrauch

Die detaillierte Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs war nur in wenigen Betrieben möglich. Der Strom wurde jedoch hauptsächlich für Lüftungsanlagen, Lackierkabinen (oder die Kombination davon) und in der Druckluft-Erzeugung sowie der Staubabsaugung genutzt. In Betrieben, die vor allem die Kabinen noch nicht auf LED-Technik umgestellt haben, kann auch die Beleuchtung einen nicht zu vernachlässigbaren Anteil am Stromverbrauch haben.

Aufteilung thermischer Energieverbrauch (Wärme)

Wärme aus der Verbrennung von Erdgas oder Heizöl wurde sowohl für die Heizung der Gebäude als auch für die Lackierkabinen als Prozesswärme eingesetzt. Die Aufteilung variierte zwischen den untersuchten Pilotunternehmen sehr stark und hing von Ausbaustandards der Gebäude, sowie der Anzahl und Typen der Kabinen ab, sowie der verwendeten Lackprodukte.

Die Wärme für die Prozesse wurde oft mittels Brenner direkt in den Zuluftkanal der Kabinen eingebracht.

In vielen Fällen war die Heizung vom Gebäude hydraulisch nicht mit den Kabinen verbunden. Die Gebäudewärme wurde separat über fossile Heizkessel oder (in den drei neusten Garagen) über Wärmepumpen (Erdsonden/Grundwasser) bereitgestellt.

Ein Mischbetrieb verwendete 50% des Energieverbrauchs der Waschanlage ebenso als Prozesswärme bei K+L.

Treibstoffverbrauch

Zwei von sieben Pilotunternehmen besaßen Abschleppfahrzeuge, welche mit Diesel betrieben werden. Zwei Pilotunternehmen hatten eigene Personenkraftwagen (PKWs) mit Verbrennungsmotoren innerhalb der Systemgrenze. In einem Fall wurde Diesel ebenfalls für Hochdruckreiniger gebraucht, welcher dem Karosseriebetrieb zugeordnet wurde.

4.2 Energierelevante Prozesse und Anlagen

Nachfolgende werden die Prozesse für Karosserie- und Lackbetriebe allgemeingültig beschrieben.

Vorbereitungsprozess (vereinfacht)

Das zu reparierende Karosserieteil wird vorbereitet und anschliessend repariert. Je nach Schadensart und -ort wird ausgebeult, geschweisst, gebogen und geschliffen. Allenfalls wird Aufbaumaterial verwendet, gehärtet (mit UV- und/oder Infrarot-Licht) und sauber geschliffen.

Nach dem Feinschliff und einer gründlichen Reinigung ist das Fahrzeug(-teil) bereit für den Lackaufbau.

Lackierprozess (vereinfacht)

Einleitend wird festgehalten, dass jeder Betrieb lackiert. Jedoch sieht dieser Lackierprozess aufgrund verwendeter Lackchemie, vorhandener Kabinentechnik, organisatorischer Umstände, sowie nicht zuletzt wegen persönlichen Vorlieben und Erfahrungswerte der Lackiermeister, immer etwas anders aus. Dieser Umstand macht einen direkten Vergleich der Lackierprozesse herausfordernd.

Der genaue Lackierprozess ist abhängig vom jeweiligen Lackierer und kann auch je nach Lack und Applikationstechnik etwas unterschiedlich ausfallen.

Untenstehend ist ein vereinfachter Ablauf für den Prozess des Lackierens und Einbrennen/Aushärtens:

1. Lack wird auf vorbereitete Teile aufgebracht bei 20-25°C
2. Zwischentrocknen (je nach Schichtdicke)
3. Lack aufbringen/fertigstellen bei 20-25°C
4. Trocknungsprozess bei 20-60°C (je nach Lack und/oder Kabinentechnik)

Lacke und Anwendungen

Je nach verwendeter Lackchemie erfolgt das Einbrennen bzw. Aushärten unterschiedlich nach zwei groben Prinzipien: Temperatur- oder Feuchtebasiert. Konventionelle Lacke werden bei höheren Temperaturen eingebrannt. Neuere, wasserbasierte Lacke werden über die Raumfeuchte und bei Raumtemperatur ausgehärtet. Je feuchter die Umgebungsluft am Fahrzeugteil, desto schneller härtet der Lack aus.

Einige Unternehmen setzen bereits auf die moderneren Niedertemperatur-Lacke, andere noch nicht, bzw. befanden sich im Untersuchungszeitraum in der Umstellung.

Niedertemperatur-Klarlacke scheinen kein Problem zu sein, aber noch nicht alle Lack-Hersteller können Niedertemperatur-Mattlacke in der erforderlichen Qualität liefern.

Die Lackierung von Felgen hingegen scheint aktuell nach wie vor nur mit konventionellen Lacken möglich zu sein, welche höhere Temperaturen zum Einbrennen benötigen.

Kabinentechnik

Grundsätzlich können Vorbereitungskabinen von Lackierkabinen unterschieden werden.

Die angetroffene Kabinentechnik unterscheidet sich zwischen den Betrieben deutlich:

- Alte Einbrennkabinen mit Gasbrenner und veralteter Steuertechnik
- Moderne Kabinen mit Wärmeregister
- Moderne Kabinen mit Gasbrenner
- Moderne Kabinen mit Gas- und Infrarot-Technik fix in den Wänden verbaut
- Moderne Kabinen mit Elektroheizung
- Moderne Kabinen (Vorbereitung) mit beweglichen UV/Infrarot Armausleger
- Grosse und kleine Kabinen
- Kombikabinen mit Trennwänden (teils nur Vorbereitung, teils mit Bodenschienen, um das Fahrzeug von der Vorbereitungskabine in die Lackierkabine zu schieben)

Prozesskabinen

Im Rahmen der Analyse fiel auf, wie unterschiedlich die Prozesskabinen sind, welche im Einsatz stehen, beziehungsweise auf dem Markt verfügbar sind:

- **Konventionelle Kabinen:** Sie verfügen über eine starke Lüftung mit Filtereinheiten und haben die Wärmeerzeugung im Zuluftstrom integriert (Alte Kabinen teilweise noch ohne Abwärmenutzung, obwohl dies heute Standard sein sollte).
- **Kombi- oder Mehrzweckkabinen:** Sie verfügen über eine starke Lüftung mit Filtereinheiten und haben die Wärmeerzeugung im Zuluftstrom integriert. Zusätzlich haben sie Infrarot-Panels eingebaut, die nach Bedarf hinzugeschaltet werden können.
- **Reine Infrarot-Kabinen:** Hier wird Infrarotwärme in Form von Infrarotstrahlern verwendet. Diese Strahlungsenergie wird von der Oberfläche absorbiert und in Wärme umgewandelt. Dadurch wird der Lack schnell auf Temperatur gebracht.

Lüftungen

Grundsätzlich benötigt jede Kabine eine Lüftung (mindestens je einen Ventilator für Abluft und Zuluft, allenfalls einen für Umluft). Damit werden die Prozessdämpfe abgesaugt und die gewünschte Temperatur erzeugt. Die für Hochtemperaturprozesse erforderliche kurzzeitig hohe Wärmeleistung wird über Gas/Heizöl-Brenner oder grosse Heizregister im Zuluftstrom bereitgestellt.

In den Farbenmischräumen und teils auch in den Werkstattflächen sind Abluftanlagen zur Abführung von Dämpfen installiert (sicherheitstechnische Vorgabe).

Modernere Standorte haben teils noch Komfortlüftungen, welche die Luft aufbereiten, zumindest einen Teil für K+L-Zonen.

Heizung und Warmwasser

Für prozessbedingte Wärmeerzeugung siehe Lüftungen.

Eine wichtige Erkenntnis war, dass in den Pilotbetrieben die Heizsysteme für Komfort- und Prozesswärme hydraulisch und örtlich voneinander getrennt sind.

Gebäude- und Prozesstechnik-Steuersysteme

Eine Kabine ist fast überall ein autarker Prozessraum innerhalb der Gebäudehülle mit einem spezifischen, auf den Lackierprozess abgestimmte Steuersystem von einem spezialisierten Hersteller.

Die Steuerungen der Prozesstechnik kommunizieren höchstens über «Bedarfsbefehle» (Wärme erforderlich) mit einer zentralen Wärmeerzeugung, welche wiederum über eine Hausautomation gesteuert wird. Moderne Anlagen verfügen über ein HLK-Gebäudeleitsystem (Heizung, Lüftung und Klimatisierung).

Dieser Umstand wird in manchen Unternehmen dazu führen, dass bei der Umstellung auf Niedertemperatur-Prozesswärme der Umbau der zentralen Wärmeerzeugung zu grossen Investitionen und Umbauten führen wird (siehe auch Kap. 9 Massnahmen), wenn eine gemeinsame Heizungslösung für Gebäude- und Prozesswärme angestrebt wird.

Bei kleineren Betrieben (<10 MA) wurden auch dezentrale Wärmeerzeugungen angetroffen (autarke Lüftererhitzer mit Heizöl- oder Erdgasbrenner). Ob es in solchen Fällen Sinn ergibt, eine zentrale Wärmeerzeugung zu erstellen, muss individuell geprüft werden.

Druckluft

In jedem Pilotbetrieb wurde Druckluft benötigt. Meist wurde sie mit zwei redundanten Kompressoren erzeugt und getrocknet. Von «alt und ineffizient gesteuert» bis «neu und intelligent geregelt» wurde die gesamte Bandbreite angetroffen. Der Netzdruck variierte von 7-11 Bar. Einige Betriebe schalteten die Druckluftproduktion in der Nacht aus, andere nicht.

Bei mehreren K+L Betrieben konnte festgestellt werden, dass sich die Prozesse über die letzten Jahre entwickelt haben und z.B. zwischenzeitlich statt luftbetriebenen Schleifsysteme vermehrt elektrische Geräte genutzt wurden. Vermutlich führte dieser Wandel dazu, dass die

meisten Druckluft-Aggregate heute überdimensioniert sind, ein schlechtes Last/Leerlauf-Verhältnis aufweisen und daher ineffizient betrieben werden.

Auf Leckagen wurde meist geachtet, dennoch konnte in allen Betrieben das Personal auf vorhandene Undichtigkeiten aufmerksam gemacht werden. Meist waren die Leckagen an Anschlussstücken und mobilen Werkzeugen zu finden.

Es ist davon auszugehen, dass diese variablen Zustände auch für weitere Betriebe gelten.

Schleiftechnik / Vakuum

Während einige Betriebe mit speziellen, mobilen Schleif-Staubsaugern arbeiten, verfügen andere über ein zentrales Absaugsystem für Staub, der bei Schleifarbeiten anfällt. Zentrale Systeme werden mit Filter und einem leistungsfähigen Vakuum-Aggregat betrieben.

Trocknerstrahler

Zur örtlichen Aushärtung von Spachtelarbeiten/Filler werden auch leistungsstarke mobile UV- und Infrarot-Strahler eingesetzt.

5 Treibhausgasbilanz

Die durchschnittlichen bilanzierten Treibhausgasemissionen der sieben analysierten Betriebe betragen für das Geschäftsjahr 2022 **147.2 tCO₂e** (siehe Tabelle 2). Dabei wurden die im Perimeter ausgeschlossenen Kategorien (siehe Kapitel 3) nicht berücksichtigt.

Relevante Kategorien	Emissionen im Durchschnitt [tCO ₂ e.]	Anteil [%]	Standardabweichung [tCO ₂ e.]
Scope 1	46.6	32	17
1.1: Stationäre Verbrennung	39.8		18
1.2: Mobile Verbrennung	4.4		4
1.3: Kältemittelverluste	2.5		2
1.4: Prozessemissionen	5.0		5
Scope 2	2.2	1	1
2.1: Elektrizität	2.2		1
Scope 3	98.5	67	35
3.1: Eingekaufte Produkte und Dienstleistungen	49.6		17
3.2: Kapitalgüter	4		0
3.3: Brennstoff- u. energiebezogene Emissionen	6.3		4
3.4: Transport und Verteilung (Upstream)	3.0		5
3.5: Betriebsabfälle	13.0		11
3.6: Geschäftsreisen	4.5		2
3.7: Pendlerverkehr	25.6		19
TOTAL durchschnittliche Emissionen Scope 1-3²	147.2		

Tabelle 2: Treibhausgasemissionen aufgetrennt nach Kategorie. Der Anteil in Prozent bezieht sich auf die Summe der durchschnittlichen Emissionen von Scope 1 bis 3.

In der Tabelle 2 ist deutlich zu erkennen, dass im Durchschnitt mit 98.5 tCO₂e die meisten Treibhausgasemissionen in Scope 3 anfielen (67% der Summe der durchschnittliche Scope 1 bis 3 Emissionen). Die Emissionen, welche in Scope 1 (32%) und Scope 2 (1%) durchschnittlich emittiert wurden, fallen geringer aus (siehe Tabelle 3 und Abbildung 4). Grosse Abweichungen unter den Betrieben gab es bei in der Kategorie 1.1 «Stationäre Verbrennung» und in der Kategorie 3.1 «Eingekaufte Produkte und Dienstleistungen».

² Die ist die Summe der Emissionen im Durchschnitt von Scope 1-3

Tabelle 3: Aufteilung der Emissionen nach Scopes

	Durchschnittliche Emissionen [t CO ₂ e]	Anteil [%]
Scope 1	46.6	32
Scope 2	2.2	1
Scope 3	98.5	67

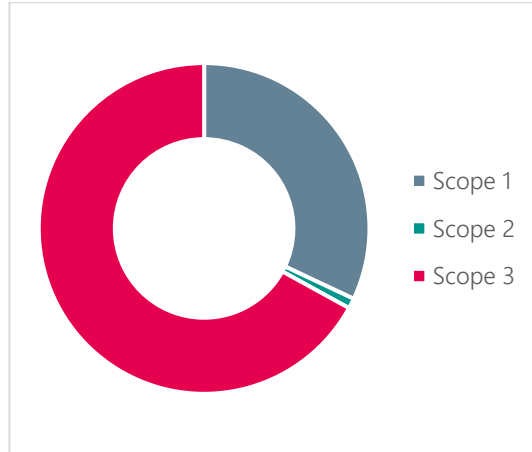


Abbildung 4: Zuweisung der Treibhausgasemissionen auf die drei Scopes

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Scope 1-3 Kategorien für die einzelnen Betriebe auf. Hier stellten wir fest, dass eine Heterogenität zwischen den Betrieben besteht, v.a. im Scope 1 und Scope 3. Scope 3 hatte bei sechs Betrieben den höchsten Anteil. Bei einem Betrieb waren die Scope 3 Emissionen tiefer als die des Scope 1. Dies war ein ganzer Karosseriebetrieb (kein Mischbetrieb), welcher aufgrund der Raumwärme für den ganzen Betrieb mehr Energie benötigte.

Nur die Elektrizitätsemissionen waren bei allen Betrieben ähnlich tief, da ein hoher Anteil an erneuerbaren Energien in den Stromprodukten der Schweiz genutzt wurden.

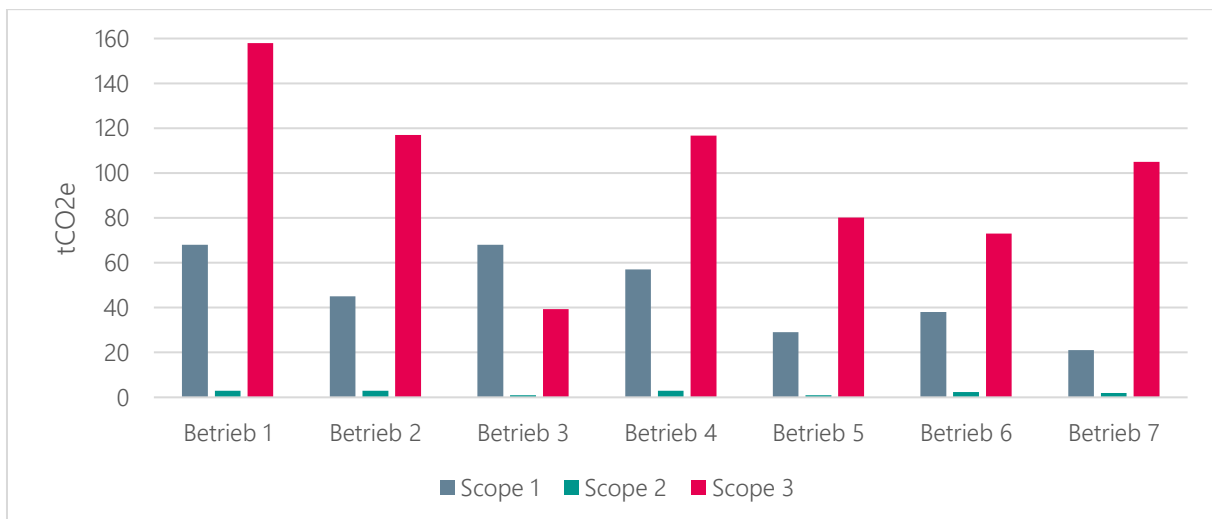


Abbildung 5: Aufteilung der Scope 1-3 / Betrieb

6 Analyse der Scope 1 und Scope 2 Emissionen

Mit 39.8 tCO₂e im Durchschnitt und 27% durchschnittlicher Anteil an der THG-Bilanz des einzelnen Betriebes war die «stationäre Verbrennung» (Kat. 1.1) die wichtigste Kategorie der direkten Emissionen (Scope 1). Die «Verbrennung von Treibstoffen» (Kat. 1.2) mit 4.4 tCO₂e und «Prozessemissionen» 5 tCO₂e (Kat. 1.4) kamen mit Abstand an zweiter Stelle.

Die indirekten Scope 2 Emissionen kamen aus der Herstellung von Strom. Keiner der sieben Betrieben kaufte Dampf, Wärme oder Kälte (Scope 2) ein. Im Durchschnitt machten die Scope 2 Emissionen 1% des Emissionsfussabdrucks des Unternehmens aus. Die Stromemissionen waren so tief, da ein hoher Anteil an emissionsarmen Energien im Strommix genutzt wurde.

Relevante Kategorien Scope 1 und 2	Emissionen im Durchschnitt [tCO ₂ e.]	Durchschnittlicher Anteil [%] an THG-Bilanz
1.1: Stationäre Verbrennung	39.8	27%
1.2: Mobile Verbrennung	4.4	3%
1.3: Kältemittelverluste	2.5	2%
1.4: Prozessemissionen	5.0	4%
2.1: Elektrizität	2.2	1%

Tabelle 4: Relevanten Kategorien Scope 1 und 2 mit durchschnittlichen Emissionen und durchschnittlichem Anteil an THG-Bilanz des einzelnen Betriebs.

Abbildung 6 zeigt auf, wie heterogen die Verteilung der Emissionen zwischen den Betrieben innerhalb der Kategorien von Scope 1 & 2 war. Alle Betriebe hatten stationäre Verbrennungs- und Elektrizitätsemissionen. Fünf Betriebe hatten im K+L – Bereich mobile Verbrennungsemissionen. Drei Betriebe wiesen Prozessemissionen auf und zwei Betriebe Kältemittelverluste. Die Unterschiede bei der stationären Verbrennung hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem von der Wahl der Energieträger (fossil, nicht-fossil), den Bedingungen am Standort, dem Energiekonzept, den unterschiedliche Anzahl Kabinen, der Auslastung und entsprechenden Lackierdurchläufen pro Tag usw.

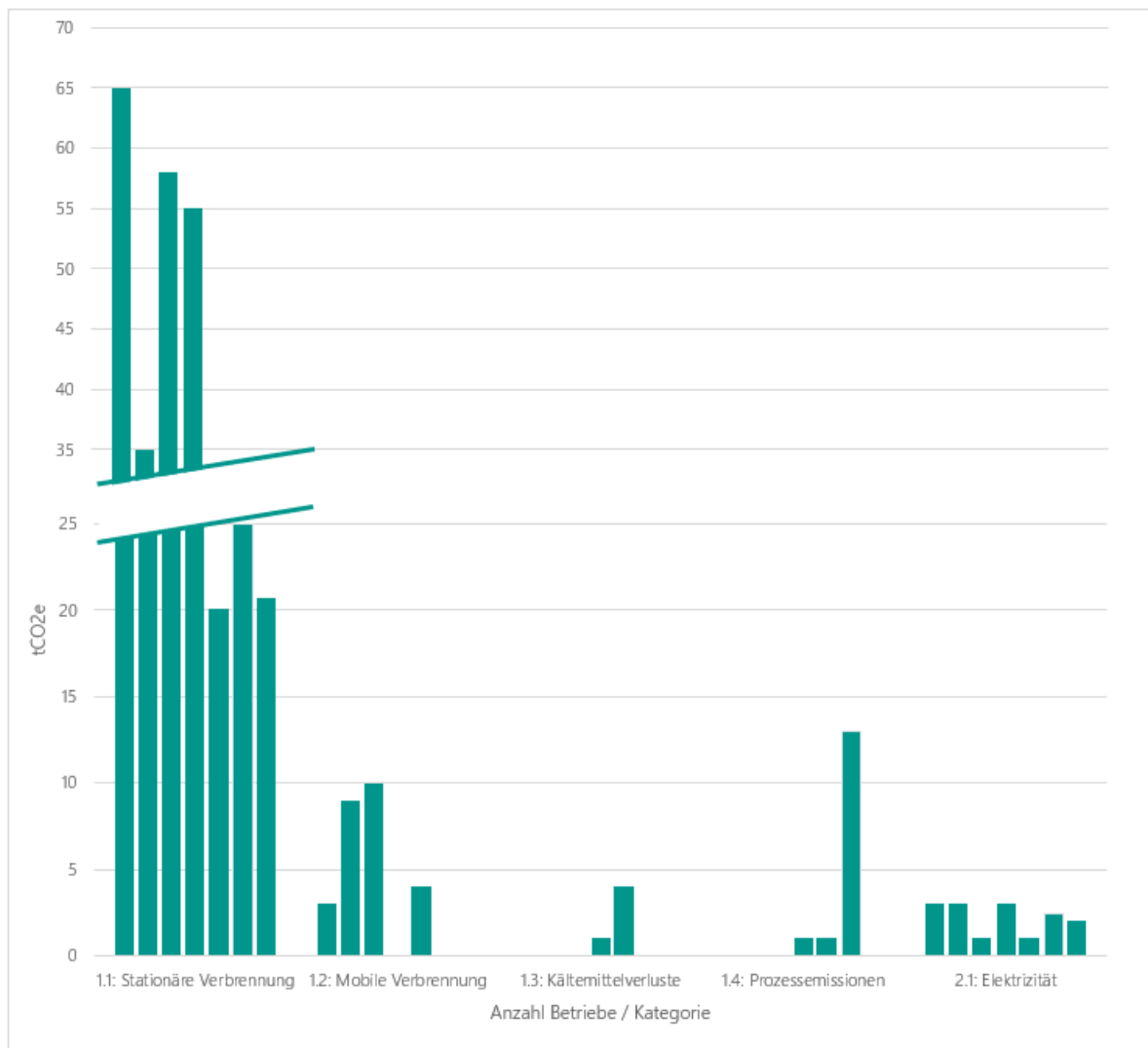


Abbildung 6: Verteilung der Emissionen zwischen den Betrieben pro Kategorie im Scope 1 und 2.

Für die eingekauften Stromprodukte wurde für die Scope 2 Berechnungen individuell mit dem marktbasierter Ansatz gerechnet. Der marktbasierter Ansatz spiegelt die Emissionen wider, die durch den Konsum der Elektrizität entstehen, die das Unternehmen bewusst gewählt hatte.

7 Analyse der Scope 3 Emissionen

Bei den Pilotbetrieben konnten im Zuge der Treibhausgasbilanz die Kat. 3.1 «Eingekaufte Produkte und Dienstleistungen» mit durchschnittlichen 49.6 tCO₂e als Hauptemissionsquellen in Scope 3 identifiziert werden. Der durchschnittliche Anteil dieser Kategorie an der gesamten THG-Bilanz war 34%. Die zweitwichtigste Quelle der THG-Emissionen war mit 25.6 tCO₂e (mit 16% durchschnittlicher Anteil an THG-Bilanz) der Pendlerverkehr der Belegschaft, gefolgt von Abfall mit 13 tCO₂e.

Relevante Kategorien Scope 3	Emissionen im Durchschnitt [tCO ₂ e.]	Durchschnittlicher Anteil [%] an THG-Bilanz
3.1: Einge kaufte Produkte und Dienstleistungen	49.6	34%
3.2: Kapitalgüter	4.0	4%
3.3: Brennstoff- u. energiebezogene Emissionen	6.3	5%
3.4: Transport und Verteilung (Upstream)	3.0	1%
3.5: Betriebsabfälle	13.0	9%
3.6: Geschäftsreisen	4.5	2%
3.7: Pendlerverkehr	25.6	16%

Tabelle 5: Relevanten Kategorien Scope 3 mit durchschnittlichen Emissionen und durchschnittlichem Anteil an der THG-Bilanz des einzelnen Betriebs.

Abbildung 7 zeigt auf, wie heterogen die Verteilung der Emissionen zwischen den Betrieben innerhalb der Scope 3 Kategorien war. Bei allen Betrieben machten die «eingekauften Produkte und Dienstleistungen» (Kat 3.1) am meisten Emissionen aus. Ebenfalls wurden in allen sieben Betrieben Emissionen im «Pendlerverkehr» (Kat 3.7) und bei den «Betriebsabfällen» (Kat 3.5) ausgestossen, die jeweils den zweithöchsten respektiven den dritthöchsten Anteil ausmachten. Die «Brennstoff- und energiebezogenen Emissionen» verursachten ebenfalls in allen sieben Betrieben Emissionen. Emissionen aus der «Transport- und Verteilung (Upstream)» gab es bei fünf Betrieben. «Geschäftsreiseemissionen» konnten für K+L bei zwei Betrieben und die «Kapitalgüter» für das Basisjahr 2022 für einen Betrieb analysiert werden.

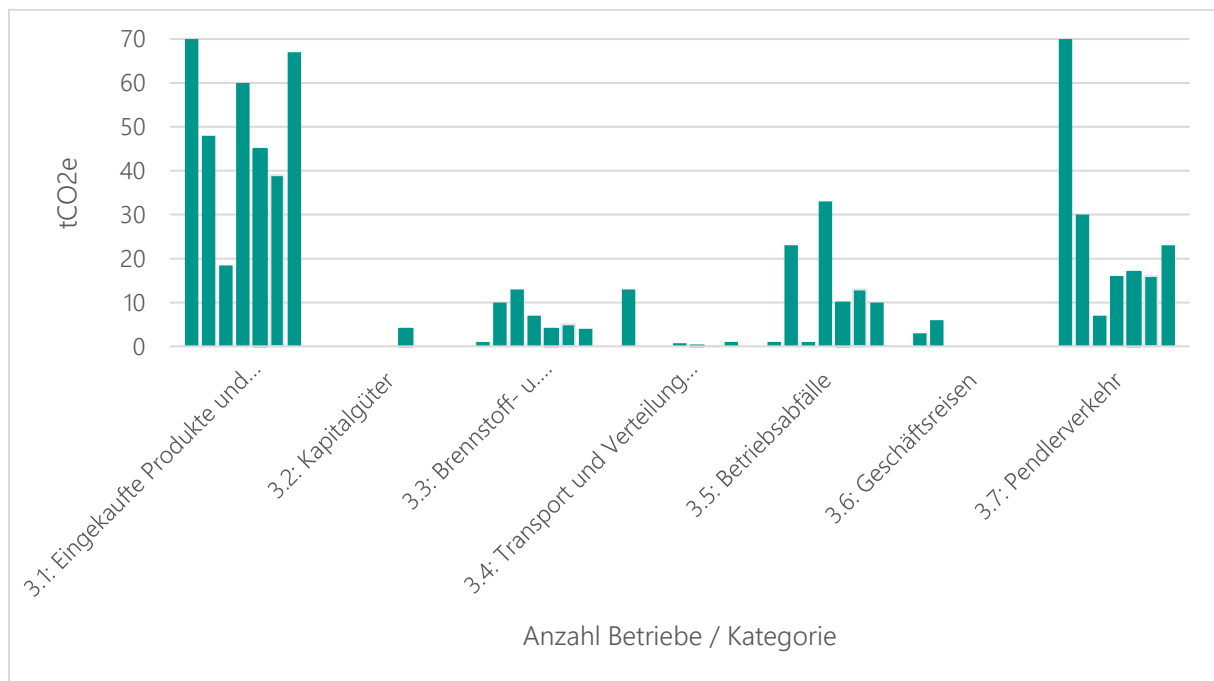


Abbildung 7: Verteilung der Emissionen zwischen den Betrieben pro Kategorie im Scope 3.

Nachfolgend wird auf die zwei bis drei wichtigsten Kategorien im Scope 3 vertieft eingegangen.

7.1 Kategorie 3.1 – Eingekaufte Produkte und Dienstleistungen

Die «eingekauften Produkte und Dienstleistungen» (Kat 3.1) verursachten den grössten Anteil der Gesamtemissionen im Scope 3. Der Grossteil der Einkäufe in dieser Kategorie betraf Ersatzteile (Originalteile). Passive elektronische Komponenten (Scheinwerfer, Leuchte), Kunststoff und Metall waren ebenfalls für einen hohen Anteil der Emissionen in der Kategorie verantwortlich, die mit ihrer Produktion verbunden sind.

Chemische Produkte fallen ebenfalls unter diese Kategorie. Damit sind z.B. gemeint: Acrylic filler, Acryllack, Epoxidharz, Farbe, Lösungsmittel, Reinigungsmittel.

Büromaterial gehört ebenfalls zur Kategorie 3.1, machte aber im Vergleich zu den Ersatzteilen und den chemischen Produkten einen kleineren Anteil aus.

7.2 Kategorie 3.5 - Betriebsabfälle

Das Recycling und die Entsorgung von Betriebsabfällen trugen durchschnittlich zu 9% des gesamten Fussabdrucks im Scope 3 bei. In vielen Betrieben wurden Kunststoffe und Kehrricht als Hauptverursacher genannt.

7.3 Kategorie 3.7 – Pendlerverkehr

Der Pendlerverkehr trägt im Durchschnitt zu 16% der THG-Bilanz im Scope 3 bei. Am häufigsten wurden Privatfahrzeuge mit Diesel und Benzin verwendet. Einzelne Mitarbeitende der analysierten Betriebe benutzten aber auch den öffentlichen Verkehr, elektrische Fahrzeuge oder das Fahrrad.

8 Absenkpfad

Am 18. Juni 2023 hat die Schweizer Bevölkerung das Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG) angenommen. In diesem Gesetz wurde festgelegt, dass alle Unternehmen bis im Jahr 2040 50% der Emissionen reduziert haben und spätestens im Jahr 2050 Netto-Null-Emissionen aufweisen müssen, mindestens bei den direkten und indirekten Emissionen (Scope 1 und Scope 2 Emissionen). Da die K + L Betriebe keine schwer vermeidbaren Emissionen aufweisen, heisst dies konkret, dass im Jahr 2050 keine Scope 1 und 2 Emissionen entstehen dürfen. Die Erreichung dieses Ziels erfolgt entlang von Zwischenzielen. Um die Anforderungen des KIG zur Reduzierung der Emissionen zu erfüllen, wurde basierend auf der durchschnittlichen Treibhausgasbilanz eines K + L Betriebs der in Abbildung 9 ersichtliche und im Anschluss beschriebene Absenkpfad berechnet. Es ist zu beachten, dass für jeden K+L Betrieb ein solcher Absenkpfad individuell ist, basierend auf den ausgestossenen Emissionen.

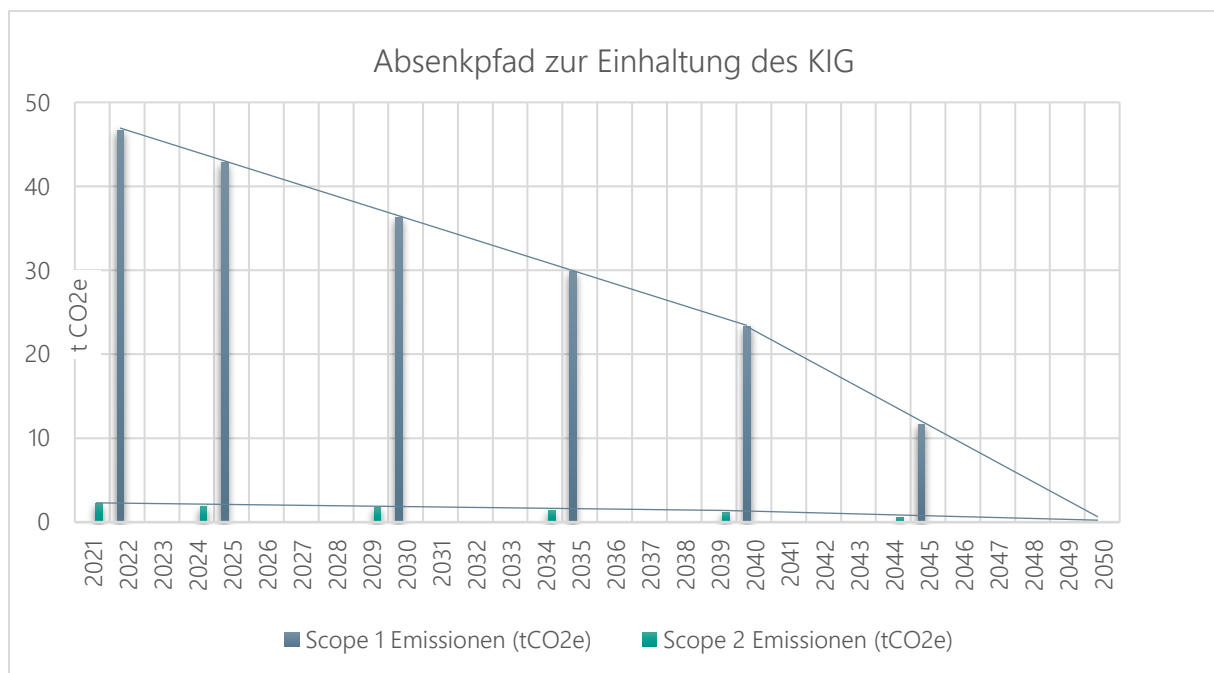


Abbildung 8: Netto-Null Zielpfad bei Einhaltung des KIG

Ein Absenkpfad von Scope 3 Emissionen wird von der schweizerischen Gesetzgebung nicht gefordert. Das BFE empfiehlt jedoch einen Absenkpfad und auch die Auftraggeberin hat es in die Betrachtung miteinbezogen. Für die Berechnung des Absenkpfad der Emissionen entlang der Wertschöpfungskette beziehen wir uns auf die international anerkannte Methode der Science Based Target Initiative (SBTi), welche beim Netto-Null Zielpfad bis 2050 auch die Scope 3 Emissionen inkludiert. Der Netto-Null Zielpfad von SBTi besagt im Unterschied zum

KIG, dass Scope 1 und 2 Emissionen bis spätestens 2050 um mindestens 95% reduziert werden müssen und Scope 3 Emissionen um mindestens 90%. Zudem verpflichtet sich das Unternehmen, die restlichen Emissionen mit Speicherung des CO₂ durch Negativemissionstechnologien auszugleichen. Der Graph in Abbildung 10 veranschaulicht den Absenkpfad nach SBTi für Scope 3. Dieser ist für den Branchenfahrplan nicht verpflichtend.

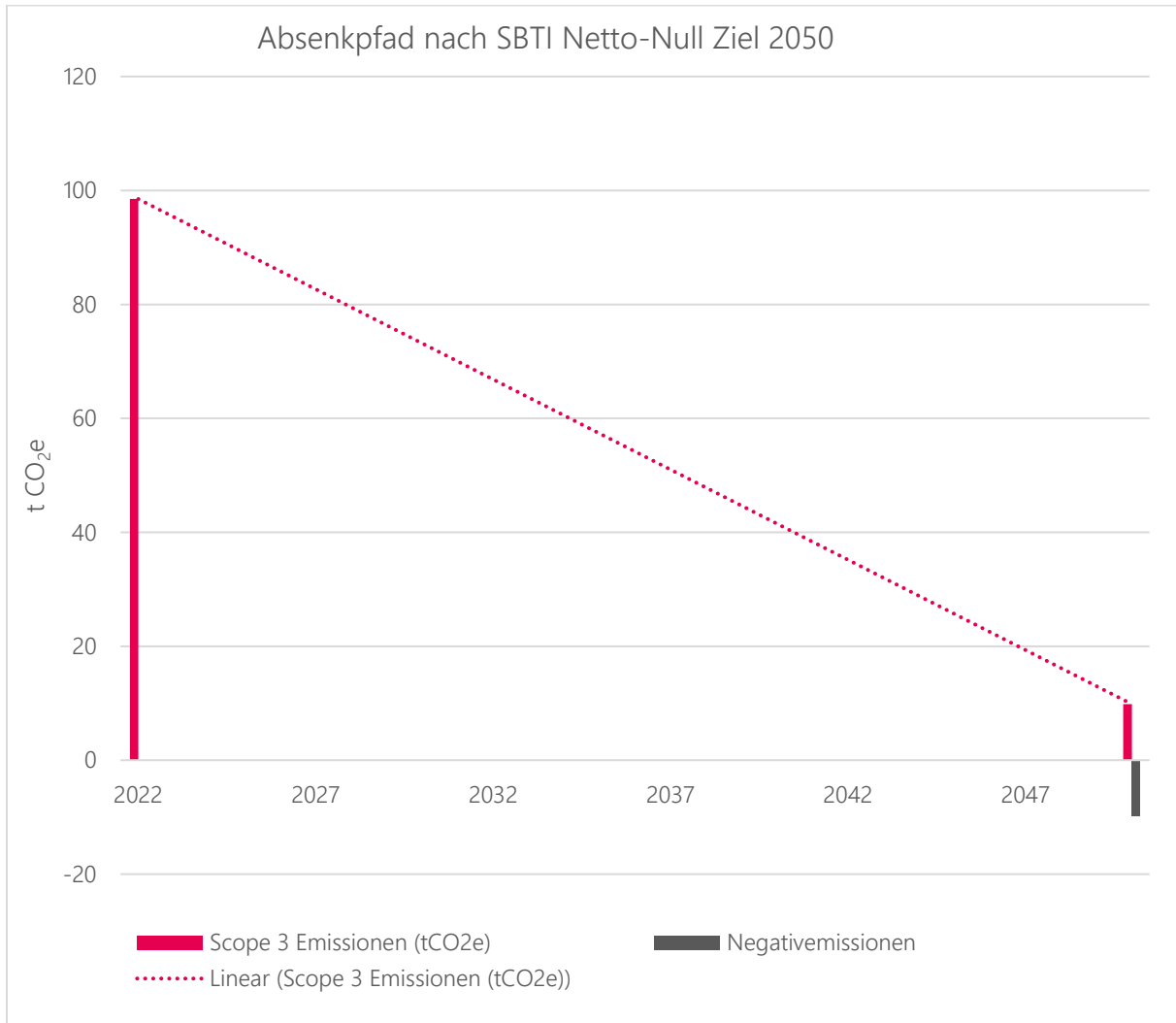


Abbildung 9: Absenkpfad für Scope 3 Emissionen nach SBTi Netto-Null Ziel

9 Massnahmen zur Reduktion von Scope 1 & 2

Um das Ziel einer Dekarbonisierung zu erreichen und gleichzeitig die Energieeffizienz zu verbessern, wurden aufgrund der durchgeführten Analysen zahlreiche Massnahmen für die Reduktion von CO₂-Emissionen im Scope 1 & 2 ausgearbeitet. Die individuelle Ausgangslage des Unternehmens bestimmt dabei das sinnvollste Vorgehen bei der Massnahmenumsetzung. Wichtig ist, dass eine energetische Grundlage vorhanden ist oder geschaffen wird, auf welchen die weiteren Schritte aufbauen. Die Massnahmen können fünf Themenbereichen zugeordnet werden, welche teils stark miteinander verlinkt sind. Die nachfolgende Auflistung entspricht auch der Priorisierungsempfehlung, mit welcher diese Themen angegangen werden sollen unter Berücksichtigung ihrer Relevanz und ihres Potentials für die Branche:

- 1) Prozess und Maschinen - Umstellung auf Niedertemperatur-Lackierung
- 2) Wärmeerzeugung - Ersatz der Heizöl- oder Erdgasbrenner mit Wärmepumpen oder wo möglich mit einem Anschluss an das Fernwärmenetz
- 3) CO₂-arme Mobilität - Die Umstellung von Fahrzeugen auf E-Mobilität
- 4) Stromerzeugung - Bau von Photovoltaik-Anlagen
- 5) Energiemanagement, Betriebsoptimierung und Sensibilisierung der Mitarbeitenden

1) Prozess und Maschinen: Umstellung auf die Niedertemperatur-Lackierung

Als Hauptursache für hohe Emissionen hat sich der Verbrauch der fossilen Brennstoffe herausgestellt, welcher insbesondere den hohen Temperaturen, welche für den Lackierprozess erforderlich sind, geschuldet ist.

Seit einigen Jahren gibt es neue Produkte, deren Lackchemie das Aushärten bei Zimmertemperatur erlauben. Die Reduktion der Prozesstemperatur eröffnet die Möglichkeit, die Treibhausgasemissionen deutlich zu senken (Ausnahme Felgen siehe unten).

Die Herausforderung der neuen Niedertemperaturlacke besteht darin, dass der Aushärtungsprozess von der Raumfeuchtigkeit abhängig ist (je höher die Feuchtigkeit, desto schneller die Aushärtung). Somit muss die Feuchtigkeit im Raum berücksichtigt werden, welche aufgrund der Umgebungstemperatur und Wetterbedingungen stark variieren und von der Gebäudetechnik gesteuert werden kann.

Klarlacke werden von einigen Unternehmen seit Längerem im Niedertemperaturverfahren aufgebracht. Bei gewissen Herstellern funktioniert dies noch nicht mit Mattlacken. Ein

Hersteller gab zum Beispiel an, dass die Markteinführung von Niedertemperatur-Mattlacken bald erfolgen soll (Ende 2024). Damit können auch weitere K+L Betriebe künftig bei Mattlacken auf Hochtemperatur-Anwendungen verzichten und ihre Prozesskabinen entsprechend umstellen. Solange die Umstellung noch nicht erfolgt ist, können diese Betriebe nicht auf Hochtemperatur-Anwendungen verzichten.

Diese Prozessumstellung bringt auch Herausforderungen mit sich. Wenn im Sommer die Temperaturen auf über 30°C ansteigen und gleichzeitig hohe Feuchtigkeitswerte herrschen, härtet der Lack zu schnell aus, um das gewünschte qualitativ hochwertige Ergebnis zu erreichen. Gewisse Betriebe passen daher die Arbeitszeiten an und arbeiten nur in den kühleren Morgenstunden.

Während Karosserieteile auf Niedertemperatur-Lacke umgestellt werden können, funktioniert dies gemäss Aussagen von Betrieben bei Felgenreparaturen noch nicht in der gewünschten Qualität, obwohl einige Lacklieferanten die Lacke hierfür bereits anbieten. Betriebe, welche bereits jetzt im Niedertemperatur-Verfahren lackieren, geben solche Felgen zur Bearbeitung an Externe. Mögliche Lösungsansätze sind im Kapitel 11 aufgeführt.

2) Wärmeerzeugung: Ersatz der zentralen Heizöl- oder Erdgasbrenner mit Wärmepumpen oder wo möglich mit einem Anschluss an das Fernwärmenetz

Die Massnahmen, welche zu den grössten Emissionsreduktionen führen, betreffen den Ersatz des zentralen Heizöl- oder Erdgasbrenners hin zu einer erneuerbaren Lösung mit Wärmepumpen-Technologie. Bei einer zukünftig kompletten Umstellung der Lackiertechnik auf Niedertemperatur ist es sehr wichtig, dass die neuen Prozessanforderungen integraler Teil der Evaluation und Beschaffung von neuen Lackier- und Einbrennkabinen sind und auf Energieaspekte geachtet wird.

3) CO₂-arme Mobilität

Noch ist im Bereich der Nutzfahrzeuge erst eine eingeschränkte Auswahl an elektrischen Fahrzeugen verfügbar. Es ist jedoch abzusehen, dass auch "Abschleppfahrzeuge" mittelfristig mit batterieelektrischen Fahrzeugen ersetzt werden können.

4) Stromerzeugung: Bau von Photovoltaik-Anlagen

Der Bau von Photovoltaik (PV)-Anlagen lohnt sich überall, wo tagsüber viel Energie benötigt wird und die produzierte Energie im Eigenverbrauch verwendet werden kann. Dadurch können Elektrizitätskosten gesenkt werden. Dies trifft auf K+L-Betriebe zu. Die Installation einer PV-Anlage ist für jene Betriebe besonders spannend, bei welchen Massnahmen zur

Emissionsreduktion zu einem Mehrverbrauch an Elektrizität führen (z.B. Ersatz fossiler Heizung mit einer Wärmepumpe).

5) Energiemanagement, Betriebsoptimierung und Sensibilisierung der Mitarbeitenden

Energiemessungen bilden die Grundlage für Detailanalysen bezüglich Energieeffizienz und Ausarbeitung von Einsparmassnahmen. Ein Energiemanagement, das auf einem guten Messkonzept basiert, ist die Basis für Betriebsoptimierungen.

Passgenaue Betriebsoptimierungen führen zu einem effizienten Energieeinsatz ohne Komfortverluste oder Einschränkungen bei den Prozessen.

Schliesslich tragen auch die Mitarbeitenden zu einem energieeffizienten Betrieb bei, es ist wichtig sie für die Thematik zu sensibilisieren.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Massnahmen im Detail erläutert. Wo immer möglich werden die Investitionskosten, die Einsparung der Energie, die Schätzung der Vermeidungskosten, die technische, wirtschaftlichen und ökologischen Risiken sowie die Planung der zeitlichen Umsetzung angegeben. Die zeitliche Umsetzung wird als kurz-, mittel- oder langfristig angegeben. Kurzfristig bedeutet, dass die Umsetzung der Massnahmen aufgrund der Wichtigkeit für die Dekarbonisierung oder guter Wirtschaftlichkeit zeitnah angegangen werden sollte. Als mittelfristig sind Massnahmen deklariert, die für die Dekarbonisierung einen positiven Einfluss haben, je nachdem jedoch etwas mehr Vorbereitungszeit/Planung erfordern. Als langfristig sind Massnahmen eingeordnet, die noch Zeit benötigen, bis die relevanten Technologien preiswerter sind oder die per se unwirtschaftlich sind, aber bei einem Ersatz oder Sanierung angegangen werden sollten.

9.1 Prozesse und Maschinen

9.1.1 Umstellung auf Niedertemperatur-Lackiertechnik (Klar- und Mattlacke)

Gewisse Unternehmen arbeiten seit Jahren mit wasserbasierten Lackprodukten, die bei Niedertemperatur aushärten. Dies darf also als bewährte Technologie betrachtet werden. Die Niedertemperatur Lackchemie ist noch nicht überall in Anwendung.

Die vorliegende Massnahme betrifft Unternehmen, die noch mit Lackprodukten arbeiten, welche bei Temperaturen um 60°C «ausgehärtet» werden. Bei einer kompletten Umstellung der Lackiertechnik auf Niedertemperatur ist es sehr wichtig, dass die neuen Prozessanforderungen integraler Teil der Evaluation und Beschaffung von neuen Lackier- und Einbrennkabinen sind und auf Energieaspekte geachtet wird. Nur dadurch kann ein durchgängiges Energiekonzept zustanden kommen, welches zur Emissionsreduktion der K+L Prozesse führen wird (siehe z.B. Massnahme 9.2.2 «Ersatz Gasheizung, Umstellung auf Wärmepumpen-Konzept»). Dabei soll ebenfalls berücksichtigt werden, dass die Herausforderung der neuen Niedertemperaturlacke darin besteht, dass der Aushärtungsprozess von der Raumfeuchtigkeit abhängig ist (je höher die Feuchtigkeit, desto schneller die Aushärtung). Somit muss künftig zusätzlich zur Temperatur auch die Feuchtigkeit im Raum berücksichtigt werden, welche nach Umgebungstemperatur und Wetterbedingungen stark variieren kann und von der Gebäudetechnik gesteuert werden muss. Situativ muss geprüft werden, ob es allenfalls Sinn ergibt, die Wärmepumpe auch zur Kälteerzeugung zu nutzen, um die Prozesskabinen aktiv zu klimatisieren.

Bei bestehenden Kabinensteuerungen muss mit dem Servicepartner oder dem Kabinenhersteller geprüft werden, wie die neu erforderlichen Prozessbedingungen ein- oder umprogrammiert werden können. Allenfalls entsteht hier ein Aufwand, welcher im Rahmen dieser Analyse nicht abgeschätzt werden konnte. Auf absehbare Zeit wird dies bei gewissen Herstellern herausfordernd oder nicht möglich sein.

Bei Prozesskabinen, die ihre Wärme von einer zentralen Gebäudeheizung beziehen, muss sichergestellt werden, dass diese auch entsprechend angepasst wird. Wurden vorher 80°C Wärme bereitgestellt, wird neu möglicherweise nur noch 45°C benötigt. Solch tiefe Temperaturen erlauben auch erneuerbare Wärmeerzeugung über marktübliche Wärmepumpen (siehe Massnahmen Wärmeerzeugung 9.2).

Wichtig: Die Reparatur-Lackierung von Felgen kann gemäss verschiedenen Aussagen mit den neuen Lacken erst von wenigen qualitativ genügend umgesetzt werden. Hierfür ist nach wie

vor meistens eine Hochtemperatur-Verarbeitung nötig. Einige Unternehmen lagern die Oberflächen-Bearbeitung solcher Felgen an externe Partner aus (siehe auch mögliche Lösungsansätze im Kapitel 11).

Beispielangaben aus den untersuchten Pilotbetrieben:

- **Kostenabschätzung Umsetzung / Investitionskosten:** Je nach Ausgangslage zwischen 10'000 und 250'000 CHF
- **Abschätzung Einsparung thermische Energie:** 72'000 und 150'000 kWh/Jahr
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** Zwischen 30 und >40 tCO₂e, d.h. zwischen 42 und 73% der Scope 1 Emissionen
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurz- bis mittelfristig
- **Schätzung der Vermeidungskosten in CHF/tCO₂e pro Jahr:** Je nach Ausgangslage fallen die Vermeidungskosten in unterschiedlicher Höhe an.
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Einige Unternehmen haben angegeben, dass die Umstellung auf Niedertemperatur-Lacke nicht auf Anhieb funktionierte und Anpassungen in den gewohnten Prozessabläufen und -techniken erforderlich waren.

9.1.2 **Komplette Umstellung auf neue Niedertemperatur-Lackiertechnik (auch Mattlacke)**

Klarlacke können seit Längerem im Niedertemperaturverfahren aufgebracht werden, Mattlacke jedoch bei gewissen Herstellern noch nicht. Ein Hersteller hat angegeben, dass die Markteinführung von Niedertemperatur-Mattlacken bald erfolgen soll (Ende 2024). Damit können gewisse K + L Betriebe künftig auch bei Mattlacken auf Hochtemperatur-Anwendungen verzichten und ihre Prozesskabinen entsprechend umstellen.

Die weiteren Informationen dieser Massnahme sind deckungsgleich mit den obenstehenden Angaben:

- **Qualitative, nicht quantifizierbare Massnahme:** Deutliche Energieeinsparungen möglich, ähnlich oben, abhängig von bereits vorhandener Technik und Stand Umsetzung Niedertemperatur-Prozess
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** Kurz- bis mittelfristig

- **Technischen, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Einige Unternehmen haben angegeben, dass die Umstellung auf Niedertemperatur-Lacke nicht auf Anhieb funktionierte und Anpassungen in den Prozessabläufen und -Techniken erforderlich waren.

9.1.3 Abwärmenutzung / Installation von Wärmerückgewinnung in der Kabinenlüftung

In bestehenden Kabinen, deren Lüftungsanlage über keine Wärmerückgewinnung (WRG) verfügt, kann geprüft werden, ob ein WRG-Register nachgerüstet werden kann. Das kann dort Sinn ergeben, wo der Ersatz der Anlage nicht zeitnah geplant ist.

Die Nutzung der Abwärme kann den Wärmebedarf um bis zu 70% reduzieren und damit zu einer deutlichen Verringerung von Energie und Emissionen beitragen.

Erfahrungsgemäss ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (Platzverhältnisse) und der bestehenden Steuerung, welche angepasst werden muss, dies nicht überall möglich oder ökonomisch sinnvoll.

Bei allen Wärmerückgewinnungen ist zusätzlich zu beachten, dass das WRG-Register gereinigt werden kann, da Ablagerungen den Wirkungsgrad der Abwärmenutzung reduzieren.

- **Qualitative, nicht quantifizierbare Massnahme:** Deutliche Energieeinsparungen möglich, bis 70% des Wärmebedarfs der Kabine
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** Kurz- bis mittelfristig
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Die Rentabilität dieser Massnahme ist anhand von Kostenschätzungen individuell zu beurteilen. Langfristig sinnvoller ist die Erneuerung der Kabine. Moderne Kabinen bieten auch steuertechnisch zusätzliche Nutzen. Bei neuen Kabinen sollte die WRG Standard sein.

9.1.4 Sensibilisierung Lackierende

Bei der Begehung in einem Pilotbetrieb fiel auf, dass in der der Vorbereitungszone, also in der Grosskabine, teilweise Arbeiten mit offenen Vorhängen durchgeführt wurden. Wenn mehr Volumen als effektiv benötigt klimatisiert wird, führt dies zu unerwünschtem Mehrverbrauch.

Auch war eine Meldung auf dem Kabinendisplay ersichtlich, welche auf einen nötigen Filterwechsel hinwies. Hier ist wichtig zu wissen, dass verschmutzte Filter den Luftwiderstand bremsen und somit mehr Kraft und folglich Strom, aufgewendet werden muss, um den

gewünschten Luftwechsel zu erreichen. Regelmässige Filterwechsel werden daher aus Effizienzgründen empfohlen.

Die Prozesstemperaturen und Durchlaufzeiten sollen regelmässig hinterfragt werden. Es ist fraglich, ob die Niedertemperatur Lacke tatsächlich bei 55°C getrocknet werden müssen, wie in einem der Betriebe angetroffen. Ohne die genaue Funktionalität der Kabinensteuerung zu kennen, geht der Energiespezialist davon aus, dass bei Infrarot-Trocknung die Lüftung läuft und die Zuluft ständig nachgeheizt wird (auf 55°C).

Grundsätzlich erscheint es bei vielen Betrieben sinnvoll, dass die Mitarbeitenden auf energieeffiziente Verarbeitungsprozesse sensibilisiert oder spezifisch weitergebildet werden. Auch eine Detailanalyse mit den Lieferanten von Kabinen und Lacken kann sinnvoll sein.

- **Qualitative, nicht quantifizierbare Massnahme**
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** sofort

9.2 Wärmeerzeugung

9.2.1 Ersatz Gasheizung, Anschluss an Fernwärme

Ein Pilotunternehmen, welches an einer projektierten Fernwärme-Netzstrecke liegt, kann dort voraussichtlich ab 2027 angeschlossen werden. Die angekündigte Netzvorlauftemperatur von 75°C kann problemlos für die Heizungsanwendungen im Gebäude genutzt werden.

Dem Unternehmen wird empfohlen, das künftige Wärmeversorgungs-konzept gemeinsam mit dem Ersatz der Lackierkabinen, bzw. mit dem Ersatz der Kabinenheiztechnik auszudenken.

- **Kostenabschätzung Umsetzung /Investitionskosten:** ca. 100'000 CHF (davon ca. 65'000 CHF für den Fernwärmeanschluss + Installationsanpassungen)
- **Abschätzung Einsparung thermische Energie:** ca. 250-300'000 kWh/Jahr (ganzes Gebäude, Anteil K+L ca. 10'000 kWh/a)
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** >55 tCO₂e/Jahr (gegebenenfalls >2 tCO₂e/Jahr für K+L Raumwärme und zusätzlich erhebliche Einsparungen bei der Prozesswärme für die Lackierkabine)
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** mittel- bis langfristig
- **Schätzung der Vermeidungskosten in CHF/TCO₂e pro Jahr:** Mit den vorhandenen Informationen nicht ermittelbar.
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Grundsätzlich muss die für diese Massnahme ein Nah- oder Fernwärmenetz verfügbar sein. Zu beachten ist die jeweilige Wärmequelle des Netzes (fossil oder vorwiegend erneuerbar), welches die künftigen Emissionen beeinflusst. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass eine externe Wärmeversorgung einerseits viele Vorteile mit sich bringt, andererseits auch relativ grosse Anschlusskosten entstehen können und Fernwärme nicht zu den günstigsten Energieträgern gehört (Lebenszyklusanalyse nötig).

9.2.2 Ersatz Gasheizung, Umstellung auf Wärmepumpen-Konzept

Ein Wegfall der Hochtemperatur-Anwendungen erlaubt im Grundsatz neue Möglichkeiten für die künftige Wärmeerzeugung (Prozess und Gebäudeheizung) in mehreren Pilotbetrieben. Temperaturen bis 50°C können problemlos mit marktüblichen Wärmepumpen erzeugt werden und damit die fossilen Energieträger bei der Wärmeerzeugung komplett durch Strom substituiert werden.

Die Wärmequelle muss auf die jeweilige lokale Situation angepasst werden. Möglich sind Luft, Erdsonden, Grundwasser, Anergienetze, Seen und Fliessgewässer. Naheliegend haben die Erschliessung dieser unterschiedlichen Wärmequellen unterschiedliche Preisschilder. Auch die Wärmeerzeugungseffizienz ist unterschiedlich und reicht von zwei bis sechs oder höher (die eingesetzte elektrische Kilowattstunde erzeugt 2 bis 6+ kWh an Wärmeenergie).

Da die neue Lackiertechnologie in starker Abhängigkeit der Feuchtigkeit ist, bietet sich mit einer Wärmepumpe auch die Möglichkeit, die entstehende Kälte zur Raumkonditionierung und Entfeuchtung zu nutzen.

Ohne den zukünftigen Energiebedarf, nach der kompletten Umstellung auf die Niedertemperatur-Lacke zu kennen, ist eine seriöse Massnahmenberechnung mit Einsparpotential nicht möglich. Dies war im analysierten Jahr 2022 noch nicht vollständig der Fall.

Es wird empfohlen, das künftige Wärmeversorgungskonzept gemeinsam mit dem Ersatz der Lackierkabinen zu planen und bei einem allfällig vorzeitigen Ersatz der Kabinen auch gleich Energiemessungen einzubauen. Vorschläge für Messungen sind: Strommessungen für grössere Verbraucher (z.B. Kabinen, Kabinen-Lüftungen oder künftige Wärmepumpe(n), sowie Wärmemessungen (Prozess- vs. Raumheizung und allenfalls Kälte)).

- **Qualitative, nicht quantifizierbare Massnahme:** zu individuell - ohne den zukünftigen Energiebedarf, nach der kompletten Umstellung auf die Niedertemperatur-Lacke zu kennen, ist eine seriöse Massnahmenberechnung mit Einsparpotential nicht möglich.
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** mittelfristig
- **Technischen, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Bei der Auswahl der Wärmepumpe soll abgesehen von einer passenden Wärmequelle darauf geachtet werden, dass auf den Einsatz von fluorhaltigen Kältemitteln, welche aufgrund des hohen Treibhausgas-Potenzials (GWP) bereits verboten sind oder künftig verboten werden, verzichtet wird und stattdessen Lösungen mit natürlichen Kältemittel angestrebt werden. Leckageverluste von synthetischen Kältemitteln können zu hohen Emissionen im Scope 1 führen.

9.2.3 Wärmeerzeugung: Installation eines Warmwasser-Registers bei den Lackieranlagen (spezifische Massnahme)

In einem Pilotunternehmen konnte in Kombination mit der Heizungsersatz-Massnahme «Ersatz des Heizölbrenners mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe oder Luft-Wasser-

Wärmepumpe» ein Heizregister in der Prozesslüftung installiert und mit dem Heizungsnetz verbunden werden.

- **Kostenabschätzung Umsetzung /Investitionskosten:** 24'000 CHF
- **Abschätzung Einsparung thermische Energie:** 50'000 kWh/Jahr
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** 12.9 tCO₂e/Jahr, d.h. 19% der Scope 1 Emissionen.
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** mittelfristig
- **Schätzung der Vermeidungskosten in CHF/TCO₂e pro Jahr:** 93 CHF/TCO₂e³
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Es können hohe Wartungskosten anfallen: Regelmässige Wartung ist wichtig, um die Effizienz zu bewahren und Schäden vorzubeugen (schlechte Wasserqualität kann zu Korrosion und Ablagerungen führen).

9.2.4 Installation von Sonnenkollektoranlagen und Speicher bei Waschanlagen

In Betrieben, in welchen ein relevanter Anteil des Energiebedarfs durch eine Waschanlage für K+L verursacht wird, kann es allenfalls Sinn ergeben, eine Sonnenkollektor-Anlage (Solarthermie) zu installieren, um Warmwasser zu produzieren. An sonnigen Tagen sind damit Temperaturen von deutlich über 65°C erreichbar. Ein effizientes System müsste dafür aber auch über einen grossen „Solarspeicher“ verfügen.

Eine Solarthermieanlage benötigt aber immer eine zusätzliche Wärmeerzeugung (Wärmepumpe, Gasbrenner, Fernwärme), um in den Zeiten mit wenig Sonne den Wärmebedarf garantieren zu können. Ob solch eine Lösung örtlich sinnvoll ist, muss individuell von Planern geprüft werden.

Ein Pilotunternehmen hat mit dem Neubau einer solchen Sonnenkollektor-Anlage bereits gute Erfahrungen gesammelt. Die Wärmeabdeckung beträgt etwa 30%. Es muss aber auch erwähnt werden, dass Solarthermie aufgrund der (früher) hohen Ausfall-/Störungsrate eher in Verruf geraten ist und vielfach die Fläche für Photovoltaik genutzt wird (Kombiprodukte wären auch erhältlich). Wichtig ist auf jeden Fall die Überwachung eines korrekten und effizienten Betriebs.

³ Eine Lebensdauer von 20 Jahre wurde für die Schätzung angenommen. Zusätzliche Stromkosten sowie die eingesparten Heizölkosten wurden nicht einberechnet.

- **Kostenabschätzung Umsetzung /Investitionskosten:** ca. 15'000 und 50'000 CHF je nach Warmwasserbedarf und Speichergrösse
- **Abschätzung Einsparung thermische Energie:** ca. 2'000-10'000 kWh/Jahr (Brauchwarmwasser)
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** je nach Betriebsgrösse zwischen 1 bis 10 tCO₂e/Jahr im Scope 1 & 2
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurz- bis mittelfristig
- **Schätzung der Vermeidungskosten in CHF/TCO₂e pro Jahr:** Mit den vorhandenen Informationen nicht ermittelbar.
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Technologie gut bekannt und relativ einfach für Standard-Anwendungen (z.B. Brauchwarmwasser bis 65°C), aber Installation mit einigem Aufwand verbunden (Hydraulik, redundante Heizung, Speicher, Steuerung und Überwachung). Ein Anlagenausfalls, der nicht bemerkt wird, führt dazu, dass die Wärme zu 100% vom redundanten Wärmeerzeuger erbracht werden muss.

9.2.5 **Wärmeerzeugung: Austausch von Wärmeerzeugern - gasbetriebener Luftherhitzer (spezifisches Beispiel)**

In einem Pilotbetrieb werden zwei in die Jahre gekommenen gasbetriebenen Heizlüfter an der Decke für die Bereitstellung von Komfortwärme benutzt. Sie werden im Winter punktuell für die Beheizung der Karosserie (Räume) eingesetzt.

Eine Massnahme hierfür könnte die Installation einer Multi-Split-Luft/Luft-Wärmepumpe (Kühl-/Heiz-Kombi) sein, um den Gasverbrauch für diesen Teil zu eliminieren.

Die Installation einer solchen Luft/Luft-Split-Klimaanlage ist relativ einfach und kostengünstig.

- **Kostenabschätzung Umsetzung /Investitionskosten:** 21'000 CHF
- **Abschätzung Einsparung thermische Energie:** 45'000 kWh/Jahr Erdgas
- **Mehrverbrauch elektrische Energie:** 14'516 kWh/Jahr
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** 8.9 tCO₂e/Jahr, d.h. 13% der Scope 1 Emissionen.
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurz- bis mittelfristig

- **Schätzung der Vermeidungskosten in CHF/TCO₂e pro Jahr:** Gewinn von 193 CHF/CO₂⁴
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Der Einsatz von Kältemitteln, welche aufgrund des hohen Treibhausgas-Potenzials bereits verboten sind oder absehbar sein werden, soll bei der Auswahl der Wärmepumpe vermieden werden.

⁴ Für die Schätzung der Vermeidungskosten wurden eine Lebensdauer der Wärmepumpen von 15 Jahre, einen Strompreis von 25 Rp./kWh und einen Erdgaspreis von 10 Rp/kWh angenommen.

9.3 Mobilität

Die Umstellung auf die Elektromobilität wird in den nächsten Jahren einige Änderungen und Herausforderungen für die K+L Betriebe mit sich bringen.

9.3.1 Umstellung auf elektrische Abschleppfahrzeuge

Einige Betriebe besitzen Abschleppfahrzeuge, auch „Schlepper“ genannt.

Noch sind im Bereich der Nutzfahrzeuge lediglich eine eingeschränkte Auswahl an elektrischen Fahrzeugen verfügbar. Es wird empfohlen, dass die K+L-Betriebe den Markt regelmässig auf die spezifischen Anforderungen beurteilen und die "Schlepper"- mittelfristig ersetzen.

Ein Kosten/Nutzenvergleich lässt sich erst mit einem konkreten Fahrzeugtyp machen. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass sich die Produktion von eigener Solarenergie und eine elektrische Fahrzeugflotte gut ergänzen und einen wirtschaftlicheren Betrieb ermöglichen.

- **Qualitative, nicht quantifizierbare Massnahme**
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** abhängig vom Betrieb, jedoch ist davon auszugehen, dass fossile Treibstoffe komplett (100%) substituiert werden können
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** Mittel- bis langfristig, je nach Marktverfügbarkeit von geeigneten Fahrzeugen
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Die Umstellung auf elektrische Nutzfahrzeuge bringt zahlreiche Vorteile für die Reduzierung von CO₂-Emissionen und die Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen mit sich. Trotz aktuell noch höheren Anschaffungskosten ist der Betrieb solcher Fahrzeuge jedoch kostengünstiger, speziell in Kombination mit eigen erzeugtem Solarstrom (Erhöhung Eigenverbrauch). Jedoch gehen damit auch technische Herausforderungen einher, z.B. ein Energie- und Lademanagement. Die Infrastruktur an Ladestationen ist bereits bei den meisten Betrieben vorhanden.

9.3.2 Umstellung auf elektrische Personenkraftwagen (PKW)

Einige Betriebe ordnen eigene Geschäftsfahrzeuge und Kundenersatzfahrzeuge (PKW) der K+L Abteilung zu. Die Elektromobilität ist bereits etabliert im Markt und wird sich in absehbarer Zeit weiterentwickeln. Der schrittweise Umstieg auf eine Flotte batteriebetriebener

Elektrofahrzeuge (BEV) ist daher eine konsequente Entscheidung. In den meisten Betrieben ist die notwendige Ladeinfrastruktur bereits vorhanden oder steht auf der Agenda für den Ausbau.

- **Qualitative, nicht quantifizierbare Massnahme:** abhängig vom Betrieb und vorhandenen Fahrzeugen, die ausgetauscht werden
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** abhängig vom Betrieb, jedoch ist davon auszugehen, dass fossile Treibstoffe komplett (100%) substituiert werden können
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurz- bis mittelfristig
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Die Umstellung auf elektrische Fahrzeuge bringt zahlreiche Vorteile für die Reduzierung von CO₂-Emissionen und die Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen mit sich. Als Risiko könnte argumentiert werden, dass gewisse Kunden Elektrofahrzeuge generell ablehnen und (noch) auf einen Ersatz-Verbrenner bestehen.

9.4 Stromerzeugung

9.4.1 Bau einer Photovoltaikanlage

Für mehrere Pilotunternehmen wird die Installation einer PV-Anlage empfohlen. Viele K+L-Betriebe haben Flachdächer, die prädestiniert sind für den Bau einer Photovoltaikanlage. Teils sind die Dächer jedoch sanierungsbedürftig. Im Idealfall wird eine Dachsanierung zusammen mit der Installation der PV-Anlage angegangen, damit Synergien bei der Bauinstallation entstehen können. (Absturzsicherungen, Dachsubstrat als Gewicht für die PV-Anlage, etc.). Der Bau einer PV-Anlage ist für Betriebe besonders angebracht, wo Massnahmen für die Senkung von CO₂-Emissionen angedacht sind, welche zu einem Strom-Mehrverbrauch führen (z.B. Wärmepumpe, E-Mobilität). Dadurch können Elektrizitätskosten gesenkt werden.

- **Kostenabschätzung Umsetzung /Investitionskosten:** abhängig von der Dachfläche ca. 1'000 -2'000 CHF/kWp
- **Abschätzung Einsparung eingekaufte Elektrizität:** ca. 1'000 kWh/Jahr je kWp installierter Leistung
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** abhängig von installierter Grösse und Stromprodukt
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurz- bis mittelfristig
- **Schätzung der Vermeidungskosten in CHF/TCO_{2e} pro Jahr:** keine Angabe möglich
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Eine Photovoltaikanlage bietet Unternehmen die Chance, nachhaltig Energie zu erzeugen und langfristig Energiekosten zu senken. Der Ertrag von PV-Anlagen ist klar von der Ausrichtung der Anlage und dem Wetter abhängig. Sie sind zuverlässig und im Regelfall wirtschaftlich (wo tagsüber Strom in einem Betrieb konsumiert wird). Die hohen Investitionskosten sind normalerweise innert wenigen Jahren amortisiert. Der Vollständigkeit halber sind als ökologische Risiken Ressourcenverbrauch und Entsorgung noch aufzuführen.

9.4.2 Ausbau und Erweiterungen von Photovoltaikanlagen

Einige Pilotunternehmen verfügen bereits über PV-Anlagen. Zusätzlich verfügen sie jeweils über noch nicht für Solaranlagen genutzte Flächen, z.B. Dächer oder Fassaden. Letztere haben den Vorteil, dass sie im Winter aufgrund vom tieferen Sonnenstand einen höheren Ertrag liefern, aber auch etwas höhere Initialkosten aufweisen.

- Kosten, Nutzen und Risiken gleich/ähnlich wie vorherige Massnahme

9.4.3 Installation von Batteriespeichersystemen

Der grösste Nachteil von Solaranlagen ist, dass sie nur tagsüber und bei mindestens einigermaßen schönem Wetter Strom produzieren. Die Stromproduktion fällt also nicht zwingend dann an, wann sie auch benötigt wird.

Speicher in Form von Batterien können überschüssigen Strom aufnehmen und bei Bedarf wieder abgeben. Dies kann die Eigenverbrauchsquote stark verbessern oder auch mithelfen, teure Lastspitzen zu reduzieren. In den meisten Fällen ist die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen noch nicht wirklich gegeben. Die Preise von Batterien sind aber seit Jahren am Sinken und je nach Anwendung sind Batteriespeicher bereits wirtschaftlich. Dieser Trend wird in den nächsten Jahren anhalten.

Für die Betriebe könnte künftig aber auch die kombinierte Batteriekapazität der eigenen Flotte eine Möglichkeit sein, den Eigenverbrauch und damit die Umweltbilanz zu verbessern. Hierfür sind jedoch Ladestationen und Fahrzeuge nötig, welche für bidirektionales Laden und Entladen ausgelegt sind.

- **Kostenabschätzung Umsetzung / Investitionskosten:** aktuell 200 - 500 CHF/kWh
- **Abschätzung Einsparung eingekaufte Elektrizität:** von diversen Faktoren abhängig
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** von diversen Faktoren abhängig, muss individuell angeschaut werden (Batteriekosten und -grösse; Strompreis, Leistungsspitzen/Kosten, installierte PV-Leistung, Lastprofil Strombedarf)
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurz- bis langfristig
- **Schätzung der Vermeidungskosten in CHF/TCO_{2e} pro Jahr:** keine Angabe möglich
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** Speicher bieten Unternehmen die Chance, die nachhaltig erzeugte Energie zu speichern und selbst zu nutzen, statt sie zu womöglich für tiefe Vergütungen ins Netz zu speichern. Eine Herausforderung für die Nutzung von BEV als bidirektionalen Stromspeicher ist die beschränkte Anzahl an Lade/Entladezyklen, die allenfalls zu einem vorzeitigen Lebensende der Batterie führen kann (noch kaum Erfahrungswerte im Markt). Aktuell sind erst wenige Anlagen ökologisch wirtschaftlich, dies wird sich in den nächsten Jahren weiter verbessern. Der Vollständigkeit halber sind als ökologische Risiken auch Ressourcenverbrauch und Entsorgung zu erwähnen.

9.5 Allgemeinere Massnahmen

9.5.1 Energiemanagement installieren

In einem Pilotbetrieb sind Stromzähler vorhanden, die über das Lastmanagement aufgeschaltet sind. Diese würde bei einer Stromüberlast einzelne Bereiche wie die Kabinenheizungen abwerfen, beziehungsweise die Ladeleistung von Ladestationen drosseln.

In moderneren Betrieben sind diverse Strom, Wärme- und Kälte-Energiezähler installiert. Falls sie zentral aufgeschaltet sind, meistens auf das Gebäudeleitsystem (GLS). Abgesehen von teils bedenklich kurzer Speicherzeit über die gesamte Steuertechnik der erfassten Datenwerte auf einer SQL-Datenbank, macht eine Aufschaltung auf das GLS grundsätzlich wenig Sinn. Diese Systeme erlauben keine bzw. nur eine eingeschränkte Auswertung bezüglich Energieeffizienz.

Um künftig präzise Aussagen über energieeffiziente Betriebe treffen zu können, sollten die vorhandenen und gegebenenfalls zusätzlich erforderlichen Systeme in ein geeignetes Energie Controllingsystem integriert werden. Solche Systeme sind zum Beispiel Strom- und Wärmemessungen in den Kabinen, zentrale Absaugung, Druckluftkompressoren sowie Wärmepumpen/Kältemaschinen. Dies ermöglicht eine kontinuierliche und detaillierte Analyse des Energieverbrauchs und bildet die Grundlage für fundierte Aussagen über den effizienten Betrieb sowie mögliche Betriebsoptimierungsmassnahmen. Die Erstellung eines tauglichen Messkonzepts ist hierfür der erste Schritt.

- **Kostenabschätzung Umsetzung /Investitionskosten:** ab ca. 20'000 CHF
- **Abschätzung Einsparung eingekaufte Elektrizität:** individuell, keine allgemeine Angabe möglich
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** individuell, keine allgemeine Angabe möglich
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurz- bis mittelfristig

9.5.2 Energetische Betriebsoptimierung (eBO)

Gebäudetechnikanlagen werden in der Regel in Betrieb genommen, bevor die Räumlichkeiten belegt werden und die Steuerparameter entsprechen vielfach den Standard- oder Erfahrungswerten der Programmierer.

Es ist sinnvoll, zwei bis drei Jahre nach der Inbetriebsetzung, die Anlagen auf ein mögliches Betriebsoptimierungs-Potential hin zu analysieren. Dabei werden die Funktionen und Regelparameter kritisch hinterfragt und allenfalls verbessert. Dies erfolgt von Vorteil in

Zusammenarbeit zwischen dem Anlagenutzer, einem Energiespezialisten und dem Gebäudeautomations-Spezialisten. Sinnvollerweise könnte diese eBO im Rahmen eines Wartungsbesuches aufgelegt werden.

- **Kostenabschätzung Umsetzung /Investitionskosten:** ab 1'000 CHF
- **Abschätzung Einsparung Energie:** 10% oder höher
- **Verminderung der Treibhausgasemissionen:** individuell
- **Die Planung der zeitlichen Umsetzung:** kurzfristig und etwa alle 5 Jahre wiederholend
- **Technische, wirtschaftliche und ökologische Risiken:** ein «Überoptimieren» könnte zu Komfort- oder Prozessproblemen führen. Um dies zu vermeiden wird ein schrittweises Anpassen der Sollwerte und Parameter empfohlen.

10 Optionale Massnahmen zur Reduktion von Scope 3

Neben der Reduktion von Scope 1 & 2-Emissionen, hat der Betrieb auch die Möglichkeit seine Scope 3 – Emissionen zu reduzieren. Nachfolgend sind Massnahmen & Handlungsfelder für die drei emissionsintensivsten Scope 3 Kategorien in qualitativer Form beschrieben, welche empfohlen werden. Dies sind Massnahmen für die Kategorie 3.1 «Einkauf», 3.5 «Abfall» und 3.7 «Pendlerverkehr». Es ist anzumerken, dass je nach Betrieb und Ausgangslage, also ob beispielsweise ein Abfall-Recyclingsystem vorhanden ist oder nicht, die Möglichkeiten zur Umsetzung stark variieren.

10.1.1 Massnahmen im Einkauf (Scope 3.1)

Eine Reduktion der THG-Emissionen **durch die Herstellung der eingekauften Güter** kann durch folgende Massnahmen erreicht werden:

Optimierung der Lieferkette: Überprüfung der Lieferanten von Handelswaren (z.B. Paint und Non-Paint) und bevorzugte Auswahl solcher, die Waren aus recycelten oder langlebigen Materialien anbieten, beziehungsweise ihre eigene Produktion schon dekarbonisiert haben und dies ausweisen. Bei den Originalersatzteilen gibt es kaum Einflussmöglichkeiten und ein möglicher Ersatz müsste mit den Lieferanten angeschaut werden.

Förderung der Kreislaufwirtschaft: Die Einführung eines Programms zur Sammlung und Wiederverwendung von noch brauchbaren Ersatzteilen aus Unfall- oder Alt-Fahrzeugen soll überprüft werden. Dadurch könnte die Nachfrage nach neuen Teilen reduziert und die damit verbundenen Emissionen bei der Herstellung minimiert werden. Ein solches Programm wäre in der vorgelagerten Lieferkette beim Dienstleister für Ersatzteile anzusiedeln.

Massnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch eingekauftes Verbrauchsmaterial:

- Durch die **Digitalisierung von Prozessen** sollte die Menge des verwendeten Papiers drastisch reduziert werden. Eine interne Prüfung des Papierverbrauchs wird empfohlen.
- Die **Verlängerung der Lebensdauer von Geräten**, der Erwerb von generalüberholten Geräten und die Auswahl von Produkten / Lieferanten auf der Grundlage von Nachhaltigkeitskriterien (z.B. CO₂-Intensität des Unternehmens im Verhältnis zu seinem Umsatz oder Ökobilanz des jeweiligen Produkts) werden empfohlen. Dasselbe gilt generell für den Kauf jeglicher Art von **IT-Hardware**.
- Wenn die Verwendung alternativer Produkte nicht in Frage kommt, sollte die **Auswahl des Lieferanten** auf der Grundlage von Nachhaltigkeitskriterien erfolgen (z. B. CO₂-

Intensität des Unternehmens im Verhältnis zum Umsatz oder Lebenszyklusanalyse des betreffenden Produkts).

- Um die Auswirkungen im Zusammenhang mit der Herstellung des **Epoxidharzes** zu verringern, könnte die Verwendung von biobasierten Harzen oder Verbundstoffen aus Naturfasern in Betracht gezogen werden, um Produkte aus Erdöl durch pflanzliche Alternativen auf Soja- oder Leinenbasis zu ersetzen.
- Alternativen zu herkömmlichen **Reinigungsmitteln**, die umweltfreundlicher sind, wie z.B. Tensidreiniger oder biobasierte enzymatische Reiniger.
- Um die Auswirkungen von **Lösungsmitteln** zu verringern, könnten mehrere Alternativen in Betracht gezogen werden:
 - Der Betrieb kann in Technologien zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln investieren. Dadurch könnten die verwendeten Lösungsmittel zurückgewonnen und wiederverwendet werden, wodurch die Menge des anfallenden Abfalls verringert werden würde. Ausserdem kann nach umweltfreundlicheren Alternativen gesucht werden, z.B. nach wasserbasierten Entfettern oder biologisch abbaubaren Lösungsmitteln.
 - Lösungsmittel mit niedrigem VOC-Gehalt: auf der Basis von Propylenglykol, Ethylacetat.
 - Biobasierte Lösungsmittel (aus erneuerbaren Rohstoffen wie Mais, Zuckerrohr oder Soja). Beispiele: bio-basiertes Ethanol, bio-basiertes Ethylacetat, Methyllactat.
 - Lösemittelfreie Systeme: Pulverbeschichtungen, Ultraschallreinigung.

10.1.2 Massnahmen zu Betriebsabfällen (Scope 3.5)

Die thermische Verwertung von Abfällen ist häufig die Hauptquelle für Emissionen in dieser Kategorie. Die **Implementierung eines effizienten Systems zur getrennten Sammlung und zum Recycling** wird empfohlen, wenn es noch nicht vorhanden ist. Eine bessere Abfallbewirtschaftung kann Kosten und den CO₂-Fussabdruck reduzieren. Die Verbesserung zur Trennung an der Quelle, um recycelbare oder kompostierbare Materialien vor der Verbrennung zu separieren kann auch auf Seite Entsorgungsdienstleister umgesetzt werden. Ein Austausch mit dem Abfallentsorger hilft, um mögliche Verbesserungsansätze zu identifizieren. Insgesamt wird für jede identifizierte Abfallkategorie der folgende Ansatz empfohlen:

- 1) **Identifikation Zusammensetzung und Herkunft der beschädigten Teile und Abfall:**
Beispiel: Die meisten Kunststoffe stammen aus den Stossstangen, die bei Unfallfahrzeugen von Kunden ersetzt werden müssen. Woraus besteht der Abfall, der verbrannt wird? Welcher Anteil dieses Abfalls stammt aus den Einkäufen?
- 2) **Untergruppen für jede Abfallart bestimmen**, basierend auf den im ersten Punkt ermittelten Faktoren. Beispiel: Karton > Verpackungen der bestellten Teile.
- 3) **Handlungshebel und Verantwortlichkeiten des Unternehmens für jede Untergruppe festlegen.** Beispiele: Für die Verpackungen ist das Unternehmen verantwortlich, das die bestellten Teile versendet. Der Karosseriebetrieb kann jedoch über eine Wiederverwendung dieser Verpackungen nachdenken oder in Absprache mit dem Zusteller eine Rückholung organisieren, um Verpackungsmaterial in gutem Zustand wiederzuverwenden. Bei Farben und Lösungsmitteln ist der Karosseriebetrieb vollständig verantwortlich für die Mengen, die sie verwendet und für die Entsorgung der Reste.
- 4) **Massnahmen auflisten**, die in Abhängigkeit von den ermittelten Handlungsfelder umgesetzt werden müssen. Der Betrieb bestimmt eine verantwortliche Person und informiert die Mitarbeitenden über die notwendigen Veränderungen. Grundsätzlich bieten sich zwei Schwerpunkte an:
 - a. Die Mengen verringern
 - b. Die Verarbeitung verbessern

Kunststoffe, Metalle, Glas

Da diese Materialien aus den zu ersetzenden Teilen stammen, ist der Hersteller der Hauptverantwortliche für ihre Zusammensetzung und ihre Fähigkeit, zur Wiederverwertung zerlegt zu werden. In Bezug auf die Menge des erzeugten Abfalls liegt der einzige Hebel für den Karosseriebetrieb darin, die Reparatur dem Austausch vorzuziehen. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, die Bemühungen auf die Mülltrennung zu konzentrieren, um ein angemessenes Recycling zu ermöglichen.

Management von Lösungsmitteln und Entfettungsmitteln auf Lösungsmittelbasis

Es existieren bereits Technologien zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln. Dadurch können die verwendeten Lösungsmittel zurückgewonnen und wiederverwendet werden, wodurch die Menge des anfallenden Abfalls verringert wird. Ausserdem kann nach umweltfreundlicheren Alternativen gesucht werden, zum Beispiel nach wasserbasierten Entfettern oder biologisch abbaubaren Lösungsmitteln.

Reparieren statt Ersetzen

Die Ersatzteile sollen wo immer möglich repariert statt ersetzt werden. Hierbei gilt zu beachten, dass alle gesetzlichen – und vertragsrechtlichen Vorgaben eingehalten werden. Dies betrifft die Sicherheitsanforderungen an Reparatur und den Betrieb des Fahrzeuges sowie die Qualitätsanforderung des Herstellers.

Sensibilisierung von Mitarbeitenden und Abfallaudit

Umweltfreundlichere Praktiken können durch die **Schulung von Mitarbeitenden** eingeführt werden. Zudem wird die **Durchführung eines Abfallaudits** empfohlen, um Schwachstellen in den Sortier- oder Abfallmanagementprozessen zu identifizieren. Dies ergibt die Möglichkeit die Verringerung des Volumens und die Verbesserung der Wiederverwertung von Materialien zu ermitteln.

10.1.3 Massnahmen zum Pendlerverkehr (Scope 3.7)

Eine Optimierung des Pendlerverkehrs kann durch die Entwicklung eines **Mobilitätsplans** geschaffen werden, mit folgenden Zielen:

- Ein System zur Bildung von Fahrgemeinschaften einrichten
- Schulung und Sensibilisierung des Personals zum umweltfreundlichen Fahren
- Alternative Lösungen zum motorisierten Individualverkehr anbieten (Förderung von öffentlichem Verkehr & Langsamverkehr, Fahrrad, BEV-Fahrzeugen ...).

Ein Mobilitätsplan für Unternehmen besteht aus einem Bündel von Massnahmen, die die verschiedenen Aspekte der Mobilität im Zusammenhang mit den Aktivitäten eines Unternehmens zum Gegenstand haben. Die Massnahmen zielen darauf ab, die Wege/Fahrten zu reduzieren und Anreize für die Nutzung nachhaltiger Verkehrsmittel im Pendler- und beruflichen Verkehr zu schaffen.

Ein Mobilitätsplan besteht aus drei Teilen:

- 1) Eine detaillierte Bestandsaufnahme inkl. einer Umfrage zur aktuellen Situation der Mitarbeitenden.
- 2) Die Festlegung der Ziele des Mobilitätsplans (aktuelle Situation vs. gewünschte Situation; Verkehrsverlagerung, Parkraumbewirtschaftung).
- 3) Identifizierung der Massnahmen des Mobilitätsplans (Aktionen, die zur Erreichung der erwarteten Ziele umgesetzt werden müssen).

11 Ausblick: neuartige Technologien und Prozesse

Im nachfolgenden Ausblick werden Themen und Handlungsfelder aufgegriffen, welche die K+L Branche für den Bereich Dekarbonisierung in den nächsten Jahren als relevant erachtet. Die Informationen kommen mehrheitlich von angefragten Mitgliedern der Branche. Die Aufzählung ist initial und kann ergänzt werden.

Felgenlackierung

Obwohl Felgenreparaturen und die nachfolgende Lackierung mit Niedertemperaturlacken erst vereinzelt qualitativ zufriedenstellende Ergebnisse liefert, gibt es bereits einige Überlegungen, wie diesem Umstand im Hinblick auf die CO₂-Reduktion einzelner Betriebe und der Branche als Gesamtes begegnet werden könnte:

- Lackchemie, die ebenfalls bei Niedertemperatur aushärtet und den Qualitätsanforderungen entspricht, soll geprüft und umgesetzt werden
- Aushärtung rein über Infrarotwärme, falls möglich
- Zusammenlegung dieser spezifischen Bearbeitung in regionale Kompetenzzentren (z.T. heute schon vorhanden). Zum Beispiel an Standorte, die:
 - über CO₂-arme Hochtemperatur-Wärmeversorgung verfügen (z.B. Fernwärme aus Kehrichtverbrennungsanlagen oder Holzwärme-Verbundnetze)
 - speziell für solche Prozesse eingerichtet sind und daher sehr effizient sind. Hierfür sind kleine Prozesskabinen oder spezialisierte Prozessstrassen (teils oder komplett automatisierter Durchlaufprozess) denkbar, deren geringeres Kabinenvolumen deutlich weniger Wärme erfordern.

Wichtiger Hinweis: Im Rahmen dieser Analyse konnte dieser Punkt der Felgenlackierung nicht abschliessend geklärt werden. Diese Vorschläge sind daher mit Vorsicht zu geniessen und in Detailanalysen zu plausibilisieren und weiterzuentwickeln.

Vorgefertigte Geothermische Panels

Es existiert bereits eine erste vorgefertigte geothermische Paneltechnologie, die unterirdische Strukturen wie Parkhäuser, Keller und Lagerräume in erneuerbare Energiequellen ohne Bohrungen verwandelt. Diese Innovation fängt Erd- und Restwärme ein und bietet eine kosteneffiziente Lösung zur Reduzierung der CO₂-Emissionen. Die Panels ermöglichen eine

Integration mit Wärmepumpen an Orten, an denen herkömmliche Systeme auf Schwierigkeiten stossen.⁵

Solche Panels könnten situativ für K+L Betriebe geprüft werden, in welchen entsprechende Tiefgaragen vorhanden sind. Eine genauere spezifische Analyse wäre hierzu erforderlich. Ergänzend könnte sie für die Massnahme 9.2.2 «Ersatz Gasheizung, Umstellung auf Wärmepumpen-Konzept» sein, als Beispiel für die Energiequellen-Auflistung.

Low Energy Technologien der Lackhersteller

Verschiedene Produkte der Lackhersteller ermöglichen kürzere Prozesszeiten bei der Lackierung und tiefere Trocknungstemperaturen (bis 20°C, abhängig von klimatischen Bedingungen). Dies hilft, den Energieverbrauch und somit auch die CO₂-Belastung zu senken.⁶

Verknüpfung von digitalen Farbtonmessgeräten mit vollautomatischen Farbmischgeräten

Die Verknüpfung von digitalen Farbtonmessgeräten mit vollautomatischen Farbmischgeräten für die Lackierung ermöglicht eine aufgabenspezifische Volumenbestimmung mit einer hohen Genauigkeit. Dadurch können Abfälle stark reduziert werden. Dies soll auch zu weniger Nacharbeiten führen, was ebenfalls die CO₂ Belastung positiv beeinflusst.^{6,7}

Unterstützende Lacktechnologien

Beim Lackieren mit ionisiertem Stickstoff als Lackträger wird der Düsendruck verringert. Dadurch entsteht weniger Sprühnebel und die Partikel, die bei dem Lackieren mit Druckluft in der Luft verloren gehen würden, ordnen sich sauber auf dem Werkstück an. Damit ist ein höherer Lackauftrag bei geringerem Materialaufwand möglich und die Lebensdauer der Filter in der Lackierkabine wird verlängert. Zudem hält Stickstoff die Temperatur- und Feuchtigkeitswerte konstant. Generell wird darauf hingearbeitet, dass Lackieren unabhängiger von der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchtigkeit wird und antistatische Effekte genutzt werden.⁸

⁵ <https://enerdrape.com/>

⁶ Konzept André Koch AG / Axalta für Nachhaltigkeit und CO₂-Reduktion

⁷ Akzo Nobel; Axalta, BASF, PPG

⁸ Blutech: Automotive – Repair – Systems; Eurosider: NTS Nitro Master; Akzo Nobel: PaintPerformAir

12 Fazit

Der Branchenfahrplan zeigt auf, dass die Homogenität der Betriebe aufgrund der Aktivitäten welche in den K + L Betrieben stattfinden, weitgehend gegeben ist. Die energierelevanten Kenngrössen der Betriebe präsentierten sich jedoch unterschiedlich in Bezug auf das Alter und den Ausbaustandard der Gebäude, der Gebäudetechnik, der Prozesstechnik und Prozessabläufen der Lackierung und dem individuellen Stand der Mitarbeitenden bezüglich Sensibilisierung auf Energie- und Ressourceneffizienz. Nur mittels einer individuellen Betriebsanalyse und einer Begehung vor Ort (für Scope 1 + 2) kann eine technisch genaue Auslegeordnung für den Betrieb erfolgen und betriebsspezifische Emissionsreduktionsmassnahmen vorgeschlagen werden.

Die analysierten Betriebe sind repräsentativ für die Branche. Das Total Repair Netzwerk der AMAG umfasst zwei Drittel reine Karosseriebetriebe und ein Drittel Mischbetriebe, wobei eine Tendenz zu Mischbetrieben feststellbar ist. Durchschnittlich emittierten die analysierten Karosserie- und Lackbetriebe 147.2 tCO₂e. Dabei fielen mit 67% die meisten Emissionen im Scope 3 an, wobei hier die Kategorie 3.1 «Eingekaufte Produkte und Dienstleistungen» den grössten Anteil ausmachte, gefolgt von der Kategorie 3.7 «Pendlerverkehr» und 3.5 «Betriebsabfälle». Scope 1 Emissionen machten mit durchschnittlich 32% der Treibhausgase aus, wobei hier die «stationäre Verbrennung» den grössten Anteil verursachte. Scope 2 fiel mit 1% durch Elektrizitätsemissionen im Vergleich gering aus, da in der Schweiz ein hoher Anteil an emissionsarmen Energien im Strommix genutzt wird.

Mit Technologien, welche heute auf dem Markt vorhanden sind, kann es bereits möglich sein sich dem Netto- Null-Ziel bis 2050 nach KIG anzunähern. Die in den Pilotbetrieben ausgearbeiteten Scope 1 und 2 Massnahmen können fünf Themenbereichen zugeordnet werden: 1) Prozess und Maschinen - Umstellung auf Niedertemperatur-Lackierung, 2) Wärmeerzeugung - Ersatz der Heizöl- oder Erdgasbrenner mit Wärmepumpen oder wo möglich mit einem Anschluss an das Fernwärmenetz, 3) CO₂-arme Mobilität - Die Umstellung von Fahrzeugen auf E-Mobilität, 4) Stromerzeugung - Bau von Photovoltaik-Anlagen, 5) Energiemanagement, Betriebsoptimierung und Sensibilisierung von Mitarbeitenden.

Diese Massnahmen sollten mit unterschiedlicher Ausprägung auf die ganze Branche anwendbar sein. Je nach Ausgangslage muss jedoch ein Betrieb grössere Investitionen tätigen, welche sich erst über eine längere Zeitperiode u.U. amortisieren. Eine Abschätzung der Kosten, welche Betriebe der Branche für die Erreichung von Netto-Null investieren müssen,

ist im Rahmen dieser Arbeit nur sehr vereinzelt möglich, auch weil aktuell mehrere Technologieumstellungen im Gange sind (Lackchemie und E-Mobilität). Die Umstellung der Lackierprozesse auf Niedertemperatur stellt hinsichtlich der Dekarbonisierung eine grosse Chance dar, da Prozesswärme mit einer tieferen Temperatur benötigt wird. Bei den Betrieben können damit fossile Heizsysteme mit handelsüblichen Wärmepumpen ersetzt werden. Die Herausforderungen betreffen die Regulierung der Luftfeuchtigkeit, welche einen Einfluss auf die Aushärtung der Lacke hat und die Lackierung von gefrästen Felgen, für welche die Lackchemie teilweise qualitativ noch nicht ausreichend ist. Daher ist es besonders wichtig, dass die neuen Prozessanforderungen bei der Evaluation und Beschaffung von neuen Lackier- und Einbrennkabinen berücksichtigt werden und auf Energieaspekte bei der Integration in den Gebäuden beachtet wird.

Die qualitativ beschriebenen Scope 3 Massnahmen geben eine erste Indikation wie auch hier Betriebe in den drei emissionsintensivsten Kategorien «Einkauf», «Pendlerverkehr» und «Abfall» anfangen können, den Verbrauch zu reduzieren. Massnahmen im Bereich der Optimierung der Lieferkette, wie auch der Förderung der Kreislaufwirtschaft können die Emissionen verringern, welche durch die Herstellung der eingekauften Güter verursacht werden. Für die Reduktion von Betriebsabfällen können effiziente Systeme zur getrennten Sammlung und zum Recycling eingesetzt werden und defekte Teile sollen, wo immer möglich und vom Hersteller erlaubt, repariert statt ersetzt werden. Da die Sammlung von Daten entlang der Wertschöpfungskette für die Betriebe besonders herausfordernd war, sollten Hilfestellungen (Methoden) für die Erfassung von Daten ausgearbeitet und für die Branche zur Verfügung gestellt werden. Diese erleichtern nicht nur die Arbeit der Betriebe, sondern tragen auch zur Verbesserung der Datenqualität und damit der THG-Bilanz bei.

Die Erstellung einer Treibhausgasbilanz laut GHG-Protokoll stellt für viele Betriebe eine Herausforderung dar. Wir sind zuversichtlich, dass der vorliegende Branchenfahrplan ein erster Schritt auf dem Weg zum Netto – Null – Ziel darstellt und für die teilnehmenden Betriebe einen Wettbewerbsvorteil darstellen kann. Mit verbesserter Rentabilität, reduzierten Unsicherheiten, einer erhöhten Attraktivität für Investoren, Kunden und Arbeitnehmende, einem gestärkten Vertrauensverhältnis sowie erhöhtem Innovationspotential werden zukunftsweisende Unternehmen in einer treibhausgasarmen Wirtschaft erfolgreich sein.

13 Abschluss

Dieser Branchenfahrplan ist der erste seiner Art, wie er für die Schweiz erstellt wurde. Die Ausarbeitung während knapp anderthalb Jahren war ein anspruchsvolles und komplexes Unterfangen, welches auch von der noch jungen und daher dynamischen Methodik und Regulatorik geprägt war. Der Branchenfahrplan entspricht den Anforderungen welches das Bundesamt für Energie im Januar 2024 für Branchenfahrpläne publizierte. Er wurde vor der Publikation der Verordnung des Klima- und Innovationsgesetzes Ende November 2024 erstellt und kann daher noch Abweichungen der Anforderung für Fahrpläne in der Verordnung enthalten.

Dieser Branchenfahrplan kann als Ausgangslage für eine mögliche Branchenlösung mit allen interessierten Branchenmitgliedern darstellen. Bei grösseren Änderungen oder Ergänzungen kann der Fahrplan gemäss den Richtlinien, die im Januar 2025 vom Bundesamt für Energie publiziert werden, aktualisiert werden.

Ein grosser Dank geht an die Zusammenarbeit mit der AMAG Import AG, allen Pilotbetrieben, den Energiespezialisten, dem Scope 3 Partner und den Branchenmitgliedern, welche bereits wertvolle Inputs mit eingebracht haben.

Abkürzungsverzeichnis

BFE	Bundesamt für Energie
BEV	Batteriebetriebenes Elektrofahrzeug
CO ₂ e	Englisch CO ₂ equivalent Deutsch: CO ₂ äquivalent
eBO	Energetische Betriebsoptimierungen
GHG	Greenhouse Gas – engl. Treibhausgas
GLS	Gebäudeleitsystem
HLK	Heizung, Lüftung und Klimatisierung
KIG	Klima- und Innovationsgesetz
K+L	Karosserie und Lack
MA	Mitarbeitende
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
SBTi	Science-Based Targets Initiative
THG	Treibhausgas
WRG	Wärmerückgewinnung
z.B.	Zum Beispiel

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Systemgrenze des Pilotprojektes Dekarbonisierung Karosserie- und Lackbetriebe	7
Abbildung 2: Beispiel der Systemgrenze der Abteilung K+L bei einem Mischbetrieb	8
Abbildung 3: Beispiel der Systemgrenze bei einem Karosseriebetrieb.....	8
Abbildung 4: Zuweisung der Treibhausgasemissionen auf die drei Scopes.....	16
Abbildung 5: Aufteilung der Scope 1-3 / Betrieb.....	16
Abbildung 6: Verteilung der Emissionen zwischen den Betrieben pro Kategorie im Scope 1 und 2.....	18
Abbildung 7: Verteilung der Emissionen zwischen den Betrieben pro Kategorie im Scope 3.	19
Abbildung 8: Netto-Null Zielpfad bei Einhaltung des KIG.....	21
Abbildung 9: Absenkpfad für Scope 3 Emissionen nach SBTi Netto-Null Ziel	22
Abbildung 10: Emissionsaufteilung des GHG Protokoll nach Scopes	52

Tabelle 1: Energieverbräuche aller Pilotbetriebe. 5 Betriebe sind Mischbetriebe, wobei die Energieträger auf K+L heruntergebrochen wurden (Details siehe Anhang). Betrieb 3 und 5 sind reine Karosserie- und Lackbetriebe. Legende: n/a = nicht angegeben; - bedeutet «nicht vorhanden»	9
Tabelle 2: Treibhausgasemissionen aufgetrennt nach Kategorie. Der Anteil in Prozent bezieht sich auf die Summe der durchschnittlichen Emissionen von Scope 1 bis 3.	15
Tabelle 3: Aufteilung der Emissionen nach Scopes	16
Tabelle 4: Relevanten Kategorien Scope 1 und 2 mit durchschnittlichen Emissionen und durchschnittlichem Anteil an THG-Bilanz des einzelnen Betriebs.	17
Tabelle 5: Relevanten Kategorien Scope 3 mit durchschnittlichen Emissionen und durchschnittlichem Anteil an der THG-Bilanz des einzelnen Betriebs.	19

Anhang

14 Methode

14.1 Grundlagen der Bilanzierung

Für die Erstellung der Treibhausgasbilanz wurde der international anerkannte Standard «A Corporate Accounting and Reporting Standard» des GHG-Protokolls verwendet. Dabei handelt es sich um die meistverbreitete Standardreihe zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen. Das GHG-Protokoll unterscheidet zwischen drei Bereichen (Scopes), denen Emissionen zugeordnet werden könnten:

Scope 1: Alle direkten, d.h. aus Quellen innerhalb der Unternehmensgrenzen stammenden Emissionen, wie zum Beispiel: Stationäre Verbrennung von Heizöl durch die Heizung, mobile Verbrennung durch Geschäftsfahrzeuge (Diesel, Benzin), Kältemittelverlust durch Kühlanlagen vor Ort.

Scope 2: Alle indirekten Emissionen aus der Herstellung von Strom, Dampf, Wärme oder Kälte, beispielsweise Stromverbrauch pro Standort. Für diesen Bericht wurde mit dem marktbasierter Ansatz gerechnet. Der marktbasierter Ansatz spiegelt die Emissionen wider, die durch den Konsum der Elektrizität entstehen, die das Unternehmen bewusst gewählt hat.

Scope 3: Alle sonstigen Emissionen entlang der Wertschöpfungskette, aufgeteilt in 15 Kategorien. Hierzu gehören alle Emissionen, die bei der Produktion und bei der Nutzung der Produkte und Dienstleistungen der Karrossiere- und Lackbetrieben entstehen.

Die 15 Scope 3 Kategorien: Unterteilen sich in 8 Kategorien vorgelagerte THG-Emissionen (upstream) und 7 Kategorien nachgelagerte THG-Emissionen (downstream).

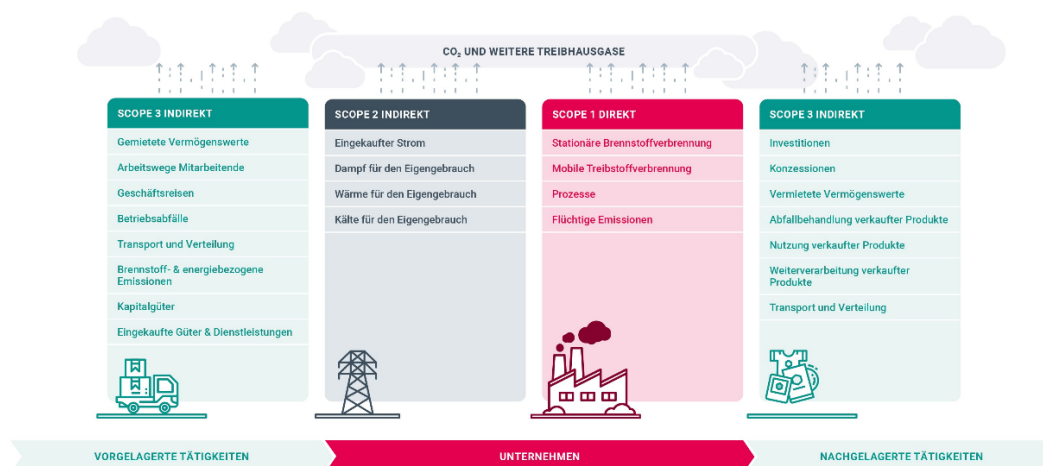


Abbildung 10: Emissionsaufteilung des GHG Protokoll nach Scopes

14.2 Systemgrenzen

Die Scope 1 Systemgrenzen sind für Pilotunternehmen die Folgenden:

- Inkludiert sind: Scope 1.1 Stationäre Verbrennung, Scope 1.2 Mobile Verbrennung, Scope 1.3, Scope 1.4 Prozessemissionen

Die Scope 2 Systemgrenzen sind die Folgenden:

- Inkludiert sind: Scope 2.1 Elektrizität inkl. Herkunft
- Nicht relevant sind Scope 2.2 Wärme inkl. Herkunft, Scope 2.3 Kühlung inkl. Herkunft, Scope 2.4 Dampf inkl. Herkunft

Gemäss GHG-Protokoll kann die Messung und Offenlegung von Scope 3 Emissionen auf Grundlage der Kriterien **Relevanz** und **Verfügbarkeit der Daten** erfolgen. Relevanzkriterien sind:

- **Grösse:** Die Emissionen der Kategorie bilden einen grossen Anteil im Verhältnis zu den Scope 1 & 2 Emissionen des Unternehmens.
- **Risiko:** Die Emissionen tragen zum THG-Risiko des Unternehmens bei
- **Erwartungen der Stakeholder:** Sie werden von wichtigen Stakeholdern als kritisch angesehen (z. B. Feedback von Kunden, Lieferanten, Investoren oder von der Zivilgesellschaft).
- **Handlungsfähigkeit:** Es gibt potenzielle Emissionsreduktionen, die vom Unternehmen durchgeführt oder beeinflusst werden könnten.

Scope 3 Kategorien wurden auf der Grundlage von Relevanz, Verantwortung und Wichtigkeit oder unter Berücksichtigung der Handlungsmöglichkeiten zur Begrenzung dieser Emissionen ausgewählt.

Für die Erstellung der Treibhausgasbilanz und dem daraus resultierenden Absenkpfad wurden untenstehende Kategorien für alle sieben Betriebe nicht berücksichtigt, da diese nicht für die Geschäftstätigkeit aller K+L Abteilungen und Karosseriebetriebe relevant sind. Die Begründung für die Ausschlüsse sind ebenfalls angegeben.

- Scope 3.8: Gemietete oder geleaste Sachanlagen: Trifft nicht zu
- Scope 3.9: Transport und Vertrieb von Produkten zu den Kunden: Nicht relevant, da eine Dienstleistung verkauft wird, die per Definition nicht transportiert werden kann.

- Scope 3.10: Weiterverarbeitung von verkauften Produkten: Nicht auf eine verkaufte Dienstleistung anwendbar (keine Verarbeitung, Kunde ist der Endnutzer).
- Scope 3.11: Nutzung von verkauften Produkten: Emissionen im Zusammenhang mit der Nutzung des reparierten Autos sind dem Hersteller zuzuschreiben und im Prinzip unabhängig von der Dienstleistung der Reparaturwerkstatt (die Lebensdauer der Teile hängt vom Hersteller ab; nur die Qualität der ausgeführten Arbeit könnte einen Einfluss haben, der jedoch schwer zu quantifizieren ist).
- Scope 3.12: Abfall, der am Ende der Lebensdauer der Produkte entsteht: Das Unternehmen verkauft eine Reparaturdienstleistung, die wenig Einfluss auf die Behandlung am Ende der Lebensdauer von Fahrzeugen hat. Nur die Wahl der verwendeten Lacke könnte Auswirkungen haben (z. B. wenn ihre Verbrennung zu hohen Emissionen führt, wegen flüchtigen organischen Verbindungen aus Lösungsmitteln).
- Scope 3.13: Vermietete Sachanlagen: Könnte von Fall zu Fall relevant sein, falls vorhanden.
- Scope 3.14: Franchising: nicht relevant bei K+L.
- Scope 3.15: Investitionen: Wahrscheinlich relevant für Gesamtbetrieb, weniger bei K+L. Aufgrund des Mangels an verfügbaren Daten schwer zu messen.

14.2.1 Annahmen im Bereich Scope 1 und 2

- **Stationäre Verbrennung (1.1):**
 - Energiedaten waren jeweils für die ganzen Gebäude vorhanden; bei Mischbetrieben wurde der K+L Anteil mit den Betrieben abgeschätzt, ebenso der Split von Raum- und Prozesswärme.
 - Bei Erdgas wurde den Mischbetrieben ein K+L Anteil zwischen 27%-77% zugeordnet.
 - Beim Heizöl wurde 100% des Verbrauchs K+L zugeordnet, da dieses für die Lackier- und Einbrennprozesse verwendet wurde. Grundlage bildeten hier Lieferscheine oder Tankbestände (Schätzungen).
 - Verwendete Emissionsfaktoren: KBOB 2022
- **Mobile Verbrennung (1.2):**
 - Benzin und Dieselliterangaben wurden durch Erfragung der Betriebe abgeschätzt. Diesel wird für Abschleppfahrzeuge genutzt, wobei bei einem Mischbetrieb hier 70% des Verbrauchs zugeordnet wurde. Bei einem Betrieb

wurde Diesel für Hochdruckreiniger verwendet und bei den Karosseriebetrieben wurden Fahrzeuge mit entweder Diesel oder Benzin betrieben.

- Verwendete Emissionsfaktoren: Mobitool v3
- **Kältemittel (1.3):**
 - Bei zwei Betrieben waren Kältemittelverluste bekannt, die anderen Betriebe hatten entweder moderne Anlagen ohne Verluste oder keine Klimaanlage für K+L. Die Angabe der Kältemittel erfolgt in kg und der Verlust/Jahr wurde aufgrund von Literaturwerten abgeschätzt. Anmerkung: Kältemittel sind nicht mit Kühlmittel im Auto zu verwechseln, welche zum Beispiel nach einem Unfall beim Auto aufgefüllt werden müssen.
 - Verwendete Emissionsfaktoren: IPCC-Bericht AR6
- **Prozessemissionen (1.4):**
 - Bei drei Betrieben wurden Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen angegeben (VOC) und auf Grundlage der Lösungsmittelmengen geschätzt.
 - Verwendete Emissionsfaktoren: Durchschnittswert Industrie aus Literaturwerten von Environmental Engineering Research (2011), Directive européenne 2004/42/CE
- **Elektrizität (2.1):**
 - Die Stromdaten wurden bei den Elektrizitätswerken bezogen oder aus den Rechnungen für jeweils den ganzen Betrieb genommen. Bei den Mischbetrieben erfolgte eine Abschätzung für K+L mit den Betrieben, wo diese zwischen 28%-70% des Strombedarfs benötigte. Da Messzähler für die K+L Abteilungen nicht vorhanden waren, konnte nur bei zwei Mischbetrieben und den zwei Karosseriebetrieben eine Aufteilung der Stromverbräuche für Prozesse und Infrastruktur vorgenommen werden.
 - Verwendete Emissionsfaktoren: KBOB 2022

14.2.2 Annahmen im Bereich Scope 3

Die Datenangaben zu den Scope 3 waren von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich. Folgende Informationen sind eine Zusammenfassung. Die Emissionsfaktoren stammen aus Ecoinvent, ADEME Footprint, KBOB 2022 und Mobitool v3.

- **Verbrauchsgüter (3.1):** Bei sechs Betrieben konnte eine Liste mit den eingekauften Mengen von AMAG Import verwendet werden. Das mittlere Gewicht wurde geschätzt. Die Emissionsfaktoren basieren auf dem Material (z.B. Glas / Kunststoff / Stahl). Bei den Leuchten (elektronische Komponenten) liegt die grösste Ungenauigkeit. Beim

siebten Betrieb gab es keine klare Abgrenzung zwischen den Einkäufen des grösseren Garageverbundes und des Karosseriebetriebes und die Liste von AMAG Import konnte nicht verwendet werden. Das Gewicht wurde hier anhand der Anzahl der durchgeführten Reparaturen geschätzt. Die Gewichtsschätzungen für Karosserie wurden von den für die Datenerhebung Verantwortlichen vorgenommen.

CO₂e-Emissionsdaten der Lieferanten für die Verbrauchsgüter lagen nicht vor.

- **Chemische Produkte (3.1):** Eine Liste mit gekauften Produkten wurde von AMAG Import erstellt, mit der jeweiligen Anzahl in Stück. Die Chemikalien wurden dann in Kategorien gruppiert: Farbe, Lack, Lösungsmittel, Reinigungsmittel, Epoxydharz, Acryllack & Acrylic Filler, mit jeweils Emissionsfaktoren aus Ecoinvent / Base Empreinte ADEME. Das Gewicht (kg) oder Volumen (Liter) wurde auf Basis der Produktbeschreibung (z.B. 13 Stück à 0.5 Liter) berechnet.
- **Infrastruktur (3.2):** Nur bei einem Betrieb gab es Daten zum Maschinenpark. Dies Materialmengen wurden hier sehr grob geschätzt.
- **Herstellung der Treibstoffe (3.3):** Nach rapportierter Menge in Scope 1 bei allen sieben Betrieben gerechnet.
- **Transport (3.4):** Bei zwei von sieben Pilotbetrieben waren keine Daten vorhanden. Bei den anderen fünf Betrieben wurde eine Schätzung in Tonnenkilometer vorgenommen. Bei einem Betrieb war diese Schätzung sehr grob, bei den anderen drei wurde die Entfernung von den Depots zum Betrieb vorgenommen. Die jeweiligen Transportmittel wurden für die Teilstrecken berücksichtigt. Die Gewichte der beförderten Güter wurden von den Werten der Kategorie 3.1 übernommen.
- **Abfälle (3.5):** Wo möglich, stammten die gesammelten Daten aus den Rechnungen, die von dem mit der Abfallsammlung beauftragten Unternehmen versandt wurden und in denen die Gewichte in kg angegeben sind. Für die Mischbetriebe wurde eine Abschätzung des Anteils von K+L von den Betrieben vorgenommen. In Bezug auf die Rohstoffe der eingekauften Ersatzteile führte die Annahme, dass in 99% der Fälle ein gleichwertiges Teil ersetzt wird, zu einer Übertragung der Gewichte der entsorgten Abfälle auf die Einkäufe.
- **Geschäftsreisen (3.6):** Diese Emissionskategorie betraf zwei Betriebe. Für K+L waren dies v.a. die Schulungen von Auszubildenden. Die gefahrenen Distanzen wurden nach Schulungsort geschätzt.
- **Pendlerfahrten (3.7):** Die gefahrene Distanz wurde auf Basis der Wohnorte der Mitarbeiter geschätzt. Die Distanz stand zur Berechnung zur Verfügung. Bei drei Betrieben waren keine genauen Daten zum Verbrauch / Treibstoff vorhanden und es

wurde eine Annahme getroffen. Bei vier Betrieben wurde entweder eine Pendlerumfrage ausgefüllt mit detaillierten Angaben oder der Verbrauch der Fahrzeuge angefragt.