

Ökobilanz Autoreparatur



Ökobilanz Autoreparatur

Vergleichende Analyse Reparieren oder Erneuern

Eine Studie im Auftrag der Allianz Deutschland AG

Unterstützt durch das Karlsruher Institut für Technologie

Dr. Andreas Patyk, Projektleitung
Sibylle Wursthorn

Unter Mitarbeit von
Silke Feifel
Wolfgang Walk

Projektleitung Allianz Zentrum für Technik

Heike Stretz

März 2009

Inhalt

1	Hintergrund.....	1
2	Methodischer Ansatz "Ökobilanz"	1
3	Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie.....	2
3.1	Projektgegenstand und -ziele.....	2
3.2	Funktion und Funktionelle Einheit	3
3.3	Systemgrenzen	3
3.4	Bezugsraum und -zeit	4
3.5	Allokation.....	4
3.6	Wirkungsabschätzung.....	4
3.7	Erhebung und Aufbereitung der Sachbilanzdaten, Datenqualität, Annahmen und Einschränkungen	5
3.8	Kritische Prüfung.....	6
4	Prozessketten	6
4.1	Deformation der Seitenwand.....	7
4.2	Riss im vorderen Stoßfänger	8
4.3	Steinschlagschaden an der Windschutzscheibe	9
4.4	Lackschaden an einem Kotflügel	10
5	Ergebnisse	11
5.1	Deformation der Seitenwand.....	12
5.2	Riss im vorderen Stoßfänger	14
5.3	Steinschlagschaden an der Windschutzscheibe	16
5.4	Lackschaden an einem Kotflügel	18
5.5	Reparaturen im Fahrzeug-Lebenszyklus	19
6	Zusammenfassung und Folgerungen	20
7	Literatur	21

8	Anhang	22
8.1	Verwendete ecoinvent-Datensätze	22
8.2	Infrastruktur	23
8.3	Transport.....	24
8.4	Gutschriften für Stahl-, Keltan- und Autoglas-Recycling	25
8.5	Ergebnisse: unnormierte Indikatorwerte	26

1 Hintergrund

Die Durchführung von Reparaturen an durch Unfälle oder Verschleiß defekten Fahrzeugteilen bzw. der Einbau von aufgearbeiteten Gebrauchtteilen stellt eine kostengünstige Alternative zum Einbau von Neuteilen dar. Belastbare Informationen zu den Umweltaspekten des Ansatzes "Reparieren vor Erneuern" lagen bislang nicht vor. Eine vergleichende Analyse der Umweltprofile von Neuteilen und Reparaturen ist aber von Interesse, weil einerseits aus den bei Reparaturen absehbar geringeren eingesetzten Stoffmengen ökologische Vorteile beim Ressourcen- und Energieverbrauch abgeleitet werden können, andererseits aber Großserien-Fertigungsprozesse mit geringeren spezifischen Umwelteffekten verbunden sein können als eine Reparatur, die quasi ein handwerkliches Unikat darstellt. Das Instrument der Wahl für entsprechende Vergleiche stellt die Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment - LCA) dar.

Die AZT Automotive GmbH - Allianz Zentrum für Technik (AZT), Ismaning, hat daher das KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Zentralabteilung für Technikbedingte Stoffströme (ITAS-ZTS) beauftragt, vergleichende Ökobilanzen "Reparieren vs. Erneuern" zu erstellen. Der vorliegende Bericht dokumentiert Vorgehen, Rahmenbedingungen, Ergebnisse und Folgerungen der ökobilanziellen Untersuchung von vier Beispiel-Reparaturen. Der Bericht gliedert sich in die Beschreibung des methodischen Ansatzes und der Rahmenannahmen, technische Systembeschreibung, Ergebnisdarstellung und Folgerungen.

2 Methodischer Ansatz "Ökobilanz"

Ökobilanzen sind Zusammenstellungen und Interpretationen

- der In- und Outputflüsse zwischen Technosphäre und Umwelt sowie
- der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktes oder Produktsystems
- entlang seines gesamten Lebensweges.

Damit liefern Ökobilanzen nicht nur über einzelne Produktionsstufen oder Umweltprobleme, sondern über eine Vielzahl an Umwelteffekten von Produkten und Dienstleistungen "von der Wiege bis zur Bahre" umfassende Informationen. Ökobilanzen bilden somit die Basis zur umweltgerechten Produktgestaltung wie für Grundsatzentscheidungen in Energie-, Umwelt- und Technologiepolitik und zur Unternehmensstrategie.

Das Vorgehen bei der Erstellung von Ökobilanzen ist durch die DIN/EN/ISO-Normen 14040/44 weitgehend vorgegeben [DIN EN ISO 2006/2006a]. Danach besteht ein Ökobilanz aus vier Phasen:

1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz (anschaulich: Stoffstrommodell; Energie-, Ressourcen- und Emissionsbilanz)
3. Wirkungsabschätzung (anschaulich: "Emissionen zu Umweltwirkungen")
4. Auswertung (Ergebnisqualität, Interpretation, Empfehlungen)

In der Praxis sind gewisse Vereinfachungen hinsichtlich der betrachteten Prozesse und Beschränkungen bei den analysierten Umweltwirkungen aus methodischen und praktischen Gründen üblichen und z.T. unumgänglich. Dieses Vorgehen stellt weder den ganzheitlich Anspruch in Frage noch schränkt es die Aussagefähigkeit der Ergebnisse ein, wenn es dokumentiert, begründet und hinsichtlich seiner Effekte auf die Ergebnisse bewertet wird sowie in Übereinstimmung mit dem Erkenntnisinteresse der jeweiligen Studie erfolgt.

Insbesondere die Phasen 1 und 2 werden in Kooperation von Ökobilanzersteller und Auftraggeber durchgeführt.

3 Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie

Die hier getroffenen Festlegungen sind wesentlich für den Erfolg des Projektes. Dazu gehören z.B. das Ziel der Studie und inhaltliche Festlegung wie prozessbezogene Systemgrenzen, betrachtete Umweltwirkungen, geographische und zeitliche Bezüge.

3.1 Projektgegenstand und -ziele

Gegenstand des Projektes ist die Erstellung von vergleichenden Ökobilanzen nach ISO 14040/44 für die Behebung folgender Schäden an Pkw:

- A Deformation der Seitenwand (Beispiel für die Instandsetzung von nicht sicherheitsrelevanten Komponenten der Karosserieaußenhaut)
- B Riss im vorderen Stoßfänger (Beispiel für Kunststoffreparatur)
- C Steinschlagschaden an der Windschutzscheibe
- D Lackschaden an einem Kotflügel

Für A bis C werden jeweils die Reparatur des beschädigten Teils selbst und der Einbau eines Neuteils sowie als Variante dazu der Einbau eines gebrauchten Ersatzteils verglichen. Der Gebrauchtteileinbau wird als Variantenrechnung zum Neuteileinbau *vereinfacht* bilanziert: Gebrauchtteileinbau = Neuteileinbau - Neuteilproduktion + Demontageprozess. Für D werden die Begrenzung der Lackreparatur auf die Schadstelle und die Lackierung des ganzen Teils untersucht.

Ergänzend werden die Ergebnisse in Relation zum gesamten Pkw-Lebenszyklus diskutiert.

Das Projekt soll

1. die umweltbezogenen Vor- und Nachteile der einzelnen Reparaturverfahren gegenüber dem Neuteileeinbau (bzw. Gebrauchtersatzteil) identifizieren und quantifizieren,
2. soweit möglich Vorschläge zur Optimierung entwickeln,
3. die Relevanz der Frage "Reparieren oder Erneuern" in den gewählten Beispielen für das Umweltprofil von Auto-Mobilität darstellen und

4. die Ergebnisse in einer für Kommunikationszwecke nutzbaren Weise dokumentieren und diskutieren.

Darüber hinaus sollen, soweit möglich, aus den Projektergebnissen auf andere Reparaturen, Teile und Materialien übertragbare Erkenntnisse abgeleitet werden.

Adressaten sind damit AZT selbst und Autohersteller, Werkstätten und Fahrzeughalter.

3.2 Funktion und Funktionelle Einheit

Die Funktion der untersuchten Systeme besteht in der Instandsetzung beschädigter Fahrzeuge. In der Erweiterung auf Fahrzeuglebenszyklen besteht die Funktion in einem Beitrag zur Bereitstellung von Transportleistung. Die funktionelle Einheit ist die Wiederherstellung eines beschädigten Pkw jeweils für die vier Schadensszenarien A bis D. Diese funktionelle Einheit muss in eine entsprechende Bezugsgröße im Stoffstrommodell übersetzt werden, den sogenannten Referenzfluss. Als Referenzfluss wurde in dieser Studie ein instandgesetzter Pkw pro Jahr definiert.

3.3 Systemgrenzen

Neuteileinbau

Bilanziert werden die Herstellung der Teile beginnend mit der Förderung der Rohstoffe der eingesetzten Energieträger und Werkstoffe über Energiekonversion und Materialproduktion bis zur eigentlichen Fertigung der Neuteile, die entsprechenden Prozesse für weitere Reparaturmaterialien, Hilfs- und Betriebsstoffe und die Durchführung der Reparaturen, inkl. Ein- und Ausbau der Teile und Beseitigung der Hilfs- und Betriebsstoff-Abfälle. Für die ausgebauten beschädigten Teile wird eine werkstoffliche Verwertung angenommen. Mit dieser Verwertung verbundene Vermeidung von äquivalenter Primärproduktion wurde durch entsprechende Gutschriften berücksichtigt

Reparatur

Bilanziert werden die Herstellung der Reparaturmaterialien, Hilfs- und Betriebsstoffe beginnend mit der Förderung der Rohstoffe der eingesetzten Energieträger und Materialien über Energiekonversion und Materialproduktion, die Durchführung der Reparaturen, ggf. inkl. Ein- und Ausbau der Teile und Beseitigung der Hilfs- und Betriebsstoff-Abfälle.

Bezug Fahrzeuglebensweg

In der Einbindung der Reparaturen bzw. Neuteile in Fahrzeuglebenszyklen wird die Systemgrenze um die Nutzungsphase erweitert. Als Referenz werden die Umweltwirkungen eines Golf V (Mittelwerte Benzin/Diesel) gemäß [VW 2007] angesetzt.

Infrastruktur (Betriebsmittel)

Betriebsmittel sind Teil der betrachteten Systeme. Die Art der Bilanzierung, ggf. Vernachlässigung erfolgten Einzelfall-spezifisch (siehe Anhang).

Transporte

Transporte von Neuteilen, Hilfs- und Betriebsstoffen, Abfällen usw. sind Teil der betrachteten Systeme. Die Quantifizierung erfolgte in einem vereinfachten Verfahren ohne Prozessdifferenzierung (siehe Anhang).

3.4 Bezugsraum und -zeit

Den Bezug bildet Europa in der zweiten Hälfte des ersten Jahrzehnts des 21. Jahrhunderts. Streng einhaltbar ist dieser Bezug nur für die eigentlichen Reparaturprozesse sowie in der Pkw-Bilanz, die als Lebenszyklusreferenz dient. Für die Bereitstellung der eingesetzten Energieträger und Materialien wird der Bezugsraum auf die für die Bereitstellung in Europa relevanten Länder ausgedehnt; den zeitlichen Bezug bilden für die Daten zu diesen Prozessen meist das Jahr 2000 bzw. die späten 90er Jahre.

3.5 Allokation

Allokationen in Datensätzen aus [ecoinvent 2007] erfolgen wie in der Dokumentation dargestellt. Für weitere Prozesse wurden keine Allokationen durchgeführt, soweit notwendig wurde Allokation durch Systemerweiterungen gemäß ISO 14044 Abschnitt 4.3.4.2 [DIN EN ISO 2006a] vermieden. Beispielsweise wurde der Recyclingaufwand zur Bereitstellung sekundärer Kunststoffgranulate aus Stoßfängern nicht zwischen Entsorgungsdienstleistung und Sekundärkunststoff alloziert. Stattdessen wurde das System um die vermiedene gleichwertige Kunststoff-Primärproduktion erweitert.

3.6 Wirkungsabschätzung

Die Auswahl der Wirkungskategorien und Durchführung der Wirkungsabschätzung orientieren sich an aktuellen und umfassenden Ökobilanzen, insbesondere von Kraftfahrzeugen wie z.B. [VW 2007]. Berücksichtigt werden damit sowohl die Relevanz von Umweltproblemen als auch Limitierungen der Datenverfügbarkeit und die methodischen Möglichkeiten einer belastbaren Bewertung von Sachbilanzdaten. Erfasst werden die Wirkungskategorien

- Energieressourcenverbrauch
- Treibhauseffekt
- Ozonabbau
- Versauerung
- Eutrophierung
- Sommersmog

Die Wirkungsabschätzung in den genannten Kategorien erfolgt gemäß [CML 2002].

Die Indikatorwerte werden auf Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) normiert, d.h. durch den Energieressourcenverbrauch, die Emissionen von Treibhaus- und versauernden Gasen usw., die ein Mensch im geographischen und zeitlich Bezugsraum verursacht (hier EU 15 im Jahr 2001 [VW 2007]), dividiert, und als Anzahl EDW ausgewiesen. Diese Darstellung dient dazu, die Beiträge eines Systems zu *verschiedenen Umweltbelastungen* hinsichtlich ihrer *mengenmäßigen Relevanz* vergleichbar zu machen.

Über die relative Bedeutung verschiedener Umweltprobleme an sich - was ist *grundsätzlich* wichtiger: Treibhauseffekt oder Saurer Regen? - ist damit nichts gesagt. Diese Frage stellt sich bei verschiedenen Vorzeichen für die einzelnen Wirkungskategorien beim Vergleich. Das Umweltbundesamt empfiehlt für diesen Fall eine argumentative Bewertung ohne Quantifizierung der Wirkungsbedeutung. Im Bedarfsfall wird die UBA-Einordnung angewendet [UBA 1995].

3.7 Erhebung und Aufbereitung der Sachbilanzdaten, Datenqualität, Annahmen und Einschränkungen

Datengenerierung

Für die untersuchten Beispiele lassen sich grundsätzlich zwei Prozess- und Datenkategorien unterscheiden:

- spezifische Prozesse, für die AZT und ein auf Stoffstrommanagement in der Oberflächentechnik spezialisiertes Ingenieurbüro (LCS Life Cycle Simulation GmbH, Backnang) Daten bereitstellen: die als Beispiel gewählten Reparaturprozesse, industrielle und Reparaturlackierungen. Die Daten wurden von AZT im eigenen Technikum, bei Unternehmen der Automobilindustrie, Werkstätten erhoben bzw. aus entsprechenden Informationen berechnet oder abgeschätzt. Lackierdaten wurden von LCS mit Stoffstromsimulationstools berechnet.
- generische Prozesse, für die ITAS-ZTS Daten bereitstellt: Fertigungsprozesse der Automobilindustrie (Surrogatdaten), vorgelagerte Prozesse wie Bereitstellung der eingesetzten Werkstoffe, Hilfs- und Betriebsstoffe, Energieträger, Lebenszyklus Gesamtfahrzeug. Diese Daten werden aus etablierten, validierten Datenbanksystemen [ecoinvent 2007; NetLZD] und einschlägigen Studien, z.B. [VW 2007], entnommen oder darauf und auf Expertenbefragungen basierend generiert.

Die verwendeten ecoinvent-Datensätze sind im Anhang aufgelistet, die Generierung der LCS-Datensätze ist in gesonderten Dokumenten beschrieben. Die von AZT gelieferten bzw. von ITAS-ZTS abgeschätzten Daten zur Charakterisierung der eigentlichen Reparaturprozesse sind in einer excel-Datei zusammengefasst.

Datenqualität

Die AZT- und LCS-Daten sind in jedem Fall belastbarer als Surrogatdaten. Allerdings dürften trotzdem erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich repräsentativer oder durchschnittlicher Werte

bestehen, die aus den Bandbreiten der In- und Outputs verschiedener Techniken, Standards und Prozessführungen mit dem gleichen Produkt entstehen. Die Schichtdicken der Serienlackierung in deutschen Automobilfabriken weisen deutlich darauf hin: nach [Automobil 2004] sind die relative Bandbreiten für die einzelnen Schichten und die Gesamtlackierung größer als 2; für die Annahmen einer geringeren Bandbreite z.B. beim Energieeinsatz gibt es keinen zwingenden Grund. Für Reparaturwerkstätten kann von noch größeren Bandbreiten (= Unsicherheiten) hinsichtlich der Stoffströme für eine bestimmte Tätigkeit ausgegangen werden.

Die Datenqualität der generischen Datensätze ist "sehr gut" bis nur "mäßig" (Energie und Transport bzw. einzelne Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffe).

Zu Transportprozessen und Infrastruktur siehe Anhang.

Hinsichtlich der Datenqualität ist grundsätzlich zwischen ökonomischen Flüssen (i.d.R. Flüsse zwischen Prozessen) und Elementarflüssen (Wechselwirkungen zwischen Technosphäre und Umwelt) zu unterscheiden. Ökonomische Flüsse sind aufgrund eines technischen und/oder wirtschaftlichen Interesses besser dokumentiert als Elementarflüsse. Wo Elementarflüsse direkt an ökonomische Flüsse gekoppelt sind, ist auch die Datenqualität entsprechend gut. Beispielsweise kann die Freisetzung von CO₂ aus Verbrennungsprozessen direkt aus dem Brennstoffeinsatz ermittelt werden, was für andere Emissionen wie NO_x oder NMHC nur bedingt möglich ist. Insgesamt wird die Datenqualität als mindestens ausreichend eingeschätzt, d.h. für richtungssichere Entscheidungen geeignet.

3.8 Kritische Prüfung

Der Bericht wurde durch das *Österreichische Ökologieinstitut* einer Kritischen Prüfung gemäß DIN/EN/ISO-Normen 14040/44 unterzogen. Das Gutachten bestätigt die Norm-Konformität, fachliche Güte und Ergebnisplausibilität der Studie. Es ist von AZT erhältlich.

4 Prozessketten

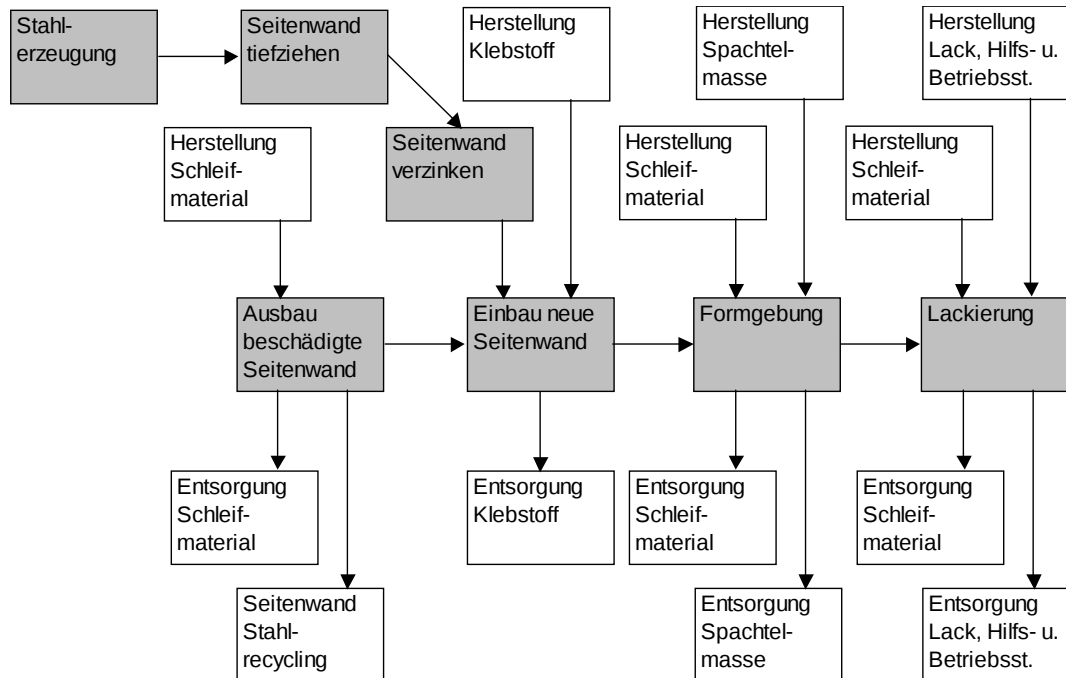
Die Prozessketten für die Modellierung und Bilanzierung der vier Reparaturbeispiele wurden mit AZT entwickelt. Insbesondere rein manuelle Prozesse und solche mit nur minimalem Energie- und Betriebsstoffeinsatz wurden dabei nicht betrachtet oder fusioniert. Ferner wurden die durch LCS simulierten Prozesse zum Know-How-Schutz durch LCS fusioniert (Lackbereitstellung + Aufbringung (Spritzen) ohne Kabinenbetrieb).

Der Gebrauchtteileinbau wird als Variantenrechnung zum Neuteileinbau vereinfacht bilanziert - im Wesentlichen "Neuteileinbau ohne Neuteilproduktion", da keine detaillierten Informationen zu *typischen* Aufarbeitungsprozessen und deren Organisation (z.B. lokale Prozessketten mit "kleinen" Autoverwertern und Werkstätten oder komplexe Netze mit Beteiligung von Autoherstellern und Vertragswerkstätten) vorliegen.

Im Folgenden sind die Prozessketten Reparatur und Neuteileinbau der vier Beispiele graphisch dargestellt. Die wesentlichen mit AZT abgestimmten Sachbilanzdaten sind im Excel-Format dokumentiert.

4.1 Deformation der Seitenwand

Neuteileinbau



Reparatur

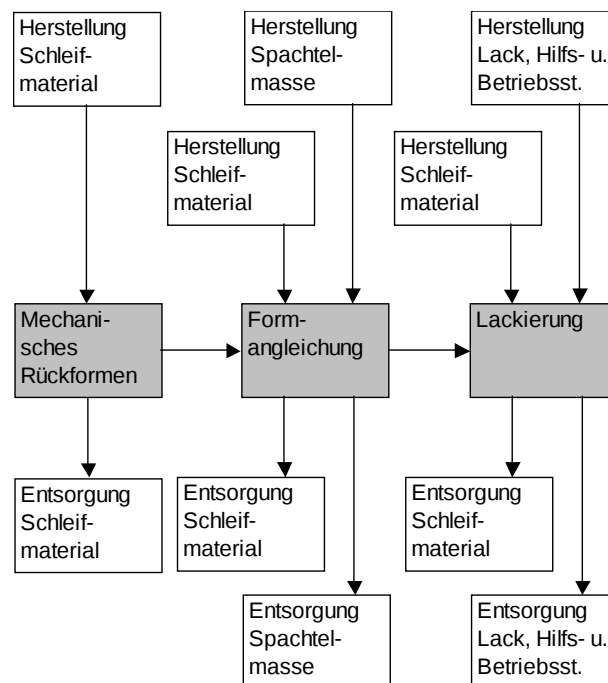
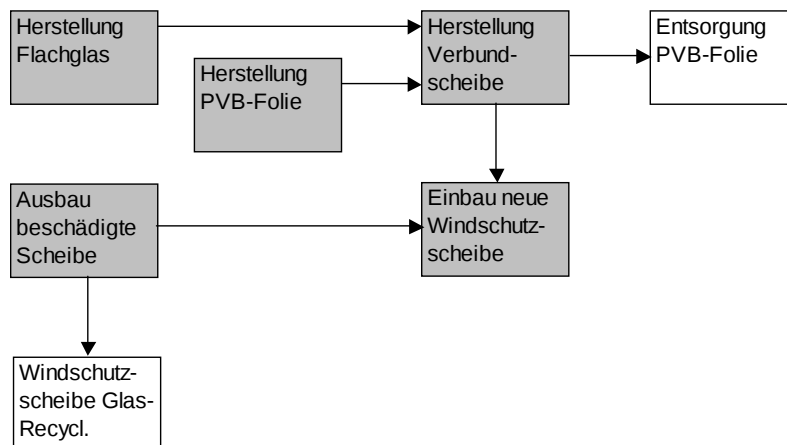


Abb. 4-1 Modell-Prozessketten **Seitenwand-Reparatur** (nicht dargestellt: Energiebereitstellung und Transporte)

4.2 Riss im vorderen Stoßfänger

4.3 Steinschlagschaden an der Windschutzscheibe

Neuteileinbau



Reparatur

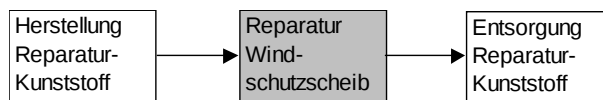
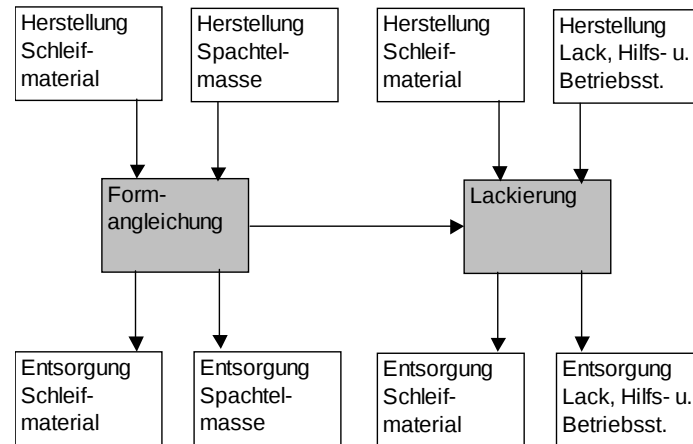


Abb. 4-3 Modell-Prozessketten **Windschutzscheibe**-Reparatur (nicht dargestellt: Energiebereitstellung und Transporte)

4.4 Lackschaden an einem Kotflügel

Ganzteillackierung



Spot Repair

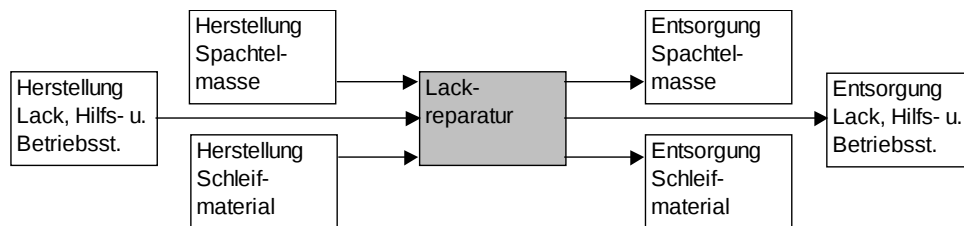


Abb. 4-4 Modell-Prozessketten **Kotflügel-Reparaturalackierung** (nicht dargestellt: Energiebereitstellung und Transporte)

5 Ergebnisse

Die LCA-Ergebnisse der Beispiele werden im Folgenden in jeweils eigenen Abschnitten dokumentiert und kommentiert. Für jedes Beispiel erfolgt die Darstellung in zwei Graphiken:

Graphik 1: Indikatorsummenwerte der Lebenswege als Anzahl Einwohnerdurchschnittswerte (EDW)

Graphik 2: prozentuale Anteile der Prozessschritten an den Summenwerten

Jede der beiden Graphiken enthält:

die Optionen Reparatur, Neu- und Gebrauchtteileinbau bzw. flächige und Spot-Lackierung
alle untersuchten Wirkungskategorien

Bezogen auf den Fahrzeug-Lebenszyklus werden die Ergebnisse der einzelnen Beispiele gemeinsam in einem Abschnitt behandelt.

Hinweis zur EDW-Darstellung: Da die Anzahl EDW für die einzelnen Wirkungskategorien sehr unterschiedlich ist, werden die Indikatorsummenwerte logarithmisch dargestellt. Das heißt, in den Graphiken sind die Abstände auf der y(EDW)-Achse zwischen 0,001 und 0,01, 0,01 und 0,1, 0,1 und 1 usw. gleich groß. Im Text wird die Anzahl Reparaturen angegeben, die jeweils für die Option Neuteileinbau bzw. Ganzteillackierung zu Umweltwirkungen in der Größenordnung von 1 EDW führt.

Die unnormierten Indikatorwerte sind im Anhang dokumentiert.

5.1 Deformation der Seitenwand

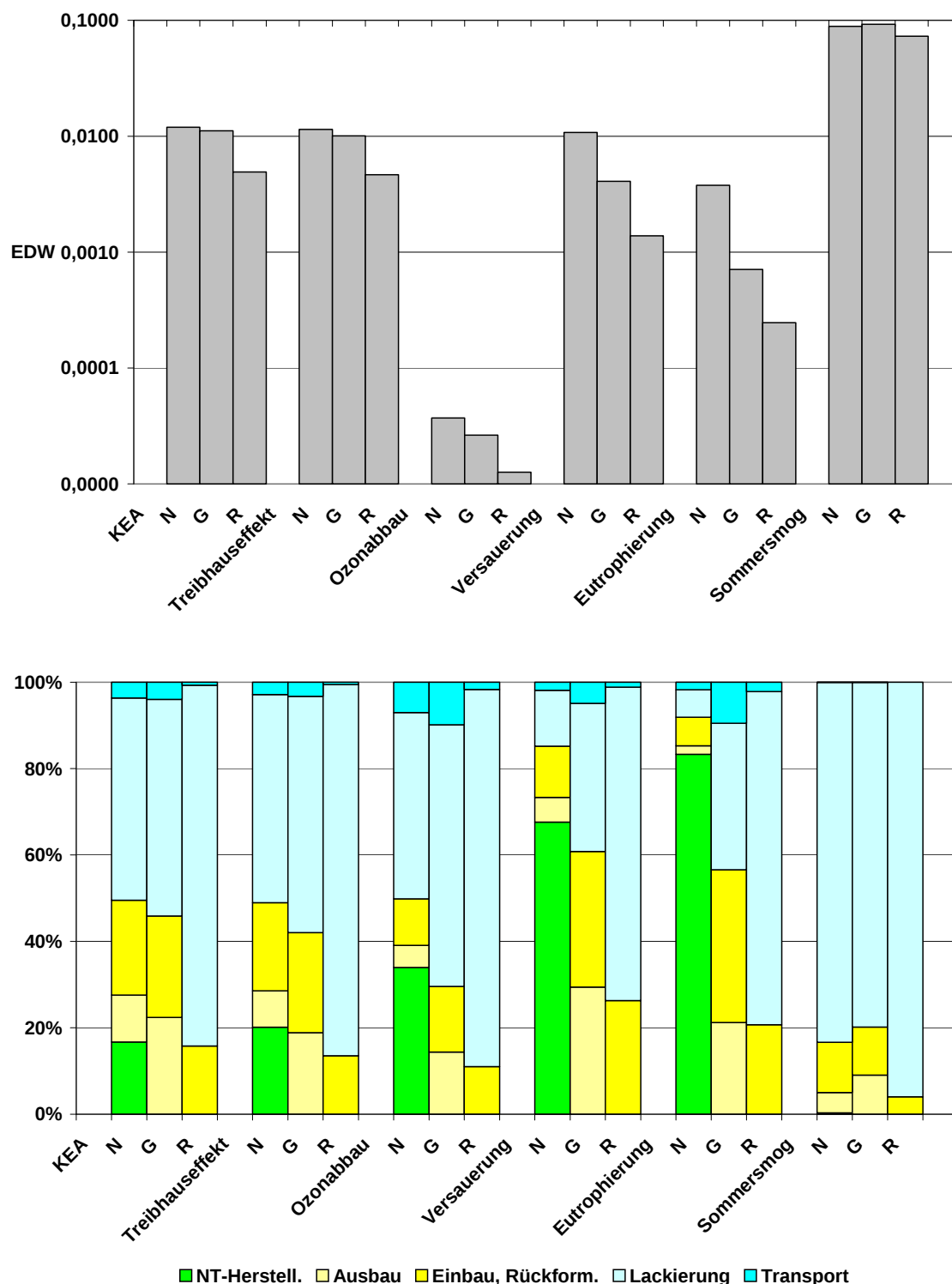


Abb. 5-1 Umweltwirkungen der **Seitenwand**-Reparatur: **oben:** Gesamtwirkungen in Einwohnerdurchschnittswerten in logarithmischer Darstellung; **unten:** Anteile der Prozessschritte an den Gesamtwirkungen; N: Neuteileinbau, G: Gebrauchtteileinbau, R: Reparatur des beschädigten Teils; Neuteilherstellung inkl. Gutschrift für Recycling des beschädigten Teils

Für alle Umweltwirkungskategorien mit der Ausnahme Sommersmog zeigt der Gebrauchtteileinbau geringere Belastungen als der Neuteileinbau; für Versauerung und Eutrophierung sind die Belastungen weniger als halb so groß.

Für die meisten Wirkungskategorien zeigt die Reparatur des beschädigten Teils sehr viel geringere Belastungen als der Neu- und Gebrauchtteileinbau (Ausnahme: Sommersmog mit relativ geringem Abstand).

Die höchsten EDW-Werte ergeben sich für Sommersmog, für den die Lackierung die relativ zu anderen Wirkungen größte Rolle spielt (etwa 10 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW). Für die Bewertung der hohen EDW-Werte und der Tatsache, dass der Gebrauchtteileinbau für die Kategorie Sommersmog ungünstiger ausfällt als der Neuteileinbau, ist zu berücksichtigen, dass Sommersmog als *im Vergleich* zum Treibhauseffekt oder Versauerung weniger gewichtiges Umweltproblem eingestuft werden kann (siehe dazu z.B. [UBA 1995]).

Die geringsten Werte ergeben sich für den Ozonabbau in allen Optionen (etwa 25.000 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

Für den Energieressourcenverbrauch, den Treibhauseffekt, Versauerung und Eutrophierung ergeben sich in allen Optionen mittlere Werte, dominiert durch die Lackierung bzw. Herstellung des Neuteils (etwa 100 bzw. 250 (Eutrophierung) Reparaturen führen zu einem Energieressourcenverbrauch bzw. Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

5.2 Riss im vorderen Stoßfänger

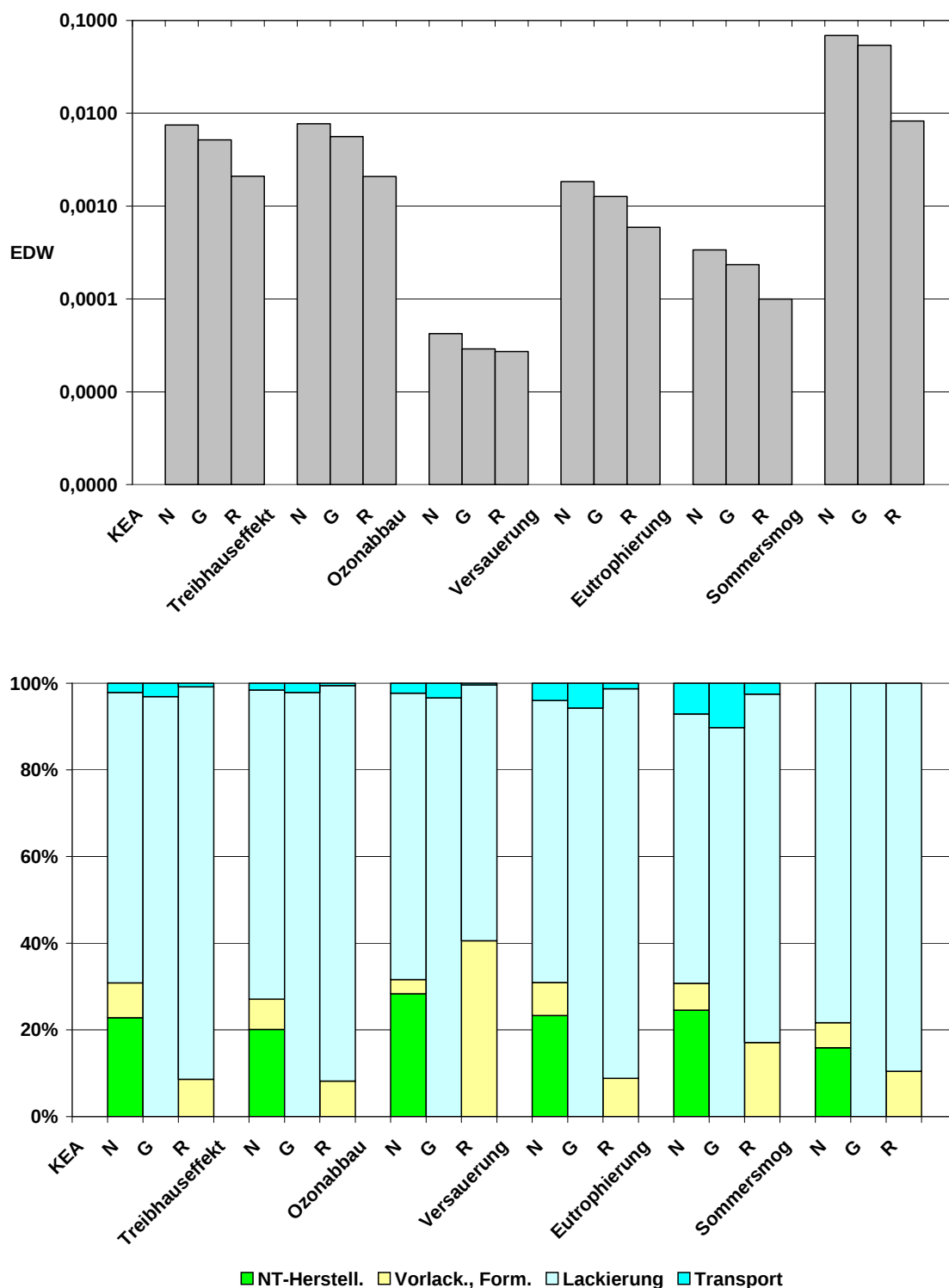


Abb. 5-2 Umweltwirkungen der **Stoßfänger**-Reparatur: **oben:** Gesamtwirkungen in Einwohnerdurchschnittswerten in logarithmischer Darstellung; **unten:** Anteile der Prozessschritte an den Gesamtwirkungen; N: Neuteileinbau, G: Gebrauchtteileinbau, R: Reparatur des beschädigten Teils; Neuteilherstellung inkl. Gutschrift für Recycling des beschädigten Teils

Für alle Umweltwirkungskategorien zeigt der Gebrauchtteileinbau deutlich geringere Belastungen als der Neuteileinbau.

Für die meisten Wirkungskategorien zeigt die Reparatur des beschädigten Teils sehr viel geringere Belastungen als der Gebrauchtteileinbau (Ausnahme: Ozonabbau mit fast identischen Werten).

Die höchsten EDW-Werte ergeben sich für Sommersmog (etwa 15 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

Die geringsten Werte ergeben sich für den Ozonabbau in allen Optionen (etwa 25.000 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

Für den Energieressourcenverbrauch, den Treibhauseffekt, Versauerung und Eutrophierung ergeben sich in allen Optionen mittlere Werte (etwa 100 bis 500 Reparaturen führen zu einem Energieressourcenverbrauch bzw. Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

Über alle Wirkungen und Optionen dominiert die Lackierung.

5.3 Steinschlagschaden an der Windschutzscheibe

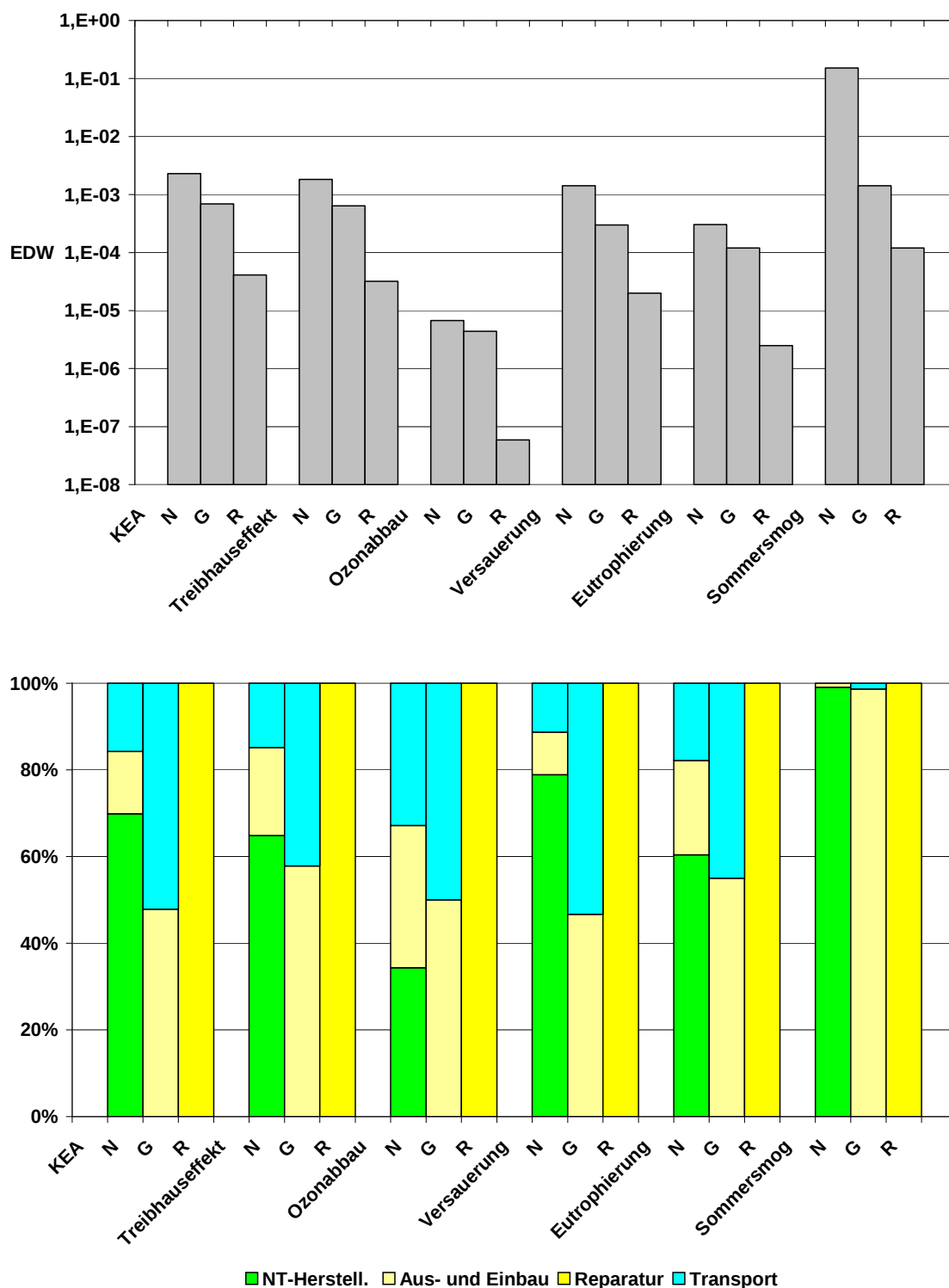


Abb. 5-3 Umweltwirkungen der **Windschutzscheiben-Reparatur**: **oben**: Gesamtwirkungen in Einwohnerdurchschnittswerten in logarithmischer Darstellung; **unten**: Anteile der Prozessschritte an den Gesamtwirkungen; N: Neuteileinbau, G: Gebrauchtteileinbau, R: Reparatur des beschädigten Teils; Neuteilherstellung inkl. Gutschrift für Recycling des beschädigten Teils

Für alle Umweltwirkungskategorien zeigt der Gebrauchtteileinbau sehr viel geringere Belastungen als der Neuteileinbau.

Für alle Wirkungskategorien sind die Belastungen der Reparatur des beschädigten Teils gegenüber dem Ersatz vernachlässigbar.

Der höchste EDW-Wert ergibt sich für Sommersmog beim Neuteileinbau, vollständig durch die Neuteilherstellung dominiert (etwa 7 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW beim Neuteileinbau).

Die geringsten Werte ergeben sich für den Ozonabbau in allen Optionen (etwa 150.000 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW beim Neuteileinbau).

Für den Energieressourcenverbrauch, Treibhauseffekt, Versauerung und Eutrophierung ergeben sich mittlere bis geringe Werte in den Ersatzteilloptionen, beim Neuteil dominiert durch die Herstellung, beim Gebrauchtteil mit vergleichbaren Werten für Montage und Transport (etwa 400 bis 3.000 Reparaturen führen zu einem Energieressourcenverbrauch bzw. Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

5.4 Lackschaden an einem Kotflügel

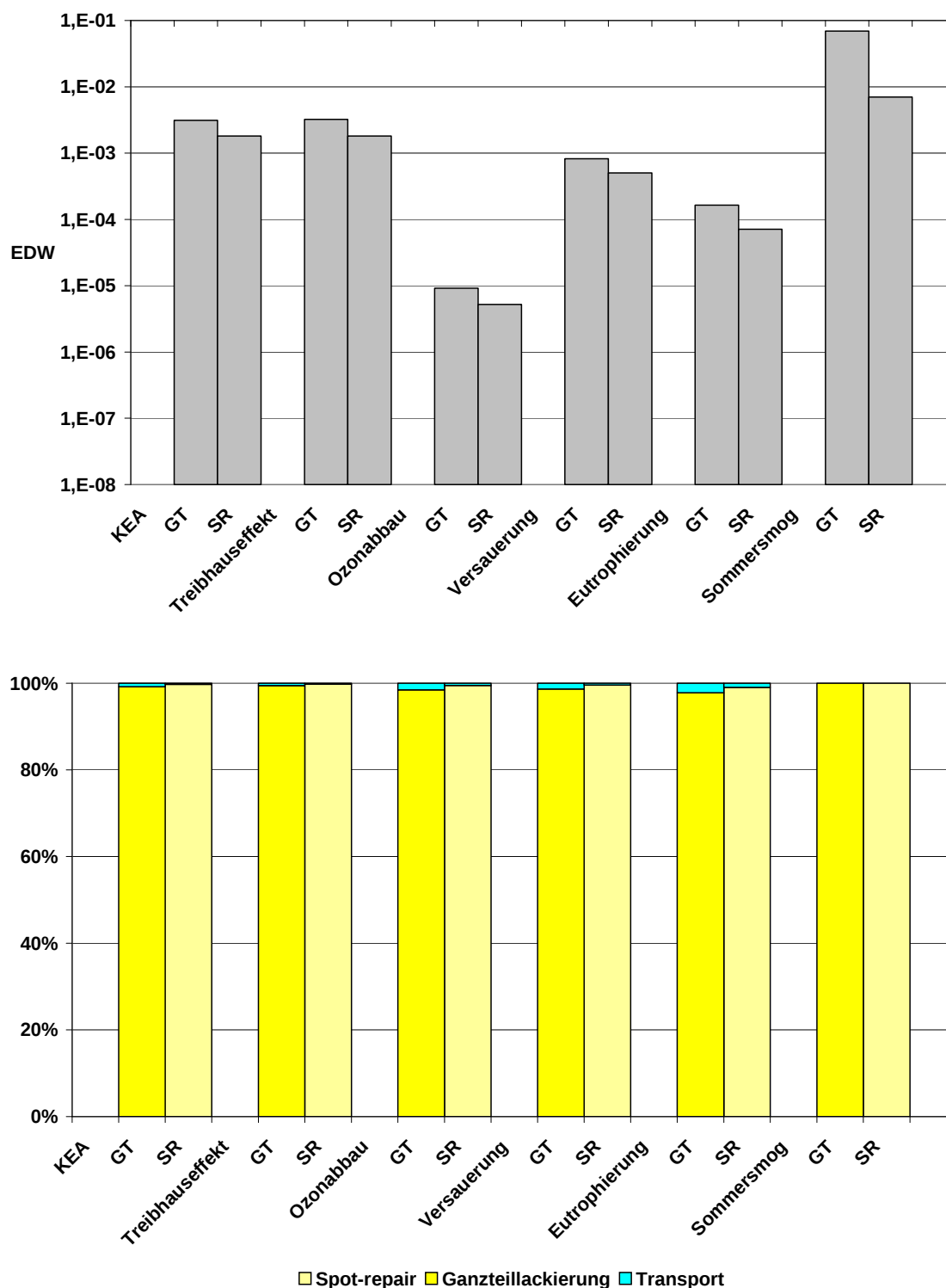


Abb. 5-4 Umweltwirkungen der **Kotflügel-Reparaturalackierung**: **oben**: Gesamtwirkungen in Einwohnerdurchschnittswerten in logarithmischer Darstellung; **unten**: Anteile der Prozessschritte an den Gesamtwirkungen; GT: Ganzteillackierung, SR: Spot repair

Für alle Umweltwirkungskategorien zeigt die Spot-Lackierung deutlich geringere Belastungen als die Lackierung des ganzen Kotflügels.

Die höchsten Werte ergeben sich für Sommersmog (etwa 15 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW beim Neuteileinbau).

Die geringsten Werte ergeben sich für den Ozonabbau (etwa 100.000 Reparaturen führen zu Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

Für den Energieressourcenverbrauch, den Treibhauseffekt, Versauerung und Eutrophierung ergeben sich in beiden Optionen mittlere Werte (etwa 300 bis 6.000 Reparaturen führen zu einem Energieressourcenverbrauch bzw. Schadstofffreisetzungen in der Größenordnung von 1 EDW).

5.5 Reparaturen im Fahrzeug-Lebenszyklus

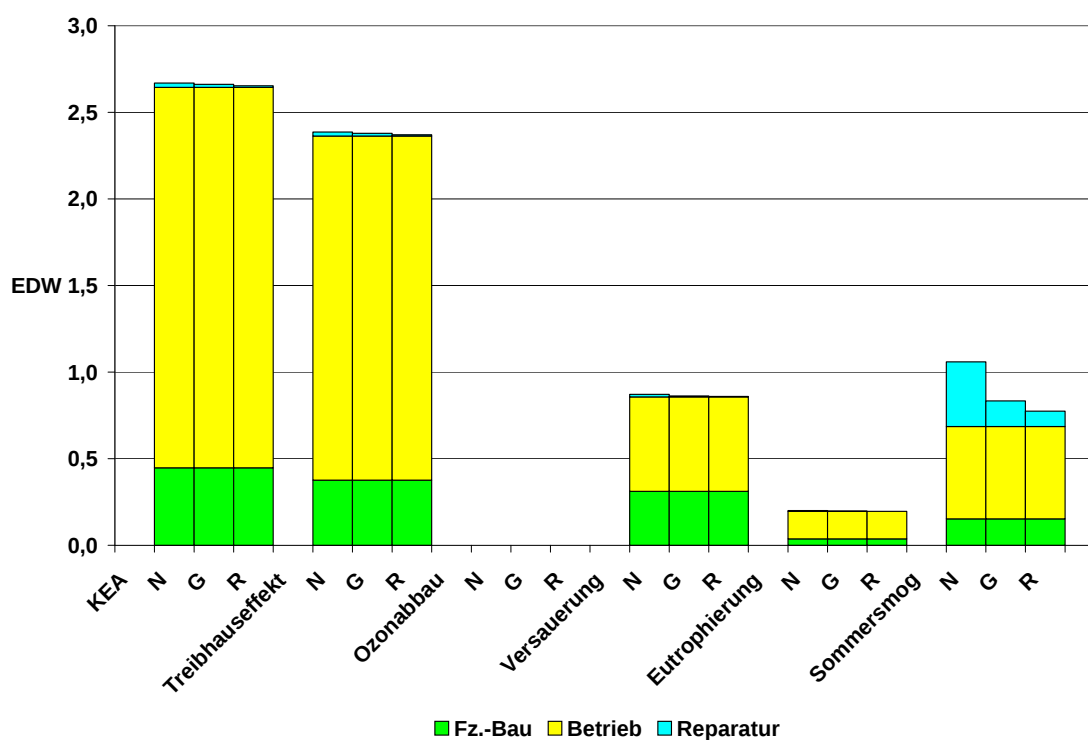


Abb. 5-5 Umweltwirkungen des **Fahrzeug-Lebenszyklus'** inkl. **Reparaturen** in Einwohnerdurchschnittswerten

Relativ zu den Umweltwirkungen des gesamten Lebenszyklus' eines Fahrzeugs sind für alle Beispiele sowie deren Summe und alle Optionen die Umweltwirkungen sehr gering; eine Ausnahmen bildet lediglich die Kategorie Sommersmog.

Auch relativ zum Fahrzeugbau liegen die Umweltwirkungen - mit der Ausnahme Sommersmog - nur im Bereich weniger Prozent.

6 Zusammenfassung und Folgerungen

Ergebnisse

In allen Beispielen und für fast alle Wirkungskategorien zeigt die Reparatur gegenüber dem Neu- und dem Gebrauchtteileinbau deutliche Vorteile. Der Gebrauchtteileinbau ist fast immer günstiger als der Neuteileinbau.

Besonders große Beiträge zu den Umweltbelastungen resultieren aus Lackierprozessen, dort vor allem aus dem Kabinenbetrieb. Bereitstellung und Aufbringung der Lacke haben demgegenüber geringere Bedeutung. Damit liegen vor allem im Kabinenbetrieb bzw. in Lackierverfahren, die keine Kabine benötigen, große Optimierungspotenziale.

Der Transport von Ersatzteilen, Materialien und Abfällen ist von untergeordneter Bedeutung.

Bezogen auf den Fahrzeuglebenszyklus sind die Umweltwirkungen aller untersuchten Reparaturen und Neuteilbauten auch in Summe vernachlässigbar. Bezogen auf den Fahrzeugbau liegen sie im Bereich weniger Prozent.

Ergebnisqualität

Für die einzelnen Optionen der Beispiele ergeben sich für alle betrachteten Wirkungskategorien große Differenzen der Indikatorwerte. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Differenzen durch in Details differenziertere Modellierungen, "bessere" Material- und Energievorketten usw. geschlossen würden, ist sehr gering. Eine wahrscheinlich relevantere, aber die Ergebnisse kaum umkehrende Unsicherheit besteht in der Frage, wie typisch die angesetzten Prozessdaten sind, d.h. mit welchen Marktanteilen die Reparaturen signifikant effizienter und mit welchen weniger effizient durchgeführt werden.

Die Verwendung von Normierungsreferenzdaten mit zum Teil relativ weit zurückliegenden Bezugsjahren stellt keine Einschränkung der Aussagen dar. Die Normierung dient der Illustration der relativen Bedeutung eines Systems für verschiedene Umweltprobleme. Zum einen ändert sich die Umweltsituation nicht so schnell, dass kurzfristige Aktualität nicht nur wünschenswert sondern notwendig wäre. Zum anderen sind die internationalen Daten unabhängig vom Bezugsjahr relativ unsicher durch sehr verschieden entwickelte Umweltberichterstattung in den erfassten Ländern.

Folgerungen

Umweltfreundlichkeit als ein "normales" Kriterium für die Wahl von Kfz-Reparaturverfahren ist ein Gebot nachhaltigen Wirtschaftens. Der geringe Anteil von Reparaturen an den Umweltwirkungen eines Pkw-Lebenszyklus' und auch an der Produktion eines Pkw bedeutet allerdings, dass die Wahl von Reparaturverfahren nur geringen direkten Einfluss auf die Lösung drängender Umweltprobleme hat - im Unterschied zu grundlegenden Änderungen des Mobilitätsverhaltens. Entsprechendes lässt sich jedoch über eine Vielzahl von Entscheidungen, vor allem Verbraucherentscheidungen, feststellen, die Dimensionierung, Nutzungsmuster, Lebensdauer(verlängerung), immaterielle Zusatznutzen ("ökologische und soziale Korrektheit") usw. von - langlebigen - Konsumgütern betreffen. In ihrer Gesamtheit ergeben sie bezogen auf einen Referenzzustand signifikante Umweltbe- oder -entlastungen. Für Optimie-

rungen im Sinne einer Umweltverbesserung durch spezifische Entscheidungen - hier der Entscheidung "Reparatur oder Neuteileinbau" - sind die Ergebnisse damit relevant.

Systeme, in denen die Umwelteffekte verschiedener Reparaturoptionen deutlicher werden als in einem Pkw-Lebensweg, sind die Kfz-Werkstätten, in denen die Reparaturen mehrhundertfach pro Jahr durchgeführt werden. Für diese Perspektive wären auch Sensitivitätsanalysen sinnvoll, in denen anstelle des UCPT-Strommixes nationale Strommixe angesetzt werden oder Ökostrom, der im liberalisierten Strommarkt aufgrund einer nachhaltigkeitsorientierten unternehmerischen Entscheidung bezogen werden kann.

Für zukünftige Pkw kann zumindest für den Verbrauch von Energieressourcen von größeren Mengen für die Herstellung durch aufwendigere Materialien und geringeren Mengen durch die Nutzung (dem Hauptziel der Verwendung aufwendigerer Materialien) ausgegangen werden. In der Summe sollte eine Verringerung des Verbrauchs von Ressourcen und der Umweltwirkungen resultieren. Damit kann die Bedeutung der Reparaturen am Lebensweg steigen. Wichtiger könnte jedoch sein, dass neue Materialien möglicherweise weniger gut reparierbar sind als etablierte wie Stahl. Die Entwicklung von Reparaturverfahren sollte entsprechend bereits mit der Materialentwicklung und -auswahl erfolgen.

Für aktuell verwendete und hier behandelte Materialien bzw. Bauteile gilt Ähnliches: Für Stoßfänger und Windschutzscheiben - allgemeiner: Kunststoff(karosserie)teile und Fahrzeugverglasung - sollte das werkstoffliche Recycling zur Herstellung der Ursprungsprodukte aus dem Recyclat technisch optimiert und ökologisch bewertet werden.

7 Literatur

- Automobil 2004 N.N.: Lackieren neuester Stand. Automobil-Produktion, Juni 2004
- CML 2002 Guinée, J.B. et al. (CML): Handbook on Life Cycle Assessment: Operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2002
- DIN EN ISO 2006 Deutsches Institut für Normung (DIN, Hrsg.): DIN EN ISO 14040. Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag, Berlin 2006
- DIN EN ISO 2006a Deutsches Institut für Normung (DIN, Hrsg.): DIN EN ISO 14044. Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen. Beuth Verlag, Berlin 2006
- ecoinvent 2007 Swiss Centre for Life Cycle Inventories: Ecoinvent - Ökoinventare für Energiesysteme V.2. 2007
- NetLZD Netzwerk Lebenszyklusdaten: Informations- und Kooperationsplattform Lebenszyklusuntersuchungen. Koordination: FZK ITAS-ZTS. gefördert durch das BMBF
- UBA 1995 Umweltbundesamt (Hrsg.): Methodik der produktbezogenen Ökobilanzen - Wirkungsbilanz und Bewertung. UBA-Texte 23/95, Berlin 1995
- VW 2007 VW: Der Golf: Umweltprädikat - Hintergrundbericht. Wolfsburg 2007
- Wolf 2008 Wolf Anlagen-Technik: Informationsmaterial. Geisenfeld 2008 sowie ergänzende mündliche Informationen

8 Anhang

8.1 Verwendete ecoinvent-Datensätze

Tabelle 8-1 Verwendete ecoinvent-Datensätze

Prozess, Material	Datensatz in [ecoinvent 2007]
Energie	
Strom (Werkstatt)	electricity, low voltage, production UCTE, at grid [UCTE]
Strom (Fabrik)	electricity, medium voltage, production UCTE, at grid [UCTE]
Wärme	heat, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW [RER]
Material	
Seitenwand	steel, low-alloyed, at plant [RER]
Stoßfänger, Kunststoff-	polyethylene, HDPE, granulate, at plant [RER]
reparaturmaterial (PPEPDM)	polypropylene, granulate, at plant [RER]
Windschutzscheibe	flat glass, coated, at plant [RER]
Windschutzscheiben-Folie	polyvinylchloride, at regional storage [RER]
Hilfs- und Betriebsstoffe	
Metall-Klebstoff	adhesive for metals, at plant [DE]
Scheibenkleber	polyurethane, flexible foam, at plant [RER]
Metallspachtelmasse	fluosilicic acid, 22% in H ₂ O, at plant [RER] polyester resin, unsaturated, at plant [RER] kaolin, at plant [RER] styrene, at plant [RER] hydrogen peroxide, 50% in H ₂ O, at plant [RER] dolomite, at plant [RER] rutile, 95% titanium dioxide, at plant [AU] alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical, at plant [RER] bentonite, at mine [DE] silicon tetrahydride, at plant [RER]
Feinspachtelmasse	polyester resin, unsaturated, at plant [RER]
Kunstharz	epoxy resin, liquid, at plant [RER]
Primer	xylene, at plant [RER]
Reinigungsmittel	solvents, organic, unspecified, at plant [GLO]
Schleifmaterial	paper, recycling, no deinking, at plant [RER] aluminium oxide, at plant [RER] adhesive for metals, at plant [DE]
Schleifpad	polystyrene, general purpose, GPPS, at plant [RER] foaming, expanding [RER] aluminium oxide, at plant [RER]
Fortsetzung nächste Seite	

Tabelle 8-1 Fortsetzung

Prozess, Material	Datensatz in [ecoinvent 2007]
Fertigung	
Seitenteil, Verzinken	zinc coating, coils [RER]
Seitenteil, Tiefziehen	deep drawing, steel, 10000 kN press, automode operation [RER]
Stoßfänger	injection moulding [RER]
Entsorgung	
Abfall Schleifmaterial	disposal, paper, 11.2% water, to municipal incineration [CH]
Abfall Schleifpad	disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration [CH]
Plastikabfall, Abfall Spachtelmasse, Abfall Kunstharz	disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration [CH]
Abfall Klebstoff	disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration [CH]
Abfall PVB-Folie (PVC)	disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration [CH]
KIT ITAS-ZTS 2009	

8.2 Infrastruktur

Die standardmäßige Erfassung von Infrastruktur (Kapitalgütern, Produktionsmittel) in Ökobilanzen ist umstritten. Aus methodisch prinzipieller Sicht gehört die Infrastruktur zum Lebenszyklus eines Produktes dazu. Dies gilt streng allerdings auch für die Infrastruktur zur Infrastrukturherstellung usw. Damit ist klar, dass aus praktischen Gründen abgeschnitten werden muss. Gebräuchlich sind der Ausschluss der Infrastruktur und der Einbezug der direkt genutzten Infrastruktur (d.h. - soweit spezielle Recherche notwendig wäre - Ausschluss der Infrastruktur zur Infrastrukturherstellung usw.; in Datenbanken mit Matrixstruktur ist auch diese mittelbar genutzte Infrastruktur enthalten).

Die Relevanz der Infrastruktur ist sehr unterschiedlich. Wichtig ist sie z.B. bei bestimmten Energietechnologien wie Wind- und Wasserkraft. Hier wird die Anlagenherstellung bilanziert, um nicht für emissionsbasierte Umwelteffekte zu suggerieren, die Technik sei völlig umweltneutral. (Für Vergleiche mit anderen Energietechnologien ist dann bei diesen die Miterfassung der Infrastruktur aus Konsistenzgründen notwendig.) Für Fertigungsprozesse und Produkte ist die Infrastruktur relevant, wenn diese relativ zum Lebensdaueroutput sehr aufwendig ist. Dies könnte z.B. für Reparaturbetriebe bzw. Reparaturen, wie sie hier untersucht werden, der Fall sein - vorausgesetzt der Bezug wäre eindeutig definierbar. Für den Bezug denkbar wären z.B. Arbeits- oder Maschinenstunden, Wertschöpfung, Lebensdauerverlängerungen, Anzahl reparierter Fahrzeuge. Eindeutige Kriterien für die Auswahl existieren nicht.

Ein praktisches Argument gegen die Erfassung der Infrastruktur besteht in der Datenunsicherheit. In der Regel sind Materialeinsatz, Fertigungsaufwand und Lebensdaueroutput von Produktionsmitteln sehr viel weniger genau bekannt als die spezifischen produktbezogenen Stoffstromdaten des Betriebs. Tatsächlich sind grobe Vereinfachungen hinsichtlich der Materialzusammensetzung, Vernachlässigung von Fertigungsaufwendungen und relativ willkürliche Annahmen zu Gesamtoutputs sehr weit verbreitet.

Die verwendeten Stoffstromdaten aus [ecoinvent 2007] enthalten Infrastrukturaufwendungen, z.T. allerdings auf der Basis sehr grober Schätzungen. Aus Konsistenzgründen und wegen der möglichen Relevanz bei Reparaturprozessen wäre also eine Integration der Infrastruktur in die von ITAS-ZTS modellierten Prozesse sinnvoll.

Wegen der erwähnten erheblichen Unsicherheiten, die allenfalls bei sehr großer, im Projekt-rahmen nicht ansatzweise leistbarer Bearbeitungstiefe reduzierbar wäre, wird hier nur eine Grobabschätzung für die Lackierkabine vorgenommen, *nicht* aber für **Werkstattgebäude** allgemein oder **Werkzeuge**:

Werkstattgebäude: Sie können z.B. aus Ziegel, Beton und/oder Stahlblech bestehen, Jahrzehnte oder nur wenige Jahre genutzt werden, mit oder ohne andere Vor/Nachnutzungen, uns extrem über- oder optimal dimensioniert sein für den Arbeitsanfall. Belastbare typische oder repräsentative Daten liegen dazu nicht vor. Dies gilt alles auch für Großanlagen und -gebäude, allerdings mit tendenziell geringeren Bandbreiten.

Werkzeug (elektrisch und manuell): Werkzeuge für den gleichen Zweck können extrem verschiedene Dimensionierungen, Ausstattungen und Lebensdauern aufweisen. Belastbare typische oder repräsentative Daten liegen dazu ebenfalls nicht vor.

Demgegenüber stellt die Lackierkabine ein *relativ* gut definierbares Produktionsmittel dar, das zudem eher als einzelne Werkzeuge Ergebnisrelevanz erwarten lässt. Die Lackierkabine wird daher anhand der Angaben zu den Außenabmessungen, dem Material (Stahl) und der Wandstärke beschrieben [Wolf 2008]. Mit Annahmen zur Nutzungsdauer wird der Materialeinsatz auf eine Betriebsstunde bezogen (0,7 kg Stahl / h). Für Spotlackierungen, die außerhalb der Kabine in der Vorbereitungszone stattfinden können, wird ein Zehntel des Wertes angesetzt.

Außerdem wurden für die Windschutzscheibenproduktion (10 g niedriglegierter Stahl / Scheibe) und die Werksvorlackierung des Kunststoffstoßfängers (wie KS-Spotlackierung absolut) Abschätzungen vorgenommen.

8.3 Transport

Grundsätzlich entspricht es dem Konzept der Ökobilanz Transportprozesse zwischen Fertigungs-, Nutzungs- und Entsorgungsprozessen mit zu erfassen und zwar in vergleichbarer Bearbeitungstiefe. Praktisch lässt sich das entsprechende Vorgehen damit begründen, dass in sehr verschiedenen Lebenszyklen - oder zumindest Teilzyklen - der Transport für eine Reihe von Umweltwirkungen erhebliche Bedeutung hat; Beispiele: Rohöltransport für Mineralölprodukte, Distribution für Getränke. Dem steht andererseits oft ein erheblicher Modellierungsaufwand mit unsicherer Datenbasis, geringer quantitativer Ergebnisrelevanz und geringem Erkenntnisgewinn gegenüber. Davon wurde auch für die hier untersuchten Reparaturprozesse ausgegangen. Insbesondere liegen keine Informationen über die mittleren Distanzen von Auto(teile)werken bzw. Lackfabriken und Müllverbrennungsanlagen bzw. Stahlwerken zu Autowerkstätten vor.

Entsprechend wurden die umberto-Netze ohne detaillierte Transportprozesse modelliert. In vereinfachten Transportrechnungen wurden für jedes Beispiel und jede Option jeweils die

Summe der Massen aller In- und Outputs, die zwischen Herstellungsort und Werkstatt bzw. Werkstatt und Entsorgungseinrichtung transportiert werden, gebildet. Für diese Massen wurde ein Transport über 1.000 km mit einem Lkw angenommen und die Umweltwirkungen bilanziert.

8.4 Gutschriften für Stahl-, Keltan- und Autoglas-Recycling

Für die Seitenwand aus Stahl kann von vollständigem werkstofflichem Recycling ausgegangen werden. In der Bilanzierung wird das System um die Elektro Stahlproduktion aus der Seitenwand erweitert. Damit kann die Produktion der gleichen Menge Sauerstoffstahl substituiert werden, wofür eine entsprechende Gutschrift erteilt wird.

Sowohl für den Kunststoff-Stoßfänger wie für die Windschutzscheibe ist werkstoffliches Recycling und die Produktion der Ursprungsprodukte aus dem Recyclat möglich, aber praktisch wegen sehr hoher Anforderungen an Sortenreinheit usw. - noch - von allenfalls geringer Bedeutung. Aktuell ist Downcycling zu Produkten mit geringeren Anforderungen an Materialeigenschaften wahrscheinlicher. Da weder detaillierte Prozess- noch belastbare statistische Informationen vorliegen, wird das Recycling von Stoßfänger und Windschutzscheibe folgendermaßen behandelt:

- Es wird angenommen, dass der Stoßfänger zu PE-Granulat und die Windschutzscheibe zu einfachem Gebäudeglas verarbeitet wird.
- Die Aufwendungen dafür werden nicht betrachtet. Dafür erfolgen Gutschriften nur über die Hälfte der in den Teilen eingesetzten Materialmengen.

Dieses relativ grobe Verfahren ist legitimiert durch die im Projektrahmen nicht behebbaren Informationsdefizite. Es genügt der Anforderung, keine Option durch Ausblendung möglicher Nachnutzungsprozesse in der Bewertung zu benachteiligen.

8.5 Ergebnisse: unnormierte Indikatorwerte

Tabelle 8-2 Umweltwirkungen der **Seitenwand-Reparatur**

	KEA MJ	Treibhaus- effekt kg CO ₂ -Äq.	Ozon- abbau kg R11-Äq.	Versäue- rung kg SO ₂ -Äq.	Eutrophie- rung kg PO ₄ -Äq.	Sommersmog kg Ethen-Äq.
Neuteileinbau						
Herstellung Ersatzteil	565	47,3	3,0E-06	0,62	0,12	0,017
Ausbau defektes Teil	199	12,0	4,2E-07	0,045	0,0025	0,092
Einbau Ersatzteil	379	25,6	6,3E-07	0,091	0,0072	0,18
Formgebung	34,7	4,14	2,5E-07	0,0058	0,0010	0,048
Lackieren	890	69,8	3,6E-06	0,10	0,0078	1,61
Transport	70,3	4,15	5,8E-07	0,0145	0,0022	5,1E-04
Gutschrift Stahl	-254	-19,0	-3,2E-07	-0,085	-0,015	-0,012
Summe	1.885	144	8,1E-06	0,79	0,12	1,94
Gebrauchtteileinbau						
Herstellung Ersatzteil	-	-	-	-	-	-
Ausbau defektes Teil	398	24,1	8,3E-07	0,090	0,0049	0,18
Einbau Ersatzteil	379	25,6	6,3E-07	0,091	0,0072	0,18
Formgebung	34,7	4,14	2,5E-07	0,0058	0,0010	0,048
Lackieren	890	69,8	3,6E-06	0,10	0,0078	1,61
Transport	70,3	4,15	5,8E-07	0,015	0,0022	5,1E-04
Gutschrift Stahl	-	-	-	-	-	-
Summe	1.772	128	5,9E-06	0,30	0,0023	2,02
Reparatur						
Rückformen	108	6,53	2,3E-07	0,024	0,0013	0,049
Formangleichung	13,4	1,43	8,5E-08	0,0024	3,5E-04	0,016
Lackieren	641	50,0	2,5E-06	0,076	0,0062	1,55
Transport	5,59	0,33	4,6E-08	0,0012	1,8E-04	4,1E-05
Summe	769	58,3	2,9E-06	0,10	0,0081	1,61
Differenz						
Gebrauchtt. - Neuteilein.	-113	-16,2	-2,6E-06	-0,49	-0,10	0,1
Reparatur - Neuteilein.	-1116	-85,7	-5,3E-06	-0,69	-0,12	-0,3
Reparatur - Gebrauchtt.	-1003	-69,5	-3,0E-06	-0,20	-1,5E-02	-0,41
eigene Berechnungen					KIT ITAS-ZTS 2009	

Tabelle 8-3 Umweltwirkungen der **Stoßfänger-Reparatur**

	KEA MJ	Treibhaus- effekt kg CO ₂ -Äq.	Ozon- abbau kg R11-Äq.	Versäue- rung kg SO ₂ -Äq.	Eutrophie- rung kg PO ₄ -Äq.	Sommersmog kg Ethen-Äq.
Neuteileinbau						
Herstellung Ersatzteil	444	23,3	2,6E-06	0,048	0,0040	0,23
Vorlackierung	95,2	6,85	3,1E-07	0,010	7,1E-04	0,089
Lackierung	795	69,0	6,2E-06	0,085	0,0068	1,18
Transport	25,8	1,52	2,1E-7	0,0053	8,1E-04	1,9E-04
Gutschrift PE	-169	-4,37	5,0-E-10	-0,016	-0,0012	-8,8E-04
Summe	1.191	96	9,3E-06	0,13	0,011	1,50
Gebrauchtteileinbau						
Herstellung Ersatzteil	-	-	-	-	-	-
Vorlackierung	-	-	-	-	-	-
Lackierung	795	69,0	6,2E-06	0,085	0,0068	1,18
Transport	25,8	1,52	2,1E-07	0,0053	8,1E-04	1,9E-04
Gutschrift PE	-	-	-	-	-	-
Summe	821	70,6	6,4E-06	0,090	0,0077	1,18
Reparatur						
Schweißen	3,89	0,18	1,7E-10	3,4E-04	2,9E-05	2,2E-04
Formgebung	28,4	2,17	2,4E-06	0,0038	5,7E-04	0,019
Lackieren	303	24,5	3,6E-06	0,039	0,0027	0,16
Transport	2,66	0,16	2,2E-08	5,5E-04	8,4E-05	1,9E-05
Summe	338	27,0	6,0E-06	0,044	0,0033	0,18
Differenz						
Gebrauchtt. - Neuteilein.	-370	-25,8	-2,9E-06	-0,042	-0,0035	-0,32
Reparatur - Neuteilein.	-853	-69,3	-3,3E-06	-0,089	-0,0078	-1,32
Reparatur - Gebrauchtt.	-483	-43,5	-3,3E-07	-0,047	-0,0043	-1,00
eigene Berechnungen					KIT ITAS-ZTS 2009	

Tabelle 8-4 Umweltwirkungen der **Windschutzscheiben-Reparatur**

	KEA	Treibhaus- effekt	Ozon- abbau	Versäue- rung	Eutrophie- rung	Sommersmog
	MJ	kg CO ₂ -Äq.	kg R11-Äq.	kg SO ₂ -Äq.	kg PO ₄ -Äq.	kg Ethen-Äq.
Neuteileinbau						
Herstellung Neuteil	309	18,1	1,1E-06	0,12	0,0091	3,21
Aus- und Einbau	52,8	4,61	4,9E-07	0,010	0,0022	0,030
Transport	57,5	3,39	4,7E-07	0,0119	1,8E-03	4,2E-04
Gutschrift Flachglas	-64,0	-2,73	-6,3E-07	-0,042	-0,0032	-0,0014
Summe	355	23,4	1,5E-06	0,10	0,0099	3,24
Gebrauchtteileinbau						
Herstellung Neuteil	-	-	-	-	-	-
Aus- und Einbau	52,8	4,61	4,9E-07	0,010	0,0022	0,030
Transport	57,5	3,39	4,7E-07	0,0119	1,8E-03	4,2E-04
Gutschrift Flachglas	-	-	-	-	-	-
Summe	110	8,00	9,6E-07	0,022	4,0E-03	0,031
Reparatur						
Windschutzscheibe	6,51	0,40	1,3E-08	0,0015	8,2E-05	0,0027
Transport						
Summe	6,51	0,40	1,3E-08	0,0015	8,2E-05	0,0027
Differenz						
Gebrauchtt. - Neuteilein.	-245	-15,4	-5,0E-07	-0,080	-0,0059	-3,21
Reparatur - Neuteilein.	-349	-23,0	-1,4E-06	-0,10	-0,0098	-3,23
Reparatur - Gebrauchtt.	-104	-7,60	-9,5E-07	0,021	-0,0039	-0,028
eigene Berechnungen	KIT ITAS-ZTS 2009					

Tabelle 8-5 Umweltwirkungen der **Kotflügel-Reparaturlackierung**

	KEA	Treibhaus- effekt	Ozon- abbau	Versäue- rung	Eutrophie- rung	Sommersmog
	MJ	kg CO ₂ -Äq.	kg R11-Äq.	kg SO ₂ -Äq.	kg PO ₄ -Äq.	kg Ethen-Äq.
Ganzteillackierung						
Lackieren	497	39,8	2,0E-06	0,059	0,0053	1,51
Transport	3,79	0,22	3,1E-08	7,8E-04	1,2E-04	2,8E-05
Summe	501	40,1	2,0E-06	0,060	0,0054	1,51
Spot Repair						
Lackieren	284	22,5	1,2E-06	0,037	0,0023	0,15
Transport	0,73	0,043	6,0E-09	1,5E-04	2,3E-05	5,3E-06
Summe	285	22,6	1,2E-06	0,037	0,0023	0,15
Differenz						
Spot Repair - Ganzteil	-216	-17,5	-8,5E-07	-0,023	-0,0031	-1,36
eigene Berechnungen	KIT ITAS-ZTS 2009					

Tabelle 8-6 Umweltwirkungen des **Fahrzeug-Lebenszyklus' inkl. Reparaturen**

	KEA MJ	Treibhaus- effekt kg CO2-Äq.	Ozon- abbau kg R11-Äq.	Versäue- rung kg SO2-Äq.	Eutrophie- rung kg PO4-Äq.	Sommersmog kg Ethen-Äq.
Golf-LZ*	417.900	29.750	-	62,4	6,50	15,1
Instandsetzung						
Neuteileinbau						
Seitenwand	1.885	144	8,1E-06	0,79	0,12	1,94
Stoßfänger	1.191	96	9,3E-06	0,13	0,011	1,50
Windschutzscheibe	355	23,4	1,5E-06	0,10	0,010	3,24
Lackierung, großflächig	501	40,1	2,0E-06	0,060	0,0054	1,51
Summe	3.932	304	2,1E-05	1,08	0,15	8,18
Golf-LZ + Neuteileinbau	421.832	30.054	2,1E-05	63,5	6,65	23,2
Gebrauchtteileinbau						
Seitenwand	1.772	128	5,9E-06	0,30	0,0232	2,0
Stoßfänger	821	70,6	6,4E-06	0,09	0,0077	1,18
Windschutzscheibe	110,2	8,00	9,6E-07	0,022	4,0E-03	0,031
-	-	-	-	-	-	-
Summe	2.703	206	1,3E-05	0,41	0,035	3,24
Golf-LZ + Geb.teileinbau	420.603	29.956	1,3E-05	62,8	6,53	18,3
Reparatur						
Seitenwand	769	58,3	2,9E-06	0,10	0,0081	1,6
Stoßfänger	338	27,0	6,0E-06	0,044	0,0033	0,18
Windschutzscheibe	6,51	0,40	1,3E-08	0,0015	8,2E-05	0,0027
Spot repair	285	22,6	1,2E-06	0,037	0,0023	0,15
Summe	1.398	108	1,0E-05	0,19	0,014	1,95
Golf-LZ + Reparatur	419.298	29.858	1,0E-05	62,6	6,51	17,0
Golf-L(ebens)Z(yklus)*: Mittel Otto / Diesel						
eigene Berechnungen					KIT ITAS-ZTS 2009	

Wien, 10.8.2009

An
Allianz Elementar Versicherungs-AG,
Unternehmenskommunikation
Hietzinger Kai 101-105
1130 Wien

Austrian Institute of Ecology
Seidengasse 13
A-1070 Wien

fax +43 1 523 58 43
oekeinstitut@ecology.at
www.ecology.at

**Zertifikat über die Prüfung der Ökobilanz "Reparieren
vs. Erneuern" vom Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**

Sehr geehrte Damen und Herrn!

Aus Sicht des Österreichischen Ökologie-Instituts entspricht die gewählte Vorgangsweise und Methode, Annahme der Rahmenbedingungen, gewählte Prozesse von vier Beispiel-Reparaturen, beschriebene Ergebnisse und Folgerungen der vorliegenden ökobilanziellen Untersuchung der DIN/EN/ISO-Normen 14040 und 14044.

Geschäftsstelle Bregenz
Kirchstraße 9
A-6900 Bregenz
tel +43 5574 52085
fax +43 5574 520854
oekeinstitut.vlb@ecology.at

Geschäftsstelle Salzburg
Schwarzstraße 46
A-5020 Salzburg
tel +43 662 876 620
oekeinstitut.sbg@ecology.at

Der Bericht zur Studie ist nachvollziehbar und in sich stimmig. Die AutorInnen haben die gewählte Modellierung transparent erklärt sowie begründet und gehen ausführlich auch auf Einschränkungen und Grenzen ein.

Die Studie zeigt dass in allen Beispielen und für beinahe alle Wirkungskategorien die Reparatur gegenüber dem Neu- und dem Gebrauchtteileinbau deutliche ökologische Vorteile zeigt. Reparaturen haben aber bei der Betrachtung des gesamten Pkw-Lebenszyklus nur einen sehr geringen positiven Einfluss auf die Umweltbelastungsbilanz durch den motorisierten Individualverkehr. Hier stehen die Änderungen des Mobilitätsverhaltens im Vordergrund. Aber im Sinne der Bewusstseinsbildung und als Beitrag zu einer Umweltverbesserung durch spezifische Entscheidungen - "Reparatur oder Neuteileinbau" - sind die Ergebnisse pro Reparatur relevant.

Eine Sensitivitätsanalyse mit österreichischen Strom- und Energieverbrauchsdaten (hoher Wasserkraftanteil) wird empfohlen, wenn Aussagen auf nationaler Ebene getroffen werden sollen.

Mit freundlichen Grüßen



ÖSTERREICHISCHES
ÖKOLOGIE-INSTITUT
1070 WIEN, SEIDENGASSE 13

Dipl. Ing. Christian Pladerer

Österreichisches Ökologie-Institut
1070 Wien, Seidengasse 13
Tel: +43 69915236101
pladerer@ecology.at, www.ecology.at

Geschäftskonto: 004-86906
Erste Bank, BLZ 20111

Impressum

Ökobilanz Autoreparatur
Vergleichende Analyse Reparieren oder Erneuern
März 2009

Herausgeber

Allianz Deutschland AG
Fritz-Schäffer-Straße 9, D-81737 München

Ihr Ansprechpartner

Allianz Deutschland AG
Unternehmenskommunikation
Fritz-Schäffer-Straße 9, D-81737 München
www.allianzdeutschland.de

Christian Weishuber
E-Mail: christian.weishuber@allianz.de

Projektleitung

Heike Stretz
AZT Automotive GmbH
Allianz Zentrum für Technik
Ismaning

Autoren

Dr. Andreas Patyk, Projektleitung
Sibylle Wursthorn
Unter Mitarbeit von
Silke Feifel
Wolfgang Walk

KIT - Karlsruher Institut für Technologie - die
Kooperation von Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
und Universität Karlsruhe (TH) Institut für
Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
Zentralabteilung für Technikbedingte Stoffströme
(ITAS-ZTS)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen
E-Mail: andreas.patyk@itas-zts.fzk.de

Rechtliche Hinweise

Die Studie wurde sorgfältig erarbeitet. Eine Haftung
für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Studie kann
jedoch nicht übernommen werden.

© Allianz Deutschland AG, 2009

Die Studie ist urheberrechtlich geschützt.
Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die
der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der
Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in
Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur
auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.
Diese Rechte dürfen nur nach vorheriger schriftlicher
Genehmigung der Allianz Deutschland AG ausgeübt
werden.

ISBN 978-3-942022-00-2

