



STASA
Steinbeis Angewandte
Systemanalyse GmbH

Wegstreckeneinsparung und Emissionsreduzierung (CO₂) durch ein optimiertes Pooling von Transportfahrten

für die

WBG-Pooling GmbH
Klünenberg 15
49401 Damme-Osterfeine

Stuttgart, 20. Dezember 2021

Zusammenfassung

Die durch das Pooling der WBG-Pooling GmbH im Zeitraum 2018 – 2021 erzielten Einsparungen für die Mehrwegtransportverpackungen (MTV) vom Typ E2 (rot) belaufen sich insgesamt auf 50,5%.

Dies entspricht für die betrachteten Lieferbeziehungen einer Einsparung von rd. 257 Tonnen CO₂ (TTW), bzw. 282 Tonnen CO_{2eq} (WTW).

Durch eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Lieferbeziehungen können weitere Optimierungsmöglichkeiten auf Basis des bereits erstellten Auswerteprogramms erschlossen werden. Zusätzlich bietet eine Betrachtung der Lagerstandorte in Bezug auf das WBG-Poolingnetz unter Berücksichtigung der geplanten mittel- bis langfristigen Expansion ein weiteres Optimierungspotenzial.

Denkbar wäre zudem die Erstellung eines Moduls, mit dem eine neu hinzukommende Lieferbeziehung bezüglich ihres Einsparungspotentials eingeschätzt werden kann.

Einleitung

Über das von Fa. WBG-Pooling GmbH angebotene Pooling können Auftraggeber Mehrwegtransportverpackungen (MTV) für ihre Produktion anfordern, ihre Kunden beliefern und die MTV europaweit wieder freistellen. Durch das Pooling wird eine Einsparung der zum Transport der leeren MTV benötigten Wegstrecken erreicht. Ziel dieser Studie ist es, die Einsparungen an Kisten-Km, Treibstoff und CO₂-Emissionen für ausgewählte Lieferbeziehungen zu berechnen. Dabei werden ausschließlich die Fahrten der leeren MTV betrachtet, die Lieferung von Waren in den MTV obliegt den WBG-Kunden selbst.

Bei der Auftragsabwicklung durch Fa. WBG-Pooling GmbH werden die leeren MTV an die Adresse des Kunden geliefert oder von dort abgeholt. Es bestehen Lieferbeziehungen zwischen den Kunden von WBG, ein WBG-Kunde (der sog. Loader bzw. Versender) liefert Ware in MTV an einen anderen WBG-Kunden (den sog. Unloader bzw. Empfänger). Damit ist ein WBG-Kunde eine Quelle von leeren MTV (der Unloader), ein anderer eine Senke (der Loader). Eine exemplarische Lieferbeziehung ist in Abbildung 1 dargestellt.

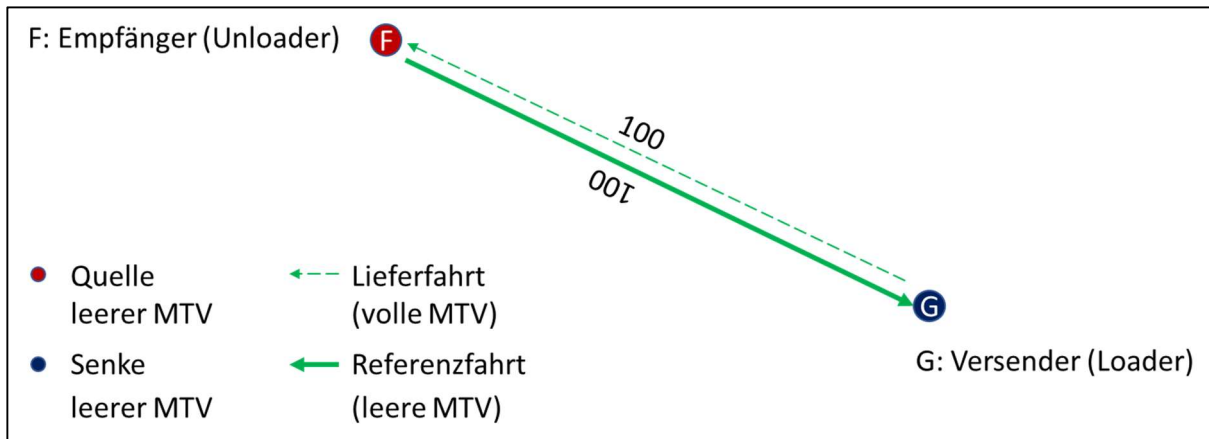


Abbildung 1 Eine Lieferbeziehung zwischen den WBG-Kunden F und G (nicht-optimiert). G liefert in diesem Beispiel exemplarisch Ware in 100 vollen MTV an F. Der Rücktransport der leeren MTV wird als Referenzfahrt für die Berechnung der Einsparungen herangezogen.

Zwischen den beiden Mitgliedern einer Lieferbeziehung ist ein Ausgleich der leeren MTV nötig. Anstatt die leeren MTV zwischen den Mitgliedern einer Lieferbeziehung nach der Warenlieferung zurückzutransportieren (das entspricht den nicht-optimierte Routen), werden sie von bzw. zu anderen WBG-Kunden im näheren Umland der beiden Partner der Lieferbeziehung geliefert, die leere MTV benötigen, bzw. abgeben (optimierte Routen). Dadurch werden die zu fahrenden Kilometer reduziert und es ergeben sich Einsparungen an Fahrzeit der LKW, Kosten und CO₂-Emissionen. In Abbildung 2 ist dieselbe Lieferbeziehung in optimierter Form dargestellt.

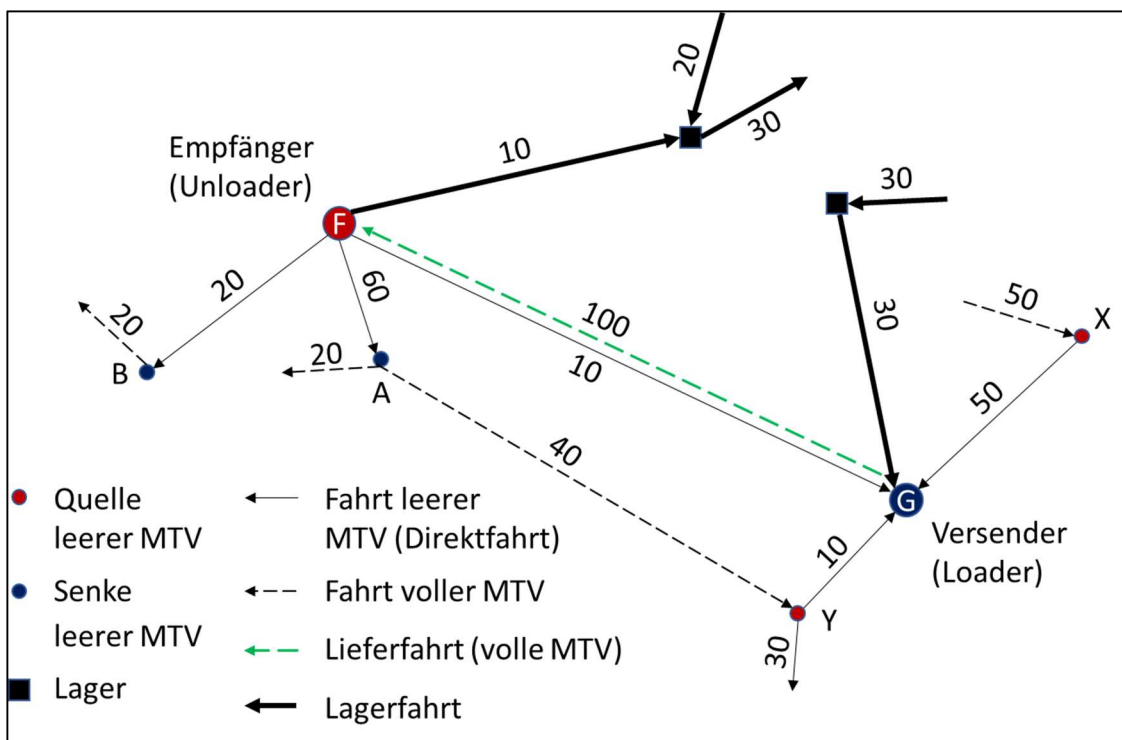


Abbildung 2 Die Lieferbeziehung zwischen den WBG-Kunden F und G in optimierter Form. G erhält 100 MTV aus seiner näheren Umgebung und F gibt 100 leere MTV an seine nähere Umgebung ab. Offene Pfeile verlassen die betrachtete Lieferbeziehung. An

jedem Knoten des Netzes muss die Summe der MTV der ein- und auslaufenden Pfeile (Anzahl MTV) identisch sein. Zwischen A und Y besteht eine weitere Lieferbeziehung, die separat betrachtet wird.

Im vorliegenden Bericht werden 10 Lieferbeziehungen für die MTV vom Typ E2 (rot) und 26 Lieferbeziehungen für den Typ E2P untersucht. Von letzteren können nur 15 ausgewertet werden, da für 11 Lieferbeziehungen die Vollgutmengen nicht vorliegen. In diesen Lieferbeziehungen werden die MTV vom WBG-Kunden selbst gereinigt. Es werden daher nur ungereinigte leere MTV eingesetzt, so dass keine Fahrten zu Servicecentern notwendig sind.

Die Referenz zur Berechnung der Einsparung ist der direkte Rücktransport der leeren MTV zwischen den Teilnehmern einer Lieferbeziehung. Es gibt verschiedene Typen von Fahrten: Fahrten von bzw. zu einem Lager (Lagerfahrt) und Direktfahrten von bzw. zu einem Mitglied der Lieferbeziehung von einem dritten WBG-Kunden in der näheren Umgebung. Darüber hinaus gibt es Fahrten von Neu- bzw. Gebrauchtware.

Jede Direktfahrt zwischen zwei WBG-Kunden ist sowohl eine Bring- als auch eine Hol-Fahrt, da die leeren MTV bei einem Kunden abgeholt und zum anderen gebracht werden. Direktfahrten werden in einer Lieferbeziehung mit dem Faktor 0,5 gewichtet, da dieselbe Fahrt in der einen Lieferbeziehung als Bring-Fahrt und in der anderen als Hol-Fahrt dient. Betrachtet man die Gesamtheit aller Lieferbeziehungen, darf dieselbe Fahrt nicht zweimal vorkommen, sondern muss genau einmal berücksichtigt werden. Daher werden Direktfahrten in der jeweiligen einzelnen Lieferbeziehung zur Hälfte gewichtet. Ausgleichsfahrten zwischen Lagern werden nicht betrachtet.

Fa. WBG-Pooling stellt für die ausgewählten Lieferbeziehungen die durchgeführten Leergutfahrten im Zeitraum von November 2018 bis Oktober 2021 einschließlich zur Verfügung. Dieser Zeitraum von drei Jahren entspricht dem Untersuchungszeitraum. In den Daten enthalten ist eine Typisierung der Fahrt (Lagerfahrt, Direktfahrt, Neu- oder Gebrauchtware) und die räumliche Länge der Fahrt. Des Weiteren sind in den Daten die Menge des transportierten Vollgutes und die räumlichen Abstände der an der Lieferbeziehung beteiligten Partner enthalten. Die Menge des transportierten Vollgutes innerhalb der Lieferbeziehung wird von Fa. WBG-Pooling mit Hilfe der Freistellungen des Bring-Kunden beim Hol-Kunden abgeschätzt. Diese Abschätzung ergibt eine Mindestmenge, da beispielsweise Umbuchungen nicht enthalten sind. Damit werden die Einsparungen unterschätzt. Die Zeiträume der Vollgutmengen decken sich nicht exakt mit den Daten der Leergutfahrten. Die Daten für die Mengen des transportierten Vollgutes sind aus den Jahren 2019, 2020 und 2021 bis Ende November. Der Unterschied von zwei Monaten am Anfang des Zeitraumes bzw. von einem Monat an dessen Ende wird als Teil der Abschätzung über drei Jahre vernachlässigt.

Methodik

Die Kisten-Km jeder Fahrt im Betrachtungszeitraum werden berechnet und für die Partner der Lieferbeziehung zunächst einzeln summiert. Dabei wird nach Typ der Fahrt (Lagerfahrt, Direktfahrt, Neuware und Gebrauchtware) aufgeschlüsselt. Die Kisten-Km der Direktfahrten gehen nur zur Hälfte in die Summe ein. Lagerfahrten und Fahrten von Neu- und Gebrauchtware werden ganz der Lieferbeziehung zugerechnet.

Die so erhaltenen Kisten-Km werden auf eine einzelne MTV heruntergebrochen, also durch die Summe der transportierten MTV für jeden Partner der Lieferbeziehung einzeln geteilt. So erhält man die zurückgelegte Strecke eines MTV für beide Teile der Lieferbeziehung. Die Summe dieser beiden Strecken wird mit der Referenzfahrt verglichen. Für eine einzelne MTV ist dies der Abstand zwischen den beiden Mitgliedern der Lieferbeziehung.

Durch die Betrachtung einer einzelnen MTV ist es möglich, relative Einsparungen zu berechnen. Um die absoluten Einsparungen zu berechnen, ist es zusätzlich notwendig, die Anzahl der im betrachteten Zeitraum gelieferten vollen MTV zu bestimmen. Die relative Einsparung wird mit den Kisten-Km der tatsächlichen Vollgutmenge multipliziert, um die absolute Einsparung an Kisten-Km zu erhalten. Durch diese Vorgehensweise ist gewährleistet, dass die Strecken so gewichtet sind, dass sie im Gesamtsystem aller Lieferbeziehungen genau einmal berücksichtigt werden. Im Allgemeinen steht jeder Partner einer Lieferbeziehung in weiteren Lieferbeziehungen, so dass bekannt sein muss, wie diese Lieferbeziehungen sich mengenmäßig zueinander verhalten. Dieses Verhältnis wird durch die Vollgutmengen festgelegt.

Da die Vollgutfahrten nicht von WBG durchgeführt werden, werden sie durch die Freistellungen der MTV im Buchungssystem von WBG abgeschätzt. Wie bereits beschrieben führt diese Abschätzung zu einer unteren Schranke der Einsparungen. Falls die Zahl der Vollgut-MTV größer als die Anzahl der leer transportierten MTV ist, wird für die weitere Abschätzung die Anzahl des Leergutes zugrunde gelegt. Die Anzahl der berücksichtigten MTV in der Lieferbeziehung ist daher das Minimum der an den einen Partner gelieferten leeren MTV, der beim anderen Partner abgeholten leeren MTV und der Vollgut-MTV.

Die Einsparung an Kisten-Km wird auf LKW-Km umgerechnet. In Absprache mit WBG-Pooling wird dazu der Wert von 1.320 Kisten pro LKW verwendet. Das entspricht einer vollen Auslastung eines Sattelzugs. Einige Transporte haben mehr (Gliederzüge, Jumbo-Lkw), andere sind nicht ganz voll. Mit dieser Annahme werden die Fahrten im Mittel modelliert, Einzelfälle unterschiedlicher Auslastung werden nicht berücksichtigt.

Die LKW haben ein zulässiges Gesamtgewicht von 40 t. Sie sind mit ca. 6 t Ladung (leere MTV) beladen und benötigen Diesel als Treibstoff. Der Diesel-Verbrauch eines Sattelzuges mit 40 t zulässigem Gesamtgewicht liegt bei einem Beladungsmix nach den Berichten der Bundesanstalt für Straßenwesen [1] zwischen 30 und 35 l/100 km. Da die betrachteten LKW mit den leeren MTV nur mit ca. 6 t beladen sind, wird als Verbrauch die untere Grenze von 30 l/100 km angenommen. Damit rechnet man mit einer unteren Grenze für die Einsparungen an Diesel und CO₂.

Der Verbrauch an Diesel wird mit dem TREMOD-Modell des IFEU-Instituts nach [2] in direkte CO₂-Emissionen umgerechnet. Dabei erhält man den TTW-Wert (Tank-to-Wheel) für die CO₂-Emissionen, der der vollständigen Verbrennung des Treibstoffs entspricht. Der Heizwert von Diesel beträgt 42,960 MJ/kg Diesel [2]. Der CO₂-Emissionsfaktor des Umweltbundesamtes für Kraftstoffe und Gase beträgt für Diesel 74.027 kg/TJ [2]. Mit der Dichte von Diesel von 0,832 kg/l [2] ergibt sich ein Umrechnungsfaktor für direkte CO₂-Emissionen von rd. 2,65 kg CO₂/l Diesel.

Betrachtet man die CO₂-Emissionen und die Äquivalente anderer treibhausaktiver Gase über die gesamte Wirkungskette von der Ölförderung bis zur Straße, erhält man den WTW-Wert

(Well-to-Wheel) für das CO₂-Äquivalent (CO_{2eq}) der Emissionen. Hier gibt der „JEC Well-To-Wheels report v5“ der Europäischen Kommission, Concawe und eucar den Umrechnungsfaktor von 7,2 g CO_{2eq}/MJ für den WTT-Teil (Well-to-Tank) der Wirkungskette an [3]. Mit dem Heizwert und der Dichte von Diesel ergibt sich der Umrechnungsfaktor für CO_{2eq}-Emissionen über die gesamte Wirkungskette von rd. 2,91 kg CO_{2eq}/l Diesel (WTW).

Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die 10 Lieferbeziehungen für die MTV Typ E2 (rot) dargestellt. Bei allen Lieferbeziehungen außer einer ergeben sich deutliche Einsparungen an Wegstrecke, Kraftstoff und CO₂-Emissionen. Im Mittel über die Lieferbeziehungen ergeben sich **50,5% an Einsparungen**.

Die Ergebnisse für den Typ E2P sind in Tabelle 2 dargestellt. Von den 26 betrachteten Lieferbeziehungen können nur 16 herangezogen werden, da für einige Lieferbeziehungen keine Vollgutmengen vorliegen. Für diese Lieferbeziehungen können prozentuale Einsparungen berechnet werden, die in der Tabelle angegeben sind, jedoch keine absoluten Einsparungen. Die prozentuale Einsparung geht nicht in das Mittel der prozentualen Einsparungen ein, da ohne Vollgutmenge die korrekte Gewichtung nicht bekannt ist. Für fünf Lieferbeziehungen liegen für einen der Partner der Lieferbeziehung keine Fahrten vor. Für diese Lieferbeziehungen kann auch die prozentuale Einsparung nicht berechnet werden.

Für fünf Lieferbeziehungen beim Typ E2P liegen Einsparungen vor, bei den meisten Lieferbeziehungen jedoch nicht. Im Mittel liegt die prozentuale Einsparung bei -21,9%, das bedeutet einen Mehraufwand.

Für diesen MTV-Typ kann man durch Optimierungen des Netzes eine höhere Einsparung erreichen.

Durch eine weitere Analyse der in dieser Studie zusammengestellten Daten können weitere Optimierungsmöglichkeiten erschlossen werden.

Tabelle 1 Übersicht über die ausgewählten 10 Lieferbeziehungen für die MTV vom Typ E2 (rot) im Zeitraum von November 2018 bis Oktober 2021

BRING Land	BRING Name	BRING Ort	HOL Land	HOL Name	HOL Ort	proz. Einsparung durch Pooling	Referenzmenge CO2 in kg (TTW)	Einsparung in LKW-Km	Einsparung Kraftstoff in Liter	CO2 Einsparung in kg (TTW)	CO2eq Einsparung in kg (WTW)
D	Düringer Fleis	Loxstedt	D	Willms	Weisswasser	37,7%	44.823	21.262	6.378	16.903	18.561
AT	Hochreiter	Bad Leonfelden	D	Dr. Oetker	Wittlich	47,0%	71.395	42.239	12.672	33.580	36.875
D	Windau	Harsewinkel	D	Dr. Oetker	Wittlich	22,7%	61.304	17.483	5.245	13.899	15.262
AT	Hochreiter	Bad Leonfelden	D	Dr. Oetker	Wittenburg	50,9%	83.456	53.406	16.022	42.457	46.623
D	Windau	Harsewinkel	D	Dr. Oetker	Wittenburg	17,5%	45.810	10.066	3.020	8.003	8.788
PL	Wiepasz	Miedzyrzec Podlaski	D	Dr. Oetker	Wittenburg	62,7%	1.526	1.203	361	956	1.050
D	Tönnies	Rheda-Wiedenbrück	D	W. Brandenburg	Frankfurt	-3,2%	9.166	-365	-109	-290	-318
PL	Wiepasz	Miedzyrzec Podlaski	D	Niggemann	Bochum	81,3%	92.864	95.004	28.501	75.528	82.938
NL	Van Rooi	Helmond	IT	GSI SPA	Modena	68,1%	79.182	67.829	20.349	53.924	59.214
E	Literameat	Bienefar	IT	GSI SPA	Modena	62,4%	19.123	15.002	4.501	11.927	13.097
Ergebnis						50,5%	508.648	323.128	96.938	256.887	282.091

Tabelle 2 Übersicht über die ausgewählten 26 Lieferbeziehungen für den Typ E2P im Zeitraum von November 2018 bis Oktober 2021

BRING Land	BRING Name	BRING Ort	HOL Land	HOL Name	HOL Ort	proz. Einsparung durch Pooling	Referenzmenge CO2 in kg (TTW)	Einsparung in LKW-Km	Einsparung Kraftstoff in Liter	CO2 Einsparung in kg (TTW)	CO2eq Einsparung in kg (WTW)
D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	D	Frankengut	Rottendorf	-88,0%	853	-945	-284	-751	-825
D	Bayernfleisch	Traunstein	D	Frankengut	Rottendorf	-105,0%	1.229	-1.622	-487	-1.290	-1.416
D	BARD	Saarbrücken	D	Frankengut	Rottendorf	-5,7%	1.973	-142	-43	-113	-124
IT	Agricola Tre Valli	Correggio	D	Frankengut	Rottendorf	-59,3%	680	-507	-152	-403	-443
D	Bayernfleisch	Traunstein	D	Frankengut	Mockritz	-80,8%	3.271	-3.326	-998	-2.644	-2.904
IT	Agricola Tre Valli	Correggio	D	Frankengut	Mockritz	-45,3%	356	-203	-61	-161	-177
D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	D	Frankengut	Nürnberg	-67,1%	0	0	0	0	0
D	Bayernfleisch	Traunstein	D	Frankengut	Nürnberg	-197,5%	1.325	-3.292	-988	-2.617	-2.874
IT	BARD	Saarbrücken	D	Frankengut	Nürnberg	-1,0%	10.169	-129	-39	-102	-113
IT	Agricola Tre Valli	Correggio	D	Frankengut	Nürnberg	-90,9%	436	-498	-149	-396	-435
D	Bayernfleisch	Traunstein	D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	-121,2%	5.735	-8.745	-2.624	-6.953	-7.635
D	Danisch Crown	Essen (Oldenb	D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	45,1%	24.580	13.955	4.186	11.094	12.183
D	AVO	Belm	D	EDEKA Südwest	Rheinstetten		0	0	0	0	0
D	Heiderbeck	Olching	D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	-6,4%	97	-8	-2	-6	-7
D	Danisch Crown	Haarlem	D	EDEKA Südwest	Rheinstetten		0	0	0	0	0
D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	D	NWT	Twist	1,0%	0	0	0	0	0
D	Danisch Crown	Teterow	D	EDEKA Nord	Malchow	-386,4%	4.061	-19.740	-5.922	-15.693	-17.233
D	Danisch Crown	Oldenburg (Old	D	EDEKA Nord	Malchow	42,0%	15.995	8.441	2.532	6.710	7.369
D	Houdek	Arzberg	D	EDEKA Nord	Malchow	-48,6%	6.296	-3.850	-1.155	-3.061	-3.361
NL	Danisch Crown	Haarlem	D	EDEKA Nord	Malchow		0	0	0	0	0
D	Danisch Crown	Oldenburg (Old	D	Rasting	Essen	25,5%	0	0	0	0	0
NL	Danisch Crown	Haarlem	D	Rasting	Essen		0	0	0	0	0
D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	D	Rasting	Meckenheim	-103,9%	0	0	0	0	0
D	Houdek	Arzberg	D	Rasting	Meckenheim	-60,3%	1.346	-1.021	-306	-811	-891
D	Danisch Crown	Haarlem	D	Rasting	Meckenheim		0	0	0	0	0
D	EDEKA Südwest	Rheinstetten	AT	Norbert Marcher	Villach	4,5%	0	0	0	0	0
Ergebnis						-21,9%	78.403	-21.632	-6.490	-17.198	-18.885

Quellenverzeichnis

- [1] A. Süßmann, M. Lienkamp: „Technische Möglichkeiten für die Reduktion der CO₂-Emissionen von Nutzfahrzeugen“. In: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 103 (2015).
- [2] W. Knörr, C. Heidt, S. Gores, F. Bergk: „Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ (TREMODO) für die Emissionsberichterstattung 2016 (Berichtsperiode 1990-2014). Endbericht des Ifeu-Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes (2016).
- [3] Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards. JEC Well-To-Wheels report v5. EUR 30284 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-20109-0, doi:10.2760/100379, JRC121213.

Kontakt: Steinbeis Angewandte Systemanalyse GmbH (STASA)
Filderhauptstraße 142
70599 Stuttgart

Internet: www.stasa.de
Email: g.haag@stasa.de
Tel: 0711 50448861
Fax: 0711 50093240

Bearbeiter: Prof. Dr. habil. Günter Haag (Geschäftsführer)
Dr. Dirk Meyer
Ekaterini Sdogou