CO_2-Emissionen beim Einbau: Feste Fahrbahn im Vergleich zum Schotteroberbau

Eine vergleichende LCA-Analyse der Klimawirkungen des Schotteroberbaus und der Festen Fahrbahn

LASSE HANSEN | LEYLA SOPHIE ILKNUR ÖZTÜRK | BIRGIT MILIUS

Die Feste Fahrbahn (FF) wurde mit dem Ziel des deutlich verringerten Instandhaltungsaufwandes beim Einsatz von Zügen mit höheren Achslasten (Güterverkehr) und höheren Geschwindigkeiten (Personenverkehr) entwickelt. Nachhaltigkeitsaspekte spielten bei der Entwicklung keine explizite Rolle. Die Auswirkungen des Einbaus der FF auf das Klima im Vergleich zu denen des Schotteroberbaus (SchO) werden im Folgenden betrachtet und sollen Aufschluss darüber geben, welchen – in der Umweltschutz-Debatte oft vergessenen – Einfluss auch die Infrastruktur auf die Umweltauswirkungen des Verkehrsträgers Schiene hat. Diese Ausarbeitung bezieht sich dabei fokussiert auf die Klimaauswirkungen der eingesetzten Materialien beim Einbau der beiden Oberbauformen.

Entwicklung der FF

Die Anfänge der FF gehen zurück in die 1970er Jahre. Im Jahr 1972 wurde auf der Strecke 1700 Hannover – Hamm am Bahnhof Rheda-Wiedenbrück die erste FF anstelle der bis dahin verwendeten konventionellen Schotter-Schwellen-Bauweise im Oberbau eingesetzt. Die eingebaute Streckenlänge betrug 637 m, und der Gesamtabschnitt erreichte mit den zeitgleich eingesetzten Weichen eine Gesamtlänge von 850 m. Dadurch konnten zu diesem Zeitpunkt auf dem Streckenabschnitt höhere Geschwindigkeiten gefahren werden.

Inzwischen mussten Teile der Strecke aufgrund von Tragfähigkeitsausfällen bereits zurückgebaut und erneuert werden. Die anvisierte und in der Ril 820.2020 konstatierte Nutzungsdauer von 60 Jahren für die Oberbauform FF konnte somit nicht erreicht werden.

Die Abwägungen der Klimawirkungen spielten bei der Entwicklung der FF keine explizi-

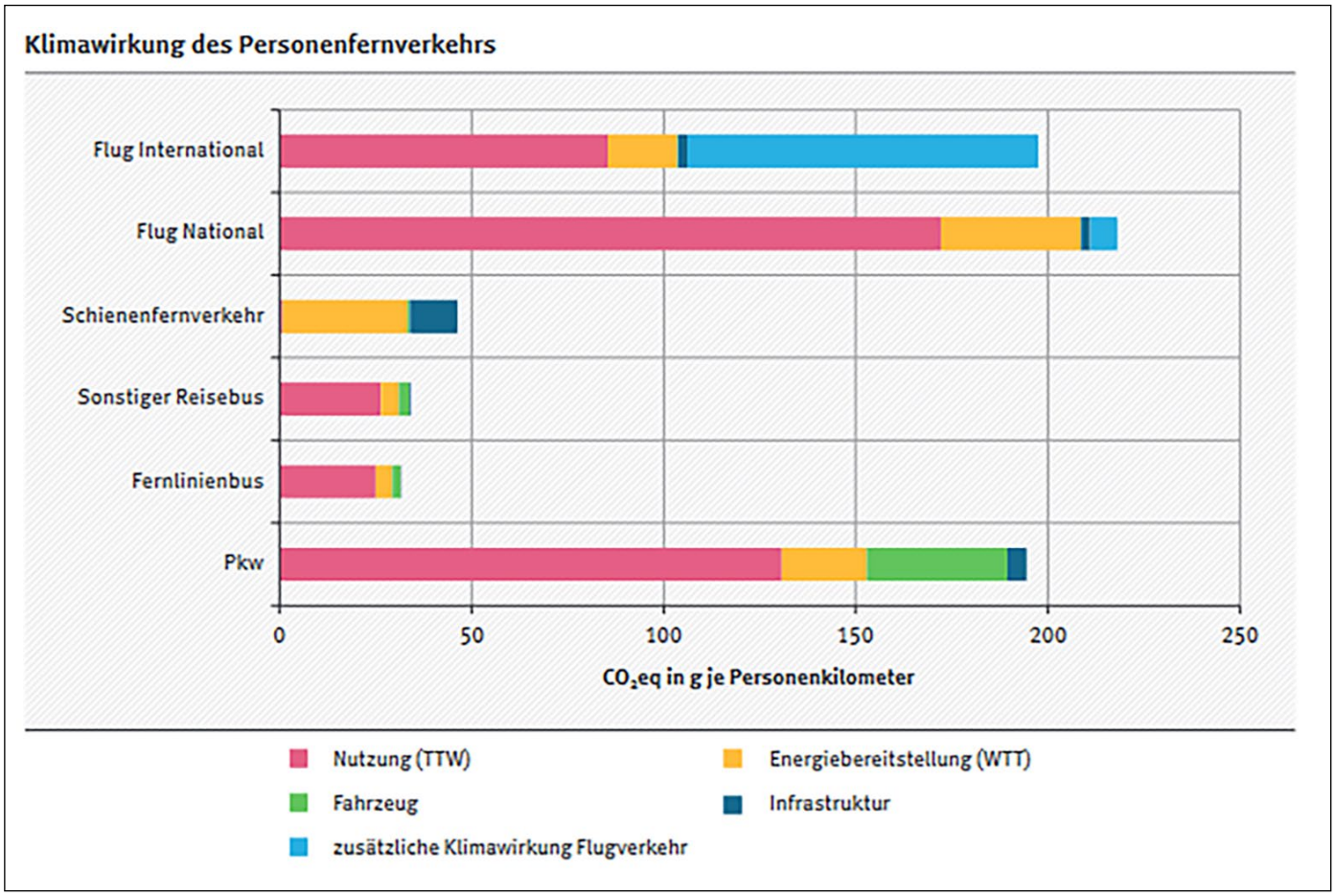

Abb. 1: Klimawirkung des Personenfernverkehrs *Quelle: Hrsg. Umweltbundesamt, Umweltfreundlich mobil!*

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für TU Berlin / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

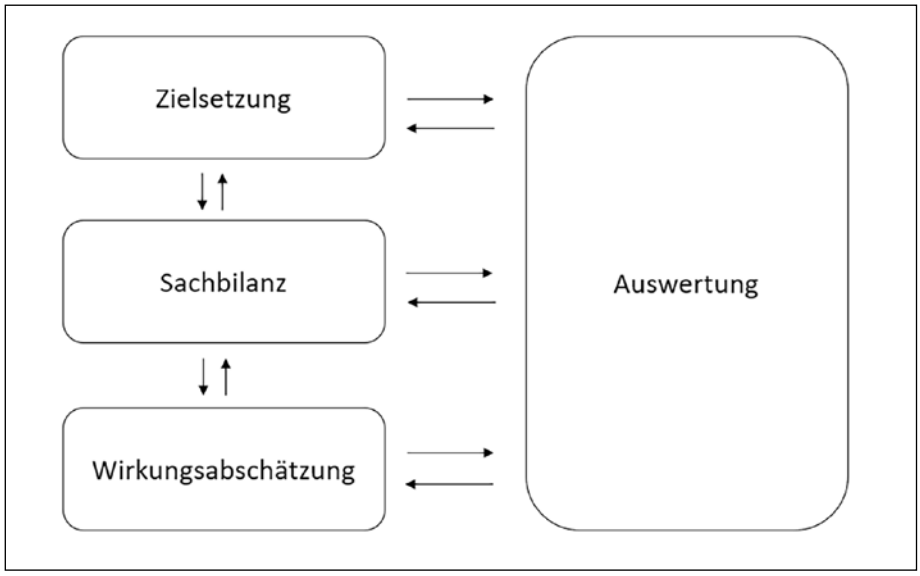

Abb. 2: Aufbau einer Ökobilanz (LCA) *Quelle: eigene Darstellung nach DIN EN14040*

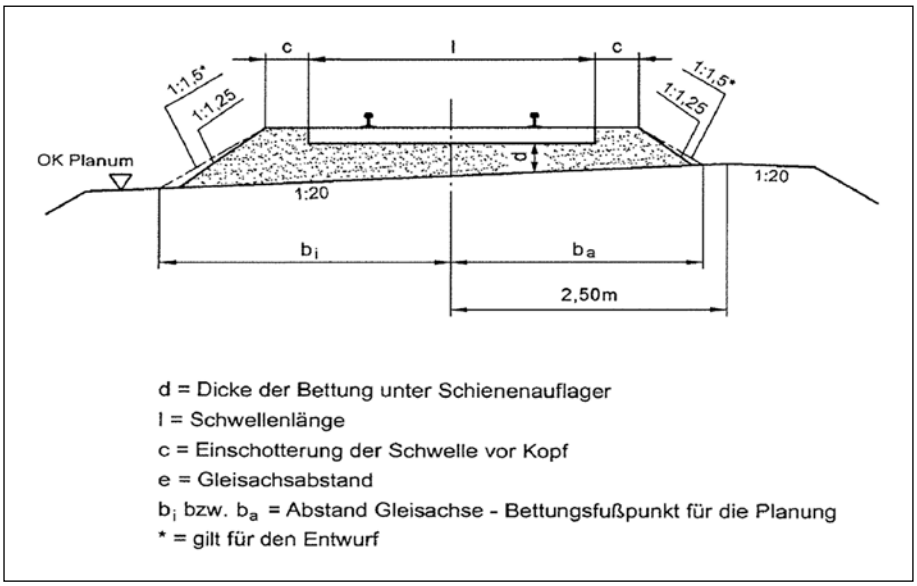

Abb. 3: Schotterbettung nach Ril. 820.2010 *Quelle: Deutsche Bahn AG, Ril. 820.2010*

te Rolle. Dies ist für die damalige Zeit auch nicht verwunderlich. Die heutige politische Debatte macht aber deutlich, dass wir uns zunehmend auch mit den Klimaauswirkungen der (Bahn-) Infrastruktur beschäftigen müssen. In Abb. 1 ist zu sehen, dass die Infrastruktur im Schienenverkehr einen deutlich erhöhten Anteil an der Gesamt-Klimawirkung des Verkehrsmittels im Vergleich zu den weiteren dargestellten Verkehrsmitteln aufweist.

Oftmals wird der Anteil der Infrastruktur an der Umweltbelastung der Verkehrsmittel völlig unberücksichtigt gelassen, und es werden lediglich Ausstöße durch den Energieverbrauch der Verkehrsmittel gegenübergestellt.

Daraus resultiert, dass Eisenbahninfrastrukturen oftmals, trotz der aktuell geführten Umweltschutzdebatten, ohne Berücksichtigung der entstehenden Umweltauswirkungen geplant und umgesetzt werden.

Beim Einsatz der FF wird vorrangig zementhaltiger und dadurch hochenergieintensiver Beton eingesetzt, welcher überwiegend den gebrochenen Natursteinschotter des SchO ersetzt. Zudem wird für die hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT) Zement in die Tragschicht unterhalb der FF-Platte eingebracht. Die Zementproduktion ist für 8 % des weltweiten CO_2-Ausstoßes verantwortlich – Tendenz steigend [4].

Der Einsatz der FF sorgt also aufgrund der abweichenden Konstruktions- und Funktionsart für einen geänderten Materialeinsatz gegenüber des SchO. Die daraus resultierenden Umweltauswirkungen werden im Folgenden vergleichend dargestellt.

Entsprechend der DIN EN ISO 14040 wird ein Life-Cycle-Assessment (LCA) zu den COs-Äquivalenten bei der Herstellung der beiden Bauarten durchgeführt und die Ergebnisse gegenübergestellt. (Abb. 2)

Aus den Erkenntnissen sollen Ableitungen auch zu erforderlichen Nutzungsdauern aus ökologischer Sicht eruiert werden können. Es werden Daten zur Ökobilanzierung von „Ökobaudat“ und „eco-scout“ genutzt.

Analyse der Umweltbelastungen von FF im Vergleich zu SchO

Um die Umweltauswirkungen der FF vergleichend zum SchO darstellen zu können, wird das Global-Warming-Potential (GWP) der relevanten Bestandteile des Oberbaus analysiert. Dieser Index drückt die Erwärmungswirkung einer bestimmten Menge eines Treibhausgases über einen festgelegten Zeitraum (meist 100 Jahre) im Vergleich zu derjenigen von CO_2 aus (DIN EN 14040). Das GWP kann in Form von CO_2-Äquivalenten (CO_2e) für die Emissionen der einzelnen Bauteile und in Summe des Oberbausystems ermittelt werden. Es kann abschließend ein Vergleich anhand der Gesamtwerte für das jeweilige GWP vorgenommen werden.

Umweltauswirkungen SchO

Der SchO besteht aus Schienen, Schienenbefestigungen, Schwellen und Schotter. Die Komponenten Schiene und Schienenbefestigung sowie Frostschutzschicht (FSS) und Planumsschutzschicht (PSS) werden nicht betrachtet, da ein ähnlicher Komponenten-/ Materialeinsatz bei FF und SchO unterstellt wird und sich die Umweltbelastungen dieser Anteile somit nicht unterscheiden.

Im Folgenden wird daher das GWP von Schotter 16/32 und von B70 CEM I Schwellen ermittelt.

Gleisschotter

Die Tab. 1 zeigt das Global-Warming-Potential (GWP – CO_2-Äquivalente) im Lebenszyklus des Schotters 16/32. Die Lebenszyklusanalyse von Schotter umfasst den Prozess der Steingewinnung im Steinbruch, die Reinigung, die Zerklei-

Herstellung	Abbruch	Transport	Abfallbehandlung	Recyclingpotenzial
0,01469	0,000659	0,002553	0,006726	-0,002054

Tab. 1: Werte von Schotter *Quelle: eigene Darstellung nach [7]*

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für TU Berlin / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

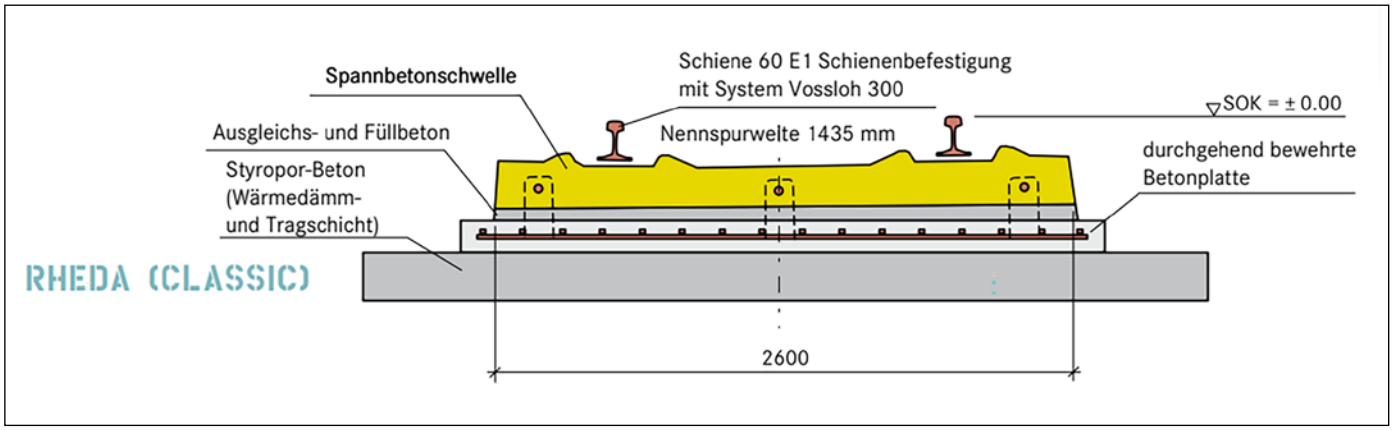

Abb. 4: Rheda Classic mit Monoblockschwelle *Quelle: Hrsg. Rail One GmbH*

	Menge	Einheit
Spannstahldraht	9.000	kg
Befestigungsmittel Stahl	7.700	kg
CEM I	199,13	m³
Befestigungsmittel Kunststoff	2.200	kg

Tab. 2: Komponenten der B 70 CEM I Schwelle *Quelle: eigene Darstellung nach eco-scout Datenblatt B70 CEM I*

nerung sowie die Produktionsverwaltung. Aus dem Prozess geht der fertig hergestellte Schotter hervor. Aus der Addition der CO_2e-Emissionen aller Lebensphasen für den Schotter nach den Werten von Ökobaudat (Tab. 1) ergibt sich ein Gesamttreibhausgaspotenzial von 0,02 CO_2e je Kilogramm Schotter [7].
Die Breite des SchO ist üblicherweise an der oberen Kante 3,40 m, an der unteren Kante 4,00 m, und die Dicke beträgt 0,30 m [3]. (Abb. 3)
Mit dem Volumen und der Dichte von 1775 kg / m³ für den Schotter kann die Masse des Schotters ermittelt werden [5].

Als Annäherung erfolgt die Berechnung für das Volumen von Schotter für einen Meter Fahrbahnlänge mit dem Flächeninhalt des Trapezes.

$$A_{Schotter} = \frac{Schotter_{Länge_oben} + Schotter_{Länge_unten}}{2} \cdot Schotter_{Dicke}$$

Demnach ergibt sich nach der Berechnung für einen Meter Strecke ein Verbrauch von 1,08 m³ Schotter, welcher ein Gewicht von 1917 kg hat. In Kombination mit den CO_2e-Emissionen ergibt sich hieraus, dass für einen Kilometer Fahrbahnlänge 38 340 kg CO_2e für den Schotter anzusetzen sind.

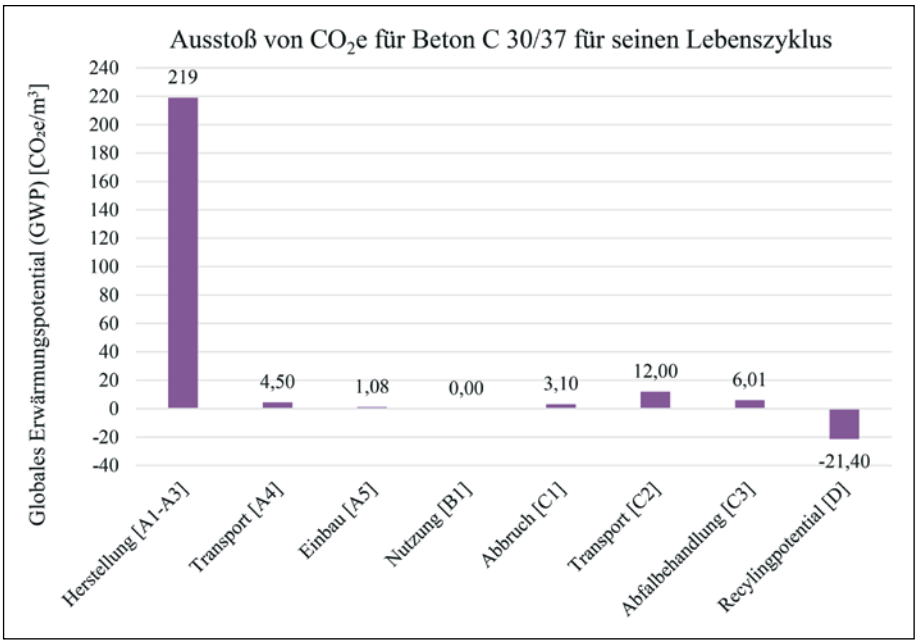

Abb. 5: Kilogramm CO_2-Äquivalente Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30 / 37
Quelle: eigene Darstellung nach [8]

Schwellen

Eine B70 CEM I Schwelle besteht aus Sand und Kies, Spannstahlseil, CEM I Zement und dem Befestigungsmittel Stahl.
Unter Ansatz der Werte aus „eco-scout" ergibt sich daraus ein Ausstoß von 78 287,37 kg CO_2e für die Herstellung aller Schwellen für einen Kilometer Strecke.
Insgesamt ergibt sich somit ein Ausstoß von CO_2-Äquivalenten beim Einbau des SchO von:

$$\sum CO_2e_{SchO} = CO_2e_{Kalksteinschotter} + CO_2e_{Schwelle}$$

$$\sum CO_2e_{SchO} = 38.340{,}00\ kg\ CO_2e + 78.287{,}37\ kg\ CO_2e$$

$$\sum CO_2e_{SchO/km} = 116.627{,}37\ kg\ CO_2e$$

Umweltauswirkungen FF

Im Folgenden wird die Umweltbelastung mit CO_2-Äquivalenten durch den Einbau der FF am Beispiel des Systems „Rheda 2000" analysiert, da zu diesem System umfangreiche Randbedingungen bekannt sind.

Beton der Druckfestigkeit C 30 / 37

Zur Berechnung des CO_2e-Wertes der Betontragschicht (BTS) werden die Maße der Rheda 2000 aus Abb. 4 verwendet sowie eine Zusammensetzung aus 99,20 Volumen-% aus Beton und 0,80 Volumen-% Bewehrungsstahl angenommen.
Durch die Datenbank von „Ökobaudat" [8] kann der Prozess-Datensatz für Beton der Druckfestigkeit C 30 / 37 für alle Phasen des Lebenszyklus ermittelt werden. Der Referenzwert bezieht sich auf einen Kubikmeter. Bei der Herstellung von einem Kubikmeter Beton entstehen 224,20 kg CO_2e aus [8]. (Abb. 5)
Das Volumen für einen Meter FF „Rheda 2000" kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$V_{BTS} = BTS_{Länge} \cdot BTS_{Breite} \cdot BTS_{Höhe}$$

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für TU Berlin / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

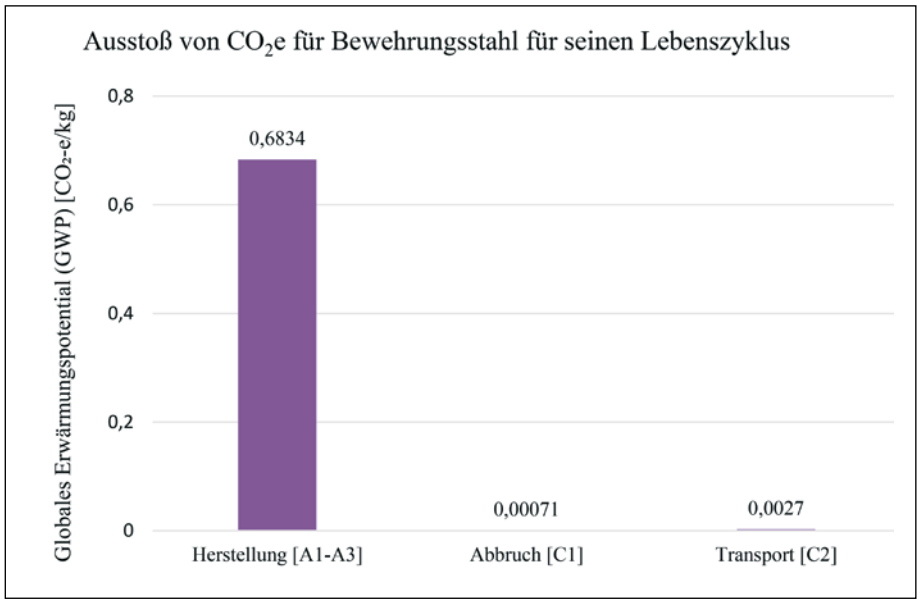

Abb. 6: Eigene Darstellung – Lebenszyklus Bewehrungsstahl *Quelle: eigene Darstellung nach [10]*

Nach der Berechnung ergibt sich ein Volumen für die BTS von 0,672 m³. Der Anteil von reinem Beton in der BTS liegt bei 99,20 % [11].
Daraus ergibt sich ein Gesamtanteil von Beton von 0,666 m³. Insgesamt ergibt sich pro Streckenkilometer Beton ein CO_2e-Wert von 149 317,200 kg CO_2e.

Bewehrungsstahl

Die über den Lebenszyklus von Bewehrungsstahl entstehenden CO_2e sind in Abb. 6 dargestellt. Der Datensatz repräsentiert die Stahlproduktion in Deutschland. Für ein Kilogramm Bewehrungsstahl entstehen Emissionen in Höhe von 0,6932 kg CO_2e, wobei der Hauptausstoß bei der Herstellung stattfindet [10].
Das Volumen der gesamten BTS beträgt 0,672 m³ pro einen Meter Fahrbahn. Der Anteil an Stahl beträgt 0,00537 m³. Im nachfolgenden Rechenschritt wird die Masse des Bewehrungsstahls über die Dichte von Stahl in Höhe von 7850,00 kg/m³ berechnet [6].
Insgesamt ergibt sich pro Streckenkilometer für Bewehrungsstahl ein Wert von 29 336,224 kg CO_2e. In Kombination mit dem Ausstoß des Betons entsteht bei der Herstellung der Betontragschicht (BTS) ein Gesamtausstoß von 178 587,20 kg CO_2e.

Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)

Die HGT besteht aus einem Gemisch aus Gesteinskörnungen, wie Sand, Kies und Splitt. Als Bindemittel wird Portalzement des Typs CEM I benötigt. Die Regeleinbaumaße der HGT entsprechen einer oberen Breite von 3,40 m, einer unteren Breite von 3,60 m und einer Dicke von 0,30 m.
Bei der Herstellung von Zement werden für eine Tonne CEM I 587 kg CO_2e ausgestoßen [9].

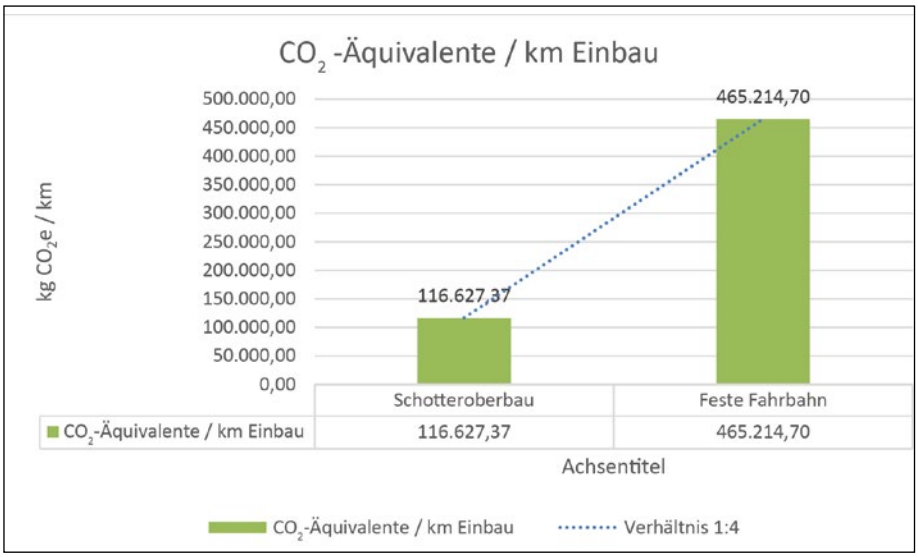

Abb. 7: Gegenüberstellung der CO_2-Äquivalente von FF und SchO beim Einbau
Quelle: eigene Darstellung

Die Dichte von Zement beträgt 3100 kg/m³ [2]. Die Berechnung erfolgt wie oben mit den CO_2e -Werten für einen Streckenkilometer.
Ein Trapez kann als hinreichende Annäherung an die Geometrie des Querschnitts einer HGT genutzt werden.

$$V_{HGTM,km} = \frac{HGT_{Breite_oben} + HGT_{Breite_unten}}{2} \cdot HGT_{Dicke} \cdot 1km$$

Der Massenanteil des CEM I am HGT-Baustoffgemisch beträgt nach ZTV Beton-Stb 15 M-%. Durch die Multiplikation mit der Dichte von Zement von 3100 kg/m³ kann die Masse bestimmt werden. In Kombination mit dem Ausstoß an CO_2e pro Kilogramm Zement für eine Tonne ergibt sich ein Ausstoß von 0,15*1 910 850,00 kg CO_2e = 286 627,50 kg CO_2e pro Streckenkilometer HGT.

$$\sum CO_2e_{HGT/km} = 286.627{,}50\ kg\ CO_2e$$

Der Gesamtausstoß der FF in CO_2-Äquivalenten ergibt sich somit wie folgt:

$$\sum CO_2e_{FF/km} = CO_2e_{BTS} + CO_2e_{HGT}$$

$$\sum CO_2e_{FF/km} = 178.587{,}20\ kg\ CO_2e + 286.627{,}50\ kg\ CO_2e$$

$$\sum CO_2e_{FF/km} = 465.214{,}70\ kg\ CO_2e$$

Auswertung

Die gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf die Umweltauswirkungen der FF und des SchO werden nun vergleichend dargestellt. (Abb. 7)
Durch die Berechnung der einzelnen Komponenten wird deutlich, dass sich der CO_2e-Wert pro Streckenkilometer zwischen der FF und dem SchO bei der Betrachtung der Ausstöße beim Einbau deutlich unterscheiden. Nach der Addition der einzelnen Komponenten stößt die FF pro Streckenkilometer 465 214,70 kg CO_2e aus. Der Wert für den SchO liegt nach der Addition der einzelnen Werte bei 116 627,37 kg CO_2e pro Streckenkilometer.

$$Verhältnis\ CO_2e_{FF/km}/CO_2e_{SchO/km} = 465.214{,}70\ kg\ CO_2e/116.627{,}37\ kg\ CO_2e$$

$$Verhältnis\ CO_2e_{FF/km}/CO_2e_{SchO/km} \sim 1{:}4$$

Den umweltschädlichsten Anteil stellen bei der FF die HGT und die BTS dar. Beim SchO wird der Ausstoß an Treibhausgasen hauptsächlich durch die Herstellung der Schwellen B70 CEM I beeinflusst.
Insgesamt wird abgeschätzt, dass über den Lebenszyklus der FF das Vierfache an Treibhausgasen im Vergleich zum SchO emittiert wird. Daraus folgt, dass der SchO in Hinblick auf die Klimabelastungen im Vergleich zur FF, welche nach Ril eine Nutzungsdauer von 60 Jahren erreichen soll, alle 15 Jahre grundständig neu aufgebaut werden kann, wobei Instandhaltungs- und Rückbau-Aufwände berücksichtigt werden müssen. Die Praxis zeigt jedoch, dass der SchO regelmäßig in deutlich größeren Zeitperioden

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für TU Berlin / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

erneuert wird; somit ist eine Kompensation der höheren CO_2e-Emissionen beim Einbau der FF über die Nutzungsdauer nicht zu erwarten.
Dieses zeigt, dass der Einsatz der FF deutlich energieintensiver und somit umweltbelastender im Vergleich zum SchO ist.

Auswirkungen und Bedeutungen der Erkenntnisse für die Zukunft

Es ist zu sehen, dass die Installation der FF durch ihr deutlich abweichendes Konstruktions- und Funktionsprinzip im Vergleich zum SchO eine deutlich umfangreichere Umweltbelastung beim Einbau zur Folge hat.
Unter Berücksichtigung der auftretenden Versagensfälle des FF-Systems, noch deutlich vor dem Erreichen der geplanten Nutzungsdauer von 60 Jahren, fällt die Umweltbilanz auch unter dem Gesichtspunkt der verminderten Recyclingfähigkeit von Beton im Gegensatz zu Natursteinschotter zusätzlich negativ aus. Als Beispiel sei hier die VDE 2 im Streckenabschnitt Wittenberge – Dergenthin mit einer Nutzungsdauer von 1994 bis 2021, also weniger als 30 Jahren, genannt [12].
Der SchO kann wie in der LCA-Analyse dargestellt deutlich umweltfreundlicher hergestellt werden. Die Analyse und der Vergleich haben ergeben, dass der Einsatz von FF eine vierfache Umweltbelastung im Vergleich zum SchO zur Folge hat. Im Sinne der Umweltbelastung könnten somit 4 km Trasse mit SchO oder 1 km mit FF bei äquivalenter Umweltbelastung verbaut werden.

In der Debatte um ökologischen Verkehr werden die Umweltauswirkungen durch die Infrastruktur oftmals vergessen, und es werden lediglich die direkten Kraftstoffverbräuche gegenübergestellt. Die hier dargestellte Analyse zeigt, dass auch die Infrastruktur einen hohen Anteil an den Umweltauswirkungen des Schienenverkehrs hat und somit in Zukunft in Überlegungen zu nachhaltiger Mobilität ebenfalls einen eventuell noch höheren Stellenwert erhalten sollte. Zukünftige Analysen können auf der vorliegenden Ausarbeitung aufbauend den Vergleich der Klimaauswirkungen der beiden Oberbauformen über den gesamten Lebenszyklus hinweg direkt gegenüberstellen (z. B. eine Integration der unterschiedlichen Instandhaltungsmaßnahmen der Oberbauarten und deren CO_2-Äquivalente).
Ein Schritt in Richtung Nachhaltigkeit im Oberbau wäre die Offenheit, auch der Genehmigungsbehörden, gegenüber neuen, umweltschonenderen Materialien wie bspw. nachhaltige, geänderte Zement-/Betonmischungen als Substitut für den sehr energieintensiven Portlandzement oder vollständig anderen Materialien im Sinne der Kreislaufwirtschaft. ■

QUELLEN

[1] Darr W.; Fiebig, W.: Feste Fahrbahn: Konstruktion und Bauarten für Eisenbahn und Straßenbahn, Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e.V., Eurail Express, 2006

[2] Schweizer, A.: „Formelsammlung und Berechnungsprogramme Maschinen- und Anlagenbau: Wärmekapazität verschiedener Materialien", hrsg. von ETT Schweizer FN, 2022

[3] Schiemann, W.: Schienenverkehrstechnik: Grundlagen der Gleistrassierung (= Springer eBook Collection Computer Science and Engineering), Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2002

[4] Bellmann, E.; Zimmermann, P.: „Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie: Hintergrund und Handlungsoptionen", hrsg. von WWF Deutschland. Berlin, Internet: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf, 2022

[5] Hausjournal (Hrsg.) (2022): „Die Dichte typischer Schotterarten: Kalksteinschottter", hrsg. von Hausjournal, Internet: https://www.hausjournal.net/dichte-schotter#:~:text=Die%20Dichte%20typischer%20Schotterarten&text=Kalksteinschotter%20(K%C3%B6rnungen%2032%2D45%20und,45%20mm)%201320%20kg%2Fm%C2%B3

[6] Lumitos (Hrsg.) (2022): „Stahl: Eigenschaften", hrsg. von Lumitos. Berlin, Internet: https://www.chemie.de/lexikon/Stahl.html#:~:text=Die%20Dichte%20von%20Stahl%20bzw,zu%201530%C2%B0C%20betragen

[7] Ökobaudat 2018c. (2018c): „Prozess-Datensatz: Schotter 16/32 (getrocknet): Indikatoren für die Umweltwirkung". Deutschland, Internet: https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=de7fbcfc-0ee0-4e65-a1f9-af1551a20281&version=20.19.120&stock=OBD_2021_II&lang=de

[8] Ökobaudat (2018a): „Prozess-Datensatz: Beton der Druckfestigkeitsklasse C 30/37: Indikatoren für die Umweltwirkung". Deutschland, Internet: https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b6096c9c-1248-4ce1-9c2d-f4a48aade80f&version=00.03.000&stock=OBD_2021_II&lang=de

[9] Ökobaudat (2018a): „Prozess-Datensatz: Durchschnittlicher Zement CEM I: Indikatoren für die Umweltwirkung". Deutschland, Internet: https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d2e01b0a-bfdf-412a-996e-20d592df0d5f&version=00.02.000&stock=OBD_2021_II&lang=de

[10] Ökobaudat (2018b): „Prozess-Datensatz: Bewehrungsstahl: Indikatoren der Umwelteinflüsse". Deutschland, Internet: https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=e9ae96ee-ba8d-420d-9725-7c8abd06e082&version=20.19.120&stock=OBD_2021_II&lang=de

[11] Rail One GmbH (2011) (Hrsg.): „Feste Fahrbahn Rheda 2000: Auf Fester Fahrbahn in die Zu(g)kunft", hrsg. von Rail One GmbH, Internet: https://www.railone.de/fileadmin/daten/05-presse-medien/downloads/broschueren/de/Rheda2000_D_2011_ebook.pdf

[12] GIGA GmbH (2021) (Hrsg.): „Komplex 6100: ICE Strecke Berlin – Hamburg km 38,200 – km 223,916", hrsg. Von GIGA GmbH, Internet: https://giga-gmbh.de/portfolio_page/komplex-6100/

Alle Autoren:
Technische Universität Berlin, Berlin

Ing. Lasse Hansen, MBE
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
mit Lehraufgaben
Fachgebiet Bahnbetrieb u. Infrastruktur
l.hansen@tu-berlin.de

Leyla Sophie Ilknur Öztürk, B. Sc.
Studentin Verkehrswesen
l.oeztuerk@campus.tu-berlin.de

Prof. Dr.-Ing. Birgit Milius
Fachgebietsleitung
Fachgebiet Bahnbetrieb u. Infrastruktur
birgit.milius@tu-berlin.de

Eiffage Infra-Nordwest und Eiffage Infra-Rail – zwei starke Experten für Ihre Bauprojekte!

EIFFAGE
INFRA-BAU

Als Teil von Stuttgart 21 bündeln wir Expertenwissen.

Mit unseren Gleisbauexperten bauen wir die feste Fahrbahn für eines der umfassendsten Bahnprojekte Europas.

Weitere Infos zu unseren Unternehmen finden Sie hier:

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für TU Berlin / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH