

Ökobilanz von Eisenbahn-Hochleistungsinfrastrukturen

Analyse von Oberbauten im Tunnel und auf freier Strecke

Lukas Hausberger, BSc

Betreuer/in: assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. sc. ETHZ Florian Gschösser

Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau

Universität Innsbruck

ibt@uibk.ac.at | www.uibk.ac.at/ibt

KURZFASSUNG: Beinahe 25 % der Umweltverschmutzungen, gemessen am Indikator der globalen Treibhausemissionen, werden durch den Verkehr emittiert. Eine Veränderung im Mobilitätsverhalten in der Bevölkerung scheint unumgänglich, sodass die 17 UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) bzw. die Ziele des Green Deals der EU-Kommission erreicht werden können. Die vorhandene Infrastruktur muss sich demnach auf lange Sicht zu einer nachhaltigen Verkehrsinfrastruktur wandeln. Die modernen Schienenverkehrssysteme und die entstehenden Transeuropäischen Verkehrsnetze (TEN-V) am Brenner Korridor bzw. europaweit leisten einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung einer zukunftssicheren und nachhaltig gebauten Umwelt. Solche Vorhaben stellen jedoch große Anforderungen an die Ingenieure*innen, den Bau, die verwendeten Materialien und die Instandhaltung. Deshalb sind fortlaufende Verbesserungen und Optimierungen von Konstruktionen, Materialien, Bau- und Instandhaltungsprozessen essentiell, um langfristig nachhaltig zu verkehren.

Diese Masterarbeit analysiert mittels einer Ökobilanzierung verschiedenste Oberbauten der Eisenbahn am Beispiel der entstehenden Hochleistungsinfrastruktur am Brenner Basistunnel bzw. am Brenner-Korridor im Tunnel und auf der freien Strecke. Die Studie untersucht jegliche relevante Lebenszyklusphasen von der Herstellung (A1-A3) bis zur Entsorgung der Oberbaukomponenten in der Phase (C1-C4).

Vollständige Arbeit: www.uibk.ac.at/ibt/lehre/abgeschlossene-masterarbeiten/

SCHLAGWORTE: Ökobilanz, Baubetrieb, Eisenbahn, Oberbauten, Schotteroberbau, Feste Fahrbahn, Verkehrsinfrastruktur

1 EINLEITUNG

Auch in der Baubranche ist der Nachhaltigkeitsgedanke angekommen. Der Ruf nach einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht wird immer lauter. [1]

Doch wie funktioniert nachhaltiges Bauen? Nachhaltig Bauen bedeutet, dass das gesamte Bauwerk begutachtet, jedes Detail/ jedes Bauprodukt analysiert und über den gesamten Lebenszyklus von der Rohstoffbeschaffung über die Errichtungs- und Nutzungsphase bis zur Entsorgung und Beseitigung des Objekts betrachtet wird und dadurch in jeder Lebenszyklusphase Ressourcen und Energiemengen optimal eingesetzt, reduziert und eingespart werden können. [2, 3]

Aber nicht nur auf dem Gebäudesektor spielt die Nachhaltigkeit eine wesentliche Rolle, auch im Infrastrukturbereich findet die ökologische, ökonomische und soziale Bewertung Anwendung und wird angesichts der Erwartungen in Hinblick auf Klimaanpassung, Energiewende, Mobilitätswende, Dekarbonisierung etc. in Zukunft noch eine bedeutendere Rolle spielen. Die nachhaltige Infrastruktur von heute spannt thematisch den Bogen von den traditionellen Berührungspunkten wie Transport und Ressourcenverbrauch zu den Fragestellungen der Umweltqualität und menschlichen Gesundheit. [4-6]

2 DIE ÖKOBILANZ

Das Werkzeug der Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) stellt eine international genormte Methode dar, um Produkte und Produktsysteme in Hinblick auf Umwelteffekte über den Lebenszyklus zu betrachten. Dabei bietet die entwickelte Methodik der Ökobilanzierung ein transparentes, prüfbares und verständliches System, um Umweltwirkungen zu beschreiben und zu bewerten.

3 UNTERSUCHTE OBERBAUTEN

Im Zuge dieser Untersuchung wurden verschiedene Oberbausysteme der Eisenbahn analysiert. Es wurden dabei drei Schotteroberbauten (SchO) mit unterschiedlichen besohnten Betonschwellen (K1, L2 & L17) und ein Feste Fahrbahnsystem (FF, STA ÖBB-PORR) von österreichischen Herstellern aus ökologischer Sicht auf der freien Strecke und im Tunnel bewertet.

3.1 Aufbau des Oberbaues

Der Oberbau beinhaltet alle Komponenten des Gleises (Gleis- und Weichengestänge, Schienen, Schwellen/ Gleistragplatten, Schienenbefestigungen, Unterlagsplatten und Zwischenlagen), die Bettung des Gleisrostes (bspw. Gleisschotter) und die Planumsschutzschichten. [7]

3.2 Unterschiede Schotteroberbau – Feste Fahrbahn

Die Unterschiede der zwei Oberbausystem liegen in der Bettung. Beim SchO liegt der Gleisrost schwimmend im Schotterbett. D.h., es gibt keine feste Verankerung der Schwellen mit dem Gleisrost. Die Lasten, welche durch das rollende Rad aufzutreten, werden über die Schienen, Schwellen und den Gleisschotter in den Untergrund abgetragen. [7]

Hingegen erfolgt beim Pendant der FF der Lastabtrag durch Beton-Gleistragplatten. Der Lastfluss ist dadurch flächiger und homogener. Ein dauerhaftes und wartungsarmes Gleis wird somit gewährleistet. [7, 8]

Durch die verschiedenen Eigenschaften der Oberbauten ergeben sich in der Praxis unterschiedliche Anwendungen. Der SchO wird aufgrund der einfachen Herstellung und Instandsetzung hauptsächlich auf der freien Strecke eingesetzt. Die FF kommt wegen der aufwändigeren Herstellung grundsätzlich in Österreich nur in Tunneln mit größerer Länge zur Anwendung. [7, 8]

4 ÖKOBIANZ AN AUSGEWÄHLTEN OBERBAUTEN

4.1 Allgemeines

Die oben genannten Oberbauten wurden nach der Methodik nach EN 15804 + A2 und der Vorgehensweise laut den ISO-Normen aus ökologischer Sicht für verschiedene Betrachtungszeiträume (80 und 200 Jahre) über den gesamten Lebenszyklus (Wiege bis zur Bahre) analysiert. Die Ergebnisse wurden dabei bis auf die Komponentenebene heruntergebrochen, um die Optimierungspotentiale bestmöglich aufzuzeigen. Zudem wurde zur besseren Abbildung von unterschiedlichen Streckenverhältnissen eine Variation von minimalen und maximalen Liegedauern durchgeführt.

Als Wirkungsindikatoren wurden das Global Warming Potential (GWP), die Versauerung (AP) und der nicht erneuerbare kumulierte Energiebedarf (NRCED) verwendet. Zur besseren Übersichtlichkeit beschränkt sich die Ergebnispräsentation in dieser Form auf das GWP.

4.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass vor allem in der Nutzungsphase Optimierungspotentiale vorhanden sind, da häufigere Modernisierungszyklen und damit verbundene Neuherstellungen von Oberbauelementen einen wesentlichen Anteil der gesamten Umweltwirkungen einnehmen (siehe Abb. 4-1).

Die Umweltbelastungen könnten dahingehend reduziert werden, indem die Produkte auf eine längere Liegedauer, optimiert werden und dadurch größere Instandhaltungsintervalle entstehen. D.h., es ergibt sich in der Phase B2-B5 eine Minderung von Neuherstellungen.

Das mögliche Mehr an Umweltauswirkungen in der Herstellungsphase (A1-A3) durch die Veränderungen der Konstruktionen wird längerfristig in der Nutzungsphase (B2-B5) kompensiert und wird gesamthaft Einsparungen mit sich bringen.

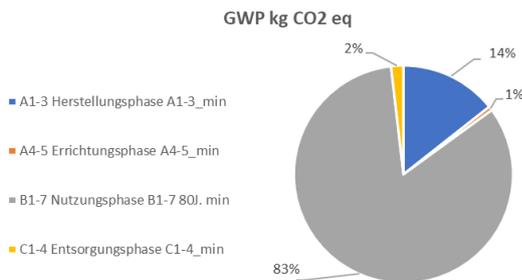


Abb. 4-1: prozentuelle Aufteilung des GWP über den Lebenszyklus einer Betonschwelle

Die Abb. 4-2 verdeutlicht die Auswirkungen auf die Umwelt je nach betrachteter Oberbauvariante. Es zeigt sich, dass die FF durch ihre Konstruktion anfangs deutlich mehr kg CO₂ eq. emittiert als die SchO. Ersichtlich ist jedoch, dass gerade durch die Langlebigkeit des Produkts weniger Umweltwirkungen entstehen.

Die Lebenszyklusphasen der Errichtung und der Entsorgung nehmen in Hinblick auf den langen Betrachtungszeitraum nur einen marginalen Anteil an den Umweltwirkungen ein und liegen im Gesamten bei etwa 3 %.

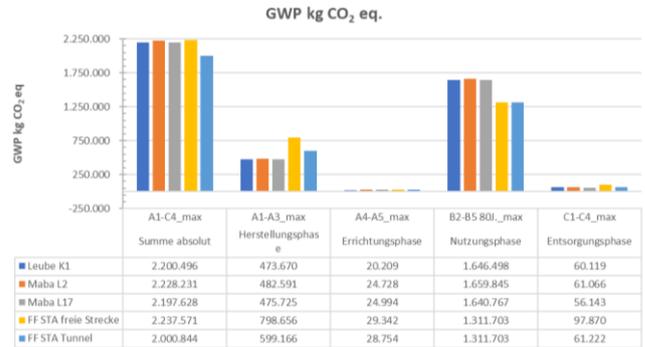


Abb. 4-2: GWP der einzelnen Oberbauten je Lebenszyklusphase

Auf der Komponentenebene haben sich ebenfalls Verbesserungspotentiale ergeben. Hierbei sind bspw. die Schienen zu nennen, die in der Herstellungsphase einen beträchtlichen Faktor an Umweltbelastungen einnehmen. Hierbei sind ökologische Verbesserungen in der Stahlproduktion denkbar.

Bei den Betonkonstruktionen sind Optimierungen in Bezug auf den Zementgehalt bzw. Klinkeranteil denkbar, sofern dieselbe Festigkeit und Dauerhaftigkeit gewährleistet werden können. Für weitere Ausführungen zu den Potentialen wird auf die Langversion verwiesen.

5 FAZIT

Zusammenfassend kann behauptet werden, dass die vorliegende Untersuchung die grundlegenden Optimierungspotentiale aufzeigt und die verschiedensten Thematiken anreißt. Natürlich konnten im Zuge dieser Bearbeitung nicht alle Fragestellungen im Detail beantwortet bzw. alle möglichen relevanten Sachverhalte/ Erkenntnisse genauestens analysiert werden, da diese den Rahmen dieser Masterarbeit sprengen würden. Jedoch müssten diese Erkenntnisse zumindest in einer bzw. mehreren Folgeuntersuchungen weiters verifiziert werden. Zudem wäre eine Einbindung der monetären bzw. sozialen Auswirkungen in einer weiteren Analyse interessant, um eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung präsentieren zu können.

6 AUSBLICK

Abschließend kann festgehalten werden, dass jegliche Änderung, welche einen Beitrag zu einer zukunftssicheren und nachhaltig gebauten Umwelt leistet, wertvoll für die zukünftigen Generationen und unseren Lebensraum ist. Die Eisenbahn als umweltfreundliches Verkehrsmittel nimmt diesbezüglich in einer nachhaltigen europäischen Verkehrsinfrastruktur bereits jetzt und in absehbarer Zukunft eine Hauptrolle ein.

7 QUELLEN

- [1] S. Friedrichsen, Nachhaltiges Planen, Bauen und Wohnen: Kriterien für Neubau und Bauen im Bestand, 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- [2] P. Indinger, „Nachhaltiges Bauen: Die grüne Revolution“, Redshift, 13. Mai 2021, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://redshift.autodesk.de/nachhaltiges-bauen/>, Zugriff am: 12. April 2022.
- [3] IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V., Nachhaltiges Bauen | Nachhaltigkeit im Bauwesen. [Online]. Verfügbar unter: <https://ibu-epd.com/nachhaltiges-bauen/> (Zugriff am: 12. April 2022).
- [4] NGS Global, Infrastruktur und Nachhaltigkeit. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ngs-global.com/index.php/de/expertise/branchen/infrastruktur-und-nachhaltigkeit?dt=1649763540427> (Zugriff am: 12. April 2022).
- [5] S. Langsdorf, M. Hinzmann, A. Araujo, M. Hirschnitz-Garbers und I. Merbold, „Transformation hin zu nachhaltigen, resilienten Infrastrukturen (TRAFIS II)“, 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ecologic.eu/de/17171>
- [6] T. Zinke, „Nachhaltigkeit von Infrastrukturbauprojekten“. Dissertation, Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften; Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- [7] Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Günter Prager, „Infrastruktur Schiene: Studienblätter zur Vorlesung“, Universität Innsbruck, 2021.
- [8] Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Günter Prager, „Hochleistungsbahnen: Studienblätter zur Vorlesung“, Universität Innsbruck, 2021.