



Lena Klambauer, BSc

Ökobilanz Gleis

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften – Umwelt und Verkehr

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Dipl.-Ing. Dr.techn. Matthias Landgraf

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

15. 5. 17

Datum



Unterschrift

Danksagung

Die Erstellung der vorliegenden Masterarbeit wurde durch die Unterstützung zahlreicher Menschen möglich gemacht.

Allen voran danke ich meinem Betreuer Dipl.-Ing. Dr.techn. Matthias Landgraf für viele fachliche Inputs und sein großes Engagement, dass ihn in meiner Sache sogar bis nach Dresden führte.

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig möchte ich für seine Hilfe bei der Vermittlung von Kontakten zur Recherche danken. Auch mit Fachfragen konnte ich mich jederzeit an ihn wenden.

Mein Dank geht ebenso an Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Veit und das Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft für die Möglichkeit an diesem interessanten Thema zu arbeiten. Vor allem die Nutzung der eigens angekauften Software war für mich ein großer Vorteil.

Danke auch an all jene Firmen und Organisationen die Daten und Unterlagen zur Verfügung gestellt haben.

Abschließend möchte ich von Herzen meiner Familie danken, die mich auf allen Ebenen durch meine gesamte Ausbildung begleitet hat.

Kurzfassung

Ökobilanz Gleis

In dieser Masterarbeit wird die Methodik der Ökobilanz auf drei Varianten eines Gleises (Schotteroberbau mit Holzschwellen, Betonschwellen und besohnten Betonschwellen) im Netz der Österreichischen Bundesbahnen angewendet. Es erfolgt ein Vergleich dieser Oberbautypen durch Untersuchung der Umweltwirkungen der beteiligten Oberbaukomponenten in ihrem gesamten Lebenszyklus. Es werden Herstellung, Ein- und Ausbau, Instandhaltungsmaßnahmen und Entsorgung berücksichtigt.

Als funktionelle Einheit wird die „Bereitstellung von 1 km Gleis einer zweigleisigen Strecke für ein Jahr“ festgelegt. Zusätzliche Randbedingungen werden definiert, um die Vergleichbarkeit der Varianten zu gewährleisten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die durch den Einsatz von Betonschwellenbesohlungen erreichte Verlängerung der Nutzungsdauer zu einer maßgeblichen Reduktion der Umweltwirkungen pro Jahr führt. Daher kann diese Variante als die umweltschonendste bezeichnet werden.

Abstract

Life Cycle Analysis of a Rail Track

This master thesis applies Life Cycle Analysis to three different types of rail track (ballasted track with wooden sleepers, concrete sleepers and concrete sleepers with under sleeper pads) used within the Austrian rail network. A comparison is made between the environmental impacts of the necessary components of these track types throughout their whole life cycle. This includes production, installation, removal and maintenance as well as disposal.

The functional unit is defined as the "provision of 1 km double track rail line for a year". Additional parameters are determined within the thesis to ensure comparability of the options under analysis.

The results show that the prolongation of service life due to the use of under sleeper pads significantly reduces the environmental impact per year. This means that this type of superstructure can be considered the most environmentally friendly.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Zielsetzung	4
1.2	Systematic Literature Review	4
1.3	Vorgangsweise	5
2	Ökobilanz allgemein	6
2.1	Normen	6
2.2	Phasen einer Ökobilanz	7
2.2.1	Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen	7
2.2.1.1	Funktionelle Einheit	7
2.2.1.2	Produktsystem und Systemgrenzen	8
2.2.2	Sachbilanz	9
2.2.3	Wirkungsabschätzung	9
2.2.4	Auswertung	10
3	Erstellung der Ökobilanzen für das Gleis	11
3.1	Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen	11
3.1.1	Zieldefinition	11
3.1.2	Funktionelle Einheit	11
3.1.3	Systemgrenzen	11
3.1.4	Untersuchte Varianten	12
3.2	Sachbilanz	13
3.2.1	Herstellung der Oberbaukomponenten	16
3.2.1.1	Schiene	16
3.2.1.2	Befestigungsmittel	19
3.2.1.3	Zwischenlage	22
3.2.1.4	Schwelle	24
3.2.1.5	Besohlung	28
3.2.1.6	Schotter	29
3.2.2	Transportwege bis zum Einbau	31
3.2.3	Einbau – Instandhaltung – Ausbau	33
3.2.3.1	Maschinendaten	34
3.2.3.2	An- und Abtransport der Maschinen	35
3.2.3.3	Häufigkeit der Maschineneinsätze	36
3.2.4	Entsorgung der Oberbaukomponenten	37
3.2.4.1	Situation in der Realität	37
3.2.4.2	Modellierung und Annahmen	37
3.2.5	Varianten	40
3.2.5.1	Variante 1: Oberbau mit Holzschwellen	40
3.2.5.2	Variante 2: Oberbau mit Betonschwellen	45
3.2.5.3	Variante 3: Oberbau mit besohlenen Betonschwellen	49
3.3	Wirkungsabschätzung	54
3.3.1	Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodelle	54
3.3.1.1	Erschöpfung abiotischer Ressourcen	56
3.3.1.2	Globale Erwärmung	58
3.3.1.3	Ozonschichtabbau	58
3.3.1.4	Humantoxizität	59
3.3.1.5	Ökotoxizität	61
3.3.1.6	Bildung von Photooxidantien	63
3.3.1.7	Versauerung	63
3.3.1.8	Eutrophierung	64
3.3.2	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung	65
3.3.2.1	Charakterisierung	65

Inhaltsverzeichnis

3.3.2.2	Normierung	67
3.3.2.3	Ordnung und Gewichtung	71
3.4	Auswertung.....	71
3.4.1	Reihung der Varianten	71
3.4.1.1	Reihung nach Vergleich der Wirkungen	71
3.4.1.2	Reihung nach Summe der spezifischen Beiträge	72
3.4.2	Betrachtung der Wirkungskategorien	73
3.4.2.1	Meeresökotoxizität	73
3.4.2.2	Frischwasserökotoxizität	78
3.4.2.3	Humantoxizität	83
3.4.2.4	Globale Erwärmung	87
3.4.2.5	Andere Wirkungskategorien	92
3.5	Sensitivitätsanalyse Betonschwellenbesohlung	92
4	Fazit	96
	Literaturverzeichnis	98
	Abbildungsverzeichnis	102
	Tabellenverzeichnis.....	104
	Anhang	106