

Umweltgerechte Metrofahrzeugentwicklung auf Basis von Ökobilanz-Daten

Walter Struckl

TU Wien – Inst. f. Konstruktionswissenschaften E 307

Tel.: +43-1-58801x30701

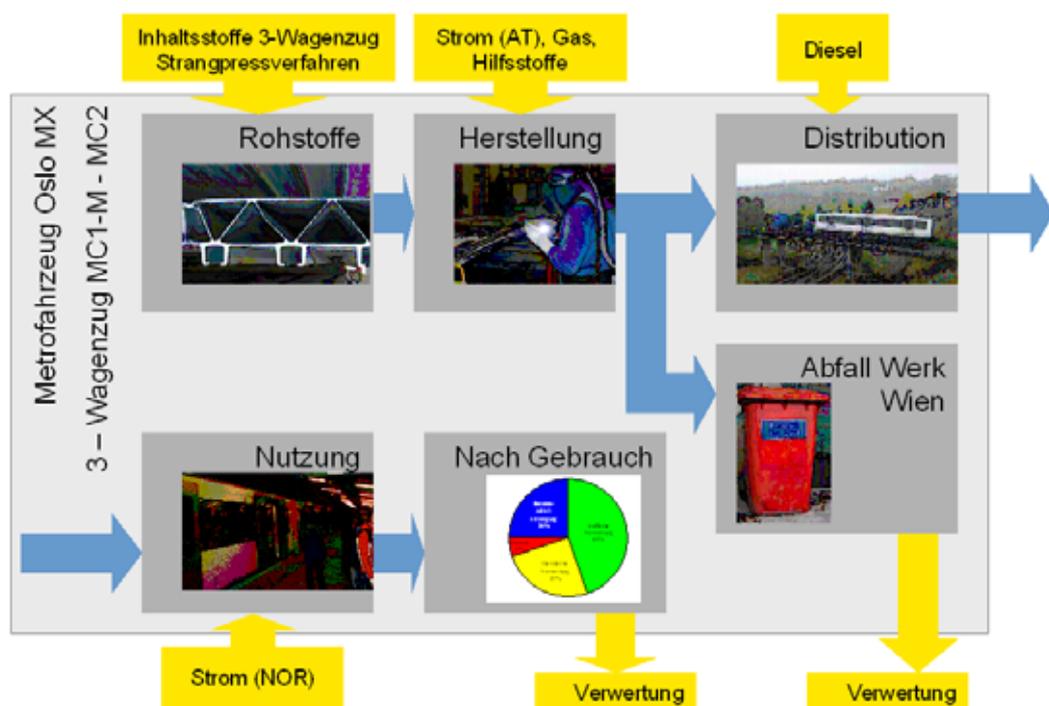
Email: struckl@ecodesign.at

Das rasante Bevölkerungswachstum und steigende Mobilität der Menschen führt laut europäischer Studien in den nächsten 15 Jahren zu einem **Zuwachs im Personenverkehr** von rund 40 Prozent [SRRA 2002]. Bei der derzeitigen Entwicklung von Klima und Verkehrsmittel würde das zu einer erheblichen Erhöhung der Treibhausgasemissionen führen. Deshalb sollte in naher Zukunft ein Umdenken im Verkehrswesen zu umweltverträglichen Transportmitteln stattfinden. Nun stellt sich aber die Frage, was ist ein **umweltverträgliches Verkehrsmittel in naher Zukunft**? Um dies beantworten zu können, wurde im Rahmen der Vienna Rail Research Initiative – eine Forschungs Kooperation zwischen der Technischen Universität Wien und Siemens Transportation Systems GmbH & Co KG – das Projekt „**Green Line - Umweltgerechte Metrofahrzeugentwicklung**“ injiziert.

Ziel dieses Forschungsprojekts ist es, ein Konzept für ein Metrofahrzeug der Zukunft nach Ecodesign Aspekten [WIMMER et al. 2004] zu entwickeln.

Ein Teil des Projekts ist die Erstellung einer **Ökobilanz eines gesamten Metrozuges**, welcher bei Siemens Transportation Systems in Wien gebaut und entwickelt wurde. Das Ergebnis der Bilanzierung soll **Verbesserungspotentiale** im Metrofahrzeug aufzeigen und ein Basismodell für eine **Sensitivitätsanalyse für zukünftige Nutzungsszenarien** darstellen.

Der Betrachtungsfokus der Ökobilanz liegt auf dem Metrozug, d.h. eventuelle Einflussgrößen in der Schieneninfrastruktur und in der Betriebsorganisation werden nicht berücksichtigt. Der Bilanzrahmen (vgl. Abbildung 1) umfasst alle entscheidenden **Lebensphasen** und deren Stoffflüsse zu und vom Schienenfahrzeug. Die Erfassung von Stoffgrößen erfolgte einerseits durch die Erhebung von Bauteildaten mit Hilfe einer Materialdatenbank, andererseits über



Messungen und Berechnungen des Metrofahrzeugen.

Die **Wirkanalyse** wurde mit Hilfe der Ökobilanz-Software SIMAPRO® Version 6.0.4 durchgeführt, wobei die Qualität der Stoff- und Prozessgrößen stark mit den Herstellerangaben korrelieren. Als Grundlage für die Prozesse und Materialien wurden ECOINVENT Daten der Version 1.01 herangezogen.

Durch die Wirkanalyse wurde mittels EDIP - Methode [EDIP 1997] festgestellt, dass die **Gesamtumwelteinwirkungen** des Fahrzeuges nicht wie erwartet durch den Energiebedarf in der Nutzungsphase verursacht werden, sondern im Wesentlichen aus dem **Rohstoffanteil** im Drehgestell bzw. Rohbauwagenkasten resultieren. Aus der Sichtweise der Lebenszyklusanalyse kann das Metrofahrzeug also als rohstoffintensives Produkt angesehen werden, wobei diese Aussage nur für das vorliegende Projekt mit dem Nutzungsort Oslo – Norwegen Gültigkeit hat.

Für einen Umweltvergleich von Verkehrsmitteln (Flugzeug, Schiff, Autobus, Auto) werden zunehmend neben dem Energieverbrauch auch die Treibhausgasemissionen als repräsentative Kennzahl herangezogen. Bei der **CO₂-Bewertung** wurden das Drehgestell und der Rohbauwagenkasten als potentielle Treibhausgasverursacher im Fahrzeug eruiert.

Analysen mit unterschiedlichen Nutzungsszenarien haben gezeigt, dass die Ökobilanzergebnisse sehr stark mit der Art des Energieträgers (Fossil, Nuklear, Erneuerbar) korrelieren, weshalb in weiterer Folge eine Sensitivitätsanalyse angestrebt wird.

Im Rahmen der Analyse sollen die Einflüsse der **Energieträger** bzw. der elektrischen **Energieerzeugung** auf die Umwelteinwirkungen des Lebenszyklus durchleuchtet werden, wobei **Entwicklungen am Energiemarkt** berücksichtigt werden sollten.

Das Untersuchungsergebnis sollte Antworten auf folgende Fragen liefern:

- i) Ist das derzeitige Metrofahrzeug auch in 30 Jahren umweltgerecht?
- ii) Welche Entwicklungsstrategie führt unter Berücksichtigung zukünftiger Marktanforderungen zu einem konkurrenzfähigen und umweltgerechten Fahrzeug?

Literatur:

EDIP (1997)

Wenzel H., Hauschild M., Alting L., *Environmental Assessment of Products, Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development*, Chapman & Hall Verlag.

SRRRA (2002)

Strategic Rail Research Agenda 2020, *First Report of the European Rail Research Advisory Council*, ERRAC Eigenverlag.

WIMMER et al. (2004)

Wimmer W., Züst R., Lee K. M., *ECODESIGN Implementation, A Systematic Guidance on Integrating Environmental Considerations into Product Development*, Springer Verlag.

Keywords: Ecodesign, Zukunftsstrategien, Metrofahrzeuge

GREEN LINE

Umweltgerechte Metrofahrzeugentwicklung auf Basis von Ökobilanz-Daten



Struckl Walter, 2006

Übersicht

Allgemeines

Aufgabenstellung
Vorgehensweise

①

Umsetzung - Ergebnisse

Materialdeklaration
Entsorgungskonzept
Energieeffizienz
Ökobilanz ISO 14040 ff.

②

Sensitivitätsanalyse

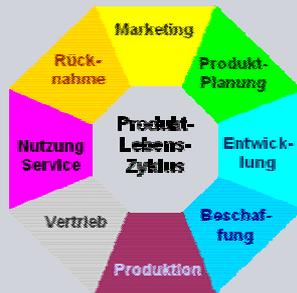
Energie

③

Zusammenfassung

Aufgabenstellung

Auf Basis einer Lebenszyklusanalyse des Metrofahrzeuges OSLO MX werden unterschiedliche Beeinflussungsparameter untersucht und umweltgerechte Entwicklungsstrategien für neue Fahrzeugprojekte erarbeitet.



Zugkonfiguration: MC1 + M + MC2
Wagenkasten Material: Aluminium
Leergewicht: ca. 100 t
Max. Achslast: 12,5 t
Gesamtlänge: 54,14 m
Fahrzeughöhe: 3,16 m
Sitzplätze: 122
Zugkapazität (6 Fahrgäste / m²): 678 Personen



Vorgangsweise

Lebensphasenanalyse (Cradle to Grave)

- Systemgrenzen
- Energie
- Stoffe
- Technologie

Ökobilanz

- Ergebnis

Verbesserungsstrategien

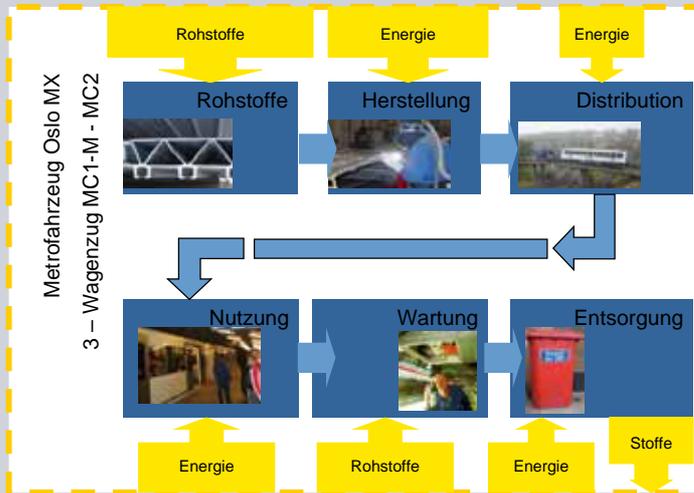
Zukunftsszenarien 2050

Sensitivitätsanalyse

- Energieträger
- Stoffe



Systemgrenzen



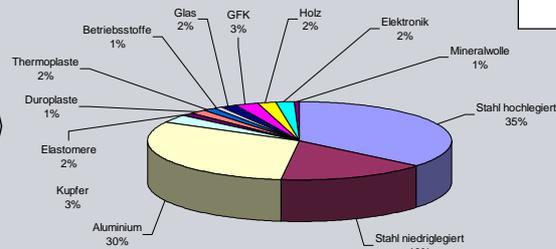
Rohstoffe: Materialdeklaration Metro OSLO MX

Vorgangsweise:

- Lieferantenbefragen
- Auswertung
- Definition Materialklassen (13)
- Materialdatenbank (2000 Positionen)

Datenbank:

- Material
- Menge
- Einbauort



Materialzusammensetzung Metro OSLO MX (CUT OFF < 100 kg)

Herstellung und Überführung

Herstellung

- Betriebsstoffe
- Heizung
- Energie elektrisch
- Betriebsmittel

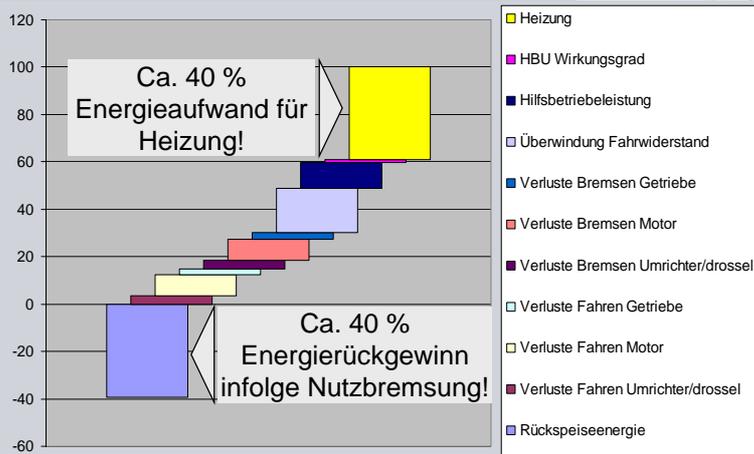


Überführung

Wien – Oslo per Bahn
1800 km



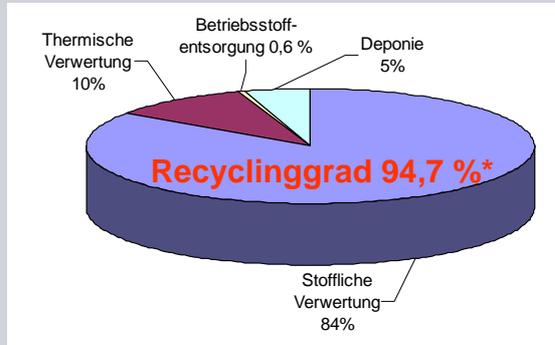
Nutzung: Energiebewertung Metro OSLO MX



Energieverbrauch pro Kilometer: 44,5 MJ (30 Jahre =160 200 000 MJ)

4. Wiener Eisenbahnkoll. – Dr. Stribersky, 2006

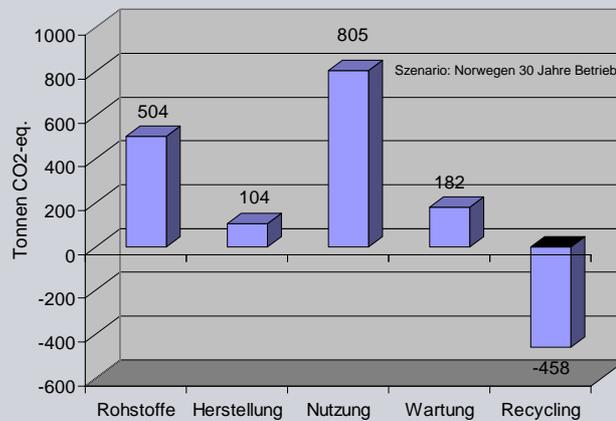
Entsorgung: Recyclingstudie Metro OSLO MX



$$\text{Recyclinggrad} = \frac{\text{Thermisch und stofflich verwertbare Fahrzeugmasse}}{\text{Gesamte Fahrzeugmasse}}$$

Vorläufiges Ergebnis: Ökobilanz Metro OSLO MX inkl. Recycling

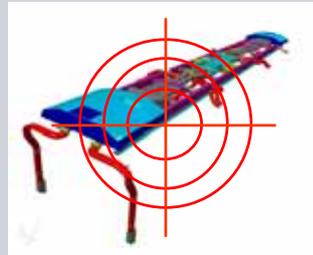
CO₂ - Bewertung des Metrozuges OSLO MX über den gesamten Lebenszyklus exkl. Recycling:
Gesamtsumme: 1137 Tonnen CO₂ eq.



Ergebnis: Produktverbesserungsvorschläge

Ausgangssituation:

- Nutzungsphase verursacht 805 Tonnen CO₂ eq. während einer 30 jährigen Betriebszeit!
- 40 % der CO₂ eq. Emissionen sind der Heizung des Fahrzeuges zu zuschreiben!



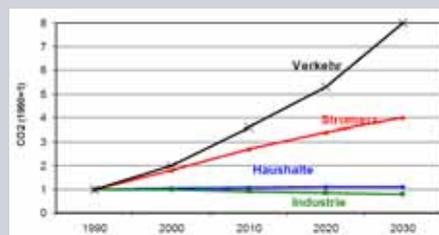
Vorschläge:

- Bremswärme für Raumheizung nutzen
- Isolation verbessern (Material, Bauraum)
- Wärmeaustausch reduzieren (Fahrgastwechsel)
- ...

Zukunftsszenarien – Bedingungen

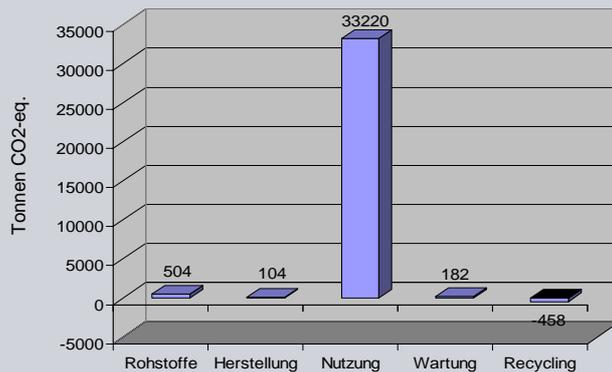
Vergleich der CO₂ - Emissionsentwicklungen im Verkehrssektor

- EU 15
- China und Indien



Fallbeispiel: Energieszenario

CO₂ - Bewertung des Metrozuges OSLO MX
über den gesamten Lebenszyklus mit Betriebsstrommix Deutschland
Gesamtsumme: 33552 Tonnen CO₂ eq.



3

Zusammenfassung

Rezyklierbarkeit von Fahrzeugen

- Produktrücknahmeverpflichtung
- Rohstoffpreise / Schrottpreise
- Energie- und Umweltauswirkungen

Energieeffizienz der einzelnen Komponenten steigern

- Energieeinsparungen reduzieren Emissionen und Betriebskosten

Zukünftige Energieträger berücksichtigen

- Ein Großteil der klimarelevanten Einwirkungen werden durch die Art der Primärenergieträger bestimmt