

Integration von Umweltaspekten in den Produktentwicklungsprozess von Straßenbahnen

**39. Tagung
Moderne Schienenfahrzeuge
Graz**

Technische Universität Wien:
Dipl.-Ing. Rainer Pamminger

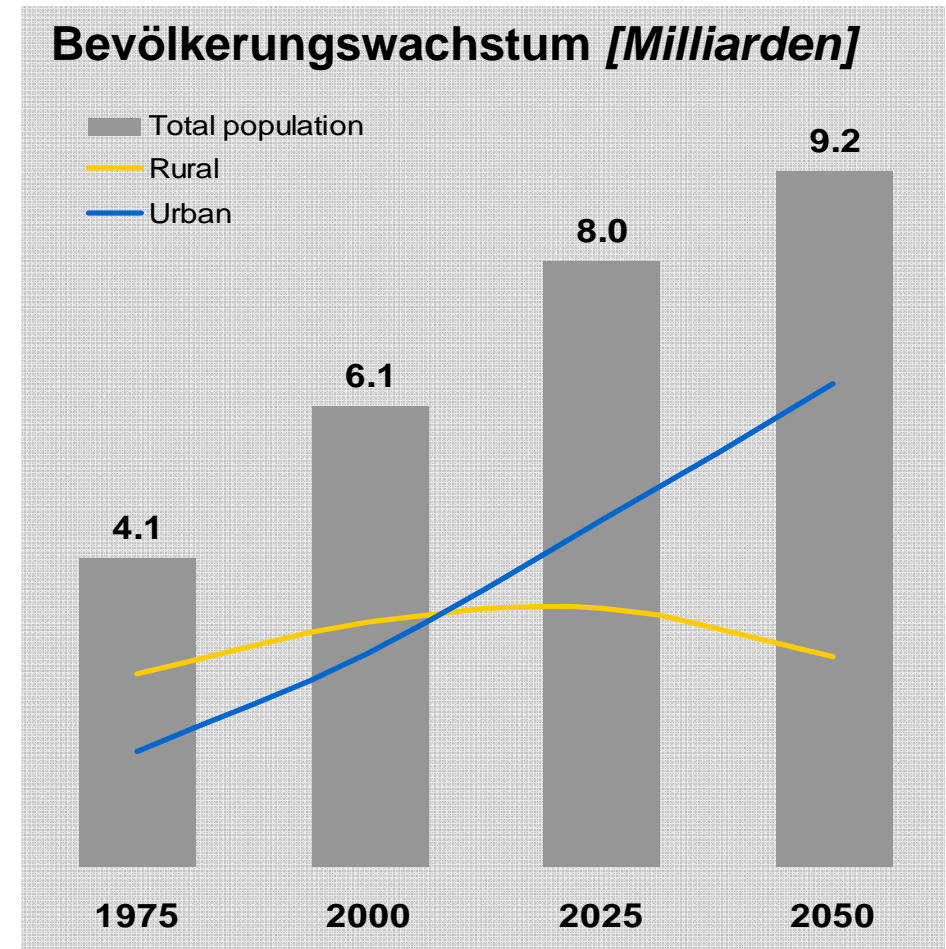
Bombardier Transportation:
Dipl.-Ing. Helmut Adamek

DI Rainer Pamminger



Herausforderungen / Motivation

- ➔ Klimaveränderung
- ➔ Bevölkerungswachstum und -verdichtung
 - 2050 leben 70% der Bevölkerung in den Städten
- ➔ Volatiler Ölpreis
 - 2007 – 45 \$/Barrel
 - 2008 - 140 \$/Barrel
 - 2009 – 38 \$/Barrel
 - **2020 - ?**
- ➔ zukünftiger Trend bei ÖPNV –
 - Umweltaspekte werden zunehmend gefordert



Quelle: United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division: "World Urbanization Prospects: The 2007 Revision"

Geforderte Umweltaspekte - Kunde

- ➔ Deutschland – U-Bahn Hamburg DT 5
 - Materialdeklaration
 - etc.
- ➔ Indien – Kolkata
 - Stoffverbote: RoHS, Reach, ...
 - Ökobilanz nach ISO 14040ff
 - etc.
- ➔ Kanada – Montreal Metro
 - Environmental Product Declaration
 - EPD nach ISO 14025
 - Recyclingrate
 - etc.



Geforderte Umweltaspekte - Kunde (Forts.)

→ UK – Piccadilly

- Recycling Manual
- Produktrücknahme
- etc.



→ Singapur DTL

- DfE im Design Prozess
 - min. Gewicht,
 - min. Energieverbrauch
- etc.



Zentrale Fragestellungen

- ➔ Wie können die Umweltauswirkungen einer Straßenbahn erfasst werden?
- ➔ Wie können Umweltaspekte methodisch in der Produktentwicklung integriert werden?
- ➔ Wie können Umweltbewertungsergebnisse konkret zur Verbesserung der Straßenbahn genutzt werden?

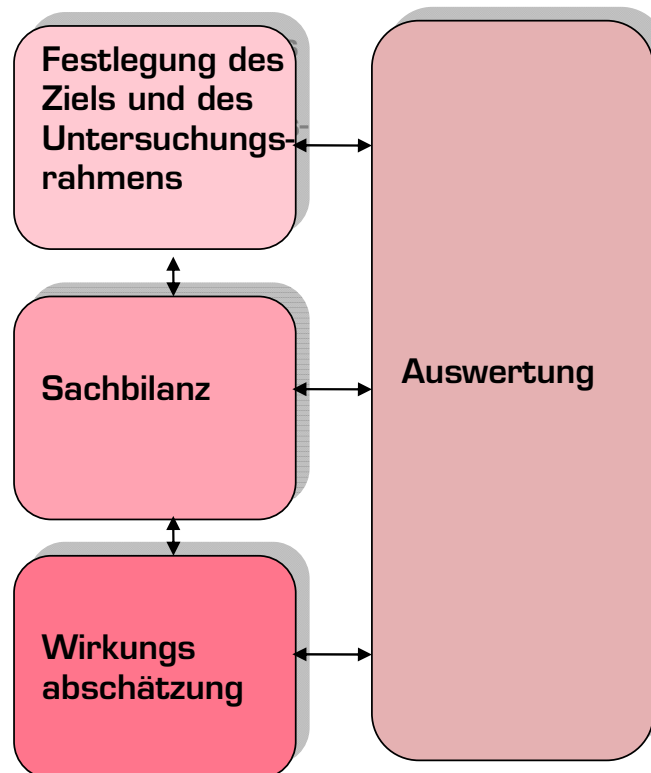
Zentrale Fragestellung

➔ Wie können die Umweltauswirkungen einer Straßenbahn erfasst werden?

Umweltbewertung: Ökobilanz nach ISO 14040

- ➔ Ökobilanz - Life Cycle Assessment (LCA)
 - Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltauswirkungen

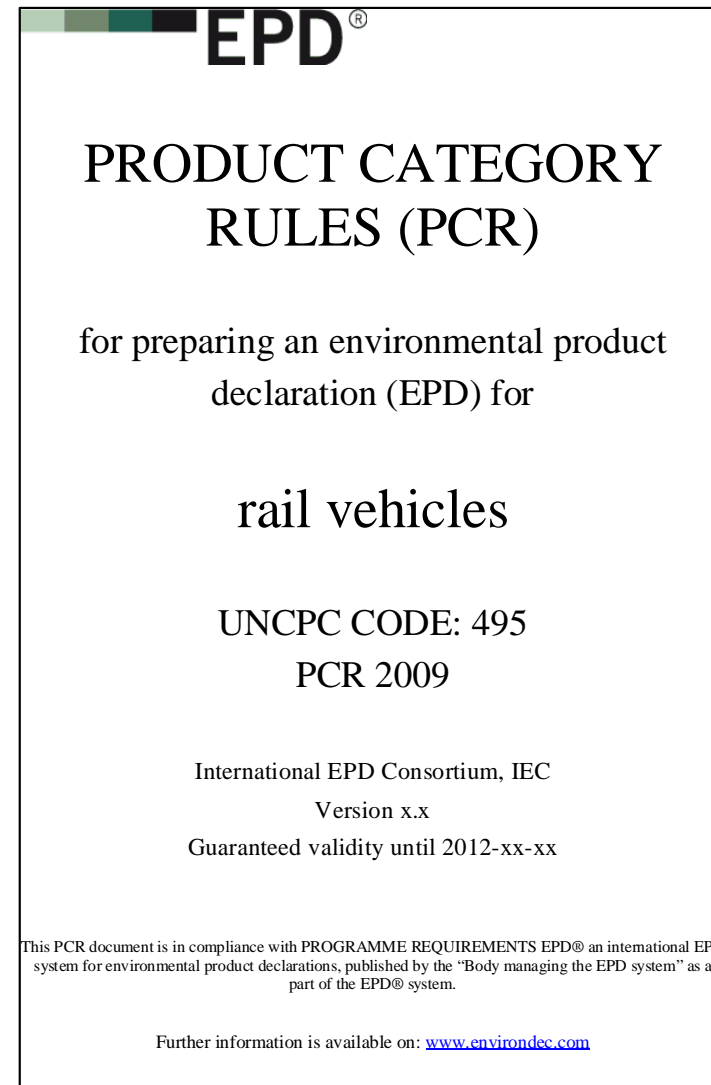
Phasen einer Ökobilanz



- ➔ Entwicklung und Verbesserung von Produkten
- ➔ Strategische Planung
- ➔ Politische Entscheidungsprozesse
- ➔ Marketing
- ➔ Etc.

Product Category Rules for Rail Vehicles (PCR)

- ➔ Version: 07/2009
- ➔ UNIFE Working Group:
Bombardier, Siemens,
Alstom, Knorr Bremse, ...
- ➔ spezifische Regeln,
Anforderungen und
Vorgehensweisen zur
Erstellung einer Ökobilanz
bzw. Environmental Product
Declaration (EPD)
- ➔ www.environdec.com
- ➔ www.unife.org



PCR – wesentliche Aspekte

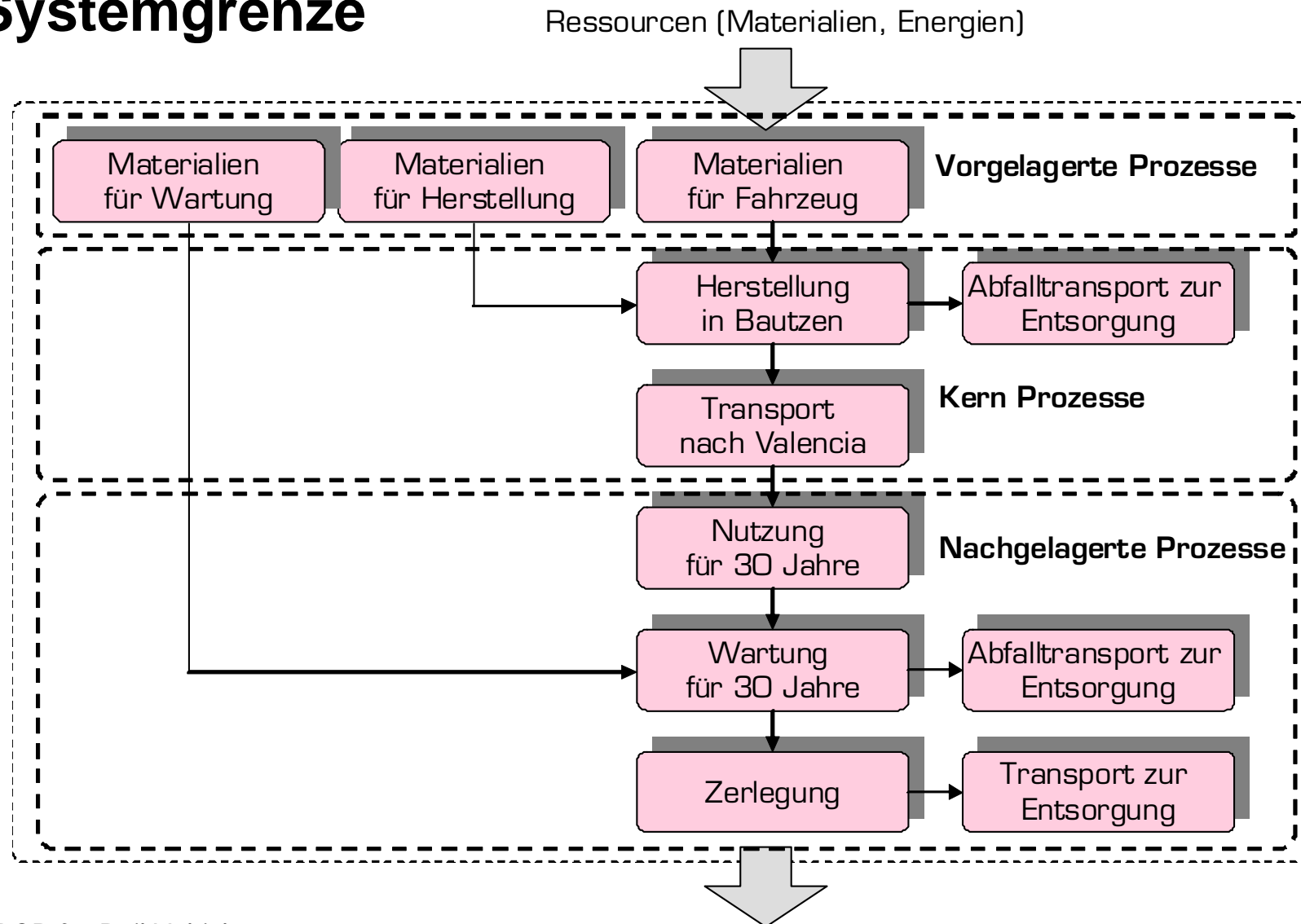
- ➔ Komponentenaufteilung nach EN 15380
- ➔ Systemgrenze (Upstream, core, downstream module)
- ➔ Materialien
 - Unterscheidung in Metalle, Kunststoffe, Elastomere, Glass, Flüssigkeiten, organische Stoffe, andere
 - Abschneidekriterium 95% der Masse
 - Keine Berücksichtigung der Verpackung
- ➔ Nachgebrauch
 - Keine Gutschrift beim Recycling bzw. Verbrennung der Materialien

Pilotprojekt

- ➔ Referenzprodukt:
 - Straßenbahn Valencia
- ➔ Ziel der Ökobilanz:
 - Ableiten von Verbesserungsvorschlägen
 - Input für Umweltkommunikation
 - Referenzprozess
- ➔ Funktionelle Einheit: stellt Nutzen des Produktsystems dar
 - Durchschnittlich besetzte Straßenbahn von Valencia bei 30 Jahren Betriebszeit
- ➔ Systemgrenzen festlegen



Systemgrenze



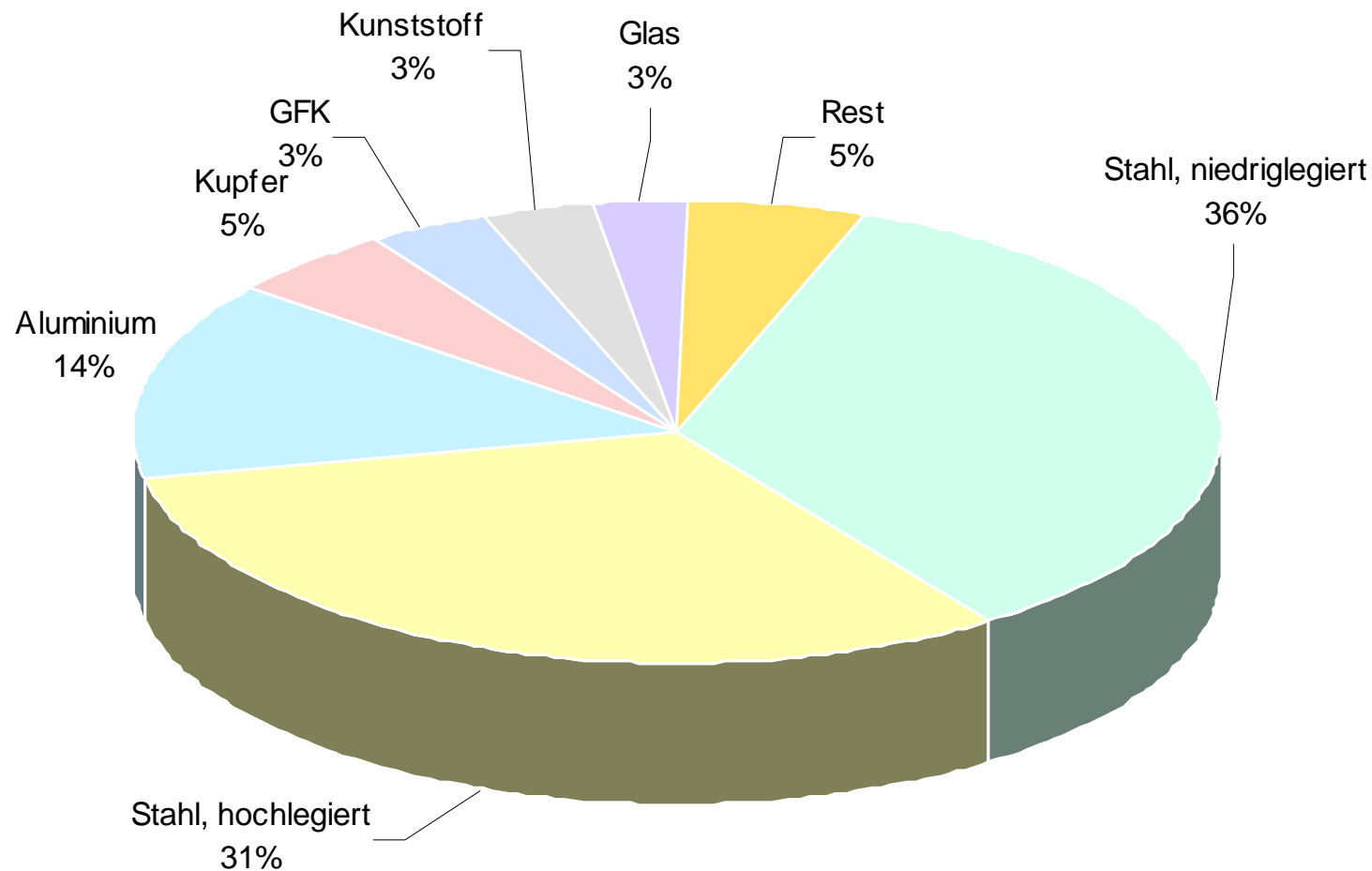
Nach PCR for Rail Vehicles, 2009

Emissionen in Wasser, Luft und Boden

Vorgelagerte Prozesse

(95% des Fahrzeuggewichts)

Materialdeklaration Straßenbahn Valencia



Kern Prozesse

- ➔ Herstellung
 - Gesamtverbrauch für Strom, Wasser, und Gas
- ➔ Distribution: Strecke Bautzen - Valencia
 - LKW: Bautzen-Livorno
 - Seetransport: Livorno - Valencia
 - Umladen im Hafen Valencia auf Schiene



Nachgelagerte Prozesse

➔ Nutzung

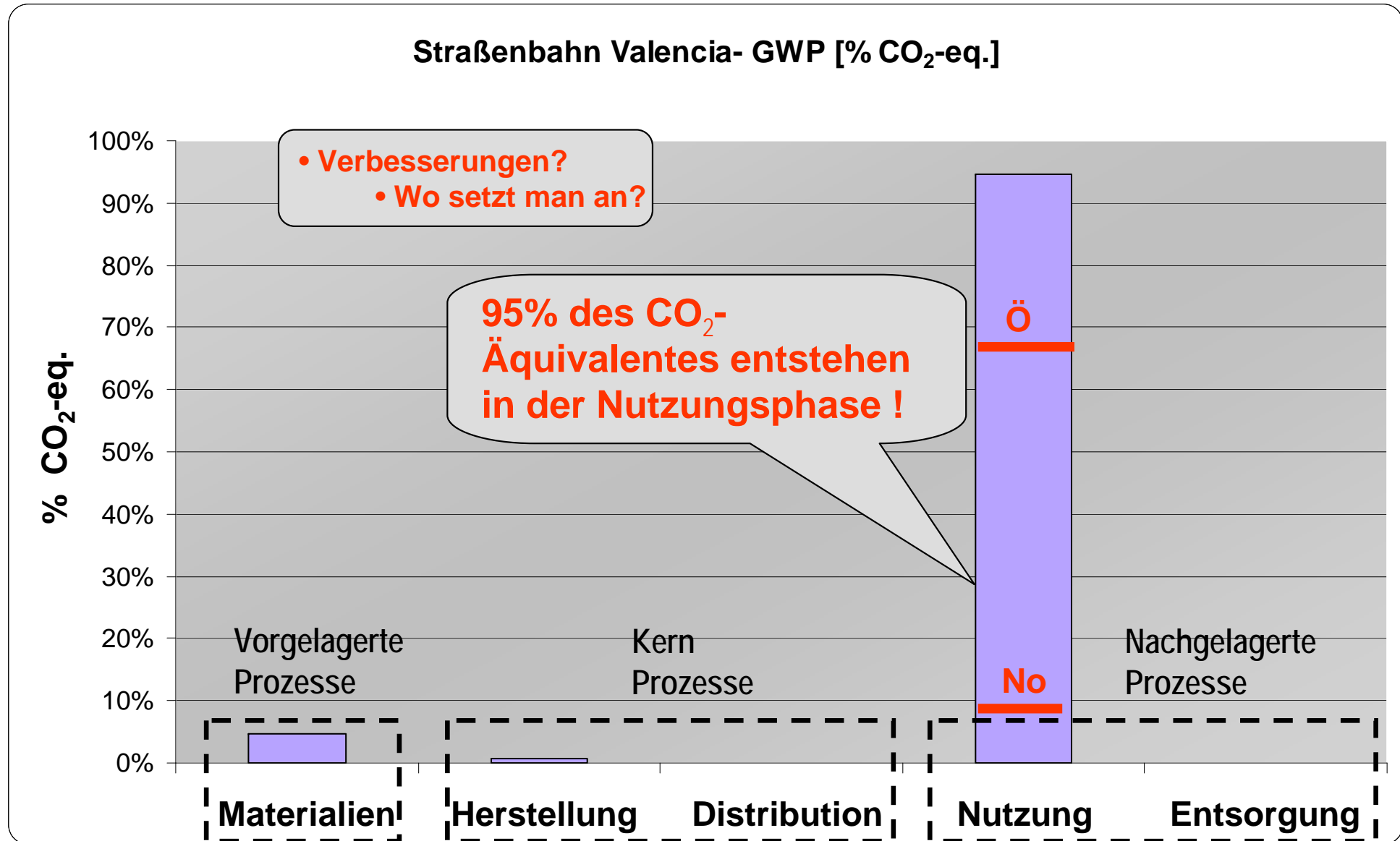
- Energieverbrauch für Antrieb, Rückspeisung, HVAC und Hilfsantriebe über eine Lebensdauer von 30 Jahren

➔ Entsorgung

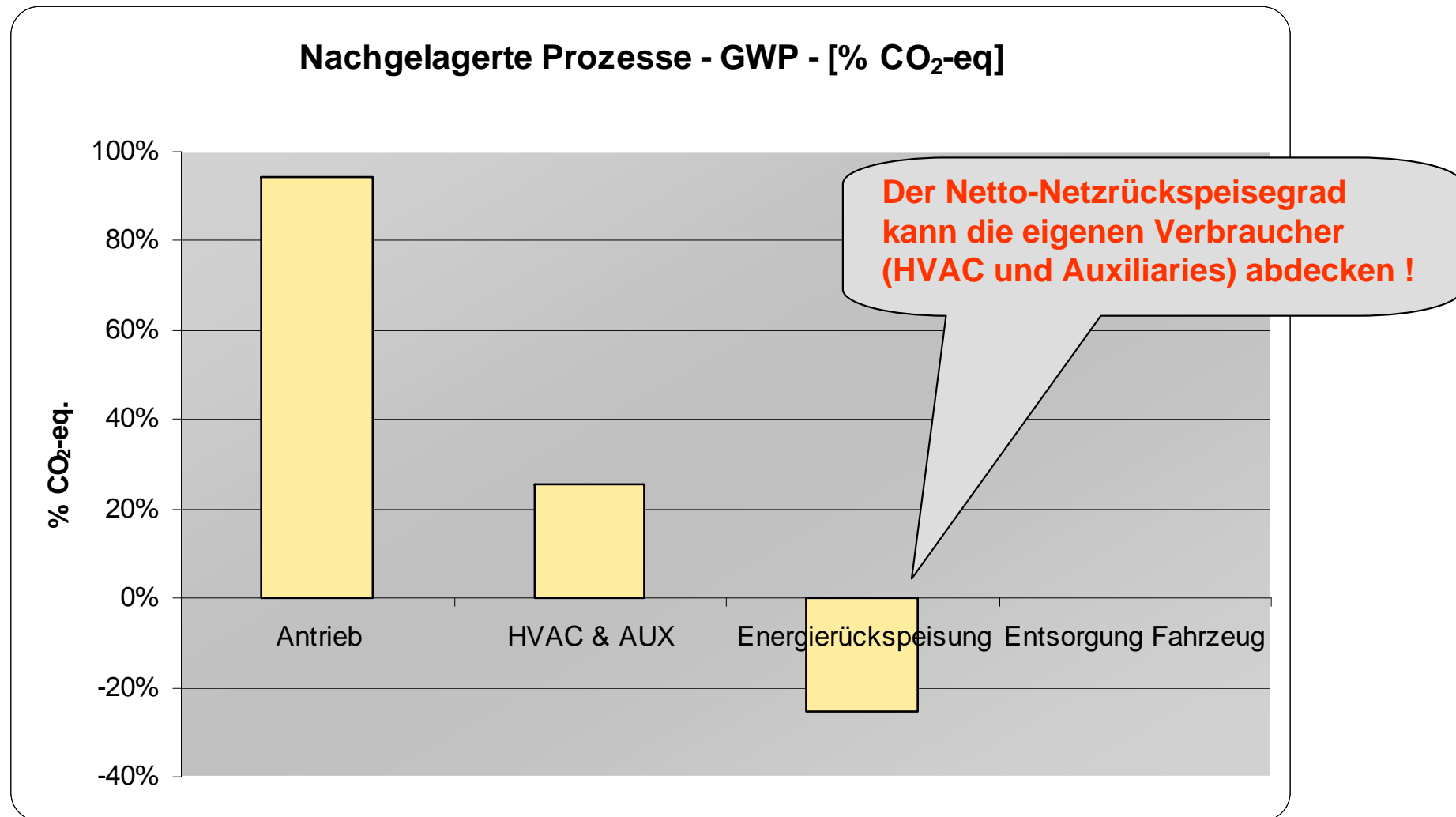
- Annahme: 5% des Gewichts werden per Hand demontiert, Rest mechanisch



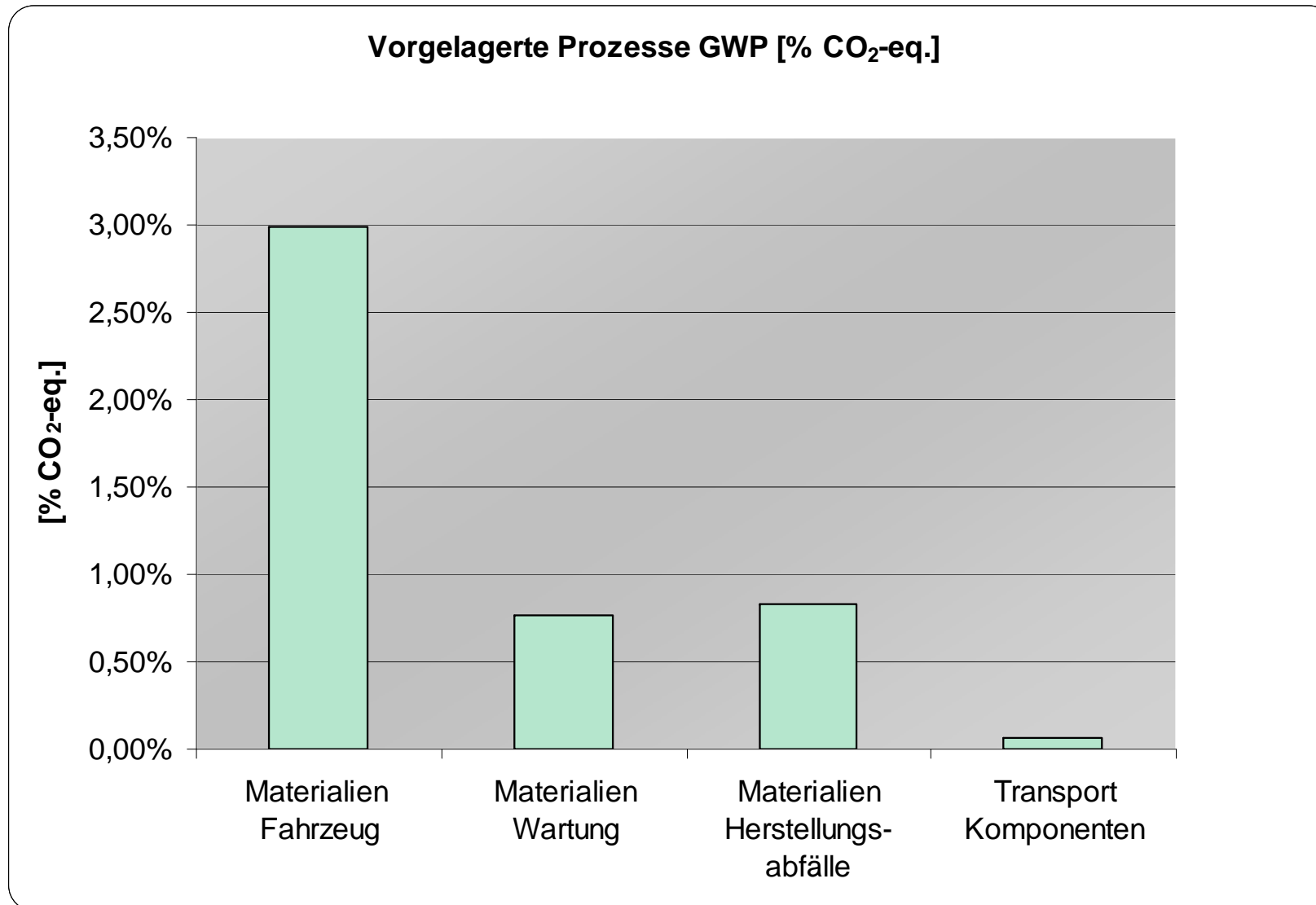
Ökobilanzergebnisse – Straßenbahn Valencia



Nachgelagerte Prozesse - Straßenbahn Valencia



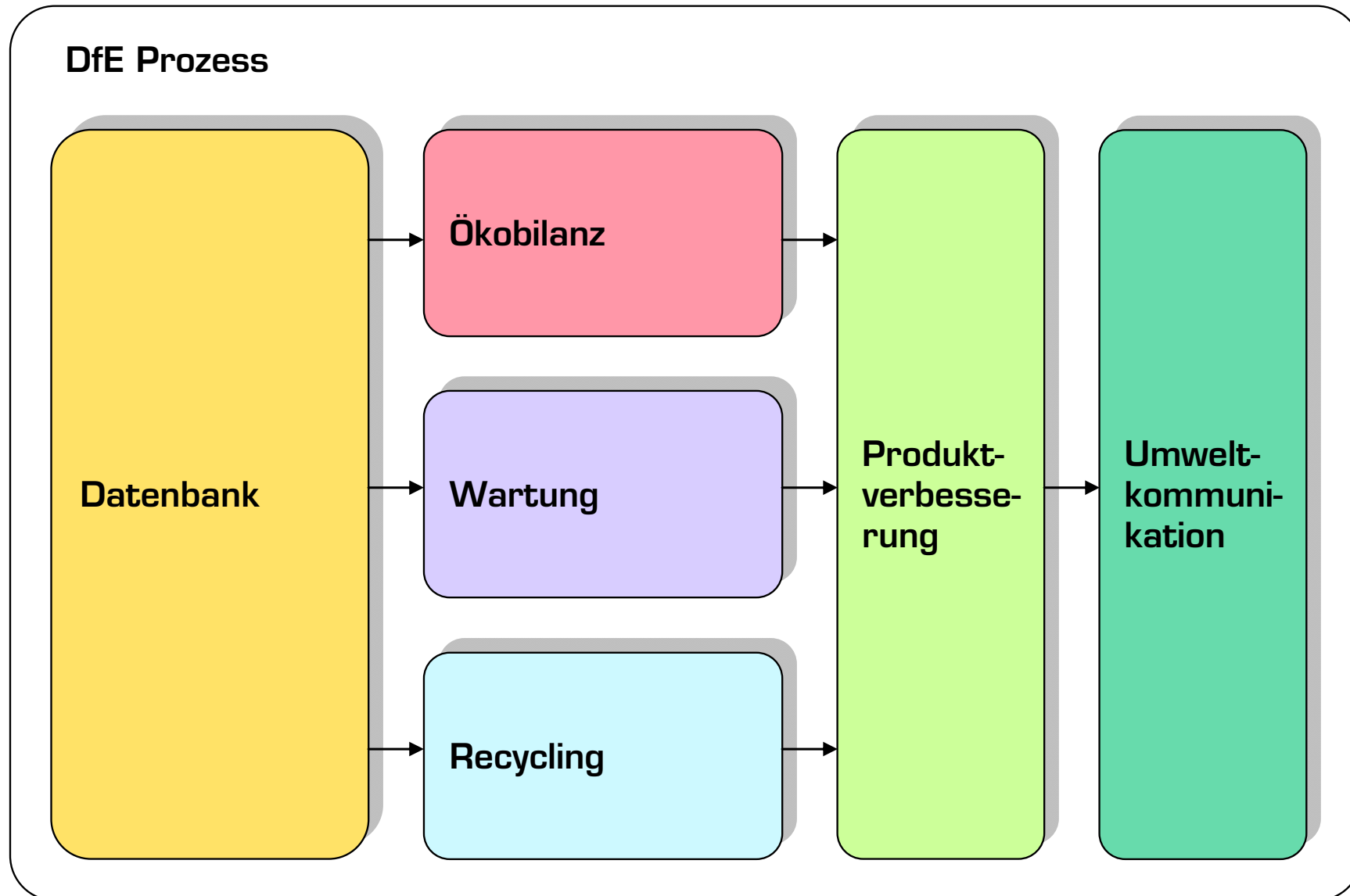
Vorgelagerte Prozesse – Straßenbahn Valencia



Zentrale Fragestellung

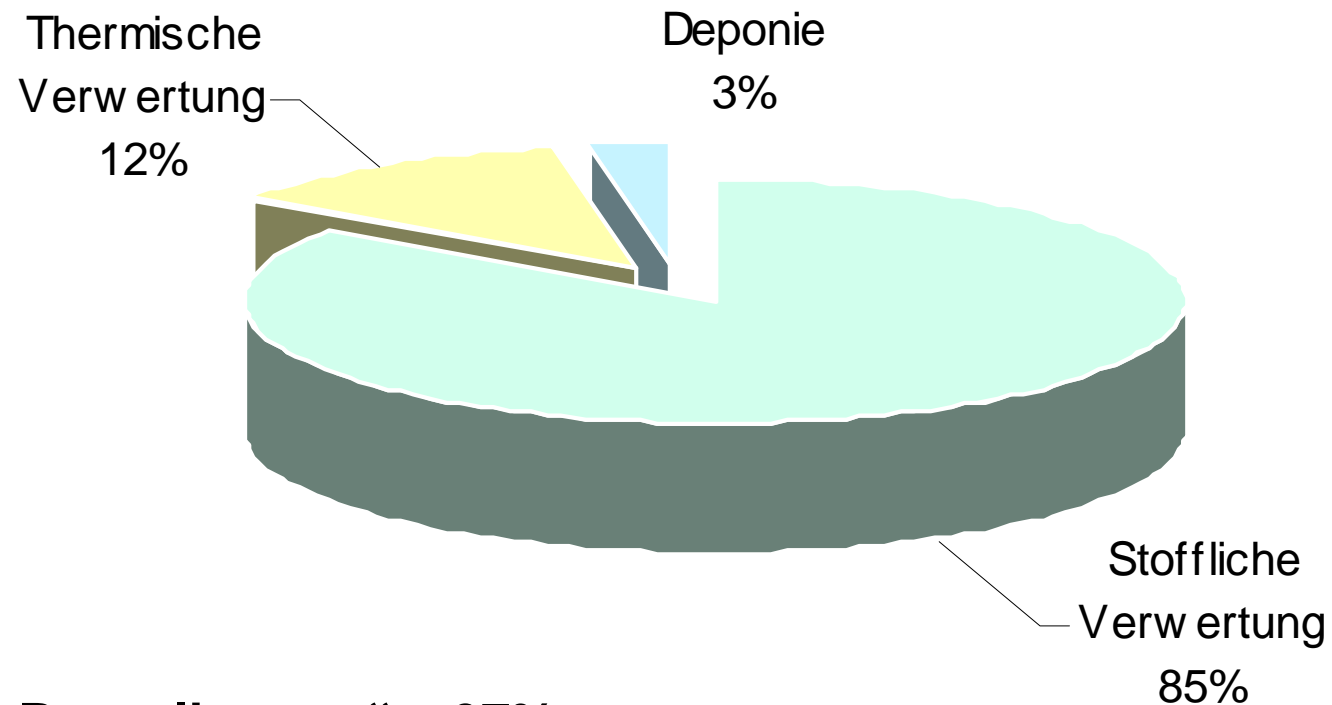
➔ Wie können Umweltaspekte methodisch in der Produktentwicklung integriert werden?

Umsetzung im DfE Prozess



Modul Recycling – Ergebnis Verwertungsraten Valencia

Verwertungsraten Straßenbahn Valencia [%]

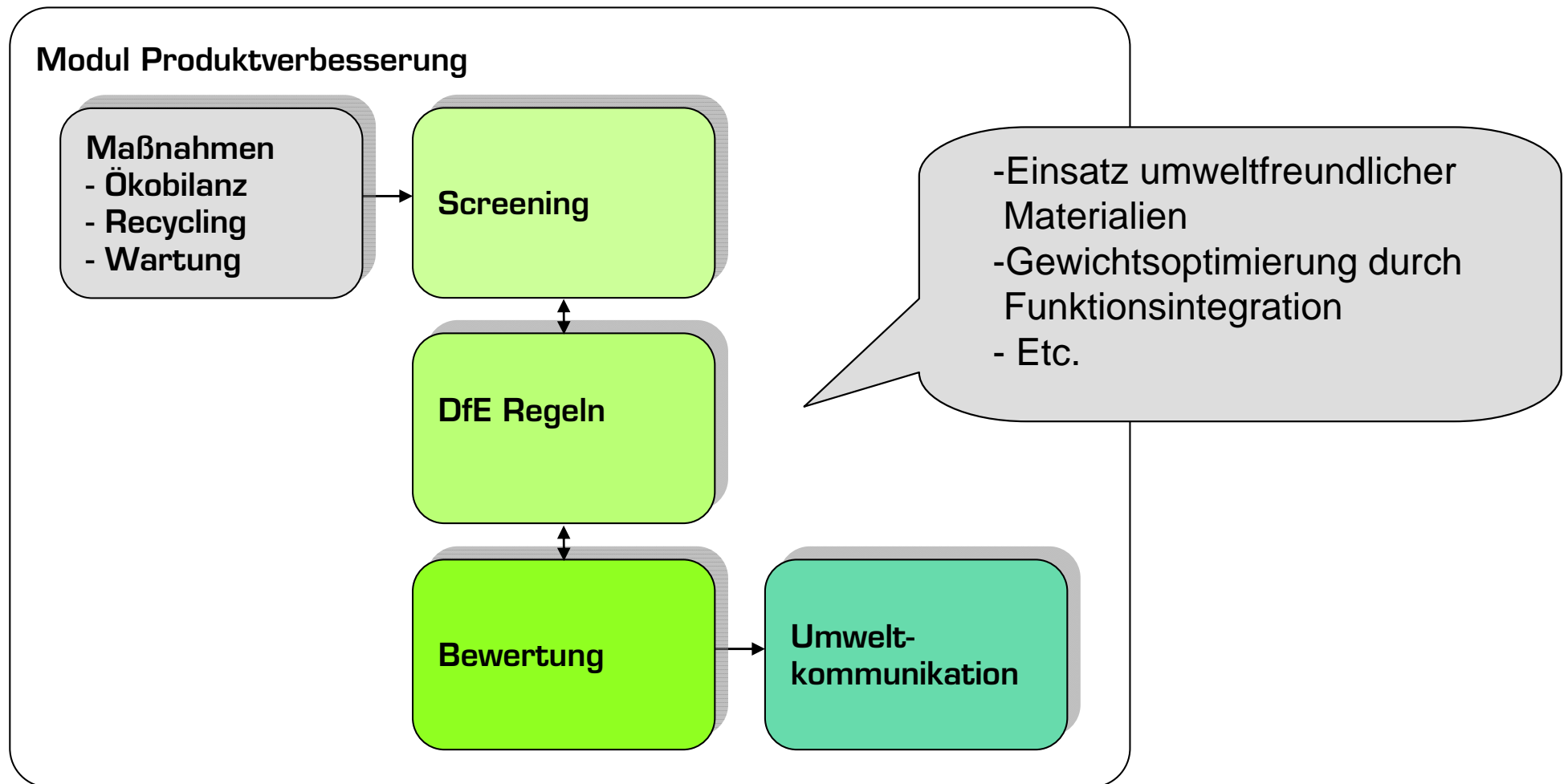


„Recyclingrate“ = 97%

Zentrale Fragestellung

➔ Wie können Umweltbewertungsergebnisse konkret zur Verbesserung der Straßenbahn genutzt werden?

Modul Produktverbesserung



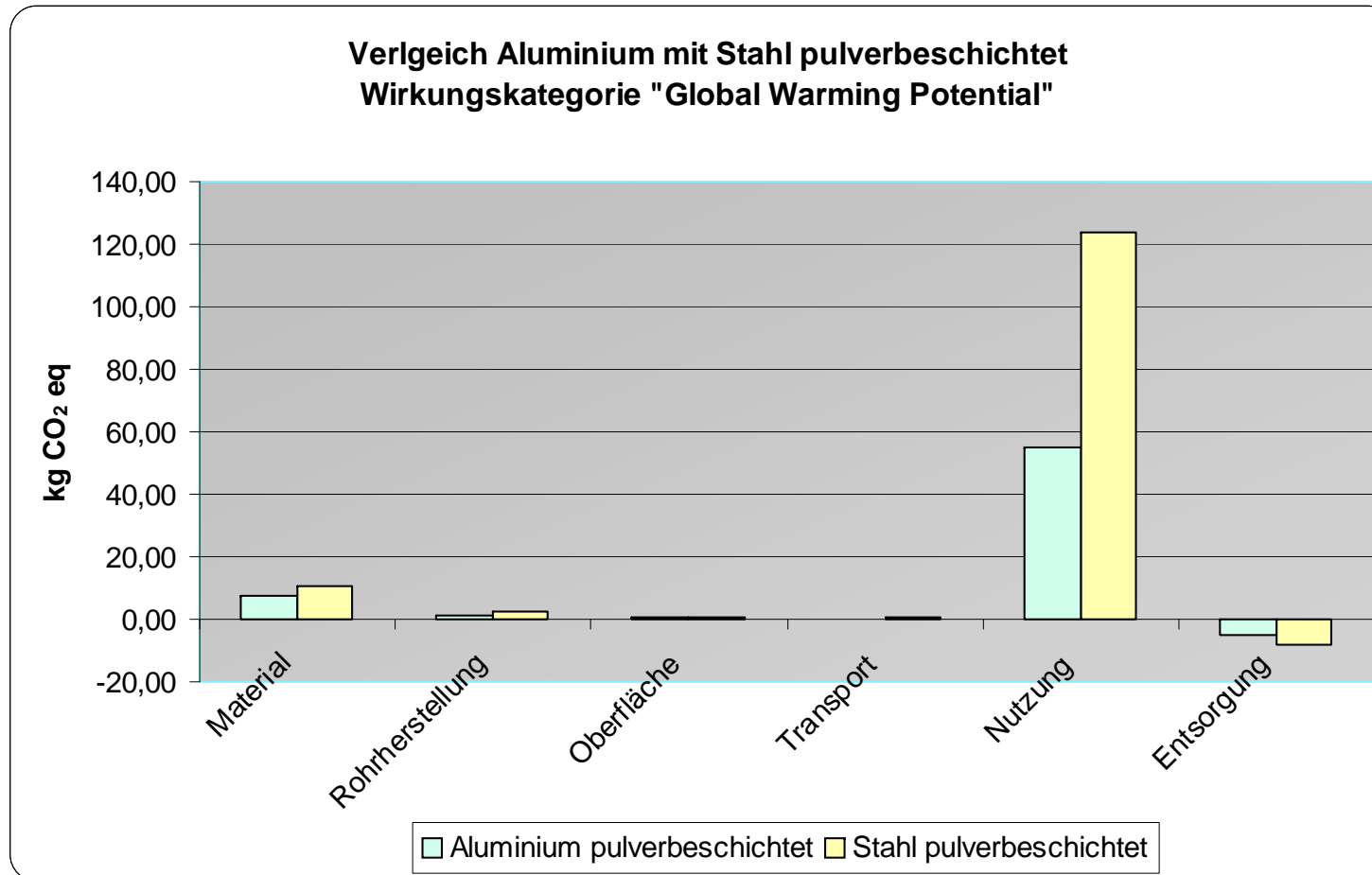
Beispiel

Welche ist aus
Umweltsicht besser?

- ➔ Ökobilanz von Anhaltestangen
 - Stahl pulverbeschichtet
 - Aluminium pulverbeschichtet
- ➔ Wandstärke: Stahl: 3 mm/ Aluminium: 4 mm
- ➔ Die Funktionale Einheit ist 1 Meter Anhaltestange in einer Straßenbahn bei einer Lebensdauer von 30 Jahren.
 - Material: 18/8 Chromstahl, Aluminiumknetlegierung (90% primär, 10% sekundär)
 - Herstellung: Datensätze für Pulverbeschichten
 - Transport: Herstellung in Deutschland - 1000km per LKW
 - Nutzung: Energieverbrauch aus Simulation einer leeren und vollen Straßenbahn
 - Nachgebrauch: Closed Loop Recycling



Auswirkungen Wirkungskategorie „GWP – CO₂-eq.“

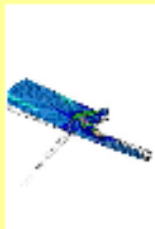


- 1 kg weniger Material ergibt** ➔ Energieeinsparung von ca. 100 kWh
 ➔ CO₂-Einsparung: 46,4 kg CO₂-eq.
 ➔ Kosteneinsparung: € 30,- (0,3 €/KWh)

Beispiel DfE-Regel

- ➔ Aus Umweltsicht Aluminium gg. Stahl bevorzugen
- ➔ Kompaktere, leichtere Bauweise der Stahlvariante mit hochfesteren Stählen

Sind im Produkt Maßnahmen zur festigkeitsgerechten Gestaltung bzw. Materialeinsparungen verwirklicht?



Welchen Beanspruchungen ist das Produkt ausgesetzt? Wie hoch sind diese? Wo treten diese in den Bauteilen auf? Wie können diese konstruktiv aufgenommen, geleitet bzw. ausgeglichen werden? Wie sind Materialeinsparungen durch festigkeitsgerechte Gestaltung erzielbar?

Relevanz (R)	Erfüllung (E)	Priorität (P)
<input checked="" type="radio"/> sehr wichtig (10) <input type="radio"/> weniger wichtig (5) <input type="radio"/> nicht relevant (0)	<input type="radio"/> ja (1) <input type="radio"/> eher ja (2) <input checked="" type="radio"/> eher nein (3) <input type="radio"/> nein (4)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 30 $P = R * E$ </div>

Maßnahme	Erforderliche Materialmenge durch festigkeitsoptimierte Gestaltung reduzieren	
	<small>LERNEN</small>	
Idee zur Realisierung	<div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div> <div style="text-align: right; background-color: yellow; padding: 5px;">www.ecodesign.at/pilot</div>	
Kosten	<input type="radio"/> höher <input type="radio"/> gleich <input type="radio"/> niedriger	weil <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 500px;"></div>

Modul Umweltkommunikation

➔ Environmental Product Declaration (EPD)

✓ Glaubwürdig (Prüfung)

✓ Vergleichbar (PCR)

✓ Objektiv (ISO 14040)

✓ Vollständig (LCT)

✓ Zielgerichtet: Key Environmental Performance Indicators

**Environmental Product Declaration
Class 185 (according to ISO 14021)**



Impact category	Unit per transport of 1 ton 1 km	Manufacturing	Use	End-of-life	Total life cycle
Global warming potential (GWP)	kg CO ₂ equiv.	0.000190	0.028665	-0.000115	0.028739
Ozone Depletion	kg CFC 11 equiv.	1.92·10 ⁻¹¹	3.37·10 ⁻⁸	-2.76·10 ⁻¹²	3.37·10 ⁻⁸

Erfüllung der Anforderungen von Verkehrsbetrieben nach:

- ➔ Materialdeklaration ✓
- ➔ Stoffverbote: RoHS, Reach, ... ✓
- ➔ Ökobilanz nach ISO 14040ff ✓
- ➔ EPD nach ISO 14025 Standard ✓
- ➔ Recyclingrate ✓
- ➔ Recycling Manual ✓
- ➔ Produktrücknahme ✓
- ➔ DfE im Design Prozess integriert ✓



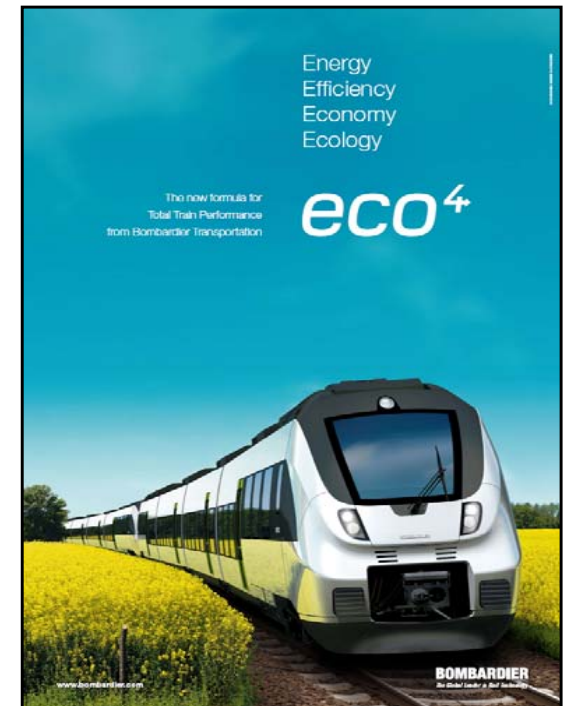
Weitere Initiative bei Bombardier und Ausblick

➔ „ECO 4: Ecology, Economy, Efficiency, Energy“

- Massnahmenbündel für ein umweltgerechtes Schienenfahrzeug
- www.thecclimateisrightfortrains.com

➔ Ausblick

- Integration der Methodik in den Produktentwicklungsprozess bei Bombardier
- Durchführen von Ökobilanzen und Nutzung der Analyseergebnisse für eine kontinuierliche Verbesserung in der Fahrzeugentwicklung
- Erstellung einer EPD für ausgewählte Bombardier LRV-Produkte



“The Climate is Right for Trains”



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Rainer Pamminger

01/58801 307 53

pamminger@ecodesign.at