

SusMent

Ganzheitliche Lebenszyklus von
linearen Infrastrukturprojekte,
Beispiel A44 Projekt

Mahdi Asna

Institut für Strassenwesen

RWTH Aachen Universität

Nachhaltigkeit in Infrastrukturprojekte

Umweltaspekte (Ökobilanzierung)

EPD Material, Rückbau / Entsorgung

Soziale Aspekte

Arbeiter, Gesellschaft

Wirtschaftliche Aspekte (Lebenszykluskosten)

GDP, Inflation

Soziale Nachhaltigkeit (S-LCA)

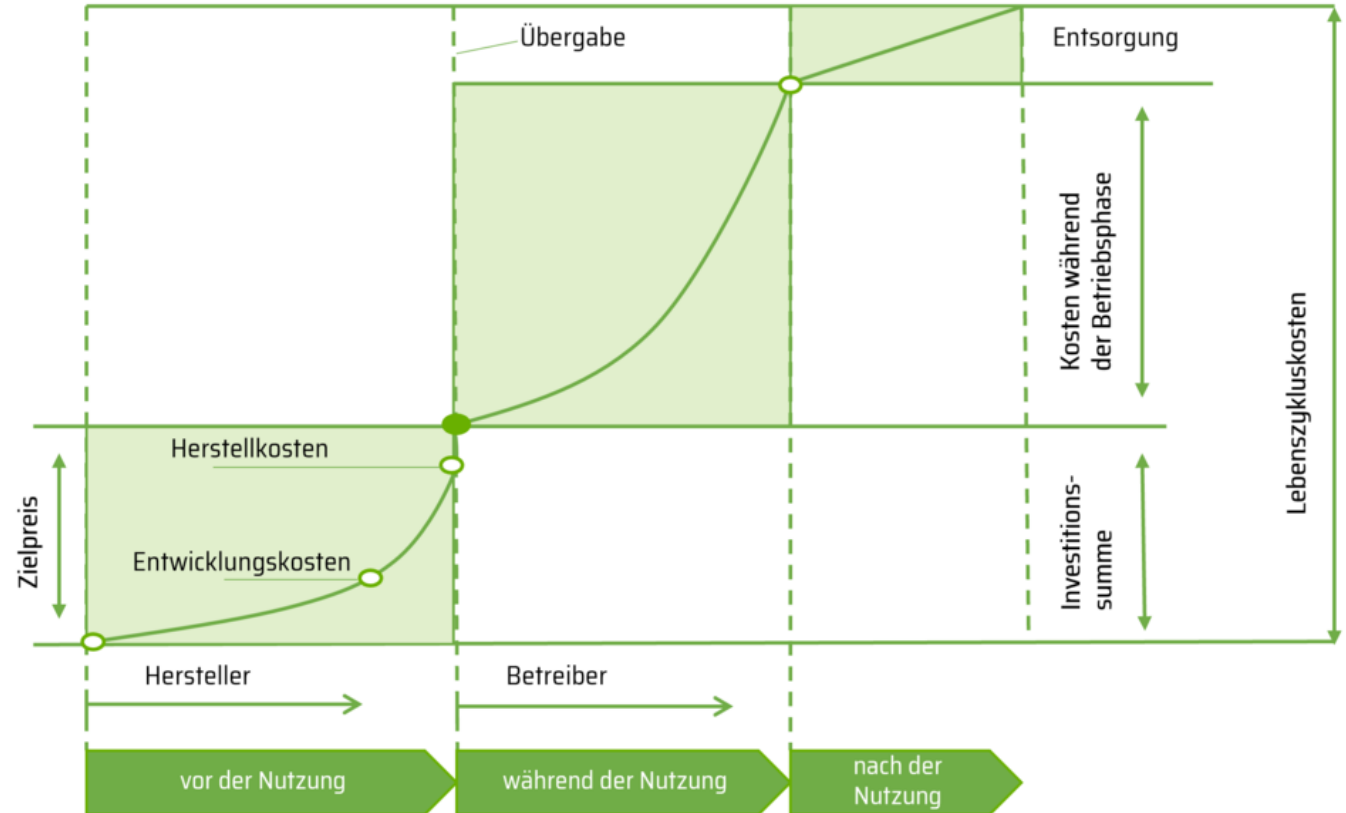
Stakeholder categories	Worker	Local community	Value chain actors (not including consumers)	Consumer	Society	Children
Subcategories	<ol style="list-style-type: none"> Freedom of association and collective bargaining Child labor Fair salary Working hours Forced labor Equal opportunities/discrimination Health and safety Social benefits/social security Employment relationship Sexual harassment Smallholders including farmers 	<ol style="list-style-type: none"> Access to material resources Access to immaterial resources Delocalization and migration Cultural heritage Safe and healthy living conditions Respect of indigenous rights Community engagement Local employment Secure living conditions 	<ol style="list-style-type: none"> Fair competition Promoting social responsibility Supplier relationships Respect of intellectual property rights Wealth distribution 	<ol style="list-style-type: none"> Health and safety Feedback mechanism Consumer privacy Transparency End-of-life responsibility 	<ol style="list-style-type: none"> Public commitments to sustainability issues Contribution to economic development Prevention and mitigation of armed conflicts Technology development Corruption Ethical treatment of animals Poverty alleviation 	<ol style="list-style-type: none"> Education provided in the local community Health issues for children as consumers Children concerns regarding marketing practices

Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organisations 2020

Lebenszykluskosten (LCC)

• **Ganzheitliche Kostenbetrachtung:** LCC umfasst **alle Kosten** eines Projekt oder Produkts über den gesamten Lebenszyklus, von der **Planung, Bau, Betrieb** bis zum **Rückbau** oder **Recycling**.

• **Ziel:** Das Ziel ist, die **wirtschaftlich nachhaltigste Lösung** zu finden, nicht nur die billigste Anfangsinvestition.



Lebenszykluskosten (LCC)

•Ziel:

Das Ziel ist, die **wirtschaftlich nachhaltigste Lösung** zu finden, nicht nur die billigste Anfangsinvestition.

•Kostenbestandteile:

Enthalten sind **Investitionskosten, Betriebs- und Wartungskosten, Energieverbrauch, Instandhaltung, Entsorgung** und ggf. **Restwert**.

•Bewertung über Zeit:

Alle Kosten werden auf einen gemeinsamen Zeitpunkt (meist den Projektbeginn) **abgezinst**, um sie vergleichbar zu machen.

•Entscheidungswerkzeug:

LCC unterstützt Planer und Behörden bei **strategischen Entscheidungen**, z. B. Materialwahl, Bauverfahren oder Instandhaltungsstrategie.

•Anwendung im Infrastrukturbau:

Besonders wichtig bei **Straßen, Brücken und Tunneln**, da langfristige Betriebskosten oft die Baukosten übersteigen.

•Bezug zur Nachhaltigkeit:

Durch die Einbeziehung von Lebenszykluskosten wird **wirtschaftliche Nachhaltigkeit** messbar und fördert **ressourceneffiziente, langlebige Lösungen**.



Ökobilanzierung Strassenbauprojekte

von Recycling bis effective lebenszyklusorientierte Planung

- Nutzung von umweltfreundliche basieren auf EPD international, ÖKOBAUDAT, etc.
- Teil-Nutzung von Rec-Materialien im Neubau/Sanierungsprojekte
- Wiederverwertung von Rückbaustoffe und Rückgewinnung in System (Module D)

Ökobilanzierung nach EN 15804

Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase							Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau/Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau/Erneuerung	Betrieblicher Energieeinsatz	Betrieblicher Wassereinsatz	Ausbau	Transport	Abfallbewirtschaftung	Deponierung	Wiederverwendungs- Rückgewinnungs- Recyclingpotential



LCA Rorad infrastructure

- **Ganzheitliche Umweltbewertung:**

LCA analysiert die **ökologischen Auswirkungen** einer Straße über ihren gesamten Lebenszyklus – von der **Rohstoffgewinnung** bis zum **Rückbau**.

- **Bewertete Umweltindikatoren:**

Dazu gehören **CO₂-Emissionen (Klimawirkung)**, **Energieverbrauch**, **Luft- und Wasseremissionen**, **Ressourcenverbrauch** und **Abfallmengen**.

- **Ziel:**

Das Ziel ist, die **Umweltleistung** verschiedener Bauweisen, Materialien oder Instandhaltungsstrategien **objektiv zu vergleichen**.

- **Methodische Grundlage:**

LCA basiert auf internationalen Normen wie **ISO 14040/44** und im Bausektor oft auf **EN 15804** (Umweltproduktdeklarationen & EPD).



LCA Rorad infrastructure

- **Besonderheiten bei Straßen:**
Straßen haben **lange Nutzungszeiten** und **hohen Materialeinsatz**; daher spielen **Materialhaltbarkeit**, **Recyclingquoten** und **Verkehrseinflüsse** eine große Rolle.
- **Phasen des Lebenszyklus:**
Betrachtet werden typischerweise **Materialproduktion**, **Transport**, **Bau**, **Nutzung (Betrieb & Instandhaltung)** sowie **End-of-Life** (Rückbau, Recycling).
- **Nutzen für nachhaltiges Bauen:**
LCA hilft, **ökologische Hotspots** zu identifizieren und Maßnahmen zu entwickeln, um **Emissionen und Ressourcenverbrauch** nachhaltig zu senken.

Umweltschäden

- **Definition:**

Umweltschäden sind die **negativen ökologischen Auswirkungen**, die durch den gesamten Lebenszyklus eines Produkts oder Projekts entstehen – von der **Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung**.

- **Bewertung über Wirkungskategorien:**

In der LCA werden verschiedene **Impact Categories (Wirkungskategorien)** berechnet, die typische Umweltprobleme repräsentieren, z. B.:

- **Global Warming Potential (GWP):** Treibhausgase, Klimawandel
- **Acidification Potential (AP):** Versauerung von Böden und Gewässern
- **Eutrophication Potential (EP):** Überdüngung von Ökosystemen
- **Ozone Depletion Potential (ODP):** Abbau der Ozonschicht
- **Photochemical Ozone Creation Potential (PO):** Sommersmog
- **Einheiten der Wirkung:**
Jede Kategorie wird mit einer standardisierten Einheit angegeben, z. B.

Impact Category (IC)	Unit of Measure
Depletion of abiotic resources, fossil (Energy)	MJ
Global warming potential (GWP)	kg CO ₂ eq
Ozone-depletion potential (ODP)	kg CFC-11 eq
Marine aquatic ecotoxicity (MAE)	kg 1,4-DCB eq
Photochemical ozone creation potential (PO)	kg C ₂ H ₄ eq
Acidification Potential (AP)	kg SO ₂ eq
Eutrophication potential (EP)	kg PO ₄ ³⁻ PO

Umweltschäden

Ziel der Berechnung:

Durch die Quantifizierung dieser Umweltschäden können **Hotspots im Lebenszyklus** erkannt werden – also Prozesse, Materialien oder Phasen, die besonders große Umweltwirkungen verursachen.

Nutzen für nachhaltiges Bauen:

Die LCA hilft, durch **vergleichende Bewertungen** umweltfreundlichere Materialien und Bauweisen zu wählen, wodurch die **Gesamtumweltbelastung** einer Infrastruktur deutlich reduziert werden kann.



ELCAP Methodik

Infrastrukturprojekte:

Major Elemente

Fahrbahn (Asphalt, Beton, Schiene)

Brücke

Tunnel

Bergsicherung, Betonwände

Lärmschutzwände

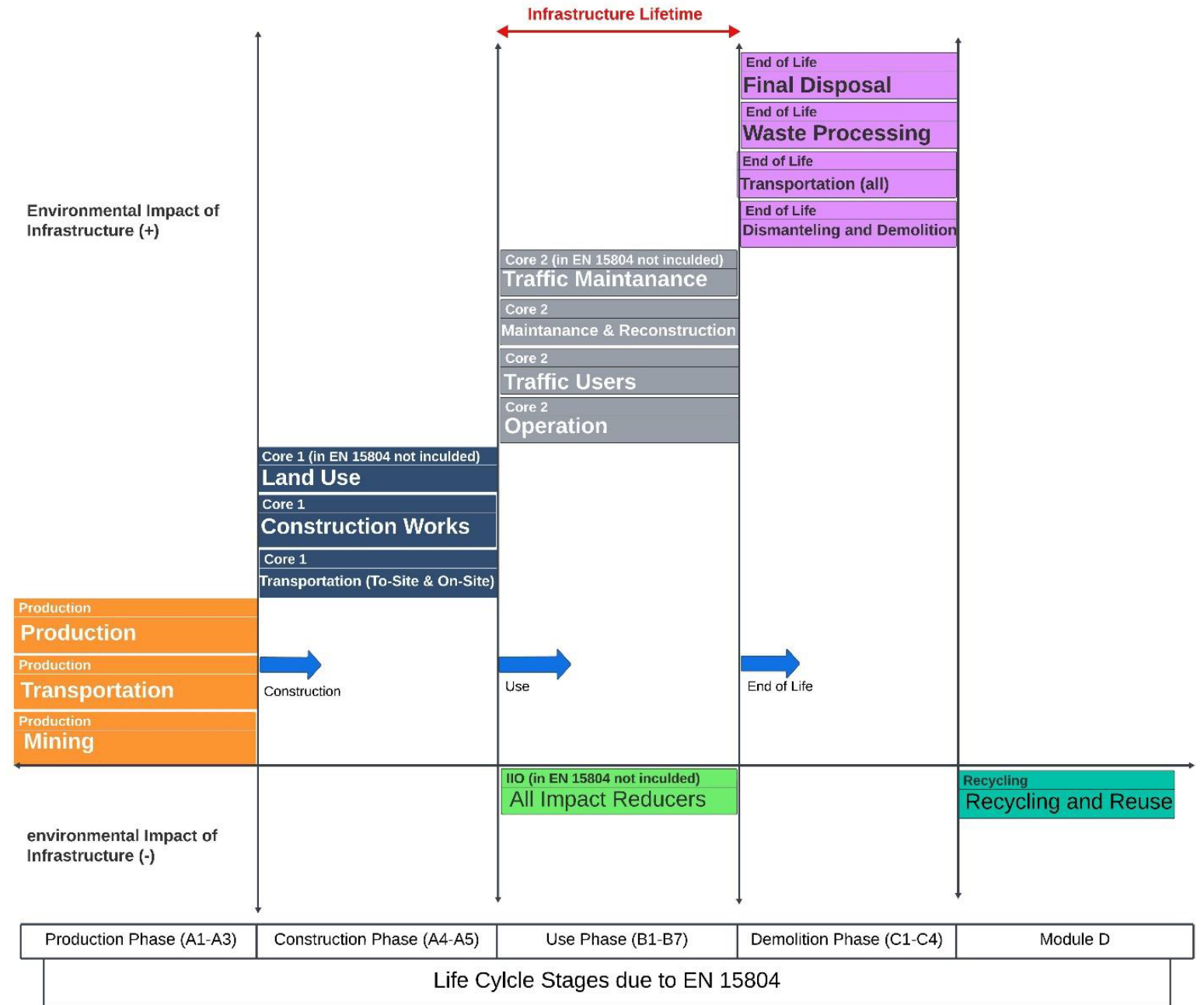
ELCAP Methodik basierend auf EN 15804

- Infrastruktur Lebenszyklus
- Material Produktion
- Bauenergie
- Transport von Lieferant bis zur Baustelle
- Landerwerb und –Änderung von Infrastruktur
- Betriebsenergie
- Stau im System
- Sanierungsintensität
- Umweltbelastung der Sanierung inkl. Baustellestau
- Betriebsenergie erzeugt durch erneubaren Energie?
- Rückbau /Ausbau

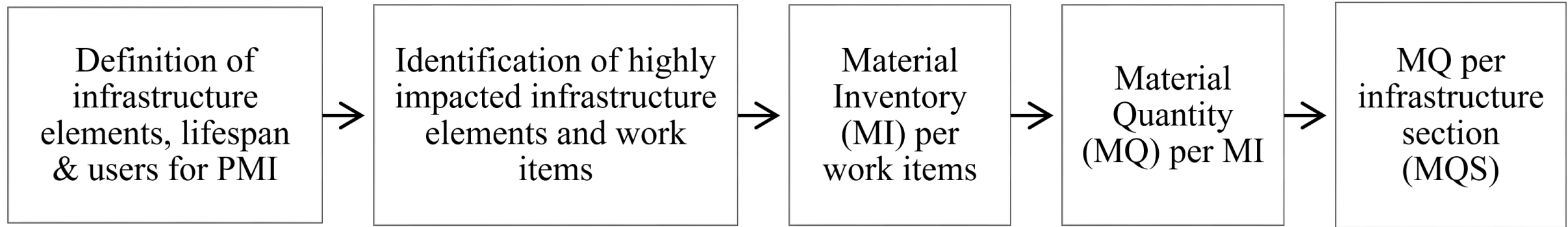
Life Cycle Stages (EN 15804)		Steps	Definition
Upstream	Production	1	Extraction of raw materials
		2	Transportation of raw materials
		3	Production of construction materials
Core Phase	Core 1-Construction	4	Transportation: Material transport from production sites to construction site and internal site transport (e.g., earthworks)
		5	Construction works: Activities and energy use for infrastructure construction, including waste production, transport, and treatment
		6	Land use: Land occupation and ecological changes resulting from infrastructure construction
Down-Stream	Core 2-Use, Operation and Maintenance	7	Operational energy: Energy consumption during infrastructure use
		8	Traffic: Vehicle emissions during the infrastructure's lifespan
		9	Maintenance and reconstruction: Works and materials used during the service life, including demolition, recycling of old materials, and reuse within the use stage. Small maintenance tasks are excluded
		10	Traffic disruptions: Additional traffic emissions or impacts caused specifically by maintenance activities
		11	Not assessed (no renewable energy measures implemented within the studied motorway section)
End of Life (EOL)	End of Life (EOL)	12	Dismantling and demolition: Activities and energy consumption during removal of infrastructure components
		13	Transportation: Transport of demolition materials to waste processing sites
		14	Waste Processing
Module D	Circularity	15	Final Disposal: Disposal activities and landfill
		16	Recycling or reuse of materials throughout the lifecycle

ELCAP Methodik

Systemumfang

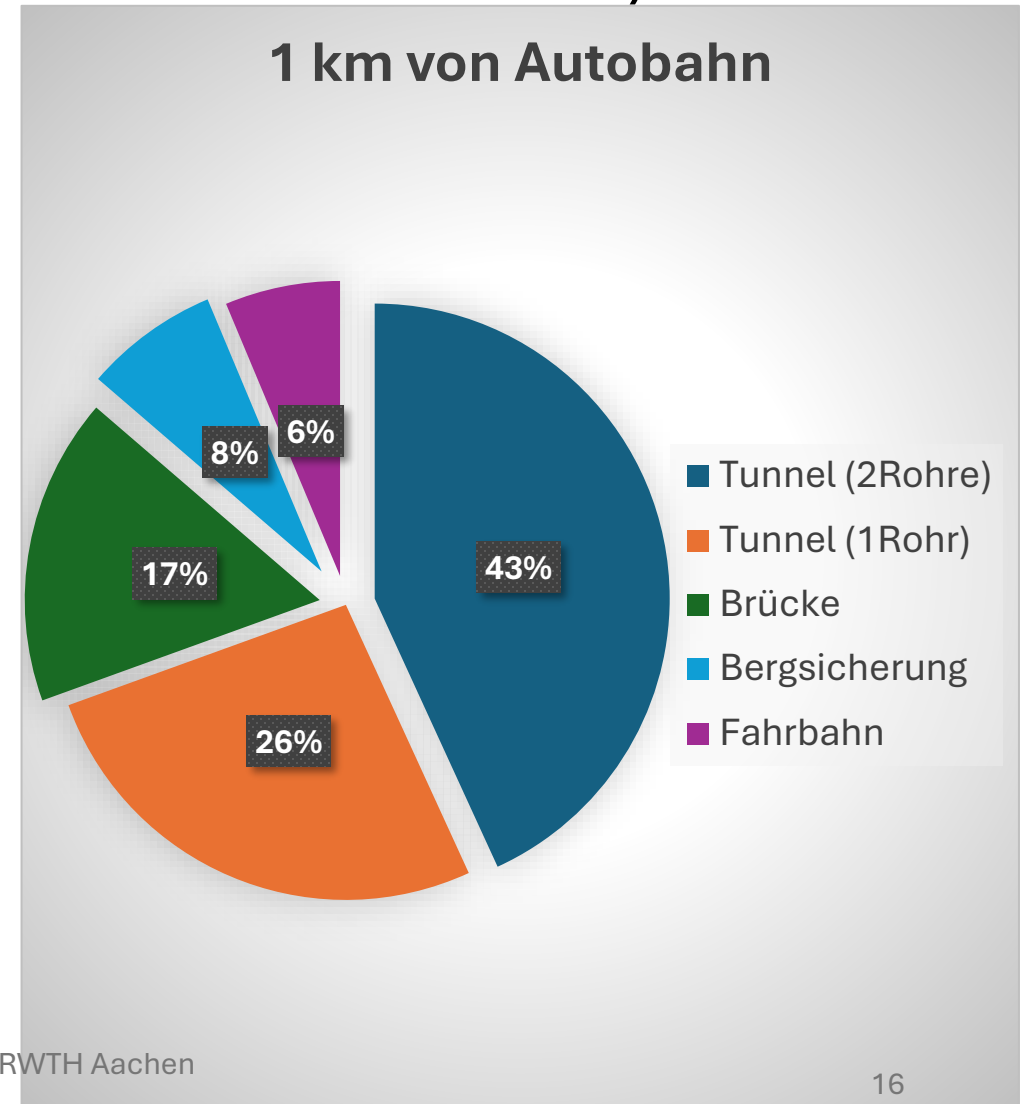
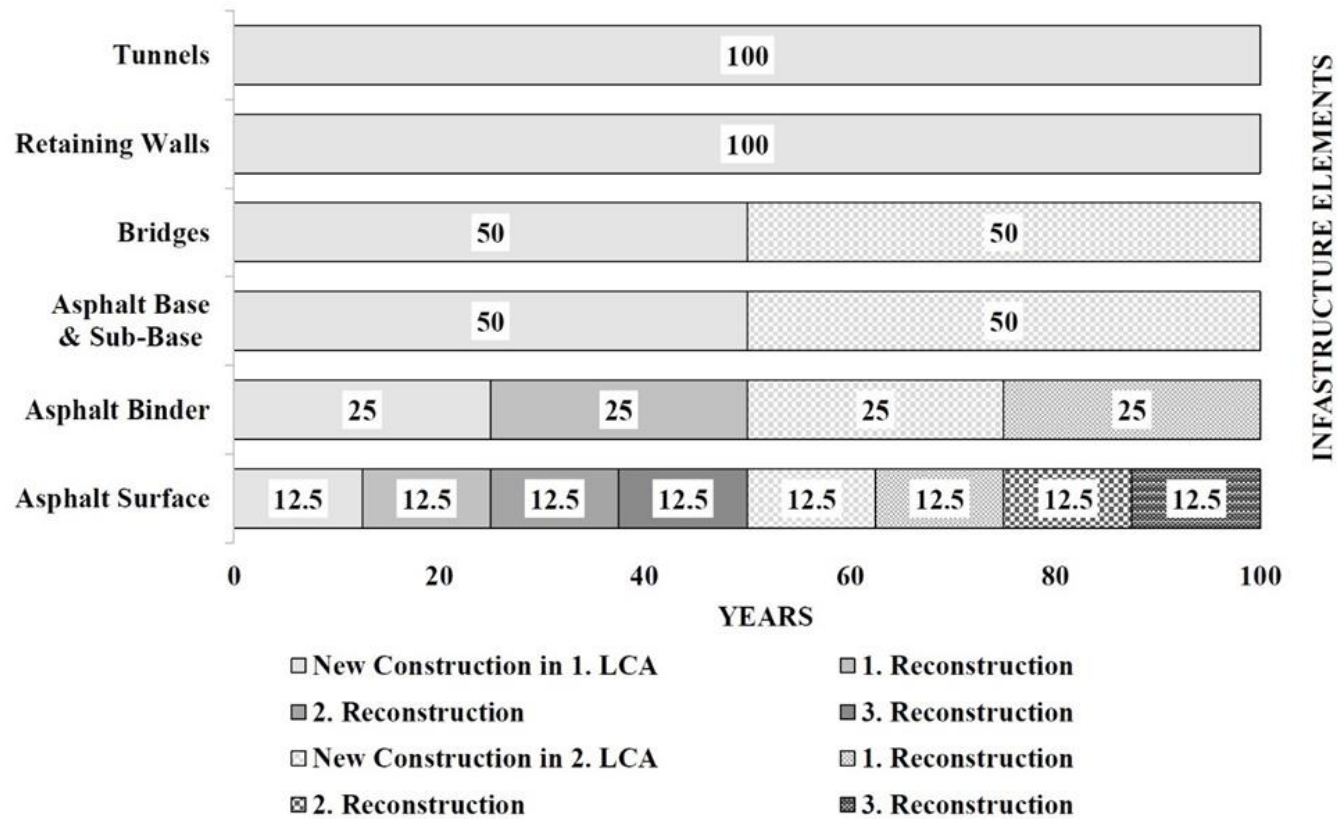


ELCAP Methodik, PMI (Project Material Inventory)



ELCAP Methodik

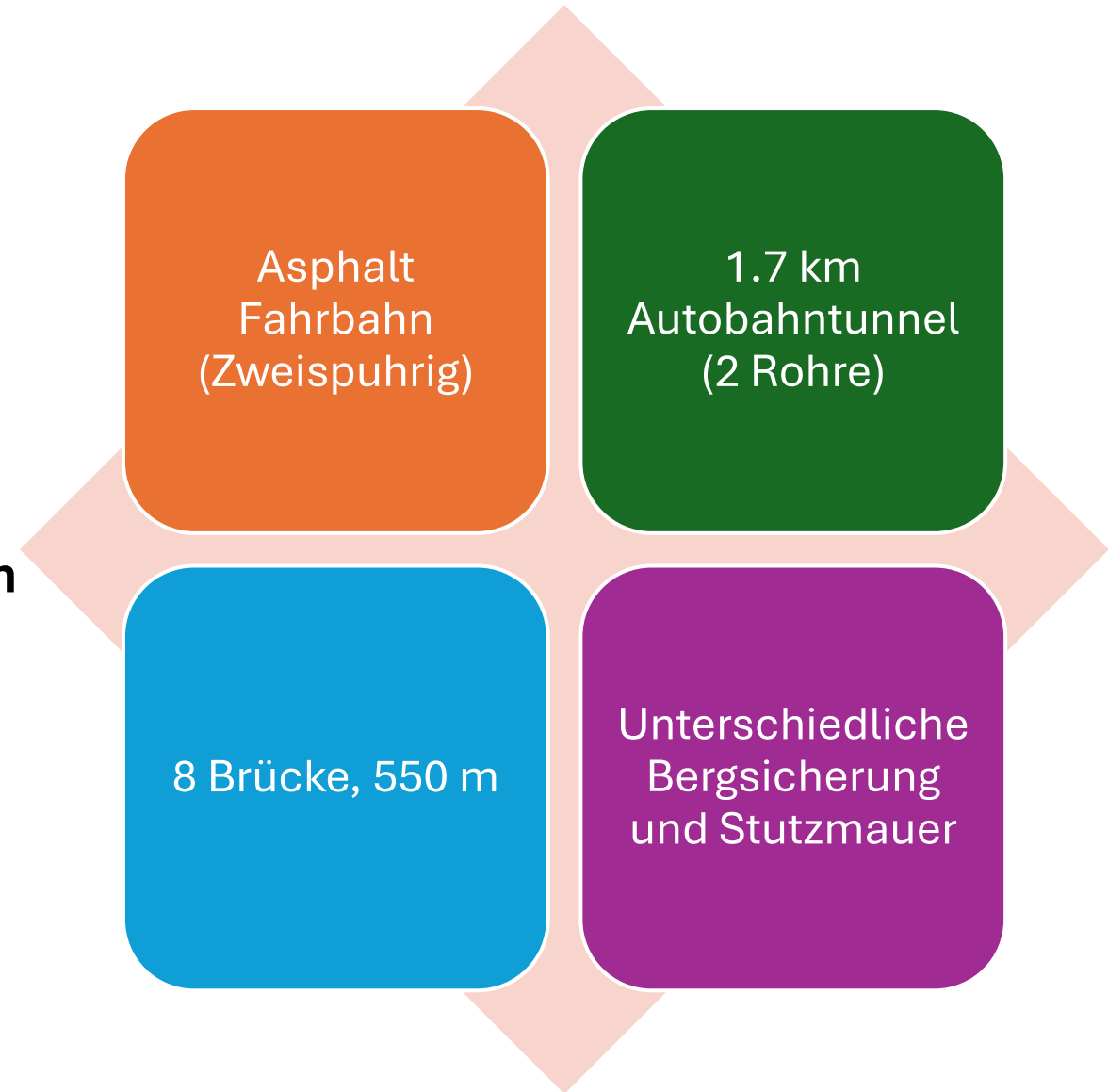
Infrastructure Durability and MFU (Modified Functional Unit)



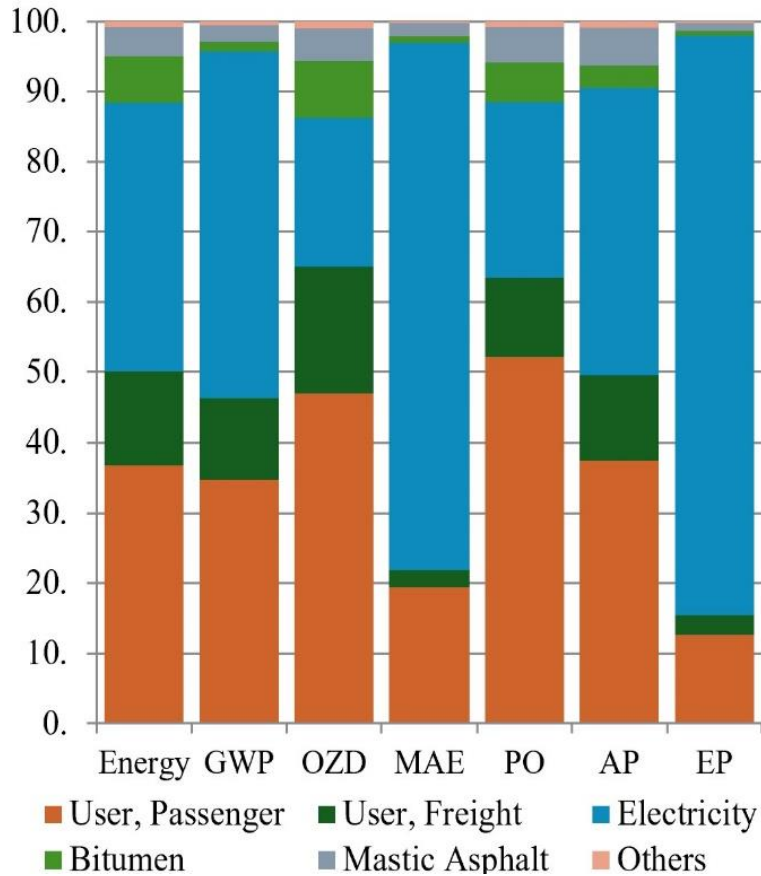
Case Study BAB44

**1 Km Autobahn stösst ca. 3030 tonnen
CO₂-eq pro Jahr**

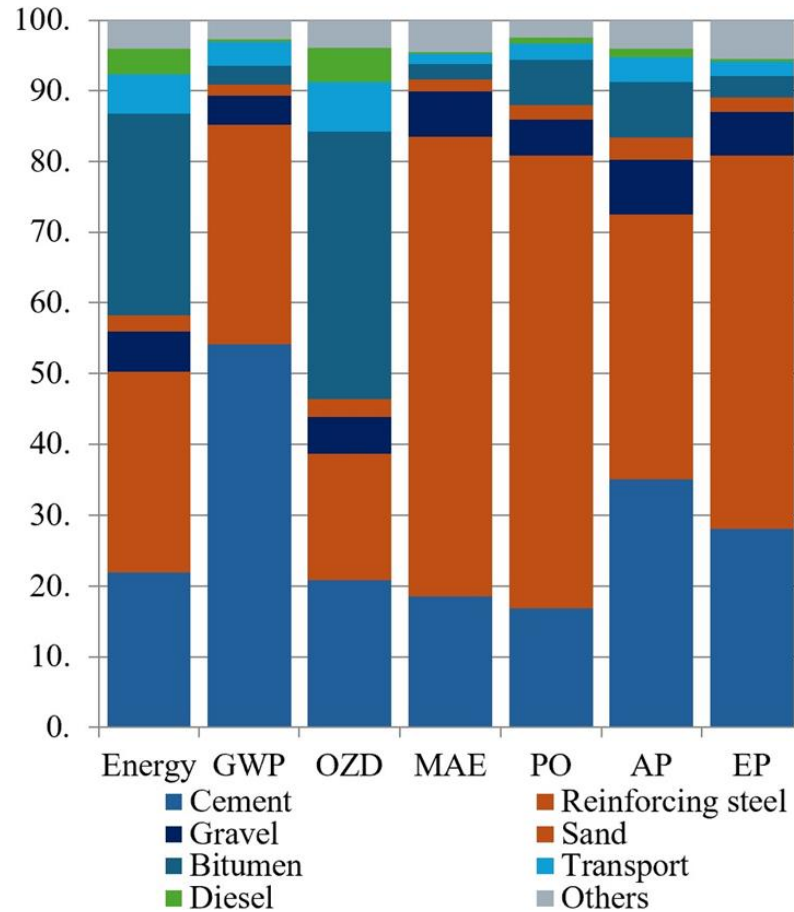
**Neubau
Bergrerion**



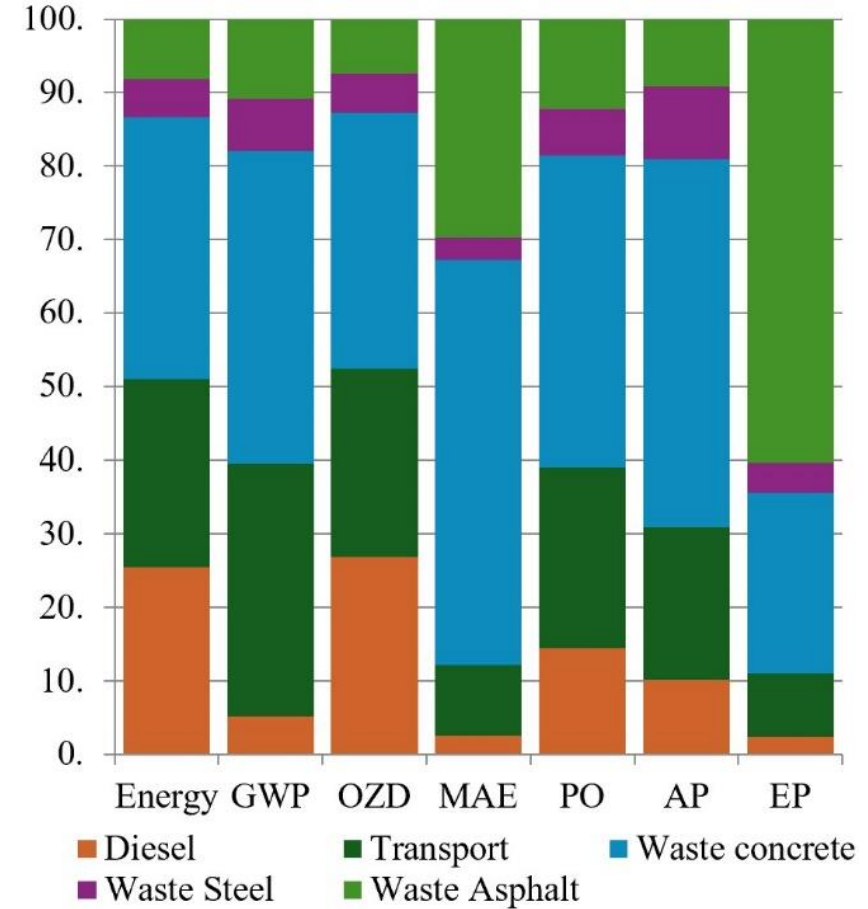
Ökobilanzierung nach ELCAP per Lebenszyklusphase



Bauphase

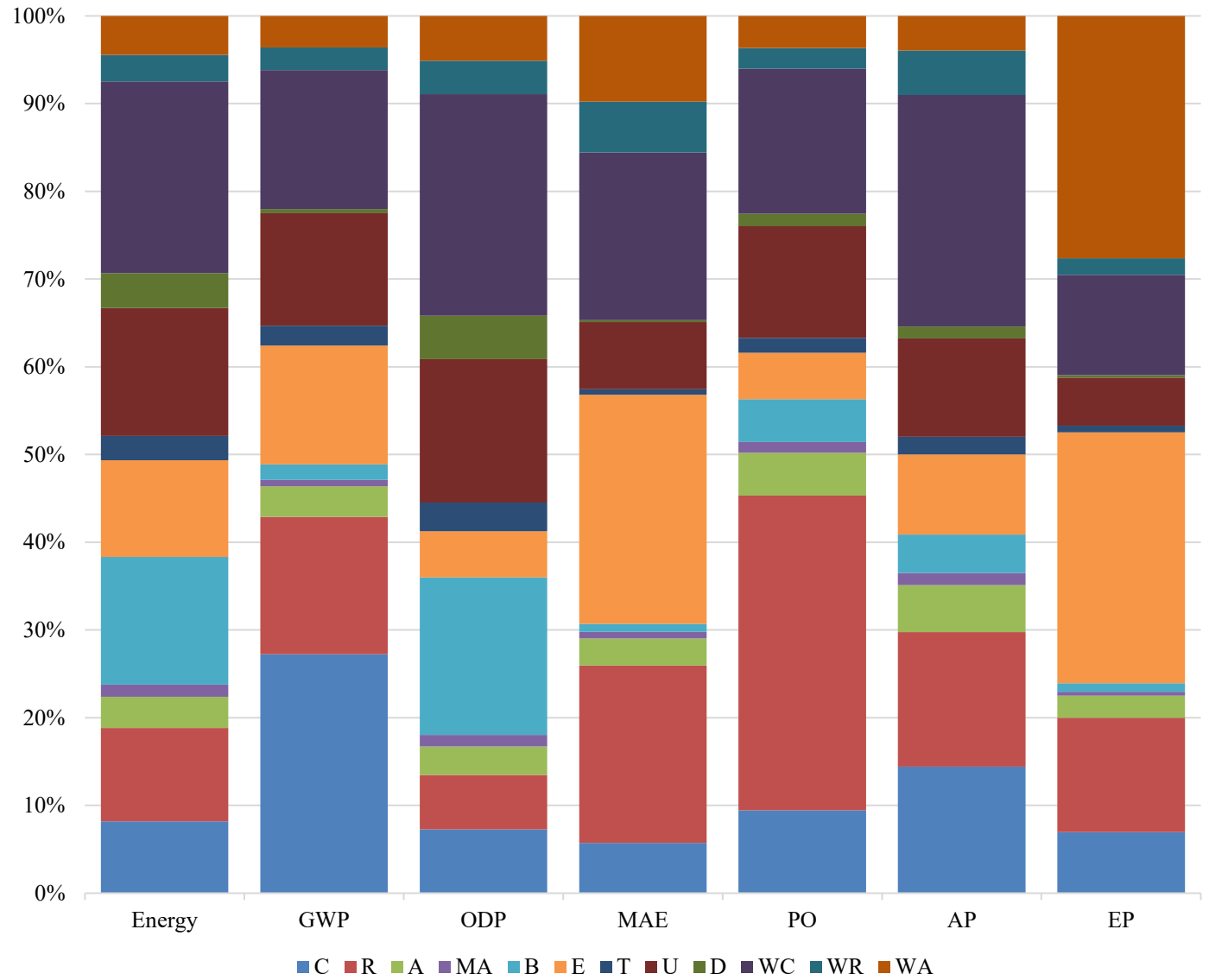


Betriebsphase



Rückbau / Ausba

Ökobilanzierung gesamtes Lebenszyklus



ELCAP

vs.

Klassische LCA

**Umfangreiche LCA during
alle Phasen der
Infrastruktur mit km/year
Unit**

**Identifikation von
kritischen
Infrastrukturphasen im
Gesamtvergleich**

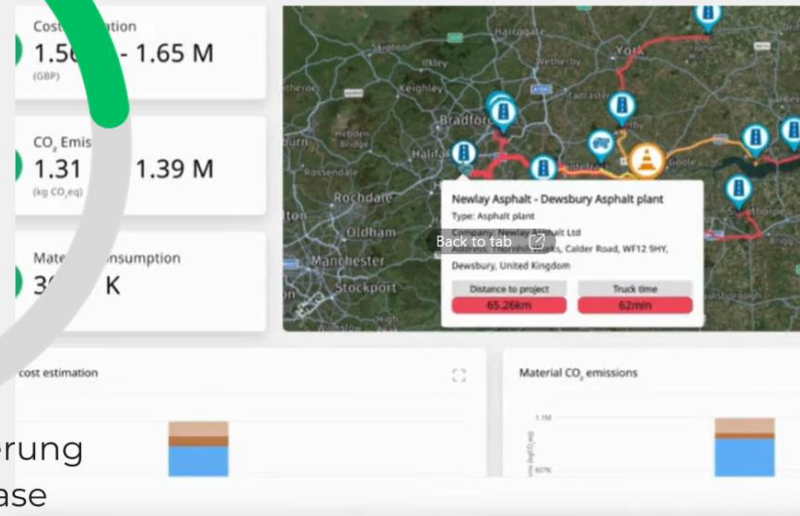
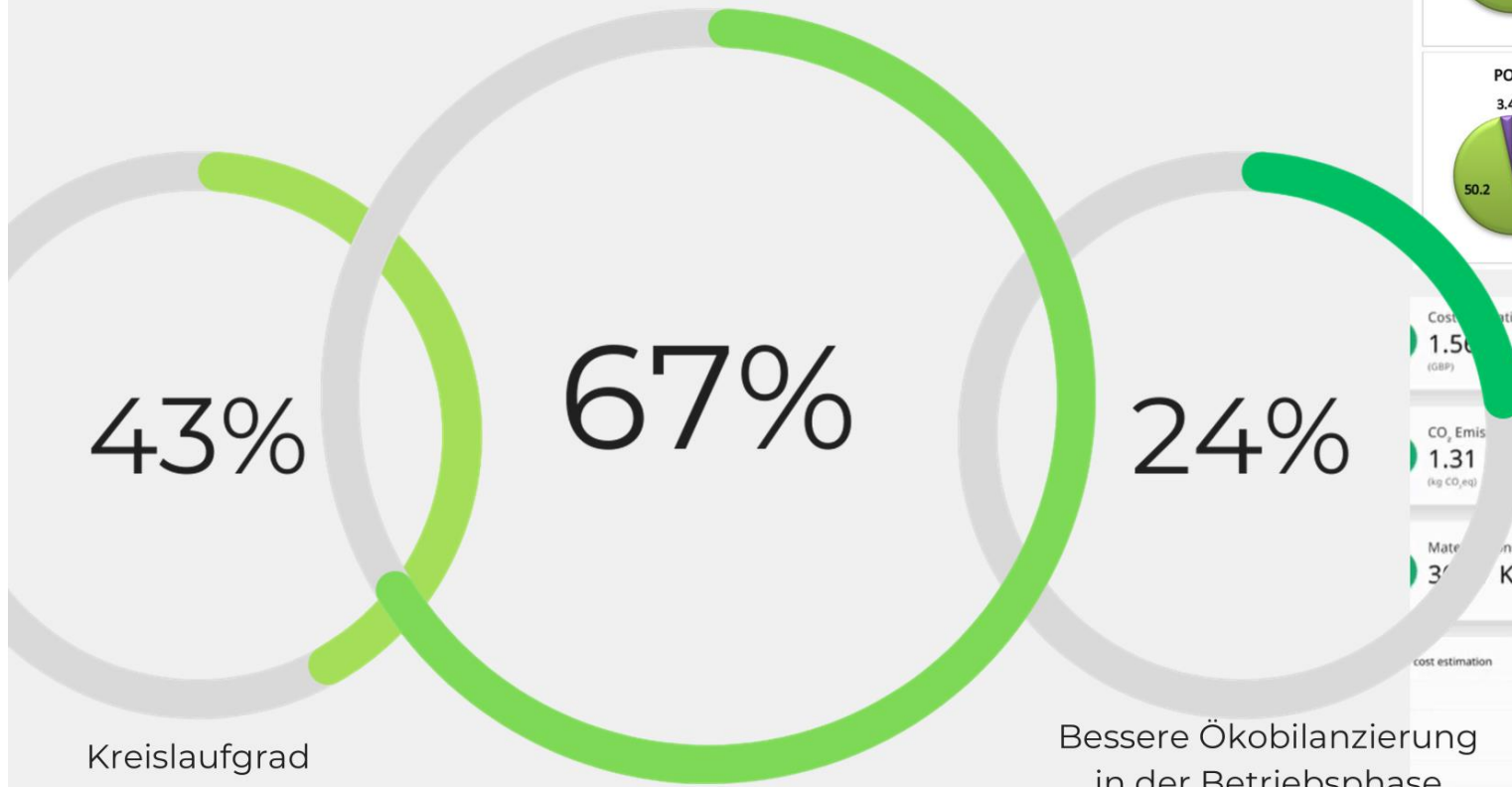
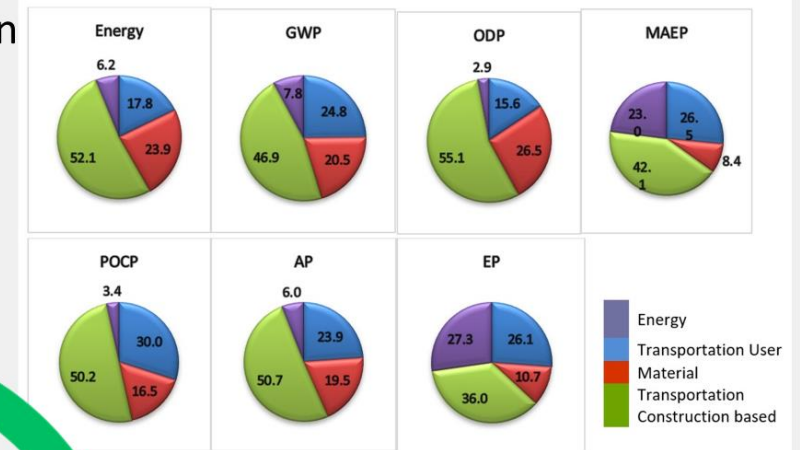
**Klare Unterschied
zwischen
unterschiedlichen
Lebenszyklusphasen**

**Betrachtung der
unterschiedlichen
Infrastrukturelemente in
einem Topf**

**Entwicklungsmöglichkeit
für andere
Nachhaltigkeitsaspekte
im Rahmen der LCA
Automatisierung**

ELCAP als Fundament für SusMent

- Individueller Beratung und fachlicher Unterstützung durch Fachexperten
- Optimierter Entscheidungsfindung durch Partner-Plattform.



Global Warming Verbesserung in der Bauphase

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Mahdi Asna Asharizadeh

M. Sc.

Lehrstuhl und Institut für Straßenwesen

Gebäude: 2130 Bauingenieurwesen

Mies-van-der-Rohe-Str. 1

52074 Aachen

[+49 241 80-20386](tel:+492418020386) ☎

mahdi.asna@rwth-aachen.de ✉