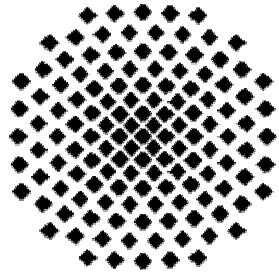


---

# Ökobilanzwerkstatt 2010 – Ökobilanzielle Betrachtung der Nutzungsphase im Luftfahrtsektor

---



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

---



Life Cycle Engineering

---

# Ökobilanzielle Betrachtung der Nutzungsphase im Luftfahrtsektor

---

Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)

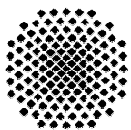
Lehrstuhl für Bauphysik (LBP)

Universität Stuttgart

Hannes Krieg, Robert Ilg

30. September 2010

Seite 2



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

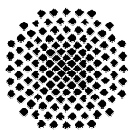
Ganzheitliche Bilanzierung

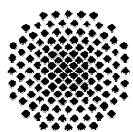


---

# Agenda

- ▶ Hintergrund
- ▶ Systemgrenze und Untersuchungsrahmen
- ▶ Modellierung
- ▶ Auswertung
- ▶ Zusammenfassung und Ausblick

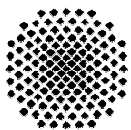




---

# Hintergrund

- ▶ EU-Emissionshandel
    - Luftfahrtsektor ab 2012
    - Zunächst nur CO<sub>2</sub>-Emissionen, ab 2013 auch andere Treibhausgase
    - Derzeit rund 15 € je t CO<sub>2</sub>
  
  - ▶ Steigendes Umweltbewusstsein der Kunden
    - Freiwillige Abgaben (Emissionsrechner)
  
  - ▶ Endliche Ressourcen
    - Kontinuierlich steigende Ölpreise
    - Biokraftstoffe als Alternative
- Umweltauswirkungen als Kostenfaktor und Kommunikationsgrundlage



---

# Hintergrund

## ▶ EU-Emissionshandel

- Luftfahrtsektor ab 2012
- Zunächst nur CO<sub>2</sub>-Emissionen, ab 2013 auch andere Treibhausgase
- Derzeit rund 15 € je t CO<sub>2</sub>

## ▶ Steigendes Umweltbewusstsein der Kunden

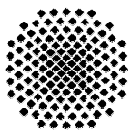
- Freiwillige Abgaben (Emissionsrechner)

## ▶ Endliche Ressourcen

- Kontinuierlich steigende Ölpreise
- Biokraftstoffe als Alternative

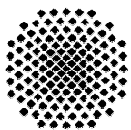
→ Umweltauswirkungen als Kostenfaktor und Kommunikationsgrundlage

→ **Kenntnis der Umweltauswirkungen von überragender strategischer Bedeutung** Seite 6



---

# Systemgrenzen und Untersuchungsrahmen



---

# Ziel und Untersuchungsrahmen

## Ziel:

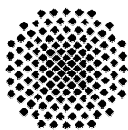
Bestimmung der Umweltauswirkungen während der Nutzungsphase für die Passagierluftfahrt.

## Untersuchungsrahmen:

Durchführung einer LCA am Beispiel eines Mittelstreckenfluges. Hierbei werden Betrieb des Flugzeugs, Wartung des Flugzeugs und Nutzung der Infrastruktur betrachtet.



Seite 8



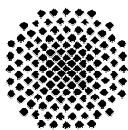


---

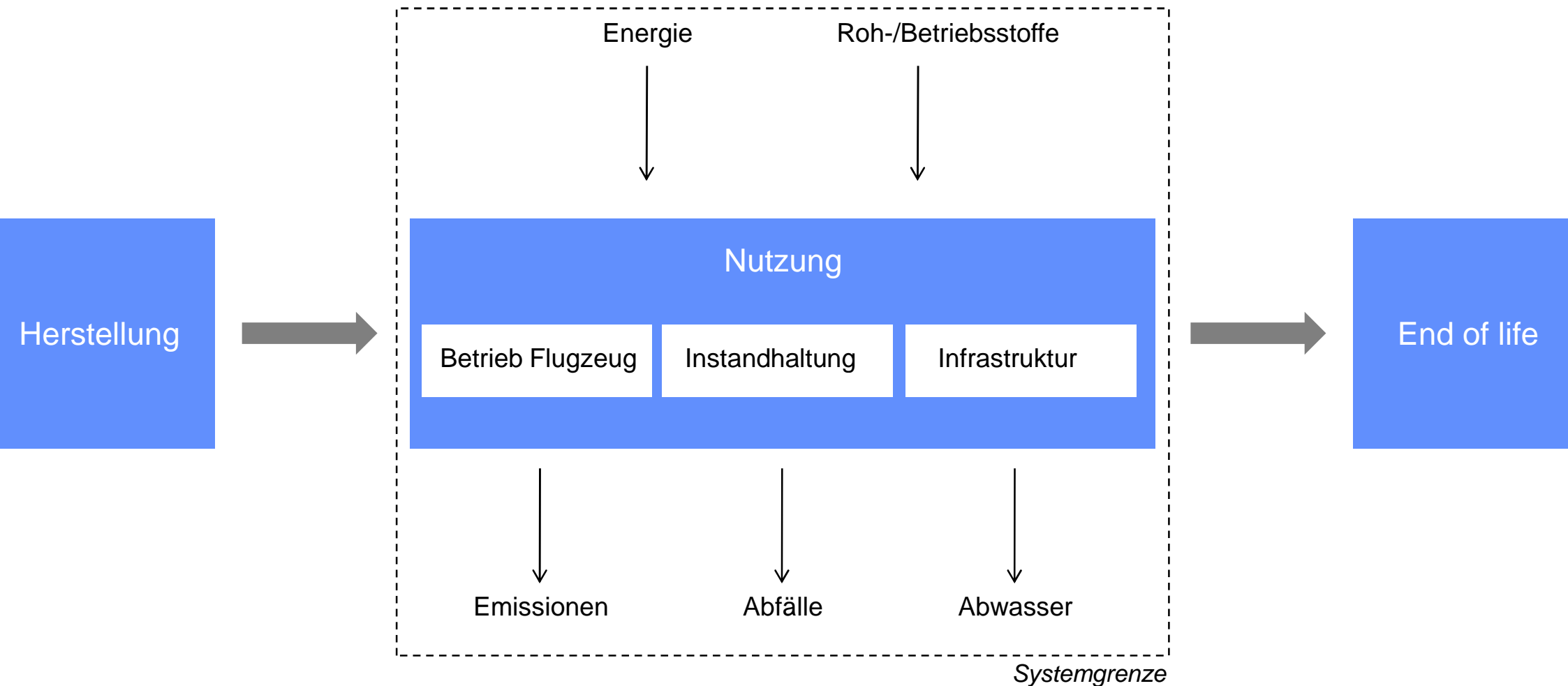
# Umweltliche Indikatoren und Wirkkategorien

## Ausgewählte Indikatoren und Wirkkategorien

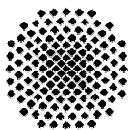
- ▶ PED nicht erneuerbar: Primärenergiebedarf aus nicht-erneuerbaren Quellen [MJ]
- ▶ PED erneuerbar: Primärenergiebedarf aus erneuerbaren Quellen [MJ]
  
- ▶ GWP: Treibhauspotential [kg CO<sub>2</sub>-eq.]
- ▶ POCP: Photochemisches Ozonbildungspotential [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-eq.]
- ▶ AP: Versauerungspotential [kg SO<sub>2</sub>-eq.]
- ▶ EP: Überdüngungspotential [kg PO<sub>4</sub>-eq.]



# Systemgrenzen und Untersuchungsrahmen



Funktionelle Einheit: Transport eines Passagiers über die gesamte Flugstrecke



---

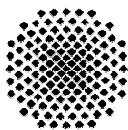
# Systemgrenzen und Untersuchungsrahmen

## Prozessbasierte LCA:

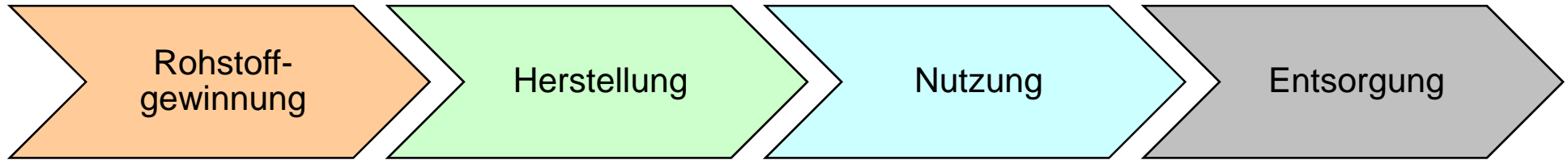
- Erfassung von Stoff- und Energieströmen
  - Modellierung von einzelnen Prozessen
  - Bottom-up Verfahren
- Betrieb Flugzeug und Infrastruktur

## Economic Input-Output LCA:

- Sektorenweise Betrachtung
  - Umweltauswirkungen eines Teils entsprechen seinem Kostenanteil am Gesamtvolumen des Sektors
  - Top-down Verfahren
- Instandhaltung

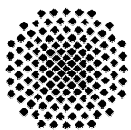


# Systemgrenzen und Untersuchungsrahmen



	<b>Airliner (AL)</b>	<b>Business Jet (BJ)</b>	<b>Helikopter (RC)</b>	<b>Schwenkrotor (TR)</b>	<b>Transportflugzeug (TP)</b>
<b>Passagiere</b>	20-500	4-80	2-14	20	Keine
<b>Reichweite</b>	Bis 15.000 km	Bis 12.000 km	600 km	1.200 km	Bis 15.000 km
<b>Weitere Merkmale</b>	Von einer Fluggesellschaft betrieben	In Privatbesitz	Vertikale Start und Landungsphase	Kurze & Vertikale Start- und Landungsphase	Nur für Fracht, sonst wie Airliner

- Kurzstrecke: bis zu 1.000 km
- Mittelstrecke: bis zu 5.000 km
- Langstrecke: über 5.000 km



---

# Systemgrenzen und Untersuchungsrahmen

## Referenz:

### ▶ Betrieb Flugzeug

- Repräsentatives Mittelstreckenflugzeug
- 2.500 km Flugstrecke
- 68,1 % Auslastung



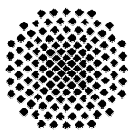
### ▶ Instandhaltung Flugzeug

- Wartung und Überholung



### ▶ Infrastruktur

- Flughafen Hamburg
- 12,7 Mio. Passagiere
- 2 Flughafennutzungen je Passagier (Start und Landung)



# Systemgrenzen – Betrieb Flugzeug

## ► Flugprofile und -Strecken

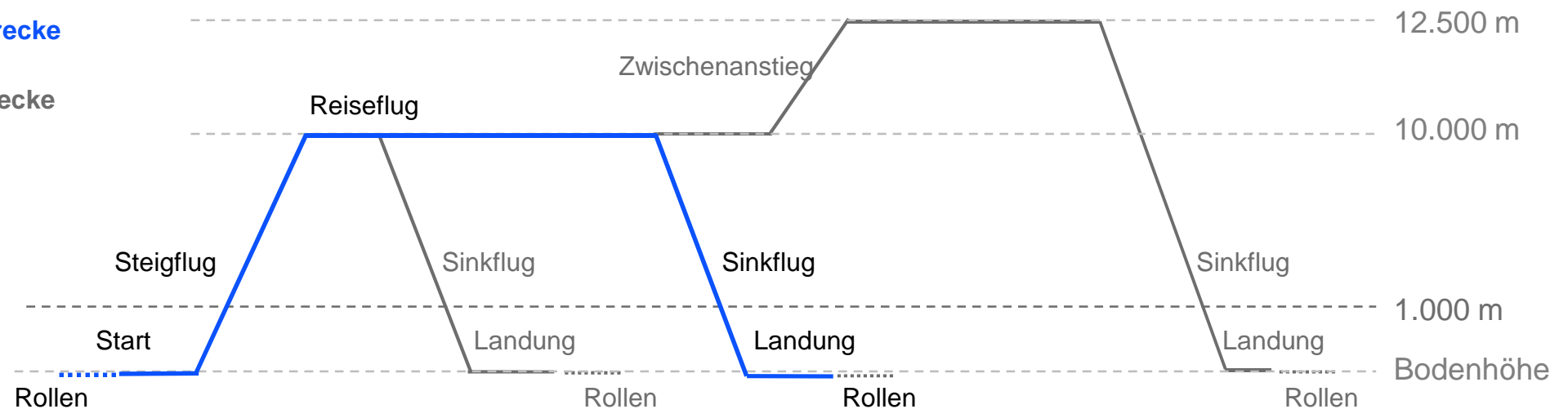
- Mittelstreckenflug: 2.500 km
- Auslastung 68,1 %
- Unter 1.000m Höhe: LTO-Zyklus, über 1.000 m Reiseflug



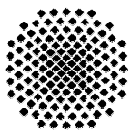
Kurzstrecke

Mittelstrecke

Langstrecke



Seite 14



Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Bauphysik

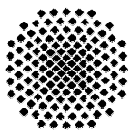
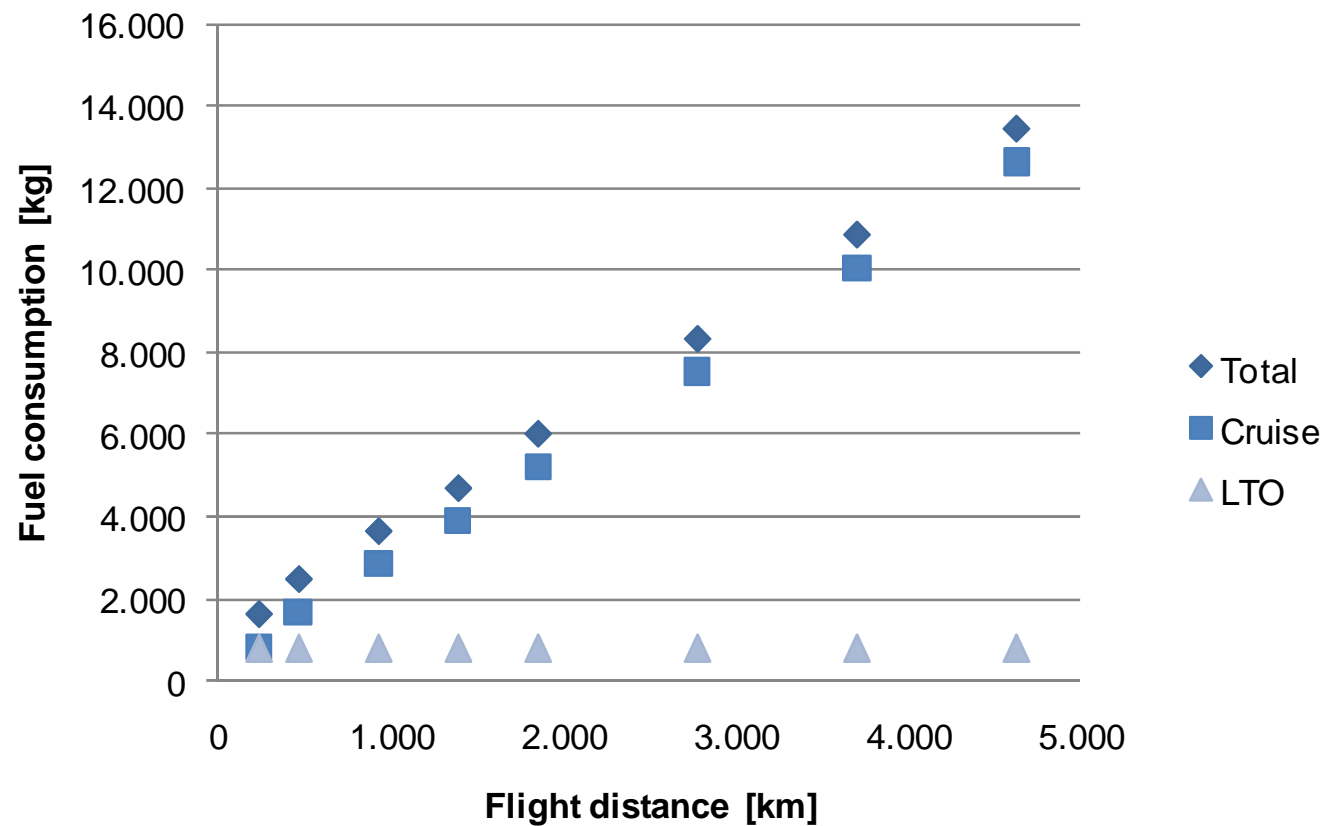
Ganzheitliche Bilanzierung



# Systemgrenzen – Betrieb Flugzeug

## ▶ Treibstoffverbrauch

- Informationen aus *Emission Inventory Guidebook*
- Annahme: Kerosin wird als Treibstoff verwendet.



---

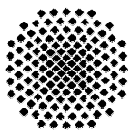
# Systemgrenzen – Instandhaltung

- ▶ **Wartungsprozesse**
  - Kurzfristig, am nächsten Tag wieder einsatzbereit
  
- ▶ **Überholung**
  - Langfristig geplant
  - Zeitbedarf & Häufigkeit
    - A-check: einige Stunden / nach 250-650 Flugstunden
    - B-check: 150 Arbeitsstunden / nach 1.000 Flugstunden
    - C-check: 5.000 Arbeitsstunden, 1-2 Wochen am Boden / alle 15-18 Monate
    - D-check: 30.000-80.000 Arbeitsstunden, 4-6 Wochen am Boden / nach 6-10 Jahren
  
- ▶ **Ersatzteile**
  - Lebensdauer der Teile
  - Herstellung
  - Entsorgung / Wiederverwendung



→ Keine Daten verfügbar! Verwendung von Daten einer EIO-LCA.

Seite 16

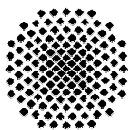


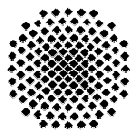
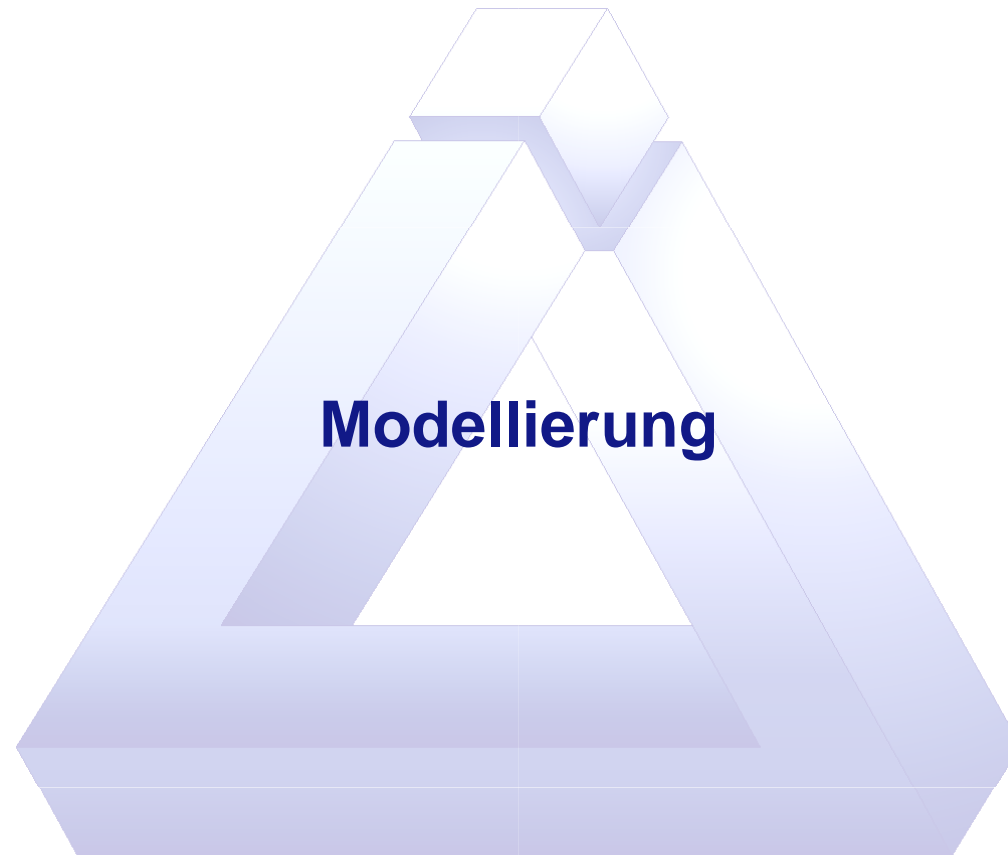


---

# Systemgrenzen – Infrastruktur

- ▶ Energieverbrauch (Strom, Wärme, Kälte)
- ▶ Kraftstoffverbrauch
- ▶ Wartung von Gebäuden, Start- und Landebahnen sowie Rollbahn und Vorfeld
- ▶ Wasser
- ▶ Abfälle

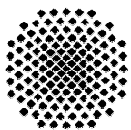
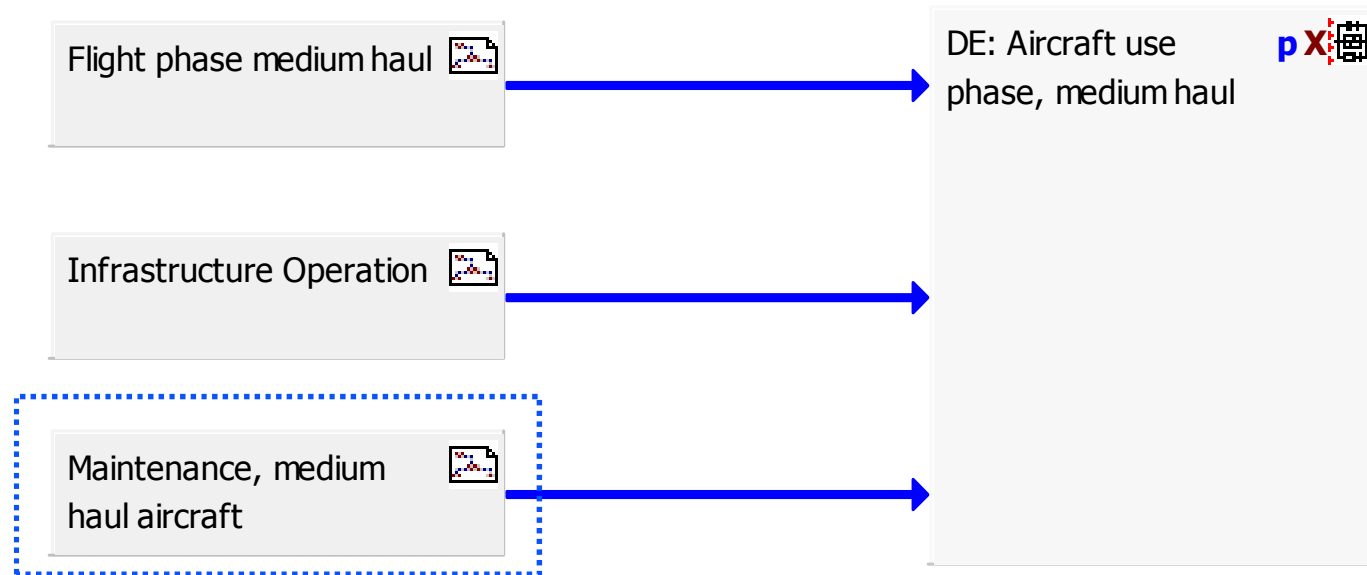




# Modellierung

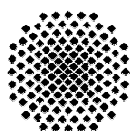
## Use phase medium haul aircraft

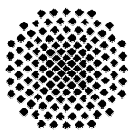
GaBi 4 Prozeßplan: Referenzgrößen  
Es werden die Namen der Basisprozesse angezeigt.



# Modellierung

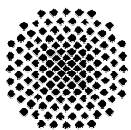
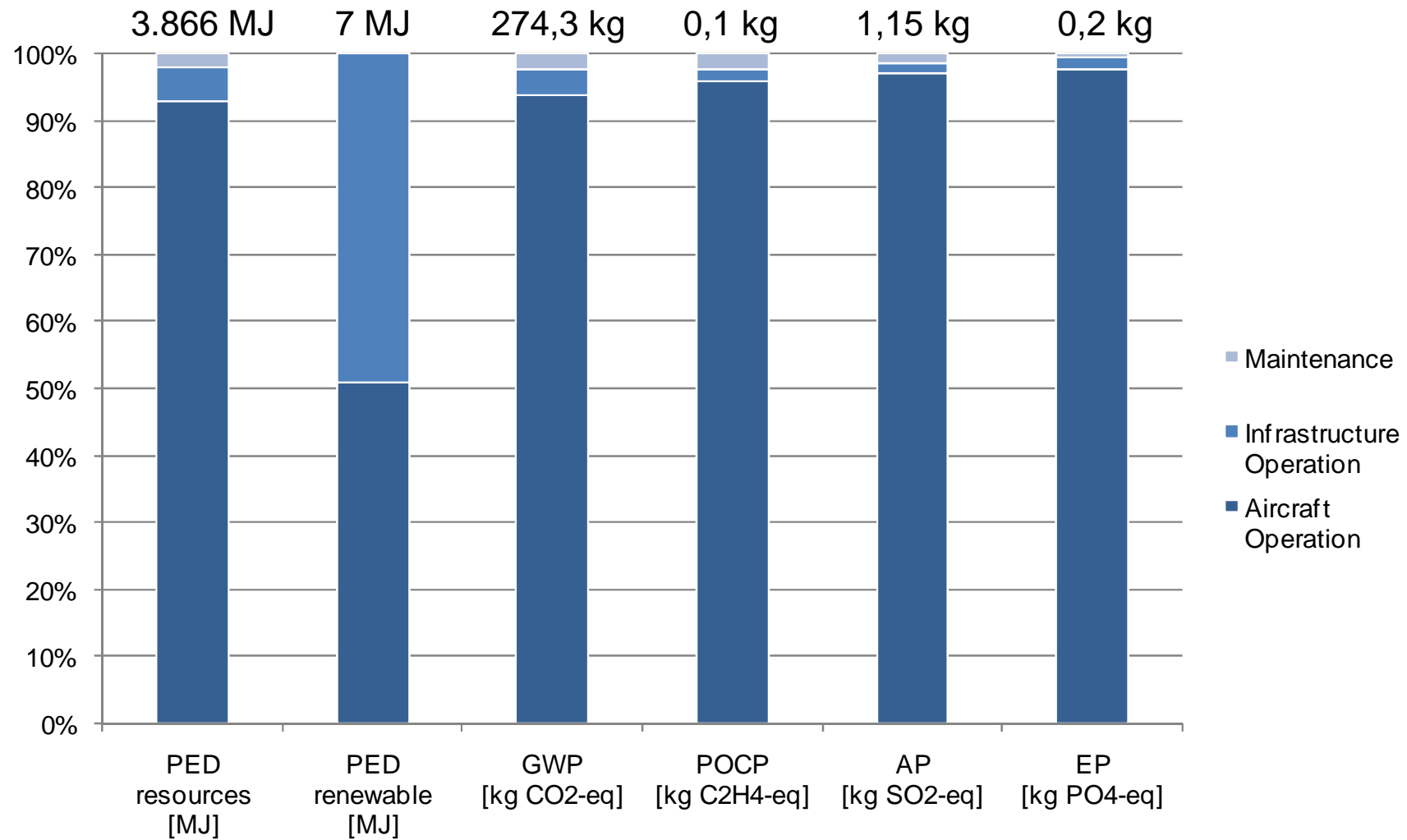
Parameter					
	Parameter	Formel	Wert	Standard	Kommentar
1	cap	<input checked="" type="checkbox"/> fl.cap	150		[001] maximum no. of passengers [150-180]
	cap_use	<input checked="" type="checkbox"/> fl.cap_use	0,681		[002] seat load factor. Standard: europe=68,1%, transatlantic=82,3%. Source: LH
	dist	<input checked="" type="checkbox"/> fl.distance	2500		[003] [km] distance travelled [max 5900 km]
	ppm_sulfur		200	0 %	[004] [ppm] sulfur content of kerosine.
2	cons_km	cons_total/dist	3,056		[005] [kg/km] kerosine consumption per kilometer. Source: EIG
	cons_total	cons_0+cons_1+cons_2+cons_3	7640,1		[006] [kg] total consumption of kerosine. Source: EIG
	cons_pax	cons_total/(cap*cap_use)	74,793		[007] [kg/passenger] total kerosine consumption per passenger
	cons_paxkm	cons_pax/dist	0,029917		[008] [kg/Pkm] kerosine consumption per passengerkilometer
3	ef_CH4	0,04	0,04		[009] [g/kg] emission factor (ef) methane. Source: EIG
	ef_CO	9,2	9,2		[010] [g/kg] ef carbon monoxide. Source: EIG
	ef_CO2	3150	3150		[011] [g/kg] ef carbon dioxide. Source: UBA
	ef_H2O	1240	1240		[012] [g/kg] ef water vapour. Source: UBA
	ef_N2O	0,15	0,15		[013] [g/kg] ef nitrous oxide. Source: UBA
	ef_NMVOC	0,71	0,71		[014] [g/kg] ef non-methane volatile organic compounds. Source: EIG
	ef_NOx	14	14		[015] [g/kg] ef nitrogen oxide. Source: EIG
	ef_sulfur	ppm_sulfur*2/100	4		[016] [g/kg] ef sulfur
4	em_H2O	ef_H2O*cons_total	9,4737E006		[017] [g] emissions of water vapour
	em_N2O	ef_N2O*cons_total	1146		[018] [g] emissions of nitrous oxide
	em_NMVOC	ef_NMVOC*cons_total	5424,4		[019] [g] emissions of NMVOC
	em_NOx	ef_NOx*cons_total	1,0696E005		[020] [g] emissions of nitrogen oxide
	em_sulfur	ef_sulfur*cons_total	30560		[021] [g] emissions of sulfur dioxide
		ef_CH4*cons_total	305,6		[022] [g] emissions of methane



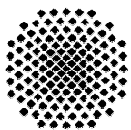
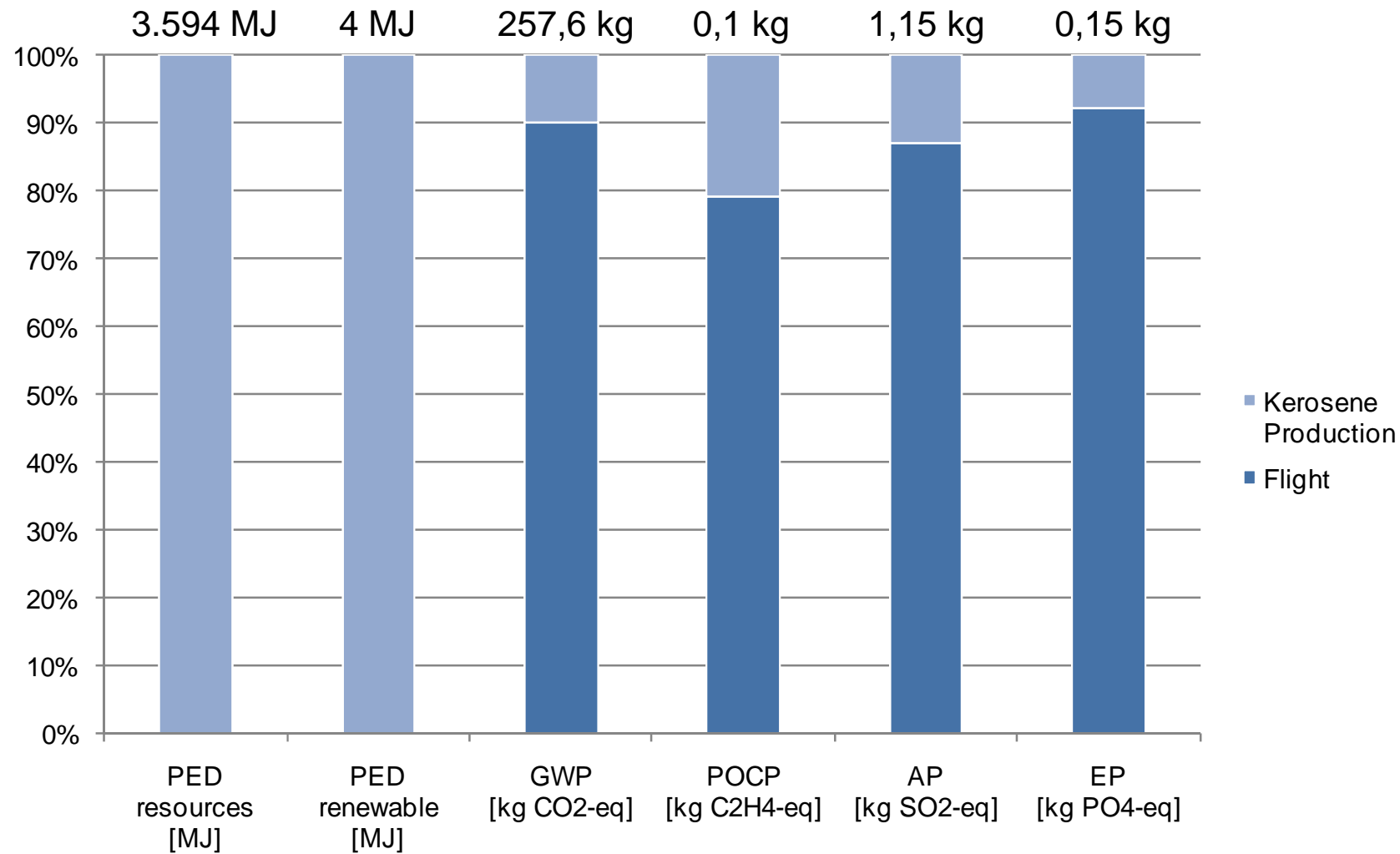


# Ergebnisse – Mittelstreckenflug (2.500 km), je Passagier

## Gesamte Nutzungsphase



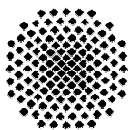
# Ergebnisse – Mittelstreckenflug (2.500 km), je Passagier Betrieb Flugzeug



---



# Zusammenfassung und Ausblick





---

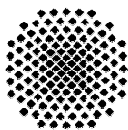
# Zusammenfassung und Ausblick

## Zusammenfassung

- ▶ Abbildung der Nutzungsphase für zivile Passagierflugzeuge
  - Berücksichtigung von Infrastruktur, Instandhaltung und Betrieb
  - Parametrisiertes Modell: Flugstrecke, Auslastung, Kapazität können angepasst werden
- ▶ Quantifizierung der Umwelteinflüsse in der Nutzungsphase eines Passagierflugzeugs
- ▶ Nutzung eines hybriden Ansatzes für die LCA
- ▶ Betrieb des Flugzeugs dominiert die Umwelteinflüsse, während Infrastrukturnutzung und Instandhaltung geringere Auswirkungen haben.

## Ausblick

- ▶ Verwendung des hybriden Ansatzes in diesem Fall sinnvoll?
- ▶ Weitere Aspekte, die noch nicht betrachtet werden?



---

# Kontakt

## Dipl. oec. Hannes Krieg

Universität Stuttgart  
Lehrstuhl für Bauphysik (LBP)  
Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)

Hauptstrasse 113  
70771 Echterdingen

Tel. +49(0)711-489999-27  
Fax +49(0)711-489999-11

E-Mail [hannes.krieg@lbp.uni-stuttgart.de](mailto:hannes.krieg@lbp.uni-stuttgart.de)

<http://www.LBP-GaBi.de>

## Dipl.-Ing. Robert Ilg

Universität Stuttgart  
Lehrstuhl für Bauphysik (LBP)  
Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi)

Hauptstrasse 113  
70771 Echterdingen

Tel. +49(0)711-489999-22  
Fax +49(0)711-489999-11

E-Mail [robert.ilg@lbp.uni-stuttgart.de](mailto:robert.ilg@lbp.uni-stuttgart.de)

<http://www.LBP-GaBi.de>

