



# Kreislaufbau – Trapezprofil­dächer im Lebenszyklus

Markus Kuhnhenne

Darmstadt, 20. März 2024

### Professur für Nachhaltigkeit im Metalleichtbau an der RWTH Aachen



[rwth-aachen.de](http://rwth-aachen.de)



[stb.rwth-aachen.de](http://stb.rwth-aachen.de)

## AAINA GmbH – Institut für Nachhaltiges Bauen Aachen

- Univ.-Prof. Dr.-Ing Markus Kuhnhenne im Bereich Nachhaltigkeit im Metalleichtbau
- Prof. Dr.-Ing. Bernd Döring im Lehrgebiet Gebäudetechnik



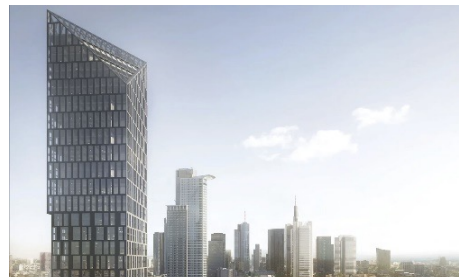
Ferrari Abu Dhabi



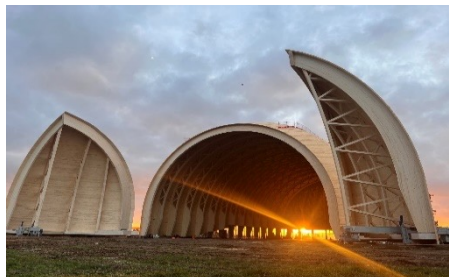
Sarkophag Tschernobyl



SCALE, Berlin



Präsidium, FFM



Luftschiffhalle, Mülheim adR



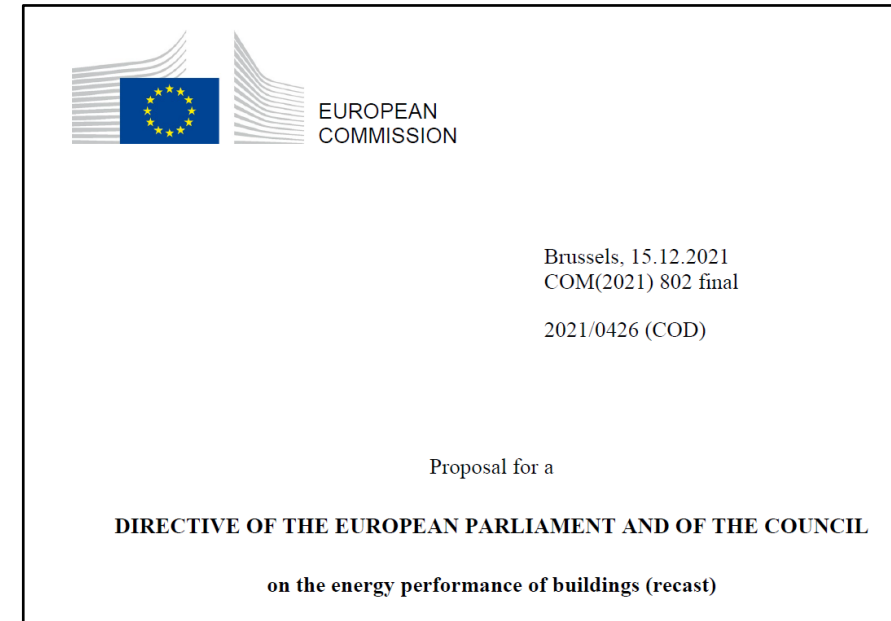
Clouth.Tor2, Köln



BEUST, Essen



## Auszug aus den Aktivitäten und Initiativen zum EU-Green-Deal im Bereich Bauwesen



- Dekarbonisierung Gebäudebestand bis 2050 (nach dem Prinzip „worst first“)
- Alle neuen Gebäude müssen ab 2030 emissionsfrei sein, öffentliche Neubauten bereits ab 2027

## Lebenszyklusbetrachtung



## Konstruktive Durchbildung für mehr Wiederverwertbarkeit

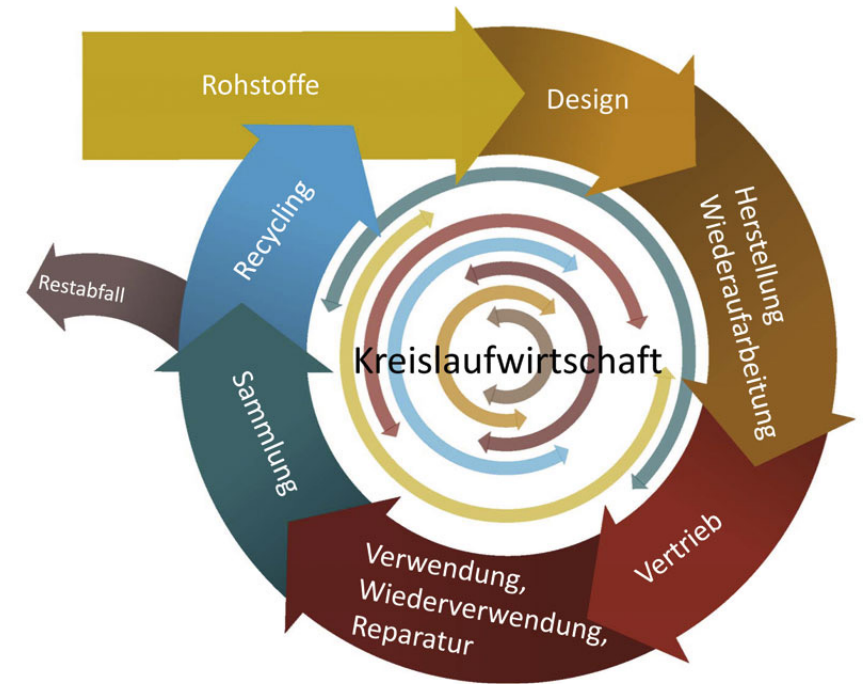


1942 London  
1958 Rotterdam  
2015 Schiphol



## Europäischer Aktionsplan Kreislaufwirtschaft (Action Plan Circular Economy)

- „Die Treibhausgasemissionen aus der Rohstoffgewinnung, der Herstellung von Bauprodukten, dem Bau und der Renovierung von Gebäuden werden auf 5 -12% der gesamten nationalen Treibhausgasemissionen geschätzt. Mit einer höheren Materialeffizienz könnten 80% dieser Emissionen eingespart werden.“
- Übergeordnete Ziele:
  - Klimaschutz
  - Ressourcenschonung
    - „Anteil kreislaforientiert verwendeter Materialien in den kommenden zehn Jahren verdoppeln“
    - Anwendung des „Ökodesign-Rahmens auf ein möglichst breites Produktspektrum“
      - Bauwirtschaft und Gebäude (insbesondere Stahl, Zement, Chemikalien) gehören zu den Schwerpunkten



## Ebenen der Kreislaufwirtschaft: 10 R - Prinzip

- **Refuse:** Verwendung von Rohstoffen vermeiden
- **Reduce:** Verwendung von Rohstoffen vermindern
- **Renew:** Produkt im Hinblick auf den Kreislaufgedanken umgestalten
- **Reuse:** Produkt wiederverwenden
- **Repair:** Produkt warten und reparieren
- **Refurbish:** Produkt wiederbeleben
- **Remanufacture:** neues Produkt aus zweiter Hand herstellen
- **Repurpose:** Produkt wiederverwenden, aber mit anderer Funktion
- **Recycle:** Rückgewinnung von Materialströmen mit höchstmöglichem Wert
- **Recover:** Abfallverbrennung mit Energierückgewinnung

*Order of priority*  
**High**

**Low**



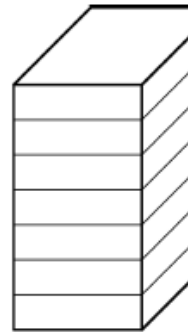
## Kreislaufbau

**DIN SPEC 91484**

ICS 91.100.01; 91.200

### Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten Bewertungen des Anschlussnutzens Renovierungsarbeiten (Pre-Demolition) Text Deutsch und Englisch

Procedure to record building materials as a  
reutilization prior to demolition and renovation  
Text in German and English

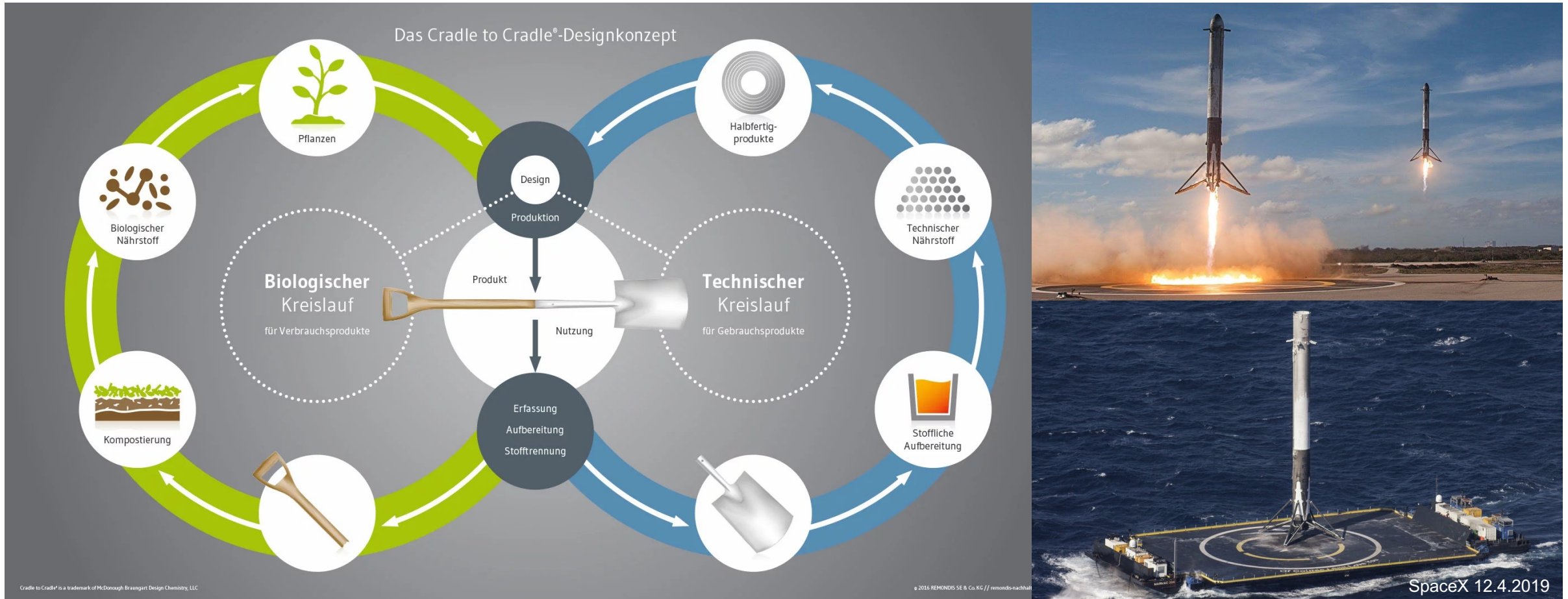


**Gebäude**

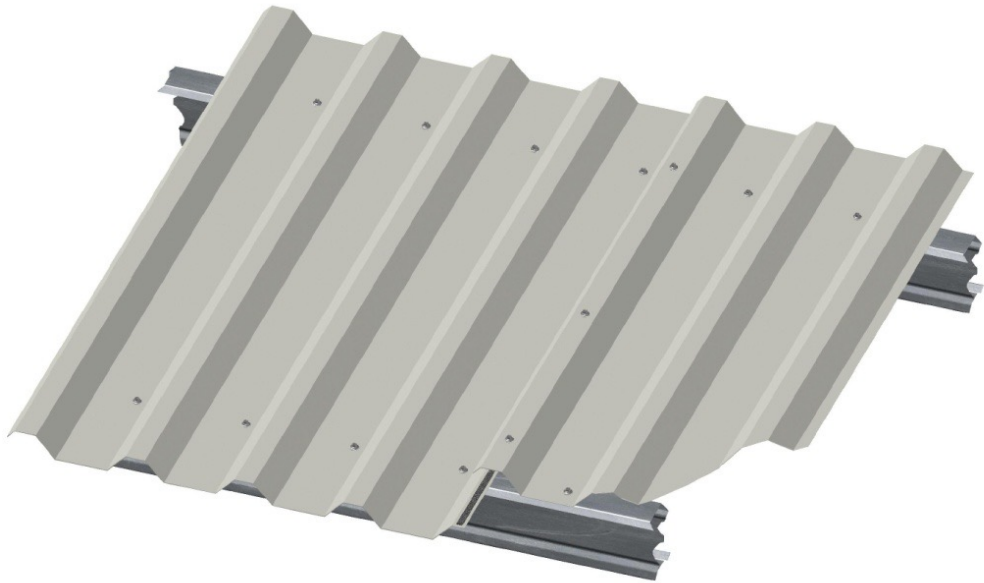
**Bild 2** —

| Aufzunehmende Daten pro Bauprodukt                                     |  |               |
|--|--|---------------|
| Datenfeld  | Werte  | Verpflichtung |
| Bestehende Unterlagen  | z. B.:<br>— CE-Kennzeichnungen;<br>— Ü-Kennzeichnungen;<br>— Typenschilder;<br>— Datenblätter;<br>— Leistungs-/Konformitätserklärung.  | Sollte        |
| Spezifische Attribute zum Bauprodukt                                   | durch z. B. Datenblätter, Produktnormen oder Proben  | Sollte        |
| Fachgutachten (Baustoffanalyse, Werkstoffanalyse, Schadstoffgutachten) | basierend auf zerstörenden oder zerstörungsfreien Verfahren<br>z. B. durch bestehende Daten (z. B. Datenblätter) oder Kernbohrungen und durch Prüfungen wie z. B. Tragfähigkeitsprüfungen oder Ermittlung des Verformungsverhaltens. | Sollte        |
| Verbindungsart   | nach DGNB-Gebäuderessourcenpass  | Muss          |
| Demontierbarkeit   | nach DGNB-Gebäuderessourcenpass  | Muss          |
| Schadstoffgutachten  | falls Verdacht und noch nicht in Stufe 1 geklärt, dann Abklärung mit Schadstoffgutachter   | Sollte        |
| Potenzielle Anschlussnutzungsmöglichkeit                               | abhängig von weiteren Untersuchungen. Nach DGNB-Gebäuderessourcenpass.   | Kann          |
| Weitere Informationen  | Fließtext  | Kann          |

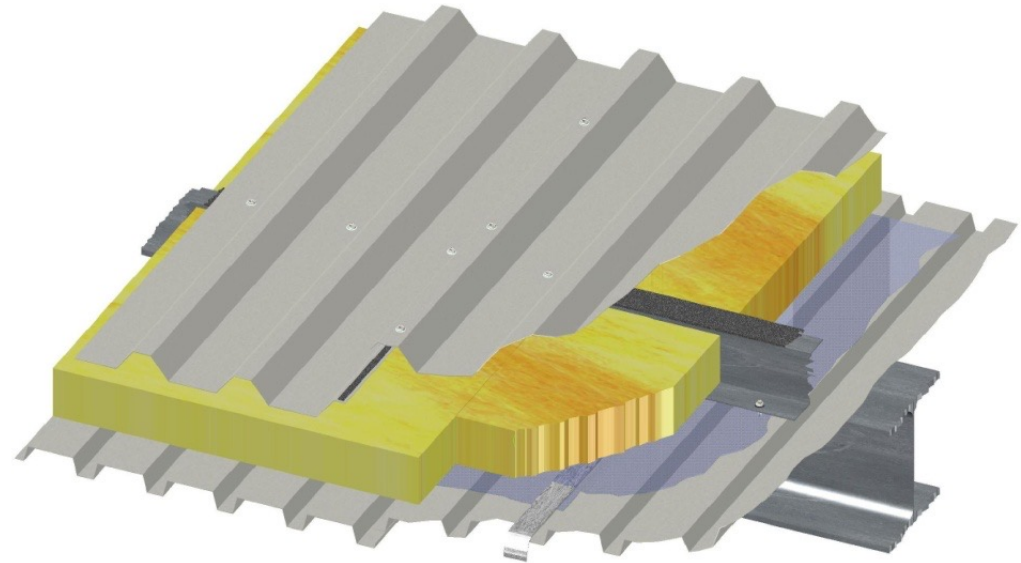
## Kreislaufbau



## Elemente und Konstruktionen

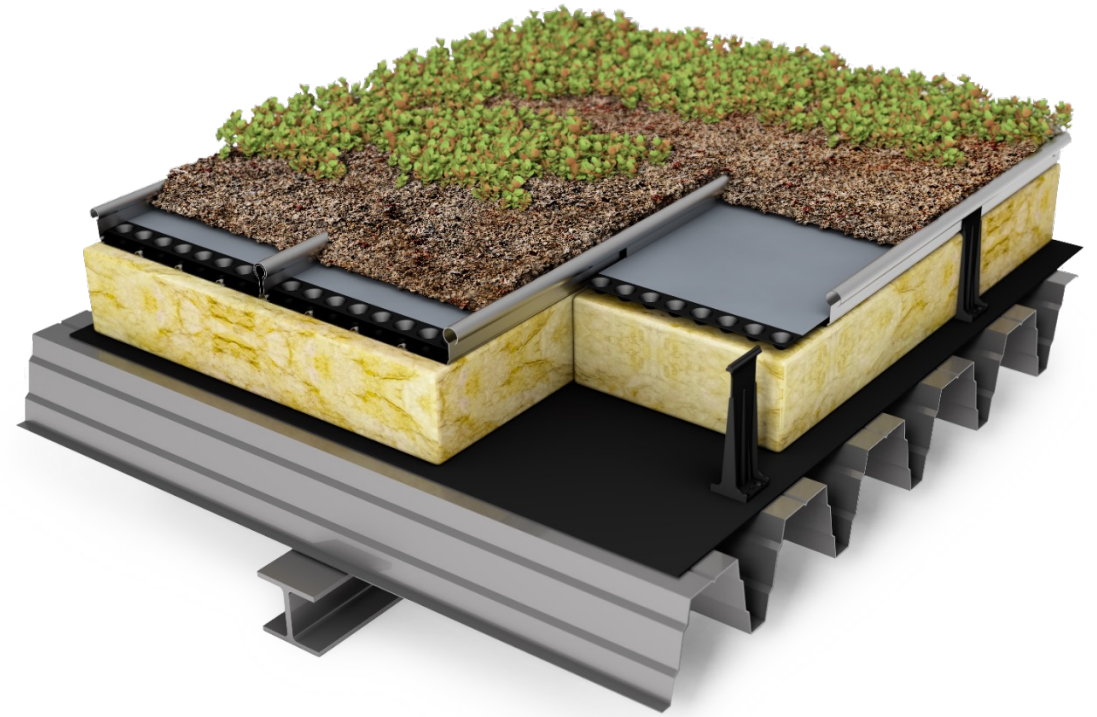
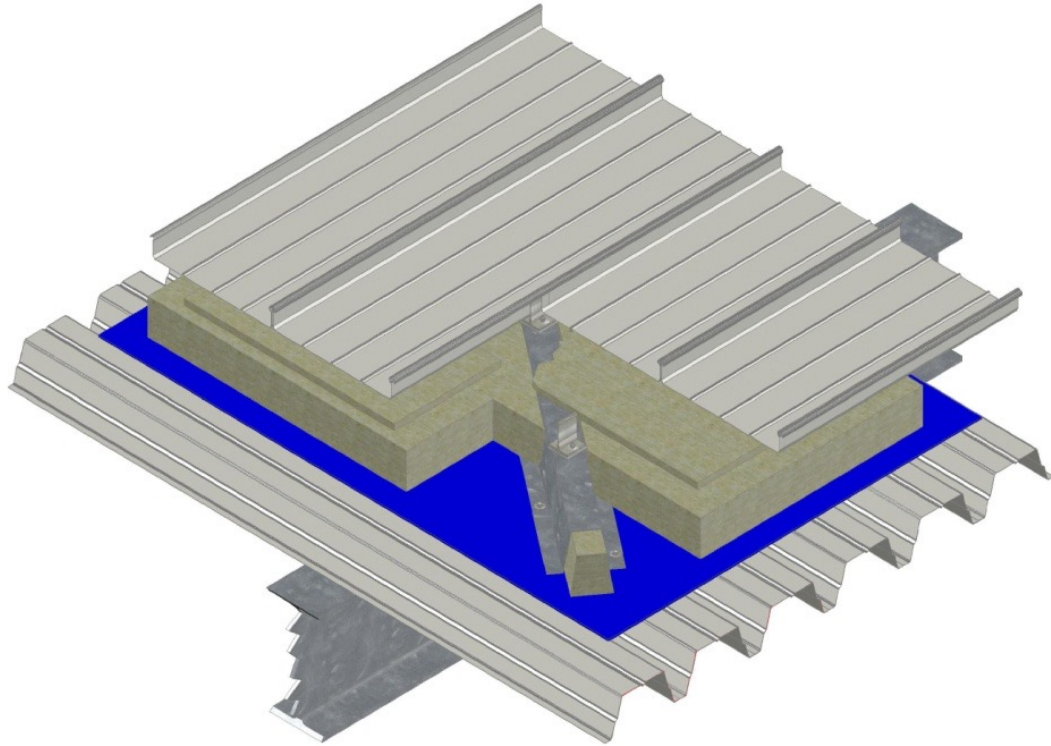


Einschaliges ungedämmtes Trapezprofildach



Zweischaliges gedämmtes Trapezprofildach

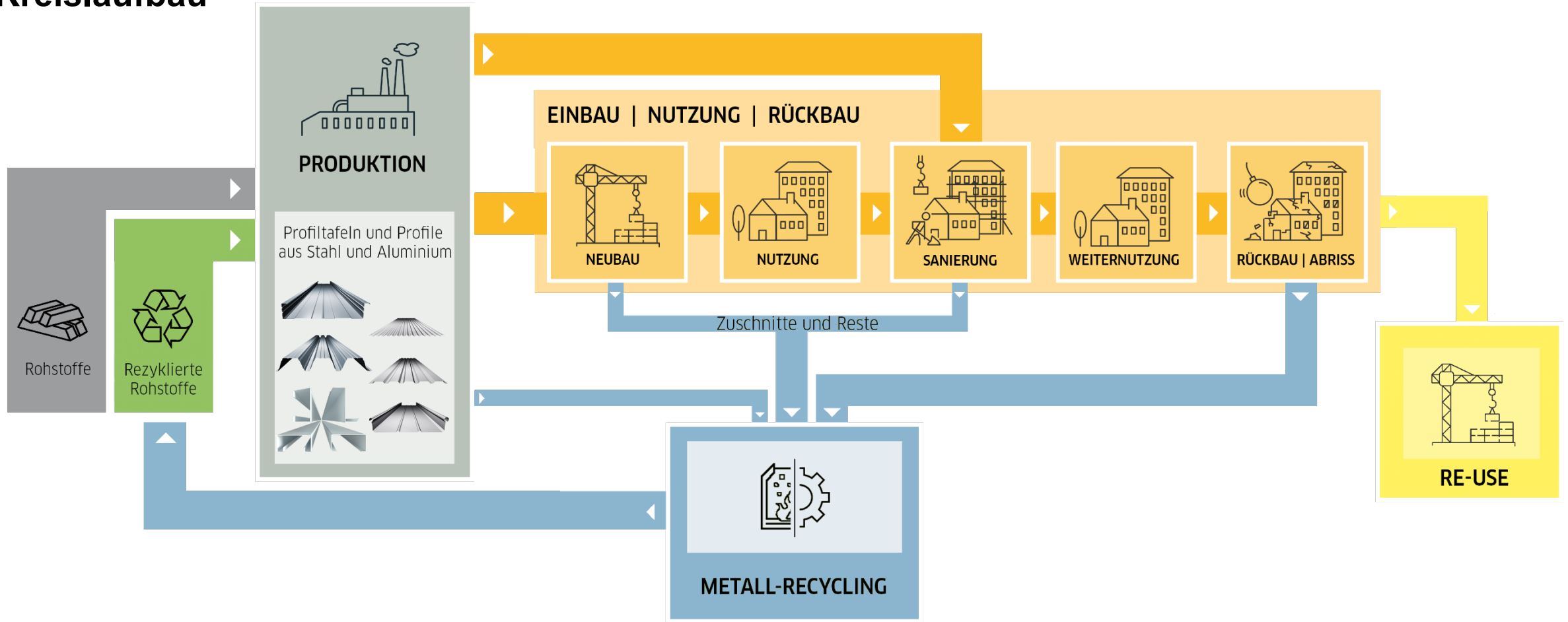
## Elemente und Konstruktionen



Falzprofildach

# Trapezprofildächer im Lebenszyklus

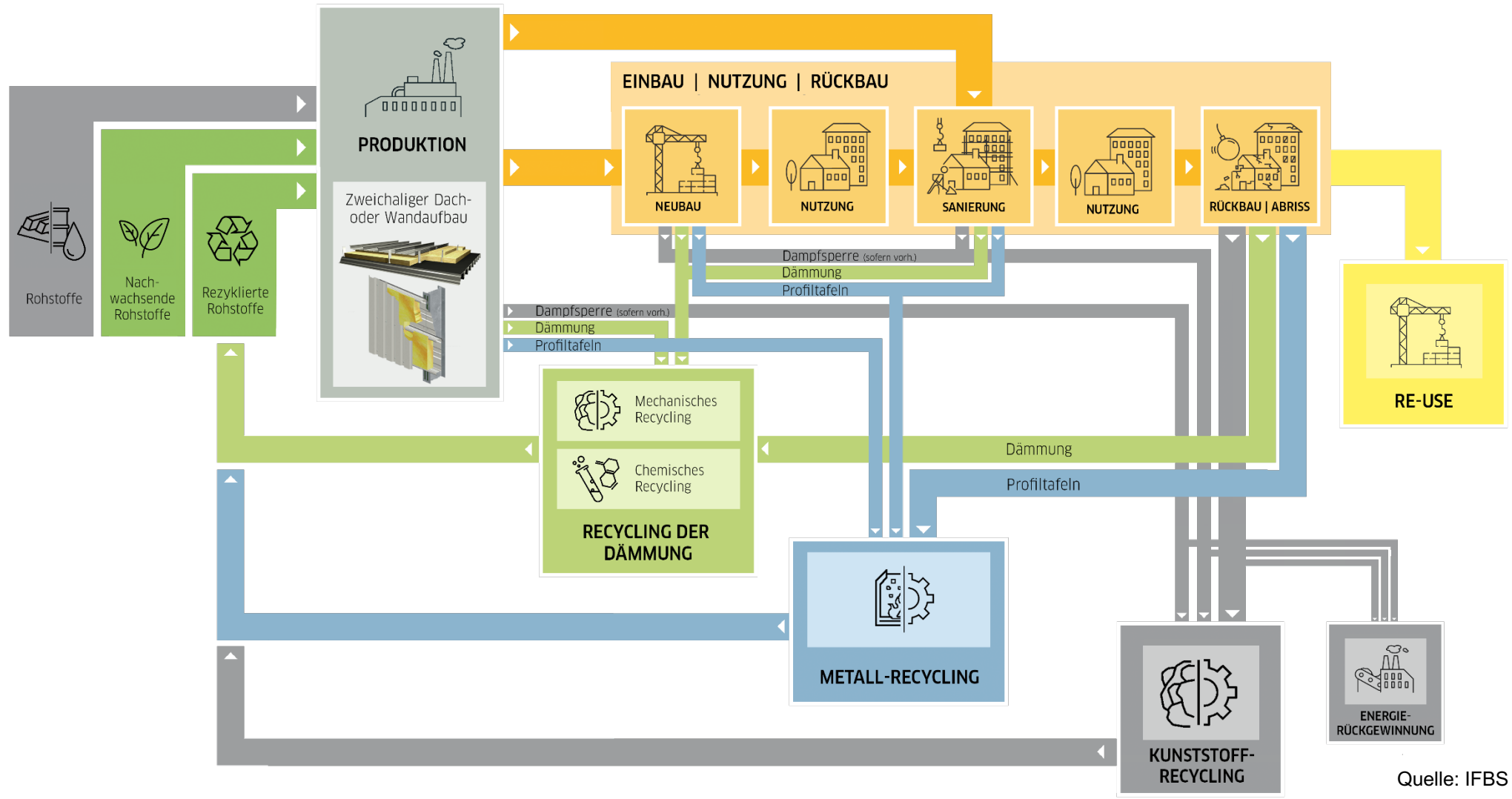
## Kreislaufbau



Quelle: IFBS

# Trapezprofildächer im Lebenszyklus

## Kreislaufbau



Quelle: IFBS

# Trapezprofildächer im Lebenszyklus

## Flachdächer

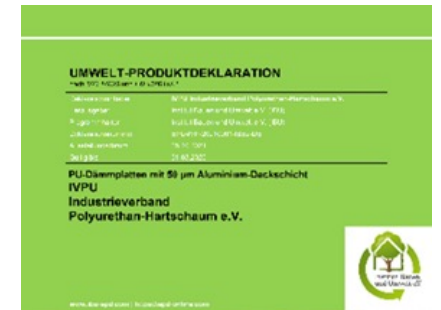
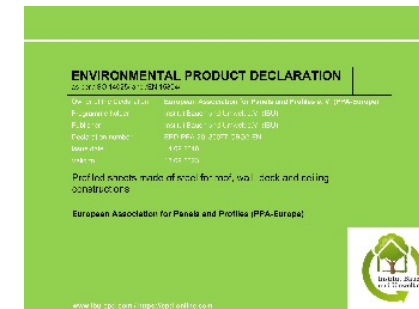
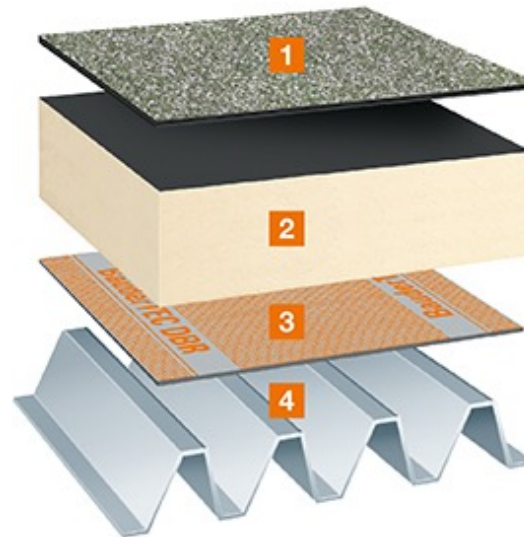


Quelle: IQDF

# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach

## Flachdach PU + Bitumenbahn

1. Bitumenbahnen PYE-PV 200 S5 ns (geschiefert), Sphera Solutions GmbH, ÖKOBAUDAT
2. Dampfbremse (PE), ÖKOBAUDAT
3. PU-Dämmplatte
  - EPD IVPU mit 50 µm Aluminium-Deckschicht
  - $d = 120 \text{ mm}$ ,  $\lambda_{\text{PIR}} = 0,025 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ ,  $U_d = 0,20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$
4. Trapezprofil:
  - Typ 200/420,  $t = 1,5 \text{ mm}$
  - EPD PPA Europe

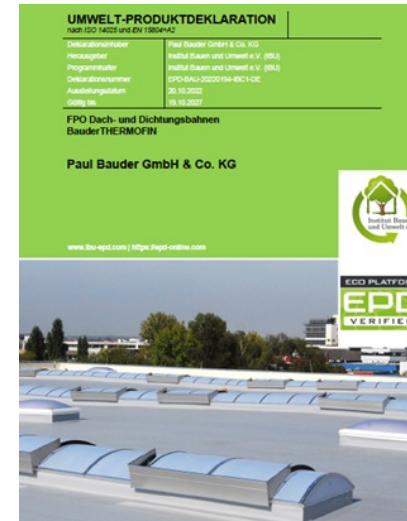
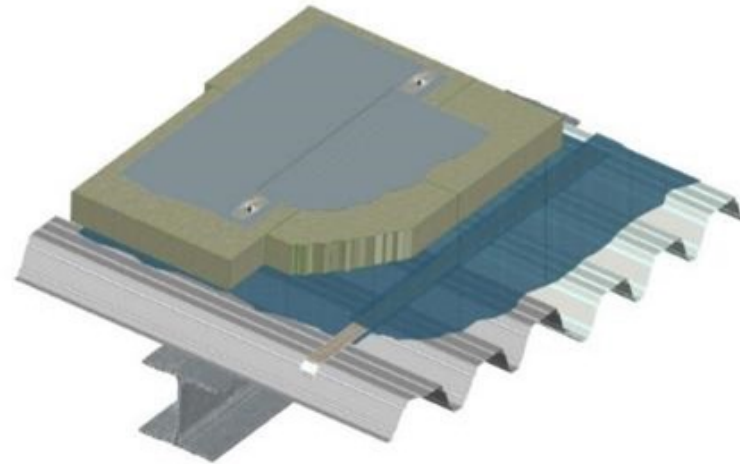




# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach

## Flachdach MiWo + FPO Dichtungsbahn

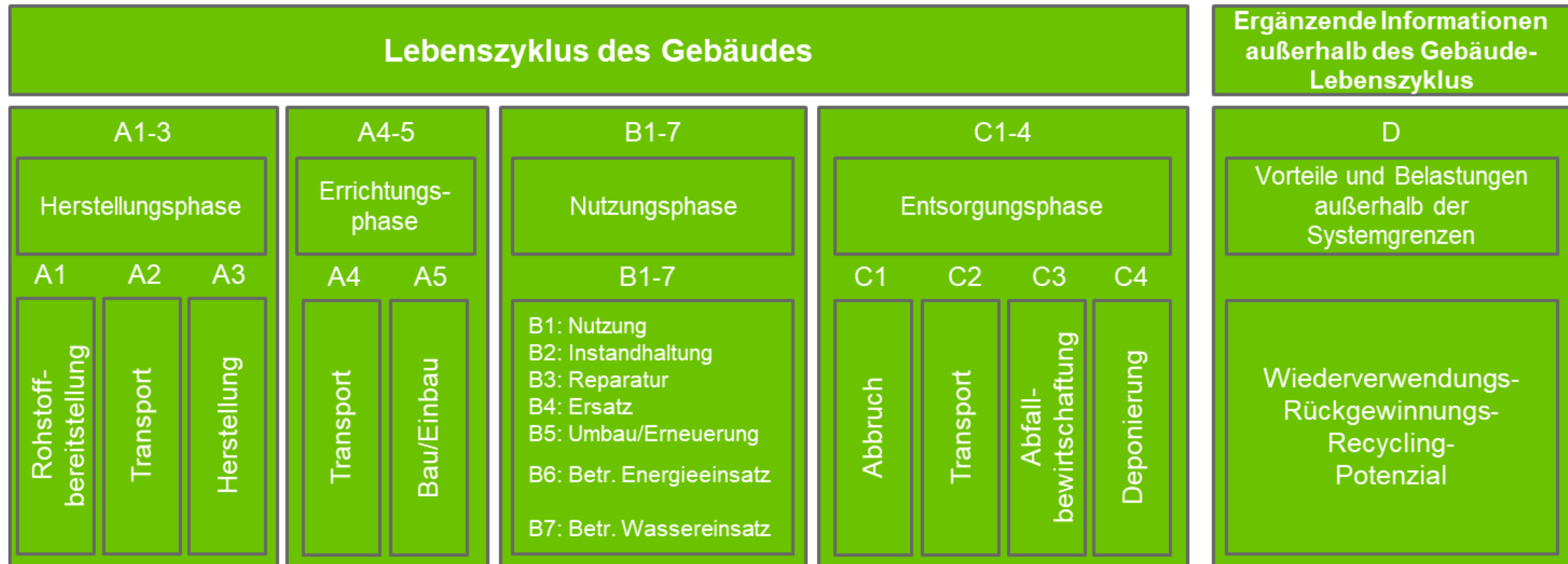
1. FPO Dach- und Dichtungsbahnen Bauder THERMOFIN
2. Dampfbremse (PE), ÖKOBAUDAT
3. Mineralwolle
  - ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe
  - $d = 180 \text{ mm}$ ,  $\lambda_{MW} = 0,035 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ ,  $U_d = 0,19 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$
4. Trapezprofil:
  - Typ 200/420,  $t = 1,5 \text{ mm}$
  - EPD PPA Europe



# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach

## Datenbasis

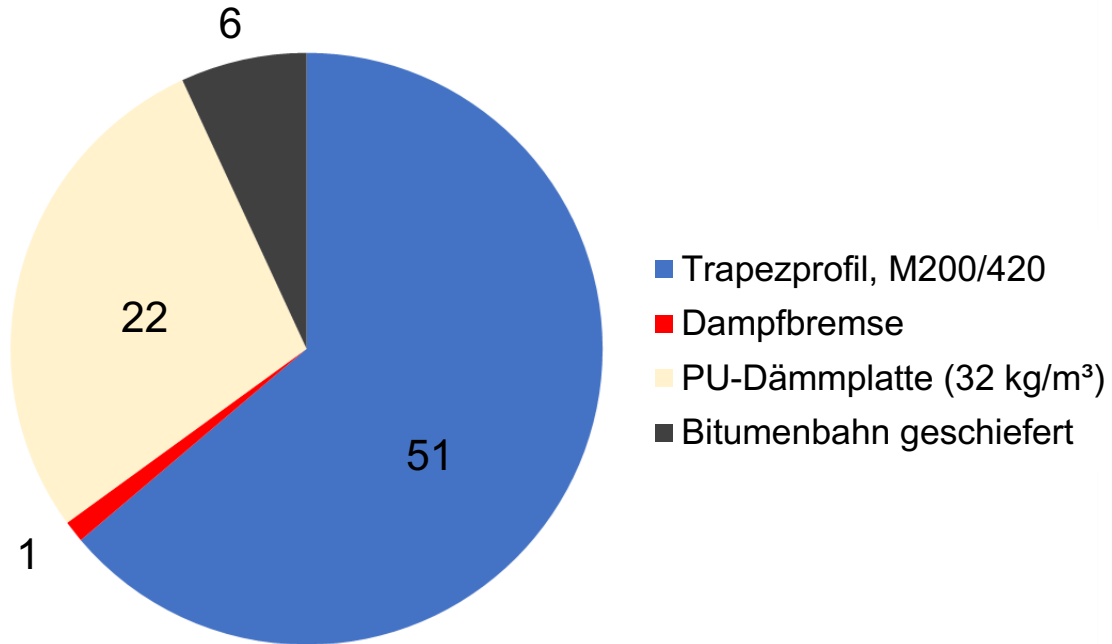
- Modulare Einteilung des Lebenszyklus nach DIN EN 15804



# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach

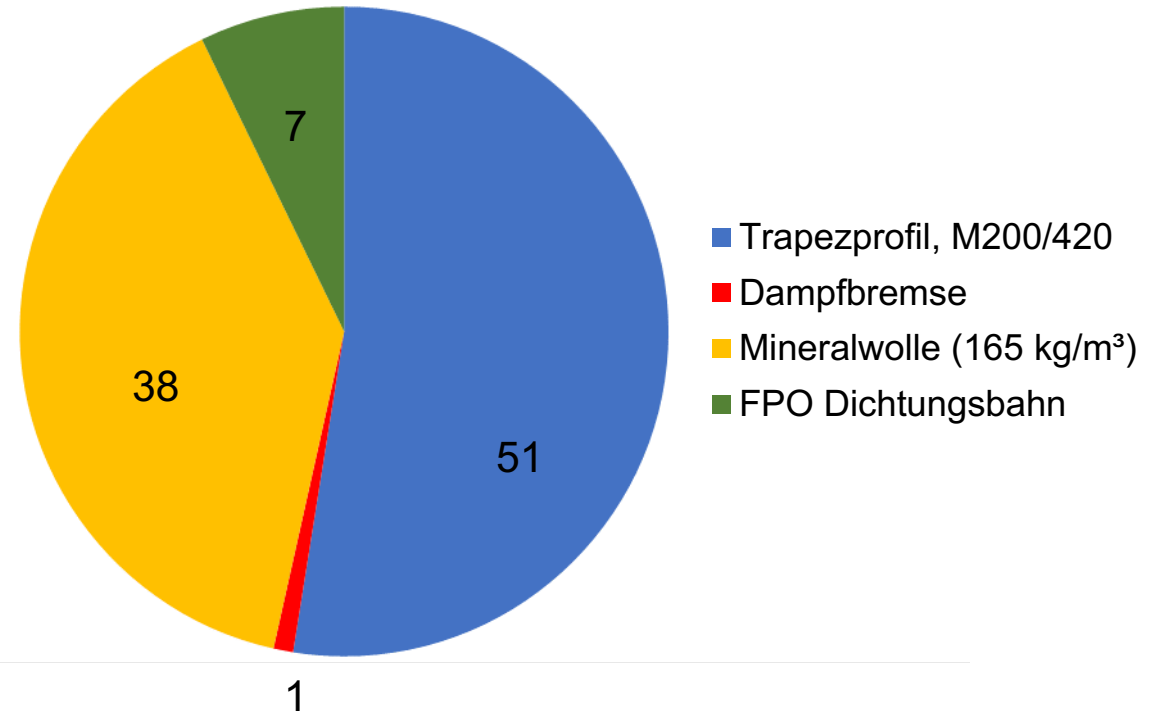
## Summe A-C

Flachdach PIR + Bitumenbahn



80 kg CO<sub>2</sub>-äq./m<sup>2</sup>

Flachdach MiWo + FPO Dichtungsbahn



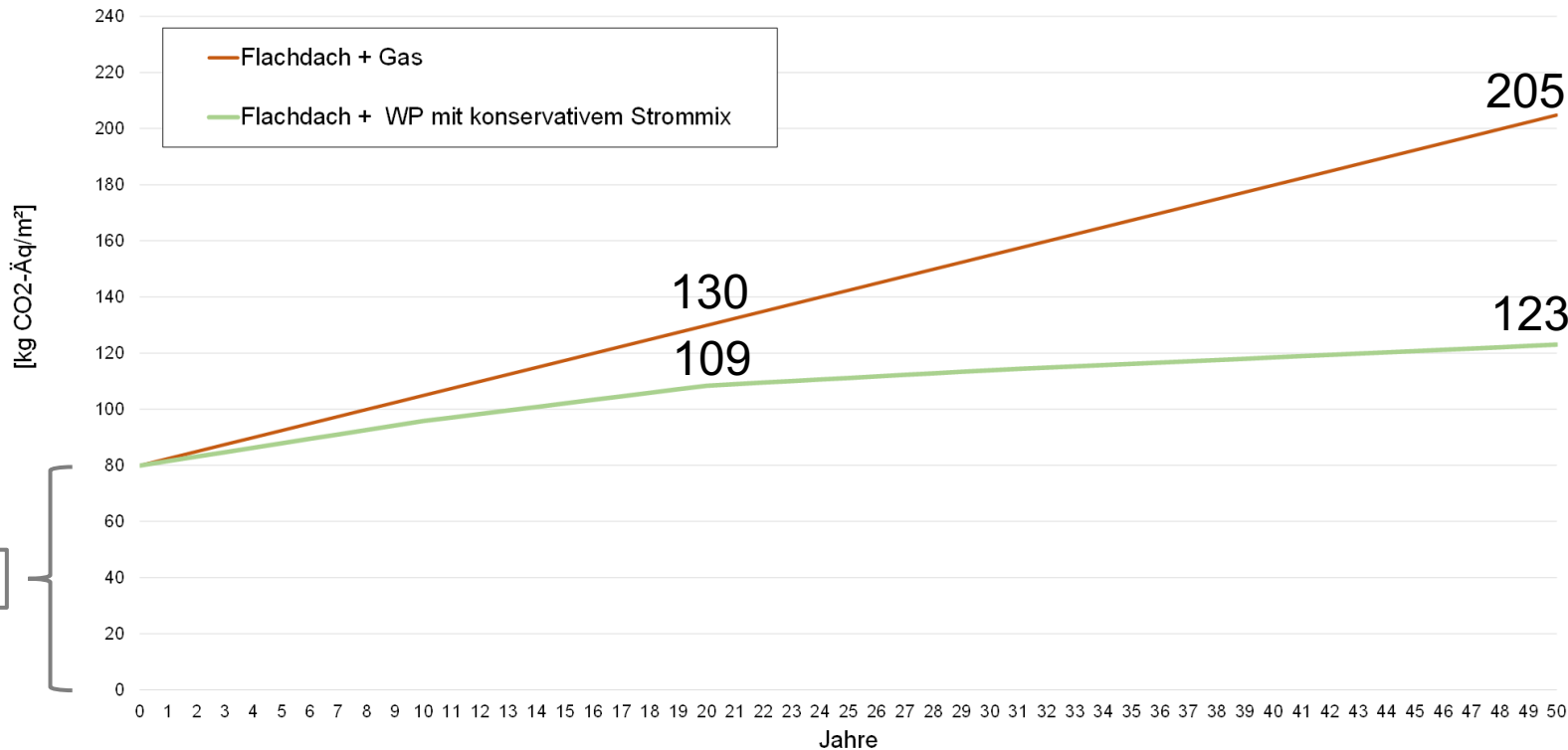
97 kg CO<sub>2</sub>-äq./m<sup>2</sup>

# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach

## Emissionen über den Lebenszyklus von 1 m<sup>2</sup> Flachdach mit PU + Bitumenbahn

- PU + Bitumenbahn:  
 $d = 120 \text{ mm}, U_d = 0,20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$
- Die Beheizung erfolgt über eine Luft/Wasser-Wärmepumpe (JAZ 3.0).
- Die Wärmepumpe wird mit dem deutschen Strommix betrieben.
- Alternativ wird mit Erdgas geheizt.

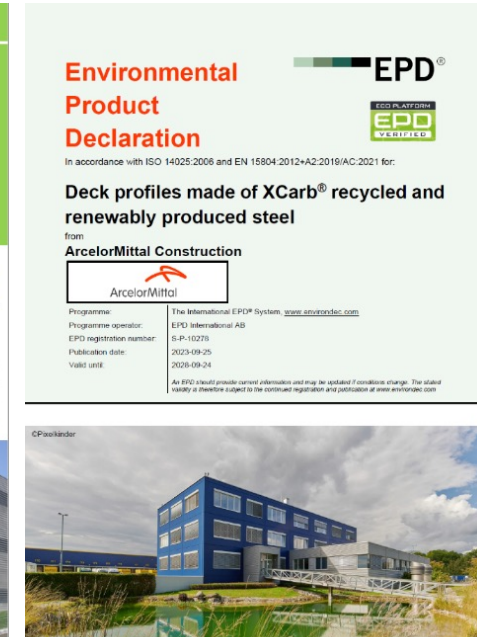
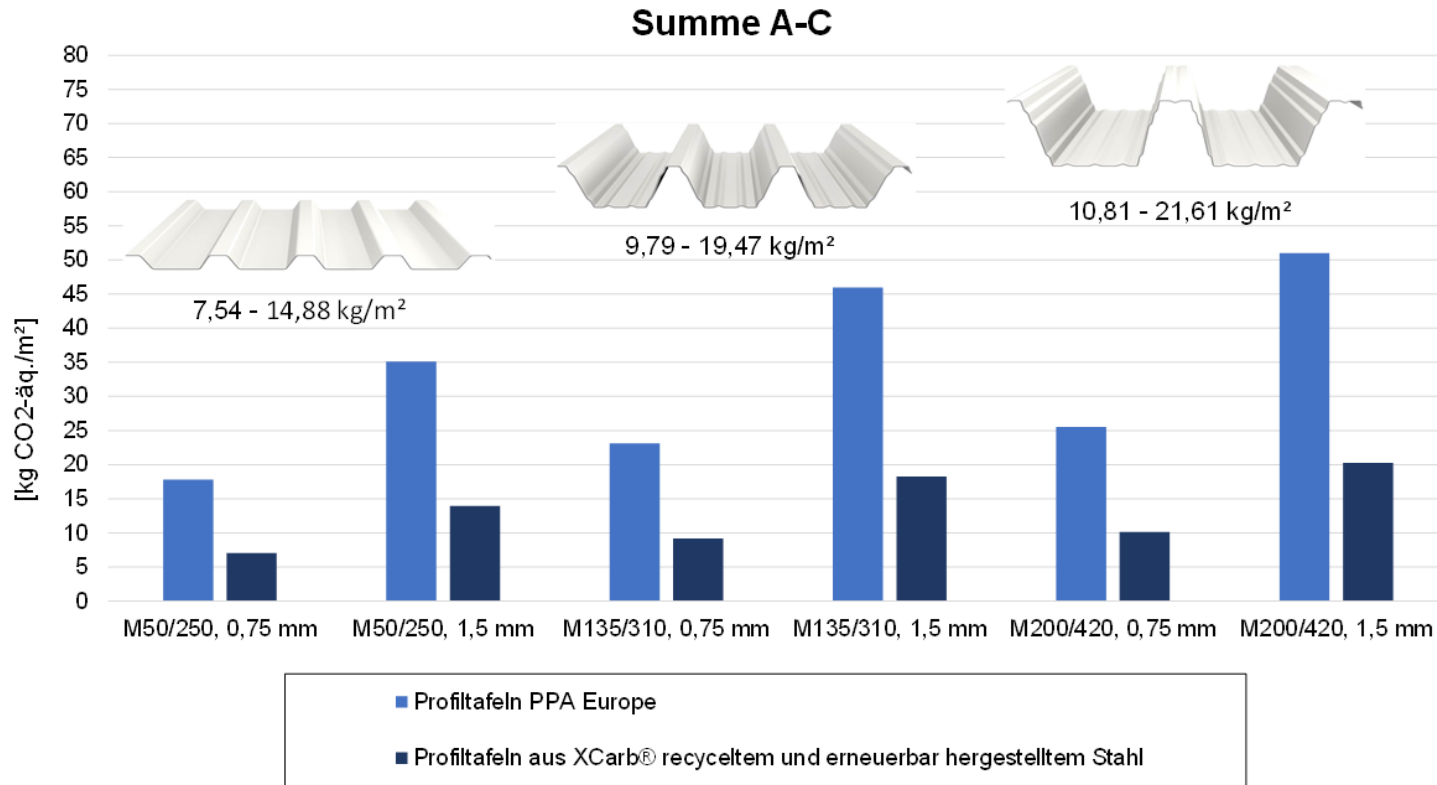
Treibhauspotential - Summe A-C (inkl. B6)



Graues Emissionen Flachdach

Treibhauspotenzial aufgrund von Transmissionswärmeverlusten

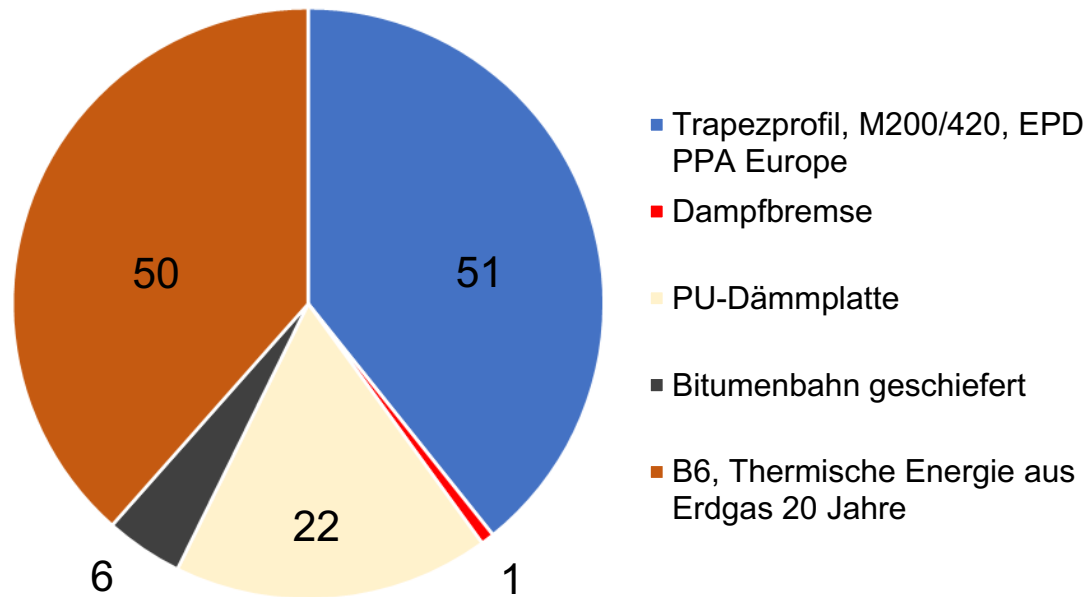
## Treibhauspotenzial für verschiedene Profiltafeln



# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach – Szenario 20 Jahre

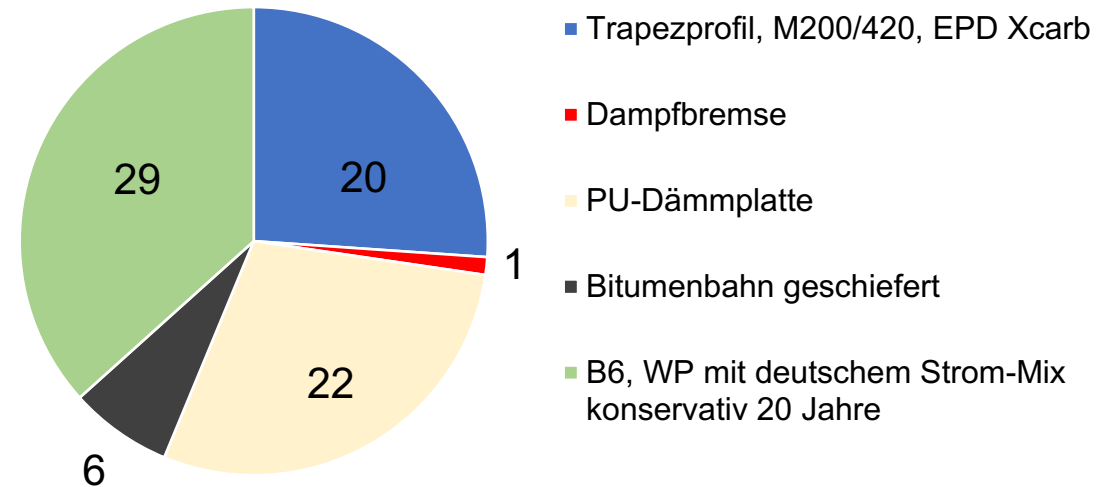
## PU + Bitumenbahn Summe A-C

### Worst Case Bitumendach



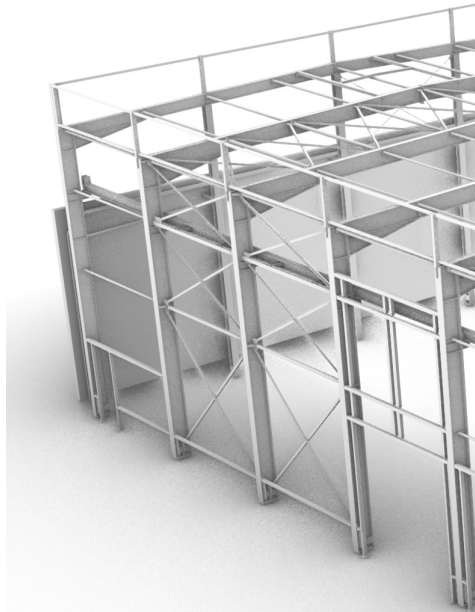
130 kg CO<sub>2</sub>-äq./m<sup>2</sup>

### Best Case Bitumendach

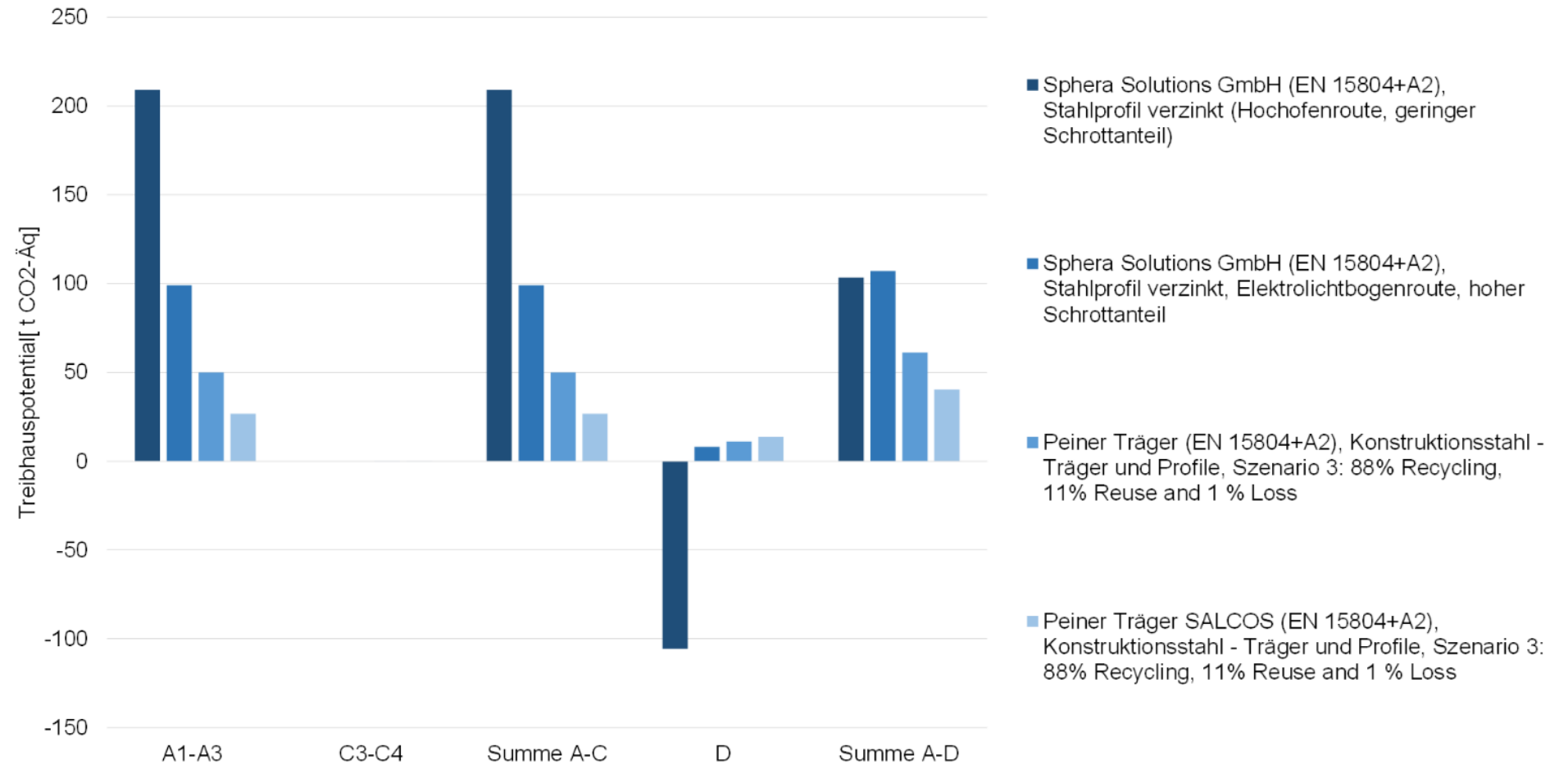


78 kg CO<sub>2</sub>-äq./m<sup>2</sup>

# Ökobilanzielle Bewertung Neubau Versuchshalle



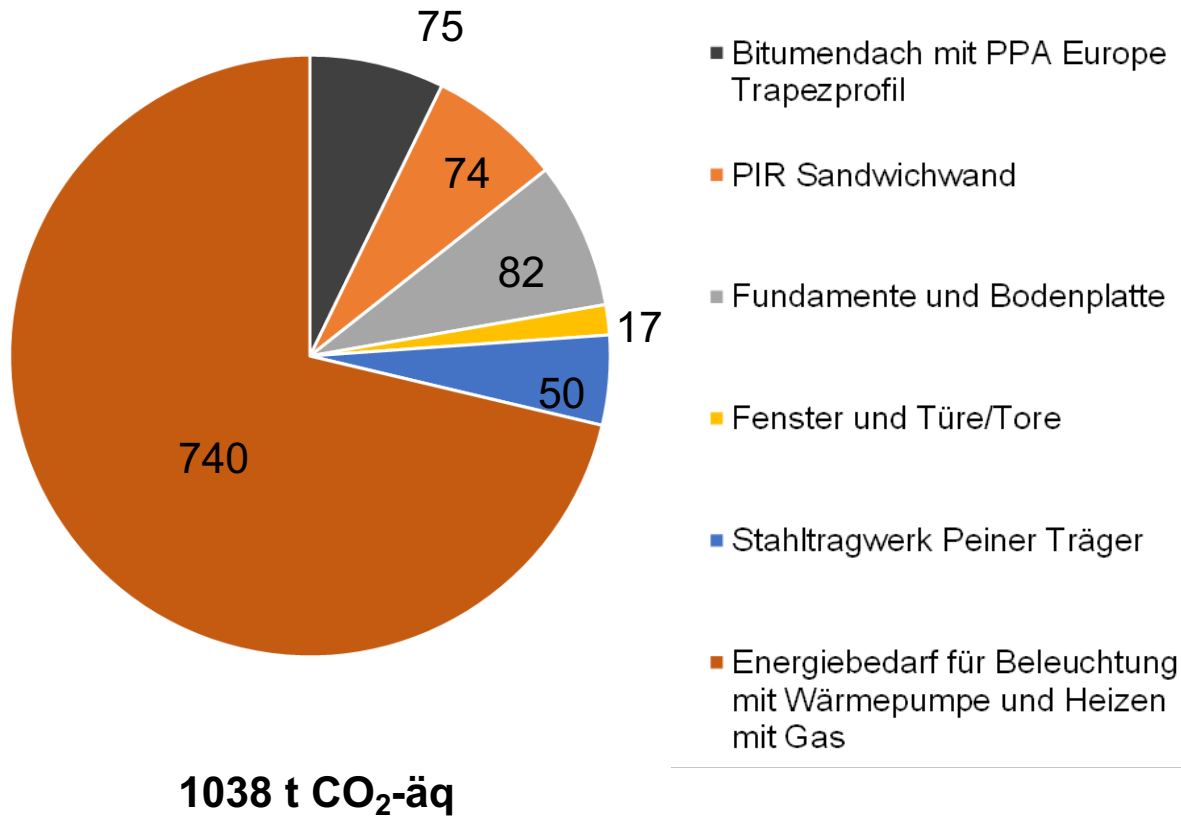
Vergleich verschiedener Datensätze



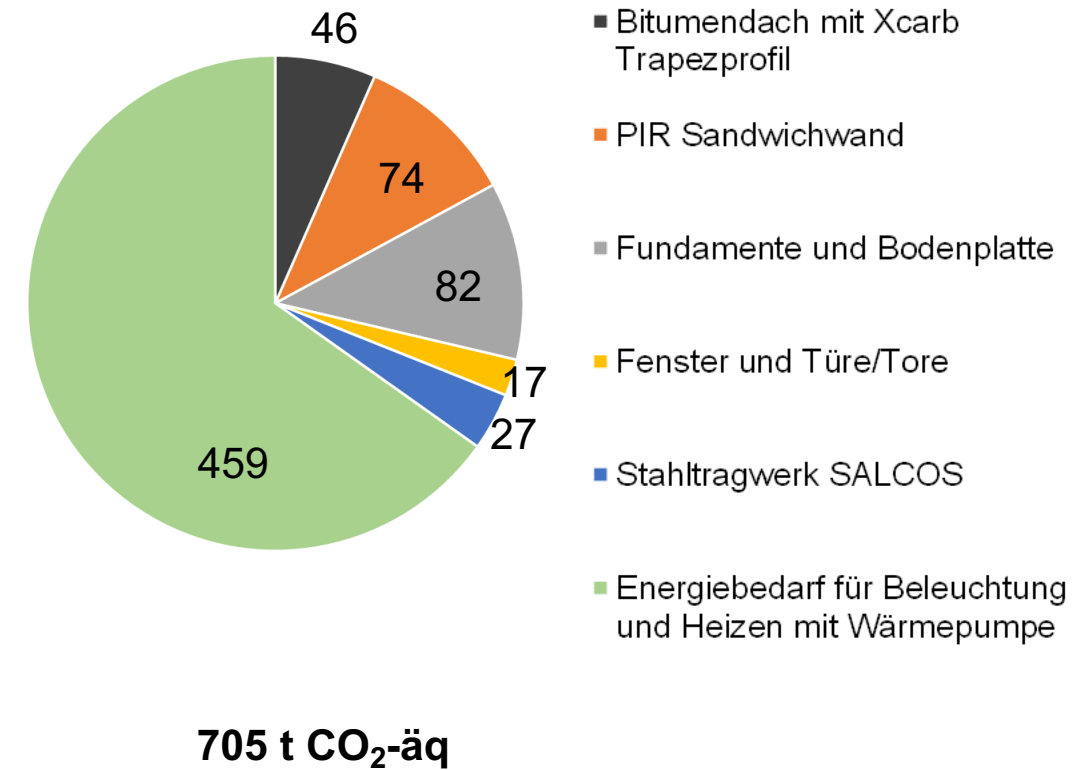
# Ökobilanzielle Bewertung Neubau Versuchshalle – Szenario 20 Jahre

## Einfluss Energieversorgung und Stahlmaterial

Worst Case Summe A-C [t CO<sub>2</sub>-Äq.]



Best Case Summe A-C [t CO<sub>2</sub>-Äq.]





# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach

## Flachdach mit und ohne PV



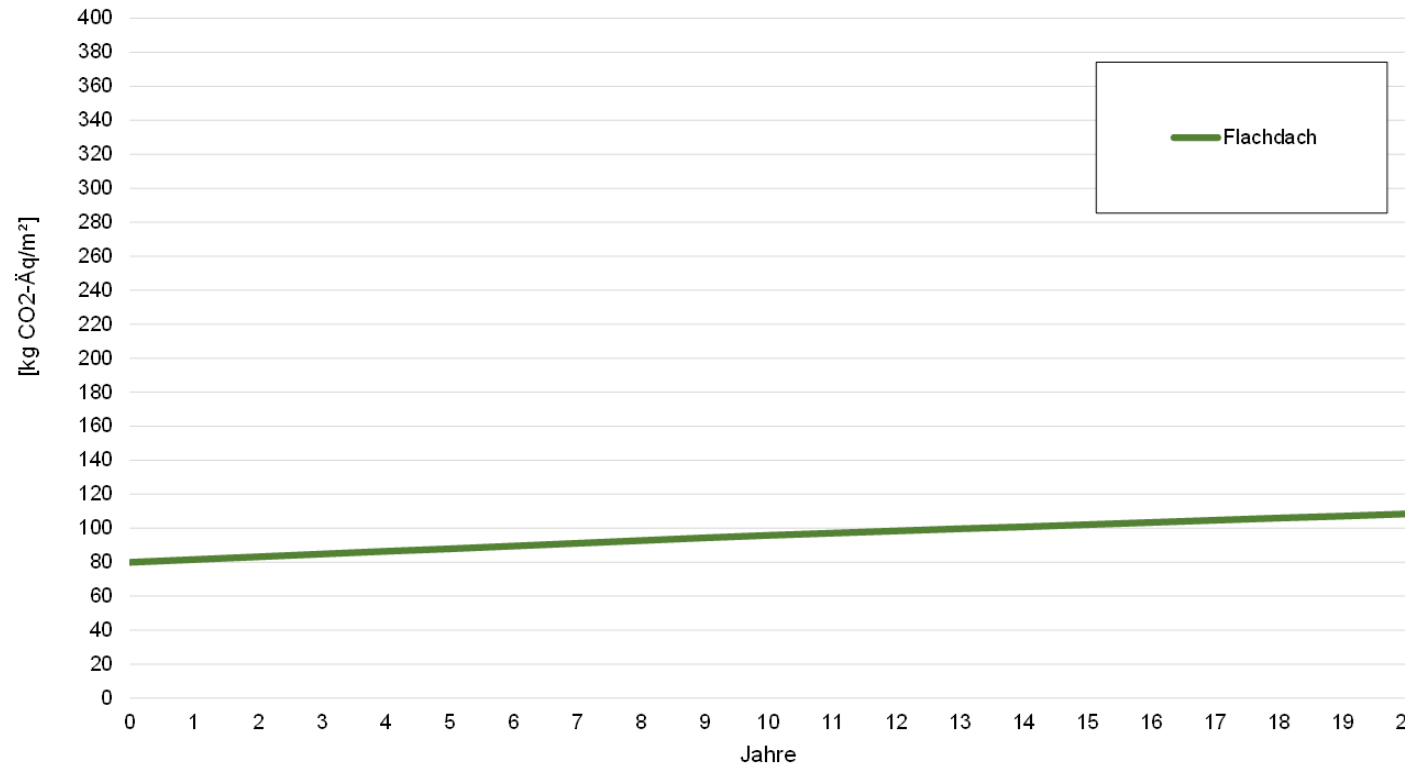
Quelle: IQDF

# Ökobilanzielle Bewertung Flachdach

## Flachdach mit und ohne PV – Konservativer deutscher Strom-Mix, 20 Jahre

- PU + Bitumen:  
 $d = 120 \text{ mm}, U_d = 0,20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$
- Die Beheizung erfolgt über eine Luft/Wasser-Wärmepumpe (JAZ 3.0).
- Die Wärmepumpe wird mit dem deutschen Strommix konservativ betrieben.
- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre.

Treibhauspotential - Summe A-C (inkl. B6)



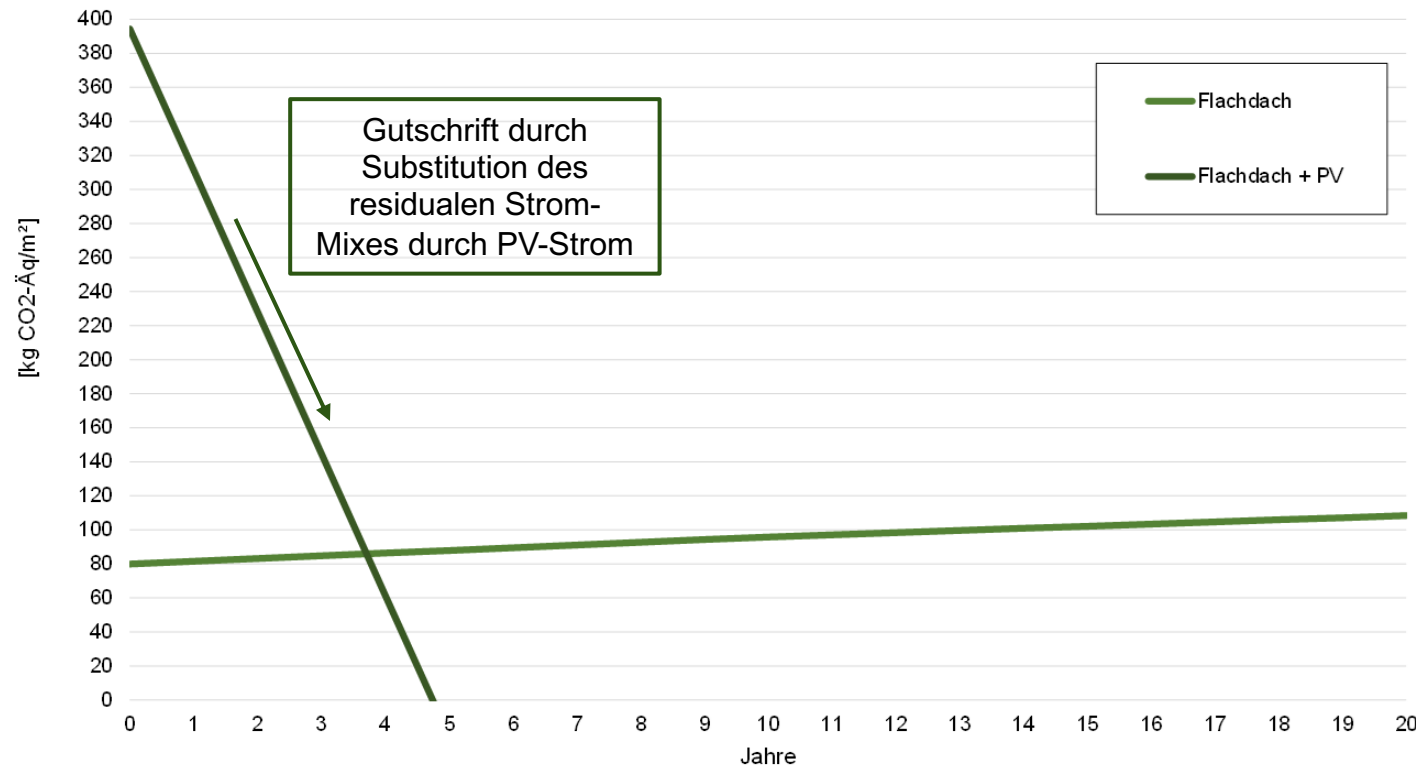
Graue Emissionen Flachdach

Treibhauspotenzial aufgrund von Grauen Emissionen + Transmissionswärmeverlusten

## Flachdach mit und ohne PV – Konservativer deutscher Strom-Mix, 20 Jahre

- PU + Bitumen:  
 $d = 120 \text{ mm}, U_d = 0,20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$
- Die Beheizung erfolgt über eine Luft/Wasser-Wärmepumpe (JAZ 3.0).
- Die Wärmepumpe wird mit dem deutschen Strommix konservativ betrieben.
- Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre.

Treibhauspotential - Summe A-C (inkl. B6)



Graue Emissionen PV

Graue Emissionen Flachdach

Treibhauspotenzial aufgrund von Grauen Emissionen + Transmissionswärmeverlusten

# Von der Energie- zur Bauwende





# Kreislaufbau – Trapezprofil­dächer im Lebenszyklus

Markus Kuhnhenne

Darmstadt, 20. März 2024