

## Vision 0 CO<sub>2</sub>-Verbrauch für DHBW Karlsruhe

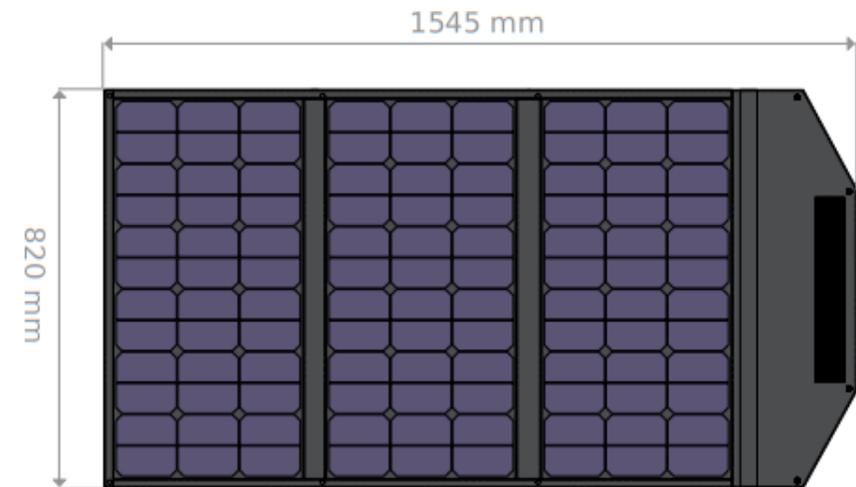
- Wärmebedarf Gebäude (Heizung, Warmwasser)
- Stromverbrauch Gebäude (Beleuchtung, Rechenzentrum, Büros ...)
- Mobilität der Studierenden
- Mobilität Lehrkräfte und Verwaltung

## Vision 0 mit Kompensation?! für DHBW Karlsruhe

- Wärmebedarf Gebäude:
  - 60 kg CO<sub>2</sub> pro Studierender im Jahr
  - 12 € Kompensation mit 200 € pro t CO<sub>2</sub>
- Strombedarf:
  - 150 kWh pro Studierender im Jahr
  - 8 € Mehrkosten für Grünstrom (20% mehr bzw. 5 Ct pro kWh )

## Vision 0 Strombedarf = **Solarmatte** pro Student

- zum Vergleich: Solar für Windschutzscheibe
  - für Selbstversorgung Camping etc.
  - **180 W** Peakleistung
  - 1,7 kg
  - 500 €
  
- Geschätzter Solarertrag **180 kWh im Jahr**



**Für Windschutzscheibe**



## Vision 0 CO<sub>2</sub>-Verbrauch für DHBW Karlsruhe

- Wärmebedarf Gebäude: sehr gering
- Stromverbrauch Gebäude: 1/3 Solarstrom vom Dach, 2/3 Grünstrom
- Mobilität für Anfahrtswege (Studierende, Mitarbeiter): 1/3 Solarstrom vom Dach
- Mobilität Flugreisen (Konferenz, Exkursion): Unnötiges reduzieren
  - Vergleich Gebäude Wärme zu Exkursion mit Flugreise
    - 60 kg CO<sub>2</sub> pro Studierender im Jahr für Gebäudewärme
    - 6 t CO<sub>2</sub> Äquivalent für Flugreise nach Asien
    - Faktor 100!! bzw.
    - 1 Exkursion mit 30 Studis nach Asien = Gebäudewärme für 3000 Studis im Jahr

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch Gebäude

- 2.300 MWh pro Jahr entspricht der Energie von
  - 230.000 L Heizöl (ca. 10 kWh/ L)
  - 210.000 m<sup>3</sup> Gas (ca. 11 kWh/ m<sup>3</sup>)
  
- 2.300 MWh pro Jahr erzeugen
  - 700 t CO<sub>2</sub> bei Heizöl (ca. 3,1 kg/ L)
  - 500 t CO<sub>2</sub> bei Gas (ca. 2,5 kg/ m<sup>3</sup>)
  - 186 t CO<sub>2</sub> bei Fernwärme (ca. 81 kg/ MWh)

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch-Gebäude      Umrechnung auf 3150 Studierende

- 2.300 MWh pro Jahr entsprechen
  - 186 t CO<sub>2</sub> insgesamt für DHBW
  - 60 kg CO<sub>2</sub> pro Studierende/r
  
- Vergleich zur Mobilität
  - 60 kg CO<sub>2</sub>
  - 20 L Heizöl bzw. Diesel      (ca. 3,09 kg/ L)
  - 22 L Benzin                      (ca. 2,88 kg/ L)

CO<sub>2</sub> Verbrauch Studium = 3\*20L Diesel

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch im Vergleich zu Wohngebäude

- Reduzierung durch **Fernwärme**
  - **Faktor 3** im Vergleich zu Gas
  - Faktor 4 im Vergleich zu Heizöl
  
- Reduzierung um **Faktor 10** durch **dichtere Raumnutzung**
  - Wohnraum 2-4 Personen pro 100 m<sup>2</sup>
  - Kursraum 20-40 Studierende pro 100 m<sup>2</sup>
  
- Insgesamt um **Faktor  $3 \cdot 10 = 30$**  geringer

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch als Kennzahl pro Studierender

- Verursacher-Prinzip
  - Hochschule als Dienstleister für Studierende
  - CO<sub>2</sub>-Verbrauch: Gebäude inkl. Lehrkräfte und Verwaltung
  - Falsch: Umrechnung auf Gebäude-Fläche
  - Richtig: Umrechnung auf Studierende
    - > Einspar-Potential: Bessere Auslastung von Gebäude
  
- Vergleiche CO<sub>2</sub>-Verbrauch von Produkten
  - CO<sub>2</sub> Verbrauch von Produktion und Transport der Lieferkette
    - > anteilig umgerechnet auf Produkt (z.B. Sneaker, Steak, ...)
  - Kunde verursacht mit seinem Kauf diesen CO<sub>2</sub>-Verbrauch
    - > CO<sub>2</sub>-Fußabdruck<sub>Kunde</sub> =+ CO<sub>2</sub>-Verbrauch<sub>Produkt</sub>

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch Leitlinien

- Verursacher-Prinzip: Studierender
  
- Territorial: an der Hochschule
  - nicht bei Ausbildungsfirmen
  - während der Vorlesungszeit
  - inkl. Anfahrtsweg
  
- Aufteilung der Kennzahlen
  - Wärmeverbrauch (Heizung, Warmwasser)
  - Stromverbrauch
  - Mobilität

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch Leitlinien

### ■ Vorteile

- **Vergleichbarkeit** zwischen Hochschulen  
durch Normierung auf Studierende
- **einfache Datenerhebung**  
Gesamt-Wärmeverbrauch pro Jahr  
Gesamt-Stromverbrauch pro Jahr
- Vermeidung einer fragwürdigen Unterteilung nach  
Personengruppen (Studierende, Verwaltung, Lehrkräfte)  
Raumarten (Hörsaal, Labore, Büros, Flure)

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch      Datenanalyse

- geringe Relevanz für Klimawende
  - Wärmeverbrauch
  - Stromverbrauch

CO<sub>2</sub>-Äquivalent 20 L Diesel pro Jahr und Studierender
- Um Größenordnung höher ist der Verbrauch für Mobilität  
-> Fokussierung der Maßnahmen sinnvoll
- Unterteilung nach
  - Anfahrtswege (täglich zur Hochschule)
  - Reisen (Konferenz, Auslandspraktika)
- Alternative Unterteilung nach
  - Lehre (Weg zur Hochschule, Firmenbesuch)
  - Forschung (Konferenz)

## Unterschied Mobilität Lehre und Forschung

- Lehre vielschichtig
  - Ausbau ÖPNV (attraktiv durch Preis, Taktung, Fahrdauer ...)
  - Studentenwohnung vor Ort anstatt Heimatort (-> Alternative Rad)
  - Elektro-Mobilität für unvermeidbaren Verkehr
  - > **Langfristiger** Umbau-Prozess
  
- Forschung
  - Wenige Aktive
  - Sehr lange Reisen mit hohem CO<sub>2</sub>-Verbrauch
  - Im Zweifel auf **online** umstellbar mit geringem Verlust
  - > **kurzfristig** anpassbar
  
- Kompensation der Flüge ?!
  - **atmosfair**
  - **Nachhaltigkeit** von Bäumchen pflanzen ??

## Traffic Emissions by Source

By Mode and Activities

- + traffic 3680 t GHG/a
- + buildings 530 t GHG/a
- + total 4210 t GHG/a

## Traffic Emissions Sources (Mode)

- + flights 43%
- + private cars 55%
- + public transport 2%
  
- + traffic is the dominant emissions source
- + commuting is already quite clean but still leaves room for improvement
- + must address emissions from flights

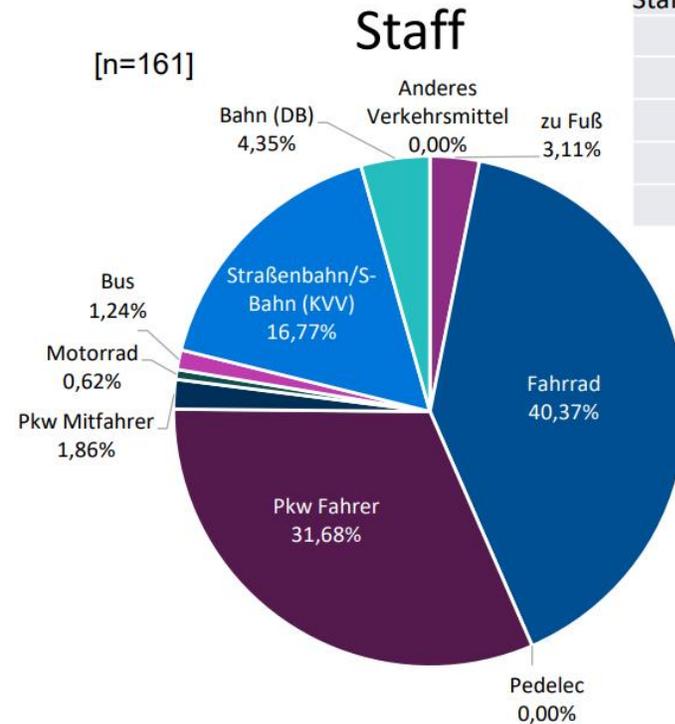
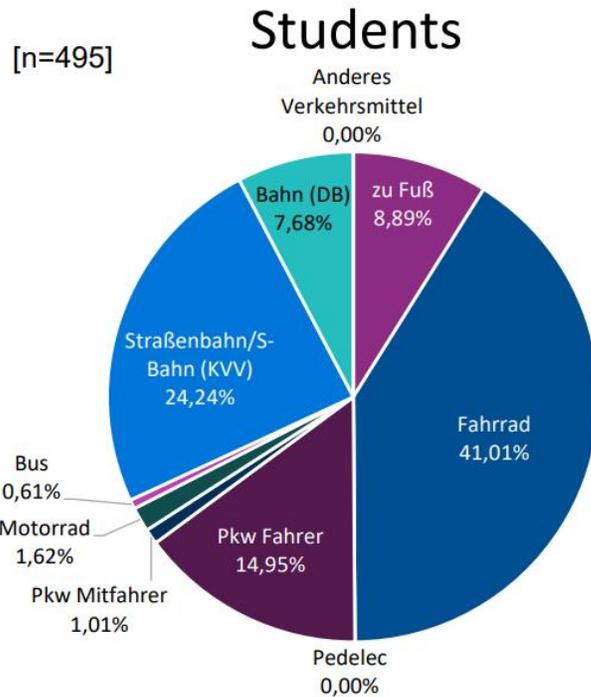
## Source of Traffic Emissions (Activity)



emissions/person 0,4 t GHG/a

## Mode Shares

Daily Commute



Staff Business Trips Share	
Flüge	13%
Bahn	47%
ÖPNV	3%
Fernbus	1%
MIV	36%

## Vision 0 für Pendler an die DHBW Karlsruhe

- zu Fuß + Rad: gesund und CO<sub>2</sub> frei
- ÖPNV: CO<sub>2</sub> frei (Grünstrom)
- Unvermeidbarer Kern der PKW-Nutzer:
  - > 10 min Zeitersparnis statt Rad bzw. ÖPNV
  - > 10 km Anfahrtsweg (außerhalb Karlsruhe)
  - nutzen BEVs mit 10 kWh/ 100 km Verbrauch

Länge Fahrt zur DHBW	Zeit Fahrt zur DHBW	PKW	ÖPNV	Rad
70 km	60 min	x		
58 km	50 min	x		
47 km	50 min	x		
45 km	50 min	x		
41 km	40 min	x		
12 km	25 min	x		
12 km	25 min	x		
5 km	15 min	x		x
80 km	60 min		x	
55 km	110 min		x	
40 km	120 min		x	
25 km	40 min		x	
21 km	35 min		x	
14 km	45 min		x	
12 km	45 min		x	
12 km	45 min		x	
10 km	35 min		x	
7 km	20 min		x	
3 km	15 min		x	
6 km	20 min			x
3 km	20 min			x
3 km	11 min			x
1 km	10 min			x
3 km	15 min			x
6 km	20 min			x
3 km	20 min			x
6 km	20 min			x
3 km	20 min			x
3 km	11 min			x
3 km	11 min			x
1 km	10 min			x
3 km	15 min			x
4 km	20 min			x
4 km	20 min			x

- 5 von 34 Studierende benötigen Auto
- benötigen 5 – 15 kWh für ihre Fahrt im BEV
- verursachen im Durchschnitt 15 km Fahrt (Hin+Rück)  
->  $15 * 10 \text{ kWh}/100 \text{ km} = 1,5 \text{ kWh pro Studi}$
- Gesamtverbrauch 3300 Studierende \* 100 Tage:  
-> 500 MWh im Jahr

## Idee Solar-Energie vom Dach der DHBW KA

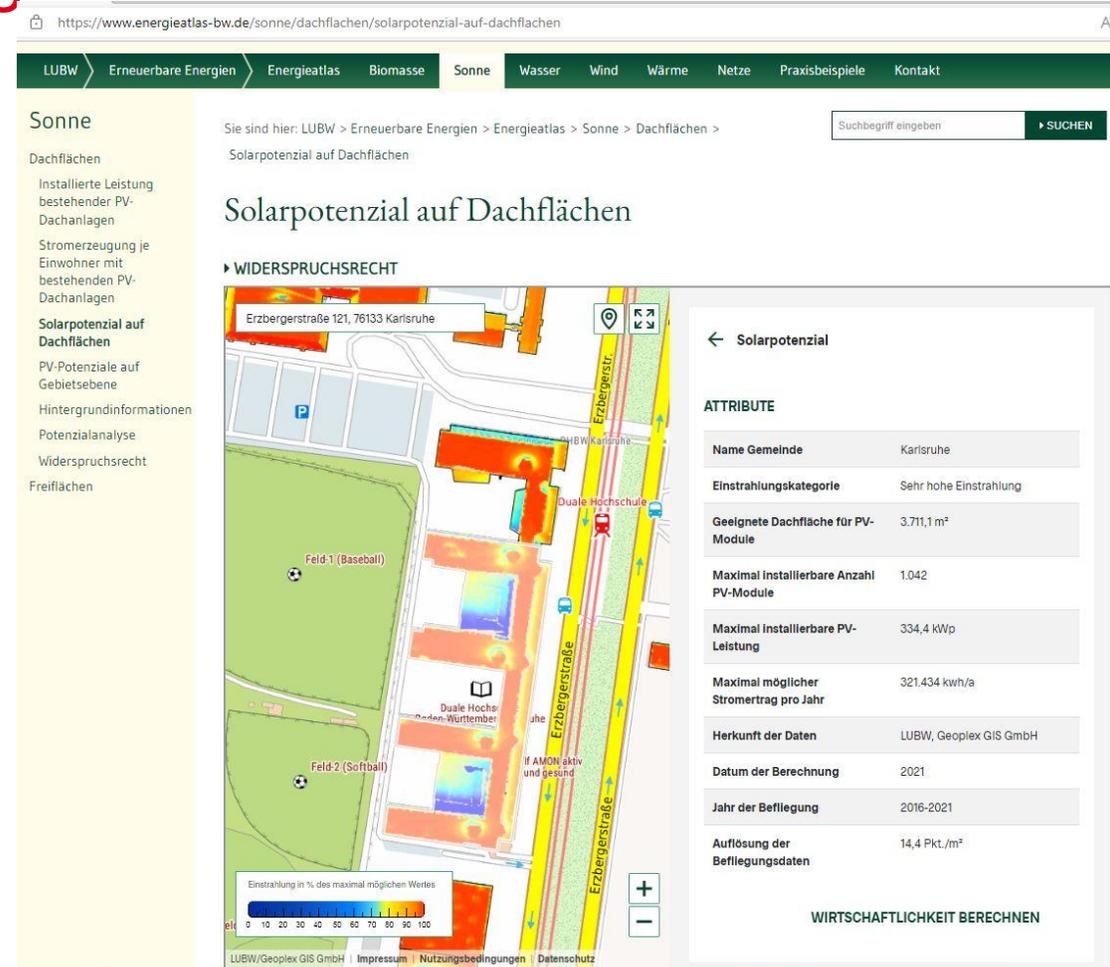
- 100% Eigenverbrauch an sonnigen Tagen
  - ein Drittel Sonnentage im Jahr
- ohne große Puffer-Speicher
- Überschuss in Akku BEVs mit Billig-Tarif
  - Nutzung langer Parkzeit 3-8h in Tiefgarage
  - faires Lademanagement für Anfahrtswege
  - Scheduling-Algorithmus: **8-11 kW Lade-Intervalle mit prognostiziertem Solaranteil während Parkzeit**
  - z.B. 5-10 kWh täglich kostenlos pro BEV mit Monats-Parkkarte

## CO<sub>2</sub>-Verbrauch- Strom Umrechnung auf 3150 Studierende

- 500 MWh pro Jahr entsprechen
  - 150 kWh pro Studierende/r
  - 40 € Grünstrom-Kosten pro Studierender
- Vision 0 für Stromverbrauch
  - 1/3 vermeiden (Lüftung, LED-Beleuchtung, ...)
  - 1/3 Solarstrom vom Dach (100% an sonnigen Tagen)
  - 1/3 Grünstrom
- Dimensionierung Photovoltaik für Eigenverbrauch
  - 150 – 200 MWh pro Jahr Solarstrom

# CO<sub>2</sub>-Verbrauch- Strom Umrechnung auf 3150 Studierende

- Dimensionierung Photovoltaik für Eigenverbrauch
  - 150 – 200 MWH pro Jahr Solarstrom
  - 150 kW Peak-Leistung
  
- Kapazität Dachfläche DHBW Karlsruhe
  - 400 kW Peak-Leistung = **400.000 € Kosten**
  - 200 MWh für Mobilität mit BEVs
  - BEVs als kostenloser Pufferspeicher !



## Vision 0 CO<sub>2</sub>-Verbrauch für DHBW Karlsruhe

- Wärmebedarf Gebäude:
  - nur 60 kg CO<sub>2</sub> pro Student im Jahr über Fernwärme
  - fossile Abwärme Raffinerie Miro
  - geplant: CO<sub>2</sub> freie Fernwärme über Geothermie
  
- Stromverbrauch Gebäude: 1/3 Solarstrom vom Dach, 2/3 Grünstrom
  - 150 – 200 MWh von Photovoltaik-Anlage an Sonnentagen
  
- Mobilität für Anfahrtswege: 1/3 Solarstrom vom Dach
  - > 80% vermeidbar: Fuß, Rad, ÖPNV (Stadtgebiet oder effizient ÖPNV)
  - < 20% Rest: Umstellung auf BEVs
    - > 5 – 10 kWh für 50 – 100 km Anfahrtsweg (Hin+Rück)
    - > 200 MWh von Photovoltaik-Anlage an Sonnentagen

## Vision 0 CO<sub>2</sub>-Verbrauch für DHBW Karlsruhe

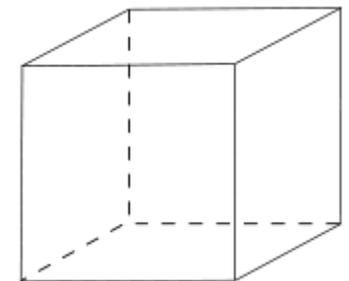
- ✓ Wärmebedarf Gebäude
- ✓ Stromverbrauch Gebäude
- ✓ Mobilität für Anfahrtswege
- ❖ Mobilität Flugreisen (Konferenz, Exkursion): **Fernreisen streichen**

- 60 kg CO<sub>2</sub> pro Studierender im Jahr für Gebäudewärme
- 6 t CO<sub>2</sub> Äquivalent für Flugreise nach Asien
- **1 Exkursion mit 30 Studis nach Asien = Gebäudewärme für DHBW KA im Jahr**

## Energie-Einsparung für Gebäudewärme

- Intelligente Heizungssteuerung?!
  - Büro nur während Anwesenheit + 1 Stunde davor heizen
  - 12 h statt 24 h heizen -> **Halbierung der Heizkosten?**
  
- Warum keine Einsparung?
  - **Wärmeverlust** proportional **Temperaturdifferenz** Innen zu Außen
  - Temperaturverlust in Nicht-Heizperiode < 2°
    - durchschnittlich < 1° in Nicht-Heizperiode weniger
    - deshalb < 6% in Nicht-Heizperiode weniger Wärmeverlust
    - insgesamt 50%\*6% = 3% weniger Wärmeverlust für Tag (**Nicht-Heizen: 50%**)
  - Aber in Heizperiode doppelte Heizleistung (**Nicht-Heizen: 50%**)
    - wesentlich weniger effizient (Brennwert-Effekt ...)

$$\Delta E = \Delta T * A * \lambda$$

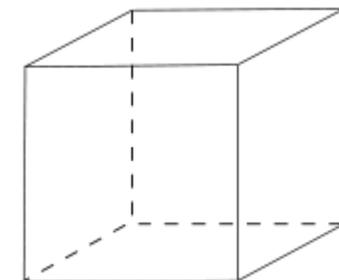


## Energie-Einsparung für Gebäudewärme

- Vermeiden von Dauerlüften
  - Fenster gekippt
  - Missverständnis Thermostat auf Stufe 2: **volle Leistung!**
  
- Dauerhaft **kühlere** Räume
  - Drucker, Archiv und Außenflure
  - Heizkörper abstellen!
  - Achtung: Flurtüren zu **kühleren** Räumen geschlossen halten
  
- Energie-Einsparung  $E\%$ 
  - Temperatur-Reduzierung  $\Delta T\%$
  - Anteil Außenfläche  $A\%$

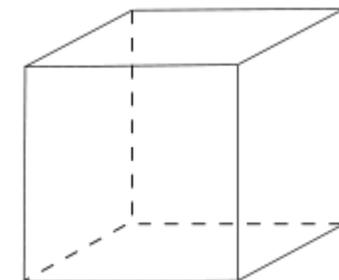


$$E\% = \Delta T\% * A\%$$



## Zahlenbeispiel für DHBW Karlsruhe

- Temperatur Reduzierung
  - 19° im Außenflur statt 21° im Hörsaal
  - Temperatur-Differenz: 19°-0° statt 21 -0° Außentemperatur
  - Reduzierung 10%
  
- Anteil Außenfläche ca. 10%
  
- Energie-Einsparung: 10%\*10% = 1% ?!
  - jedoch höhere Vorlauftemperatur in Hörsaal, da Flur-Heizkörper nicht heizen
  - Insgesamt leider **Effizienz-Verlust**



$$E\% = \Delta T\% * A\%$$

# Schlechte Erfahrung mit Energie-Contracting

***Außer Spesen***

***nichts gewesen***