

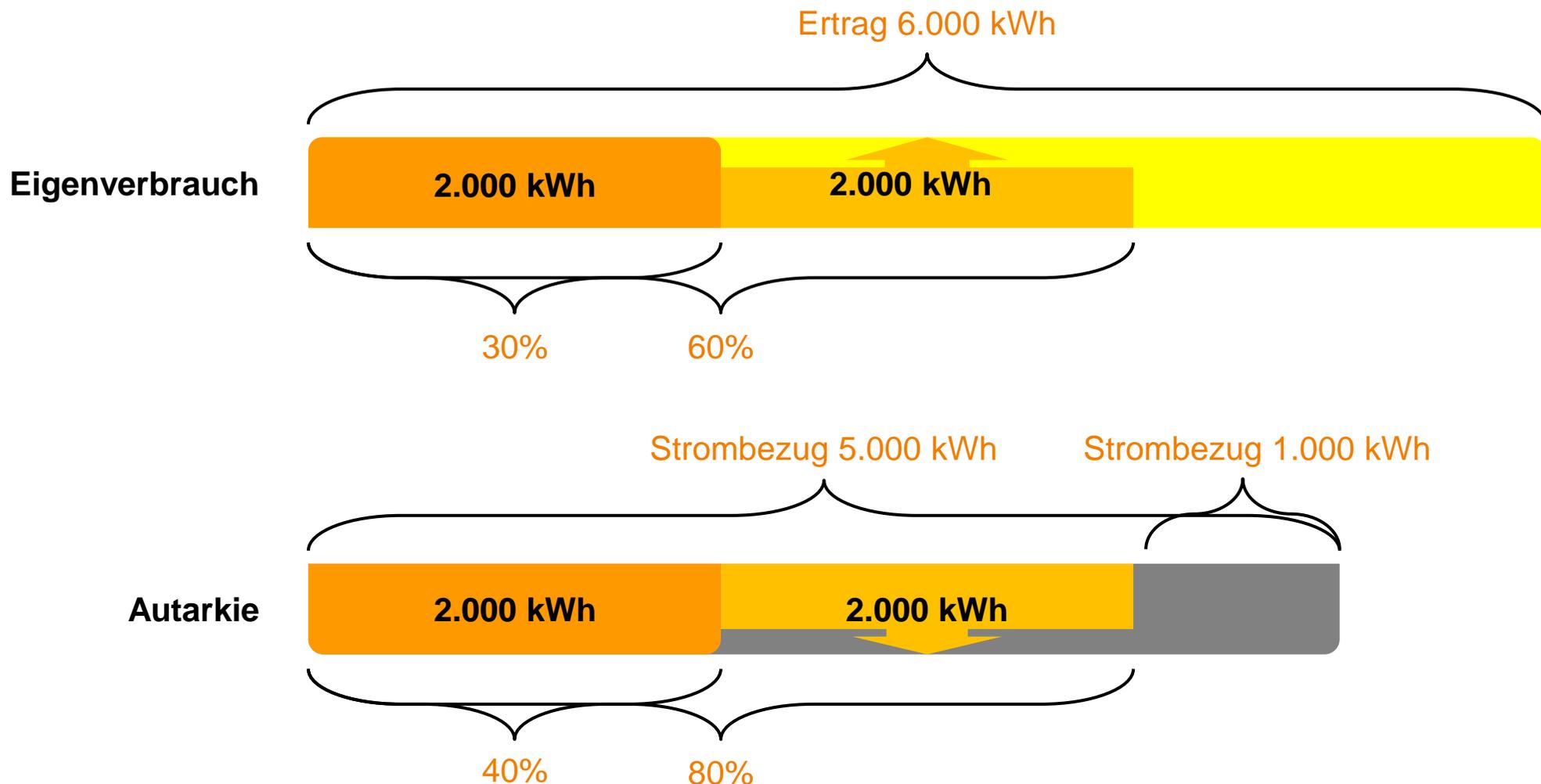
# Photovoltaik Speicher Elektromobilität



## SYNERGIEN, ZAHLEN, VORTEILE

Oliver Geissler (M. Sc.), Themengebiet Photovoltaik, EnergieAgentur.NRW

# 1. Einleitung – Begriffserklärung



# 1. Einleitung - Begriffserklärung

Zelltypen einer Lithium-Ionen Batterie:

Lithium-Eisenphosphat-Akku (LiFePO<sub>4</sub>)

Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Akku (NMC)

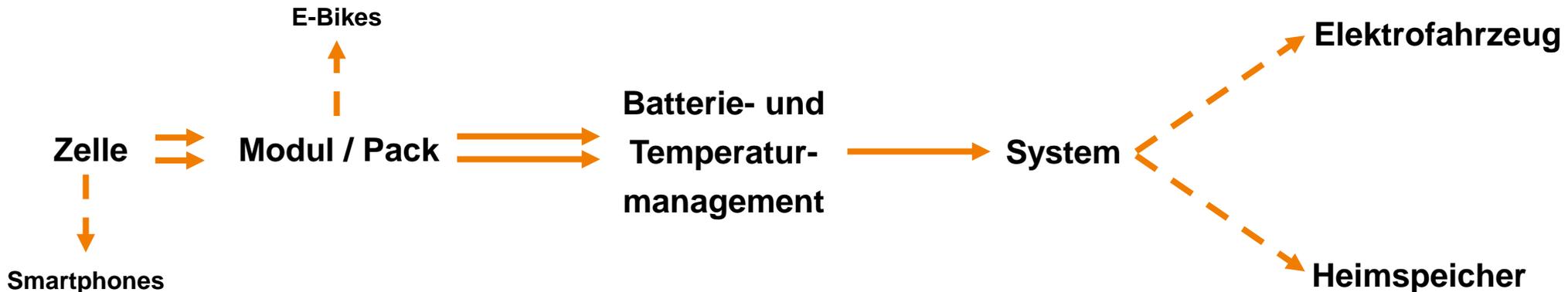
Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Akku (NCA)

Lithium-Kobalt-Akku (Li-CoO<sub>2</sub>)

Lithium-Mangan-Akku (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)

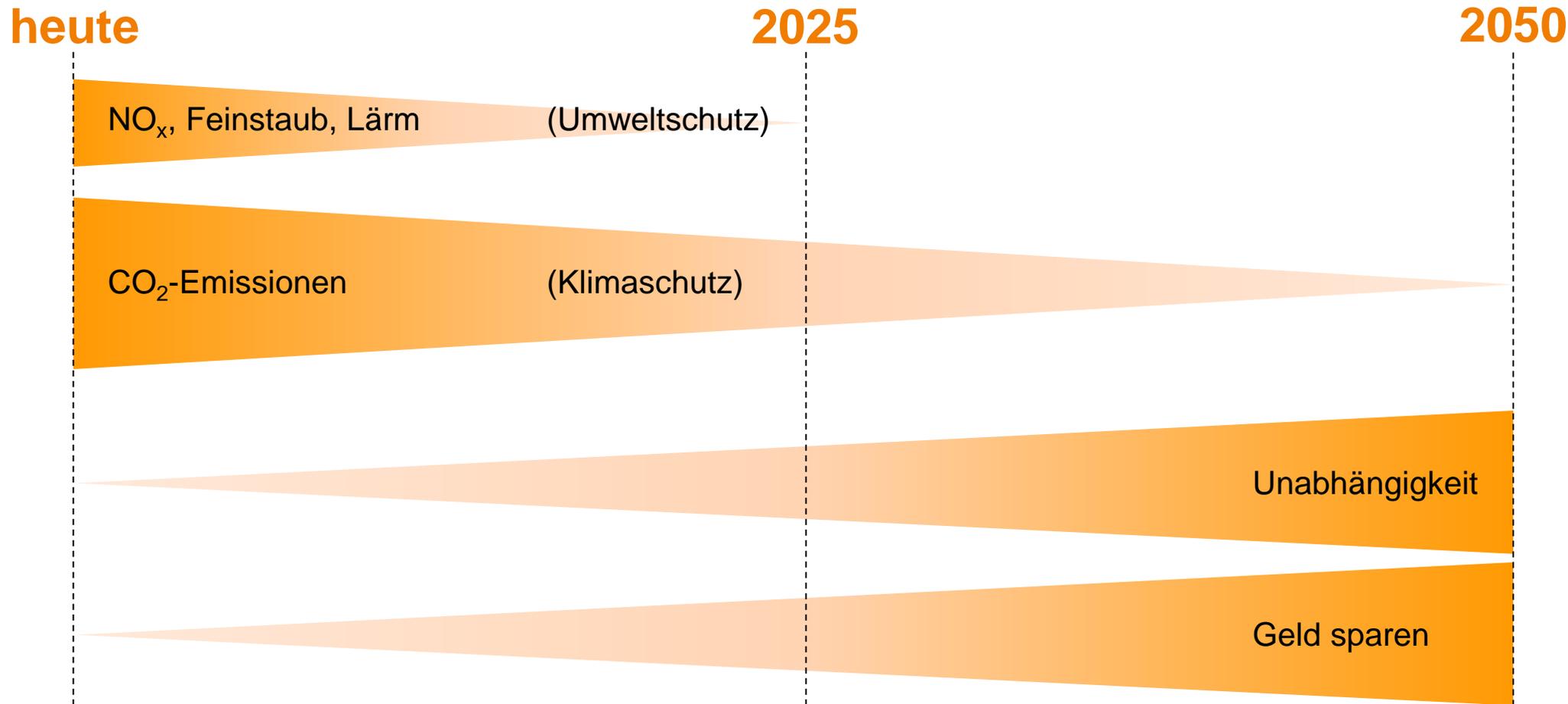
Lithiumtitanat-Akku

Heimspeicher  
Fahrzeuge



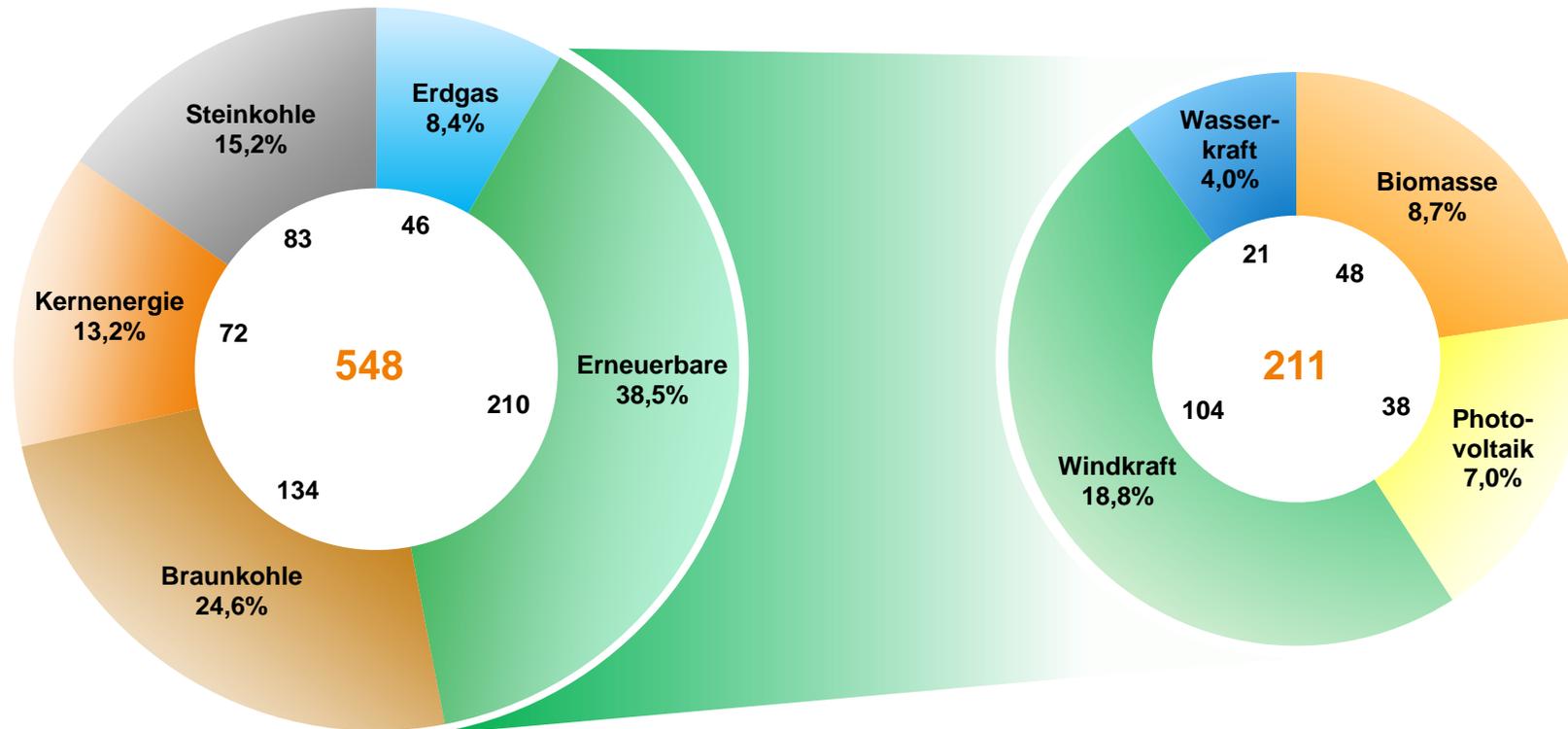
## 2. Rahmenbedingungen - Motivation

Hauptmotivationen für den Umstieg auf Erneuerbare Energien und Elektrifizierung:



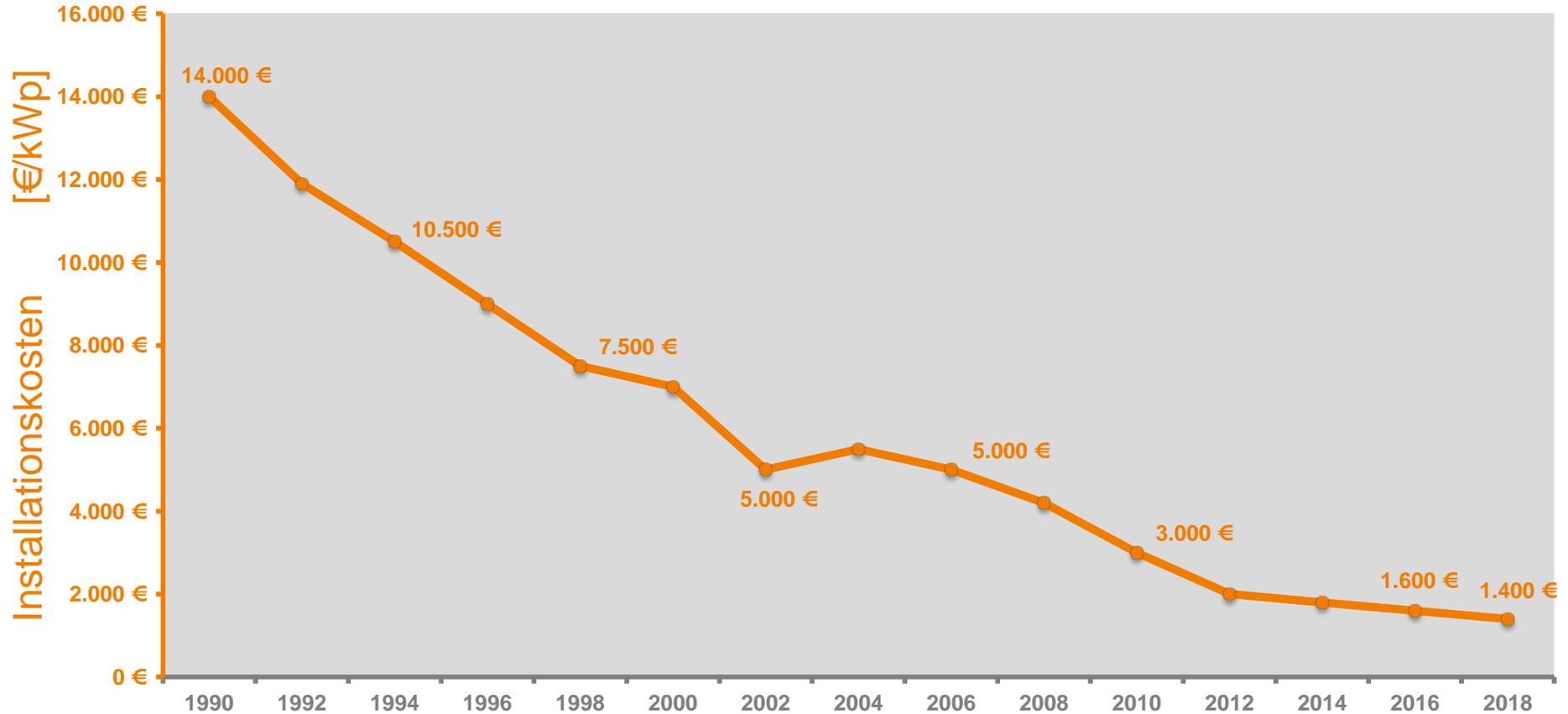
## 2. Rahmenbedingungen – Strommix Deutschland

Nettostromerzeugung in Deutschland 2017 in TWh



CO<sub>2</sub>-Emissionen 2017 Strommix: 527 gCO<sub>2</sub>/kWh  
Erneuerbare: 39 gCO<sub>2</sub>/kWh

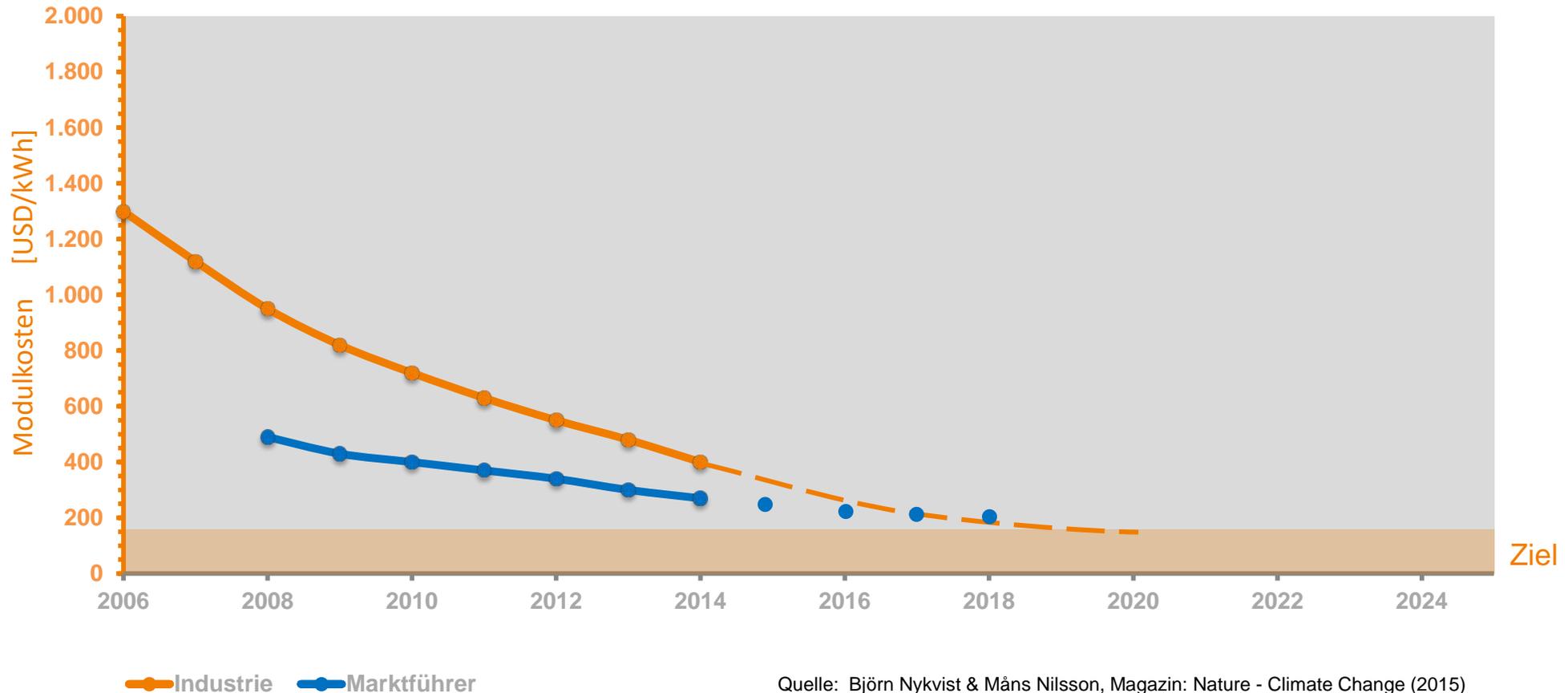
## 2. Rahmenbedingungen – Installationskosten



Durchschnittliche **Nettopreise** für eine **schlüsselfertige 10 kWp Anlage**

Bsp.: → 10 kWp ≙ 14 000 €  
→ 5 kWp ≙ 8 000 €

## 2. Rahmenbedingungen – Batteriemodulkosten



# 3. Eigenstromerzeugung - Gestehungskosten

## Stromgestehungskosten für eine 10 kWp Anlage

$$= \frac{\text{Kaufpreis} + \text{jährliche Ausgaben} \times \text{Laufzeit}}{\text{jährlicher Stromertrag} \times \text{Laufzeit}}$$

$$= \frac{16\,600 \text{ €} + 435 \text{ €/Jahr} \times 25 \text{ Jahre}}{9.500 \text{ kWh/Jahr} \times 25 \text{ Jahre}} = 11,5 \text{ ct/kWh}$$

Jährliche Nebenkosten	Kosten (netto)	Turnus
Versicherung	90 €	pro Jahr
Wartung	100 €	pro Jahr
Steuern	210 €	pro Jahr

Jährliche Rücklagen	Kosten (netto)	Turnus
Reinigung	25 €	250 € alle 10 Jahre
Wechselrichtertausch	133 €	2000 € alle 15 Jahre
sonstige Rücklagen	100 €	pro Jahr

## 3. Eigenstromerzeugung - Eigenverbrauch

Wirtschaftlichkeit aufgrund zweier Gegebenheiten

- PV-Strom ist günstiger als Netzstrom (**Netzparität**):

Strompreis: 25 ct/kWh

PV-Strom: 11 ct/kWh

Ersparnis: 14 ct/kWh

- Ersparnis ist höher als die Einspeisevergütung

Ersparnis 14 ct/kWh > Einspeisevergütung 12,20 ct/kWh

**Eigenverbrauch** ist besser als Einspeisung!

## 3. Eigenstromerzeugung - Aussicht

- **Strompreissteigerungen** sind zu erwarten
  - ➔ EEG-Umlage 2018: - 1,3 %
  - ➔ Netzentgelte 2018: + 45 % (Amprion, NRW)
  
  - ➔ Einspeisevergütung ist ab Inbetriebnahme für **20 Jahre** konstant
  - ➔ Produkt- und Leistungsgarantie **bis zu 30 Jahre**
  - ➔ Stromgestehungskosten sind für **bis zu 30 Jahre** nahezu konstant

## 3. Eigenstromerzeugung - Steuerliche Betrachtung

- Stromeinspeisung und Eigenverbrauch gelten als **gewerbliche Tätigkeit**
  - Umsatzsteuer aus der Vergütung der Stromlieferung (ca. 130 €/a, durchlaufender Posten)
  - Umsatzsteuer zur unentgeltlichen Wertabgabe (ca. 100 bis 120 €/a bei 10 kWp)
- Es bieten sich drei Möglichkeiten
  - 1) **Regelbesteuerung**  
Vorsteuer von Anlagenkosten rückerstattungsfähig, Abführen beider Umsatzsteuerposten
  - 2) **Kleinunternehmer Regelung**  
Vorsteuer nicht erstattungsfähig, kein steuerlicher Aufwand, i. d. R. niedrigste Rendite
  - 3) **Regelbesteuerung mit Wechsel in die Kleinunternehmerregelung (nach 5 Jahren)**  
Vorteile von 1) und 2), nach 5 Jahren keine Vorsteuererstattung mehr,  
i. d. R. höchste Rendite
- Ggf. muss auch die **Einkommensteuer** berücksichtigt werden

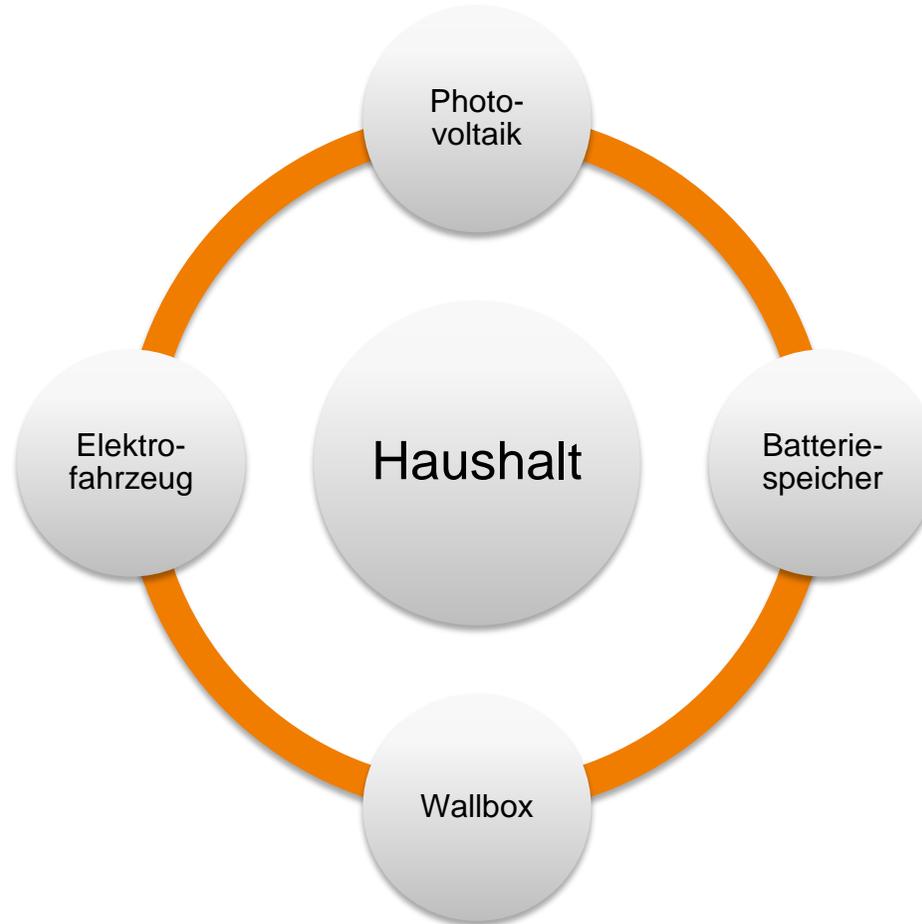
Weitere Informationen:

[goo.gl/vFhooY](https://goo.gl/vFhooY)

bzw.

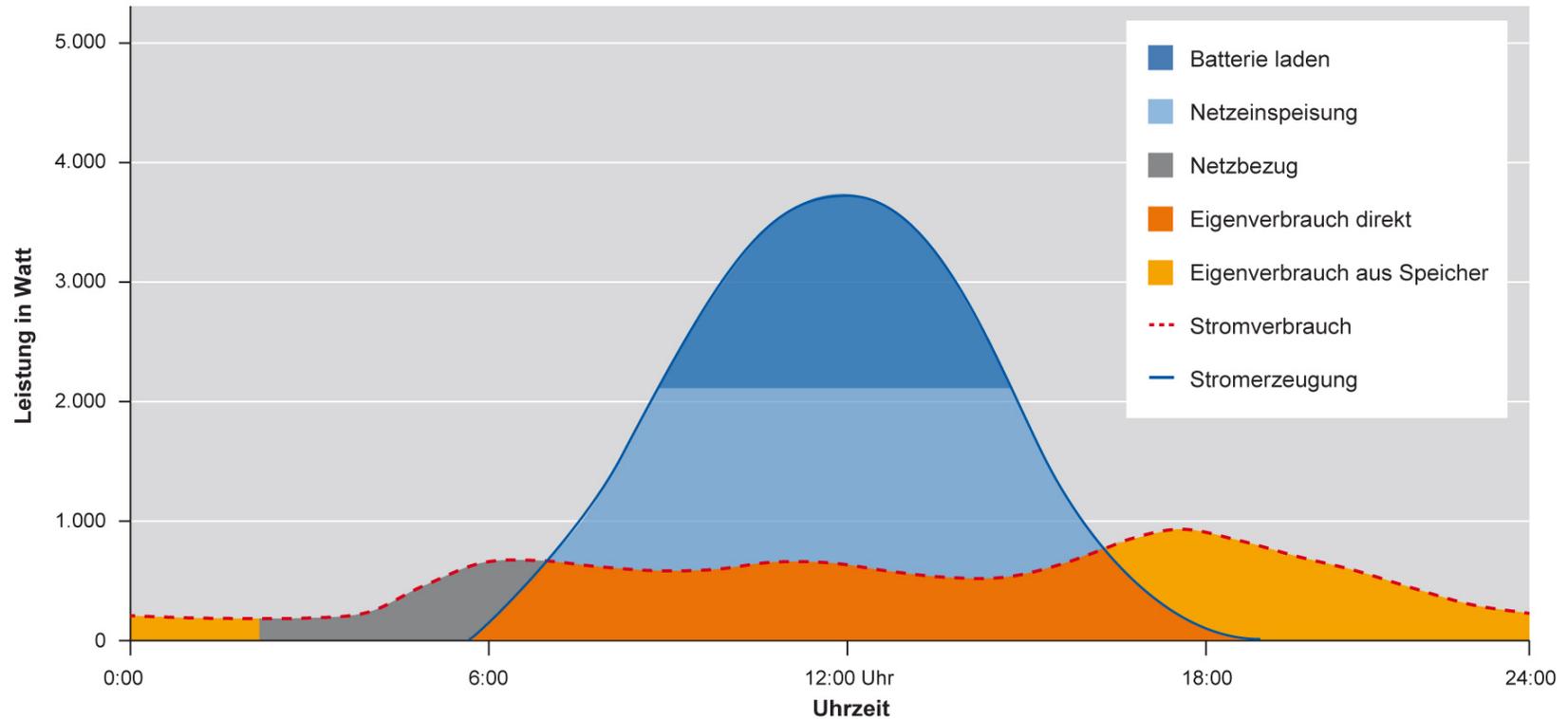
[goo.gl/LBUbLs](https://goo.gl/LBUbLs)

# 4. Anwendung



# 4. Anwendung

## PV-Eigenverbrauch mit Stromspeicher (netzoptimiert)



Diese Grafik von der EnergieAgentur.NRW steht unter einer Creative Commons Namensnennung 3.0-Lizenz · <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de>

# 4. Anwendung

## Photovoltaik

- Dachfläche 1 kWp  $\triangleq$  7 m<sup>2</sup>
- Investitionskosten 1 kWp  $\triangleq$  1 400 € (netto)
- Rücklagen 2,5% der Investitionskosten pro Jahr
- Lebensdauer > 30 Jahre (Glas-Glas Module)
  
- Garantie 25 bis 30 Jahre
- Eigenverbrauch 20 bis 30%
- Defekte Module Kostenlose Rücknahme über „PV-Cycle“

## Batteriespeicher

- Technologie Lithium-Ionen
- Investitionskosten 1 kWh  $\triangleq$  1 300 € (netto)
- Zyklenanzahl 3.000 bis 10.000 Vollzyklen
- Lebensdauer 10-15 Jahre
  
- Garantie meist 10 Jahre
- Eigenverbrauch 50 bis 80%
- Schubladensystem nachträgliche Erweiterbarkeit der Kapazität
- Platzbedarf  $\triangleq$  Kühl-/Gefrierschrankskombination

# 4. Anwendung

## Wallbox

- Technologie Typ-2 Stecker
- Ladebetriebsart Mode 3
- Preis 700 bis 2 000 €
- Ladeleistung 3 bis 22 kW
  
- Netzanschluss 1-phasig / 3-phasig
- Ausgangsspannung 230 / 400 V
- Ausgangsstrom 10 / 16 / 32 A

## Elektrofahrzeug

- Stromverbrauch (real): 3.200 kWh ( $\cong$  15.000 km inkl. Ladeverluste)

## 4. Anwendung - Dimensionierung

### Ansatz zur Dimensionierung der Anlage

- Daumenregel:

„1.000 kWh Stromverbrauch  $\hat{=}$  1 kWp PV-Leistung  $\hat{=}$  1 kWh Speicherkapazität“

- Beispiel:

Haus + Fahrzeug (real) = Stromverbrauch  $\hat{=}$  PV-Leistung

4.000 kWh + 3.200 kWh = 7.200 kWh  $\hat{=}$  7,5 kWp

$\hat{=}$  7,2 kWp  $\rightarrow$  aufrunden

- PV-Leistung [kWp]  $\hat{=}$  Speicherkapazität [kWh]

7,5 kWp  $\hat{=}$  7,5 kWh

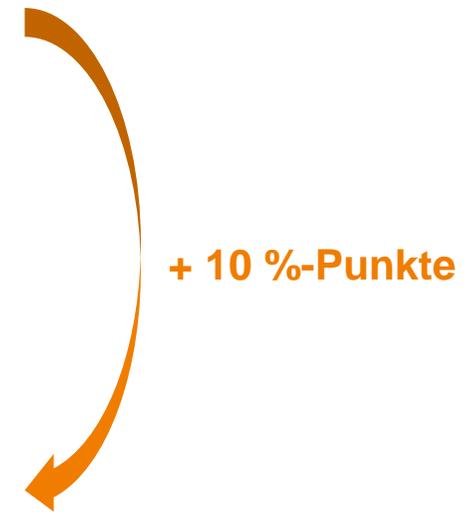
## 4. Anwendung – Beispielhaushalt mit E-Fahrzeug

### ■ Beispielhaushalt (vier Personen)

- Stromverbrauch Haushalt 7.700 kWh pro Jahr
- Photovoltaikanlage 8,9 kWp Süd-Ausrichtung  
Ertrag der PV-Anlage 8.880 kWh pro Jahr
- stationärer Speicher 6,9 kWh
- **Eigenverbrauch 70%**

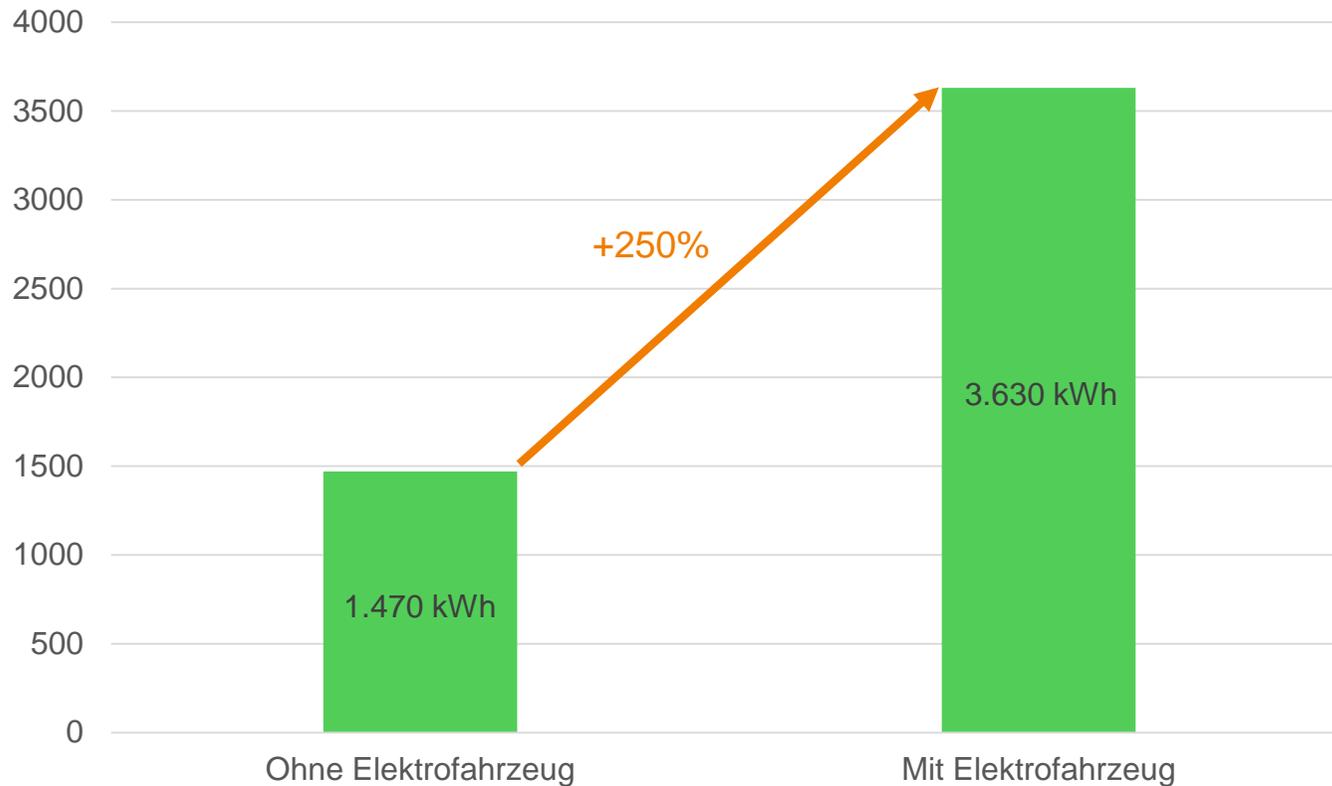
### ■ Hinzunahme des Elektrofahrzeugs (Pendler)

- Fahrleistung, 13.500 km pro Jahr
- Geladene Strommenge 2.820 kWh pro Jahr
- ø Realverbrauch 18 kWh/100km
- **Eigenverbrauch 80%**



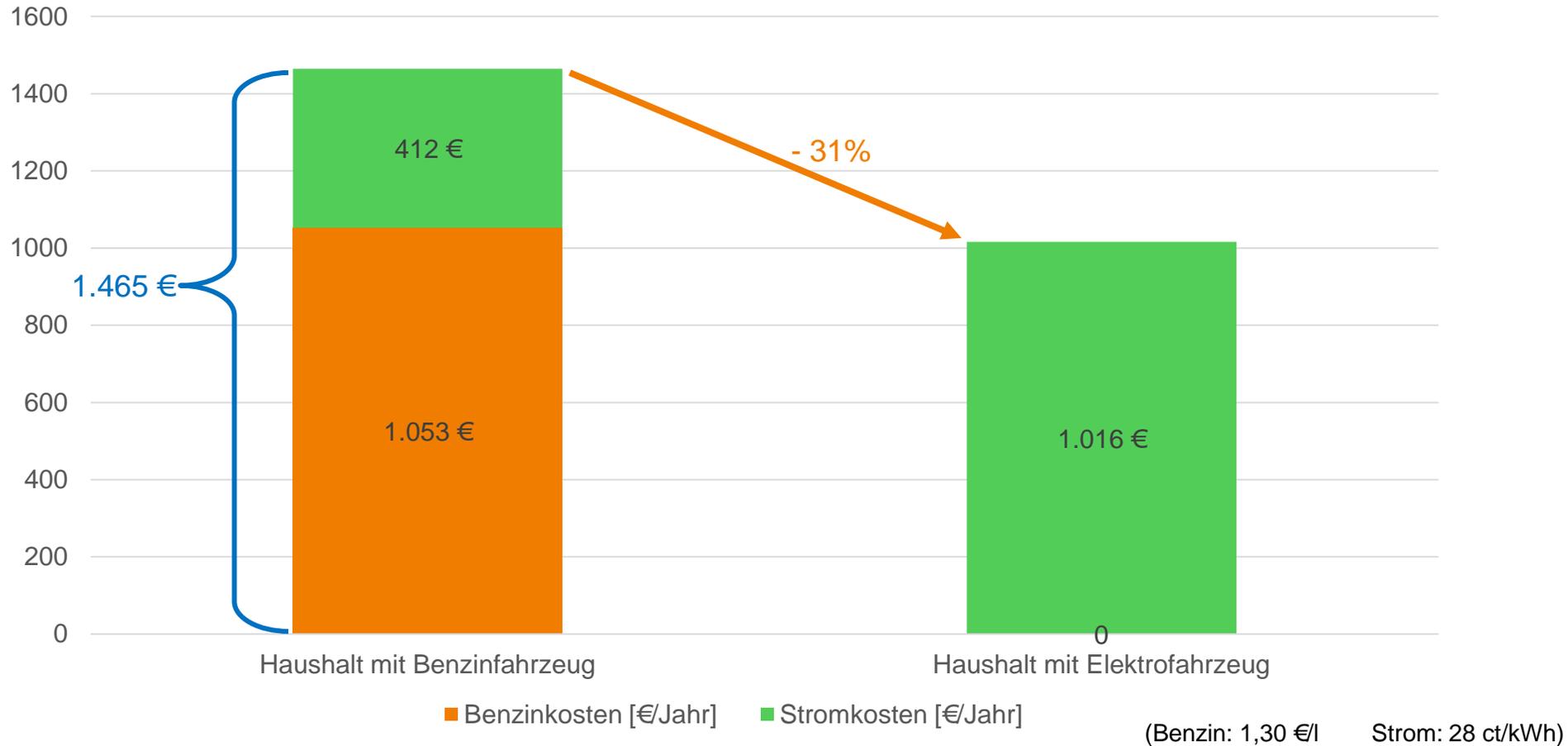
# 4. Anwendung - Hinzunahme des Elektrofahrzeugs

Netzbezug



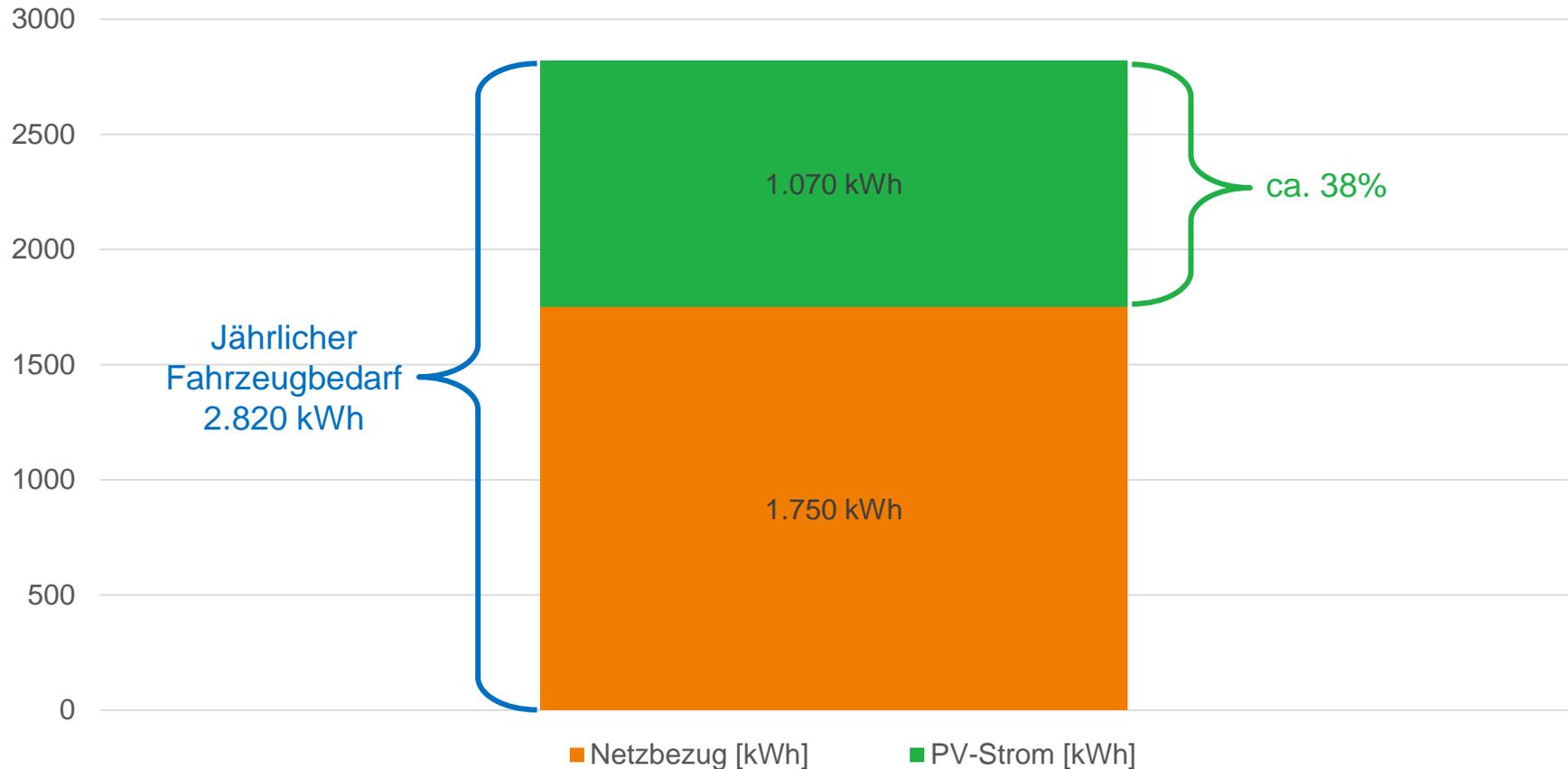
# 4. Anwendung - Hinzunahme des Elektrofahrzeugs

## Kraftstoff- und Stromkosten



# 4. Anwendung - Hinzunahme des Elektrofahrzeugs

## Zusammensetzung der Fahrzeugladung



# 4. Anwendung - Ersparnisse

- **Energiekosten des Fahrzeugs**

Fahrleistung 13.500 km pro Jahr  
 Verbrauch Elektrofahrzeug 18 kWh/100km

Stromnetz	2.820	kWh/a	25 ct/kWh	705 €
PV + Speicher	1.750	kWh/a	25 ct/kWh	438 €
<b>Ersparnis pro Jahr</b>				<b>265 €</b>

# 4. Anwendung - Ersparnisse

- **Energiekosten des Fahrzeugs**

Fahrleistung	13.500	km pro Jahr			
Verbrauch Elektrofahrzeug	18	kWh/100km	Verbrauch Benziner	6	l/100km

Benzinfahrzeug:	810	l/a	1,30 €/l	1 053 €
PV + Speicher	1.750	kWh/a	25 ct/kWh	438 €
Ersparnis „Kraftstoff“				615 €
Ersparnis Kfz-Steuer				120 €
Ersparnis Wartung & Verschleiß				120 €
Gesamtersparnis pro Jahr			ca.	<u>855 €</u>

# 4. Anwendung - Fördermöglichkeiten

- Photovoltaik & Speicher: **Kfw-Kredit (Kfw 275)**

- Finanzierung der Investitionskosten PV + Speicher (bis zu 100%) über Kfw-Kredit (**1,10 %** effektiver Jahreszins).

- Tilgungszuschuss
 

01.03.2016 (Programmbeginn) - 30.06.2016	25 %
01.07.2016 - 31.12.2016	22 %
01.01.2017 - 30.06.2017	19 %
01.07.2017 - 31.12.2017	16 %
<b>01.01.2018 - 30.06.2018</b>	<b>10 %</b>
01.07.2018 - 31.12.2018 (Programmende)	10 %

- **Für Neuanlagen und Speichernachrüstung**

## 4. Anwendung - Fördermöglichkeiten

- Speicher: [progres.nrw](http://progres.nrw)
  - 10% Zuschuss auf die Investitionskosten des Speichers (PV-Anlagen bis 30 kWp)
  - 50% Zuschuss auf die Investitionskosten des Speichers (PV-Anlagen ab 30 kWp)
  - **Nur für Neuanlagen!**
  - Kann mit Kfw 275 kombiniert werden
  
- Elektrofahrzeug: Kaufprämie (bis 30. Juni 2019)
  - Vollelektrisch 4 000 €
  - Plug-in Hybrid / Brennstoffzelle 3 000 €
  
  - Für vollelektrische Fahrzeuge: Befreiung von der Kfz-Steuer über **10 Jahre**  
**Laden** beim Arbeitgeber ist **kein geldwerter Vorteil** mehr

# 5. Klimabilanz

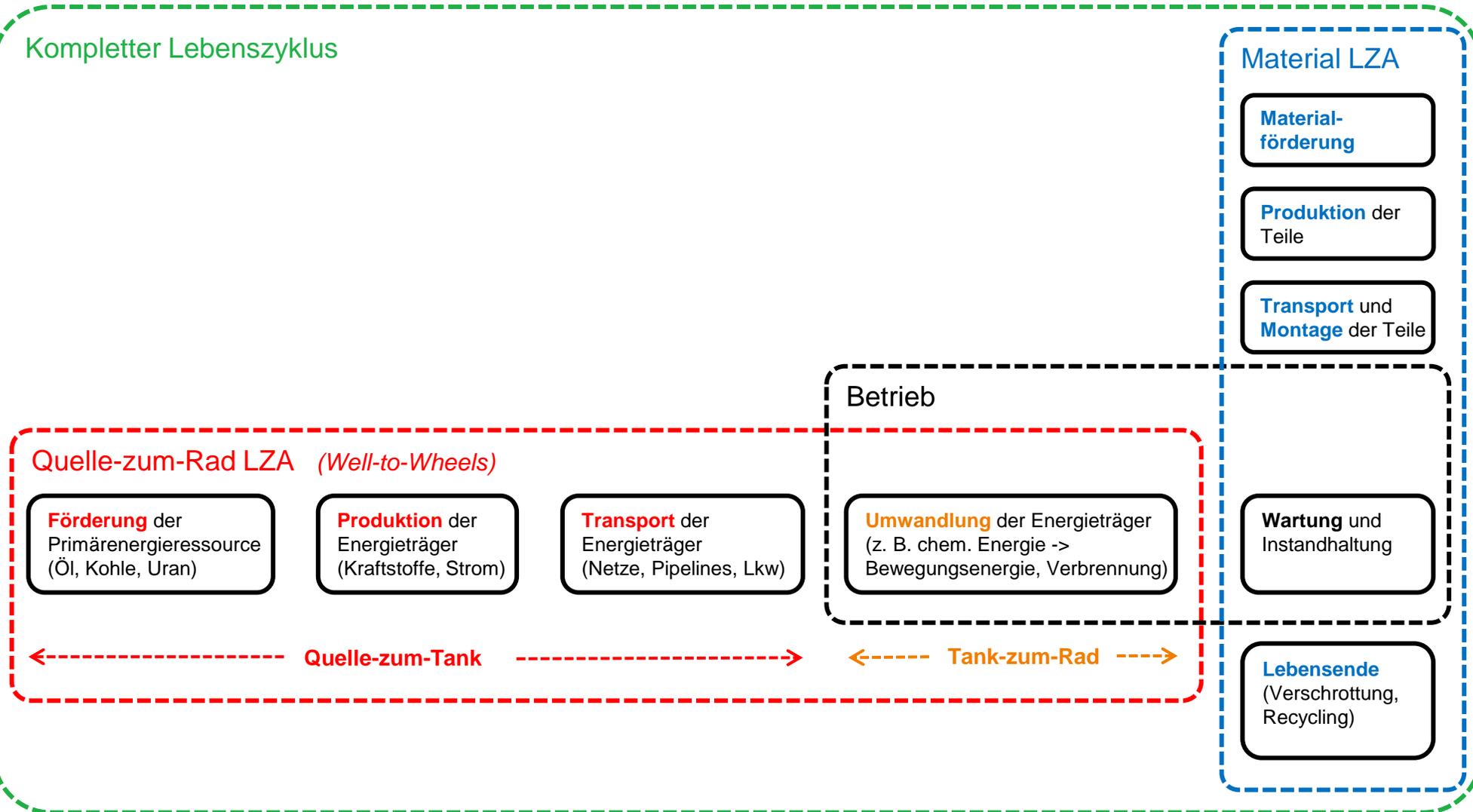
## Klimabilanz Elektromobilität

„Aber woher kommt der Strom...

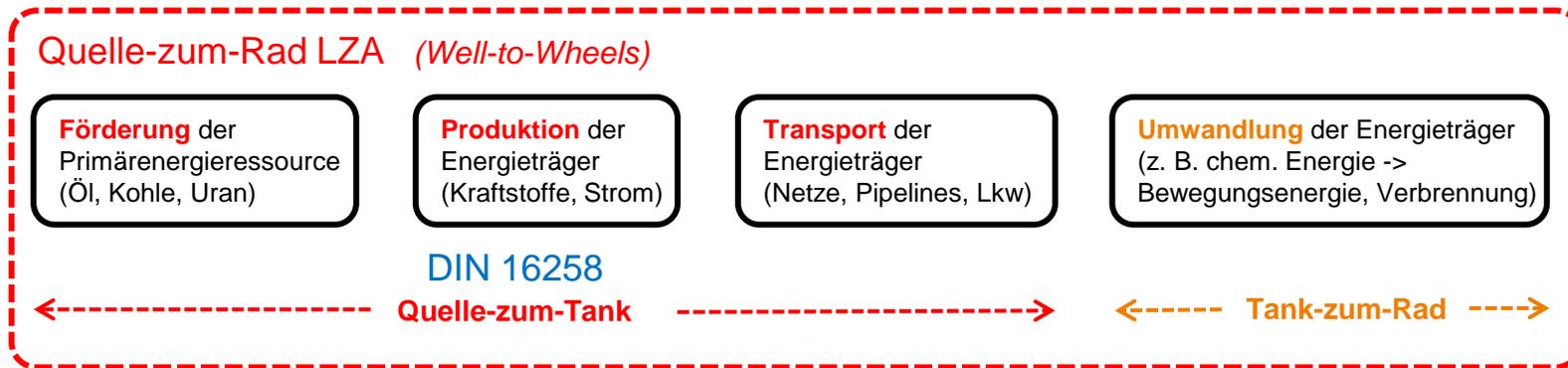
...und woher das Benzin?“

# 5. Klimabilanz – Lebenszyklusanalyse (LZA)

Kompletter Lebenszyklus



# 5. Klimabilanz – Quelle zum Rad (WtW)



# Strom- und Kraftstoffbedarf

- Durchschnittlicher Realverbrauch von Diesel- und Elektrofahrzeugen

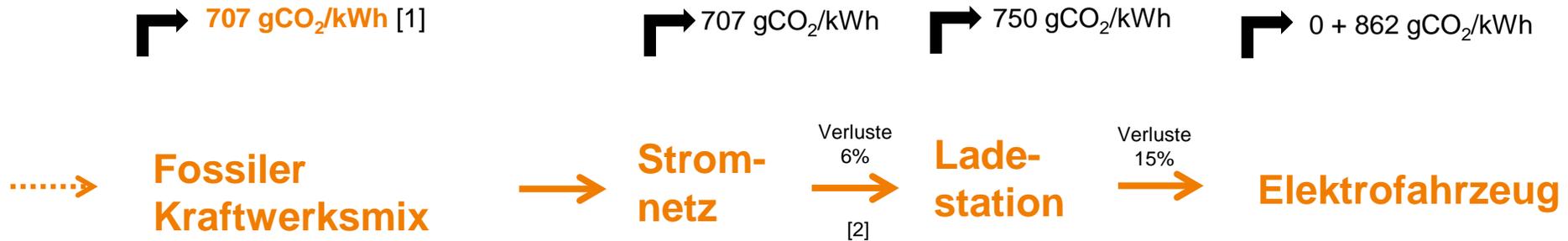
Elektrofahrzeug			
Modell	Anzahl	Ø kWh/100km	≙ l/100km Diesel
Nissan Leaf	6	15,9	1,6
Renault Zoe	21	17,1	1,7
<b>VW e-Golf</b>	<b>13</b>	<b>15,5</b>	<b>1,6</b>
BMW i3	10	14,3	1,5
Model S	15	20,0	2,1
Hyundai IONIQ	3	13,6	1,4

Diesel		
Modell	Anzahl	Ø l/100km
Nissan Note	27	4,8
Renault Clio	47	4,8
<b>VW Golf TDI</b>	<b>24</b>	<b>5,4</b>
BMW 1er	55	5,7
BMW 5er	27	8,6
Hyundai i30	66	5,4

Quelle der Daten: Spritmonitor.de (11.01.2018)

Eingaben: Laufleistung: mindestens 15.000 km  
 Baujahr: 2014-2017  
 Verbrauch: Durchschnittswert

# Well-To-Wheel – Fossiler Strommix



e-Golf mit fossilem Strommix

862 g/kWh

x 0,155 kWh/km

= **134 gCO<sub>2</sub>/km**

Golf TDI Betrieb

2490 g/l

x 0,054 l/km

= **134 gCO<sub>2</sub>/km**



Quelle:

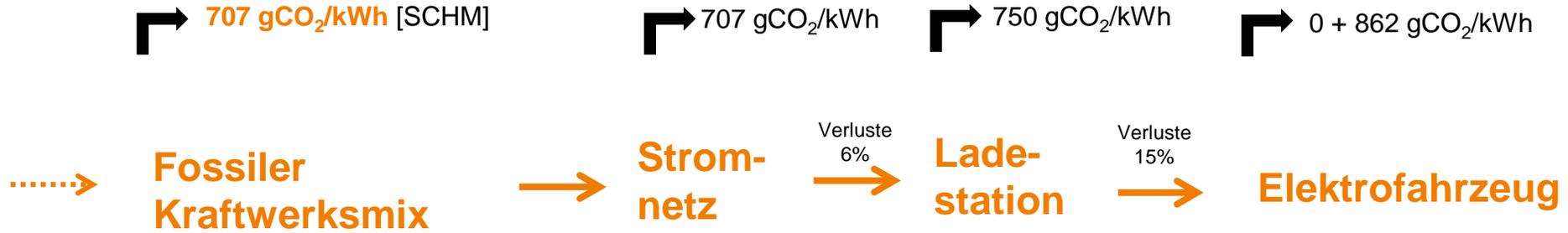
[1] [goo.gl/V13Gws](http://goo.gl/V13Gws)

[2] [goo.gl/w3RgWt](http://goo.gl/w3RgWt) bzw. [goo.gl/wDUfVn](http://goo.gl/wDUfVn)

**Diesel**

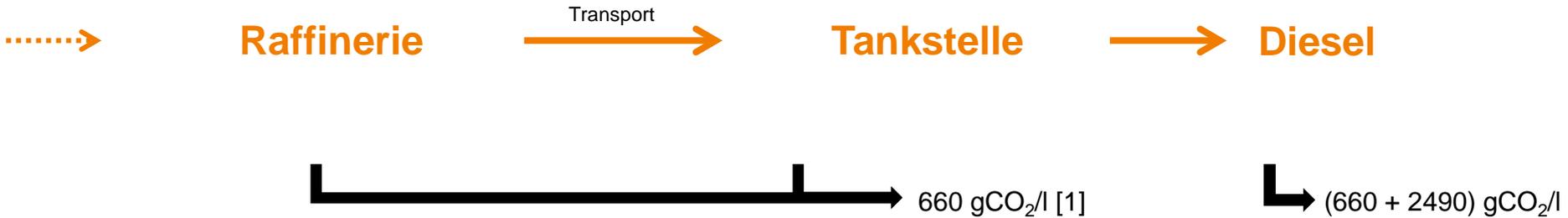
↙ **2.490 gCO<sub>2</sub>/l** → **257 gCO<sub>2</sub>/kWh** [1]

# Well-To-Wheel – Fossiler Strommix

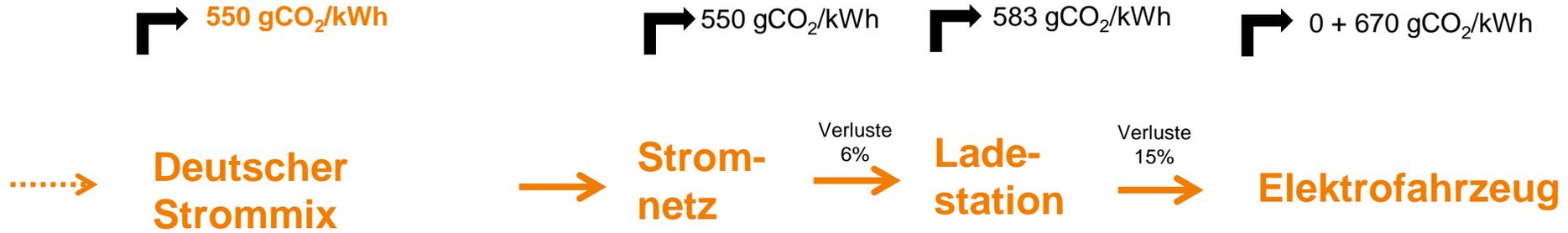


e-Golf mit fossilem Strommix	862 g/kWh	x 0,155 kWh/km	= 134 gCO <sub>2</sub> /km
Golf TDI Diesel + Betrieb	(660 + 2490) g/l	x 0,054 l/km	= 170 gCO <sub>2</sub> /km

- 21%

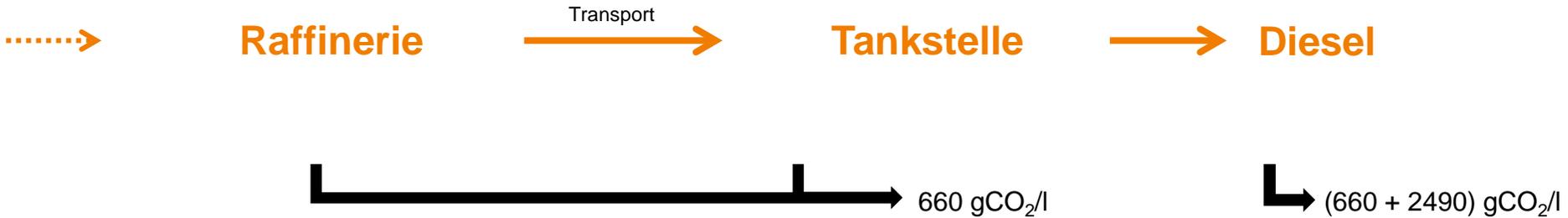


# Well-To-Wheel – Deutscher Strommix



e-Golf mit Strommix	670 g/kWh	x 0,155 kWh/km	= <b>104 gCO<sub>2</sub>/km</b>
Golf TDI Diesel + Betrieb	(660 + 2490) g/l	x 0,054 l/km	= <b>170 gCO<sub>2</sub>/km</b>

- 39%

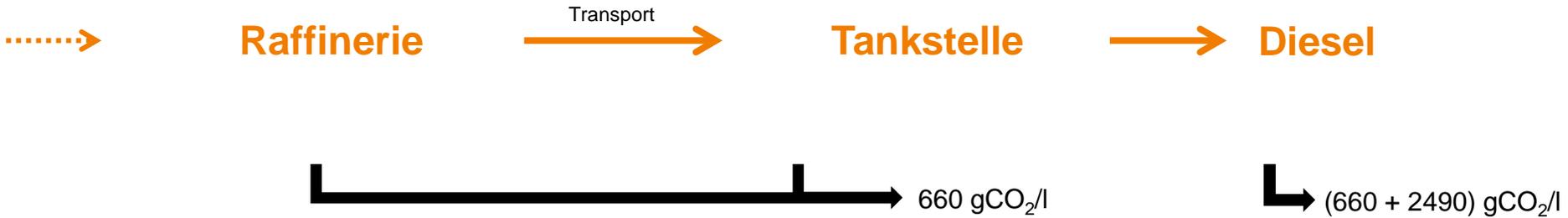


# Well-To-Wheel – Zertifizierter Ökostrom

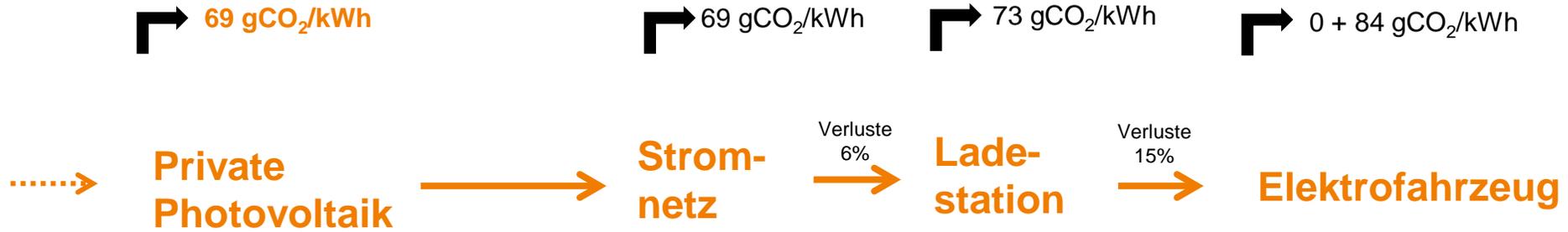


e-Golf mit Ökostrom	357 g/kWh	x 0,155 kWh/km	= 55 gCO <sub>2</sub> /km
Golf TDI Diesel + Betrieb	(660 + 2490) g/l	x 0,056 l/km	= 176 gCO <sub>2</sub> /km

- 68%

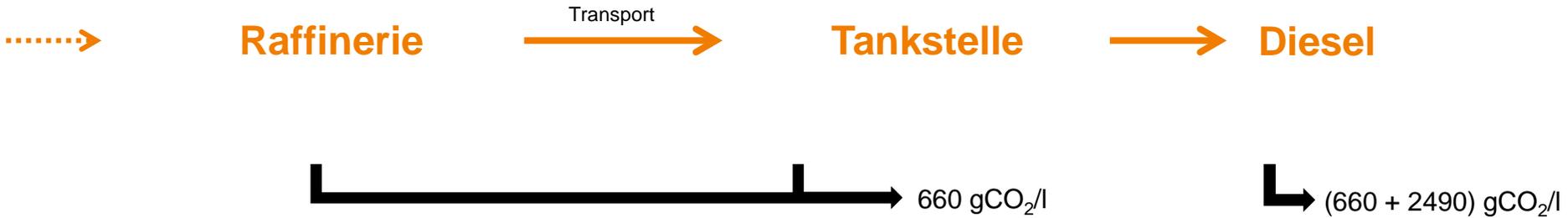


# Well-To-Wheel – Photovoltaik



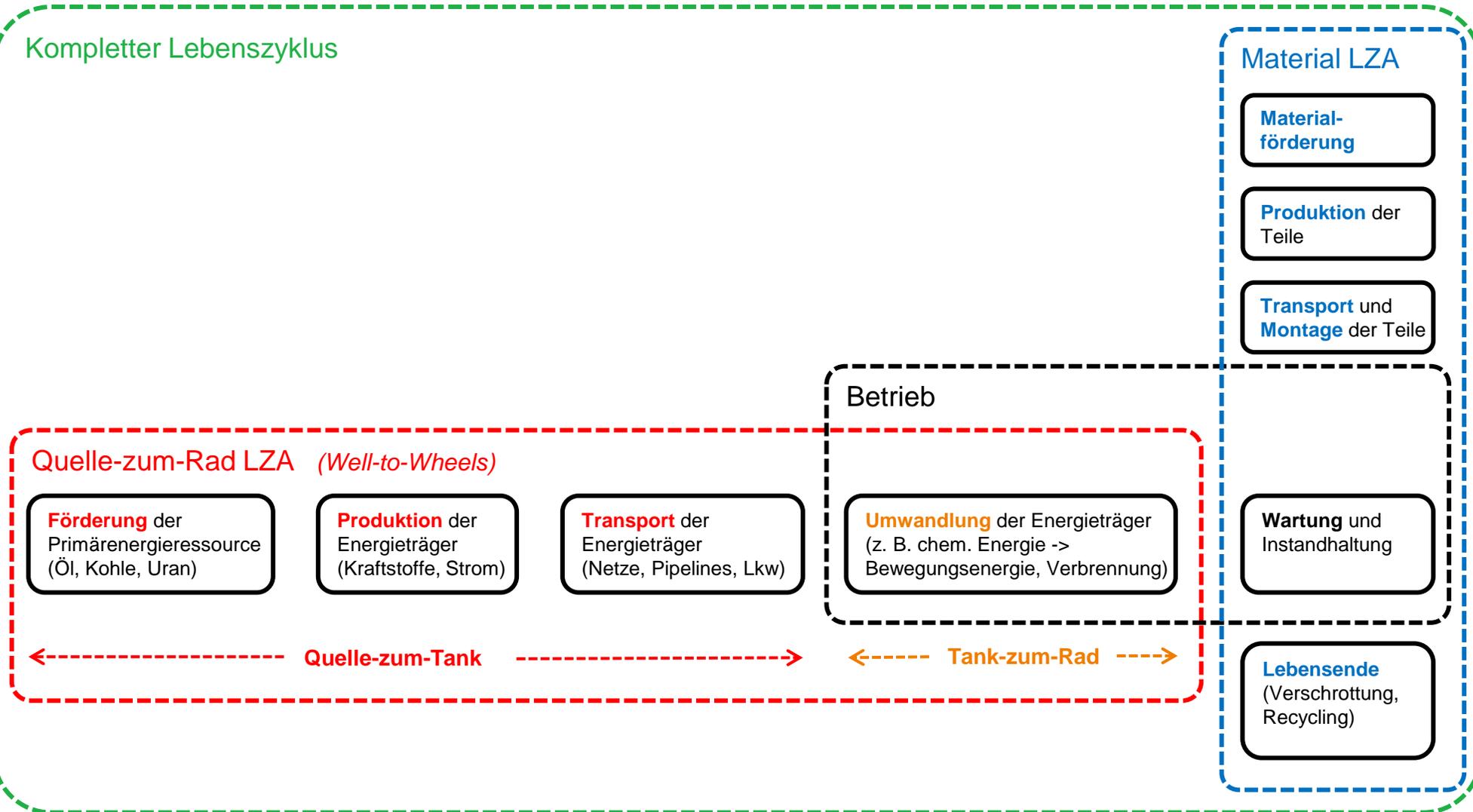
e-Golf mit Photovoltaik	84 g/kWh	x 0,155 kWh/km	= 13 gCO <sub>2</sub> /km
Golf TDI Diesel + Betrieb	(660 + 2490) g/l	x 0,056 l/km	= 176 gCO <sub>2</sub> /km

- 92%



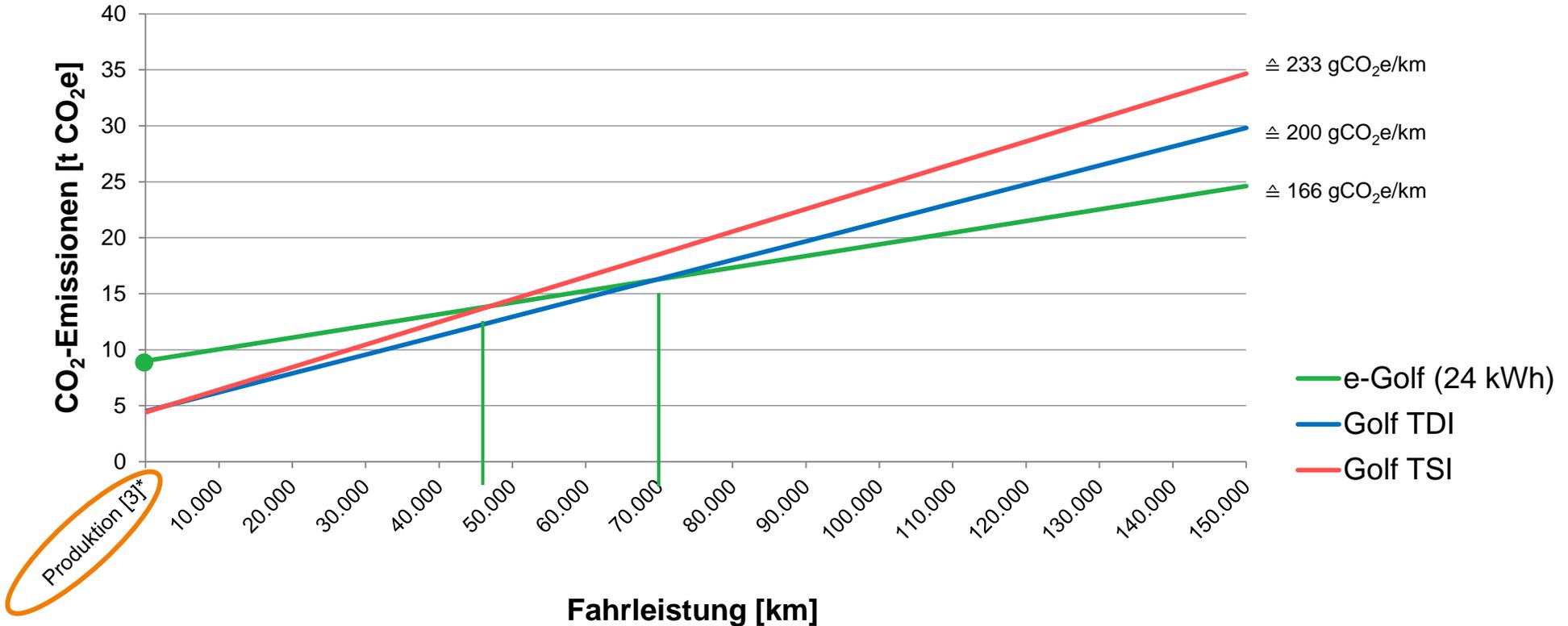
# 5. Klimabilanz – Lebenszyklusanalyse (LZA)

Kompletter Lebenszyklus



# Lebenszyklusanalyse

## Laden mit deutschem Strommix [1]

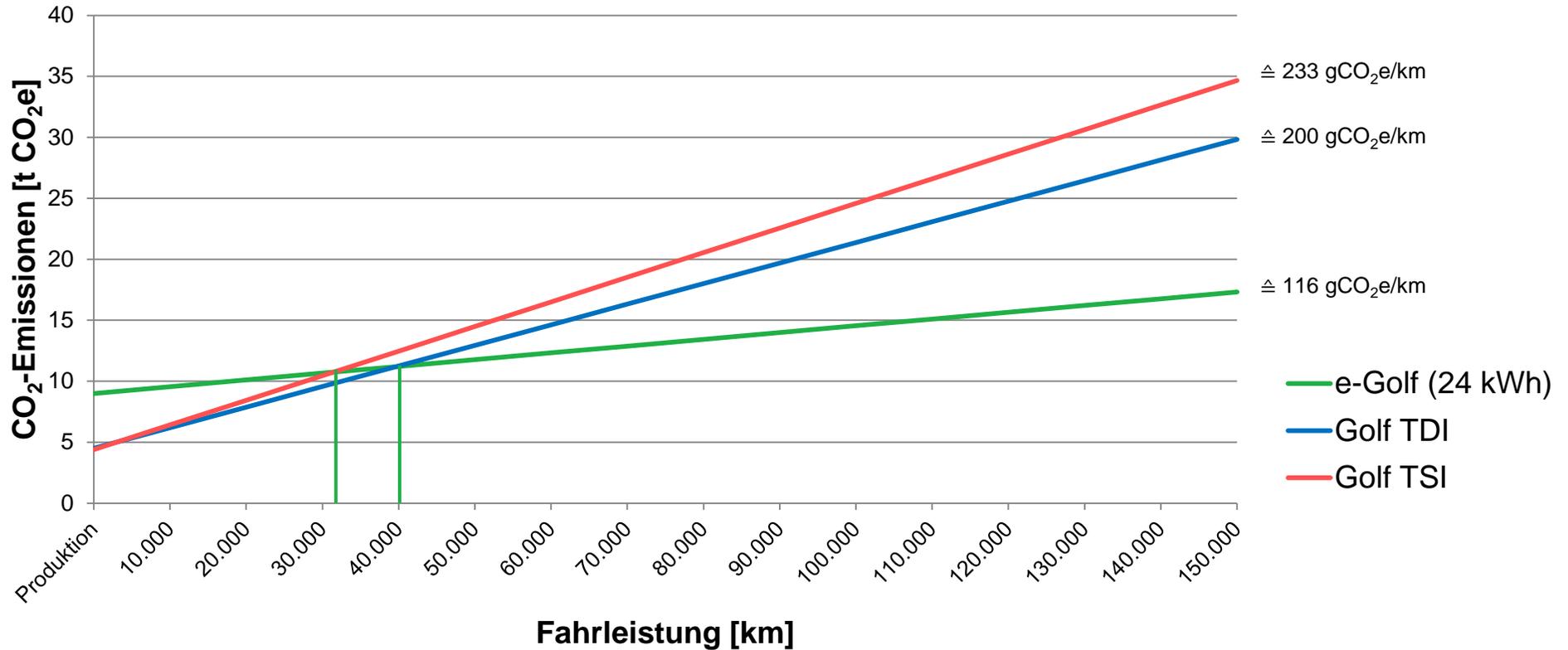


- e-Golf vs. Golf TSI: Emissionsvorteil nach ca. **47.000 km**      Gesamteinsparung: ca. **10 t**
- e-Golf vs. Golf TDI: Emissionsvorteil nach ca. **70.000 km**      Gesamteinsparung: ca. **5 t**

Quellen: [3] [goo.gl/ULejq3](http://goo.gl/ULejq3) bzw. [goo.gl/14T43V](http://goo.gl/14T43V)

# Lebenszyklusanalyse

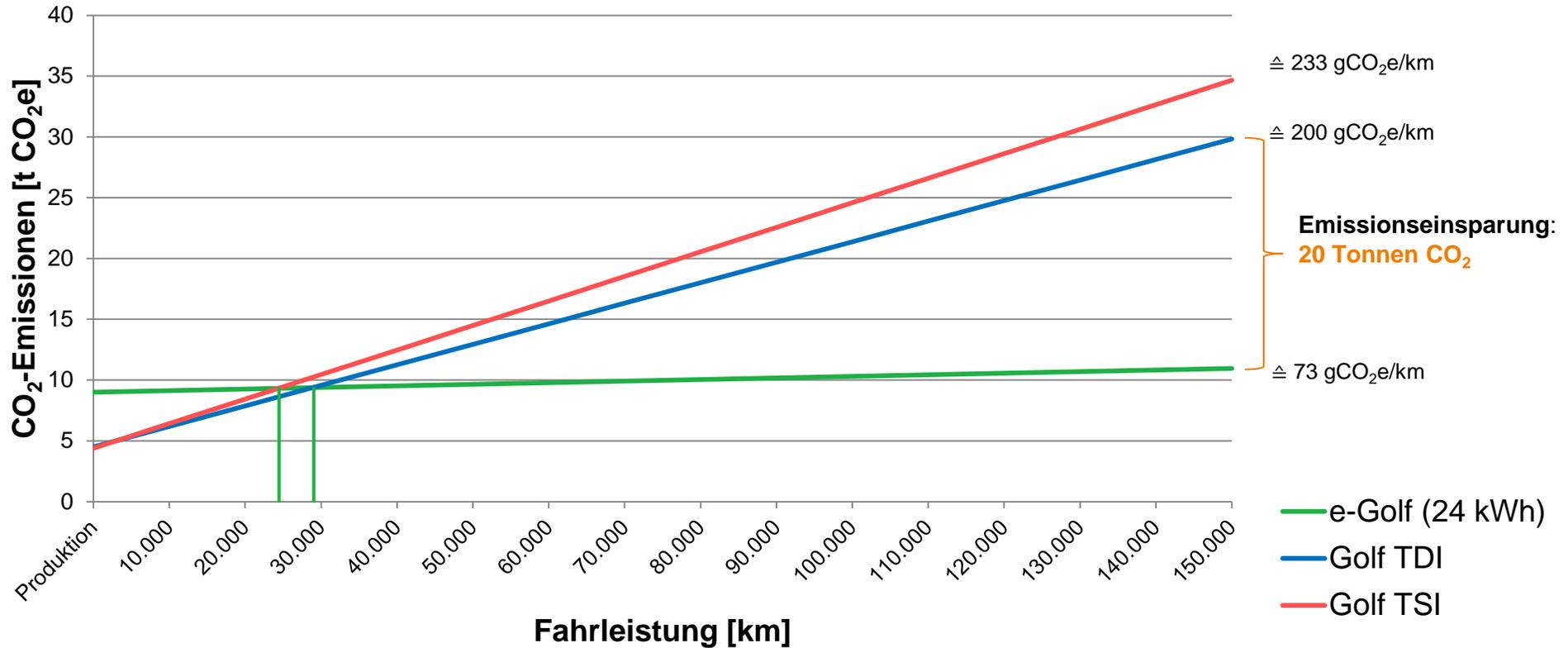
## Laden mit Ökostrom (OK-Power Label)



- e-Golf vs. Golf TSI: Emissionsvorteil nach ca. **31.000 km**      Gesamteinsparung: ca. **17,5 t**
- e-Golf vs. Golf TDI: Emissionsvorteil nach ca. **40.000 km**      Gesamteinsparung: ca. **12,5 t**

# Lebenszyklusanalyse

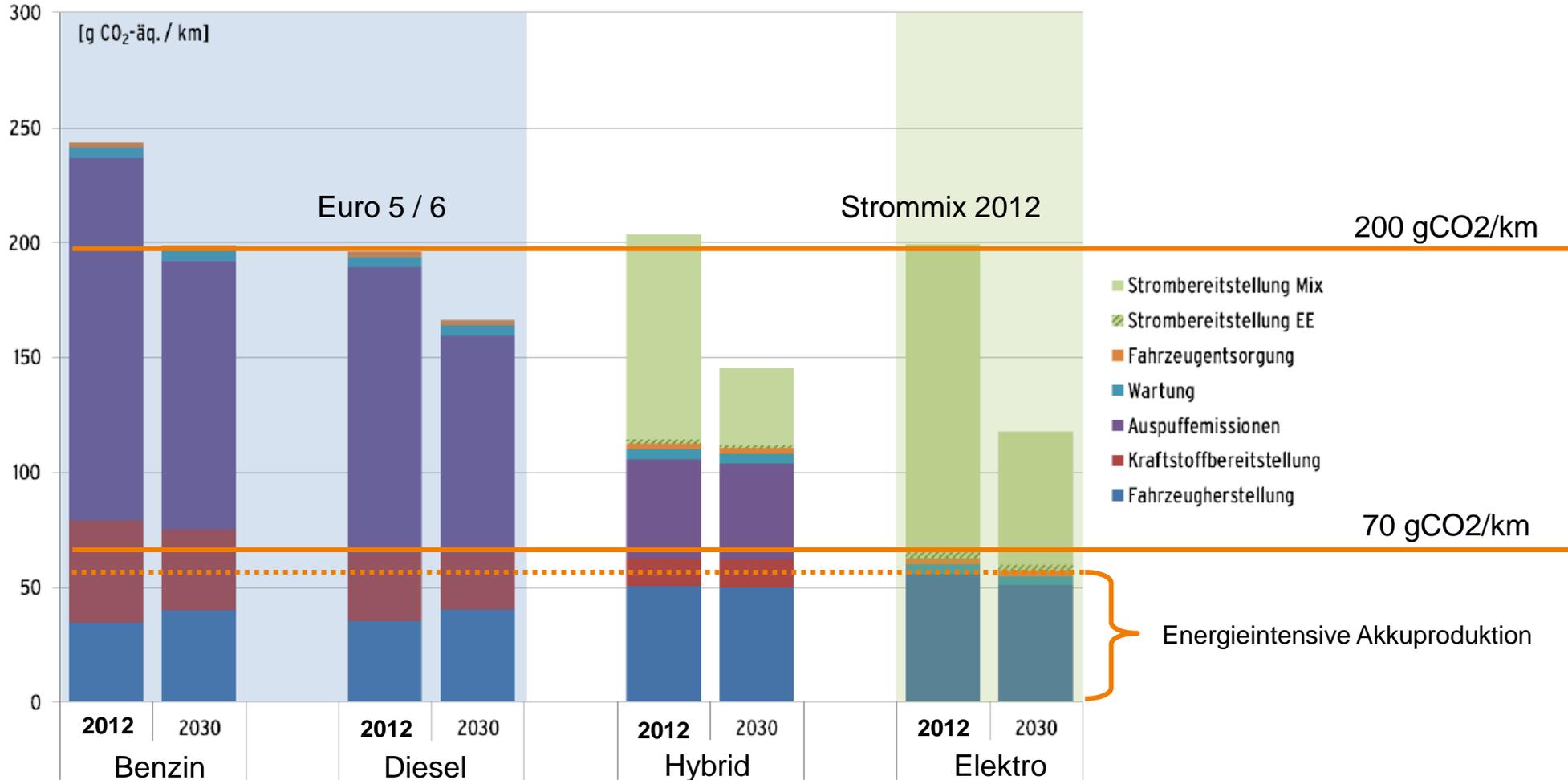
## Laden mit Photovoltaik



- e-Golf vs. Golf TSI: Emissionsvorteil nach ca. **25.000 km**      Gesamteinsparung: ca. **25 t**
- e-Golf vs. Golf TDI: Emissionsvorteil nach ca. **29.000 km**      Gesamteinsparung: ca. **20 t**

**15.000 km**  $\cong$  **1.100 kgCO<sub>2</sub>**  $\cong$  **zwei sportlichen Menschen**

# 5. Klimabilanz – Lebenszyklus



Quelle: ifeu Institut Heidelberg, "Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen", 2016

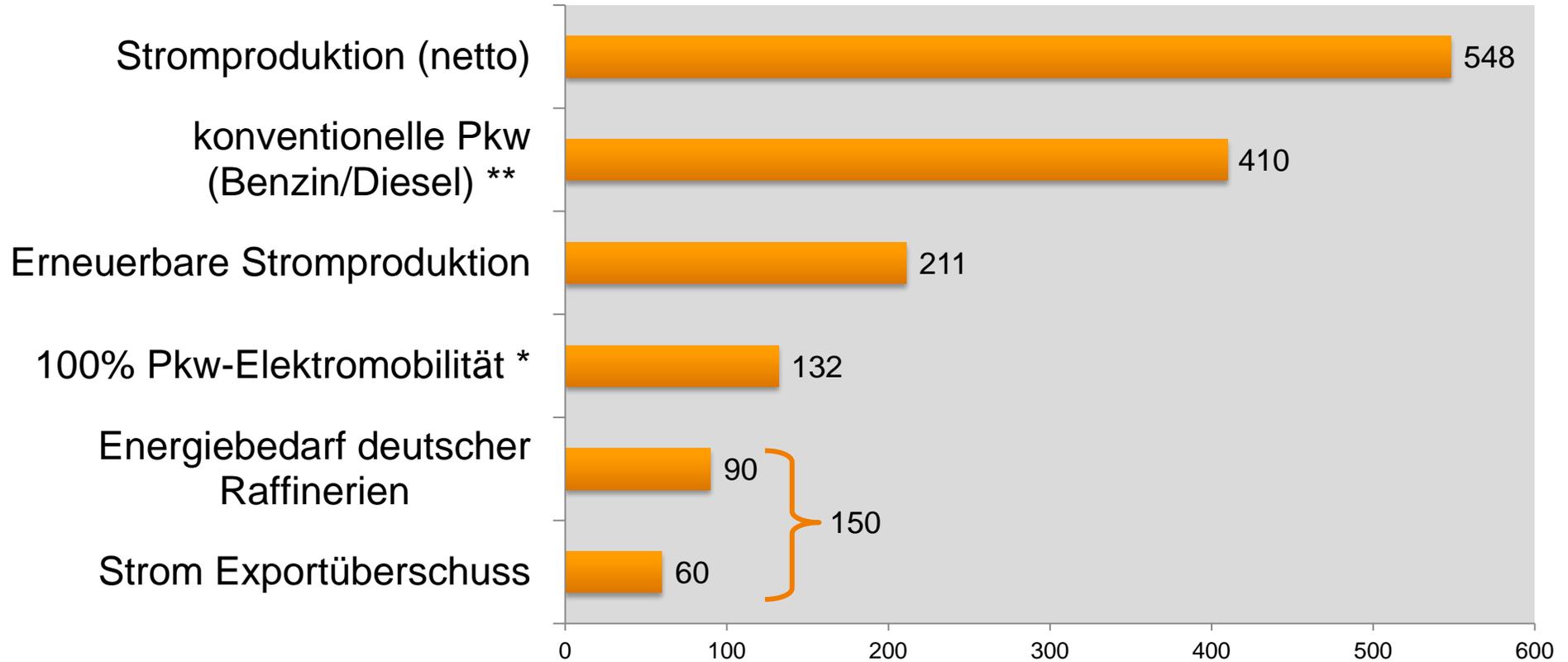
# Stromerzeugung Deutschland - Perspektive

■ Planung	Kohlekraftwerke	9	Umsetzung: unwahrscheinlich
	Kernkraftwerke	0	
■ Abschaltung	Braunkohlekraftwerke	8	bis 2020 / bezahlte Reserve
	Kernkraftwerke	8	bis 2022
➤ Maßnahmen	Erneuerbare Energien ggf. Kohleausstieg Modernisierungen Speicher Digitalisierung Energieeffizienz GuD / Power-to-X Netzausbau		



# 5. Klimabilanz - Relation

## Energie in TWh pro Jahr



\* 636 Milliarden Kilometer (Stand 2015) \* 0,17 kWh/km \* 1,06 \* 1,15 = 132 TWh  $\triangleq$  ca. 46 Millionen Pkw

\*\* Pkw: 25 Mio. Liter Benzin / 20 Mio. Liter Diesel (Stand 2015)



**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

**Oliver Geissler (M. Sc.), Themengebiet Photovoltaik, EnergieAgentur.NRW**

**geissler@energieagentur.nrw**