

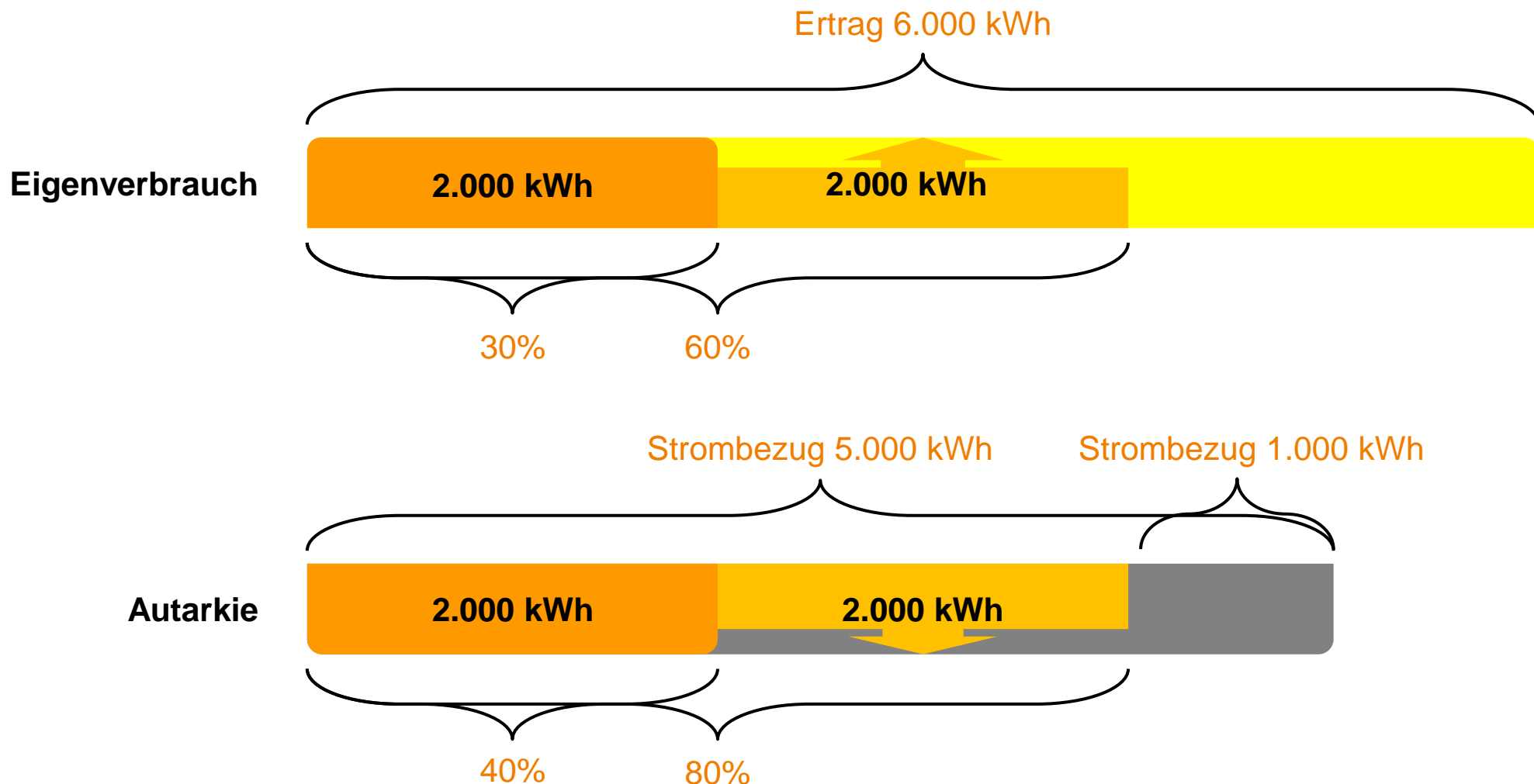
Photovoltaik Speicher Elektromobilität



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 (LiFePO₄)

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

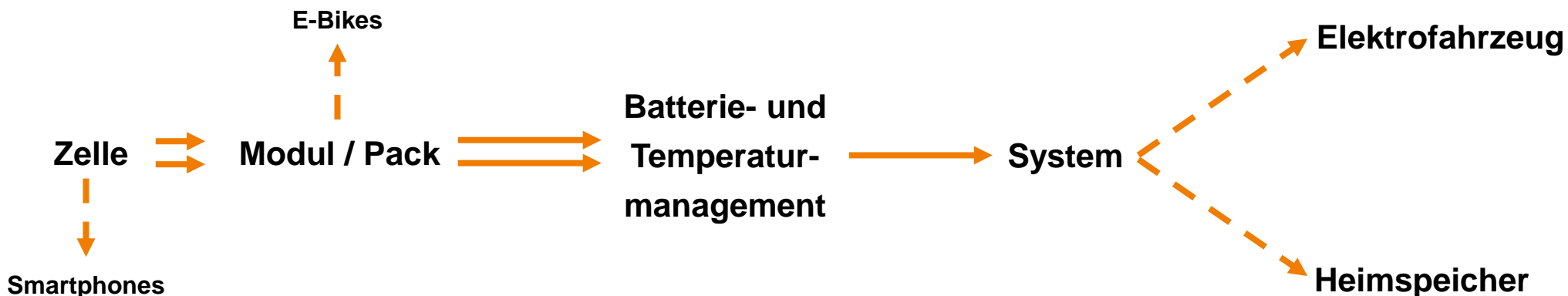
Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Akku (NCA)

Lithium-Kobalt-Akku (Li-CoO₂)

Lithium-Mangan-Akku (LiMn₂O₄)

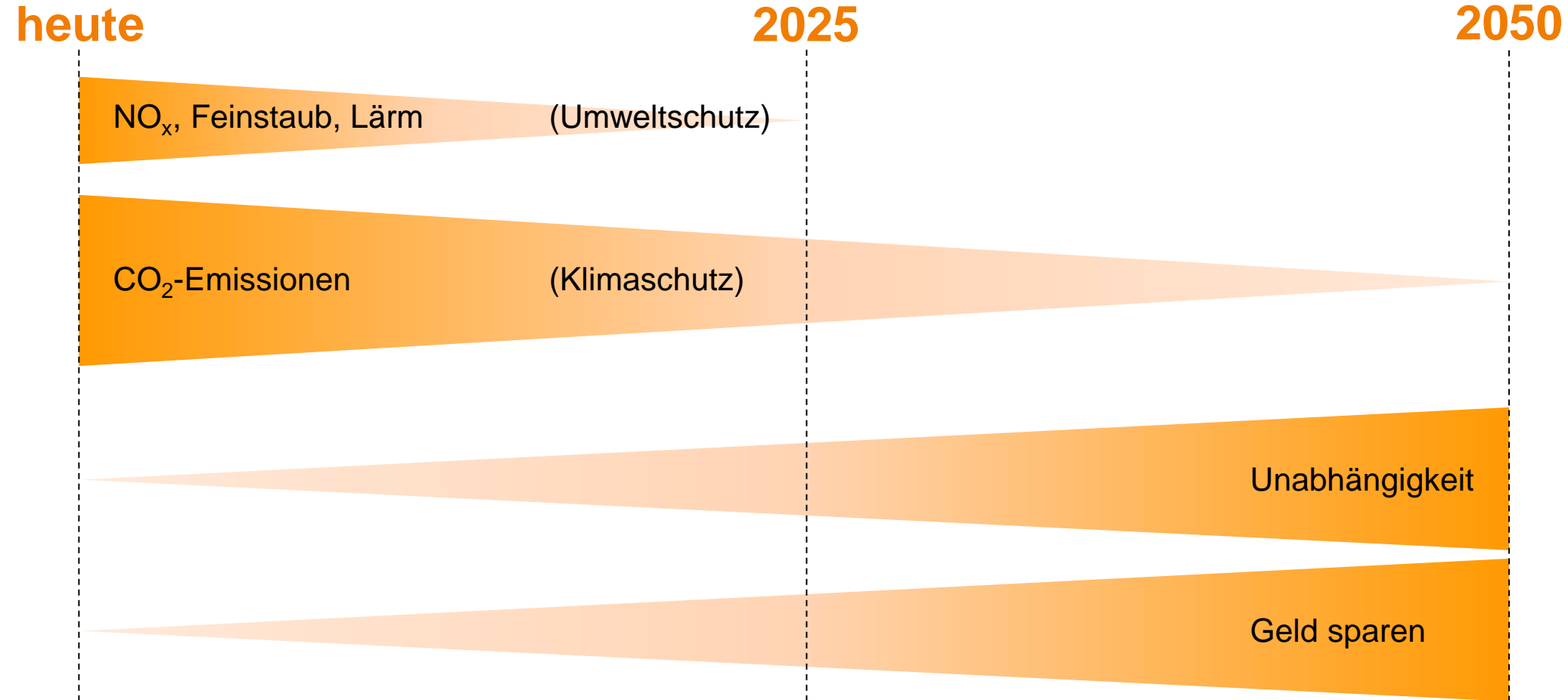
Lithiumtitanat-Akku

Heimspeicher
Fahrzeuge



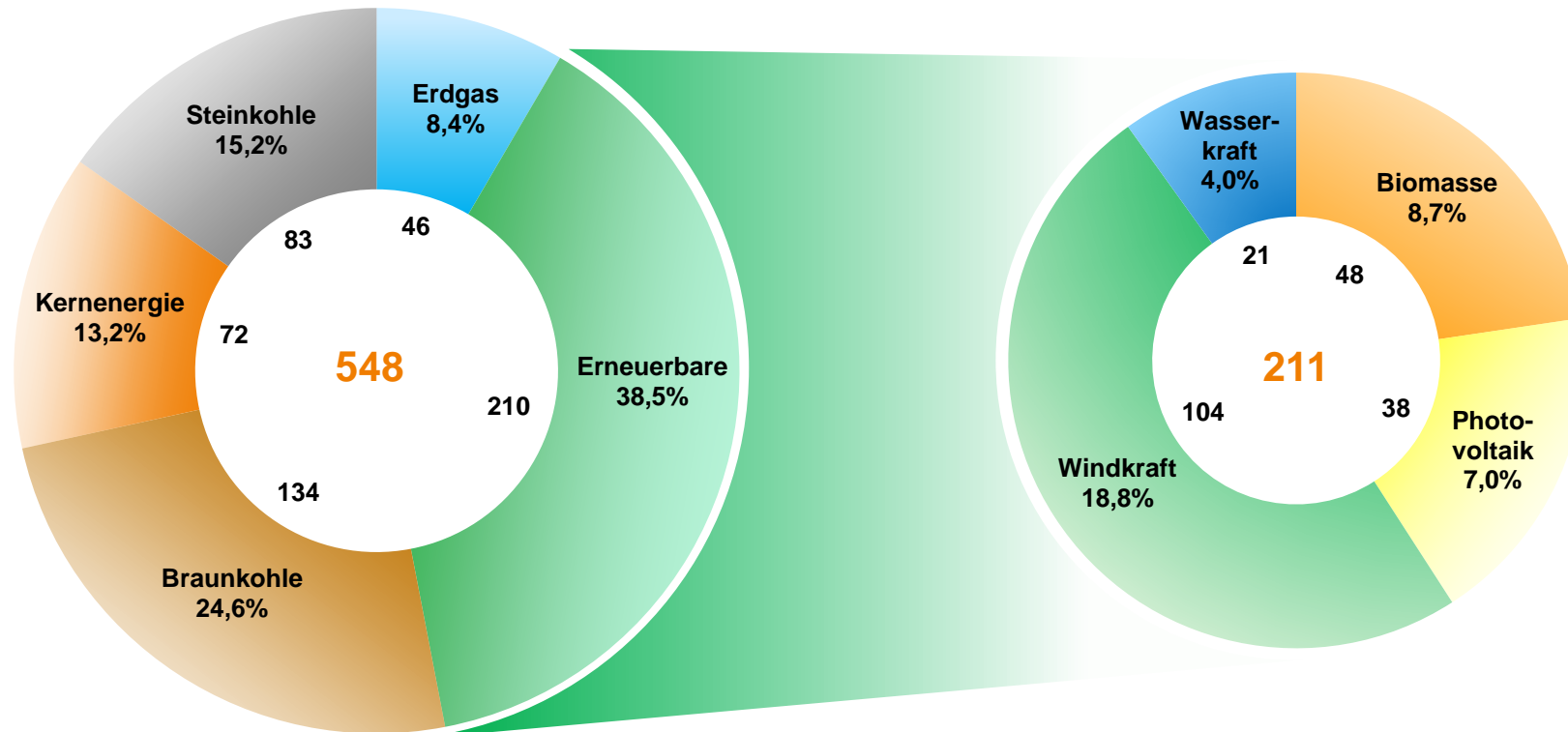
2. Rahmenbedingungen - Motivation

Hauptmotivationen für den Umstieg auf Erneuerbare Energien und Elektrifizierung:



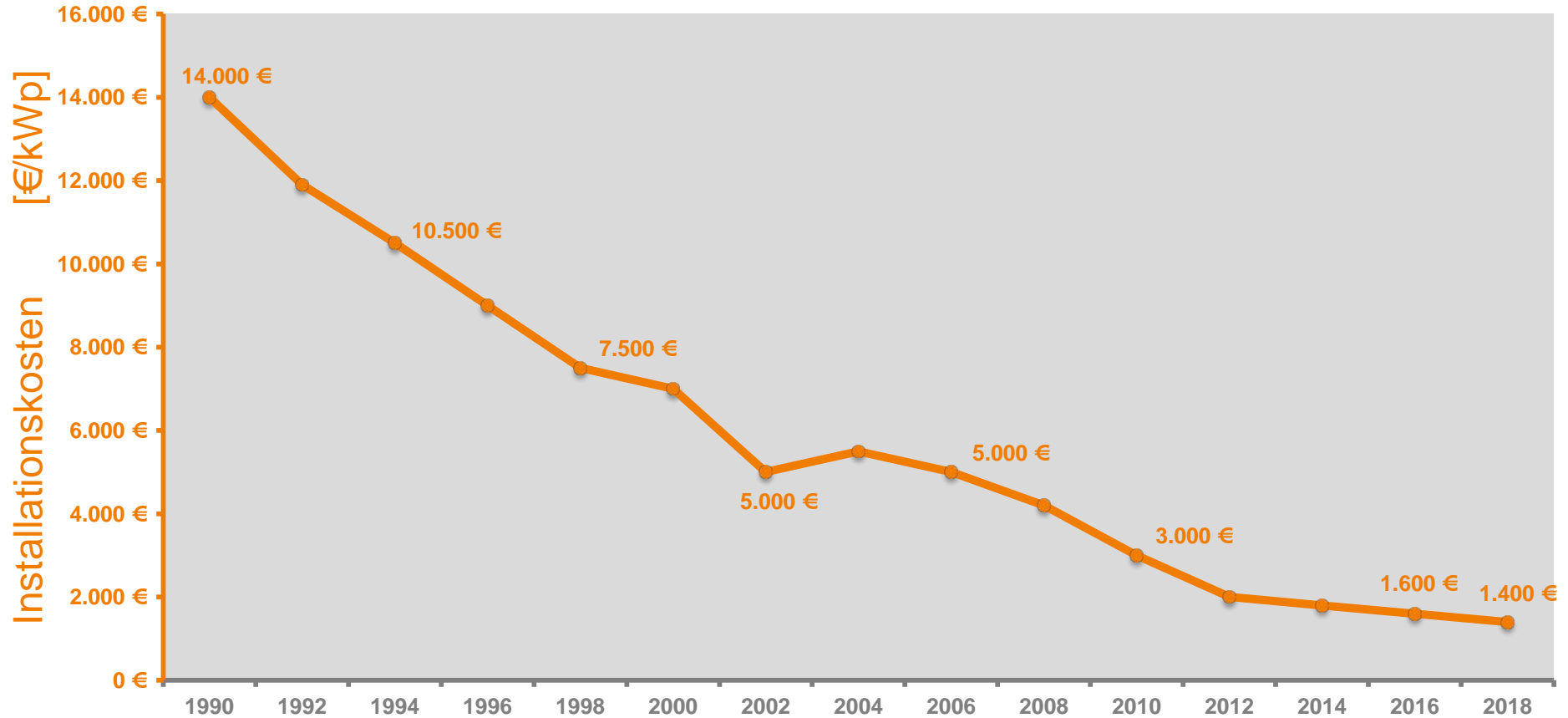
2. Rahmenbedingungen – Strommix Deutschland

Nettostromerzeugung in Deutschland 2017 in TWh



CO₂-Emissionen 2017 Strommix: 527 gCO₂/kWh
 Erneuerbare: 39 gCO₂/kWh

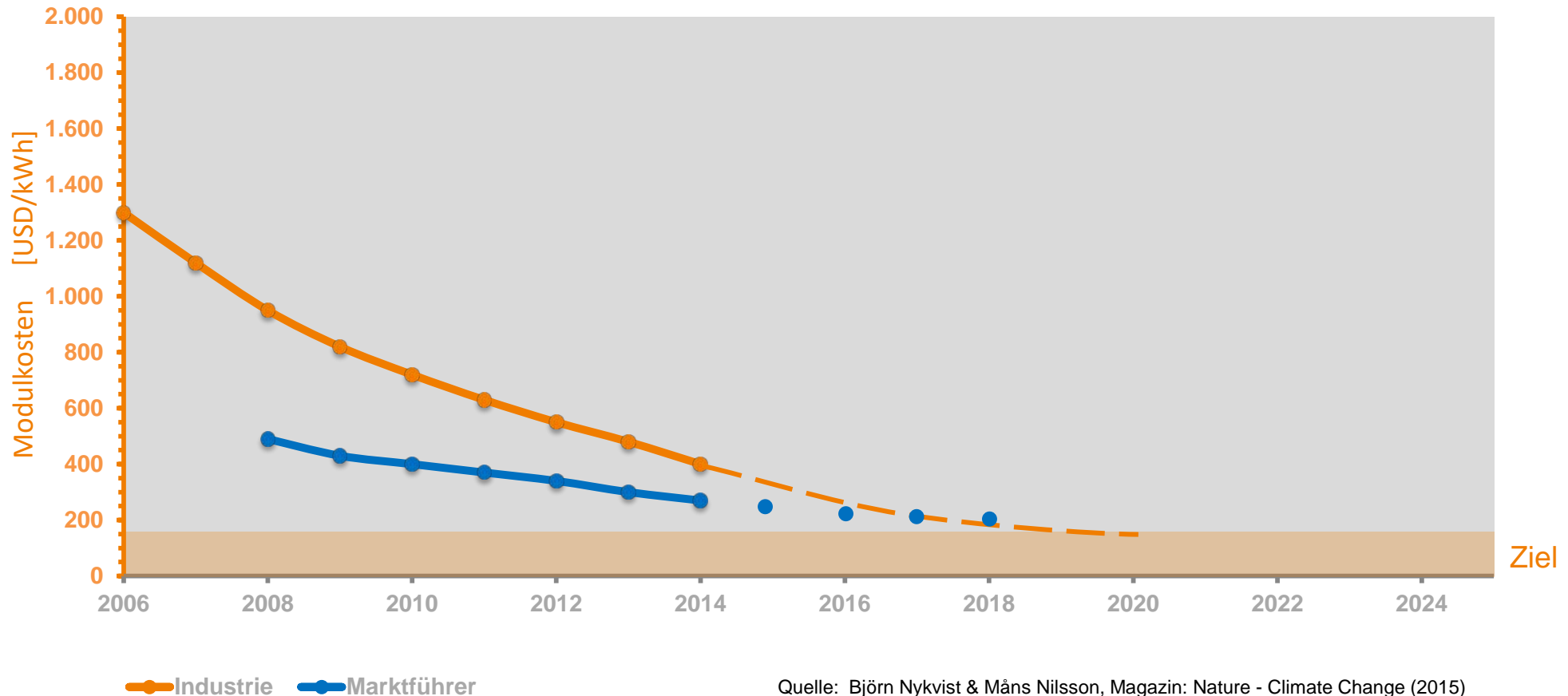
2. Rahmenbedingungen – Installationskosten



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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Kaufpreis} + \text{jährliche Ausgaben} \times \text{Laufzeit}}{\text{jährlicher Stromertrag} \times \text{Laufzeit}} \\
 &= \frac{16\,600 \text{ €} + 435 \text{ €/Jahr} \times 25 \text{ Jahre}}{9.500 \text{ kWh/Jahr} \times 25 \text{ Jahre}} = \mathbf{11,5 \text{ ct/kWh}}
 \end{aligned}$$

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

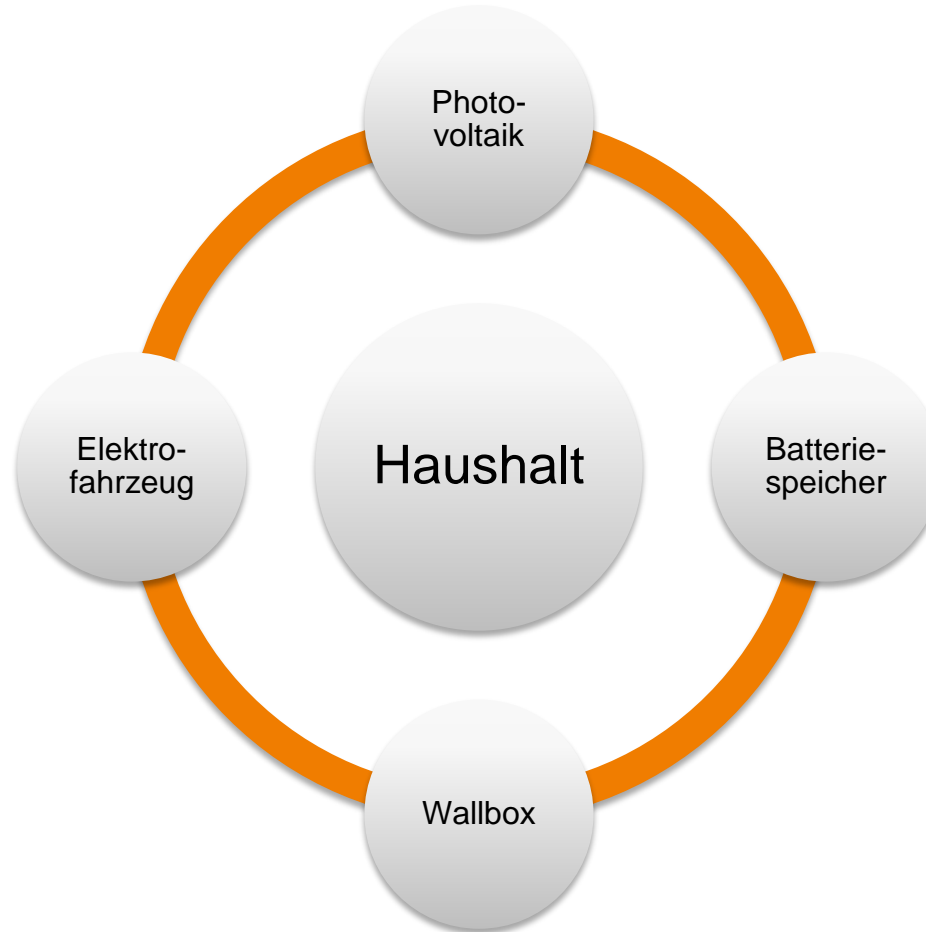
Weitere Informationen:

goo.gl/vFhooY

bzw.

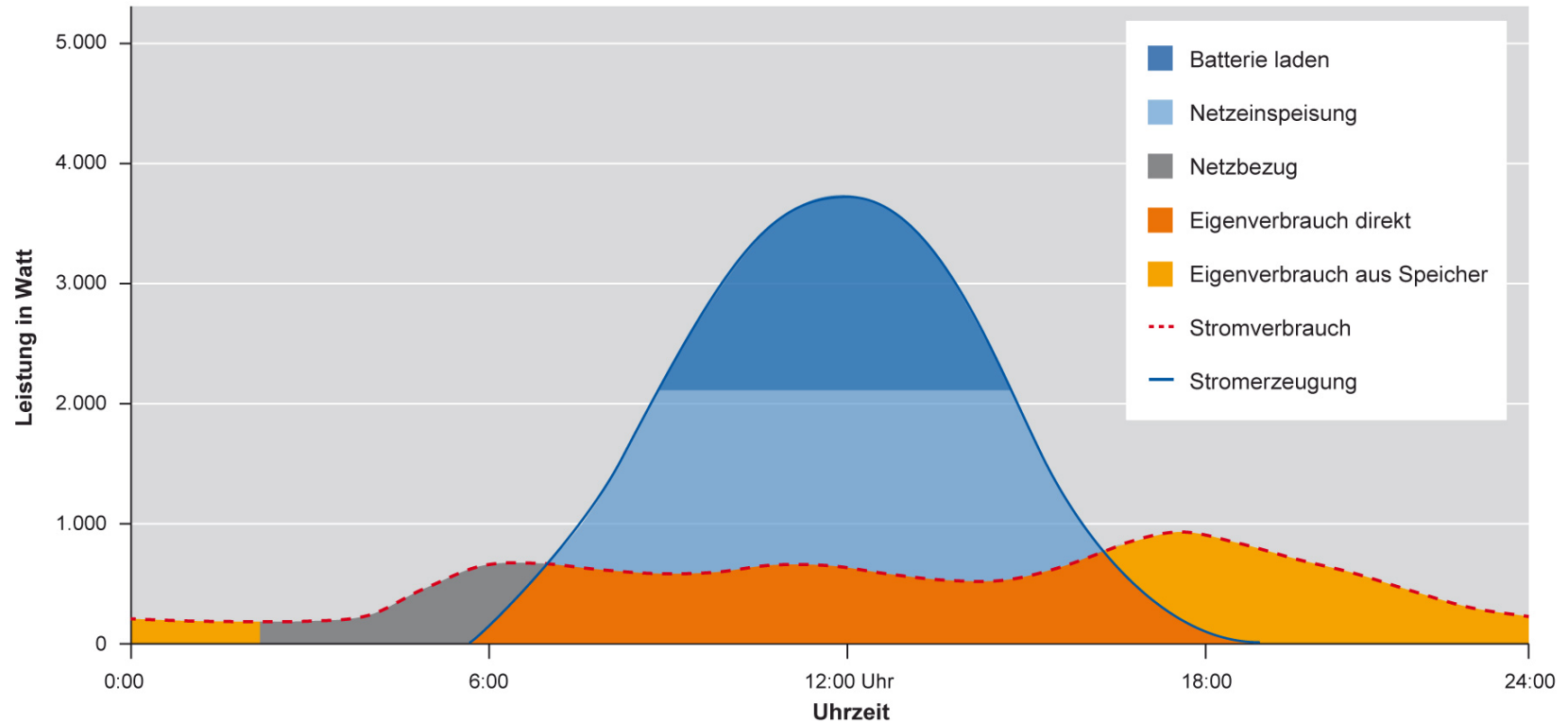
goo.gl/LBUbLs

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 m²
- 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)

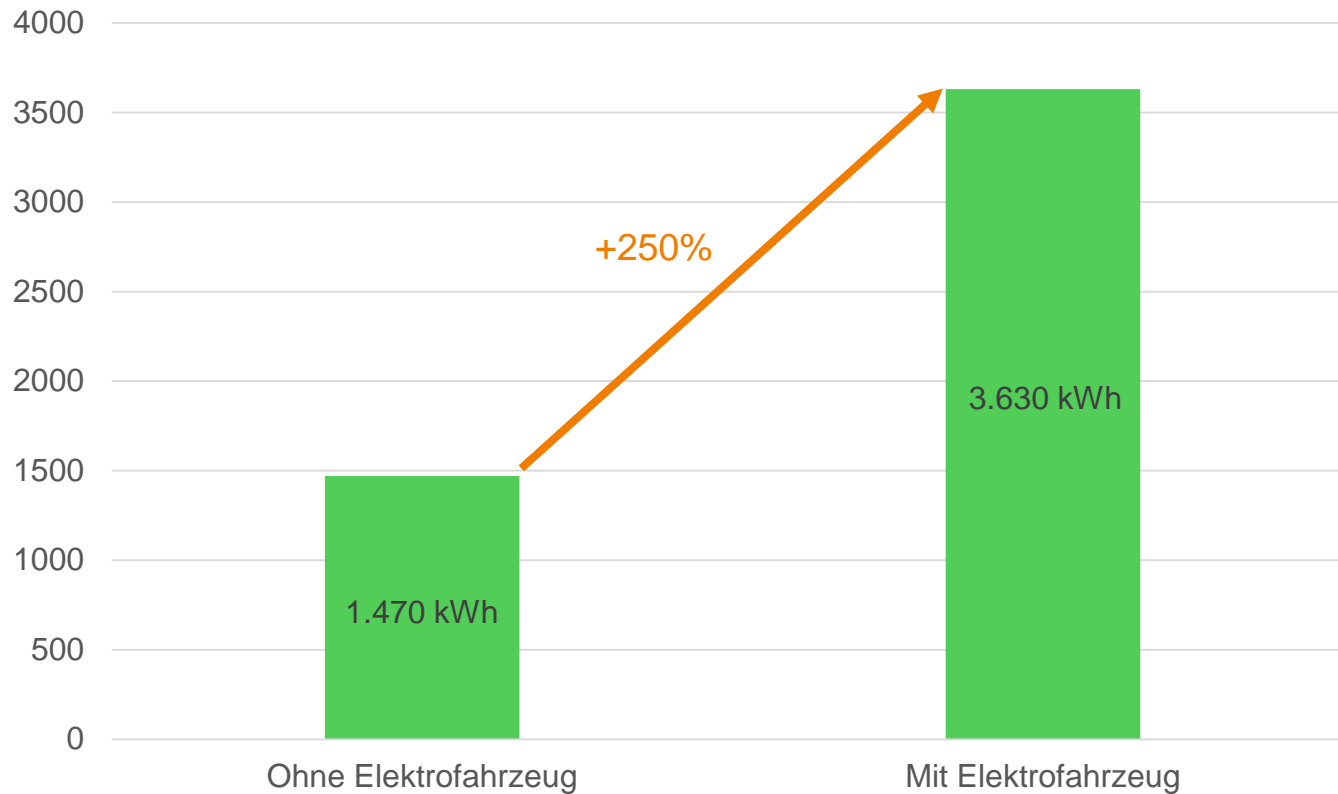
- Fahrleistung, 13.500 km pro Jahr
- Geladene Strommenge 2.820 kWh pro Jahr
- ø Realverbrauch 18 kWh/100km
- **Eigenverbrauch 80%**

+ 10 %-Punkte



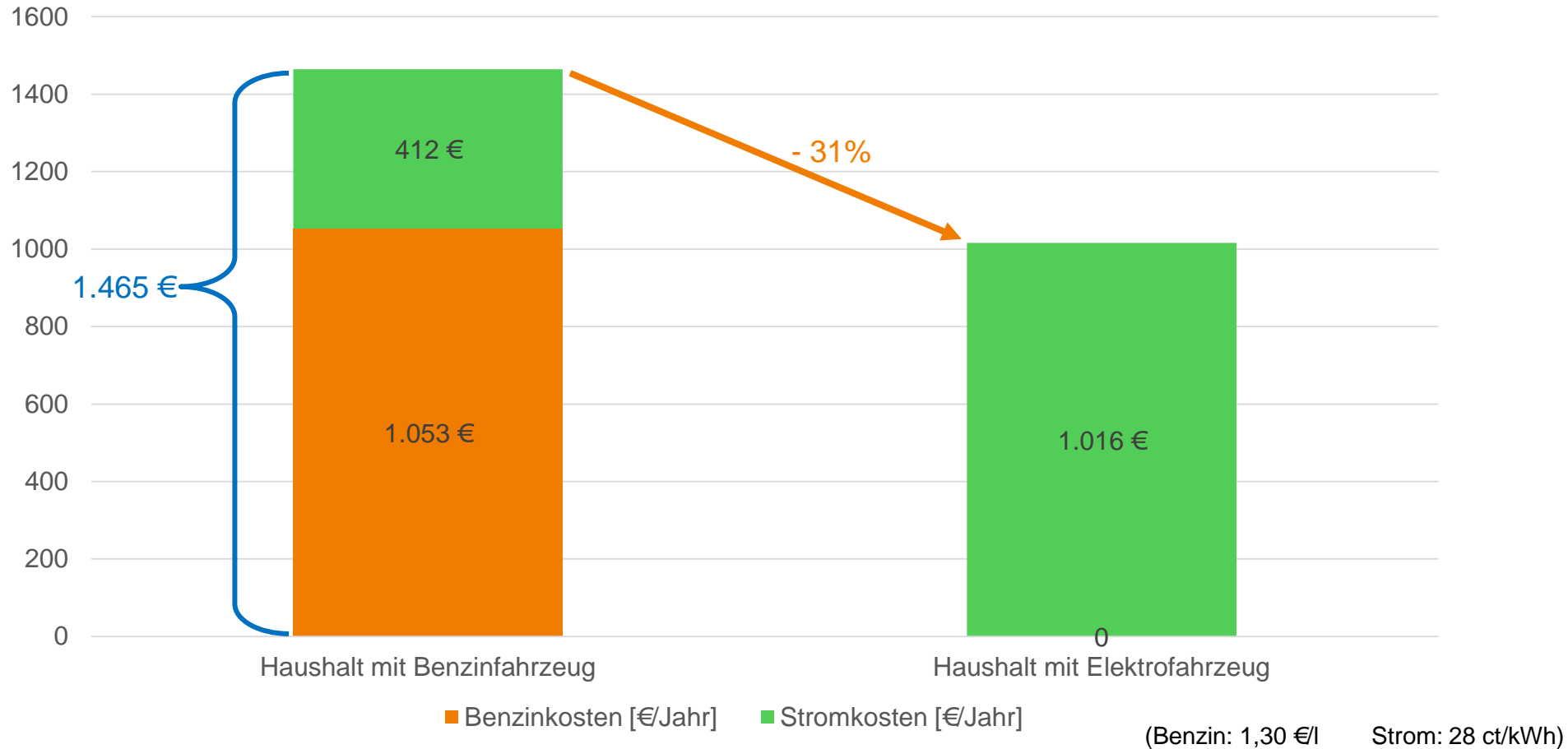
4. Anwendung - Hinzunahme des Elektrofahrzeugs

Netzbezug



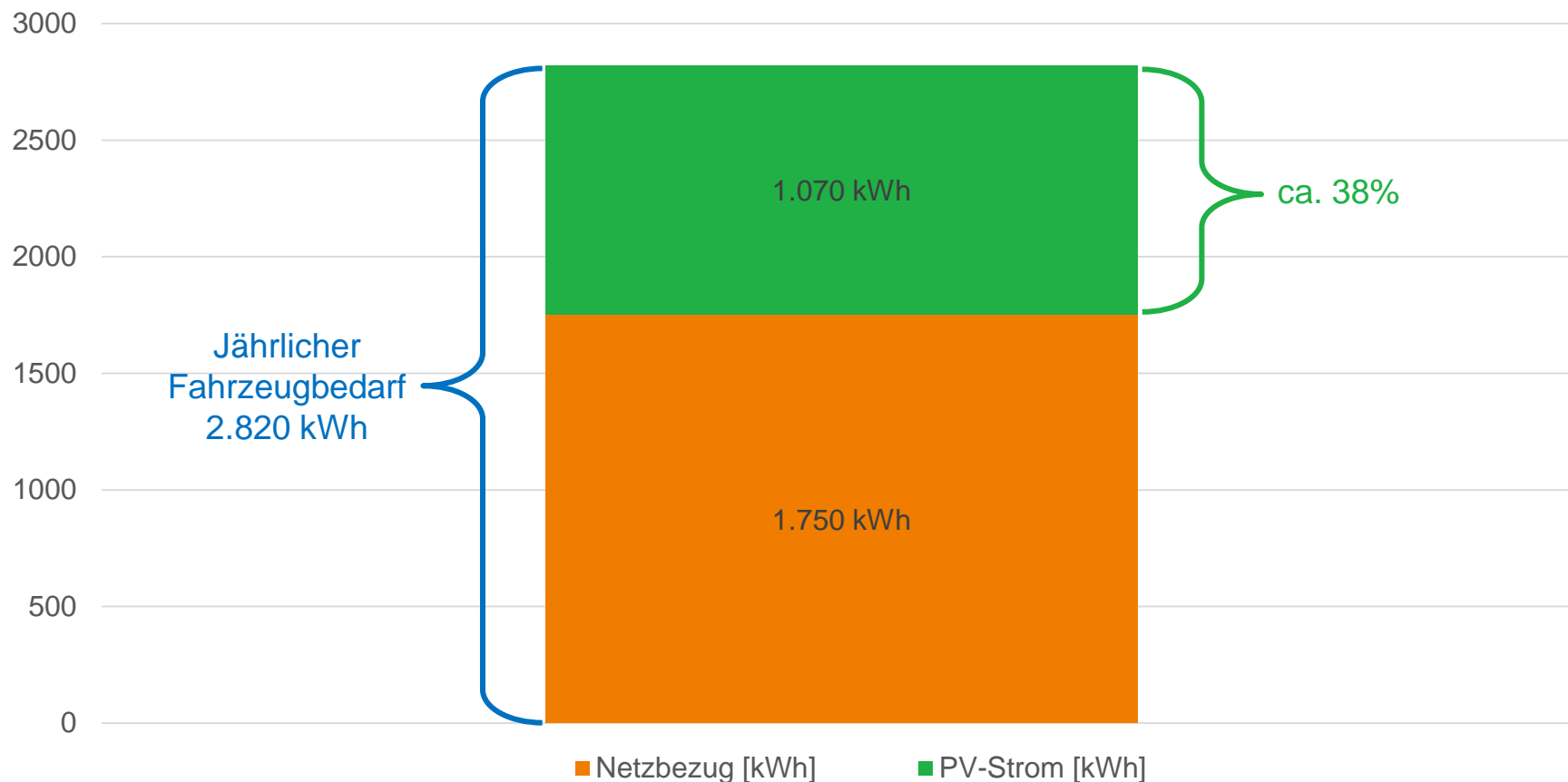
4. Anwendung - Hinzunahme des Elektrofahrzeugs

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 €
Ersparnis pro Jahr				265 €

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.	855 €

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 %
	01.01.2018 - 30.06.2018	10 %
	01.07.2018 - 31.12.2018 (Programmende)	10 %

- **Für Neuanlagen und Speichernachrüstung**

4. Anwendung - Fördermöglichkeiten

- Speicher: 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

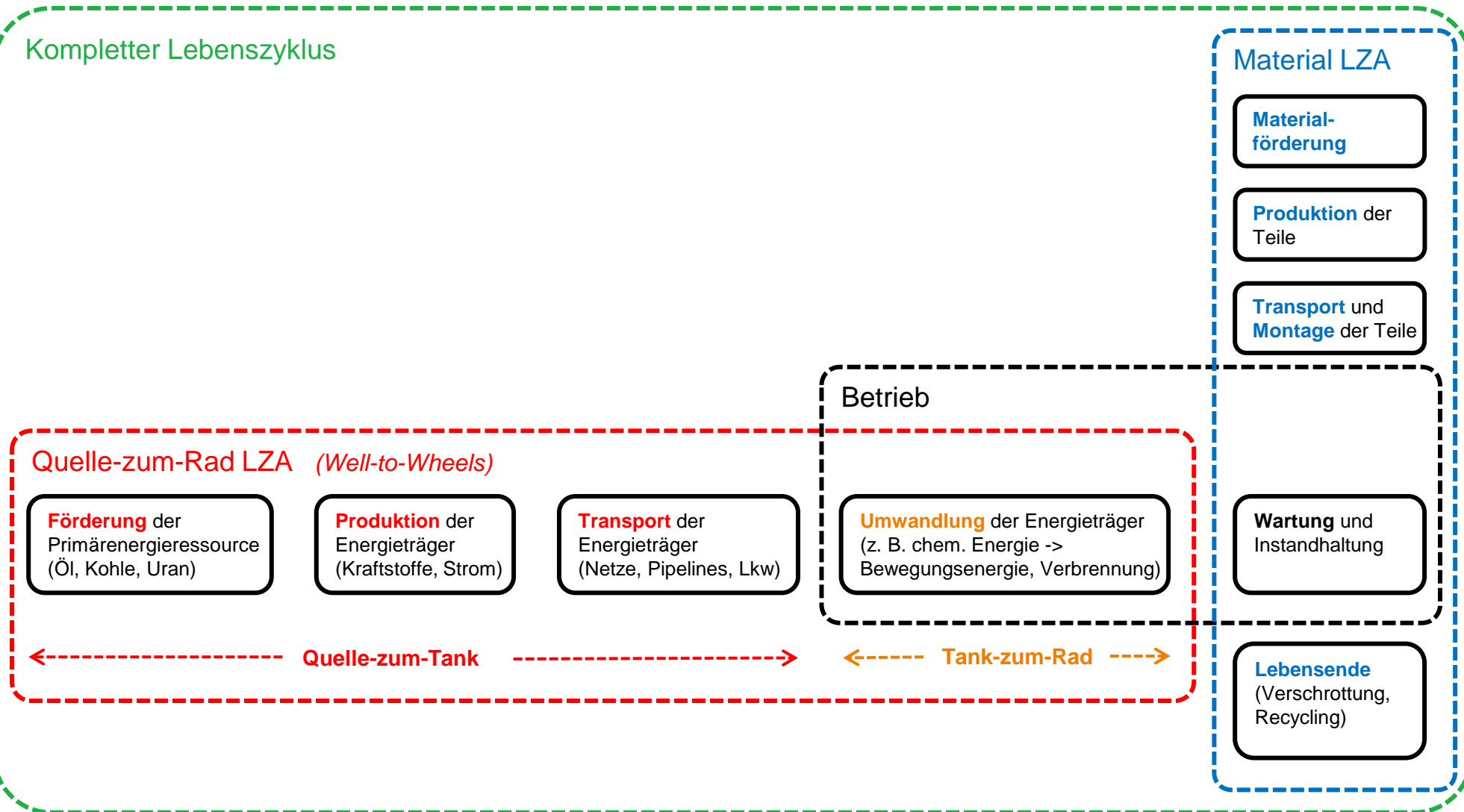
Klimabilanz Elektromobilität

„Aber woher kommt der Strom...

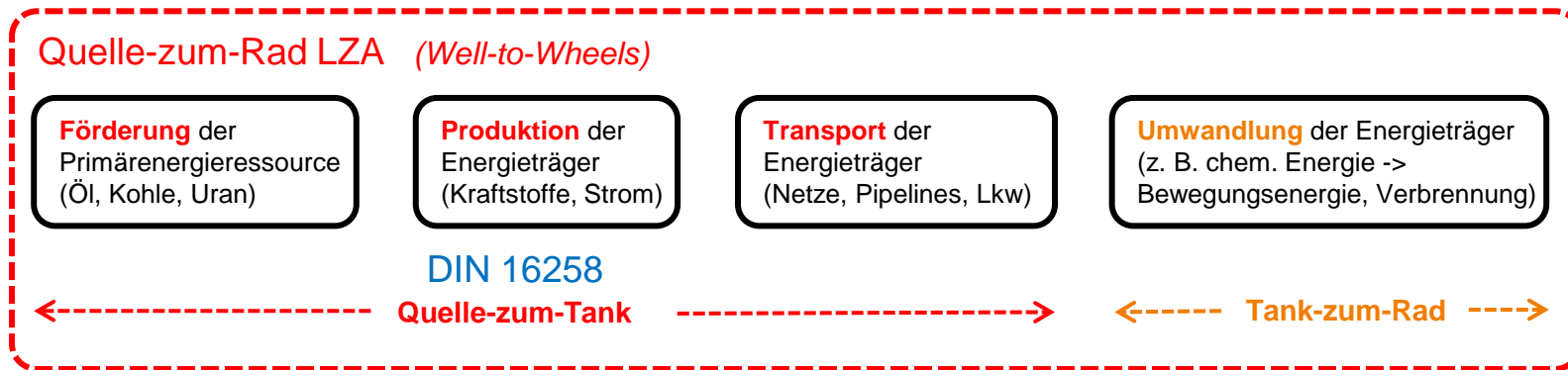
...und woher das Benzin?“

5. Klimabilanz – Lebenszyklusanalyse (LZA)

Kompletter Lebenszyklus



5. Klimabilanz – Quelle zum Rad (WtW)



Strom- und Kraftstoffbedarf

- Durchschnittlicher Realverbrauch von Diesel- und Elektrofahrzeugen

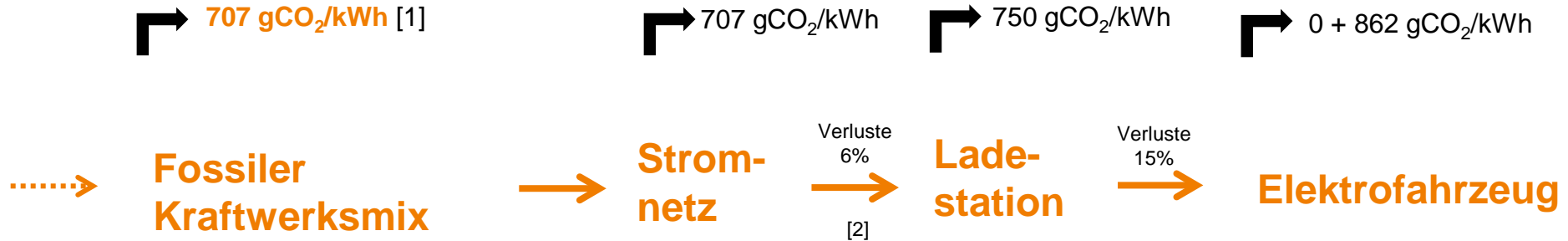
Elektrofahrzeug			
Modell	Anzahl	Ø kWh/100km	≅ l/100km Diesel
Nissan Leaf	6	15,9	1,6
Renault Zoe	21	17,1	1,7
VW e-Golf	13	15,5	1,6
BMW i3	10	14,3	1,5
Model S	15	20,0	2,1
Hyundai IONIQ	3	13,6	1,4

Diesel		
Modell	Anzahl	Ø l/100km
Nissan Note	27	4,8
Renault Clio	47	4,8
VW Golf TDI	24	5,4
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 ₂ /km
Golf TDI Betrieb	2490 g/l	x 0,054 l/km	= 134 gCO ₂ /km

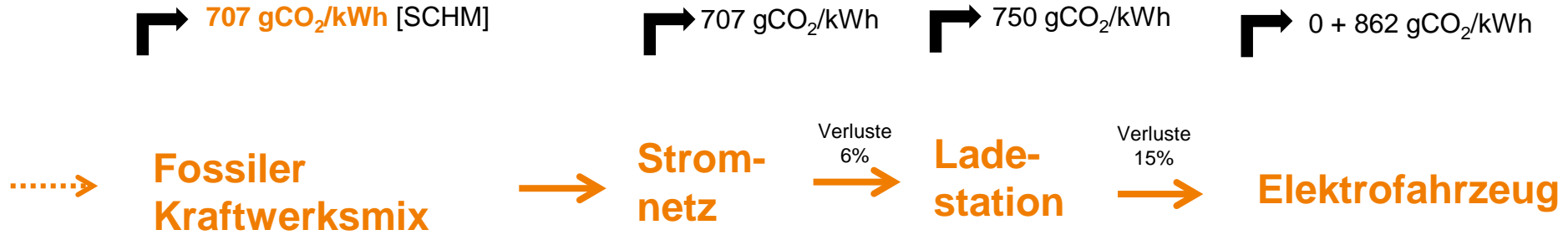


Quelle:
 [1] goo.gl/V13Gws
 [2] goo.gl/w3RgWt bzw. goo.gl/wDUfVn

Diesel

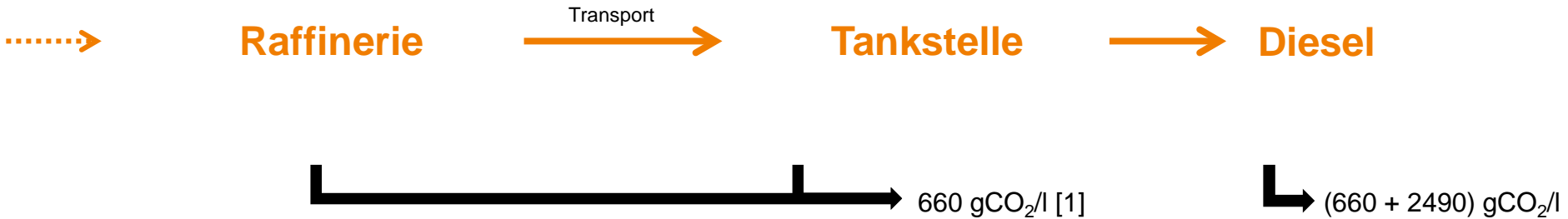
↪ 2.490 gCO₂/l → 257 gCO₂/kWh [1]

Well-To-Wheel – Fossiler Strommix

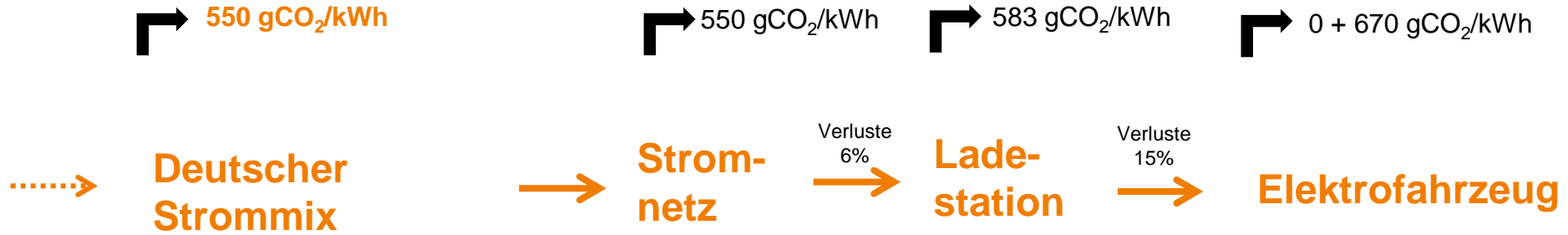


e-Golf mit fossilem Strommix	862 g/kWh	x 0,155 kWh/km	= 134 gCO₂/km
Golf TDI Diesel + Betrieb	(660 + 2490) g/l	x 0,054 l/km	= 170 gCO₂/km

- 21%



Well-To-Wheel – Deutscher Strommix



e-Golf mit Strommix

670 g/kWh

x 0,155 kWh/km

= **104 gCO₂/km**

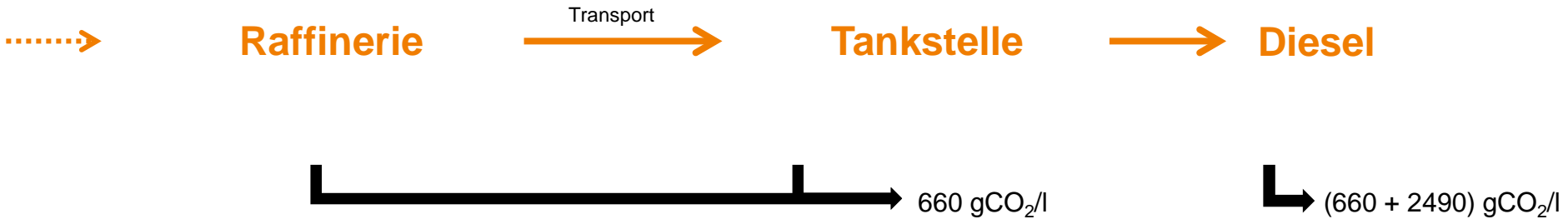
Golf TDI Diesel + Betrieb

(660 + 2490) g/l

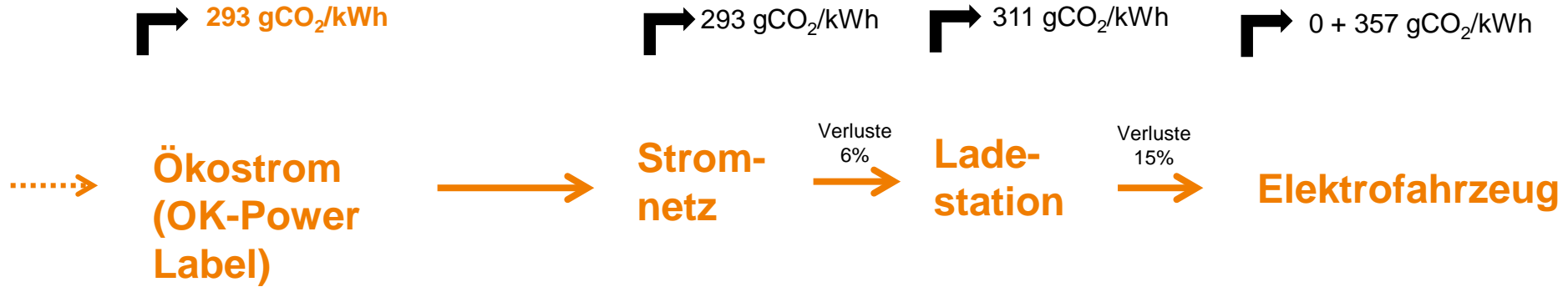
x 0,054 l/km

= **170 gCO₂/km**

- 39%

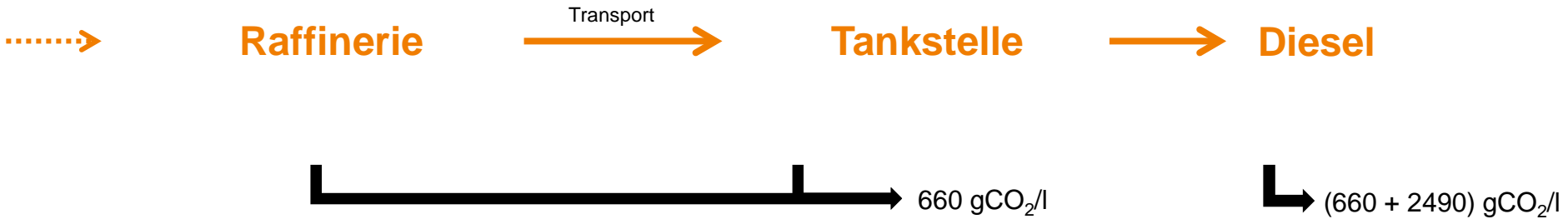


Well-To-Wheel – Zertifizierter Ökostrom

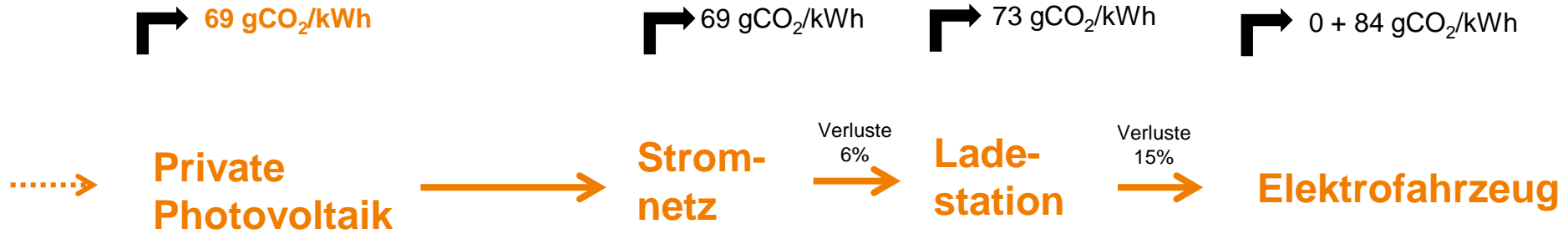


e-Golf mit Ökostrom	357 g/kWh	x 0,155 kWh/km	= 55 gCO ₂ /km
Golf TDI Diesel + Betrieb	(660 + 2490) g/l	x 0,056 l/km	= 176 gCO ₂ /km

- 68%

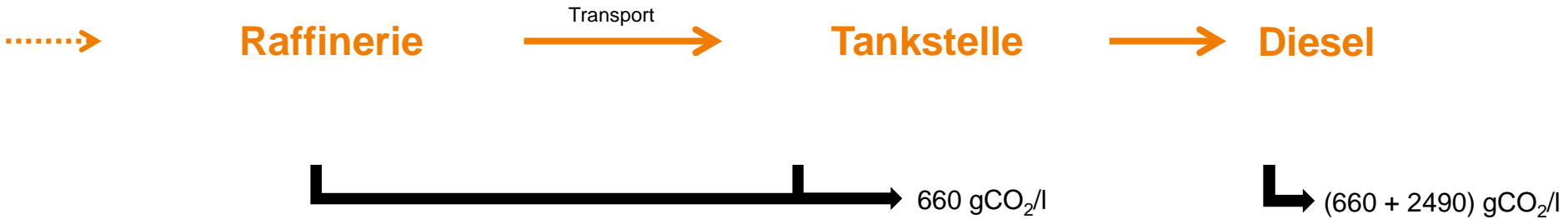


Well-To-Wheel – Photovoltaik



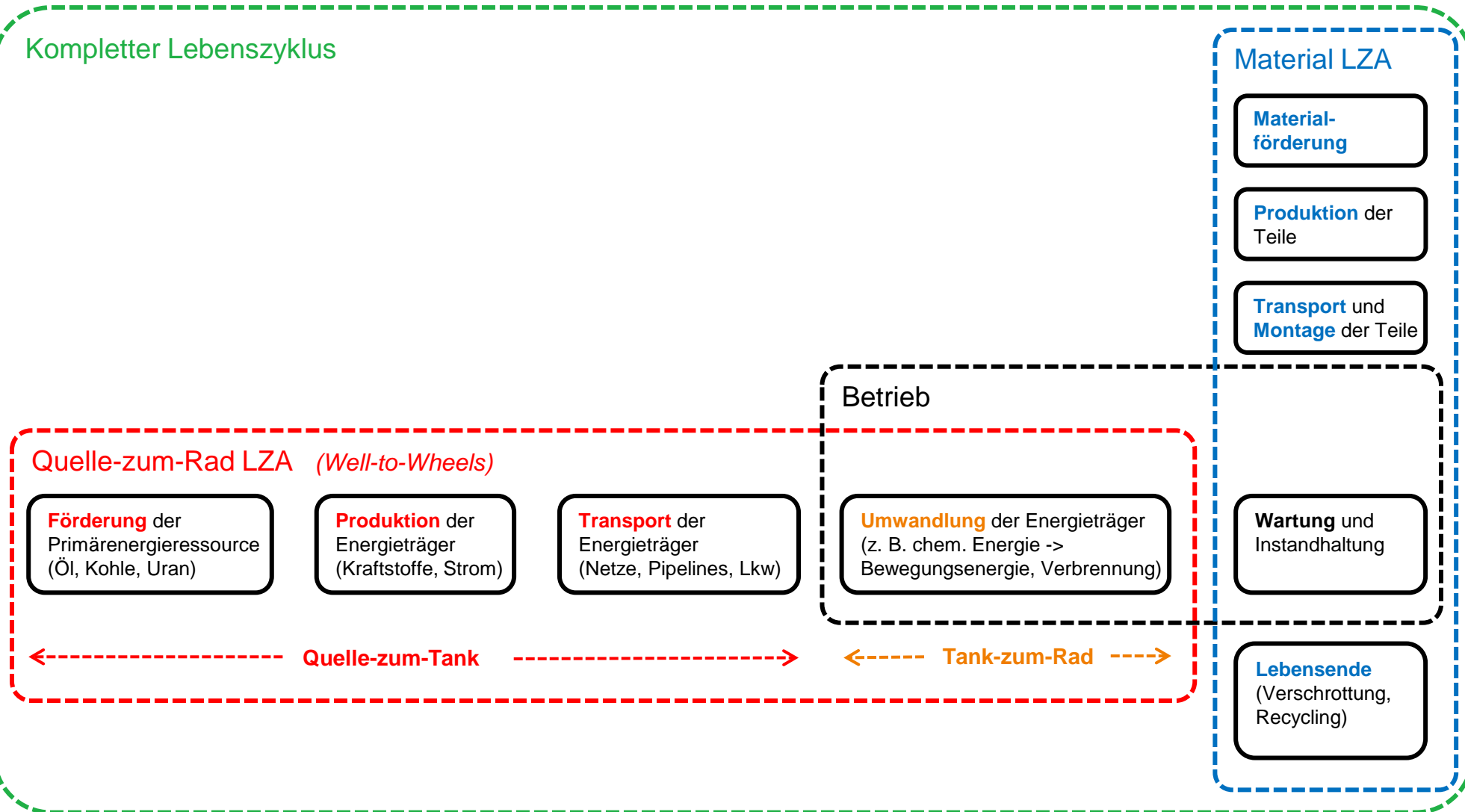
e-Golf mit Photovoltaik	84 g/kWh	x 0,155 kWh/km	= 13 gCO ₂ /km
Golf TDI Diesel + Betrieb	(660 + 2490) g/l	x 0,056 l/km	= 176 gCO ₂ /km

- 92%



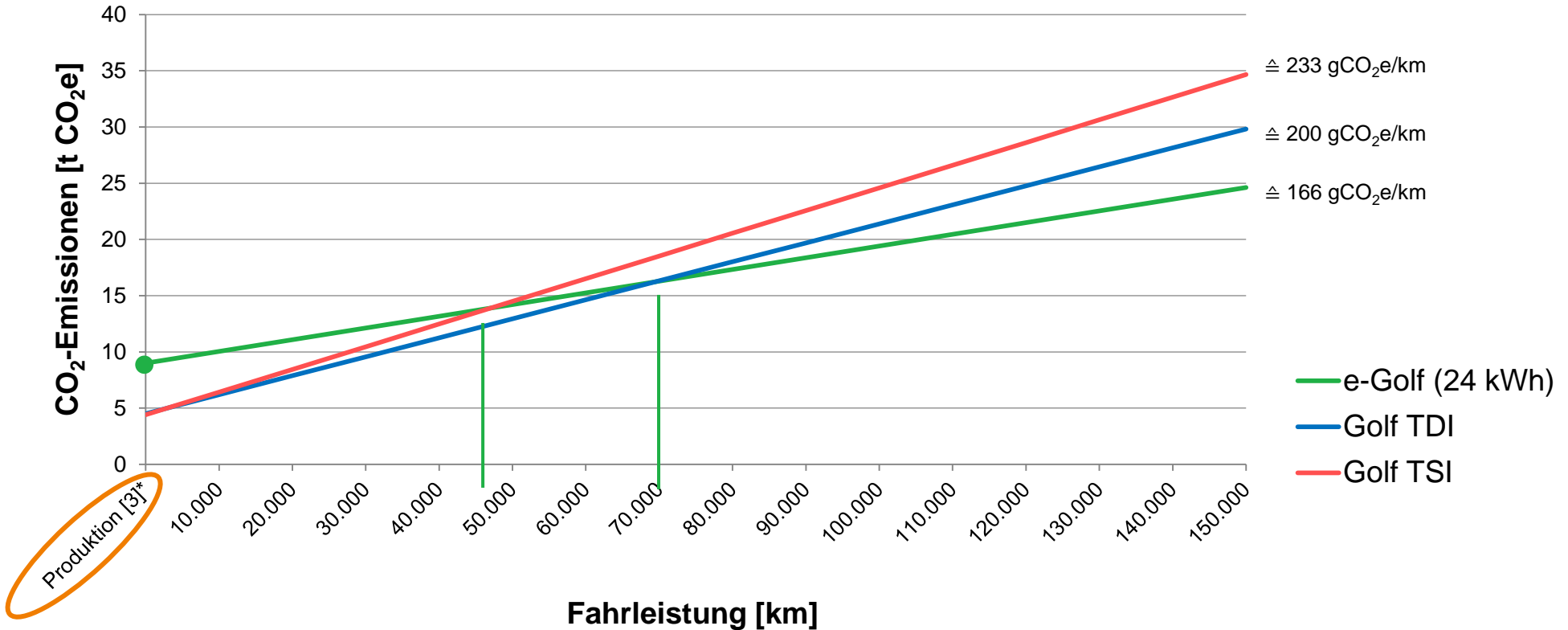
5. Klimabilanz – Lebenszyklusanalyse (LZA)

Kompletter Lebenszyklus



Lebenszyklusanalyse

Laden mit deutschem Strommix [1]

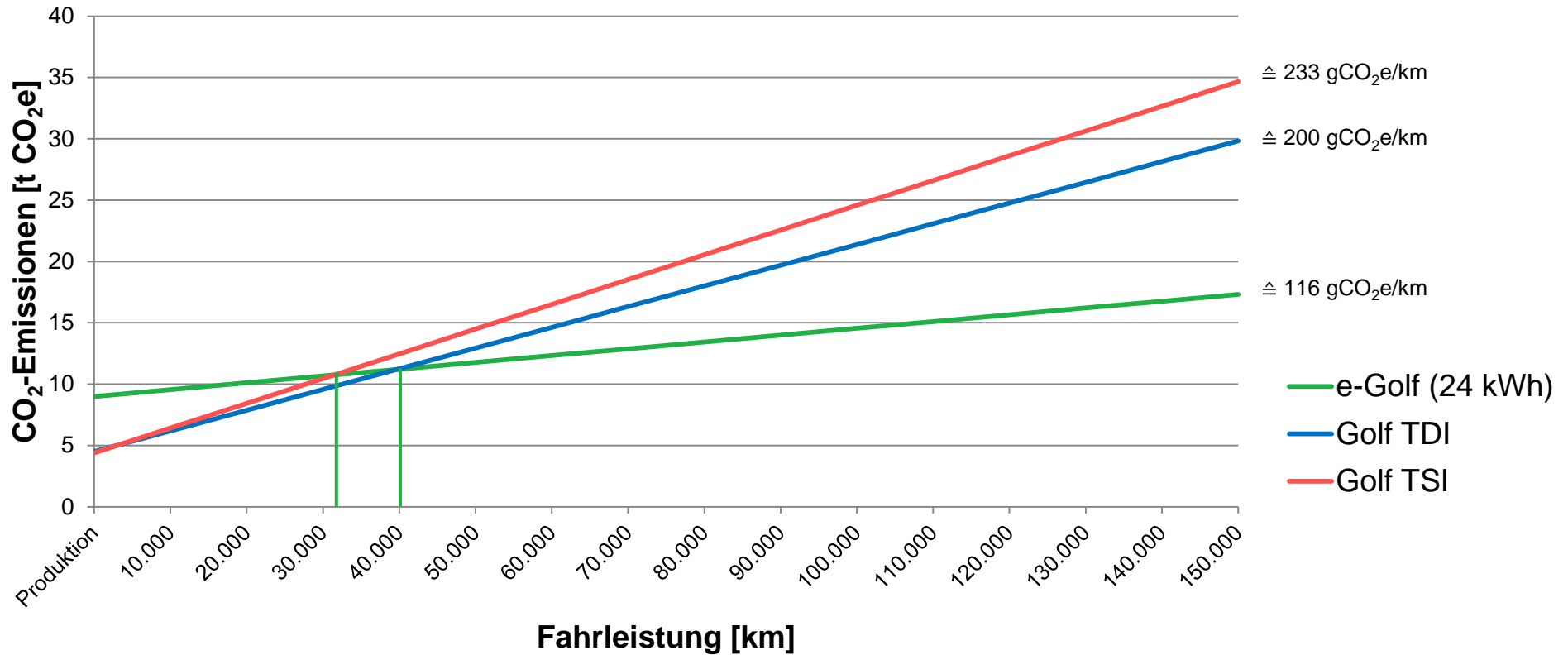


- e-Golf vs. Golf TSI: Emissionsvorteil nach ca. **47.000 km** Gesamteinsparung: ca. **10 t**
- e-Golf vs. Golf TDI: Emissionsvorteil nach ca. **70.000 km** Gesamteinsparung: ca. **5 t**

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

Lebenszyklusanalyse

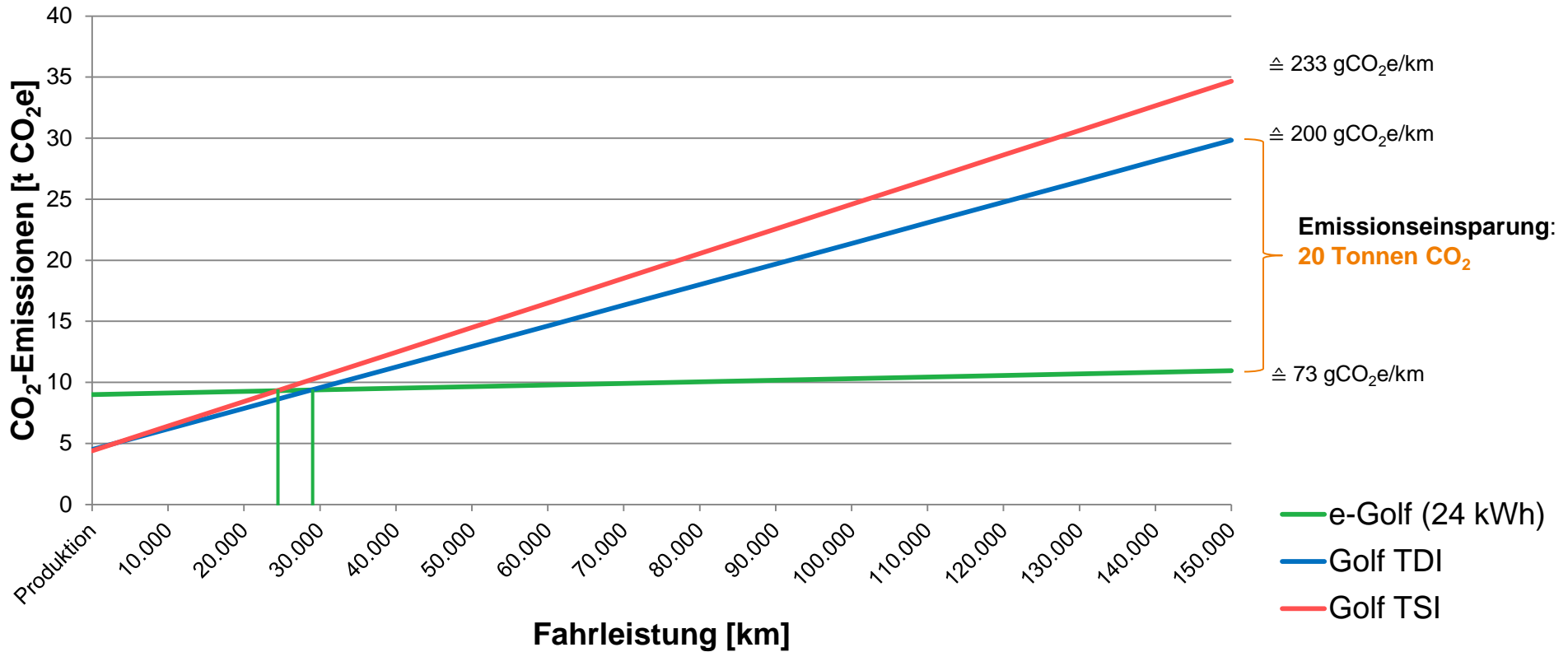
Laden mit Ökostrom (OK-Power Label)



- 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

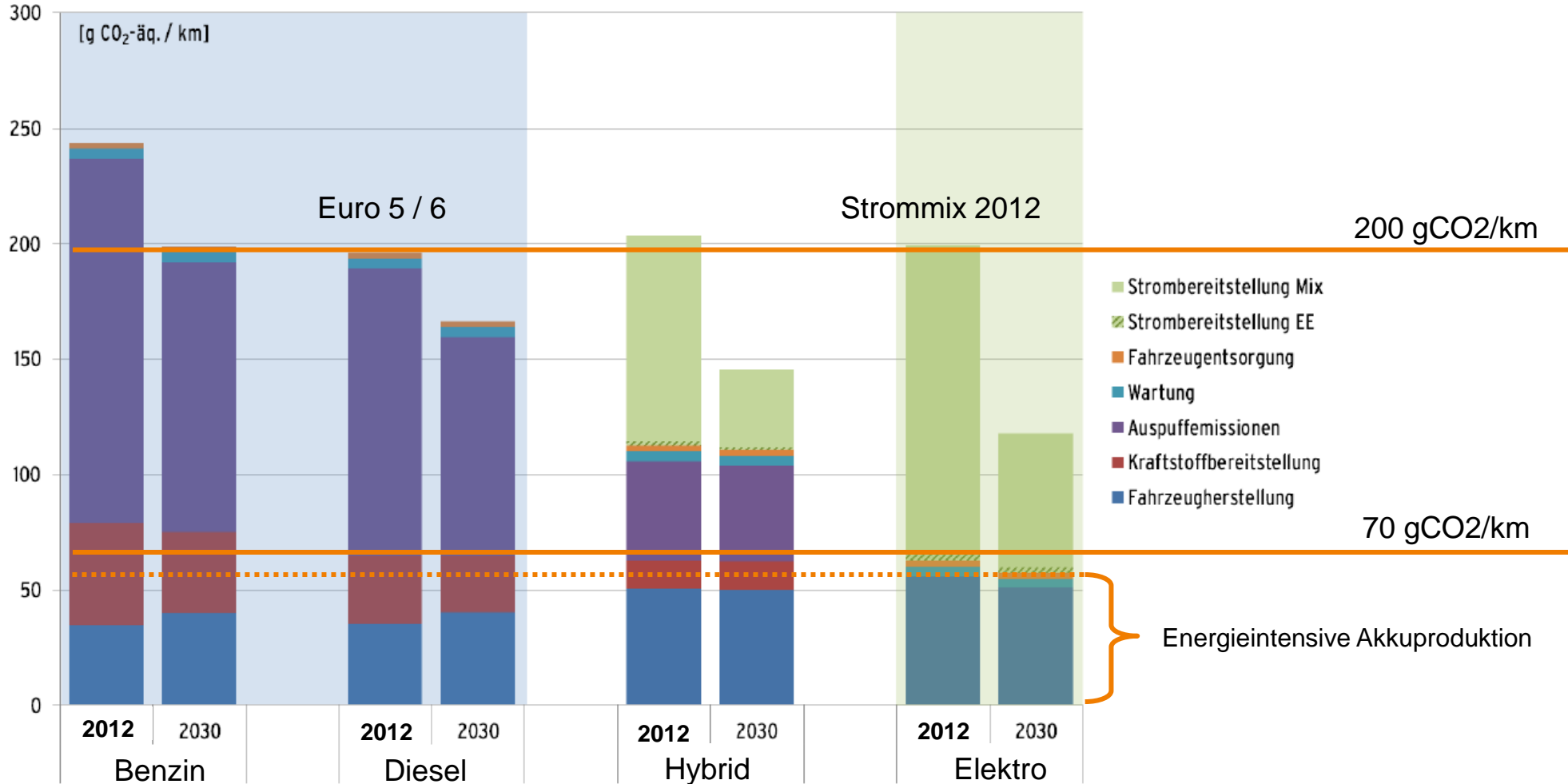
Laden mit Photovoltaik



- 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 \approx 1.100 kgCO₂ \approx zwei sportlichen Menschen

5. Klimabilanz – Lebenszyklus



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

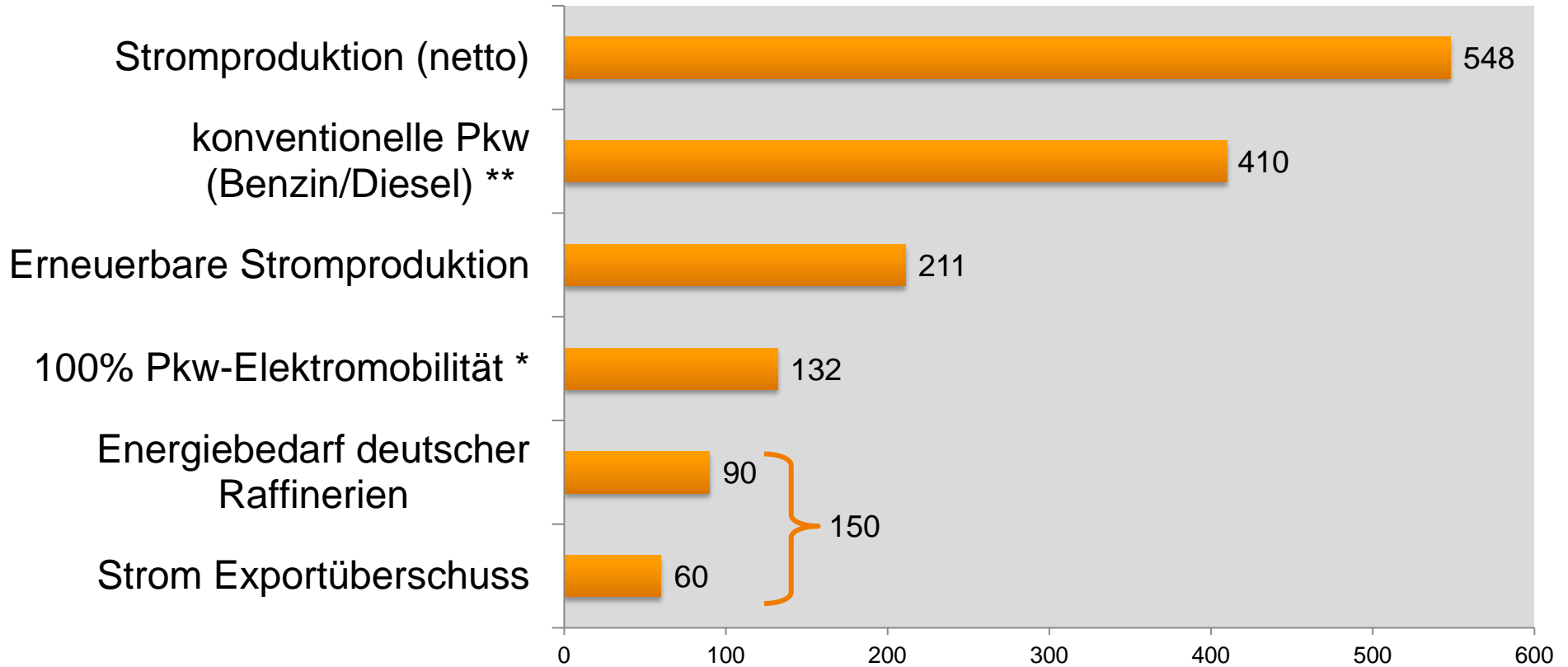
Stromerzeugung Deutschland - Perspektive

■ 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