

MÖGLICHKEITEN DER SOLARENERGIE UND IHRE KOMBINATIONEN

Carl-Georg Buquoy,

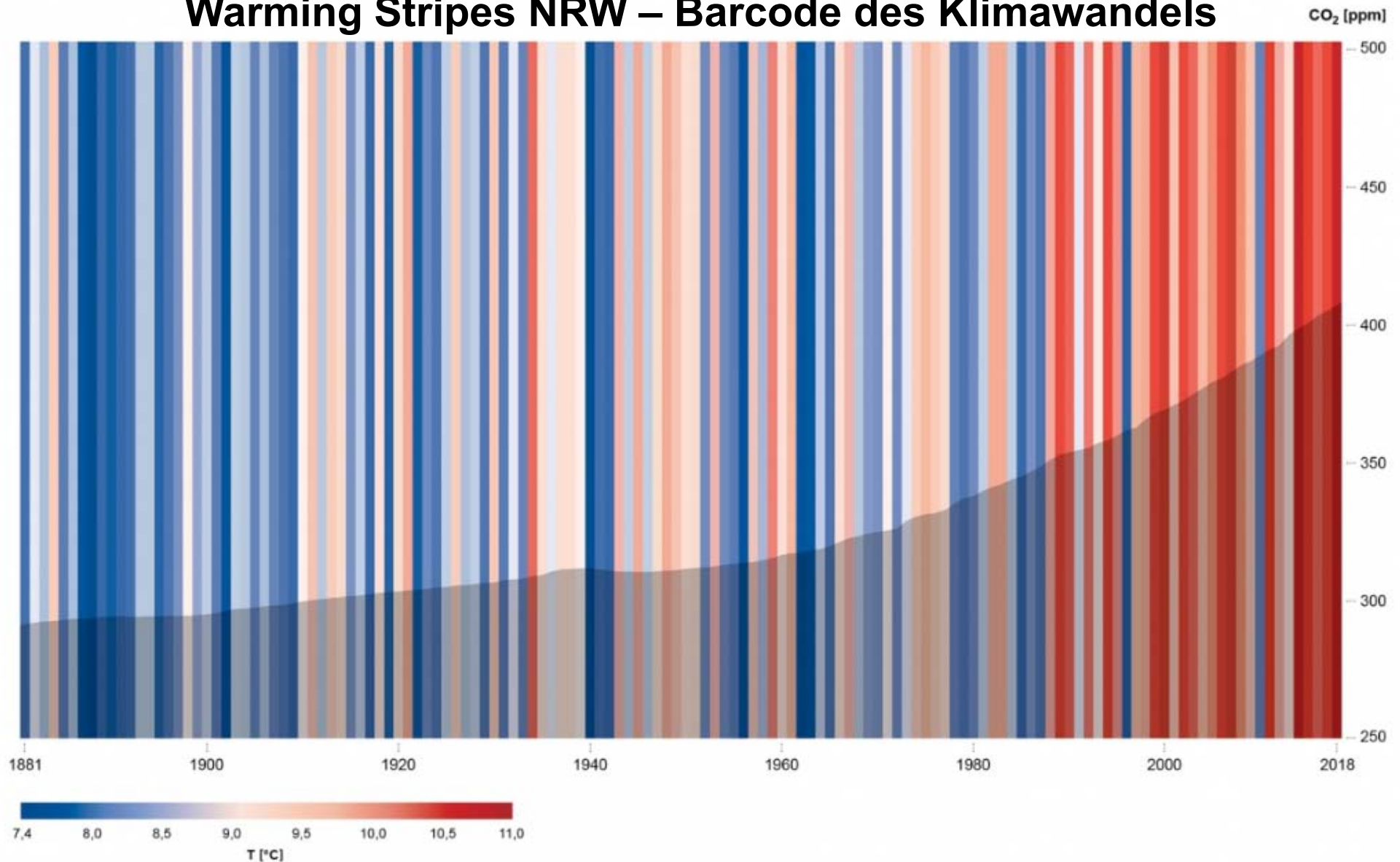
Themengebietsleiter Photovoltaik, EnergieAgentur.NRW

Agenda

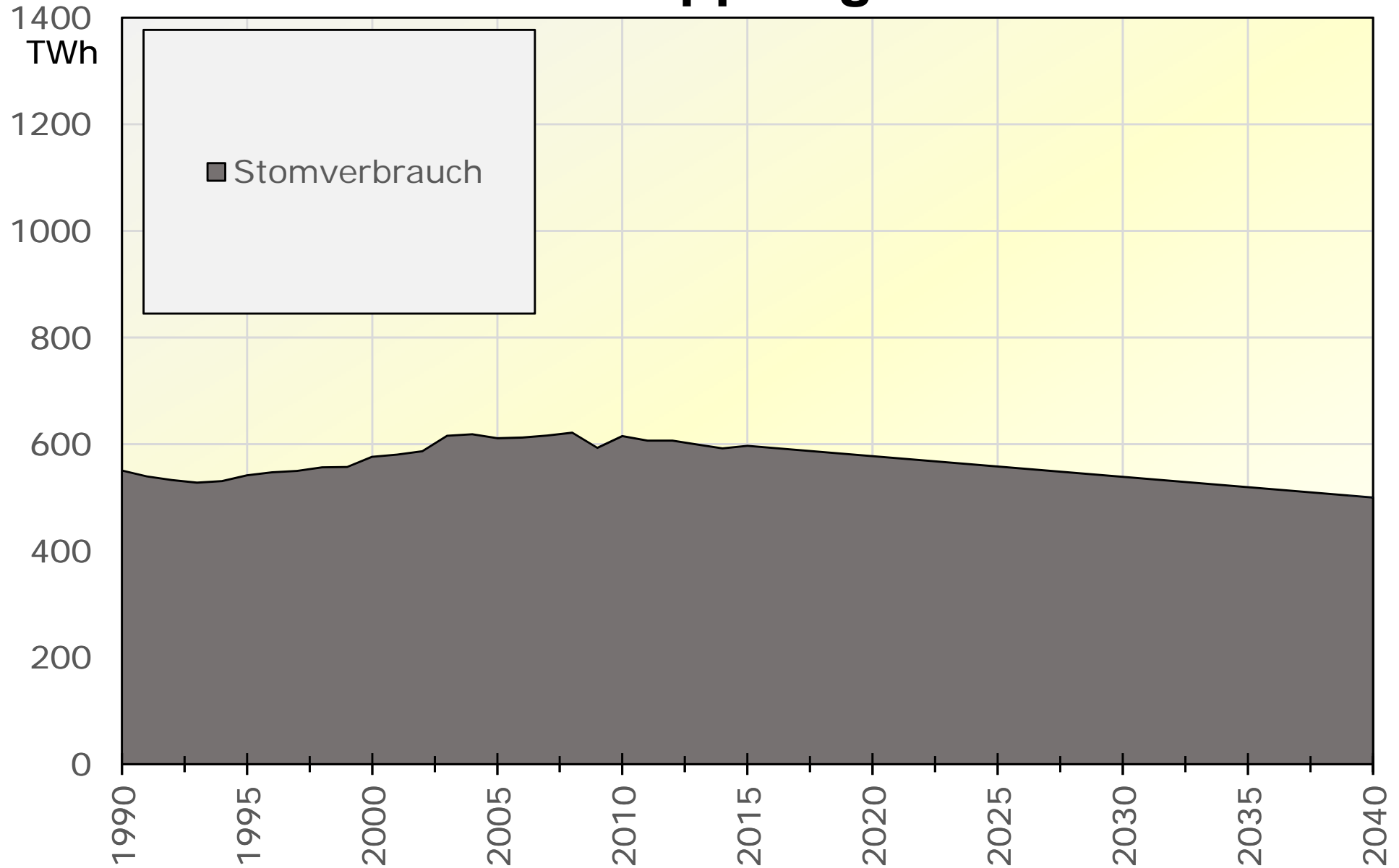
1. Überblick
2. Möglichkeiten/Potentiale mit Photovoltaik
3. Photovoltaik + Wärmepumpe
4. Solarthermie
5. Photovoltaik + Speicher
6. Photovoltaik + Elektromobilität
7. Fördermöglichkeiten

1. Überblick

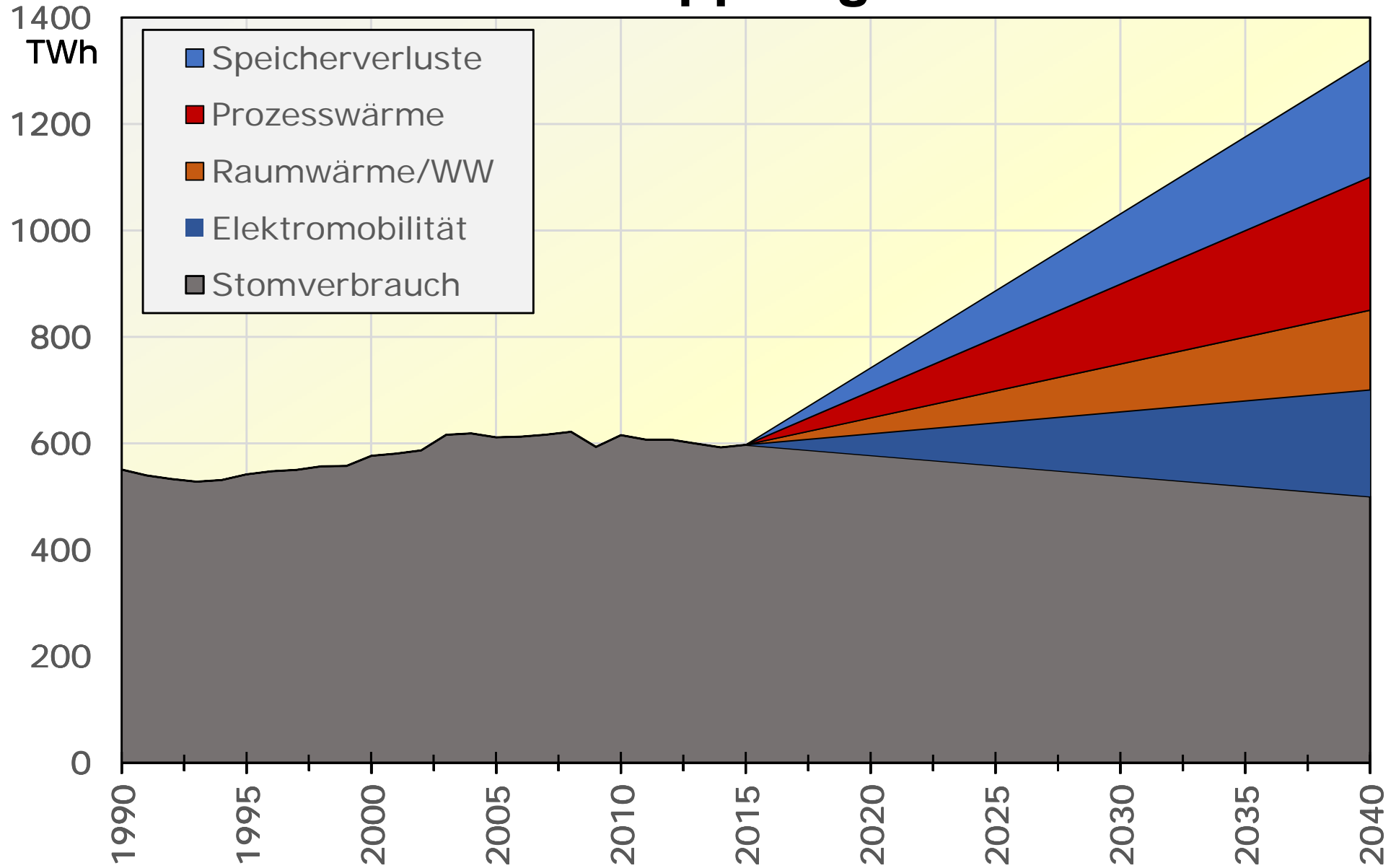
Warming Stripes NRW – Barcode des Klimawandels



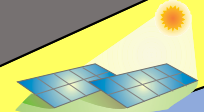
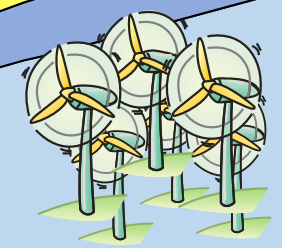
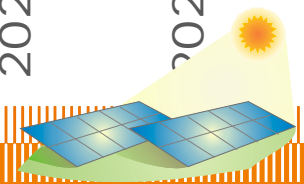
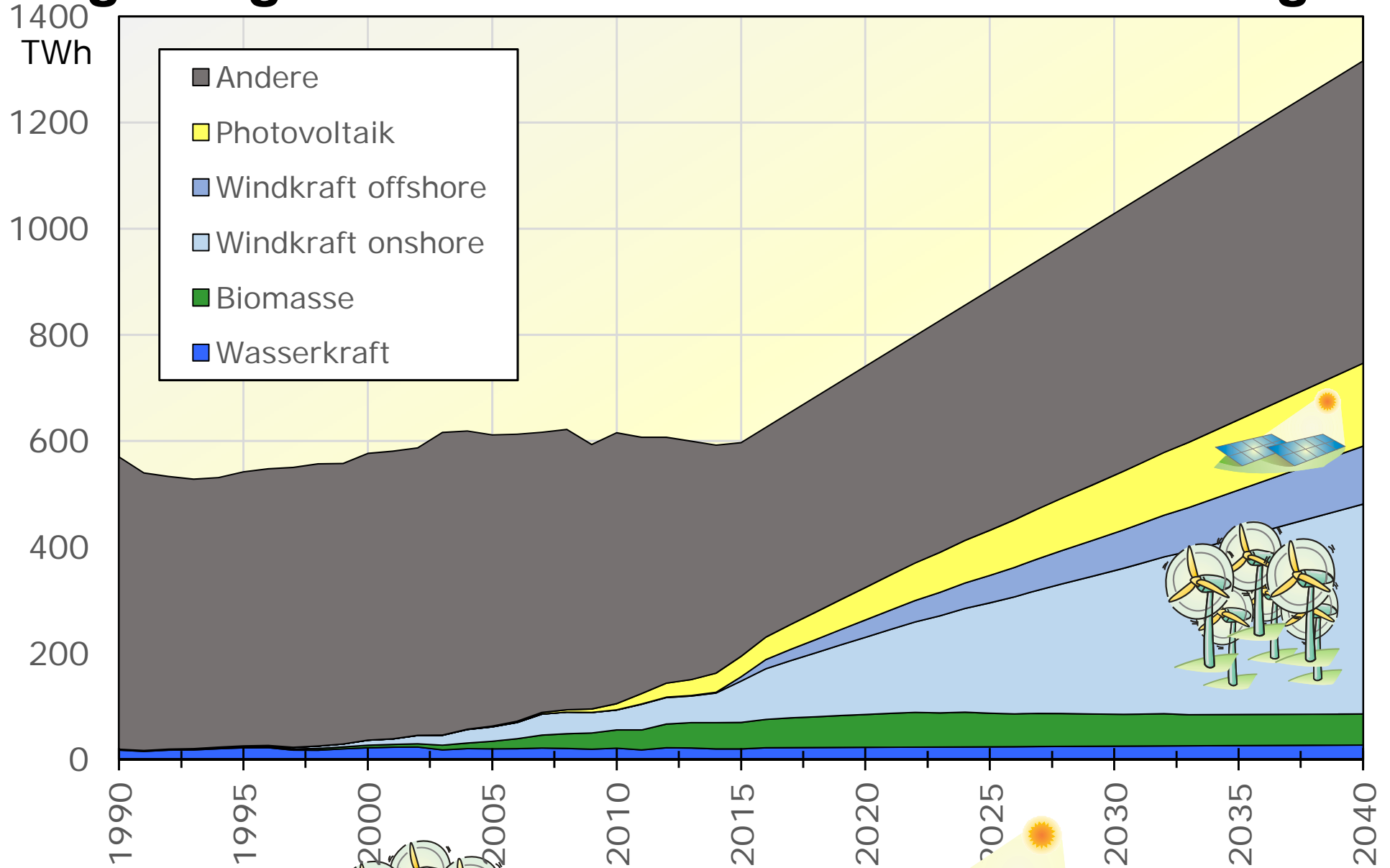
Klimaschutz nur mit Verdopplung des Stromverbrauchs



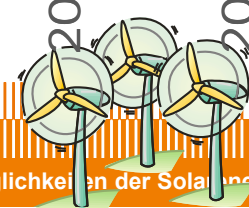
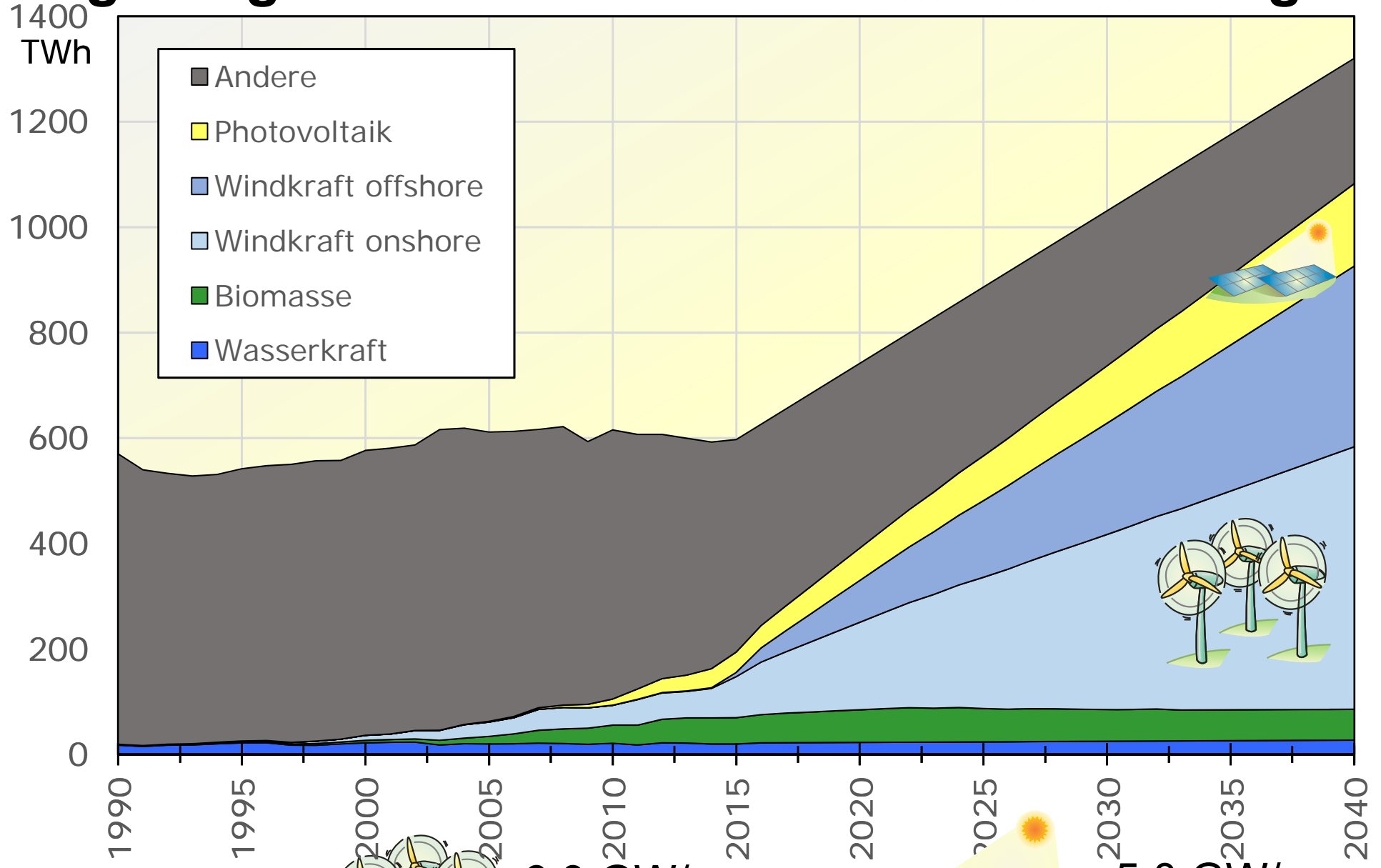
Klimaschutz nur mit Verdopplung des Stromverbrauchs



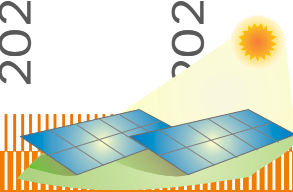
Steigerung des PV- und Windkraftausbaus nötig



Steigerung des PV- und Windkraftausbaus nötig



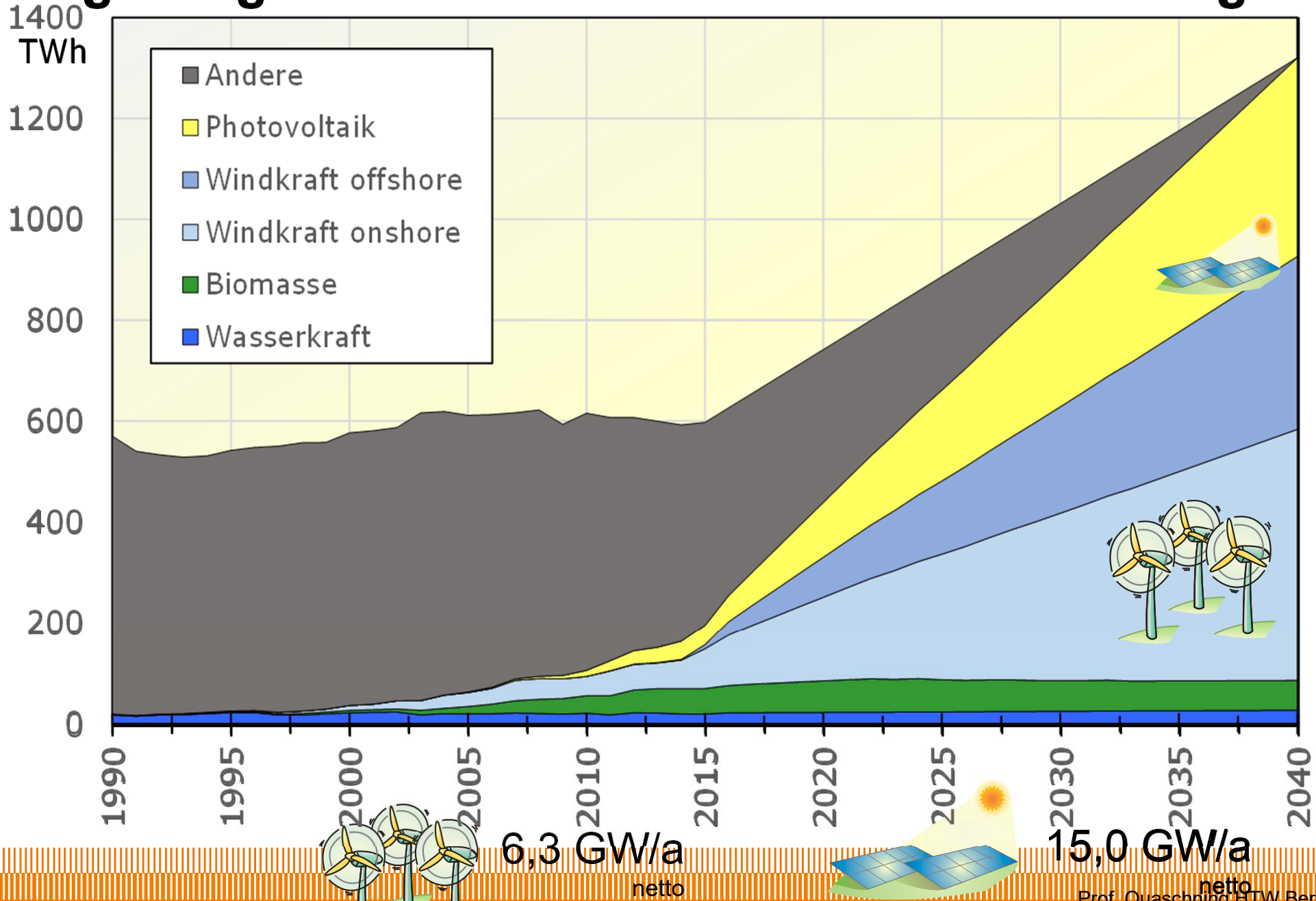
6,3 GW/a
netto



5,0 GW/a
netto

Prof. Quaschnig HTW Berlin

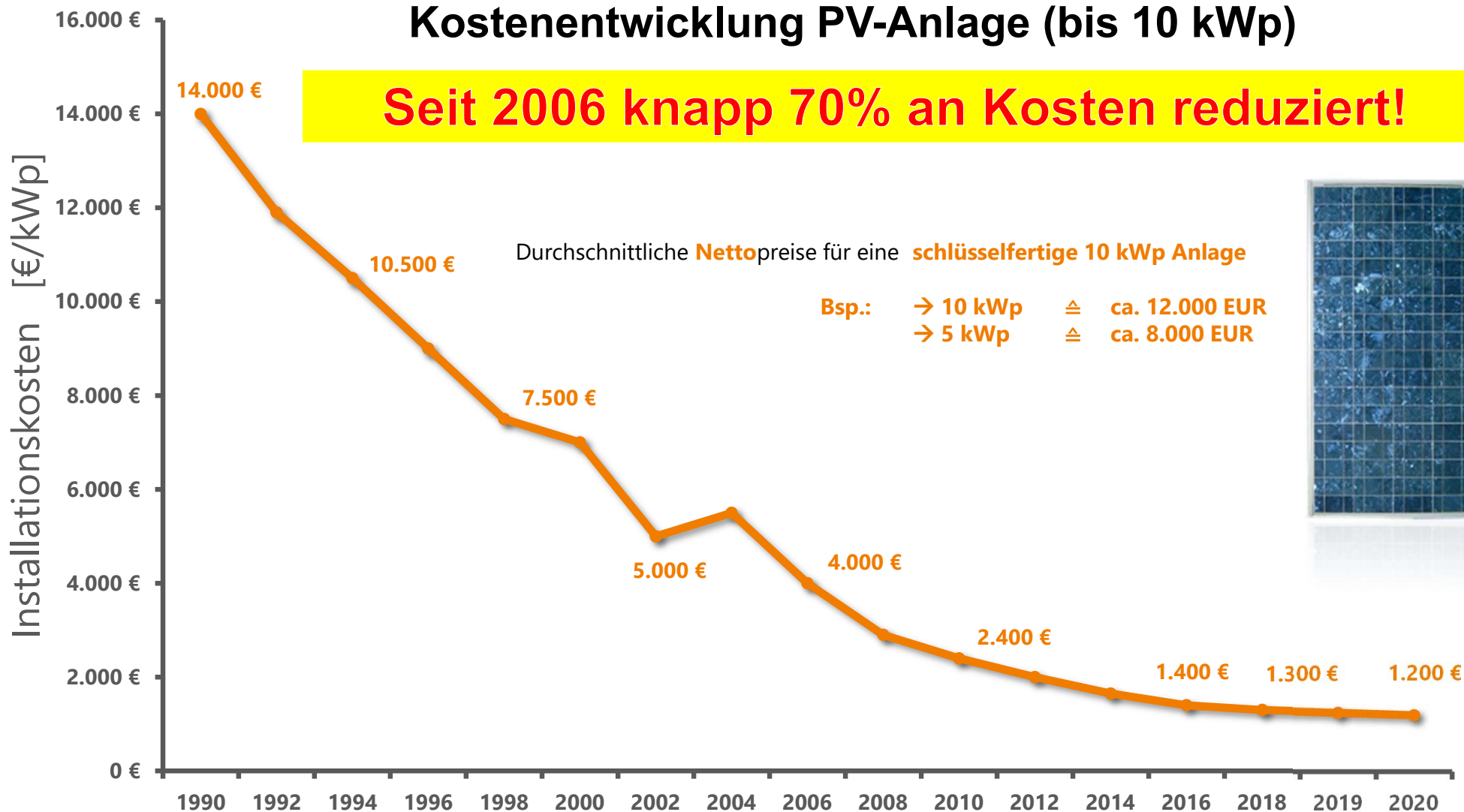
Steigerung des PV- und Windkraftausbaus nötig



1. Überblick

Kostenentwicklung PV-Anlage (bis 10 kWp)

Seit 2006 knapp 70% an Kosten reduziert!



1. Überblick

Anzulegende Werte für Solaranlagen in Cent/kWh bei Inbetriebnahme nach dem 31.12.2018:

Anzulegende Werte in Cent/kWh - Marktprämienmodell (seit 01.01.2016 ab 100 kWp verpflichtend):

Inbetriebnahme	Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude nach § 48 Absatz 3 EEG			Sonstige Anlagen bis 750 kWp
	bis 10 kWp	bis 40 kWp	bis 750 kWp	
ab 01.10.2020	9,04	8,80	6,99	6,34
Degression ²	1,8 %			
ab 01.11.2020	8,88	8,64	6,86	6,23
Degression ²	1,8 %			
ab 01.12.2020	8,72	8,49	6,74	6,12
Degression ²	1,8 %			
ab 01.01.2021	8,56	8,33	6,62	6,01

2) Degressionsberechnung nach § 49 EEG 2017

3) Festlegung der anzulegenden Werte im Rahmen des Energiesammelgesetzes zur Neufassung des § 48 Abs. 2 Nr. 3 EEG, siehe Bundesgesetzblatt Jahrgang 2018 Teil I Nr. 47, ausgegeben zu Bonn am 20. Dezember 2018 oder online unter:

http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl118s2549.pdf

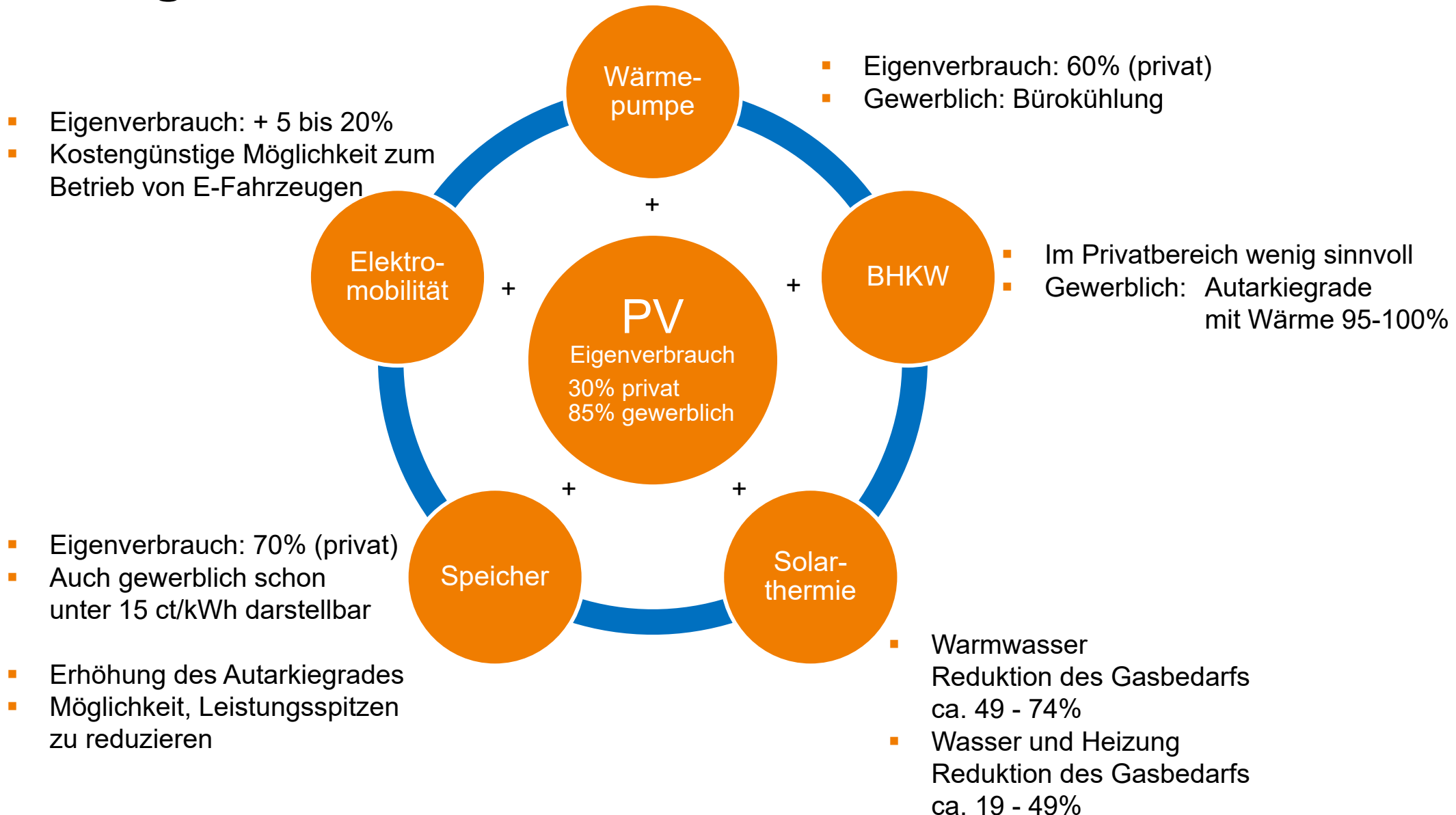
Vergütungssätze in Cent/kWh - Feste Einspeisevergütung:

Inbetriebnahme	Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude nach § 48 Absatz 3 EEG			Sonstige Anlagen bis 100 kWp
	bis 10 kWp	bis 40 kWp	bis 750 kWp	
ab 01.10.2020 ⁴	8,64	8,40	6,59	5,94
ab 01.11.2020 ⁴	8,48	8,24	6,46	5,83
ab 01.12.2020 ⁴	8,32	8,09	6,34	5,72
ab 01.01.2021 ⁴	8,16	7,93	6,22	5,61

4) Degressionsberechnung nach § 49 EEG 2017 (anzulegender Wert abzüglich 0,4 Cent/kWh nach § 53 EEG 2017)

Quelle BNetzA

2. Möglichkeiten/Potentiale mit Photovoltaik



Quelle: SWW 3/2015

2. Möglichkeiten/Potentiale mit Photovoltaik

Kalkulation für eine PV-Anlage ohne Bankfinanzierung:

- 4.500 kWh/Jahr Strombedarf im Haushalt
- 900 kWh/kWp/Jahr in NRW
- 5 kWp notwendig, um Bilanztechnisch 100% EE
- 1.400,- €/kWp => 7.000,- € Gesamtpreis für PV-Anlage
- 0,0 – 0,5% Zinsen auf Bankkonto, 1,0 – 2,0 % Inflation
- Garantien z.T. schon bei 30 Jahre => Kalkulationsbasis 25 Jahre
- 112.500 kWh in 25 Jahren
 - => reiner Gestehungspreis von 6,2 ct/kWh**
 - => Monitoring, Wartung, Rückstellung 2,5 ct/kWh**
 - => bei einer Vergütung von derzeit 8,64 ct/kWh**

2. Möglichkeiten/Potentiale mit Photovoltaik

Kalkulation für eine PV-Aufdachanlage:

- 900 kWh/kWp/Jahr in NRW
- 750 kWp (4.500 – 5.250 m² Dachfläche)
- 650,- €/kWp => 487.000,- € Gesamtpreis für PV-Anlage
- 0,0 – 0,5% Zinsen auf Bankkonto, 1,0 – 2,0 % Inflation
- Garantien z.T. schon bei 30 Jahre => Kalkulationsbasis 25 Jahre
- 13.500.000 kWh in 20 Jahren

Strombezugskosten
16 - 25 ct/kWh netto

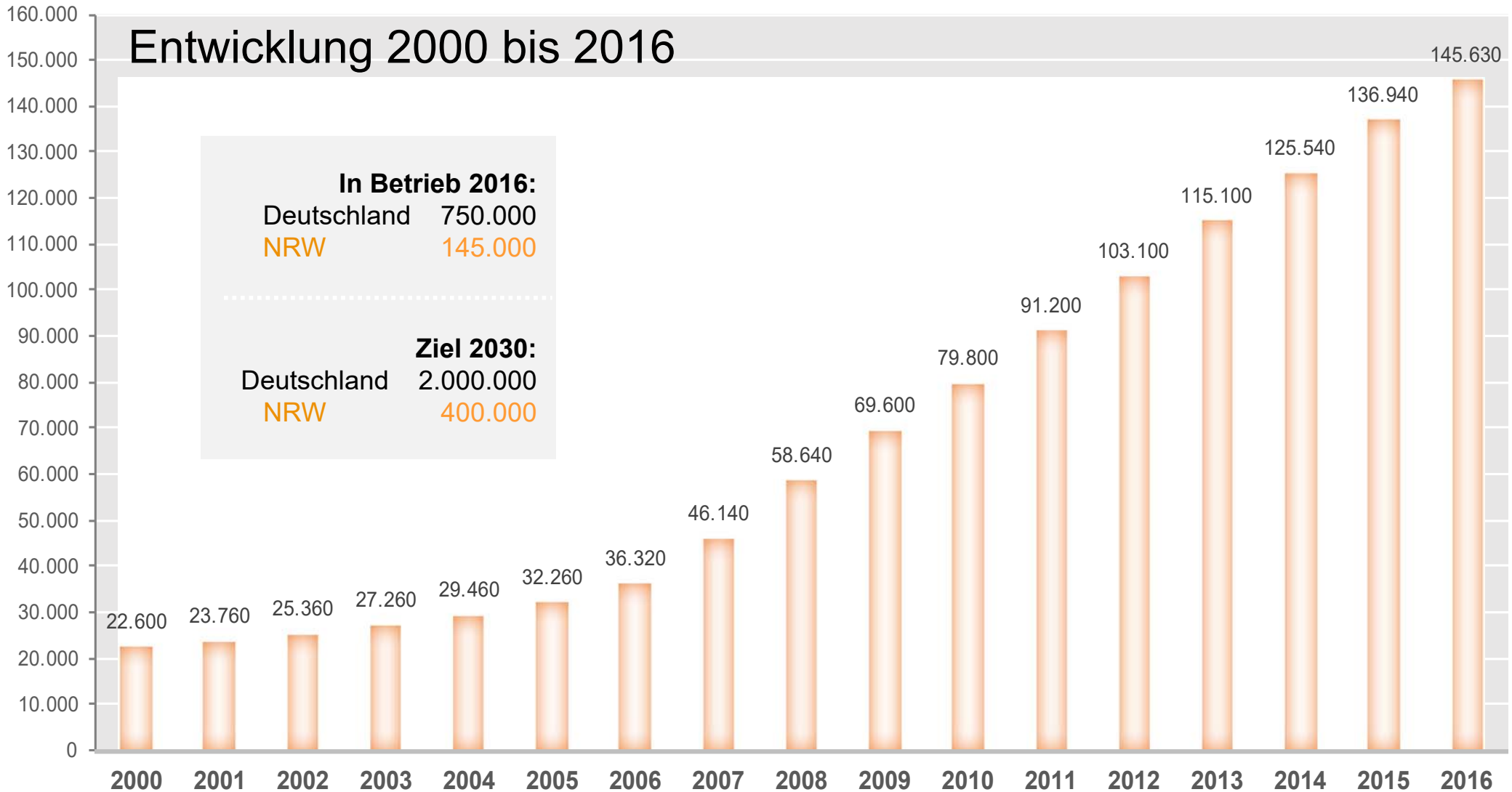
=> **reiner Gestehungskosten von 3,6 ct/kWh**

=> **Nebenkosten ca. 1,8 ct/kWh**

=> **bei einer Vergütung von derzeit 6,99 ct/kWh**

3. Photovoltaik und Wärmepumpe

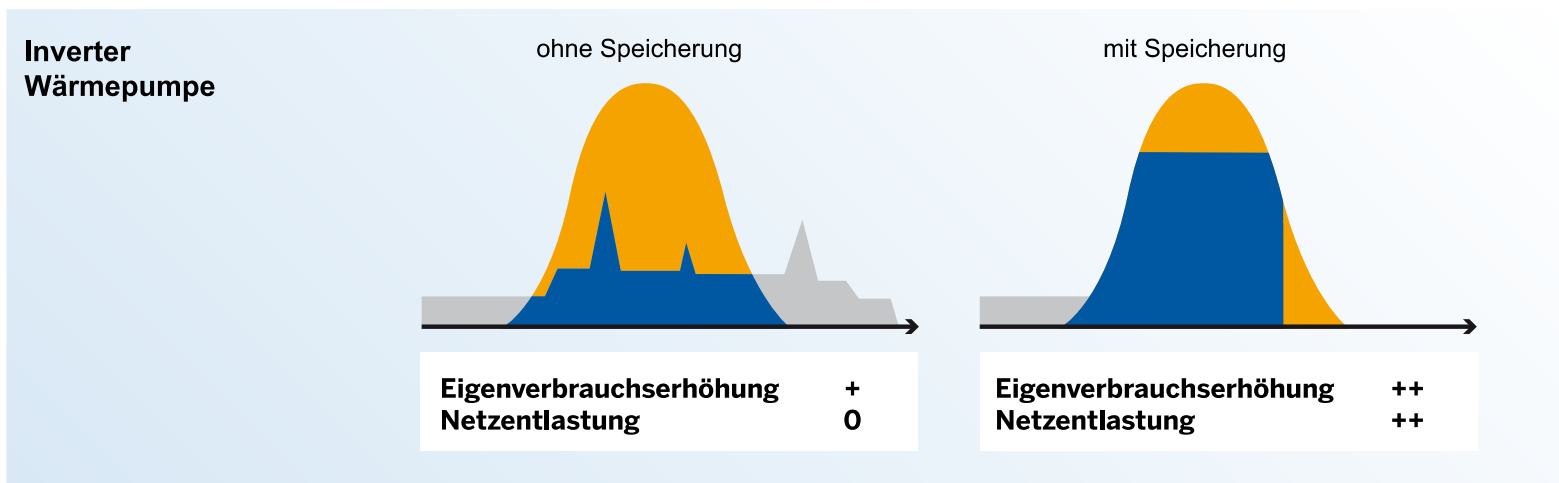
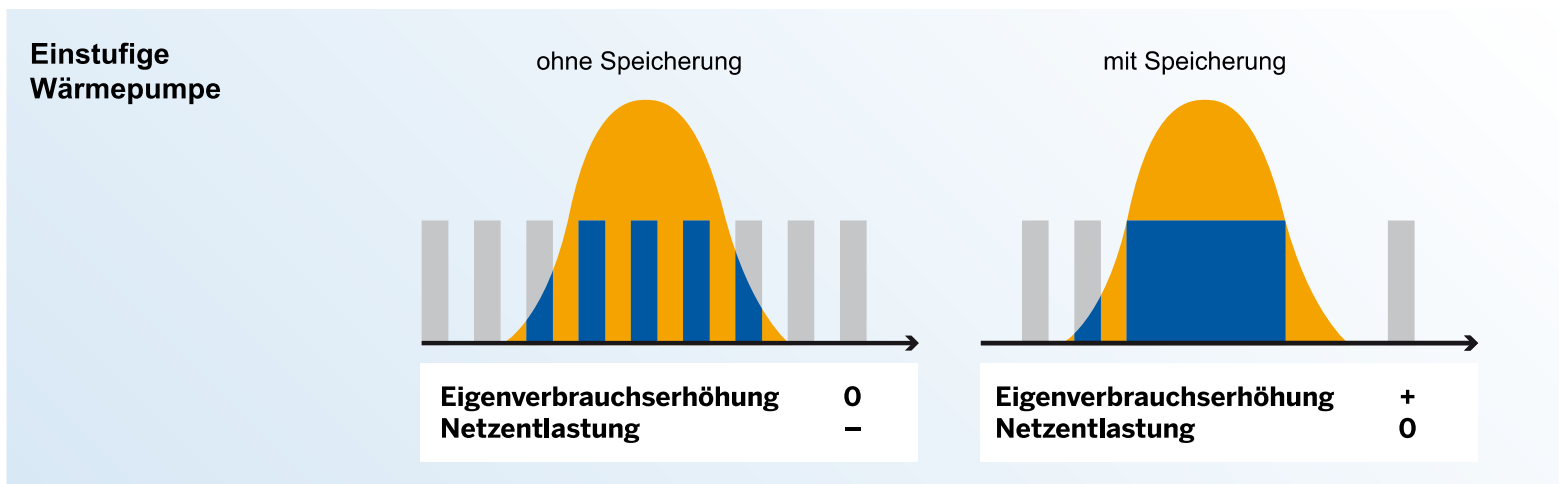
Wärmepumpenbestand in Nordrhein-Westfalen



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Kombination von PV und Wärmepumpe

Vergleich einstufige vs. Inverter-Wärmepumpe mit und ohne Speicherung



- Solarstromerzeugung
- Wärmepumpe über Netzstrom
- Wärmepumpe über Solarstrom

3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Effizienz von Wärmepumpen

Definition von Wirkungsgraden

Jahres-Arbeitszahl (JAZ / SPF): Wärmemenge

Sie gibt das Verhältnis der über das Jahr abgegebenen Heizenergie zur aufgenommenen elektrischen Energie (einschl. Pumpen, Elektroheizstäbe, ...) in einem Gebäude an.

JAZ: vergleichbar mit dem **tatsächlichen Kraftstoffverbrauch** beim Auto

COP (= Leistungszahl):

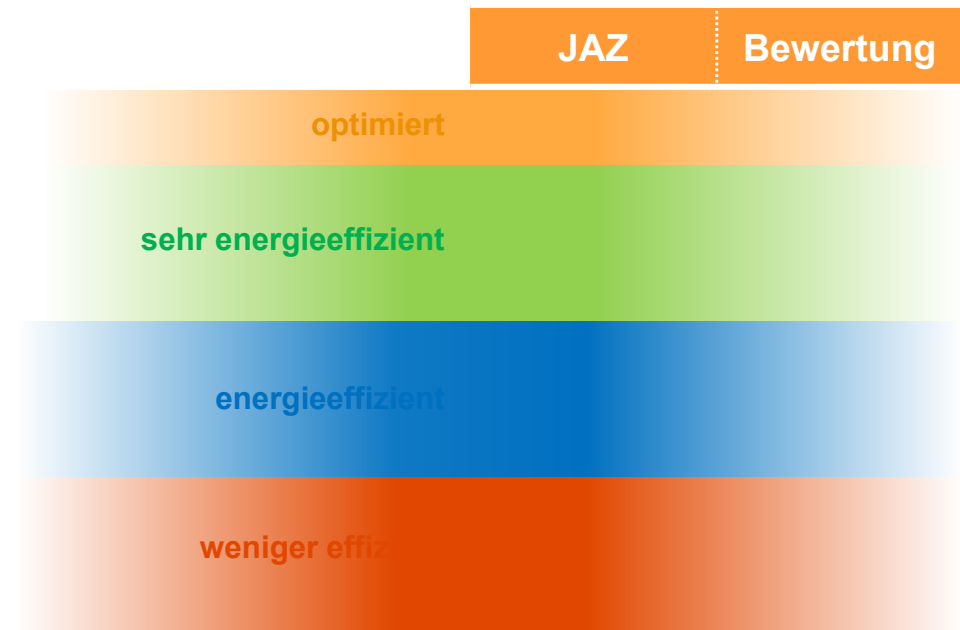
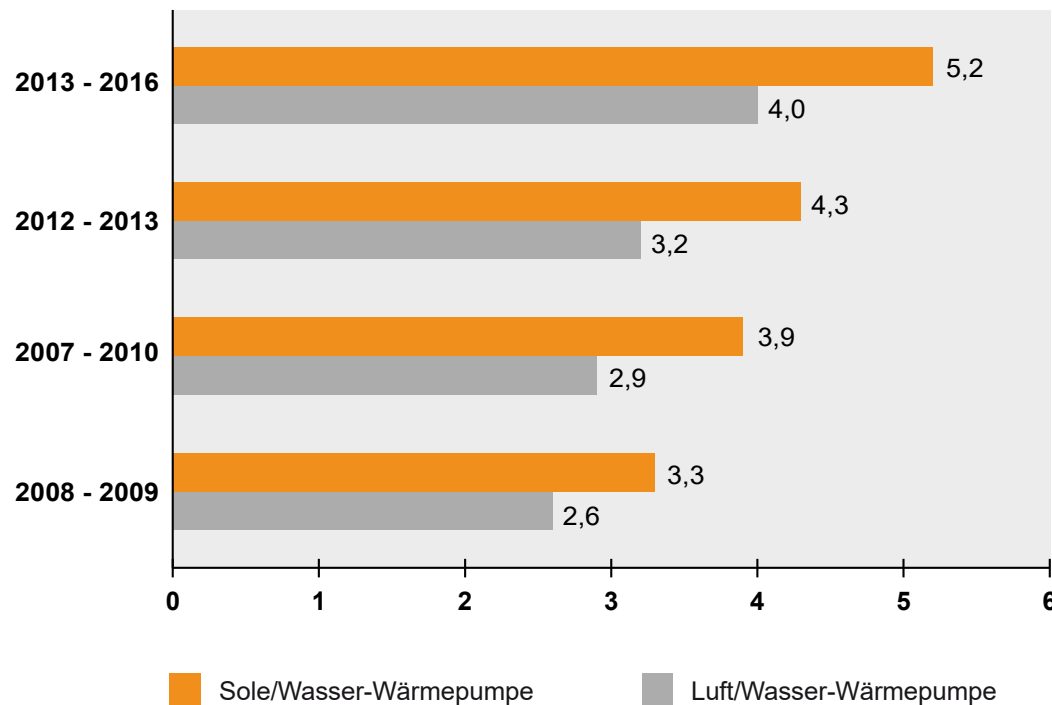
Das Verhältnis von nutzbarer Wärmeleistung zu zugeführter elektrischer Leistung wird als Leistungszahl bzw. in der Fachliteratur als COP (Coefficient of Performance) bezeichnet. Dieser Wert wird unter normierten Bedingungen auf dem Prüfstand ermittelt.

COP: vergleichbar mit dem **normierten Kraftstoffverbrauch** beim Auto

3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Effizienz von Wärmepumpen

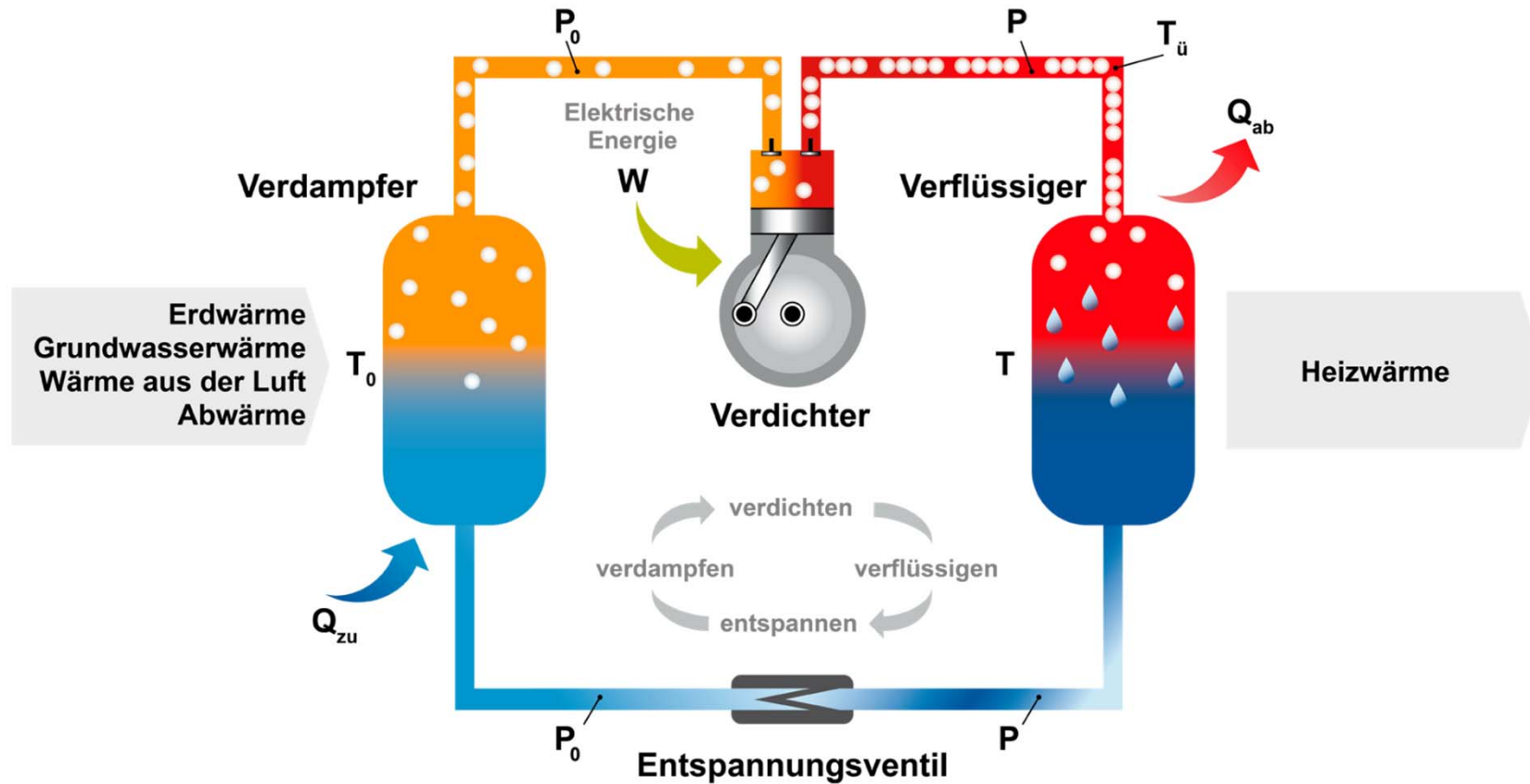
Entwicklung der Jahresarbeitszahl (JAZ)



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Funktionsweise einer Wärmepumpe

Kreisprozess



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Welches Haus, welche Heizung?



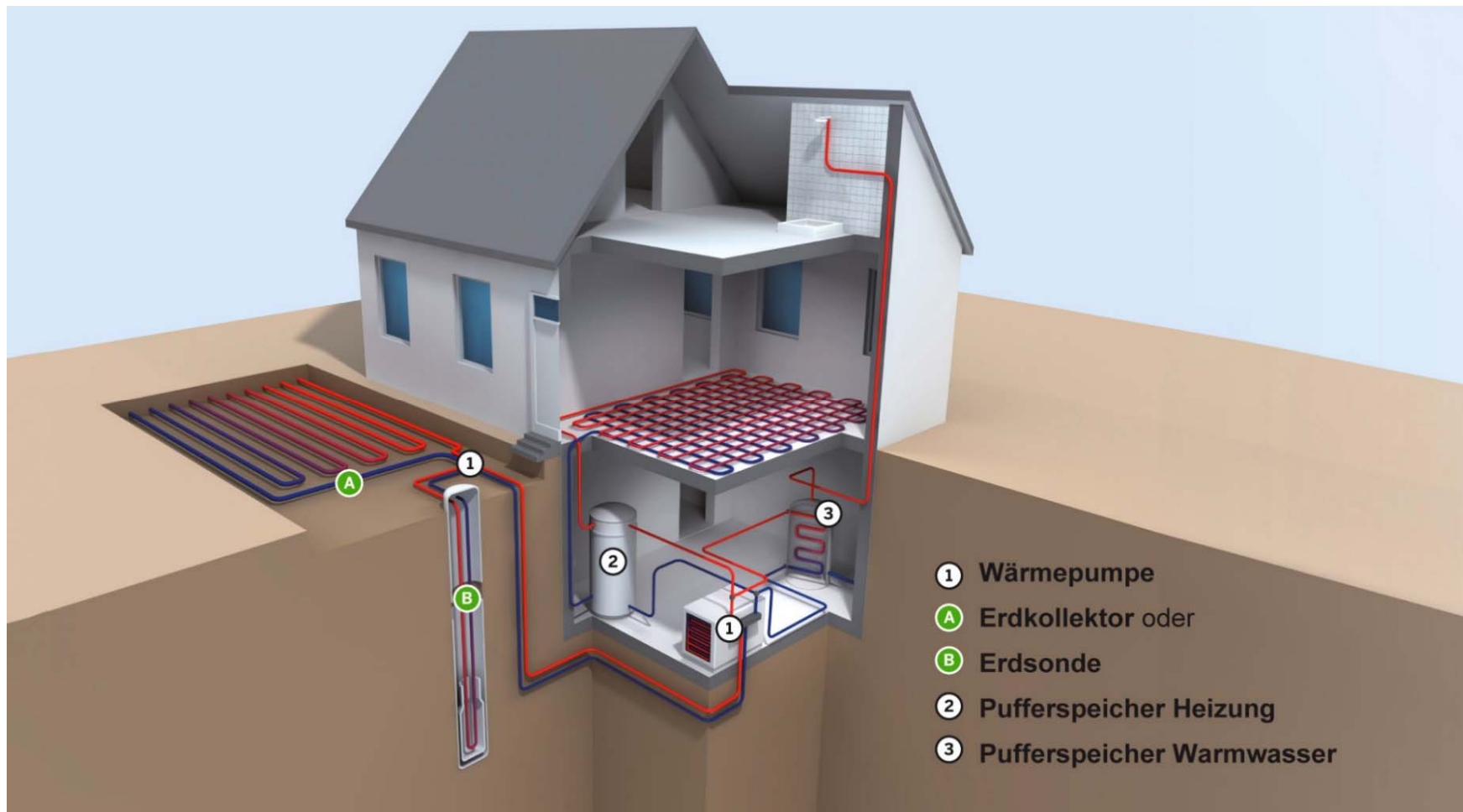
Pauschalaussagen sind unmöglich

- Die Aussage „Wärmepumpe nur im Neubau“ ist falsch.
- Bei Neubauten liegt der Anteil der Wärmepumpen bei ca. 30 %.
- Bei Altbauten muss fallabhängig entschieden werden.
- Entscheidend sind **Wärmebedarf**, **Fensterqualität** und **Heizungsflächen**
- Es ist eine Heizlastberechnung für jeden Raum notwendig.
- Die **Vorlauftemperatur** sollte **möglichst niedrig** gehalten werden.
- Ein **hydraulischer Abgleich** des Heizungssystems steigert die Effizienz.

3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Verschiedene Wärmequellen

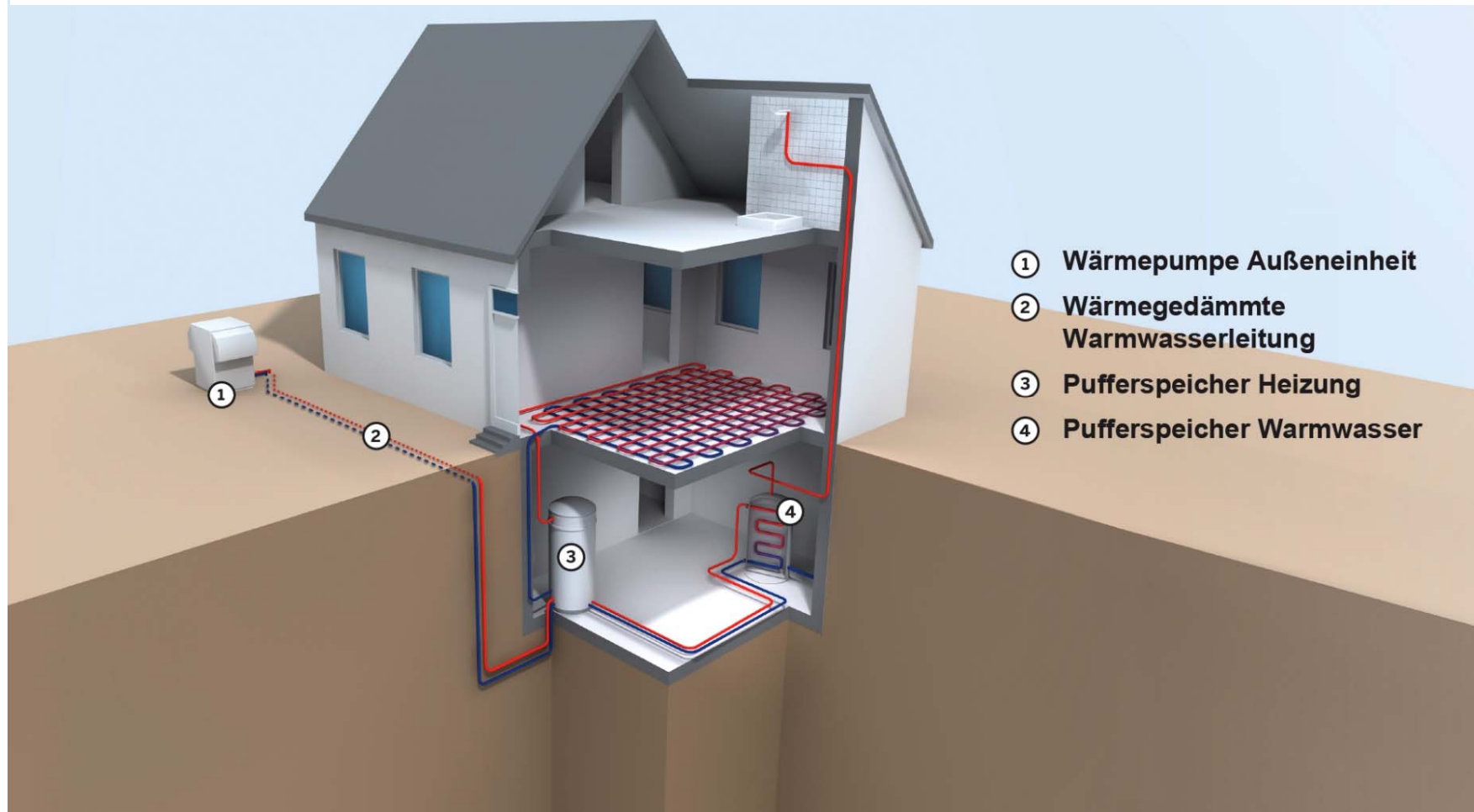
Sole-Wasser-Wärmepumpe (zwei Varianten)



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Verschiedene Wärmequellen

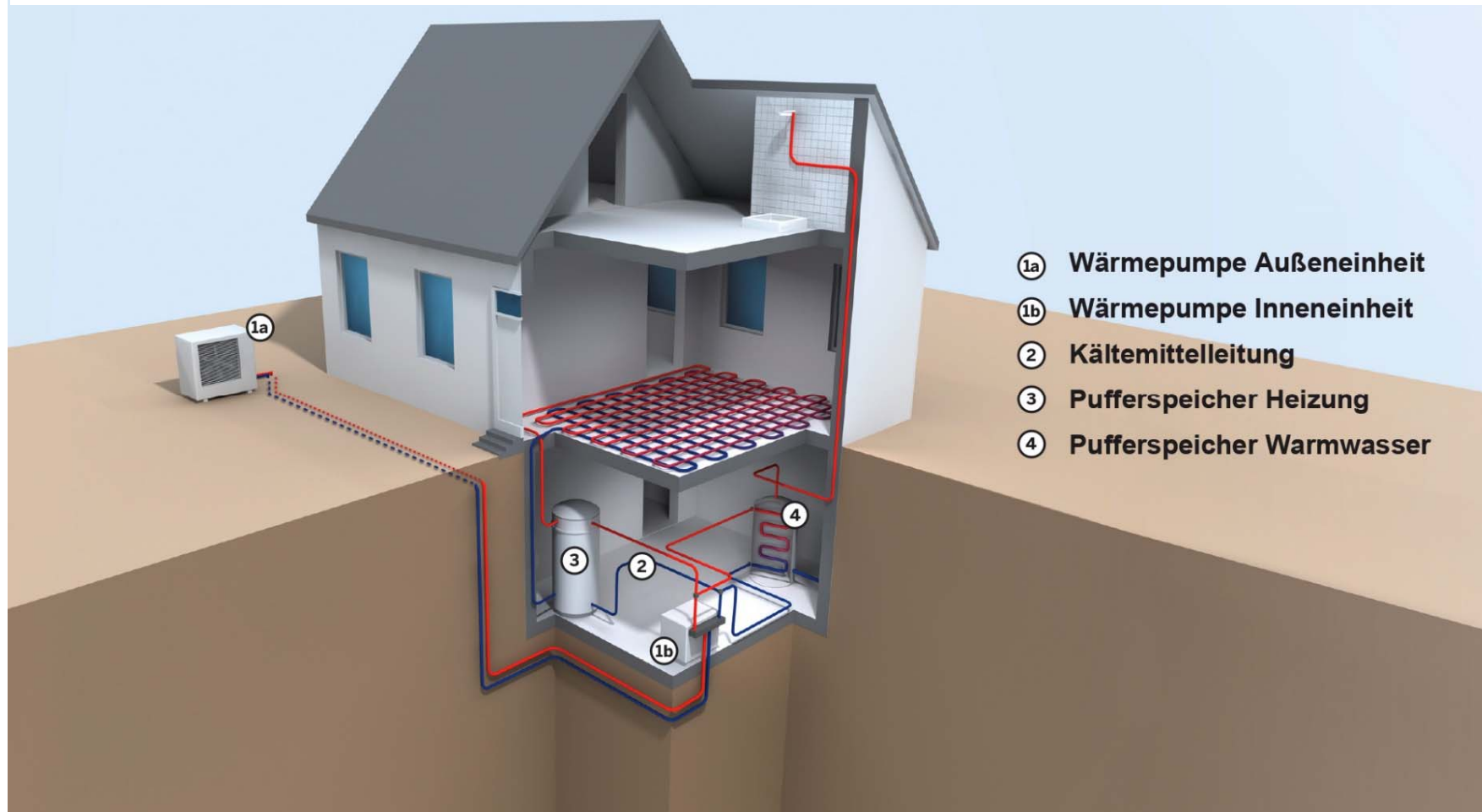
Luft-Wasser-Wärmepumpe (Kompaktgerät)



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Verschiedene Wärmequellen

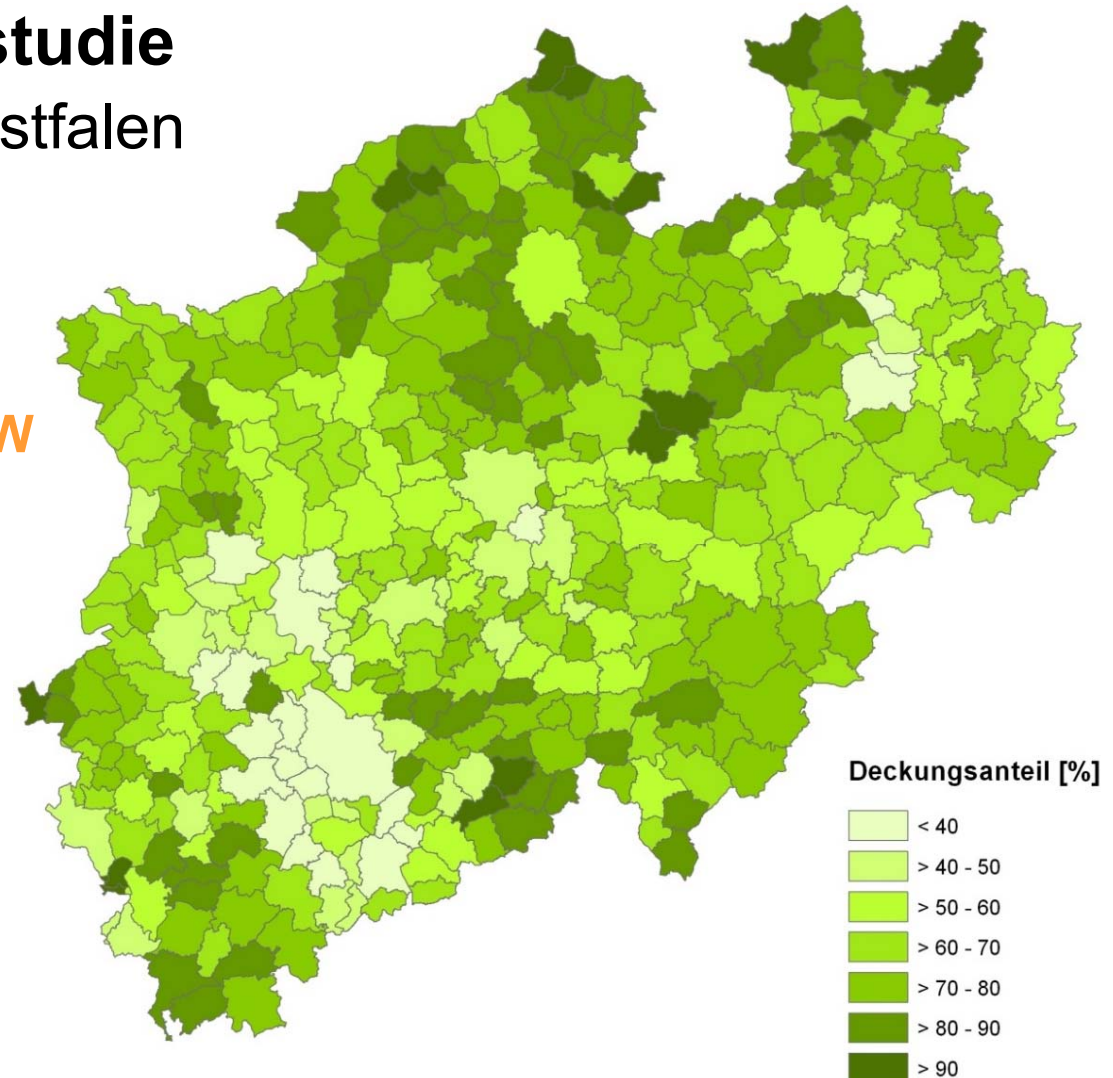
Luft-Wasser-Wärmepumpe (Splitgerät)



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Geothermische Potenzialstudie Übersichtskarte Nordrhein-Westfalen

Mehr als 50 % der Gebäude in NRW
können mit Erdwärme versorgt
werden.

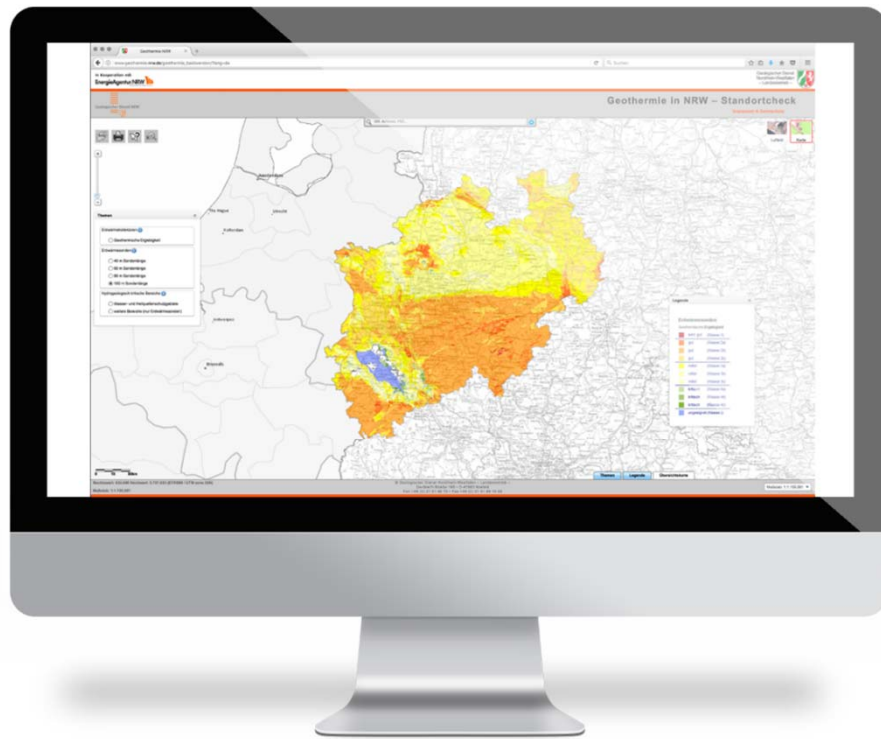


www.gd.nrw.de
www.lanuv.nrw.de

3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Infos im Netz:

Geothermie-Portal des Geologischen Dienstes NRW



www.geothermie.nrw.de

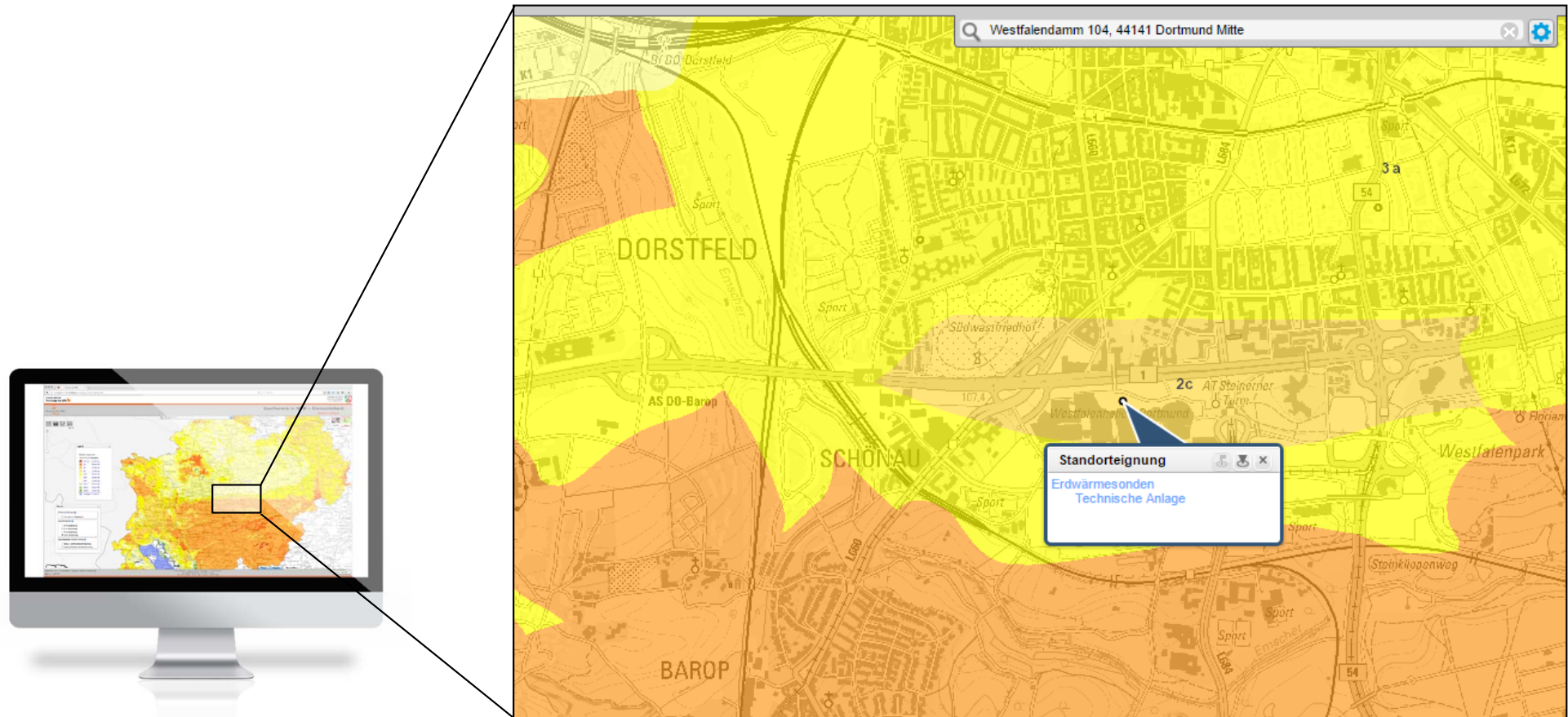
Das Geothermie-Portal NRW bietet Standort-Suchen und weiterführende Informationen zu

- Erdwärmekollektoren (geothermische Ergiebigkeit)
- Erdwärmesonden (40 – 100 m Sondenlänge)
- Hydrogeologisch kritischen Bereichen

3. Photovoltaik und Wärmepumpe

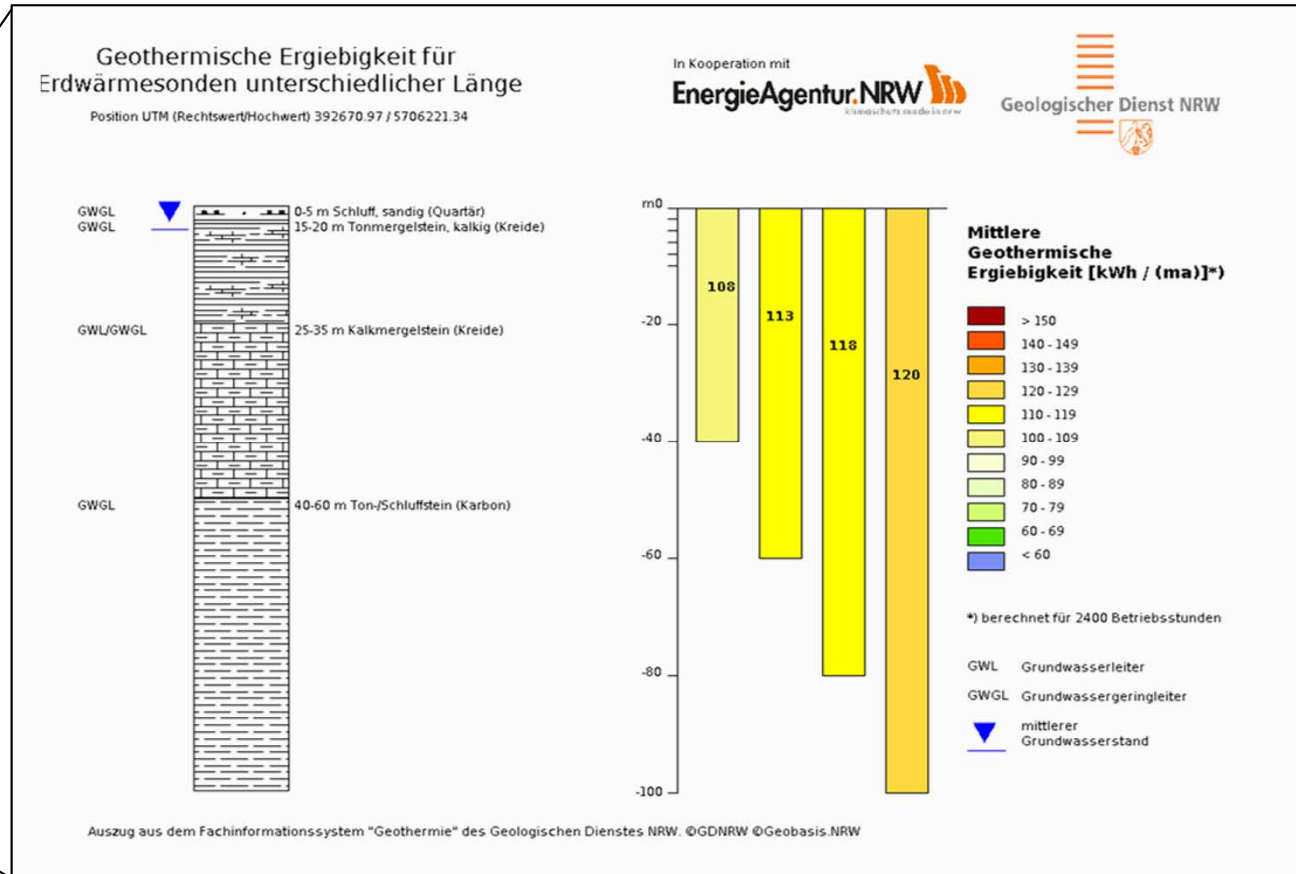
Standortcheck im Geothermie-Portal

Straßengenaue Suche und technische Empfehlungen



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Geothermie-Portal – Detailinformationen Geologische Daten



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Wahl der Heizkörper

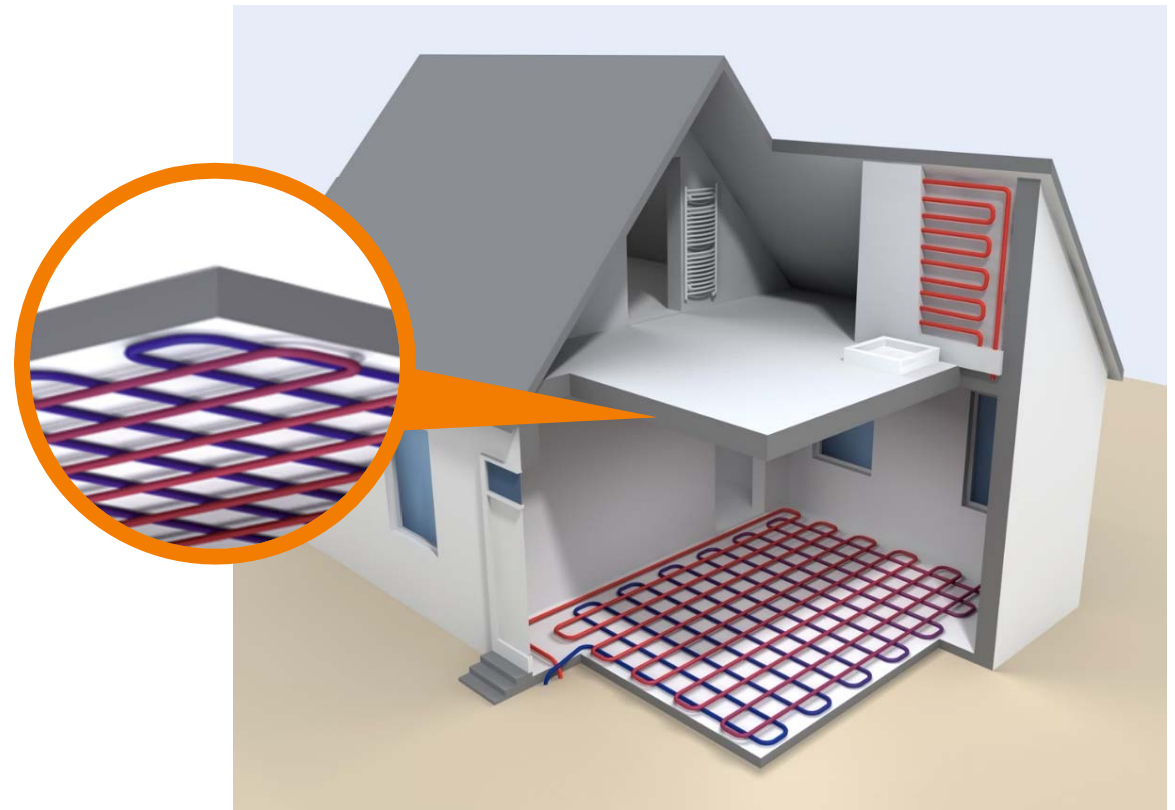
Optimierung der Vor- und Rücklauftemperaturen

Optimal in Verbindung mit Wärmepumpen und Photovoltaik sind Flächenheizungen wie

- Fußbodenheizung
- Wandheizung
- Deckenheizung

Ebenfalls noch geeignet sind klassische Heizkörper (Radiatoren), aber

→ je größer die Heizfläche, desto effizienter die Wärmepumpe



Ein hydraulischer Abgleich sollte immer vorgenommen werden.

3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Geothermisches Potenzial in Nordrhein-Westfalen

Geothermie

- ist unerschöpflich und klimaschonend.
- liefert Wärme, Kälte und auch Strom.
- ist ganzjährig verfügbar – im Sommer und Winter, bei Tag und bei Nacht.
- ist bei fachgerechter Ausführung unbedenklich für Boden und Grundwasser.
- ist nahezu überall nutzbar.

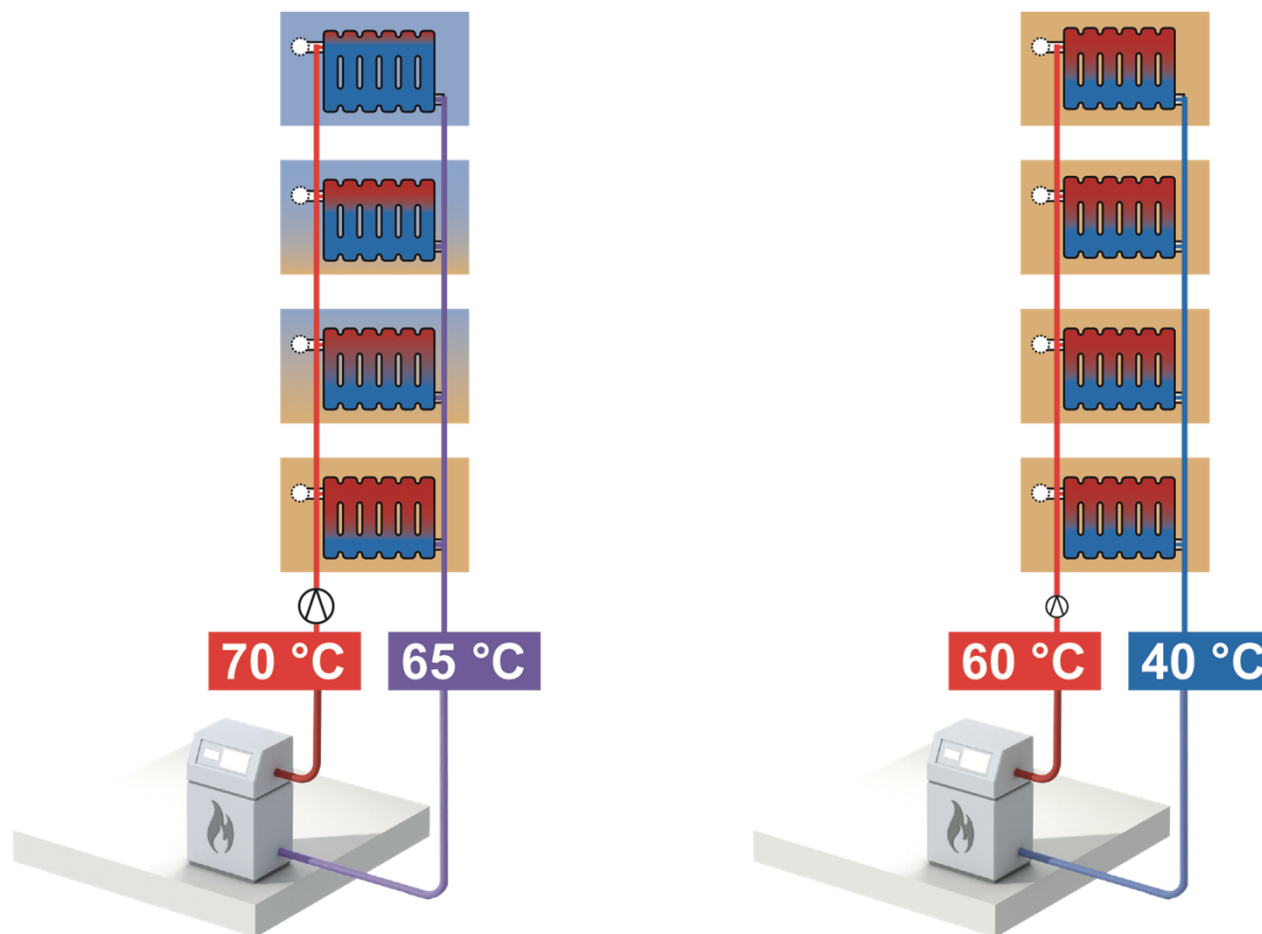
www.gd.nrw.de
www.lanuv.nrw.de



3. Photovoltaik und Wärmepumpe

Hydraulischer Abgleich

Optimierung der Vor- und Rücklauftemperaturen



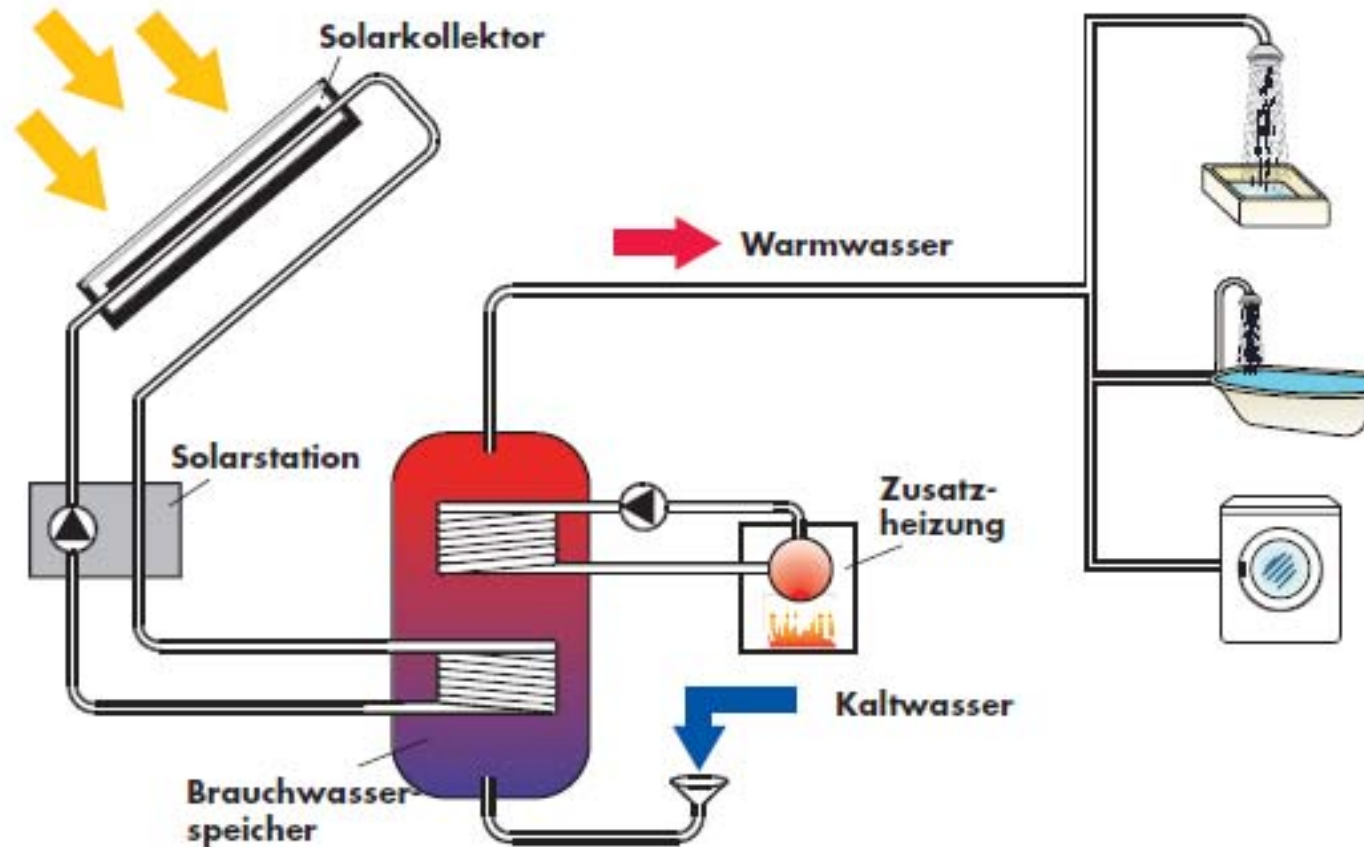
Effizient: Vor- und Rücklauftemperaturen sind hier deutlich geringer!



ungünstig

optimiert

4. Solarthermie

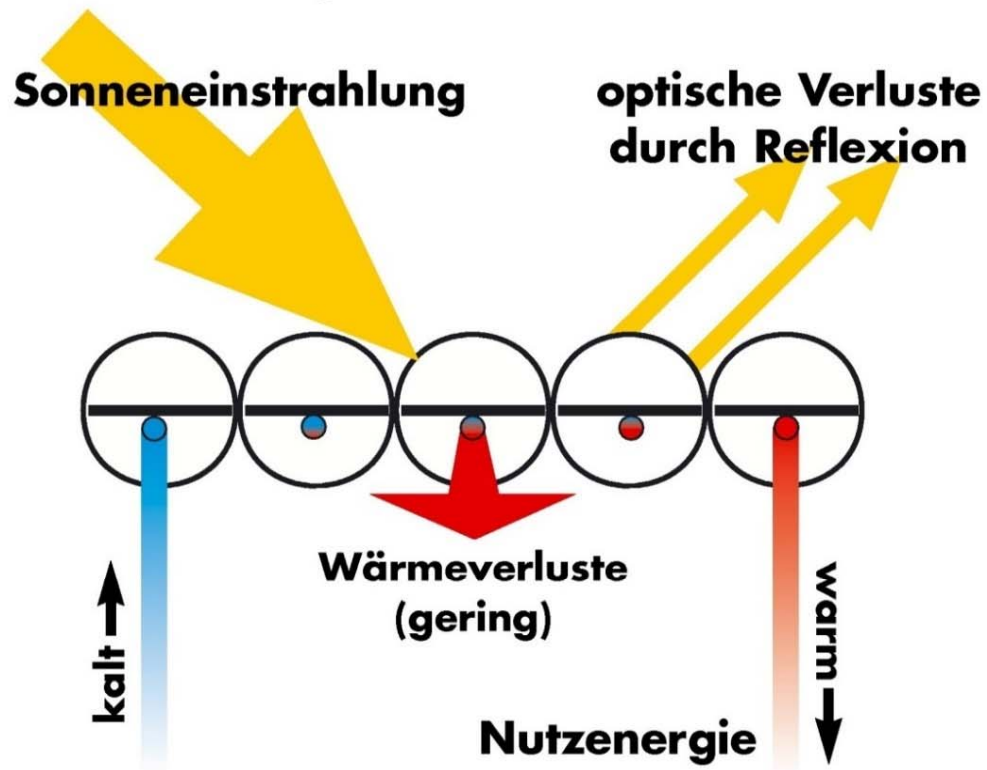


4. Solarthermie

Kollektorbauarten

Röhrenkollektor

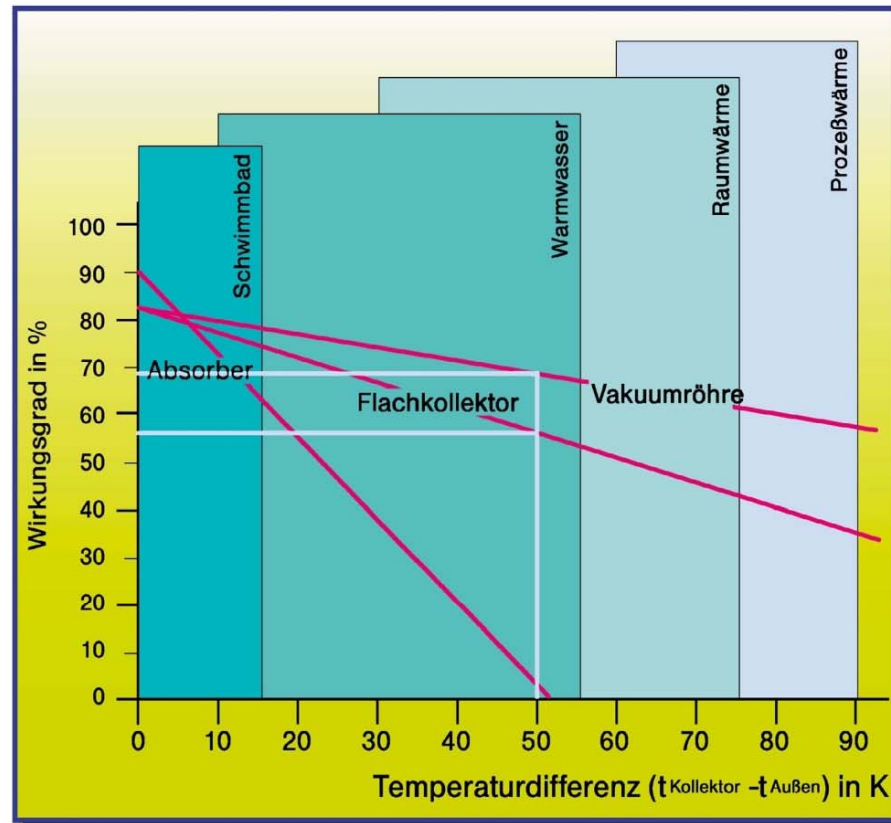
„Prinzip Thermoskanne“



- Glasröhre
- Vakuumisolierung
- ein Absorber pro Röhre
- viele Röhren

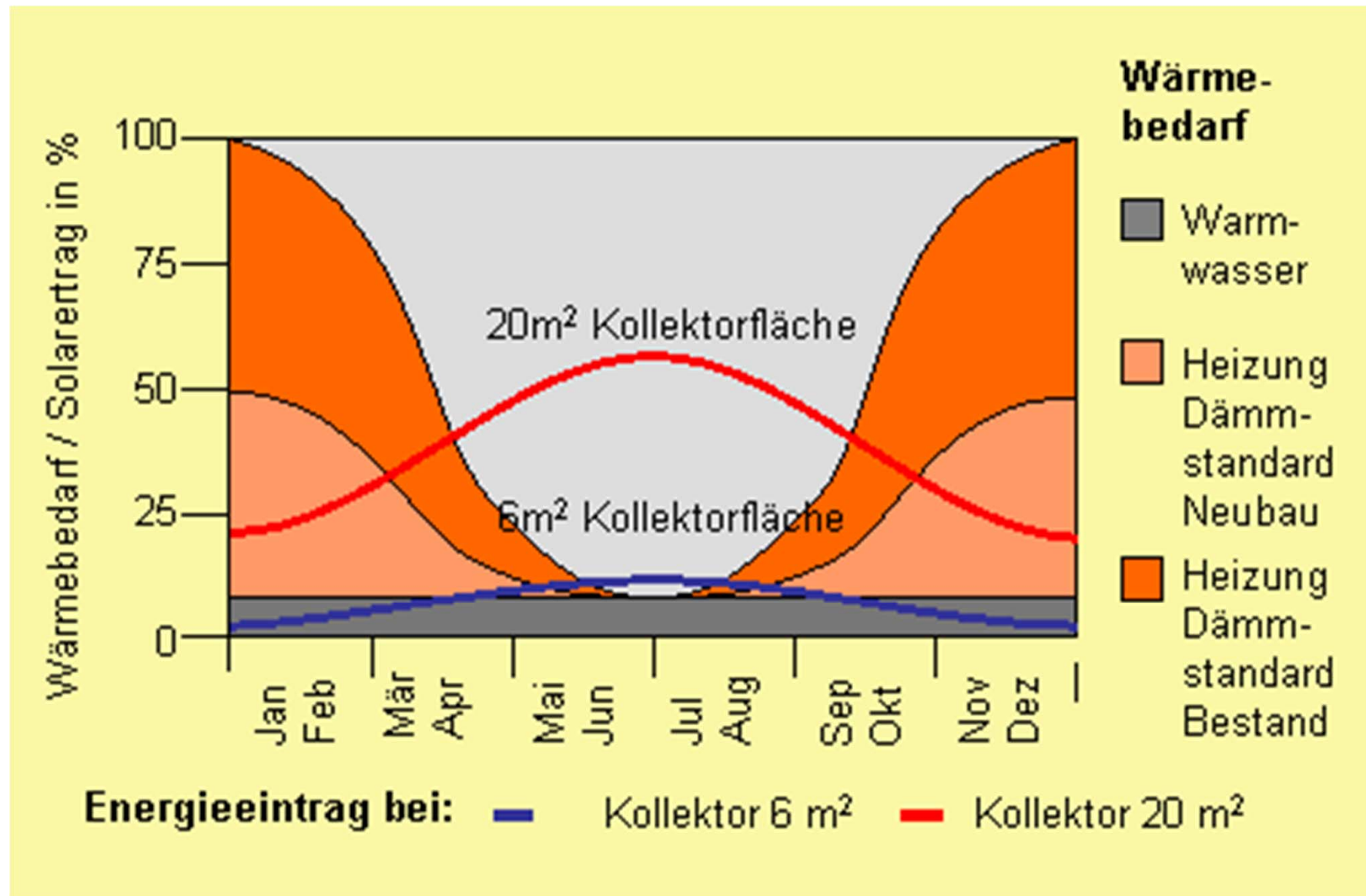
4. Solarthermie

Wirkungsgradkennlinien bei einer Einstrahlung von 1.000 W/m²



Quelle: Öko-Institut 1997

4. Solarthermie



4. Solarthermie

Solarthermische Anlagenkonzepte

Nicht nur die Wahl des Kollektors, sondern auch die Wahl des Speichers, der Anlagenhydraulik und das Mess- Steuer- und Regelkonzept (MSR) haben einen entscheidenden Einfluss auf den Nutzen einer Solarthermieanlage!

Grundsätzlich lassen sich zwei grundlegende Philosophien und Optimierungen unterscheiden:

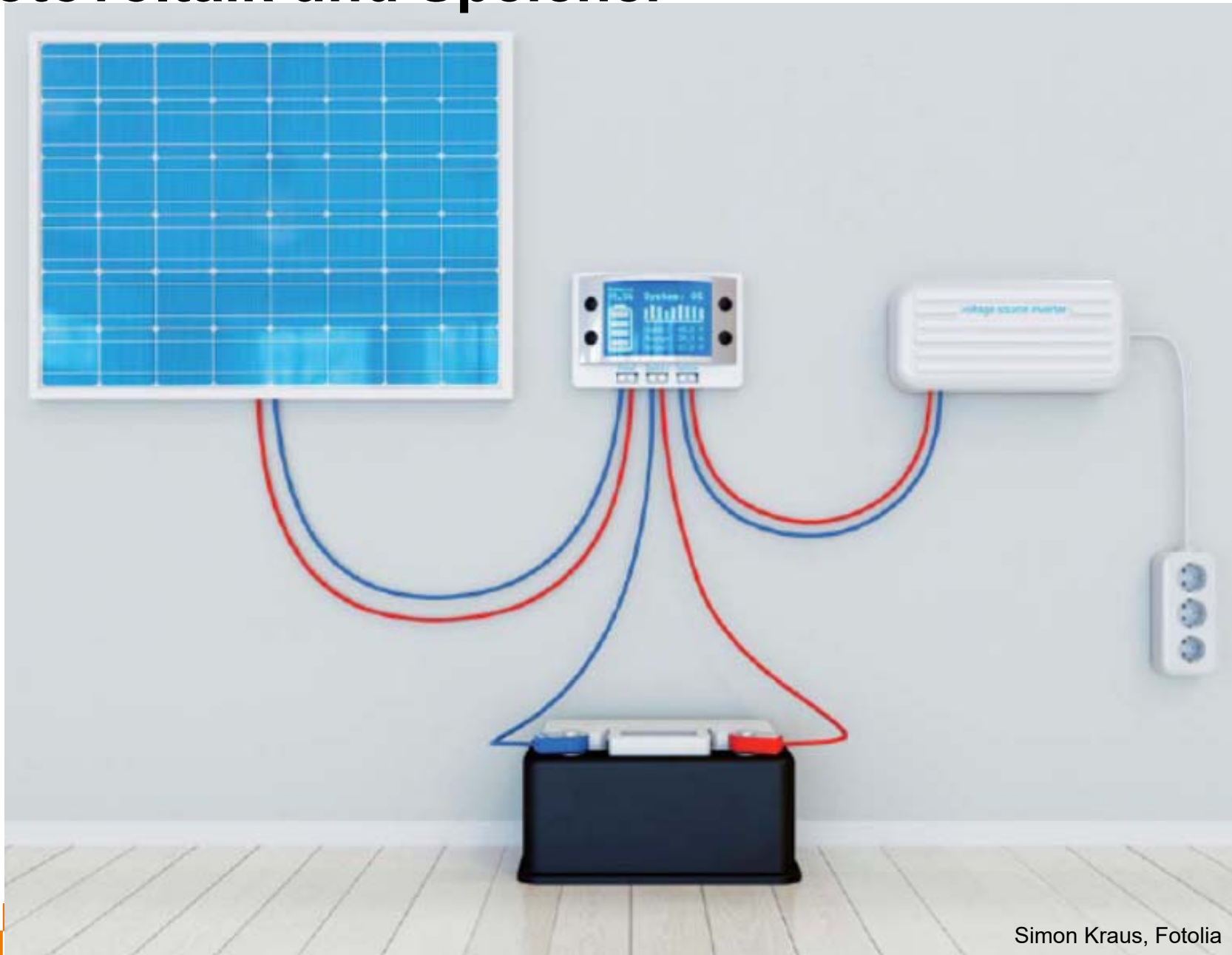
- **Ertragsoptimierte Vorwärmssysteme
(Niedertemperatur)**
- **Deckungsgradoptimierte Hochtemperatursysteme**

4. Solarthermie

Solarthermische Anlage - Realisierung

1. Bestandsaufnahme:
Wann wird wo, wieviel Wärme und auf welchem Temperaturniveau benötigt?
2. Anlagenentwurf und Simulation
3. Entwicklung des Anlagenschemas mit einer abgestimmten Mess- Steuer- und Regelungstechnik
4. Ausführungsplanung und Dimensionierung

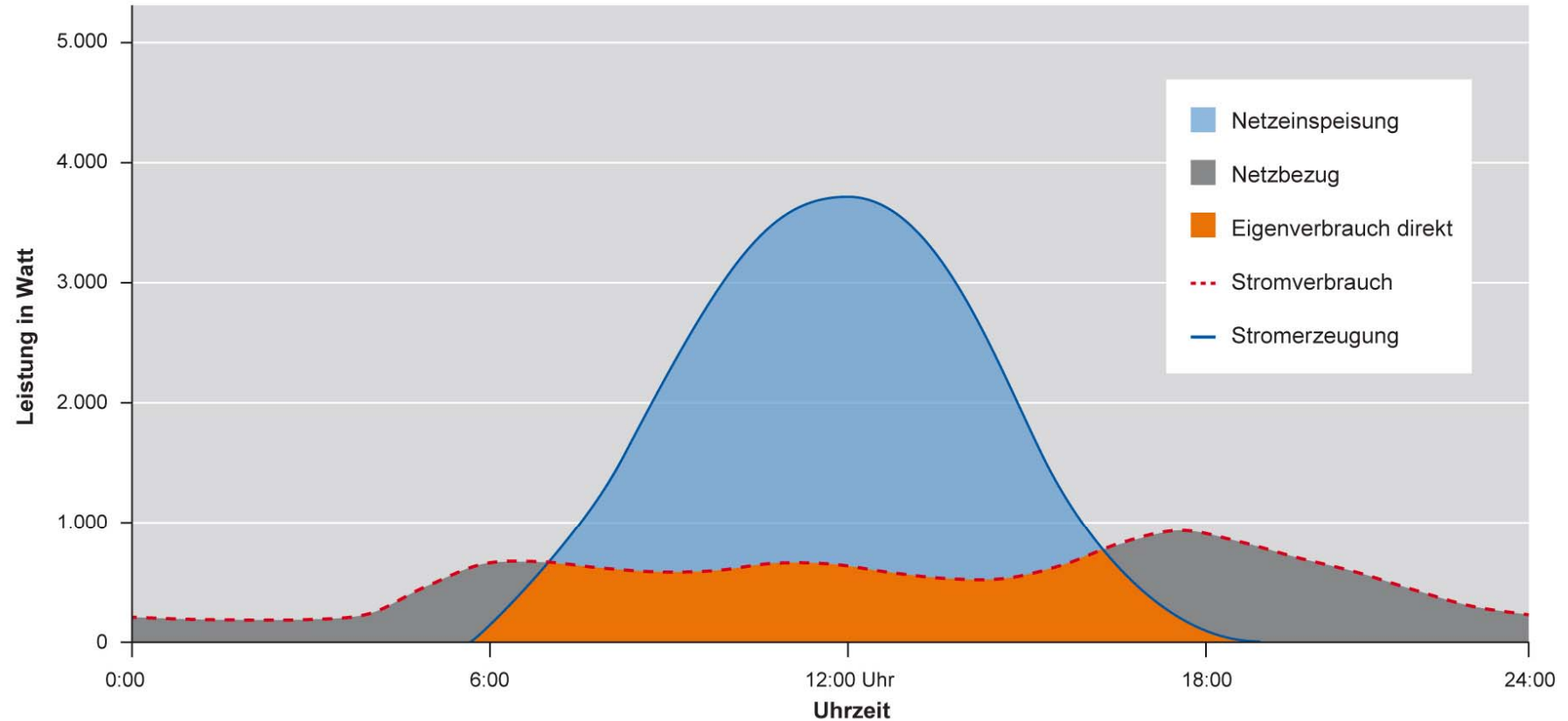
5. Photovoltaik und Speicher



Simon Kraus, Fotolia

5. Photovoltaik und Speicher

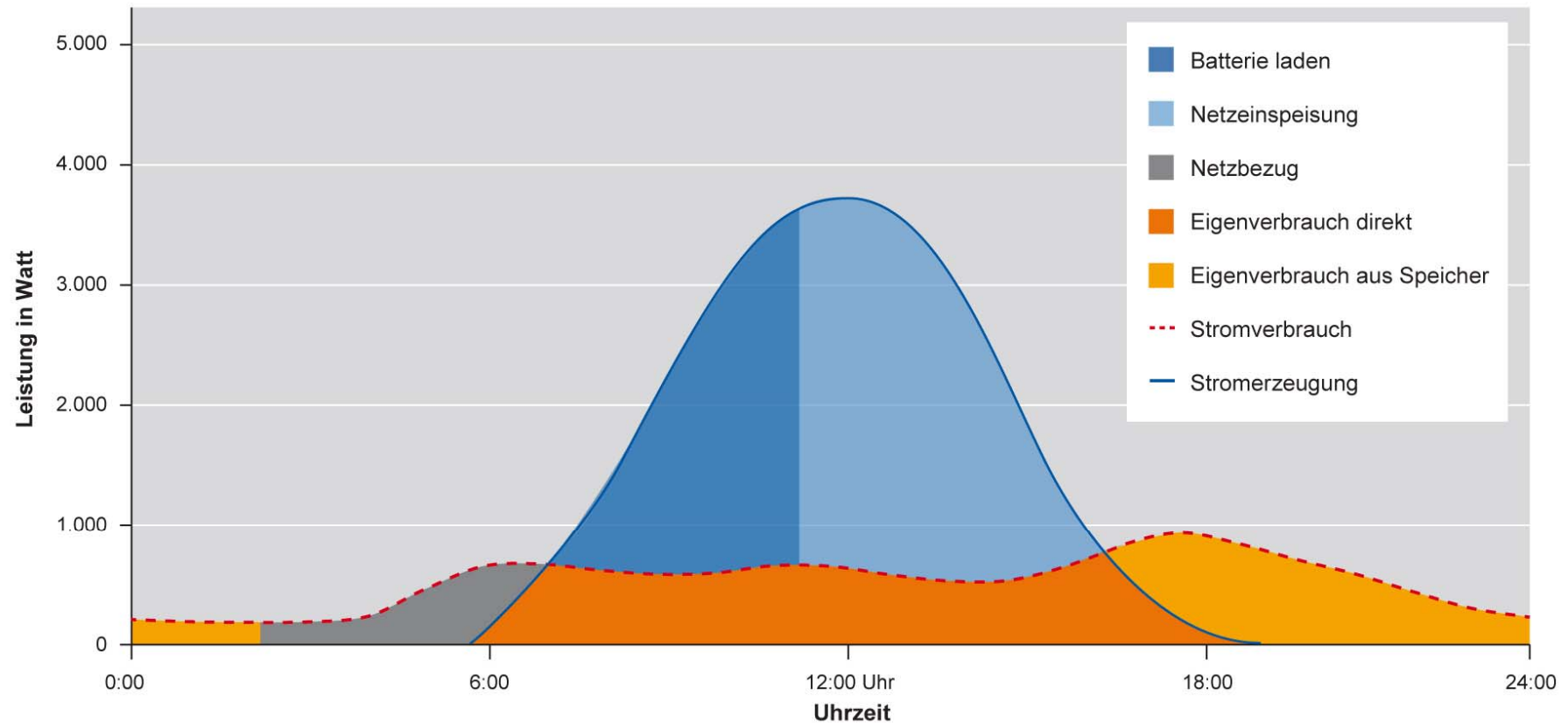
PV-Eigenverbrauch ohne Stromspeicher



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

5. Photovoltaik und Speicher

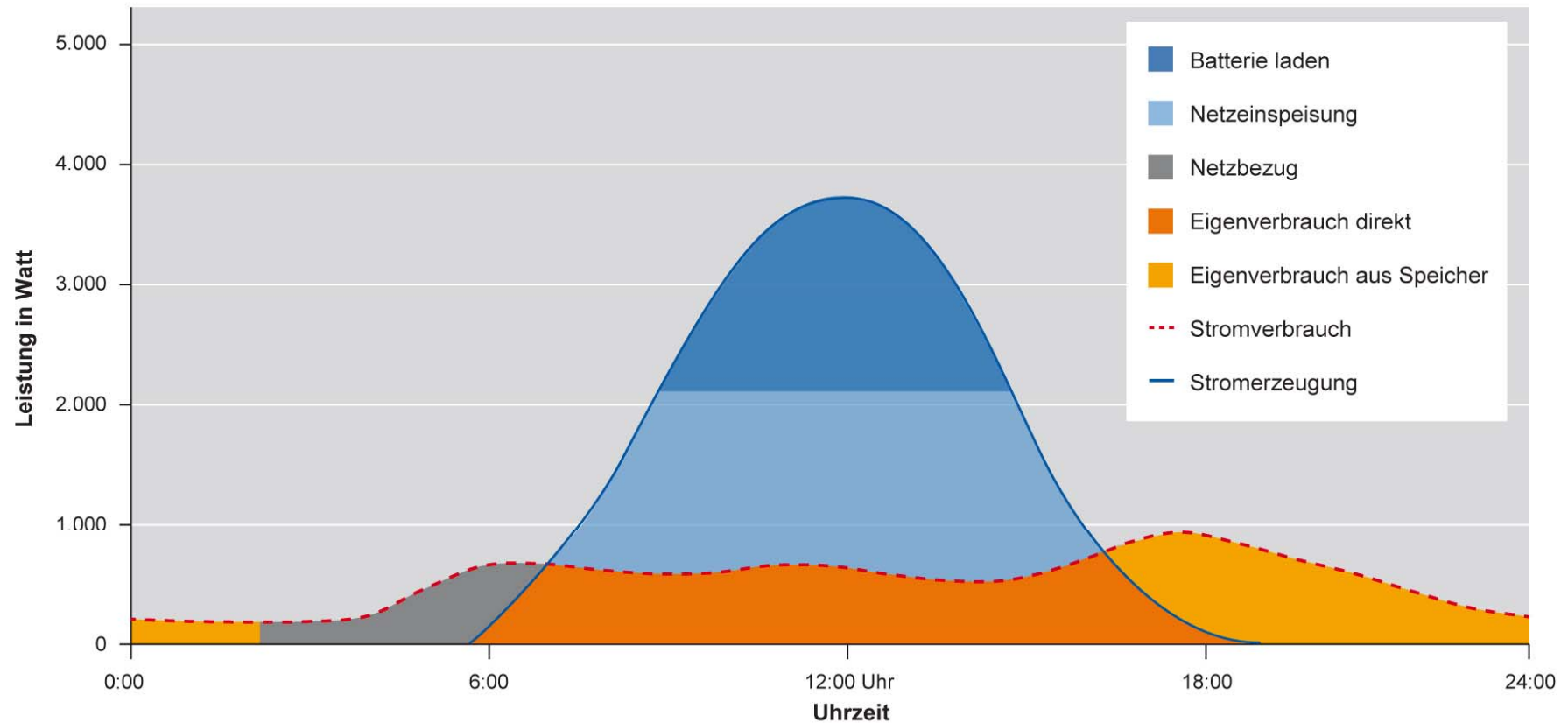
PV-Eigenverbrauch mit Stromspeicher



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

5. Photovoltaik und Speicher

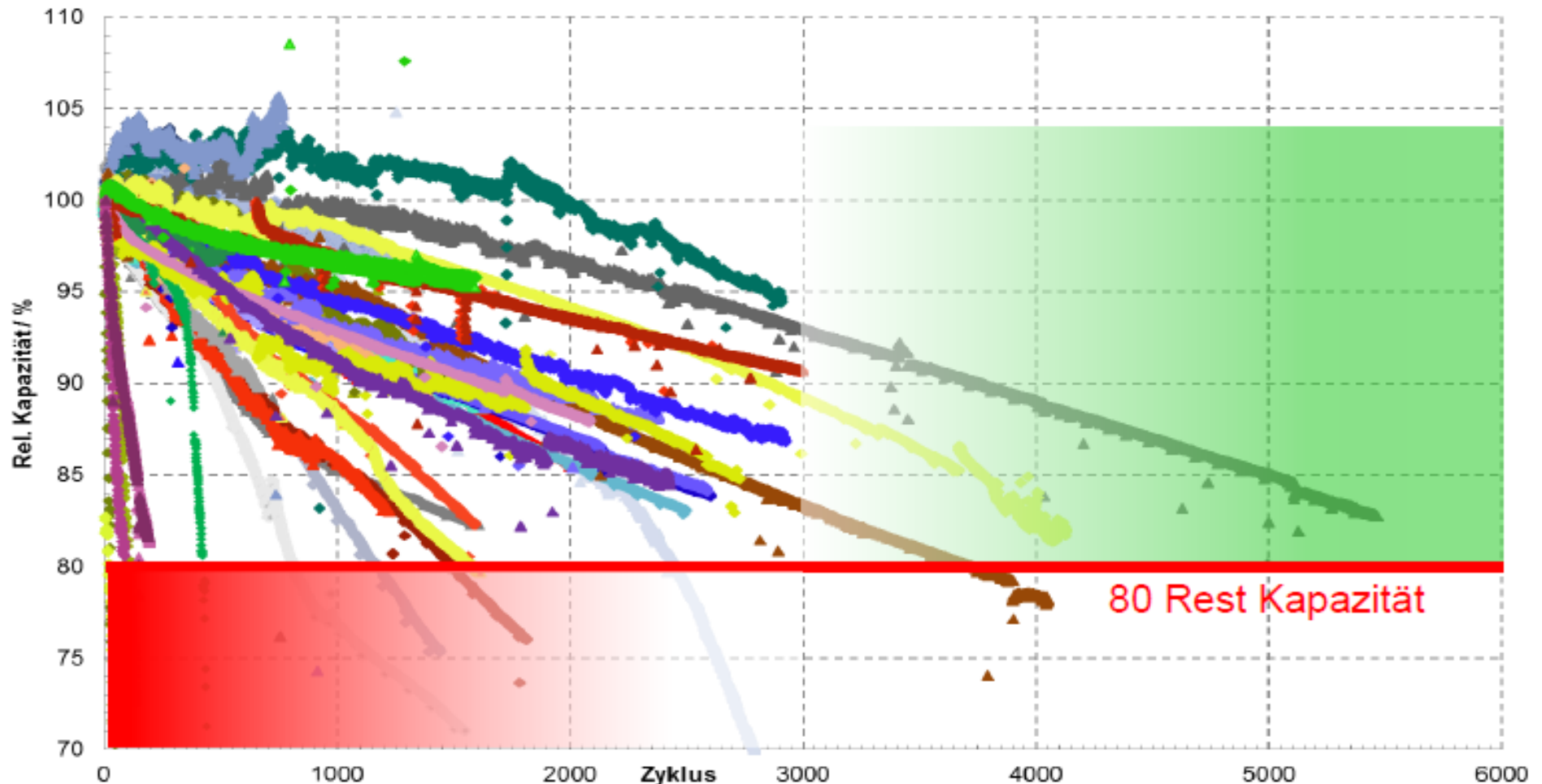
PV-Eigenverbrauch mit Stromspeicher (netzoptimiert)



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

5. Photovoltaik und Speicher

Weltweites Benchmark von Li-Ionen Zellen Zyklentest 1C/1C; 100%DOD



5. Photovoltaik und Speicher

Kosten/Kalkulation PV-Anlage mit Speicher

- Speicherkosten 600 – 1.200 €/kWh
- Anzahl Vollladezyklen 8.000 – 15.000
- Aber auch kalendarische Alterung
=> ca. 15 – 20 Jahre Lebensende der Batterie
- Garantien bei min. 10 Jahre

**Strombezugskosten
16 - 25 ct/kWh netto**

=> 600,- €/ 8.000 Zykl/= reiner Gestehungskosten von 7,5 ct/kWh

=> 600,- €/ 4.125 Zykl/= reiner Gestehungskosten von 14,5 ct/kWh

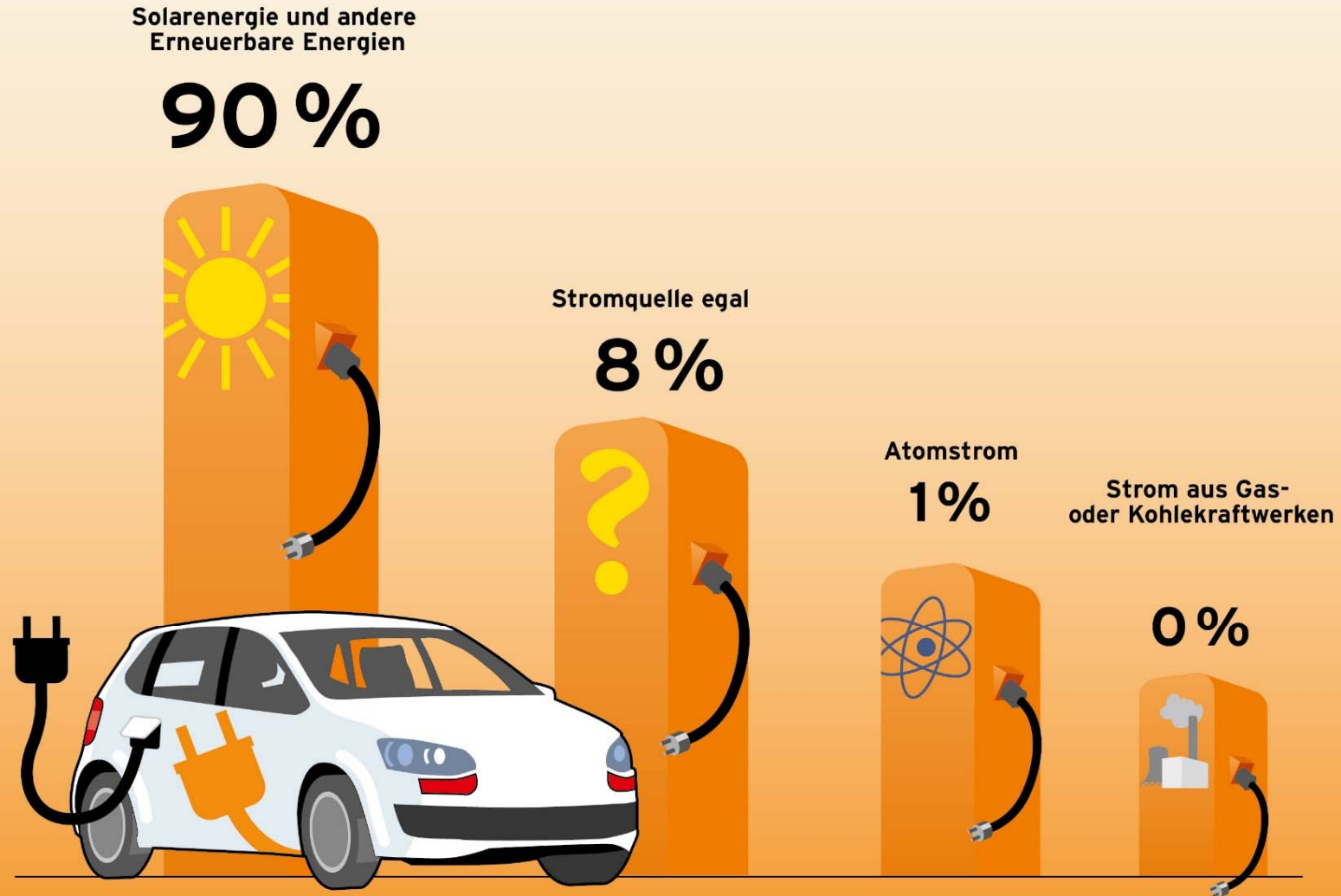
=> 800,- €/ 8.000 Zykl/= reiner Gestehungskosten von 10,0 ct/kWh

=> 800,- €/ 4.125 Zykl/= reiner Gestehungskosten von 19,4 ct/kWh

6. Phot

90 Prozent würden Solarstrom tanken

Womit würden Sie bei gleichem Preis vorzugsweise tanken?



Basis: Autofahrer, für die grundsätzlich die Anschaffung eines Elektroautos in Frage kommt | An 100 Prozent fehlende Angaben = „weiß nicht“ | Forsa-Umfrage im Auftrag des BSW-Solar, 6/2018

www.solarwirtschaft.de

SOLARGRAFIK.de

6. Photovoltaik und Elektromobilität

Klimabilanz – Quelle zum Rad (WtW)

Strom- und Kraftstoffbedarf

- Durchschnittlicher Realverbrauch von Diesel- und Elektrofahrzeugen

Diesel		
Modell	Anzahl	Ø l/100km
Nissan Note	27	4,8
Renault Clio	47	4,8
VW Golf TDI	34	5,4
BMW 1er	55	5,7
BMW 5er	27	8,6
Hyundai i30	66	5,4

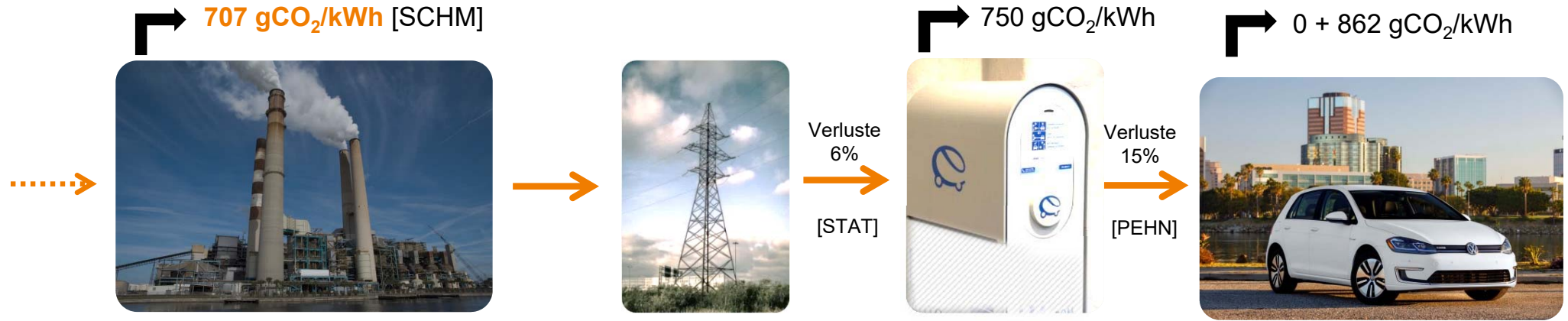
Elektrofahrzeug			
Modell	Anzahl	Ø kWh/100km	≙ l/100km Diesel
Nissan Leaf	11	16,5	1,7
Renault Zoe	45	16,3	1,7
VW e-Golf	20	15,1	1,5
BMW i3	16	14,4	1,4
Model S	41	20,4	2,0
Hyundai IONIQ	25	13,6	1,4



Quelle der Daten: Spritmonitor.de (05.09.2018)

Eingaben: Laufleistung: mindestens 15.000 km
 Baujahr: 2014-2019
 Verbrauch: Durchschnittswert

Well-To-Wheel – Fossiler Strommix



e-Golf mit fossilem Strommix

862 gCO₂/kWh

x 0,155 kWh/km

= 134 gCO₂/km

Golf TDI Betrieb

2490 gCO₂/l

x 0,054 l/km

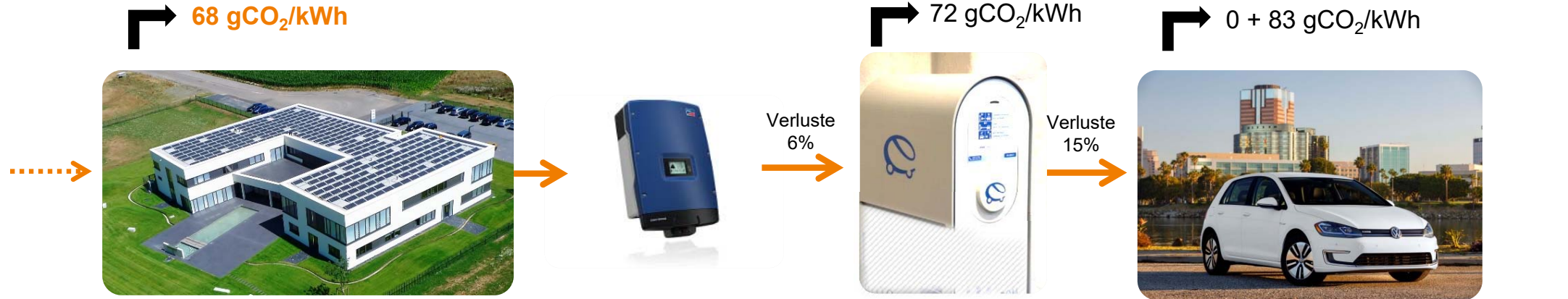
= 134 gCO₂/km

0%



2.490 gCO₂/l

Well-To-Wheel – Photovoltaik



e-Golf mit Photovoltaik

83 g/kWh

x 0,155 kWh/km

= 13 gCO₂/km

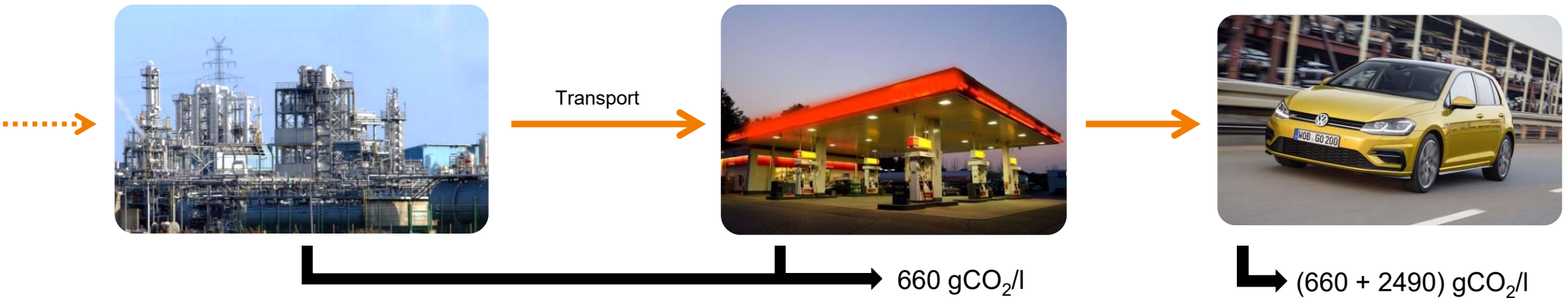
Golf TDI Diesel + Betrieb

(660 + 2490) g/l

x 0,054 l/km

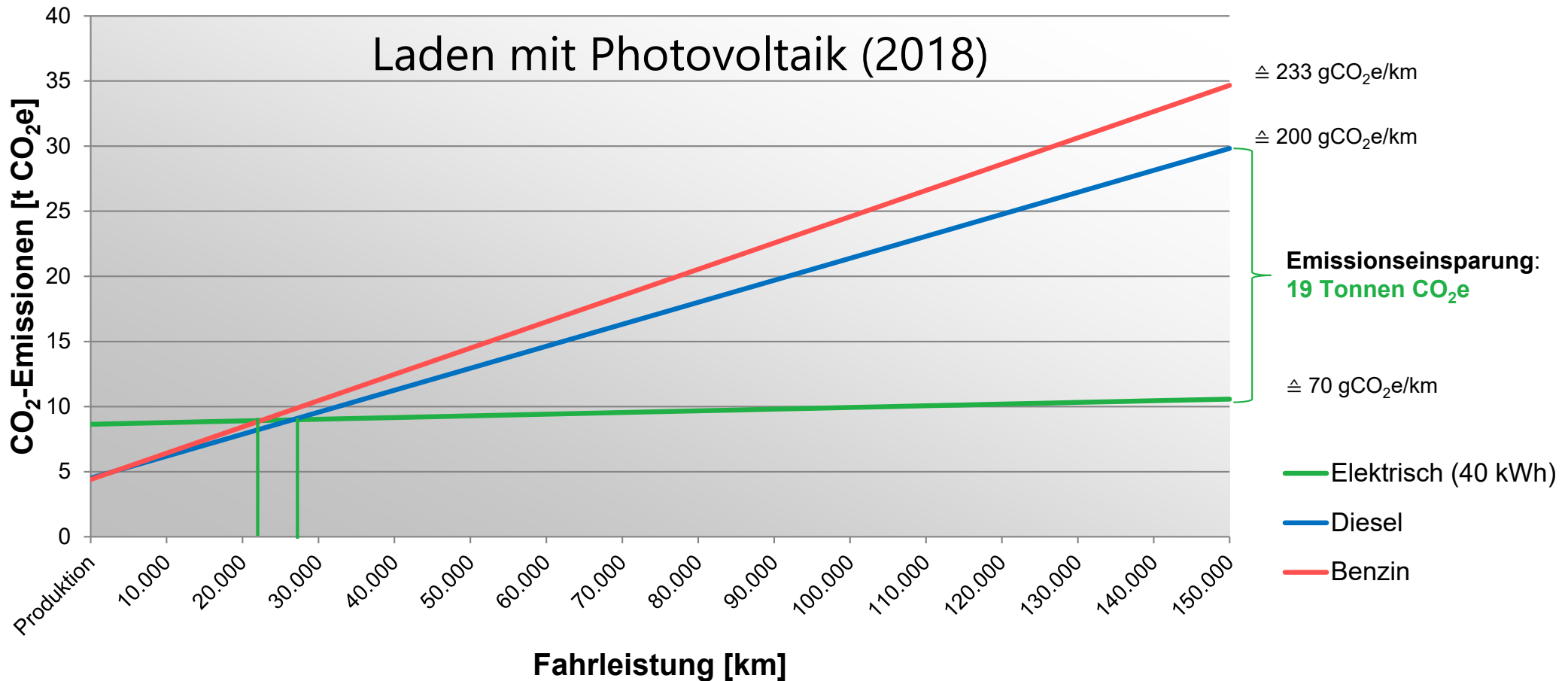
= 170 gCO₂/km

- 92%



6. Photovoltaik und Elektromobilität

Lebenszyklusanalyse (inkl. Batterieherstellung, sensitiv)



- Elektrisch vs. Benzin: Emissionsvorteil nach ca. **22.000 km**
- Elektrisch vs. Diesel: Emissionsvorteil nach ca. **27.000 km**

Gesamteinsparung: ca. **24 tCO₂**
Gesamteinsparung: ca. **19 tCO₂**

7. Förderungsmöglichkeiten



www.foerder-navi.de

Viele Maßnahmen zur Energie-einsparung oder zur Anwendung Erneuerbarer Energie werden vom Land NRW oder dem Bund gefördert.

Die Webseite hilft bei der Suche nach Förderprogrammen für

- Privatpersonen
- Unternehmen und freiberuflich Tätige
- Kommunen und kommunale Zweckverbände / Gebietskörperschaften
- Gemeinnützige Organisationen
- Genossenschaften

7. Förderungsmöglichkeiten

Photovoltaik

- Einspeisevergütung / KfW-Kredit
- Regionale/kommunale Förderung möglich

Speicher:

- 200 €/kWh, ohne Unter- oder Obergrenze

Heizung:

- BAFA-Heizungstausch Öl auf Gas/Pellets => 35% Zuschuss
- BAFA-Heizungstausch Öl auf Wärmepumpe => 45% Zuschuss

8. Praxisbeispiel

Technik:

- 30 kWp PV-Anlage mit 25.000 kWh/Jahr
- 32,5 kWh Speicher
- 30 KW Luft-hochtemp. Wärmepumpe

Bilanz:

- > 73% Energieautark, Bilanziell
- > 41% Energieautark, Real
- > 60% Eigenstromnutzung
- 100% CO₂ Einsparung

Amortisation:

- PV-Anlage + Speicher => 19 Jahre
- Luft-Wärmepumpe => 6 Jahre

Kostenschätzung:

- 8.500 l/Jahr Heizöl
- 14.000 kWh/Jahr Strom
- 1.300,- €/kWp PV
- 975,- €/kWh Speicher
- 50% progres Förderung
- 55.000,- € Luft-WP
- 45% Förderung Bafa
- COP = 3,5

Einsparung:

- 30% Effizienzsteigerung Heizung
- 60.000 kWh/Jahr Energie
- 17.000 kWh/Jahr Strom (WP)
- 16 ct/kWh Strom (WP-Tarif netto)
- 50% wenige Heizkosten/Jahr

MÖGLICHKEITEN DER SOLARENERGIE UND IHRE KOMBINATIONEN

Carl-Georg Buquoy,

Themengebietsleiter Photovoltaik, EnergieAgentur.NRW