- Weltklimaabkommen beschließt $\Delta T<2K$ & Dekarbonisierung -

Sächsische Politik muss handeln!

VEE Sachsen e.V. – Jahrestagung 2019

Kulturhaus Böhlen, 10.05.2019

Vortrag

„Erneuerbare Energien in Sachsen – Eine reale Einschätzung 2019“

FSD Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Schlegel
Referent Klimaschutz a.D.
Mitglied VEE Sachsen e.V.
Tel.: 03431-701279
Mobil: 0177-4541681
E-mail: schlegel-doebeln@t-online.de

Greta Thunberg und über 25.000 Schüler*innen streiken am 29.03.2019 in Berlin

Quelle: #climatestrike #fridaysforfuture #schoolstrike4climate

Gliederung

Erneuerbare Energien in Deutschland – Übersicht bis 2018

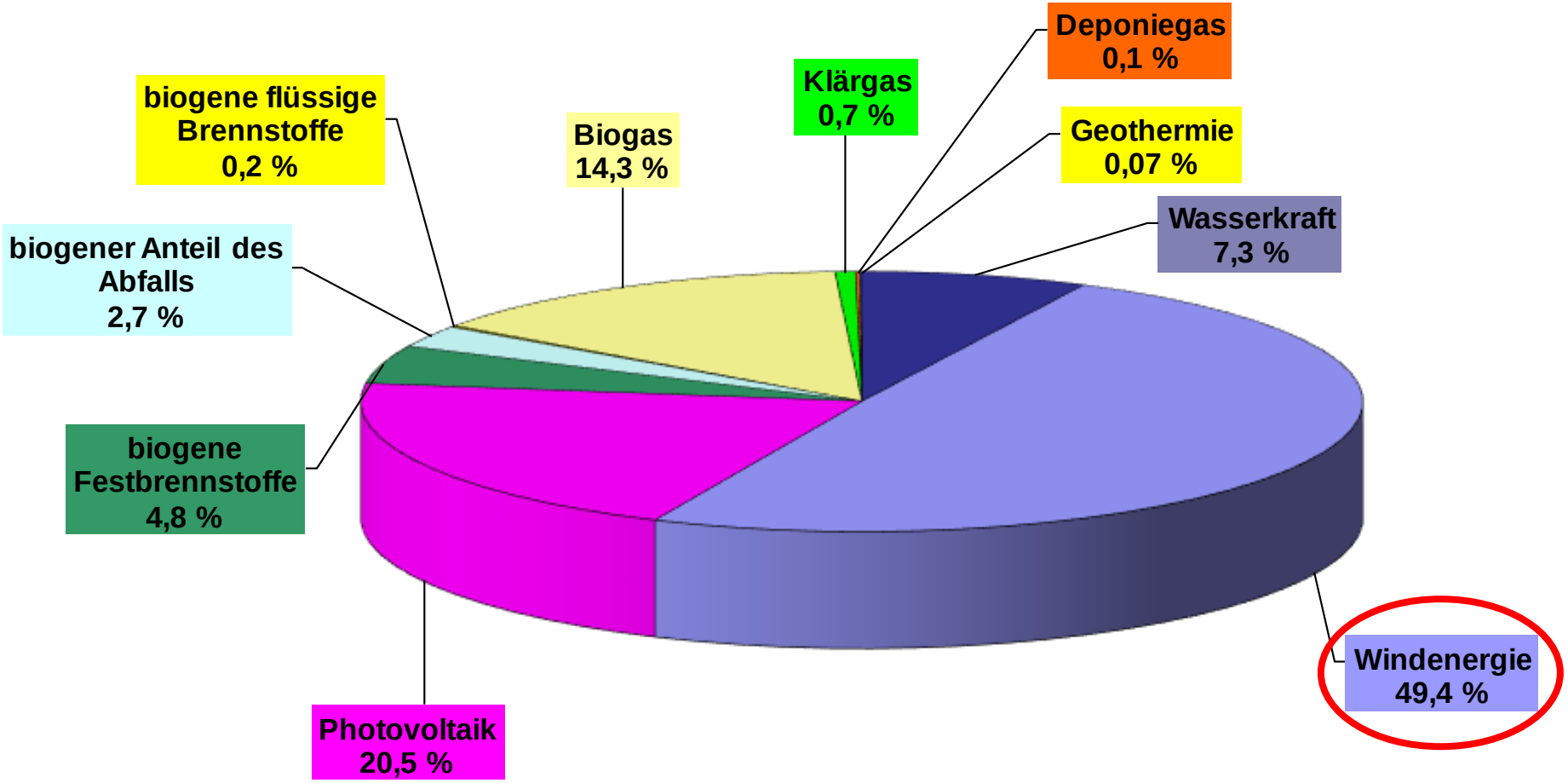
Aktueller Stand der Erneuerbaren Energien in Sachsen

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Sachsen – ein kritischer Blick

Struktur der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland 2018

$E_{ges\ 2018} \approx 225.691$ GWh - -> ≙ 37,8% - -> $\Delta m_{CO2} \approx 209.600$ kt [1)]

[1)] Bezug auf Braunkohleemissionen; $E_{erz\ brutto} = 646,8$ TWh - $E_{verb\ brutto} = 595,6$ TWh



Gesamte Biomasse: = 22,7 %
(mit Deponie- und Klärgas)

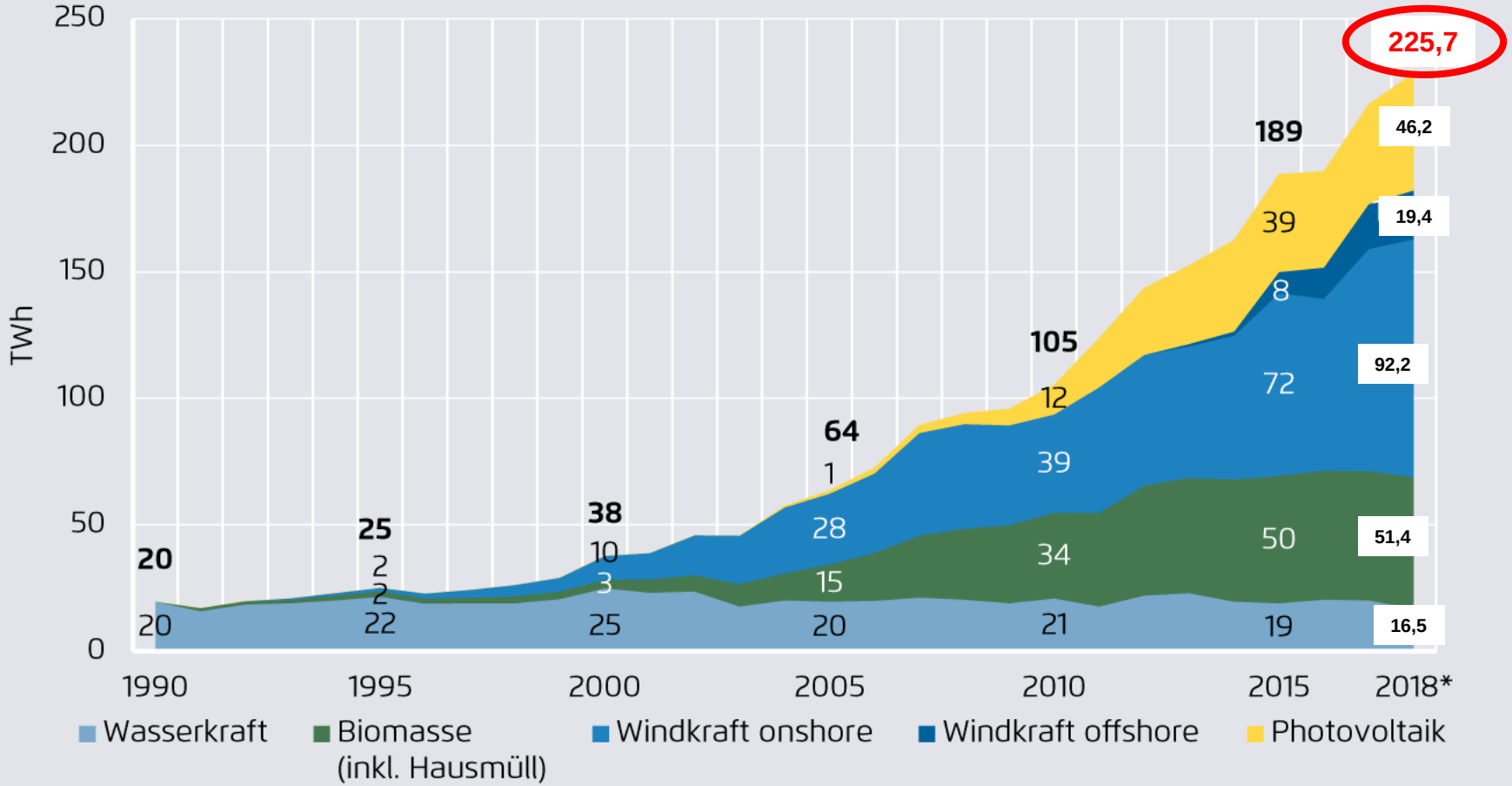
[1)] $f_{CO2} = 0,929\ kgCO_2/kWh_{el}$

Quelle: BMWi, AGEE-Statistik Stand Februar 2019, (*Angaben vorläufig*)

Entwicklung der Erneuerbaren Energien in DE 1990 - 2018

Hohe Solarstromerzeugung gleicht schwaches Wachstum bei Wind und Rückgang bei der Wasserkraft aus: Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien 1990 bis 2018

Abbildung 1-4

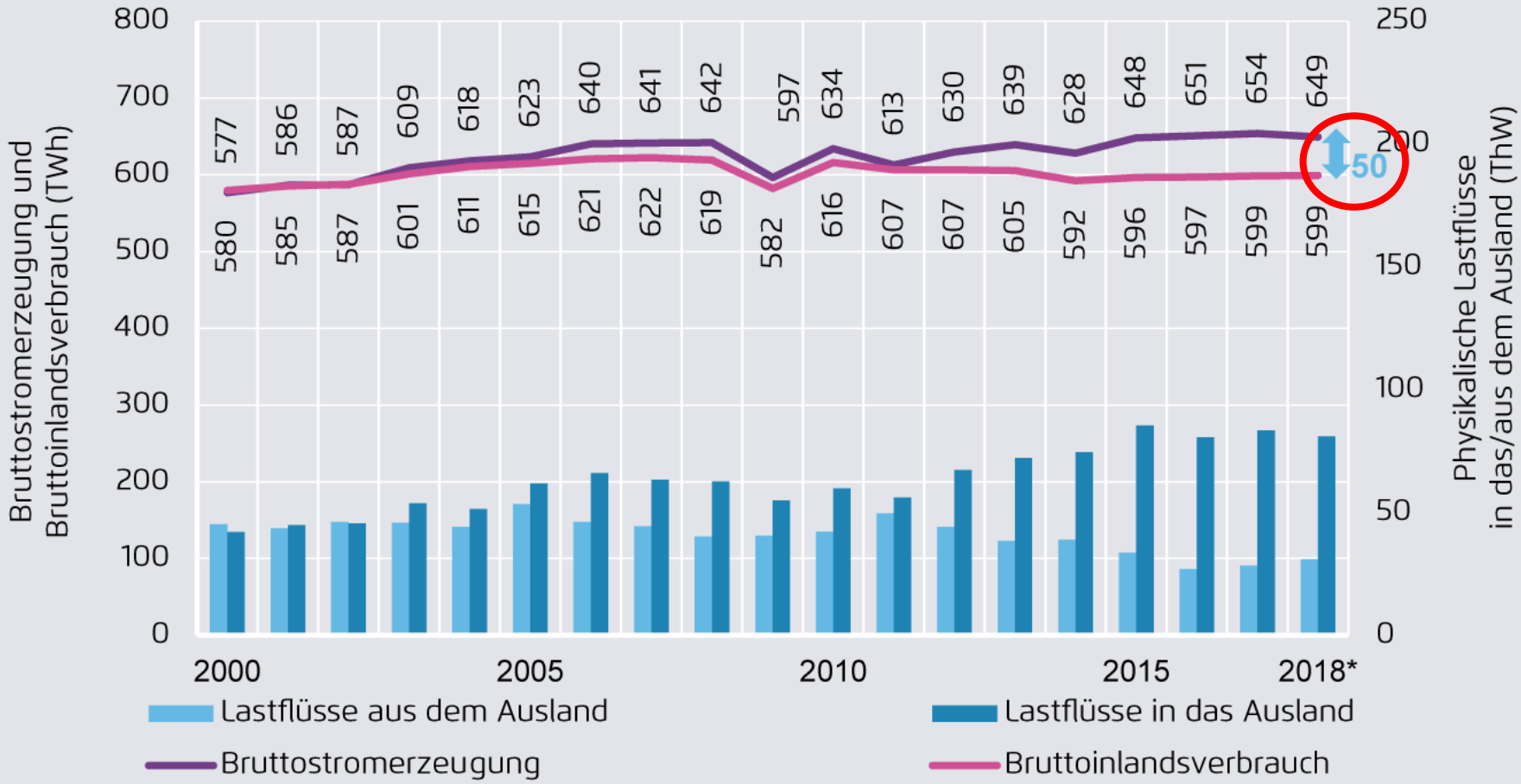


AG Energiebilanzen (2018a), *vorläufige Angaben

Stromerzeugung-Stromverbrauch und Nettostrom-Export 2018

Konstanter Stromverbrauch und leicht sinkende Stromproduktion:

Stromerzeugung, Stromverbrauch und Lastflüsse ins/aus dem Ausland von 2000 bis 2018 Abbildung 2-3



AG Energiebilanzen (2018b), *vorläufige Angaben

Gliederung

Erneuerbare Energien in Deutschland – Übersicht bis 2018

Aktueller Stand der Erneuerbaren Energien in Sachsen

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Sachsen – ein kritischer Blick

WKA „DL-Großbauchlitz“ Freib. Mulde (FG) – P_N = 200 kW

Quelle: Schlegel, 17.03.2015

PV-Solarpark Lommatzsch (MEI) - P = 2.100 kW_p

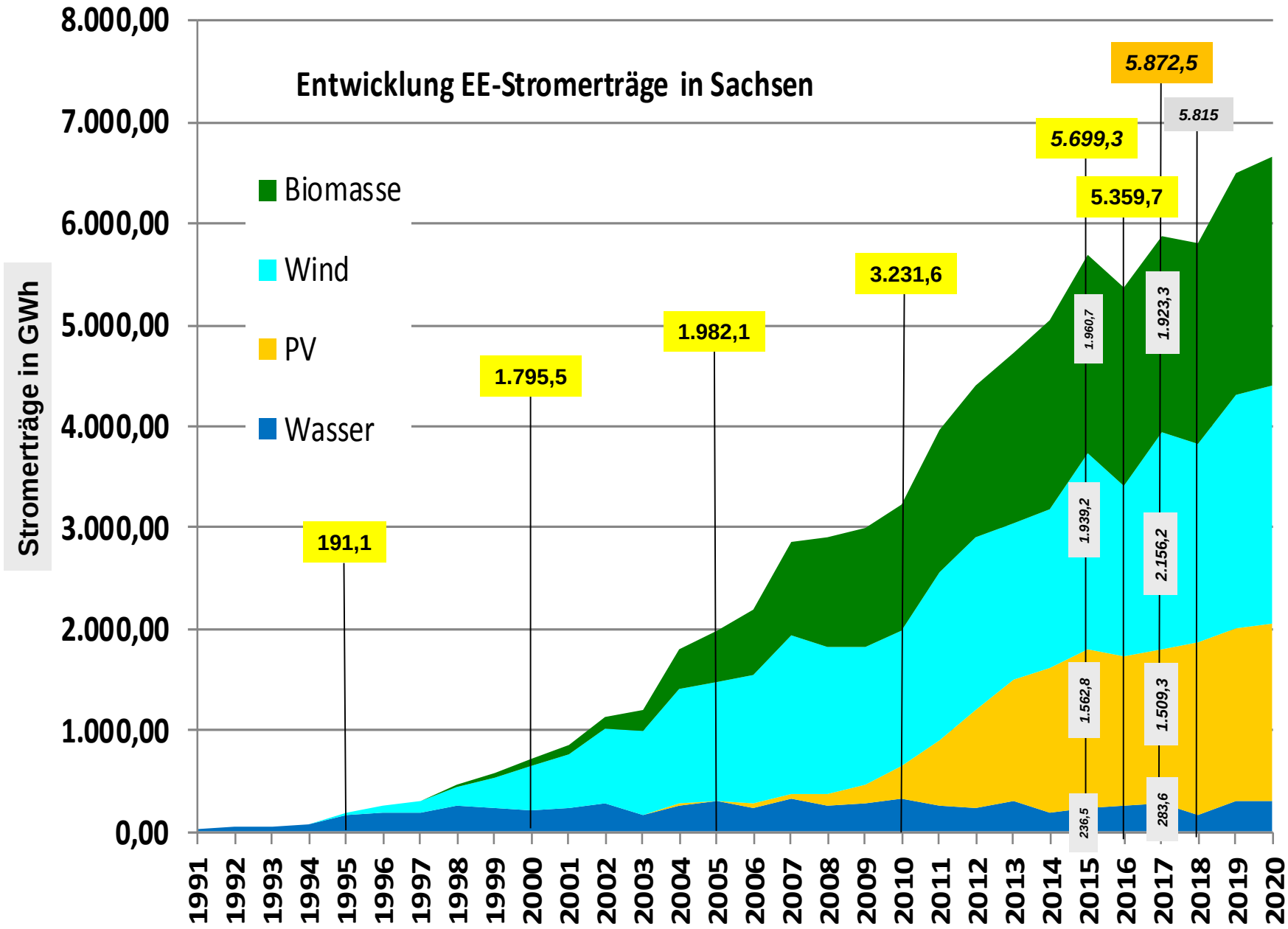
Quelle: Schlegel 31.10.2012

WP „DL-Mochau“ (FG) – 7 WEA-P_{ges} = 10.050 kW

Quelle: Schlegel, 15.04.2019

BGA „Raitzen“ (TDO) – V = 550Nm^3/h Biomethan - P_{Nel} = 400 kW

Quelle: Schlegel, 15.04.2019



Quelle: StaLa, Schlegel/Gehling (Schlegel, bearb. März 2019 / 2018: Hochrechnung / 2019 bis 2020: Prognose)

Stromerzeugung – Stromverbrauch Sachsen 2017

1. Bruttostromerzeugung:	43.547.000 MWh ➡	≈ **35 Mio. t/a CO_2** ↑
2. Bruttostromverbrauch:	26.268.000 MWh	
3. Nettostromverbrauch:	22.062.000 MWh	
4. Differenzstromanteil:	4.206.000 MWh	**(Tagebau-, Kraftwerkestrom, PSW-Pumpenstrom, Leitungsverluste)**
5. EE-Stromerzeugung:	5.872.483 MWh	[≙ ***22,4%***$_{Brutto}$ ***oder*** ≙ ***26,6%***$_{Netto}$]
6. Überschussstrom:	17.279.000 MWh ≙ *78,32% Verbrauch SN*	

7. SN-Überschussstrom verursacht ≈ **16,1 Mio. t/a CO_2** zusätzliche Emissionen ⇧

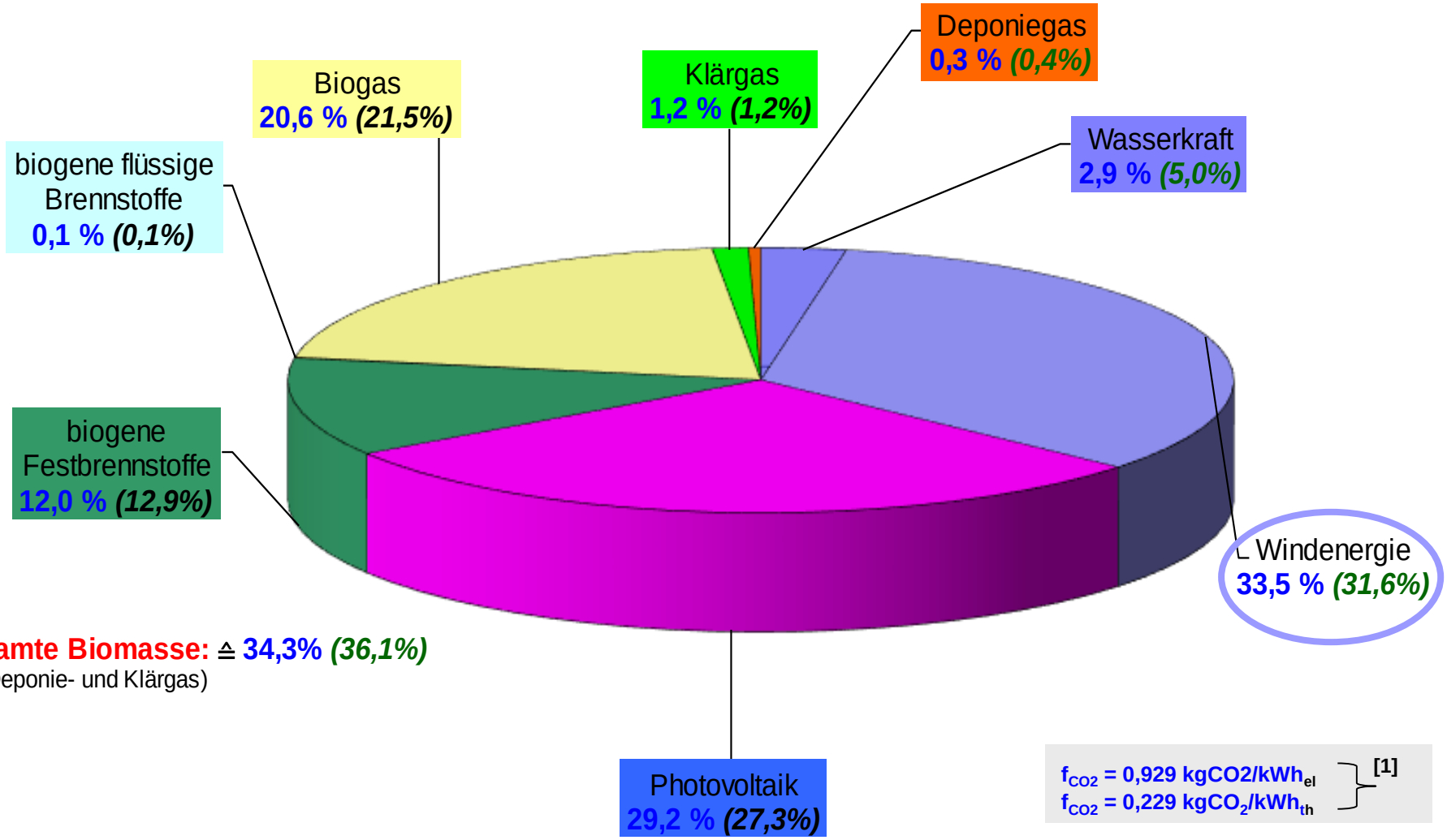
Überschussstrom bindet Kapazitäten der Übertragungsnetze und verhindert die Aufnahme von Strom aus EE-Anlagen!

Quelle: StaLa; Schlegel, (Februar 2019 bearb.)

Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern in Sachsen 2017/2018[1)]

$E_{ges\ 2017} \approx$ 5.872,3 GWh - -> ≙ 26,6% - -> $\Delta m_{CO2} \approx$ 5.455 kt

$E_{ges\ 2018} \approx$ 5.815,0 GWh - -> ≙ 26,3% - -> $\Delta m_{CO2} \approx$ 5.400 kt

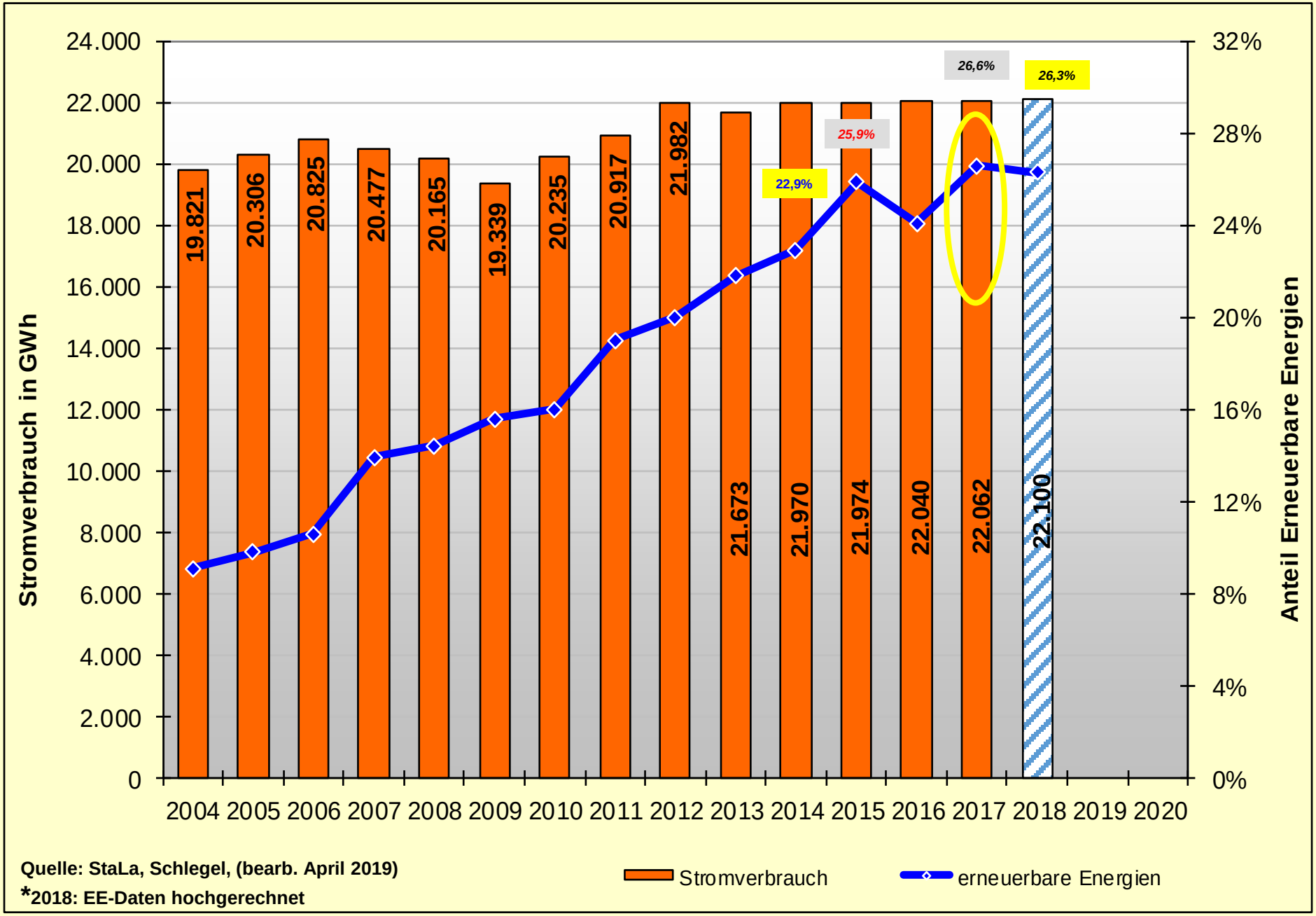


Gesamte Biomasse: ≙ 34,3% *(36,1%)*
(mit Deponie- und Klärgas)

f_{CO2} = 0,929 kgCO2/kWh$_{el}$
f_{CO2} = 0,229 kgCO$_2$/kWh$_{th}$ [1]

Quelle: StaLa; Schlegel, April 2019, (bearbeitet)

Stromverbrauch und Anteil Erneuerbarer Energien in Sachsen (2004 – 2018*)



Quelle: StaLa, Schlegel, (bearb. April 2019)

***2018: EE-Daten hochgerechnet**

Anteil der EE am Elektroenergieverbrauch 2017/2018 in Sachsen

- Elektroenergieverbrauch in Sachsen 2017/2018 *(Hochrechnung)*

$E_{Verbrauch}$ = 22.062 GWh (*$E_{brutto\ erzeug}$ ≈ 43.547GWh*) / 22.100 GWh (*$E_{brutto\ erzeug}$ ≈ 43.500GWh*)

- Einspeisung 2017/2018 und Verbrauchsanteile in Prozent♦

Windenergie:	**2.156,2 GWh**	→	**9,8 %**	- **1.950 GWh**	→	**8,8 %**
Wasserkraft:	**283,6 GWh**	→	**1,3 %**	- **170 GWh**	→	**0,8 %**
Biomasse (fest und flüssig)**:	**685,1 GWh**	→	**3,1 %**	- **705 GWh**	→	**3,2 %**
Biogas*:	**1.238,2 GWh**	→	**5,6 %**	- **1.290 GWh**	→	**5,8 %**
Photovoltaik:	**1.509,3 GWh**	→	**6,8 %**	- **1.700 GWh**	→	**7,7 %**

$E_{\Sigma\ Einspeisung}$: **5.872,5 GWh** → ≙ **26,6%** ≙ *N_{HH} ≈ 2.318.270 HH/a*

5.815 GWh → ≙ **26,3%** ≙ *N_{HH} ≈ 2.272.370 HH/a* [1)2)3)4)]

* ∑ aus Biogas, Deponiegas, Klärgas

** ∑ aus Biomasse fest, flüssig, Klärschlamm, biogene Abfälle

1) N_{SN} = 2.144.000 HH (2017)
2) n_{SN} = 4.081.308 EW (2017)
3) e_{HH} = 2.559 kWh/(HH*a)
4) e_{EW} = 1.344 kWh/(EW*a)

♦ mit Eigenverbrauch
Quelle: StaLa, Schlegel, März. 2019

Jahresstromerträge EE-Anlagen in Sachsen 2017/2018[1)]

- 2017: E_{EE} = 5.872.483 MWh ⟹ Δm_{CO2} ≈ 5.455.500t/a↓

***$\Delta E_{EE\ 2017:2002}$ = 5,13 fache** Steigerung*

- **Versorgungsgrad 2017: $n_{HH\ äq}$ ≈ 2.294.800 HH/a ** —► ≙ *107,0 % HH_{SN}***

  $n_{EW\ äq}$ ≈ 4.369.400 EW/a * —► ≙ *107,0 % EW_{SN}*

- 2018: E_{EE} = 5.815.000 MWh ⟹ Δm_{CO2} ≈ 5.400.000t/a↓

***$\Delta E_{EE\ 2018:2002}$ = 5,08 fache** Steigerung*

- **Versorgungsgrad 2018: $n_{HH\ äq}$ ≈ 2.272.350 HH/a ** —► ≙ *106,0 % HH_{SN}***

  $n_{EW\ äq}$ ≈ 4.326.600 EW/a * —► ≙ *106,0 % EW_{SN}*

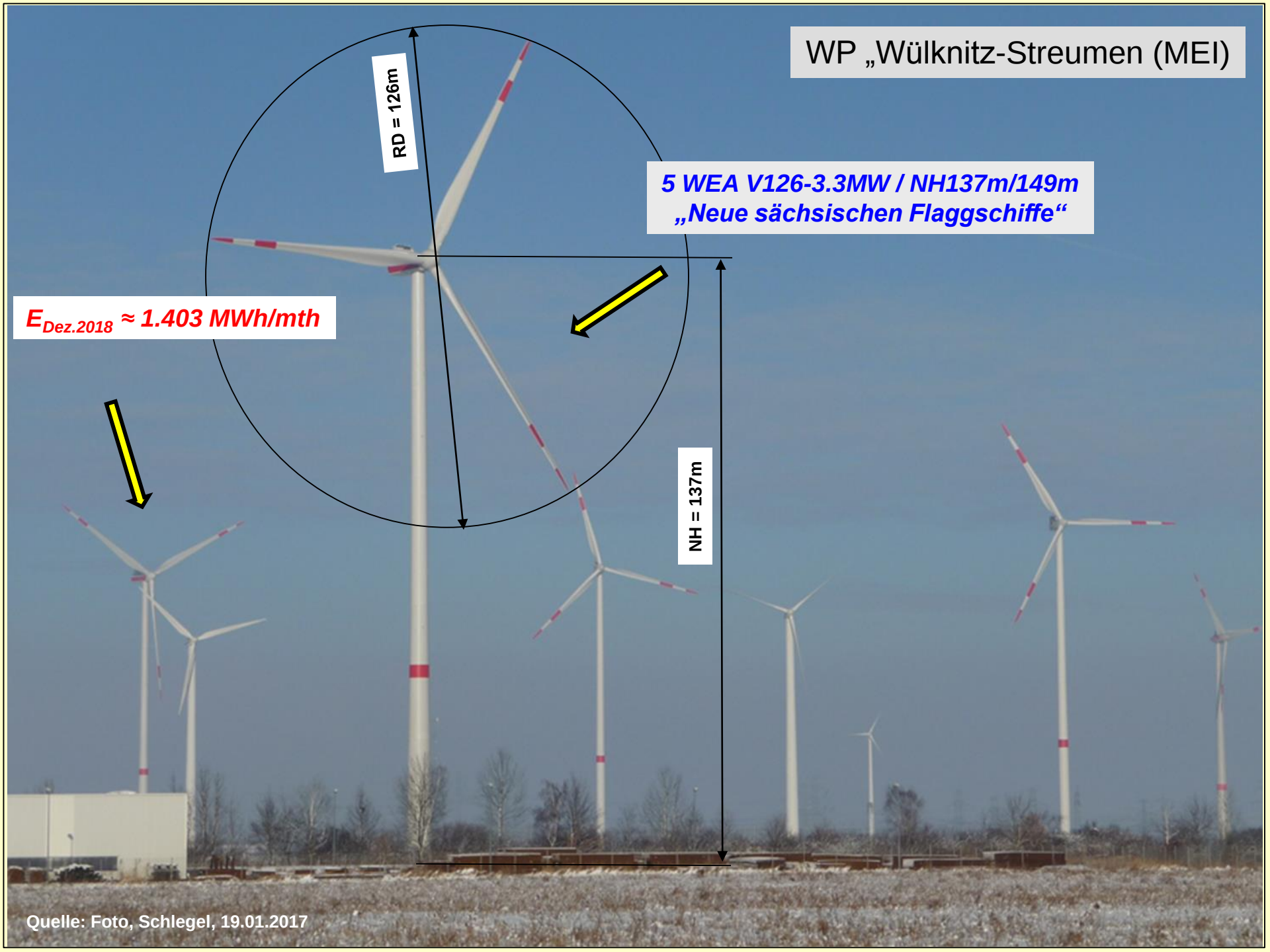
[1)] **Hochrechnung**

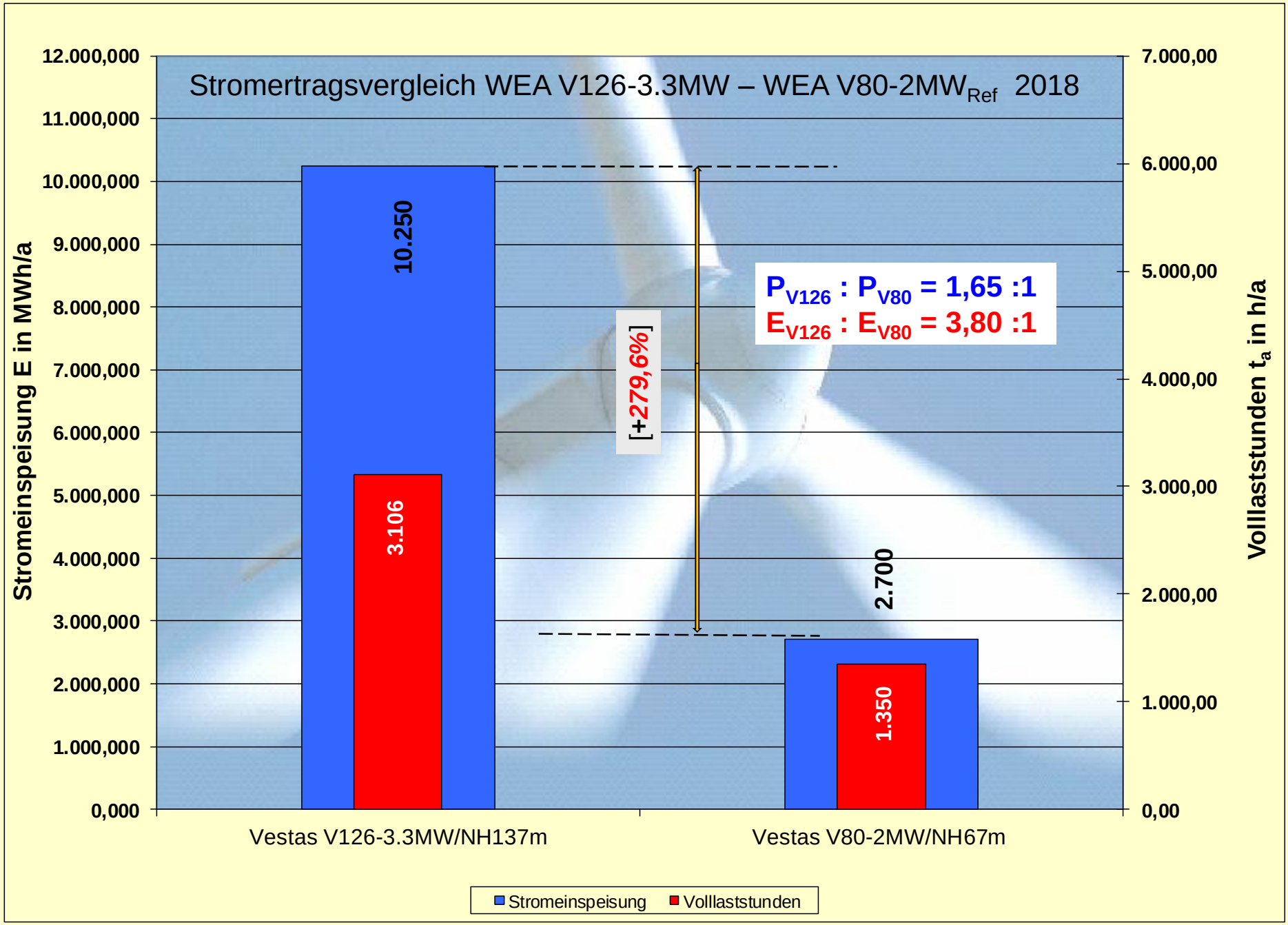
***e_{EW} ≈ 1.344 kWh/(EW*a) - 2017: 4.081.308 EW**

****e_{HH} ≈ 2.559 kWh/(HH*a) - 2017: 2.144.000 HH**

Quelle: StaLa, Schlegel, März 2019

Windenergie-Nutzung

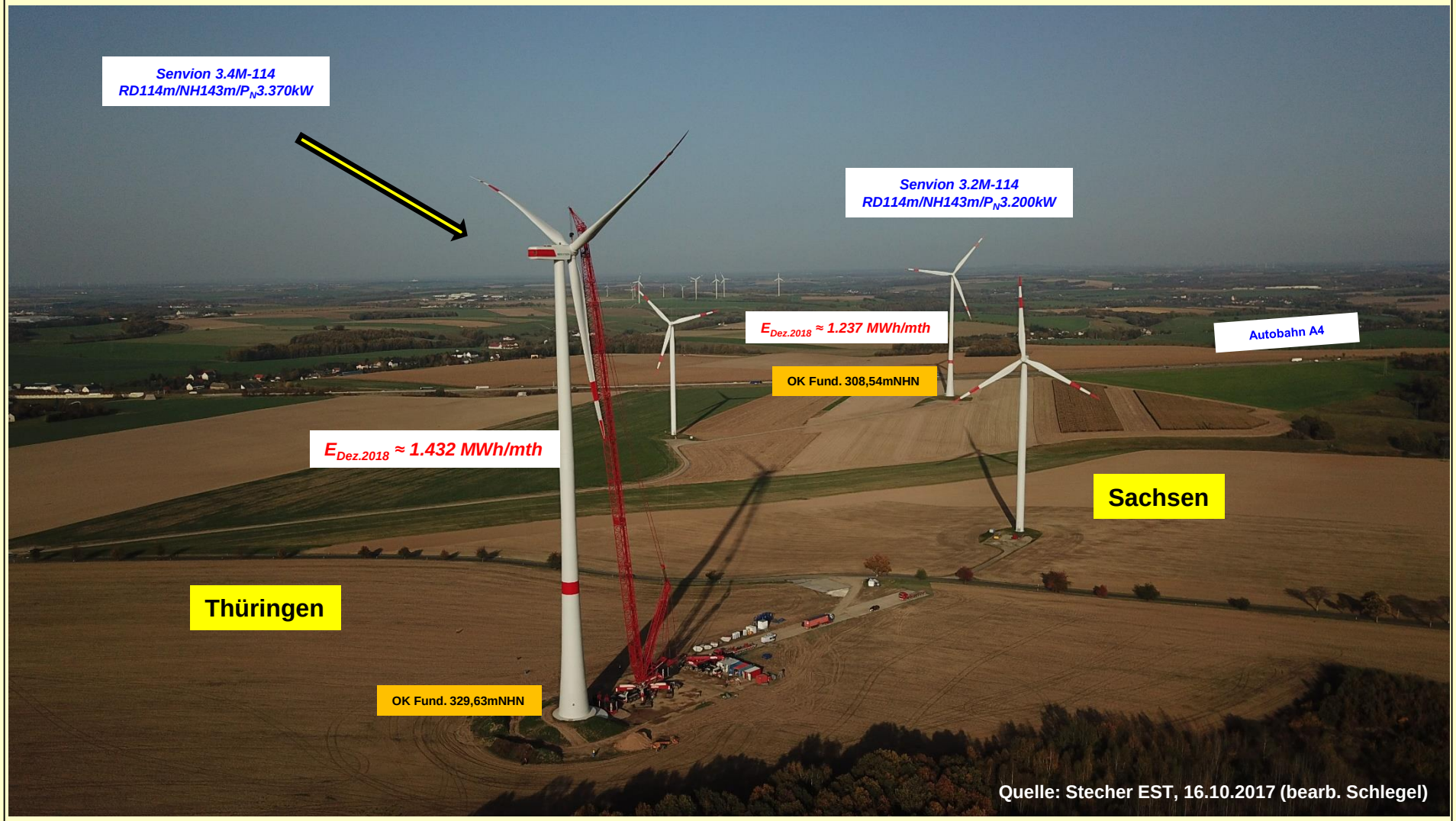

WP „Wülknitz-Streumen (MEI)
RD = 126m
5 WEA V126-3.3MW / NH137m/149m
„Neue sächsischen Flaggschiffe“
$E_{Dez.2018} \approx 1.403$ MWh/mth
NH = 137m
Quelle: Foto, Schlegel, 19.01.2017



Quelle: Schlegel, 31.12.2018 (Januar 2019 bearbeitet)

WP „Mark Sahnau“ (TH/Z)

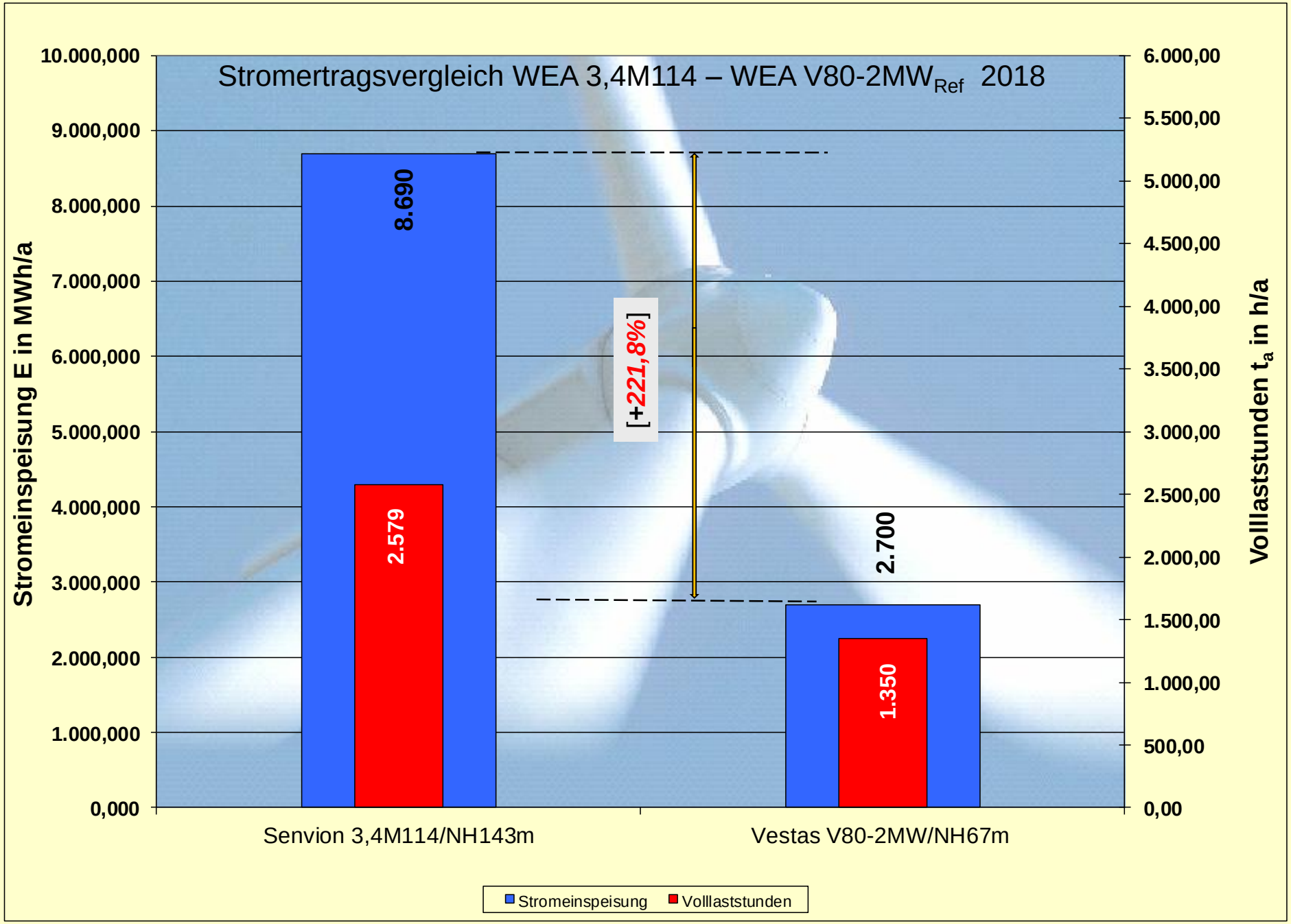
Errichtung WEA Senvion 3.4M-114 / NH 143m / P_N 3.370kW – Inbetriebnahme: Nov. 2017



Quelle: Stecher EST, 16.10.2017 (bearb. Schlegel)

Annahme: $\Delta E_{3.4M/3.2M}$ ≙ [+ 17,9%] → **Ist: Januar - Dezember 2018: ΔE ≙ [+ 11,08%]**

Quelle: Stecher EST, 10/2017 (bearb. Schlegel)



Quelle: Schlegel, 31.12.2018 (Januar 2019 bearbeitet)

Jahresstromerträge von zwei Windparks in Sachsen 2018

WP „Saidenberg“ (ERZ) – 9 x WEA
E82-2MW, NH = 108 m, RD = 82 m

- **Stromertrag 2018:** $E_{(tv = 2.505,9\ h/a)}$ = **45.150.399 kWh** *[e ≈ 5.011,7MWh/WEA]*
  - ►**(Olb.-Pfaffroda: 11.156 EW, 12/2017)** —► $n_{EW\ äq}$ ≈ **33.590 EW/a** [(**f ≈ 3,01***); p_{eff} = *28,63%*]

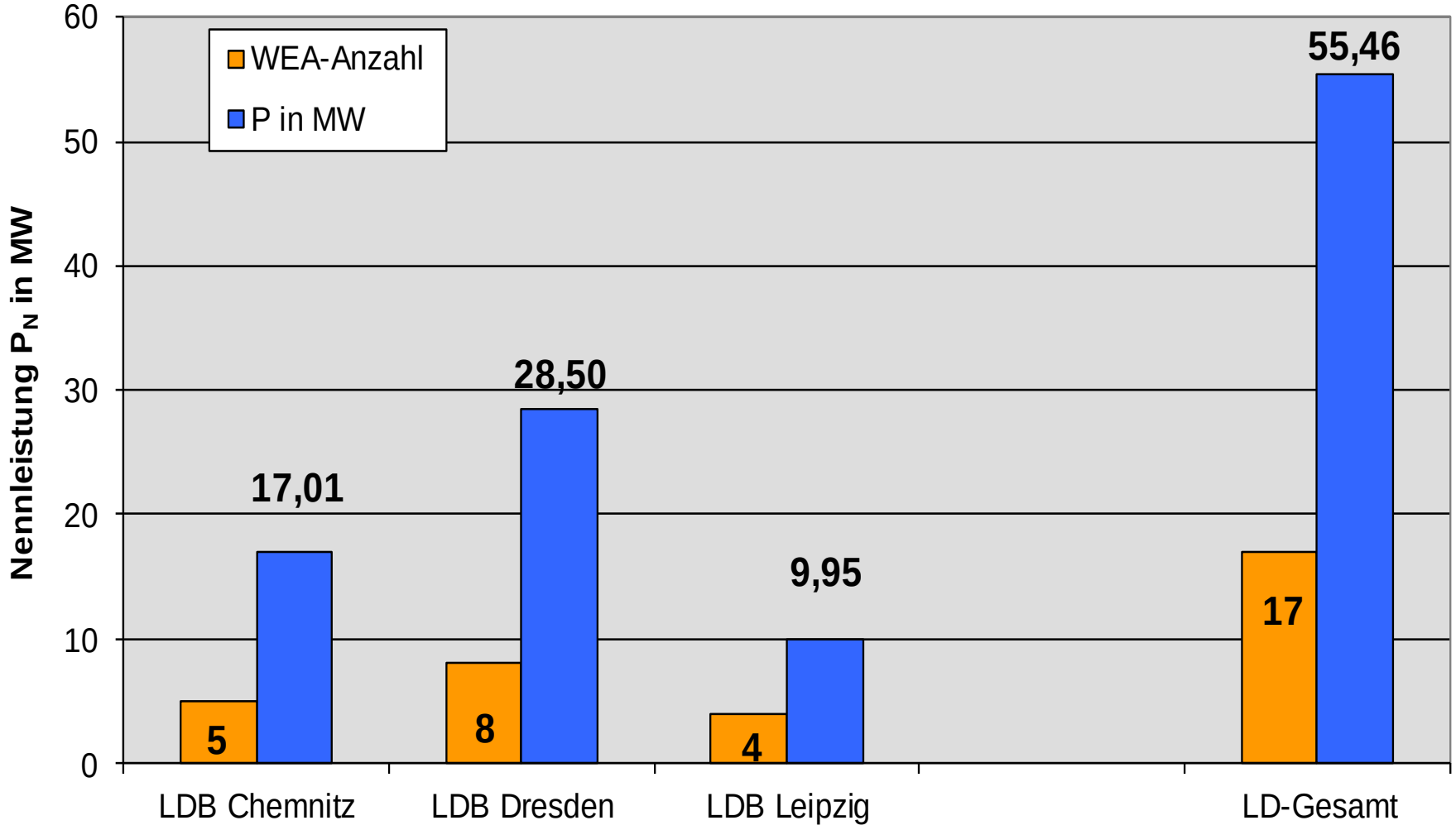
WP „Silberberg“ (L) – 8 x WEA
V90-2MW, NH = 105 m, RD = 90 m

- **Stromertrag 2018:** $E_{(tv = 2.879,0\ h/a)}$ = **46.064.362 kWh** *[e ≈ 5.758,0MWh/WEA]*
  - ►**(Grimma: 28.153 EW, 12/2017)** —► $n_{EW\ äq}$ ≈ **34.270 EW/a** [(**f ≈ 1,22***); p_{eff} = *32,70%*]

Quelle: Schlegel, Februar 2019 (bearb.)

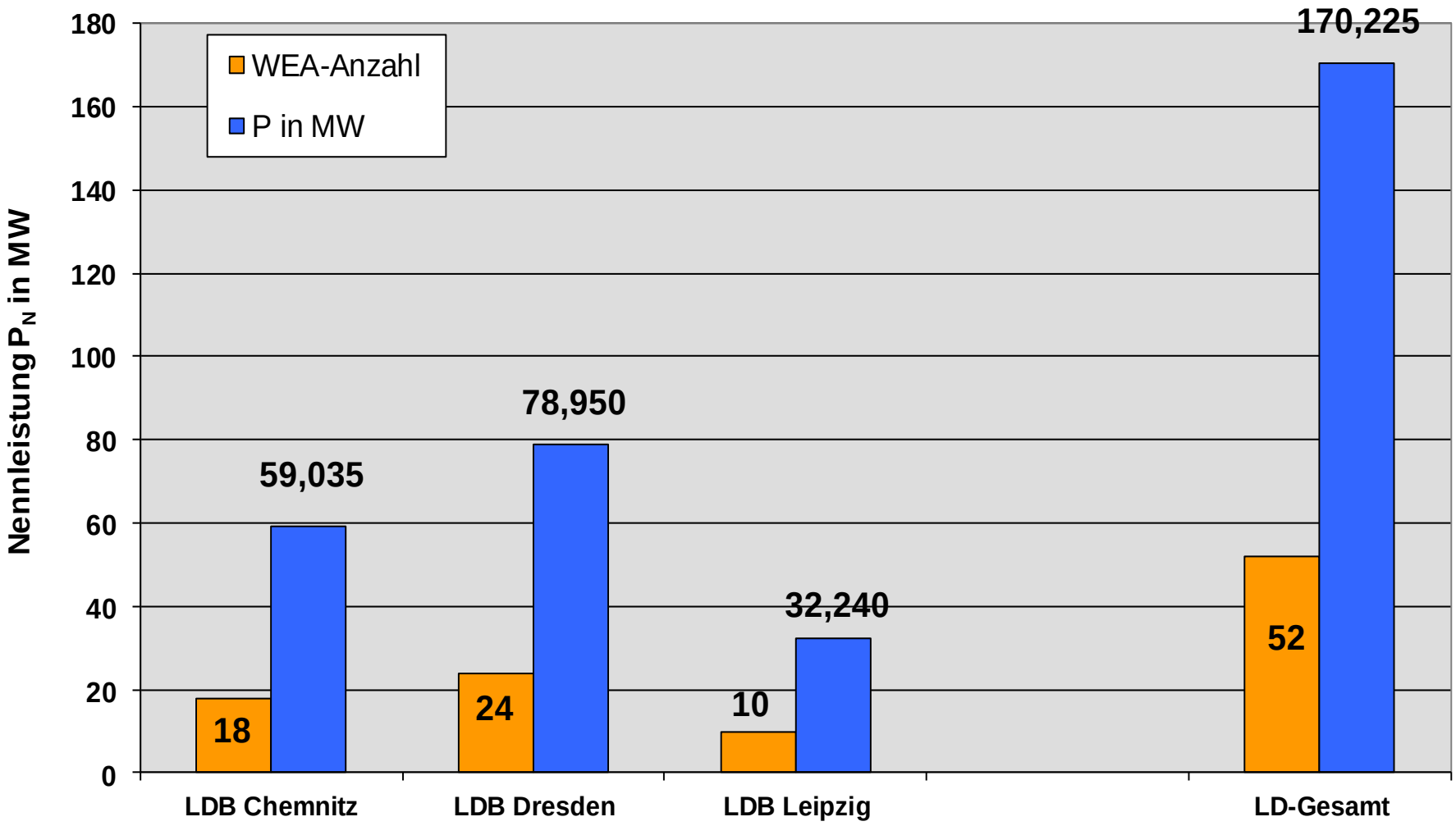
***e_{EW} ≈ 1.344 kWh/(EW*a)**

WEA-Neuerrichtungen 2018



Quelle: Schlegel, Stand: 31.12.2018

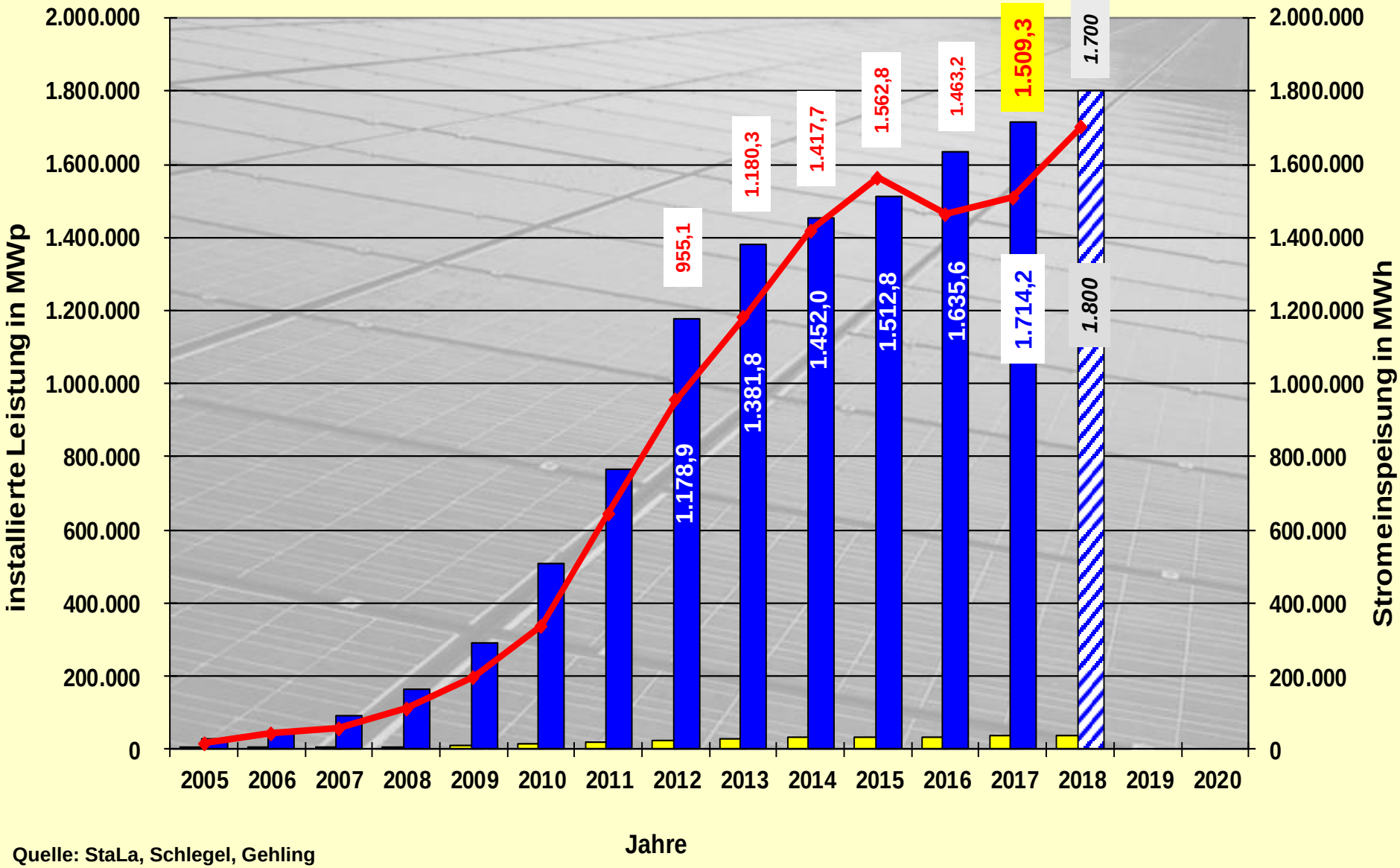
WEA 3-MW-Klasse in Betrieb 2018



Quelle: Schlegel, Stand: 31.12.2018

PV-Nutzung

Entwicklung von PV-Dach-, Fassaden-, Freiflächenanlagen in Sachsen 2005 - 2020 1)



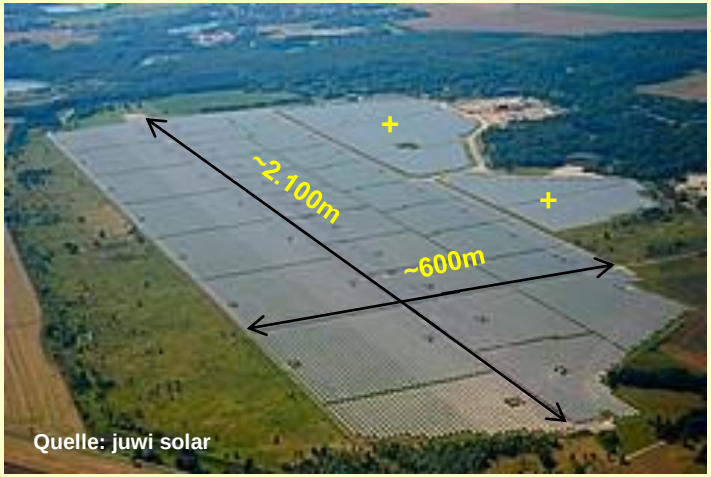
Quelle: StaLa, Schlegel, Gehling
1) Leistung, Anlagenanzahl, Stromeinspeisung teils näherungsweise berechnet
Daten 2018 Hochr.; (Schlegel, bearb. März 2019)

Jahresstromerträge von zwei Solarparks in Sachsen 2018

PV-KW „Rote Jahne“ (TDO)
P_{T1+T2} = 13.186 kW_p

- **Stromertrag 2018:** **E** *(e=1.100,05 kWh/kWp)* **≈ 14.505.259 kWh/a**
  - ►**(Doberschütz: 4.059 EW, 12/2017)** —► **n_{VersEW} ≈ 10.790 EW/a (f ≈ 2,66)***

PV-KW „Waldpolenz“ (L)
P = 52.000 kW_p
$E_{a\ prog}$ ≈ 52.000.000kWh/a
n ≈ 700.000 Module
A_{modul} ≈ 504.000m²
$A_{PV\text{-}KW}$ ≈ 156ha = 1.560.000m²
e = E_a/A_{modul} ≈ 103kWh/(m²*a)
$K_{inv\ T1}$ ≈ 130.000.000EUR
$K_{inv\ T2}$ ≈ 26.000.000EUR

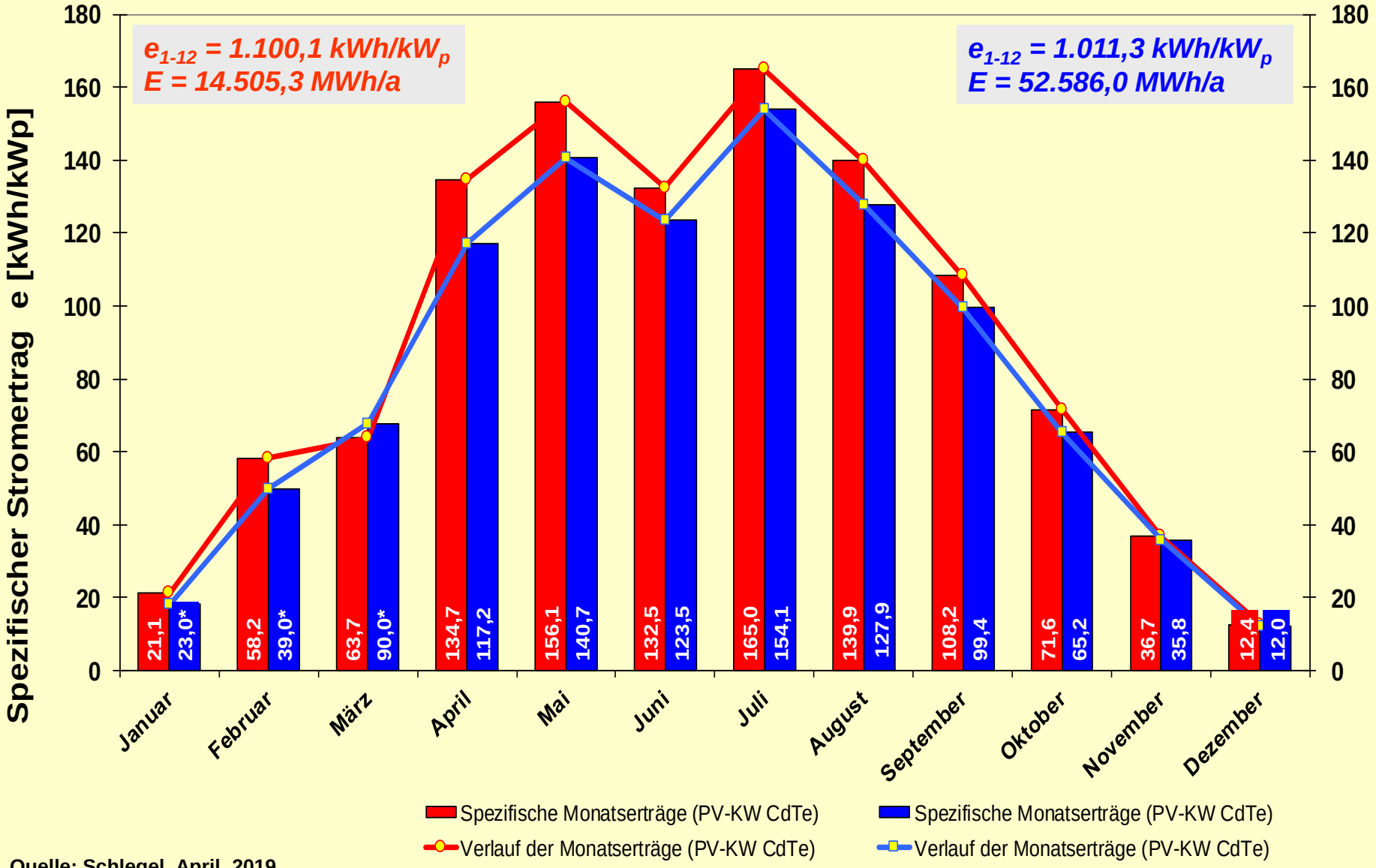


- **Stromertrag 2018:** **E** *(e=1.011,27 kWh/kWp)* **≈ 52.586.040 kWh/a**
  - ►**(Brandis: 9.626 EW, 12/2017)** —► **n_{VersEW} ≈ 39.120 EW/a (f ≈ 4,06)***

Quelle: Schlegel, April 2019 (bearbeitet)

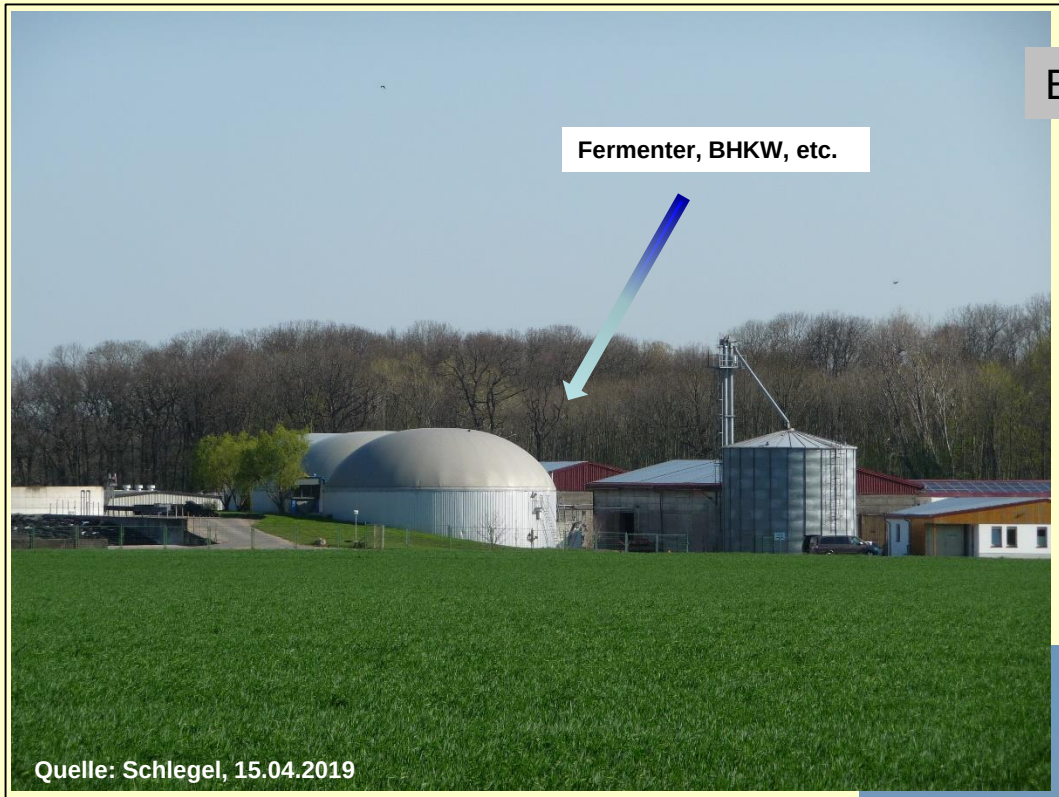
***e_{EW} ≈ 1.344kWh/a**

Spezifische Stromerträge zweier PV-KW (30° Süd) für das Jahr 2018 - PV-KW CdTe-Module (Rote Jahne / Waldpolenz)



Quelle: Schlegel, April, 2019

Biogas- und Wasserkraft-Nutzung

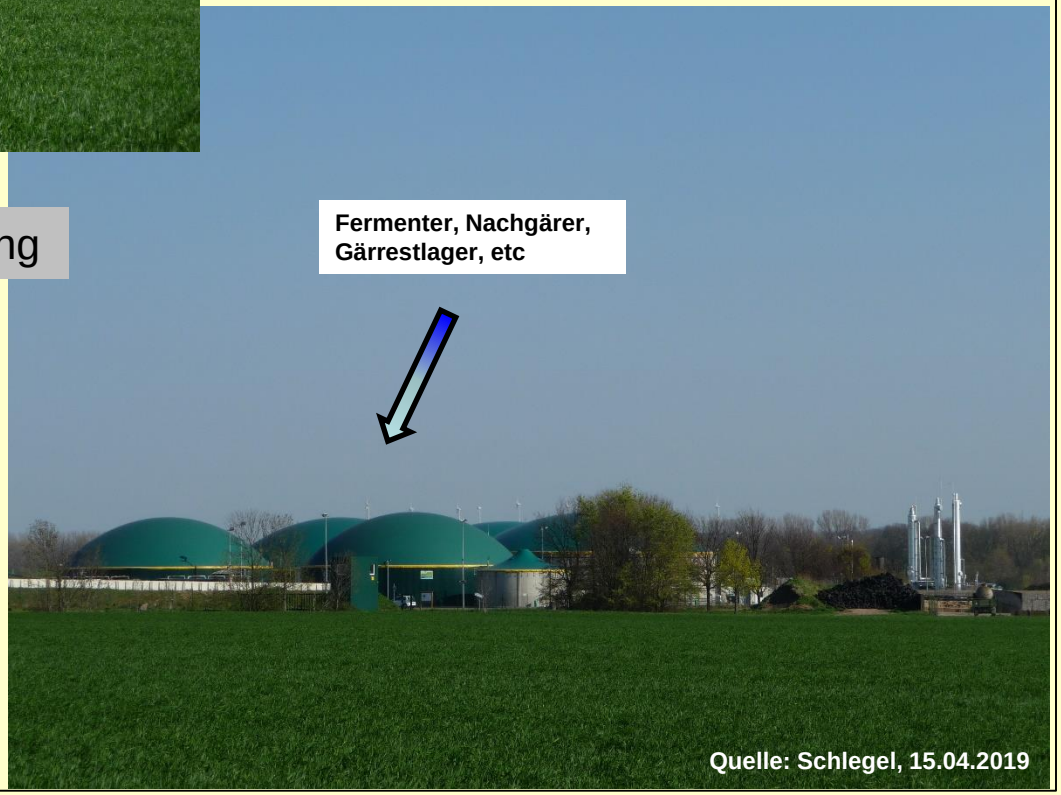


BGA «Kübler-Raitzen» (TDO)

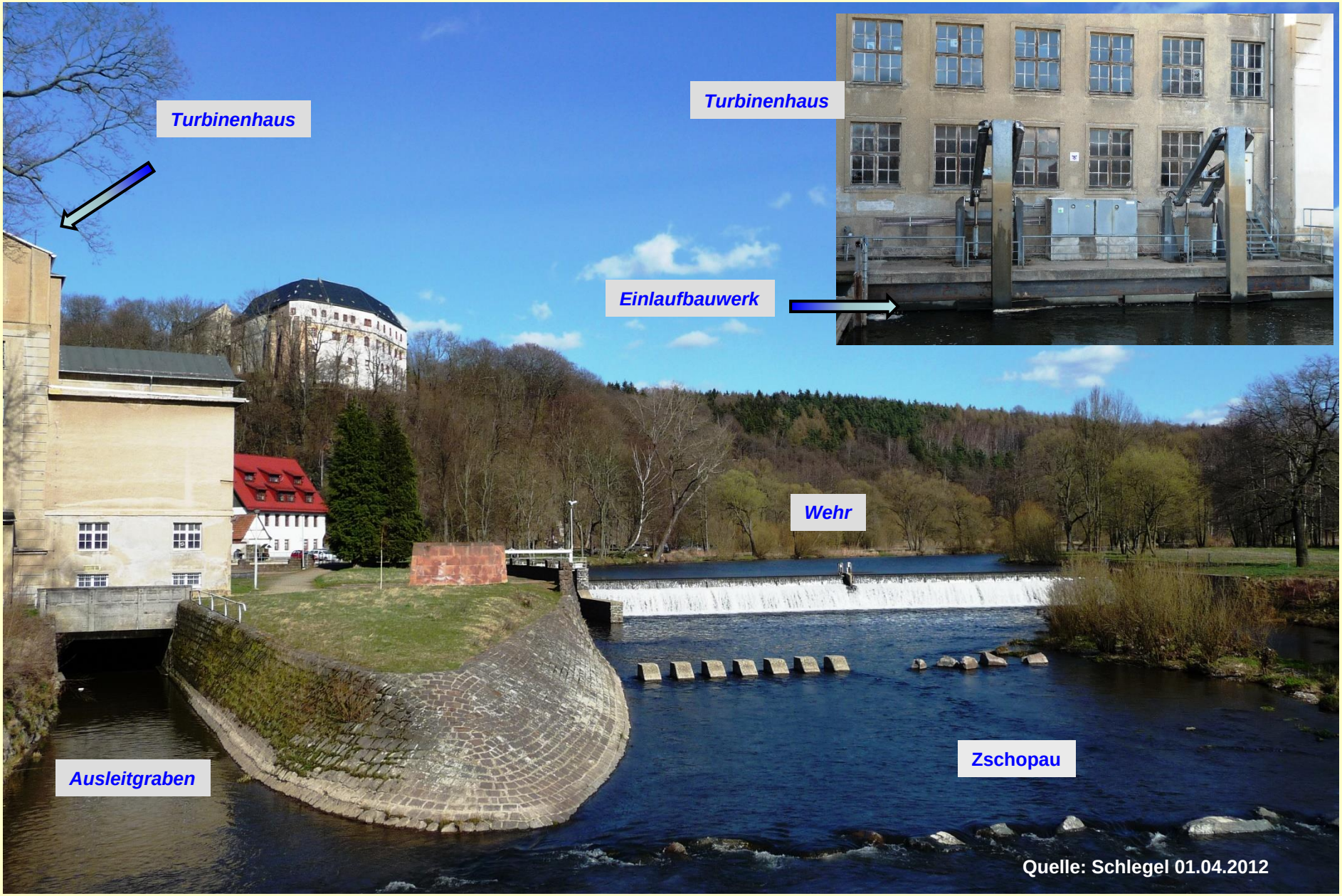
BHKW
- n = 1 (Nr. 2 geplant)
- P_{Nel} = 537 kW
- Substrate: Rindergülle, NawaRo
- Wärmeauskoppelung
- Einspeisung öffentliches Netz
- Inbetriebnahme: 2007

BGA Raitzen (TDO) - Biomethaneinspeisung

- V_{Gas} = 550 Nm^3/h (Biomethan)
- P_{Nel} = 400 kW
- E = 40.000 MWh/a
- m_{CO2} ≈ [- 37.000 t/a]
- Substrate: NawaRo, Rindergülle, Festmist
- Wärmekopplung mit BGA Kübler
- Inbetriebnahme: 2015



WKA „Sachsenburg“ Zschopau – P_N = 670 kW



Gliederung

Erneuerbare Energien in Deutschland – Übersicht bis 2018

Aktueller Stand der Erneuerbaren Energien in Sachsen

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Sachsen – ein kritischer Blick

Energiepolitische Grundforderungen

- Klima- und Umweltverträglichkeit

- *Treibhausgasfreie / –arme* (THG) Energieerzeugung
- *Vertretbare Eingriffe in Sozial- und Umweltstrukturen*
- *Reststofffreie, mindestens reststoffarme Energieerzeugung*

- Versorgungszuverlässigkeit

- *Nationale Energieversorgung „rund um die Uhr“*
- *Europäischer Energieverbund zum Stromaustausch und zur Störungsüberbrückung*
- *Energiespeicherung*

- Wirtschaftlichkeit

- *Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit in Industrie und Gewerbe*
- *Sicherung sozial- und wirtschaftsverträglicher Energiekosten*

Quelle: Schlegel, Januar 2017 bearbeitet

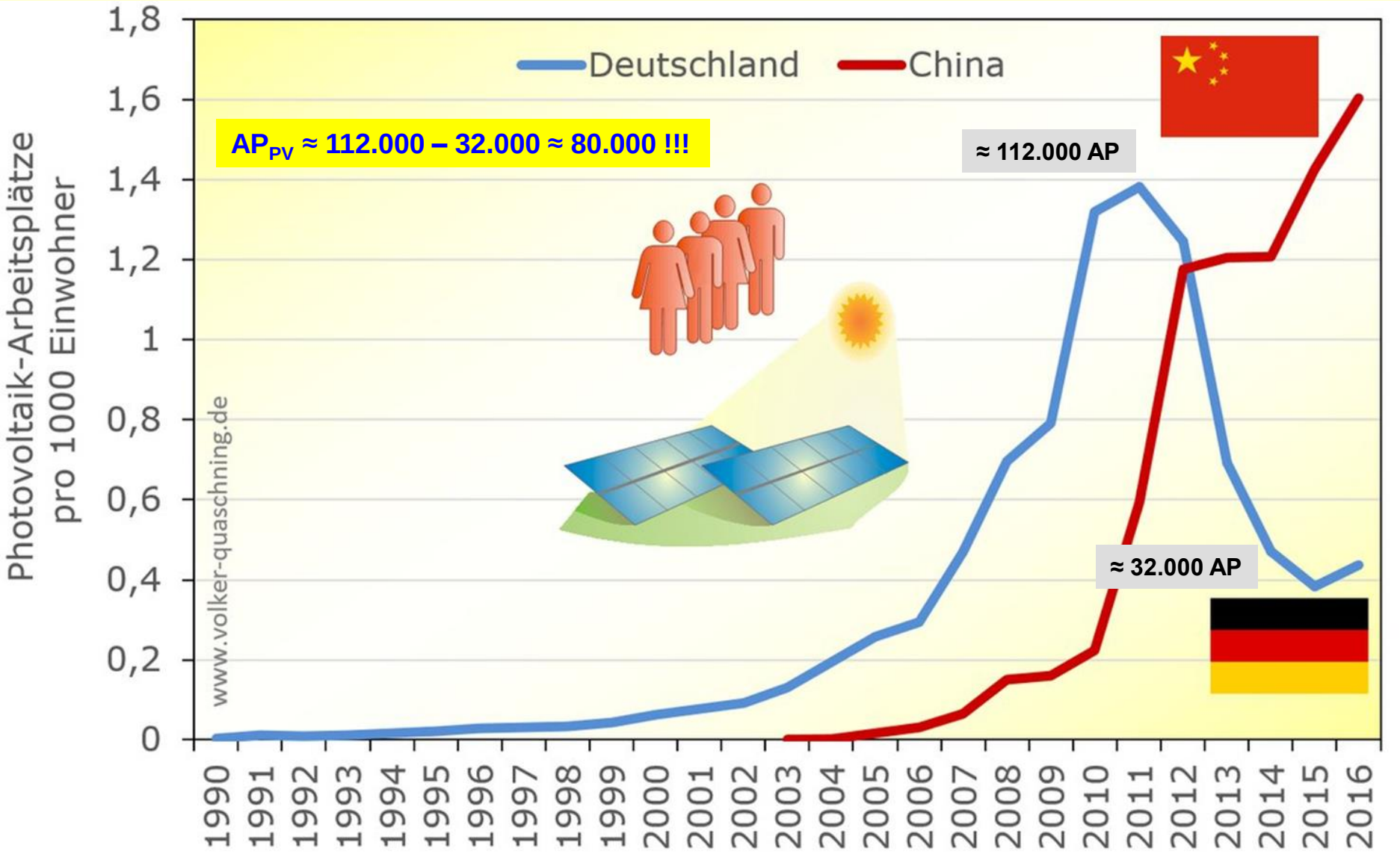
EE-Stromziele Sachsen bis 2023 nach Energie- und Klimaprogramm 2012 [EKP]

▶ **Windenergie:**	**2.200 GWh/a**	[2016: *1.695,701GWh*] [2017: **2.156,227GWh**]
▶ **Biomasseenergie:** *(fest, flüssig, gasförmig)*	**1.800 GWh/a**	[2016: *1.934,082GWh*] [2017: **1.923,329GWh**]
▶ **Photovoltaik (PV):**	**1.800 GWh/a**	[2016: *1.463,321GWh*] [2017: **1.509,348GWh**]
▶ **Wasserkraft:**	**320 GWh/a**	[2016: *266,115GWh*] [2017: **283,579GWh**]
▶ **Σ EE 2023 *:**	***6.120 GWh/a***	≙ ***28% EE-Anteil***

***Annahme: $E_{verb\ 2023} \leq 21.800$ GWh/a / ** Hochrechnung/Prognose**

Quelle: Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2012 (EKP)
EKP März 2013 verabsch; (Schlegel, März 2019 bearb.)

Kohleausstieg soll angeblich nicht schneller gehen? – Von 2011 bis 2015 hat die deutsche Politik 80.000 PV-Arbeitsplätze vernichtet! – Arbeitsplätze jetzt in China!



WEA-Leistungen / WEA-Anzahl / Landesflächenanteil in Bezug auf Sachsen 2018 [1)]

1.	Niedersachsen	11.165 MW	6.305 WEA	≈ 2,6 x A_{SN}
2.	Brandenburg	7.081 MW	3.821 WEA	≈ 1,6 x A_{SN}
3.	Schleswig-Holstein	6.964 MW	3.661 WEA	≈ 0,9 x A_{SN}
4.	Nordrhein-Westfalen	5.773 MW	3.726 WEA	≈ 1,9 x A_{SN}
5.	Sachsen-Anhalt	5.139 MW	2.862 WEA	≈ 1,1 x A_{SN}
6.	Rheinland-Pfalz	3.589 MW	1.748 WEA	≈ 1,1 x A_{SN}
7.	Mecklenburg-Vorpommern	3.366 MW	1.920 WEA	≈ 1,3 x A_{SN}
8.	Bayern	2.515 MW	1.161 WEA	≈ 3,8 x A_{SN}
9.	Hessen	2.201 MW	1.159 WEA	≈ 1,1 x A_{SN}
10.	Thüringen	1.567 MW	859 WEA	≈ 0,9 x A_{SN}
11.	Baden-Württemberg	1.529 MW	725 WEA	≈ 1,9 x A_{SN}
12.	Sachsen [2)]	1.255 MW	896 WEA	1 x A_{SN} [3)]
13.	Saarland	476 MW	207 WEA	≈ 0,14 x A_{SN}
14.	Bremen	198 MW	91 WEA	≈ 0,02 x A_{SN}
15.	Hamburg	128 MW	65 WEA	≈ 0,04 x A_{SN}
16.	Berlin	12 MW	5 WEA	≈ 0,05 x A_{SN}
	Summe DE [1)]:	**52.931 MW**	**29.213 WEA**	

Quelle: BWE 2018; Schlegel, (Januar 2019 bearbeitet)

[1)] Stand BWE: 31.12.2018; [2)] Stand: 31.12.2018 Schlegel

[3)] A_{SN} = 18.449,99km²

WEA-Vergleich Baden-Württemberg - Sachsen 2018

Baden-Württemberg		**Sachsen**	
Fläche:	A_{BW} = 35.751,46km²	**Fläche:**	A_{SN} = 18.449,99km²
EW:	n_{NI} = 11.023.424 (31.12.2017)	**EW:**	n_{SN} = 4.081.308 (31.12.2017)
WEA:	n = 725	**WEA:**	n = 896
WEA-Leistung:	P = 1.529MW	**WEA-Leistung:**	P = 1.255MW

Flächenverhältnis:	A_{BW} / A_{SN}	≈ 1,94 / 1
Einwohnerverhältnis:	EW_{BW} / EW_{SN}	≈ 2,70 / 1
WEA-Verhältnis:	WEA_{BW} / WEA_{SN}	≈ 0,81 / 1
Leistungsverhältnis:	$P_{WEA\ BW} / P_{WEA\ SN}$	≈ 1,2 / 1

Fazit:

BW: $n = 0{,}64 * 10^{-4}$ WEA/EW

$n_{2018\ zu}$ = 27 WEA ➡ [Δn ≙ 159%]

$P_{2018\ zu}$ = 87 MW ➡ [ΔP ≙ 157%]

SN: $n = 2{,}20 * 10^{-4}$ WEA/EW

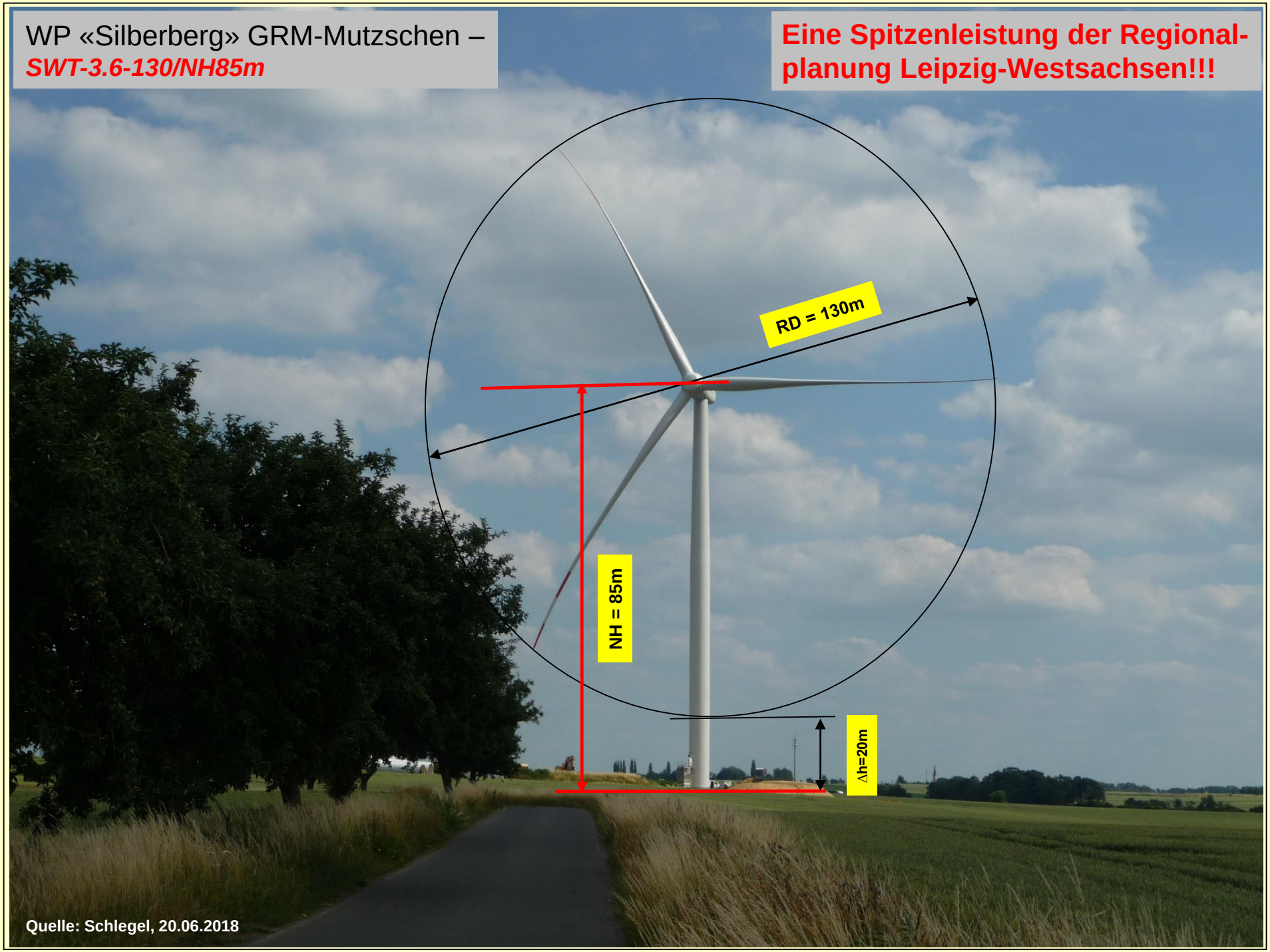
$n_{2018\ zu}$ = 17 WEA

$P_{2018\ zu}$ = 55,46 MW

Quelle: BWE/Schlegel: 31.12.2018; Wikipedia BW, SN; (Schlegel, 10.04.2019 bearb.)

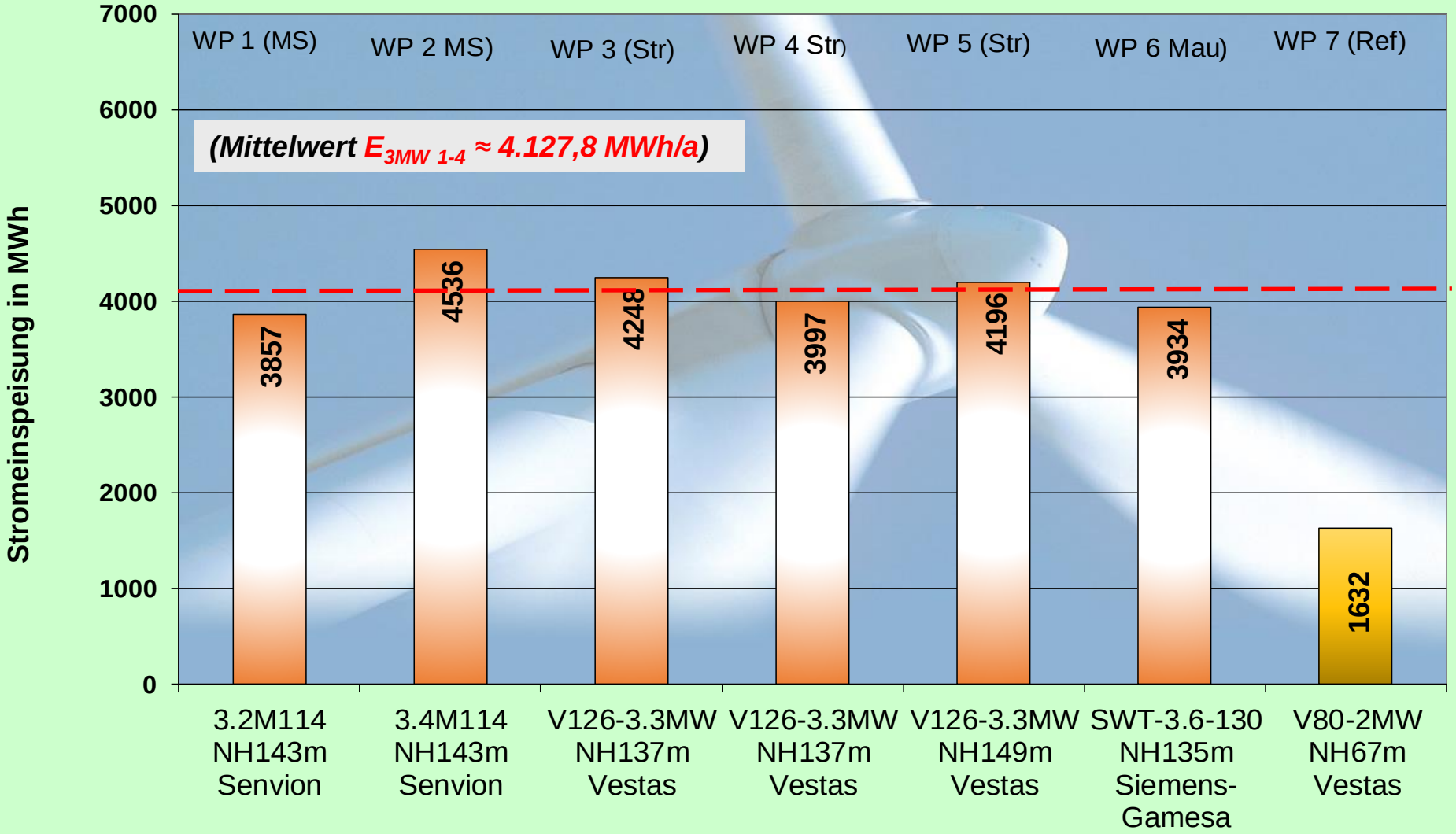
WP «Silberberg» GRM-Mutzschen –
SWT-3.6-130/NH85m

Eine Spitzenleistung der Regional-planung Leipzig-Westsachsen!!!



Quelle: Schlegel, 20.06.2018

Stromerträgevergleich WP 2019 - verschiedene Standorte



Quelle: Schlegel, Stand: 30.04.2019

Differenz Wind-/PV-Strom-Erträge DE 04.03.2019

Stürmischer Wind sorgte am Rosenmontag für beste Windverhältnisse zur Stromerzeugung

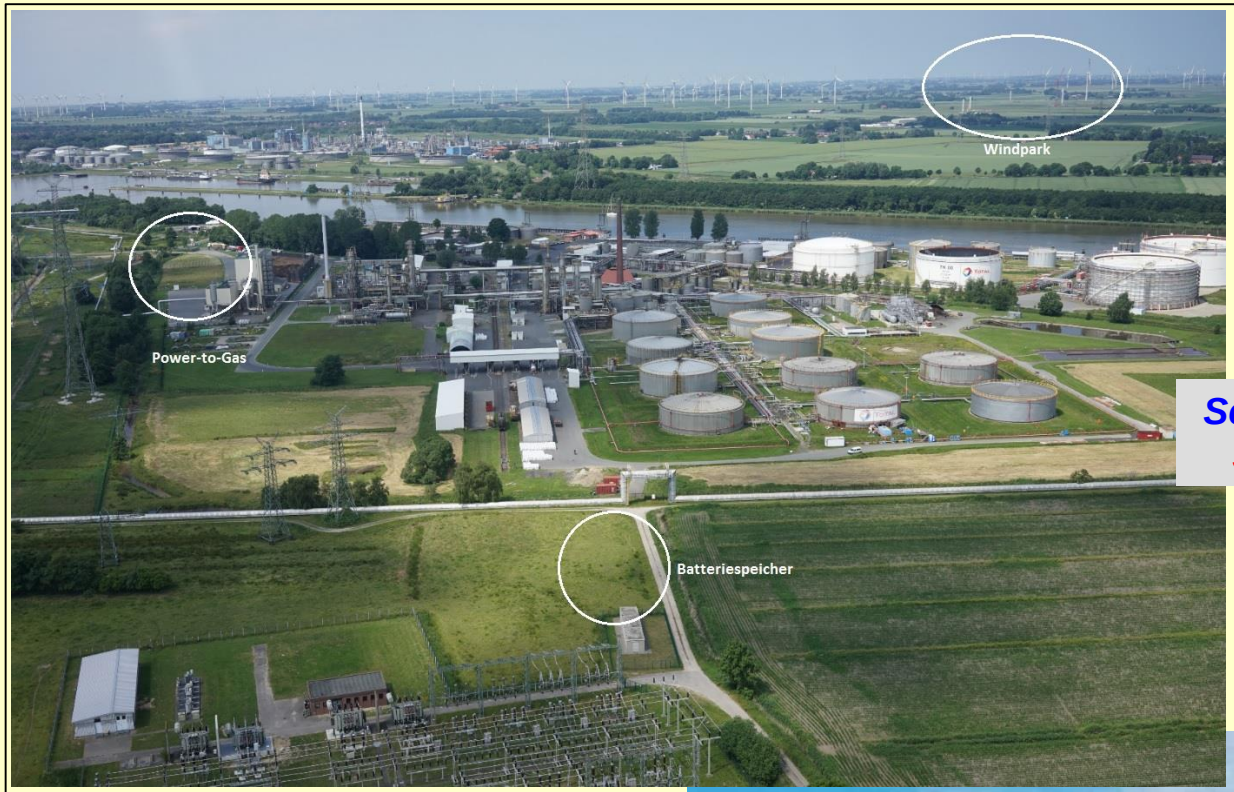
- Wind- & Sonnenstrom deckten rund 79% des Tagesverbrauchs ab

Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch:

$$\text{ØW}_{\text{DE Verb}} \approx [1.420 - 1.440\ \text{GWh/d}]$$

$$E_{\text{DE 04.03. Windstrom/d}} \triangleq 73{,}0\%\ E_{\text{DE Verbrauch/d}}$$

$$E_{\text{DE 04.03. PV-Strom/d}} \triangleq 5{,}8\%\ E_{\text{DE Verbrauch/d}}$$



Multi-MW-Hybridspeicherprojekt
Brunsbüttel (SH) – P = 2,5MW

Sektorenübergreifender Ansatz
Strom – Wärme - Kraftstoffe

Zwei Li-Ionen-Akkus
als Batteriespeicher

Quelle: wind2gas energy

„Wir leben zwar im ‚Hier‘ und ‚Jetzt‘, aber wir tragen die Verantwortung über das ‚Hier‘ und ‚Jetzt‘ hinaus, nämlich für unsere Kinder, Enkel und mindestens für die erste ungeborene Generation!“

Der IPCC beschreibt den anthropogenen Klimawandel in sehr konservativer Sprache!