- Weltklimavertrag beschließt Dekarbonisierung -

Herausforderung an Erneuerbare Energien

VEE Sachsen e.V. – Jahrestagung 2016

Dresden - Weinbergskirche, 08.04.2016

Vortrag

Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Sachsen

- Bilanz 2014/2015 und Zukunftsaussichten -

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

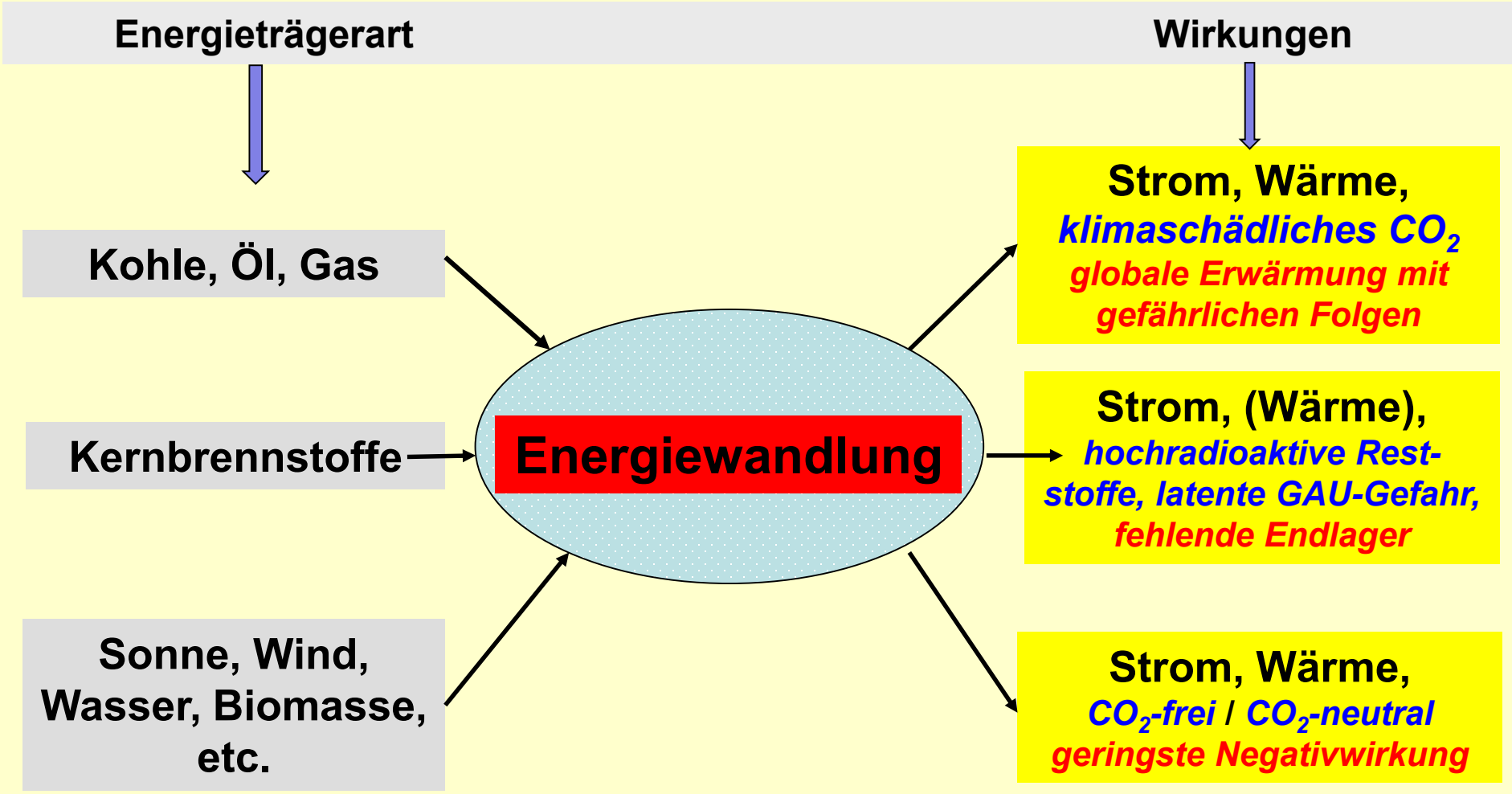
Gliederung

Warum braucht die Welt eine Energiewende ?

Aktueller Stand der Erneuerbaren Energien in Sachsen

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Sachsen 2020 – ein Blick voraus

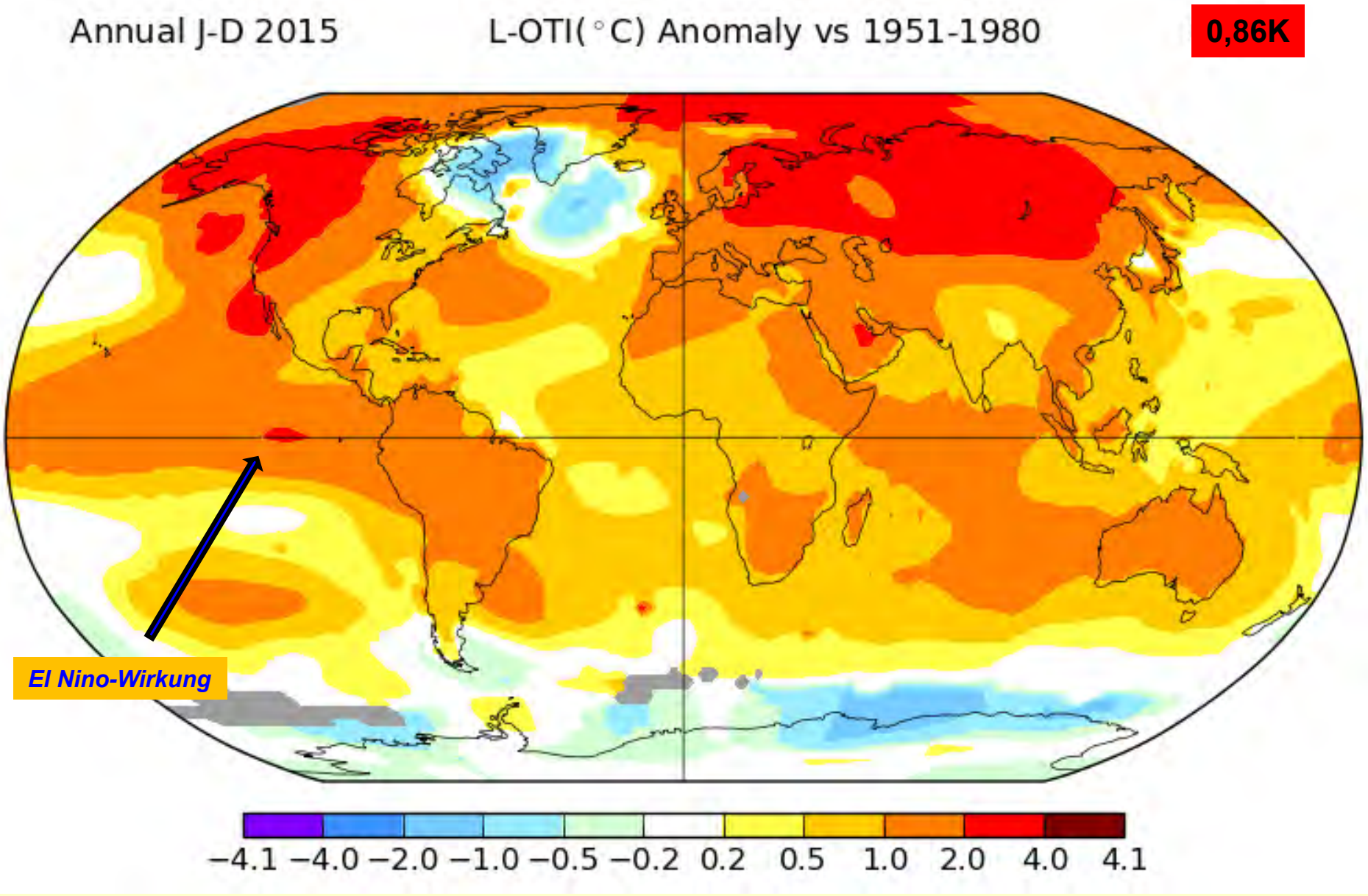
Zusammenhänge Energie - Klima



Quelle: Schlegel, März 2016

Globale Temperaturentwicklung Januar - Dezember 2015

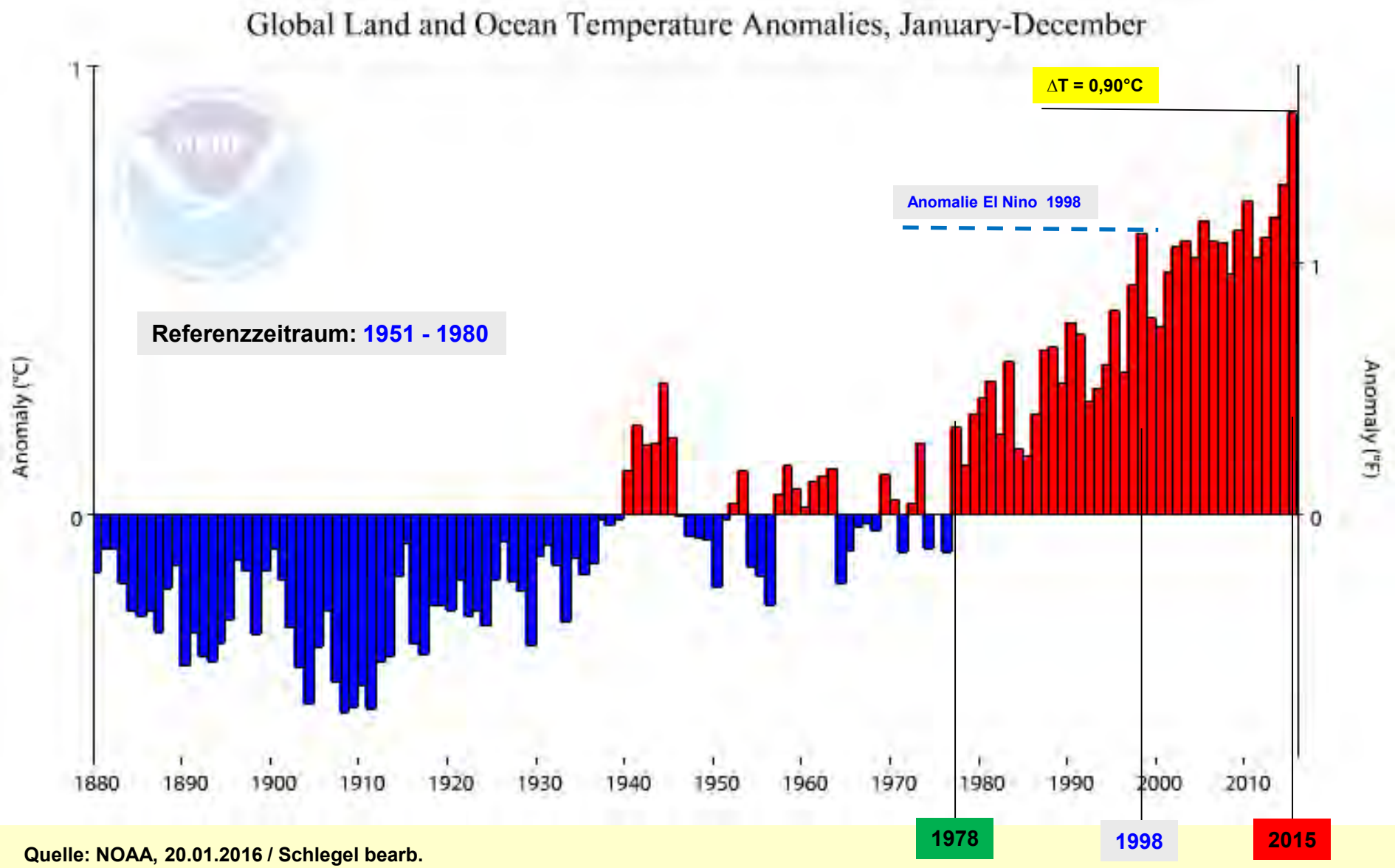
- zweites globales Rekordjahr hintereinander -



Quelle: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/

Globale Land- und Meerestemperatur-Abweichungen für Januar-Dezember 2015

Durchschnittswerte von 1880 bis heute



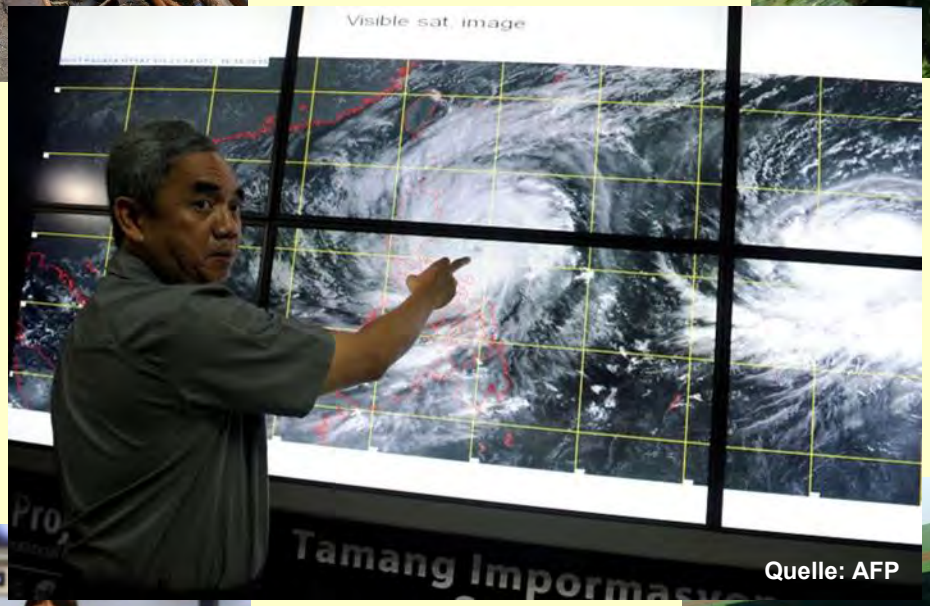
Quelle: NOAA, 20.01.2016 / Schlegel bearb.

Quelle: Reuters

Bäume und Hochspannungs-masten gefällt

Quelle: dpa

Familie rettet Habseligkeiten



Quelle: AFP

Taifun „Koppu“ ver-wüstet Philippinen 17./19.10.2015

Taifun „Koppu“ (l.) trifft mit 210 km/h auf Land – östlich Taifun „Champi“

Quelle: dpa

Flughafen Manila: gestrandete Passagiere

Quelle: dpa

Die große Alpengletscherschmelze 2015

Kläglicher Rest vom Schneeferner auf der Zugspitze (DE), 23.08.2015

Das Wasserschloss Alpen entwickelt sich langsam zur Wasserschlossruine!

Morteratsch-Gletscher (CH) – auch hier kein „ewiges“ Eis mehr

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, April 2014 bearbeitet

Gliederung

Warum braucht die Welt eine Energiewende

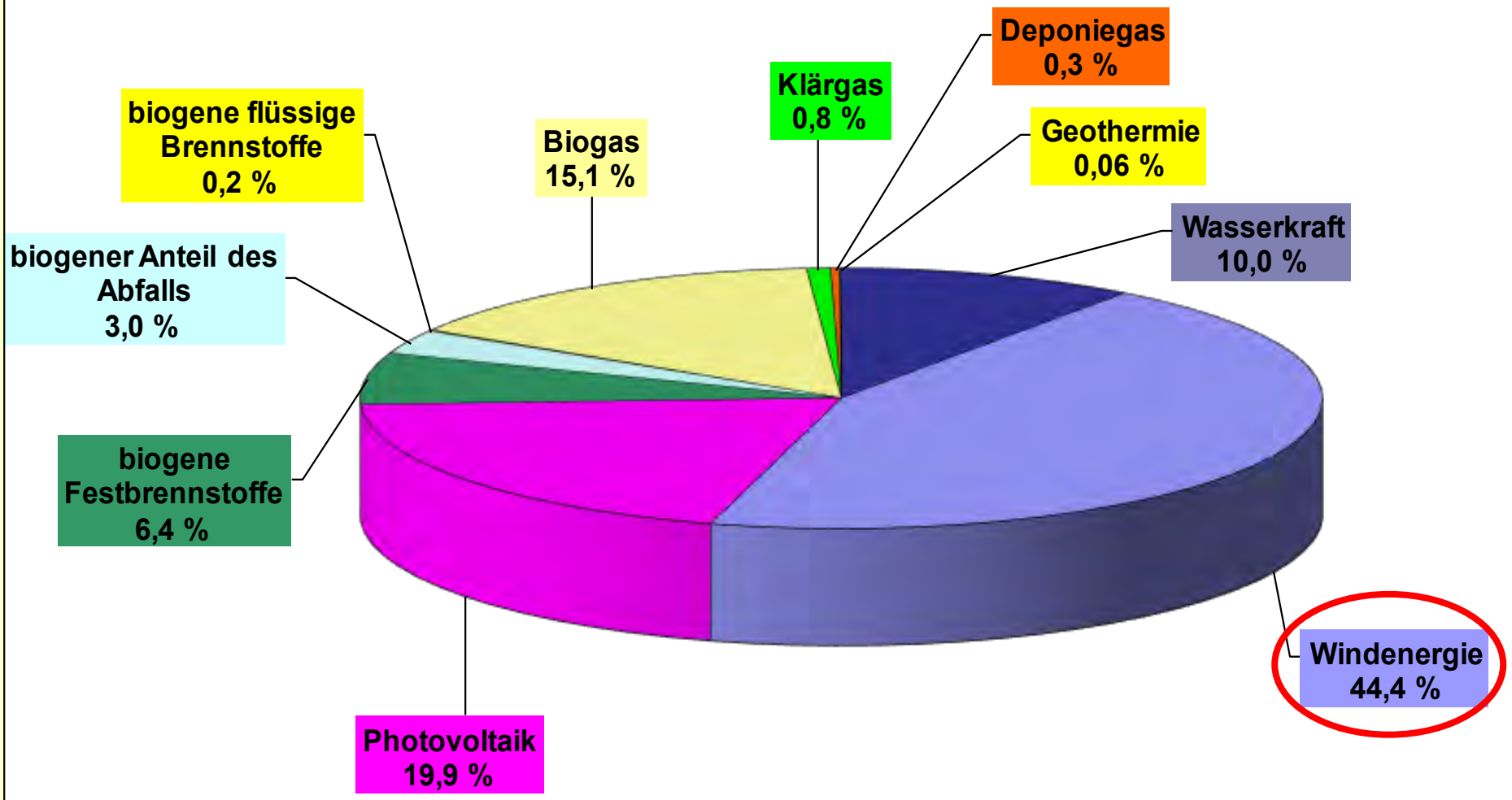
Aktueller Stand der Erneuerbaren Energien in Sachsen

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Sachsen 2020 – ein Blick voraus

Struktur der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in Deutschland 2015

$E_{ges\ 2015} \approx 193.900$ GWh - -> ≙ 32,5% - -> $\Delta m_{CO2} \approx 180.000$ kt [1)]

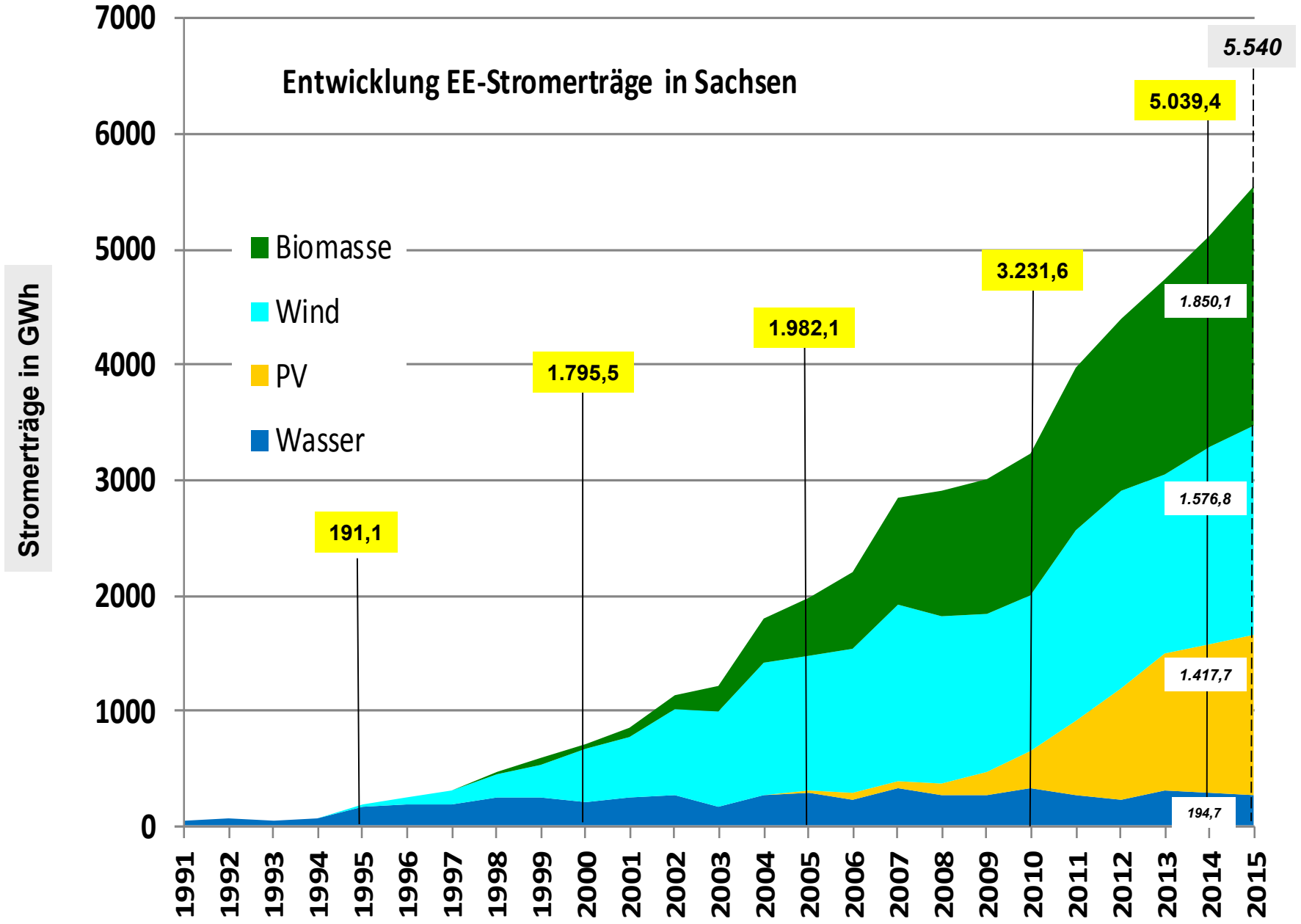
[1)] Bezug auf Braunkohleemissionen; $E_{erz\ brutto} = 647{,}1$ TWh - $E_{verb\ brutto} = 597{,}0$ TWh



Gesamte Biomasse: = 25,7 %
(mit Deponie- und Klärgas)

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

Quelle: BMU, Stand März 2016, Angaben vorläufig

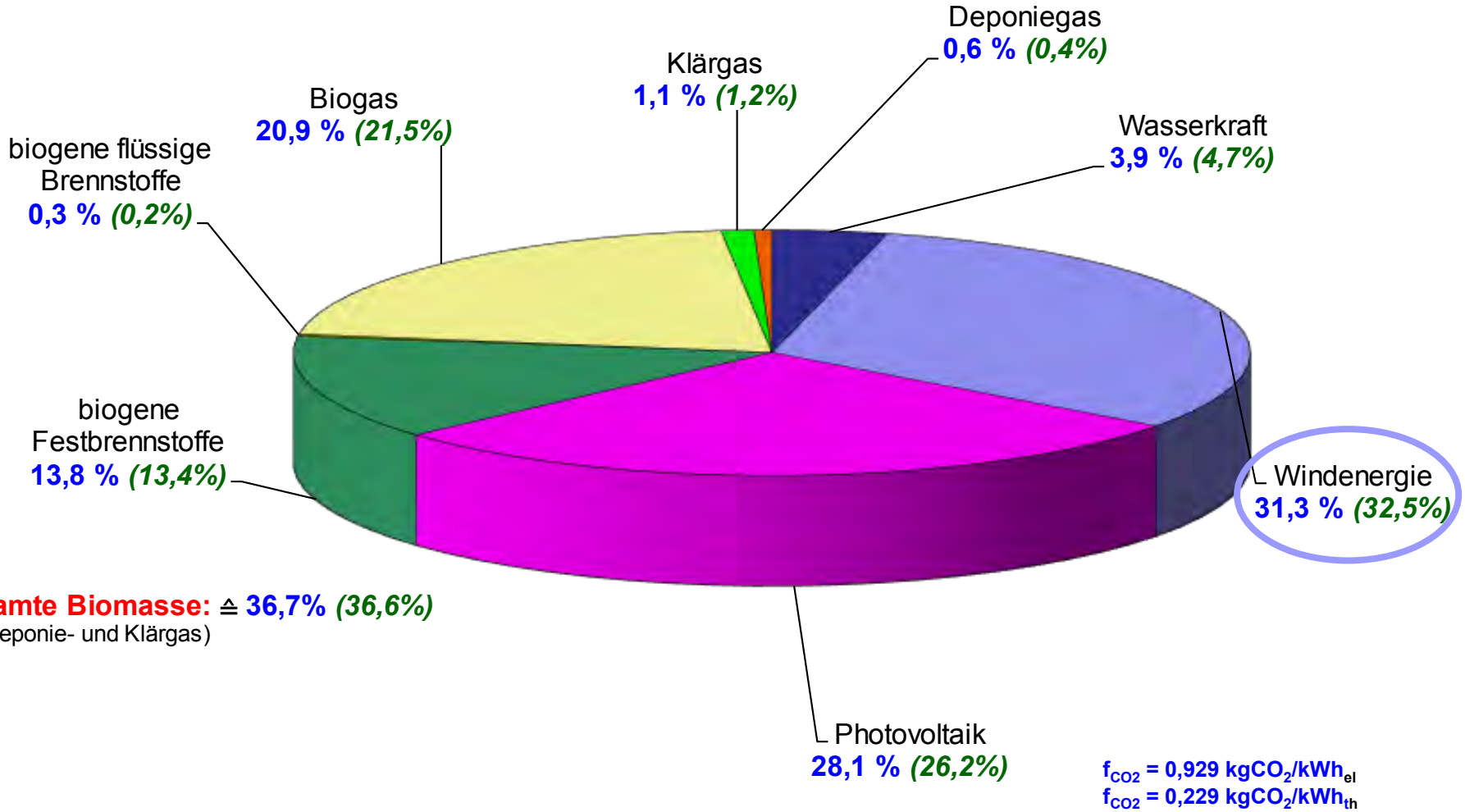


Quelle: StaLa, Schlegel, (Gehling, bearb. Febr. 2016)

Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern in Sachsen 2014/2015

$E_{ges\ 2014} \approx 5.039{,}4$ GWh - -> ≙ 26,0% - -> $\Delta m_{CO2} \approx 4.680$ kt

$E_{ges\ 2015} \approx 5.540$ GWh - -> ≙ 28,4% - -> $\Delta m_{CO2} \approx 5.150$ kt

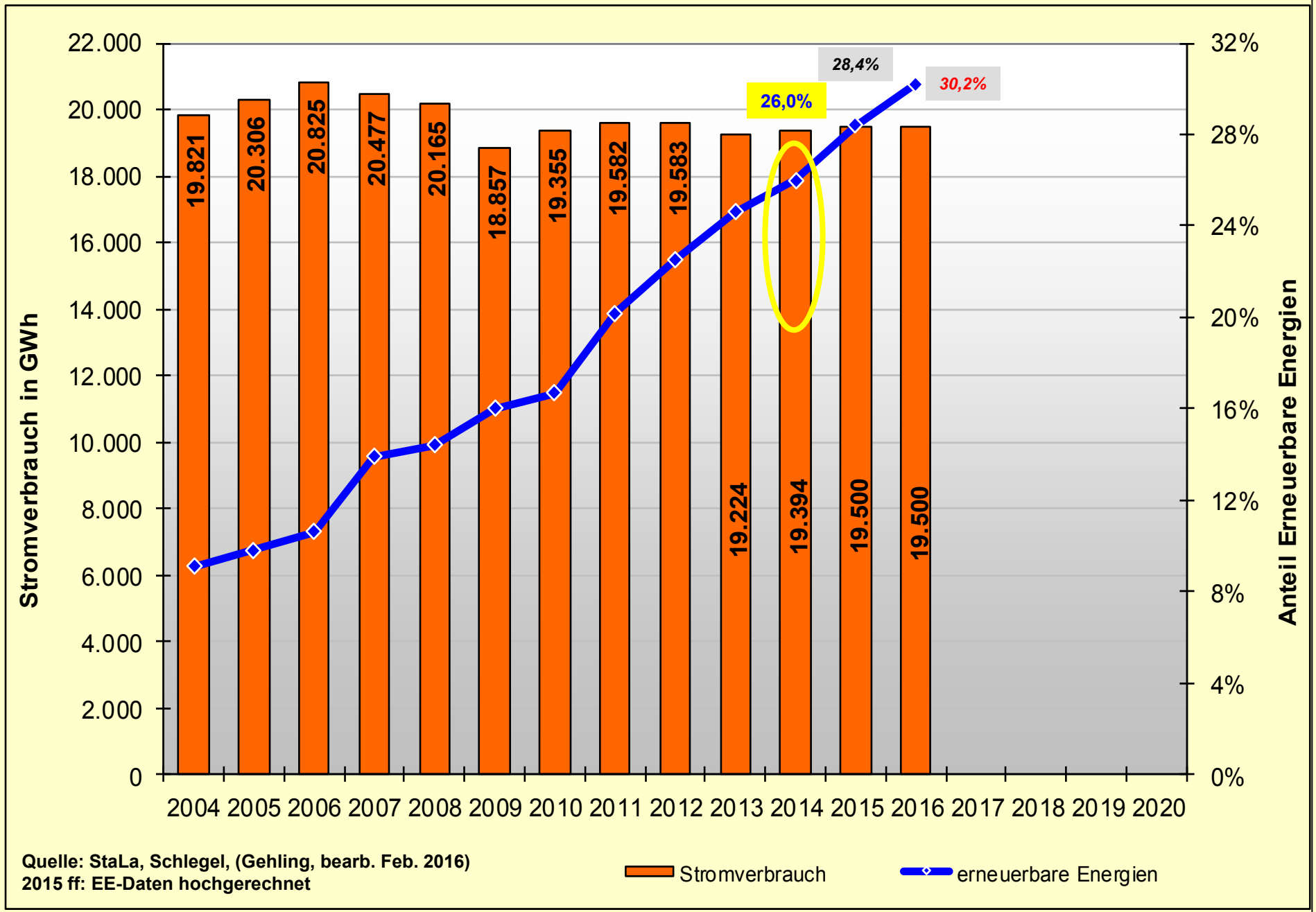


Gesamte Biomasse: ≙ 36,7% *(36,6%)*
(mit Deponie- und Klärgas)

$f_{CO2} = 0{,}929\ kgCO_2/kWh_{el}$
$f_{CO2} = 0{,}229\ kgCO_2/kWh_{th}$

Quelle: StaLa; Schlegel, Feb. 2016, (bearbeitet)

Stromverbrauch und Anteil Erneuerbarer Energien in Sachsen (2004 – 2016*)



Quelle: StaLa, Schlegel, (Gehling, bearb. Feb. 2016)
2015 ff: EE-Daten hochgerechnet

Anteil der EE am Elektroenergieverbrauch 2014/2015 in Sachsen

- Elektroenergieverbrauch in Sachsen 2014/2015 *(Hochrechnung)*

$E_{Verbrauch}$ = 19.393,6 GWh ($E_{brutto\ erzeug} \approx 42.853GWh$) / 19.500 GWh ($E_{brutto\ erzeug} \approx 42.850GWh$)

- Einspeisung 2014/2015 und Verbrauchsanteile in Prozent♦

Windenergie:	1.576,8 GWh	→	8,1 %	- 1.800 GWh	→	9,2 %
Wasserkraft:	194,7 GWh	→	1,0 %	- 260 GWh	→	1,3 %
Biomasse (fest und flüssig)**:	711,9 GWh	→	3,7 %	- 750 GWh	→	3,8 %
Biogas*:	1.138,2 GWh	→	5,9 %	- 1.280 GWh	→	6,6 %
Photovoltaik:	1.417,7 GWh	→	7,3 %	- 1.450 GWh	→	7,4 %

$E_{\Sigma\ Einspeisung}$: 5.039,4 GWh → ≙ 26,0 % ≙ $N_{HH} \approx 2.051.000\ HH/a$

5.540 GWh → ≙ 28,4 % ≙ $N_{HH} \approx 2.254.800\ HH/a$ [1)2)3)4)]

* ∑ aus Biogas, Deponiegas, Klärgas

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

♦ mit Eigenverbrauch

Quelle: StaLa, Schlegel, Februar 2016

1) N_{SN} = 2.156.700 HH
2) n_{SN} = 4.055.888 EW
3) e_{HH} = 2.457kWh/(HH*a)
4) e_{EW} = 1.307 kWh/(EW*a)

Jahresstromerträge EE-Anlagen in Sachsen 2014/2015[1)]

- **2014:** E_{EE} = **5.039.441 MWh** ⟹ Δm_{CO2} ≈ **4.682.000t/a**↓

$\Delta E_{EE\ 2014:2002}$ = ***4,40 fache*** *Steigerung*

- **Versorgungsgrad 2014:** $n_{HH\ äq}$ ≈ **2.051.000 HH/a** ** —► ≙ ***95,1 % HH_{SN}***

$n_{EW\ äq}$ ≈ **3.855.700 EW/a** * —► ≙ ***95,1 % EW_{SN}***

- **2015:** E_{EE} = **5.540.000 MWh** ⟹ Δm_{CO2} ≈ **5.150.000t/a**↓

$\Delta E_{EE\ 2015:2002}$ = ***4,84 fache*** *Steigerung*

- **Versorgungsgrad 2015:** $n_{HH\ äq}$ ≈ **2.254.800 HH/a** ** —► ≙ **> *100 % HH_{SN}***

$n_{EW\ äq}$ ≈ **4.238.700 EW/a** * —► ≙ **> *100 % EW_{SN}***

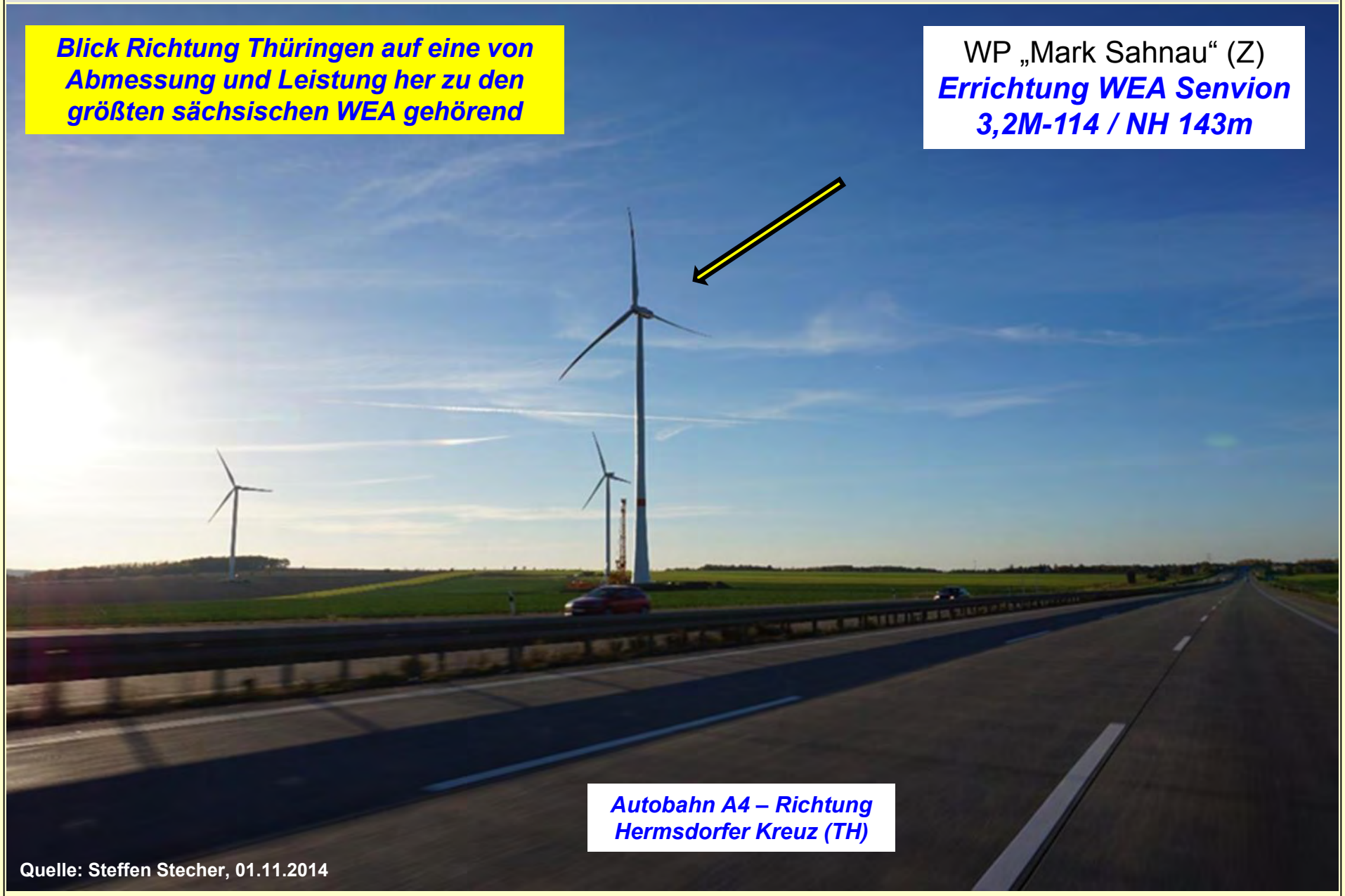
[1)] **Hochrechnung**

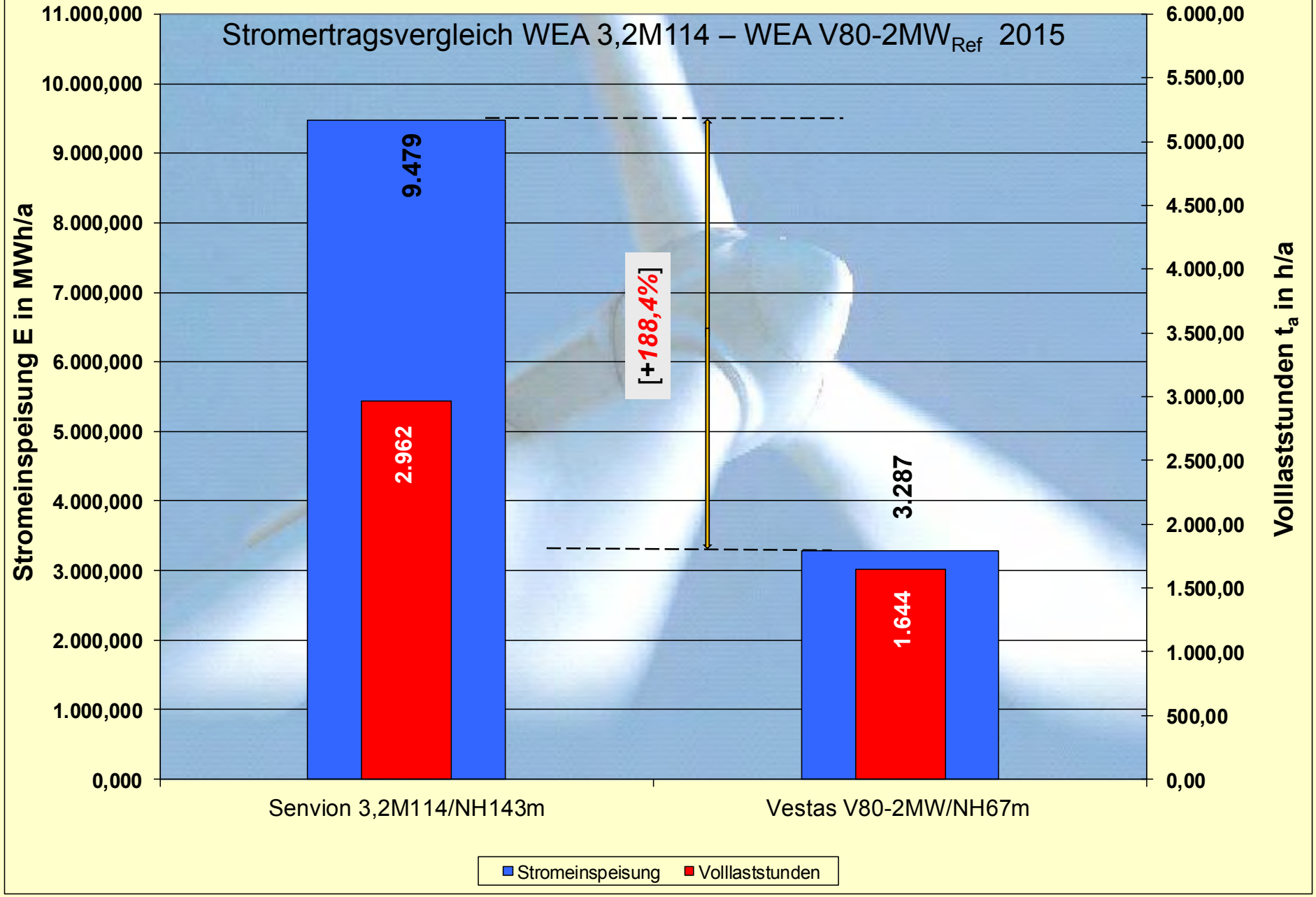
* e_{EW} ≈ *1.307 kWh/(EW*a)*

** e_{HH} ≈ *2.457 kWh/(HH*a)*

Quelle: StaLa, Schlegel, Februar 2016

Sächsisches WEA-Flaggschiff Senvion 3,2M-114 / NH143m / RD114m





Quelle: Schlegel, 31.12.2015 (Januar 2016 bearbeitet)

WP „Lippoldsruh“ (Z) – 3 x WEA Vestas V112-3.3MW / NH 140m / RD 112m

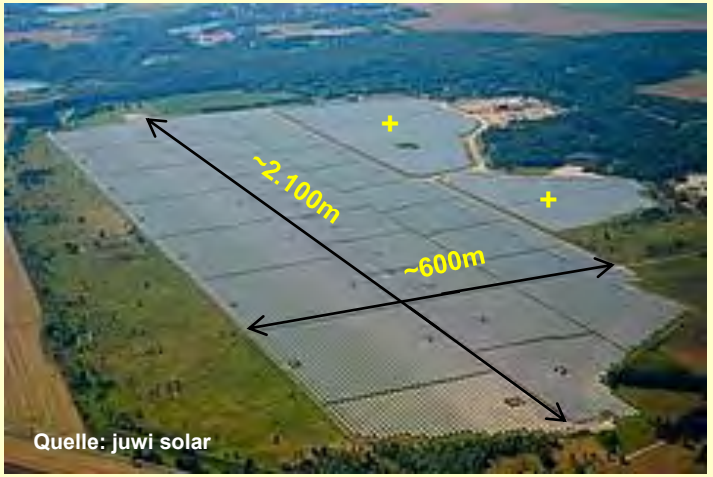
Quelle: Steffen Flämig, 15.12.2015

Jahresstromerträge von zwei Solarparks in Sachsen 2015

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

- **Stromertrag 2015:**
  - ►(Doberschütz: 4.087 EW, 12/2014) —► $E_{(e=1.080,0\ kWh/kWp)} \approx 14.241.104\ kWh/a$
    $n_{VersEW} \approx 10.900\ EW/a\ (f \approx 2,65)^*$

PV-KW „Waldpolenz“ (L)
$P = 52.000\ kW_p$
$E_{a\ prog} \approx 52.000.000 kWh/a$
$n \approx 700.000\ Module$
$A_{modul} \approx 504.000 m^2$
$A_{PV-KW} \approx 156ha = 1.560.000 m^2$
$e = E_a/A_{modul} \approx 103 kWh/(m^2*a)$
$K_{inv\ T1} \approx 130.000.000 EUR$
$K_{inv\ T2} \approx 26.000.000 EUR$

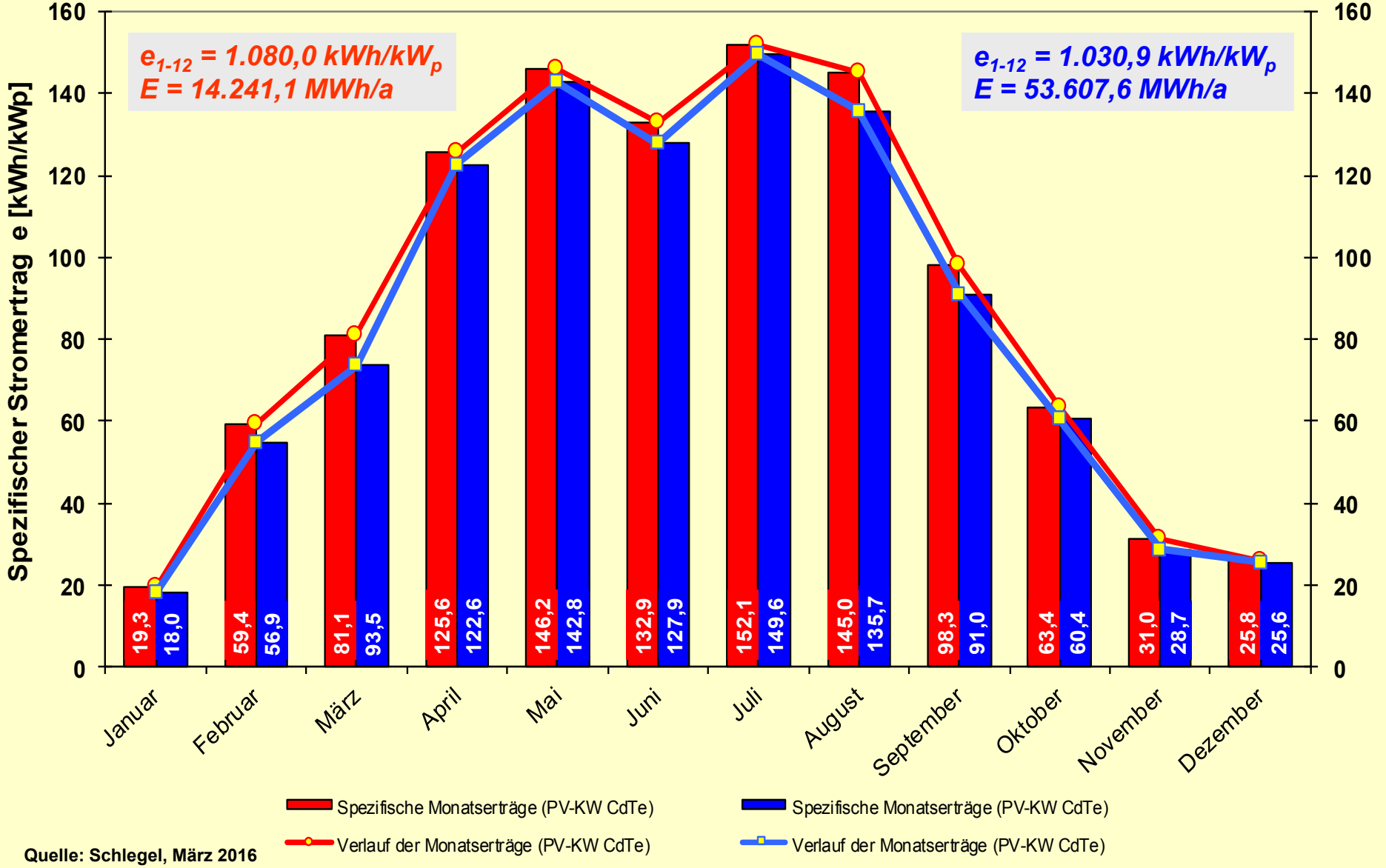


- **Stromertrag 2015:**
  - ►(Brandis: 9.386 EW, 12/2014) —► $E_{(e=1.030,9\ kWh/kWp)} \approx 53.607.580\ kWh/a$
    $n_{VersEW} \approx 41.000\ EW/a\ (f \approx 4,35)^*$

Quelle: Schlegel, Jan. 2016 (bearbeitet)

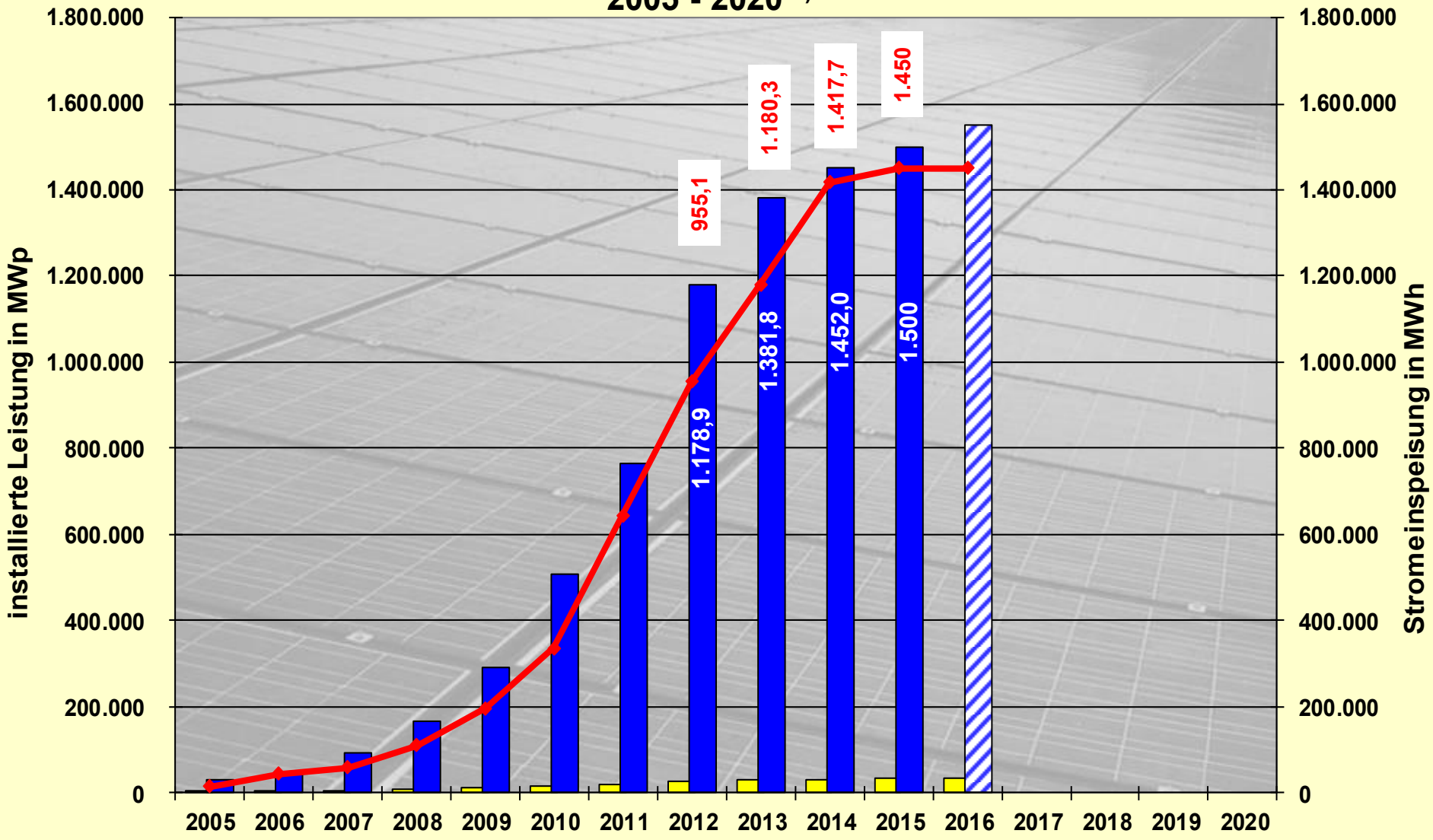
$^*e_{EW} \approx 1.307 kWh/a$

Spezifische Stromerträge zweier PV-KW (30° Süd) für das Jahr 2015 - PV-KW CdTe-Module (Rote Jahne / Waldpolenz)



Quelle: Schlegel, März 2016

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



Quelle: StaLa, Schlegel

1) Leistung, Anlagenanzahl, Stromeinspeisung teils näherungsweise berechnet
Daten ab 2015 Prognose; (Gehling, bearb. Feb. 2016)

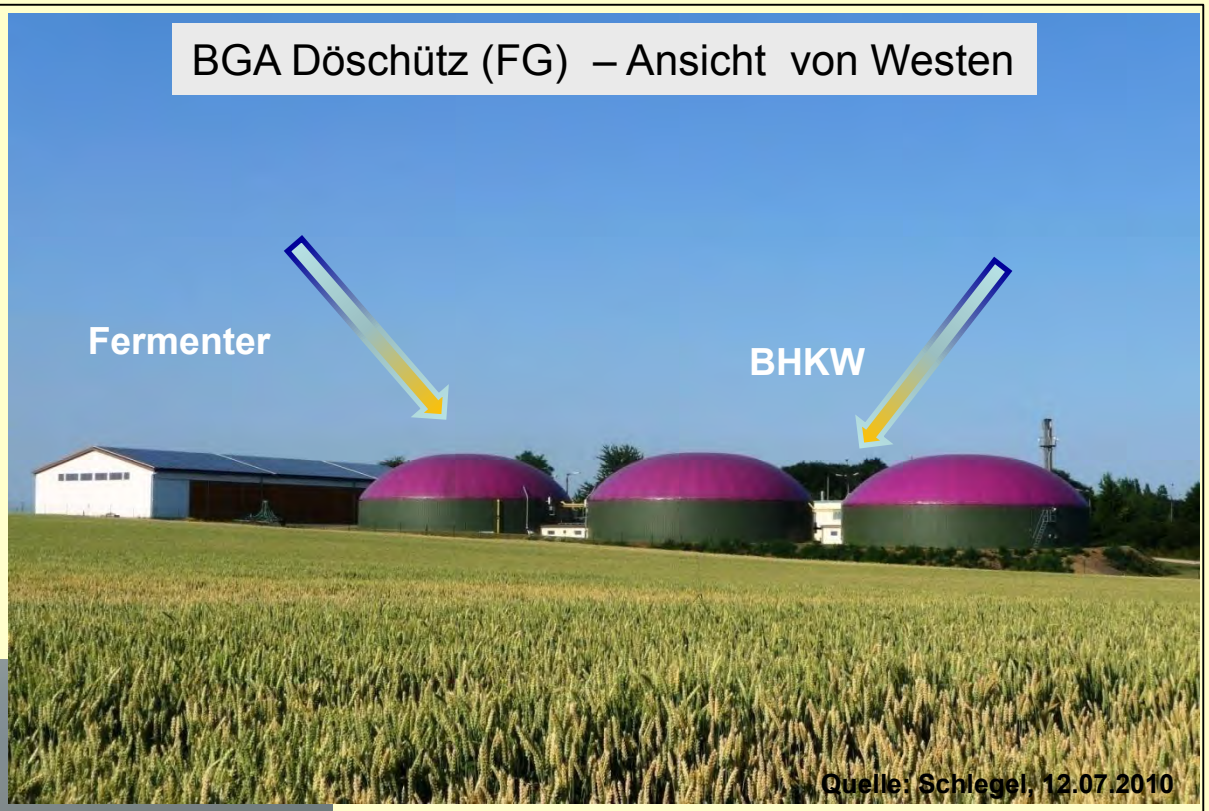
Biogas unverzichtbarer Energieträger

BHKW:
- **n = 2**
- **P_{Nel} ≈ 900 kW,**
- **P_{Nth} ≈ 900 kW**

Substrate:
- ***Rindergülle***
- ***Stallmist***
- ***Futterreststoffe***

Angrenzendes Spargelfeld
A_{Feld} ≈ 2ha

BGA Döschütz (FG) – Ansicht von Westen



Quelle: Schlegel, 12.07.2010

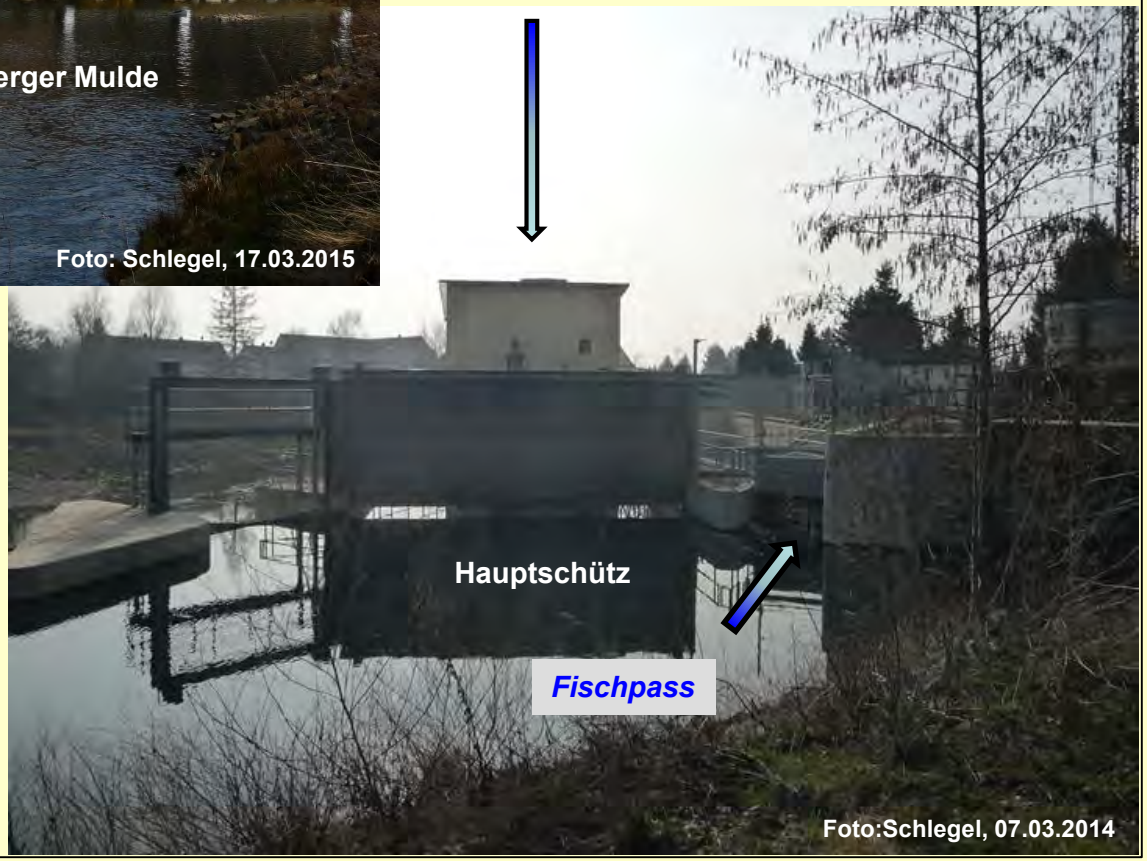
Quelle:Schlegel, 04.04.2016

- ***Heizschlangenverlegung in das Spargelfeld***
- ***Dämme mit schwarzer Folie abgedeckt***
- ***Tunnelartige Weißfolienabdeckung***
- ***Nutzung der Abwärme der Biogasanlage***
- ***Bodenerwärmung auf T_{Boden} ≈ 20°C***
- ***Beschleunigung Spargelwachstum***
- ***Marktbereitschaft ab Mitte März***

WKA „Großbauchlitz“ Döbeln – Neubau Fluss-KW mit Fischpass Freiberger Mulde – P_N = 200 kW

Klappenwehr-Neubau

Turbinenhaus



Techn.-ökon. Daten:

- P_N = 200kW
- $t_v \approx$ 3.200h/a
- E ≈ 640.000kWh/a
- $n_{Ver\ äq} \approx$ 265 HH/a
- $K_{inv} \approx$ 2.000.000 EUR

(Kalkulation ohne Wasser-entnahmeabgabe!)

Gliederung

Warum braucht die Welt eine Energiewende ?

Aktueller Stand der Erneuerbaren Energien in Sachsen

Ausbau der Erneuerbaren Energien in Sachsen 2020 – ein Blick voraus

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

▶ **Windenergie:**	**2.200 GWh/a**	**[2015: 1.800GWh **]** **[2016: 1.950GWh **]**
▶ **Biomasseenergie:** *(fest, flüssig, gasförmig)*	**1.800 GWh/a**	**[2014: *1.850,135GWh*]** **[2016: 2.215GWh **]**
▶ **Photovoltaik (PV):**	**1.800 GWh/a**	**[2014: *1.417,724GWh*]** **[2016: 1.500GWh **]**
▶ **Wasserkraft:**	**320 GWh/a**	**[2016: wasserabhängig]**
▶ **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; (Schlegel, März 2016 bearb.)

EE-Stromvergleich Sachsen [A_{SN}] – Schleswig-Holstein [0,9 A_{SN}]

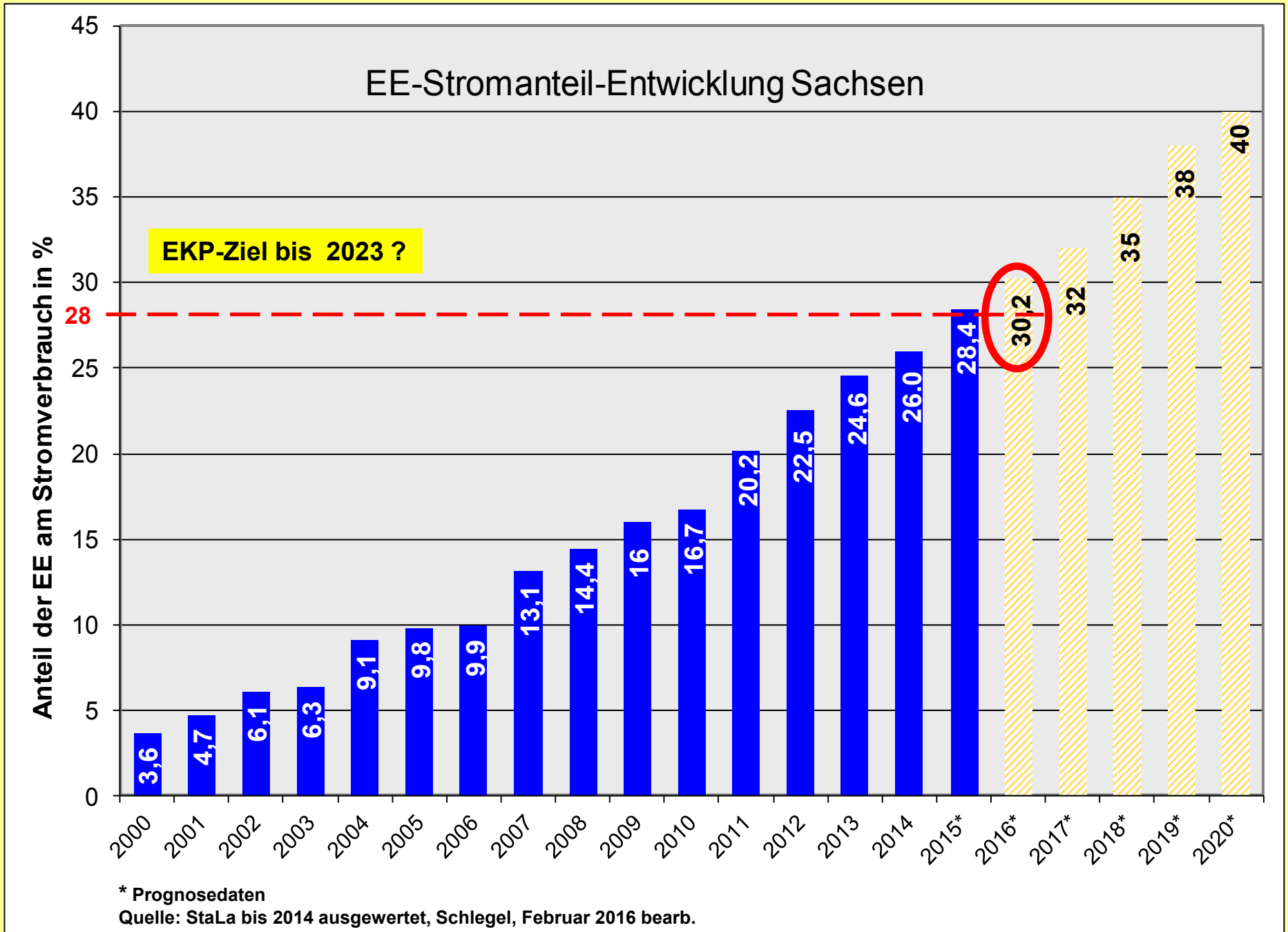
2014: EE-Anteil am Bruttostromverbrauch p_{EE} = 21,1% in Sachsen [E_{EE}=5.039,4GWh / $E_{verb\ brutto}$=23.866,6GWh]

Quelle: StaLa/Schlegel

2014: EE-Anteil am Bruttostromverbrauch p_{EE} ≈ 87,1% in Schleswig-Holstein [E_{EE}=12.418,6GWh / $E_{ver\ brutto}$=14.254GWh]

Quelle: Energiewendeministerium/Statistikamt Nord

Quelle: Schlegel, März 2016



* Prognosedaten

Quelle: StaLa bis 2014 ausgewertet, Schlegel, Februar 2016 bearb.

WEA-Leistungen / WEA-Anzahl / Landesflächenanteil in Bezug auf Sachsen 2015 [1)]

1.	***Niedersachsen***	***8.602 MW*** /	***5.713 WEA*** / ≈ 2,6 x A_{SN}
2.	***Brandenburg***	***5.850 MW*** /	***3.463 WEA*** / ≈ 1,6 x A_{SN}
3.	***Schleswig-Holstein***	***5.897 MW*** /	***3.435 WEA*** / ≈ 0,9 x A_{SN}
4.	***Sachsen-Anhalt***	***4.599 MW*** /	***2.697 WEA*** / ≈ 1,1 x A_{SN}
5.	***Nordrhein-Westfalen***	***4.080 MW*** /	***3.174 WEA*** / ≈ 1,9 x A_{SN}
6.	***Rheinland-Pfalz***	***2.926 MW*** /	***1.535 WEA*** / ≈ 1,3 x A_{SN}
7.	***Mecklenburg-Vorpommern***	***2.884 MW*** /	***1.788 WEA*** / ≈ 1,1 x A_{SN}
8.	***Bayern***	***1.893 MW*** /	***937 WEA*** / ≈ 3,8 x A_{SN}
9.	***Hessen***	***1.387 MW*** /	***886 WEA*** / ≈ 0,9 x A_{SN}
10.	***Thüringen***	***1.200 MW*** /	***749 WEA*** / ≈ 1,1 x A_{SN}
11.	**Sachsen [2)]**	***1.148 MW*** /	***875 WEA*** / 1 x A_{SN}
12.	***Baden-Württemberg***	***694 MW*** /	***448 WEA*** / ≈ 1,9 x A_{SN}
13.	***Saarland***	***267 MW*** /	***136 WEA*** / ≈ 0,14 x A_{SN}
14.	***Bremen***	***171 MW*** /	***84 WEA*** / ≈ 0,02 x A_{SN}
15.	***Hamburg***	***62 MW*** /	***53 WEA*** / ≈ 0,04 x A_{SN}
15.	***Berlin***	***9 MW*** /	***4 WEA*** / ≈ 0,05 x A_{SN}

Quelle: BWE 2016; Schlegel, (Januar 2016 bearbeitet)

[1)] Stand: 31.12.2015; [2)] Stand: 31.12.2015 Schlegel

WP „Wülknitz-Streumen“ (MEI)

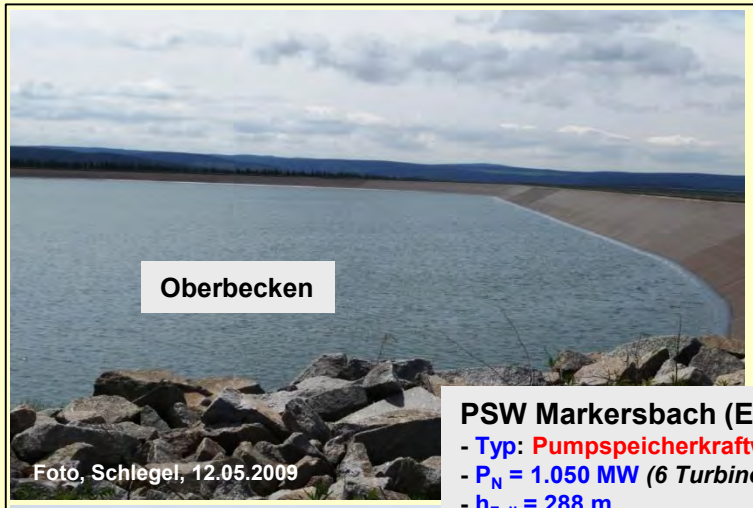
Einweihung der egNEOS-Bürger-WEA am 11.12.2015

Im Turminneren

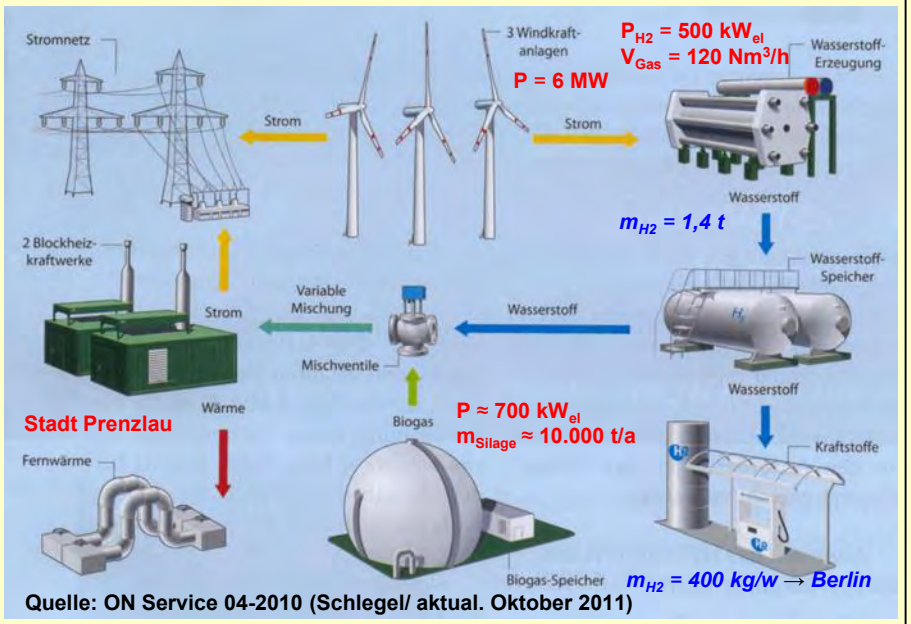
E101-3MW / NH135m / RD 101m

Quelle: Foto, Schlegel, 2015

Stromspeicherung und Kombination –
Grundbedingungen für die erfolgreiche Energiewende



PSW Markersbach (ERZ)
- Typ: Pumpspeicherkraftwerk
- P_N = 1.050 MW *(6 Turbinen)*
- h_{Fall} = 288 m
- $V_{ab\ max}$ = 6 * 70m³/s
- t_{el} ≈ 4,2 h
- V_{H2O} ≈ 6,3 * 10⁶ m³ (Oberbecken *848,4 mHN*)
- V_{H2O} ≈ 7,7 * 10⁶ m³ (Unterbecken *563 mHN*)



Quelle: ON Service 04-2010 (Schlegel/ aktual. Oktober 2011)

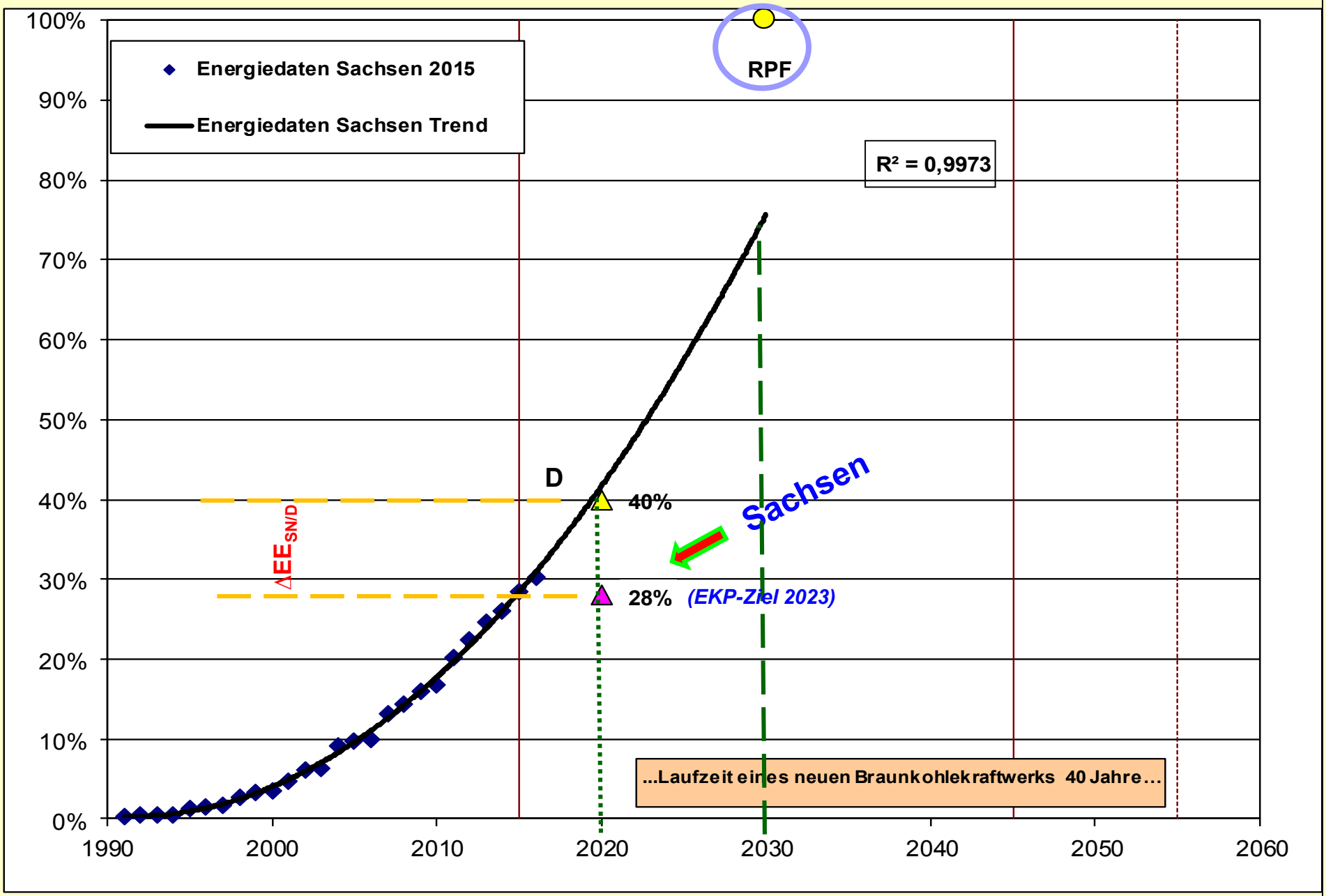
Li-Ionen-Großspeicher DREWAG Dresden 17.03.2015

Technische Daten:
- W_{kap} = 2.700MWh
- 50 Racks mit W_{Rack} = 54kWh
- η_{ges} = 92% (Laden-Entladen)
- t_{Reak} < 1s

Energiewende

Energiezukunft

Entwicklung EE-Anteil am Stromverbrauch bis 2020

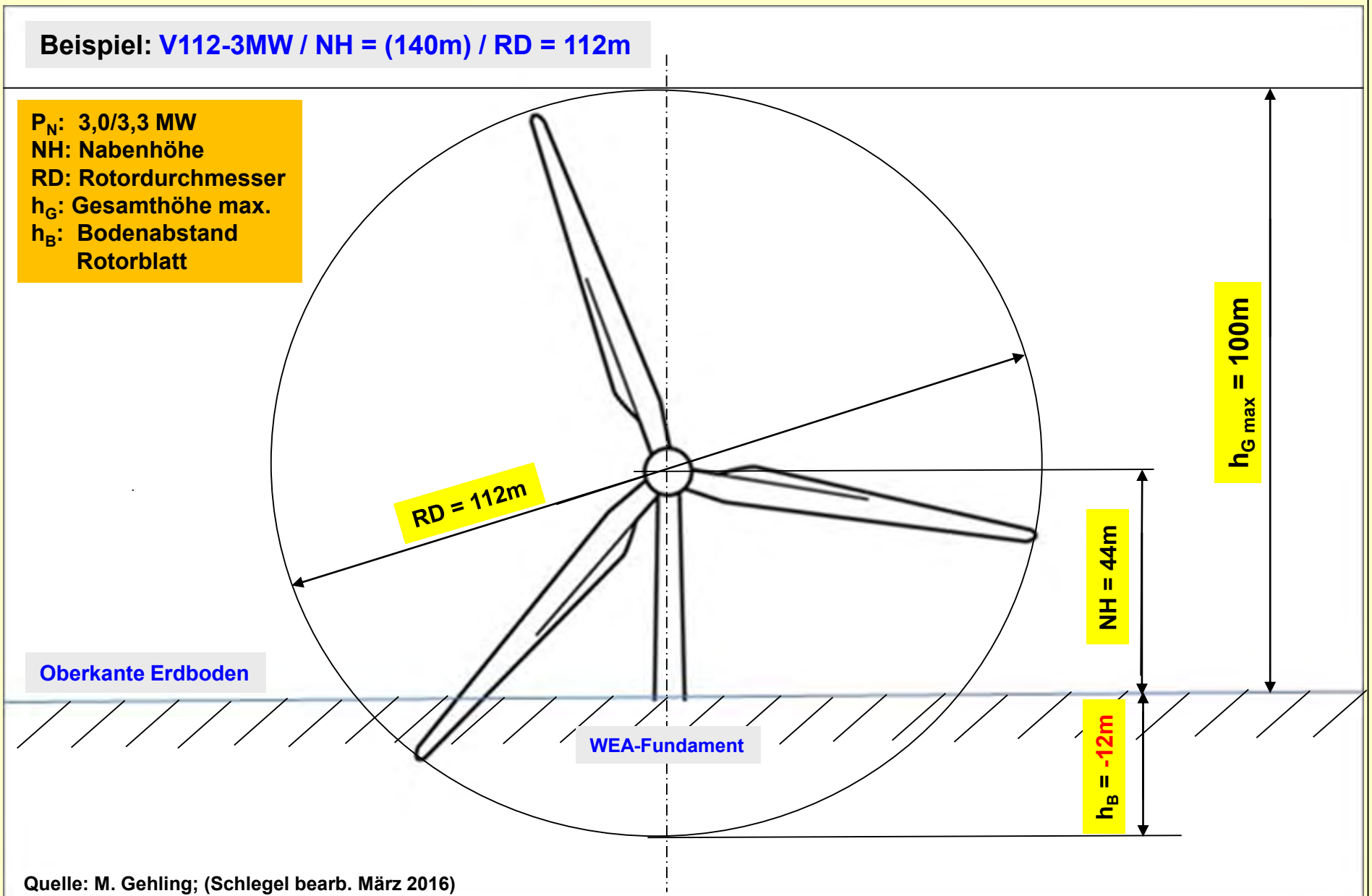


Quelle: Kreibich/Schlegel, (Schlegel, überarbeitet Februar 2016)

Vorstellungen der Regionalplanung über die Zulassung von neuen WEA

Beispiel: V112-3MW / NH = (140m) / RD = 112m

P_N: 3,0/3,3 MW
NH: Nabenhöhe
RD: Rotordurchmesser
h_G: Gesamthöhe max.
h_B: Bodenabstand Rotorblatt



Quelle: M. Gehling; (Schlegel bearb. März 2016)

„Die Zeit zum Diskutieren über das 'Ob und Wie' von Klimaschutz ist abgelaufen“

Es gilt nur noch entschiedenes Handeln!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Quelle: Jahresbericht 2004 DWD, Aufnahme „Meteosat-8“