



WIRTSCHAFTSBEIRAT
BAYERN



Zahlen und Fakten zur Stromversorgung in Deutschland 2014

Autor:

Maximilian Faltlhauser

stellv. Vorsitzender des Ausschusses für
Rohstoff- und Energiepolitik
des Wirtschaftsbeirats Bayern

München, im Juli 2014

Inhalt

Vorwort	4
1. Prolog	5-7
1.1 Erläuterung Energiedreieck	
1.2 Von der Strommarktliberalisierung zur Energiewende	
1.3 Struktur des Primärenergieverbrauches	
2. Kraftwerksleistung und Stromerzeugung	8-11
2.1 Einheiten und „Nullen“	
2.2 Installierte Leistung in Deutschland nach Stromerzeugungsarten	
2.3 Installierte erneuerbare Leistung	
2.4 Beantragte Abschaltung konventioneller Erzeugung	
2.5 Volllaststunden verschiedener Erzeugungsarten	
2.6 Leistung & Erzeugung in Deutschland	
2.7 Leistung & Erzeugung in Bayern	
3. Wirtschaftlichkeit - Strompreis	12-16
3.1 Entwicklung Strompreis für Haushalte	
3.2 Entwicklung Strompreis für Industriekunden	
3.3 EEG-Umlage nach Erzeugungsarten	
3.4 EEG-Strommenge	
3.5 Entwicklung des Kosten-Nutzen-Faktors des EEGs	
3.6 Staatliche Belastungen auf den Strompreis	
3.7 Internationaler Preisvergleich Haushaltsstrom	
3.8 Internationaler Preisvergleich Industriekunden	
4. Versorgungssicherheit – Netzstabilität	17-18
4.1 Entwicklung Stromausfallminuten und Vergleich Ausland	
4.2 Anzahl der Eingriffe eines Stromnetzbetreibers	
4.3 Stromaustausch mit Nachbarländern	
5. Umweltschutz – Energiemix	19-20
5.1 Bruttostromerzeugung nach Erzeugungsarten	
5.2 Entwicklung erneuerbarer Stromerzeugung in Bayern	
5.3 Stromanteil am CO ₂ -Ausstoß	
5.4 Entwicklung CO ₂ -Ausstoß weltweit	
6. Zukunft der Stromversorgung	21-23
6.1 Neue Anforderungen durch Energiewende	
6.2 Herausforderung volatiler erneuerbarer Stromerzeugung	
6.3 Ansätze zur Einbindung volatiler Stromerzeugung	
6.4 Arten der Stromspeicherung	
Impressum	24

Vorwort

Sehr geehrter Leser,

es gibt nur wenige Gebiete der Politik, über die derart intensiv und oft auch emotional diskutiert wird wie über die Energiepolitik. Kernenergie, Klimaschutz, neues Strommarktdesign sind nur einige Schlagworte.

Diese Diskussion hat sich mit der Energiewende weiter intensiviert. Im Mittelpunkt steht unverändert die Frage: Wie kann die Stromversorgung nach Abschalten der Kernkraftwerke in Deutschland weiter umweltfreundlich, wettbewerbsfähig und wirtschaftlich, aber vor allem auch sicher gestaltet werden. Der nächste große Schritt wird dabei sein, wieder langfristige Planungssicherheit auch für konventionelle Erzeugung im Rahmen eines neuen Strommarktdesigns herzustellen. Nach der Technologieförderung steht die Energiewende vor der ökonomisch-rechtlichen Herausforderung, die unterschiedlichen Erzeugungsarten möglichst nach Marktregeln aufeinander abzustimmen.

Der Ausschuss für Energie- und Rohstoffpolitik im Wirtschaftsbeirat Bayern will seine 2012 begonnene Tradition fortsetzen und mit dieser Sammlung von Zahlen und Fakten einen sachlichen und möglichst objektiven Beitrag zur energiepolitischen Diskussion liefern. Wir haben deshalb bewusst auf Kommentare und Schlussfolgerungen verzichtet im Sinne von: „Lasst Zahlen sprechen“.

Den Schwerpunkt im letzten Kapitel „Zukunft der Stromversorgung“ haben wir darauf gelegt, die neuen systemischen Herausforderungen eines Strommarktes mit einem hohen Anteil an volatiler erneuerbarer Erzeugung aufzuzeigen.

Wir hoffen, die Zahlen unterstützen Sie in Ihrer Arbeit, in Gesprächen und Diskussionen.

Armin Geiß

Vorsitzender des Ausschusses für
Rohstoff- und Energiepolitik
des Wirtschaftsbeirats Bayern

Maximilian Faltlhauser

stellv. Vorsitzender des Ausschusses für
Rohstoff- und Energiepolitik
des Wirtschaftsbeirats Bayern

1. Prolog

1.1 Erläuterung Energiedreieck

Die Gliederung dieser Broschüre orientiert sich an dem im Energiewirtschaftsgesetz verankerten Zieldreieck - dem energiepolitischen Dreieck - mit den Dimensionen: Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltschutz. Ziel einer jeden Diskussion sollte immer ein Gesamtoptimum aller Aspekte der Stromversorgung sein. Diesem Gesamtoptimum kann man nur dadurch näher kommen, wenn man sich bei einer energiepolitischen Entscheidung innerhalb einer Dimension der wechselseitigen Auswirkungen und Konsequenzen auf die jeweils anderen Dimensionen bewusst ist.

Nachdem jahrelang vor allem der Umweltschutz im Vordergrund der energiepolitischen Diskussion stand, rückte in den letzten Jahren die Frage nach einem zumutbaren Strompreis stärker in den Mittelpunkt. Für ein Land, das Stromausfälle kaum kennt, ist die Dimension der Versorgungssicherheit weitgehend abstrakt, gewinnt aber zunehmend an Bedeutung; dies nicht nur in der binären Funktion des Strom-An oder Strom-Aus, sondern verstärkt in der Frage der Stromqualität. Denn Themen wie Frequenz- und Spannungshalten werden immer wichtiger.

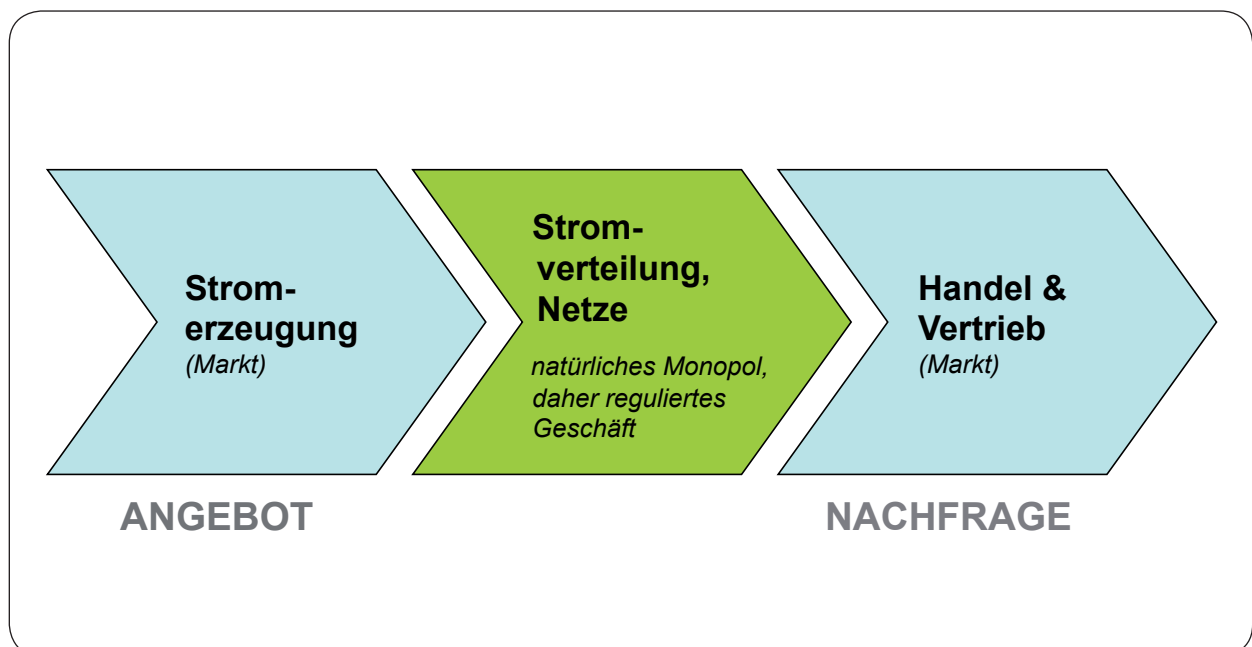


Quelle: Graphik VBEW

1.2 Von der Strommarkliberalisierung zur Energiewende

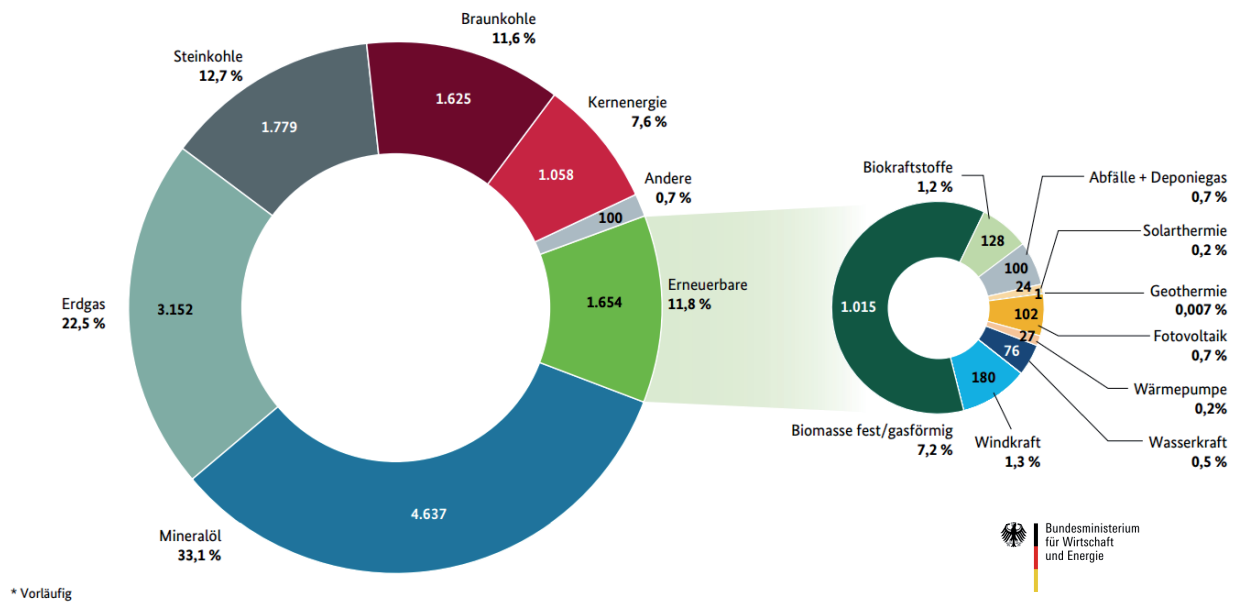
Die jüngere Geschichte der Stromversorgung in Deutschland beginnt im Jahr 1998 mit dem Inkrafttreten des neuen Energiewirtschaftsgesetzes. In ihm wurde die neue, nun liberalisierte Marktstruktur der Energiewirtschaft in Deutschland geregelt. Diese Stromversorgung besteht aus drei Teilen: Den beiden marktwirtschaftlich organisierten Bereichen der Stromerzeugung und des Stromvertriebes sowie den sich zwischen diesen beiden Wertschöpfungsstufen befindenden, regulierten Stromnetzen. Seit den letzten Jahren treten vermehrt Funktionsstörungen auf. Verursacht werden diese durch die rechtliche Bevorzugung von EEG-Strom. Dieser genießt eine gesetzlich garantierte Preis- und Abnahmegarantie und bildet damit einen planwirtschaftlichen Fremdkörper im Gesamtmarkt. Anfänglich vernachlässigbar ist ein Anteil von inzwischen fast 25 Prozent EEG-Strom zu einem Problem für das Strommarktsystem geworden.

Eine Zäsur stellt neben dem EEG der Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie im Jahr 2011 dar. Bis zum Jahresende 2022 werden die letzten neun, noch im Betrieb befindlichen Kernkraftwerke in Deutschland schrittweise abgeschaltet.



1.3 Struktur des Primärenergieverbrauches

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2013 (14.005 PJ*)



Entwicklung des Primärenergieverbrauches (in PJ)

	1990	1995	2000	2005	2010	2013
Deutschland	14.905	14.269	14.401	14.558	14.217	14.005
Bayern	1.783	1.953	2.037	2.008	2.081	

Entwicklung nach Anwendungsbereichen in Deutschland (in TWh)

(in TWh)	1990	1995	2000	2005	2010	2013
Bruttostromverbrauch	551	542	580	614	615	600
Wärmeverbrauch	1.524	1.543	1.470	1.496	1.470	1.470
Kraftstoffverbrauch	518	645	665	597	614	621
Endenergieverbrauch	2.631	2.590	2.565	2.535	2.586	2.580

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



Bundesministerium für
Wirtschaft und Energie

2. Kraftwerksleistung und Stromerzeugung

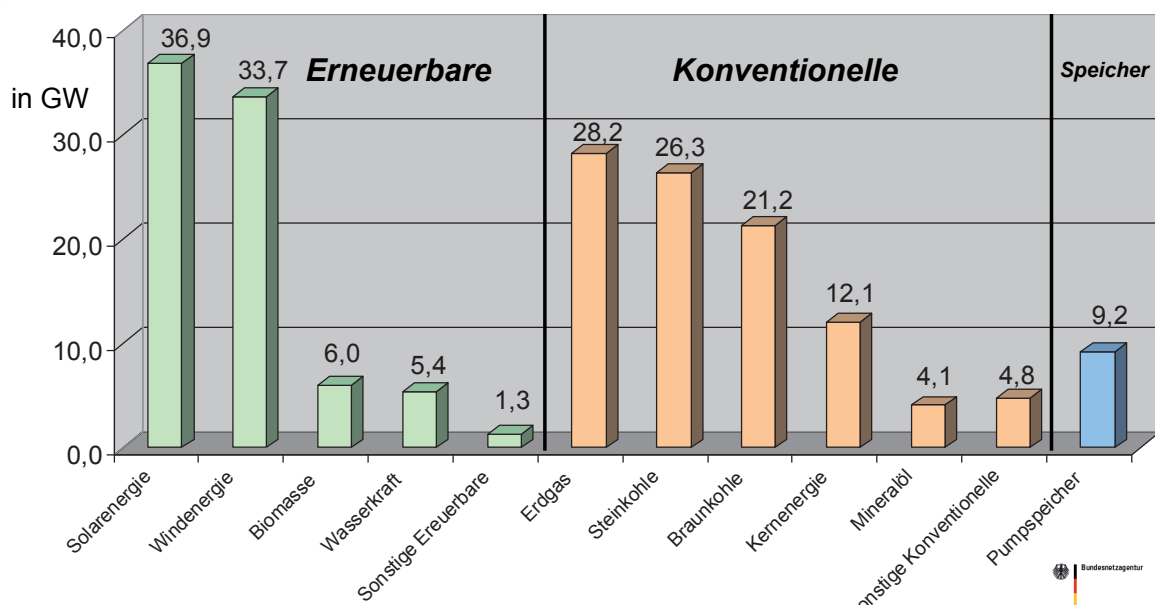
2.1 Einheiten und „Nullen“

- Energie wird in Wattsekunden (Ws) gemessen = Arbeit
- 1 Joule (J) = 1 Ws (Wattsekunde)
- Leistung wird in Watt (W) gemessen
- Leistung (W) x Zeit (h) = Arbeit (Wh)

Symbol	Name	Wert	
k	Kilo	1.000	Tausend
M	Mega	1.000.000	Million
G	Giga	1.000.000.000	Milliarde
T	Tera	1.000.000.000.000	Billion
P	Peta	1.000.000.000.000.000	Billiarde

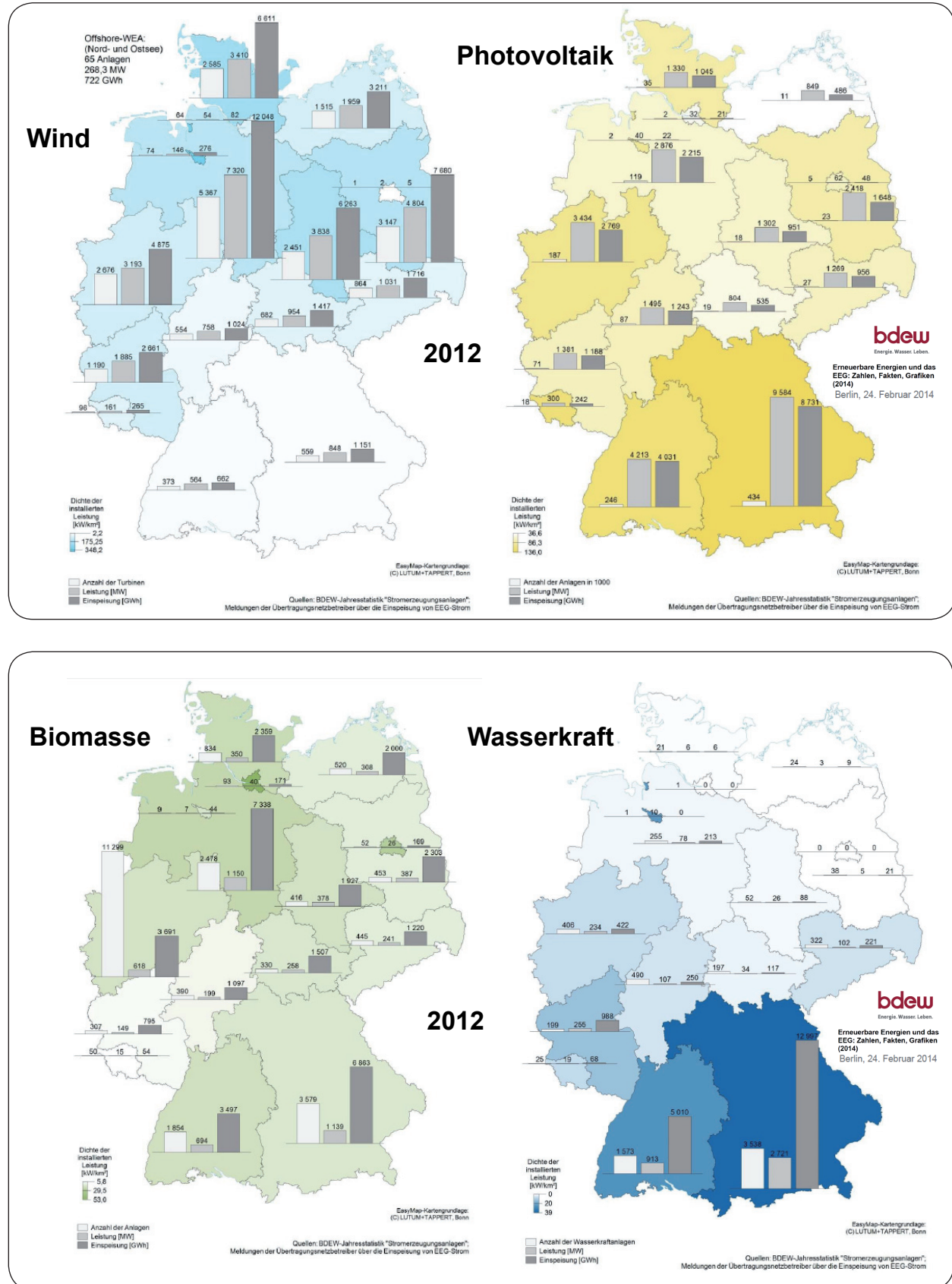
- gängige Einheit für Leistung MW (Megawatt)
- gängige Einheit für Energieverbrauch kWh (Kilowattstunden)
- gängige Einheit für nationale Stromerzeugung TWh (Terawattstunden)

2.2 Installierte Leistung in Deutschland nach Stromerzeugungsarten



Quelle: Bundesnetzagentur 02.04.2014

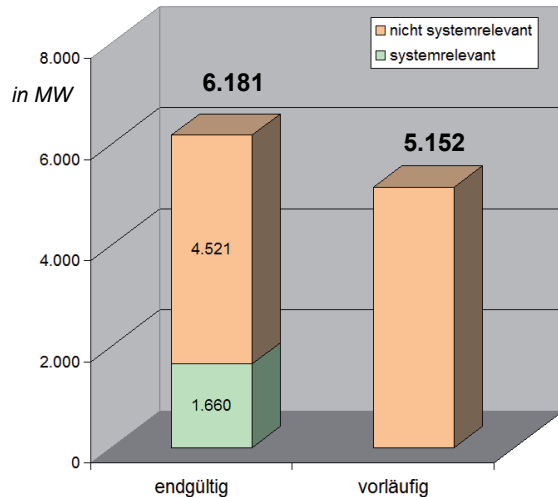
2.3 Installierte erneuerbare Leistung



2.4 Beantragte Abschaltung konventioneller Erzeugung

Kraftwerksstilllegungsanzeigenliste der Bundesnetzagentur

(Stand: 27.05.2014 ohne unbenannte Kraftwerksblöcke)



Erläuterung: **Vorläufig** stillgelegte Kraftwerke bleiben vorerst erhalten und können reaktiviert werden. **Endgültig** stillgelegte Kraftwerke werden zurückgebaut.

Systemrelevante Kraftwerke werden über die Netzentgelte subventioniert, damit sie einsatzbereit bleiben, und dürfen nicht zurückgebaut werden.



Abschaltung Kernreaktoren

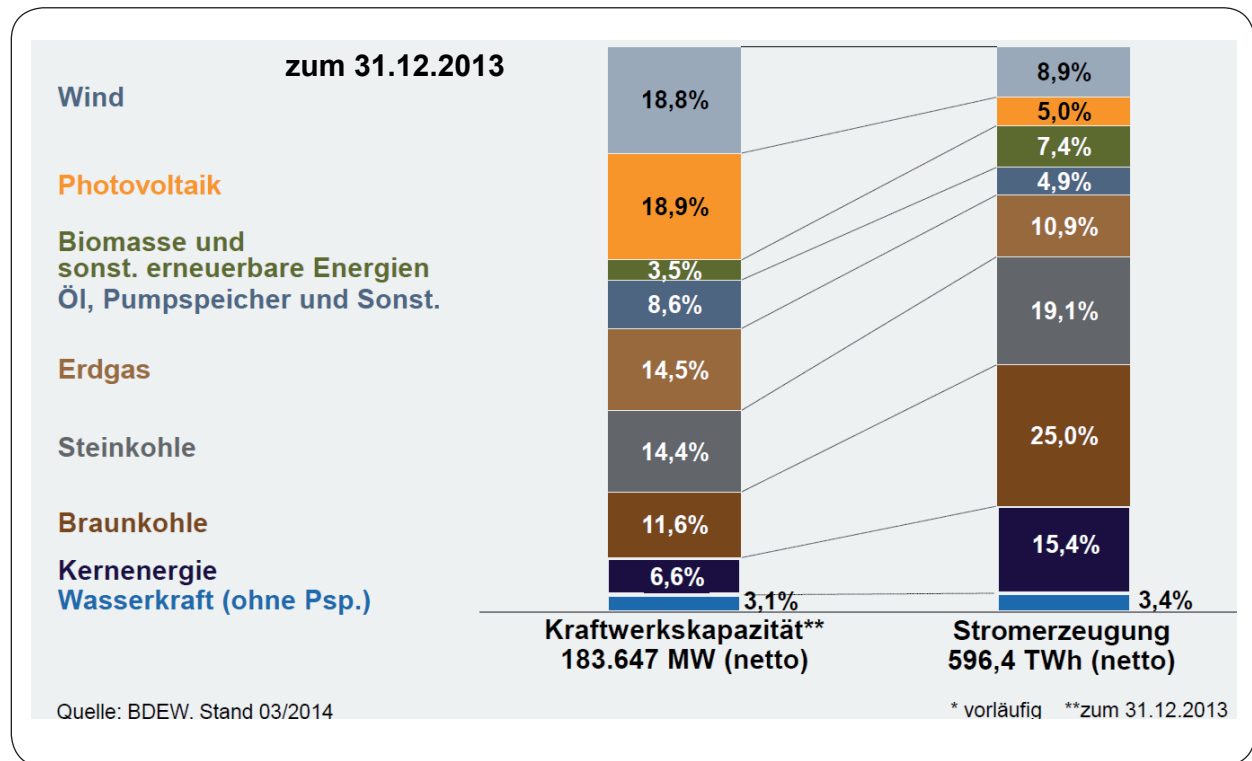
Kernkraftwerk	MW Nettoleistung	Abschaltung (§7 AtG)
Grafenrheinfeld	1.275	31.12.2015
Gundremmingen B	1.284	31.12.2017
Philippsburg 2	1.402	31.12.2019
Brokdorf	1.410	31.12.2021
Grohnde	1.360	
Gundremmingen C	1.288	
Isar/Ohu 2	1.410	31.12.2022
Emsland	1.329	
Neckarwestheim 2	1.310	
Summe Bayern	5.257	
Summe	12.068	

2.5 Volllaststunden verschiedener Erzeugungsarten

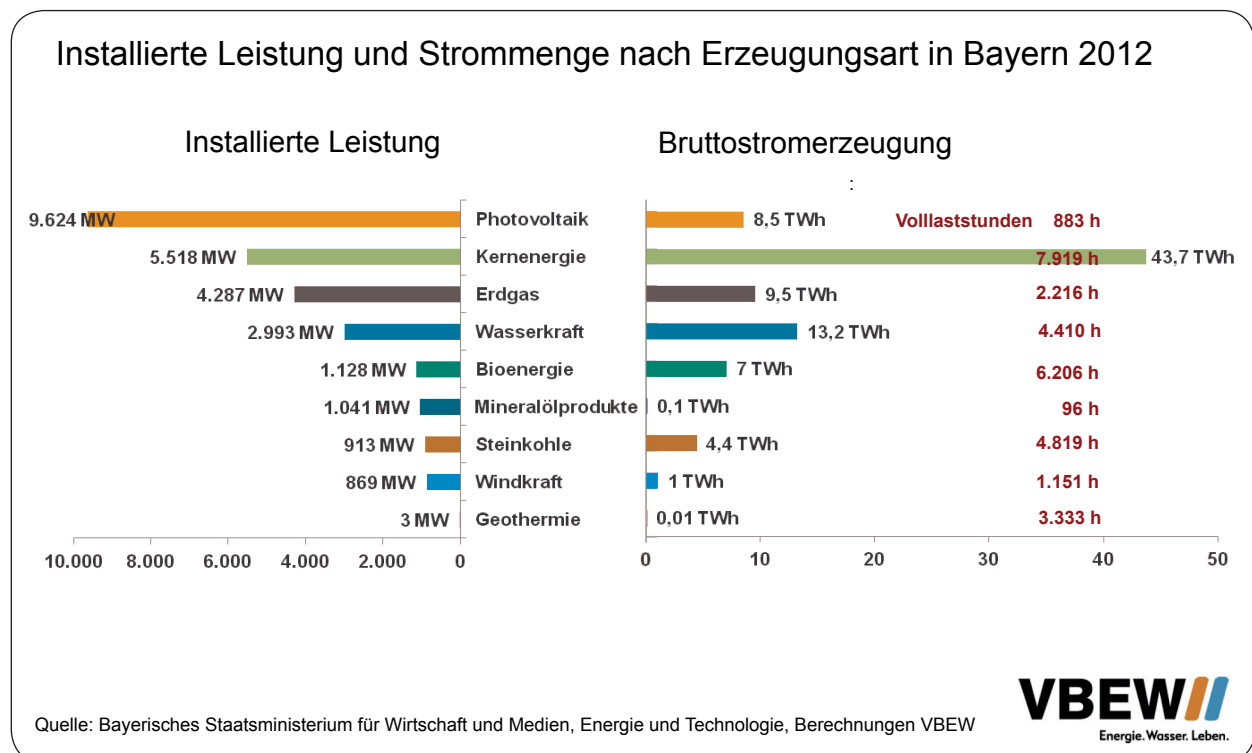
	Volllaststunden pro Jahr (1 Jahr = 8.760 h)
Kernenergie	7.700
Braunkohle	6.650
Biomasse	6.000
Steinkohle	3.550
Wasserkraftwerk	4.100
Erdgas	3.150
Mineralöl	1.650
Wind (onshore)	1.750
Wind (offshore)	4.400
Photovoltaik (Hamburg)	840
Photovoltaik (München)	1.010
Photovoltaik (Madrid)	1.390
Pumpspeicher	970

Multipliziert man die installierte Leistung (in kW) mit der Zeit (in h), so ergibt sich hieraus die Arbeit (in kWh). Die Betriebsstunden konventioneller und nuklearer Kraftwerke werden – abgesehen von technischen Wartungs- und Reparaturzeiten – durch den Strombedarf geregelt. Die Kraftwerke, die Strom am günstigsten produzieren können, werden hierbei bevorzugt (Merit-Order) eingesetzt. Die meisten erneuerbare Energien sind nicht bedarfsgeregelt. Ihre Betriebszeiten richten sich nach den natürlichen Gegebenheiten (ob Wind weht, die Sonne scheint oder ein Fluss viel oder wenig Wasser führt). Die Einheit Volllaststunden zeigt an, wie viele Stunden ein Kraftwerk mit maximaler Leistung pro Jahr in Betrieb ist. Hierbei werden Teillastbetriebszeiten (wenn z.B. nur wenig Sonne scheint oder nur schwacher Wind weht) in Volllastbetriebszeiten zusammengefasst. Bei konventionellen und nuklearen Kraftwerken werden die jahresüblichen Bedarfszeiten zur Ermittlung der Volllaststunden verwendet. Multipliziert man die Volllaststunden eines Kraftwerkes mit der installierten Leistung erhält man die in einem Jahr erzeugte Strommenge (Arbeit). Eine andere gängige Einheit ist der „load factor“ in Prozent. Er gibt den Anteil an, zu wie vielen Stunden im Jahr ein Kraftwerk unter Volllast betrieben werden kann. Die dargestellten Volllaststunden zeigen den Zustand ohne Funktionsstörung im Strommarkt im Jahr 2008.

2.6 Leistung & Erzeugung in Deutschland

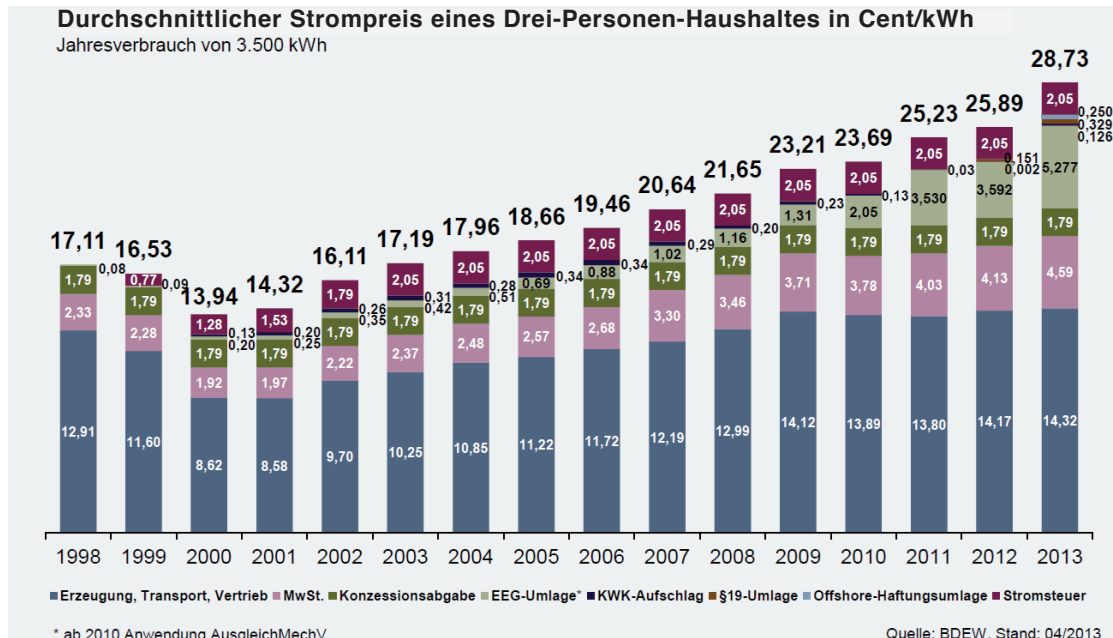


2.7 Leistung & Erzeugung in Bayern



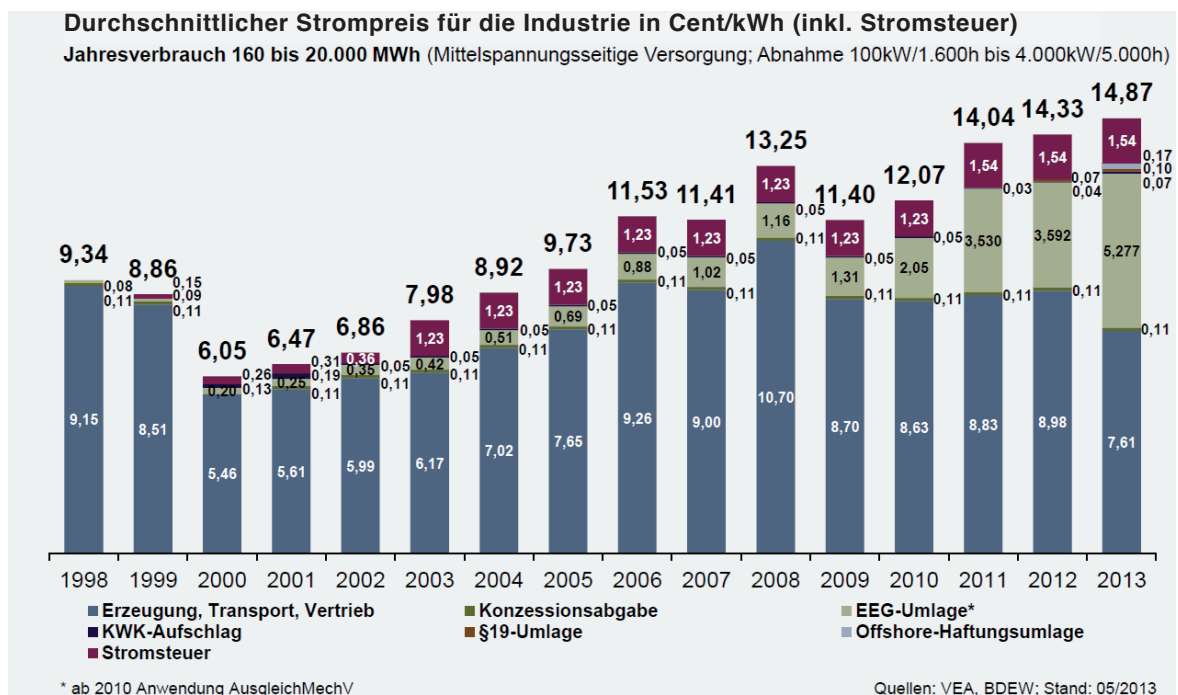
3. Wirtschaftlichkeit – Strompreis

3.1 Entwicklung Strompreis für Haushalte



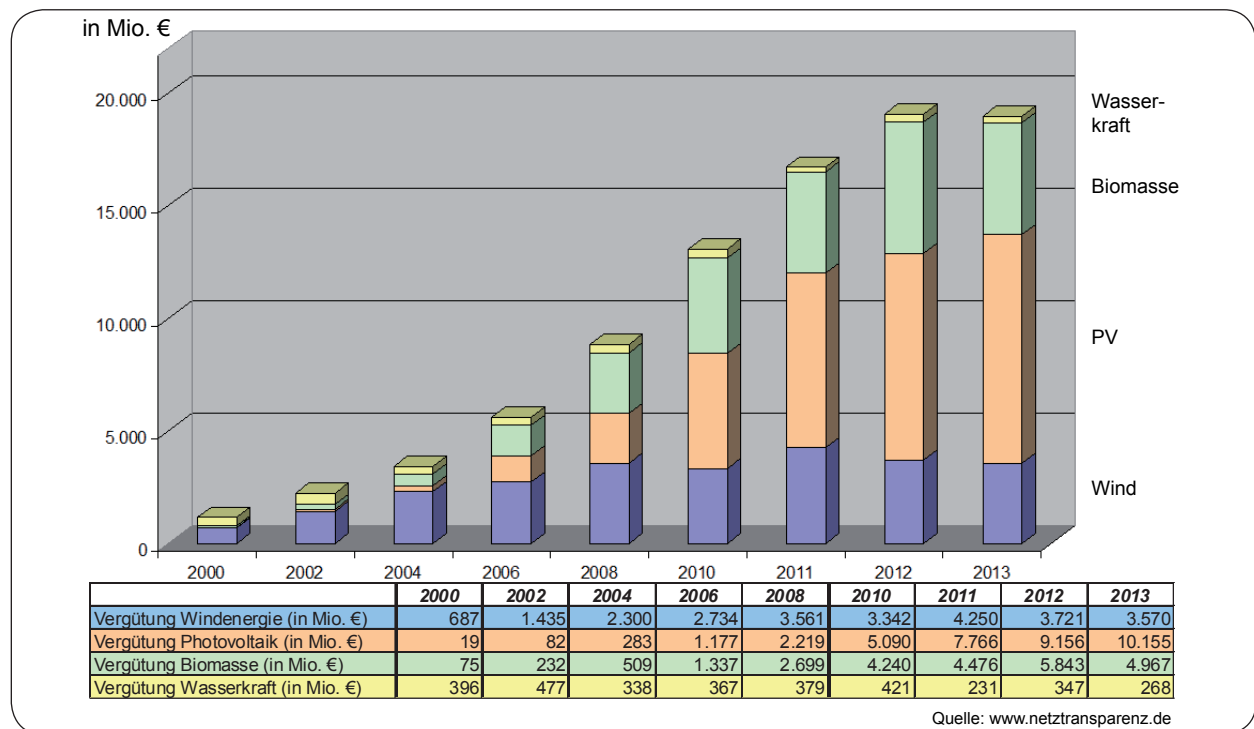
§ 19- Umlage (StromNEV) Ausgleich für die Netzprivilegierung energieintensiver Unternehmen (Verbrauch > 10 GWh p.a. und mindestens 7.000 Stunden p.a.). Der Rabatt wird auf die übrigen Verbraucher umgelegt.

3.2 Entwicklung Strompreis für Industriekunden

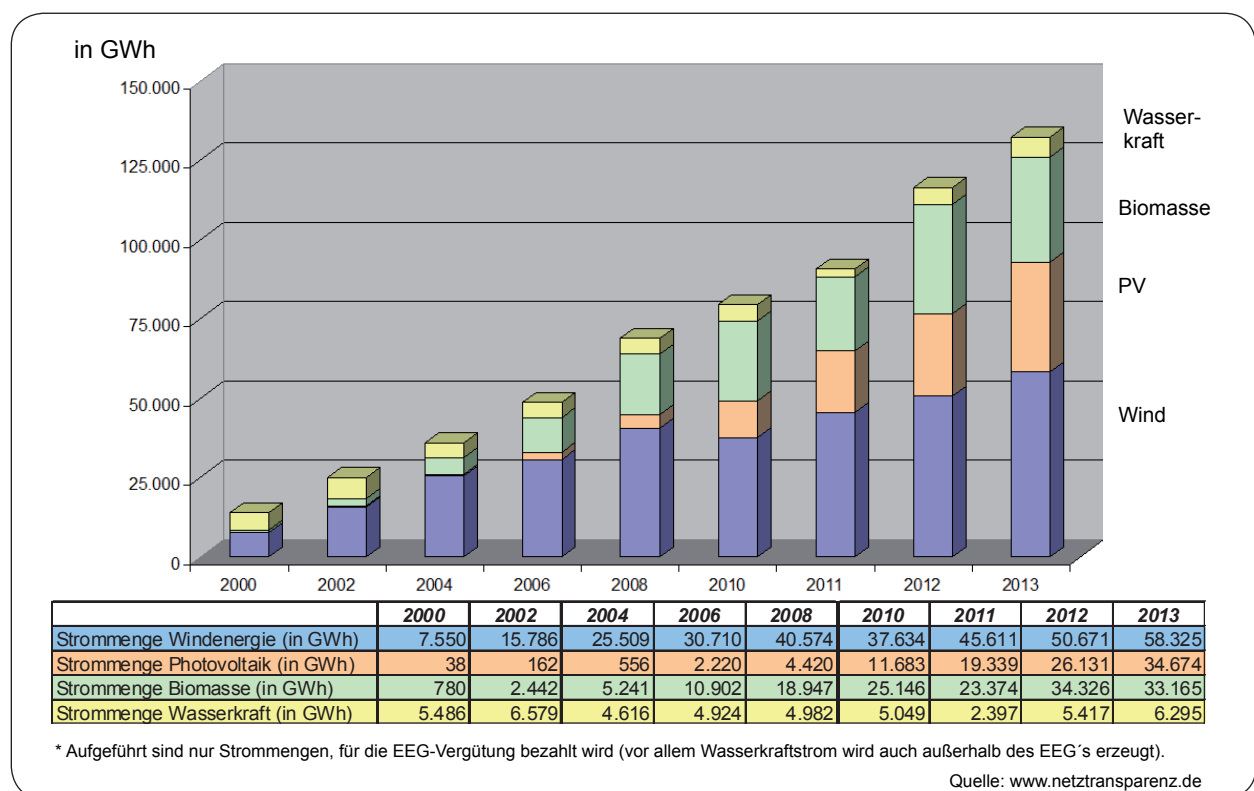


§ 19- Umlage (StromNEV) Ausgleich für die Netzprivilegierung energieintensiver Unternehmen (Verbrauch > 10 GWh p.a. und mindestens 7.000 Stunden p.a.). Der Rabatt wird auf die übrigen Verbraucher umgelegt.

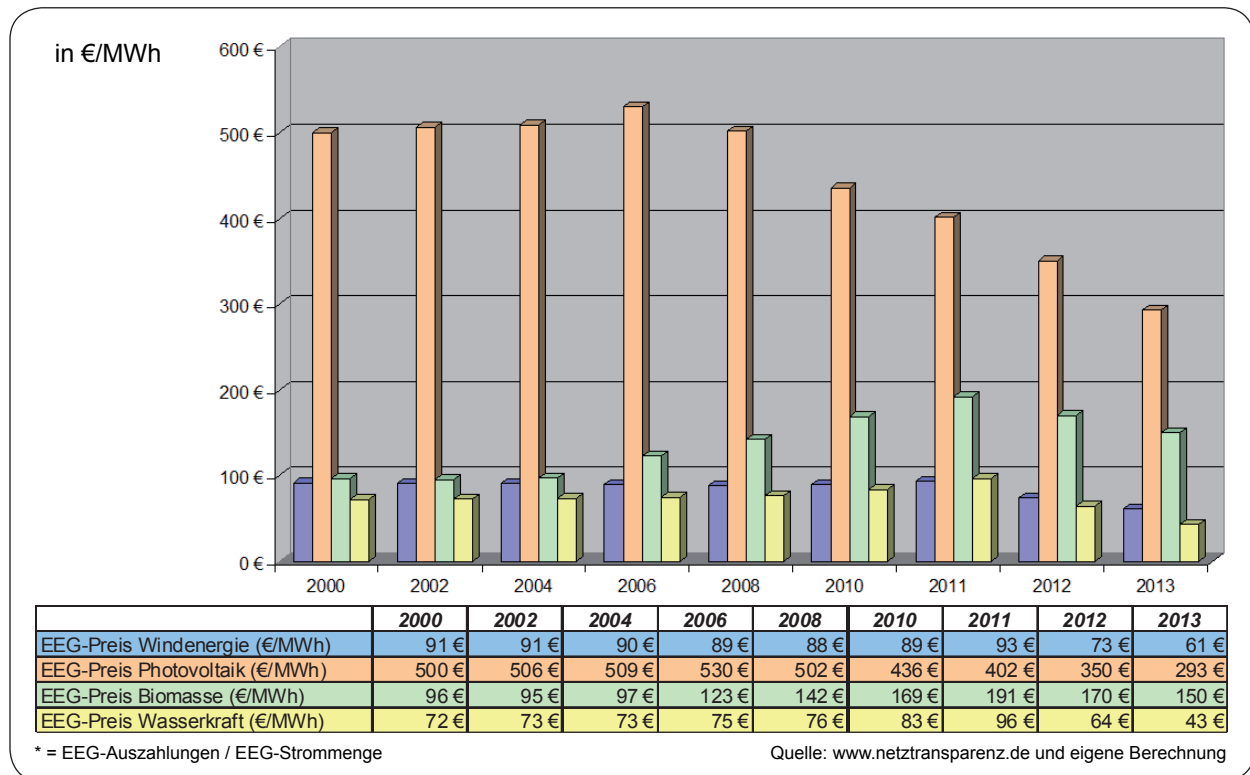
3.3 EEG-Umlage nach Erzeugungsarten



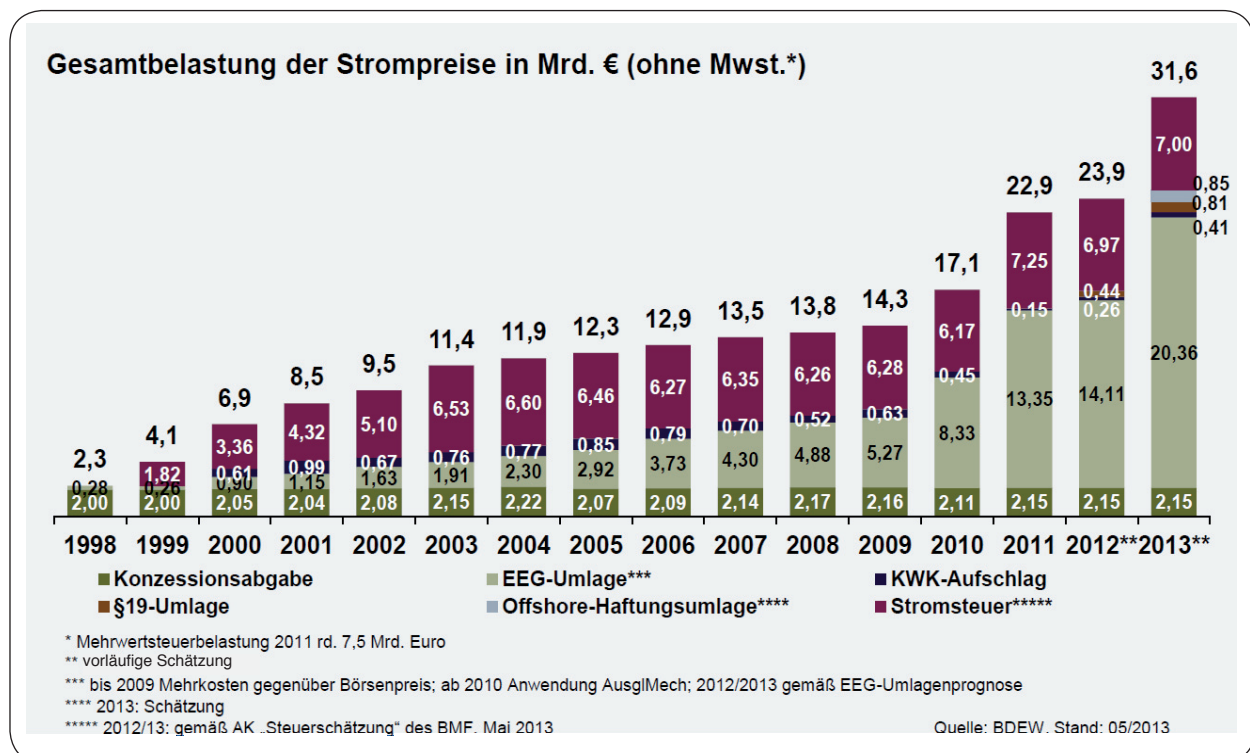
3.4 EEG-Strommenge*



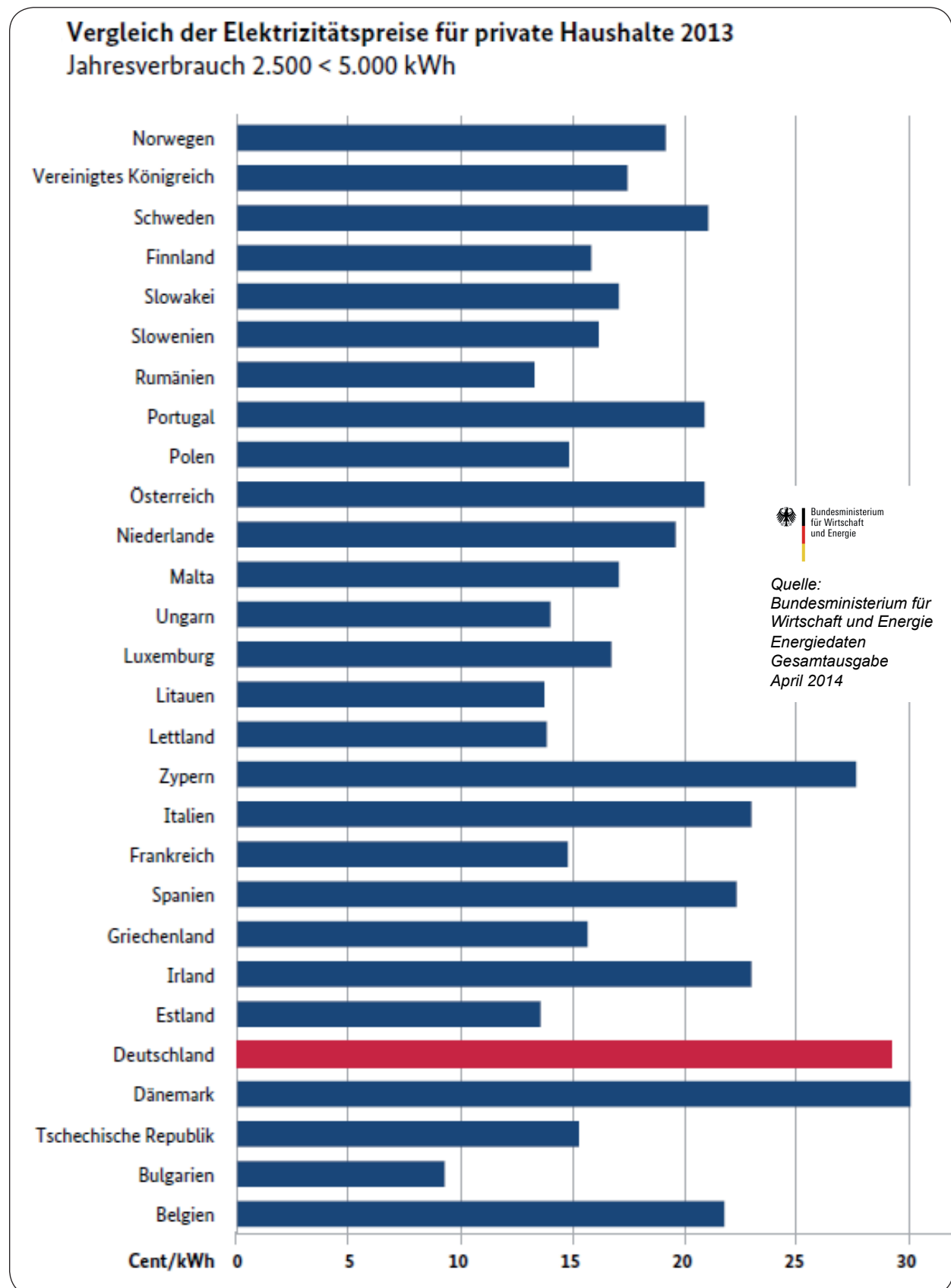
3.5 Entwicklung des Kosten-Nutzen-Faktors des EEGs*



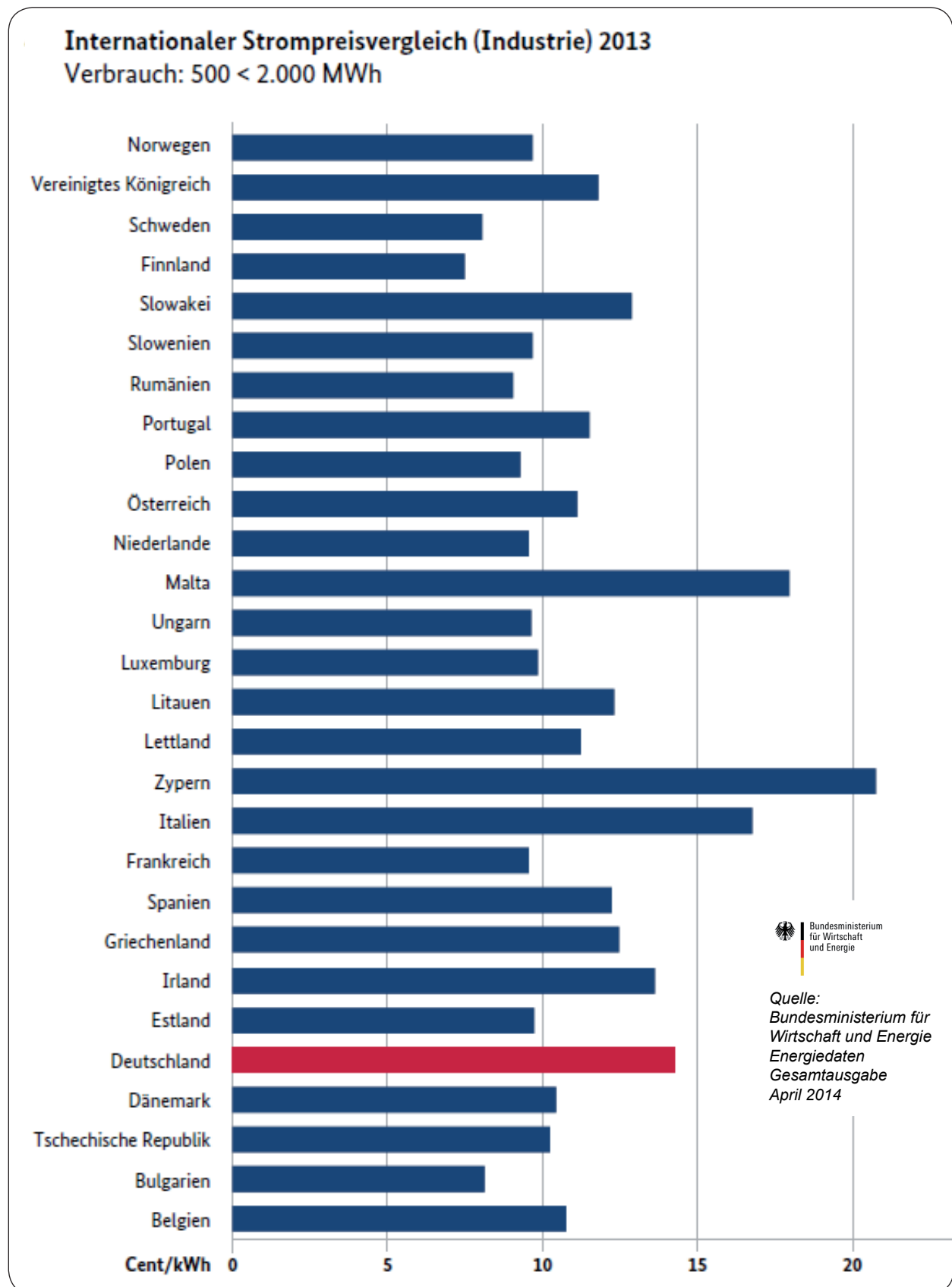
3.6 Staatliche Belastungen auf den Strompreis



3.7 Internationaler Preisvergleich Haushaltsstrom



3.8 Internationaler Preisvergleich Industriekunden



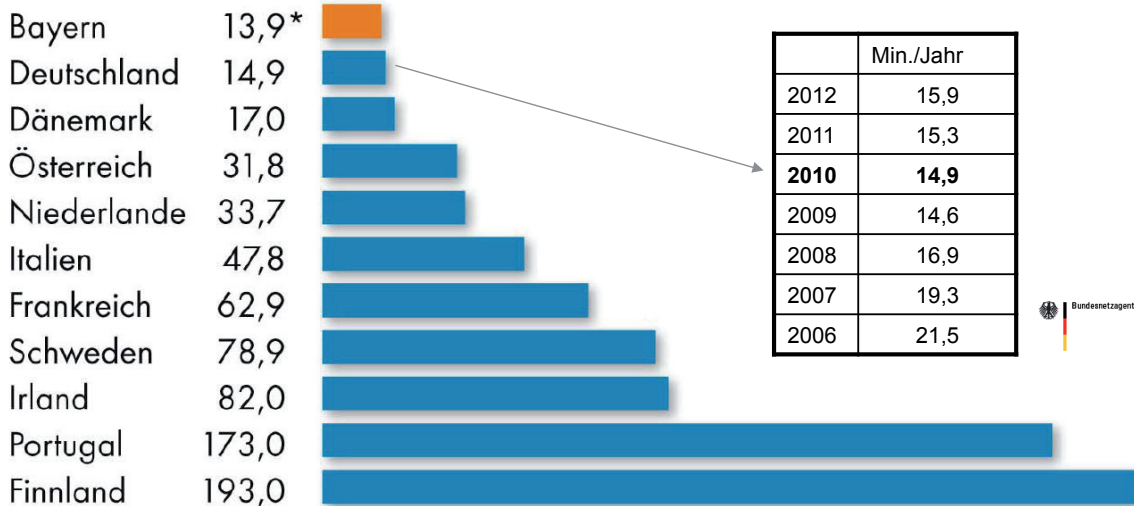
4. Versorgungssicherheit – Netzstabilität

4.1 Entwicklung Stromausfallminuten und Vergleich Ausland

Unterbrechungsdauer der Stromversorgung in Europa

(Entwicklung SAIDI = System Average Interruption Duration Index in Deutschland)

VBEW
Energie. Wasser. Leben.



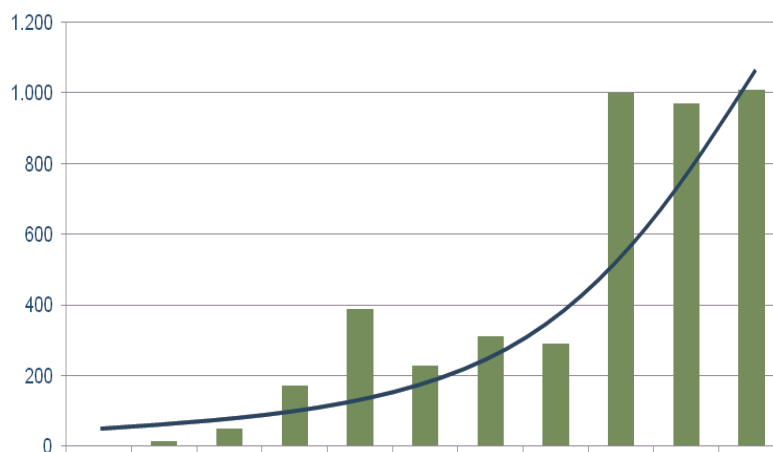
Durchschnittliche jährliche Unterbrechungsdauer der Stromversorgung je Kunde in Minuten

(Es werden nur ungeplante Unterbrechungen > 3 Minuten gezählt.)

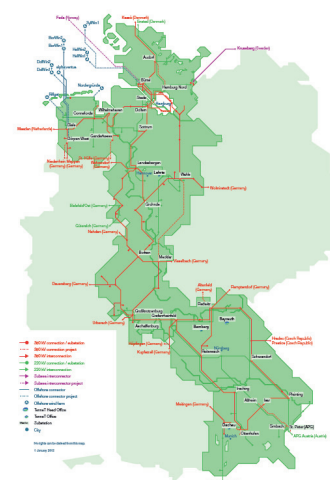
Quellen: BDEW, *BNetzA; Stand: 2010; Grafik: VBEW

4.2 Anzahl der Eingriffe eines Stromnetzbetreibers

Entwicklung der (n-1) Gefährdungen



TenneT Netzgebiet in Deutschland



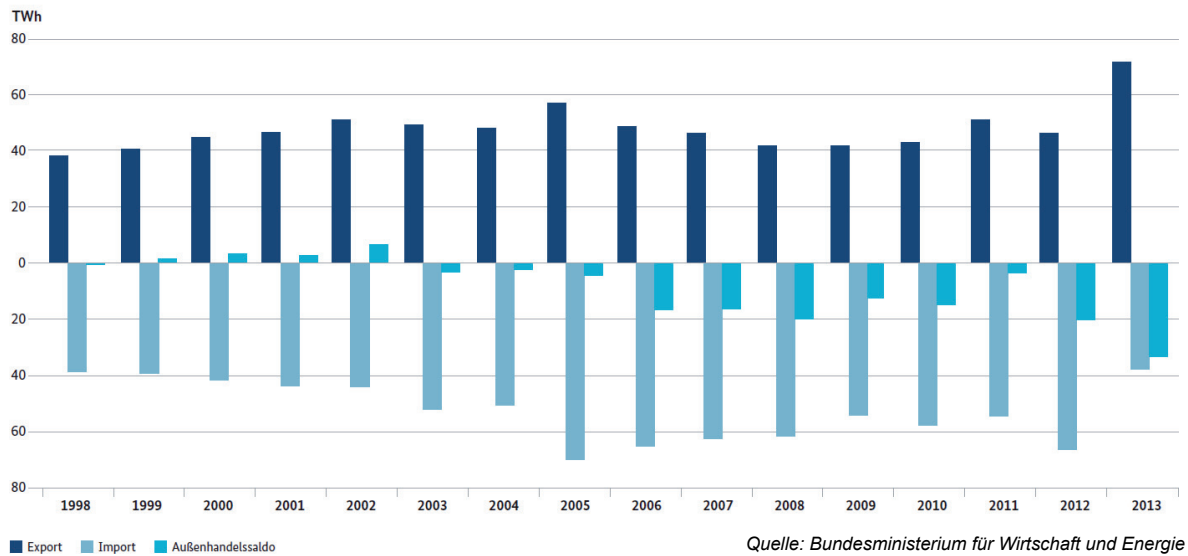
Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ereignisse*	2	15	51	172	387	228	312	290	998	970	1009
Tage	2	14	51	105	185	144	156	161	308	344	356

Ereignisse, die in der TenneT-Regelzone Maßnahmen nach § 13 EnWG und § 11 EEG auslösten.

Tennet
Taking power further

4.3 Stromaustausch mit Nachbarländern

Stromaustausch Deutschlands mit seinen Nachbarländern (in TWh und Umsatz)



Stand: März 2014

Erläuterung:

Export ist die Strommenge in TWh pro Jahr, die aus Deutschland exportiert wurde.

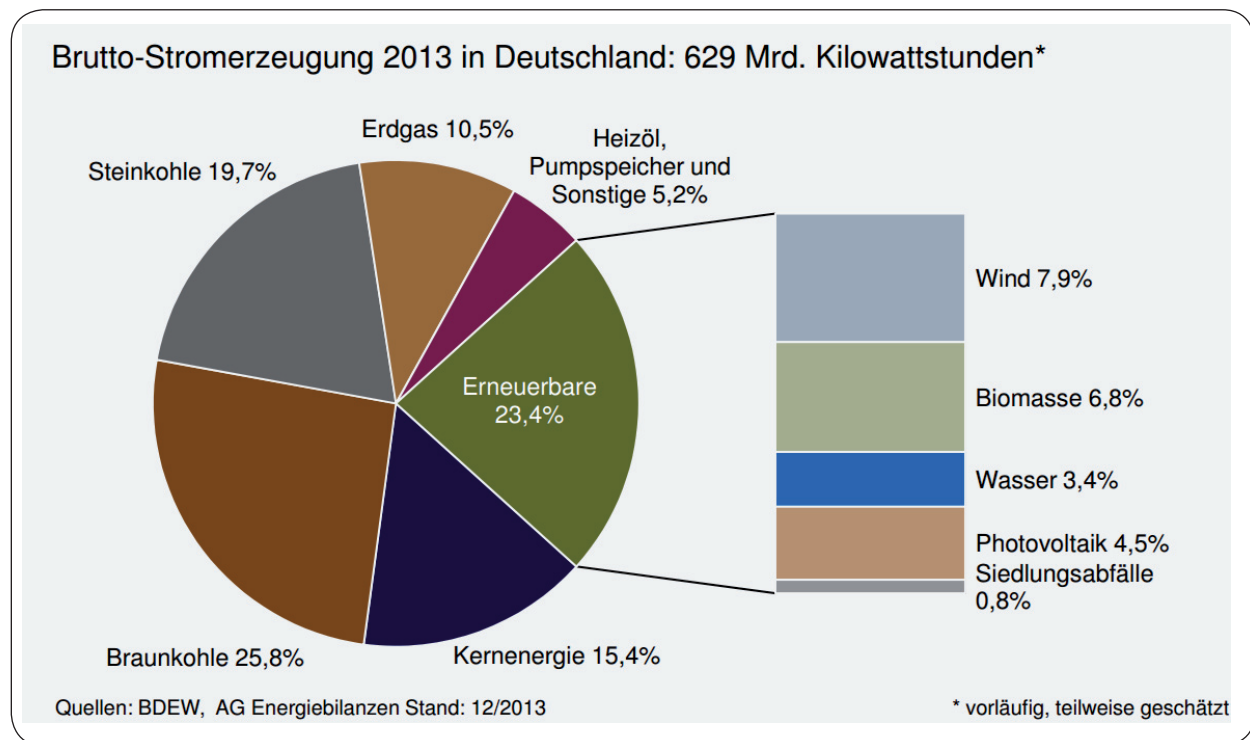
Import ist die Strommenge in TWh pro Jahr, die nach Deutschland importiert wurde.

Außenhandelssaldo ist der Saldo von Export und Import aus Strommenge x Strompreis. (Für 2013 bedeutet dies, dass Deutschland viel Strom (~70 TWh) billig exportiert und weniger Strom (~40 TWh) teurer importiert hat.)

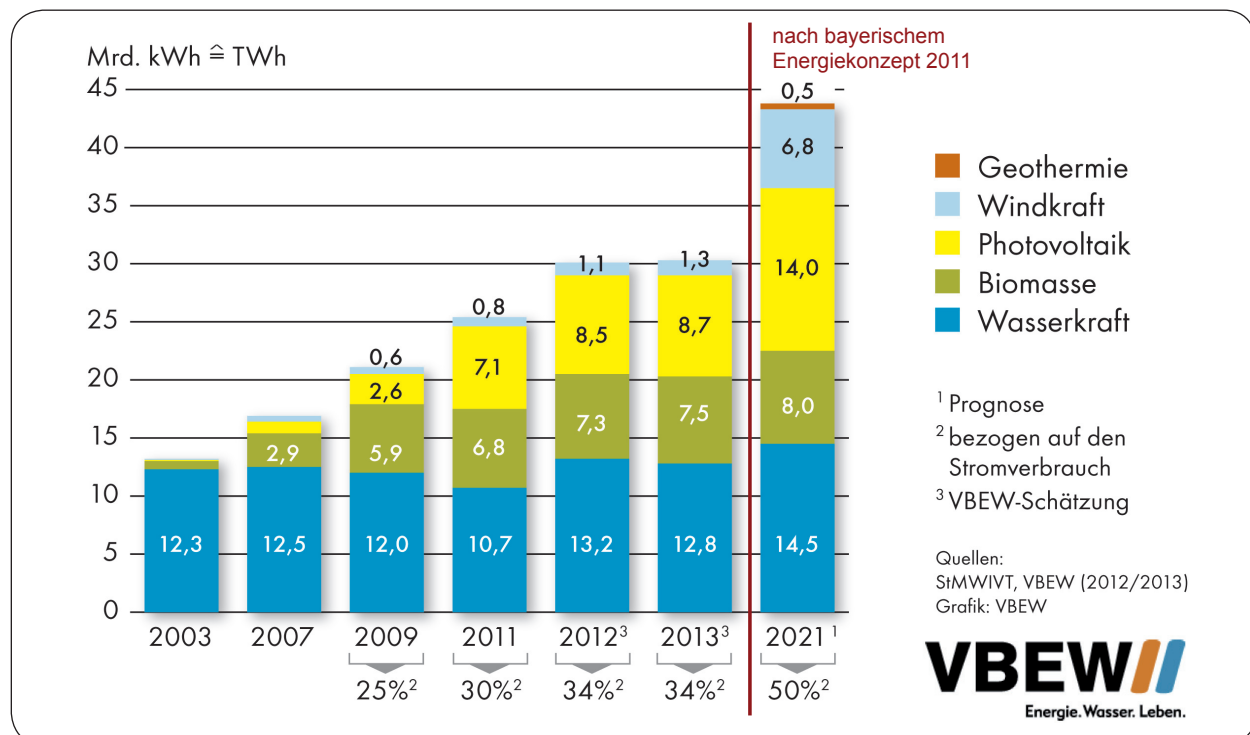


5. Umweltschutz – Energiemix

5.1 Bruttostromerzeugung nach Erzeugungsarten



5.2 Entwicklung erneuerbarer Stromerzeugung in Bayern



5.3 Stromanteil am CO₂-Ausstoß

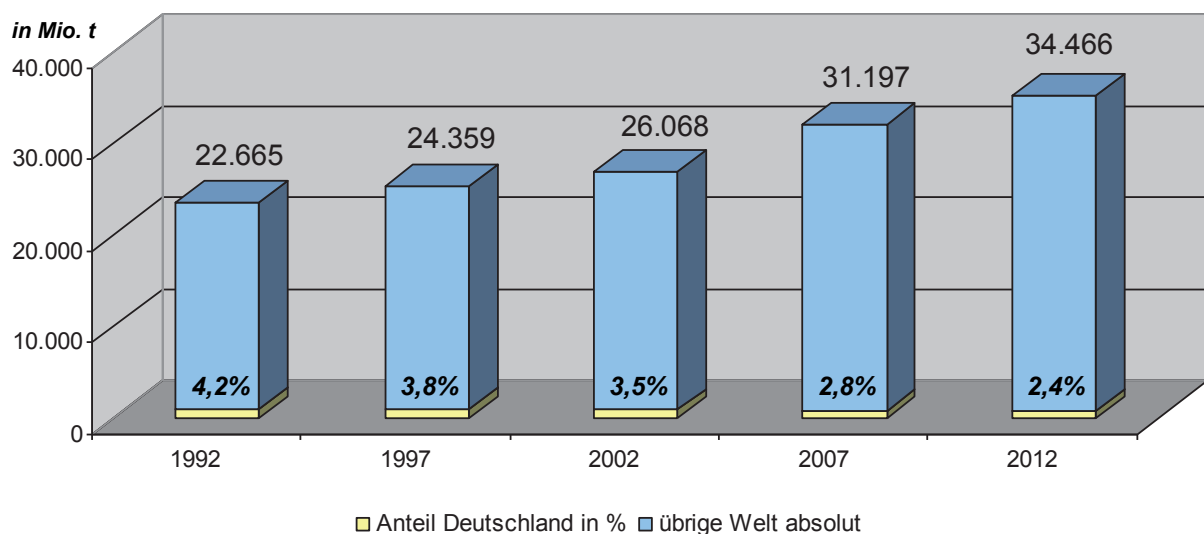
CO₂ - Emissionen nach Verursachern in Deutschland

	1992	1997	2002	2007	2012
Kohlendioxid CO₂ (in Mio. t)					
Verkehr	171	176	175	153	154
Haushalte	124	138	121	88	87
Industrie und Gewerbe	257	241	211	210	210
Energiewirtschaft	387	352	371	385	361
Übrige (inkl. Landnutzungsänderung)	-19	-22	17	16	2
Energiebedingte Insgesamt	919	885	895	853	813



Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Zahlen und Fakten Energiedaten 03.03.2014

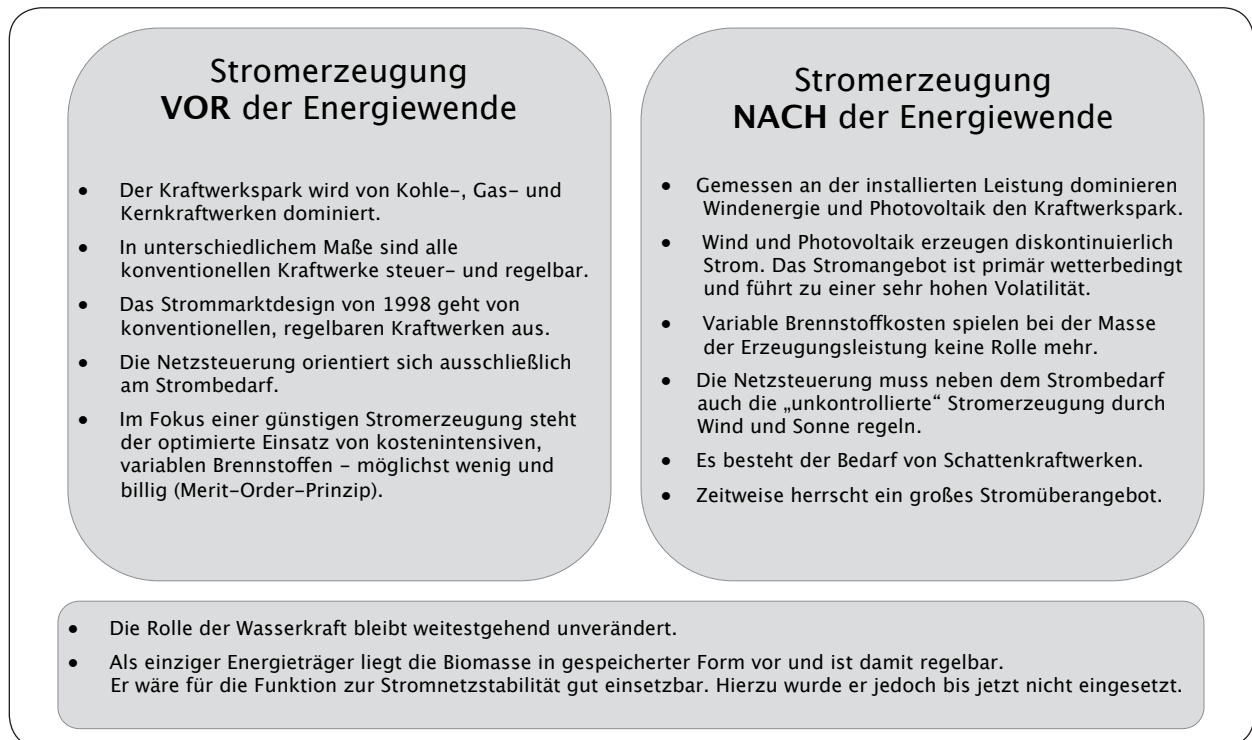
5.4 Entwicklung CO₂-Ausstoß weltweit



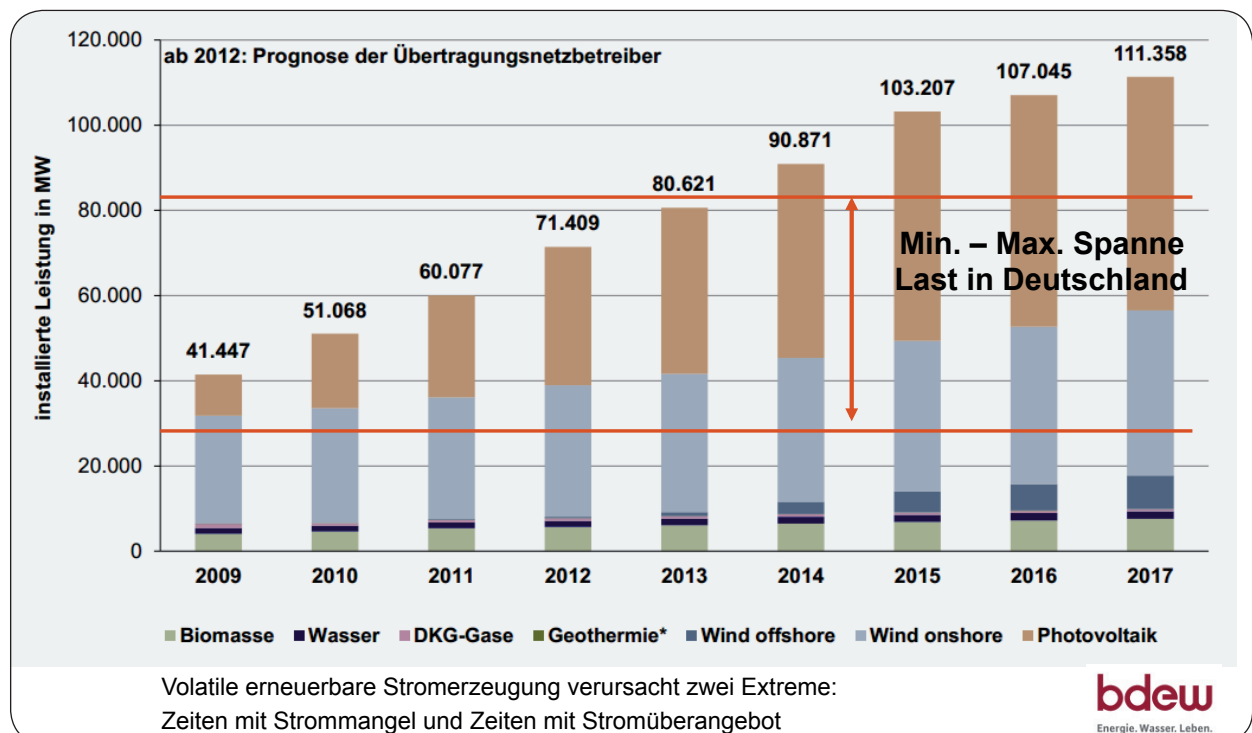
Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Zahlen und Fakten Energiedaten 03.03.2014

6. Zukunft der Stromversorgung

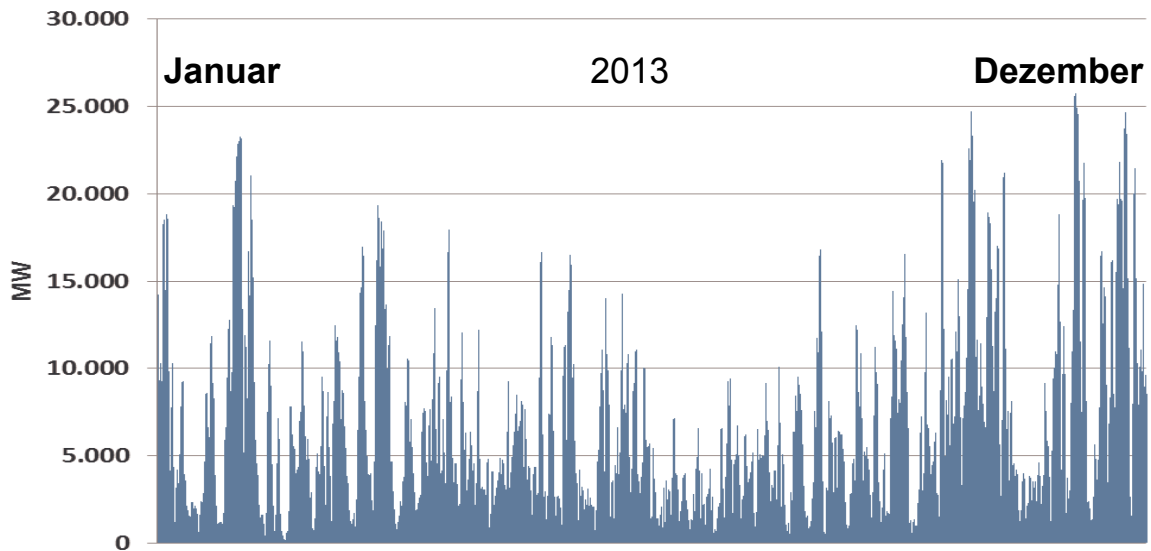
6.1 Neue Anforderungen durch Energiewende



6.2 Herausforderung volatiler erneuerbarer Stromerzeugung



6.2 Herausforderung volatiler erneuerbarer Stromerzeugung



Beispiel volatile Windenergieerzeugung in Deutschland

Installierte Nennleistung: 33.730 MW (Stand: 31.12.2013)

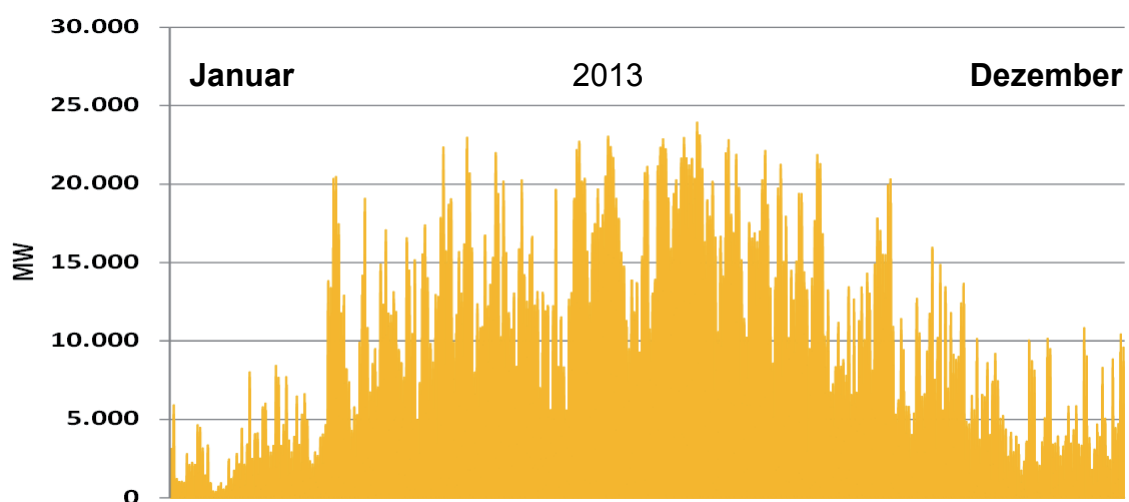
Minimale Leistung: 126 MW (04.09.2013, 13:00 Uhr)

Maximale Leistung: 25.741 MW (05.12.2013, 17:00 Uhr)

Mini-Maxi-Last-Spanne Deutschland: zwischen 30.000 und 80.000 MW

Quelle: www.eeg-kwk.net Grafik: VBEW

VBEW
Energie. Wasser. Leben.



Beispiel volatile Photovoltaikerzeugung in Deutschland

Installierte Nennleistung: 35.692 MW (Stand: 31.12.2013)

Minimale tatsächliche Leistung: 0 MW (jede Nacht!)

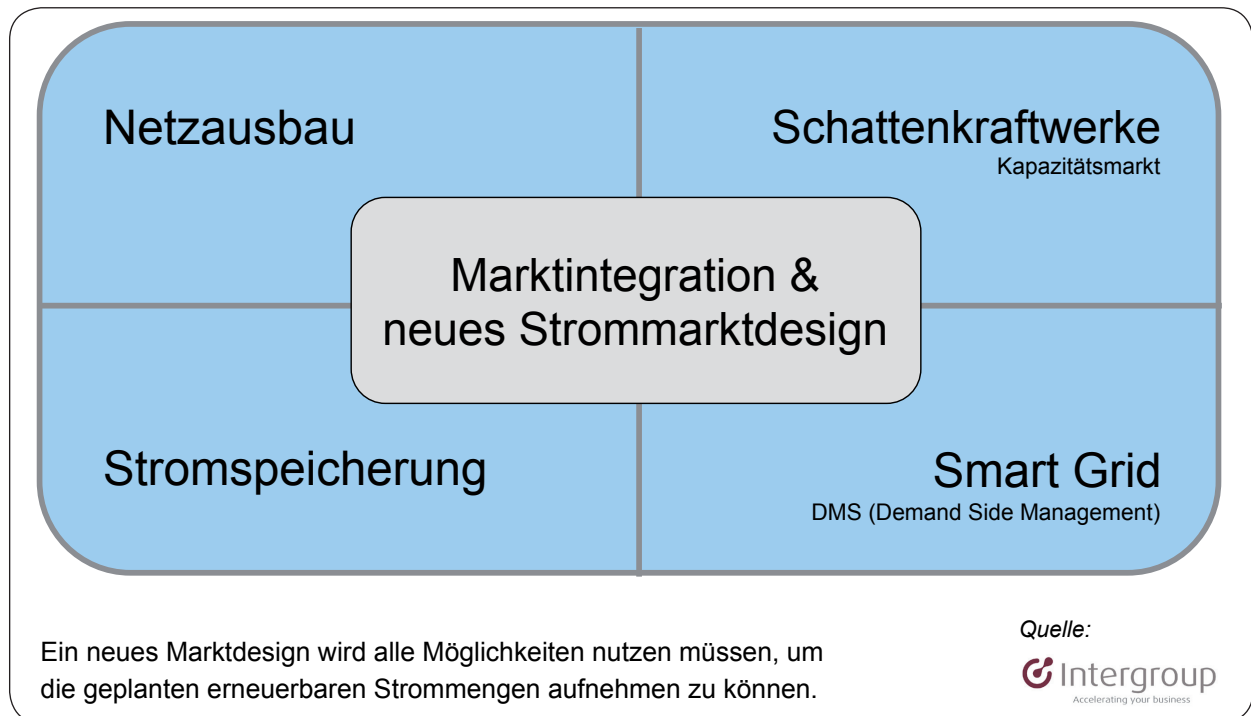
Maximale tatsächliche Leistung: 23.952 MW (21.07.2013, 13:00 Uhr)

Mini-Maxi-Last-Spanne Deutschland: zwischen 30.000 und 80.000 MW

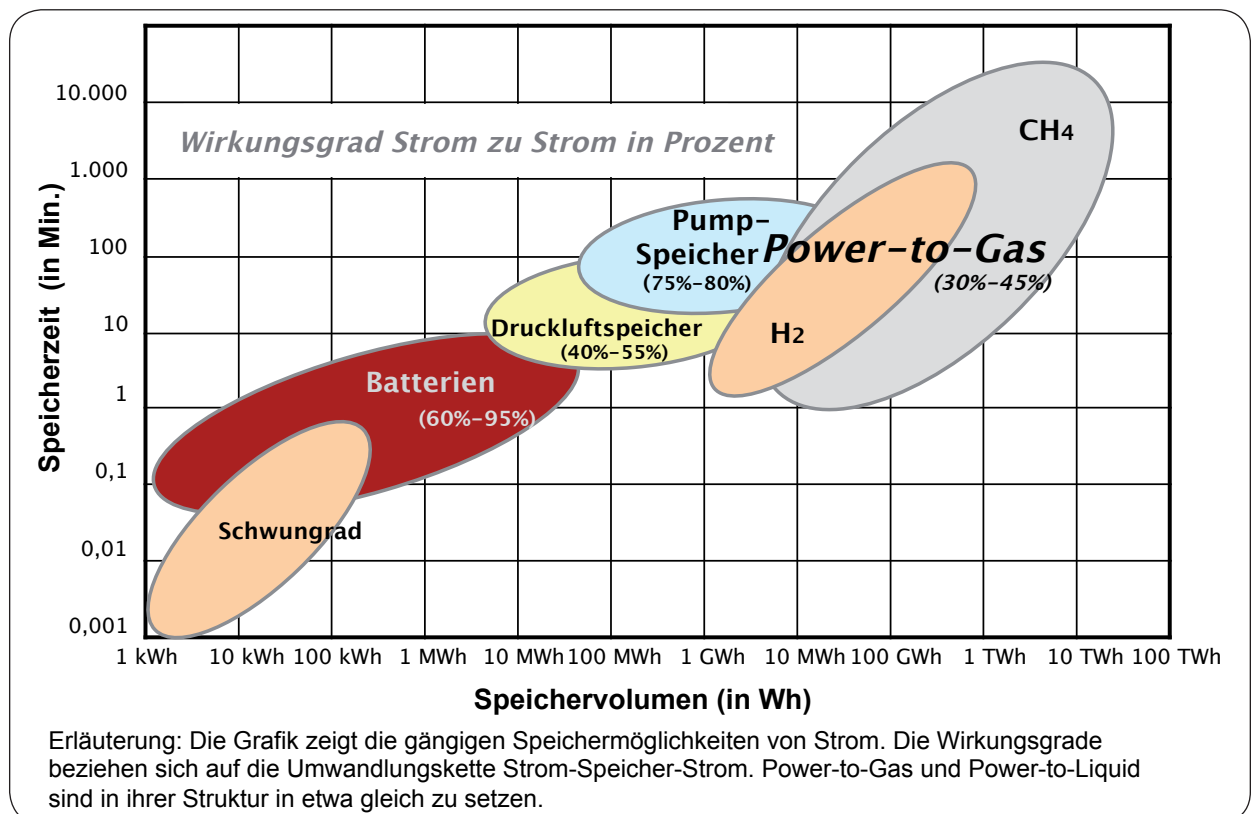
Quelle: <http://www.eeg-kwk.net> Grafik: VBEW

VBEW
Energie. Wasser. Leben.

6.3 Ansätze zur Einbindung volatiler Stromerzeugung



6.4 Arten der Stromspeicherung





Impressum

Herausgeber:

Wirtschaftsbeirat der Union e.V.
Odeonsplatz 14
80539 München
Telefon: 089 - 2422860
Telefax: 089 - 291518
Internet: www.wbu.de

Gestaltung, Satz und Druck:

WELTBUCH Verlag GmbH
Enderstr. 59
01277 Dresden
Telefon: 0351 - 4794244
Telefax: 0351 - 4794245
Internet: www.weltbuch.com

Titelfoto:

Max Faltlhauser

© Juli 2014