



Anna und Lorenz JARASS

Integration von erneuerbarem Strom

Stromüberschüsse  Stromdefizite

Integration von erneuerbarem Strom

Stromüberschüsse  Stromdefizite

Übersicht	4
Inhaltsverzeichnis	7
Teil I : Stromverbrauch und Stromproduktion	12
1 Zukünftige Stromversorgung in Deutschland.....	13
2 Wachsende Stromüberschüsse und Stromdefizite	25
3 Ausgleich von Stromverbrauch und Stromproduktion	43
4 Reservekraftwerksbedarf gemäß Bundesnetzagentur	65
Teil II : Stromtransport.....	78
5 Stromnetz	79
6 Ausgleich von Stromtransportbedarf und zulässigem Stromtransport	93
7 Regionale Netzplanung	110
8 Überregionale Netzplanung: Netzentwicklungsplan 2025	120
Anhang.....	140
Fußnoten.....	156
Quellen.....	163

1 Zukünftige Stromversorgung in Deutschland

1.1 Grundlegender Umbau der Energieversorgung geplant

Die deutsche Bundesregierung hat einen grundlegenden Umbau der deutschen Energieversorgung beschlossen.¹ Durch diese Energiewende soll Deutschland eine der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt werden und gleichzeitig sollen Wohlstand und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gestärkt werden.

1.1.1 Energiepolitische Ziele der deutschen Bundesregierung

Im Einzelnen hat die deutsche Bundesregierung in ihrem Energiekonzept² folgende Ziele festgelegt:

- Reduzierung der Treibhausgasemissionen (gegenüber 1990) bis 2020 um 40%, bis 2030 um 55%, bis 2040 um 70% und bis 2050 um 80% bis 95%.
- Senkung des Primärenergieverbrauchs (gegenüber 2008) bis 2020 um 20% und bis 2050 um 50%, indem durch sorgsamem Umgang mit Energie die Energieeffizienz³ deutlich erhöht wird.
- Deckung des Stromverbrauchs ab 2050 mit mindestens 80% erneuerbarem Strom.
- Reduzierung des Stromverbrauchs (gegenüber 2008) bis 2020 um 10% und bis 2050 um 25%.
- Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie bis 2023.

Aus dem Energiekonzept der Bundesregierung können die in der folgenden Tab. 1.1 gezeigten CO₂-Reduktionsziele für die Stromproduktion abgeleitet werden.

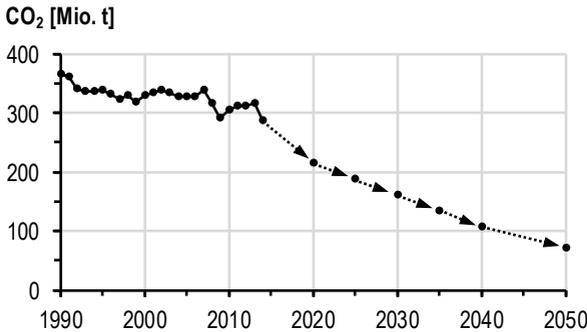
Tab. 1.1 : Strombedingte CO₂-Emissionen bis 2014 und Reduktionsziele bis 2050

	1990	2014	2020	2025	2030	2035	2040	2050
(1) Politisches Reduktionsziel gegenüber 1990		20%	40%	48%	55%	63%	70%	80% bis 95%
(2) CO ₂ -Emissionen der Stromproduktion [Mio. t]	357	287	214	187	161	134	107	71 bis 18

Hinweis: Bis 2014 tatsächliche Entwicklung der CO₂-Emissionen, ab 2020 offizielle CO₂-Reduktionsziele für die Stromproduktion.

Quelle: [NEP 2025/2, Tab. 9, S. 37].

Abb. 1.1 zeigt eine grafische Darstellung der CO₂-Emissionen von 1990 bis 2014 und die Reduktionsziele für die Stromproduktion bis 2050.

Abb. 1.1 : Strombedingte CO₂-Emissionen bis 2014 und Reduktionsziele bis 2050

Hinweis: Bis 2015 tatsächliche Entwicklung, ab 2015 Reduktionsziele.

Quellen: [NEP 2025/2, Abb. 5, S. 38]; [UBA 2015, Tab. 1, S. 2].

Von 1990 bis 2014 konnten die strombedingten CO₂-Emissionen von 357 Mio. t auf 287 Mio. t, also um rund 70 Mio. t reduziert werden.

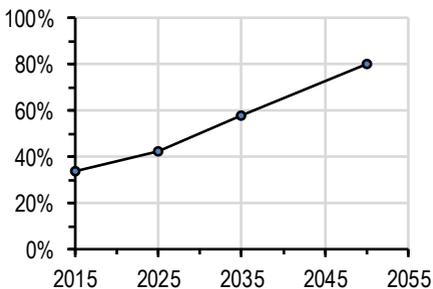
Bis 2020 sollen die CO₂-Emissionen um weitere gut 70 Mio. t auf 214 Mio. t reduziert werden.

In den folgenden beiden Jahrzehnten sollen die CO₂-Emissionen jeweils um weitere gut 50 Mio. t auf 107 Mio. t reduziert werden, bis 2050 sogar auf unter 71 Mio. t, und damit weniger als 20% der CO₂-Emissionen in 1990, die damals 357 Mio. t betragen (vgl. Tab. 1.1).

1.1.2 Geplanter Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion

Abb. 1.2 : Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion, 2015 bis 2050

Anteil der erneuerbaren Stromproduktion am Stromverbrauch



Quellen: 2015: Tab. 1.5;
ab 2025: [BNetzA 2014a, S. 109].

Abb. 1.2 zeigt die Ausbauziele der deutschen Bundesregierung bis 2050. Der Anteil der erneuerbaren Stromproduktion am Stromverbrauch betrug 2015 bereits 34%. Der Anteil soll weiter erhöht werden, und zwar

- bis 2025 auf 40% bis 45%,
- bis 2035 auf 55% bis 60%,
- bis 2050 auf mindestens 80%.

Für erneuerbare Kraftwerke wurden folgende Zubaukorridore festgelegt⁴:

- Windkraftwerke onshore⁵: 2,5 GW pro Jahr ohne Gesamtdeckelung. 2015 waren onshore insgesamt 41,7 GW Windkraftwerke installiert (Tab. 1.2, Z. (2.1)).
- Windkraftwerke offshore⁶: 1,1 GW pro Jahr bis 2020 und 0,8 GW pro Jahr bis 2030. 2015 waren offshore insgesamt 3,3 GW Windkraftwerke installiert (Tab. 1.2, Z. (2.2)).
- Photovoltaikanlagen⁷: 2,5 GW pro Jahr bis maximal insgesamt 52 GW. 2015 waren insgesamt 39,7 GW Photovoltaikanlagen installiert (Tab. 1.2, Z. (2.3)).
- Biomasse⁸: 0,1 GW pro Jahr ohne Gesamtdeckelung. 2015 waren insgesamt 6,9 GW Biomassekraftwerke installiert (Tab. 1.2, Z. (2.4)).

Abb. 1.3 zeigt beispielhaft fertiggestellte und geplante Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee.

Abb. 1.3 : Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee, 2016



Quellen: [Windguard 2016]; vgl. auch [BSH 2016].

1.2 Derzeitige und zukünftige Stromproduktion

1.2.1 Installierte Leistung und momentaner Stromverbrauch

Tab. 1.2 zeigt die installierten Leistungen des deutschen Kraftwerksparks für 2015⁹ sowie die Prognosen für 2025 und 2035 gemäß dem Basisszenario des Netzentwicklungsplans mit Zieljahr 2025.

Tab. 1.2 : Installierte Kraftwerksleistung 2015 und Prognosen für 2025 und 2035

* Netto-Engpassleistung:

Installierte Leistung* [GW]	(1)	(2)	(3)
	2015	2025	2035
(1) Konventionelle Kraftwerke	98,5	77,3	77,5
(1.1) Kernenergie	10,8	0,0	0,0
(1.2) Braunkohle	21,1	12,6	9,1
(1.3) Steinkohle	27,1	21,8	11,0
(1.4) Erdgas	25,8	29,9	40,7
(1.5) Öl	3,9	1,1	0,8
(1.6) Pumpspeicher	6,3	8,6	12,7
(1.7) Sonstige	3,5	3,1	3,1
(2) Erneuerbare Kraftwerke	96,4	141,4	181,0
(2.1) Wind onshore	41,7	63,8	88,8
(2.2) Wind offshore	3,3	10,5	18,5
(2.3) Photovoltaik	39,7	54,9	59,9
(2.4) Biomasse	6,9	7,4	8,4
(2.5) Laufwasser	3,5	4,0	4,2
(2.6) Sonstige	1,4	0,8	1,2
(3) Alle Kraftwerke	194,9	218,7	258,5
(4) Momentane Stromverbräuche ('Last')			
(4.1) Maximal	82,8	84,0	84,0
(4.2) Durchschnittlich	68,2	64,6	65,6
(4.3) Minimal	37,0	37,0	37,0

Quellen:

IST-Werte 2015: Z. (2.1): [Windguard 2016b, S. 1]; Z. (2.2): [Windguard 2016a, S. 1]; Z. (2.3): [Quaschning 2016];
restliche Werte: [BNetzA 2016a, Tab. 7, S. 45, Stand 09/2015]; ab 2025: [NEP 2025/2, Tab. 2, S. 31, mittleres Szenario B1].

Ergebnis:

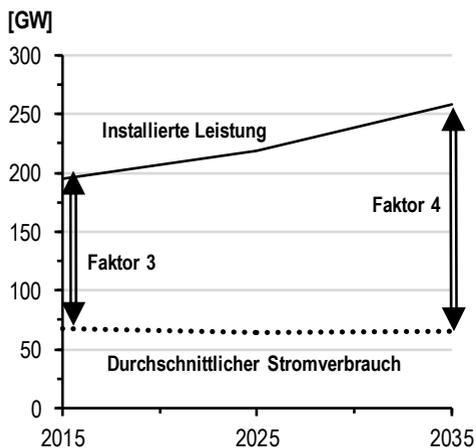
- Die konventionelle Kraftwerksleistung soll von 98,5 GW in 2015 auf 77,3 GW in 2025 reduziert werden¹⁰ (Tab. 1.2, Z. (1)), also um 21%.
- Ab 2025 soll die konventionelle Kraftwerksleistung nicht weiter reduziert werden, um die Stromnachfrage auch bei geringer Wind- und Sonnenstromproduktion abdecken zu können.¹¹
- Die erneuerbare Kraftwerksleistung soll von 96,4 GW in 2015 auf 141,4 GW in 2025 ausgebaut werden (Tab. 1.2, Z. (2)), eine Erhöhung um 47%.
- Bis 2035 ist eine weitere Erhöhung auf 181,0 GW geplant, gegenüber 2025 also um weitere 28%.

Der momentane Stromverbrauch (siehe Tab. 1.2, Z. (4)) wird gemäß Prognose zukünftig in etwa konstant bleiben:

- maximaler Stromverbrauch rund 84 GW (Jahreshöchstlast),
- durchschnittlicher Stromverbrauch rund 66 GW,
- minimaler Stromverbrauch 37 GW.

Abb. 1.4 vergleicht die insgesamt installierte Kraftwerksleistung mit dem durchschnittlichen Stromverbrauch.

Abb. 1.4 : Stromverbrauch versus installierte Kraftwerksleistung, 2015 bis 2035



Ergebnis:

Die insgesamt installierte Kraftwerksleistung war 2015 dreimal so groß wie der durchschnittliche Stromverbrauch, 2035 wird sie schon viermal so groß sein. Zum Vergleich: In 2005 war sie erst doppelt so groß.

Tab. 1.2 zeigte in Zeile (1) die Prognosen der Bundesnetzagentur für die installierte konventionelle Kraftwerksleistung. Tab. 1.3 zeigt hingegen die entsprechenden Beschlüsse und Planungen der Kraftwerksbetreiber als Summe folgender Größen:

- 2014/2015 fertiggestellte konventionelle Kraftwerksleistung¹²,
- bis 2025 geplanter Neubau von konventioneller Kraftwerksleistung¹³,
- bis 2025 geplante Stilllegung von konventioneller Kraftwerksleistung, soweit die Stilllegung bereits in 2015 bekannt war¹⁴.

Tab. 1.3 : Neubau minus Stilllegung von konventioneller Kraftwerksleistung, 2015 bis 2025

Installierte Leistung* [GW]	(1) Kernenergie	(2) Braunkohle	(3) Steinkohle	(4) Erdgas	(5) Speicher	(6) Summe	(6a) Anteil
(1) Norden	-4,1	-	1,8	0,5	-	-1,8	25%
(2) Osten	-	0,0	-0,1	0,0	1,5	1,3	-18%
(3) Westen	-	-1,3	-0,2	3,3	-	1,8	-25%
(4) Süden	-8,0	-	0,1	-1,3	0,8	-8,3	118%
(5) Summe	-12,1	-1,4	1,6	2,5	2,3	-7,1	100%
(5a) Anteil	171%	20%	-23%	-35%	-32%	100%	
(6) zusätzlich Erdgas** < 10 MW insgesamt				3,0		3,0	

* Netto-Engpassleistung; Norden: SH, HH, HB, NI; Osten: Ostdeutschland; Westen: NRW; Süden: HE, RP, SL, BW, BY;

** kleine dezentrale Erdgaskraftwerke mit jeweils weniger als 10 MW installierte Leistung;

Quellen: [NEP 2025/2, Begleitdokumente, NEP und O-NEP 2025, Kraftwerksliste zum Entwurf Szenariorahmen NEP/O-NEP 2025]; siehe hierzu Tab. A1.1, A1.2 und A1.3 im Anhang dieses Buchs.

Ergebnis:

Insgesamt übersteigen die Stilllegungen den Neubau um 7,1 GW (Tab. 1.3, Z. (5), Sp. (6)):

- Zwar steigt im Osten die installierte Leistung um 1,3 GW und im Westen um 1,8 GW.
- Aber im Norden sinkt die installierte Leistung um 1,8 GW und im Süden sogar um 8,3 GW, und zwar wegen des endgültigen Ausstiegs aus der Kernenergie.

Zusätzlich wird von der Bundesnetzagentur mit dem Bau von kleineren dezentralen Erdgaskraftwerken in beträchtlichem Umfang gerechnet. Inwieweit die anvisierten 3,0 GW realisiert werden können, scheint wegen der fehlenden Rentabilität für diese Investitionen sehr zweifelhaft.

Die in Tab. 1.3 gezeigte Stilllegung von 12,1 GW Kernkraftwerksleistung und der Neubau von 2,5 GW bei Erdgaskraftwerken sowie von 2,3 GW bei Speicherkraftwerken passen gut mit den in Tab. 1.2 gezeigten Veränderungen der installierten Kraftwerksleistung von 2015 bis 2025 zusammen. Aber sowohl bei Braunkohle- als auch bei Steinkohlekraftwerksleistung gibt es erhebliche Differenzen:

- Für **Braunkohle** sehen die in Tab. 1.3 gezeigten tatsächlichen Planungen der Kraftwerksbetreiber nur einen Rückgang um 1,4 GW vor. Darauf gestützt haben auch die Übertragungsnetzbetreiber in ihrem im Herbst 2014 erstellten Entwurf für den Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan 2025 ebenfalls nur einen Rückgang von 21,2 GW in 2013 auf 19,6 GW in 2025, also um nur 1,6 GW eingeplant.¹⁵ Die Bundesnetzagentur hat diesen Entwurf nicht akzeptiert und eine Reduzierung der installierten Leistung von 8,5 GW vorgegeben, sodass laut diesen Vorgaben in 2025 nur noch 12,6 GW (Tab. 1.2, Z. (1.2), Sp. (2)) Braunkohlekraftwerksleistung installiert ist.

Selbst wenn man zu den von den Kraftwerksbetreibern geplanten Reduzierungen von 1,4 GW die in den Regierungs-Eckpunkten vom 01. Juli 2015 beschlossene "schrittweise Stilllegung von Braunkohlekraftwerksblöcken in einem Umfang von 2,7 GW"¹⁶ berücksichtigt, resultiert nur ein Rückgang von insgesamt 4,1 GW. Ist der in Tab. 1.2 gezeigte, von der Bundesnetzagentur vorgegebene Rückgang der installierten Braunkohlekraftwerksleistung von insgesamt 8,5 GW politisches Wunschenken?

- Für **Steinkohle** sehen die in Tab. 1.3 gezeigten Planungen der Kraftwerksbetreiber eine Erhöhung der installierten Leistung um 1,6 GW vor. Die Übertragungsnetzbetreiber gingen in ihrem Entwurf von einer Reduzierung um 1,3 GW (von 25,9 GW in 2013 auf 24,6 GW in 2025¹⁷) aus, da sie offensichtlich glaubten, dass ein Teil der geplanten Kohlekraftwerke wegen fehlender Rentabilität von den Kraftwerksbetreibern nicht weiter verfolgt werden würde. Die Bundesnetzagentur hat dies nicht akzeptiert und ab 2013 eine Reduzierung der installierten Leistung von 4,1 GW vorgegeben, sodass laut diesen Vorgaben in 2025 nur noch 21,8 GW (Tab. 1.2, Z. (1.3), Sp. (2)) Steinkohlekraftwerksleistung installiert sein soll.

Tab. 1.4 zeigt den erwarteten Neubau von konventioneller Kraftwerksleistung ohne Berücksichtigung von Stilllegungen im Zeitraum 2025 bis 2035.

Ergebnis:

- Im Süden Deutschlands sollen mit 9,2 GW (Tab. 1.4, Z. (4), Sp. (6)) rund zwei Drittel der insgesamt geplanten Neuinstallationen von 14,2 GW errichtet werden. Dort werden Reservekraftwerke besonders dringend benötigt.

Vom Kraftwerksneubau müssen die in diesem Zeitraum erwarteten Kraftwerksstilllegungen abgezogen werden, über deren Größenordnung in 2016 nur Vermutungen angestellt werden können. Falls die Stilllegungen in der Größenordnung des in Tab. 1.4 angegebenen Neubaus von 14,2 GW liegen, würde insgesamt die installierte Kraftwerksleistung unverändert bleiben.

- Nach Realisierung der Speicherplanungen in Süddeutschland von 2,9 GW (Tab. 1.4, Z. (4), Sp. (5)) könnten Leistungsspitzen der erneuerbaren Stromproduktion zukünftig besser genutzt und

gleichzeitig die Versorgungssicherheit in Süddeutschland verbessert werden. Es scheint allerdings sehr fraglich, ob die in Tab. 1.4 gezeigten Kraftwerksplanungen in nennenswertem Umfang umgesetzt werden können, da sowohl neue Gas- als auch Speicherkraftwerke nicht rentabel betrieben werden können, obwohl genau derartige Kraftwerke dringend für die Energiewende benötigt werden.

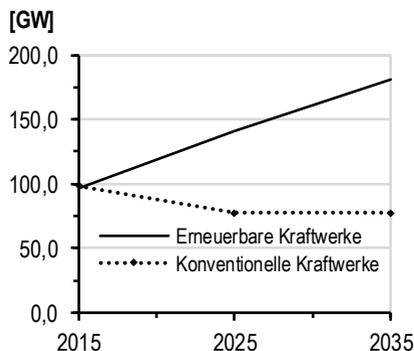
Tab. 1.4 : Neubau von konventioneller Kraftwerksleistung ohne Berücksichtigung von Stilllegungen, 2025 bis 2035

Installierte Leistung* [GW]	(1) Kernenergie	(2) Braunkohle	(3) Steinkohle	(4) Erdgas	(5) Speicher	(6) Summe	(6a) Anteil
(1) Norden	-	-	-	0,5	0,2	0,7	5%
(2) Osten	-	-	-	0,9	0,3	1,2	8%
(3) Westen	-	-	-	2,4	0,7	3,2	22%
(4) Süden	-	-	-	6,2	2,9	9,2	65%
(5) Summe	0,0	0,0	0,0	10,1	4,1	14,2	100%
(5a) Anteil	0%	0%	0%	71%	29%	100%	
(6) zusätzlich Erdgas** < 10 MW insgesamt				2,0		2,0	

* Netto-Engpassleistung;
 ** kleine dezentrale Erdgaskraftwerke mit jeweils weniger als 10 MW installierte Leistung.
 Quelle: [NEP 2025/2, Begleitdokumente, NEP und O-NEP 2025, Kraftwerksliste zum Entwurf Szenariorahmen NEP/O-NEP 2025]; siehe hierzu Tab. A1.3 im Anhang dieses Buches.

Abb. 1.5 gibt einen Vergleich der konventionellen mit der erneuerbaren installierten Kraftwerksleistung (Netto-Engpassleistung) für den Zeitraum 2015 bis 2035

Abb. 1.5 : Konventionelle versus erneuerbare installierte Kraftwerksleistung, 2015 bis 2035



Ergebnis:

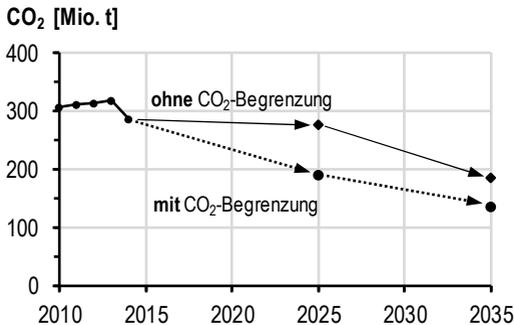
2015 waren erneuerbare und konventionelle installierte Kraftwerksleistung etwa gleich groß. 2035 wird die erneuerbare installierte Kraftwerksleistung mehr als doppelt so groß sein.

Quelle: Tab. 1.2.

1.2.2 Stromproduktion und Stromverbrauch

Abb. 1.6 zeigt die durch die Stromproduktion resultierende CO₂-Belastung **ohne** und **mit** CO₂-Begrenzung für den Zeitraum 2010 bis 2035.

Abb. 1.6 : CO₂-Emissionen durch Stromproduktion, 2010 bis 2035, ab 2015 ohne und mit CO₂-Begrenzung



Hinweis:

Bis 2014 tatsächliche Entwicklung der CO₂-Emissionen. Nur mit CO₂-Begrenzung werden die CO₂-Reduktionsziele der Bundesregierung gemäß Abb. 1.1 erfüllt.

Quellen:

Bis 2014 Ausschnitt aus Abb. 1.1; ab 2014 [NEP 2025/1, Abb. 29, S. 78].

Die CO₂-Reduktionsziele der Bundesregierung gemäß Abb. 1.1 werden ohne CO₂-Begrenzung bei Weitem nicht eingehalten.

Deshalb hat die Bundesnetzagentur für den Netzentwicklungsplan 2025 für die beiden Zieljahre 2025 und 2035 ein Alternativszenario vorgegeben, in dem die CO₂-Reduktionsziele der Bundesregierung eingehalten werden. Die deutschen Steinkohlekraftwerke werden durch zusätzliche, rein innerdeutsche CO₂-Abgaben in ihrer Wettbewerbsfähigkeit eingeschränkt, weshalb sie immer häufiger ihre Produktion reduzieren und den fehlenden Strom durch Stromimporte, häufig wohl durch ausländische Kohlekraftwerke, abdecken.¹⁸

Die CO₂-Reduktionsziele der Bundesregierung werden nun zwar formal eingehalten, aber letztlich nur, indem die deutsche Kohlestromproduktion überwiegend durch ausländische Kohlestromproduktion ersetzt wird. Außerdem bleibt völlig unklar, ob und wann die für dieses Szenario vorgesehene drastische Erhöhung der deutschen CO₂-Zertifikatspreise umgesetzt wird.

Statt einer isolierten Erhöhung der deutschen CO₂-Zertifikatspreise wäre als rein national umsetzbare Maßnahme leichter und kostengünstiger eine Beschränkung des deutschen Netzausbaus umsetzbar, wodurch eine schrittweise Reduzierung der konventionellen Stromproduktion sichergestellt wäre.¹⁹

Tab. 1.5 zeigt die Stromproduktion für 2015 sowie Prognosen bis 2035²⁰ **ohne** und **mit** CO₂-Begrenzung.

Tab. 1.5 : Stromproduktion, 2015 bis 2035, ab 2025 ohne und mit CO₂-Begrenzung

Stromproduktion* [TWh]	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	IST- Werte 2015	Prognose ohne CO ₂ -Begrenzung		Prognose mit CO ₂ -Begrenzung	
		2025	2035	2025	2035
(1) Konventionelle Produktion	424	354	271	248	199
(1.1) Kernenergie	87	0	0	0	0
(1.2) Braunkohle	144	93	60	77	51
(1.3) Steinkohle	108	137	61	58	17
(1.4) Erdgas	57	65	81	55	63
(1.5) Öl	5	1	1	1	1
(1.6) Pumpspeicher	6	7	11	6	10
(1.7) Sonstige**	18	51	57	51	57
(2) Erneuerbare Produktion	192	286	384	286	384
(2.1) Wind onshore	79	127	178	127	178
(2.2) Wind offshore	9	47	81	47	81
(2.3) Photovoltaik	39	52	56	52	56
(2.3) Biomasse	42	41	46	41	46
(2.4) Laufwasser	19	15	16	15	16
(2.5) Sonstige	5	5	6	5	6
(3) Gesamte Produktion	616	640	654	534	583
(4) Verbrauch Inland***	-565	-569	-577	-566	-575
(5) Stromimportsaldo	-50	-71	-77	32	-8
(5.1) Stromexport	-85	-124	-144	-64	-104
(5.2) Stromimport	34	53	66	96	96

* Stromproduktion nach Abzug des Kraftwerkseigenverbrauchs
 ** v.a. KWK < 10 MW
 *** inkl. Netzverluste und Pumpstromverbrauch

Quellen:
 IST-Werte 2015:
 [Schiffer 2016, Tab. 11, S. 73], basierend auf BDEW-Statistiken;
 Prognosewerte ab 2025: [NEP 2025/2, Abb. 21, S. 68, Szenario B1 bzw. B2].

Ergebnis:

- **Ohne** CO₂-Begrenzung wird die konventionelle Stromproduktion von 424 TWh in 2015 (Tab. 1.5, Z. (1), Sp. (1)) um 16% auf 354 TWh in 2025 reduziert, bis 2035 um weitere 23% auf 271 TWh.
- **Mit** CO₂-Begrenzung wird die konventionelle Stromproduktion von 424 TWh in 2015 sogar um 41% auf 248 TWh in 2025 reduziert, bis 2035 um weitere 20% auf 199 TWh.

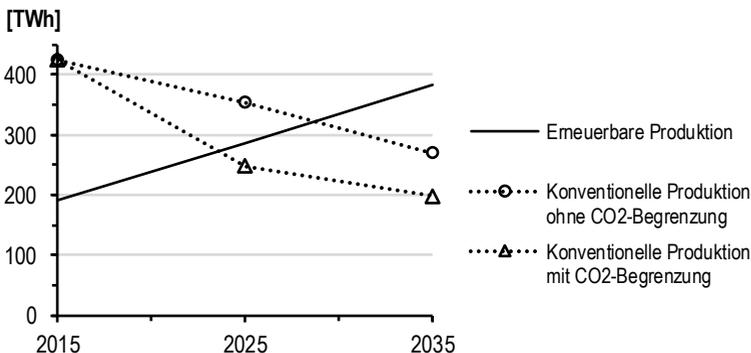
- Die erneuerbare Stromproduktion soll laut diesen amtlichen Planungen sowohl ohne als auch mit CO₂-Begrenzung stark erhöht werden: Von 192 TWh in 2015 um 49% auf 286 TWh in 2025, bis 2035 um weitere 34% auf 384 TWh.
- **Ohne** CO₂-Begrenzung steigt der Netto-Stromexport von 50 TWh in 2015 um 42% auf 71 TWh in 2025 (Tab. 1.5, Z. (5), Sp. (2)). **Mit** CO₂-Begrenzung wird Deutschland in 2025 zum Netto-Stromimporteur mit 32 TWh (Tab. 1.5, Z. (5), Sp. (4)). Die Differenz von gut 100 TWh entspricht in etwa der durch die CO₂-Begrenzung bewirkten Reduzierung der konventionellen Stromproduktion in Deutschland. Letztlich wird **mit** CO₂-Begrenzung deutlich weniger Kohlestrom exportiert und zu Zeiten geringer erneuerbarer Stromproduktion werden Stromdefizite durch Importstrom ausgeglichen.

Abb. 1.7 gibt einen Vergleich der erneuerbaren Stromproduktion mit der konventionellen Stromproduktion ohne und mit CO₂-Begrenzung für den Zeitraum 2015 bis 2035.

Ergebnis:

- 2015 war die konventionelle Stromproduktion gut doppelt so groß wie die erneuerbare Stromproduktion.
- Von 2015 bis 2025 wird die konventionelle Stromproduktion deutlich sinken und bei einer CO₂-Begrenzung schon etwas niedriger sein als die erneuerbare Stromproduktion.
- Bis 2035 wird die konventionelle Stromproduktion weiter sinken und bei einer CO₂-Begrenzung nur noch halb so hoch sein wie die erneuerbare Stromproduktion.

Abb. 1.7 : Stromproduktion, 2015 bis 2035, ab 2025 ohne und mit CO₂-Begrenzung



Quelle: Tab. 1.5.

1.2.3 Auslastung einzelner Kraftwerksarten

Tab. 1.6 zeigt die durchschnittliche Auslastung von erneuerbaren und konventionellen Kraftwerken für den Zeitraum 2015 bis 2035. Die jeweilige Auslastung ergibt sich als jährliche Stromproduktion (Tab. 1.5) dividiert durch die installierte Leistung (Tab. 1.2).

Tab. 1.6 : Auslastung einzelner Kraftwerksarten, 2015 bis 2035

Auslastung [%]	(1)	(2)		(5)	
	IST-Werte 2015	Prognose ohne CO ₂ -Begrenzung		Prognose mit CO ₂ -Begrenzung	
		2025	2035	2025	2035
(1) Konventionelle Kraftwerke	49%	52%	40%	37%	29%
(1.1) Kernenergie	92%	-	-	-	-
(1.2) Braunkohle	78%	84%	75%	70%	64%
(1.3) Steinkohle	46%	72%	63%	30%	18%
(1.4) Erdgas	25%	25%	23%	21%	18%
(1.5) Öl	14%	11%	10%	11%	10%
(1.6) Pumpspeicher	10%	9%	10%	8%	9%
(2) Erneuerbare Kraftwerke	23%	23%	24%	23%	24%
(2.1) Wind onshore	22%	23%	23%	23%	23%
(2.2) Wind offshore	50%	51%	50%	51%	50%
(2.3) Photovoltaik	11%	11%	11%	11%	11%
(2.3) Biomasse	70%	64%	62%	64%	62%
(2.4) Laufwasser	62%	43%	43%	43%	43%

Hinweise:
 Sp. (1): Auslastung = jährliche Stromproduktion [TWh] laut Tab. 1.5 dividiert durch installierte Leistung [GW] laut Tab. 1.2. Die Werte der Auslastung werden für 2015 etwas unterschätzt, weil die Werte für die installierten Leistungen in Tab. 1.2 nicht Jahresdurchschnittswerte, sondern Jahresendwerte sind.²¹

Quellen: Tab. 1.2 und 1.5.

Auslastung von konventionellen Kraftwerken:

- **Kernkraftwerke** hatten 2015 eine Auslastung von 92% (Tab. 1.6, Z. (1.1), Sp. (1)). Bis 2023 werden alle Kernkraftwerke stillgelegt sein, deshalb werden für 2025 und 2035 keine Werte angegeben.
- Die Auslastung von **Braunkohlekraftwerken** steigt laut Prognose der Bundesnetzagentur **ohne** CO₂-Begrenzung bis 2025 von 78% auf 84% und geht dann bis 2035 wieder auf 75% zurück. **Mit** CO₂-Begrenzung liegen die prognostizierten Werte mit 70% und 64% deutlich niedriger.
- Die Auslastung von **Steinkohlekraftwerken** soll laut Prognose der Bundesnetzagentur **ohne** CO₂-Begrenzung von 46% in 2015 auf 72% in 2025 steigen (Tab. 1.6, Z. (1.3), Sp. (2)).

Dieses sehr unplausibel erscheinende Ergebnis resultiert aus der von der Bundesnetzagentur vorgegebenen starken Reduzierung der installierten Kohlekraftwerksleistung um insgesamt 5,3 GW (von 27,1 GW in 2015 auf 21,8 GW in 2025, vgl. Tab. 1.2, Z. (1.3), Sp. (2)) auch ohne Vorgabe einer CO₂-Begrenzung für die Stromproduktion. Die Kraftwerksbetreiber gehen nur von einer Reduzierung von 1,3 GW auf 24,6 GW bis 2025 aus (vgl. die vorherigen Erläuterungen zu Tab. 1.3).

Durch Vorgabe einer CO₂-Begrenzung für die Stromproduktion ergibt sich ein ganz anderes Bild: Von 2015 bis 2025 soll dann die Auslastung der **Steinkohlekraftwerke** nicht von 46% auf 72% steigen, sondern auf 30% sinken, bis 2035 sogar auf 18%, ein durchaus plausibles Ergebnis. Offensichtlich hat die Bundesnetzagentur ihre sehr starke Reduzierung der installierten Kohlekraftwerksleistung im Hinblick auf eine CO₂-Begrenzung der Stromproduktion vorgegeben.

- Die Auslastung von **Erdgaskraftwerken** bleibt **ohne** CO₂-Begrenzung etwa konstant bei 24% und sinkt **mit** CO₂-Begrenzung bis 2035 auf 18%.
- Die Auslastung der **Ölkraftwerke** sinkt von 14% in 2015 auf 10% in 2035.
- Die Auslastung der **Pumpspeicherkraftwerke** bleibt bis 2035 konstant bei knapp 10%.

Auslastung der erneuerbaren Kraftwerke:

Die erneuerbare Stromproduktion in Tab. 1.5 und damit auch die Auslastung der erneuerbaren Stromproduktion ist laut den amtlichen Planungen unabhängig von einer CO₂-Begrenzung:

- Die Auslastung von **Windkraftwerken onshore** bleibt bis 2035 unverändert bei 23%.
- Für die Auslastung von **Windkraftwerken offshore** wird bis 2035 unverändert mit rund 50% gerechnet.
- Die Auslastung von **Photovoltaik** beträgt bis 2035 unverändert nur 11%.

Windkraftwerke und Photovoltaikanlagen werden bei Verfügbarkeit von Sonne und Wind immer eingesetzt, Biomassekraftwerke und auch Laufwasserkraftwerke hingegen werden wegen ihrer guten Regelbarkeit zukünftig mehr und mehr als Regelkraftwerke mit deshalb sinkender Ausnutzung eingesetzt:

- Die Auslastung von **Biomassekraftwerken** sinkt von 70% auf 64% in 2025 und weiter auf 62% in 2035.
- Die Auslastung von **Laufwasserkraftwerken** sinkt von 62% auf 43% in 2025 und bleibt dann konstant. Dieser starke Rückgang ist wahrscheinlich auf unterschiedliche statistische Abgrenzungen von Produktion und installierter Leistung zurückzuführen.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien führt zu wachsenden Stromüberschüssen und Stromdefiziten, die im folgenden Kapitel näher erläutert werden.