

德國能源政策評析報告

張瓊之

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

德國 GDP 約為我國 7 倍，人均 GDP 為我國 2 倍，經濟條件與狀況優於我國。德國能源約有 2/3 仰賴進口，初級能源消費於 2014 年達到相對低點，2015 年與 2016 年皆略微上升，然最終能源消費變化並不明顯。由於廢核政策的影響，德國核能發電占比逐年減少，並由再生能源取代，2017 年再生能源發電占比已達 33.1%。然而，再生能源的發展亦導致再生能源附加費的增加。2014 年起，德國燃煤發電下降，然德國供需差異仍持續擴大。日本福島核災後，廢核成為德國能源轉型的主要核心之一，計畫於 2022 年以前核電廠全數除役。德國的能源政策目標以經濟可負擔、能源供應安全和環境友善為方向，透過有系統的推動再生能源與提升能源效率的方式朝無核的電力供給系統邁進。依照目前減碳趨勢德國難以達成 2020 年及其後之減碳目標，故於 2016 年 11 月 14 日於國會正式同意並發佈 2050 氣候行動計畫。德國之整體能源轉型政策可做為我國政策擬定之參考，然由於自然條件、地理位置與經濟環境的差異，我國整體能源配比仍需考量各種能源之優點，朝多元且適當的能源結構發展。

關鍵字：德國、能源轉型、能源政策

ABSTRACT

Germany's economic conditions are superior to Taiwan's, and the total GDP and per capita GDP are about 7 times and 2 times than Taiwan. Germany relies on imports for two-thirds of energy, and the primary energy consumption has been reaching a low point in 2014 and a slight increase in 2015 and 2016. Changes in final energy consumption is not obvious. Due to Non-Nuclear energy policy, the proportion of German nuclear power generation decreased year by year and replaced by renewable energy. The proportion of renewable energy power generation in 2017 reached 33.1%. However, the surcharge increased by the development of renewable energy at the same time. In 2014, coal power generation decreased firstly in these years, but the gap between supply and demand in Germany continues to widen. After Japan Fukushima nuclear disaster, non- nuclear became the most important part of German energy transition. All nuclear power plants will be decommissioned until 2022. The objectives of Germany's energy policy are focused on affordability, energy security and environmental friendliness through a systematic approach to renewable energy and energy efficiency to move towards a nuclear-free electricity supply system. With the current trend of carbon reduction, it is difficult to reach the target of 2020 and subsequent targets. Therefore, the Parliament formally agreed and released 2050 climate action plan in the end of 2016. The case of Germany can be a reference for Taiwan, but the differences should be considered in natural conditions, geographical location and economic environment. The energy mix in Taiwan still need to consider the advantages of different technologies, towards the diversified and appropriate energy structure.

Keywords: Germany, Energy Transition, Energy Ploicy

一、 國土社經基本資料

根據德國聯邦統計局估計，德國國土面積 349,360 平方公里，面積為我國的 9.65 倍；2015 年人口約 8,217.6 萬人，為我國的 3.51 倍，近年人口呈現成長趨勢[1]。德國近年國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)仍持續成長，2017 年 GDP 總額達 32,773 億歐元(以匯率 35.5 換算約 11.63 兆新台幣)。德國產業結構以服務業為主，2017 年服務業占 GDP 比例約為 68%，工業部門為 31%，農業為 1%，與我國產業結構相似[1]。

二、 國家能源供需歷史趨勢

(一) 能源供需歷史趨勢

德國長期以來一直為能源淨進口國家，2014 年德國能源淨進口約占其初級能源消費的 70.6%，淨進口量達 9,593 PJ (petajoule)。其中，淨進口比重最高之初級能源產品為石油(48.2%)，其次為天然氣(31.1%)[3]。

德國初級能源消費於 2014 年達到相對低點，2015 年至 2017 年皆呈現上升趨勢，2017 年總初級能源消費為 13,594 PJ(petajoule)，其中石油占比 34.6%最高，天然氣 23.8%次之，其次依序為再生能源 13.1%，褐煤 11.1%，硬煤 12.3%，核能 6.1%，其他 1.7%。初級能源消費結構變化較明顯的部分為再生能源，由 1990 年占比 1.3%提升至 2017 年的 13.1%，首度超越硬煤。2017 年德國初級能源消費與 1990 年相比下降 8.8%，若與 2008 年(能源效率目標年)則下降約 5.5%，歷年德國初級能源消費趨勢如圖 1。德國訂有 2020 年初級能源消費較 2008 年減少 20%，2050 年初級能源消費較 2008 年減少 50%的目標，在此能源效率目標上德國仍需進一步強化相關能源效率措施。[3]

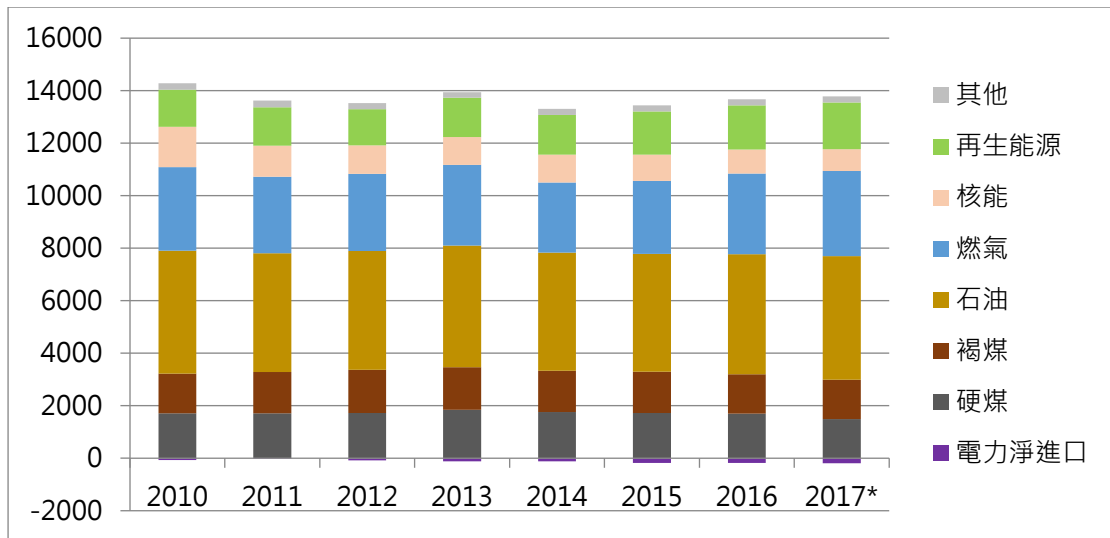


圖 1、德國歷年初級能源消費變化趨勢[3]

2017 年德國最終能源消費達 9,329 PJ，相較 1996 年(達最終能源消費最高峰)下降約 3.7%，德國最終能源消費主要來自四大部門，運輸業(29.5%)、工業(28.9%)、家庭(26.1%)和商業(15.5%)。

整體來說，德國能源約有 7 成仰賴進口，初級能源消費自 1990 年呈下降趨勢，至 2014 年達到低點，近三年則呈上升趨勢。能源使用主要來自石油，而部門別則以運輸、工業與家庭為主。其中，無論初級或最終能源消費，近年在結構上的變化皆以再生能源最為明顯，主要原因為德國近年能源轉型政策大力發展再生能源的緣故。

(二) 電力供需歷史趨勢

2017 年德國總電力裝置量 203.22 GW，總電力供給達 654 TWh，然總電力消費僅 599 TWh，供需差異逐年擴大，已達 55 TWh。供需差異擴大的主因在於近年德國電力消費的減少，2014 年為德國電力消費為 2000 年後的新低點，雖 2015 年後電力消費呈上升趨勢，然再生能源的發展造成供給能量亦快速上升。德國電力需求為夏冬雙尖峰特性，冬天之尖峰負載高於夏天。歷年德國尖峰負載多發生於冬天的 12 月，2015 年德國尖峰負載為 79,893 MW(發生於 2015 年 11 月 24

日)。離峰部分則較為特定季節，2015 年發生於 5 月 25 日，離峰負載 36,146 MW¹[4]。

德國近年電力裝置量逐年增加，主要因為再生能源裝置量的增加，特別是風力與太陽光電裝置量的大幅成長，如圖 2。2017 年德國陸域風力裝置量達 50.92 GW，離岸風力 5.26 GW，太陽光電裝置量達 42.98GW。德國裝置量中有 22.8%來自於燃煤，14.5%來自於燃氣，而核能則由於福島核災後德國全面廢核，由 2010 年的 13.3%降至 2017 年的 5.3%。再生能源裝置量占比部分，於 2017 年達 55.2%(其中陸域風力 25.7%，太陽光電 21.8%)，已超過德國一半的電力裝置量 [5]。

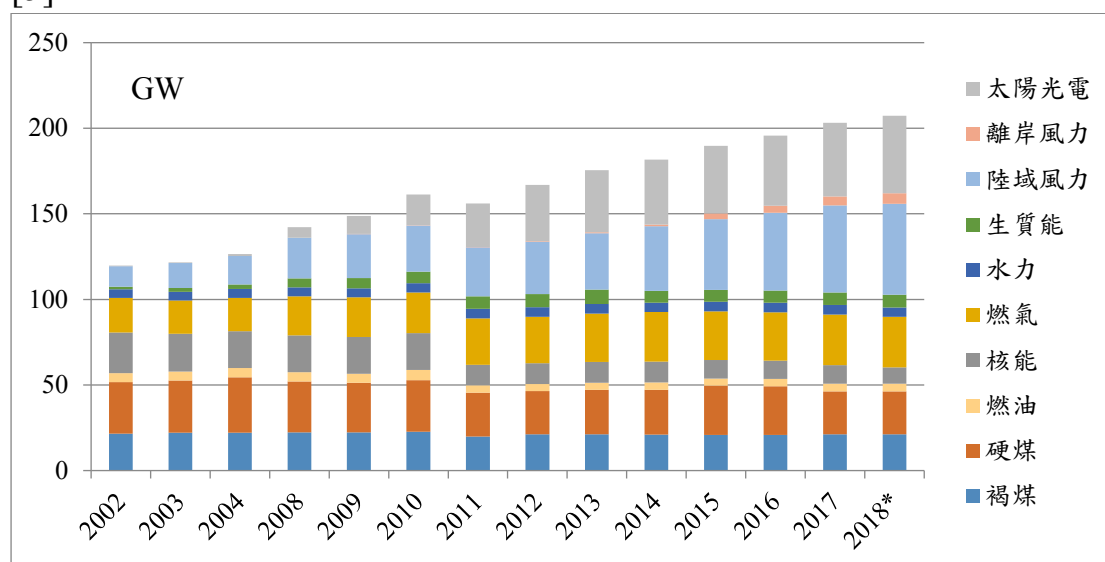


圖 2、德國歷年電力裝置量變化趨勢[5]

2011 年日本福島核災後，德國宣布 2022 年全面廢核，透過大力發展再生能源達成能源轉型的目標，2017 年德國核能發電占比已由 2010 年的 22.2%降至 11.7%。近年來，德國再生能源的發展成果豐碩，2017 年發電量達 216.3TWh，已占德國發電量的 33.1%，其中變動性再生能源(太陽光電與風力發電)占整體發電比例約 17.8%。再生能源發電中以陸域風力發電量占 10%最高。然由於核能發電的快速下降及

¹ 尖峰與離峰值採用 ENTSO-E 資料

再生能源不穩定的因素，德國 2011-2013 年燃煤發電不斷增加，亦導致其排碳量增加。2014 年為德國自 2011 年以來第一次呈現燃煤發電量減少之趨勢，2015 年則持續下降，占比為 42.1%。燃氣發電近年則由於受到再生能源與燃煤發電的短期邊際成本競爭影響，加上尖峰用電逐漸被太陽能取代，發電量與占比逐年降低，2015 年僅占 9.5%[1][6]。德國歷年發電量與結構組成如圖 3。若由德國年裝置量與發電量觀測其各發電來源之容量因子，2016 年德國各電力來源容量因子如表 1 所示。

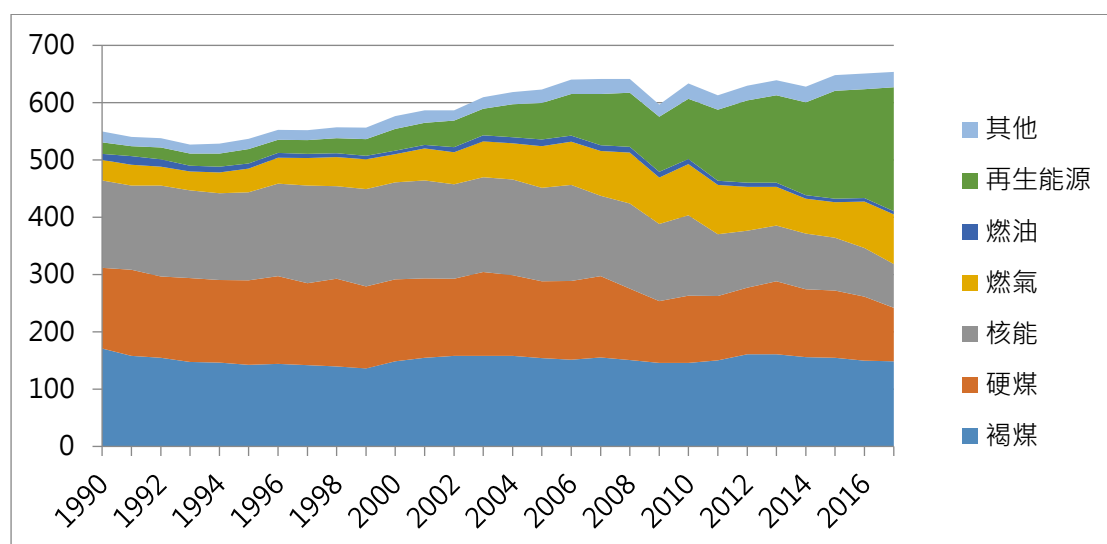


圖 3、德國歷年電力發電量變化趨勢[1][6]

表 1、2016 年德國各電力來源容量因子

	褐煤	硬煤	核能	燃氣	水力	生質能	陸域風力	離岸風力	太陽光電
單位	%	%	%	%	%	%	%	%	%
容量因子	81.93%	44.85%	89.42%	32.51%	12.05%	73.73%	16.30%	34.27%	10.67%

資料來源：本研究整理

德國自 2003 年後一直為電力淨出口國，德國電力淨出口紀錄近年不斷創新高，在冬季時電力出口需求很高，而進口僅發生在進口電

力價格很低時。在電力進出口部分，可分為物理流量(Physical flows)與商業流量(Commercial flows)做探討。物理流量為電力在跨境邊界的即時交換量，而商業流量則為透過市場交換原則，市場參與者依據跨境機制(cross-border mechanisms)做安排之結果。無論何種流量，德國長年來皆為電力淨出口大國。由物理流量來看，除法國、捷克、瑞典、外，德國電力與其他國家多為電力淨出口，進口情形以法國最為明顯，如圖 4。然由於貿易電力傳輸並非單考量最短距離，仍需考量電阻與容量限制等因素，尋求物理最佳之路徑，而法國輸入進入德國的電力，很大一部分是轉輸給瑞士和義大利做終端使用。因此，在考量進出口電力貿易時需採用商業流量較為準確。若由商業流量來看，由於再生能源發展壓低德國電力批發價格(Wholesale Electricity Price)，造成德國 2015 年電力商業流量淨出口再創新高，主要輸出國為荷蘭、奧地利和法國，如圖 5。

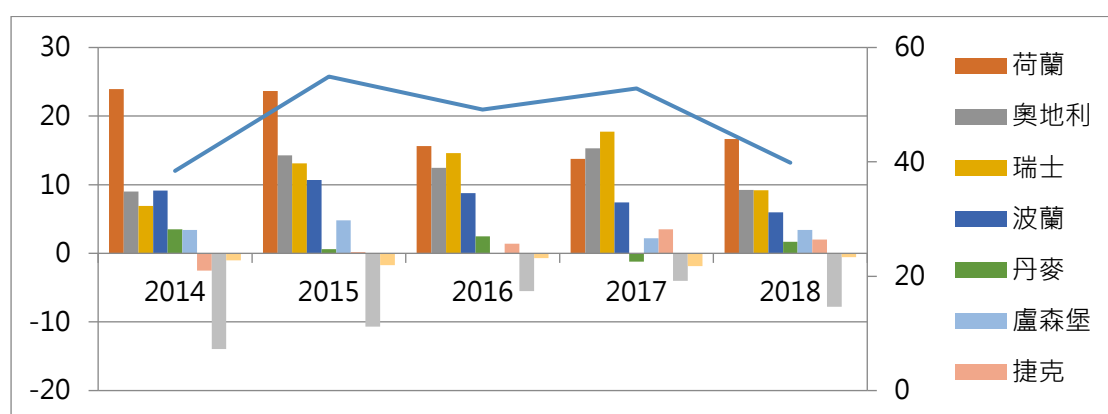


圖 4、德國電力淨出口趨勢(物理流量)[7]



圖 5、2017 年德國電力進出口情形(商業流量)[8]

德國終端電力價格由許多不同的費用組成，2016 年住宅電價為 28.73 歐分/度(約新台幣 10 元)，相較於 2000 年的 13.94 歐分/度，成長超過 1 倍，如圖 6 所示。2016 年德國工業電價 15.04 歐分/度(約新台幣 5.3 元)，相較於 2000 年的 6.05 歐分/度，成長超過 1.5 倍，如圖 7 所示。然其發電/輸配電費用在近年並無顯著增加，終端電費增加最主要的因素仍來自於再生能源附加費。

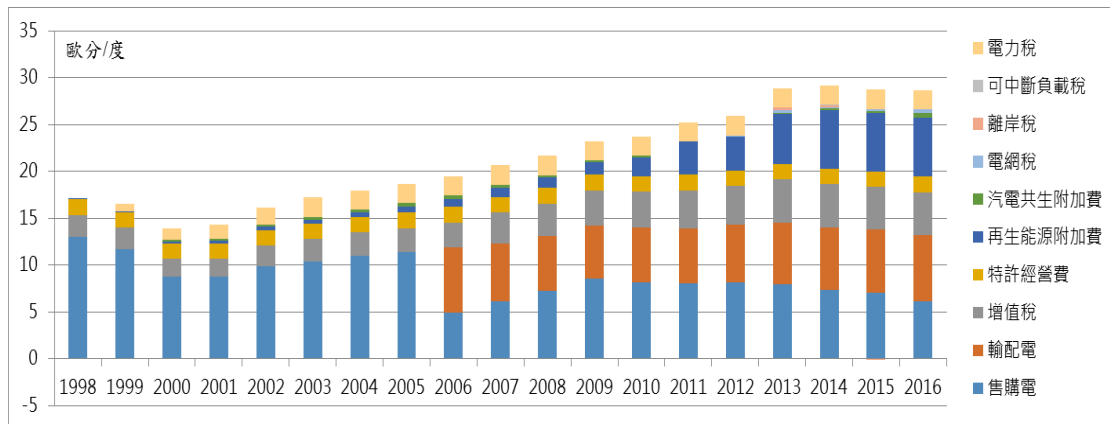


圖 6、德國歷年住宅電價結構與變化[9]
(住宅用電年均消費 3,500 度估算)

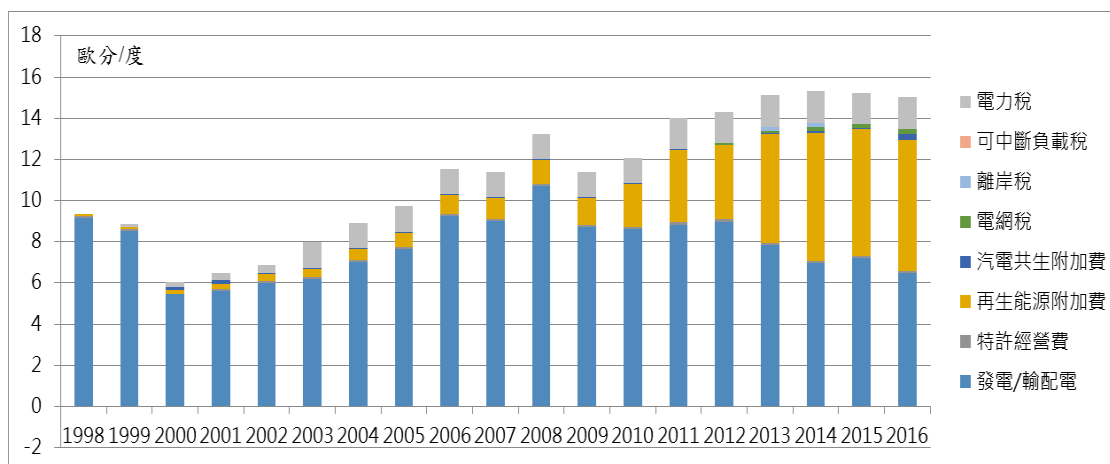


圖 7、德國歷年工業電價結構與變化[9]
(年消耗量 160~20,000MWh; 中壓供電)

德國近年再生能源附加費快速飆升，從 2012 年的 3.59 歐分/度，至 2016 年成長為 6.354 歐分/度(約新台幣 2.2 元)，附加費負擔增加約 77%。2014 年再生能源附加費的總額為 9,432 億新台幣，透過再生能源法案修正，刪減原有產業電價折扣並擴大可共同承擔費用的對象，使得近 2 年附加費漲幅趨勢減緩，這也使得 2016 年課徵的單位再生能源附加費較 2014 年僅微幅成長 1.84%。再生能源附加費的支出中，48.4%使用於太陽光電，24.7%使用於生質能，19.2%使用於陸域風力，5.4%使用於離岸風力。

有鑑於再生能源發展對終端電力價格造成的影響，2014 年 8 月 1

日生效的德國再生能源法(EEG 2014)，目標為使再生能源融入市場並與電網整合，期望降低德國能源轉型的成本。整體來說，2014 年為德國近年首次燃煤發電下降，亦造成整體電力供給下降，然電力供需差異仍持續擴大。電力供需的不平衡，亦反應在德國電力出口的情形。德國電力淨出口屢創新高，主要輸出國家為荷蘭、奧地利和法國。由於廢核政策的影響，德國核能發電占比逐年減少，並由再生能源取代，再生能源發電占比已達 29%。然而，再生能源的發展亦導致再生能源附加費的增加，進一步導致德國終端電價的高漲，因此德國修正再生能源法，期望改善再生能源發展所造成的衍伸問題。

(三) 溫室氣體排放歷史趨勢

德國 2016 年的溫室氣體排放為 906 百萬噸，相較於德國對外宣示的基準年(1990 年)，減少溫室氣體排放約 27.5%。根據德國聯邦環境局於 2017 年 1 月 30 日公布提交歐盟的數據顯示，2015 年德國溫室氣體排放達到 1990 年來的新低點，近年排碳下降主要貢獻來自電力部門(約占能源工業近 9 成)的排碳下降，如圖 8 所示。然 2016 年德國排碳略微上升，年排放上升的主因為經濟的回溫與寒冷的冬天所致，使工業、供暖和交通部門的排碳略微增加。若以部門別區分，德國溫室氣體排放以能源工業占比最高，約占 38.5%；工業部門次之，約占 20.9%；運輸部門占 17.7%，住宅部門占 9.5%，商業、農業和其他部門僅占 13.3%。

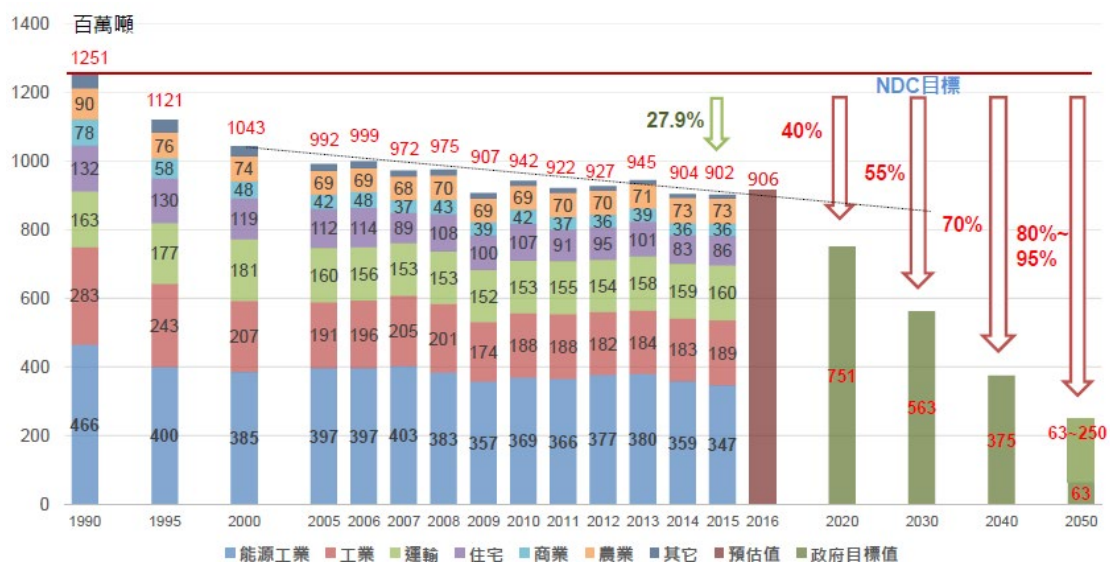


圖 8、德國溫室氣體排放與減量目標[10]

德國 2016 年的電力部門能源轉型仍保有既有之趨勢，電力供需差距不斷的擴大，2016 年德國電力淨出口再度創下新高，約德國境內發電的 8.6%輸出國外。雖然再生能源增幅減緩，然煤炭連續第三年下降，天然氣顯著上升，造成德國電力部門排碳已經連續第三年下降。天然氣比例顯著上升之主因在於燃氣成本的下降，有助於其在電力市場競爭與增加彈性。

三、 國家能源政策目標

日本福島核災後，廢核成為德國能源轉型的主要核心之一。德國於 2011 年 5 月 30 日宣布，8 座 1980 年前興建之核能機組永久性停運，既有核能機組不延役，於 2022 年以前全數除役。德國於 2010 年 9 月提出能源概念 (Energy Concept)，規劃至 2050 年能源發展策略。2012 年起每年提出「能源轉型評估報告」檢視國家能源轉型之進度是否符合預期，並經國會審查同意後發布。2014 年起每 3 年發布「能源轉型進展報告」，全面檢視國家能源政策目標，適時的補充或修正國家的能源政策目標。德國的能源政策目標以經濟可負擔、能源供應安全和環境友善為方向，透過有系統的推動再生能源與提升能源效率的方式朝無核的電力供給系統邁進，其相關能源政策目標如表 2。

表 2、德國能源政策目標[11]

類別	2011	2012	2013	2014	2020	2030	2040	2050
溫室氣體排放								
溫室氣體排放 (相較於 1990 年)	-25.6%	-24.7%	-23.9%	-27%	至少 -40%	至少 -55%	至少 -70%	至少 -80%-95%
再生能源								
電力消費占比	20.4%	23.6%	25.4%	27.3%	至少 35%	至少 50%	至少 65%	至少 80%
					2025 年：40%-45% 2035 年：55%-60%			
最終能源消費 占比	11.5%	12.4%			18%	30%	45%	60%
能源效率								
初級能源消費 (相較於 2008 年)	-5.4%	-4.3%	-3.5%	-8.2%	20%			-50%
電力消費 (相較於 2008 年)	-1.8%	-1.9%	-3.04%	-6.78%	-10%			-25%
汽電共生 發電占比	17%	17.3%			25%			
最終能源生產	每 年 1.7% (2008- 2011)	每 年 1.1% (2008- 2012)			每年 2.1% (2008-2050)			
建築								
初級能源需求								約-80%
供熱需求					-20%			
現代化比率	約 1%	約 1%			每年 2%			
運輸								
最終能源消費 (相較於 2005 年)	-0.7%	-0.6%			-10%			-40%
電動車數量	6,547	10,078			1 百萬	6 百萬		

(一) 溫室氣體排放

歐盟於 2015 年 3 月提交「預期國家決定貢獻」(Intended Nationally Determined Contribution; INDCs)，承諾 2030 年溫室氣體排放量相較 1990 年排放水準減少 40%，其範圍涵蓋整個歐盟經濟體(28 個國家，包含德國)。然德國本身訂有國家減碳目標，2030 年較 1990 年水準減少 55%，比歐盟 INDCs 嚴格，主要仰賴其對再生能源的大力推廣、能源效率目標的實施、優良的地理環境與財務優勢。

德國在制定國內溫室氣體減量政策時亦面臨經濟與環境的爭論，同為社會民主黨成員的德國副總理暨經濟及能源部長-西格瑪爾·嘉布瑞爾(Sigmar Gabriel)與環境、自然保育、建築及核能安全部部長-巴巴拉·亨德里克斯(Barbara Hendricks)多次針對減碳議題提出不同的看法。環境部長認為老式褐煤對排碳應有最大的責任，且認為煤炭快速退場不會影響電價，因為再生能源附加費是補貼電力市場價格的差額，當電力市場價格上漲，民眾的再生能源附加費支出就會減少。經濟部長則明確拒絕煤炭的快速退場，認為其會影響電力成本，並導致能源供應的不安全，同時間接導致德國工業外移。然而，依照目前德國減排趨勢，德國恐無法達成 2020 年目標，2030 年之後的目標達成更是嚴峻的挑戰，故有必要提出明確的減碳方針。

德國亦於 2016 年 11 月 14 日德國國會正式同意並發佈「2050 氣候行動計畫」(Climate Action Plan 2050)，並以此當作架構，規劃德國如何達到在 2050 年減少溫室氣體排放 80-95% 的目標。然最終方案與草案相比，並無明確訂定廢煤的具體日程等。期中，針對能源行業有幾大原則，包含擴大再生能源與汽電共生、擴大電網、逐漸減少燃煤電廠的設施及燃煤電廠所供給的電力、提升公用事業電廠的能源效率。具體的項目有以下幾項：

- (1) 強化再生能源發展的定期審查機制：為了順利拓展再生能源，需要一個管理機關來確保再生能源裝置是否達到目標。
- (2) 能源部門與其他部門的合作：能源部門應與工業、商業，服務業部門合作減碳，需要開發有效率利用電力的技術，德國聯邦政府將鼓勵跨部門的創新研發活動，且強化再生能源的儲存系統。
- (3) 金融體系的改造：透過再生能源的融資體系，增加再生能源的收入潛力，且聯邦政府將逐一檢查各種能源(天然氣、燃料油、電力)在各個階段(儲存、轉換、直接使用)的稅率和能源價格。
- (4) 科技研發經費：為了度過能源轉型，再生能源技術的發展扮演重大的腳色，對於電網、電力儲存、跨部門的電力整合、提高能源效

率等，將在 10 年內有革新的突破。

(5)完成氣候變遷、經濟成長，能源革命的結構變化:聯邦政府將在 2018 年中期設立一個委員會，該委員會應制定經濟發展，能源結構的變化，包括各地區電力穩定供應和有競爭力的能源成本之融資，且擔保能源結構轉型的必要的投資。

(6)加強 ETS(Emission Trading Scheme): 排放權交易鼓勵廢除燃煤發電，以及強化電廠投資決策。

儘管計畫討論期間部門目標存在爭議，正式文件仍確定了部門目標，然仍需進行全面的影響評估與諮詢，並可能在 2018 年做調整。針對 2020 年的減量目標，該行動計畫評估減量約 37%，仍較原訂目標的 40%低。正式版提出之部門別減量目標如表 3 所示，2030 年相較於 1990 年整體減量 55-56%，能源部門減量達 61-62%。

表 3、德國 2050 氣候行動計畫部門別減量目標[12]

	1990	2015	2030 (2016 年 5 月版本)	2030 (正式版本)	2030 減量比例 (相較 1990 年)
能源部門	466	347	178~188 (排碳量減半)	175-183	61-62%
建築部門	210	122	70~80	70-72	66-67%
運輸部門	163	160	90~100	95-98	40-42%
工業部門	283	189	120~125	140-143	49-51%
農業部門	90	73	50~60	58-61	31-34%
其他	39	11	--	5	87%
總計	1251	902	520-565 (相較 1990 減少 55-58%)	543-562	55-56%
無煤時程	-	-	2050 年前達成無煤，預計將於 2017 年中提出無煤時程表	沒有提出無煤時程表	-

(二) 核能政策

受到日本福島核災影響，2011年3月即有8部機組停止運轉(833.6萬瓩，占核能總裝置容量41%)，並於2011年5月29日宣布將於2022年全面關閉所有核電廠；2015年6月Grafenrheinfeld(127.5萬瓩)停止運轉。

國現有8部機組(1,072.8萬瓩，占核能總裝置容量53%)仍在運轉中(表4)，2015年核能尚占德國總發電量14%。

表4、德國核能電廠運轉現況與關閉時程規劃[13]

核電廠名稱	裝置容量 (萬瓩)	正式商轉 年份	原先停止運轉年份 (2010年批准)	關閉時程
Biblis A	116.7	1975/02	2016	2011/03
Neckarwestheim 1	78.5	1976/12	2017	2011/03
Brunsbüttel	77.1	1977/02	2018	2011/03
Biblis B	124	1977/01	2018	2011/03
Isar 1	87.8	1979/03	2019	2011/03
Unterweser	134.5	1979/09	2020	2011/03
Phillipsburg 1	89	1980/03	2026	2011/03
Krümmel	126	1984/03	2030	2011/03
Grafenrheinfeld	127.5	1982/06	2028	2015/06
停止運轉核電廠總計	961.1			
Gundremmingen B	128.4	1984/04	2030	2017/12
Gundremmingen C	128.8	1985/01	2030	2021
Grohnde	136	1985/02	2031	2021
Phillipsburg 2	139.2	1985/04	2032	2019
Brokdorf	137	1986/12	2033	2021
Isar 2	140	1988/04	2034	2022
Emsland	132.9	1988/06	2035	2022
Neckarwestheim 2	130.5	1989/04	2036	2022
現正運轉核電廠總計	1072.8			
核電廠總計	2033.9			

(三) 再生能源

德國為使再生能源逐步脫離躉購制度(Feed-in Tariff, FIT)的補貼扶持，近幾年來歷經再生能源法(EEG)與能源工業法(EnWG)的多次修訂。在 2012 年的再生能源法中，僅鼓勵再生能源發電業者自願性參與電力自由競爭市場，而在 2014 年的再生能源法修法(EEG 2014)中，則除了少數例外，全數以市場溢價制度參與電力市場競標，並規定各再生能源技術的年推廣限量。德國 2014 年的再生能源法之各再生能源技術之推廣限制如下：

- (1) 陸域風力：每年最多 2,500 MW 淨推廣量(考慮既有裝置停止)
- (2) 離岸風力：2020 年推廣限制 6.5 GW(原本目標 10 GW)，2030 年推廣限制 15 GW(原本目標 25 GW)
- (3) 太陽能：每年最多 2,500 MW 總推廣量(不考慮既有裝置停止)
- (4) 生質能：每年最多 100 MW 的總推廣量

德國於今(2016)年再次修正備受讚譽的再生能源法(EEG)，並預計新的再生能源法(EEG 3.0)將於 2017 年 1 月 1 日生效，捨棄促使再生能源快速成長的躉購制度(Feed-in-Tariffs, FIT)，採用競標制度以維持每年穩定的裝置容量增加，藉由導入市場為基礎的制度，吸引再生能源投資，同時促使市民參與風能招標並研擬離岸風力競標制度。

EEG 3.0 目前由德國經濟及能源部提出，其重點如下：

- (1)如同 2014 年再生能源法修訂之目標，2025 年再生能源占電力消費占比 40-45%，2035 年再生能源占電力消費 55-65%，以及 2050 年再生能源占電力消費最低 80%之目標，並強調「分階段」增加再生能源，並透過對不同再生能源發電推廣之控制，以控管再生能源的擴張。
- (2)再生能源設施的補助應當透過競爭的過程(競標)，而非由政府決定固定金額(FIT)。
- (3)新再生能源法將僅提供贏得競標的再生能源裝置發電補助。

- (4) 不同再生能源技術(太陽光電、陸域風力、離岸風力)將擁有不同量身訂製的競標制度。
- (5) 小型再生能源裝置(小於 1 MW)不用參與競標機制，仍可在現有 EEG 2014 架構下獲得 FIT 補助。
- (6) 在特定條件下，每年裝置量的 5%可提供其他歐洲國家的再生能源裝置參與競標。

新的再生能源競標制度的設計將包含以下幾點原則：

- (1) 各技術再生能源競標之裝置量將依據 2025 年再生能源占比 40-45%的目標做規劃。
- (2) 2017 年太陽光電與陸域風力展開競標，投標廠商需繳交保證金，每年約 3-4 次競標，項目不可移轉。
- (3) 競標之簽約價格將依據投標金額與廠商簽約(pay-as-bid principle)
- (4) 投標金額上限將事先公告，價格較低者將優先被接受。
- (5) 得標且成功裝設之再生能源裝置設備將依據其得標金額補助 20 年。

新再生能源法中太陽光電之競標制度原則上將與去(2015)年太陽光電先期試驗競標制度相似，每年將有 3 次競標。太陽光電之裝設以靠近公路與鐵路為原則，對於耕地與保護區的安裝設有限制。依據 EEG 2014，太陽光電每年安裝量限制為 2,500 MW，其中每年 500 MW 參與競標，其餘裝置量來自於小型太陽光電裝置。

陸域風力之競標較太陽光電新增額外條件，需依據聯邦注入控制法案(Federal Immission Control Act)，事先針對噪音做審核與批准，然陸域風力所需繳交之競標保證金較小。透過市民參與風場投資與合作的案件，將可減免相關事前費用，並獲得額外補助。在競標的前期競標次數將較為頻繁(2017 年預計 3 次，2018 年預計 4 次)以迅速取得市場經濟價格。新再生能源法的修正將於 2021 年後於離岸風電上實施，廠商將透過競標決定特定風場的開發權利。2021-2024 年間，離岸風力的過渡性競標制度將被實施，每年兩次提供有限的裝置量競

標。離岸風力的擴展目標為 2020 年 6.5 GW、2025 年 11 GW 及 2030 年 15 GW，競標容量將配合目標的達成，預計自 2025 年起每年 800 MW 競標容量。

生質能於其他再生能源不包含在競標制度規劃當中，德國經濟與能源部認為，這些技術尚不具備足夠的市場競爭性。既有獲得 FIT 補助的生質能電廠，當其 FIT 補助到期後，考慮採用競標制度作後續的補助及鼓勵其做電廠更新。

2014 年修訂的德國再生能源法(EEG 2014)，強調再生能源與市場整合，同時擴大再生能源附加費的徵收範圍(如取消電力密集產業之電價折扣、逐步調漲鐵路運輸業與電力自產自用產業之再生能源附加費)，並管控再生能源的發展，直接造成 2015 年德國再生能源附加費的降低。再生能源投入市場機制部分，除市場溢價制度外，計畫在 2017 年將陸域風力與超過 1 MW 太陽光電的推廣政策改為競標制度，離岸風力則預計於 2021 年後導入。地面型太陽光電先期試驗競標制度(Sec. 55 EEG)已在去(2015)年實施，得標者有 2 年時間完成裝設，其結果如下表 5 所示。由於鼓勵投入市場機制之經費亦來自於再生能源附加費，且德國再生能源仍持續擴張，故 2016 年再生能源附加費仍增加。

表 5、德國地面型太陽光電先期試驗競標結果[14][15]

期數	規劃容量	投標容量	得標容量	金額上限 (歐分/度)	得標金額 (歐分/度)	支付金額
第一期 (2015/4)	150 MW	715 MW	156.97 MW	11.29	9.17 (平均)	投標金額 (不同金額)
第二期 (2015/8)	150 MW	558 MW	159.7 MW	11.18	8.49 (最高)	最高金額 (統一價格)
第三期 (2015/12)	200 MW	562 MW	204 MW	11.09	8 (最高)	最高金額 (統一價格)
第四期 (2016/4)	125 MW	540 MW	128 MW	11.09	7.41 (平均)	投標金額 (不同金額)

德國於 2015 年太陽光電先期試驗裝置額度為 500 MW，2016 年預計競標額度 400 MW，2017 年則估計為 300 MW，顯示德國對於競標目前仍處於測試階段。未來 EEG 3.0 若通過，規劃太陽光電每年安

裝置限制為 2,500 MW，其中每年 500 MW 參與競標，其餘裝置量來自於小型太陽光電裝置。太陽光電之裝設以靠近公路與鐵路為原則，對於耕地與保護區的安裝設有限制。

由 4 次太陽光電競標結果顯示，得標金額持續下降，有助於再生能源投入市場競爭，然由於競標額度的限制，約有 6 到 8 成的投標裝置量無法被接受，第 4 期沒被接受之裝置量比例高達 76.3%。先期試驗分別採用兩種簽約金額，一種採用投標金額簽約，另一種採用最高得標金額與所有得標廠商簽約(uniform pricing)，然實驗結果顯示採用統一價格(最高得標金額)效果不佳，未來競標之簽約價格將依據投標金額與廠商簽約。

德國於 2016 年修正的再生能源法以導入競標制度為重點，主要考量競標制度有利於政府掌控再生能源的發展速度，進一步掌握電網的拓展。依據再生能源法規劃內容，投標廠商需繳交保證金，每年約 3-4 次競標，項目不可移轉。投標金額上限將事先公告，價格較低者將優先被接受。得標且成功裝設之再生能源裝置設備將依據其得標金額補助 20 年。此外，競標制度亦符合歐盟導入市場競爭的訴求，並對電力公司與德國鄰近國家的電力安全帶來改善。德國經濟與能源部相信，透過競標制度可使再生能源的成本接近經濟必要的水平。

(四) 能源效率、建築與運輸

德國聯邦政府之能源效率提升主要依據三個策略：(1)在建築領域持續推動提升能源效率；(2)建立能源效率之獲利與交易模式；(3)提升能源效率之自負責任制。透過德國國家能源效率行動計畫的各種措施，預計在 2020 年(未包含交通領域的各項措施)，初級能源的消費將可減少 390PJ 至 460PJ，並減少 2,500 萬至 3,000 萬公噸的二氧化碳排放量；而在 2020 保護氣候行動計畫中所提交的交通事業措施，可使初級能源消費再減少 110PJ 至 162PJ，進而減少 700 萬至 1,000 萬

公噸的二氧化碳排放量。

德國政府希望境內的建築物，不論是一般住家或是辦公大樓，在 2050 年前都可以達到氣候中和(climate-neutral)，德國目前建築的耗能約占全國整體最終能源消費的 40%，其中最大的部份就是供熱；因此，德國此項目標是相當的具有野心，其中包含了(1)建築部門每年提升能源效率 1~2%；(2)相較於 2008 年，建築部門供熱需求於 2020 年減少 20%；(3)初級能源消費於 2050 年減少 80%。為了達成上述目標，德國政府提出了多項的立即措施，包含了「擴展地方建築能源效率的能源諮詢服務」、「能源改革的財稅誘因」、「增加資金改善二氣化碳建築現代化計畫」以及「改善供熱效率評估計畫」。

四、 結論與建議

德國 GDP 約為我國 7.1 倍，人均 GDP 為我國 2 倍，經濟條件與狀況優於我國。然我國亦已實施多項節電措施，各項能源效率措施已與世界同步，近年來二氧化碳排放趨勢雖大致持平，惟節電邊際效益遞減，若欲爭取更多節電效益，需排除更多限制，將使節能支出大幅提高。

德國採用廢核政策，大幅度增加再生能源替補，已造成 2016 年住宅電價較 2011 年成長約 13.9%，如相較於 2000 年成長更超過 1 倍，電價約為我國的 3.2 倍。此外，到 2020 年，德國廢核之能源轉型支出將達 2,500 億歐元，近年來由於再生能源附加費增加，使工業電價節節上漲，對於電力密集產業，如鋼鐵、鋁業、紙業、水泥與化學等帶來不小的衝擊。我國為出口導向之經濟體，電力價格是影響產業競爭力的要素之一，仍需衡量以「成本有效」、「最低成本」之精神推動能源政策與溫室氣體減量行動。

德國國土面積較臺灣大 10 倍，且中部與北部地區多平原，適宜發展再生能源，且與鄰近國家電網連結完整，可減緩再生能源供電不穩定問題。我國地形多高山，國土僅 30%為平原，再生能源發展受

限。此外，我國能源 98%仰賴進口，且為孤島型獨立電網系統，地狹人稠，再生能源發展有限，與德國條件不同。儘管德國目前再生能源裝置量已接近其尖峰需求量，但多數再生能源無法作為基載穩定供電，仍需仰賴境內火力電廠支援，對於德國減碳形成挑戰。隨著再生能源發電占比逐步提高，德國未來必須依靠儲能系統建置以穩定供電，但目前儲能建置成本仍高，發展期程仍具不確定性。為確保再生能源發電可有效使用，德國電網的擴建是必要的，根據 2015 年的電網擴建需求規劃，德國到 2024 年需翻修及擴建共計 3,100 公里的境內傳輸電網。雖然德國電網擴增有能源線路擴增方案(Energy Line Extension Act)的支持，但仍受到德國民眾抗爭的影響。德國的用電需求集中於南部，於德國北部產生的大量風電，需經由內陸的電網系統傳輸至南部。原先規劃建置兩條高壓直流傳輸線路，做為北電南送的重要途徑，然而卻受到電網途經地區的民眾強烈反對，至 2016 年電網擴增完成進度僅 40%。礙於德國南北電網傳輸容量有限，經常發生電力壅塞，使得德國的電網營運商必須採取重調度(re-dispatch)措施來因應北部電力供應端無法輸送到南部用電端的狀況

德國雖然為電力淨出口國家，然透過與鄰國電力調度，電力進口量占其電力消費量仍有約 6.4%。德國最大電力進口能力 11GW，可藉由鄰國融通的電力容量占尖峰需求比重約為 13.25%。對比於我國的獨立電網型態，當電力供需吃緊時，無法及時由國外調度，其電力系統彈性操作型態完全不同。此外，德國由於再生能源快速發展與優先併網的規定，北部大量的風力發電無足夠的基礎設施於德國境內輸送至南部需求端，需仰賴鄰國電網輸送至德國南部，並以此減緩再生能源發展之電力調度問題。同時，德政府具有雄厚財政基礎，可因應廢核後所需投入的各項能源基礎建設。

總結來說，德國之整體能源轉型政策可做為我國政策擬定之參考，然由於自然條件、地理位置與經濟環境的差異，且各類能源的來源多寡、穩定與否，使用特性、價格及對環境影響都不相同，我國整體能

源配比仍需考量各種能源之優點，朝多元且適當的能源結構發展，才能提供民眾與產業一個穩定、不短缺、付得起、少污染的能源供給環境。

五、參考資料

- [1]. Statistisches Bundesamt, 2016.
<https://www.destatis.de/EN/Homepage.html>
- [2]. EUROSTAT energy statistics, 2015.
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
- [3]. AG Energiebilanzen e.V. (AGEB)-Energieverbrauch, 2018.
<http://www.ag-energiebilanzen.de/4-1-Home.html>
- [4]. ENTSO-E, 2015. Statistical Factsheet 2014,
<https://www.entsoe.eu/publications/general-publications/statistical-factsheet/Pages/default.aspx>
- [5]. Fraunhofer ISE, 2015. https://www.energy-charts.de/power_inst.htm
- [6]. AG Energiebilanzen e.V. (AGEB)-Strommix, 2015.
<http://www.ag-energiebilanzen.de/4-1-Home.html>
- [7]. Fraunhofer ISE, 2015. <https://www.energy-charts.de/exchange.htm>
- [8]. Renewable Energy Institute, 2018. Germany is a net exporter of electricity, even to France. 2018/3/2.
<https://www.renewable-ei.org/en/activities/column/20180302.html?fbclid=IwAR2YC8EIIItI3yLfCn-U9sP-ltMXqjSTkDv8sp98ZiB1gtQAz-bOyePHHSK0>
- [9]. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), 2014. Strompreisanalyse,
https://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Suche?open=&l=DE&ftq1=BDEW-Strompreisanalyse

- [10]. Federal Environment Agency (UBA), 2017.1.30 ◦
<http://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/2015-greenhouse-gas-emissions-indicate-a-slight>
- [11]. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2015. Second Monitoring Report “Energy of the future”.
- [12]. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB), 2016. Climate Action Plan 2050 (Klimaschutzplan 2050).
http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf
- [13]. World Nuclear Association (WNA),
2016.<http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/germany.aspx>.
- [14]. Renewables International, 2016. 1.8. Third PV pilot auction in Germany completed,
<http://www.renewablesinternational.net/third-pv-pilot-auction-in-germany-completed/150/452/92590/>
- [15]. SeeNews.Renewables, 2016. 4. 11. Bidding price drops again in Germany's 4th solar auction,
<http://renewables.seenews.com/news/bidding-price-drops-again-in-germanys-4th-solar-auction-520499>