

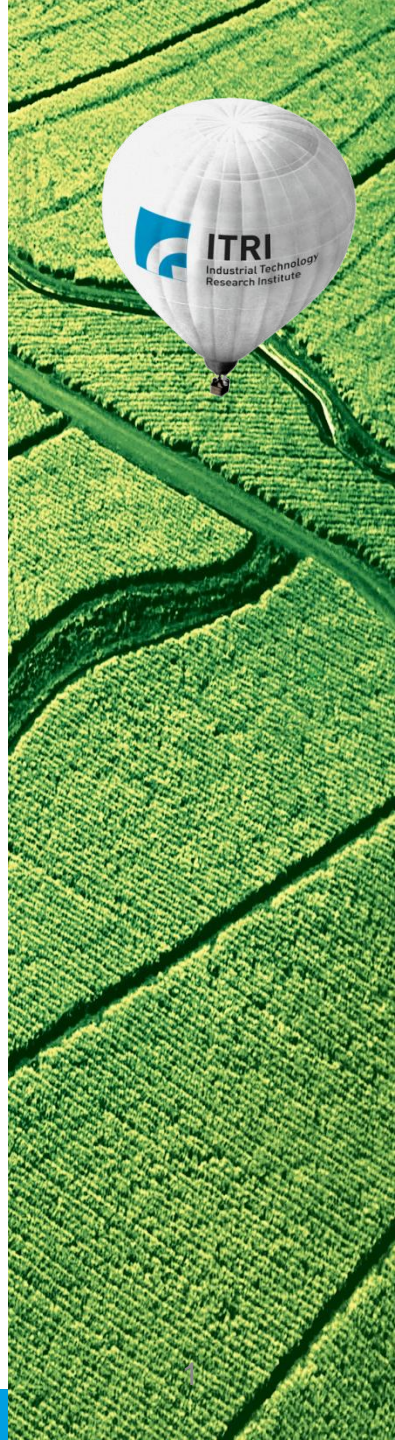
德國能源轉型的啟示： IRENA 觀點



溫珮伶

工業技術研究院 綠能所

2015.12.23



IRENA簡介

- 國際再生能源組織(International Renewable Energy Agency; IRENA)
- 於2009年在德國波恩成立。
- 旨在推動與促進再生能源之利用，現有144個成員組織及政府，和31個要成為會員的簽署國/申請國。
- 計畫成為與國際能源機構和國際原子能機構並列的國際性能源組織。
- 該機構向已開發國家和開發中國家提供建議，幫助它們降低對化石燃料依賴程度和推動太陽能、風能、水能及地熱能等可再生能源的發展；同時，還積極促進再生能源技術向相關資源豐富的開發中國家轉移。該機構持續發表關於再生能源的研究報告(例如：Renewable Energy Capacity Statistics 2015; REmap 2030: A Renewable Energy Roadmap)。
- 2015年推出再生能源全球地理資訊查詢系統app「Global Atlas pocket」。



綱要

- 德國能源轉型政策、市場結構與成果

- 德國再生能源發展重要事件
- 再生能源應用成就主要在電力部門
- 德國的能源政策改革
- 社會經濟(非能源)觀點的能源轉型
- 德國電價結構
- 電力市場改革
- 再生能源的供熱製冷應用(建物部門)
- 再生能源在工業部門的利用
- 再生能源在運輸部門的利用
- 能源效率
- 氣候保護
- 考量供給安全的能源轉型政策
- 德國能源轉型成就彙整

- 德國再生能源發展在歐洲和全球的定位

- 德國再生能源發展在歐洲的定位
- 德國再生能源發展在全球的定位

- 德國能源轉型的啟示

- 德國能源轉型的爭議
- 德國能源轉型的啟示

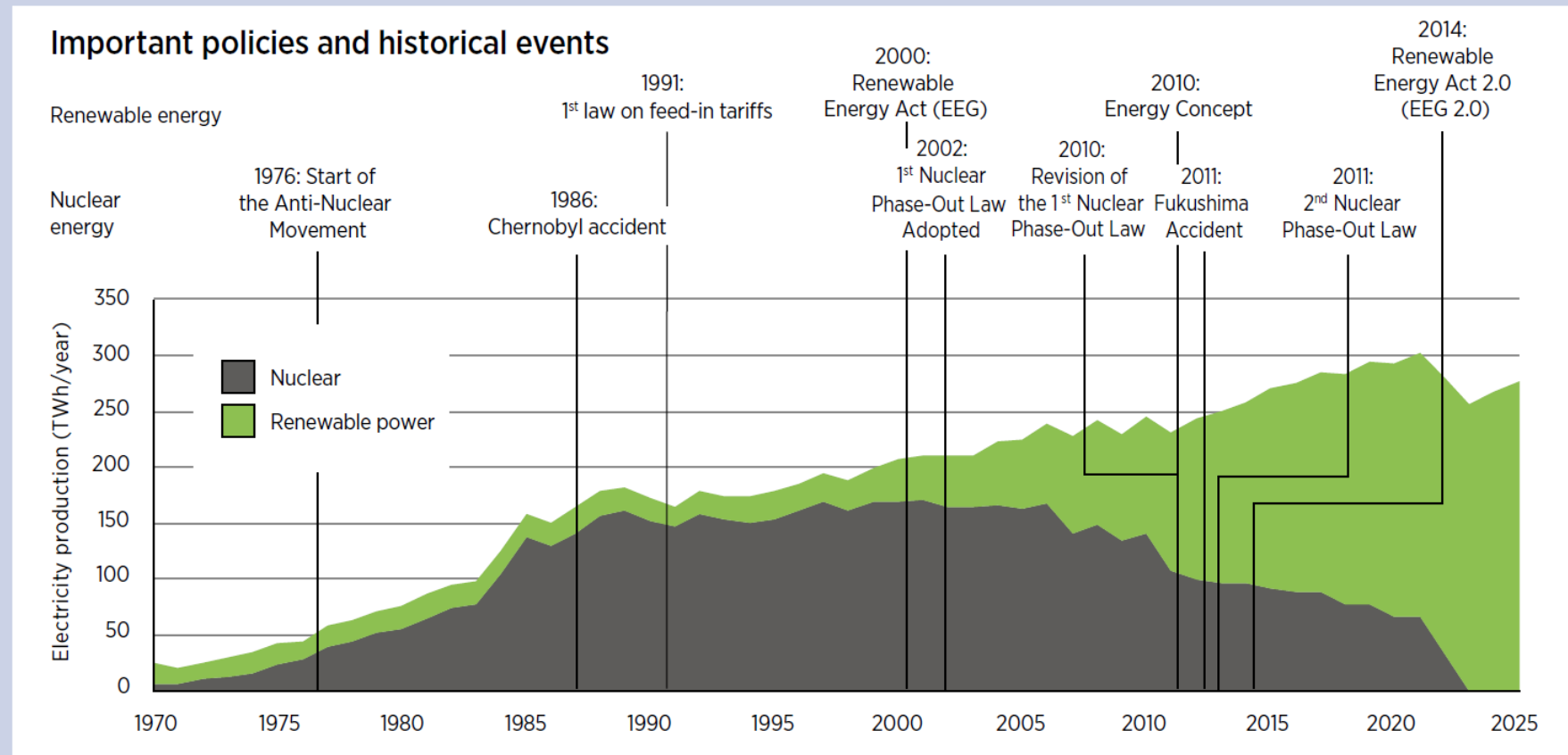
德國能源轉型政策、市場結構和成果

前言

- 長期凝聚發展再生能源之共識：回溯至1970年代，歷經長時間廢核爭議。
- 德國致力於轉換能源系統(Energiewende)：方法有積極發展再生能源，以及強調能源效率。
- 政策驅動力：氣候保護、能源安全、產業發展、就業、核電退場。
- **永續發展的能源政策：一個完整的環境、社會正義和健康、強大的經濟體。**
- 能源轉型成果：
 - 再生能源政策和氣候政策成果豐碩。(ex: FiT, 再生能源法)
 - 2014年再生能源電力達161TWh，近全國電力需求27%。(2000年約6%)
 - 創造超過371,000就業機會。
- EEG 2.0目標：
 - 繼續積極發展再生能源在各部門的使用(建物部門、工業部門、運輸部門)
 - 再生能源逐步回歸市場競爭機制(能源密集產業具有國際競爭力)
 - 再生能源財政負擔改革
 - 擴展並建立現代化的電網，強化與歐盟國家的電力市場整合

德國再生能源發展重要事件

Figure 2: Nuclear and renewable electricity generation and major events, 1970-2025

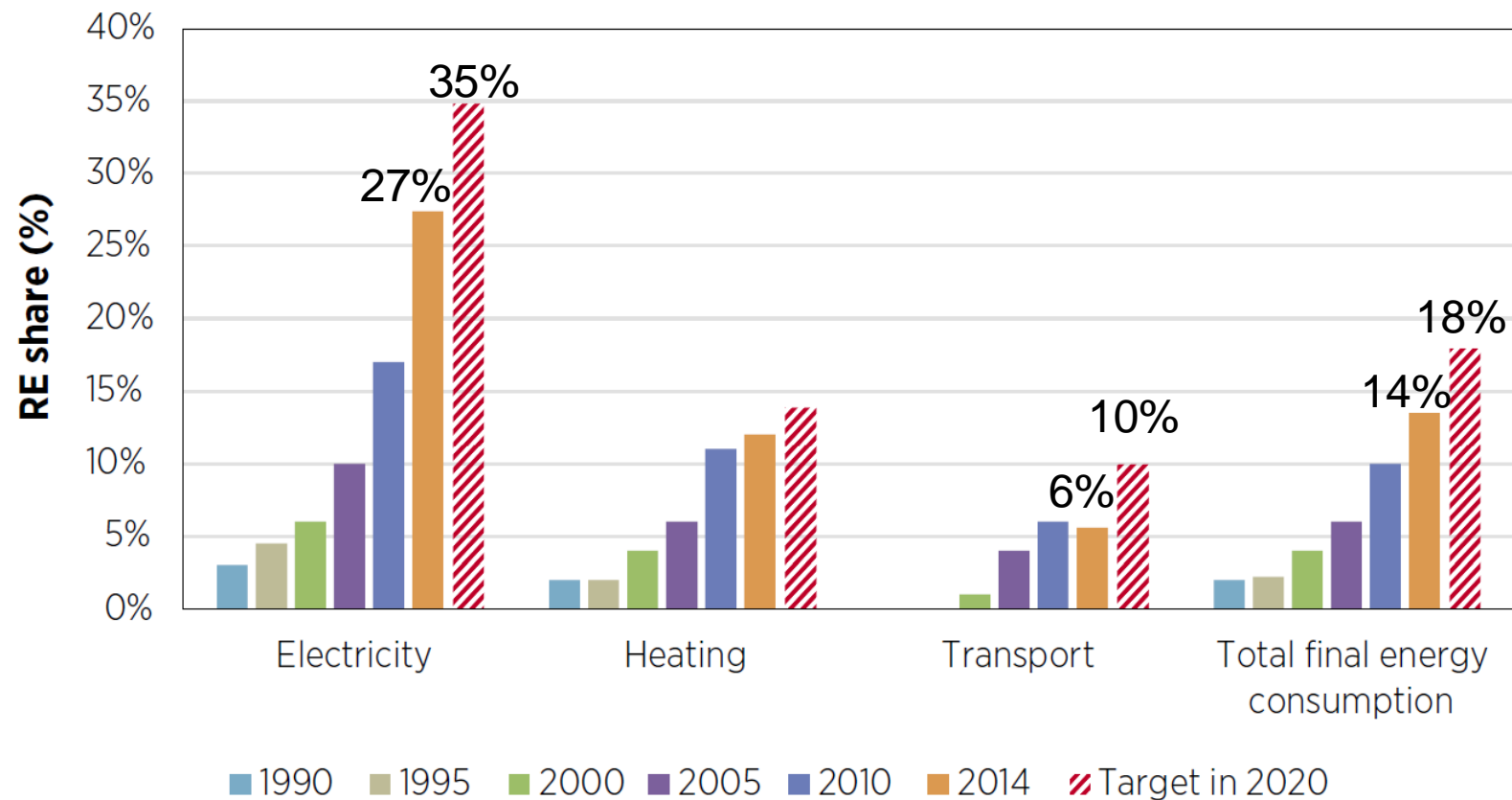


Source: Adapted from Agora, 2015

- 取代核電的手段：再生能源發電與能源效率提升。
- 再生能源發展成果
 - 2014年再生能源發電已達電力需求的27%；
 - 在2015年上半年，再生能源發電占比達30%。
- 能源效率的提升成果
 - 2008年至2014年能源生產力的年平均成長率為1.6%。
 - 較其能源概念(Energy Concept)中的目標2.1%來的低。
- 減緩氣候變遷成果
 - 相較於2013年，德國2014年溫室氣體排放減少了4.3%，與1990年的溫室氣體排放比較，更是大幅減少了27%。

德國再生能源發展成就主要在電力部門

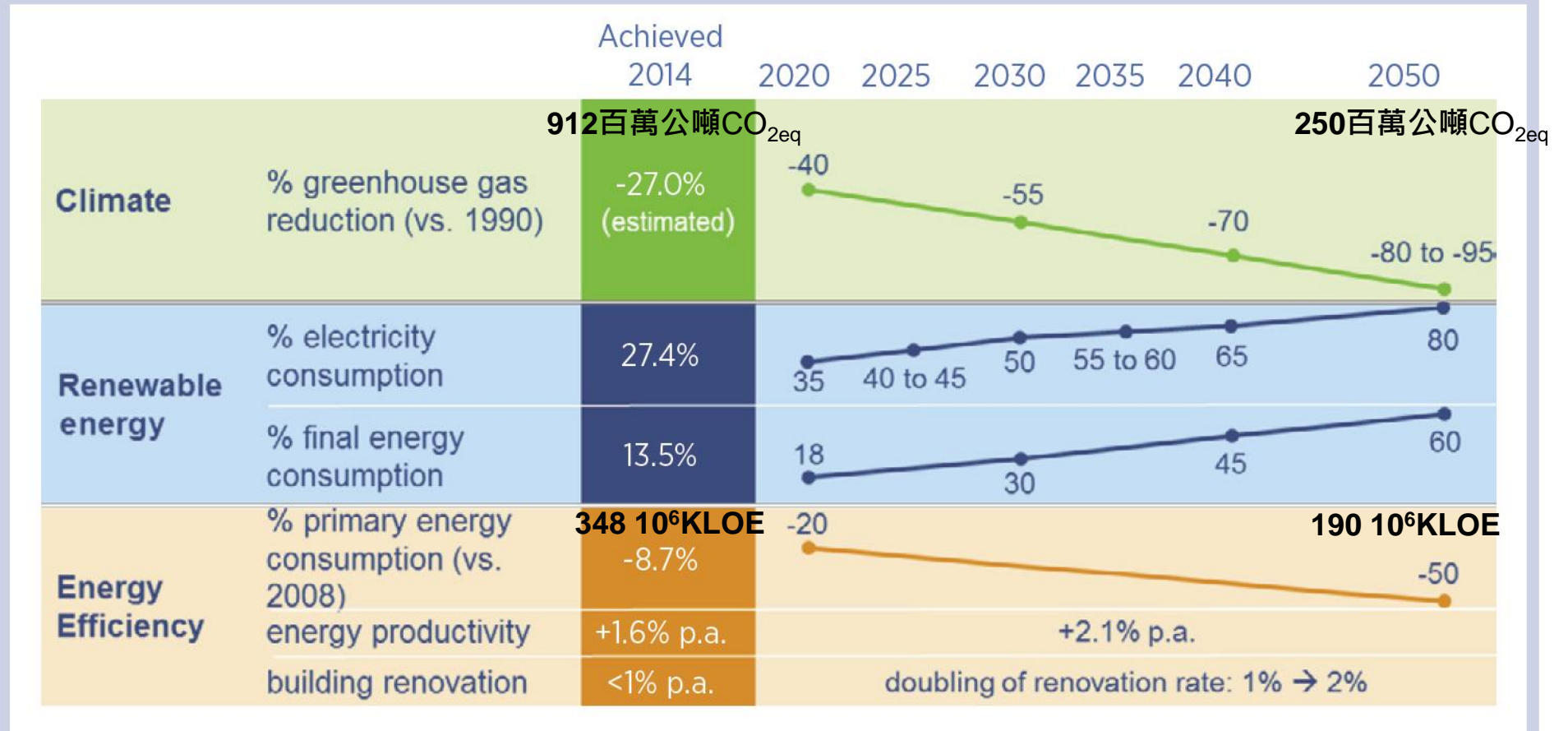
Figure 3: Renewable energy share of Germany's final energy consumption, 1990-2014 and targets for 2020



- 電力部門中，2014年約占27%，預估2020年可達35%。
- 運輸部門中，2014年近6%，預估2020年約10%。
- 最終能源消費，2014年約14%，2020年可達18%。

德國的能源政策改革(1/2)

Figure 4: Renewable energy, energy efficiency and climate targets in Germany



1990年溫室氣體排發
1249 百萬公噸CO_{2eq}

2008年初級能源消費
383 百萬公秉油當量

Source: Based on BMWi, 2014b, w

我國INDC 目標 (2030年) :

溫室氣體排放量約 **240±20 百萬公噸 (BAU減量50%)** 、

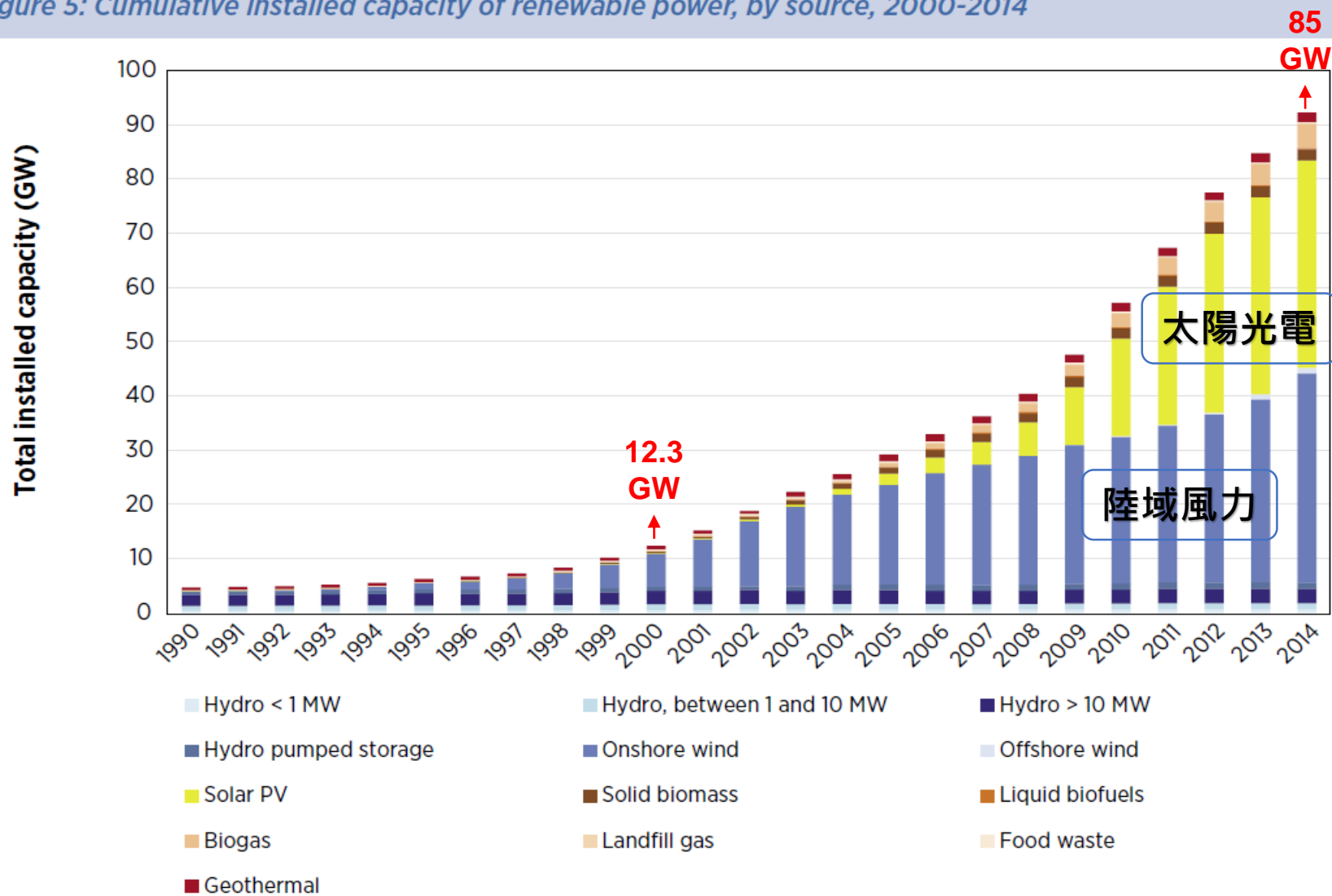
能源消費成長率從**1.6%降至0.32%**、**電力成長率2.37%降至1%**)

德國的能源政策改革(2/2)

- 能源改革主要法源
 - 2010年Energy Concept (規劃至2050年)
 - 2014年EEG 2.0
- 能源與氣候政策
 - 目標兼顧永續環境、經濟發展、能源多元。
 - 強調能源消費和產業發展是在對環境友善的前提下。
 - 長期規劃至2050年
 - 明確且積極的政策執行路徑。
 - 德國政府每年須投入經費150-200億歐元(約7000億台幣)，直到2050年。
- 政策執行方針
 - 汰換能效差的火力發電廠機組
 - 更加積極發展再生能源(建物/工業/運輸部門)
 - 強調能源市場整合(電力傳輸網、價格機制、結合地域優勢跨區/國整合)
 - 發展風能為達成氣候保護目標關鍵
 - 智慧用電和儲能設備
 - 建築物能效提升
 - 設備效率提升
 - 優先考慮成本有效的新能源技術

德國再生能源累積裝置容量

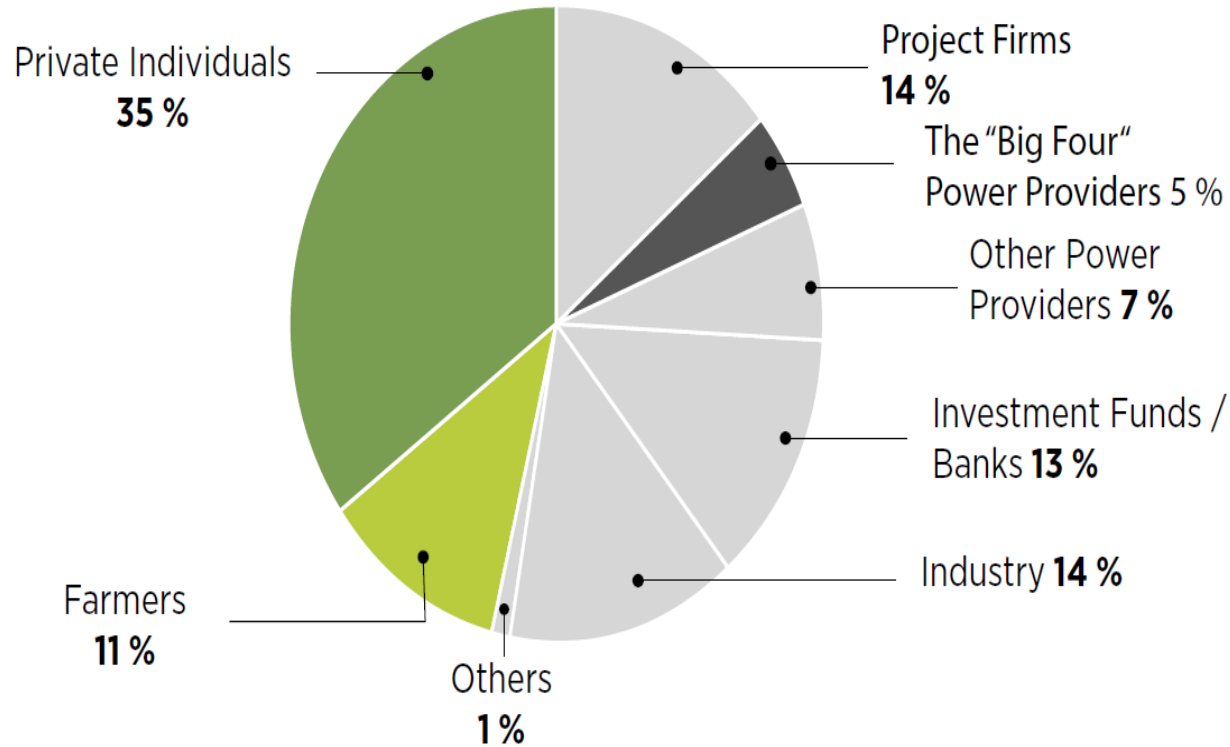
Figure 5: Cumulative installed capacity of renewable power, by source, 2000-2014



- 創造再生能源投資的安全環境 (investment security) 。
 - 1990年提出FIT
 - 2000年提出EEG (Renewable Energy Act)
 - 2010年提出Energy Concept
 - 2014年提出EEG 2.0
- 陸域風力和太陽光電是主力，其次為各種生質能。
 - 德國政府希望未來每年陸域風力與太陽光電的裝置容量可以控制在2.5GW，針對離岸風力則希望可以在2020年達成6.5GW的裝置容量，並在2035年裝置容量達15GW。
- 風能產業的市場完整，包括基礎設施、專業人才訓練、金融服務。
 - 民眾有發展共識(雖然也有鄰避效應)。

社會經濟(非能源)觀點的能源轉型

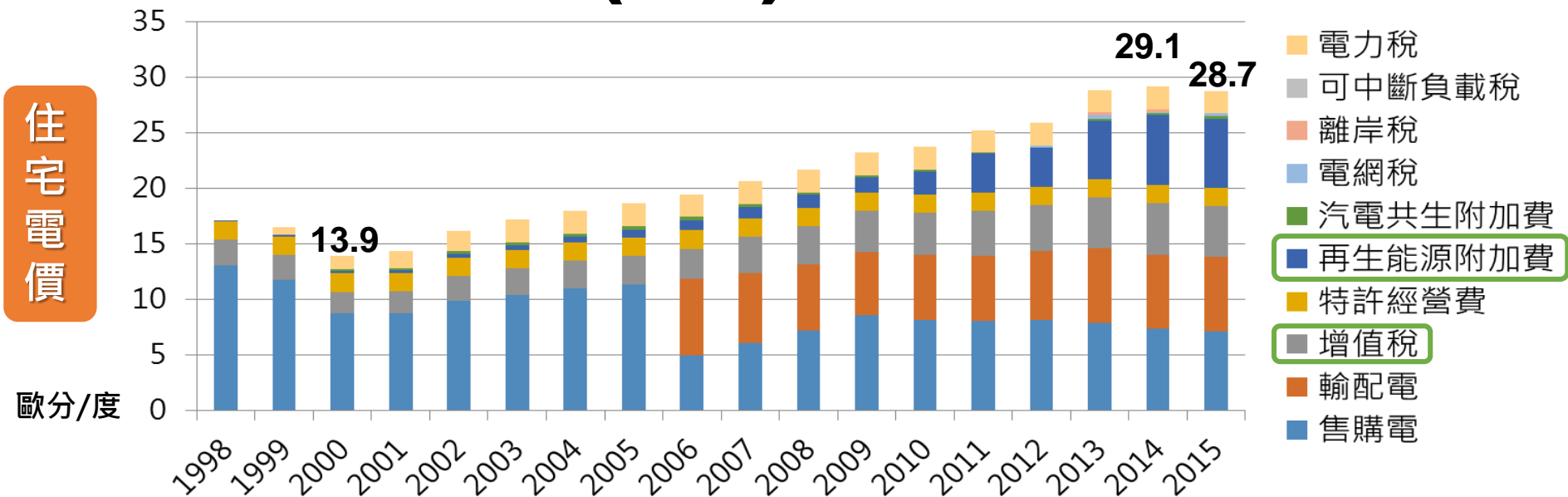
Figure 8: Ownership structure of renewable power capacity in Germany



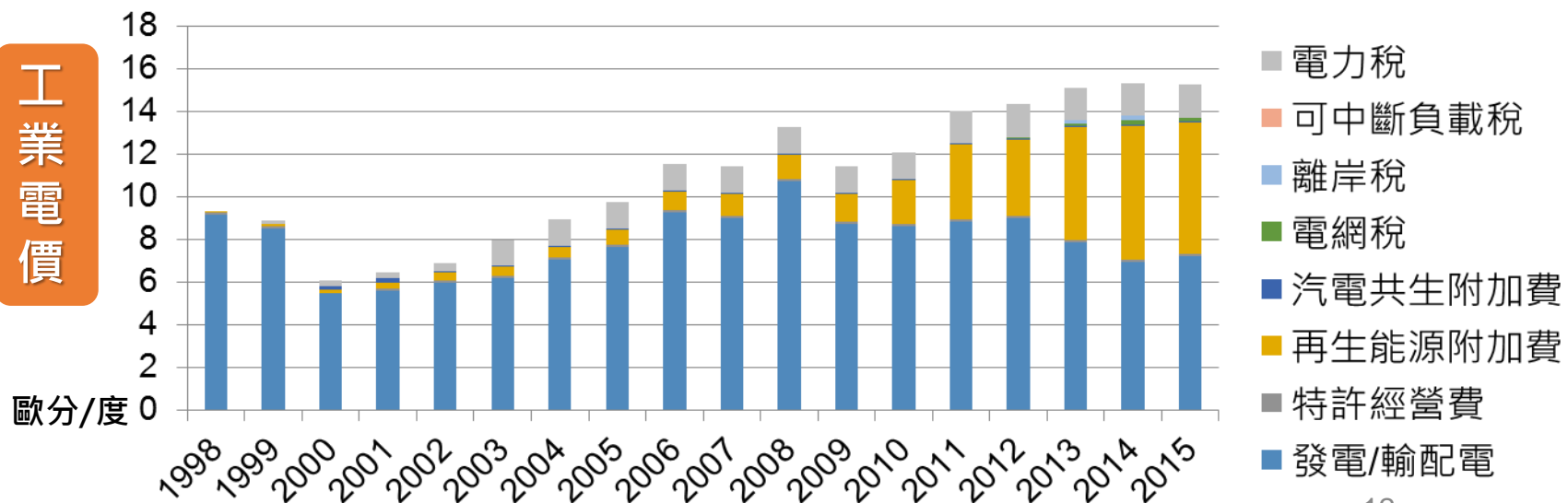
Source: BEE, 2014

- 再生能源設備所有權結構
 - 分散式(公民參與)供電
(德國能源轉型的主要驅動力：廢核和環境保護的意識)
 - 再生能源設施的規劃、興建、營運在地化
- 能源自給自足逐漸增加
 - 德國許多企業為了滿足自身的電力與熱能需求，建置了汽電共生廠，此外，一般的商家或是住家亦透過再生能源的建置，來滿足自身能源的需求，2014年德國預估自產自用的電力約達497億度，預估在2015年將進一步上升為516億度。
 - 2015年開始FIT實施競標制(取消固定費率)，競標保證金與核可制度對中小企業、個體戶是否會造成障礙，尚待觀察。

德國電價結構(1/3)



- 用電價格自2000年以來一直上漲，幾乎沒有中斷，主要是由於稅收及必須對於再生能源發電的補貼支出不斷增加所致。
- **近年電價約50%為稅費**
- 為保有能源密集產業的國際競爭力，免除徵收再生能源附加費。



註：住宅用電年均消費3,500度估算。
資料來源：BDEW-Strompreisanalyse

德國電價結構(2/3)

- **可信賴具穩定的能源政策有助於再生能源產業發展**(包括願意投資、願意融資)；反之，朝令夕改的能源政策會奠高再生能源的發展成本。
 - 再生能源技術成熟會導致成本下降，政府明確鼓勵布建，有助於技術研發步伐加速。
- 綜觀德國住宅電價的歷史變化趨勢，其成長的主要原因如下：
 - 化石燃料成本上升：在2000~2009年，由於國際化石燃料成本的上升，使德國電廠的發電/輸配電成本大幅增加，從2000年的8.62歐分/度(新臺幣3.28元/度)，至2009年成長為14.12歐分/度(新臺幣5.37元/度)，約成長64%。
 - 再生能源附加費的快速成長：在2000~2014年，德國「再生能源附加費」(Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG)的逐年提高，從2000年的0.2歐分/度，至2014年成長為6.24歐分/度(約新臺幣2.25元/度)，成長約31倍。
 - 增值稅的提高：於2000年至2006年間，德國住宅電價之增值稅率為16%，然而，自2007年1月起，德國調漲住宅電價之增值稅率為19%。

再生能源附加費2015年首次下降

2011年	3.53歐分
2012年	3.592歐分
2013年	5.277歐分
2014年	6.24歐分
2015年	6.17歐分

德國電價結構(3/3)

- 再生能源附加費
 - 2014年前，再生能源附加費不斷上升，係因太陽光電於2010-2012年間大量佈建，新增量每年約7GW。
 - **預期在2022-2023年間再生能源附加費會到最高價位7.5歐分/度**，因到2023年將大力發展離岸風機，該昂貴投資將致附加費提高(Agora, 2015)。
 - 過去德國境內自產自用的電力並不需要繳納再生能源附加費，隨著**2014年再生能源法案的修正**，目前自產的電力消費亦需要繳納100%的再生能源附加費，而針對汽電共生或再生能源發電的用戶，在2015年則需要繳納30%的再生能源附加費，並在2016年與2017年將占比提高至35%與40%。
- 德國民眾願意接受**高電價**的原因：
 - 民眾可**自由選擇**電力供應商，最大價差可達40%。(2015年9月，漢堡居民 53種費率可選，在同樣消費3500度電力下，電費帳單每年872-1255歐元不等(約3.1 - 4.5萬元新台幣))
 - 德國消費者平均電力需求低於歐洲約10-15%，且**2006年後電力需求持續降低**。
 - **民意支持**，民眾普遍願意支付。

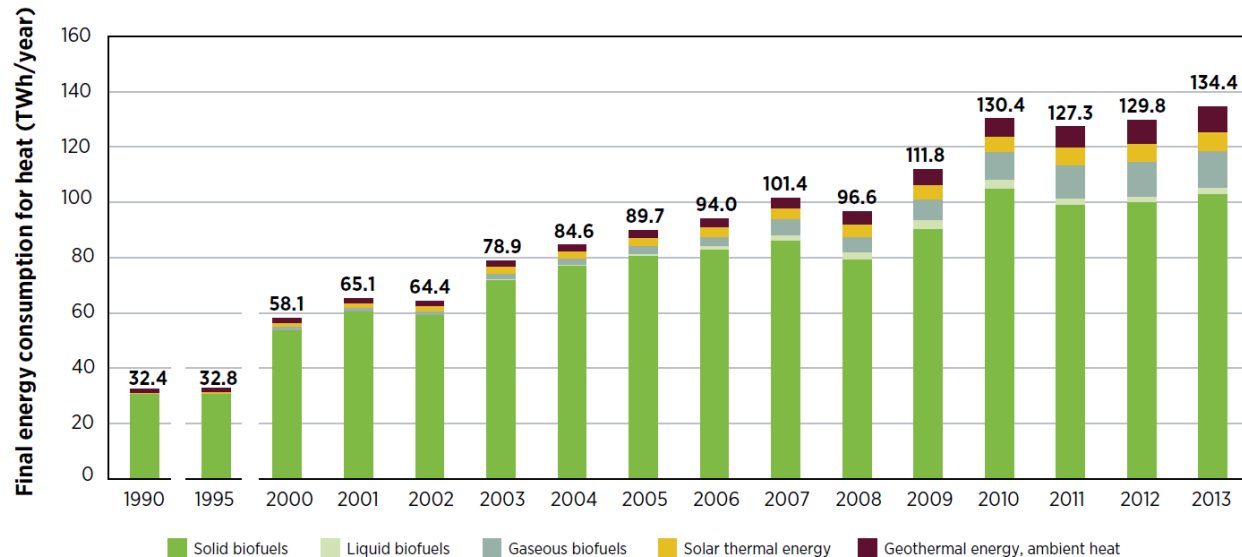
建築物部門的再生能源供熱製冷應用

- 建築物部門的供熱製冷，再生能源占總能耗11%。
(2010年後成長趨緩)
 - 其中，生質能約占85%
- 相關政策
 - 新建物規範：2009年Renewable Energy Heat Act
 - 建物整修：1999年Market Incentive Program (目標：增加建物中再生能源耗用2020年占能耗14%)

永續能源概念的建物整修補助

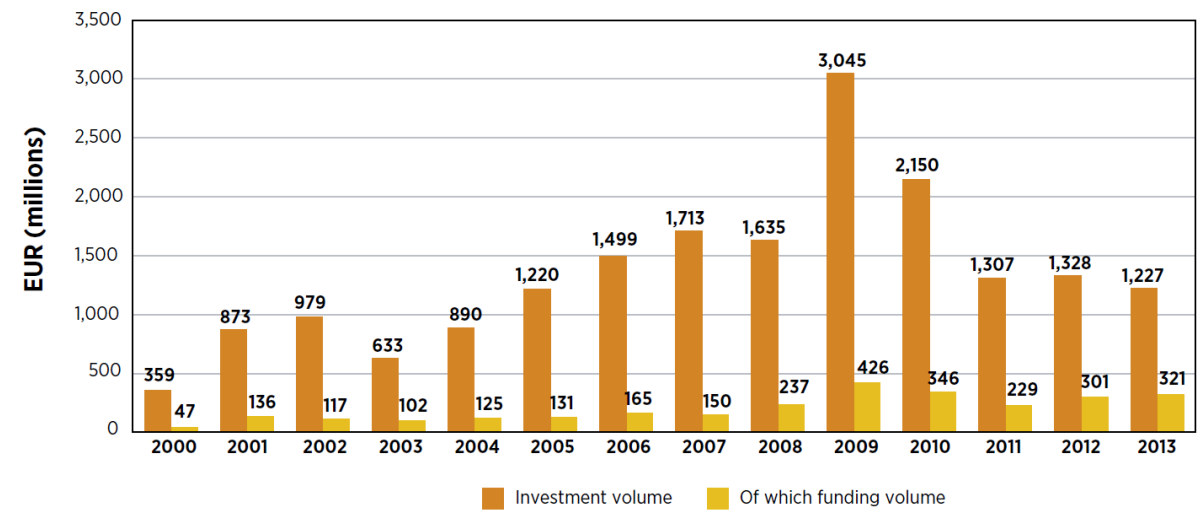
權責單位	補助對象	措施
German Development Bank (KfW)	工商業和政府機關	降低貸款利率
Federal Office of Economics and Export Control (BAFA)	家戶	建物整修補助金

Figure 14: Development of renewables-based heat consumption in Germany



Source: BMWi, 2014b

Figure 15: Renewable energy support in the heating sector under MAP, 2000-2013



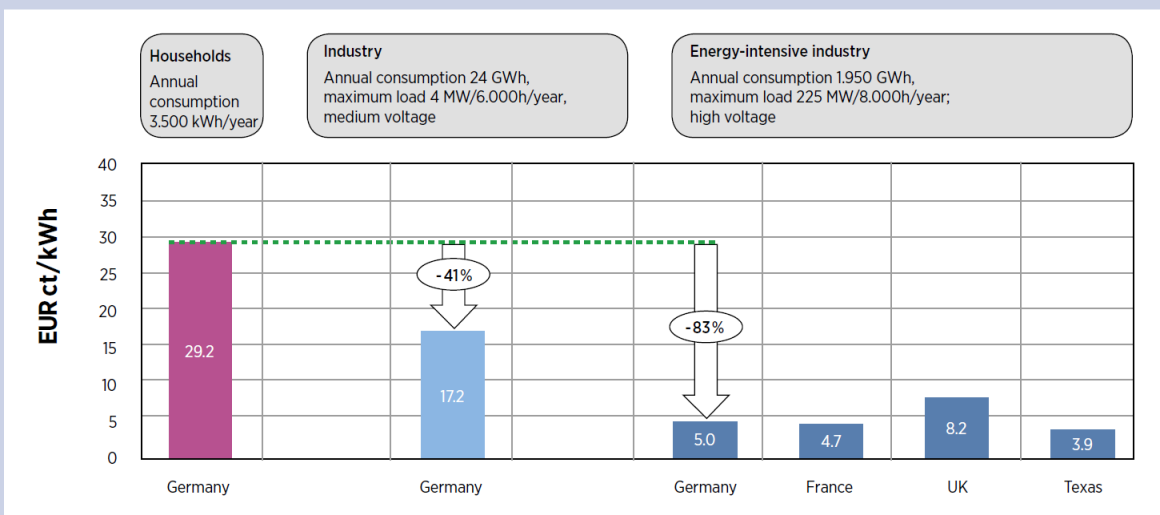
Source: BMWi, 2014b

Funding volume = KfW and BAFA financial support

再生能源在工業部門的利用

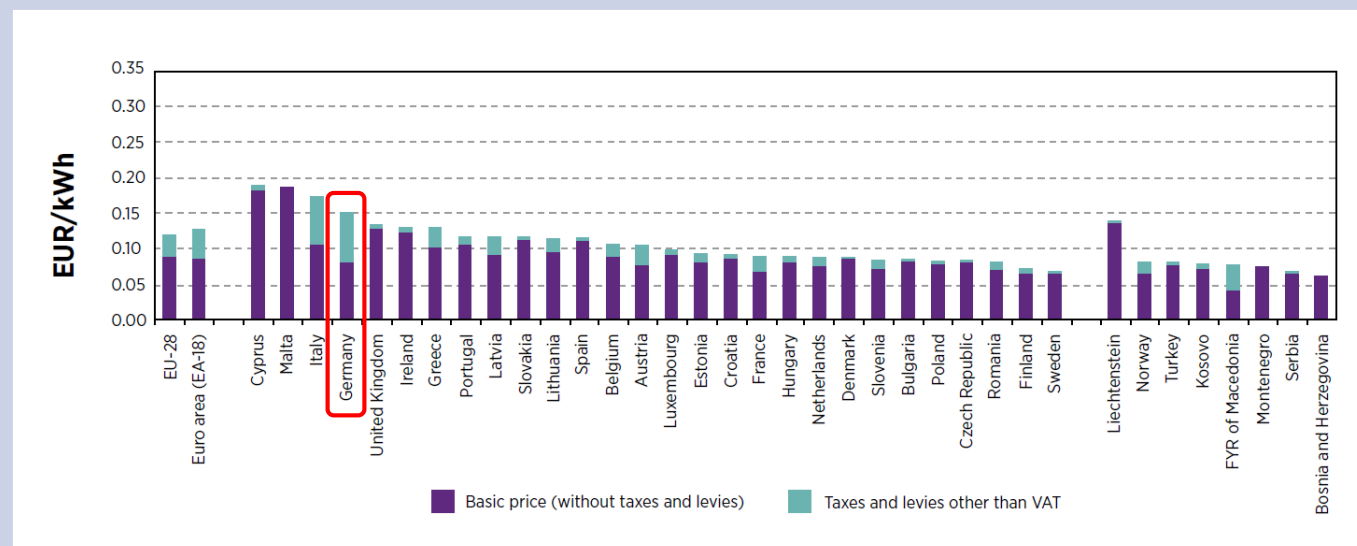
- 過往德國工業部門注重能源效率，忽略了再生能源發展。
- 為維持能源密集產業的競爭力(如：化材業)，免除徵收能源相關的稅費，享有低的電價。
- IRENA主張再生能源能提高**供應安全**和減少化石燃料市場價格波動的影響，亦認為發展再生能源設備所減的碳可在EU ETS進行交易。

Figure 16: Average electricity prices for households and industrial consumers, selected countries, 2013



Source: Agora, 2015b

Figure 17: Electricity prices for industrial consumers, selected countries, second half of 2014



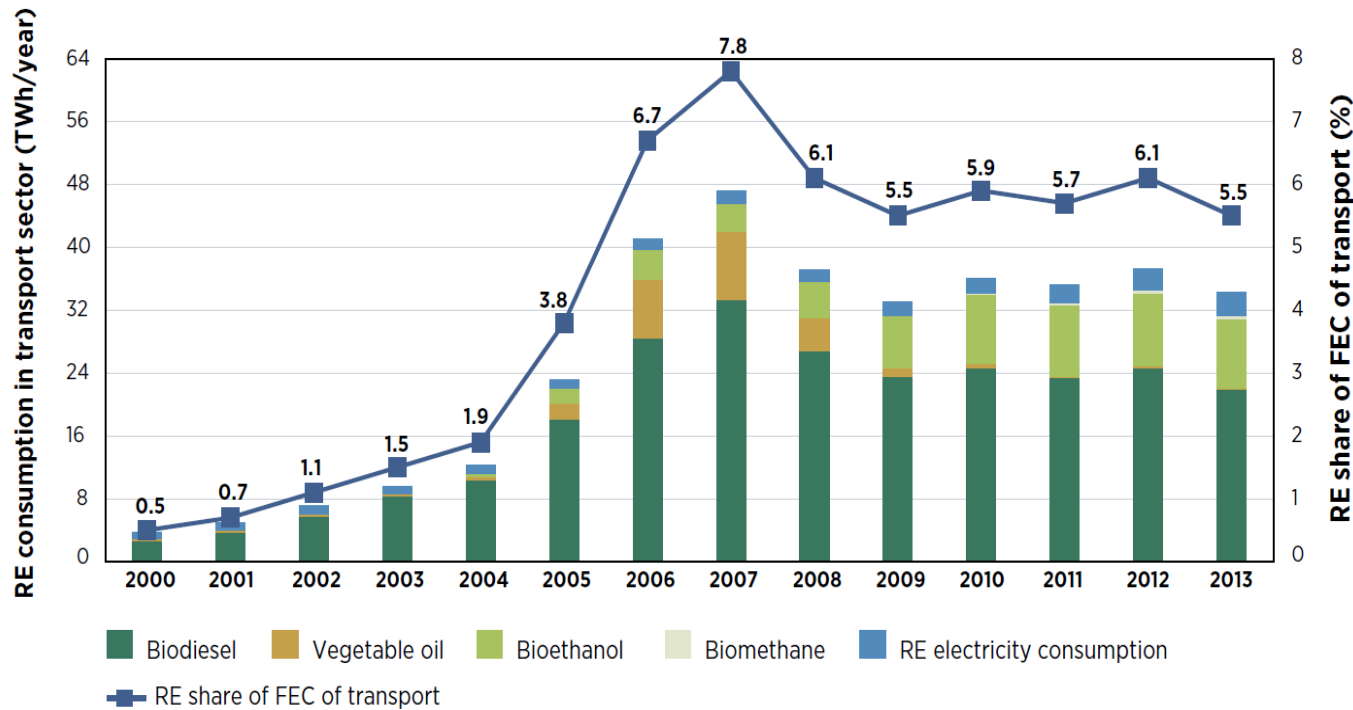
Source: EUROSTAT, 2015

Note For industrial consumers with annual consumption of between 500 and 2 000 MWh
Basic price = Energy and supply and network costs

再生能源在運輸部門的利用

- 背景：
 - 汽車工業在德國發展歷史悠久，在全球擁有很強的競爭力和創新力，僱用近1百萬人。
- 相關政策
 - 2010年Biofuels Quota Act
 - 2015年Climate Protection Quota
- 生質燃料在2007年前成長快速，但在2007-2014年間平均每年減少1%。
- 生質燃料發展阻力：生質能永續爭議
- 冰島、瑞典與**德國**是少數使用沼氣在運輸部門的國家。
- 鼓勵電動車
 - 目標：2020年電動車總量達1百萬台；2030年6百萬台。
 - 購買2011/3/18-202012/31期間購買電動車，五年免稅。
 - 佈建充電基礎設施

Figure 18: Renewable energy use in Germany's transport sector, 2000-2013



Source: BMWi, 2014b

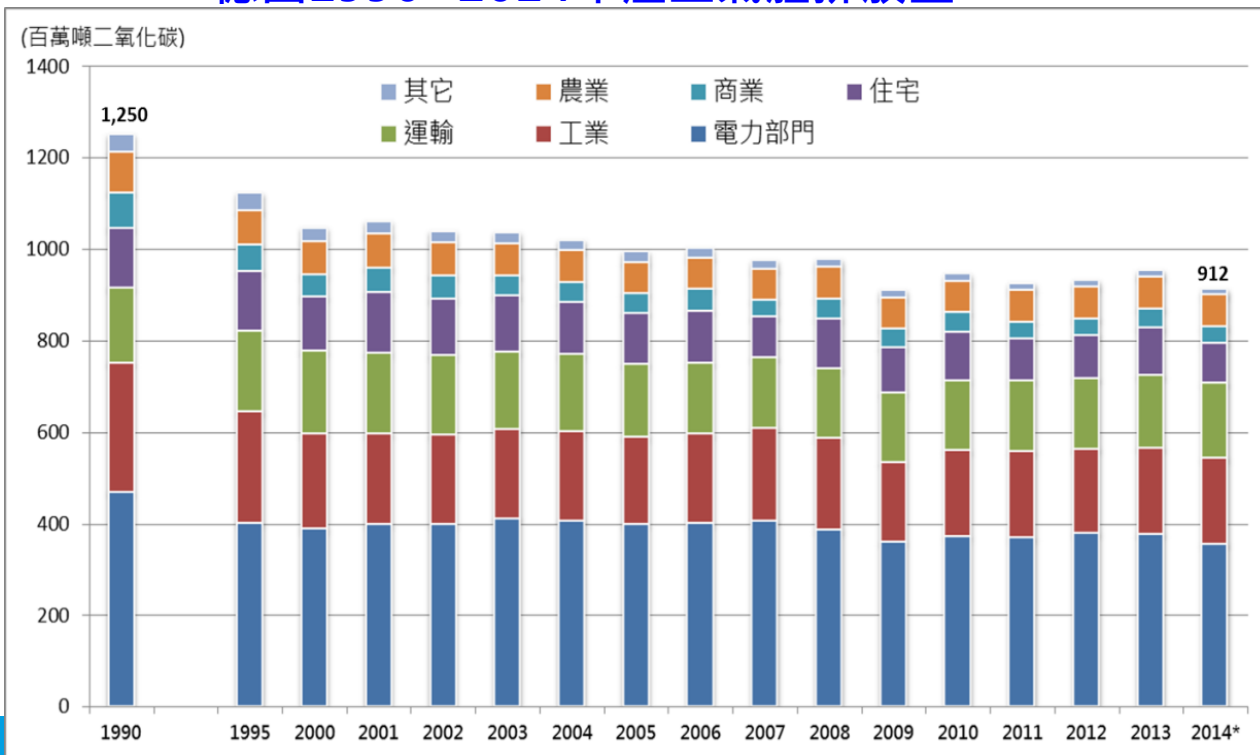
能源效率

- 除再生能源發展，**能源效率提升**也是德國能源轉型的關鍵策略之一。
- 能源**管理系統**和能源**稽查**有利於挖掘能效潛力。
- 各部門的能效目標
 - 建築物部門：既有建物若無法建置再生能源設備，則提高能效標準。
 - 運輸部門：相較於2005最終能源需求水準，2020年降低10%，2050年降低40%。
 - 電力部門：相較於2008電力消費水準，2020年降低10%，2050年降低25%。
- 國家能效目標
 - 德國2008年至2014年能源生產力的年平均成長率為1.6%，較其能源概念(Energy Concept)中的目標2.1%來的低。
 - 德國政府在2014年12月提出了國家能源效率行動計畫(National Action Plan for Energy Efficiency)，希望可以進一步改善國家整體的能源效率。

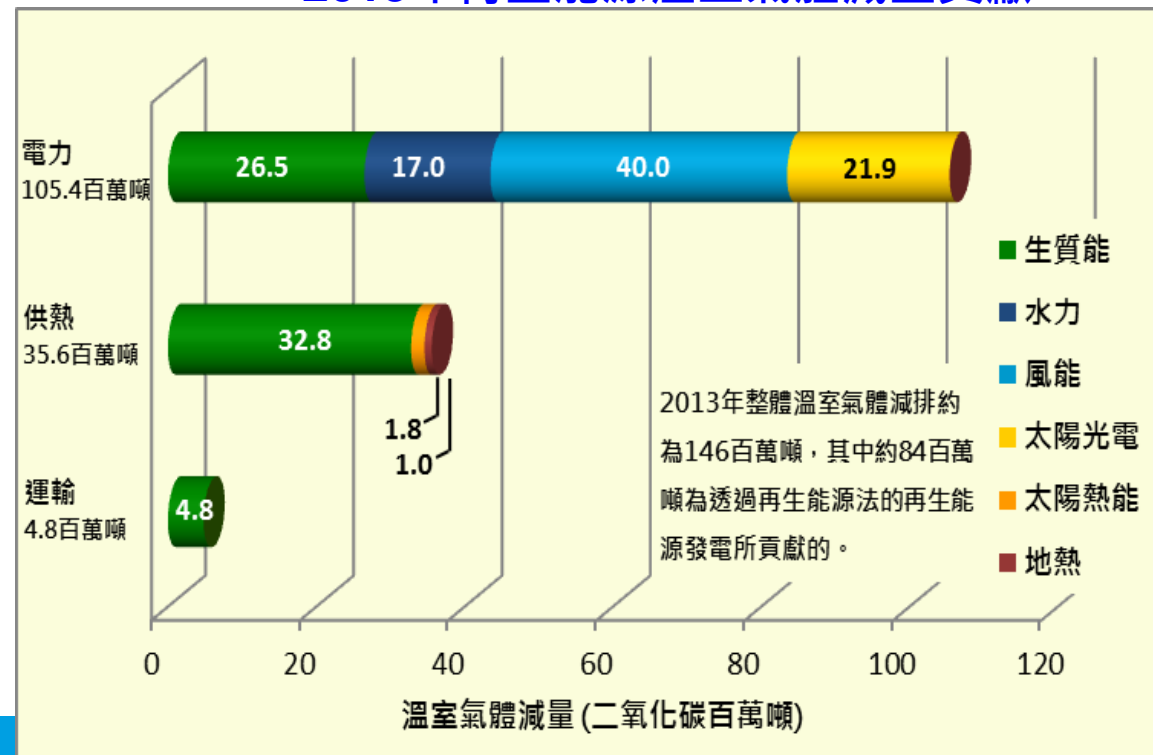
氣候保護(1/2)

- 德國政府的溫室氣體排放減量目標有助於歐盟的能源和氣候政策的執行。
- 德國希望在2020年可以達到溫室氣體排放較1990年減量40%的目標，2030年減量55%。
- 2013年因利用再生能源，避免近146百萬噸CO_{2eq}排放。
- 德國在2014年12月發布「2020氣候行動計畫」，希望可以進一步降低國家整體的溫室氣體排放。

德國1990~2014年溫室氣體排放量



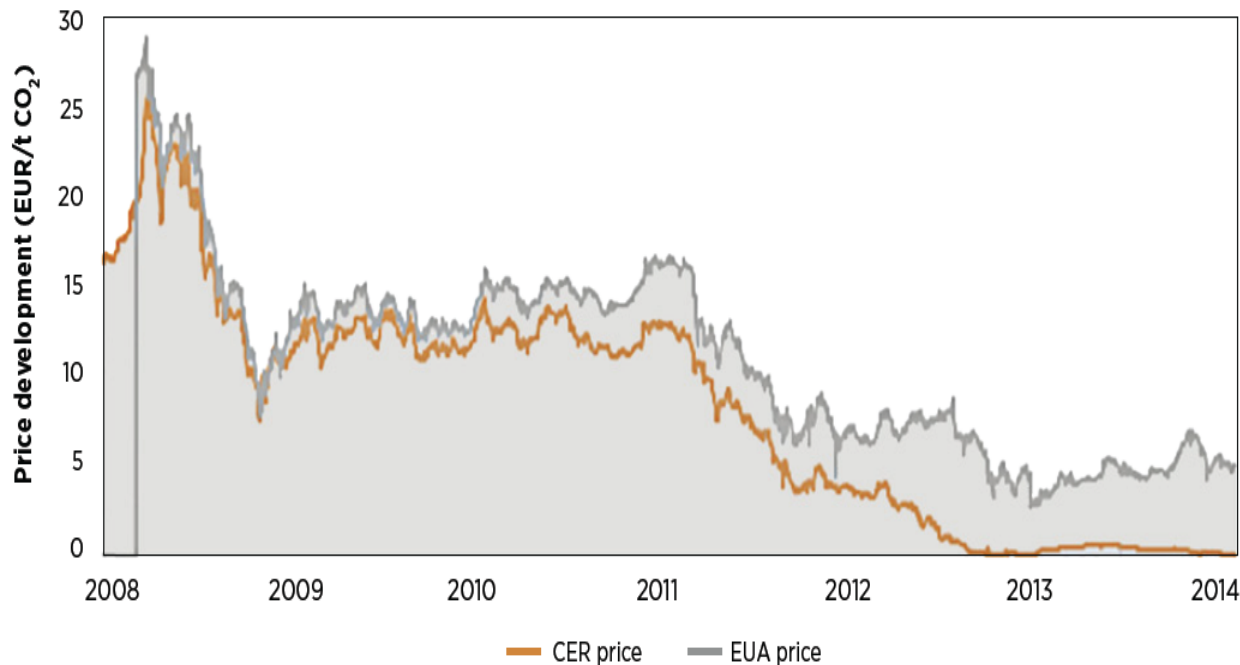
2013年再生能源溫室氣體減量貢獻



氣候保護(2/2)

Figure 21: Price development of Clean Development Mechanism offsets and EU Emissions Trading System credits, 2008-2014

碳交易價格



Source: Carbon Market Watch, 2015

Note: Clean Development Mechanism = CER price

EU Emissions Trading System Credits = EUA price

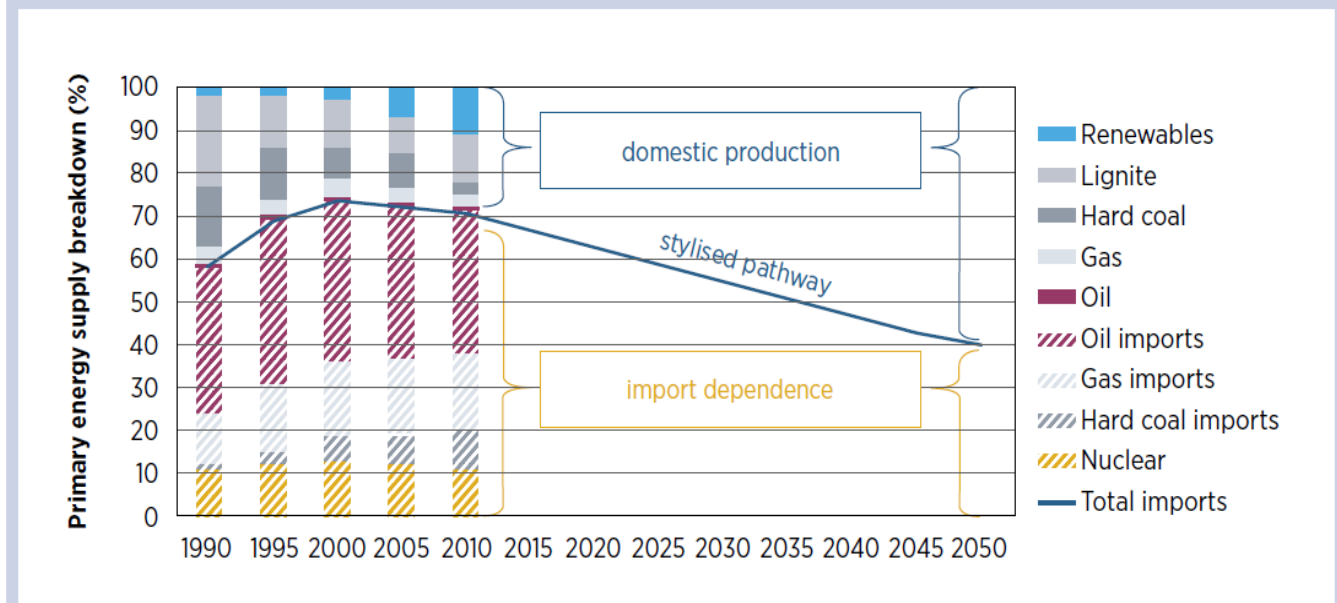
- 碳價機制
 - 有利於創造低碳技術的投資環境
 - 讓企業生產更有效率，以減少碳排；讓注重低碳生產的企業維持競爭力。
- 低碳價(目前EUA約每噸€7)，不利於歐洲長期的氣候政策目標及汰換碳排放密集的基礎設施 (Carbon Market Watch, 2015)
- 碳價格低的原因：
 - 沒有經濟危機時，每年允許的碳排量限制高於BAU, 導致企業甚至可以增加碳排放
 - 經濟危機時，生產活動減少，用電需求降低，歐盟整體碳排放量減少。但即使經濟復甦，碳排放量應該也不會創新高。(從1990年到2011年，歐盟經濟成長45%，碳排放量減少18.3%)

考量供給安全的能源轉型政策

- 德國 **永續發展的能源轉型** 要確保能源供給安全，有效的環境和氣候保護、提供經濟可負擔的能源技術。
 - 長期保有其製造業的**競爭力**
- 積極發展再生能源的原因
 - **取代核電**
 - **提高能源自主性，降低進口依賴**
 - 2011年化石能源進口成本850億歐元，為當年度GDP3.3% (1995年僅GDP0.8%)。而因再生能源發展和能效措施節省了化石能源進口成本310億歐元。
 - 預期化石能源生產成本將來會增加。
 - 減少溫室氣體排放
 - 環境友善與氣候保護

德國能源進口依存度發展

Figure 23: Import dependency as a share of primary energy supply



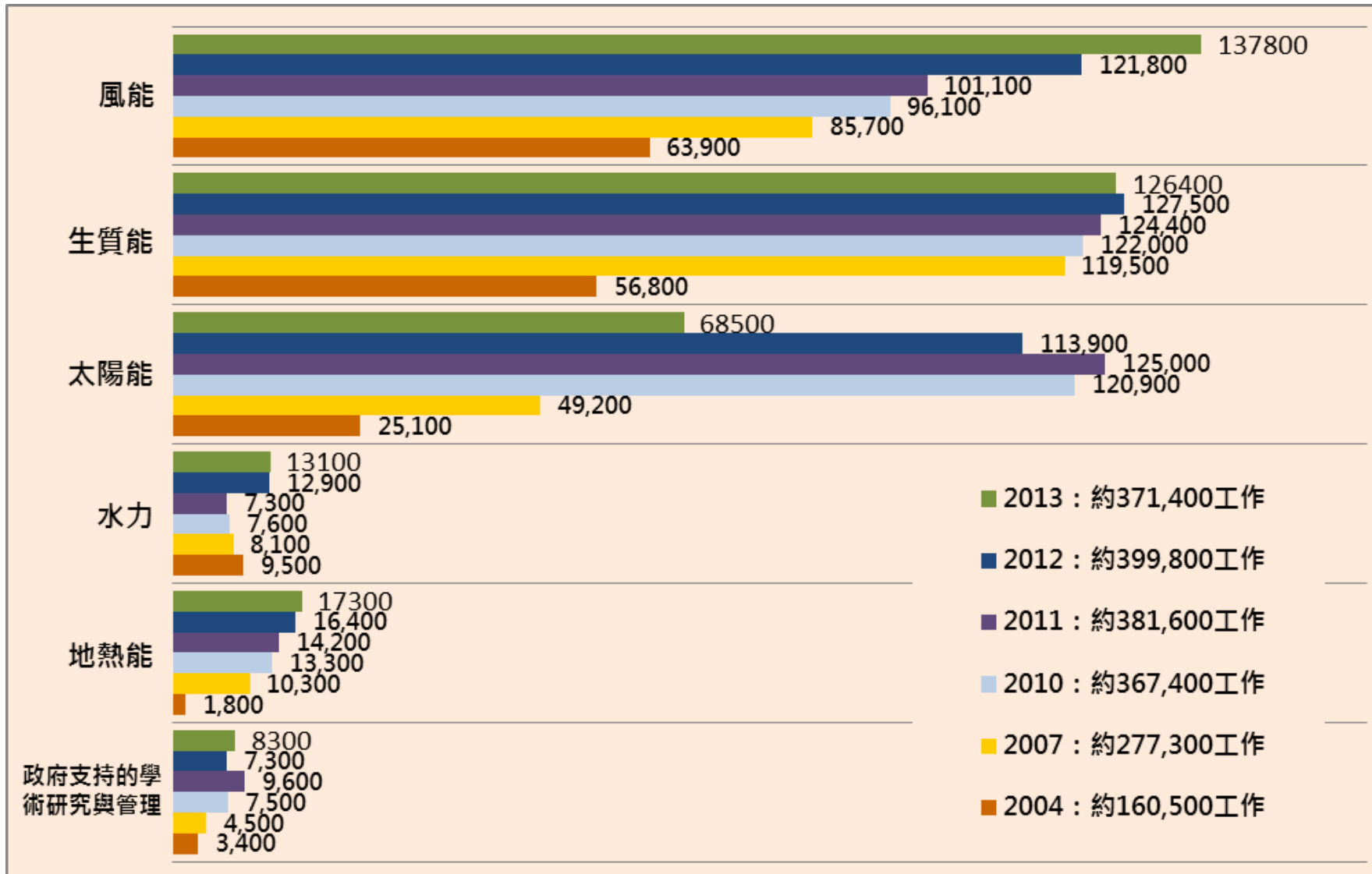
Source: BMWi, 2013

德國能源轉型成就彙整

- Key：有組織的監測與監督聯邦政府的能源項目，檢查是否採取措施以促進預期目標達成。

政策焦點	2013/2014年成就	分享的經驗
再生能源電力	<ul style="list-style-type: none"> • 發電量有27%來自再生能源。 	<ul style="list-style-type: none"> • 可靠且穩定的能源和氣候政策才能支持漫長的能源轉型。
電網基礎設施	<ul style="list-style-type: none"> • 電網品質為世界首屈一指。 • 可容納25%再生能源電力，運作上沒有重大問題。 	
<u>電力市場設計</u>	<ul style="list-style-type: none"> • 市場設計依「電力市場綠皮書」所討論。 • 依「電力市場白皮書」改革市場架構，強化市場機制、建立容量市場和維持區域電力訂價。 	<ul style="list-style-type: none"> • 為持續提高再生能源占比，電力市場改革有其必要性。內涵包括回歸價格機制、需求面管理、建立容量市場、跨部門整合、電網跨區整合等。 • 預計2016年公布Electricity Market Act。
<u>再生能源供熱製冷應用</u>	<ul style="list-style-type: none"> • 再生能源占比跌至9.1%。建物再生能源利用以生質能為主，不過熱泵有逐漸成長。 • 工業部門在這方面的應用仍相當少，未來有龐大發展空間。 	<ul style="list-style-type: none"> • 最終能源消費部門(包括建物部門、工業部門、運輸部門)的再生能源應用需要更積極的發展，才能達成德國能源和氣候政策的目標。
<u>再生能在運輸部門</u>	<ul style="list-style-type: none"> • 再生能源占比5.5%。液態生質燃料成長趨緩。 • 電動車總量遠低於2020年目標1百萬台，未來有龐大發展空間。 	
<u>能源效率</u>	<ul style="list-style-type: none"> • 若無進一步舉措，無法達成2020年能效目標。 	
<u>氣候保護</u>	<ul style="list-style-type: none"> • 2013年碳排放量增加，原因燃煤發電增加。 • 若再無行動，2020年減量40%(相對1990年)目標將無法達成。 	<ul style="list-style-type: none"> • 德國展現積極的企圖心。只是，若要達成2050年能源和氣候目標需要在最終能源消費部門之再生能源應用和能效提升付出相當努力。
成本	<ul style="list-style-type: none"> • FIT補助成本在首度在2015年下降(再生能源附加費隨之調整)；2015年FIT採競標制。 • 2013/2014年再生能源投資達160億歐元(約5,800億新台幣)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 光電等再生能源成本的經濟可行性是可期待的。 • 從固定價格的FIT轉型到競標制，反應實際成本。
社經利益	<ul style="list-style-type: none"> • 2013年創造371,400就業機會。 • 再生能源利用所避免化石燃料進口成本約90億歐元(約3,300億新台幣)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 能源轉型可以是有社會經濟效益的。

德國再生能源產業就業人口

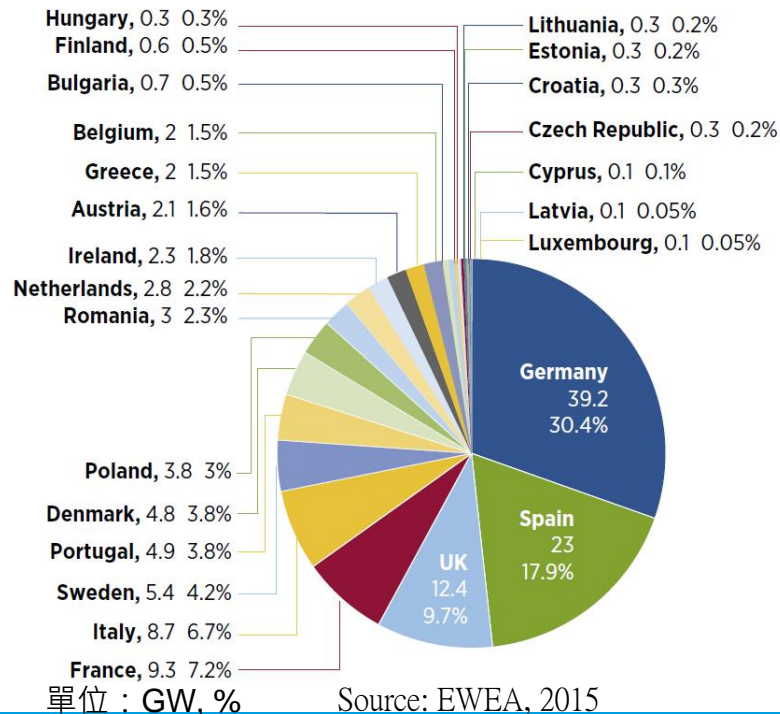


德國再生能源發展在歐洲和全球的定位

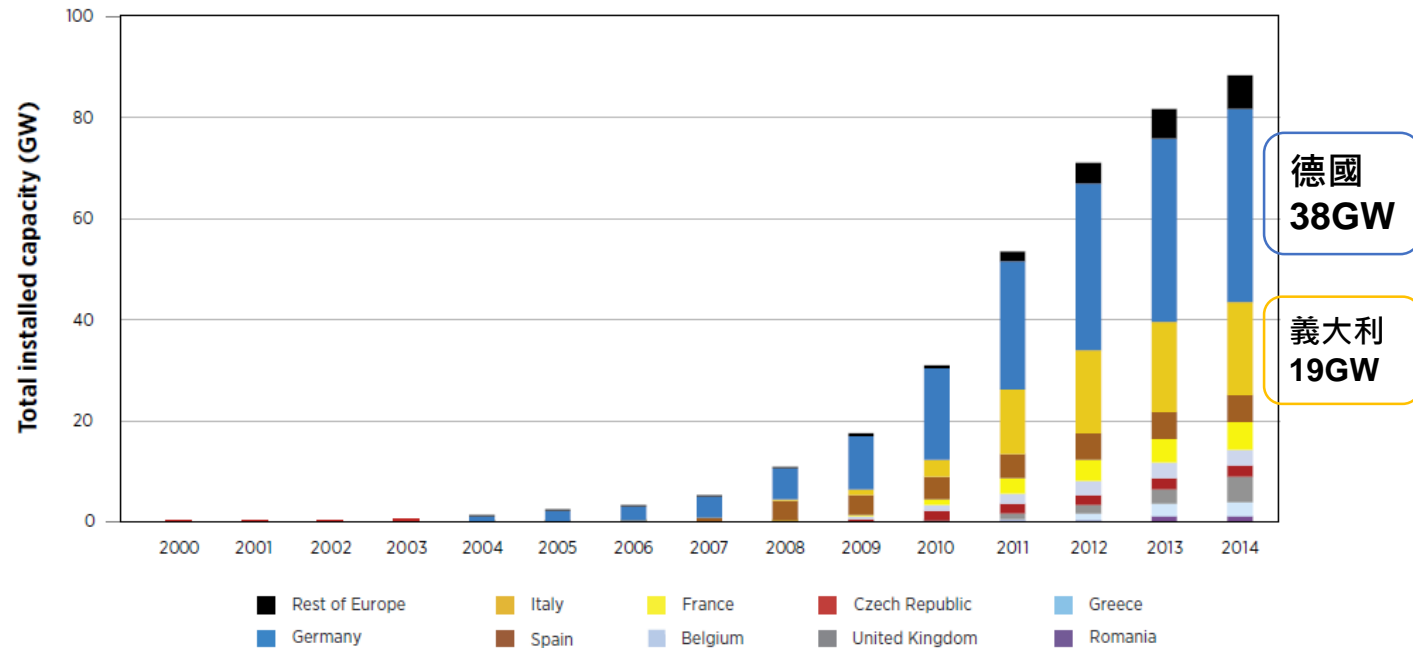
德國再生能源發展在歐洲的定位(1/2)

- 歐盟能源和氣候政策制定的領航者
 - 建立公眾參與模範。消費者同時具有許多角色，是市場參與者、公民消費者以及能源系統裡的共同生產者。(中小企業和家戶都可能成為發電者)
 - 德國能源和氣候法目標能協助歐洲達成中長期再生能源發展和氣候保護目標。
- 再生能源發電裝置容量領先歐洲各國，持續帶領歐盟擴張再生能源應用。
 - 2001-2014年再生能源新增裝置量約為歐洲的20%，其中風力和光電仍為未來發展重心。

2014年底歐洲28國風電裝置容量



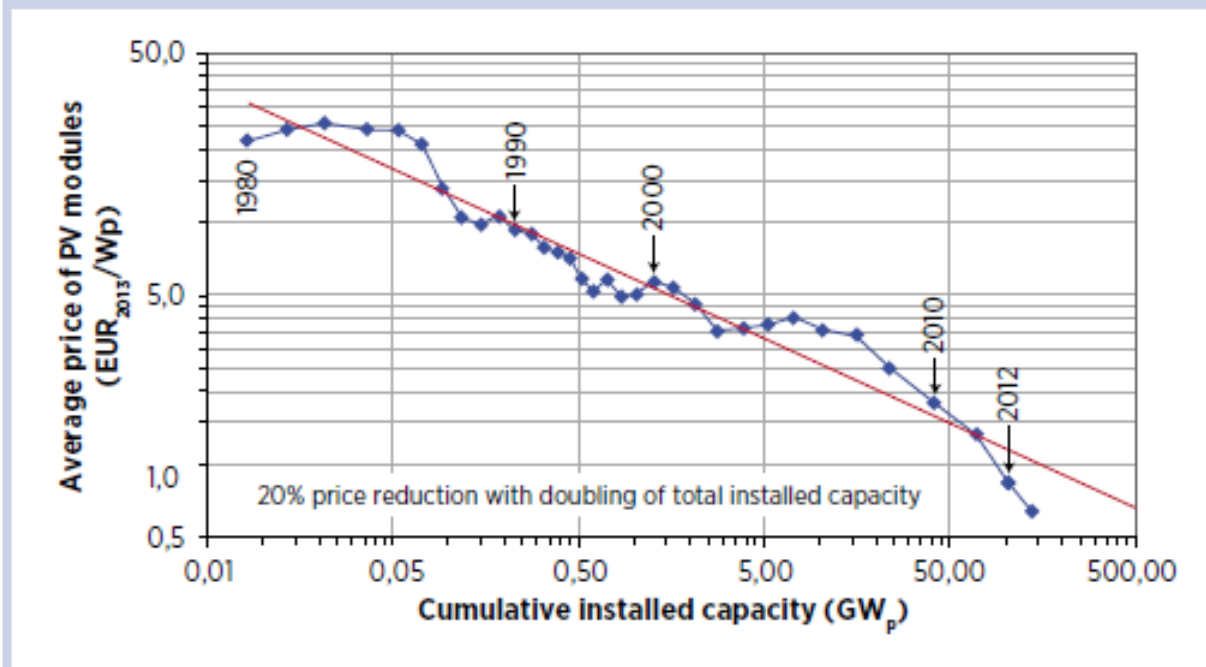
2000-2014年底歐洲28國光電裝置容量



德國再生能源發展在歐洲的定位(2/2)

- 引領光電產業**全面**發展，太陽光電**成本**快速降低，政策轉向競標制。
 - 光電系統發展類型全面，包括電廠型、工業型、商業型、住宅型。
 - 2005年單位電力成本40歐分/度，2014年9歐分/度 (每度電約3.3元新台幣)。
- 電力的進出口是歐洲市場的一部份，於2015年被所有歐盟成員國整合。德國電力網，光電和風電的市場份額愈來愈吃重的同時，**電力市場改革**範疇不限於**德國**境內，跨國的**歐洲**電力市場要如何因應也成為話題。

Figure 49: Solar PV module prices, 1980-2014 光電模組價格1980-2014



Source: Fraunhofer ISE, 2015b

Figure 50: Germany's solar PV world market shares, 德國2000-2013年光電市占率



Source: IRENA analysis

德國再生能源發展在全球的定位(1/3)

• 帶動全球再生能源市場發展

- 2004-2014年間，德國光電新增裝置容量約為全球25%，對成本下降、系統標準化、規模經濟促進技術研發有卓越貢獻。
- 領導陸域風力、太陽光電的產業發展，不論是技術研發或實績安裝。
- 2014年再生能源投資前五大國家為中國、美國、日本、英國、**德國**。
- 2014年再生能源新增裝置容量前五大國家為中國、美國、巴西、**德國**、加拿大。

2014年再生能源投資的前五大國家

Table 16: Top five renewable energy countries in the world by renewable energy investment, end-2014

	1	2	3	4	5
Investment in renewable power and fuels (not including hydro > 50 MW)	China	United States	Japan	United Kingdom	Germany
Investment in renewable power and fuels per unit GDP ¹	Burundi	Kenya	Honduras	Jordan	Uruguay
🔌 Geothermal power capacity	Kenya	Turkey	Indonesia	Philippines	Italy
🌊 Hydropower capacity	China	Brazil	Canada	Turkey	India
☀️ Solar PV capacity	China	Japan	United States	United Kingdom	Germany
☀️ CSP capacity	United States	India	-	-	-
🌬️ Wind power capacity	China	Germany	United States	Brazil	India
☀️ Solar water heating capacity ²	China	Turkey	Brazil	India	Germany
🚰 Biodiesel production	United States	Brazil	Germany	Indonesia	Argentina
🚰 Fuel ethanol production	United States	Brazil	China	Canada	Thailand

¹ Countries considered include only those covered by Bloomberg New Energy Finance (BNEF); GDP (at purchasers' prices) and population data for 2013 and all from World Bank. BNEF data include the following: all biomass, geothermal, and wind generation projects of more than 1 MW; all hydropower projects of between 1 and 50 MW; all solar power projects, with those less than 1 MW estimated separately and referred to as small-scale projects or small distributed capacity; all ocean energy projects; and all biofuel projects with an annual production capacity of 1 million litres or more.

² Solar water collector (heating) rankings are for 2013 and are based on capacity of water (glazed and unglazed) collectors only; including air collectors would affect the order of capacity added, placing the United States slightly ahead of Germany rather than in sixth place, and would not affect the order of top countries for total capacity or per capita.

2014年再生能源新增容量前五大國家

Table 17: Top five renewable energy countries, by capacity additions, end-2014

	1	2	3	4	5
POWER					
Renewable power (incl. hydro)	China	United States	Brazil	Germany	Canada
Renewable power (not incl. hydro)	China	United States	Germany	Spain / Italy	Japan / India
Renewable power capacity per capita (among top 20, not including hydro) ³	Denmark	Germany	Sweden	Spain	Portugal
🔌 Biopower generation	United States	Germany	China	Brazil	Japan
🔌 Geothermal power capacity	United States	Philippines	Indonesia	Mexico	New Zealand
🌊 Hydropower capacity ⁴	China	Brazil	United States	Canada	Russia
🌊 Hydropower generation ⁴	China	Brazil	Canada	United States	Russia
☀️ Concentrating solar thermal power (CSP)	Spain	United States	India	United Arab Emirates	Algeria
☀️ Solar PV capacity	Germany	China	Japan	Italy	United States
☀️ Solar PV capacity per capita	Germany	Italy	Belgium	Greece	Czech Republic
🌬️ Wind power capacity	China	United States	Germany	Spain	India
🌬️ Wind power capacity per capita	Denmark	Sweden	Germany	Spain	Ireland
HEAT					
☀️ Solar water collector capacity ²	China	United States	Germany	Turkey	Brazil
☀️ Solar water heating collector capacity per capita ²	Cyprus	Austria	Israel	Barbados	Greece
🔌 Geothermal heat capacity ⁵	China	Turkey	Japan	Iceland	India
🔌 Geothermal heat capacity per capita ⁵	Iceland	New Zealand	Hungary	Turkey	Japan

² Per capita renewable power capacity ranking considers only those countries that place among the top 20 worldwide for total installed renewable power capacity, not including hydropower. Several other countries, including Austria, Finland, Ireland, and New Zealand, also have high per capita levels of non-hydro renewable power capacity, with Iceland likely the leader among all countries.

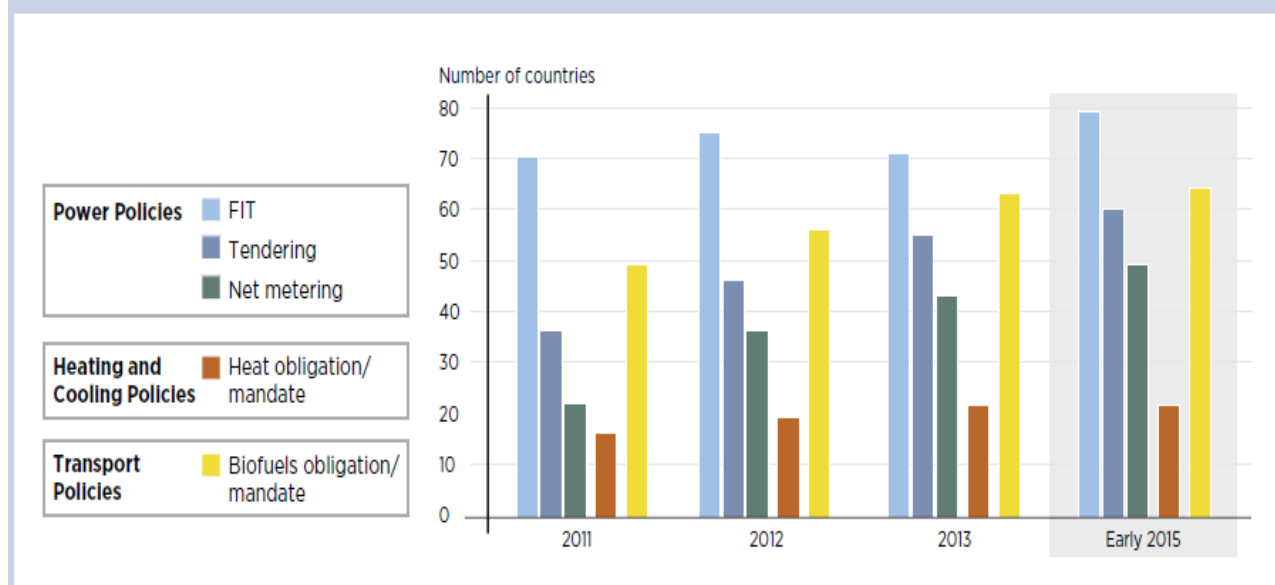
⁴ Country rankings for hydropower capacity and generation differ because some countries rely on hydropower for baseload supply whereas others use it more to follow the electric load and to match peaks in demand.

⁵ Not including heat pumps.

德國再生能源發展在全球的定位(2/3)

採取再生能源政策的國家數目

Figure 52: Number of countries with renewable energy policies, by type, 2011-early 2015



Source: REN21, 2015

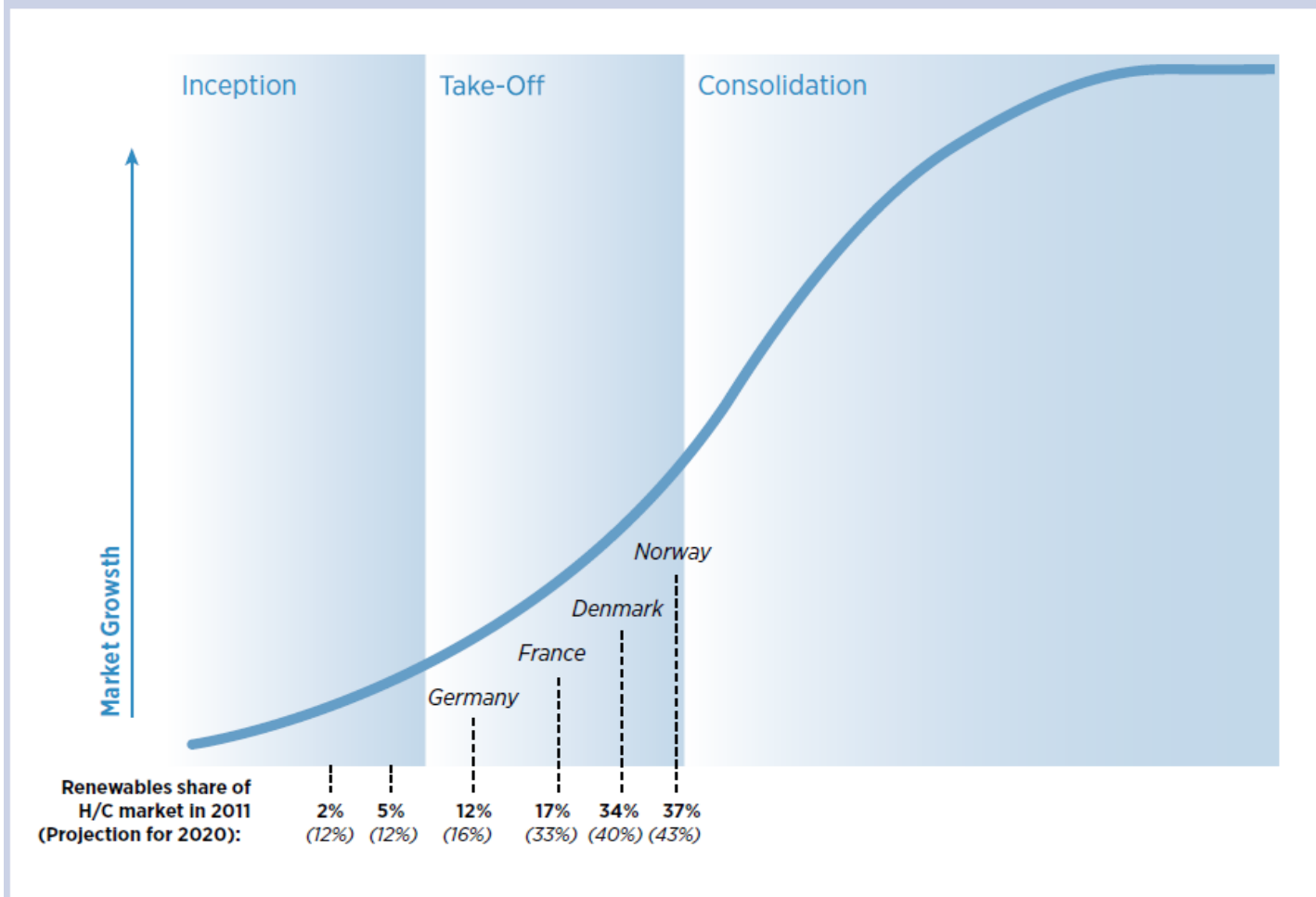
"Note: Figure does not show all policy types in use. Countries are considered to have policies when at least one national or state/provincial-level policy is in place."

- 德國能源轉型成功經驗為已開發/開發中國家制定**政策**之重要**參考**
 - 中國學習德國發展經濟，2003年導入FIT促進再生能源應用發展。
 - FIT仍為全球多數國家採取的政策(2015年近80個國家地區)，因穩定的費率降低投資風險。
 - 當再生能源設備成本降低到一定程度，政府獎勵政策(如：FIT)之影響力會逐漸變小。
 - 隨再生能源占比提高，焦點將轉移至電網基礎設施的配合，與電力調度。如：德國發展電力市場2.0。
 - 西班牙和丹麥的再生能源占比都高於德國，在電網整合(grid integration)已累積一定經驗，建議德國學習。

德國再生能源發展在全球的定位(3/3)

再生能源供熱製冷應用之發展

Figure 53: Deployment of renewable heating and cooling policies in IEA-RETD countries



Source: IEA-RETD, 2015

- 再生能源供熱製冷應用逐漸受到重視。
 - 除了奧地利、丹麥，他們為較早發展的國家。
 - 傾向**系統思考**。整合再生能源發電技術或連結工業/運輸部門，讓再生能源使用更彈性。
 - 目前有47個國家制訂再生能源供熱製冷目標 (IRENA, 2015d)。
- **創造工作機會**：2014年全球直接或間接為再生能源部門工作的人有7.7百萬。
 - 有2.5百萬人屬於光電產業。其中，以中國為主，隨之為日本、美國。
 - 有1.8百萬人屬於生質燃料產業。
 - 有1.8百萬人屬於風電產業。以中國和美國為主，其次是巴西與歐盟。
- 以全球或德國觀點，**local value chain** 創造**在地化**工作機會，活絡在地經濟為推動再生能源的重要動力。

德國能源轉型的啟示

德國能源轉型的爭議

面向	爭議
社會	<ul style="list-style-type: none"> 富有的家庭裝設光電系統，這些能源轉型成本加重低收入戶負擔。能源貧窮戶數2008年為550萬戶(全國13.8%)，2011年上升至690萬戶(全國17%)。
程序	<ul style="list-style-type: none"> 對於福島核災，德國過度反應。 2011年德國自行關閉核電廠，危及鄰近國電力供應安全。 德國逐步廢核，是國際上唯一明確廢核的國家。
文化	<ul style="list-style-type: none"> 德國反對核能是「德國焦慮」的結果。 反對再生能源和Energiewende的聲浪在德國出現。
經濟	<ul style="list-style-type: none"> Energiewende是德國經濟的負擔。這將推高能源價格，減少工作機會，導致產業外移。 再生能源獲得巨額補貼，而核能和化石燃料有按市場規則行事。 德國電力事業 (RWE , E.ON) 所面對的麻煩是個指標，說明Energiewende缺少目標和可能失敗。
技術	<ul style="list-style-type: none"> 關閉核電廠將威脅德國的國家能源安全，導致從其他國家更多的電力進口。 再生能源破壞德國及鄰近國家電網的穩定性。 德國是利用電網傾銷其過剩的風能和太陽能發電給無法與之競爭鄰近國家。 風能和太陽能對德國電網供電的貢獻相當地小。
環境	<ul style="list-style-type: none"> 德國正在建設燃煤電廠和燃燒更多的煤淘汰來取代核電退場，碳排放量正在上升。 Energiewende反而導致更多的褐煤開採。

德國能源轉型的啟示

- **公民參與**，凝聚國家轉型的基本方向與價值觀
 - 強調公民參與的重要性，參與的面向並非只有執行面要求節能、擴大再生源用，更強調公民、政府、企業都能在源轉型過程中「認清目標」。(德國的共識為重組能源供應系統)
- **定義國家自身的永續發展之能源供應原則**
 - 以德國為例，能源安全的未來建立在永續發展的三大支柱：一個完整的環境、社會正義和健康、強大的經濟體。由這些原則為指導的能源供應，可以確保德國長期具有國際經濟競爭力與社會和諧。
- **可信賴具穩定的能源政策**創造再生能源技術與產業發展環境
 - 透過目標的宣示，政府各部門與執行機構，逐年擬定各項策略並制定相關法規，致力於目標的達成。
 - 對於企業與社會來說，政策的可靠性是重要的，有助於競爭力的提升並且決定投資在經濟上是否可行。
 - 有組織的監測與監督，能源與氣候政策須參考實績經驗持續修正。(德國2014年提出EEG 2.0；2015年FIT轉向競標制)
- 電力**市場資訊透明**有助提高公民接受度
 - 德國不論是在再生能源的發展、電網的建置、能源效率提升的補貼，皆透過電價中各種稅費的課徵，取得了明確且龐大的財源，同時透過電價的結構透明化，使民眾瞭解自身所付出電費的各項用途。
- 提出達成能源與氣候政策目標之**可能有效途徑**
 - 再生能源應用在電力部門已取得成功經驗，並積極推動在建物/工業/運輸部門的應用。
 - 能源效率提升、需求面管理(降低能源服務需求)亦為關鍵手段。

參考文獻

- IRENA(2015), Renewable Energy Prospects: Germany.
- BMUB (2011), “The Federal Government’s energy concept of 2010 and the transformation of the energy system of 2011”, http://www.germany.info/contentblob/3043402/Daten/3903429/BMUBMWi_Energy_Concept_DD.pdf
- BMWi (2012), “Germany’s new energy policy”, <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/germanys-new-energy-policy>
- AGEB (2013), “Evaluation tables of the energy balance in Germany from 1990 to 2013”, <http://www.ag-energiebilanzen.de/>
- AGEB (2014), “Gross electricity generation in Germany by energy sources”, <http://www.bundesnetzagentur.de/>
- BMWi (2014), “Employment from renewable energy in Germany: expansion and operation – now and in the future, third report on gross employment”
- <http://www.bmwi.de/EN/Service/publications,did=657342.html>
- UBA (2015), “UBA’s 2014 emissions data indicates trend reversal in climate protection”, http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/381/dokumente/pi_2015_31_03_uba-emissionsdaten_2014_zeigen_trendwende_beim_klimaschutz.pdf
- UBA (2014), “Emissions from renewable energy sources”, http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_29_2014_schrempf_komplett_10.11.2014_0.pdf
- BDEW (2014), “Electricity price analysis”, <http://www.bdew.de>.
- Spiedel Online (2014), “Cost explosion in electricity, oil ,gas: energy poverty in Germany increases dramatically”, <http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/gruenen-anfrage-energiearmut-in-deutschland-nimmt-drastisch-zu-a-954688.html>
- KfW (2011), “Annual Report 2011”, p34, https://www.kfw.de/KfW-Group/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen/Pressemitteilungen-Details_10235.html
- Agora (2015), “Understanding the Energiewende”, background, Agora, Berlin.