

出國報告（出國類別：研習）

德國能源計量標準之技術發展 研習報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：陳世昌技士

派赴國家：德國

出國期間：100年8月28日至100年9月10日

報告日期：101年3月14日

摘要

本次研習參觀了德國中央聯邦技術院(PTB)蒐集目前德國在能源計量標準的最新技術發展，並參訪德國能源署(DENA)及電工委員會(DKE)，了解德國的能源政策的最新方向，同時參加歐洲最大的太陽光電研討會暨展覽(EU PVSEC)，了解歐洲產學各界在太陽光電的技術發展，在汲取德國經驗，比較國內能源產業的需求後，提出以下幾項建議：

一、我國度量衡標準實驗室與 PTB 已有簽署合作備忘錄，在此架構下，在具光源光譜量測與偵測器分光響應量測經驗、與 PTB 專業人脈基礎下，與 PTB 合作進行太陽電池原級標準---分光響應量測系統建置，將更容易掌握關鍵技術，縮短系統建立時程。

二、對於智慧電網中先進電錶(AMI)的裝設及推廣，除了開發資料無線傳輸及雲端處理技術外，應該再導入資料保密相關技術，以防有心人士盜取利用，在德國 PTB，目前有專門的電資部門就先進電錶的傳輸安全進行相關研究，因此，國內未來在推展先進電錶時，應納入考慮。

三、如想將電動車推廣民眾接受使用，相關配合硬體基礎設施(如加電站)應先建置完善，在德國 PTB 對於直流電功率原級標準相當重視，目前國內尚未建置直流電功率原級標準提供校正及追溯服務，對於未來智慧電動車發展，甚至智慧電網的推行，該項工作仍需努力。

四、德國在再生能源未來發展重點放在離岸風力及生質能源上，對於風速校正及生質能源摻合於汽油的各項特性(如密度、黏度)皆已投入研究，國內未來若要發展風力發電及生質能源，實應詳加規劃。

德國是務實的民族，將能源政策，以革新的經濟方式推展，配合各項立法補助，積極開發各項新技術，才能使節能減碳不再淪為口號，並且達成各國望其項背的豐碩成果，該國的精神及作為實值得我國學習。

目 錄

壹、出國目的與研習概要.....	1
一、緣起與計畫目的.....	1
二、參訪機構及行程簡介.....	1
貳、研習內容.....	3
一、德國中央聯邦物理技術院(PTB).....	3
二、德國電工委員會(DKE).....	24
三、德國能源署(DENA).....	29
四、2011年歐洲太陽光電研討會暨展覽(26th EU PVSEC).....	31
參、心得與建議.....	34
肆、誌謝.....	35

圖 目 錄

圖一 PTB 組織圖	4
圖二 光學部門分類	4
圖三 不同材料的分光光譜響應	5
圖四 PTB 太陽光電校正系統追溯圖	6
圖五 PTB 分光光譜量測系統架構圖	7
圖六 PTB 分光頻譜響應系統照片	8
圖七 PTB 標準光源.....	9
圖八 Photometry 標準光源	9
圖九 PTB 標準 A 光源.....	10
圖十 Photometry 照度計校正實驗室內部一覽	11
圖十一 Photometry 標準光源	12
圖十二 PTB 光照度實驗室與其他各國實驗室比對.....	12
圖十三 Photometry 系統追溯圖	13
圖十四 Goniophotometry 五軸量測系統	14
圖十五 反射片量測結果	15
圖十六 用於量測 IR 的金積分球.....	16
圖十七 用於量測可見光的金屬積分球.....	16
圖十八 配光曲線量測系統.....	17
圖十九 直徑 2.5 米的積分球.....	18
圖二十 積分球內佈反射率	18
圖二十一 2.5m 積分球的規格表.....	19
圖二十二 多重界面熱偶轉換 (multi junction thermal converter) 取樣系統	20
圖二十三 電能系統追溯圖	21
圖二十四 高壓直流控制系統.....	22
圖二十五 暖氣機運作示意圖	23
圖二十六 熱能計結構圖	23

圖二十七 熱能實驗室實景	24
圖二十八 德國電工委員會總部	25
圖二十九 德國未來電力網絡圖	26
圖三十 整合家庭用錶之資訊柵道示意圖	27
圖三十一 智慧家庭能源管理系統示意圖	28
圖三十二 智慧電網簡示圖	30
圖三十三 第 26 屆歐洲太陽光電展參展廠商統計圖	31
圖三十四 第 26 屆歐洲太陽光電展參展會場實景一	32
圖三十五 第 26 屆歐洲太陽光電展參展會場實景二	33

壹、出國目的與研習概要

一、緣起與計畫目的

石油、煤炭、天然氣等化石燃料推動人類社會發展，但隨著化石能源資源日漸枯竭、能源供應安全以及保護環境等因素的驅動，發展再生能源成為 21 世紀無論世界各國在政治、經濟、環境、科技等領域中的熱門話題。

能源計量。是指通過科學的測量手段和計量管理方法，對能源的開發、採購、轉換、加工、輸送、利用等過程進行相當量值的測量和數據採集、分析，對能源進行科學管理，提高能源的利用率和經濟效益。能源計量工作具有統一性和準確性的特點，在節能減耗中是一把重要的標尺，是企業加強能源管理、實現節能減耗的重要基礎，對減少能源消耗、保護環境、降低成本和增加效益，具有十分重要的作用。

歐洲聯盟的 27 個會員國中，德國在氣候保護及推行再生能源發展成果最為務實；其對能源產業的扶植及監督，投注相當大的資源進行能源結構之改革及立法獎勵再生能源之使用，本次研習除參訪德國之中央聯邦物理技術院(PTB)能源計量相關部門(如太陽光電、LED、熱能及電能等)，同時也拜訪德國能源署(DENA)及電工委員會(DKE)，以了解德國在能源計量技術及政策上的發展，以提供我國未來在建立能源計量標準規劃之參考。

二、參訪機構及行程簡介

本次參訪行程自 100 年 8 月 28 日出發，100 年 9 月 10 日結束返國，本次德國行程分為四部分，首先參訪中央聯邦物理技術院，PTB 總院區位於布蘭斯維克，另熱能計量、同步輻射計量及生醫光學計量實驗室位於柏林院區，第二、三部分為參訪德國電工委員會及能源署，最後參加歐洲太陽光電研討會及展覽會，研習內容包含了解德國 PTB 在能源相關計量技術(如太陽光電、發光二極體、熱能及電能等)發展近況、智慧電錶及太陽光電相

關檢測標準之發展情形、再生能源推展方式、歐洲太陽能技術及產業現況，希望能藉由本次研習，汲取德國經驗，提供國內在建立能源計量標準未來規劃之參考。

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點(Location)	擬訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for Discussion)
8/28 (Sun)	法蘭克福 (Frankfurt)		到達德國 Arrive Germany
8/29 (Mon)	布蘭斯維克 (Braunschweig)	PTB Division 4.14、2.3 Dr. Stefan Winter、 Dr. Martin Kahmann	參訪 PTB 光學應用實驗室及電能計量實驗室(lab visit in optics and electrical energy measuring) 了解太陽光電、發光二極體及電能相關計量標準之檢測技術(to understand the technical development of solar cell、LED and electrical energy measurement standards in PTB)
8/30 (Tue)	布蘭斯維克 (Braunschweig)	PTB Division Q.5 Ms. Katrin Weidanz	參訪PTB技術合作部門(vist Technical Cooperation division) 了解 PTB 運作及整理相關資料(to understand the mission and structure of PTB and collect the relative information)
8/31 (Wed)	法蘭克福 (Frankfurt)	German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of VDE(DKE) Dr.Bernhard Thies Mr.Arno Bergman Mr.Henryk Sieradzki Mr.Johannes Stein	參訪德國電機電子資訊委員會(vist DKE) 了解德國在太陽光電及智慧電錶相關檢測標準發展近況。(to understand the status of solar cell、LED and electrical energy standards in Germany)
9/1 (Thu)	布蘭斯維克 (Braunschweig)	PTB Division 2.54、6.5 Dr.Mark Bieler、 Dr.Helmut Schuhmacher	參訪 PTB 高頻光學實驗室及中子輻射實驗室(lab visit in terahertz-optics and neuron radiation) 了解高頻光學及中子輻射量測技術發展近況(to understand the technical development of terahertz-optics and neuron radiation measurement standards in PTB)
9/2 (Fri)	柏林 (Berlin)	PTB Divison 7.1、7.6 Dr.Jurgen Rose、 Dr.Mathias Richter	參訪 PTB 熱能計量實驗室及同步輻射計量實驗室(lab visit in thermal energy measuring and synchrotron radiation) 了解熱能量測及同步輻射量測之技術發

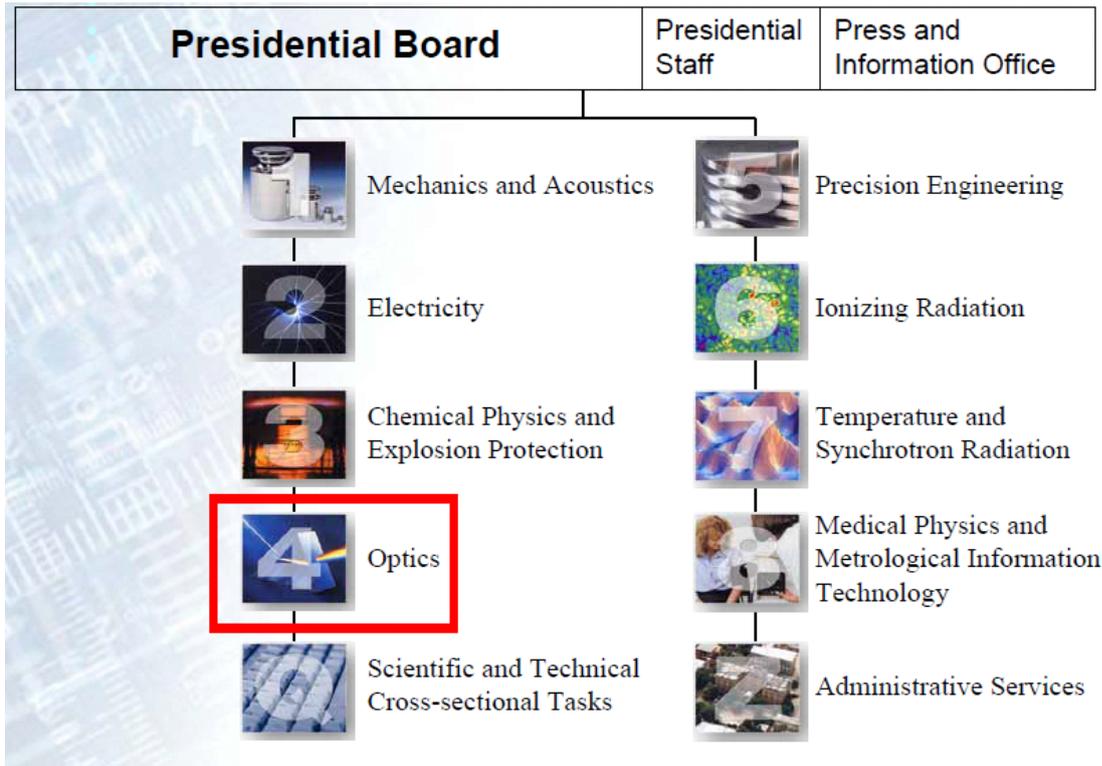
			展(to understand the technical development of thermal energy measuring and synchrotron radiation measurement standards in PTB)
9/5 (Mon)	柏林 (Berlin)	PTB Division 8.3 Dr.Rainer Macdonald	參訪 PTB 生醫光學計量實驗室(lab visit in Biomedical optics) 了解生醫光學量測之技術發展(to understand the technical development of Biomedical optics measurement standards in PTB)
9/6 (Tue)	柏林 (Berlin)	German Energy Agency (DENA) Dr.Isabelle Riesenkampff	參訪德國能源署(visit DENA) 了解德國再生能源發展近況(to understand the status of the development in renewable energy in Germany)
9/7 (Wed)	漢堡 (Hamburg)	EU PVSEC	參加 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference(One Day Parallel Events) 了解歐洲太陽能技術發展近況(to understand the development of European Photovoltaic technology)
9/8 (Thu)	漢堡 (Hamburg)	EU PVSEC	參觀 26th European Photovoltaic Solar Energy Exhibition 了解歐洲太陽能產業發展(to understand development of European Photovoltaic industry)
9/9~9/10 (Fri~Sat)	法蘭克福 (Frankfurt)		回程 (Back home)

貳、研習內容

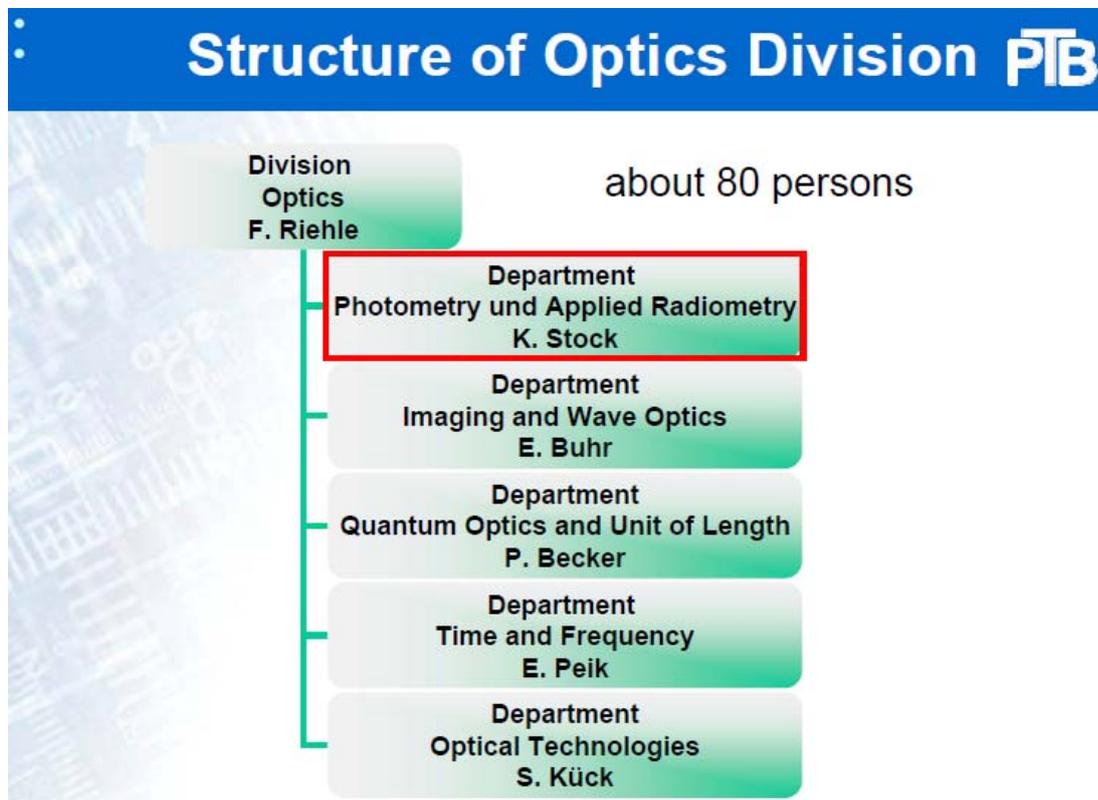
一、德國中央聯邦物理技術院(PTB)

(一)光學應用實驗室介紹:

目前德國 PTB 實驗室為德國國家標準實驗室，不僅提供德國國內各種物理量的追溯校正，也發展一些技術應用在業界發展上。此次參訪光學應用實驗室，其在 PTB 組織架構分類請詳見圖一。



圖一 PTB 組織圖

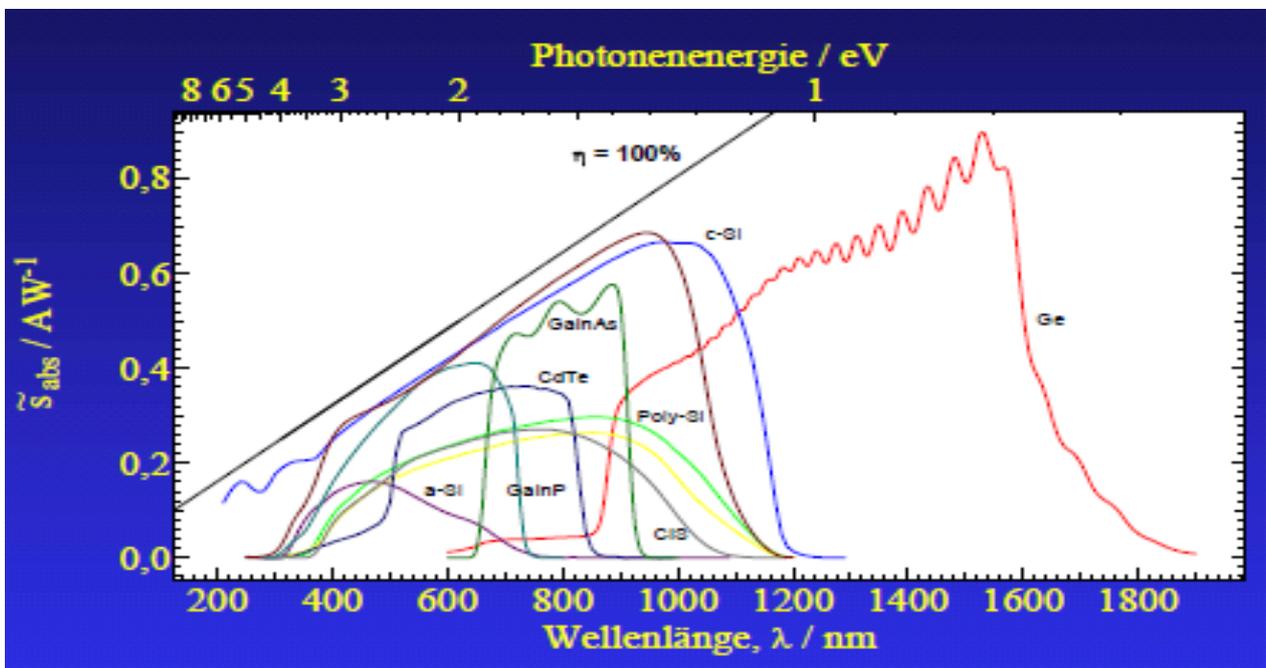


圖二 光學部門分類

負責接待的學者為 solar cell 部門的 Stefan Winter 博士。

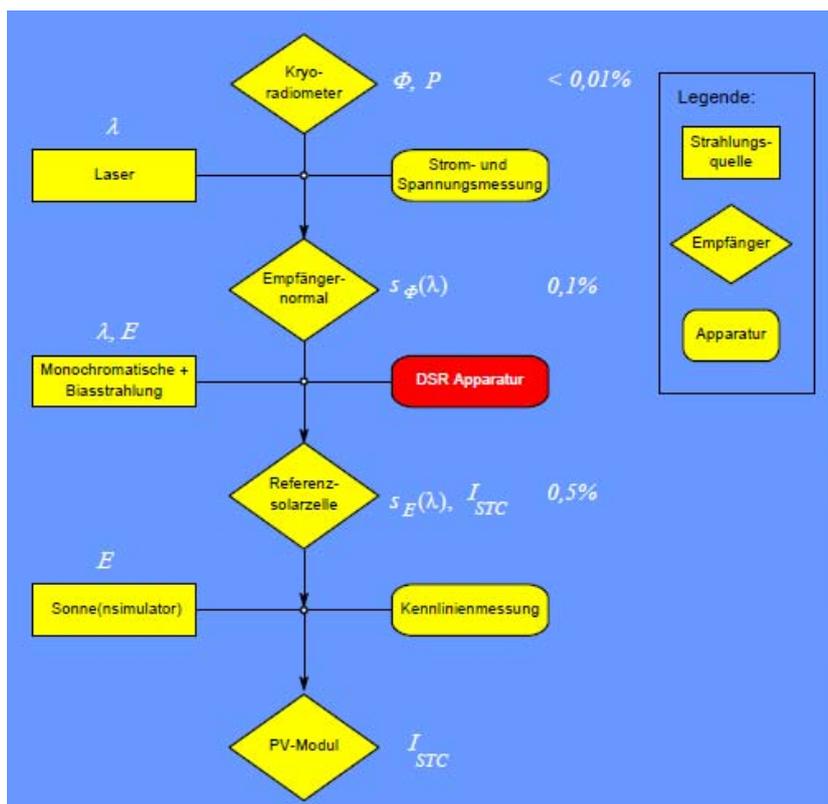
(1).標準太陽電池校正追溯體系

PTB 的標準太陽電池校正追溯系統是採用測量待測件的絕對分光光譜響應再與標準太陽參考光譜做疊積，進而追溯到 1000 W/m^2 的輻射照度。其主要原理利用標準光源產生一連續波長，再利用單光儀(mono-chromater)來進行分光的動作，而經過單光儀之後再利用展切器(Chopper)給被分光的波長一固定信號；接下來再經過一分光鏡，反射的光進入標準偵測器，穿透的光進入待測件。由於待測件會因為入射光不同而產生大小不一的電流，紀錄波長以及輸出的電流大小，便可以得到，待測件的分光光譜響應。



圖三 不同材料的分光光譜響應

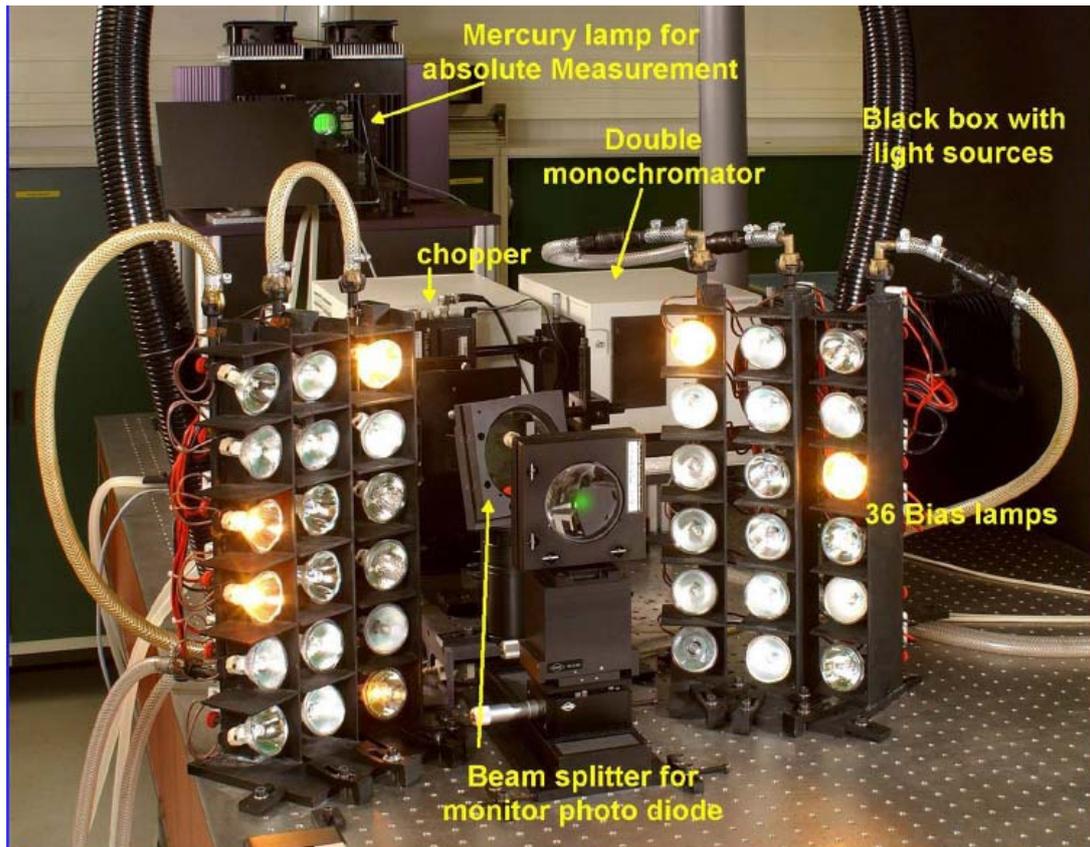
下圖為 PTB 追溯系統圖，由此圖可以清楚了解到，追溯鍊最上游為絕對輻射照度，而 PTB 此套系統所使用的偵測器為標準偵測器。



圖四 PTB 太陽光電校正系統追溯圖

此偵測器利用絕對輻射計(PTB, 柏林)進行校正追溯，所以標準偵測器為此套系統最重要的偵測器，經過標準傳遞之後，偵測器的不確定度可以在 0.1%左右。

接下來介紹整個系統的架構圖，誠如上面所述，標準光源經過分光系統之後，先經過光學斬切器再經由分光鏡分成兩道光，一道進入標準偵測器，另外一套則經過透鏡之後對整個光源進行擴束的動作，使得整個光源可以覆蓋整個待測太陽標準電池。此外，量測系統還包含一 36 個鹵素燈泡所總成的白光光源，主要是對待測物品產生一固定強度的光源，利用此一光源，可以使得標準太陽電池，在接近真實工作狀態下，得到正確的分光譜響應。詳細架構圖請看圖五。



圖六 PTB 分光頻譜響應系統照片

(2). LED 方面

除了太陽光電方面，同時也參觀 LED 相關的實驗室，分別為 Source-Based spectroradiometry、Photometry 以及 Goniophotometry 這三類。

Source-Based spectroradiometry 實驗室

首先參觀到為 Source-Based spectroradiometry 實驗室，其介紹裡面的設備，主要任務是提供標準光源校正，提供的波長校正範圍為 200-2500nm。

目前正在進行的研究分別為

1. 開發標準 UV 輻射計的標準傳遞
2. 高強度 UV 輻射計校正
3. 產生在 3000~3500K 的黑體輻射光源來提供輻射單位的校正。

順便參觀黑體爐，並對其中的原理進行解說，發現 PTB 實驗室的測試系統都會至少擁有兩套，利用兩套以上的系統來為維持標準實驗室的運作。之

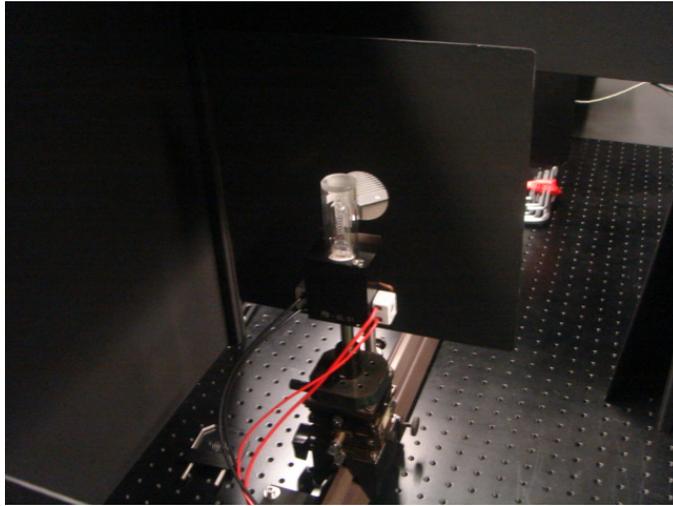
後就繼續帶參觀其他的測試設備，照片如下面圖七、圖八與圖九。



圖七 PTB 標準光源



圖八 Photometry 標準光源



圖九 PTB 標準 A 光源

Photometry working group

部門主要工作

這個部門的主要工作是實現及維護光源與偵測器的光度計量與色度計量的單位與各項特性，目前可以提供光照度的校正服務。

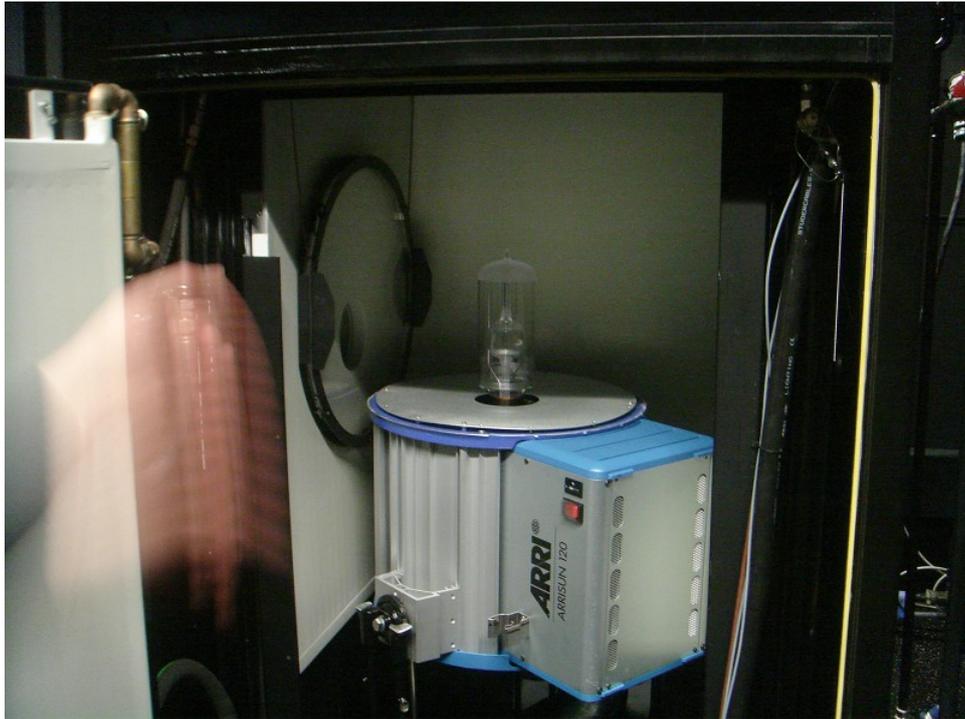
1. 研究發展應用於照明（如 LED、OLED）及顯示信號（如 LED 陣列、顯示器）的新光源，以及光度計的整合量測技術。
2. 發展光度計量的新量測程序。
3. 與產業界密切合作應用於工業的新技術與成果經驗的轉移。



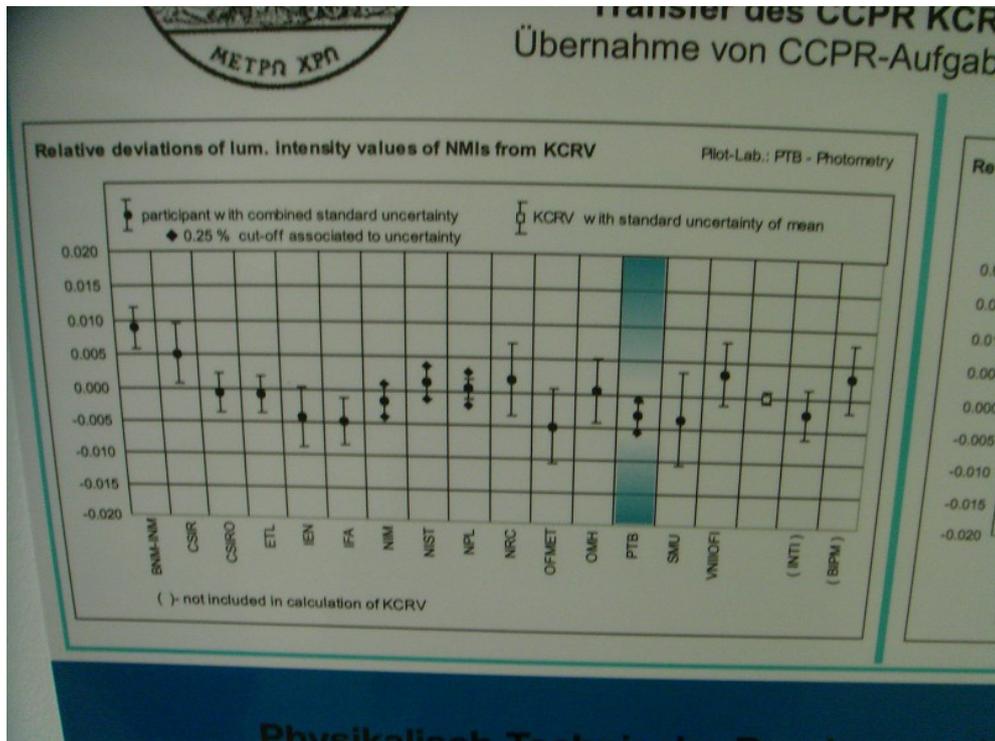
圖 十 Photometry 照度計校正實驗室內部一覽

工作領域包含：

1. SI 制光強度單位，燭光(cd)。
2. 光度計量單位轉換。
 - (1)光度計量，輝度、照度，光度響應(以 40m 長光度計量軌道量測)。
 - (2)空間光度計量分布，如光通量、局部光通量(以直徑 2.5 m 之積分球量測)。
3. 光度單位追溯。



圖十一 Photometry 標準光源



圖十二 PTB 光照度實驗室與其他各國實驗室比對

色彩量測及特性計量

1、光譜分布

2、色彩刺激值

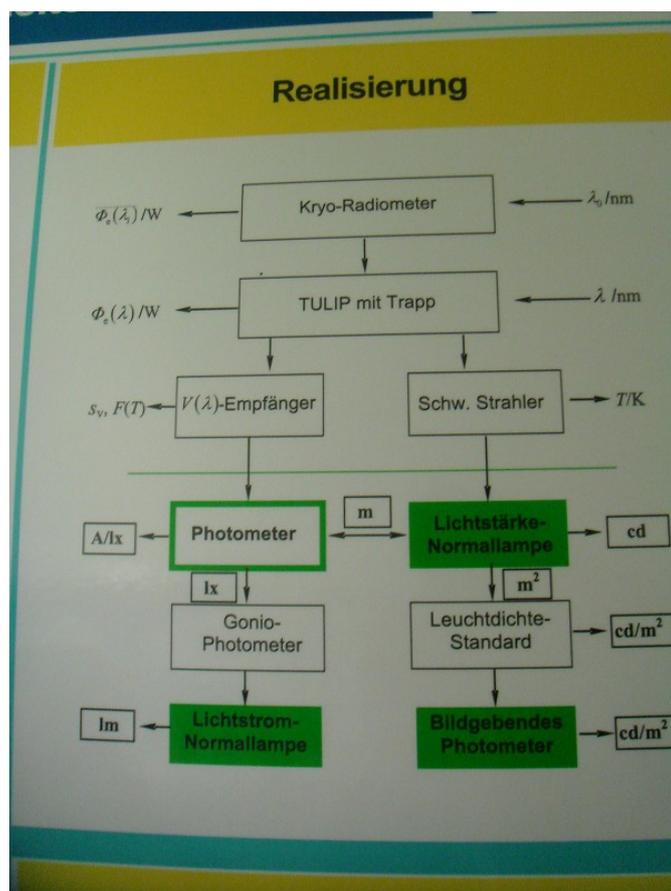
(1)對於白光而言，就是色溫。

(2)對於色彩而言，就是主要波長，色純度。

3、色彩計量特性值的決定。

標準光源及光度計校正

4、追溯至 PTB 的國家標準件及同級的世界參考值做為光度單位包含色度特性的轉換標準。



圖十三 Photometry 系統追溯圖

光度領域的研究發展

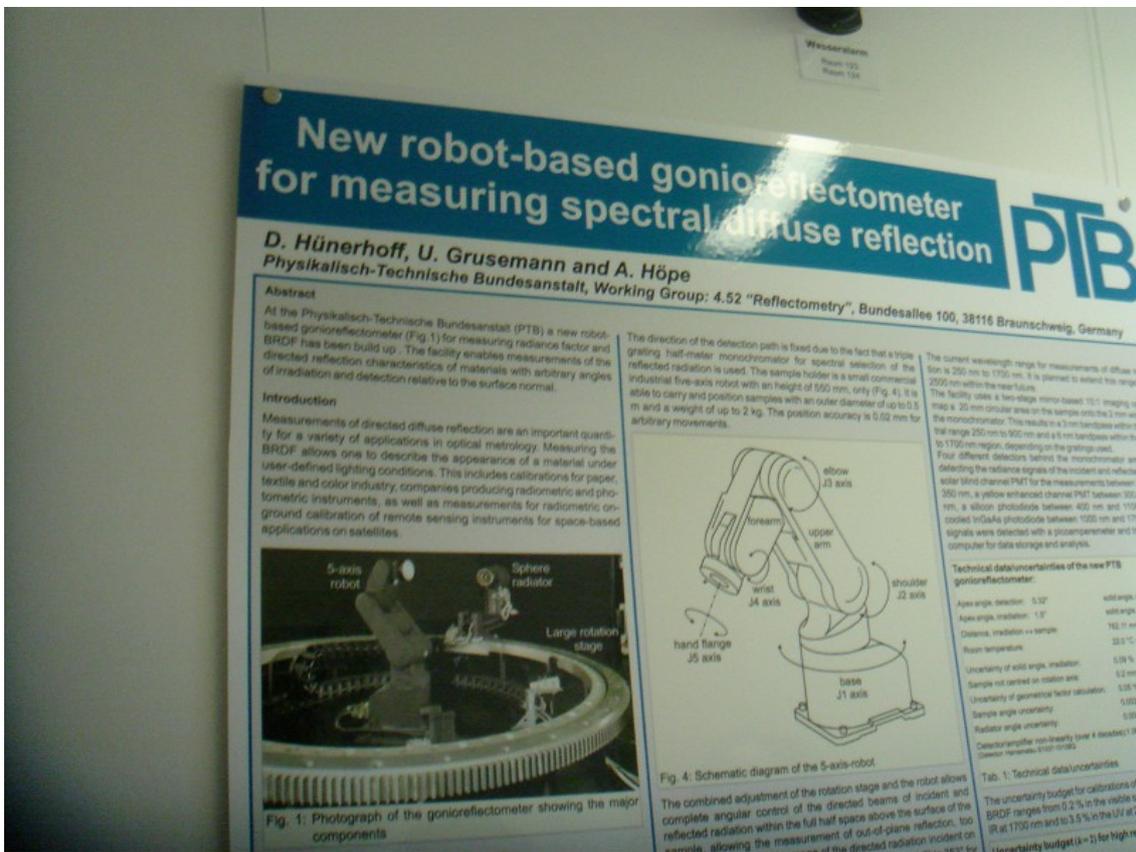
1、延展性光源特性(OLED，顯示器)的光度與色度計量量測。

2、量測技術發展聚焦於提供工業應用與研究的單位與特徵值的轉換。

Goniophotometry working group

部門工作

1. 對於光通量及光線角度相依及色度特性計量像是光強分佈、色溫分布及色刺激值，以及非同調半導體散熱器的特殊特性等光度單位的傳播、宣導。
2. 與產業界密切合作應用於工業的新技術與成果經驗的轉移。



圖十四 Goniophotometry 五軸量測系統

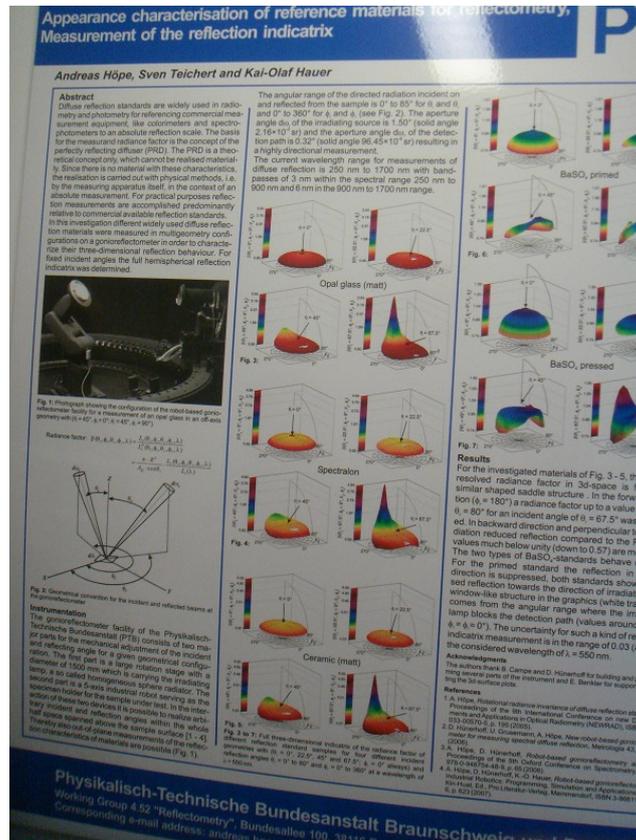
工作領域

1、測角光度測量法(Goniophotometry)/測角色度測量法(Goniospectrometry)

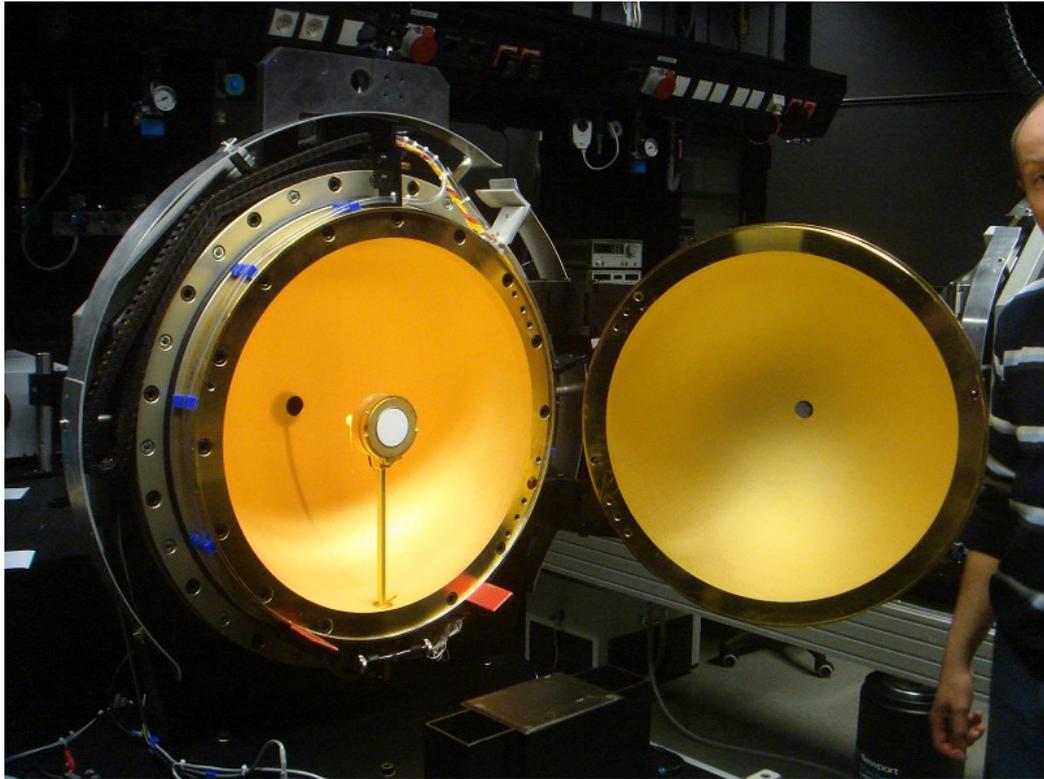
針對最大 2m 長的中型光源的機械手臂配光曲線儀(6m 有效距離)光度及近 UV 近紅外分布範圍量測的一般性工作。

2、測角光度測量法(Goniophotometry)/測角色度測量法(Goniospectrometry)

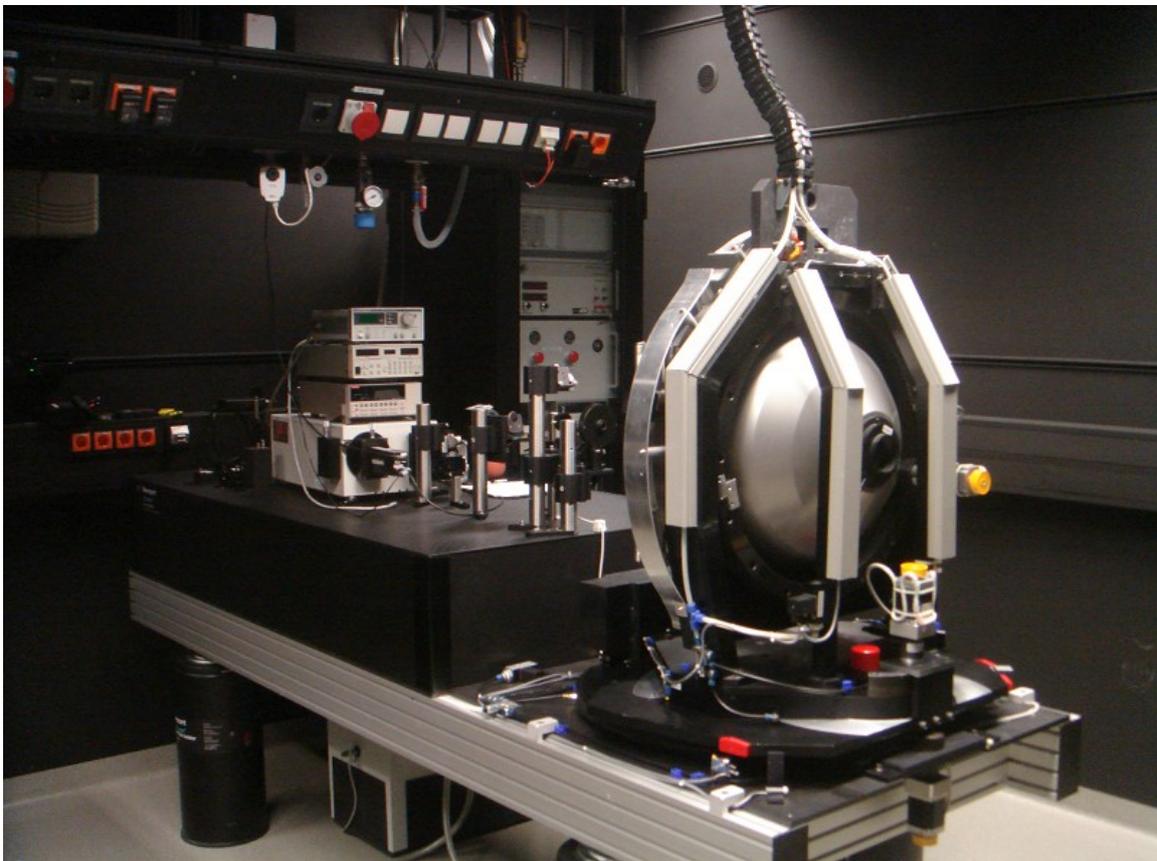
針對 LED 角度散射(1.5 有效直徑)包含”平均 LED A,B 量測標準之 CIE 光強”及”CIE 局部光通量”。



圖十五 反射片量測結果



圖十六 用於量測 IR 的金積分球



圖十七 用於量測可見光的金屬積分球



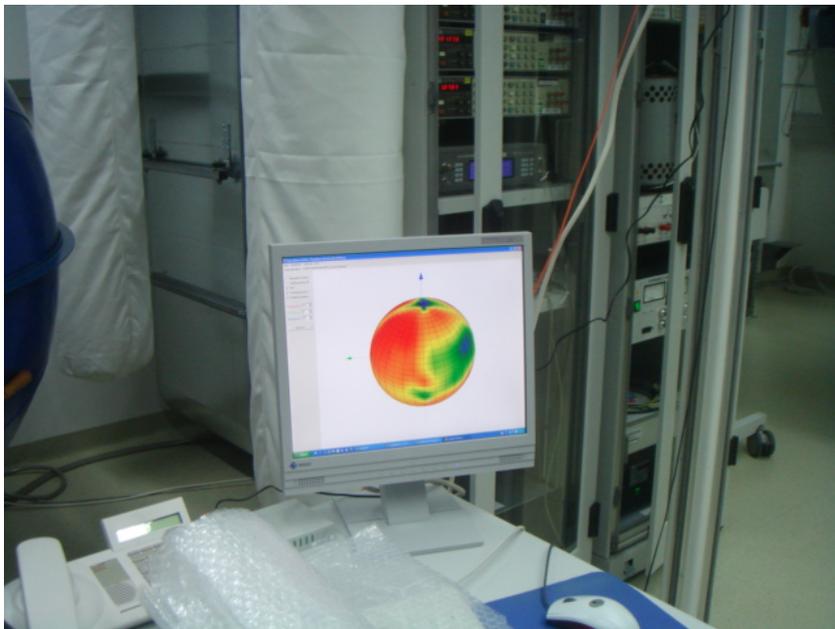
圖十八 配光曲線量測系統

最令人印象深刻的是量測燈具的配光曲線設備，此房間唯一封閉區域，內有兩支機械手臂，手臂端點有光照度計，可以固定特定距離對燈具進行 360 度的配光曲線量測，量測時最短為半個小時；而且此套系統可以在不同距離量測各方向之光通量分佈，這些資料對於燈具設計的分析非常有用。



圖十九 直徑 2.5 米的積分球

接著參觀超大積分球，直徑約 2.5 米，圖十九為實際照片，圖二十測試實驗室以及積分球的規格表。



圖二十 積分球內佈反射率

透過積分球反射率的量測，因此可以利用機械手臂來量測燈具的

Realisation		Environment
Umgebung		
- Reinraumklasse	100 000	clean room class
- Umgebungstemperatur	22°C - 35°C	ambient temperature
- Luftfeuchtigkeit	50%	humidity
- Medien:		media:
Kühlwasser, Stickstoff, Druckluft, USV		cooling water, nitrogen gas, compressed air, UPS
Kugelphotometer		Integrating Sphere
- Durchmesser	2,5 m	diameter
- Wandmaterial	Aluminium 4 mm	wall material
- Beschichtung	BaSO ₄	coating
Reflexionsgrad	> 95%	reflectance
- Ports:	7	ports:
Empfänger		detector
Lampenhalter		lamp holder
Hilfslampe (LED-Cluster)		auxiliary lamp (LED cluster)
Einstrahlöffnung		input aperture
- Zubehör:		accessories:
Drehvorrichtung für Lampenhalter		rotary stage for lamp holder
Temperaturmessung		temperature measurement

圖二十一 2.5m 積分球的規格表

配光曲線，計算出燈具的總光通量，接著再把燈具放在積分球裏量測總光通量並進行修正。一般燈具廠商，如 OSRAM，基於成本考量，只會在廠內建置積分球，可以利用這個方法提供一般業界廠內積分球的校正。

(二)電能實驗室介紹

本次參訪的電能實驗室是由 Martin Kahmann 博士所主持，該部門主要負責維持德國國內電力的量測標準，發展電力計量標準技術，及維持電力公平交易和確保民眾用電品質，利用科學提供公眾電能量測裝置之檢校服務。目前該部門共有 5 名科學家、7 名工程師及 7 名職員。

電能量測部門分為：

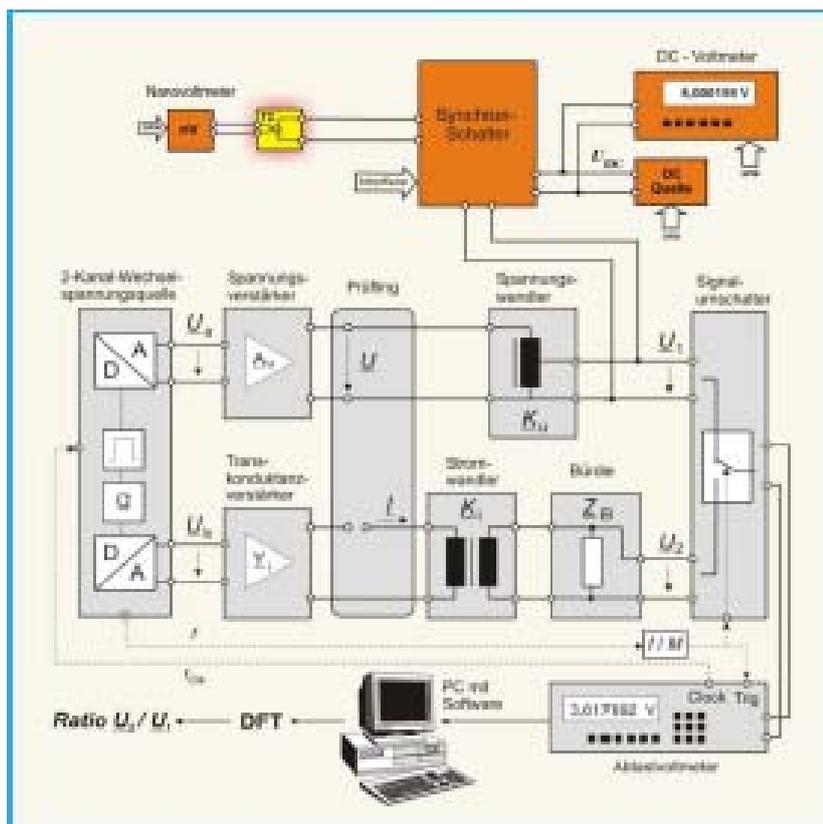
1. 基礎電能技術開發
2. 高壓及軌道列車電能量測技術
3. 電功率及電能量中心
4. 型式認證及符合性評鑑

5. 變比器量測技術開發

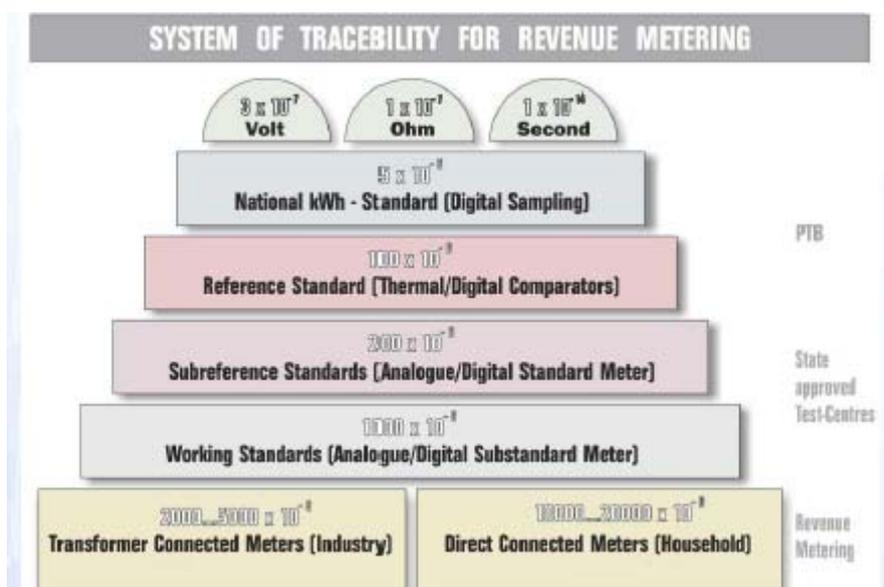
目前包含 3 個重點工作項目：

1. 提供精確原級電能(量)量測標準
2. 隨多元化供電來源(如再生來源)發展必需的相關電能量測技術
3. 與整合電能的相關配套技術之建立(如智慧電網、電表及電動車等新技術開發)

有關原級電能量測標準之精進，採用多重界面熱偶轉換 (multi junction thermal converter) 的取樣系統，該系統的電壓量測值可直接與約瑟芬電壓同步的量子電壓作比較 (如圖二十二)，來降低系統量測不確定度。



圖二十二 多重界面熱偶轉換 (multi junction thermal converter) 取樣系統



圖二十三 電能系統追溯圖

有關多元化供電來源(如再生來源)發展必需的相關電能量測技術，配合再生能源離岸風力的發展，因風場與岸上距離的增加，傳輸電纜負載損耗將嚴重增加，為降低電力損失，目前積極開發高壓直流傳輸 (high-voltage direct-current transmission) 技術，配合歐洲計量研究計畫 (European Metrology Research Programme) 共有 8 個國家共同參加研究提供相關基礎計量建設，德國部分是建立直流電在變電所轉交流電時造成電力損失之測量程序，並研發量測直流電表所需相關技術及標準。



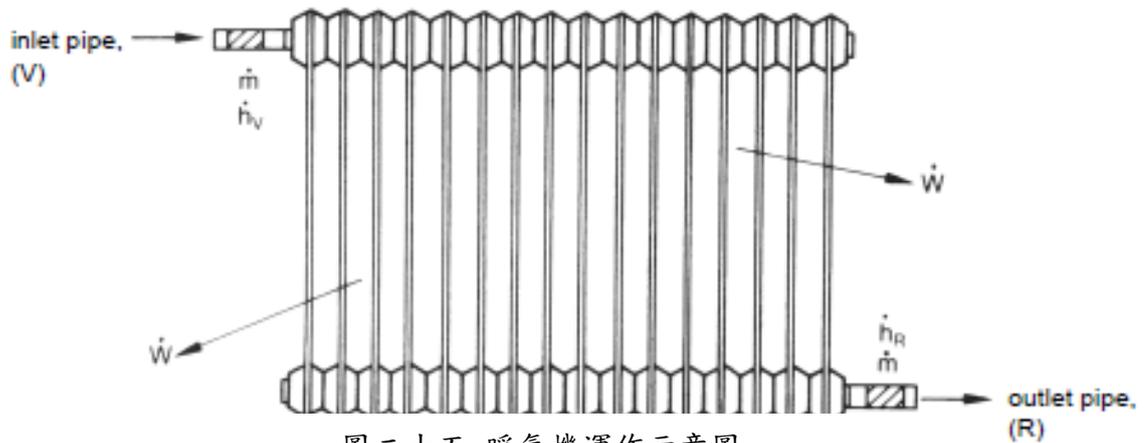
圖二十四 高壓直流控制系統

(三)熱能實驗室介紹

本次參訪的電能實驗室是由 Jurgen Rose 博士所主持，他對我熱情接待，並詳盡介紹該實驗室的工作及運作模式，簡述與其討論的內容如下：

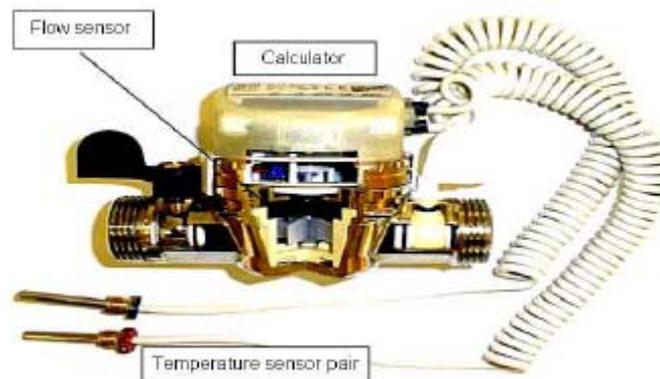
熱能計是能源計量的各設備中結構最為複雜，根據研究，家用的熱能計所需檢測的工作量大概是電能電表的 12 倍之多，就其結構來看，主要部件包括溫度量測部分、流速量測部分以及數據積算器，各部分各具有不同的物理特性。每年在德國約花費 5 千萬歐元在熱能交易上，而每年德國製造 100 萬熱能計除供應國內使用，並外銷世界各地，據估計在歐洲的市佔率為 75%，全世界約佔 45%，可見德國在熱能量測技術走在世界的前端。PTB 每年核發約 130 件 EC 型式試驗證明書和型式認證展延，協助德國製造商將新的熱能計量設備外銷俄羅斯、中國、印度甚至中東。在德國境內使用的熱能計約 1 千 2 百萬具，為應付大量的檢校案件，全國設置 45 個專門為熱能計提供校正服務的國家測試中心，並設立地方檢定辦公室雇用約 2100 人進行每年約 2 百 4 拾萬具熱能計的檢定工作。

對於熱能量測最常用安裝在家用暖氣器，如圖二十五所示，一穩定流體以固定流速由暖氣機入口進入，通過散熱片通道，將熱能逸散至室內空氣中，之後，再由出口流出，根據經驗公式，若知道進出口溫度及流體體積流速，即可推求暖氣機提供的熱能。



圖二十五 暖氣機運作示意圖

因此，一般熱能計包含三個部分，流速計、一對溫度感測計、及積算器。(如圖二十六)

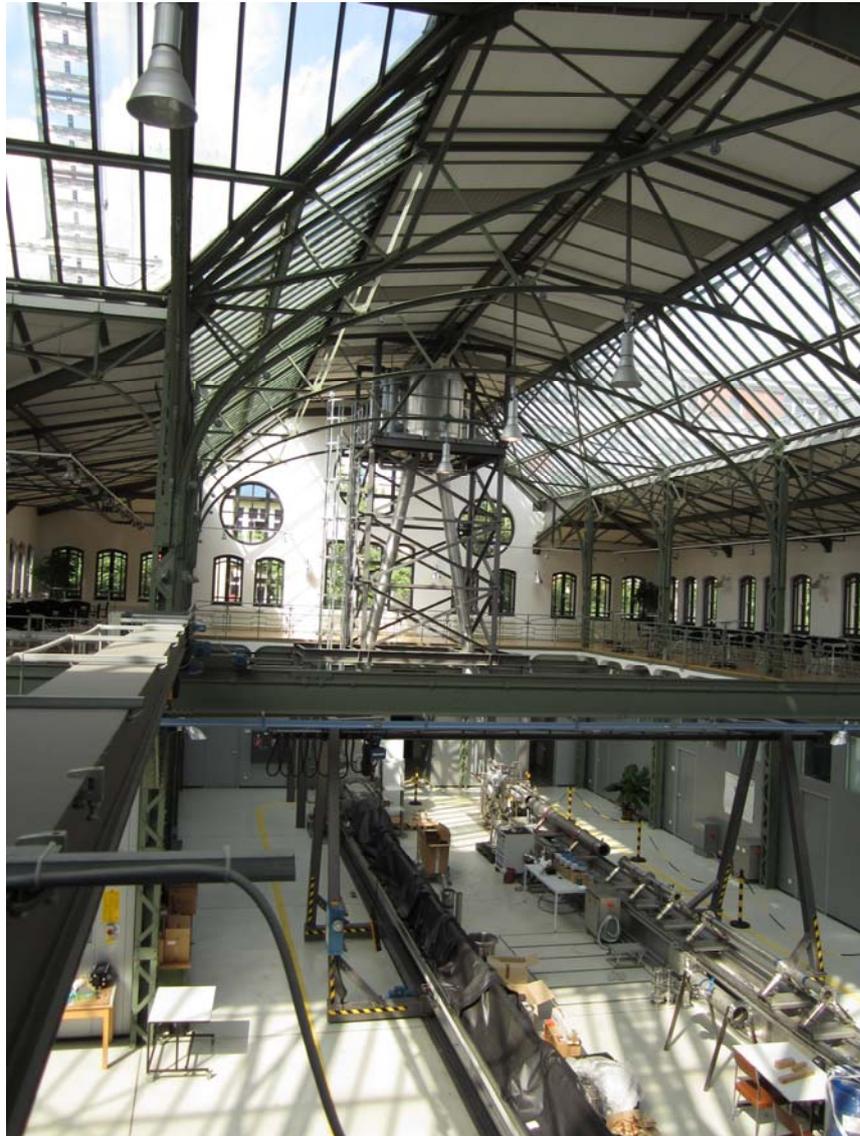


圖二十六 熱能計結構圖

目前的實驗室發展工作要點:

- 1、管流中沈澱物對流速量測的影響
- 2、流體狀態對流速計的修正及發展光學流速計

3、發展智慧型熱量計的研究



圖二十七 熱能實驗室實景

二、德國電工委員會(DKE)

德國電工委員會(DKE)成立於1970年，並於1975年開始以和德國聯邦政府及德國標準化委員會(DIN)簽訂標準合約(Standard Agreement)的方式運作，是一個彙整並提供德國業界有關電機、電子以及資訊技術工業標準和安全規範的組織。同時也代表德國向歐洲電工技術標準化委員會與國際電工委員會(IEC)發聲。DKE亦接受業界委託擔任顧問，或協助起草德國國內、歐盟境內以及國際的電機、電子以及資訊技術的相關標準。

智慧電網這種能源 e 化的概念主要以「E-Energy」及「ICT for Electromobility」兩大研究計劃統包，目前正在六個示範地區進行研發與測試，主要負責的政府單位包括聯邦經濟與技術部(Federal Ministry of Economics and Technology)與聯邦環保與核安部(Federal ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety)，並規劃透過國際合作模式與國際電工委員會(International Electrotechnical Commission)、歐盟電工標準委員會(European Committee for Electrotechnical Standardization)等一起建立智慧型電網相關設備的國際共通標準。



圖二十八 德國電工委員會總部

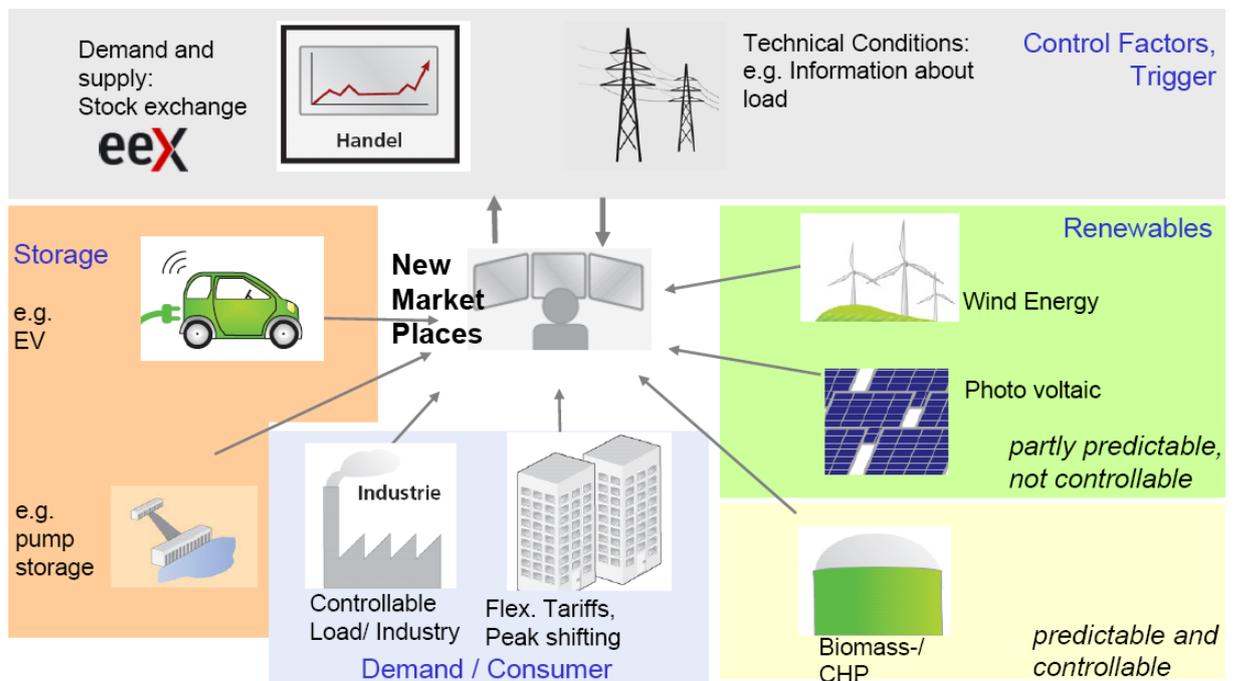
本次與慕尼黑辦事處商務組人員陪同參訪德國電工委員會(DKE)，與 Bernhard THIES 博士等人討論德國智慧電網的發展近況，簡述如下：

工業用電方面，已經讓許多生產業者透過用電負載管理模式，盡可能避開在尖峰時間大量用電，以降低生產成本增進利潤，這些業者還能夠透過能源網際網路(Internet of Energy)獲得更多關於自身的用電資訊，進一步地提升能源效率，而上述功能也都將被納入未來工業自動系統的標準中。

而在與住宅用電相關的發展方面，由於目前已經有部分的供電來自於再生能源，考量其供電狀況較易受天候因素影響、對電網穩定度造成衝擊的特性，在智慧電網的配套上面可考慮輔以住宅用熱電共設備(CHP)或是電動車輛(EV)作為緩衝。

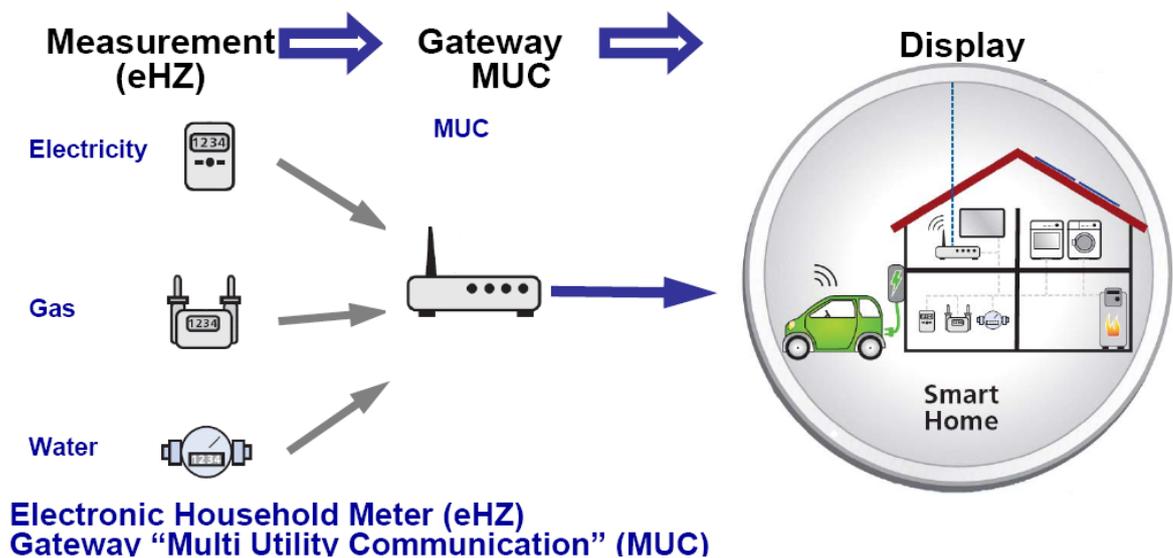
熱電共生設備採用燃料電池技術，嚴格來說不算是再生能源的一種，但是只要燃料來源(純氫或是重組製氫)供應不虞匱乏，就可以避免氣候因素造成電力供應中斷的現象。

日常時間作為通勤工具的電動車輛到了夜晚較無移動需求，因此可以在上半夜將多餘電力供應給家戶使用，並在下半夜家戶用電載較低的時段充電，以供隔日再次通勤使用。不過，如要達到這樣的使用模式，則電動車輛在工作場所與家戶間的充放電設施(接頭)就必須儘量達到規格的共通性，這種基礎建設標準化的工作，目前正由德國政府與電力公司、汽車廠商、電工業者共同擬定中，除了著重技術層面的表現外，相關的高壓電安全規範亦是討論的重點項目。



圖二十九 德國未來電力網絡圖

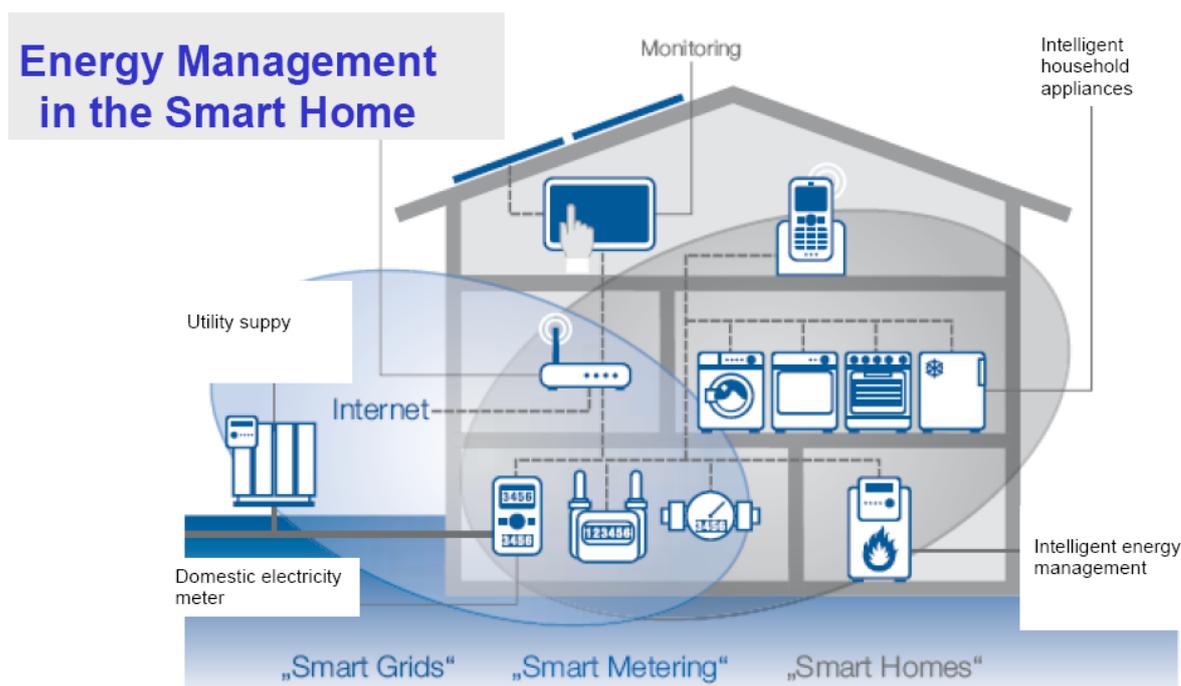
智慧電網發展中，涉及的特殊硬體設備及制度發展，各種再生能源發電設施、熱電共生設備、電動車輛外，智慧型電網要能做到即時資訊傳輸(包含不同時點的即時電價)、估算電力使用的狀況並以遠端監控的模式進行電力調派或開關，後端需要一座功能相當強大、透過雲端運算機制操作的資料中心。由於這樣一座資料中心要負責處理的工作項目極為龐大，不但運算過程本身就相當耗能，甚至還要運用額外能源進行冷卻，仍需未來發展新技術來克服。而能源並不是只有電力一項，除了燃料電池技術在智慧型電網中扮演的角色越來越重要之外，瓦斯、自來水等各種能源的資訊柵道(Multi Utility Gateway)形式，提供最終使用者整合性的能源的使用資訊。最後，由於智慧型電網背後的思考邏輯是分散式、在地化的電力供應架構，這種微型電網(Micro Grid)將打破以往由電力公司全權負擔電網內各項設施建置與維護成本的營運模式，屆時除了產權明確的私人物品外(如 CHP 或 EV)，像是社區內公用電力線、蓄電池的產權，就可能以既非私有財、亦非公共財的共有模式經營之。



圖三十 整合家庭用錶之資訊柵道示意圖

德國目前為了智慧型電網前期建置工作而推動的相關計畫有：“能源管家”(Energy Butler)計畫，協助能源使用者執行與安裝各種節約能源系統;Prosumer 計畫，協助最終使用者能夠自給自足，同時成為能源供應者與

消費者;Smart Watts 計畫，將家電設備與智慧型電表上的價格資訊進行連結，好讓這些家電設備在使用者選定好的電價區間自行啟動運轉，或是讓使用者可以透過網路取得即時電價資訊，再利用遠端操控模式挑選電價較低的時段加以啟動。另一方面，聯邦教育與研究部在教育、研發、社會推廣等方面也有相當多的計畫正在執行。



圖三十一 智慧家庭能源管理系統示意圖

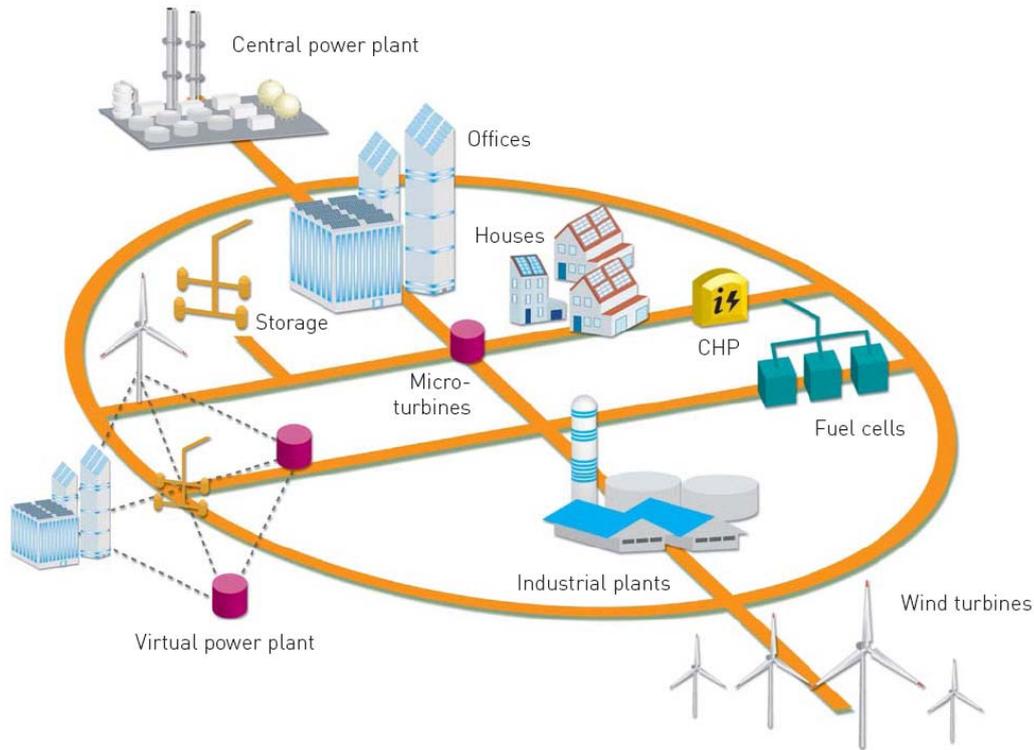
研究員指出現階段有很多可行的技術可以應用在智慧型電網的建置工程，並沒有所謂技術不成熟的問題，至於成本偏高這一點，當然還是需要依靠量產以達到經濟規模加以解決。相較於技術或成本課題，如何提高社會大眾對智慧型電網的認知，進而創造對相關設備的需求，或許才是另一個更值花費心力克服的重點。以德國為例，能夠真正理解智慧型電網概念的高階官員也是寥寥可數;如果政府官員能夠真正把推動智慧型電網當作重點工作項目的話，接下來將非常有助於提高公眾認知，讓整個智慧型電網的建置工作事半功倍。

三、德國能源署(DENA)

德國能源署的任務主要在能源效率和可再生能源方面開發市場、併同政界、經濟界和社會各界人士進行合作，除了能源的生產、聯絡和存儲，它還積投入到消費行業、房屋、電力和交通等領域。它積極推動示範項目及表彰一些產業先鋒，為政府及生產業者如服務供應商提供諮詢，培養宣傳教育人員，建立網絡及評估科技、分析國外市場，規劃未來的發展方向。德國能源署通過應用市場經濟工具，提供符合國家政策和國家資助的創新能源服務。

主要股東為德國聯邦政府(占 50% 股份)，擁有研究員及工作人員共 150 人，主要核心工作領域包含節能用電、能源系統及服務、可再生能源、節能建築、節能交通系統及大氣保護等議題。

此次參訪是由 Isabelle R. 研究員接待，並就德國再生能源目前發展近況，進行介紹。指出目前再生能源產業所面臨的挑戰，為再生能源尚未能達到市電平價，也就是說，它們是比常規能源更昂貴，而增加的發電成本，在德國，部分是由國家補貼，部分是由立法要求消費者買單，用來支持發展再生能源產業。另電網的擴充也是未來德國提高電力應用效率的重要工作，提供現代化和高效率的電網與提高再生能源的使用，為進一步增加德國國內電力供應的關鍵要件。因此，為了使再生能源能更完整、有效率地連結到電力系統中，德國積極著手制定智慧電網相關標準，其中對智能電網的規劃內容包括電力生產、儲存、電器消費者和電力供應商之間的電力傳輸和分配網絡中相關連結設備的溝通與管理，另外，監測和優化互連組件也是電網系統必須完成的工作，以確保能提供有效率且可靠的能源供給。德國聯邦政府在 2010 年 9 月所發表的能源政策上，特別致力著墨於智能電網的發展，並打算制定有關智慧電錶的相關法律。



圖三十二 智慧電網簡示圖

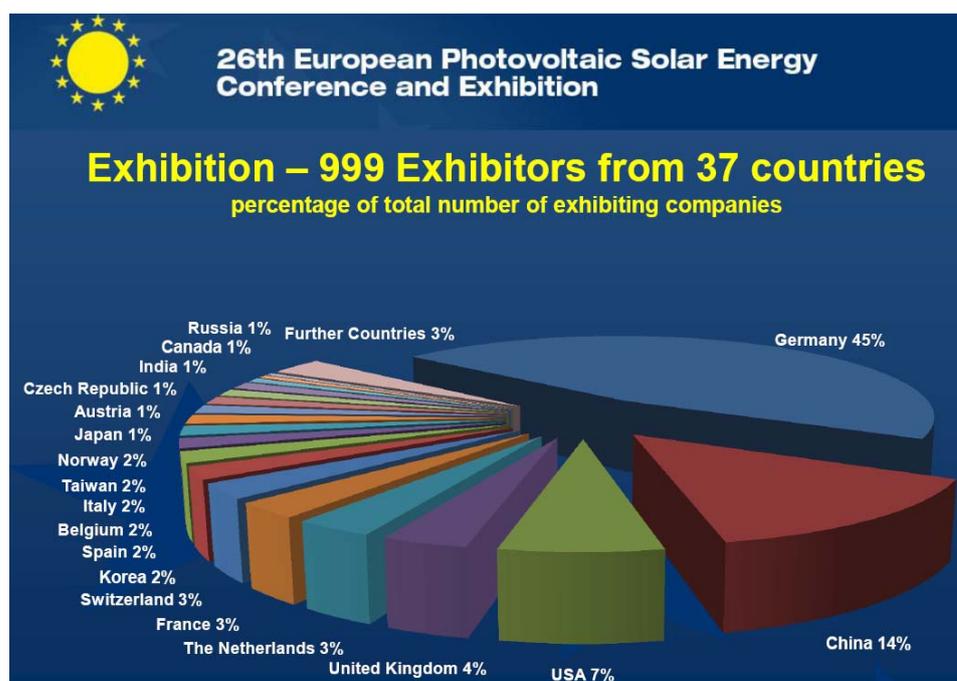
根據德國能源署所出版的電網研究 II，特別強調德國電網需要再擴充及優化，以滿足未來再生能源的整合，並提出未來 2020 年到 2025 年，需完成架設 380 千伏高空纜線技術，及更新高電壓傳輸線路 3600 公里。德國目前再生能源的發展，風力、生質能、廢棄物、地熱及太陽光電的發電量皆比 2000 年剛推行再生能源法(EEG)時有更顯著成長，其中風力及生質能發電量已成為現今德國再生能源發電主力，且至 2010 年為止，風力發電更成為德國再生能源發電量的最大來源。在這樣的發展趨勢下，更新電力網系統，是德國目前首要完成的重點工作項目，在風力發電的發展上，由於陸域風場的減少，所以離岸風場勢必漸漸變成主流，由於離岸風場可能離岸上電力系統較為遙遠，傳輸電力需要非常長的距離，這將造成非常大的電力損失，而若將傳統的高壓交流傳輸改變成高壓直流傳輸，可以減少電力傳輸上造成的損失。

德國內閣於 2010 年 9 月 28 日通過了聯邦政府的能源概念政策;在 40

頁的內容中，它闡述了現在一直到 2050 年德國在能源供應及各個領域的能源使用上各項重點工作。在未來的能源結構，是朝向以再生能源成為國內主要的能量來源。而提高能源效率，擴大電網和新的蓄電站的建置，是未來能源供應的關鍵要務。並訂定到 2020 年再生能源佔總能源使用量的 18% 為目標，到 2030、2040 及 2050 年分別成長為佔 30%、45% 及 60% 的比例，並計畫在 2050 年後，80% 的電力將來自再生能源。

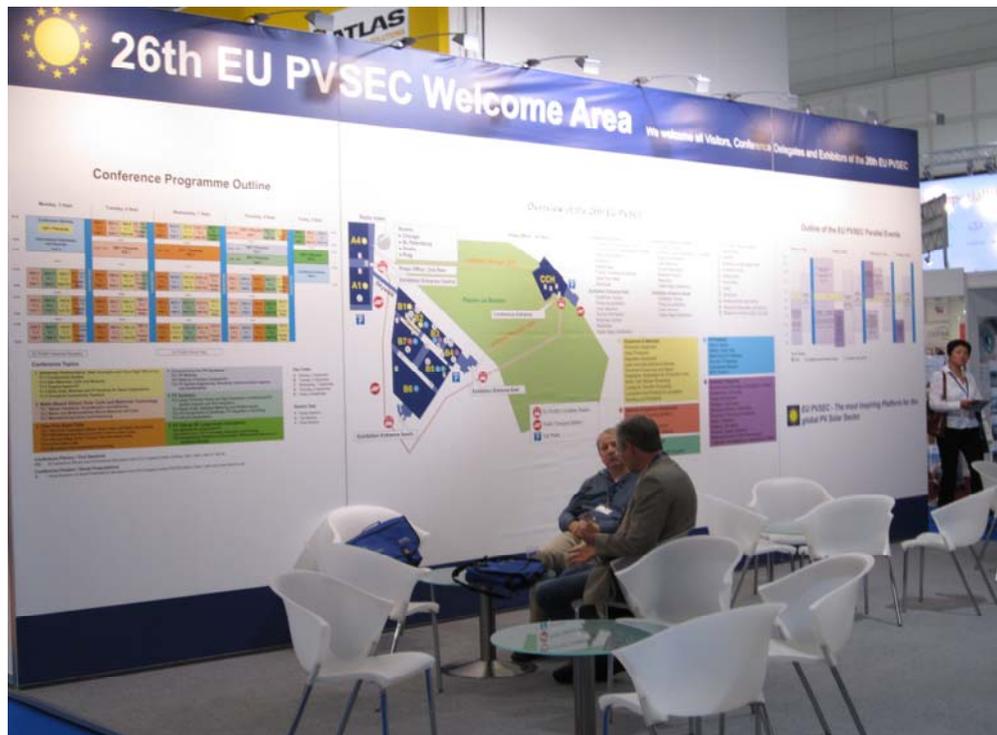
四、2011 年歐洲太陽光電研討會暨展覽(26th EU PVSEC)

第 26 屆歐洲太陽光電展 (EU PVSEC) 在 2011 年 9 月 5 日至 9 日於德國漢堡盛大展開，此會議為世界上具有指標性的國際太陽光電技術論壇之一，特別針對各種太陽光電製造或量測技術進行交流。根據主辦單位統計，本屆展出面積達 80,000 平方公尺，計有來自全球 37 國，超過 999 家業者參展，參展廠商除德國知名品主要業者 Qcell、Sharp、First Solar 等，另亦包括積極競逐商機的各國廠商。在這 4 天展期吸引了全球 103 國超過 41,000 買主與訪客參觀，其展出項目涵蓋矽晶原料、矽晶圓、模組、薄膜、系統、設備等太陽能相關產品。



圖三十三 第 26 屆歐洲太陽光電展參展廠商統計圖

歐洲 2010 年太陽光電設置量達 13,246 MWp，為全球第一大市場，累積設置量 29,252 MWp，占全球設置量近 3/4。在歐盟對再生能源的關注下，歐洲未來太陽光電市場仍將扮演全球關鍵地位，為全世界最重要的太陽光電產業消費核心。



圖三十四 第 26 屆歐洲太陽光電展參展會場實景一

去(2010)年太陽光電產業景氣一片大好，市場規模是 2009 年的 2 倍，依據歐盟執委會共同研發中心能源研究所(European Commission, Joint Research Centre Institute for Energy)研究指出，2009 年全球的太陽市場規模為 7.2GW，但 2010 年就成長到 17GW。而去年全球市場規模大幅增加主要原因是，大家預期德國政府將在 2011 年調降補助，業者紛紛在補助調降之前安裝太陽能發電設備。太陽能產業過去 20 年以驚人的速度成長，1990 年全球的太陽光電產能僅有 43MW，但到了 2010 年，已經成長到 23.5GW 了，成長了近 500 倍。



圖三十五 第 26 屆歐洲太陽光電展參展會場實景二

參、心得與建議:

本次研習參觀了德國中央聯邦技術院(PTB)蒐集目前德國在能源計量標準的最新技術發展，並參訪德國能源署(DENA)及電工委員會(DKE)，了解德國的能源政策的最新方向，同時參加歐洲最大的太陽光電研討會暨展覽(EU PVSEC)，了解歐洲產學各界在太陽光電的技術發展，在汲取德國經驗，比較國內能源產業的需求後，提出以下幾項建議:

一、台灣太陽電池產業正蓬勃發展，如果能建立國內自己的太陽電池原級標準，並積極配合國內廠商的需求，發展相關的量測與校正技術，廠商將可獲得相關研發資源，相關設備並能就近在國內獲得校正及追溯服務，爭取時效，必能增加我國廠商在國際上的競爭力;德國 PTB 是國際上太陽電池標準領先實驗室之一，尤其我國度量衡標準實驗室與 PTB 已有簽署合作備忘錄，在此架構下，在具光源光譜量測與偵測器分光響應量測經驗、與 PTB 專業人脈基礎下，與 PTB 合作進行太陽電池原級標準---分光響應量測系統建置，將更容易掌握關鍵技術，縮短系統建立時程。

二、隨著傳統能源(石油、煤)的日漸減少，未來各國的能源政策將朝節能的方向進行，其中以提高能源使用效率為最重要課題，而智慧電網的建置被推為是目前各國積極完成的工作項目，若就計量方面來說，首應完成先進電錶(AMI)的裝設及推廣;但該工作之完成，仍需作好完善的配套措施，除了開發資料無線傳輸及雲端處理技術外，應該再導入資料保密相關技術，以防有心人士盜取利用，在德國 PTB，目前有專門的電資部門就先進電錶的傳輸安全進行相關研究，因此，國內未來在推展先進電錶時，應納入考慮。

三、2010 年起至 2016 年間，政府投入新台幣 96 億元經費，推動“智慧電動車發展策略與行動方案”計畫，該項計畫是推行節能減碳的重要方案，但如果要將電動車推廣民眾接受使用，相關配合硬體基礎設施(如加電站)，應先建置完善，由於電動車之充電目前以快充直流電的方式進行，因此，對民眾而言，加電站需要具有精確的計價電錶，在德國 PTB 對於直流電功率原

級標準相當重視，目前國內尚未建置直流電功率原級標準提供校正及追溯服務，對於未來智慧電動車發展，甚至智慧電網的推行，該項工作仍需努力。

四、德國在再生能源未來發展重點放在離岸風力及生質能源上，對於風力場發電的效率評估，風速為一重要因素，而生質能源如替代燃料乙醇，該成分摻合於汽油的各項特性(如密度、黏度)，為計算熱值的重要參數;因此，德國 PTB 特別就風速計的校正系統作進一步的改進，以達到最小的量測不確定度，並建立各種不同摻合替代燃料比例的汽油之各項特性資料，為未來在計算此兩種再生能源價值作準備。國內未來若要發展風力發電及生質能源，實應詳加規劃。

德國是務實的民族，將能源政策，以革新的經濟方式推展，配合各項立法補助，積極開發各項新技術，才能使節能減碳不再淪為口號，並且達成各國望其項背的豐碩成果，該國的精神及作為實值得我國學習。

肆、誌謝

本次赴德國參訪查承蒙本部國際合作處提供必要經費，以及駐德代表處經濟組協助安排參訪行程，並由駐慕尼黑辦事處商務組人員陪同參訪，方可以使參訪行程完整並獲致相當可觀的成果。