

公務出國或赴大陸地區報告（活動類別：考察）

奉派參加 113 年德國參訪計畫

服務機關：臺南市政府水利局

姓名職稱：邱忠川局長/黃信銓專門委員/石國宏科長/鄭志偉科長/

楊津豪科長/李耘瑛幫工程司/周佩穎工程司/黃秀雲工程司

派赴國家或大陸地區：德國

活動期間：自 113 年 04 月 07 日至 113 年 04 月 14 日

報告日期：113 年 06 月 11 日

目錄

第一章	摘要.....	1
第二章	活動人員及名單.....	3
第三章	緣由或目的.....	5
第四章	德國污水處理技術及綠能案例考察過程.....	7
第五章	心得	94
第六章	建議	98
第七章	效益	100

第一章 摘要

因應氣候變遷降雨豐枯差距擴大，再生水源具有補充水資源的優點，水利署已將再生水列為「開源」的必要選項。行政院於 102 年開始推動放流水再利用政策，臺南市政府水利局積極配合推動，經歷意願調查、媒合、用水契約簽訂、水價討論等困難點，在跨機關部門協調與集思廣益，促成臺南市 3 座再生水廠(永康、安平及仁德)新建案。

於 111 年 12 月 30 日臺南市永康水資源回收中心(及再生水廠)正式通水啟用，每日供應 0.8 萬噸再生水，為因應抗旱，永康再生水廠於 112 年 4 月每日增加供應至 0.92 萬噸再生水至水情恢復藍燈。臺南市安平再生水廠於 112 年 4 月 8 日正式供水，其水質與永康再生水廠一樣採行高標準，並配合市府抗旱政策，大幅提升至每日供應 1 萬噸，更提前於 112 年年底完成供應每日 3.75 萬噸再生水。

臺南地區因降雨豐枯其差距大，旱季發生情形日趨嚴峻，市府提前未雨綢繆，預計辦理安平及永康再生水廠擴建，並提升每日再生水產量。然而，再生水廠的營運操作有賴完善的下水道建設及處理等級高的污水處理，因此強化污水廠處理設備、提升營運效能及未來節能減碳發展都是未來的發展重點。

臺南市政府水利局為順利推動再生水計畫，於 113 年 4 月 7 日至 4 月 14 日由邱忠川局長率水利局同仁等一行 8 人，前往德國法蘭克福及卡賽爾市參訪，參訪地點包括 EURAWASSER Kläranlagen 污水處理廠、卡塞爾沼氣發電及卡塞爾風能。透過實際觀摩、研習與討論，

更進一步瞭解污水處理廠之先進處理技術及營運發展等運作經驗，未來將運用在臺南市內水利設施及場域結合再生能源、產能、蓄能等重點課題，並預期這些考察成果可做為未來臺南市政府水利局推動污水廠放流水回收再利用開發優化項目或能源再生設施等相關業務參考。

第二章 活動人員及名單

單位	職稱	姓名
臺南市政府水利局	局長	邱忠川
臺南市政府水利局	專門委員	黃信銓
污水養護工程科	科長	石國宏
水利新建工程科	科長	楊津豪
污水新建工程科	科長	鄭志偉
污水養護工程科	幫工程司	李耘瑛
污水養護工程科	工程司	周佩穎
污水新建工程科	工程司	黃秀雲

日期	研習內容	研習重點
04/7 (日) - 04/8 (一)	啟程：桃園機場→法蘭克福	
04/9 (二)	駐德台北代表處法蘭克福辦事處	官方推動組織。了解法蘭克福市政建設及文化資產保存。
04/10 (三)	EURAWASSER	憑藉其專業知識和創新工藝，從污水處理產生之污泥脫水和乾燥到焚燒廠的清理和處置、污水池除泥技術和濕污泥處置系統。並將廢水處理廠殘渣收集進行脫水、調節和乾燥，以達到供更高經濟高效且環保的回收。

日期	研習內容	研習重點
	卡塞爾水務公司	了解當地污水下水道管網、污水處理推動狀況及未來展望等經驗分享
04/11 (四)	沃爾夫哈根沼氣廠	利用糞便等物品所產生之沼氣，經處理過後產生電力，供應市區內設備使用，減少外部用電量，使用內部發電電力，降低操作成本並提升能源再利用。
04/12 (五)	卡塞爾風能	隨著科技廠商發展及國土規劃，水電充裕將提增廠商投資意願。臺南市積推動水資源再利用極開推動再生水，而電力部分除了太陽能外，亦可評估建置風電。因此，拜訪風能廠，汲取相關建置及營運等經驗。
04/13 (六) - 04/14 (日)	回程：法蘭克福(FRA)-臺北 桃園(TPE)	

第三章 緣由或目的

一、 考察緣由及目的

面對極端氣候及異常環境變化，南臺灣水資源受到極大衝擊，中央、地方及民間機構持續齊心抗旱，一起面對有限水資源之使用並共同努力。在有限水資源條件下，112年3月臺南市水情進入緊張情勢，中央為此召開緊急抗旱會議，行政院秘書長指示臺南安平再生水廠緊急辦理在既有10,000CMD再生水條件下再增供1萬噸再生水量乙事。為迫切缺水環境並配合中央政策，安平再生水廠提早完成供應全期水量3.75萬噸再生水，以降低工業用水之缺水風險並舒緩臺南用水狀況。

安平及永康再生水主要提供臺南市南部科學園區用水，主要供應用水端為台灣積體電路公司、聯華電子公司及群創光電公司，其皆為臺灣高科技頂尖的公司，爰臺南市政府重視如何穩定供應再生水，以避免造成高科技產業發展。

臺南市除了歷史、觀光與高科技產業外，臺南市政府也是非常重視環境低碳淨零與永續的城市，除了訂定臺南市低碳城市自治條例外，也是全國推動污水再生水供應高科技廠最領先的城市。目前臺南市已完成永康及安平再生水供水合計4.55萬噸/天，穩定供應高品質水源給南部科學園區高科技廠商製程使用，除了可因應極端氣候水資源缺乏問題，也將水資源不斷循環再利用，以達到聯合國的SDGs永續發展的目標。

臺南市政府積極開發其他水源(如再生水、回收水)供應工業用水或非與人體接觸之使用水，讓有限水資源用水調度更加彈性，達成民

生與工業用水雙贏局面。然而，再生水水源為水資源回收中心放流水，放流水水質亦影響再生水處理狀況及供水量，因此如何優化及穩定水資中心處理流程是一大課題。

為配合全球淨零排放趨勢，水資源回收中心如何有效節能減碳及如何產製再生能源供給所需亦是一大議題。而水資源回收中心衍生之污泥，未來如何處置及如何有效運用並發電將是未來推動趨勢。

本次參訪重點主要為綠色能源(太陽能)、污水處理廠沼氣發電及污水處理設備功能提升，做為未來臺南市政府積極推動政策參考。而德國的綠電奇蹟舉世聞名，是綠能最發達的國家，目前綠能佔總發電量達一半，非常值得讚許與學習。因此想藉由此次拜訪學習更多城市發展經驗。

第四章 德國污水處理技術及綠能案例考察過程

一、 重點公司/單位參訪簡介

1、 駐德台北代表處法蘭克福辦事處

本參訪使團於 113 年 4 月 7 日至 4 月 14 日出使德國法蘭克福參訪，特別感謝駐德代表處於 113 年 4 月 9 日參訪第一日熱情接待並介紹德國文化，首到異鄉即感受到代表處的親切接待，更顯出我國人的熱情民風與文化。

駐德國台北代表處（德語：Taipeh Vertretung in der Bundesrepublik Deutschland、英語：Taipei Representative Office in the Federal Republic of Germany），是中華民國外交部在德國設置的駐外代表處，為中華民國駐德國的實質大使館。圖 1 為德國地圖，我國代表處總處位於柏林(藍色)，法蘭克福(橘色)、漢堡(綠色)和慕尼黑(咖啡色)設有總領事館。法蘭克福辦事處是中華民國政府派駐德意志聯邦共和國黑森邦第 1 大城美茵河畔法蘭克福的代表機構。駐法蘭克福辦事處轄區包括德國中西部四邦：黑森邦 Hessen，北萊茵－西法倫邦 Nordrhein-Westfalen，萊茵 - 法爾茲邦 Rheinland-Pfalz 及薩朗 Saarland。總面積 7 萬 7,618 平方公里，佔德國全國 21.74%，人口計 2,894.64 萬人，佔德國全國人口 35.36%。



圖一、1-1. 德國地圖

辦事處負責推動臺灣與法蘭克福之間的雙邊關係，以及辦理護照、簽證、文件證明等領事相關業務，並提供僑民服務與旅外國人急難救助，功能等同邦交國的總領事館。辦事處位於腓特烈大街(德語：Friedrichstraße)，是德國首都柏林市中心區重要的文化和商業街，近美因河，與法蘭克福大學及舊劇院都在周圍附近。

抵達辦事處，首先步入進去第一眼看到的是幾幅臺北 101 大樓照片及高掛在大門二旁的牆上，看板上寫著「臺灣歡迎你」的顯著看板，突顯出臺灣人的熱心與熱情，本參訪團特於 113 年 4 月 9 拜訪，在黃瑞坤處長(圖一、1-2)及朱業信組長(圖一、1-3)的接見引導及詳盡介紹下，讓我們對代表處有更深的認識與了解。非常感謝黃瑞坤處長及朱業信組長於百忙中撥冗接見我們，並針對污水廠處理等各項環保議題進行討論，讓參訪團了解德國之經驗及未來技術之發展，代表處對後續參訪團與德國參訪單位之研討與技術交流助益良多，拜訪結束後，本參訪團對敬邀駐德台北代表處法蘭克福辦事處共進晚餐。



圖一、1-2. 駐法蘭克福黃瑞坤處長(左)及臺南市政府水利局邱忠川局長(右)合影



圖一、1-3. 駐法蘭克福辦事處黃瑞坤處長(左 6)及朱業信組長(左 3)與本次

水利局參訪人員合影



圖一、1-4.經驗分享及交流



圖一、1-5.經驗分享及交流



圖一、1-6.辦事處門面

2、Kläranlagen 格呂瑙污水處理廠

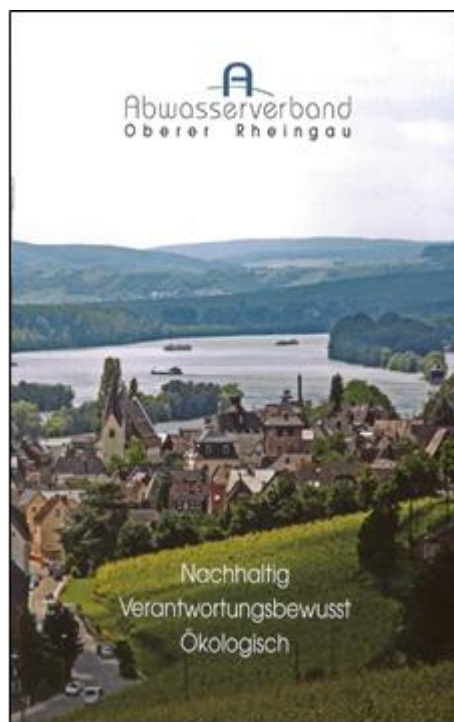
(一) 萊茵高上游廢水協會

(Abwasserverband Oberer Rheingau, AVOR)

萊茵高區的生態(Ökologisches HandeIn im Rheingau)具有獨特的文化且充滿吸引力的文化景觀，例如以萊茵高(Rheingau)栽培的葡萄和施韋特的溫泉為特色，保留及維護這些文化居需要一個完整的生態系統，而該生態系統中非常依賴於清潔的水。因此，水的處理則是非常重視的一環。

這 50 年來，萊茵高上游廢水協會在一直致力於保護這片敏感環境的生態寶藏。1962 年 8 月 6 日萊茵高上游廢水協會

(Abwasserverband Oberer Rheingau, AVOR)的創始成員包含艾爾特維爾(Eltville)、艾爾巴赫(Erbach)、哈爾加滕(Hallgarten)、哈滕海姆(Hattenheim)和基德里奇(Kiedrich)。如今該協會包含埃爾特維爾市(Stadt Eltville)、厄斯特里希(Oestrich-Winkel)-溫克爾市哈爾加滕(Hallgarten)區、基德里奇市(Kiedrich)、瓦盧夫市(Walluf)和施努爾八德市(Schlangenbad)及喬治伯恩市(Georghorn)、萬巴赫市(Wambach)和巴爾師塔特區(Bärstadt)。



圖二、2-1.廢水協會簡章

AVOR 透過私人合作夥伴的經驗和技術資源來增強協力能力，包含設備優化、科技導入及現場經驗回饋進行操作優化等等。1996 年到 2008 年間，AVOR 的管理由 MKW 水與環境有限責任公司(後來的 SÜWAG 水有限責任公司)負責。2009 年起，來自柏林的 Eurawasser

Aufbereitungs 和 Entsorgungs-GmbH 有限責任公司，根據其各市政府規定，為各處理廠持續發展並整體規劃處理流程等角色。

水是人類最寶貴的資產之一。而經過無論是人類或牲畜類等使用後，將會產生廢水。作為城市公民的 AVOR，有所貢獻。AVOR 負責對來自家庭、餐廳、商業機構以及釀酒廠或氣泡酒酒窖、農業和工業廢水等等所產之廢水進行經濟高效值且環保的污水處理。部分經濟生產考量季節性的生產週期(例如釀酒)，自然會導致特定期間的水質會異常高，導致水廠負載達到峰值。

AVOR 對當地和國家的水和環境保護負全部責任，會依據及考慮適用的準則和法律條文。節省耗損能源和如何將有限能源及資源有效率使用。讓環境永續發展及保持原有風貌及文化，是 AVOR 和城市能不斷進步的動力。

表三、AVOR 歷史上的里程碑

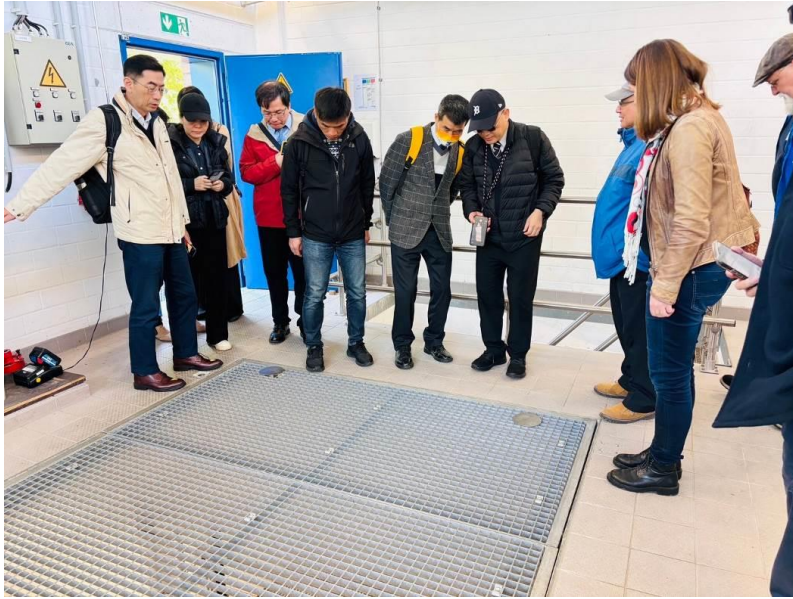
年份	里程碑
1967 年起	建立協會
1976	Kläranlagen 格呂瑙污水處理廠落成典禮
1995	接管 Niederglabach 污水處理廠、RÜB Niederglabach、RÜB Oberglabach、斯內克巴市 KSR Hausen 的營運管理
1996-1998	格呂瑙污水處理廠:改建及三級淨化擴建

2003	格呂瑙污水處理廠:建造二級濃縮機，實施污泥回流概念
2008	格呂瑙污水處理廠:進行能源分析
2009	格呂瑙污水處理廠:曝氣階段通風改造以節省能源
2010	格呂瑙污水處理廠:濾液緩衝液的優化、水池與原污泥儲存。 協會特別處理:在艾爾巴赫泵站前安裝底泥豎井
2011	格呂瑙污水處理廠:更新大部分電氣系統 協會特別處理:在 Kiedeich 水庫安裝薄層細篩系統
2012	格呂瑙污水處理廠:優化進水泵站並規畫進一步能源優化。 協會特別處理:完全更換 Hattenheim Hauptstrasse 及熱氣和現場施工

(二) Kläranlagen 格呂瑙污水處理廠

在 27 公里下水道中，家庭和商業廢水大部分與雨水一起排放到所謂的混合下水道系統中，並在格呂瑙污水處理廠進行處理。在降雨期間，混合雨水收集(也稱為集中系統)中，其中一些被保留，然後輸送到污水處理廠。在大雨期間，主要由雨水組成的混合水，部分透過洩洪渠道直接注入水體。污水處理廠的最大處理量為 470 公升/秒。

污水處理廠的進水泵站，廢水先被抽送至 8.5 公尺，然後以自由跌落方式流經各處理階段，最後到達污水處理廠。在機械處理中，大於 8 毫米的廢水雜物首先在粗篩機中去除，較小的石塊、砂和油脂通過在油脂/油分離器中沉澱而在砂分離器中去除。廢水過初步沉澱池，其中重的有機物沉入其中，輕的有機物浮到表面。後廢水進入活性污泥階段，這是微生物對碳、氮和磷酸鹽化合物進行實際重要降解的過程，透過從空氣中提供不同含氧量，微生物選擇性地存活在活性污泥中。廢水中 92%的氮化合物透過將其轉化為水和氣態元素氮(硝化/反硝化)而被去除。磷酸鹽的去除可以透過微生物，也可以透過添加沉澱劑以化學方式進行。

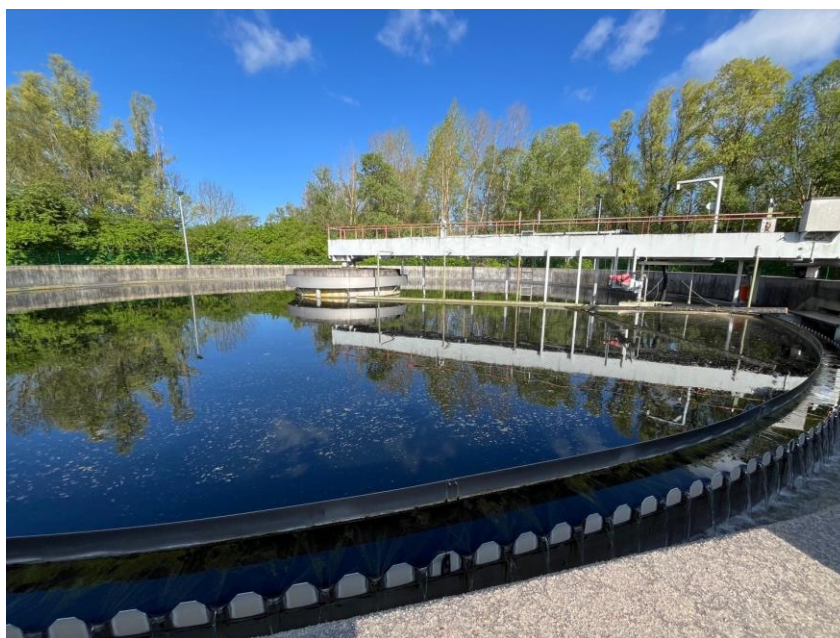


圖二、2-2. 進流乾井區



圖二、2-3. 洗砂機砂 15%含水率，回收再利用

二沉池用於分離污泥和淨化後的廢水，淨化後的廢水排入萊茵河，部分含有微生物的污泥返回處理流程，在 38°C 消化塔中消化，並在室內過濾器中進行脫水。污泥消化過程中產生的甲烷氣體用於熱電聯產廠，電力輸入處理廠內使用，為消化塔和建築物供暖氣使用。



圖二、2-4. 二沉池

表四、格呂瑙污水處理廠資料

下水道網絡	約 27 公里的下水道網絡
抽水站	2 處
防洪泵站	1 處
雨水溢流井	9 座

雨溢	7 處
下水道儲存空間	2 處，其中一台具有薄片細篩系統。
床載豎井	2 處
下水道清理物品	每年約 170 頓
年廢水量	4.184.162 立方公尺
乾旱流入量	每天約 7,500 立方公尺
陰雨天流入量	每天約 40,608 立方公尺
耗電量包括暖氣	1,384,145 千瓦時/年
自發電	793,600 千瓦時/年
污水氣體產生量	363,839 立方公尺/年
污水污泥利用	每年 3,072 頓，含 30%乾物質

目前污水處理廠擴建規模為 65,800 人口當量 (EGW)。處理進流量為 10,000CMD，因水源匯集多面向，BOD 進流濃度約 300~350mg/L，在經過水處理後再排入萊因河內，避免造成水體污染。另外，過程中所產生的沼氣，經過儲存及處理後，可供應全場約 60%電力，發電量 3500watt/hr，而沼氣純化儲存桶採用氯化鐵，在德國，人口約為 2-3 萬以上之地區污水處理廠會設置沼氣發電之設備。



圖二、2-4. 污水廠空拍圖



圖二、2-5. 乾井式進抽站



圖二、2-6. 進流井



圖二、2-7. 進流井(二隻管線匯流)



圖二、2-8. 細攔污柵



圖二、2-9. 細攔污柵



圖二、2-10.攔除物送至厭氧消化槽



圖二、2-11.洗砂機



圖二、2-12. 進流渠道



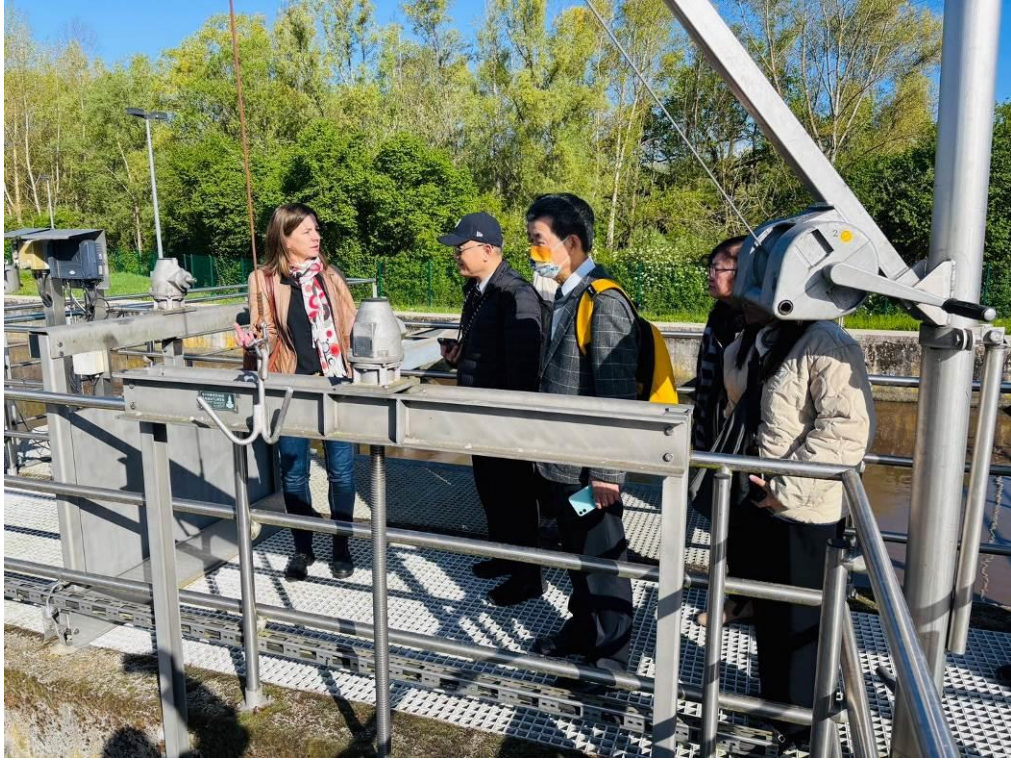
圖二、2-13. 渠道走道



圖二、2-14.曝氣沉砂池



圖二、2-15.曝氣池



圖二、2-16.曝氣池



圖二、2-17.曝氣池沉砂池



圖二、2-18. 缺氧池



圖二、2-19. 缺氧池



圖二、2-20.二沉池



圖二、2-21.二沉池溢流



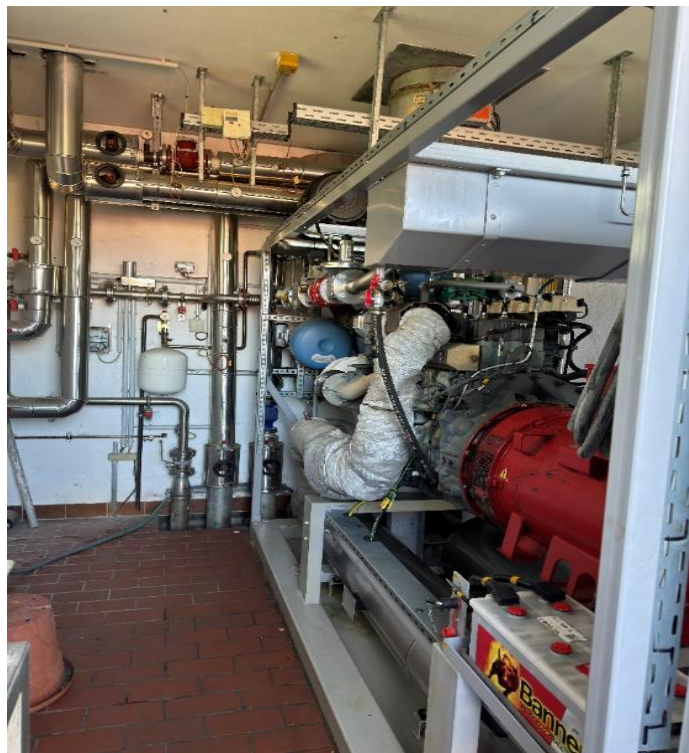
圖二、2-22.厭氧系統



圖二、2-23.厭氧系統



圖二、2-24. 放流渠道



圖二、2-25. 沼氣發電機



圖二、2-26.沼氣發電機面板



圖二、2-28.沼氣發電



圖二、2-27.版框式脫水機



圖二、2-29.污泥車斗，卡車拖運



圖二、2-30. 感謝接待參訪



圖二、2-31. 團體照

<p>Wir gratulieren zu 50 Jahren Abwasserverband Oberer Rheingau</p>  <p>Die Spezialreferate für Produkte sind: Wasserbehandlung • Prozesswasserzuberereitung Abwasserreinigung • Schlammdehydratierung</p> <p>www.kleinholzmahle.com Tel. 0611-991915-0 • Fax 0611-991915-29 • www.nova-umwelt.de • info@nova-umwelt.de</p>	<p>Geländer • Gitter • Tore • Zäune</p>  <p>www.ift.com</p> 	<p>KOPPE & STURM Rechtsanwaltskanzlei</p> <p>Nicole Sturm Rechtsanwältin Herrnringgasse 11 (Am Schloßplatz) 65133 Wiesbaden Telefon (0611) 80 80 08</p> <p>Arbeitsrecht Baurecht Familienrecht Vertragsrecht</p>
<p>Technisches Büro für Bauwesen</p>  <p>Wasserversorgung • Entwässerung • Siedlungsstraßen Beratung • Studie • Planung • Bauleitung</p> <p>Ingenieurbüro Lang, Inh. Dipl.-Ing. (FH) Marita Lühke, Ufer der Eder 3, Haus 1, 65238 Wiesbaden Tel. 0611/492117-0, Fax 0611/492117-29, info@iblang-wiesbaden.de, www.iblang-wiesbaden.de</p>	<p>Dipl.-Ing. SCHEUERMANN u. MARTIN Unabhängiges Ingenieurbüro für Umwelttechnik und Bauwesen GmbH</p> <p>65343 Eltville / Rhein, Rohrbergstraße 7 Telefon 0 61 23 / 80 75-0 • Fax 90 75-90 e-mail: eltville@sum-gmbh.com</p> <p>65779 Kelkheim / Taunus, Frankfurter Straße 3 Telefon 0 61 95 / 57 72 88-0 • Fax 67 72 89-9 e-mail: kelkheim@sum-gmbh.com</p> <p>55130 Mainz, Im Dorfgraben 13 Telefon 0 61 31 / 62 31 827 e-mail: manzt@sum-gmbh.com</p> <p>www.sum-gmbh.com</p> <p>Siedlungswasserwirtschaft Wasseraufbereitung Abwasserreinigung Wasserbau Abfallbeseitigung Straßen- u. Verkehrsweesen Mess-, Regel- u. Elektrotechnik Ingenieur-Vermessung Tragwerksplanung Zertifizierte Kanalarisierung</p>	
<p>Starke Leistungen für die Abwasserwirtschaft</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Bauleitung/Projektierung • Betriebsstandortplanung • Sicherheitskonzepte • EMSR-/Automatisierungstechnik • Online-Analysensysteme • Rohrleitungs- und Kanalschlusstechnik • Prüfung, Instandhaltung, Reparatur <p>InfraServ Wiesbaden Technik Kaiserstr. 45 65203 Wiesbaden Tel. 0611 902 9234 Fax: 0611 902 9258 info@infra-serv.de www.infra-serv.de</p> <p>SW: Technik, Ideen brauchen Lösungen.</p>	<p>Ingenieurgesellschaft Klein Holzmann Ingenieurgesellschaft für Wasserbau</p> <ul style="list-style-type: none"> - Statische Berechnungen - Schall- und Bewehrungspläne - Instandsetzungsplanung - Bauüberwachung - Bauwerksuntersuchung - Beweissicherung - Gutachten - Sicherheits- und Gesundheitskoordination <p>Ingenieurgesellschaft Klein und Holzmann mbH Rheinstraße 16 65303 Dreieich Tel 06103-80003-0 E-mail: info@klein-holzmann.de</p>	
<p>Die vielfältigen Aufgaben eines Abwasserverbandes erfordern ein ganzes Netzwerk von Experten. Wir danken dem AOR, dass er sich dabei auch im 50. Jahr auf unseren Ingenieurverbund stützt.</p> <p>Erfahrung Wissen Engagement</p>  <p>Ingenieurverbund für Abwassertechnik Mitglied des AOR</p> <p>Bernd Haberkorn Havelstr. 7a • 64289 Darmstadt Tel. 06151-788448 www.ivv.de</p>  <p>Ingenieurverbund Abwassertechnik & Umweltschutz • Umwelt Technik</p> <p>Bernward Möncke Forsthausstraße 5 • 64807 Dieburg Fax: 06071-492038 www.asm-dieburg.de</p>	<p>POST INGENIEUR VERMESSUNG BÜRO GÄRTNER</p> <p>Vermessungsbüro nach § 16 HVOG Südheimer Straße 9 65306 Vißloch Telefon: 06123 - 727779 Fax: 06123 - 703624 www.PostGartner.de</p> <p>Kompetenz in Geodaten</p>	
<p>Kommunale Geoinformationssysteme • Geodatenmanagement IHR REGIONALER GIS-DIENSTLEISTER</p>  <p>Entwicklung, Vertrieb und Betreuung kommunaler Fachanwendungen eigenständiger Vertrieb, Wartung, Schulung, Datenmigration, Vermögensbewertung Geodatenmanagement Datenkonvertierung & -aufbereitung, Geodaten-Erstellung und -gestaltung Geoinformations-Installation • Schulung</p> <p>www.ntr-software.de</p>	<p>LS LUDWIG SCHÄFER</p> <p>Kiedricher Straße 34-36 65343 Eltville am Rhein Fon 0 61 23 - 28 19 0 61 23 - 56 30 Fax 0 61 23 - 34 09</p> <p>info@ls-strassenbau.de</p>	

圖二、2-32.廢水協會資訊



圖二、2-33. DWA 合格批准之培訓污水處理廠場所

3、卡塞爾市府（水務公司）

KASELL 市長屬德國綠黨，對臺灣較為友善。在本次安排德國參訪過程中，駐法蘭克福辦事處近期有拜訪過 Kasell 市長，拜訪中提及本次臺南市政府水利局德國參訪乙事。卡塞爾市府經評估後，非常樂意接待本次參訪。卡塞爾市府表示本次參訪是第一次有國際性單位來訪，特別開心且樂意接洽。因該市未曾與大陸簽署過姊妹市，預計安排 2025 年臺灣智慧城市展活動，邀請卡塞爾市長來臺共襄盛舉。



圖三、1-1.現場參訪解說

德國是屬於高所得稅國家，人民基本上相信政府的作為，雖近期物價上漲，德國政府會以現金補貼人民，大眾化超市物價也會控制壓

低，降低民怨。德國基礎建設很重視，即便小市鎮也會有完善的基礎設施建設。德國基本上反對核電，基礎備載仍以火力發電為主，淨零碳排是一大挑戰。

另外也提及目前臺南安平再生水主要供應台灣積體電路製造(台積電，TSMC)之製程用水，因為 TSMC 在德國的薩克森邦 (State of Saxony) 首府德勒斯登 (Dresden)，預定 2024 年底動工，2027 年開始量產。TSMC 響亮名號不僅為當地半導體聚落「薩克森矽谷」注入強大動能，也因德國打敗歐盟眾多競爭夥伴，成為台積電在歐洲首個設廠的國家，指標意義濃厚。臺灣在德國也逐漸受到重視。因臺灣受地形因素，水資源相對重要，但於德國水資源較為充沛，廢污水再利用程度較臺灣有所不同。

拜訪時市府參與人員包括設計與施工部門主管 Frank、計畫科長、機械工程師、媒體關係等人員。本次參訪卡塞爾水務公司，除了介紹了卡塞爾市的基本資料，也介紹了德國現行水利法規跟卡塞爾水務公司(KASSELWASSER)的行動及面臨的挑戰，另外也安排一場實地觀摩污水處理廠。

(一) 卡塞爾 (Kassel) 介紹

文獻記載卡塞爾這個名字可以追溯到公元 913 年。曾作為法蘭克族宮廷駐地的卡塞爾於 1189 年正式被授予城市權(德國一個地區成為城市的儀式)，之後在公元 1277 年卡塞爾成為黑森地區的首府(當時還沒有黑森邦)。

卡塞爾是德國黑森州的文化古城位置在德國中部，瀕臨富達爾 (Fulda) 河，地處森林茂密山嶺圍繞的肥沃山谷盆地，到處都是公園、森林、草地，綠地覆蓋高達百分之六十，環境生態的維護且兼顧市政發展實屬不容易。

卡塞爾 (Kassel) 是德國黑森邦北部唯一的大城市，也是黑森邦內繼法蘭克福及首府威斯巴登之後的第三大城。在 1899 年卡塞爾人口數首次超過十萬，並由此躋身於德國的大城市行列，目前的人口約 204,202 居民數。市徽為一銀白色對角方向寬條將藍色盾形徽章分為兩部分，位於右上角以及左下角分別停有 6 個以及 7 個三葉草圖案。城市的代表顏色為白—藍兩色。



圖三、3-2. 卡塞爾市徽

城市總面積為 106.8 平方公里(34.5%- 建築物和空地,21.6% - 城市森林, 17.0% - 農業用地, 13.0% - 交通, 10.0%- 療養及休假用地, 2.0% - 河流及湖泊, 1.5%- 其他用地, 0.4% - 企業用地)。

流經卡塞爾的主要河流是福達河,其次是最終也注入福達河的它的幾條支流以及若干條溪流,這其中包括阿妮小溪(Ahne),德呼瑟河(Drusel),蓋樂河(Geilebach),勞瑟河(Losse),尼斯特河(Nieste)以及瓦樂河(Wahle)。



圖三、3-3.卡塞爾市景色

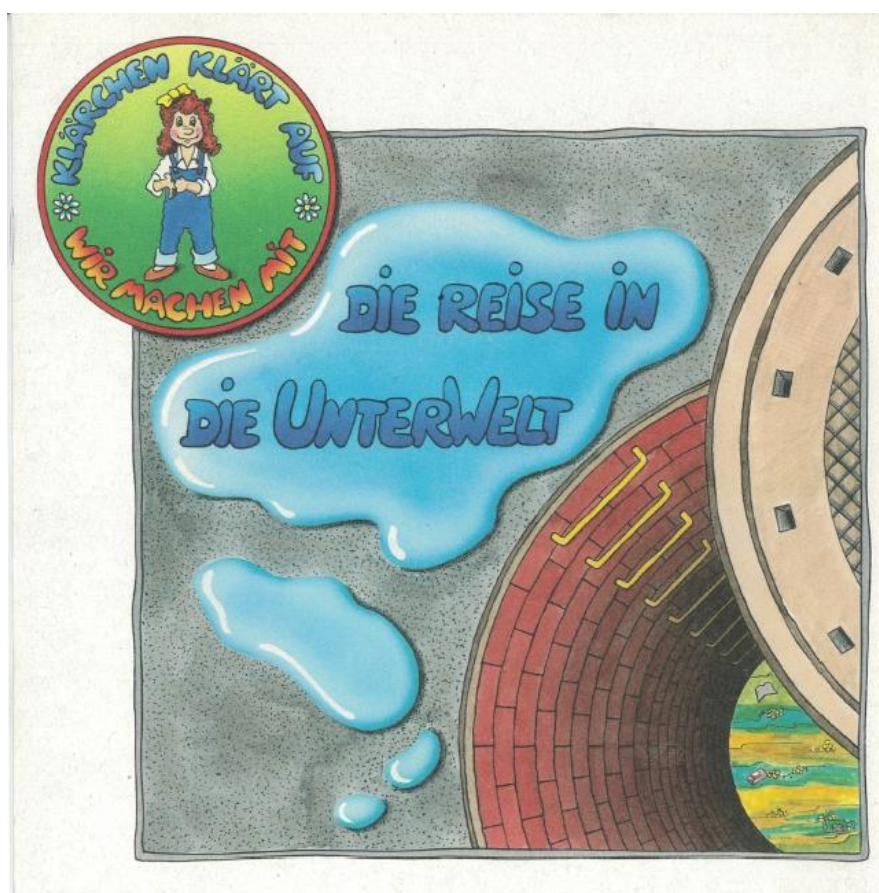
卡塞爾總共由 23 個城區組成,每個區都具有有一個區議會以及相應的區長。這 23 個區議會每 5 年由該區的區民直接選舉產生。區議會的職能僅僅是聽取該區所遇到的重要問題,最終的採取措施的決定則由市議會作出。

在國際上,卡塞爾具有兩件特別著名的事物。第一是聯合國世界文化遺產威廉高丘公園(Wilhelmshöhe),尤以其精彩的水法表演聞

名於世；其次是自 1955 年以來每 5 年舉行一次的國際現代藝術展—「卡塞爾文獻展」（documenta），由於這個原因卡塞爾又被稱作「documenta 之城」。

（二） 卡塞爾水務公司 KASSELWASSER

水務公司以卡通風格製作的文宣作品，讓人輕鬆閱讀並了解污水的歷程，圖文說明更加清楚，可當一般故事書閱讀，甚至學齡的孩童雖不瞭解文字，但從圖畫就可一目了然，此部分文宣是我們值得學習。將生活污水的產生到污水處理廠的生活常識理解度更親民。相關文宣資料如附件。



圖三、3-4. 水務公司文宣簡介

水務公司自 1793 年就可開始執行污水處理，而污水處理廠建置於 1800 年。自 2012 年起廢水和水務部門成為業主經營的市政企業。水務領域夥伴為 Städtische Werke AG, Netz und Service GmbH。

水務公司主要供應卡塞爾和維爾瑪爾(Vellmar)公共供水，卡塞爾擁有良好的水資源，部分來自周邊地區(60%地下水、15%泉水、25%河岸過濾水)。卡塞爾的家庭和工業平均用水量為每人每天 140 到 190 公升。從 2023 年起，根據當地情況(該地區的人口增長和氣候條件變化)制定市政供水概念。

水務公司的主幹管網長度 1,303 公里，管徑 80mm-800mm，配水管網長度達 355 公里，管件材料包含鑄鐵、塑膠、鋼或石棉水泥。而管網中設置 40 個測量點位，而自來水售價是 1.85 歐元/立方公尺。

廢水部門(Wastewater Sector)主要業務如下，

- (1) 廢水及雨水的處理，包含污水、污泥處理和處置。
- (2) 防洪和卡塞爾溪防護和溪流受災後的恢復。
- (3) 富爾達(Fulda)新水道船閘的運作/維護。

業務第一項及第二項也包含了各項目的可行性研究、設計、招標、施工、操作及維護工作。

2022 年的財務業績為基本污水處理費為 2.96 歐元/立方公尺，雨水處理費為 0.98 歐元/平方公尺。資產負債表總計 3.81 億歐元，年度業績 1,100 萬歐元，投資 2,000 萬歐元。

水務公司總共有 187 人(其中實習生有 11 人)，包含了土木工程師、環境工程師、水利工程師、機電工程師、化學工程師、IT 工程

師、財經專家、土木機械繪圖員、技師、技術人員、下水道清潔工、檢查員等等。

水務公司執行政策如下：

(1) 德國現行水利法規如何影響水務公司執行策略

(a) 遵循歐洲聯盟政策

i. 水利法規的大框架-品質標準(生態法、化學):水體保護。

ii. 關於水回收再利用最低要求法規標準

iii. 城市污水處理政策：廢水排放標準

(b) 德國遵循聯邦共和國立法及 16 州有自己的補充立法

(c) 黑森州遵循補充法例

(d) 卡塞爾遵循廢水法規

(2) 這些法規主要目標為：

(a) 更多的微小物質和微污染物將從城市廢水中移除。

(b) 監測微塑膠(PFAS)

(c) 污染者付費原則(80%)

(d) 處理暴雨的綜合管理計畫。

(e) 能源中和目標。

(三) 卡塞爾市污水及雨水處理系統

市內總計 820 公里污水處理系統，75%組合系統，25%分離系統。管件材質為陶瓷、鋼筋混凝土。管徑 200mm-3000mm。並與周

邊城市共同運作維護 1,136 公里的污水處理系統。

基本資料	卡塞爾市	臺南市
面積	106.8 Km ²	2,191.7 Km ²
人口數	20.4 萬人	186 萬人
污水下水道開始建設	1793 年	1990 年
污水管網長度	820 Km	560 Km
污水管徑	200~3,000mm	200~2,000mm
收集方式	75% 雨污合流 25% 雨污分流	雨污分流

表、卡塞爾與臺南市污水下水道系統比較表

共有 19 處雨水儲存和處理廠，47 處匯流至污水溢流儲存與處理廠，15 個抽水站，46 處處理廠有設 300 個處置點。

處理量能為 60,000CMD，處理流程為進流篩除、細篩去除細砂及油質、初沉、曝氣與生物處理、最後沉澱。在污水處理廠中，全場電力有 85% 的能源來自熱電聯產廠，沼氣污泥焚化發電廠，沼氣純化採用氯化鐵。因 2026 年 10 月起必須遵守新的磷污染現值，污水處理廠正興建化學混凝處理系統(除磷)，每月運行 0.2mg/l(24 小時複合樣本)，每小時隨機樣本監測值 0.04 mg/l。因應歐盟未來可能提出更嚴謹法條規定，因此污水處理廠提前規劃評估將臭氧化系統(Ozonation)納入。



圖三、3-5. 卡塞爾污水處理廠空拍圖

德國的污水處理系統包括收取雨水費(Niederschlagswassergebühr)。這種費用的設立主要是為了公平分攤處理雨水所需的成本，並鼓勵市民和企業採取措施減少雨水排放，並採用雨污分流系統，將雨水和生活污水分開處理，為了管理和處理雨水，城市需要建立和維護專門的排水設施，包括雨水管網、蓄水池和雨水處理設施。

雨水費通常根據不透水面積（例如屋頂、車道、停車場等）來計算。這些面積會產生徑流，需要進入雨水排放系統。當地政府會根據不動產的面積和用途，計算每個物業的雨水徑流量，並據此收取相應的費用。

(1) 基於不透水面積：

- (a) 雨水費通常根據不透水面積（例如屋頂、車道、停車場等）來計算。這些面積會產生徑流，需要進入雨水排放系統。
- (b) 當地政府會根據不動產的面積和用途，計算每個物業的雨水徑流量，並據此收取相應的費用。

(2) 變動費率：

(a) 各地區的雨水費費率可能不同，具體標準由當地政府或水務機構設定。

(b) 通常，面積越大，費用越高；反之，面積越小，費用越低。

(3) 減免和激勵措施

(a) 減少不透水面積：居民和企業可以通過減少不透水面積來降低雨水費，例如使用透水性鋪裝材料、建造綠化屋頂、設置雨水花園等。這些措施不僅可以減少雨水費，還有助於改善城市環境，增加綠地和生態效益。

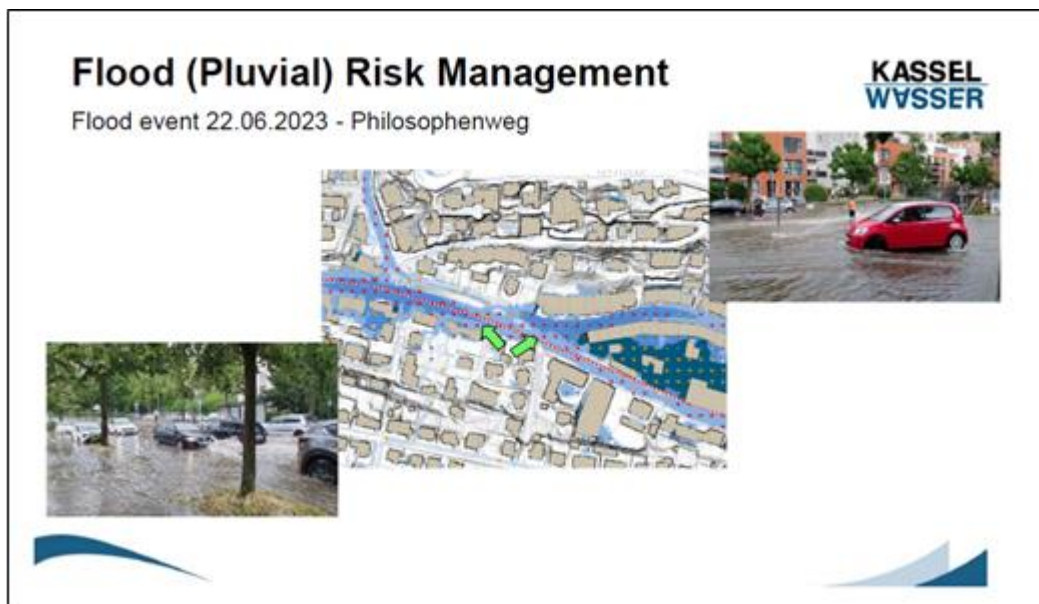
(b) 雨水利用和管理：採取雨水收集和再利用措施，如安裝雨水桶、雨水收集系統，用於灌溉、洗車等非飲用水用途，可以獲得費用減免。

(四) 卡塞爾市因應氣候策略

卡塞爾地形為盆地型，海拔為 135-500m，降雨量為 700mm，平均溫度為 10°C，濕度為 75%，日照為每天 3 小時。因地形關係，卡塞爾會有乾旱、洪水及熱這些氣候現象發生。在這樣的氣候不穩定狀況下，卡塞爾市府則增加水體抵禦外部影響的能力，例如減少未經處理廢水的排放，或根據海綿城市原則進行排水規畫(增加樹木，使綠地比例提升)，強化卡塞爾面對氣候變遷的適應能力。因此，卡塞爾市府推動藍綠色基礎建設，其主要解決面對強降雨、建立海綿城市及樹木和排水系統的結合。這

些巨大的挑戰需要時間和多方意見的交流討論。卡塞爾市府目前正在仍持續辦理中。

卡塞爾曾發生過幾次嚴重洪水災害，2014年6月10日在卡塞爾西側發生過1小時內降雨達50毫米；2016年7月22日在卡塞爾的瓦特貝格發生過45分鐘內降雨48毫米；2023年6月22日在卡塞爾的米特發生過30分鐘內降雨57毫米。為避免再次造成洪水災害，卡塞爾市府積極辦理洪水測繪、制定洪水災害地圖、成立洪水災害小組，如圖二、3-2。



圖三、3-6. 卡塞爾市防洪管理

(五) 卡塞爾接下來面對挑戰

- (1) 持續的變化，包含德國/歐盟的技術和立法發展、氣候變遷及人口變遷影響。
- (2) 需要更多與其他公司/城市部門建立完整的流程來面對並解決問題。
- (3) 廢水理處要求度提高，改善三級廠的處理流程和實現四級

廠處理。

- (4) 對水體中廢棄物和雨水排放提出更嚴格的要求，改善雨水處理和管理。
- (5) 設定設備使用年限，依據設備使用期限、設備規格、設備優化等等條件下進行變換。



圖三、3-7. 局長與卡塞爾水務公司主管 Frank 合影



圖三、3-8. 團體照



圖三、3-9. 意見交流



圖三、3-10. 意見交流



圖三、3-11. 意見交流



圖三、3-12. 意見交流



圖三、3-13. 意見交流



圖三、3-14.沼氣桶槽



圖三、3-15.渠道



圖三、3-16.初沉池



圖三、3-17.污泥處理設備



圖三、3-18.沼氣發電設備



圖三、3-19.進流渠道



圖三、3-20. 舊渠道



圖三、3-21. 舊渠道



圖三、3-22.沉砂池



圖三 3-23.放流渠道



圖三、3-22. 舊渠道



圖三、3-25. 陶管



圖三、3-26.沼氣發電機組



圖三、3-27.廠區模組



圖三、3-28. 廠區展示



圖三、3-29. 儲能桶槽

4、Biogasanlage Wolfhagen 沃爾夫哈根沼氣廠

(一) 緣起與營運

(1) 營運商公司名稱為 Biogas Wolfhagen GmbH & Co. KG，位於沃爾夫哈根 Ippinghäuser Str 40。是一間農業廢棄物之生質能廠，屬於私人與農民成立合作社。作為低級營運區域，沼氣廠 Biogas Wolfhagen GmbH & Co. KG 須遵守《聯邦排放控制法實施第十二條條例》。依第七條第一項規定之通知並經主管機關同意。

(2) 作為區域價值鏈的一部分，沼氣廠利用以下輸入材料生產沼氣：牛糞、豬糞、可再生原料、草青貯飼料、玉米青貯飼料及其他基質：羊糞、馬糞。業務領域的處理方式有：

- (c) 以青貯飼料或糞肥的形式儲存生物質
- (d) 去除生物質並加入發酵過程中（預坑、發酵槽）
- (e) 進料系統、發酵槽、二次發酵和儲槽之間的泵送過程
- (f) 發酵消化物的中間儲存
- (g) 去除發酵後的發酵殘留物，以便進一步運輸和/或輸出，
以滿足農業地區的經濟肥料需求
- (h) 在氣密發酵系統中生產沼氣
- (i) 儲氣系統產生的沼氣的中間儲存
- (j) 在熱電聯產發電廠中利用沼氣發電
- (k) 使用熱量加熱發酵槽/二次發酵罐

(1) 來自外部熱消費者的供應

(m) 將電力輸入公共電網



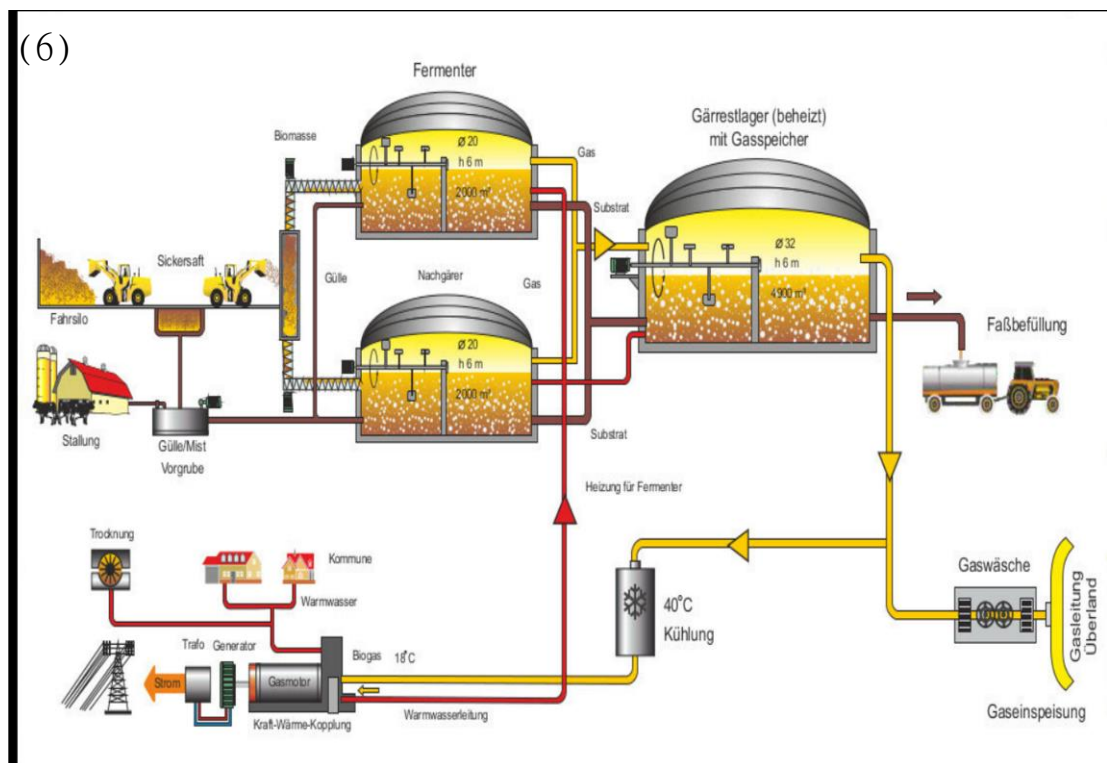
圖四、4-1.沼氣廠衛星圖

(3) 本廠可處理數量：18,199.66 立方米沼氣，相當於密度為 1.3 公斤/立方公尺時的 23,659.56 公斤。面對緊急狀況時，會向受影響人群發出警告之一般訊息，警察/消防隊會透過擴音器通知受影響的人群；關於發生事件時應採取的措施的充分信息或指示，可以透過電子方式存取此資訊的位置。該廠設施於 2011 年 8 月開始建造。2011 年 12 月 26 日進行了技術測試。此時，該系統包括 3 個貨櫃和 3 個引擎（熱電聯產裝置），輸出功率為 795 kW。

(4) 2013 至 2014 年對現有系統進行了擴建，包括一個 6,100 立方公尺的沼渣儲槽和另一個容量為 265 kW 的熱電聯產廠。此時裝機電力為 1,060 千瓦。2018 年，該系統再次擴建，

新增兩台熱電聯產機組，每台容量為 250 kW。這兩個靈活熱電聯產裝置使沼氣廠能夠在需要時發電，出在系統位置（1030 kW）和附近學校位置（530 kW）之間分配。此外，熱電聯產廠燃燒沼氣時可產生 800 千瓦的熱能。一個四人家庭每年平均用電量為 5,000 度。因此，沼氣廠每年可為約 1,700 戶家庭供電。

- (5) 日常工作由營運經理 Markus Holzhausen 和 Martin Christensen 以及兩名工人負責。系統中一項日常且不可或缺的任務就是厭氧分解及發酵。得益於均衡的飼料組合，它們能夠非常有效率地生產沼氣。我們的飼料包括：55% 糞肥和廐肥，43% 玉米青貯飼料，2% 草和黑麥青貯飼料。



圖四、4-2. 兩級沼氣廠的功能圖

(二) 發電的效益

(1) 我們主要利用 Wilhelm-Filchner 學校產生的熱量為學校教室、自助餐廳和體育館提供熱量。每年，這裡更換超過 20 萬公升暖氣。此外，沃爾夫哈根游泳池的熱供應由學校現有的熱電聯產廠提供。並建立供熱網路，除供應周圍農場外，還可乾燥散裝材料。透過為學校供熱，人們對再生能源的認識得到了進一步發展。即使在今天，學校班級偶爾也會聚集在工廠現場，了解「沼氣系統」。關於學校再生計畫的進一步合作是可以想像的。

(2) 自 2012 年 12 月以來，沼氣廠在貿易夥伴 (energy2market) 的幫助下，一直在萊比錫電力交易以當前價格銷售其電力。此外，德國電網可以根據電力需求在幾秒鐘內控制電機，從而保持穩定。透過建立 Flex CHP，我們透過提供所謂的「控制能源」為能源轉型做出了重大貢獻。如果陽光和風沒有像預測的那樣，且預測發電量與實際發電量不同，由我們的熱電聯產廠可以在幾秒鐘內相應地調整其輸出。如果沒有平衡能源，德國家庭的燈可能會更頻繁地熄滅。

(3) Wolfhager 室外泳池之沐浴者可以了解用於加熱泳池水的能量是如何以及在這裡產生的。泳池完全由沼氣供熱。社會各界高度重視區域供應。能源來自沃爾夫哈根的沼氣廠。那裡產生的沼氣透過管道輸送到附近的學校。沼氣在熱電聯產

廠中燃燒，產生電力和熱能。這些熱量直接散發到學校以及 1 公里外的泳池。 Biogas Wolfhagen GmbH and Co. KG 和 Maschinenring Kassel eV 董事總經理 Reinhard Knipker 解釋道：“透過沼氣廠供熱不僅不影響氣候且具有成本效益，而且還能為該地區帶來附加價值。”

- (4) 沃爾夫哈根沼氣廠是一個聯合設施，由以下成員組成：Maschinenring Kommunalservice、卡塞爾地區農民協會和 36 名參與農民。董事總經理是 Reinhard Schulte-Ebbert 和 Jan Hampe。該系統是在第一個想法提出兩年後，即 2011 年根據 Maschinenring Kommunalservice GmbH (MR Kassel) 的建造者模型建造的。
- (5) 沼氣廠的選址應盡可能縮短與參與農場及其面積的距離，以確保沼氣廠的經濟運作。



圖四、4-3.牛、豬、馬糞尿投入口，以車輛運送



圖四、4-4.草料



圖四、4-6.不合格穀物



圖四、4-5.不合格穀物



圖四、4-7. 進入消化槽前處理



圖四、4-8. 進入消化槽前處理



圖四、4-9. 廢熱烘乾木料



圖四、4-10.沼氣廠區



圖四、4-11.廠內穀物堆



圖四、4-12. 機房



圖四、4-13. 發電設備



圖四、4-14.發電設備



圖四、4-15.發電設備解說



圖四、4-16.發電設備解說



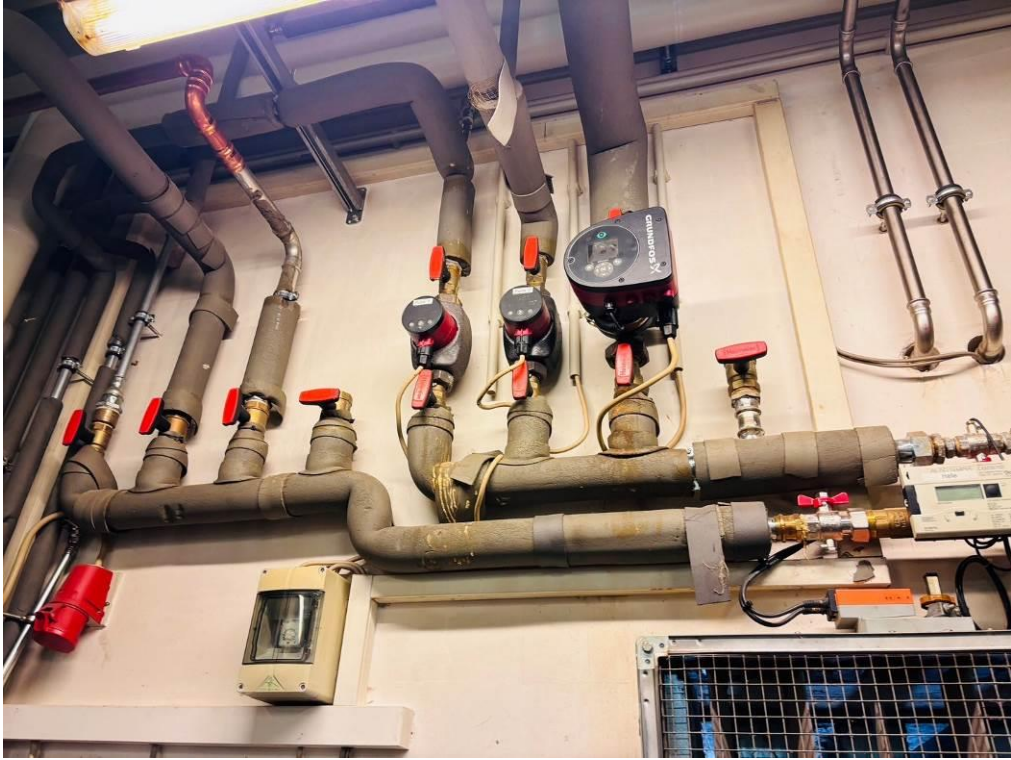
圖四、4-17.發電設備解說



圖四、4-18.發電設備解說



圖四、4-19.發電設備



圖四、4-20. 手動控制閥



圖四、4-21. 沼氣儲筒



圖四、4-22. 意見交流及經驗分享



圖四、4-23. 意見交流及經驗分享



圖四、4-24. 合影



圖四、4-25. 感謝接待參訪



圖四、4-26.沼氣廠聯絡資訊

5、卡塞爾風能-SUN 及 Söhre 風電

(一) 認識 SUN(Stadwerke Union Nordhessen GmbH & Co. KG)

營運公司為 SUN 北黑森聯盟城市電力公司。SUN(Stadwerke Union Nordhessen GmbH & Co. KG)是一個由六個區市政公用事業組成的組織。主要目標是與大家一起推動北黑森洲的能源轉型。主要業務為從確保該地區的規劃到太陽能系統的後期運行，都配合當地狀況及需求辦理規劃設計及營運操作。



圖五、5-1. 六個區市政公用事業

市政公用事業的共同目標為推動當地的能源轉型，為此，SUN 合作夥伴匯集專業知識，利用當地市政網路，讓能源合作社參與其中，並與當地科學研究專家合作。SUN 建設的風能和太陽能園區已經為黑森洲北部提供電力，大多數設施供民所有，這意味再生能源的利潤不會再流向全國性的匿名投資者，而是留在當地並增強當地經濟。



圖五、5-2. 六個區市政公用事業位置圖

(二) 專案第一期：探索意願並確保空間

作為確保該地區安全是為考量的一部分，SUN 會先現勘所在位置的風能和太陽能潛力，以作為技術、營運成本和空間規劃方面的考量條件，以此條件作為基礎，以規劃並創造一個符合現地且適合當地狀況的場域。

SUN 積極推動市民合作、社區和公眾的參與，確保計畫順利進行及驗收到後續的營運操作。為讓民眾更加放心，一切與市政合作都是公開透明化。針對使用區域，會與現地承租戶簽訂租賃契約，並支付該有的補償費，協調過程中，也都是公開透明化並提供法律及稅務的建議。

(1) 作為合作夥伴：

(a) 我們以長期、公平和合法安全的方式使用空間

(b) 確保民眾的接受度

(c) 與當地政治協調溝通

(2) 實踐過程：

(a) 與當地決策者的協調

(b) 向居民和擁有者介紹項目

(c) 與區域參與者的現場會勘及了解現況

(三) 專案第二期：受保護財產評估及審批流程

根據適用的空間規劃和法律要求規劃風能和太陽能園區。規劃過程中需考慮所有問題和保護既有財產，以確保人與自然的協調共融存在。因此，風能及太陽能設置不適合在農業的開放空間進行規劃光電系統。

對於生態能源轉型，我們依賴眾多的建議和補償措施。長期保護自然和景觀，是最重要的目標。在電網連接是重要項目，採區域規劃概念，巧妙地將現場能源生產和使用狀況聯繫起來。另外也積極參與協會或與大眾有接觸的活動，以確保民眾接受度提高且用續能源轉型之概念。

在規劃階段，也會讓公民一同參與並考慮他們所提的建議和反對意見，都可納入後續規劃設計參考要點。過程中，也會辦理各項目活動資訊、傳單宣傳和網站形式定期提供計畫相關訊息，讓大眾更加了解能源轉型的重要性及發展。

(1) 作為合作夥伴：

- (a) 進行相容規劃並考慮所有受保護的物品
- (b) 以多年的審核、併網規劃及其他專案經驗，能充分為合作夥伴爭取該有利益

(2) 實踐過程：

- (a) 有關專案狀態的資訊市場
- (b) 向業主提供資訊的義務
- (c) 項目資訊的緊急處理措施
- (d) 具有專業資訊和無人機鏡頭的網頁資訊

(四) 專案第三期：實施與實現

品質至上是最重要的口碑，SUN 以永續發展為目標建立風能和太陽能園區操作得很成功。因此，以這樣的方式讓區域參與者一同加入團隊，使附加價值長期惠予當地民眾。憑藉優秀經驗，能夠更有效地實施風能和太陽能園區，並始終關注時間、品質及和成本。SUN 也會將營運狀況公開透明化，讓民眾都可以了解。

(1) 作為合作夥伴：

- (a) 為專案創造高水準的識別度和接受度
- (b) 擁有多年的實作專業知識，可讓投資著放心

(2) 實踐過程：

(a) 施工現場資訊及品質把關

(b) 專案訊息更新

(c) 向民眾現地解說及介紹

(五) 專案第四期：技術和商業運營

每個地點都是獨一無二的，不會有兩個相同條件的地區。因此每個專案都是依照當地條件規劃設計，都是單獨專案。在每個專案的光伏和風力渦輪機的營運管理都不盡相同。SUN 有一組模組化系統提供全方位的服務，而最後可依照投資著需求選定模組。

能源轉型主要是為供民、居民和業主帶來經濟附加價值的營運。稅收和市政費用作為該地區的價值貢獻。

在光伏和風力渦輪機營運管理 SUN 都可以提供完整且全面的服務，包括技術和商業營院管理、直接行銷以及電力買賣等營運方式。

(1) 作為合作夥伴：

(a) 提供所有服務

(b) 具有專家學者背景的專業人士可解答疑惑

(c) 根據需求量身訂製的服務

(2) 實踐過程：

(a) 區域內各市鎮和社居區的財政參與(BEG 中之市政稅)

(b) 營運階段為學生和有興趣公民提供資訊預約

(c) 根據項目的不同，規劃不同健行路線可供選擇

(六) 專案第五期：公民參與

能源轉型這件事情，SUN 盡力推動讓大家都可以參與並了解，落實在生活中。另外 SUN 研究新項目是否適合公民參與，例如：加入當地社區能源合作對象之一。即使小案件的參與，也可作為投資項目。實施讓利潤留在該地區並增強當地經濟。

(1) 作為合作夥伴：

(a) 直接參與區域能源轉型

(b) 提供小額簡單的金額投資

(c) 創造經濟參與

(2) 實踐過程：

(a) 透過公民合作，活絡當地經濟

(b) 透過能源轉換來降低電價，以減緩民眾壓力

(c) 透過次級貸款參與能源轉換

(七) 認識 Söhre 風電

本次參訪位於國家公園的邁納 - 考豐森林 (Mei ßner-Kaufunger) 風場，在氣候變遷顯著的時期，再生能源的擴展是能源轉型的核心支柱。因此，Söhre 能源提供有關風力發電和其他可再生能源發電方案的全面資訊機會。討論和全球氣候變遷的原因和後果，以及當地森林中的風力渦輪機對自然的影

響和環境。

本場步行路線規劃為環狀步道，路程長達 5 公里，在 Söhre 風電場的 5 台風力渦輪機周邊有已完成鋪設之道路、也有蜿蜒的森林小路。沿途的參與元素為感官體驗，提供了許多解說資訊告示牌，可以沿路了解生態狀況和大量有關能源的資訊。在



整場風場的環境中附帶了廣泛環境教育計畫，包含專業參觀和學校體驗。其中也有一條路徑可將總 5 公里距離縮短為 4 公里。

圖五、5-3. 風力渦輪機解說

整場 5 台風力渦輪機各自解說或探討重點，如圖五、5-3.，說明如下：

- (1) S01 站-全球氣候變遷:自工業化以來，全球平均氣溫一直在上升。原因是什麼?氣候變遷對人類、動物、環境有何

影響？

- (2) S02 站-風力渦輪機(WEA):現代風力渦輪機的結構和功能。哪些地點適合”採集”風？
- (3) S03 站-再生能源:在氣候變遷已經明顯的時期，再生能源是能源轉型的核心支柱，再生能源在我們所有的能源供應中所佔的部分？
- (4) S04 站-我們能源的化石載體:化石燃料(石油)儲存量可以使我們利用很久。這些化石燃料是如何產生的呢？
- (5) S05 站-森林裡的風力渦輪機:在森林中建造風力渦輪機常常伴隨著大量的關鍵問題。該處的解說資訊告示牌提供有關 WEA 對人類、自然和環境的影響明確解說。並且這些解說告示牌內容都是有經過審核確認許可的。

本次參訪 SUN 公司很熱忱接待我方，因從未有國際單位拜訪過，因此特別歡迎。沿途解說各項生態影響、設備設置考量、所產之電力收集後傳送至小區內使用等等資訊，並且讓本參訪團參觀風車內部設備及風車設備內電梯空間，在狹小的空間裡面進行設備維護及檢查，著實不容易，但這一切都是為了讓能源轉換並供應生活用電，為地球跟自己盡一份力，才能讓資源永續發展。



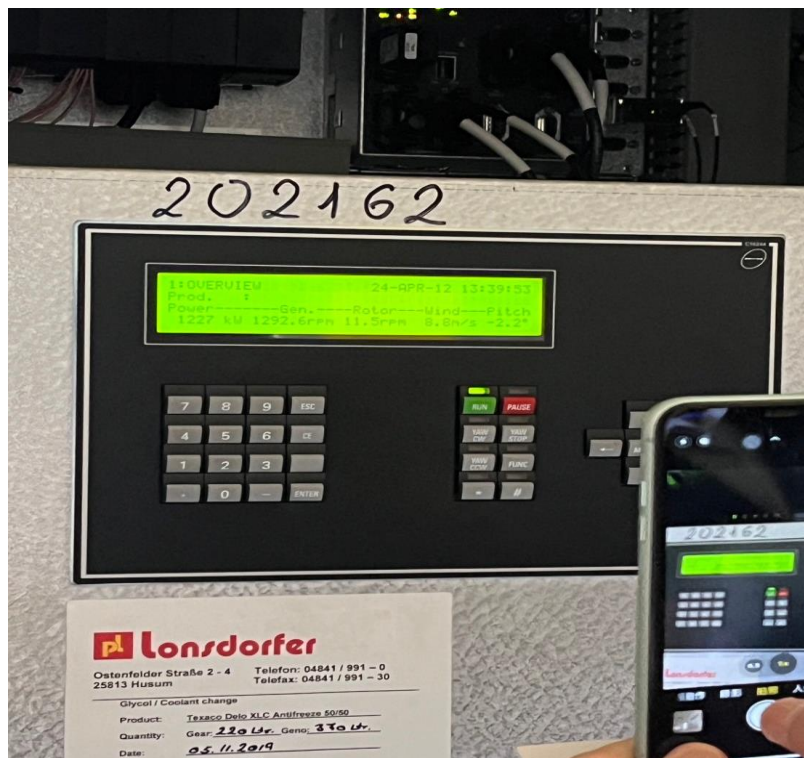
圖五、5-4. 風能設備解說



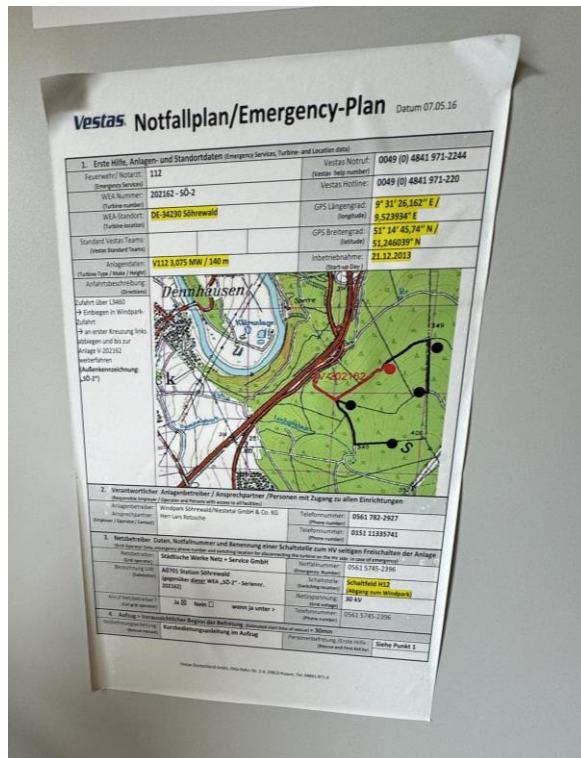
圖五、5-5. 體驗電梯搭乘



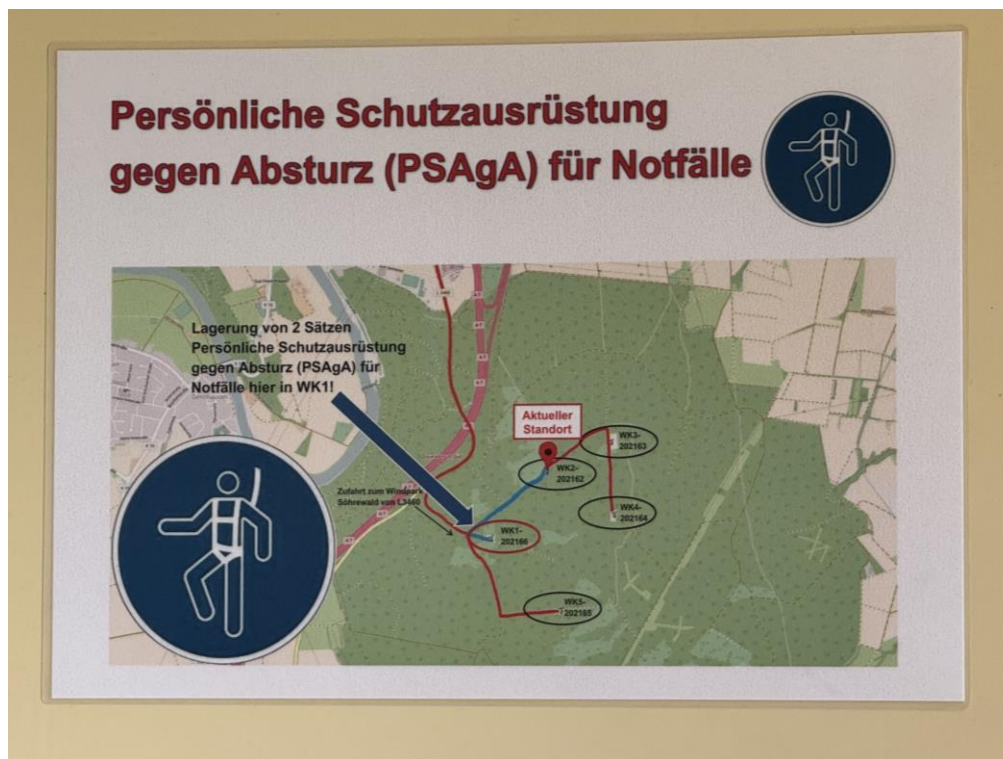
圖五、5-6. 風能設備解說



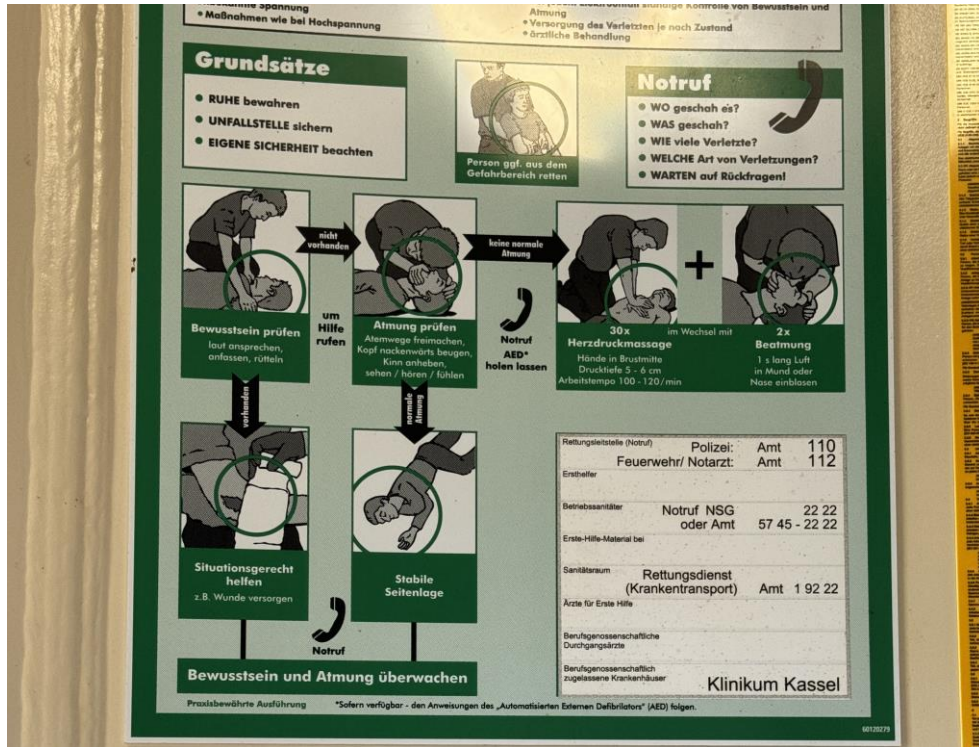
圖五、5-7. 發電面板



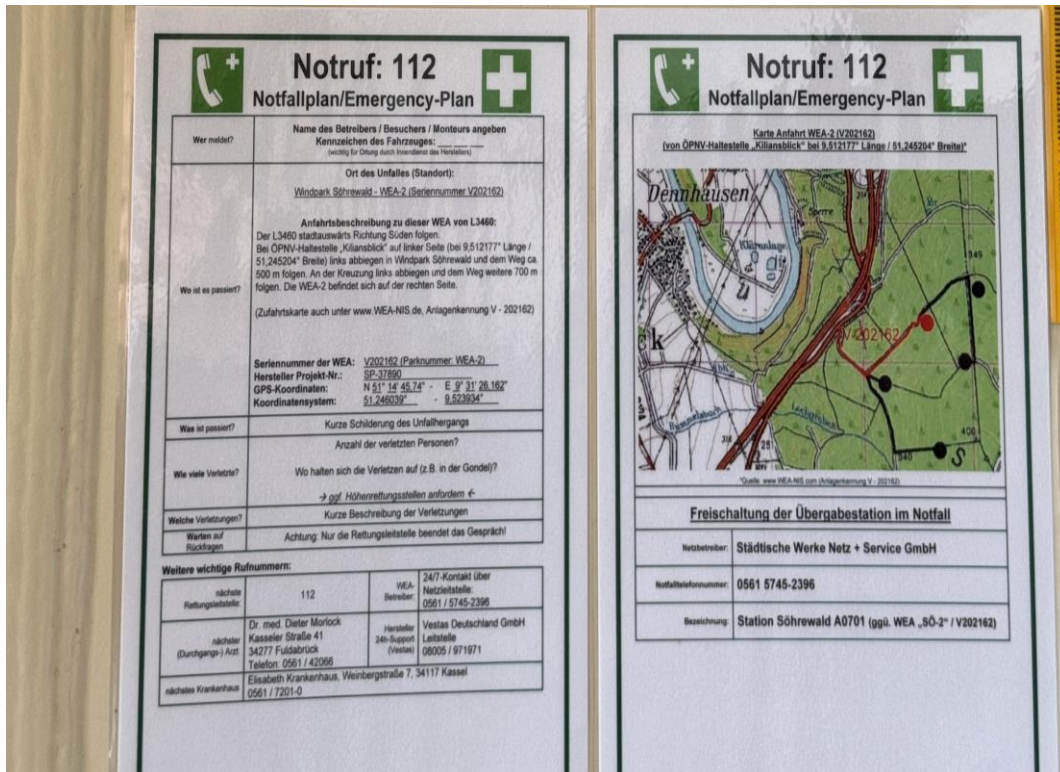
圖五、5-8. 風能解說



圖五、5-9. 風能解說



圖五、5-10. 風能解說



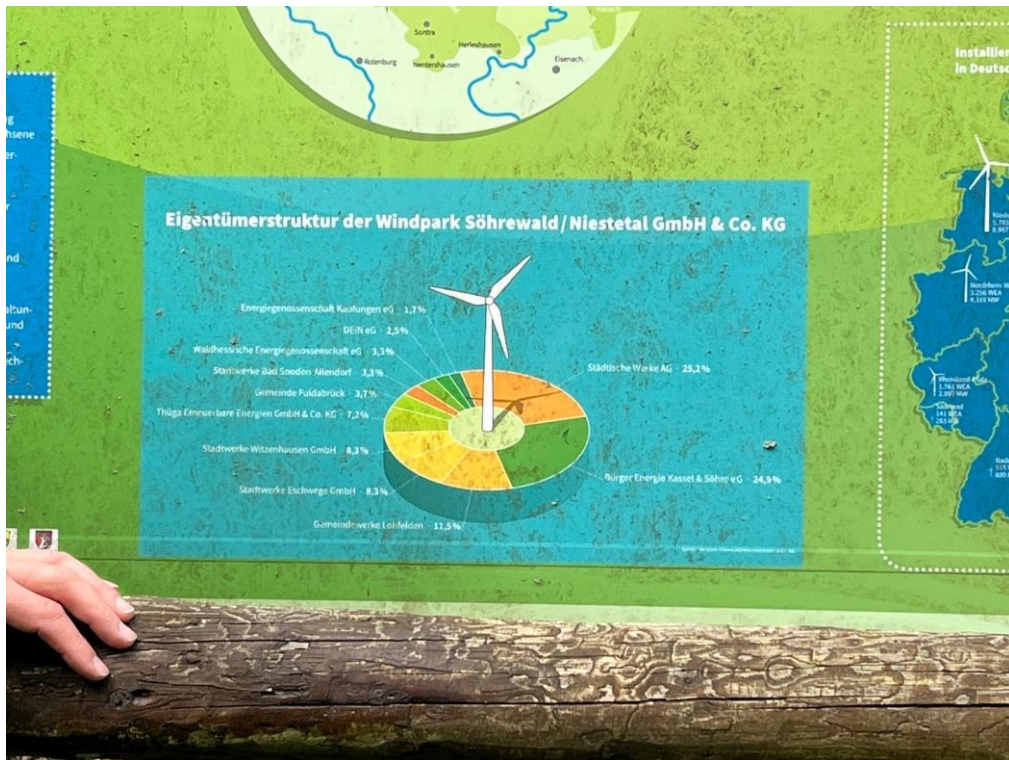
圖五、5-11. 風能解說



圖五、5-12. 告示解說牌面



圖五、5-13. 告示解說牌面



圖五、5-14. 告示解說牌面

Liebe Besucher,

herzlich willkommen am Energieweg Söhre im Windpark Söhrewald!

In Zeiten eines bereits spürbaren Klimawandels stellt der Ausbau der Erneuerbaren Energien eine zentrale Säule der Energiewende dar. Unsere Stromversorgung soll klimaverträglicher werden – und uns gleichzeitig unabhängiger von klimaschädlichen, fossilen Brennstoffen machen.

Viele Fragen drängen sich in diesem Zusammenhang auf:

- Welche erneuerbaren Energiequellen gibt es?
- Warum ist der Schutz unseres Klimas so wichtig?
- Warum gerade Windenergieanlagen im Wald vor unserer Haustür?

Der Besuch des Energieweges soll helfen, für diese und viele weitere Fragen eine Antwort zu finden. Mitmach-Elemente am Wegrand bieten Raum für sinnliches Erleben. Eine Fachführung kann darüber hinaus Inhalte vertiefen und Gelegenheit zur Diskussion bieten.

Auf einer Länge von fünf Kilometern führt Sie dieser Rundweg, der in beide Richtungen begangen werden kann, teils auf befestigten, teils auch auf unbefestigten verschlungenen Waldpfaden rund um alle fünf Windenergieanlagen im Windpark Söhrewald. Eine Abkürzung bietet die Möglichkeit, die Wegstrecke auf vier Kilometer zu verringern.

Achtung Hochspannung!
Die Leitung des Themas Energiegenossenschaft ist eine Hochspannungsleitung. Bitte unbedingt einen ausreichenden Abstand einhalten und sich nicht an die Leitung oder Energieanlagen anschließen. Fragen sind in einem Bereich außerhalb der Anlage zu klären.

Buchung begleitender Angebote
Der Energieweg Söhre ist ein Teil des Kulturprojekts „Energiegenossenschaft Söhre“. Programm, das kulturelle Maßnahmen, Ausstellungen, Workshops, Führungen, Vorträge und mehr beinhaltet. Alle Informationen zum aktuellen Programm und zur Buchung sind auf der Website www.energiegenossenschaft-soehre.de zu finden.

Waldpark Naturerlebnis-Kaufungen Wald
Waldpark Söhre, 37763 Borsdorf, Friederichsheim
Tel: 0551 3093 2163
www.waldparksoehre.de
www.energiegenossenschaft-soehre.de

Rahmenprogramm zum Energieweg Söhre

- **Fachführungen** zum Thema Windenergie und Energiegenossenschaft für Kinder, Jugendliche und Erwachsene
- **Bildungsaktivitäten** Klimaschutz für Grundschulen und Kindertagesstätten
- **Lernwerkstatt Klimawandel in Hessen**: Projekttag mit Experimenten rund um Klimawandel und Klimaschutz für Grund-, Mittelschulen und Sekundarstufe II, Tertiärschulen
- **Klimaschule**: Projektschritte für Sekundarstufe I, Klassenführung im Klimawandel, Klimaschutz und Energiegenossenschaft (<http://www.klimaschule.de>)
- **Bildungsangebote außerschulischer Lernorte**: Projekttag für alle Klassen der regionalen Grund-, Mittelschulen und Sekundarstufe I
- **Flyer zum Energieweg Söhre**: Informationen und Angebote (gratis) rund um den Energieweg Söhre

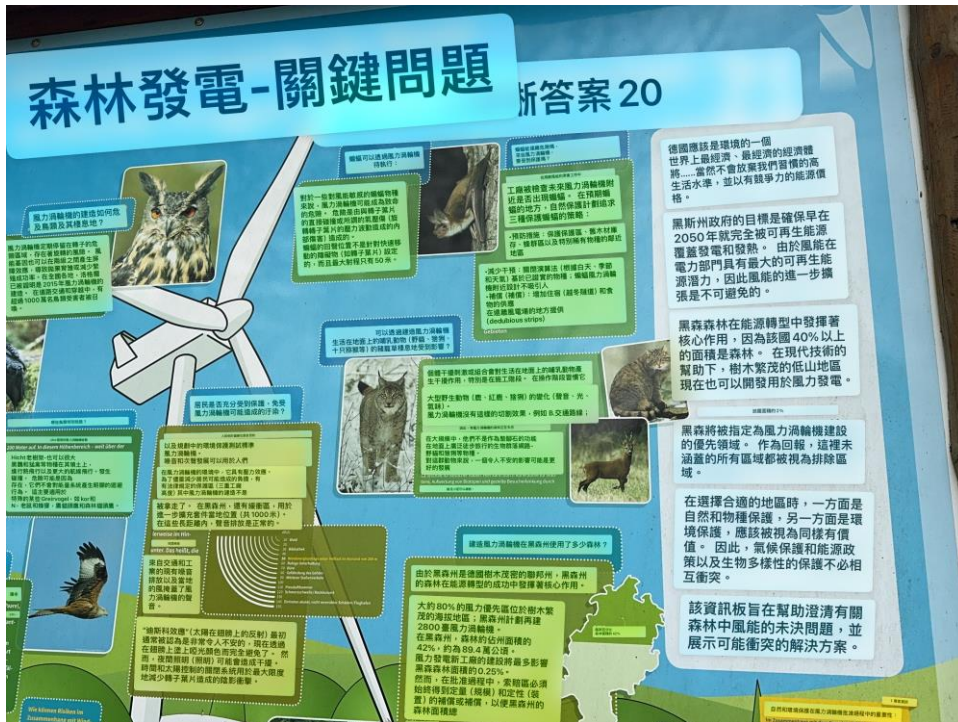
圖五、5-15. 告示解說牌面



圖五、5-16. 告示解說牌面



圖五、5-17. 告示解說牌面



圖五、5-18. 告示解說牌面



圖五、5-19. 告示解說牌面



圖五、5-20. 告示解說牌面



圖五、5-21. 風能現場



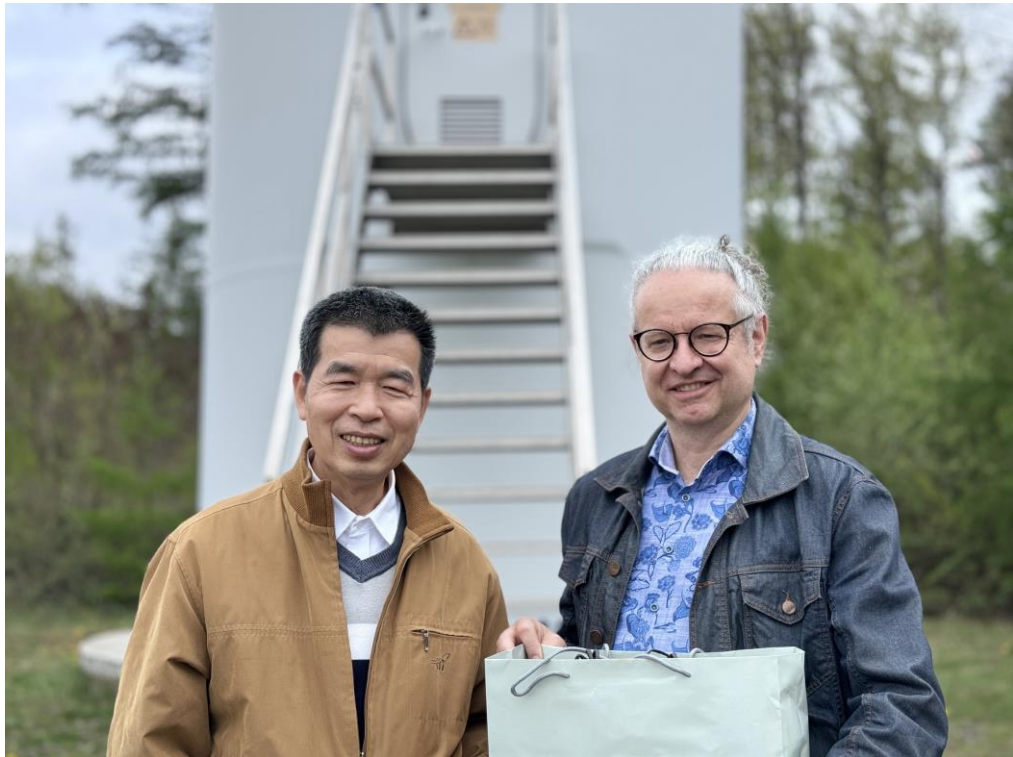
圖五、5-22. 風能設備



圖五、5-23. 風能設備



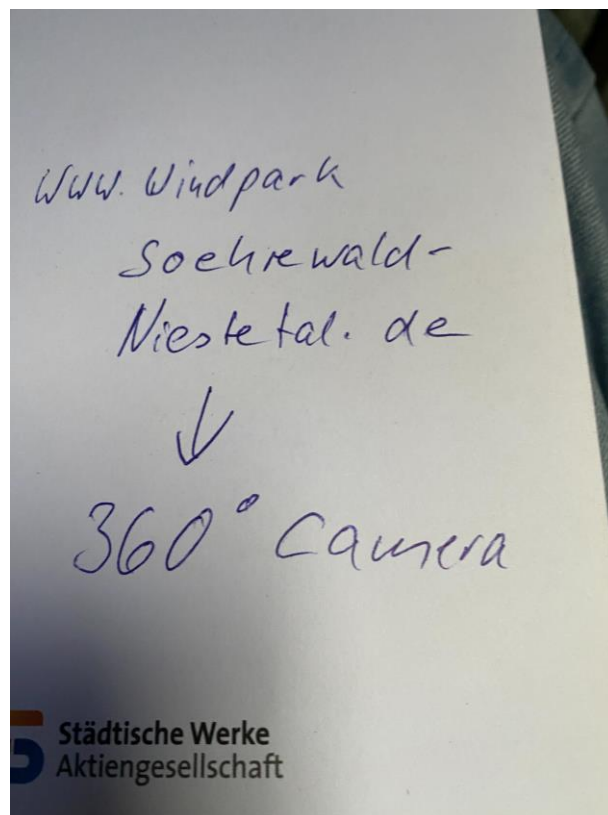
圖五、5-24. 感謝接待參訪



圖五、5-25. 感謝接待參訪



圖五、5-26. 合影



圖五、5-27. 風能設備網址

第五章 心得

德國，第一印象可能是車子品牌，也有可能是柏林圍牆，或者是德國啤酒等等。然而德國還有很多令人嘆為觀止的事情。德國是世界上環境保護工作開展較早做得很好的國家，在污水處理系統技術成熟也相較完善。因此污水、污染物處理方面也有很多可以借鏡參考的案例。

自從德國執行歐盟「城市污水處理政策」，大大提升污水處理質量，德國執行城市污水處理政策（Urban Wastewater Treatment Directive）帶來一系列對其污水處理系統和環境保護政策的改變。該政策旨在保護水體和地下水資源，減少城市污水對環境和人類健康的不良影響。以下是德國在執行該政策相關作為：

1. 改善污水處理設施：德國對污水處理廠進行了升級和改造，以符合《城市污水處理政策》的要求。這些改進包括提高處理效率、降低排放標準、增加對廢水中有害物質的去除能力等。
2. 推動技術創新：德國在污水處理技術方面進行了持續的研發和創新，以滿足更嚴格的環保標準和要求。這包括引入先進的處理工藝和設備，以提高污水處理效率和資源利用率。

3. 加強監管和執行： 德國加強了對污水處理廠的監管和執行力度，確保它們按照《城市污水處理政策》的要求進行運營和管理。這包括對排放水質進行嚴格監測、對違規行為進行處罰等措施。
4. 促進資源回收： 在政策影響下，德國開始更多地方關注廢水中有價物質的回收和再利用。這包括對污泥的能量回收、廢水中的營養物質和水資源的再利用等。
5. 加強公眾意識： 德國通過教育和宣傳活動，提高公眾污水處理和環境保護的意識，鼓勵居民採取節水、減少污水排放等行動。

綜上所述，德國執行歐盟《城市污水處理政策》帶來了對其污水處理體系和環境保護政策的一系列改變，使其更加符合現代環保標準和可持續發展的要求，有助於保護水資源和生態環境的可持續利用。

德國的污水下水道系統接管率非常高，幾乎覆蓋了全國大部分地區。城市和地方政府通常負責管理和維護污水下水道系統，確保其正常運行和清潔排放。這些系統包括了污水收集、處理和排放設施，旨在保護水質，減少污染物對環境的影響，並提供安全的生活環境。

儘管污水下水道系統的接管率很高，但在一些偏遠地區或者農村地區，可能存在一些較為分散或者簡易的污水處理方式，如

分散式小型處理設施或者生態處理系統，為居民提供了高品質的生活環境和水資源保護。

德國沼氣發電帶來了許多好處，對社會、環境和經濟都有積極影響：

1. 再生能源：沼氣發電利用的是生物質資源，如污水處理廠污泥、農業廢棄物等，是一種再生能源。與傳統的化石燃料相比，沼氣發電可以降低對有限化石能源的依賴，減少溫室氣體排放，有助於應對及調適氣候變化。
2. 環境保護：沼氣發電過程中產生的沼氣主要由甲烷和二氧化碳組成，相比於傳統化石燃料發電，其碳排放量更低，對環境的影響更小。此外，通過處理污水處理廠污泥等生物質資源，還可以減少污泥掩埋和焚化所產生的環境污染。
3. 污泥廢棄物再利用：沼氣發電促進了下水污泥的資源化利用，並提供額外的電力經濟收入來源。同時，沼氣發電行業的發展也創造了就業機會，推動了相關產業鏈的發展，對當地經濟的增長起到了積極作用。
4. 能源安全：沼氣發電減少了对進口能源的依賴，提高了能源的自給自足程度，增強了國家的能源安全性。
5. 社會效益：沼氣發電可以改善污泥最終處置地區的環境

生態，提高當地居民的生活品質。同時，通過減少廢棄物和污染物的排放，還可以改善當地環境品質，促進社會可持續發展。

綜上所述，沼氣發電帶來了多方面的好處，不僅有利於環境保護和氣候應對，還對電力支持、經濟發展和社會進步具有重要意義。

第六章 建議

本次參訪共計辦理 4 家廠商商務討論、3 廠現場參訪，也與創新水技術廠商實際應用案例分享，汲取新資訊及經驗可作為未來臺南市政府水利局污水處理與放流水回收再利用等相關業務推動之參考。

參訪德國的污水處理廠，特別是了解其厭氧消化及放流水再利用部分，是個寶貴的經驗，厭氧消化是關鍵的處理過程，通過將有機廢物在無氧環境下分解成沼氣等有價值的產物。這個過程不僅有助於減少廢物的體積和有害物質的含量，還可以產生可再利用的能源。現臺南市污泥最終處置為掩埋及乾燥燒結，面臨掩埋容積不足、污泥含水率高問題，若將污泥適度再利用，廢棄物也能是資源。污水中有機污染物可被視為厭氧消化原料，重新檢視前端污水處理單元物去除量並調整參數，使減少整廠能源使用量(如降低鼓風機曝氣量等)，德國已將該技術普及運用至污水處理廠中並運行多年，未來我們朝向現有污水處理廠設置評估厭氧消化裝置，並向國土管理署極力爭取經費，以達成 2050 年淨零排放之理念。

了解德國城市污水下水道系統接管率及方式後，與臺灣的模式大相逕庭，本市的污水下水道因接管率仍有進步空間且因降雨集中，旱澇不均，並受限地下管線空間，不適合採用雨污合流方式處理，學習建立專責維護管理單位，才能系統性整合持續推動基礎建設及永續發展。

對比稅負繁多水電價格高貴的德國，使用者為了節約資源，卡塞

爾市每人每日約用水 140-190 公升，對比臺灣每人每日約用水量約 280 公升，節省相當多，珍惜水資源教育小從公民練習參與並秉持污染者及使用者付費原則，借鏡卡塞爾水資源的管理政策，付費原則明確，卡塞爾市的污水處理費約達每噸水 3 歐元，新臺幣約 100 元，臺灣部分收費目前約每噸水 5 元，另德國的雨水費制度也是污水處理系統的重要組成部分，旨在公平分擔處理雨水的成本，並鼓勵居民和企業採取措施減少雨水排放和進行雨水再利用。這一制度有助於減輕城市排水系統的負擔，為了保護環境推動持續發展，期許未來臺南市也將朝向使用者付費方向進行，持續邁向營運及環境永續之目標。

德國之治水防洪思維，採用還地於河規劃，保留綠帶或土地重劃方式，讓集水區發揮最大滯蓄洪功能，有效降低河川洪峰流量；另外針對都市防洪工作亦結合法規及政策，落實全民推動，例如卡塞爾市廢水處理法規定，透過居家儲留雨水，節省「雨水費」，讓市民受惠達雙贏策略，有效降低排洪負擔及淹水風險。德國之河川排水改善工程，皆以「與水共生共存」之思維，透過自然設計及結合河水蜿蜒性，規劃滯蓄洪設施、河川堤防外，亦規劃洪水氾濫區，間接降低地區洪水影響及威脅，營造河流生態品質。

參考德國治水防洪計畫，可應用於未來臺南市推動韌性防洪城市計畫，積極推動逕流分擔治水防洪工作、結合自然親水工法、邁向淨零轉型綠能減碳等，推動治水、淨水、親水之移居優質環境。

第七章 效益

為營造低污染物環境，卡塞爾市於多處管網設置監測點，國內應採取預防污染行動，針對雨水、污水下水道管網進行監控、預防及補救，並搭配智慧基礎網絡建置，以加強環境變遷的韌性。如現永康水資中心與市府智慧發展中心合作，執行臺南市民生污水廠 5G 智慧管理示範驗證計畫，能有效利用雲端控制。

德國於去年起將當地人口及氣候情況納入市政水概念考量，現今國內也面臨氣候變遷問題，應持續滾動式檢討防洪及處理暴雨的綜合管理計畫，可將該部分納入智慧防汛網建置系統，以適應氣候變遷的後果。

配合歐盟 2050 淨零排放發展策略，以沼氣產業發展超過 20 年的德國為例，其沼氣廠數量超過 9,300 座且生質能發電佔比 9.4%。本市污水處理廠現電力仍由台電供應，雖各國因應情況及需求不同，沼氣發電也大幅不同，若能推動厭氧消化並搭配沼氣發電方案，並可以汽電共生為目標，使廠內能源部份自主，亦是國家邁向淨零碳排目標重要的減碳解決方案。

推動策略如下：

1. 污水廠設置沼氣發電技術可行性，評估污泥減量技術，增加污水處理環保及經濟效益。
2. 因應國際日益嚴格之放流水標準，國內污水廠應即早思考預為

因應，於採購全週期如招標、可行性研究、設計、施工、運作及維護等階段納入參考及評估條件，以遵守未來日益嚴格之限值。

3. 因應現今民眾用水習慣改變，如越來越多毛髮、油脂進入污水下水道等議題，德國嚴謹之污水處理廠營運維護技術及品質(自動控制等)值得我國學習。
4. 德國 2023 年總發電量有 59.7%皆來自再生能源，佔比最大為風力發電及太陽能發電，本次參訪卡塞爾風能產業受益良多，當風力和太陽能逐漸成為電網的主體，電力調度觀念也必須跟從調整，為擷節公共建設用電支出，應評估利用水利設施之空間增設太陽能板需求。