

# 公務出國報告

(出國類別：研習)

## 經濟部一〇〇年台德技術合作人員訓練計畫 「廢水再利用及淨水污泥資源化技術參訪」

### 出國報告書

服務機關：台灣自來水公司

出國人職稱：工程員兼股長

姓名：謝宗良

出國地區：德國

出國期間：100.7.2~100.7.24

報告日期：100.9.16

## 摘要

台灣環保法規日趨嚴格，民眾意識高漲。廢水及污泥處理已倍受重視。本研習計畫參訪德國漢堡水公司淨水廠及污水處理廠、柏林水公司淨水廠及污水處理廠、HACH LANGE 公司、LIENG 污水處理廠 TZW 公司與自來水博物館。從參訪學習廢水及污泥處理，並瞭解監測儀器與水廠的結合運用。另外學習水質檢驗的相關流程。

德國淨水廠使用水源為地下水，淨水污泥僅只有少量鐵、錳污泥。大部份污泥送至廢水處理廠內的污泥處理場來抑制硫化氫等臭味物質的產生；少部份為製磚、水泥等再利用。污水需經完整的物理、化學處理及生物處理，才可使放流水符合環境生態標準。污水處理流程中，除沉砂池的砂礫可作為建築材料外；其餘污泥皆脫水後逕入焚化場燃燒產生熱能及電能。此外德國環境保育的觀念、水源保護區的嚴格執行與人工蓄水湖對於地下水補助皆有助於水資源永續觀念的學習。

## 目次

摘要	i
壹、目的	1
貳、過程	2
參、心得	5
一、漢堡水公司 (HAMBURG WASSER)	5
二、漢堡污水處理廠	9
三、漢堡自來水博物館	13
四、柏林水公司	16
五、柏林水公司污水處理場	19
六、柏林自來水博物館	23
七、HACH LANGE 公司參訪	26
八、Rheinhausen 污水處理廠	27
九、Düsseldorf-Nord 污水處理廠	30
十、參訪 TZW 公司	31
十一、德國之行	32
肆、建議	34
伍、誌謝	36

## 壹、目的

本人現任職於台灣自來水公司所屬給水廠。台灣河川陡峭湍急，且民國 88 年九二一大地震造成土石鬆動，加上河川上游保育成效不彰，因此原水濁度時常飆升。再者淨水場出水量大，因此產生之廢水及污泥量也相當可觀。若以水量 100 萬 CMD 評估，每日將產生 5 萬噸以上之廢水及污泥。台灣環保法規日益嚴格，且民意高漲。因此廢棄物之處理費用也佔處理成本之大宗。淨水處理所產生的廢水及污泥，參考先進國家之技術將其水資源再利用、排放水符合環保法規及污泥資源化，以解決污水及廢棄物處理問題。

本次參訪研習目的在瞭解德國對於水源保護的執行政策，並參訪淨水廠及污水處理廠學習污水處理及污泥再利用情形，以作為國內對於下水工程及污泥處理有所助益。另外參訪水質儀器公司瞭解監測儀器與水處理控制單元結合應用。參訪水質分析檢驗室瞭解樣品分析流程。

## 貳、過程

### 研習行程表

出國人員 中文姓名：謝宗良

英文姓名：Hsieh, Tzong-Liang

服務機關

中文名稱：台灣自來水公司

英文名稱：Taiwan Water Corporation

研習項目

中文名稱：05-廢水再利用及淨水污泥資源化技術參訪

英文名稱：05-New technologies in wastewater reuse and sludge reuse

實際出國期間：100年7月2日至100年7月24日

實際行程表如下（中英文並列）：

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	實際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)
7/2~7/3 2011	Taipei→ Frankfurt 台北→ 法蘭克福		往程
7/3 2011	Frankfurt→ Hamburg 法蘭克福→ 漢堡		前往漢堡準備 7/4 參訪
7/4 2011	Hamburg 漢堡	1. Hamburg Wasser 漢堡水公司 Ms. Beate Gröblichhoff Tel.: 040-7888-82008 Dr. Christoph Czekalla Tel.: 040-7888-41000 Dr. Eckhard Dammann Tel.: 040-7888-2737 Mr. Arnold Schäfer 2. Water Treatment Plants and Wastewater Treatment Plants in Hamburg 漢堡水處理場及廢水處理 場 Arnold Schäfer	1. Water treatment plants in Hamburg 漢堡淨水場簡介 2. Operation management of water treatment plant 淨水場操作管理方式 3. Operation management of wastewater treatment plant 廢水場操作管理方式 4. Sludge re-use and energy regeneration 污泥再利用及再生能 源
7/4 2011	Hamburg→ Düsseldorf 漢堡→ 杜塞爾多夫		前往杜塞爾多夫準備 7/5~6 參訪
7/5~7/6	Düsseldorf	1. Meeting in Düsseldorf with	1. Technology and

2011	杜塞爾多夫	<p>Product Management for Process Instrumentation 儀器公司 HACH 在杜塞道夫之參訪</p> <p>Frank Thomas Tel.: +49(0)2115288-216 Dr. Andreas Schroers Tel.: +49(0)2115288-272 Michael Häck Tel.: +49(0)2115288-324</p> <p>2. LINEG Kläranlagen LIENG 污水處理廠 Tel.: 0 28 42/9 60-0</p> <p>3. Das Klärwerk Düsseldorf-Nord 北杜塞爾多夫污水處理廠 Tel.: 0211.89-22722</p>	<p>application of HACH LANGE 廢水及水質儀器技術與應用</p> <p>2. Site visits of 2 Waste Water Treatment Plants in the area of Düsseldorf 現場參觀廢水監測儀器使用應用</p>
7/7 2011	Düsseldorf→ Frankfurt 杜塞爾多夫→ 法蘭克福		前往法蘭克福準備 7/8 參訪
7/8 2011	Frankfurt→ Karlsruhe→ Frankfurt 法蘭克福→ 卡爾斯魯厄→ 法蘭克福	<p>1. Technologiezentrum Wasser (TZW) TZW 公司 Dr. rer. nat. Josef Klinger Tel.: +49(0)721/9678-110 Dr. rer. nat. Frank Sacher Tel.: +49(0)721/9678-156</p>	<p>1. application of instrument 水質檢驗儀器應用</p> <p>2. Site visits of water detection lab 水質檢驗室參觀</p>
7/9~7/10 2011	Frankfurt→ Berlin 法蘭克福→ 柏林		(假日) 搭火車至柏林 資料整理
7/11~7/15 2011	Berlin 柏林	<p>1. Berliner Wasserbetriebe 柏林水公司 Mr. Arne Kuczmera Tel.: 030-8644-6393 Dr. Bernd Heinzmann Tel.: +49-308644-1800</p> <p>2. Ruhleben 淨水場 Dr. Heinzmann</p> <p>3. Spandau 自來水廠 Dr. Heinzmann</p> <p>4. The Waterworks Museum in Berlin-Friedrichshagen 柏林水博物館</p> <p>5. 駐德國代表處經濟組 范組長德安</p>	<p>1. Germany State and Federal Safe Drinking Water Regulations and Standards, SDWA regulation in drinking water. 了解德國各州及聯邦對於飲用水相關法令</p> <p>2. To improve water quality to customers. 了解柏林就供水水質改善的措施</p> <p>3. Visit the Water Operation and Monitoring Centre 參訪供水操作及監控</p>

		鍾秘書昇宏 Tel.: +49-30-203613010	中心 4. Waste water treatment technologies 廢水處理 5. Sludge treatment 污泥處理 6. 與范組長及鍾秘書討論參訪心得並感謝長官之協助
7/16~7/17 2011	Berlin→ Hamburg 柏林→ 漢堡		(假日) 搭火車至漢堡 資料整理
7/18~7/21 2011	Hamburg 漢堡	1. Hamburg Wasser 漢堡水公司 Tel.: 040/349890 2. Museum im Wasserwerk 漢堡自來水廠博物館 Tel.: 030/8644-7695	1. The development of water supply and waste water treatment in Hamburg 漢堡供水系統與廢水處理之發展 2. The history of Hamburg Wasser 漢堡自來水發展史及博物館規劃
7/22 2011	Hamburg→ Frankfurt 漢堡→ 法蘭克福		(假日) 搭火車法蘭克福 資料整理
7/23~7/24 2011	Frankfurt→ Taipei 法蘭克福→ 台北		返程

## 參、心得

### 一、漢堡水公司 (HAMBURG WASSER)

漢堡水公司迄今已有超過 170 的歷史，為德國最大公有自來水及污水處理公司之一，固定資產 37 億歐元，年營業額 4 億 7000 萬歐元，是漢堡市公共給水、民生飲用水、污水下水道及廢水處理最主要的公司。本次參訪由 Beate Gröblinghoff 女士接待，並由 Christoph Czekalla 博士介紹漢堡水公司。

漢堡地區有豐富的地下水資源，因此漢堡水廠全部取用地下水做為水源，經過 17 座淨水場及長度達 5,417 公里之配水管網供應漢堡市 66.2 萬客戶、20 個城市和漢堡周邊地區 200 萬人之飲用水，每天平均供水量為 31 萬立方公尺。

在污水下水道及廢水處理方面，漢堡水公司將漢堡地區產生之污水及廢水，經由長度達 5,636 公里之下水道管線，送至 4 個廢水處理廠，每日處理之廢水量平均為 44 萬立方公尺，處理後水質符合嚴格之環保法規，排放至河川中。下圖為漢堡地區飲用水供應區及污水處理範圍圖：

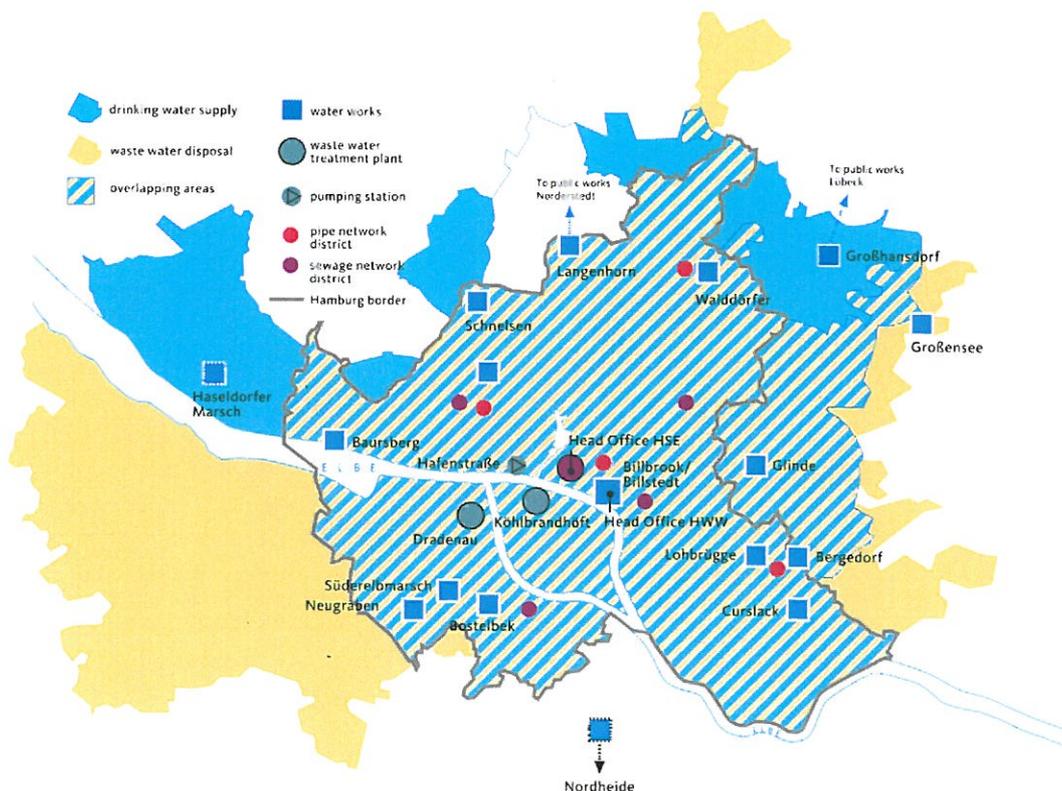


圖 1、漢堡地區飲用水供應區及污水處理範圍圖

漢堡飲用水源使用純淨地下水，淨水場處理流程大致如下：地下

水經由水泵抽出之後，以溢流跌落方式接觸空氣，將揮發性物質如硫化氫及碳酸揮發，並使溶解性物質如鐵、錳氧化成為不溶性氧化鐵及氧化錳，而後經由砂濾將鐵錳沉澱物去除，處理後之水經由管線送至用戶使用。處理流程示意圖如下：

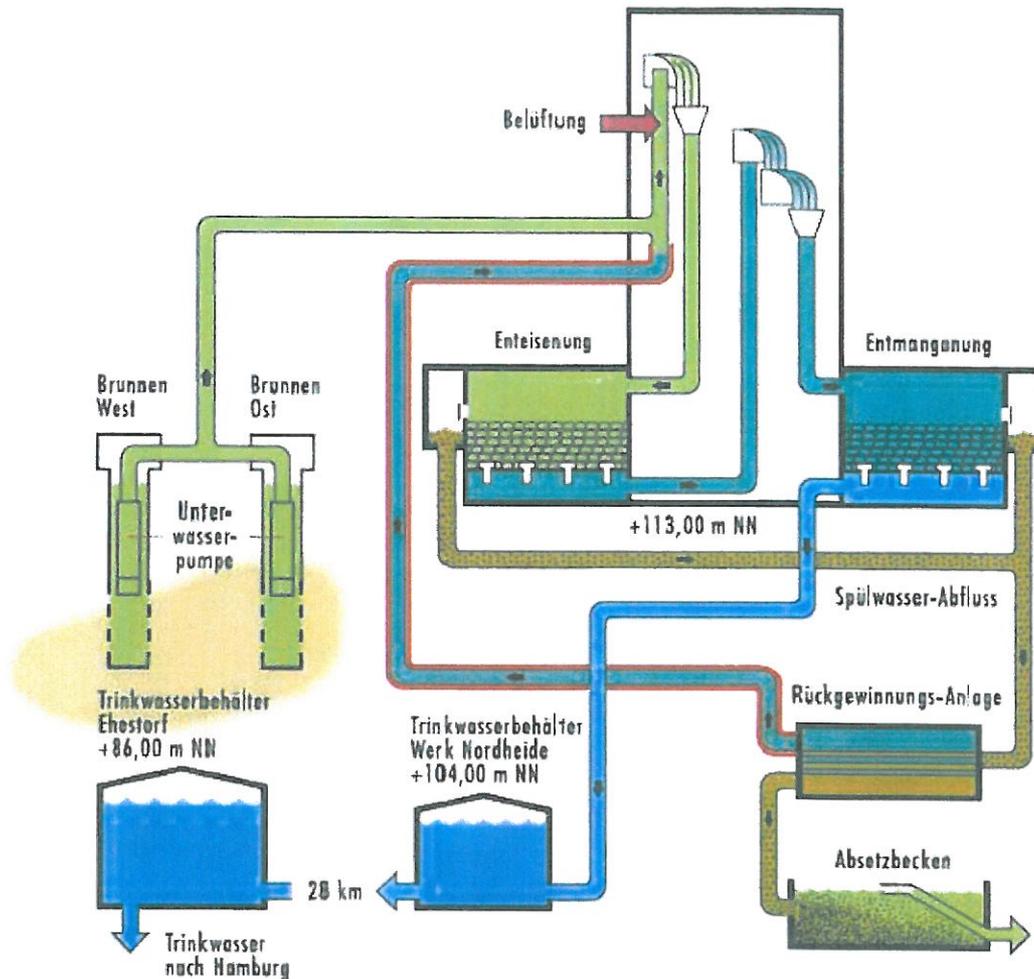


圖 2、漢堡淨水場處理流程示意圖

由於地下水源水質非常潔淨，濁度非常低，因此在淨水流程所產生的廢水僅來自快濾池反洗廢水；污泥也僅有少量鐵錳污泥。有實驗結果顯示鐵污泥可抑制硫化氫( $H_2S$ )生成，因此大多數淨水場所產生之鐵污泥皆送至污水處理廠，加入廢、污水處理流程中來抑制惡臭產生。

另外淨水污泥再利用方式也可以製磚、水泥及土壤改良劑等，與國內污泥再利用方式相同。若污泥再利用方式為土壤改良劑，則必需符合肥料標準及重金屬標準，才可逕行土壤改良劑再利用。

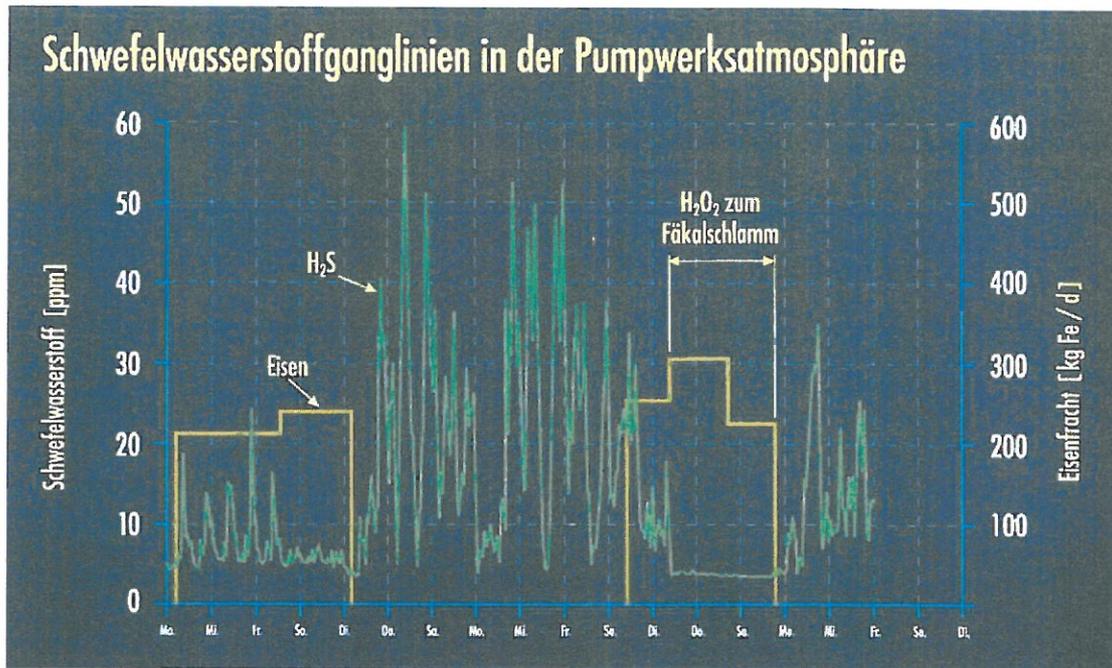


圖 3、鐵(Eisen，橙色線)加入對於 H<sub>2</sub>S(綠色線)抑制效果

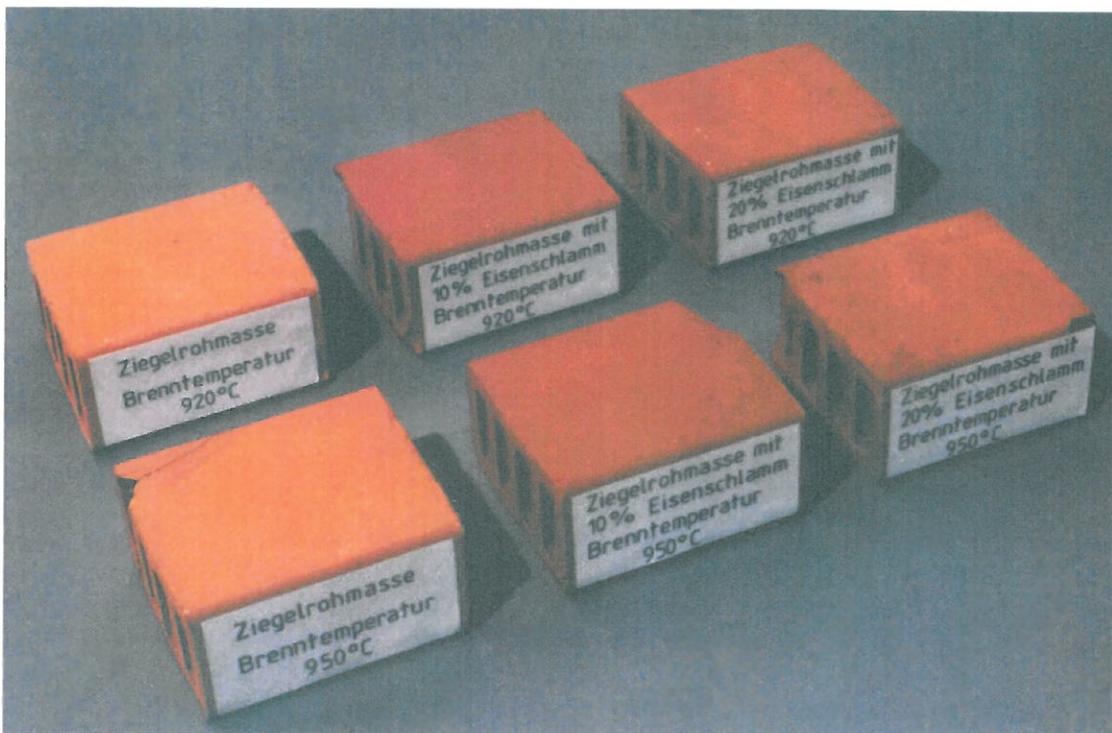


圖 4、不同含量鐵污泥(Eisenschlamm)及燒成溫度(Brenntemperatur)所製成的磚(Ziegel)測試結果

另外德國水公司對於工作場所環境也維持相當用心。由於地下水平均溫度較室溫低，因此管線外部將因低溫而冷凝水珠，進而造成管線外部腐蝕。為了降低空氣中濕度，淨水場內部空間使用大型除濕機除濕，確保管線維持良好狀態。甚至有使用中的老管線仍維持 25 年

前建廠時的原漆光澤。



圖 5、大型除濕機去除空氣中濕度



圖 6、維持良好狀態的管線及清楚的顏色區分

## 二、漢堡污水處理廠

漢堡的污水處理廠於 1842 年由英國工程師 William Lindley 所設計和建造，因此 1842 年也成立漢堡公共污水公司(Hamburger Stadtentwässerung)。其任務是為收集漢堡及周邊社區公共污水，並將污水處理後排放至易北河(Elbe)。污水處理廠位於漢堡市西方易北河岸，是以人造填河所建造出來的污水處理廠。經過多次擴建，至今污水集水面積達 750 平方公里，總長 5,400 公里的污水管線，可處理每日 40 萬立方公尺的水。並於 2006 年 1 月正式併入漢堡水公司。

今天，在漢堡地區有超過 99 % 的家庭污水已連接至污水處理廠；其餘家庭位於農村、人煙稀少地區或易北河郊外的森林村莊，而這少部份的家庭也自己擁有污水收集設施，以保護居住環境。污水管線的設計使污水可以通過重力流的方式進入污水處理廠，只有在特殊的條件，如過低的坡度、地下水位高或較廣泛發展的地方，以近 200 個抽水站及相關的壓力管道輸送污水至污水處理廠。

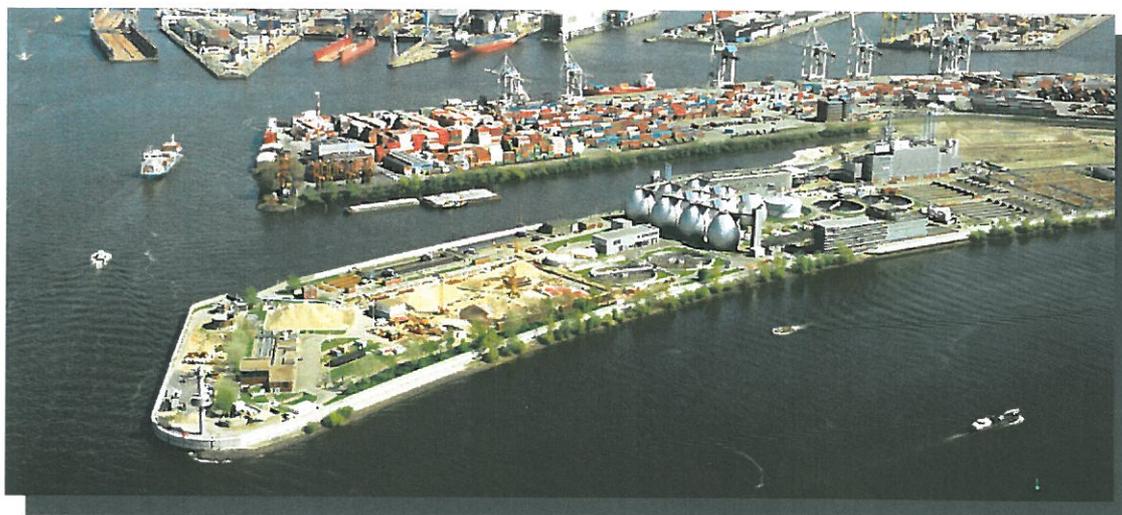


圖 7、漢堡污水處理廠鳥瞰圖

污水處理廠的處理流程如下：

污水由大型螺旋式抽水機進入後，經由篩除→沉砂池→初級處理→曝氣槽→終沉池→污泥消化槽→污泥焚化場→最終產物（飛灰、石膏及重金屬污泥）。

大型螺旋式抽水機將污水抽入污水處理廠後，先以耙污機將大型垃圾（衛生紙、衛生用品、……）篩分出來，這些篩分出的垃圾可於乾燥後逕入焚化爐內燃燒。經過篩除垃圾的污水進入沉砂池，大顆粒的砂礫在此去除，並可作為建築材料的再利用。而污水再經過初級處理、曝氣槽及終沉池後上澄液將符合放流水標準而排放於漢堡市易北

河中。污水經此程序可將 COD 去除 94 %；氨氮可去除 81 %；磷可去除 93 %。放流水除了有監測儀器隨時監測水質，並有檢驗室定期再化驗水質，以期對於水生環境的保護。

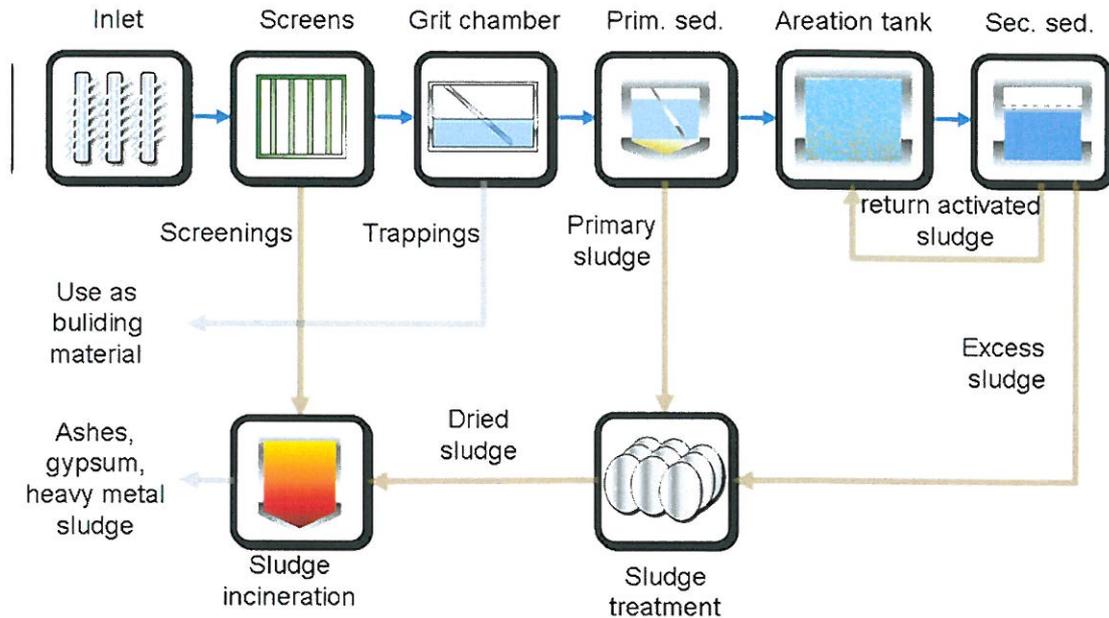


圖 8、污水處理廠流程圖

初級處理、曝氣槽及終沉池所產生的污泥將進入污泥處理槽進行污泥消化處理。濃縮污泥由污泥泵送入污泥處理槽內，以恆溫 35 °C 厭氧條件下，由細菌分解有機物產生甲烷、二氧化碳。由此污泥處理槽可以每日平均產生沼氣 82,000 立方公尺，並以燃氣輪機發電或作為焚化爐部份燃料。將消化後污泥脫水乾燥，送入焚化爐焚燒，最終產生飛灰、石膏及重金屬底泥等廢棄物。該污水處理廠每年產出最終廢棄物 23,580 噸，其中飛灰每年產出 19,950 噸(佔 84.6 %)；石膏每年產出 3,320 噸(佔 14.1 %)；重金屬底泥每年產出 310 噸(佔 1.3 %)。最終廢棄物將以磚、陶瓷顆粒、水泥、冶金、堆肥生產……等等不同再利用方式處理。

由於德國對於再生能源的重視，污泥進行焚化處理時所產生的熱能除用以電力及蒸汽發電外，餘熱還可乾燥污泥以減少水分含量，有助於焚化燃燒。該污水處理廠位處港灣，強勁的風力也促使發展風力發電。

德國是最早開始推廣太陽能產業發展的國家，德國政府對再生能源積極投入並輔導。漢堡污水處理廠除沼氣及風力再生能源，也設置太陽能板來發電。惟目前太陽能發電量在整廠再生能源比例份量較

少。

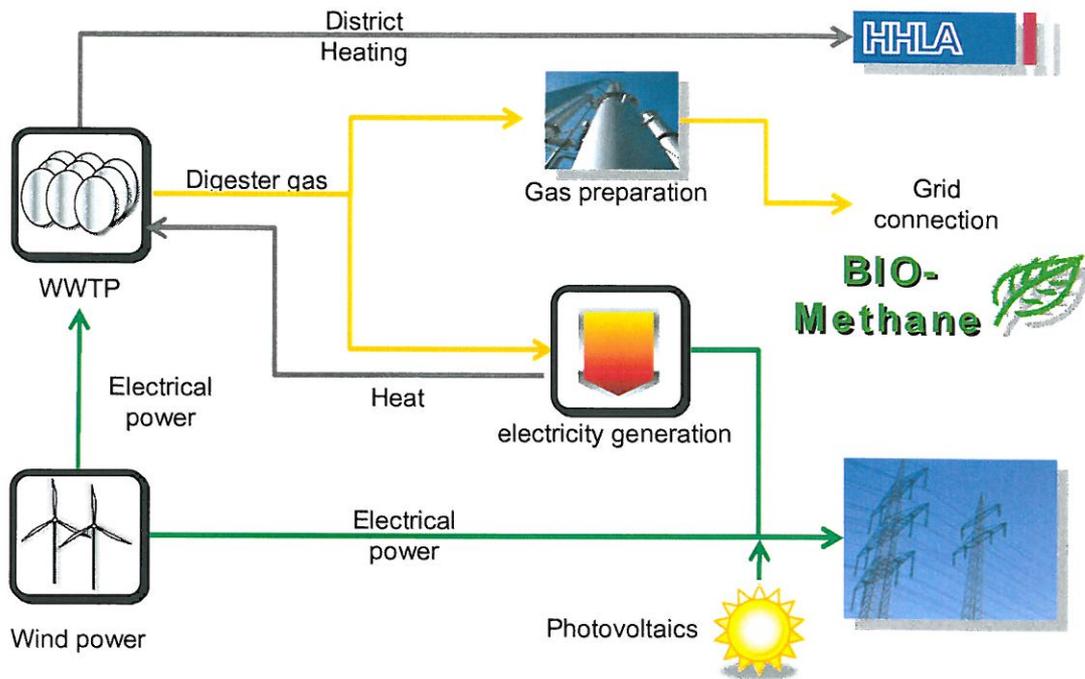


圖 9、再生能源產生圖

德國於 2000 年通過世界第一個再生能源法案(EEG)，用戶裝置太陽能等再生能源發電，將以固定價格收購，承諾長達 20 年。因此在用戶的使用意願提升下，目前德國再生能源發電占總發電比率 17%。

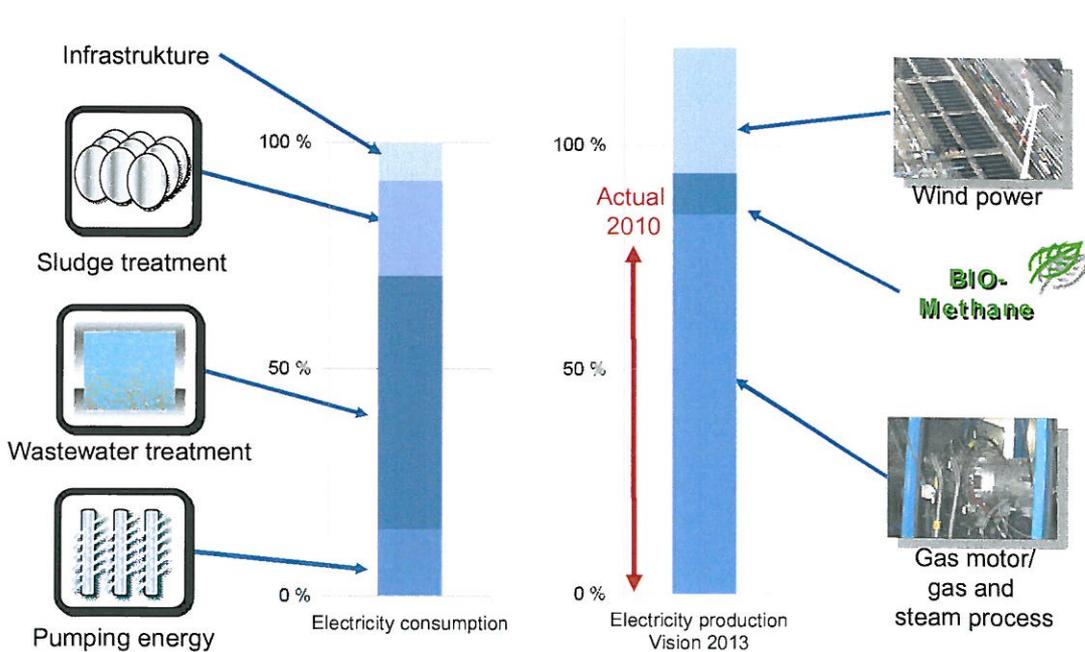


圖 10、能源消耗及再生能源產生圖

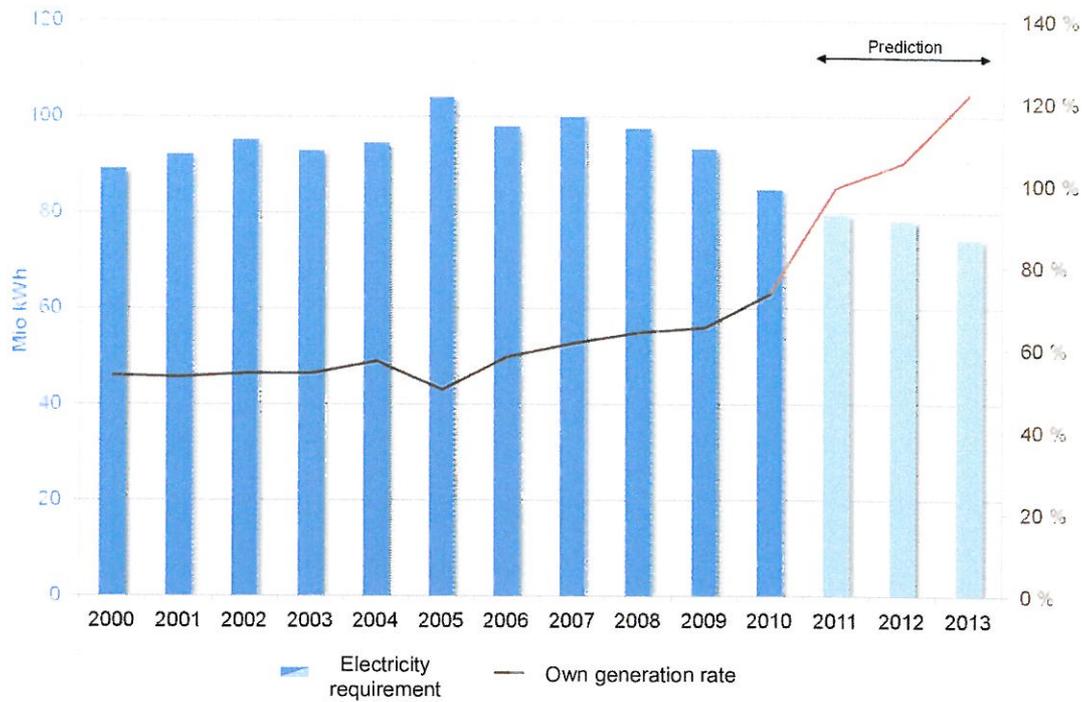


圖 11、能源需求及自有再生能源供給圖

由上圖可得知漢堡污水處理廠再生能源將於 2011 年達成超越自我供給率 100%。來未漢堡污水處理廠主要投資優化污水管網進行技術，實現自動化，以提高營運安全。

### 三、漢堡自來水博物館

漢堡自來水博物館位於漢堡水公司內，以舊有建築物改建成為博物館，在具現代化的同時收集有關供水及相關主題。

展覽分為三個區域，為 1.供水歷史；2. 現代供水；3. 水提取條件

1. 供水歷史：漢堡供水 600 年
  - 有組織供水開始於 14 世紀
  - 兩個世紀後，創建了阿爾斯特水藝術(Alster-Wasserkünste)
  - 阿爾斯特污染結果
  - 1848 年後漢堡是第一個集中的，公有供水的城市
  - 直到 1893 年只使用易北河過濾成為飲用水
  - 霍亂疫情爆發
  - 惡化的易北河使得水源改為尋找地下水
  - 自 1964 年以來，漢堡處理的飲用水只來自地下水源
  
2. 現代供水
  - 鑽井和生產井的施工
  - 在自來水廠飲用水處理
  - 微生物和化學水質控制中心實驗室規模
  - 管理和控制的水處理和分配
  - 管道及配件
  - 一個負責任的態度飲用水
  
3. 水提取條件：人在水生系統的一部分
  - 水在地球上，水的循環和當地水平衡
  - 漢堡地區的地質和地下水
  - 地下水開採方法和觀察
  - 地下水污染整治
  - 水源保護
  - 保護和利用
  - 地下水抽取的爭議

展覽館內除了歷史文物文件的展覽，並有使用舊有自來水器材，改造成為民眾動手操作的設施：



圖 12、博物館內建築物設備模型

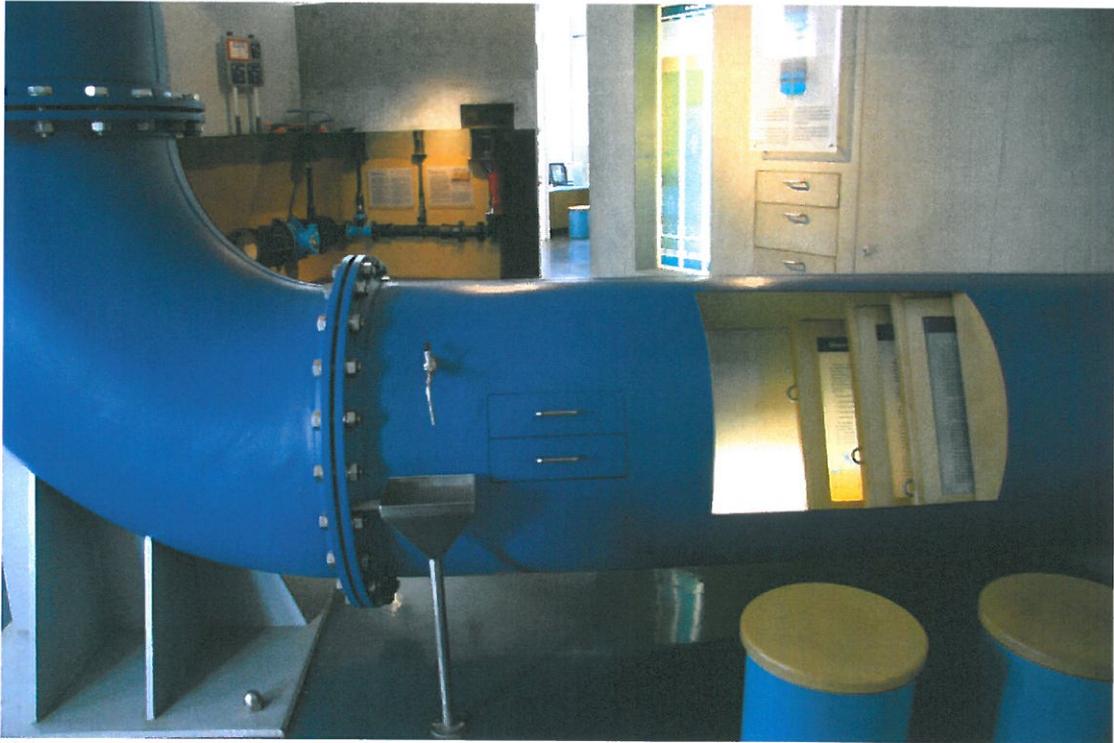


圖 13、舊有管線與說明文件的結合設計



圖 14、舊有自來水器材改造成為民眾動手操作的展覽

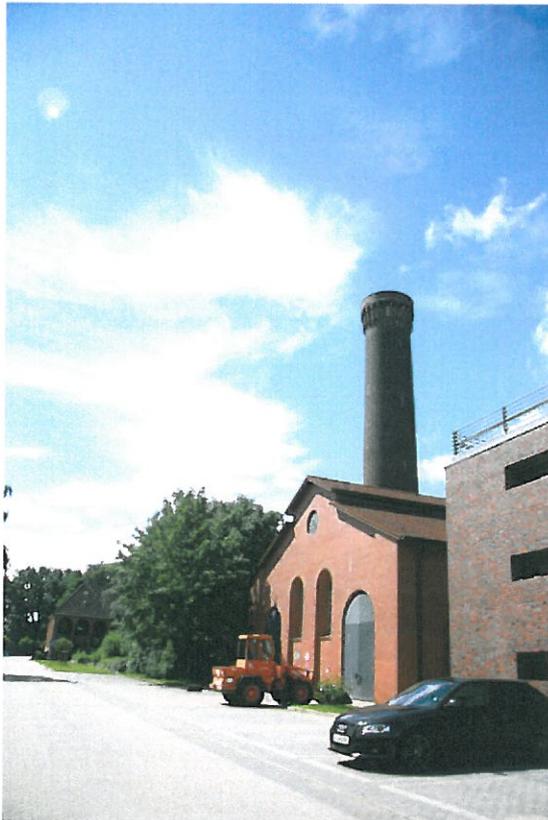


圖 15、漢堡水公司百年水塔

## 四、柏林水公司

柏林水公司包含飲用水及污水處理，現有 9 座淨水場、2 座表面水處理場及 6 座廢水處理場，每日供應飲用水 55 萬噸予 340 萬柏林居民及 30 萬周邊居民用戶使用，最大供水量可達 100 萬噸，總供水管線長達 7,800 公里以上。

柏林自來水水源是地下水，經由 700 多口井介於 30 至 170 公尺深的地下水源，平均每小時可供給 40 至 400 立方公尺的原水。地下水抽取後，以曝氣→氧化反應→快濾池→清水池→加壓站至用戶供給自來水，平均每個柏林居民每日用水量為 110 公升。下圖為自來水淨水流程圖：

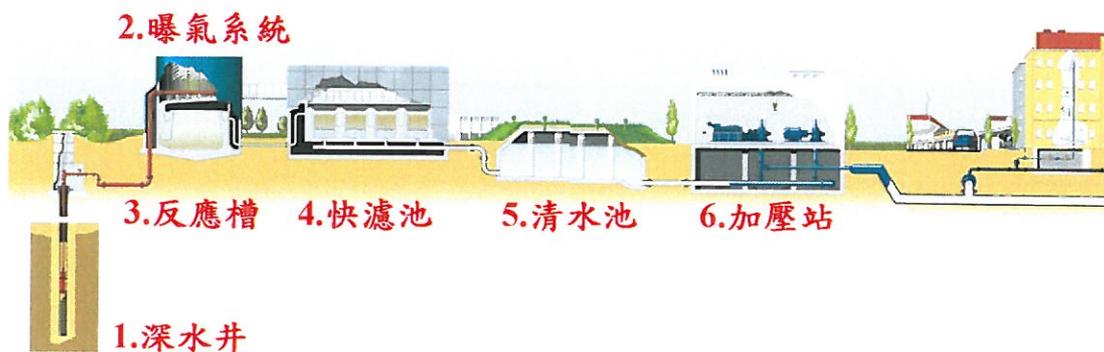


圖 16、柏林自來水淨水處理流程圖

由於地下水大多含有溶解的鐵、錳及  $H_2S$  等氣體，抽出之地下水先行以曝氣方式接觸氧氣，將水中之鐵錳予以氧化成膠體顆粒，然後再以 1 至 2 公尺厚的濾砂過濾鐵、錳物質。過濾後水儲存於清水池。在這過程中經由天然土砂層過濾，幾乎已將微生物去除。且再經由處理場過濾處理，更可保證飲用水之安全。因此在清水送出時並不需加氯消毒處理。加氯消毒只有在水管爆裂等搶修管網系統時需要做簡單的消毒程序。此外，柏林的飲用水不包含其他的添加劑，如氟化物。

清水經由加壓站站提供 4.5 至 5.5 bar，注入至 7,800 公里長的管網系統，平均水管管齡為 52 年，最老的齡為 120 年，但漏水率卻不到 5%。如此歸功於良好的監測系統及完善的管網維修保養制度。

飲用水的品質標準相當嚴格，除持續監控外，在遍布柏林地區 180 個萃取點定期採樣和檢測也保有品質的依據。檢測包含研究化學成分及生物指標。為了發現任何污染物，深井中的原水採樣也受到頻繁的測試。

由於地下水源流經各層土壤，原水中自然含有許多礦物質，如此在飲用水也有不同的硬度。不同硬度影響肥皂及洗滌劑的使用，部份家電產品也需依不同硬度調整其功能設定。



圖 17、人工蓄水湖用於補注地下水源



圖 18、人工蓄水湖砂層補換使用之砂存放場

柏林面積 880 平方公里，多為砂石及礫石層，因此有充沛的地下水資源。為了使地下水資源永續，柏林水公司設了 2 座表面水處理場。將表面水經處理後再打至人工蓄水湖，經天然砂層過濾（慢濾作用）至地下水層補注地下水資源。因此表面水處理場並不提供飲用水，而是為補注地下水資源，此也是德國環境永續的不同思維。

地下水質好的主要原因為德國對水源保護管理作得很徹底，針對抽水井附近會影響地下水區域，劃設 3 層保護區。第一層保護區為離水井 10 公尺範圍內，此層保護區只能有水井抽水設施存在，避免不純物直接進入水井內；第二層保護區，大約在 100 公尺範圍內，地下水在本區邊界停滯時間約 50 天，即地下水由本區邊界流至地下水井需時 50 天。此區禁止住家，辦公區設立要申請許可。第三層保護區，包括整個集水區，大約 2.5 公里，本區主要防止化學不純物滲透進入地下水體中，允許低密度住家，要申請許可。國內也有水質水量保護區的規定，但部份民眾不守法及執法不嚴，對於水源的保護成效不彰。訪談中德國友人對於台灣的水庫具有多功能目的（蓄水、養殖、觀光、遊湖.....等）感到十分訝異。為了水源區保護及用水安全，有關水源保護方面應向德國學習。