資優教育季刊　民 111 年　第 159 期　第 17-26 頁
https://doi.org/10.6218/GEQ.202208_(159).17-26

從航太到學校科學——提供創新環境給青年 STEM 人才進行研究專題

吳巧雯　　連琨銘*
國立臺灣師範大學
特殊教育學系
博士生

摘　要

本文旨在介紹 2022 年於國立臺灣師範大學所舉辦的第十七屆亞太資優會議之專題演講「從航太到學校科學—提供創新環境給青年 STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 人才進行研究專題」，演講者為服務於德國航太中心（Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.，簡稱 DLR）之 Dr. Tobias Schüttler，他是德國航太中心學校實驗室 (DLR_School_Lab) 的負責人，該項目主要目的在於提供大學或高中有天賦學生校園外的真實科學實驗室，以連結和體驗物理教育中之航太科技，藉此研究科學教育之教學，推廣數理資賦優異教育，促進國際間合作與交流。Dr. Schüttler 在演講之初透過其手中之視訊裝置，以第一人稱的現場視角，帶領我們深入擬真環境太空艙，以及航太中心的工作環境，此舉立即吸引現場所有觀眾的好奇目光。接著他分享參與德國航太中心學校實驗室計畫學生的學習現況，課程中強調 (1) 重視實驗與實作的經驗。(2) 實驗與實作必須符合真實生活情境。(3) 善用導師 (tutoring) 系統。讓與會大眾對於如何培育青年 STEM 人才，垂直整合資源，解決真實世界問題等面向，激發許多新想法。

關鍵詞：校外真實科學實驗室、資賦優異學生培育、航太教育、物理教育、「STEM 中文：科學、科技、工程與數學」

* 通訊作者：連琨銘（kevin1218@apps.ntpc.edu.tw）

Gifted Education Quarterly 2022 Issue No. 159 Page 17-26
https://doi.org/10.6218/GEQ.202208_(159).17-26

From Aerospace to Science at School: Providing Creative Environments for Young STEM Talents' Research Projects

Chiao-Wen Wu Kun-Ming Lien*
Ph.D. Student,
Department of Special Education,
National Taiwan Normal University

Abstract

This paper aims to introduce the keynote speech "From Aerospace to Science at School: Providing Creative Environments for Young STEM Talents' Research Projects" by Dr. Tobias Schüttler at the 17th Asia-Pacific Gifted and Talented Conference to be held at National Taiwan Normal University in 2022. Dr. Tobias Schüttler works at the German Aerospace Center (DLR), and serves as the head of the DLR School Lab. The primary purpose of the project is to provide gifted students at universities or high schools with out-of-school real science labs to experience physics, Aerospace science and technology in education. Moreover, another purpose is to explore various teaching approaches of science education, promote gifted education in mathematics and physics, and enhance international cooperation and exchanges. At the beginning of his speech, Dr. Schüttler led the audience through the video device and led us with a first-person live perspective into the heart of the aerospace center. This opening immediately attracted the attention of the audience. Then he shared the projects of the DLR School Lab program. The course emphasized (a) the learning experience through hands-on experiments, (b) practical experience and hands-on setting designed to mirror actual situations, and (c) utilization of tutoring system. Let the audience stimulate many new ideas on how to cultivate young STEM talents, vertically integrate resources, and solve real-world problems.

Keywords: out-of-school real science lab, gifted and talent education, aerospace education, physics education, STEM

* Corresponding Author: Kun-Ming Lien (kevin1218@apps.ntpc.edu.tw)

壹、前言

STEM 教育其概念萌芽於 1996 年美國國家科學基金會（National Science Foundation，簡稱 NSF）發表《塑造未來：透視科學、數學、工程和科技的大學教育》(Shaping the Future: New Expectations for Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering, and Technology)，意在透過科學、數學、工程和科技教育之間跨領域的整合，激發學生潛能，應對未來挑戰。隨著各界的努力，美國不僅在國內完成 STEM 相關政策的立法，亦在新的教育思潮與多元智能之影響下，以科學為基礎，結合不同領域發展出強調環境 (environment)、創業精神 (entrepreneurship)、鼓勵女性 (girl)、資訊科學與編碼 (computer science and coding)、人文閱讀 (humanity and environment)、社交情感 (social and emotional)、博雅教育 (liberal arts) 與藝術設計 (art) 等跨領域的教育架構。由於 STEM 的意涵代表提升與發展國家整體生產力和競爭力，因此 STEM 教育的思潮，也迅速推展到歐洲、亞洲等地 (Catterall, 2017; Gonzalez & Kuenzi, 2012; Li et al., 2020; Marginson et al., 2013; Sanders, 2008)。

德國作為歐洲經濟的領頭羊，全球第四大經濟體，以及傳統製造工業大國 (Stehrer & Stöllinger, 2015)，原本在教育上就非常重視科學、科技、工程、數學等學習領域，因此非常自然與積極的推廣 STEM 教育到各個教育階段。近年來，歐洲最大的研究機構之一，德國航太中心（Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.，簡稱 DLR），其底下的部門 DLR_School_Lab（學校實驗室），大量與高中和大學合作，希望學生們能「Out of the Classroom into the Lab」，邀請學生們親自到 DLR_School_Lab 體驗與參與最新航太科技、交通與能源等方面相關的研究專題，讓學生自己動手做實驗，進行物理現象的發現和調查，藉此點燃學生對於 STEM 教育的熱情。DLR_School_Lab 為了讓年輕學子對於自然科學、工業科技的相關主題引起興趣，提供給學生豐富的專業設備，例如風洞、控制中心、火箭試驗臺、擬真國際太空站等，其所設計給學生參與的研究計畫面向亦非常多元，包含氣候變化、航太醫學、未來汽車遠端搖控、自動控制系統……等。DLR_School_Lab 部分有完整的計畫和配套，提供有興趣的學子後續的生涯發展，例如結合各大專院校，協助培育碩、博士學生，亦鼓勵學成之後，進入 DLR 工作 (DLR_School_Lab, 2022)。

Dr. Tobias Schüttler（以下簡稱 Tobias）從 2003 年開始在 DLR 服務，致力於培育青年 STEM 人才，目前正是 DLR_School_Lab 的負

圖 1

擬真太空艙

圖片來源：https://www.dlr.de/de

圖 2

控制中心

圖片來源：https://www.dlr.de/d

責人。本次第十七屆亞太資優會議，Tobias 透過主持 Workshop online，大方的向與會大眾分享以其自身教學和研究的經驗，一開始與會大眾就被視訊畫面另一端的所在環境所吸引，Tobias 坐在一個擬真太空艙，接著拿起鏡頭，帶領與會大眾透過視訊鏡頭，參觀其工作的場所（圖 1、圖 2）。

當 Tobias 在展示其工作環境時，與會大眾可以感受到其真誠和熱情，也可以想像有天賦的青年學生實際蒞臨 DLR_School_Lab 時看到現場所有科技設備的驚喜，Tobias 不斷的提到真實環境、有趣、好奇心、師徒制 (tutoring)、與生活有關的重要性，因為就其觀察，德國學生與亞洲學生稍有不同，德國學生普遍對於 STEM 科目興趣缺缺。因此，如何引發學生對於 STEM 科目之興趣，是很重要的一件事。Tobias 認為，創新研究專題特別適合支持這些有興趣與天賦的 STEM 人才，因為具有明確定義的專題，可以提高他們先備知識的極限。通過自主組織的團隊行動，他們能夠進行有針對性的研究並開發出明確的創新成果 (Schüttler & Hausamann, 2020)。Tobias 將演講主軸定位在未來的知識 (knowledge for tomorrow)，並且透過兩個提問：「一、青年 STEM 人才的研究計畫在多大程度上可以從參與研究機構中受益？二、給數理資優生的專題必須符合哪些設計條件？為何這些條件很重要？」來貫串整場講演的分享內容，他就像一位孩子在介紹自己作品時，不僅有點害羞還充滿了興奮，帶領我們透過他的鏡頭視野，體驗DLR_School_Lab 計畫如何培育青年 STEM 人才。

貳、提供創新環境給青年 STEM 人才進行研究專題

一、青年 STEM 人才可以從參與研究機構的研究計畫中得到多大的收穫？

DSL 本身就是太空研究機構，因此需對航太領域進行各種研發，其與航太相關主題的實驗內容具有高度複雜性和跨學科性，這對才華橫溢的年輕人特別有吸引力 (Hausamann, 2012; Schüttler & Hausamann, 2020)。從 Tobias 的分享可知，他非常重視如何引發學生對學習的興趣與好奇心，因為興趣與好奇心，將是點燃和推動學生自主且持續學習最重要的養份與燃料。Tobias 給現場與會者思考的第一個主題就是「青年 STEM 人才可以從參與研究機構的研究計畫中得到多大的收穫？」其背後突顯出研究機構如何提昇學生興趣（動機）與可持續研究的重要支持，例如，研究機構可以提供學生平時接觸不到的昂貴設備；現場親近與瞭解科學家工作時的真實情境脈絡；在學生執行專題時，研究機構的設備和專家可以提供非常直接有力且高層級專業指導。

DLR_School_Lab 在德國各地有 15 個據點開放參觀，除了讓學生進行一日遊式的觀光導覽外，它也與學校單位深度合作，長期穩定的提供青年 STEM 人才培育協助，其特色為：1. 從初等學校到大學層次 (from primary school to university level)。2. 提供學校班級參與實驗工作坊 (experimental workshops for school classes)。3. 讓學生自行設計研究計畫 (student research project)。4. 讓科學更吸引人且與生活相關 (making science fascination and more relevant)。其規劃的主題非常豐富且吸引人，包含：Space Robotics（太空機器人）、Robotics（機器人技術）、Earth Observation（地球觀測）、Satellite Navigation（衛星導航）、Infrared Remote Sensing（紅外線遙感）、Laser Technology（雷射科技）、Mobile Rocket base（移動式火箭基地）、Space Mission Control（太空任務控制）、Optical Remote Sensing（光學遙感）、Remote Sensing of the atmosphere（大氣遙感）、Flight simulator（飛行模擬器）、Atmosphere dynamics（大氣動力學）等。

Tobias 提到，許多研究指出，有天賦的學生對實作任務比學校定期測驗更顯示出熱情，因此 DLR_School_Lab 計畫的任務之一，就是必須把這些豐富且吸引人但艱深的主題，轉化

成適合學生層級參與的專題 (projects)。其實際實施方式涵蓋：1. 首先讓學生覺得 STEM 內容是有趣的。2. 降低 DLR 相關實驗的難度，例如：取其實驗或實作符合學生程度部分來讓學生操作。3. 降低器材的門檻，實驗或實作所需的器材，儘量採用一般商店就可取得的素材／零件，因此在學校容易組裝操作，或者讓學生操作的程式也限縮在主程式的一小片段。4. 某些實驗或實作任務，可由 DLR_School_Labs 準備工具包，發派給學生。Tobias 強調，所有實施方式皆為了符應三個關鍵要素：Experiment（實驗）、Tutoring（輔導）、Authenticity（真實性）。

以 Robotics 這個主題其中 Asuro 機器人實驗項目為例，其內容是指導中學生組裝一個小型機器人並學習如何對其進行編程與控制。學生可以使用該計畫所提供的材料包，預先在家中或學校內，組裝機器人，並且透過現場或線上的課程，經由 DSL 機構中訓練有素的機器人專家進行指導，讓學生學習適合其程度的 C++ 語言，用以編程控制機器人完成任務。為了增加趣味性和競爭性，該計畫舉辦 ASURO 飛鏢比賽，其主要任務是從大約三米的起始點，移動到鋪設在地板上的飛鏢海報的中心。Tobias 提到，當學生們在開發和測試他們各自的編程程序時，典型可觀察到的反應是，學生高度專心的氣氛 (concentrated atmosphere)，這近似於進入心流 (flow) 的狀態 (DLR_School_Lab, 2022; Kuo, 2022; Schüttler & Hausamann, 2020)（圖 3、圖 4）。

二、給數理資優生的專題必須符合哪些設計條件？為何這些條件很重要？

DLR_School_Lab 計畫培育青年 STEM 人才的理論基礎，主要基於 Renzulli 所提出的資優三環論 (Renzulli & Reis, 2018)，其中教師的角色，在這類教學裡，最重要的工作是引發學生進行探究的動機，並且讓學生對實驗、實作任務產生承諾感與責任心。引發興趣和動機之所以重要，是因為參與計畫的資賦優異學生，在資優三環論中，其能力都已超過平均能力，因此重點放在興趣（動機）與承諾感（責任心）上，如此學生自然能發揮創造力，產出好的成果，並且可想而知，在這個計畫進行的階段，教師的角色會適度的漸漸淡出。因此從 Tobias 的觀點，當我們給予適合學生的高階挑戰任務，從學生的作品或成果，也可以鑑別出真正有天賦的資優學生。在這個基礎上，DLR_School_Lab 計畫擁有以下幾點特色：1. 提供青年 STEM 人才有挑戰性的 (challenging)、有啟發性 (inspiring)之高階任務 (high level task)。2. 在全國各地辦科學相

圖 3

Asuro 機器人

圖片來源：https://www.dlr.de/de

圖 4

學生組裝與測試

圖片來源：https://www.dlr.de/de

關競賽。3. 最終目標是期望學生能成為 Self-Regulated Learner。

上述第 3. 點所提到最終目標 Self-Regulated Learner，也點出 Tobias 整場分享背後所隱含的方法論 (methodological approach)，首先對於青年 STEM 人才的教學重點在於：激發學生的動機、熱情與好奇心，因為學習最大的動力來自於好奇心。關於這點，Tobias 以愛因斯坦的名言：「我沒有特別的天份，我僅僅是充滿熱情地好奇。」來予以佐證。第二個重點是教師心態的轉變，教師的角色從教學 (instruction) 到引導學生建構 (construct)，學生不再是被動的接受老師所給予的知識內容，而是自己建構出自己的知識脈絡。第三個重點是培育青年 STEM 人才可大量應用專題學習（Project Base Learning，簡稱 PBL），研究指出專題學習特別適合能自主學習的青年 STEM 人才。第四個重點是 DLR_School_Lab 大量與學校端合作，採用全校性三合充實模式（Schoolwide Enrichment Model，簡稱 SEM）(Renzulli & Renzulli, 2010)，但特別注意的是，參與本計畫的各校學生皆是屬於 Type III 的層級，亦即透過全校性的行政組織運作，加上學校的課程結構，及提供服務方式的三個面向。

整理上述 DLR_School_Lab 培育青年 STEM 人才做法，我們可以觀察到，該計畫成功的關鍵或是挑戰包含以下幾點：

1. 採用專題學習：
   (1) 啟動專題：發想主題、搜集想法。
   (2) 規劃專題：規劃架構與設定時間。
   (3) 教師角色：協調和支持。
   (4) 最後，呈現成果、進行反思，討論專題的重要性並思考後續還能怎麼做。
2. 讓學生對專題負責任。
3. 關於 DLR_School_Labs 遇到的挑戰：引導老師從教學者成為協調者和支持者的角色。
4. 提供學生專題的原則：
   (1) 必須是真實問題而非學術性的問題。
   (2) 專題成果必須提交給學校之外的機構（例如：DLR）。
   (3) 專題成果要報告或展覽給不認識這些學生的 DLR 科學家。
   (4) 專題遇到的問題，需學生團隊自行解決，老師和其他人只能給予建議和引導。
   (5) 專題需在期限之內完成（時間限制）。
5. 採用全校性的三合充實模式：
   (1) 引起興趣。
   (2) 小組活動。
   (3) 找尋解決真實世界的問題。

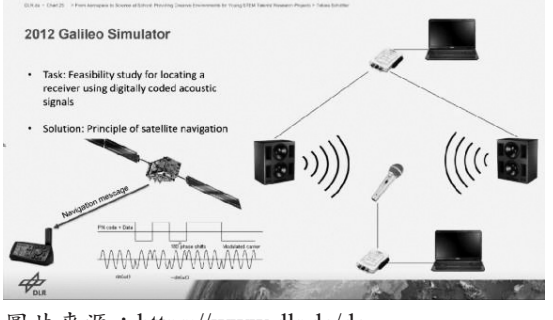
三、DLR_School_Lab 充實方案簡介

（一）伽俐略模擬器 (Galileo Simulator)

Hector Seminar （赫克托專題討論）成立

圖 5

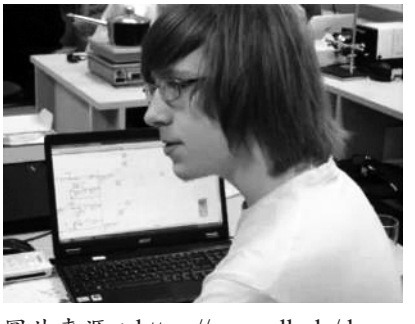
伽俐略模擬器



圖片來源：https://www.dlr.de/de

圖 6

學生分析訊號



圖片來源：https://www.dlr.de/de

於 2000 年，是德國的一項課外活動，旨在通過提供數學、信息學、自然科學和技術領域的豐富活動來培養高天賦的中學生 (Heller, 2009; Schüttler & Hausamann, 2020)。DLR 與 Hector Seminar 的指導教師從 2004 年開始密切合作，提供青年 STEM 人才許多高層級的充實專題，Tobias 所提到的例子包含 2012 年的伽俐略模擬器專題，該專題參與者的任務是開發一個實驗裝置，並且可以透過該實驗裝置，根據聲音信號學，以足夠的精度定位接收器。此專題的概念，就是模擬全球衛星導航系統的功能，衛星傳輸導航訊號 (navigation message) 給位於地球端的接收器 (receiver)，接著地球端的處理設備基於收接到的訊號，計算該衛星所在的位置。本專案唯一的先決條件，就是數據接收設備和軟體的選擇。學生在正式參與 DLR 為期三天的研討會並且實際執行本專題之前，已經透過學校或 DLR 專家教師線上課程指導，學習衛星導航相關知識至少半年之久，所以參與的學生的學習是非常紮實且有挑戰性的，學生也在過程中產生對計畫成果的決心和承諾感（圖 5、圖 6）。

（二）開發點火裝置 (Ignition Unit Development)

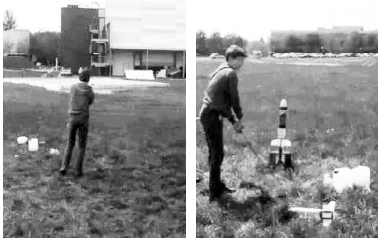
Tobias 所介紹的第二個專題是 2014 年所執行的開發點火裝置專題，該專題希望學生能開發一個全自動的發射火箭可回收系統，意指除了能控制火箭發射升空之外，亦希望火箭到達極限高度後，降落傘會自動打開，讓火箭安全降落，不讓火箭本體損毀。這個專題的目標簡單易懂，但卻充滿挑戰，學生必須計算火箭的初速，推導最大高度，設定如何在適當的高度，自動觸發降落傘開啟，其知識層面涵蓋火箭專業，衛星科技、自動機器人設計，空氣動力學等。由於本專題是產品導向，學生為了完成最後的作品投入大量的時間進行動手實作與測試（圖 7、圖 8）。

（三）關鍵飛行條件 (Critical Flight Conditions)

DLR 和 Hector Seminar 在 2022 年合作所設計的最新專題——關鍵飛行條件，其主要的內涵，是讓學生探討如何處理或避免飛機飛行時產生重大意外，例如飛機失速 (aircraft stall) 問題。所謂的飛機失速與流體力學有關，通常飛機在飛行時，空氣會緊貼機翼向後流動，形成機翼的形狀，當攻角 (angle of attack) 增加，此翼形流動的空氣產生升力也隨之增加，但當攻角不斷的增加到達一個臨界值，空氣無法貼合機翼，原本穩定貼合機翼流動的空氣形成亂流，造成升力突然減小，該情況將導致飛機失速，是非常危險的情況。在該專題中，學生們利用模型飛機，透過手機軟體，連線飛機上的訊號裝置，分析飛行時的數據，探討飛機失速的關鍵情況。本專題與生活結合，提供學生在模擬情境下，感受深入其境真實的危機感，突顯科學研究的重要性（圖 9、圖 10）。

圖 7

火箭發射測試現場



圖片來源：https://www.dlr.de/de

圖 8

安裝攝影鏡頭於自製火箭模型

圖片來源：https://world-gifted.org/Conferences/2019/Schedule/1/128.pdf

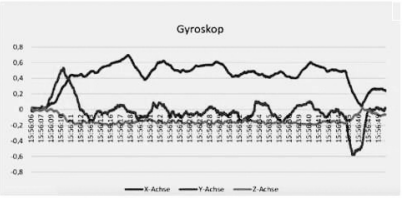
圖 9

模型飛機飛行現場

圖片來源：https://www.dlr.de/de

圖 10

數據分析



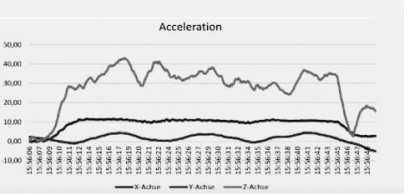


圖 11

MINT 女學員飛行體驗

圖 12

She Space International 海報

圖片來源：https://www.br.de/nachrichten/bayern/regensburger-schuelerinnen-fliegen-zum-forschen-zur-zugspitze,R6zXg80

（四）跨國青年女性科學研究計畫

從 2014 年至 2019 年，DLR 也主持了一項在歐洲專屬女學生的跨國夥伴計畫 MINT-Girls Regensburg (https://www.br.de/nachrichten/bayern/regensburger-schuelerinnen-fliegen-zum-forschen-zur-zugspitze,R6zXg80)（圖 11），Tobias 提到，這些女學員的任務非常豐富有挑戰，例如其中有一個專題是研究當人體在急速的改變與地表之高度時，對身體會有什麼影響？DLR 負責提供飛機和駕駛員、安全維護人員、專業指導老師等，帶領自主同意參與飛行體驗的女學員，飛行到 4000 英呎以上的高空，再快速下降，使用相關設備，測量身體上的各種變化，例如血氧濃度、心跳、脈搏次數、血壓等。不僅在跨國青年研究上提供一個非常好的平臺，也突顯 DLR 重視女性科學家培育的用心。

另一個和青年女性科學研究有關的計畫是——她太空國際計畫 (She Space International)（圖 12），參與的女學員從 14 歲到 18 歲不等，來自德國、以色列、美國、南韓、多哥 (Togo)、西班牙、巴西等國家。由於分處不同國家，因此學員主要是以視訊會議討論研究成果。該計畫的任務內容是透過衛星進行遠端雷射感應，以研究分析氣候數據。

參、對資優教育的啟示

透過 Tobias 真實實驗室之分享，可以看出其培育人才計畫之理念與實施非常符

合 Renzulli 的資優三環論 (Renzulli & Reis, 2018)。筆者歸納對第一線從事資優教育的工作者，此計畫從提高個人的學習動機至團隊合作能力培養，最後激發個人潛能並促進職涯發展等，對資優教育可能帶來的影響層次和啟示整理如下：

一、提高學習動機：進行實際實驗可以使學習變得更具有挑戰性和有趣，增強學生的學習動機和積極性。

二、問題解決能力：在實驗室進行實際操作時，學生常常會面臨各種挑戰和問題。這些挑戰促使他們學會思考、嘗試不同方法解決問題，培養了他們的解決問題的能力。

三、真實動手實踐：透過實驗室動手做，學生能夠直接實踐所學的理論知識，增強他們的實作能力。這種實踐過程有助於加深對知識的理解和掌握。

四、增強自信心：成功地親自動手操作完成實驗，將增加學生的自信心。這種自信心不僅對科學領域有益，對於其他學科與日常生活中都有正面的影響。

五、科學的倫理與精神：進入實驗室環境，學生將更容易培養出對科學的興趣和熱情。他們可以親自觀察和探索實驗現象，從而培養出科學探究的精神和好奇心。並且在過程中，透過師長的指導，將研究倫理概念建立於自然互動之中。

六、促進彼此合作與溝通：在實驗室作業中，學生通常需要合作完成任務。這鼓勵學生學習團隊合作，提高溝通能力，增強共同解決問題能力。

七、職涯興趣萌芽：透過在實驗室的實踐經驗，學生可能更容易發現自己對某個特定領域的興趣，進而激發職涯規劃或選擇方面的想法。

整體而言，相信讓學生到真實實驗室進行實際動手實驗與操作，可以提供他們更豐富的學習經驗，幫助他們在學業和生活中都取得更好的成效。這種學習方式有助於培養學生的全面發展，更好地應對未來的挑戰。

肆、結語

從 Tobias 深入淺出且豐富的專題介紹中，現場與會觀眾很容易覺察並認識一間專業機構之運作與服務內容，正如 DLR_School_Lab 一般，在培育青年 STEM 人才所帶來的優勢或可能性包含：

一、引發資優學生高度動機之可能。

二、專題方向與當前 DLR 研究趨勢有高度相關。

三、提供後續專題計畫多元選擇，讓學生知道未來到大學有哪些發展的可能性。

四、極大化跨領域學習的潛能。

五、整合不同的專業內容。

Tobias 在開始演講之前，就透過其簡報，展示今日分享的主軸，是關於未來的知識 (knowledge for tomorrow)，現場與會的觀眾除了感受德國在培育青年 STEM 人才時，擁有國家級的專業機構，先進的科技設備，提供學生強而有力的環境支援外，亦非常用心的將最前端的航太領域科技，通訊與人工智能，在專業指導老師的發想下，設計成適合青年 STEM 人才從事的專題項目，一再地顯示從研究者自身對知識的渴望，傳承到下一代的年青人，這是一種對青年學子未來發展的無私熱誠與奉獻，因此筆者斗膽的替 Dr. Tobias Schüttler 分享主軸，添加幾個字：關於未來的知識、愛與熱誠 (knowledge, love, and passion for tomorrow)。非常感謝 Dr. Tobias Schüttler 精彩的分享，激發我們無限的熱誠和想像。

參考文獻

Catterall, L. G. (2017). A brief history of STEM and STEAM from an inadvertent insider. *The*

STEAM Journal, 3(1), 5. https://doi.org/10.5642/steam.20170301.05

DLR_School_Lab. (2022). *DLR_School_Lab.* https://www.dlr.de/schoollab/en/desktopdefault.aspx/tabid-13880/

Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Library of Congress.

Hausamann, D. (2012). Extracurricular science labs for STEM talent support. *Roeper Review, 34*(3), 170-182. https://doi.org/10.1080/02783193.2012.686424

Hausamann, D., & Schüttler, T. (July 24-28, 2019). *STEM talent support-how to create innovative young researchers* [Conference presentation]. 23rd World Gifted Conference, Nashville, TN, United States.

Heller, K. A. (2009). *Das hector-seminar: Ein wissenschaftlich evaluiertes modell der begabtenförderung im MINT-bereich* (Vol. 5). LIT Verlag.

Kuo, C. C., Yu, H. P., Chen, W. R., & Chen, Y. W. (2022). *2022 APCG program book: Embracing diversity blooming talents.* National Taiwan Normal University.

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education, 7*(11), 1-16. http://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6

Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Final report.* Australian Council of Learned Academies.

Renzulli, J. S., & Reis, S. M. (2018). The three-ring conception of giftedness: A developmental approach for promoting creative productivity in young people. In S. I. Pfeiffer, E. Shaunessy-Dedrick, & M. Foley-Nicpon (Eds.), APA handbook of giftedness and talent (pp. 185-199). American Psychological Association. https://doi.org/10.1037/0000038-012

Renzulli, J. S., & Renzulli, S. R. (2010). The schoolwide enrichment model: A focus on student strengths and interests. *Gifted Education International, 26*(2-3), 140-157. https://doi.org/10.1177/026142941002600303

Sanders, M. E. (2008). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher, 68*(4), 20-26.

Schüttler, T., & Hausamann, D. (2020). Providing Creative Environments for Young STEM Talents' Research Projects. *US-China Education Review, 10*(6), 260-272. https://doi.org/10.17265/2161-623X/2020.06.002

Stehrer, R., & Stöllinger, R. (2015). *The Central European manufacturing core: What is driving regional production sharing?* (No. 2014/15-02). FIW-Research Reports.