

慕尼黑工业大学 TUM International 2027冬季未来技术项目

下一代精细化工：从绿色微化工到数字孪生

Next-Generation Fine Chemicals: From Green Microfluidics to Digital Twins

TUMint Future Technology Programs

TUMint

TUM International GmbH
The University Company

TUMint Future Tech Summer & Winter Programs

慕尼黑工业大学

慕尼黑工业大学 (Technische Universität München, 简称 TUM)

始建于1868年，坐落于德国南部的经济与科技中心巴伐利亚州首府慕尼黑。作为德国最负盛名的顶尖理工大学，TUM是德国首批三所“精英大学”（Universities of Excellence）之一、德国理工大学联盟（TU9）的核心成员，也是欧洲乃至全球享誉盛名的“超级大学”之一。慕尼黑工业大学（TUM）对标全球工业发展，专注前沿科研，攻坚社会重大问题，依托TUM2030规划，学校重点布局AI、量子技术、可持续能源，深耕跨学科研究与国际化人才培养。未来TUM将持续引领全球科创，以创新赋能科技与产业升级、助力全球可持续发展。

#1
Best University

Germany
QS World University
Ranking No. 25

#1
Best University

European Union
THE World University
Ranking

#16
among the top 20
in engineering

QS World University
Subject Ranking

#19
among the top 20
in natural
sciences

QS World University
Subject Ranking



学科优势

慕尼黑工业大学（TUM）作为德国首批“精英大学”之一、11所德国理工大学联盟（TU9）的核心成员，在QS世界大学工程与技术学科排名中长期蝉联德国榜首。在工业化学与化学工程领域，TUM更是欧洲乃至全球的创新策源地，其在精细化工方向的传统优势与前沿探索，完美融合了德国精密制造的工匠精神与新一代数字化浪潮。



化学

全球排名第 22 位，德国排名第 1 位



材料科学

全球排名第 31 位，德国排名第 2 位



电气与电子工程

全球排名第 23 位，德国排名第 1 位

从分子设计到过程强化的学术沉淀

TUM在催化科学、单原子设计及过程强化（Process Intensification）领域拥有全球顶尖的研究产出。学科无缝衔接传统的间歇式工艺向连续流微化工（Continuous Flow Chemistry）的转型，在微尺度传热传质、微反应器构建以及多通道并行放大（Numbering-up）等工程领域，代表了欧洲极高水平的学术与技术沉淀。

前沿的“工业4.0”数字孪生与AI跨学科融合

依托TUM在计算机科学及欧洲数字化工业软件（如西门子、Aspen生态）的强悍底蕴，率先将数据驱动的化学信息学（AI/ML）引入精细化工。从基于大模型的分子物性预测，到智能模块化工厂（MTP）的数字孪生全流程仿真，以数字化手段颠覆传统研发形式。

得天独厚的“巴伐利亚化工创新圈”的产学研生态

TUM地处欧洲核心的化工产业集群腹地，与瓦克化学（Wacker Chemie）、巴斯夫（BASF）、林德（Linde）以及西门子（Siemens）等全球精细化工与工业自动化巨头保持着数十年的深度血缘关系。这种“从实验室到工业规模化（Lab-to-Fab）”的无缝转化生态，确保了TUM的教学与科研始终直击全球化工巨头的最前沿技术痛点。

学术课程：MODULE 1-分子设计、前沿材料与催化工程

本模块重点培养学生的微观分子设计思维，聚焦战略新兴产业亟需的高端功能材料。

1

功能小分子的理性
设计与逆合成分析

- **技术原理：**摆脱传统的经验型试错研发（Trial-and-Error）范式，通过量子化学计算与分子结构-功能对应关系，反向设计目标分子的最佳合成路线。
- **前沿应用场景：**应用于半导体光刻胶分子的精准定制，以及下一代高效、低毒性医药中间体的绿色合成。

2

绿色催化工程与原
子经济性

- **技术原理解析：**聚焦单原子催化（SACs）等颠覆性技术，在催化反应中实现“全原子利用”，最大限度减少副产物。
- **前沿应用场景：**高端精细有机合成中的定向氧化反应，以及利用廉价过渡金属全面替代昂贵的铂、钯等贵金属催化剂。

3

面向新能源系统的
特种高分子材料

- **技术原理解析：**聚焦固态电池、氢能等清洁能源核心部件的界面化学改性，调控材料的电、磁、热、光特异性。
- **前沿应用场景：**锂电池新型电解液功能膜添加剂（VC、FEC）的提纯，固态电池聚合物电解质（SPE）的开发，以及车载储氢罐专用的高性能环氧树脂复合体系。

4

配方化学与高端工
业助剂

- **技术原理解析：**研究多相流体及高分子材料的复合配复技术（Formulation Technology），通过界面化学调控提升材料在极端环境下的稳定性。
- **前沿应用场景：**航空航天特种耐高温涂料的配方设计，以及极端严苛工况（高压、极寒）下半导体及电子级高端胶黏剂的研发。

学术课程：MODULE 2-先进化学工程、AI与智能制造

本模块将化学知识转化为工程现实，突出TUM在精密制造、微化工以及数字化工业软件方面的全球顶尖优势。

5

过程强化与微化工
技术

- **技术原理：**将传统的宏观间歇式反应釜，重构为微米级通道内的连续流（Continuous Flow）反应，利用极高的传质与传热效率实现“本质安全”。
- **前沿应用场景：**高危、强放热精细化工反应的连续化改造，在极小空间内完成安全、高效的产业升级。

6

微反应器的系统集成
与并行放大

- **技术原理：**攻克强放热、多相复杂反应的控制难题，通过多通道并行放大（Numbering-up）工程方法，实现从实验室到量产的无缝过渡。
- **前沿应用场景：**模块化集成微反应器的搭建，跳过传统化工漫长的“中试放大”阶段，实现高附加值化学品的快速工业化量产。

7

AI与数据驱动的化
学信息学

- **技术原理：**利用机器学习（ML）与大语言模型，对精细化学品的物性进行大规模筛查预测（QSPR），并结合自动化高通量筛选（HTS）平台实现研发自动化。
- **前沿应用场景：**新型功能催化剂的智能化AI筛选，以及复杂有机合成路线的自动生成与最优路径推荐。

8

现代化工的数字孪
生（Digital Twin）

- **技术原理：**依托 Aspen Plus / gPROMS 等现代工业软件建立1:1的数字化全流程仿真模型，并通过工业物联网（IoT）传感器网络进行实时动态模拟。
- **前沿应用场景：**智慧化工厂的中央控制系统建设，在不中断物理工厂生产的前提下，在虚拟系统内完成全流程的工艺优化与安全预测。

学术课程：MODULE 3-全球格局、可持续发展与产业实践

本模块站在宏观视角，宏观剖析中德产业趋势，并通过全生命周期思维指导工业实践。

9

全球产业格局与中德
战略对接

- **核心研究议题：**剖析欧洲精细化工“高附加值、长产业链、零碳转型”的集群发展模式，解构跨国供应链的安全防护与协同机制。
- **产业实践场景：**对标巴伐利亚化工三角区的集约化生态，探讨中国半导体材料、低空经济配套化学品及新能源汽车产业链的降本增效与出海战略。

10

碳中和工艺化学
(CCUS)

- **核心研究议题：**聚焦碳捕集、利用与封存（CCUS）中的前沿工艺路线，评估不同碳捕集介质的化学稳定性与低能耗解吸机制。
- **产业实践场景：**面向重工业与化石能源企业的低成本脱碳改造，规划“二氧化碳加氢制备绿色甲醇”等碳循环工业技术落地路径。

11

绿色化工与全生命周
期评估（LCA）

- **核心研究议题：**解构从“摇篮到大门”（Cradle-to-Gate）的碳足迹LCA评估数学模型，掌握定量化评估绿色化学品环境影响的标准方法。
- **产业实践场景：**应对国际绿碳贸易壁垒（如欧盟碳边境调节机制 CBAM），为精细化学品量身定制合规的碳足迹认证体系与减碳路线图。

12

项目路演与成果转化
(PBL Capstone)

- **核心实战议题：**围绕“面向新兴产业的某项精细化工产品或工艺升级”开展团队协作，融合跨学科知识进行商业可行性与工程可行性论证。
- **转化产出成果：**通过文献分析与口头辩护（Oral Defense）形式进行终期成果答辩，产出包含分子路线、连续化PFD图纸、数字孪生动态仿真及LCA评估的完整工程创新方案。

实践课题

1

“绿色化工与过程强化” 实践项目

项目背景

在欧盟严苛的化学品准入法规与全球绿碳转型的双重驱动下，传统石油基精细化学品原料正加速向生物质基（如木质纤维素、农业废弃物）全面迭代。作为全球连续流微化工技术的先驱者，本实践课题依托TUM在过程强化领域的深厚学术沉淀，选择经典的“生物质基醇与天然有机酸的催化酯化反应”为核心研究对象。项目将引导学生利用数据库中完整的物性数据，避开繁琐的非标准模型构建，直击工业级绿色升级的核心技术痛点。

核心目标

- **工艺连续化改造论证：**学生需将转换为先进的微反应器（Microreactor）连续流工艺；并在导师指导下运用工程公式，精准计算微通道管径与停留时间等关键参数。
- **全流程循环工艺设计：**学生将在 Aspen 环境中尝试工业级系统搭建，构建包含微反应器、简易闪蒸塔及未反应生物醇回收循环系统的完整工艺流程图（PFD），从而理解工业物料与能量的闭环优化逻辑。
- **欧洲标准绿碳评估：**学生将遵循欧洲绿色倡议框架，对生物质基路线与传统石油基路线进行量化的全生命周期碳足迹对比，培养低碳工程思维与国际化合规视野。

项目产出

学生需要一张标准的微化工连续生产流程图以及符合欧盟标准的轻量化碳足迹（LCA）对比报告。



2

“AI、数字化与化学信息学”实践项目

项目背景

作为德国工业在精细化工领域的终极形态，由巴斯夫、拜耳与西门子联合推动的模块化工厂技术正在掀起一场范式革命。不同于传统动辄占地数亩、难以调整的固定式大厂房，德国前沿更倾向于在集装箱大小的模块内，实现高度自动化、可快速切换品种的紧凑型精密生产。本实践课题将引导学生直接利用全公开的AI 逆合成预测平台进行图形化操作，并结合 软件模块进行虚拟工厂搭建，深度体验从软件计算到智能制造的数字化工业全链路。

核心目标

- **AI 辅助工艺路线优选：** 学生将针对欧洲常见的天然香精分子或绿色防腐剂等高附加值功能添加剂，利用前沿 AI 平台推荐出最优的合成步数与原料，亲自筛选出一条无毒、安全的绿色合成路径。
- **模块化生产单元数字孪生：** 学生将把 AI 筛选出的路线导入软件中，进行模块化搭建，亲手完成反应模块、分离模块与换热模块的数字孪生模型构建。
- **动态灵敏度模拟与智慧控制：** 学生将模拟物理工厂在极端情况下的运行状态（如原料供给突然中断或温度异常波动），探究数字化控制系统（DCS）如何通过传感器自动调节阀门，从而深度体验德国“智慧化工园区”的先进运行逻辑。

项目产出

学生需进行 AI 路线优选的多维度对比，以及基于“模块化工厂”理念的集装箱式“功能分区框图并进行结业演讲。



项目师资（部分）

Prof. Dr.-Ing. Kai-Olaf Hinrichsen

化学工艺系统工程讲席教授 | TUM工程与设计学院

Kai-Olaf Hinrichsen 教授是工业化学与反应工程领域的杰出专家，他的研究广泛涵盖了多相催化、反应动力学及多尺度模拟技术。他特别关注传统化工工艺向可持续流体系统的转型，并在微反应器设计与过程强化方面拥有深厚的科研背景。他致力于发展创新的传递模型，以提高复杂化学反应在微观通道内的传热与传质效率，特别是在微流道多通道并行放大与“本质安全”控制领域做出了显著贡献。他的工作在推动高端精细化学品绿色合成与低碳工业转型中发挥了关键作用。



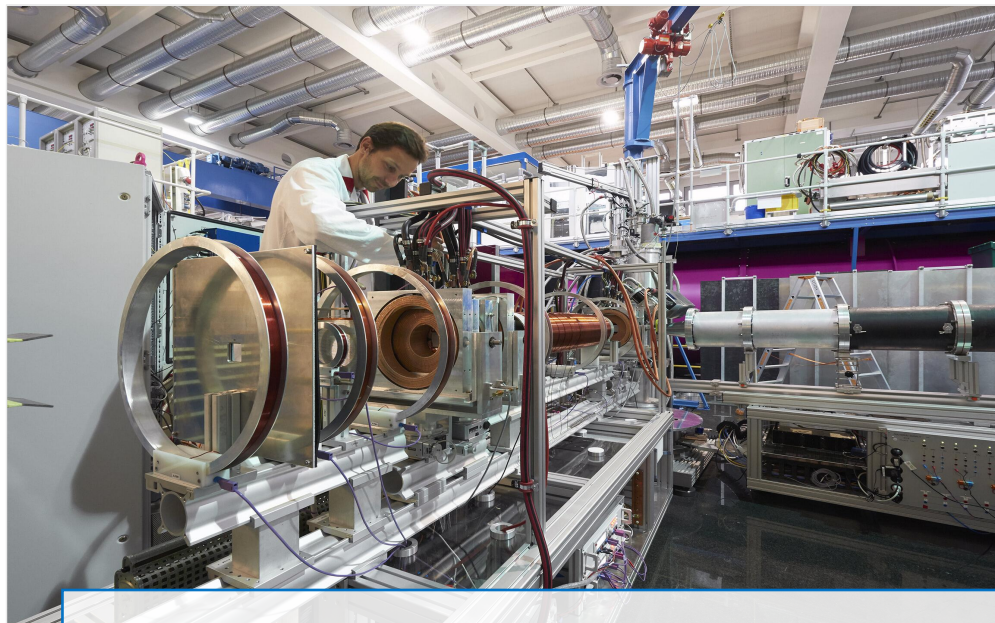
Prof. Dr. Jakob Burger

智能化化工系统工程讲席教授 | TUM化学系

Jakob Burger 教授是现代化数字化工与过程系统工程领域的领军人物，他的研究主要集中在数据驱动的流程模拟、数字孪生工厂构建以及可持续化工工业路径的设计上。Burger教授在利用高级工业软件（如 Aspen Plus、gPROMS）进行多相复杂系统的动态建模与全流程优化中取得了重要进展，尤其在化学信息学、大模型分子物性预测与高通量自动筛选领域具有深入的见解。他的工作不仅颠覆了由经验驱动的传统化工研发范式，更将全生命周期评估（LCA）融入工艺初期，对协助企业突破国际绿碳贸易壁垒、实现精细化工数字化与绿色化协同发展起到了核心推动作用。



产业课堂



海因茨·迈尔-莱布尼茨中子源研究中心

Heinz Maier-Leibnitz 中子源研究中心 (FRM II) 是慕尼黑工业大学 (TUM) 的一个企业研究中心。研究中心为学生提供了亲身实践的学习体验，让学生可以研究锂离子电池的运行情况，并探索铅和碱性电池等传统存储系统的使用。这些技术与氢和热电池等尖端可再生能源存储解决方案并驾齐驱。



西门子能源

作为领先的能源技术公司，西门子能源致力于跨整个能源领域合作，推动向可持续能源未来的转型。尽管面临复杂性和挑战，但他们正逐步取得进展。其关注点包括：扩展可再生能源、转型传统发电、加强电网、推进工业脱碳、确保可持续能源系统所需的供应链和关键矿物资源等。

产业课堂



宝马世界/BMW iFactory

BMW World（宝马世界）位于德国慕尼黑奥林匹克公园附近，与宝马总部大厦、宝马博物馆相邻。宝马智能工厂拥有多个展示区域，按照不同的主题和项目区分，展示宝马各技术领域的创新成果，以及宝马品牌的历史、文化和发展历程。展示方式包括各种全球最先进的电子展示设备，触摸、声控、感应一应俱全。

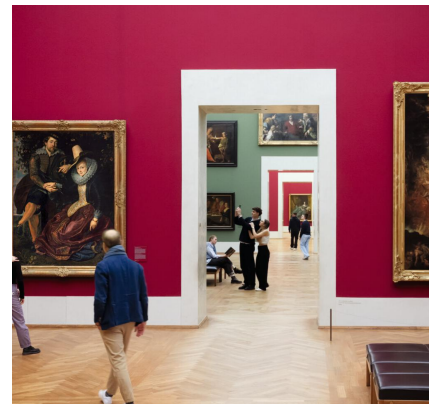
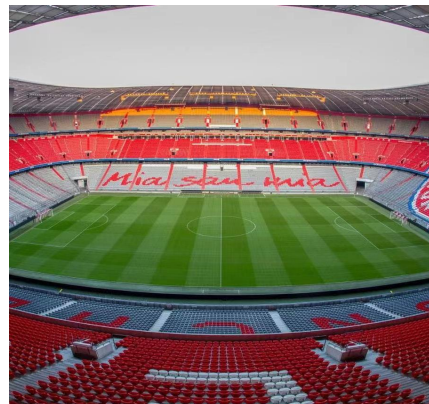


慕尼黑能源研究企业与实验室

慕尼黑能源研究企业与实验室2019年在TUM和巴伐利亚州商业、区域发展和能源部的联合倡议下成立。专注于储能技术和其他能源技术领域的研发，特别是通过材料科学、电化学、化学工艺工程、物理学和生产技术等领域的基础研究和应用研究，开展创新电池技术的研究。

跨文化交流

**活动内容仅供参考，具体参访行程与内容以实际安排为准



慕尼黑老城参访

慕尼黑保留着当地传统的古朴风情和浓郁的文化气息，以玛利亚广场为中心，雄伟的新市政厅定时上演钟琴表演，高耸的圣母教堂双塔引人瞩目，古老的王宫与皇家啤酒屋则诉说着数百年的辉煌历史与豪迈风情。

德意志博物馆

德意志博物馆是世界上最大的科技博物馆，拥有超过50个展厅，从古埃及的科技到现代航天技术，它展示了人类科技的辉煌历程。这里不仅是科学探索的宝库，也是慕尼黑文化和知识传承的重要场所。

德式传统晚宴

步入慕尼黑的巴伐利亚风格餐厅，餐厅中厚重的木质长桌、温暖的灯光和传统的阿尔卑斯风格装饰，营造出热情而粗犷的德意志酒馆氛围。学生们将品尝到地道的巴伐利亚菜肴，体验纯正的巴伐利亚风情。

安联球场

安联球场是拜仁慕尼黑足球俱乐部的荣耀主场，以其变色LED外膜和现代设计而成为全球足球的地标。球场内配备顶尖技术，可容纳75,000名热情球迷，是观赏顶级赛事和举办大型活动的梦幻舞台。

慕尼黑老画廊

慕尼黑老画廊是世界上最古老、最著名的艺术博物馆之一，以其宏伟的文艺复兴和巴洛克时期艺术作品而闻名。馆内珍藏着达芬奇、提香等大师的杰作，是艺术爱好者领略欧洲艺术精髓的必游之地。

项目收获

1

体验慕尼黑工业大学产业和学术高度融合的氛围

- 零距离全方位地了解赴德留学的一手信息，从校园生活，文化交流等方面体验和融入德国严谨的学术氛围和先进的工业文化。
- 领略慕尼黑工业大学在化学、电气工程，新材料、新能源开发，固态电池，电动出行等领域获得多项创新成果，这些成功案例也将成为学生们学习的重要素材。

2

理解化学与智能能源体系中技术与应用间的联系

- 作为课程的一部分，学生将亲身体验TUM及其研究人员如何与行业合作。通过行业参观，他们将探索化学前沿，重点了解在现实世界情境中应用的前沿技术。访问活动将强调通过先进技术创新实现可持续、可再生的资源利用。

3

通过案例研究各项技术的交互作用

- 通过教程中的动手实践、基于问题的学习，学生能够将理论知识应用于实际挑战。
- 通过了解TUM教学模式下的专业知识体系和其强大的行业合作网络，洞悉其以应用为导向的创新型研究，以及解决跨学科挑战的先进方法。

4

TUM官方认证
学术与校园生活体验

- 学生能够获得慕尼黑工业大学官方证书与成绩单，亲身体验慕尼黑工业大学极具特色的学术环境与校园文化。
- 通过与招生官及在校学生的互动，学生能够深入了解慕尼黑工业大学的教育体系、学术氛围和创新精神，全面提升学术视野与个人成长。

SCHEDULE

行程安排

项目时间为2周 2027年2月8日-2月21日

WEEK 1	Mon.	Tue.	Wed.	Thu.	Fri.	Sat.	Sun.
上午	德国机场接机 入住登记 熟悉周边环境	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐
		开营仪式 TUM主校区 校园参访	核心课程	核心课程	核心课程	跨文化交流 与 社会实践	跨文化交流 与 社会实践
		核心课程	企业参访	跨文化交流活动	实践课程		
下午							
WEEK 2	Mon.	Tue.	Wed.	Thu.	Fri.	Sat.	Sun.
上午	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐	早餐	回到国内 项目结束
	核心课程	核心课程	核心课程	科研实践 成果展示	结业汇报	离开校园 机场送机	
下午	实践课程	跨文化交流活动	实践课程	企业参访	结业仪式		

- 项目教学时间共32课时，包括核心课程、实践课程。
- 企业参访6课时，包括参访、讲座等形式。

*Provisional: 此日程仅供参考，不代表最终行程安排；具体行程将根据慕尼黑当地情况进行调整，请以实际安排为准

PROGRAM FEES

项目费用明细

项目费用：4400 欧元/人

包括课程、签证服务及保险、住宿及部分餐饮、社会实践及参访、当地交通、项目申请及服务。

课程费用	签证服务及保险	住宿及餐饮	社会实践及参访	交通	项目申请及服务
• 课程费用 • Workshop费用 • 教学场地相关费用 • 实验室参观费用 • 实践项目费用	• 个人申根国家旅行意外保险 • 申根签证申请的相关材料准备及指导	• 校区周边酒店（双人间） • 每日早餐 • 巴伐利亚德式传统晚宴	• 跨文化交流及社会实践探访费用 • 企业参访实践费用	• 慕尼黑当地集中安排的指定时间接送机交通费 • 用	• 项目申请费 • 外方院校管理费用

申请链接&咨询

项目申请二维码

项目咨询老师 Franky
13262917817
(手机/微信)

感兴趣的同学可以扫码申请/咨询

慕尼黑工业大学 TUM International 2027冬季未来技术项目

DANKE!
THANK YOU!



TUMint Future Technology Programs
