





Energieeffizienz Das Gebot der Stunde

Heiße Lösung – Dekarbonisierung

Klimaneutrale Nutzung bestehender Technologien als Übergangslösung. Tanz H O der Atome H

Klimaneutrales Energiesystem: H₂ ersetzt Erdgas Intelligente Schmetterlinge

Passiv selbstkühlende Fassaden





Liebe Leser:innen!

Zunächst darf ich Sie als neuer geschäftsführender Präsident des TU Wien Alumni Club begrüßen und mich kurz vorstellen: Ich habe an der TU Wien Technische Chemie studiert. 2003 wurde ich auf die Professur für "Chemische Technologie anorganischer Stoffe" berufen, und von 2011 bis 2019 war ich Dekan der Fakultät für Technische Chemie. Seit Oktober 2021 bin ich offiziell im Ruhestand, aber die TU Wien lässt einen nicht so leicht los. Es ist mir eine Ehre, im TUWac die Nachfolge von Gerald Goger anzutreten.

Auch diese Ausgabe des Bulletins setzt die Reihe der Megatrends, mit dem brandaktuellen Thema Nachhaltigkeit fort. Da "die Nachhaltigkeit im eigenen Haus beginnt" (frei nach Rudolf Kirchschläger), setzt die TU Wien selbst viele Maßnahmen, um im Haus dieses Prinzip zu realisieren. Ganz wesentliche Beiträge leistet die TU Wien zum Thema Nachhaltigkeit in der Forschung; wer, wenn nicht die Technischen Universitäten, soll die Basis für die Technologien entwickeln, mit denen wir die Energieversorgung nachhaltig und klimafreundlich gestalten können? Aus den gezeigten Beispielen geht klar hervor, dass es dafür verschiedenster Ansätze bedarf, und die TU Wien bietet wegen ihrer fachlichen Breite ausgezeichnete Voraussetzungen, auch durch die engagierten Forschungsteams, die in unserem Haus die Wissenschaft vorantreiben.

Herbert Danninger

Im Rahmen des Absolvent:innenmagazins stellen wir die Leistungen und Erfolge der Menschen in den Vordergrund. Daher verzichten wir im Bulletin zumeist auf die Nennung akademischer Titel. Herzlichen Dank für Ihr Verständnis.

Impressum:

- Herausgeber: TU Wien alumni club, Resselgasse 5, 1040 Wien, Tel. +43 1 58801 406022, Fax +43 1 58801 9406022, office@tualumni.at, www.tualumni.at
- Verlagspostamt: 1040 Wien Medieninhaber & Redaktion: TU Wien alumni club Redaktionsleitung: Silke Cubert Lektorat: Katharina Hausegger
- Grafik & Layout: Andrea Pinter Auflage: 7.000 Stück Anzeigenakquisition: TU Wien alumni club
- Druckerei: Print Alliance HAV Produktions GmbH, 2540 Bad Vöslau Satz und Druckfehler vorbehalten.

NACHHALTIGKEIT

Zukunftsweisende Grundlagenforschung und praxisnahe angewandte Forschung ermöglichen es, Vorgänge besser zu verstehen, nachhaltiger zu wirtschaften, Neues zu entwickeln und damit unsere Umwelt und Erde zu schützen. Die TU Wien setzt deshalb nicht nur in Lehre und Forschung auf Nachhaltigkeit, sondern auch beim Bau der Objekte, bei der Ausstattung der Räume und bei deren Bewirtschaftung.

EINLEITUNG

Die Technische Universität Wien ist Österreichs größte naturwissenschaftlich-technische Forschungs- und Bildungseinrichtung. Sie leistet nicht nur in Forschung und Lehre einen bedeutungsvollen Beitrag, sondern auch in den Bereichen Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Klimaschutz. Zudem wird dies auch im laufenden Betrieb gewährleistet.

DIE ANFÄNGE

Schon in der Einleitungsphase des Projektes TU UniverCity beschäftigte sich 2006/07 eine TU-interne Arbeitsgruppe mit dem Themenbereich Nachhaltigkeit im universitären Betrieb.

Das Ziel: nicht den Stand der Technik zu verwirklichen, sondern gerade als Technische Universität den Stand der Forschung!

Grundsätze: Recyclingbare Baustoffe

- » Modulare Raumnutzung, möglichst natürliche Belüftung ermöglichen (natürliche Lüftung in der Nacht, außenliegender Sonnenschutz, abgestimmte mehrschalige Fassade)
- » Aktive Mitwirkung der Nutzer:innen erforderlich: PC und Maschinen nach Gebrauch abschalten, Licht beim Verlassen von Räumen abdrehen ... Sensibilisierung und "Erziehung" der TU Mitarbeiter:innen und Studierenden: TU sind wir alle!



Schon beim ersten Neubauprojekt im Zuge von TU UniverCity, dem Neubau des Lehartrakts am Campus Getreidemarkt, konnte Niedrigenergiebedarf umgesetzt werden. Die dabei gemachten Erfahrungen flossen in die wegweisende Generalsanierung des ehemaligen Chemiehochhauses zum Plus-Energie-Bürohochhaus ein.

NACHHALTIGKEIT – EINE LEBENS-BEGLEITENDE HERAUSFORDERUNG

Da die TU Wien zumeist alte und denkmalgeschützte Häuser nutzt, liegt der Schwerpunkt der Nachhaltigkeitsstrategie in der Sanierung und Adaptierung bestehender Objekte. Dazu gehören:

• Thermische Sanierungen inklusive Fenstersanierung

Im Zuge der Sanierung der einzelnen Objekte erfolgt auch eine thermische Sanierung der Gebäudehülle. Das beinhaltet, neben der Intensivierung der Wärmedämmung, auch den Austausch bzw. die Sanierung alter Fenster, selbst bei denkmalgeschützten Gebäuden.

Dadurchleistetdie TUWien in Kooperation mit der Bundesimmobiliengesellschaft einerseits einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Immobilienbewirtschaftung, andererseits werden den damit Einsparungen bei den Verbrauchskosten – insbesondere bei den Heizungkosten – erzielt.

Fassadenbegrünung

Begrünte Fassaden helfen, Energie zu sparen und das lokale Klima in der Stadt deutlich zu

verbessern. An der TU Wien werden daher unterschiedliche Fassadenbegrünungs-Strategien erprobt, gemessen und simuliert, seit Kurzem auch bei Neubauten im Science Center im Arsenal eingeplant.

• Kühlung "naturally cool"

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Architekturwissenschaften, Abteilung für Bauphysik und Bauökologie, sowie der Abteilung Gebäude und Technik (GUT) wurde das Forschungsprojekt "naturally cool" gestartet. Ziel des Forschungsprojekts war es, dem in den letzten Jahren rasant steigenden Kühlenergiebedarf der Gebäude mit integrierten, intelligenten, passiven Raumkühlungsstrategien nachhaltig entgegenzutreten. Die Regelung der Raumtemperatur erfolgt über eine gesteuerte Beschattung (Jalousien) sowie eine natürliche Be- und Entlüftung.

BETRIEBSFÜHRUNG

Effizienz - Flächenmanagement

Unter der Leitung der Abteilung Gebäude und Technik (GUT) wurde 2008/09 an einem Projekt zur verbesserten Nutzung der Hörsäle und Seminarräume der TU Wien gearbeitet. Beteiligt waren der Fachbereich Projektentwicklung und Projektmanagement (RED) am Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen sowie die Forschungsgruppe Mathematische Modellbildung und Simulation (MMS/ARGESIM) am Institut für Analysis und Scientific Computing. Ziel war die Entwicklung eines Simulationstools auf Basis von Discrete Event System Specification (DEVS) zur Optimierung der vorhandenen Raum- und Flächenressourcen. Dazu wurden sämtliche Lehrräume aus dem Institutsverband herausgelöst und sind nun über TISS TU-weit buchbar.

Bei manchen Seminarräumen konnte so eine Auslastungssteigerung von 10 auf 80% und mehr erreicht werden.

LED

2015 erfolgte die Entwicklung eines LED-Beleuchtungeinsatzes, der in den vielfach an der TU Wien montierten Metallkassettendecken eingesetzt werden konnte. Dies reduziert die (Energie-) Kosten für Beleuchtung um bis zu 50%.







Bündelung von Betriebsmedien

Wie in vielen anderen Bereichen, ist die Bündelung von Medien ein Schritt zur nachhaltigen Energiennutzung und -effizienz: von gemeinsamen Geräte von der Kaffeemaschine über den Drucker, bis hin zur zentralen Kühl-

anlagen und Serverräumen. So erfolgt eine sukzessive Zusammenführung von Betriebsmedien. Angesterbt wird eine zentrale Einheit je Campus. Im besten Fall kann z.B. die dabei anfallende Wärme für die Heizung genutzt werden.

Insbesondere im Bereich der Großrechenanlagen (VSC, Data Center)
im Science Center im Arsenal
erfolgt eine Wärmerückgewinnung
zur Gewinnung von Fernwärme für
benachbarte Bereiche.

Security und Reinigung

Eine wesentliche Erkenntnis und Erfahrung aus dem Projekt "Plus-Energie-Bürohochhaus" war und ist die Einbeziehung der jeweiligen Objektbetreuung. Die Mitarbeiter:innen der Security und Reinigung sind daher angewiesen, Lichter abzudrehen, Türen zu schließen und im Bedarfsfall die Heizung zurückzudrehen (z.B. zu Ferienbeginn).

E-TANKSTELLEN

Angehörige der Technischen Universität Wien kommen seit dem Jahr 2010 in den Genuss von fünf E-Bikes und einer Stromtankstelle mit zwei Ladestationen. Diese wird von einer Photovoltaikanlage gespeist, die jährlich ca. 2.000 kWh Strom liefert. Mit dieser Strommenge lassen sich ca. 30.000 Hemden bügeln oder ein LCD-Monitor 130.000 Stunden, also fast 15 Jahre, durch-gehend betreiben.

Umsteigen auf Elektroautos/E-Bikes ohne auf Flexibilität verzichten zu müssen:

Im Rahmen des Forschungsprojekts SEAMLESS (http://www.seamless-project.at/) wurden seit dem Jahr 2019 vier E-Carsharing-Fahrzeuge sowie E-Bikes in Betrieb genommen. Die Mitarbeiter:innen dreier Fakultäten bzw. Institute teilen sich ab sofort E-Kleinfahrzeuge und E-Bikes für Fahrten zwischen den beiden Standorten Getreidemarkt/Karlsplatz und Science Center.









Bereit mit uns die Zukunft zu gestalten?

Wir machen das Leben einfacher, sicherer und umweltfreundlicher. Werden Sie ein Teil unseres Teams in der Fertigung und Entwicklung in Villach.







HEISSE LÖSUNG: HOCHTEMPERATURELEKTROLYSE ALS WEG ZUR DEKARBONISIERUNG

Der immer spürbarer werdende Klimawandel und die aktuelle Energiekrise führen uns ganz deutlich vor Augen: Unsere moderne Gesellschaft steht mit der dringend notwendigen Dekarbonisierung von Energieversorgung, Mobilität und Industrie vor einer ihrer größten Herausforderungen. Mit der nachhaltigen Produktion von Elektrizität und einem begleitenden Technologiewandel lassen sich speziell in den ersten beiden Bereichen sehr effizient CO₂-Emissionen einsparen. Für große Teile der Industrie stellt die Drosselung des CO₂-Ausstoßes auf null allerdings eine Herkulesaufgabe dar. Die Umstellung von fossilen Ressourcen auf Wasserstoff (H₂) wird dabei als die entscheidende Strategie betrachtet. Die besondere Attraktivität von Wasserstoff vor dem Hintergrund der CO₂-Neutralität liegt darin, dass Ha mittels Elektrolyse aus Wasser unter dem Einsatz nachhaltig produzierter Elektrizität hergestellt werden

kann. Diese Schlüsselrolle hat auch die Politik bereits erkannt – so hält etwa die Europäische Kommission in ihrer "Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa" fest, dass bis 2030 in der EU eine Elektrolysekapazität von 40 Gigawatt zur Verfügung stehen soll.

Was dabei oft nicht im Detail erwähnt wird: Elektrolyse ist nicht gleich Elektrolyse. Es wurden in der Vergangenheit mehrere unterschiedliche Systeme entwickelt, in denen grundsätzlich die gleiche Reaktion abläuft – die elektrochemische Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Der Unterschied der verschiedenen Elektrolyse-Technologienbesteht in den verwendeten Elektroden- und Elektrolytmaterialien. Systeme mit wasserbasierten Elektrolyten sind derzeit am weitesten verbreitet. Die damit verbundenen relativ niedrigen Betriebstemperaturen limitieren allerdings die Effektivität der Wasserspaltung und machen den Einsatz von relativ teuren

Abb. 1: Schema einer Hochtemperaturelektrolysezelle mit Festoxid-Elektrolyt. Die angegebenen Reaktionsgleichungen zeigen die elektrochemischen Teilreaktionen an den beiden Elektroden.

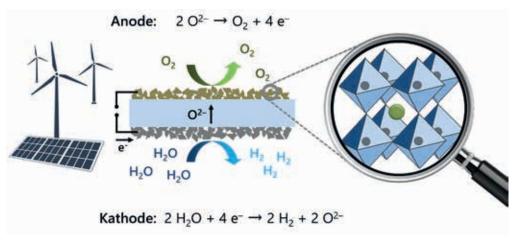




Abb. 2: Elektrochemische Charakterisierung einer elektrochemischen Modellzelle während Oberflächenmodifikation mittels gepulster Laserdeposition.



Elektrodenmaterialien nötig.

Ein gänzlich anderes Konzept nutzt oxidionenleitende Keramiken als Elektrolyt (Abb. 1). Damit die Leitfähigkeit dieser Festoxidelektrolysezellen (engl. Solid Oxide Electrolysis Cells, SOECs) ausreichend hoch ist, werden sie bei 700 bis 800°C betrieben. Da bei diesen Bedingungen Wasser in Form von Dampf zugeführt werden kann und die Reaktionen an den Elektroden sehr schnell ablaufen, sind SOECs die derzeit effizienteste Elektrolysetechnologie. Ein weiterer Vorteil ist, dass mit SOECs auch die direkte Reduktion von CO₂ zu Kohlenmonoxid (CO) oder in Gegenwart von Wasserdampf zu Synthesegas (H₂ + CO) – möglich ist. Dadurch lassen sich CO₃-Abgasströme in Kombination mit erneuerbarer Elektrizität in nachhaltig produzierte, wertvolle Ausgangsstoffe für die chemische Industrie umwandeln. Die ersten auf SOEC-Technologie basierenden Elektrolysesysteme sind bereits kommerziell erhältlich. Um sie aber ökonomisch noch attraktiver zu machen, muss die Langzeitstabilität der Zellen optimiert und speziell bei der CO₃-Elektrolyse deren Effizienz weiter erhöht werden.

Hier kommt die Grundlagenforschung ins Spiel. Denn der Schlüssel zum Erfolg liegt dabei in einem tiefgreifenden Verständnis der eingesetzten Materialien. In aktuellen Projekten des Forschungsbereichs für Technische Elektrochemie der TU Wien wird dieses Verständnis durch die Untersuchung von Modellsystemen erlangt. Dabei werden die in realen SOECs eingesetzten Materialien als geometrisch wohldefinierte Dünnschichtelektroden auf einkristallinen Elektrolyten aufgewachsen und im Anschluss elektrochemisch sowie analytisch unter exakt kontrollierten Bedingungen charakterisiert. Hierbei kommt die soge-

nannte gepulste Laserdeposition für die Schichtherstellung zum Einsatz. Weltweit einzigartig ist dabei, dass beim System an der TU Wien die Schicht schon während der Herstellung elektrochemisch charakterisiert werden kann (Abb. 2). Durch die damit mögliche Unterscheidung von unerwünschten Veränderungen des Elektrodenmaterials und mechanistisch relevanten Prozessen – wie Teilschritte der H₂O- oder CO₂-Spaltung – lässt sich ein aussagekräftiges Bild über die atomistischen Elementarprozesse auf und in der Elektrode erlangen.

Eine weitere Stärke der am Forschungsbereich Technische Elektrochemie genutzten dünnschichtbasierten Modellelektroden ist die Tatsache, dass sie eine ideale Plattform für die analytische Untersuchung der Materialien und chemischen Prozesse bieten, die in Zusammenarbeit mit Kolleg:innen der Physikalischen Chemie und der Analytischen Chemie erfolgt. Besonders attraktiv ist die zeitgleiche (in-situ) Anwendung elektrochemischer und analytischer Methoden. Damit können Rückschlüsse über Reaktionsmechanismen unter Elektrolysebedingungen gezogen werden, die mit herkömmlichen Ansätzen nicht möglich sind. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass auf einer bestimmten Klasse oxidischer Elektroden - sogenannten Perowskiten - die elektrochemische CO₂-Reduktion zu CO über eine Zwischenstufe abläuft, die einem Karbonat ähnelt. Dieses bildet sich dabei an ganz bestimmten Stellen - Sauerstoffpunktdefekten - an der Elektrodenoberfläche. Die Anzahl dieser Punktdefekte ist über die Dotierung des Materials einstellbar, wodurch mit der verbundenen Erkenntnis eine Optimierungsstrategie des Materials zugänglich wird.

In Zusammenarbeit mit Industriepartnern findet das gewonnene Wissen auch Eingang in die



Alexander Opitz, Institut für Chemische Technologien und Analytik (© Forschungsbereich Technische Elektrochemie)



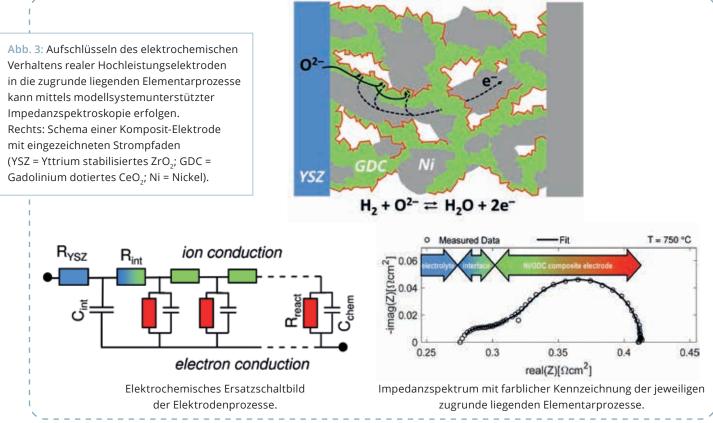
Jürgen Fleig, Institut für Chemische Technologien und Analytik (© Forschungsbereich Technische Elektrochemie



Markus Kubicek, Institut für Chemische Technologien und Analytik

Optimierung großtechnischer Zellen. So wurde etwa gemeinsam mit weiteren wissenschaftlichen Partnern die Leistungsfähigkeit der Zelle eines industriellen Herstellers in wenige Jahren beinahe verzehnfacht. Möglich wurde dies durch das tiefe wissenschaftliche Verständnis des untersuchten Elektrodenmaterials, welches es erlaubte, eine punktgenaue Optimierung der Wasserstoffelektrode durchzuführen (Abb. 3). Auch wenn die Hochtemperaturelektrolyse in einigen Jahren zu kommerziellem Erfolg gekom-

men sein sollte und sich dementsprechend die verbundenen Fragestellungen weg von den heutigen Grundlagenthemen entwickeln – am Forschungsbereich Technische Elektrochemie denkt man heute schon über noch weit in der Zukunft liegende Themen nach. So könnten elektrochemische Hochtemperaturzellen beispielsweise auch zur nachhaltigen Herstellung von Ammoniak über die elektrochemische Reduktion von Stickstoff dienen. Die ersten Materialien dazu werden bereits untersucht.



Quelle: Udomsilp et al., Cell Rep. Phys. Sci. 1 (2020) DOI: 10.1016/j.xcrp.2020.100072 | https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2020.100072

H

WASSERELEKTROLYSE

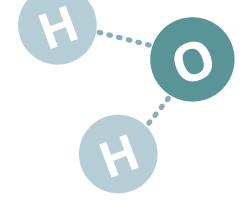
Erstmals beschrieben im Jahr 1800 durch Nicholson und Carlisle.

Chemisch betrachtet läuft die umgekehrte Knallgasreaktion ab: 2 H₂O≠2 H₂ + O₂

Elektrolyt: ionenleitender Teil einer Elektrolysezelle.

Je nach Technologie handelt es sich bei der mobilen ionischen Spezies um Protonen (H⁺), Hydroxidionen (O²⁻).

Anode: positive Elektrode; hier entsteht O₂. Kathode: negative Elektrode; hier entsteht H₂.



EFFIZIENTER WASSERSTOFF: TANZ DER ATOME

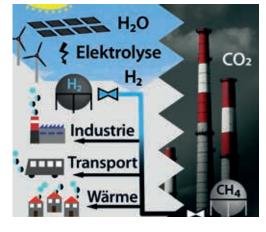
Die effiziente Nutzung erneuerbarer Energien ist derzeit eine der größten Herausforderungen – in der Forschungsgruppe "Modellkatalyse und angewandte Katalyse" wird interdisziplinäre Grundlagenforschung an Materialien und Prozessen für die Energiespeicherung von morgen betrieben.

WASSERSTOFF IN DEN ADERN

Im Universum ist Wasserstoff (H) das häufigste Element, auf der Erde hingegen macht es weniger als ein Prozent der Masse aus. Für Leben ist H in Form von Wasser und als Bestandteil in nahezu allen organischen Verbindungen essenzieller Baustein. Molekularer Wasserstoff (H₂) kommt selten vor. Um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu überwinden, deren Abgase (CO₂ und Kohlenwasserstoffe) lokale und globale Umweltkreisläufe stark belasten, ist Ha ein potentzieller, grüner Energieträger. Reagiert der gasförmige Wasserstoff mit in der Erdatmosphäre verfügbarem Sauerstoff (O₂), entsteht Wasser als chemisches Verbrennungsprodukt. Erneuerbare Energie aus Windkraftwerken und Photovoltaikanlagen kann über Elektrolyse H₂-Gas liefern. Dieses kann gespeichert und verteilt werden, um bedarfsorientiert grüne Energie zu liefern. Dies würde zumindest einen teilweisen Ausstieg vom Erdgas ermöglichen. Zielorientiert plant Europa, die Flüssiggas-Infrastruktur großflächig für Wasserstoff zu nutzen (Abb. 1). Damit dieser Wandel gelingt, braucht es Innovation, nicht nur bei hochwertigen Materialien für Tanks und Pipelines, die extremen Bedingungen standhalten müssen, sondern auch ein besseres Verständnis der grundlegenden chemischen Prozesse der Wasserstofftechnologie.

DIE BESSERE SEITE DER MEDAILLE

Eine chemische Reaktion kann entscheidend beschleunigt werden, wenn sie an einem Katalysator abläuft. Mithilfe der heterogenen Katalyse können beispielsweise verschiedene Edukt-



Moleküle aus der Gasphase an einer metallischen Katalysatoroberfläche anbinden (adsorbieren), zerfallen (dissoziieren) und in weiterer Folge nun auf zwei Dimensionen beschränkt - besser zueinander finden und zum gewünschten Produkt reagieren. Für diese Prozesse ist die genaue Anordnung der Katalysatoratome entscheidend. Kristallographisch verschieden ausgerichtete Oberflächen desselben Materials (Facetten eines Partikels) können jeweils unterschiedliche katalytische Eigenschaften mit einzigartigem Nutzen aufweisen. Das Feldionenmikroskop (FIM) kann die Oberflächen eines winzigen Katalysatorpartikels mit atomarer Auflösung abbilden und stellt alle Nanometer-großen Facetten einer gewölbten Oberfläche als Projektionsbild dar (Abb. 2). Der "Gipfel" einer scharfen Nanospitze dient dabei als "Strukturbibliothek", d.h. sehr viele verschiedene Facetten können verglichen werden. Wird nun eine katalytische Reaktion gestartet, z.B. die katalytische H₂-Oxidation, Abb. 1: Klimaneutrales Energiesystem: H₂ soll in Pipelines Sektoren mit hohem Energiebedarf erreichen und Erdgas als Energieträger ersetzen.



Günther Rupprechter, Vorstand Institut für Materialchemie, Leiter Forschungsgruppe "Modellkatalyse und angewandte Katalyse". (© Uttenthaler)

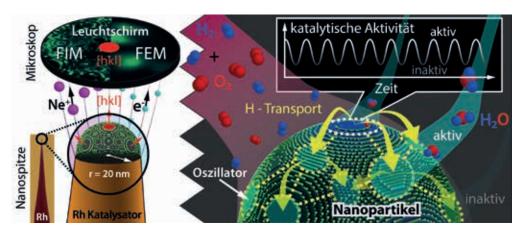


Abb. 2: Betrachtung eines Katalysator Nanopartikels: (li.) Bildgebung mittels Ionen oder Elektronen im Mikroskop; (re.) die Reaktivität von H₂ an der Oberfläche kann räumlich und zeitlich variieren.



Johannes Zeininger, Universitätsassistent Institut für Materialchemie. Spezialgebiet: Feldemissionsmikroskopie von Nanospitzen und darauf ablaufenden Reaktionen.

kann das Feldelektronenmikroskop (FEM) mit Nanometer-Auflösung die Aktivität jeder einzelnen Facette vergrößert darstellen. Nicht alle untersuchten Facetten erbringen die gleiche Leistung, was Hinweise für die Optimierung des Katalysatorsystems liefert.

DIE CHOREOGRAFIE EINER REAKTION

Die zeitliche Auflösung der Mikroskope und die gleichzeitige Registrierung aller Bildpunkte erlauben es, die chemische Reaktivität über einen bestimmten Zeitraum und über die Grenzen einzelner Facetten hinweg in Echtzeit zu beobachten. Die katalytische H₂-Oxidation kann selbst bei unveränderten experimentellen Bedingungen (konstante Temperatur und Zusammensetzung der Gasatmosphäre) an einzelnen Facetten eine periodisch wechselnde katalytische Aktivität zeigen. Solche lokalen kinetischen Oszillationen entstehen durch Einund Auslagern von Sauerstoff in das Katalysatormaterial. Eine Veränderung, die immer genau dem aktuellen Zustand der katalytischen Reaktion entgegenarbeitet und chemische Oszillationen aufschaukelt. Auf der atomaren Skala leiten optimierte Konfigurationen von Katalysatoratomen einen schnellen periodischen Wechsel der Aktivität ein und fungieren als Schrittmacher für alle weniger aktiven Facetten. Durch seine hohe Mobilität an der Oberfläche bestimmt der adsorbierte H im aktiven Zustand der Reaktion auch das Timing entfernter Facetten, d.h. die Facetten "sprechen miteinander" (Abb. 3). Abhängig vom Transport des H zwischen Facetten eines Katalysatorpartikels können sich verschiedene Choreografien ausformen. Betrachtet man dies genauer, kann die Performance jedes Tänzers bewertet werden.

MEHR ALS DIE SUMME DER TEILE

Es zeigt sich, dass hervorragende Eigenschaften besonderer aktiver Katalysatorzentren durch ein Zusammenwirken verschiedener lokaler Eigenschaften entstehen und mehr sind als die Summe der einzelnen Facetten. Maßgeschneiderte atomare Anordnungen erlauben, Wasserstoff mit großer Effizienz katalytisch zu verwenden. Ob als kalter Energiespeicher in Pipelines, überschwerer Kraftstoff für Fusionsenergie oder in der Katalyse – die Komplexität von Wasserstoff zu entschlüsseln und zu unserem Vorteil zu nutzen, ist eine große Herausforderung für eine grünere Zukunft.



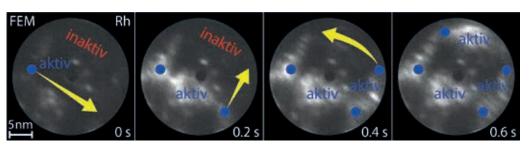


Abb. 3: Eine "aktive" Zone verbreitet sich in Sekundenbruchteilen als chemische Welle.



SONNENKRAFT ZU MEHR UNABHÄNGIGKEIT

WIE NIMMT IHR UNTERNEHMEN DIE VERANTWORTUNG WAHR?

Die ÖBB sind eines der größten Klimaschutzunternehmen in Österreich. Bereits heute sparen sie über 4 Mio. Tonnen CO₂ p/a durch ihre Verkehrsleistungen ein. Die Bahn ist der Schlüssel zur Erreichung der europäischen Klima- und Umweltziele, und das nicht erst seit gestern: Vor über 100 Jahren begann der Kohleausstieg, die ersten Wasserkraftwerke für Bahnstrom wurden gebaut und das Streckennetz elektrifiziert. 2015 haben wir die erste PV-Anlage für Bahnstrom in Betrieb genommen. Seit 2018 setzen wir auf Bahnstrom aus 100% erneuerbaren Energien und seit 2019 haben wir auch unsere Gebäude, Werkstätten und Terminals auf 100% Grünstrom umgestellt. 2022 haben wir die weltweit erste Windkraftanlage für Bahnstrom ans Netz gebracht. Uns steht die Energiewende 2.0 nicht bevor, wir sind mittendrin und treiben sie voran! Unser Ziel: 80% Eigenversorgung mit 100% Grünstrom. Dabei setzen wir neben Wasser- und Windkraft vor allem auf die Energie der Sonne.

WELCHE MASSNAHMEN WERDEN GESETZT BZW. SIND GEPLANT, UM ENERGIEEFFIZIENT IN DIE NÄCHSTEN MONATE UND JAHRE ZU STARTEN?

Als Vorreiter in Sachen Elektromobilität werden bei den ÖBB bereits 95% der Schienenverkehrsleistungen elektrisch erbracht. Rund 6.400 Züge sind täglich im Schienennetz unterwegs, mit einem Bahnstrombedarf von zirka zwei Terrawattstunden. Rund ein Drittel dieses Bedarfs produzieren die ÖBB mit sieben Wasserkraftwerken, sechs PV-Anlagen und einem Windkraftrad selbst. Ein knappes weiteres Drittel wird von vier zuverlässigen Partnerkraftwerken bezogen.

Seit 2015 haben wir einen echten Solar-Sprint hingelegt! Allein 2022 kamen über 20 neue Anlagen für unsere Gebäude hinzu. Somit sind aktuell insgesamt 68 PV-Anlagen für uns in Betrieb. Gemeinsam produzieren sie 12.745 MWh Strom für das Bahnsystem – umgerechnet Strom für über 3.000 Haushalte pro Jahr. Für 2023 sind mehr als 25 weitere Anlagen in Planung bzw. Prüfung.





GEOTHERMIENUTZUNG DURCH BAUTEILAKTIVIERUNG – ENERGIEEFFIZIENTER BEITRAG ZUR WÄRMEWENDE



Dietmar Adam, "Als wir vor 28 Jahren begonnen haben, uns mit den wissenschaftlichen Grundlagen der Geothermienutzung von erdberührten Bauteilen auseinanderzusetzen, wurden wir international als Exoten angesehen. Heute gelten wir weltweit als Pioniere auf diesem Gebiet."

(© Adam)



Roman Markiewicz, "In die neue ÖBV-Richtlinie zur Erdwärmenutzung mit Massivabsorbern sind die Erkenntnisse der langjährigen Forschungstätigkeit an der TU Wien praxisgerecht eingeflossen."

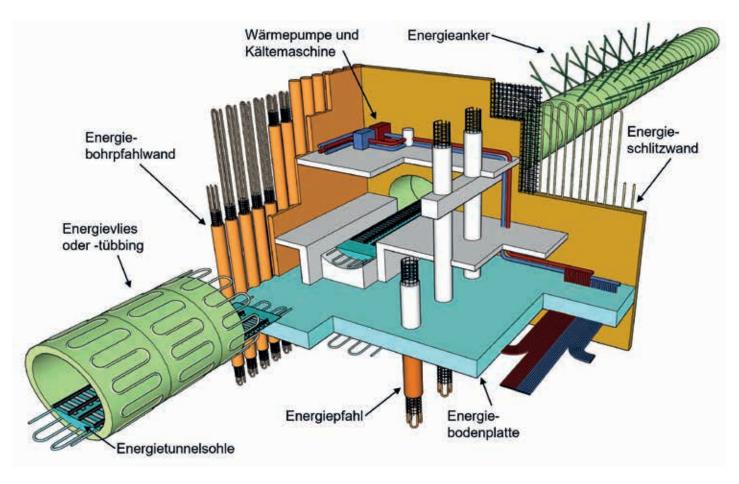
Die Begriffe "Klimaneutralität" und "Energiesouveränität" sind spätestens seit den stark gestiegenen Energiekosten omnipräsent. In der öffentlichen Diskussion darüber liegt der Fokus jedoch fast ausschließlich auf der Stromerzeugung. Dabei wird ein beachtlicher Anteil der benötigten Gesamtenergie in Österreich für das Heizen von Gebäuden aufgewendet, für das elektrischer Strom allein keine sinnvolle Alternative zu den derzeit weit verbreiteten emissionsreichen Heizungsformen darstellt. Die Geothermie ist hier und auch beim zunehmenden Kühlbedarf ideal geeignet, um einen wesentlichen Beitrag zur notwendigen Wärmewende zu leisten - ein Umstand, dem das Institut für Geotechnik der TU Wien mit einer Vielzahl von Projekten in bereits 28 Jahren Forschungsarbeit Rechnung trägt. Die folgenden Ausführungen geben einen Überblick über die Forschungsschwerpunkte sowie die abgeschlossenen und fortlaufenden Projekte.

Im Bereich der theoretischen Grundlagen wurde bereits vor rund 15 Jahren mit der Studie GEO-Pot in Kooperation mit dem Institut für Verkehrswissenschaften und dem Institut für Raumplanung der TU Wien, der Geologischen Bundesanstalt, dem Austrian Institute of Technology (AIT), der TU Graz und der Universität Wien das oberflächennahe geothermische Potenzial Österreichs erstmals erfasst und dargestellt. Dies veranschaulicht eindrucksvoll, dass mit Ausnahme einzelner innerstädtischer Gebiete in den größten Ballungszentren der Heiz- und Kühlbedarf in Österreich allein aus der oberflächennahen Geothermie bis zu einer Tiefe von 100 Meter ohne direkte Nutzung des Grundwassers gedeckt werden kann.

In zahlreichen Publikationen wurden außerdem die physikalischen Grundlagen der Geothermie, experimentelle Untersuchungen und Computersimulationen sowie Ausführungsbeispiele und Neuentwicklungen veröffentlicht. Um verlässliche Angaben für die Planungs- und Ausführungsseite bereitzustellen, wurde außerdem die Richtlinie "Erdwärmenutzung mit Massivabsorbern" der Österreichischen Bautechnik Vereinigung (öbv) unter Leitung des Instituts für Geotechnik herausgegeben.

Mithilfe zahlreicher Leuchtturmprojekte wurde in den letzten drei Jahrzehnten auch die anwendungsorientierte Forschung vorangetrieben. Dadurch konnten im Bereich der oberflächennahen Geothermie zahlreiche synergetisch genutzte Bauteile neu entwickelt und deren Langzeitverhalten untersucht werden. Die meisten davon sind sogenannte Massivabsorber, also thermisch aktivierte Stahlbetonbauteile mit günstigen Eigenschaften für die Erdwärmenutzung.

Energiewände in Form einer Bohrpfahlwand beim Lainzer Tunnel zum Beheizen einer Schule (in Kooperation mit den ÖBB) und als Schlitzwandelemente bei den U-Bahn-Stationen der U2-Erweiterung zum Heizen und Kühlen der Stationsbauwerke (in Kooperation mit den Wiener Linien) werden seit über 15 Jahren hinsichtlich des thermo-mechanischen Langzeitverhaltens dieser Bauteile untersucht. Die dadurch generierten Daten bestätigen sowohl die langfristige Gebrauchstauglichkeit der thermisch aktivierten Bauteile als auch die Fähigkeit des Untergrunds, die benötigte Energie ohne merklichen Nachlass über lange Zeiträume zur Verfügung zu stellen - selbst ohne saisonal ausgeglichenen Betrieb. Durch die Entwicklung eigener Energieanker und Energievliese, die erstmals in Pilotanlagen beim Lainzer Tunnel umgesetzt wurden, konnten die Anwendungsmöglichkeiten der geothermischen Nutzung von Energietunneln maßgeblich erweitert werden. Zusammen mit aktivierbaren Energietunnelsohlen und Energietübbing im maschinellen Vortrieb ist eine thermische



Schematische Darstellung thermisch aktivierbarer Bauteile am Beispiel einer U-Bahn-Station.

Nutzung von Tunneln nun unabhängig von der Vortriebsart (bergmännischer bzw. maschineller Vortrieb) möglich.

Abgesehen von Massivabsorbern erfolgten weiterführende Untersuchungen, bei denen eine (Rück-)Gewinnung thermischer Energie ermöglicht wurde. Ebenfalls im Zuge der Errichtung des Lainzer Tunnels wurden Brunnen für die Grundwasserhaltung aus der Bauphase synergetisch als Energiebrunnen konzipiert und messtechnisch begleitet. Weiters kann seit Kurzem die Unternehmenszentrale von Wien Kanal durch eine Wärmerückgewinnung aus dem Abwassernetz beheizt und gekühlt werden. Auch offene Systeme mit direkter Grundwassernutzung wurden in Projekten umgesetzt, beispielsweise für den neu errichteten Campus der Wirtschaftsuniversität Wien. Hier können immense Leistungen und Energiemengen durch die Verwendung von Horizontalfilterbrunnen zur Grundlastabdeckung von Wärme und Kälte für den gesamten Campus generiert werden.

In Kooperation mit der Stadt Wien wurden vom Institut für Geotech-

nik in den letzten Jahren im Sinne

der Grundlagenforschung groß-

maßstäbliche Versuche zur Untersuchung des thermomechanischen Last-Verformungsverhaltens von Energiepfählen ausgeführt. Da weltweit noch kaum vergleichbare Messungen existieren, ist das internationale Interesse an den Ergebnissen entsprechend groß. Die daraus gewonnnen Datensätze sind von großem Wert für die wissenschaftliche Untersuchung des Pfahlverhaltens sowie zur Verifizierung numerischer Modelle und Verbesserung der Planung und Auslegung derartiger statisch-konstruktiv erforderlicher erdberührter Gründungselemente.

Das Institut für Geotechnik der TU Wien ist gefragter Partner in internationalen Forschungskooperationen, vor allem auch in der Umsetzung von innovativen Geothermie-Projekten. So soll beispielsweise das an der TU Wien entwickelte Know-how für Energietunnelprojekte in der australischen Metropole Melbourne und im slowenischen Maribor von den dortigen Projektbetreibern genützt werden.



Adrian Brunner, "Die seit mehr als 18 Jahren durchgeführten Langzeitmessungen thermisch aktivierter Bauteile sind weltweit einzigartig und bilden eine exzellente Grundlage zur Validierung und Weiterentwicklung der Berechnungs- und Bemessungsmodelle."

Am Bewehrungskorb befestigte Absorberleitungen in einem Energiepfahl [ENERCRET].

HII

GEOTHERMISCHES DECKUNGSPOTENZIAL FÜR HAUSHALTE (OHNE INDUSTRIE) • Keine Bedarfsdeckung • Geringe Bedarfsdeckung: mind. 50% der verfügbaren Flächen erfoderlich • Deutlicher Überschuss: max. 50% der verfügbaren Flächen erfoderlich • Massiver Überschuss: max. 10% der verfügbaren Flächen erfoderlich

EINGANGSPARAMETER• Geologische Daten & Untergrundtemperatur

- Seehöhen & Klimarefernzdaten
- Räumliche Zuordnung der Siedlungsstruktur
- Referenzgebäudemodell & Bedarf für Heizen
- Absorberelement (Erdwärmesonde Tiefe 90m)

Leuchtturmprojekte – Infrastrukturbauwerke

Praktisch alle erdberührten Bauteile können im Sinne von Synergieeffekten als Erdwärmeabsorber genutzt werden, so auch die tief in den Untergrund eingebundenen Wände von Infrastrukturbauwerken. Weltweit wurde 2001 erstmals eine tangierende Bohrpfahlwand der Weichenhalle des Lainzer Tunnels in Hadersdorf-Weidlingau als Energiewand ausgestattet, wobei jeder dritte Pfahl zur Energiegewinnung herangezogen wird. Das erfolgreich abgewickelte Pilotprojekt führte schließlich zur ersten Anwendung bei U-Bahnbauwerken in großem Maßstab. Sämtliche vier Tiefstationen der Wiener U-Bahnlinie U2 wurden im Zuge der 2008 in Betrieb genommenen Verlängerung als "Energiebauwerke" gestaltet, wobei neben der Entwicklung von praktikablen Lösungen der technischen Details (Anschlüsse, Durchführungen, Leitungsführung) auch die

men ist. In der Station Taborstraße wurde 2003 ein Schlitzwandelement mit zahlreichen Sensoren (kombinierte Temperatur- und Dehnungsaufnehmer, Kettenextensometer, Wärme-Kältezähler etc.) ausgestattet, womit erstmals konkrete Erfahrungen aus Langzeitmessungen mit derartig ausgestatteten Energiewänden vorliegen.

Grundlagenforschung nicht zu kurz gekom-

Umsetzung – Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit

Vielversprechende Forschungsergebnisse und positive Erfahrungen über lange Zeiträume haben dazu geführt, dass die Geothermienutzung durch Bauteilaktivierung mittlerweile fast schon zur Routine geworden ist. Bei zahlreichen Hoch-, Gewerbe- und Industriebauten, vor allem in Mitteleuropa aber auch in anderen Ländern, werden erdberührte Bauteile als Erdwärmeabsorber genutzt. Die aktuelle Situation rund um die mit dem Krieg in der Ukraine zusammenhängende Verschärfung der Energieversorgung ist zudem treibende Kraft für die verstärkte Umsetzung dieser innovativen, nachhaltigen und regenerativen Methode zur Heizung und Kühlung von Gebäuden. Dieser "Boom" erklärt sich auch an einem kleinen Zahlenspiel anschaulich von selbst: Würde man sämtliche Heizanwendungen in Österreich bzw. in der EU auf Basis der Geothermienutzung umstellen, könnten rund 80% der für das Heizen erforderliche Primärenergie (Gas, Heizöl ...) eingespart werden. Zieht man nun in Betracht, dass rund 50% des Gesamtenergieverbrauchs für Wärme aufgewendet wird, so würde sich allein aus der Umstellung ein Einsparungspotenzial von ca. 40% des gesamten Energieaufkommens ergeben - und das ohne jegliche Einschränkung! Durch den wesentlich kostengünstigeren Betrieb derartiger Anlagen sind die Amortisationszeiten vergleichsweise gering, vor allem bei den derzeitigen Energiepreisen stellen derartige Anlagen nahezu immer eine wirtschaftliche Alternative zu herkömmlichen Systemen oder anderen erneuerbaren Energieträgern dar.

Absorberleitungen unterhalb der Bodenplatte der U-Bahn-Station Messe-Prater.

WIENER WÄRMEWENDE

Klimaneutrale Fernwärme durch Tiefengeothermie für bis zu 125.000 Wiener Haushalte durch die systematische Erkundung und Erschließung im Großraum Wien geplant

Damit Wien in Zukunft klimaneutral und unabhängig von fossiler Energie wird, braucht es nachhaltige Energiequellen. Eine besondere Rolle nimmt dabei die Tiefengeothermie ein, schließlich ist die Nutzung von Erdwärme aus großer Tiefe eine emissionsfreie, saubere und sichere Alternative, um Gebäude zu heizen. Im Forschungsprojekt "GeoTief Wien" hat Wien Energie zwischen 2016 und 2022 gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft, Forschung und Industrie den tiefen geologischen Untergrund Wiens im Detail untersucht. Ein Team aus Expert:innen hat dabei ein breites Spektrum an Kompetenz aus unterschiedlichsten Fach- und Forschungsgebieten abgedeckt. Ziel war es, eine fundierte Wissensbasis über die tiefliegenden geologischen Strukturen der potenziellen Geothermiereservoire im Untergrund aufzubauen und eine Grundlage für die systematische und großflächige Nutzbarmachung der Tiefengeothermie für die städtische Wärmeversorgung (Fernwärme) zu schaffen.

20.000 MESSPUNKTE

Kernstück der Forschungsarbeiten war die Datengenerierung mittels großflächiger 3D-Seismik-Messung. Unter dem Slogan "Auf der Suche nach umweltfreundlicher Wärme" wurden diese Messungen von Oktober bis Dezember 2018 im Geothermie-Potenzialgebiet (südöstlicher Bereich des Wiener Stadtgebiets) durchgeführt. In Summe wurden für die GeoTief-Seismik ca. 20.000 Messpunkte über einer Fläche von ca. 150 km² durch die Messfahrzeuge durchgeführt und von ca. 10.000 kabellosen Messstationen (verteilt im gesamten Messgebiet) registriert. Gemeinsam mit bestehenden Daten konnte dadurch erstmalig ein hochauflösendes und großflächiges 3D-Modell des Wiener Untergrunds erstellt werden.

ERFOLGREICHER FORSCHUNGSTEST

Das Forschungsteam konnte auch eine seit 2012 bestehende Tiefenbohrung von Wien Energie in Essling (Donaustadt) für einen erfolgreichen Fördertest im Aderklaaer Konglomerat, einer wasserführenden Gesteinsschicht, nutzen. Durch den im Herbst 2021 durchgeführten Fördertest wurde erstmals Thermalwasser in dieser wasserführenden Gesteinsschicht im Potenzialgebiet nachgewiesen und wurden für das Projektgebiet Daten bestimmt. Die Ergebnisse bilden nun eine umfangreiche Entscheidungsgrundlage für die Entwicklung und Umsetzung von Geothermie-Wärmeprojekten im Großraum Wien.

ERSTE TIEFENGEOTHERMIE-ANLAGE WIENS

Dieser "Schatz in der Tiefe" soll künftig durch die Errichtung der ersten Tiefengeothermie-Anlage genutzt werden. Zur Erschließung des Thermalwassers sind mehrere Bohrungen in über 3.000 Meter Tiefe erforderlich. Die Tiefengeothermie-Anlage (Funktionsweise Abb. 1) soll künftig klimaneutrale Fernwärme mit bis zu 20 Megawatt erzeugen, die exakte thermische Leistung kann aber erst nach einer erfolgreichen Erkundungsbohrung final bestimmt werden. Als optimaler Standort der ersten Anlage wurde ein Areal am Rande der Seestadt Aspern identifiziert. Das Thermalwasservorkommen unter der Stadt ist so groß, dass bis 2030 bis zu 125.00 Wiener Haushalte mit Fernwärme aus Tiefengeothermie versorgt werden könnten.



Rusbeh Rezania Leiter Ausbau erneuerbare Fernwärmeerzeugung Wien Energie (© Wien Energie)

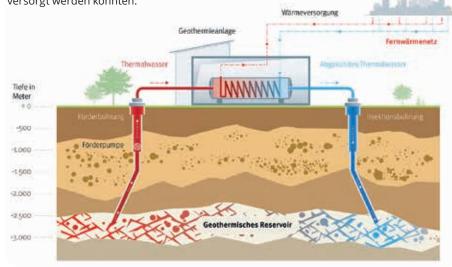


Abb. 1: Eine hydrothermale Dublette besteht aus einer Förderbohrung (li.) und einer Reinjektionsbohrung (re.). Das Thermalwasser aus dem geothermischen Reservoir wird durch die Förderbohrung an die Oberfläche gepumpt, wo ihm durch Wärmetauscher die Wärmeenergie entzogen wird. Diese dient der Versorgung des Fernwärmenetzes. Das abgekühlte Thermalwasser wird anschließend über die Injektionsbohrung in das Reservoir wieder eingeleitet.

ANLAGE von Wien Energie soll künftig klimaneutrale Wärme für über 100.000 Wiener Haushalte erzeugen

RESTWÄRMENNUTZUNG IM ABWASSER DER EBSWIEN KLÄRANLAGE

Neben der ebswien Kläranlage in Wien-Simmering errichtet Wien Energie derzeit eine der leistungsstärksten Großwärmepumpen Europas. Kürzlich wurden die drei Wärmepumpen für die erste Ausbaustufe angeliefert. In dieser Stufe

soll bereits ab Jahresende klimaneutrale Fernwärme für bis zu 56.000 Wiener

Haushalte erzeugt werden. Dazu wird die Restwärme aus dem

Abwasser der Kläranlage genutzt. Im Vollausbau können mit der Großwärmepumpe bei der Kläranlage ab 2027 bis zu 112.000 Wiener Haushalte mit klimafreundlicher Fernwärme versorgt werden. Wien Energie investiert rund 70 Millionen Euro

SCHWERER ALS EIN BLAUWAL

Im Endausbau besteht die Wärmepumpen-Anlage aus sechs Wärmepumpen. Drei davon stehen jetzt schon in Simmering - sie haben einen langen Weg aus Frankreich hinter sich. Jede der rund 12 Meter langen, 9 Meter breiten und 7 Meter hohen Wärmepumpen bringt ein stolzes Betriebsgewicht von rund 205 Tonnen auf die Waage - das ist deutlich mehr, als ein ausgewachsener Blauwal wiegt. Aktuell findet die Großmontage statt. Dabei werden die Wärmepumpen an ihrem Standort eingerichtet. In den kommenden Monaten werden noch Pumpenanlagen, Rohrleitungen und elektrische Anlagen am Anlagenstandort eingerichtet. Bis zum Jahresende soll die erste Ausbaustufe in Betrieb gehen. Bis 2040 will Wien Energie die Fernwärme komplett mit Energie aus erneuerbaren Quellen betreiben. Neben der Abwärmenutzung durch Großwärmepumpen setzt der Energiedienstleister dabei auch auf die Nutzung von Tiefengeothermie.



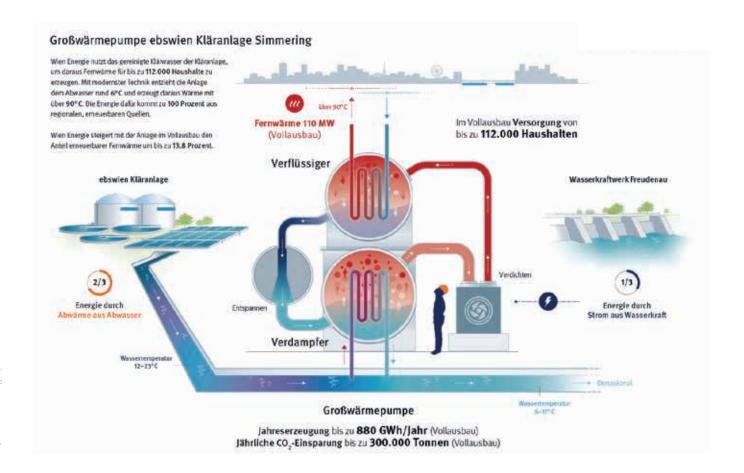
- Leistung 1. Ausbaustufe: 55 MW Fernwärme für bis zu 56.000 Haushalte
- Vollausbau bis 2027 geplant

in das Klimaschutz-

Großprojekt.

- Leistung Vollausbau: 110 MW Fernwärme für bis zu 112.000 Haushalte
- Jährliche CO₂-Einsparung im Vollausbau: bis zu 300.000 Tonnen
- Investitionen: 70 Millionen Euro
- Das Projekt wird aus den Mitteln der Umweltförderung des BMK gefördert; um EU-Förderungen (IWB/EFRE) wurde angesucht.











Außergewöhnliche

TUWac-Events!

Mit spannenden Veranstaltungen in das neue Semester:

13.04. Andy Warhol bis Damien Hirst – Albertina Modern

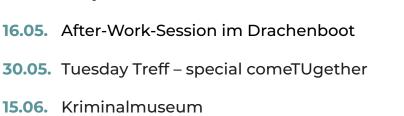
25.04. Exkursion zu Pet-to-Pet nach Müllendorf

25.04. Tuesday Treff – special comeTUgether

03.05. Early Bird in der Münze Österreich

27.06. Tuesday Treff – special comeTUgether

Weitere Veranstaltungen sind bereits in Planung und werden nach Fixierung auf tualumni.at bekannt gegeben!











Eine Innovation feiert Jubiläum. Münzen mit Niobkern, bunt wie die Wunderwelt der Technik, bunt wie der menschliche Erfindergeist, bunt wie die Vorfreude auf die Zukunft. Aber auch einzigartig, besonders und innovativ. So wie die aktuelle Silber-Niob-Münze, die sich dem wichtigen Thema "Erderwärmung" widmet. Mehr auf <u>muenzeoesterreich.at</u> MÜNZE ÖSTERREICH – ANLEGEN. SAMMELN. SCHENKEN.



LERNEN VOM SCHMETTERLING FÜR PASSIV SELBSTKÜHLENDE FASSADEN



Florian Zischka Institut für Angewandte Physik, TU Wien

Abb. 1: Was hier auf den ersten Blick wie ein Drachenauge aussieht, ist ein mikroskopischer Blick auf einen Schmetterlingsflügel. Die einzelnen Schuppen sind im Allgemeinen wohlgeordnet, die Duftschuppen jedoch (das Auge des Drachens) zeigen in alle Richtungen. Kolorierung: Sebastian Karl.

Sommer für Sommer werden in unseren Metropolen neue Hitzerekorde gemessen, die teilweise bis zu zwölf Grad Celsius über dem Umland liegen. Vor allem in warmen Nächten erinnern unsere Städte an Backöfen, die noch lange Hitze abstrahlen, nachdem sie abgeschaltet wurden. Um die damit verbundenen Gesundheitsgefahren und den übermäßigen Energieverbrauch durch Klimaanlagen zu reduzieren, wird neben Maßnahmen wie beispielsweise der Begrünung von Dachflächen und Fassaden seit einiger Zeit auch am Thema "Temperaturregulierung durch Beschichtungen" geforscht. Die Natur kennt zahlreiche Pflanzen und Tiere, die mit speziellen Oberflächenstrukturen Wärmeaufnahme und -abstrahlung beeinflussen. Da der Baustoffhersteller Sto seit einigen Jahrzehnten Pionierarbeit bei bionischen Beschichtungen leistet, liegt es nahe, dass er - gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Forschung - auch bei der Lösung dieses Problems auf die Vorbildfunktion der Natur setzt. Das international tätige Unternehmen unterhält selbst eine große Forschungs- und Entwicklungsabteilung,



in der bereits zahlreiche innovative Beschichtungskonzepte ausgetüftelt und weiterentwickelt wurden; die Bandbreite reicht dabei von selbstreinigenden oder kaum benetzbaren Flächen bis hin zu Materialien, die sich aufgrund ihrer Nah-Infrarot-Reflexion im Sonnenlicht weniger stark erwärmen.

In der Bionik geht es um das Lernen von der belebten Natur für Anwendungen in der Technik. Dieses Gebiet ist breit und tief, verlangt interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Biologie und Technik sowie – wenn die Endergebnisse nützbare Produkte sein sollen – auch mit der Industrie.

In unserer Gruppe am Institut für Angewandte Physik an der TU Wien beschäftigen wir uns schon seit Langem mit diesem spannenden Forschungsbereich. Besonderes Interesse finden bei uns kleinste Strukturen im Mikround Nanometerbereich, deren funktionale Eigenschaften dann über bionischen Prinzipientransfer in die Technik übertragen werden.

Beispiele umfassen Scharniere und Verriegelungsvorrichtungen in glaserzeugenden Algen, deren Mikromechanik und tribologische Eigenschaften Reibung, Schmierung und Verschleiß bei MEMS (mikroelektromechanischen Systemen) optimieren sollen. Diesbezügliche Arbeiten wurden in Zusammenarbeit mit der AC2T research GmbH, dem österreichischen Kompetenzzentrum für Tribologie in Wiener Neustadt, veröffentlicht.

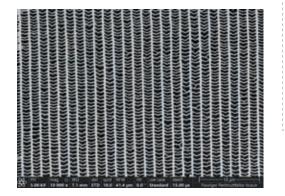
Ein weiteres Beispiel für eine universitätsübergreifende und interdisziplinäre Zusammenarbeit sind die "farblosen" Farben von einigen Schmetterlingen, die durch kleinste Strukturen



entstehen und nicht durch Pigmente. Derartige pigmentlose, farbgebende Strukturen lassen sich durch Nanoimprintverfahren in künstlerisch relevante Materialien übertragen, die dann genauso schön schillern, strahlen und leuchten wie die Schmetterlinge selbst. Dieser Zugang wurde in Zusammenarbeit mit der Akademie für Bildende Kunst von der gemeinsam betreuten Dissertantin Sigrid Zobl umgesetzt.

Den Schmetterlingen bleiben wir auch im hier näher vorgestellten Projekt mit der deutschen Firma Sto treu. Diesmal geht es jedoch nicht um die Farbe oder das gerichtete Wasserabrinnverhalten von Schmetterlingsflügeln, und auch nicht um deren Selbstreinigungsfähigkeit, sondern um – man staune – die Temperaturregelungsfähigkeiten unserer kleinen geflügelten Freunde. Warum nun Sto an derartigen Forschungen beteiligt ist? Nun, die Frage ist schnell beantwortet: Das Ziel sind Fassadenbeschichtungen, die rein passiv durch deren Struktur im Sommer kühlen und im Winter Wärmeabstrahlung verhindern.

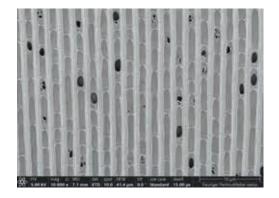
Im Projekt "Pilotstudie Bioinspirierte Modelle für die Thermoregulation" werden nun Schmetterlinge in Bezug auf ihre Thermoregulationsfähigkeiten untersucht. Als sehr spannend und vielversprechend haben sich in dieser Beziehung Schmetterlinge mit Duftschuppen herausgestellt, mit denen sie Pheromone in alle Richtungen verteilen. Bei manchen Schmetterlingen sieht man schon unter dem optischen Mikroskop Unterschiede zwischen den normalen Flügelschuppen und den Duftschuppen. Sehr anschaulich wird dieser Unterschied im Rasterelektronenmikroskop (Abb. 1). Untersuchungen verschiedener Schuppen des Feurigen Perlmuttfalters in Zusammenarbeit mit Karin Whitmore von der universitären Serviceeinrichtung für Transmissionselektronenmikroskopie (USTEM) der TU Wien zeigen die funktionalen Strukturen von braunen Schuppen, Duftschuppen und Silberschuppen (Abb. 2 und 3). Die biologischen Proben hierfür wurden von Harald Krenn, Professor für Biologie an der Universität Wien,



roskopische Aufnahme einer braunen Schuppe des Perlmuttfalters. Der Skalierungsbalken ist 10 µm lang. Der Durchmesser eines menschlichen Haares beträgt ca. 70 µm.

Abb. 2: Rasterelektronenmik-

zur Verfügung gestellt. Sie stammen aus einer fast 60 Jahre alten Schmetterlingssammlung, was zeigt, wie überraschend haltbar die scheinbar so fragilen Konstruktionen sind.



In weiterer Folge sollen Struktur- und Funktionsbeziehungen in Bezug auf unterschiedliche Temperaturregelungsfähigkeiten der Schmetterlinge hergestellt werden, die zugrunde liegenden Prinzipien abstrahiert und auf Fassaden übertragen werden. Und dies ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer energieeffizienten, rein passiv temperaturregulierenden Fassade!

Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer silbern schillernden Schuppe des Perlmuttfalters. Skalierungsbalken 10 µm.



PRODUKTION GASFÖRMIGER & FLÜSSIGER ENERGIETRÄGER IN DER REFINERY-TU WIEN

Michael Harasek, Leitung CO2Refinery, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften (© Harasek)



Stefan Müller, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften



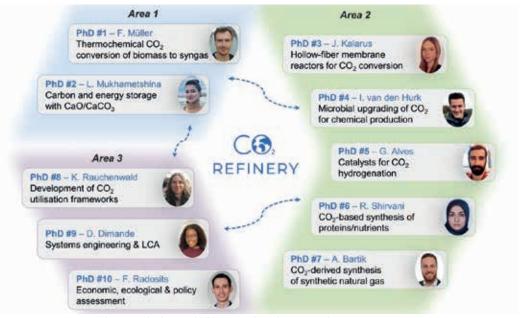
Franz Winter, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften

Die fortschreitende Verschärfung der Klimakrise führt zu lauter werdenden Stimmen in Bezug auf den Verzicht hinsichtlich des Einsatzes fossiler Kohlenwasserstoffe. Gleichzeitig bestimmt die verlässliche Verfügbarkeit von fossilen Energieträgern wie Erdgas und Erdöl nach wie vor unserenAlltag. Seieseinerseitszur Deckungunseres Mobilitätsbedürfnisses oder andererseits unseres Bedarfs an petrochemischen Produkten wie beispielsweise Kunststoffen. Das letzte Jahr hat gezeigt, welche negativen gesellschaftspolitischen Konsequenzen eine Gefährdung der Versorgungssicherheit in diesem Bereich für uns darstellt. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, wie können Versorgungssicherheit und

effektive Maßnahmen für den Klimaschutz sowie der Erhalt wertvoller Ökosysteme in Einklang gebracht werden?

Diese Fragestellung beschäftigt uns derzeit im Rahmen der CO₂Refinery an der TU Wien. Dies ist ein interdisziplinäres Doktoratskolleg, welches grundlegendes Wissen für den geforderten technologischen Wandel erarbeiten soll. Zehn Doktoratsstudierende, betreut durch 30 wissenschaftliche Mentor:innen, stellen sich die Frage: Wie kann CO₂ als Rohstoff zur Deckung unseres Bedarfs an Raffinerieprodukten technisch sinnvoll eingesetzt werden?

Wichtig dabei ist, eine ganzheitliche Perspektive auf die Vor- und Nachteile verschiedener



Forschungsinhalte und PhD-Projekte der CO₂Refinery. (© Mukhametshina)



An der TU Wien entwickelte Wirbelschicht-Methanierungsanlage. (© Bartik)

Lösungsansätze einzunehmen. Dies erfolgt in konkreten Projekten, die die Basis für hochwertige Ergebnisse in den einzelnen Dissertationen der Absolvent:innen der CO₂Refinery bilden. Folgende Projekte können exemplarisch angeführt werden:

PRODUKTION VON SYNTHETISCHEM ERDGAS

Erdgas wird in einer Vielzahl von industriellen Prozessen zur Bereitstellung von Hochtemperaturwärme oder zur Erzeugung weiterführender petrochemischer Produkte benötigt. Ein chemisch gleichwertiges Produkt, sogenanntes synthetisches Erdgas (SNG), kann auf erneuerbare und nachhaltige Weise aus CO₂, Biomasse und erneuerbarem Wasserstoff hergestellt werden. Im Zuge der CO₂Refinery forschen wir daher an effizienten, integrierten Prozessen zur Bio-SNG-Erzeugung. CO₂ und Biomasse werden dabei mittels Gaserzeugung in einem Zweibettwirbelschichtverfahren zu Synthesegas umgewandelt, welches nach einer Gasreinigung in einer an der TU Wien entwickelten katalytischen Wirbelschicht-Methanierungsanlage mit der Hilfe von Wasserstoff zu SNG umgewandelt wird. Dieses SNG kann dann in die bestehende Erdgasinfrastruktur eingespeist werden. Eine Vielzahl von biogenen Rest- und Abfallstoffen aus der Industrie oder der Forstwirtschaft kann dabei als Biomasse eingesetzt werden. Zur experimentellen Untersuchung steht uns die gesamte Prozesskette im Pilotmaßstab im Technikum der TU Wien zur Verfügung. Wir beschäftigen uns dabei mit grundlegenden, experimentellen Untersuchungen der einzelnen Prozessschritte, aber auch mit der ganzheitlichen Integration und Bewertung der Prozesse im Sinne einer Bioraffinerie. Die in der CO₂Refinery aufgebaute Expertise kommt auch bereits in Forschungsprojekten an der TU Wien zum Einsatz, beispielsweise im Bereich der Bio-SNG-Erzeugung und deren Optimierung für die Projekte ReGas4Industry [1] oder ADORe-SNG [2].

PRODUKTION VON FLÜSSIGEN ENERGIETRÄGERN

Die Produktion von nachhaltigen flüssigen Energieträgern ist durch Power-to-Liquid- (PtL) oder Biomass-to-Liquid-Prozesse möglich. Die Prozessketten bestehen aus den Prozessschritten der Synthesegasproduktion und der Treibstoffsynthese selbst. Für die Produktion des Synthesegases (CO + H₂) kann eine Co-Elektrolyse (PtL - Input Strom), ein Plasma-Boudouard-Reaktor (PBtL - Input Strom und Biogas) oder ein CO₃-Gaserzeugungsreaktor (Input Biomasse) zum Einsatz kommen. Das Synthesegas wird in einem weiteren Syntheseschritt, wie z.B. in einem Fischer-Tropsch-Reaktor, in flüssige Treibstoffe umgewandelt, welche nach weiteren Upgrading-Schritten als Drop-InFuelinherkömmlichenVerbrennungsmotoren eingesetzt werden können. Eine detaillierte Bewertung verschiedener PtL-Prozessrouten erfolgte im Rahmen des Projekts IFE (Innovation Flüssige Energie) in der Form eines begleitenden Journal Papers [3]. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, entweder das Synthesegas oder das Kohlenstoffdioxid direkt mit Elektrolysewasserstoff in einer Methanolsynthese zum flüssigen Energieträger Methanol umzuwandeln.



Alexander Bartik, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften (© Bartik)



Florian Benedikt, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften (© Benedikt)



Hochdruck-Laboranlage zur Untersuchung von Power-to-Liquid-Verfahren (© Bayer)



Simon Pratschner, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften



Martin Hammerschmid, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften (© Hammerschmid)

Die Nachhaltigkeit der flüssigen Energieträger hängt dabei sehr stark von der Nachhaltigkeit der Einsatzstoffe ab. Nachdem eine Reihe von Prozessketten für die Herstellung alternativer flüssiger Energieträger in Frage kommt, ist auch die Auswahl der passenden Prozesskette entscheidend, um den CO₂-Fußabdruck so gering wie möglich zu halten. Diese sollte jedenfalls sinnvoll für den Standort und die dort verfügbaren Einsatzstoffe ausgewählt werden.

GANZHEITLICHE BEWERTUNG VON TECHNOLOGIESYSTEMEN

Die exemplarisch dargestellten Verfahrensansätze werden derzeit an der TU Wien mit experimentellen Methoden sowie Simulationsmodellen untersucht. Eine zielgerichtete Technologieentwicklung ist dabei nur möglich, wenn die Entwicklungsarbeit durch ganzheitliche Bewertungen begleitet wird. Dies beinhaltet technologische, ökonomische und ökologische Auswirkungen der angestrebten Technologieentwicklung.

Viele technische Lösungsansätze sind denkbar. Nicht alle sind sinnvoll und führen zu den gewünschten Ergebnissen hinsichtlich einer verbesserten Symbiose mit den umgebenden Ökosystemen und der gewünschten Versorgungssicherheit. Bereits in den nächsten Monaten werden weitere vielversprechende Ergebnisse veröffentlicht.

CO, REFINERY-FACTBOX

- Interdisziplinäres Doktoratskolleg
- Ziel: Entwicklung neuer Technologien zur effizienten Umwandlung von ${\rm CO_2}$ Strömen sowie Produktion verschiedener Energieträger, Plattformchemikalien und weiterer Wertstoffe
- 10 PhD Studierende erarbeiten industrienahe Lösungen bis zum Technikums Maßstab
- Unterstützt werden sie von 30 wissenschaftlichen Mentor:inner aus verschiedenen Fachbereichen
- 6 Institute an 3 Fakultäten arbeiten zusammen an einem umfassenden Programm zur Aktivierung von CO₂ und Kohlenstoff-/Energiespeicherung, Aufwertung von CO₂ in Treibstoffe, Chemikalien, Futtermittel, Systems Engineering, Modellierung und Analyse

www.tuwien.ac.at/co2refinery

Weitere Literatur unter: [1] Projekt ReGas4Industry. energy innovation austria. Aktuelle österreichische Entwicklungen und Beispiele für zukunftsfähige Energietechnologien 2 (2022). Online unter: https://www.energy-innovation-austria.at/article/regas4industry/. [2] Projekt ADORe-SNG. [3] Projekt IFE S.: Pratschner, M. Hammerschmid, F. J. Müller, S. Müller, F. Winter: Simulation of a Pilo Scale Power-to-Liquid Plant Producing Synthetic Fuel and Wax by Combining Fischer–Tropsch Synthesis and SOEC. Energies 15 (2022), 4134. DOI: 10.3390/en15114134.



Alumna im Gespräch

INFRASTRUKTUR-MANAGEMENT IM WANDEL

Die Wiener Linien betreiben das größte Verkehrsnetz Österreichs. Dafür bauen, bewirtschaften und erhalten sie Verkehrsbauwerke. Themen wie Digitalisierung und Klimakrise haben auch für ein nachhaltiges Verkehrsunternehmen wie die Wiener Linien neue Handlungsfelder aufgezeigt. Dafür wird auf eine Kombination aus innovativen Ideen und bewährten Methoden gesetzt.

VON DER THEORIE BIS ZUR PRAXIS

Tamara Younes ist seit 2021 bei den Wiener Linien als Bautechnikerin tätig. Bereits während ihres Studiums "Bauingenieurwesen" an der TU Wien tauchte sie als Teilzeitkraft in die spannenden Bauprojekte der Wiener Linien ein und sammelte erste Erfahrungen in der Praxis. Gemeinsam mit ihrem Team, koordiniert Tamara Younes heute Infrastrukturprojekte mit innovativem Charakter.

BAUEN MIT KÖPFCHEN

Die Bauprojekte in Tamara Younes Abteilung reichen von der U-Bahn-Baustelle Oberes Hausfeld bis hin zu einer neuen Lehrwerkstätte oder zu einem Kompetenzzentrum für E-Busse. Neben der Funktionalität solcher Betriebsgebäude sind verschiedene Veränderungen am Bau gefragt. Hier geht es einerseits um ein digitales Baumanagement, andererseits um ökologische Baukriterien. Zu Letzteren gehören u.a. die Planung von alternativen Energien wie Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen, Begrünungen mit kühlender bzw. dämmender Eigenschaft oder die Anwendung innovativer Baustoffe. Pilot-

projekte wie die Nutzung der Abwärme der Ladeinfrastruktur der E-Busse für die Beheizung des Gebäudes zählen hierbei zum Tagesgeschäft. "Gemeinsam mit unseren Fachplanern, machen wir uns viele Gedanken hinsichtlich Optimierungen am Bau. Das steigert die Effizienz und schont Umwelt und Ressourcen".

Die Wiener Linien haben sich die Implementierung von Nachhaltigkeitskriterien in verschiedene Großprojekte zum Ziel gesetzt. Die Themen sind zurzeit nachhaltiges Bodenmanagement, Ressourcenschonung und CO₂-Minimierung. Dabei wird eng mit Forschungsinstituten und Herstellern zusammengearbeitet. "Die Herausforderung ist, Forschung und Machbarkeit miteinander zu kombinieren", so Tamara Younes.

MEHR ALS NUR BAUEN

"Bauprojekte bei den Wiener Linien sind Projekte, bei denen der gesamte Lebenszyklus betrachtet wird. Es treffen Bau-, Haus- und Gleisbautechnik auf wirtschaftliche Aspekte wie Immobilien- und Life-Cycle-Kosten sowie Vergabemanagement. Nur wenn alle Bereiche berücksichtigt werden, ist ein Projekt wirklich nachhaltig", denkt Tamara Younes.

Abb. 1: E-Kompetenzzentrum für Busse in Siebenhirten Abb. 2: Lehrwerkstätte in Simmering Abb. 3: U-Bahn-Baustelle Oberes Hausfeld, Aufnahmegebäude



ENERGIEEFFIZIENZ ALS ASPEKT DER SYSTEMWEITEN ENERGIEWEND IM STROMNETZ "Jede Kilowattstunde zählt" – das war in Vorberei-

tung auf den Winter 2022/23 europaweit häufig

zu hören. Was heißt das für die europäische Energiewende im Stromnetz und welche Rolle spielt dabei die Effizienz in der Nutzung nachhaltig erzeugter elektrischer Energie? Eine Spurensuche zwischen Theorie und Praxis.

> Zunächst fällt die in der Debatte verwendete physikalische Dimension auf: Energie. Die Energiewende als großes Projekt, das immer mehr europäische Länder erfasst, wandte sich viele Jahre vor allem der Steigerung der eingespeisten Energie aus Photovoltaik und Windkraft durch mächtige Förderinstrumente zu.

> Die notwendigen technischen Voraussetzungen für die volle Integration erneuerbarer Einspeiseleistung wurden erst nach und nach geschaffen; bis in die 2000er-Jahre hinein galt für Netzanschlüsse in vielen Regionen Europas die Philosophie "fit and forget". Das bedeutet, die elektrischen Anschlussvoraussetzungen für Photovoltaik- und Windenergieanlagen waren einfach gefasst und Datenaustausch im Echtzeitbetrieb mit dem verantwortlichen Netzbetreiber nicht erforderlich. Ab Ende der 2000er-Jahre waren die Leistungsniveaus der neuen Erneuerbaren auf Systemebene angekommen, daher wurden die technischen Regeln umfangreicher. Das dritte EU-Energiebinnenmarktpaket von 2009 ermächtigte die systemverantwortlichen Übertragungsnetzbetreiber, sogenannte Connection Network Codes [1] zu verfassen, die auch Kleinerzeuger in die Pflicht nehmen, die elektrische Leistung systemdienlich zur Verfügung zu stellen. Mit steigendem Erfolg der Energiewende trat also eine andere physikalische Größe in Planung und Betrieb der Netze in den Vorder

grund: Leistung. Ist es doch im Echtzeitbetrieb der Stromnetze unerlässlich, diese zu jedem Zeitpunkt technisch zuverlässig zu allen Verbrauchern transportieren zu können. Der technische Ausdruck dafür ist Transmission Adequacy, im Gegensatz zur Generation Adequacy, die die Fähigkeit des Systems beschreibt, zu jedem Zeitpunkt Last und Erzeugung im Gleichgewicht zu halten.

Eine präzise Analyse dazu wurde im Winter 2022/23 von den deutschen Übertragungsnetzbetreibern veröffentlicht [2]. Diese zeigt, ob man in Zentraleuropa derzeit in der Lage wäre, auch in Situationen großer Knappheit im fossilen Erzeugungspark, den Systembetrieb ungestört weiter zu führen. Unter Berücksichtigung extremer Annahmen zu Temperatur und Primärenergieversorgung wurden tatsächlich Situationen errechnet, in denen Netzengpässe nur mehr mit Einschränkungen in der Lastdeckung (sogenannten Brownouts) aufgelöst werden könnten. Die Transmission Adequacy wäre dann nicht mehr erfüllt. Das zeigte deutlich auf, dass die fortschreitende Energiewende nicht nur die stetig steigende Substitution konventioneller Erzeugung durch erneuerbare Energie, sondern in immer höherem Maße auch die politische und technisch-wissenschaftliche Unterstützung für Konzepte und Prozesse zur maximal systemdienlichen Integration der Erneuerbaren erfordert.



Bernd Klöckl, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe.



Zwei Entwicklungen sind dabei gemeinsam zu betrachten: das schwerpunktmäßig fernab der Verbrauchszentren verfügbare Leistungsdargebot - allein in der Nordsee geht man von einer wirtschaftlich darstellbaren installierten Leistung von mehreren hundert GW Offshore-Wind aus sowie das politische Ziel, den Anteil elektrischer Energie am Endenergieverbrauch deutlich zu heben. In Deutschland, wo die Szenarienentwicklung mit allen Stakeholdern abgestimmt erfolgt, geht man inzwischen von einer Verbrauchssteigerung durch zunehmende Elektrifizierung um mindestens 100% bis 2045 aus [3]. Zusammengenommen ergebensich steigen de Transportentfernungen und Leistungstransporte – aber auch systemimmanent steigende elektrische Transportverluste. Hier zeigt sich beim Thema Energieeffizienz ein Zielkonflikt der Energiewende:

Im Rahmen des europäischen Ten-Years Network Development Plans [4] wird beispielsweise unter anderem ein Nachweis über die Auswirkung des Netzausbaus auf die Netzverluste geführt. Die implizite Erwartung, dass diese durch Netzausbauprojekte grundsätzlich sinken, kann allerdings nicht erfüllt werden, denn sachlich betrachtet zieht man das Randintegral in dieser Effizienzbewertung um einen mehr oder weniger willkürlichen Bereich des Energiesystems, nämlich das Stromnetz. Allerdings muss diese als teuerste, aufwändigste und gesellschaftlich umstrittene Infrastruktur auch maximal genutzt werden und damit selbstverständlich steigende Verluste erzeugen, gerade vor dem Hintergrund steigenden Stromverbrauchs und zunehmender Transportentfernungen. Neueste Konzepte wie hybride AC/DC Netze auf Höchstspannungsebene, Leistungselektronik oder komplexe Monitoringund Automatisierungssysteme zielen auf genau diese technisch effizientere Höherauslastung ab.

Ganzheitlicher und integriert betrachtet ist die Nutzung der Erneuerbaren für den Systembetrieb selbst ein viel wichtigerer Aspekt der Effizienz der Energiewende. In Deutschland wurde dafür 2022 mit der Einführung des sogenannten Redispatch 2.0 begonnen, einem Prozess, der Übertragungs- und Verteilernetzbetreiber genauso wie Erzeuger und Vermarkter erneuerbarer Energie in die Pflicht nimmt. Dabei werden zehntausende Wind- und Solarparks gezielt und von den Übertragungsnetzbetreibern koordiniert zur Engpassbeseitigung im Netz abgerufen – ein technisch hoch komplexer Vorgang im Echtzeitbetrieb, der die Menge an erneuerbarer Energie, die letzten Endes beim Verbraucher ankommt, maximieren und gleichzeitig die Abhängigkeit des Systembetriebs von den fossilen Großkraftwerken reduzieren kann.

In Anbetracht aktueller energiepolitischer Ereignisse zeigt sich also für den Effizienzaspekt der Energiewende und die damit einhergehenden Aufgaben für Wissenschaft, Energiewirtschaft und Politik: In Europa verfügbare Energieträger wie Solarstrahlung und Wind müssen maximal verfügbar gemacht, effizient in elektrische Leistung umgewandelt, möglicherweise über große Entfernungen transportiert und möglichst systemdienlich in das Stromnetz eingespeist werden, damit sie nicht ungenutzt verloren gehen. Weil für die Energiewende jede Kilowattstunde zählt.

Quelle: [1] https://www.entsoe.eu/network_codes/. [2] https://www.netztransparenz.de/Weitere-Veroeffentlichungen/ Sonderanalysen-Winter-2022-2023. [3] https://www.netzentwicklungsplan.de/de. [4] https://tyndo.entsoe.eu.

ZUR LAGE DER STROMNATION ÖSTERREICH



Reinhard Haas

Das Stromsystem ist auf einem Scheideweg, zumindest in vielen Ländern der EU. Ein zentraler Grund ist der Anstieg erneuerbarer Energiequellen an der Stromversorgung, die in der EU seit ca. 2015 den größten Anteil haben – mehr als Atomkraft und mehr als Kohle. In diesem Kontext haben sich aber auch immer mehr Stromkonsumentent:innen für

einige EVU-Sicherungen der öffentlichen Hand im Milliardenbereich benötigten. Mittlerweile haben sich die Gemüter zwar wieder etwas beruhigt und der Strompreis liegt jetzt Anfang März 2023 bei ca. 150 €/MWh, das ist aber noch immer ca. das Dreifache des Durchschnittswerts der letzten 20 Jahre, siehe (Abb. 1).

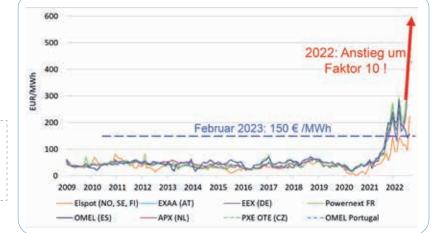


Abb. 1: Entwicklung der Strompreise im Großhandel an verschiedenen Börsen in Europa von 2009 bis 2022.

eine Beteiligung an ihrer Stromversorgung interessiert, z.B. mit eigenen PV-Anlagen. Das führt auch zu grundsätzlich neuen Strukturen in Bezug auf die Netze und die Speicher. Und schließlich haben die Turbulenzen auf den Strommärkten im Jahr 2022 zu Kritik an überhöhten Preisen und zu Bedenken bezüglich Versorgungssicherheit geführt. Davor wurde Strom fast 30 Jahre lang real immer billiger. Aber im August 2022 erreichte der Strompreis in Mitteleuropa eine historische Spitze von ca. 1000 €/MWh. Das führte zu unterschiedlichen Arten von Turbulenzen, z.B. dass

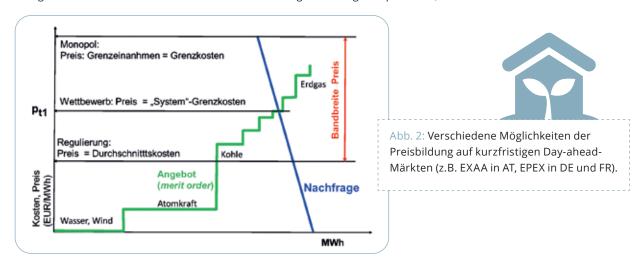
Einkurzer Blickin die Geschichte. Ende der 1990er-Jahre kam es weltweit in vielen OECD-Ländern zu Bestrebungen, die Strommärkte zu liberalisieren. Das Ziel in der EU und in Österreich war damals primär, durch den Umstieg von Durchschnitts- auf Grenzkosten die europäische Industrie im internationalen Kontext wettbewerbsfähiger zu machen. Das Grundprinzip ist in Abb. 2 dargestellt. Demnach ergibt sich der Strompreis auf einem Day-ahead-Markt unter Wettbewerb aus den Systemgrenzkosten, d.h. das teuerste Kraftwerk, das gerade noch zum Einsatz kommt,

bestimmt diesen Marktpreis, den dann alle erhalten, die in der sogenannten merit order links davon sind und auch zum Einsatz kommen.

In Abb. 2 werden auch andere Optionen dargestellt. Im unteren Bereich ist zu sehen, wie sich ein Preis aus den Durchschnittskosten (nur der Erzeugung, ohne Netz- und Verteilkosten) ergeben würde, und die Variante des Monopols mit dem höchsten möglichen Preis auf dem Markt ist

bestimmt werden. Zwischen 2010 und 2020 lag der Anteil der Energiekosten am Endverbraucherpreis bei ca. 30%.

Prinzipiell ist festzustellen, dass der Strommarkt bis heute funktioniert hat und es auch im Krisenjahr 2022 nicht notwendig wurde, Zuteilungsmaßnahmen durch das Stromlenkungsgesetz zu implementieren. Wenn etwas versagt hat, dann war es die Politik, die in blindem Glauben an die vermeintlich billigste Lösung akzeptiert hat, bei



ganz oben zu sehen. Insgesamt ergibt sich eine beträchtliche Bandpreite für diesen möglichen Marktpreis.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass nicht jede kWh jedes Unternehmens auf diesem kurzfristigen Day-ahead-Markt gehandelt wird, sondern viel größere Mengen auf Terminmärkten (Future- oder OTC (Over the counter)-Märkten) ge- und verkauft werden Abb. 3. Diese Terminmärkte haben sich unter den Marktteilnehmer:innen entwickelt; diese langfristigen Märkte sind sehr wichtig, weil sie zur finanziellen Risikominimierung der Unternehmen beitragen. Nun versuchen die EU und einzelne Regulierungsbehörden, hier einzugreifen und die Lieferperioden zu reduzieren. Diese Markteingriffe sind prinzipiell abzulehnen.

Das führt dazu, dass für einen bestimmten Zeitpunkt der Stromlieferung zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Voraus zu unterschiedlichen Preisen Strom "beschafft" wird. Weiters können Stromfirmen den Strom, den sie an ihre Kunden verkaufen, natürlich auch selbst erzeugen und diesen zu verkaufen, ohne den Markt zu involvieren.

Endkundenpreise sollen nur bis zu einem bestimmten Anteil vom Großhandelspreis den für die Stromerzeugung in Österreich sehr wichtigen Gaslieferungen über Dekaden von einem Monopolisten abhängig zu sein.

Die Krise 2022 hat gezeigt, dass der Weg zu einem weitgehend erneuerbaren Stromsystem noch weit ist. Österreich ist immer noch zu ca. 15% von Strom aus Erdgas und darüber hinaus zu ca. 10% von Importen abhängig. Und in fast jeder Stunde des Jahres wird die letzte kWh, die in der merit order noch zum Zug kommt, aus Erdgas erzeugt.

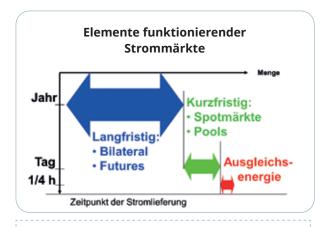


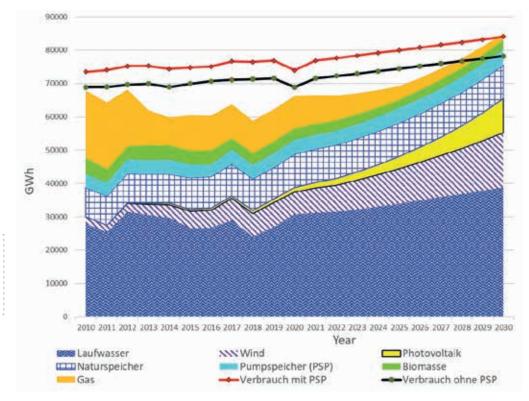
Abb. 3: Kurz- und langfristige Strommärkte: Mengen und Zeitabstand zur Lieferung.

Das bedeutet aber auch, dass - wenn der Strom nicht individuell dezentral, z.B. aus PV-Anlagen erzeugt wird oder aus Ökostrombezug stammt derzeit auch Elektrofahrzeuge oder Wärmepumpen mit Strom aus Erdgas betrieben werden.

Was bleibt für die Zukunft? Das erklärte derzeitige Ziel der österreichischen Bundesregierung ist es, bis 2030 die Stromversorgung auf 100% EET bilanziell umzustellen. Bilanziell bedeutet dabei, dass über das Jahr insgesamt zumindest so viel Strom aus Erneuerbaren erzeugt wird, wie insgesamt verbraucht wird. Wie Abb. 4 zeigt, sollen im Jahr 2030 im Vergleich zu 2015 zusätzlich ca. 11 TWh Strom aus Photovoltaik, ca. 10 TWh aus Wind und ca. 5 TWh mehr aus Wasserkraft produziert werden.

Auch werden neue Modelle der Stromversorgung wie die partielle Eigenstromversorgung mit PV-Strom – der derzeit sehr oft schon günstiger ist als Strom aus dem Netz (Gridparität!) – oder dezentrale Energiegemeinschaften, sogenannter Peer-to-peer-Handel, und Mieterstrommodelle in Mehrfamilienhäusern diese Stromzukunft mitgestalten.

Darüber hinaus ist auch Netz- und Speicherinfrastruktur zu erweitern bzw. zu modernisieren. Derzeit kommt dieser Ausbau allerdings nur schleppend voran. Es gibt also noch einiges zu tun.





"Galliumnitrid und Siliziumkarbid sind die nächste Generation der Leistungselektronik und entscheidend für eine energieeffiziente Welt der Zukunft."



EIN JOB MIT BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ZUKUNFT

Gianmauro Pozzovivo ist schon lange vom Potenzial neuer Halbleitermaterialen fasziniert. Jetzt ist er einer der Pioniere der Galliumnitrid-Technologieentwicklung bei Infineon.

Sie sind "Project Director GaN Technology Development" bei Infineon. Was kann man sich darunter vorstellen?

Als Projektmanager verantworte ich das gesamte Projekt. Vom Ressourcen- und Risikomanagement bis hin zur Leitung des Projektteams. Beim neuen Halbleitermaterial Galliumnitrid beschäftigen wir uns mit der Entwicklung völlig neuartiger Technologien, die noch nie zuvor gemacht wurden.

Was ist an diesem Halbleitermaterial so spannend und warum ist es so bedeutend für die Zukunft?

Neue Halbleitermaterialien wie Galliumnitrid (GaN) und Siliziumkarbid (SiC) sind die nächste Generation effizienter Halbleiter. Sie haben spezielle Vorteile gegenüber anderen Materialien, erzielen mehr Leistung, erlauben noch kleinere Baugrößen. Der Energiebedarf steigt weltweit. Der Umstieg auf die GaN-Technologie wird dazu beitragen, die Energieeffizienz stark zu verbessern und gleichzeitig die CO₂-Emissionen niedrig zu halten. Ein Beispiel: Der Einsatz von GaN in Rechenzentren würde die Energieverluste um 35% bis 40% reduzieren, was bis 2030

eine Einsparung von über 100 TWh und 125 Millionen Tonnen $\mathrm{CO_2}$ -Emissionen bedeuten würde. In der Automobilindustrie wird GaN leichtere Batterien, bessere Ladeleistung und größere Reichweiten ermöglichen. GaN und SiC sind für den Wandel zu einer energieeffizienten Welt entscheidend und unverzichtbar.

Welche Rolle spielt Infineon bei neuen Halbleitermaterialien?

Auf beiden Märkten – SiC und GaN – wächst Infineon sehr schnell. Infineon deckt das komplette Technologiespektrum der Leistungselektronik mit drei verschiedenen Halbleitermaterialien ab: Silizium, SiC und GaN, so können wir unterschiedliche Technologien und Lösungen anbieten.

Wie sind sie eigentlich zur Materie/zu Infineon gekommen?

Ich habe Mikroelektronik-Ingenieurwesen an der Polytechnischen Universität Bari, Italien studiert. Nach dem Auslandsjahr an der University of Glasgow promovierte ich an der TU Wien. Hier habe ich auch mein GaN-Wissen erworben, um danach gleich als GaN-Experte bei Infineon durchzustarten.

Sie haben sich hochgearbeitet – wie schafft man das?

Als ich 2010 zu Infineon kam, war ich einer der GaN-Pioniere. Es war nicht immer leicht.





Die Arbeit mit einem neuen Halbleiter, bei dem die Physik noch nicht vollständig verstanden wird, kann Hindernisse bergen. Ich habe aber nie aufgegeben, weil ich das Potenzial von GaN erkannte und das Glück hatte, mit fantastischen Leuten zu arbeiten, die viel Erfahrung haben und genauso motiviert sind wie ich.

Sie pendeln zwischen Villach und Wien – warum?

Meine Frau lebt und arbeitet in Wien. Da ich meinen Job extrem mag, pendle ich zwischen Wien und Villach.

Warum bleiben Sie in Kärnten?

Einerseits habe ich mich auf Anhieb in Villach und Kärnten verliebt. Ich kann Sportarten wie z.B. Wandern, Radfahren und Skifahren ausüben, Letzteres habe ich übriges erst hier gelernt. Es ist die perfekte Work-Life-Balance. Infineon ist großartig, weil sich das Unternehmen um seine Mitarbeiter:innen kümmert, sie unterstützt und gleichzeitig fordert, zu wachsen. Es gibt zahlreiche Weiterbildungsprogramme und Schulungen (Fachkonferenzen, Workshops, Micro-Learnings, Trainings) sowie Mentoring-Programme. Was mir aber am besten gefällt, sind die Unternehmenskultur, die Gemeinschaft, das Vertrauen und die offene Kommunikation innerhalb des Konzerns. Das schätze ich sehr.

Aktuell werden bei Infineon Villach Fachkräfte gesucht – wen sucht Infineon genau?

Seit Mitte 2021 läuft die neue Chipfabrik am Standort Villach. Produziert werden hier vor allem Energiesparchips, die in Anwendungen wie Smartphones, Autos, medizinischen Geräten oder Solarsystemen eingesetzt werden. Die Standorterweiterung steigert die SiC-Kapazität und die GaN-Skalierung bis zur Serienfertigung. Wir suchen Talente aus technischen und naturwissenschaftlichen Bereichen wie z.B. Elektrotechnik, Physik, Chemie, Materialwissenschaften oder Verfahrenstechnik. Gemeinsam entwickeln wir die Technologien von morgen.



Auf einen Blick - Infineon Austria

An den Standorten Villach, Klagenfurt, Graz und Linz arbeiten 5.500 Menschen aus 79 Nationen an Technologien, die das Leben einfacher, sicherer und umweltfreundlicher machen. Halbleiter von Infineon senken den Energieverbrauch, ermöglichen eine umweltgerechte Mobilität, die effiziente Erzeugung erneuerbarer Energie und den sicheren Datentransfer.

www.infineon.com/frontendaustria



Join the alumnity – Mitglied werden

lohnt sich!

- Exklusive und außergewöhnliche Events (Betriebsführungen, ermäßigte Kulturevents & Softskill-Workshops)
- Vergünstigungen bei Kooperationspartnern:
 -10% bei der Paulaner Apotheke, John Harris,
 Wieden Optik, Kangmei Massage, jollydays.at,
 Tools at Work, Stadtsaal und noch viele mehr
- Kostenlose Nutzung der TU Wien Bibliothek
- 15% Rabatt auf **TU Wien Merch** (erhältlich im TUWac)
- Zusendung des interessanten Alumni-Magazins "Bulletin" 2x jährlich per Post
- Newsletter mit Neuigkeiten & den TUWac
- gleichgesinnte Wiedertreffen bei Mitgliederevents: Alumnitreffen, Homecoming-Events, Tagungen



join the alumni





Mit dir schaffen wir die Klimawende!

Die Wiener Stadtwerke Gruppe sucht nachhaltig denkende IT-Mitarbeiter*innen und Techniker*innen, die mit ihren innovativen Lösungen das Team der Klimapionier*innen verstärken.



