

Erneuerbare Energien und Ressourceneffizienz

# nachhaltige technologien



01 | 2022

AEE - Institut für  
Nachhaltige Technologien



## Flexibilisierung industrieller Energiesysteme



E-PAPER  
[aee-intec.at](http://aee-intec.at)



[twitter.com  
aee\\_intec](https://twitter.com/aee_intec)



Webinarreihe  
zum Magazin

[www.aee-intec-events.at/webinarreihe](http://www.aee-intec-events.at/webinarreihe)

# Windkraftanlagen noch effizienter steuern

Mit offener PC- und EtherCAT-basierter Steuerungstechnik

Pitch-Control  
Betriebsführung  
Parkvernetzung  
Condition Monitoring

Digital/Analog-I/O  
Feldbus-Interfaces  
Messtechnik  
Condition Monitoring  
Sicherheitstechnik



Mit PC- und EtherCAT-based Control bietet Beckhoff die durchgängige, hocheffiziente Steuerungsplattform für Windkraftanlagen. Auf dem Industrie-PC mit angereichertem I/O-System und der Automatisierungssoftware TwinCAT werden alle Funktionen auf einer einheitlichen Plattform automatisiert: z. B. Betriebsführung, Pitchregelung, Umrichter-, Getriebe- und Bremsenansteuerung, Visualisierung bis zur Parkvernetzung. EtherCAT als schnelles, durchgängiges Kommunikationssystem sorgt dabei für flexible Topologie und einfache Handhabung. Sicherheitstechnik und Condition Monitoring werden durch entsprechende Busklemmen nahtlos in das System integriert; eine gesonderte CPU entfällt. Ein breites Angebot an Softwaremodulen reduziert die Engineering- und Inbetriebnahmekosten.



Scannen und mehr über integrierte Steuerungslösungen für Windenergieanlagen erfahren



## Steigern Sie die Effizienz Ihrer Anlagen



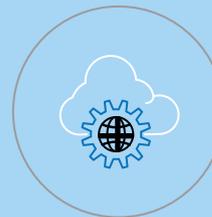
### „All in one“ Lösung

Von der offline Prozesssimulation bis hin zur 24/7 „closed loop“ Optimierung



### Service

Machbarkeitsstudien, Potentialanalysen und Umsetzung der Optimierungslösung unter Einbindung aller notwendigen Shareholder



### Open Connectivity

On premise- oder Cloud Lösungen. Unabhängig von vorhandenen Bestandssystemen



### Savings

Maximales Optimierungspotential auf Grund von hybrider Prozessmodellierung (empirisch und/oder physikalisch)

# Editorial

Die Digitalisierung durchdringt mittlerweile fast alle Bereiche des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens. Diese rasant fortschreitende Entwicklung ermöglicht Unternehmen Vorteile, um Produkte zum Beispiel besser an Kundenbedürfnisse anzupassen oder Geschäftsmodelle stetig zu optimieren. Neben vielen Vorteilen gibt es jedoch auch Herausforderungen, wie zum Beispiel die Verarbeitung der Informationsflut und der Schutz dieser großen Mengen an Daten.

Vor allem die Energieversorgung mittels volatiler, erneuerbarer Energien wird mit Hilfe der Digitalisierung ihr Potenzial zukünftig noch stärker nutzen können und zu optimalen flexiblen Energieversorgungslösungen beitragen.

In dieser Ausgabe der „nachhaltigen Technologien“ finden Sie einen umfassenden Überblick über unterschiedliche neue Ansätze zur Flexibilisierung industrieller Energiesysteme, die in europäischen und nationalen Projekten ausgearbeitet und erprobt werden. Neben der Entwicklung von digitalen Energiezwillingen, die eine Echtzeitabbildung der erneuerbaren Energieversorgung für Industriebetriebe darstellen, finden sich Artikel über die Erstellung eines digitalen Abwärmeatlas, der georeferenziert die Potenziale der Abwärmenutzung für die Fernwärme präsentiert bis hin zu Cloudmanufacturing, mit dem die digitale Vernetzung von Lieferketten und die Steuerung und Vernetzung von global verteilten Fertigungsanlagen abgewickelt werden.

Viel Spaß und neue interessante Einblicke beim Lesen wünscht Ihnen

Christoph Brunner

# Inhalt

## LEITARTIKEL

4-5 **Transformation, die uns alle betrifft**  
*Brigitte Bach*

## FLEXIBILISIERUNG INDUSTRIELLER ENERGIESYSTEME

6-8 **Internationale Forschungszusammenarbeit zur Digitalisierung industrieller Energiesysteme**  
*Jürgen Fluch, Felix Birkelbach, Ekanki Sharma*

9-11 **Decarbonisierung der Prozesswärmeversorgung durch Integration kombinierter erneuerbarer Technologien**  
*Sabrina Dusek, Dominik Seliger, Sarah Meitz, Veronika Wilk, Karl Ponweiser*

12-14 **Digitaler Energiezwilling**  
*Carles Ribas Tugores, Thomas Kurz, Gerald Schweiger, Thorsten Mattausch, Jürgen Fluch*

15-17 **Flexibilisierung von Lieferketten**  
*Robert Merz, Ralph Hoch, Damian Drexel*

18-20 **Tinder für die Wärmekaskade - Wie könnte eine „Abwärme-Kontakt-Plattform“ aussehen?**  
*Marcus Hummel, Franz Mauthner, Wolfgang Gruber-Glatzl, Dieter Preis*

21-23 **Abwärmenutzung und Power-to-Heat in Fernwärmenetzen - Eine Fallstudie aus Schweden**  
*Monica Arnaudo, Monika Topel*

## TECHNOLOGIEENTWICKLUNG

24-26 **Ammoniumentfernung und -rückgewinnung in Kläranlagen - Erfahrungen einer Pilotstudie**  
*Elena Guillen und Bettina Muster-Slawitsch*

## STÄDTE & NETZE

27-29 **Vom gemeinschaftlichen Wohnen hin zum zukunftsfähigen Quartier**  
*Lorenz Leppin*

## NEUE PROJEKTE

30 **Klimaneutrale Stadtteilentwicklung**

31 **Saisonale Wärmespeicherung mit drei- bis viermal höherer Energiespeicherdichte als Wasser**

33 **ACR Innovationspreis**

34 **Tagungen, Seminare, Exkursionen, AEE-Beratung**

35 **Porträt**

## Impressum

**Eigentümer:**  
AEE - Dachverband

**Herausgeber und Verleger:**  
AEE INTEC

A-8200 Gleisdorf  
Feldgasse 19  
Tel: +43 (0)3112 / 5886  
www.aee.at  
office@aee.at  
Observer  
Medienbeobachtung

**Redaktion:** Christoph Brunner, Manuela Eberl, Christian Fink, Jürgen Fluch, Armin Knotzer, Ingo Leusbrock, Ewald Selvička, Monika Spörk-Dür, Wim van Helden. **nachhaltige technologien** ist die Mitgliederzeitschrift des AEE - Dachverbands und erscheint viermal jährlich.

Das Abo ist im Mitgliedsbeitrag von € 28,- inkludiert. Einzelexemplare zum Preis von € 5,00 bitte anfordern!

**Bankverbindung:** Raiffeisenbank Gleisdorf, IBAN: AT09 3810 3000 0010 4430, BIC: RZSTAT2G103

**Versand:** Elisabeth Reitbauer **Anzeigen:** office@aee.at **Titelfoto:** iStock/cozyta/Traitov, **Layout/Grafik:** Peter Eberl / HAI.CC

**Druck:** Offsetdruck Bernd Dorrong e.U. **Auflage:** 4.500 Stück

**Wissenschaftlich-strategischer Beirat:** Dr. Winfried Braumann, Dipl.-Ing. Dieter Drexel, Dr. Peter Kremnitzer, Univ.-Prof. Dr. Reinhold W. Lang, Dipl.-Ing. Michael Paula, Dipl.-Ing. Josef Plank, Univ.-Prof. Dr. Stefan Schleicher, Univ.-Prof. Dr. Hans Schnitzer, Univ.-Doz. Dr. Stephan Schwarzer, Dr. Franz Strempl, Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Birgit Strimitzer-Riedler

**Offenlegung gemäß §25 Mediengesetz:** Die periodische Druckschrift **nachhaltige technologien** wird aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und Inserateneinnahmen finanziert. Sie ist zu 100 % im Eigentum des Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie-Dachverbands.

**Blattlinie:** Verbreitung von Informationen über Themen der erneuerbaren Energien und Ressourceneffizienz.

# Transformation, die uns alle betrifft

Brigitte Bach

**U**m den Klimawandel aufzuhalten, ist sie unumgänglich: Die Energiewende hin zu 100 Prozent erneuerbarer Energieerzeugung in den Bereichen Wärme, Strom und Mobilität. Daher müssen die Ziele des Pariser Klimavertrags rasch erreicht werden, um die Auswirkungen des Klimawandels noch im Griff zu behalten. Die Umsetzung einer vollständigen Dekarbonisierung des gesamten Wirtschafts- und Energiesystems bis 2040 gilt unter ExpertInnen als Schlüssel zum Erfolg.<sup>1</sup>

## Stehen beim Umbau des Energiesystems unter Zeitdruck

Die sich aus den Dekarbonisierungszielen des Pariser Klimagipfels ergebende gesellschaftliche Veränderung ist eine sozio-ökonomische, ökologische und technische Transformation, die alle Lebensbereiche betrifft und gesellschaftspolitisch eine enorme Herausforderung darstellt. Die Vision, wie unser klimaneutrales Leben ohne fossile Brennstoffe aussieht, wird aber noch auf vielen Ebenen teils lebhaft diskutiert. Die technologischen sowie ökonomischen Möglichkeiten, um die Dekarbonisierung voranzutreiben, sind bereits heute schon vorhanden. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist der Umbau des Energiesystems hin zu 100 Prozent erneuerbarer Energieerzeugung in den Bereichen Wärme, Strom und Mobilität. Die Salzburg AG und die gesamte Energiebranche haben sich die Umsetzung der Energiewende zum höchsten Ziel gesetzt. Dafür müssen bis 2030 beispielsweise erneuerbare Strom-Erzeugungskapazitäten im Ausmaß von 27 TWh in Österreich errichtet werden. Laut Gesetz soll in nur mehr acht Jahren beispielsweise die PV-Kapazität in Österreich um 1000 Prozent gesteigert werden. Um bei Windkraft die verlangten 10 TWh zu erreichen, müsste man alle zwei Tage ein neues Windrad in Betrieb nehmen. Diese Beispiele zeigen deutlich, dass wir hier enorm unter Zeitdruck stehen. Die Dekarbonisierung des Wärmesektors ist hier noch gar nicht berücksichtigt.



Foto: Salzburg AG

## Eine gemeinsame Vision

Seit Jahren fordert die gesamte Branche den Ausbau von Wasser-, Windkraft, Biomasse und Sonnenenergie und den damit verbundenen notwendigen verstärkten Netzausbau, um dem neuen Erzeugungsmix gerecht zu werden. Grundsätzlich treffen diese Initiativen auf breite Zustimmung.

Wenn es dann aber um konkrete Projekte geht, stößt man leider sehr oft auf Widerstand. Um die Dekarbonisierung des Energiesystems voranzutreiben, braucht es dringend ein Umdenken in der Gesellschaft. Die ‚not in my backyard‘-Einstellung bringt uns dem Ziel, unseren Kindern eine saubere, nachhaltige, lebendige und sichere Umwelt zu hinterlassen, keinen Schritt näher. Es braucht das Bekenntnis der Bürgerinnen und Bürger dazu.

## Lösungen aufzeigen, Veränderung leben

Die Einbindung der Bürgerinnen und Bürger in die Energiewende ist daher zentral und führt nicht nur zu einer potenziell schnelleren Abwicklung der Bauvorhaben. Es braucht weitere Mechanismen und großflächige Anstrengungen, um die Gesellschaft an der Energiewende teilhaben zu lassen. Ein erster Schritt in diese Richtung ist durch die EU-Strombinnenmarkt-Richtlinie und das Erneuerbaren Ausbau Gesetz (EAG) in Österreich geschaffen worden. Sie sieht neue Rollen für Verbraucherinnen und Verbraucher vor. Stromkundinnen und Stromkunden haben so die Möglichkeit, Strom selbst zu erzeugen und unter Nutzung des öffentlichen Netzes gemeinsam zu teilen und zu verbrauchen. Die Nutzung lokal erzeugter Energie steht dabei im Vordergrund. Die Salzburg AG hat sich von Beginn an intensiv mit dem Thema Energiegemeinschaften befasst und kann ihren Kundinnen und Kunden jetzt schon derartige Plattform-Lösungen anbieten. Auch die innovative Finanzierungsform des Crowdfundings bietet der Gesellschaft eine Möglichkeit, Teil der Energiewende zu werden. Durch die finanzielle Beteiligung an erneu-

erbaren Energieerzeugungsformen wird die Akzeptanz für zukunftsrelevante Techniken gestärkt. Denn jedes Windrad, jeder Zusammenschluss von Solardächern macht Bürger\*innen ein Stück weit unabhängiger.

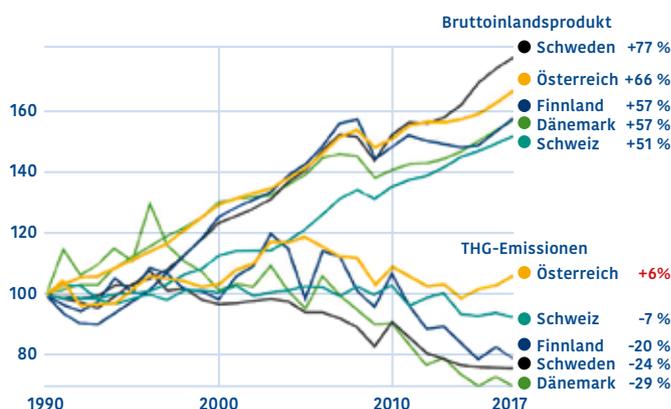
### Dekarbonisierung durch Energieeffizienz

Der Strombranche kommt bei der Dekarbonisierung eine spezifische Rolle zu. Durch Digitalisierung und Innovation sowie durch CO<sub>2</sub>-freie Wärme, Mobilität und durch die Dekarbonisierung von Industrieprozessen wird die Strombranche an Zulauf gewinnen. Der Strombedarf steigt insgesamt, dennoch ist der Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energie umsetzbar. Zu berücksichtigen ist außerdem die Tatsache, dass etwa 50 Prozent des Endenergiebedarfs im Wärmebereich verbraucht wird. Energieeffizienz spielt in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle. Auch im europäischen Green Deal wurde die Energieeffizienzrichtlinie noch weiter verschärft. Die Kommission befürwortet somit alle Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Sie werden als Mittel anerkannt, mit dem nicht nur die Energieversorgung nachhaltig gemacht wird, mit denen man die Treibhausgasemissionen senken kann und die Versorgungssicherheit verbessert. Auch die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der EU zählt zu den Vorteilen der Energieeffizienzrichtlinien.<sup>2</sup>

### CO<sub>2</sub>-Bepreisung: Ein sinnvolles Instrument der Energiewende

CO<sub>2</sub>-Emissionen sind die größten Treiber des Klimawandels. Die Reduktion dieser Klimaschadstoffe ist nötig, um die Energiewende zu realisieren und den Klimawandel aufzuhalten. Weltweit gibt es bereits eine Vielzahl von CO<sub>2</sub>-Bepreisungssystemen. Auch in Österreich gilt für Teile der Wirtschaft bereits eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung nach dem europäischen Emissionshandelssystem (EU-ETS). Die Energiewirtschaft, energieintensive Industrie sowie die innereuropäische Luftfahrt sind hier erfasst. 64 Prozent der in Österreich produzierten Treibhausgase fallen aber in den Non-ETS Sektor und werden daher nicht erfasst. Damit der Anreiz für den Umstieg auf dekarbonisierte Lösungen und Systeme auch in den nicht EU-ETS-regulierten Sparten steigt, braucht es CO<sub>2</sub>-Preise für alle Sektoren der Wirtschaft und Industrie. Dass es

hierzu auch Bewusstsein und Verständnis aus dem Gewerbe- und Industriesektor gibt, zeigen deutlich Initiativen wie beispielsweise CEO`s for Future, die CO<sub>2</sub>-Bepreisung als zentrale Maßnahme sieht.<sup>3</sup> Wie man aus dem Vergleich des österreichischen Wirtschaftswachstums mit dem BIP-Wachstum von Schweden, Finnland, Dänemark und der Schweiz (also Ländern mit CO<sub>2</sub>-Bepreisung) sieht, haben CO<sub>2</sub>-Preise keinen negativen Effekt auf die wirtschaftliche Entwicklung (siehe Abbildung). Sie wirken sich aber vorteilhaft auf den Treibhausgasausstoß aus.



Entwicklung von BIP und THG-Emissionen unterschiedlicher Länder<sup>4</sup>

Quelle: World Bank, European Environment Agency (EEA)

Mindestens genauso wichtig wie ein starkes CO<sub>2</sub>-Preis-Signal ist die Verwendung der daraus generierten Mittel. Zweckwidmung in Projekte zur Dekarbonisierung reduzieren den CO<sub>2</sub>-Gehalt und schaffen Rahmenbedingungen für eine dekarbonisierte Wirtschaft, in der niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen einen Marktvorteil darstellen.<sup>5</sup>

Die Basis der Energiewende, die erneuerbaren Quellen, sind bereits vorhanden. Nun liegt es an uns, das Energiesystem zu 100 Prozent erneuerbarer Energieerzeugung zu wandeln. Es ist ein komplexes und kraftintensives Vorhaben, das nicht scheitern darf – und rasch umgesetzt werden muss. Nur wenn Wirtschaft, Politik, die gesamte Energiebranche und alle Bürgerinnen und Bürger an einem Strang ziehen und die vorhandenen Stolpersteine aus dem Weg räumen, kann dieses Vorhaben gelingen. Wir als Salzburg AG stehen zu 100% hinter den Maßnahmen und Anstrengungen, die für ein nachhaltiges und sicheres Morgen von Bedeutung sind. ■

<sup>1</sup> vgl. CEOs FOR FUTURE, Positionspapier „Ein Preis für CO<sub>2</sub>“, September 2021, S. 5, online verfügbar unter <https://ceosforfuture.at/wp-content/uploads/2021/09/c4f-positionspapier-co2-preis.pdf>

<sup>2</sup> vgl. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/69/energieeffizienz>

<sup>3</sup> vgl. CEOs FOR FUTURE, Positionspapier „Ein Preis für CO<sub>2</sub>“, September 2021, S.9 ff.

<sup>4</sup> CEOs FOR FUTURE, Positionspapier „Ein Preis für CO<sub>2</sub>“, Sept. 2021; S.8 (basierend auf Weltbank, Europäische Umweltagentur 2019, Darstellung Global 2000).

<sup>5</sup> vgl. CEOs FOR FUTURE, Positionspapier „Ein Preis für CO<sub>2</sub>“, September 2021, S.7 ff.

## Digitaler Zwilling für Energie 4.0



Ein digitaler Zwilling bildet die gesamte industrielle Anlage unter Berücksichtigung der Randbedingungen wie Strompreis und Wärmebedarf digital ab und ermöglicht es durch optimale Steuerung den Gesamtenergieverbrauch zu reduzieren.  
Bild: © TU Wien – Forschungsmarketing

# Internationale Forschungszusammenarbeit zur Digitalisierung industrieller Energiesysteme

Jürgen Fluch, Felix Birkelbach, Ekanki Sharma

**D**ie Digitalisierung ist zu einem festen Bestandteil des täglichen Lebens geworden. In der Industrie bietet sie Vorteile wie höhere Produktivität, niedrigere Kosten oder Flexibilität der industriellen Prozesse. Damit verbunden sind eine Verbesserung der Effizienz und Energieeinsparungen. Darüber hinaus kann die Digitalisierung die Integration erneuerbarer Energiequellen und die Umsetzung nachhaltiger Produktionsprozesse unterstützen, insbesondere in energieintensiven Industrien. Dadurch können die Treibhausgasemissionen in der Industrie weiter reduziert werden. Die Digitalisierung bringt jedoch auch einige Herausforderungen mit sich, darunter Fragen der Datenverwaltung und der Datensicherheit. Die Verfügbarkeit und Qualität von Big Data, die von den verfügbaren Sensoren abhängt, ist ein weiteres kritisches Element und essentiell für eine erfolgreiche Umsetzung.

## Digitalisierung entlang der Wertschöpfungskette in der Industrie

Im Rahmen eines Projekts der Internationalen Energieagentur (Technologieprogramm „Industrielle Energietechnologien und Systeme“ - IEA IETS Annex XVIII) befasst sich ein internationales Konsortium mit Zielsetzungen im Zusammenhang von Digitalisierung entlang der Wertschöpfungs- und Entwicklungskette in der Industrie. Insbesondere widmet sich das Projekt der Digitalisierung, der künstlichen Intelligenz (KI) und damit verbundenen Technologien für mehr Energieeffizienz und die Reduzierung von Treibhausgasemissionen in der Industrie. Dabei werden Methoden und

Anwendungen digitaler Zwillinge, Herausforderungen und Lösungen im Zusammenhang mit Digitalisierung sowie Roadmaps für die Implementierung von Digitalisierungsmaßnahmen in der energieintensiven Industrie untersucht.

Digitalisierung bietet ein enormes Potenzial, um die anstehenden Herausforderungen im Hinblick auf die Dekarbonisierung zukünftiger flexibler und volatiler industrieller Energiesysteme zu bewältigen. Weltweit arbeitet eine große Community in diesen Bereichen, doch die Entwicklung digitaler Zwillinge hat neben der Anwendung zur Produktionssteuerung noch keinen marktreifen Status erreicht. In den verschiedenen Communities lassen sich unterschiedliche Ansätze der Entwicklung und Umsetzung konkreter Lösungen erkennen, die zu einem unterschiedlichen Verständnis der Begriffe und des damit verbundenen Potenzials bzw. zu unterschiedlichen Herangehensweisen der sinnvollen Umsetzung der Digitalisierung führen. Das Projekt befasst sich speziell mit diesen Herausforderungen, indem es Expert\*innen zusammenbringt und gemeinsame Forschung und Arbeiten initiiert. Das internationale Projekt wird von Mouloud Amazouz, CanmetENERGY, Natural Resources Canada, geleitet, der ein Konsortium mit 11 Ländern koordiniert, darunter Österreich, Kanada, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Portugal, Niederlande, Italien, Schweden und die Schweiz. Das österreichische Konsortium wird vom Institut für Energiesysteme und Thermodynamik der TU Wien geleitet, mit AEE INTEC, dem Austrian Institute of Technology und der Montanuniversität Leoben als weiteren Projektpartnern.

Das Projekt startete 2018 mit „Assessment Studies“ (Task 1), in denen die brennendsten Themen für die weiteren Arbeiten identifiziert wurden. Nach einem einjährigen Konsultations- und Diskussionsprozess standen dann die Themen für die zweite Phase des Projekts fest:

- Methoden und Anwendungen digitaler Zwillinge (Task 2)
- Lehren aus der Digitalisierung (Task 3)
- Roadmap für die Implementierung von Digitalisierungsmaßnahmen in der Energie-intensiven Industrie (Task 4)

Der Schwerpunkt „Methoden und Anwendungen digitaler Zwillinge“ (Task2) wird von Prof. René Hofmann (TU Wien) geleitet und wird hauptsächlich vom österreichischen Konsortium vorangetrieben. Das Ziel ist es, einen Überblick über Methoden und Anwendungen von digitalen Zwillingen für industrielle Energiesysteme zu geben und die Vorteile und Nachteile dieser Technologie zu analysieren. Des Weiteren soll ein internationales, interdisziplinäres Netzwerk von Expert\*innen aus Industrie und Forschung in diesem Bereich aufgebaut werden, in dem Wissen zu digitalen Zwillingen für die Industrie ausgetauscht und neue Partnerschaften geknüpft werden, sowie innovative Ideen entstehen können.

### White-Paper Digitalisierung in der Industrie

Im Wesentlichen sind die erzielten Ergebnisse der Eingangsstudien in einem White Paper zusammengefasst. Darin wird festgestellt, dass es - obwohl Digitalisierungsmaßnahmen große Potenziale bieten - noch viele Herausforderungen zu meistern gibt. Dazu zählen zum Beispiel heterogene Technologielandschaften, die durch natürliches Wachstum in vielen Betrieben entstanden sind. Dadurch ist die Datenverarbeitung und die Implementierung von Digitalisierungsmaßnahmen ein komplexes Unterfangen. Zusätzlich wird Digitalisierung zwar mit Produktionslogistik verbunden, jedoch kaum mit einer effizienten und nachhaltigen Energieversorgung von Industriebetrieben. Außerdem behindern unterschiedliche Schnittstellen diverser Systeme die Verfügbarkeit und Nutzung großer Datenmengen.

In einem ersten Schritt wurde der Status quo von bereits gesetzten Digitalisierungsmaßnahmen erhoben und deren Nutzung bewertet. Im White Paper werden wichtige Begriffe definiert und eine Klassifizierungsmethodik vorgestellt, konkrete Digitalisierungsmaßnahmen in der energieintensiven aber auch -extensiven Industrie erhoben sowie ein Überblick über Digitalisierungsprojekte in der österreichischen Industrie gegeben. Außerdem werden relevante Techniken, Technologien und Anwendungen der Digitalisierung identifiziert und in Hinblick auf Anforderungen, Barrieren und Potenzial analysiert.



*Im Whitepaper „Digitalization in Industry – an Austrian Perspective“ wird der Stand der Digitalisierung in der Industrie analysiert und zukunftsweisende digitale Technologien aufgezeigt. Quelle: IEA TCP IETS Annex XVIII*

Das White Paper unterstreicht die Bedeutung von Digitalisierungsmaßnahmen für die Entwicklung, den Betrieb und die Wartung industrieller Anlagen. Österreich zählt durch die große Anzahl umgesetzter und laufender Projekte im Bereich der Digitalisierung zu den führenden Ländern in diesem Bereich. Das zeigen auch aktuell laufende Projekte bei AEE INTEC und den anderen österreichischen Partnern. Die Erkenntnisse beispielsweise aus dem Projekt „Digital Energy Twin“ (vom Klima- und Energiefonds gefördertes Leitprojekt unter der Leitung von AEE INTEC) werden direkt in Task 2 eingebracht. Damit sollen auch standardisierte Schnittstellen zwischen bestehenden industriellen Anlagen und dem aufzubauenden digitalen Zwilling inklusive Optimierung des Systems erreicht werden. Die Wertschätzung und Akzeptanz aller Beteiligten sowie der Gesellschaft spielen eine entscheidende Rolle, um eine weitreichende digitale Transformation der Industrie zu erreichen.

### Digitale Zwillinge in industriellen Energiesystemen

In allen teilnehmenden Ländern gibt es ähnliche Hindernisse bei der Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen in der Industrie. Es besteht mangelndes Verständnis darüber, wie Digitalisierungsmaßnahmen zu einer erhöhten Energieeinsparung und der Reduzierung von Treibhausgasemissionen in der Industrie führen können bzw. welchen potenziellen Nutzen und welche Auswirkungen digitale Zwillinge auf die globalen Klimaziele haben. Außerdem besteht Inkonsistenz bei relevanten Begriffen und Definitionen.

Derzeit führt das österreichische Konsortium eine Umfrage zu den Herausforderungen rund um digitale Zwillinge durch, um die Expertise zwischen den Teilnehmern auszutauschen.

Die Grundidee des vorbereiteten Fragebogens ist es, den Stand der Technik von digitalen Zwillingen

in industriellen Energiesystemen angemessen zu bewerten und zu beurteilen. Darüber hinaus sollen nach Zusammenstellung der Umfrageergebnisse detaillierte Einblicke in die in den Industrien eingesetzten Techniken und Methoden gewonnen werden. Der Schwerpunkt der Umfrage liegt auf technischen Details zu Modellierungsansätzen und Implementierungen von digitalen Zwillingen in Industrieunternehmen, doch die Ergebnisse zeigen auch eindrucksvoll den Stellenwert, den diese neue Technologie in den teilnehmenden Unternehmen hat: 70 Prozent stimmten zu oder stimmten vollkommen zu, dass digitale Zwillinge wichtig für die Erreichung der CO<sub>2</sub>-Einsparungsziele seien. Unglaubliche 95 Prozent gaben an, dass digitale Zwillinge wichtig bzw. sehr wichtig für ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit seien und 65 Prozent erwarten sich, dass digitale Zwillinge neue Geschäftsmodelle ermöglichen werden.

## Ausblick

Digitalisierung ist eine geeignete Methode, um die anstehenden Herausforderungen der Dekarbonisierung industrieller Systeme, die in Zukunft flexibler und volatiler werden, zu meistern. Das Projekt der Internationalen Energieagentur (IEA IETS Annex XVIII) wird über die internationale Zusammenarbeit einen Beitrag zu einer weiteren Standardisierung der Methoden und Prozesse leisten. Gewonnene Erkenntnisse werden direkt in konkrete Umsetzungen und weitere Forschungen einfließen. ■

*Ergebnisse des Fragebogens zur Einschätzung des Stellenwerts von digitalen Zwillingen in Industriebetrieben. 20 Fragebögen konnten für die Auswertung herangezogen werden.*

	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Neutral	Stimme zu	Stimme vollkommen zu
Digitale Zwillinge sind wichtig zur Erreichung der CO <sub>2</sub> -Ziele	0%	5%	25%	55%	15%
Digitale Zwillinge ändern das Energiemanagement unserer Firma fundamental	0%	11.1%	27.8%	38.9%	22.2%
Digitale Zwillinge sind integraler Bestandteil unserer F&E-Strategie	0%	0%	15.8%	36.8%	47.4%
Digitale Zwillinge unterstützen in Zukunft die Wettbewerbsfähigkeit	0%	0%	5%	65%	30%
Digitale Zwillinge eröffnen neue Geschäftsmodelle	0%	0%	35%	35%	30%



**Dipl.-Ing. Jürgen Fluch** leitet den Bereich „Industrielle Systeme“ bei AEE INTEC. [j.fluch@aee.at](mailto:j.fluch@aee.at)

**Dipl.-Ing. Dr. techn. Felix Birkelbach** ist Universitätsassistent am Institut für Energietechnik und Thermodynamik der Technischen Universität Wien. [felix.birkelbach@tuwien.ac.at](mailto:felix.birkelbach@tuwien.ac.at)

**Ekanki Sharma, M.Sc.** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin des Bereichs „Industrielle Systeme“ bei AEE INTEC. [ekanki.sharma@aee.at](mailto:ekanki.sharma@aee.at)



### Weiterführende Informationen / Links im E-Paper

Link zum White Paper <https://iea-industry.org/news/new-white-paper-digitalization-in-industry-an-austrian-perspective/>

Link zum Projekt IEA IETS Annex XVIII <https://iea-industry.org/tasks/digitalization-artificial-intelligence-and-related-technologies-for-energy-efficiency-and-ghg-emissions-reduction-in-industry/>

„Die Digitalisierung von Fertigungsprozessen stellt Unternehmen vor immense Herausforderungen. OT Security, prozessübergreifende Vernetzung oder der Einsatz von Cloud-Technologien sind einige davon. Oft lassen sich Auswirkungen getroffener Maßnahmen ohne den Einsatz digitaler Zwillinge nicht mehr auf ihre Wirksamkeit überprüfen. Die Ergebnisse des gemeinsamen Projektes „Digital Energy Twin“ werden uns zukünftig helfen, bessere Lösungen im Bereich der Digitalisierung für den Markt bereit zu stellen.“

**Reinhard Mayr**, Head of Information Security & Research Operations, COPA-DATA GmbH



Foto: COPA-DATA GmbH



Foto: AdobeStock/91563111

# Dekarbonisierung der Prozesswärmeversorgung durch Integration kombinierter erneuerbarer Technologien

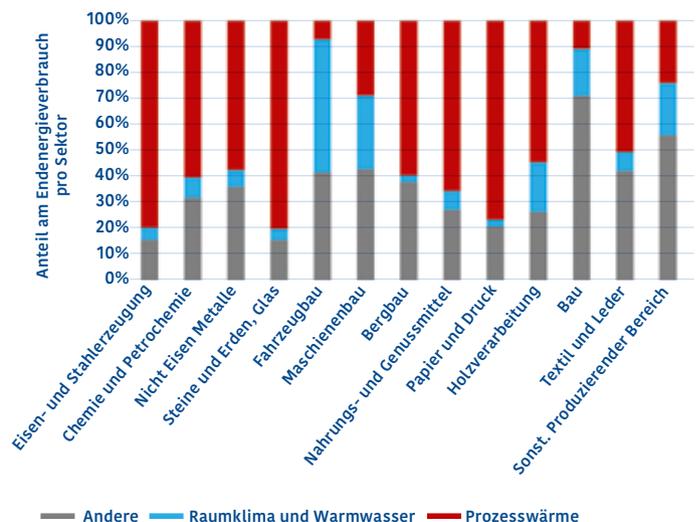
Sabrina Dusek, Dominik Seliger, Sarah Meitz, Veronika Wilk, Karl Ponweiser

## Status Quo des Endenergieverbrauchs der österreichischen Industrie

In den letzten Jahren hat das Thema Dekarbonisierung von industriellen Prozessen immer mehr an Bedeutung gewonnen. Unter anderem wird dies durch die steigenden Preise für CO<sub>2</sub>-Zertifikate deutlich. Diese sind in Europa von rund 25 €/t CO<sub>2</sub> Anfang des Jahres 2021, auf 80 €/t CO<sub>2</sub> im Dezember 2021 angestiegen<sup>[1]</sup>. Die Einführung eines nationalen CO<sub>2</sub>-Beitrages in Österreich ab Juli 2022 (30 €/t CO<sub>2</sub><sup>[2]</sup>) erhöht den Druck auf die Industrie, den Einsatz von fossilen Brennstoffen zu reduzieren, zusätzlich.

In der österreichischen Industrie wurden im Jahr 2020 rund 62 TWh an Endenergie zur Erzeugung der Nutzenergiekategorien Prozesswärme („Prozesswärme <200 °C“ und „Prozesswärme >200 °C“) und „Raumtemperatur und Warmwasser“ aufgewendet. Dies entspricht rund 72 Prozent des industriellen und rund 21 Prozent des österreichischen Gesamtendenergieverbrauchs<sup>[3]</sup>.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Anteil des Endenergieverbrauchs zur Bereitstellung der Nutzenergiekategorien für verschiedene österreichische Industriesektoren dargestellt, wobei die Nutzenergiekategorien „Prozesswärme“ und „Raumklima und Warmwasser“ explizit dargestellt sind und die übrigen Nutzenergiekategorien wie Standmotoren, Elektrochemie, EDV und Beleuchtung in der Kategorie „Andere“ zusammengefasst wurden.



Anteile verschiedener Nutzenergiekategorien am Endenergieverbrauch je Industriesektor auf Basis von Daten der Statistik Austria<sup>[3]</sup>



Es ist erkennbar, dass in den meisten Sektoren die Anteile der Nutzenergiekategorie „Prozesswärme“ sehr hoch sind. Diese Nutzenergiekategorie spielt eine große Rolle bei der Dekarbonisierung von industriellen Prozessen, da über 50 Prozent des Endenergiebedarfs dieser Kategorie mit fossilen Brennstoffen erzeugt wird. Zum Beispiel wird im Sektor Nahrungs- und Genussmittel rund 80 Prozent der Prozesswärme aus Erdgas erzeugt, wobei mehr als die Hälfte der Prozesswärme auf einem Temperaturniveau kleiner als 200 °C benötigt wird<sup>[3]</sup>.

### **Das Projekt CORES als Lösungsansatz zur Dekarbonisierung der Industrie**

Um die Dekarbonisierung der Industrie voranzutreiben, muss der Anteil an erneuerbaren Energiequellen und die Effizienz der Industrieprozesse gesteigert werden. Die vollständige Dekarbonisierung des Prozesswärmebedarfs eines industriellen Betriebs ist in den meisten Fällen durch die Anwendung von nur einer Technologie nicht realisierbar. Stattdessen besteht die Möglichkeit, mehrere erneuerbare bzw. effizienzsteigernde Technologien miteinander zu kombinieren. Im Forschungsprojekt CORES (Combined Renewable Energy Systems) werden solche Technologiekombinationen, bestehend aus Solarthermie, Photovoltaik, thermische Speicher und Wärmepumpen, sowie direkte Abwärmerückgewinnung zur Deckung des industriellen Wärmebedarfs auf niedrigem und mittlerem Temperaturbereich (bis 150 °C) genauer untersucht. Als Grundlage für die Untersuchungen dienen die Prozesse der Industriepartner des Projekts. Dabei handelt es sich um zwei Beispiele aus dem Sektor „Nahrungs- und Genussmittel“ und um ein Beispiel aus dem Sektor „Steine und Erden, Glas“. Damit wird die Praxisrelevanz der Ergebnisse sichergestellt. Das Ziel des Projektes ist es, optimale, an den Prozesswärmebedarf angepasste Technologiekombinationen zu ermitteln und allgemeine Informationen für die Umlegung der Erkenntnisse auf andere Industrieprozesse zu gewinnen.

CORES wird als D-A-CH-Projekt gemeinsam mit Partnern aus Deutschland und der Schweiz durchgeführt, um zusätzliche Synergien im Bereich optimierter Integration von erneuerbaren Energiequellen in Industriebetrieben sowie innovativer ökonomischer Bewertungsparameter zu nutzen.

### **Zuverlässige Ergebnisse durch Simulation der Technologiekombinationen**

Ausgangspunkt für die Vorauswahl relevanter Technologiekombinationen für einen Industrieprozess sind Informationen zum Prozesswärmebedarf und zur verfügbaren Abwärme.

Sind Abwärmeströme vorhanden, können diese entweder direkt mittels Wärmeübertrager für Prozesse oder über eine Wärmepumpe, die zusätzlich eine Erhöhung des Temperaturniveaus bewirkt, nutzbar gemacht werden. Durch solche Maßnahmen wird die Effizienz des Industrieprozesses gesteigert und je nach zuvor verwendeter Energiequelle auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert. Die Einbindung von Solarthermie und Photovoltaikanlagen ermöglicht die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen zur Prozessversorgung, wobei die verfügbaren Dachflächen berücksichtigt werden. Fluktuationen in der Wärmeversorgung sowie im Prozesswärmebedarf können durch den Einsatz von thermischen Speichern ausgeglichen werden.

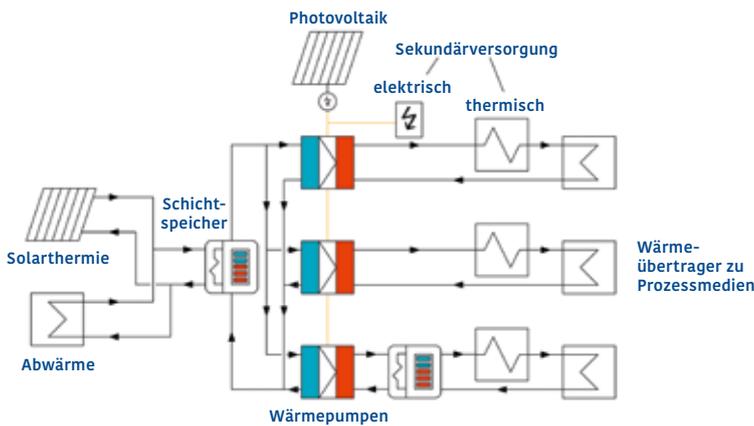
Im Projekt CORES werden einfache physikalische Modelle der einzelnen Technologien für die Untersuchungen zu einem Systemmodell verknüpft. Durch einen modularen Aufbau können die einzelnen Technologiemodelle beliebig miteinander verknüpft werden, da auch die Verschaltung der einzelnen Technologien eine große Rolle spielt. Ein Beispiel für eine Technologiekombination ist in der folgenden Abbildung dargestellt. In dieser Konfiguration werden drei Verbraucher über parallel zueinander verschaltete Wärmepumpen versorgt.

Für die Prozesswärmeversorgung sind sowohl Sonnenkollektoren als auch Abwärmerückgewinnung vorgesehen, wobei diese in einen thermischen Speicher einspeisen, um Fluktuationen zu glätten. Der thermische Speicher versorgt wiederum drei Wärmepumpen (eine Wärmepumpe pro Verbraucher), die das Temperaturniveau der Wärmeträgermedien anheben. Auf Grund von prozessseitigen Schwankungen des Wärmebedarfs ist beim untersten Verbraucher ein zusätzlicher thermischer Speicher auf der Hochtemperaturseite der Wärmepumpe vorgesehen. Darüber hinaus inkludiert diese Konfiguration eine Photovoltaikanlage. Da bei den Untersuchungen die industrielle Prozesswärmeversorgung im Fokus steht, wird diese zur elektrischen Versorgung der Wärmepumpen eingesetzt. Außerdem wird zusätzlich von der Wär-

<sup>[1]</sup> European Energy Exchange AG, Spotmarkt, <https://www.eex.com/de/marktdaten/umweltprodukte/spotmarkt>, Zugriff am 20.12.2021

<sup>[2]</sup> Wien Energy GmbH, Gastbeitrag: Ein CO<sub>2</sub>-Preis in Österreich <https://positionen.wienenergie.at/blog/gastbeitrag-ein-co2-preis-in-osterreich/>, Zugriff am 20.12.2021

<sup>[3]</sup> Statistik Austria, Nutzenergieanalyse Österreich 1993 – 2020, [https://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_umwelt\\_innovation\\_mobilitaet/energie\\_und\\_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html](https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html), Zugriff am 20.12.2021



Beispielkonfiguration zur  
Bereitstellung von Prozesswärme  
Quelle: Dominik Seliger, TU Wien

mepumpe benötigte elektrische Energie ebenfalls über eine Sekundärversorgung bereitgestellt. Ist es nicht möglich, die vom Prozess benötigte thermische Energiemenge bzw. das Temperaturniveau mit der Technologiekombination bereitzustellen, wird dies ebenfalls über eine Sekundärversorgung (= bestehende Energieversorgung) berücksichtigt.

### Bewertung und Optimierung der Technologiekombination

Die Simulationsergebnisse der Technologiekombination werden nach nachvollziehbaren und aussagekräftigen technischen und ökonomischen Kriterien bewertet. Im Projekt CORES wurde hier unter anderem mit einem Stakeholder-Expertenpool zusammengearbeitet, der sich aus Technologiebereitstellern, Ingenieurbüros sowie Endanwendern zusammensetzt. Basierend auf gemeinsamen Workshops wurden relevante Key-Performance-Indikatoren (KPI), wie zum Beispiel Investitionskosten, Amortisationszeit und CO<sub>2</sub>-Ausstoß festgelegt. Diese KPIs dienen als Bewer-

tungsgrundlage für die Technologiekombination bzw. zur Dimensionierung der einzelnen Komponenten. Nachdem die Auswahl der geeignetsten Technologiekombination und die Dimensionierung der einzelnen Technologien erfolgt ist, wird auch die Regelung im Betrieb genauer untersucht. Ziel ist es, eine optimal an den Prozesswärmebedarf angepasste, wirtschaftlich realisierbare Technologiekombination mit einem möglichst hohen Dekarbonisierungsgrad zu erhalten.

### Danksagung

Ein großer Dank gilt allen Projektpartnern: AEE - Institut für Nachhaltige Technologien, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Technische Universität Wien - Institut für Energietechnik und Thermodynamik, AutomationX GmbH, AGRANA Fruit Austria GmbH, Lasselsberger GmbH, Gebrüder Woerle Gesellschaft m.b.H. und StadtLABOR Innovationen für urbane Lebensqualität GmbH. Das Projekt CORES (FFG Projektnummer 871669), im Zuge dessen dieser Beitrag entstanden ist, wird vom österreichischen Klima- und Energiefonds gefördert.



**Dipl.-Ing. in Dr. in techn. Sabrina Dusek** ist als Research Engineer am AIT Austrian Institute of Technology GmbH tätig. Sabrina.Dusek@ait.ac.at

**Dipl.-Ing. Dominik Seliger** ist Projektassistent am Institut für Energietechnik und Thermodynamik and der Technischen Universität Wien. dominik.seliger@tuwien.ac.at

**Dipl.-Ing. in Sarah Meitz** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin des Bereichs „Technologieentwicklung“ bei AEE INTEC. s.meitz@aee.at

**Dipl.-Ing. in Dr. in techn. Veronika Wilk** ist als Thematic Coordinator am AIT Austrian Institute of Technology GmbH tätig. Veronika.Wilk@ait.ac.at

**Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Karl Ponweiser** ist Professor am Institut für Energietechnik und Thermodynamik der Technischen Universität Wien. karl.ponweiser@tuwien.ac.at

### Weiterführende Informationen / Links im E-Paper

<https://energieforschung.at/projekt/integration-kombinierter-erneuerbarer-energiesysteme-in-die-industrie/>  
<https://www.aee-intec.at/cores-integration-kombinierter-erneuerbarer-energiesysteme-in-die-industrie-p242>



Foto: AT&S / KANIZAJ Marija-M. | 2018

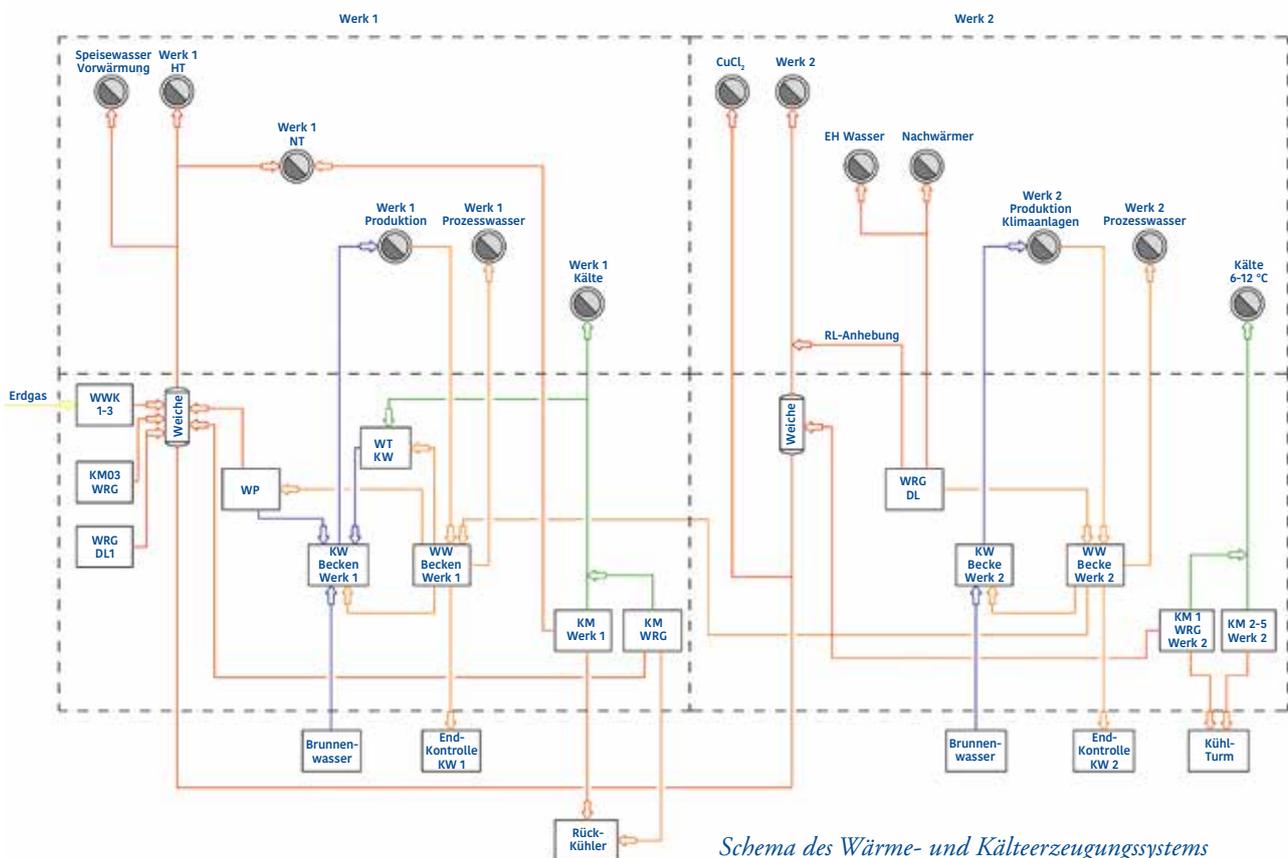
# Digitaler Energiezwilling

Carles Ribas Tugores, Thomas Kurz, Gerald Schweiger, Thorsten Mattausch, Jürgen Fluch

**D**ie Energiewende basiert auf der signifikant steigenden Integration erneuerbarer Energieträger, womit eine Erhöhung der Volatilität der Energieversorgung einhergeht. Gleichzeitig steigen die spezifischen Kundenanforderungen an die industrielle Produktion, wodurch auch der Energiebedarf immer größeren Schwankungen unterworfen ist. Die Optimierung industrieller Energiesysteme muss somit die Flexibilität von Energieangebot und -nachfrage kombinieren. Das vom österreichischen Klima- und Energiefonds geförderte Projekt „Digital Energy Twin“ entwickelt Lösungen anhand des Anwendungsbeispiels AT & S Austria Technologie & Systemtechnik AG. Das ganzheitliche Optimierungssystem berücksichtigt den volatilen Energiemarkt, das betriebsinterne Energiesystem und den schwankenden Energiebedarf der einzelnen Produktionsabteilungen unter unterschiedlichen Ansätzen.

## Energiesystem AT&S AG

Das Energiesystem der AT&S AG, einem führenden Hersteller von Leiterplatten und IC-Substraten, hat sich über 20 Jahre hinweg kontinuierlich entwickelt und verändert, wodurch das System eine hohe Komplexität erreicht hat. Durch die laufende Produktionsaufrüstung wird das Versorgungssystem für Kühlung, Heizung und Wasser in aktuell zwei Werken kontinuierlich erweitert, umgebaut und verbessert. Jedes Werk besteht aus mehreren Wärmeverbrauchern, die mittels zweier Wärmenetze auf unterschiedlichen Temperaturniveaus (<100 °C) versorgt werden. Der Kältebedarf kann in zwei Cluster unterteilt werden: kaltes und aktiv gekühltes Wasser. Gleichzeitig wird gekühltes Wasser auch zur direkten Versorgung von Produktionsprozessen (Bädern) verwendet.



Schema des Wärme- und Kälteerzeugungssystems der AT&S AG in Hinterberg

Quelle: ENERTEC Nafiz & Partner GmbH & Co.

Kälte wird zur Gänze über vorhandene Kälteanlagen bereitgestellt. Die dabei anfallende Abwärme wird in die beiden Wärmeversorgungsnetze eingespeist bzw. über Rückkühlung an die Umgebung abgegeben. Die Wärmebereitstellung wird kaskadisch umgesetzt, wobei die Nutzung der vorhandenen Abwärmeströme aus den Kälteanlagen sowie Druckluftkompressoren gegenüber dem Einsatz von Wärmepumpen und schließlich den bestehenden Heizkesseln priorisiert wird.

### Optimierungsmethoden

Die meisten Optimierungsmethoden industrieller Energiesysteme benötigen ein Modell des zu optimierenden Systems. Dabei werden sowohl physikalische als auch datengetriebene Modelle eingesetzt. Erstere beschreiben Systeme basierend auf mathematischen Gleichungen, bei zweiteren „erlernen“ sogenannte Machine-Learning-Algorithmen (die aktuell prominenteste Methode aus dem Werkzeugkasten der künstlichen Intelligenz) das Verhalten von Systemen durch die Analyse von Daten. Beide Wege der Modellierung haben klar erkennbare Stärken und Einschränkungen. Gleichungen können von Anwendern grundsätzlich leicht verändert und interpretiert werden. Die Beschreibung von Systemen mit Gleichungen stößt jedoch dort an ihre Grenzen, wo diese zunehmend komplexer und Zustände schwerer beschreibbar werden. Der Grund ist, dass die zugrundeliegenden Gleichungen des Systems nicht bekannt sind oder nur bestimmte Eingangs- und Ausgangsgrößen gemessen werden können, die Zustände im Inneren des Systems aber unbekannt sind. Machine-Learning-Algorithmen verarbeiten genau diese Input-/Output-Daten. Viele Algorithmen benötigen dazu keine Gleichungen und die notwendigen Modelle von Prozessen oder Anlagen können von Personen entwickelt werden, welche die zugrundeliegenden Prozesse und Physik nicht kennen. Damit beschäftigt sich die Wissenschaft aktuell: Wie können Machine-Learning-Ansätze methodisch interpretierbarer, robuster und allgemeiner anwendbar werden. Im Zusammenhang mit der Entwicklung und Nutzung digitaler Zwillinge zur Optimierung industrieller Systeme sind dafür Werkzeuge aus den Welten der Physik und Data Science notwendig.

### Physikalisches Modell

Ein physikalisches Modell eignet sich wie beschrieben, wenn die zugrundeliegenden Gleichungen zur Beschreibung des Systems bekannt sind. Das ist für typische Anlagen zur Versorgung mit Wärme und Kälte der Fall. Leistung, Energie, Temperaturen und Massenströme sind typische Parameter, die so beschrieben werden können. Für die Entwicklung und

vor allem die weitere Verwendung der Modelle ist die Wahl der geeignetsten Modellierungssprache sowie die Simulationsumgebung wichtig. Im Projekt „Digital Energy Twin“ wurde Modelica für die Modelle und Dymola als Umgebung eingesetzt. Die meisten Modelica-Werkzeuge sind mit dem FMI-Standard<sup>2</sup> konform, wodurch die entwickelten Modelle in gängige und auch im Projekt genutzte Softwarelösungen digitaler Zwillinge als FMU<sup>3</sup> integriert werden können. Ein weiterer wichtiger Aspekt von Modelica sind frei verfügbare Modell-Bibliotheken für Energiesysteme und die langjährige positive Erfahrung des Konsortiums mit diesen. Die Abbildung des industriellen Energiesystems basiert auf gesammelten Informationen und verfügbaren Modellen für die Grundkomponenten wie Wärmeübertrager, Wärmepumpen sowie Heizkessel und Kälteanlagen.

### Datengetriebenes Modell

Komplexer ist die Beschreibung von Prozessen wie zum Beispiel galvanischen Bädern in der Leiterplattenproduktion. Bekannte Gleichungen reichen dafür nicht mehr aus, weshalb im Projekt „Digital Energy Twin“ die Methode der datengetriebenen Modellierung gewählt wird. Damit wird basierend auf verfügbaren gemessenen oder simulierten Eingangs- und Ausgangsgrößen eines Bades ohne Kenntnisse der Vorgänge im Inneren des Bades dieses in ein Modell übergeführt. Weiters müssen unterschiedliche Betriebszustände wie das Vorheizen und die eigentliche Produktion unterschieden werden, um Vorhersagen zu Energiebedarf und Produktqualität machen zu können. Wenn keine Produktion stattfindet, wird die Heizung der Becken abgeschaltet und die Bäder kühlen auf Raumtemperatur ab. Diese unterschiedlichen Phasen werden durch das Datenmodell abgebildet.

### Ganzheitliches Optimierungssystem

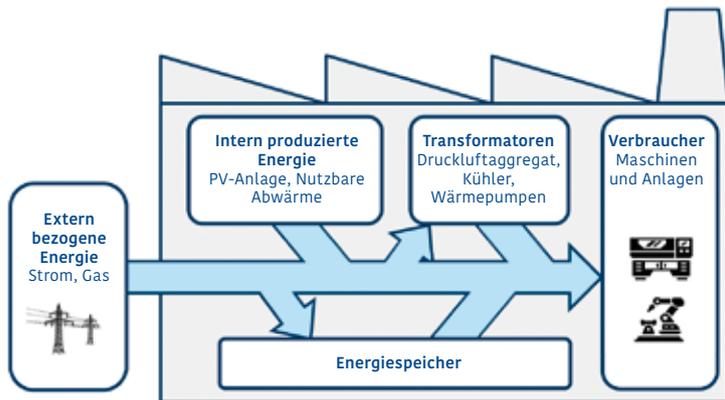
Um den Energiebedarf des industriellen Systems abbilden, vorhersagen und optimieren zu können, ist es notwendig, das Energiesystem, die Energieverbräuche der einzelnen Produktionsprozesse und die zur Verfügung stehende Energie in einem Optimierungssystem zusammenzufassen (siehe Abbildung auf der nächsten Seite). Basierend auf der beschriebenen physikalischen und datengetriebenen Modellierung bilden diese die Grundlage für die Optimierung und werden je nach Wahl der Optimierungsmethode angepasst. Entscheidend in diesem Arbeitsschritt ist auch die Reduktion der Rechenzeit, um die Erkenntnisse in einen digitalen Zwilling in Echtzeit integrieren zu können. Die in Modelica erzeugten physikalischen Modelle haben eine lange Rechenzeit, wodurch ihre Implemen-

<sup>1</sup> IC - Integrated Circuit

<sup>2</sup> Das Functional Mock-up Interface (FMI) ist ein freier Standard, der einen Container und eine Schnittstelle für den Austausch dynamischer Modelle mit einer Kombination aus XML-Dateien, Binärdateien und C-Code in einer einzigen Datei definiert. <https://fmi-standard.org>

<sup>3</sup> Der Container des FMI-Standards ist die Functional Mock-up Unit (FMU)

terierung in ein Optimierungsverfahren erschwert wird. Allerdings ist es möglich, aus diesen physikalischen Modellen sogenannte Surrogatmodelle abzuleiten. Surrogatmodelle stellen das ursprüngliche Modell vereinfacht dar, wodurch die Rechenzeit verkürzt werden kann. Zusätzlich zur Rechengeschwindigkeit ist darauf zu achten, dass die Modelle aus unterschiedlichen Programmierumgebungen zusammengeführt werden können. Dabei hilft der bereits erwähnte FMI-Standard. Steht dieser Standard nicht zur Verfü-



Vereinfachte Abbildung eines industriellen Energiesystems  
Quelle: Montanuniversität Leoben

gung, müssen die Modelle „übersetzt“ werden, wobei Surrogatmodelle für diese Übersetzung hilfreich sein können. Mit dem gewünschten Modell können Input- und Outputparameter erzeugt werden, aus denen anschließend das Surrogatmodell erzeugt wird.

## Ausblick

Die Digitalisierung eröffnet in der Auslegung und dem Betrieb industrieller Energiesysteme die Möglichkeit, neue ganzheitliche Optimierungsansätze mit dem Ziel der Dekarbonisierung des Energiesystems zu entwickeln und umzusetzen. Die Herausforderung ist dabei, die Modelle des Systems so zu entwickeln, dass sie die Realität hinreichend genau beschreiben und gleichzeitig für Optimierungen nutzbar sind. Anhand des konkreten Beispiels bei AT&S AG werden die Methoden entwickelt, angewandt und führen neben der Visualisierung in Virtual und Augmented Reality zu konkreten Umsetzungen hin zur CO<sub>2</sub>-neutralen Produktion.

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms Energieforschung (e!MISSION), 5. Ausschreibung 2018 durchgeführt. ■



**Dipl.-Ing. Carles Ribas Tugores** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich „Städte und Netze“ bei AEE INTEC. [c.ribastugores@aee.at](mailto:c.ribastugores@aee.at)

**Dipl.-Ing. Thomas Kurz** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Energieverbundtechnik der Montanuniversität Leoben. [thomas.kurz@unileoben.ac.at](mailto:thomas.kurz@unileoben.ac.at)

**Priv.-Doz. Mag. Phil. Dr. techn. Gerald Schweiger, MA MA PhD**, ist Gruppenleiter am Institut für Softwaretechnologie der Technischen Universität Graz. [gerald.schweiger@tugraz.at](mailto:gerald.schweiger@tugraz.at)

**Thorsten Mattausch, BSc** ist Mitarbeiter am Institut für Softwaretechnologie der Technischen Universität Graz. [thorsten.mattausch@tugraz.at](mailto:thorsten.mattausch@tugraz.at)

**Dipl.-Ing. Jürgen Fluch** ist Leiter des Bereichs „Industrielle Systeme“ bei AEE INTEC. [j.fluch@aee.at](mailto:j.fluch@aee.at)



### Weiterführende Informationen / Links im E-Paper

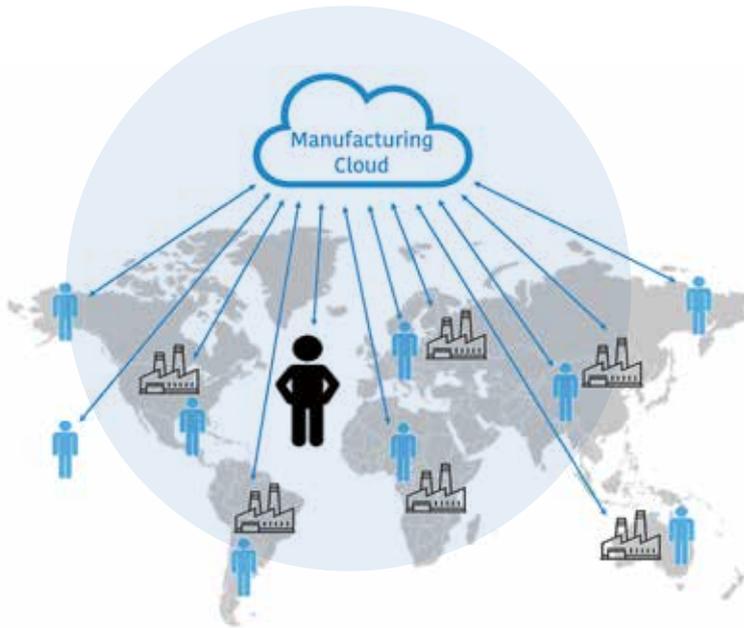
<https://projekte.ffg.at/projekt/3308396>

"Für die Leiterplattenproduktion setzen wir bei AT&S hochspezialisierte Anlagen und Prozesse ein, die auch ein komplexes Energiesystem benötigen. Damit wir effizient, nachhaltig und hochqualitativ produzieren können, werden alle Fertigungsschritte und die damit verbundenen Prozesse sehr genau überwacht und kontinuierlich optimiert. Dafür setzen wir auch auf innovative Lösungen: Mit Hilfe eines Digital Energy Twins einer unserer Fertigungsanlagen sind wir dabei, weitere Optimierungsmöglichkeiten entlang der Produktions- und Energieversorgungskette zu identifizieren und auch umzusetzen. So wird die Flexibilität und Effizienz in der Produktion weiter gesteigert und gleichzeitig ein wesentlicher Beitrag geleistet, die Herstellung von Leiterplatten noch umweltfreundlicher und ressourcenschonender zu machen."

**Andreas Gerstenmayer**, CEO AT&S



Foto: AT&S



*Manufacturing Cloud zur Vernetzung von global verteilten Lieferanten und Kunden im Bereich Fertigungstechnik*

*Quelle: Digital Factory Vorarlberg*

# Flexibilisierung von Lieferketten

Robert Merz, Ralph Hoch, Damian Drexel

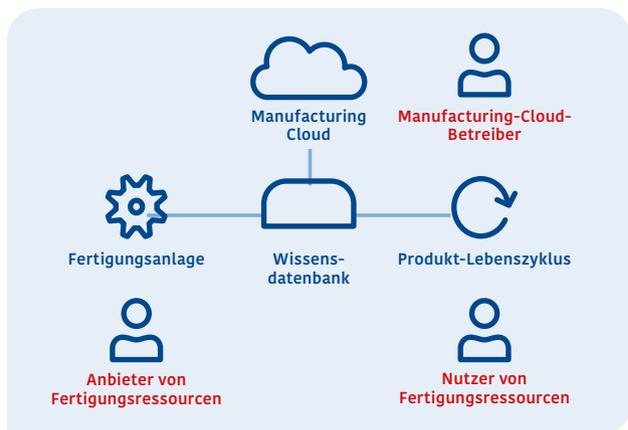
**S**teigender Konkurrenz- und Kostendruck, die rasche Veränderung und Erneuerung verfügbarer Technologien, starke Variabilität der Kundenanforderungen und die Notwendigkeit zur Ressourcen- und Energieeinsparung erfordern grundlegend neue Wege, wie zukünftig die Entwicklung und Fertigung von Produkten und Bauteilen betrieben wird. Wie in vielen anderen Branchen auch, findet derzeit eine massive Veränderung in Richtung virtueller Technologien statt. Manufacturing Clouds werden dabei eine wesentliche Rolle spielen.

## Virtualisierung der Fertigungstechnik

Manufacturing-as-a-Service (MaaS, auch als Cloud Manufacturing bezeichnet) ist ein Service-orientiertes Modell für die digitale Vernetzung von Lieferketten und die Steuerung und Vernetzung von global verteilten Fertigungsanlagen, sowie die Auftragsplanung und Abwicklung mit ebenfalls global verteilten Kunden. Ähnlich wie bei E-Commerce-Plattformen (Webshops) werden in der Manufacturing Cloud Anbieter (Lieferanten) und Nutzer von Fertigungsdienstleistungen (Auftraggeber/Kunden) miteinander vernetzt.

Ein Manufacturing-Cloud-Betreiber stellt dafür Plattform-basierte Services mit zentralem Management zur Vernetzung und Optimierung von Lieferketten zur Herstellung von Bauteilen bereit. Anbieter, welche über Maschinen und Produktionsanlagen verfügen, stellen freie Kapazitäten in der Cloudplattform zur Verfügung. Die Spezifikationen der bereitgestellten Fertigungsprozesse werden in einer Wissensdatenbank des Plattformbetreibers abgelegt und stehen für Auftragszuordnung und Optimierungen zur Verfügung. Kunden schicken nun ebenfalls ihre Bauteil- und Produktspezifikationen an die Cloudplattform. Dort erfolgt die Suche nach geeigneten Anbietern, das heißt es kommt zu einem Matching der Spezifikatio-

nen der Produkte mit den Spezifikationen der verfügbaren Fertigungsressourcen, die Optimierung nach unterschiedlichen Kriterien wie zum Beispiel Kosten, Lieferzeit, Qualität, Ressourcenverbrauch, Liefer- und Transportwege, etc. und die Zusammenstellung des notwendigen Fertigungsablaufs und der Lieferkette. Sämtliche Verträge, die für die Abwicklung von Aufträgen notwendig sind, werden zwischen Lieferanten und Plattform, sowie zwischen Kunden und Plattform geschlossen. Ein individuelles Vertragsmanagement mit allen Zulieferern eines Kunden, bzw. vice versa, ist nicht mehr notwendig.



*Prinzip des Cloudmanufacturings*

*Quelle: Li Bohu, Zhang Lin, Chai Xudong, Introduction to Cloud Manufacturing (modifiziert)*

## Nachhaltige Ressourcennutzung durch MaaS-Plattformen

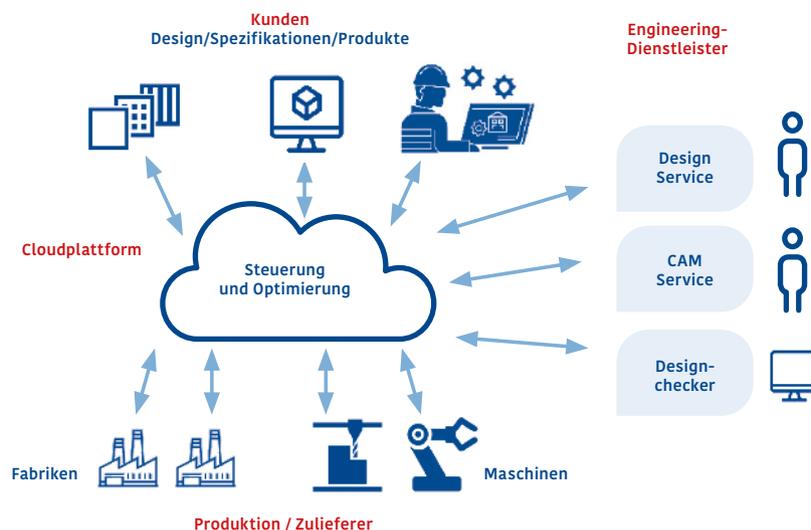
Die Vorteile, die sich für viele Gewerbe- und Industriebetriebe durch Verwendung des Cloud Manufacturing ergeben, betreffen nicht nur die Flexibilisierung der Lieferketten, sondern ermöglichen einen opti-

mierten Einsatz von Ressourcen und Energie. Durch die standortunabhängige Anbindung von Maschinen, Anlagen oder ganzen Fabriken (Distributed Point of Use), sowie die ortsunabhängige Einbindung von Engineeringdienstleistern entsteht ein global verteiltes Fertigungs- und Engineeringnetzwerk. Die Verteilung und Steuerung der Fertigungsaufträge durch die Plattform kann somit neben der Optimierung von Kosten, Lieferzeit oder Qualität auch die Minimierung der Lieferwege zwischen Subauftragnehmern und die Nähe zum Kunden oder Rohstofflieferanten berücksichtigen. Neben der damit erreichten Reduktion des Ressourcenverbrauchs ergibt sich für Anbieter von Fertigungsanlagen die Möglichkeit zur verbesserten Maschinenauslastung und Umsatzsteigerung. Werden Maschinen, die zum Beispiel auch zur eigenen Produktion verwendet werden, zeitweise nicht benötigt, können die freien Kapazitäten in der Cloudplattform angeboten werden. Bei Überauslastung oder für Unternehmen, welche Maschinenkapazitäten nur geringfügig nutzen, ergibt sich die Möglichkeit, unkompliziert und ohne lange Lieferantensuche oder Kapazitätsabfragen auf Drittleister zuzugreifen und jeweils die neueste und bestmögliche Technologie für Fertigungsaufträge zu nutzen. Global gesehen ergeben sich durch die verdichtete Maschinenauslastung weitere Ressourceneinsparungen durch verringertes Anlageninventar. Für die einzelnen Unternehmen folgen daraus geringere Investmentkosten. Ein weiterer wesentlicher Vorteil des Cloudmanufacturings liegt in der On-demand-Fertigung. So müssen zum Beispiel Ersatzteile nicht mehr auf Lager gelegt werden und können bei Bedarf direkt am Einsatzort gefertigt werden. Die Bevorratung kann damit von realen, oft zentralen Lagern in den virtuellen Bereich, zur digitalen Speicherung von Bauplänen und Fertigungsabläufen verlegt werden (Digital Inventory). Ebenso ermöglicht das Cloudnetzwerk eine hochdynamische Reaktion und maximale Skalierbarkeit bei rasch auftretenden Änderungen von Stückzahlen durch Einbindung von weiteren Auftragnehmern oder der Nutzung frei gewordener Maschinenkapazitäten durch andere Auftraggeber.

## Herausforderungen für großflächige Umsetzung von Manufacturing-Cloud-Plattformen

Weithin in Verwendung finden sich solche Konzepte bereits seit vielen Jahren in der Halbleiterindustrie, wo Aufträge zur Herstellung von individuellen Halbleiterchips auch kleinerer Chargen an Fabcenter übermittelt werden können und dort gebündelt mit Aufträgen anderer Kunden hergestellt werden. In neuerer Zeit sind auch Plattformen für 3D-Druck entstanden. Bei diesen beiden Anwendungsfällen ergibt sich durch die Einschränkung der benötigten (verfügbaren) Fertigungstechnologie bzw. der auf 2-dimensionale Geometrien zerlegten Bauteile eine stark verringerte Komplexität der Zuordnung zwischen Bauteilen oder Produkten und der benötigten Fertigungsanlagen. Im Bereich der traditionellen Fertigungstechnik existieren derzeit einige Plattformen, die sich nur auf einzelne Fertigungstechnologien, zum Beispiel Fräsen oder Drehen, spezialisiert haben, oder bei welchen die Zusammenstellung komplexer Fertigungsabläufe, die aus einer Vielzahl unterschiedlicher Technologieschritte bestehen, von den Plattformbetreibern manuell durchgeführt wird.

Die Umsetzung einer automatisierten Erstellung und Verteilung komplexer Fertigungsabläufe wird in naher Zukunft möglich sein. Dazu werden derzeit umfangreiche Forschungsarbeiten zur semantischen Abbildung der Fähigkeiten von Fertigungsanlagen, sowie der semantischen Abbildung der Produkt- und Bauteilspezifikationen durchgeführt. Erst wenn beide Abbildungen im Cloudsystem vorhanden sind, können automatisierte Zuordnungen zwischen Aufträgen und Lieferanten, sowie die angesprochenen Optimierungsschritte erfolgen. Dazu wird es auch notwendig sein, vorhandene Standards, wie zum Beispiel STEP<sup>1</sup>, um geeignete Komponenten zur Spezifikationsbeschreibung zu erweitern. Darüber hinaus wird an Methoden zur Absicherung der Intellectual Property Rights und zur sicheren und geheimen Verarbeitung von wichtigen Kenndaten der Auftragnehmer, wie zum Beispiel der Maschinenauslastung, gearbeitet.



*CIDOP – Manufacturing-as-a-Service-Cloudplattform der Digital Factory Vorarlberg GmbH (CAM – Computer Aided Manufacturing)  
Quelle: Digital Factory Vorarlberg*

Neben einer Reihe von weiteren Forschungsinstitutionen arbeitet die Digital Factory Vorarlberg GmbH in Dornbirn, Österreich, an für das Cloud Manufacturing geeigneten Beschreibungsmethoden, Algorithmen zur Optimierung und Brokersystemen zur Auftragsverteilung. In einer Reihe von Projekten wurde von der Digital Factory Vorarlberg die Forschungsplattform CIDOP (Cloud Based Information Systems for Distributed and Optimized Production) entwickelt. Die CIDOP-Forschungsplattform verfügt über Interfaces zur Einbindung von Maschinen und Fertigungsanlagen in die Manufacturing Cloud. Kunden speisen Ihre Aufträge über ein zweites Interface in das Verteilungs- und Brokersystem ein. Ein weiteres

Interface der CIDOP-Plattform ermöglicht die Einbindung von Engineering-Dienstleistungen für komplexe, manuell durchgeführte oder automatisierte Engineeringsservices, wie zum Beispiel CAD-CAM-Übersetzer, Überprüfung von Designregeln oder diverse Analysen. 2022 geht die CIDOP-Manufacturing-Cloud in einen Testbetrieb mit anderen Forschungseinrichtungen.

#### Danksagung

Die Forschungsarbeiten zum Cloud-Manufacturing-System CIDOP der Digital Factory Vorarlberg werden von der FFG im Rahmen des Programms COIN, FFG-Projektnr. 866833, gefördert. ■

<sup>1</sup> *Standard for the Exchange of Product model data, ISO 10303*



**Prof. (FH) DI Dr. Robert Merz** ist Research Director der Digital Factory Vorarlberg GmbH  
**DI Dr. Ralph Hoch** ist Area Manager für Digital Manufacturing der Digital Factory Vorarlberg GmbH  
**Damian Drexel, BSc., MSc.** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungszentrum Digital Factory Vorarlberg

ANZEIGE



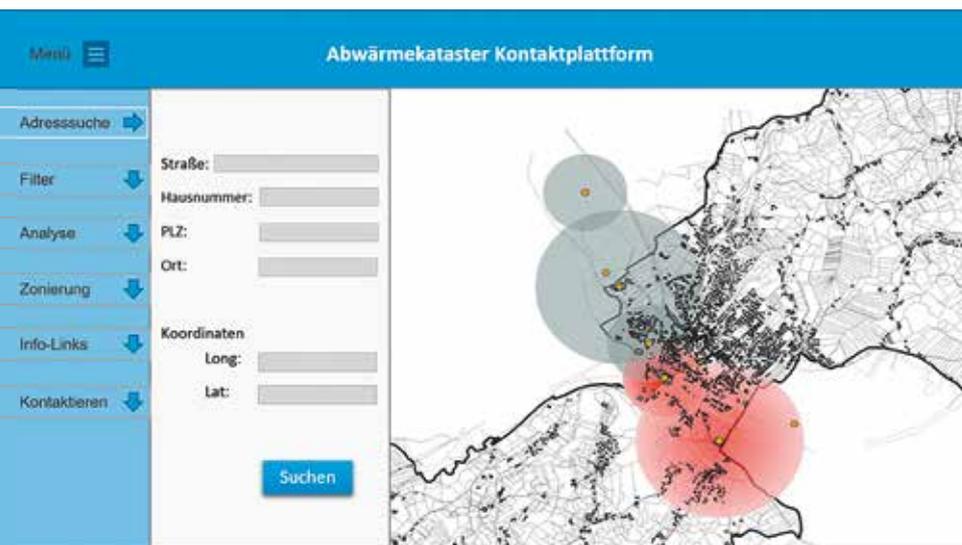
AT&S

**HIGH-TECH PROVIDER  
FOR BEST SOLUTIONS  
WORLDWIDE**

AT & S Austria Technologie & Systemtechnik Aktiengesellschaft

FOLLOW AT&S  
ON SOCIAL MEDIA





*Entwurf einer funktionalen  
Benutzeroberfläche für eine  
Abwärme-Kontakt-Plattform  
Quelle: AEE INTEC*

# Tinder für die Wärmekaskade Wie könnte eine „Abwärme- Kontakt-Plattform“ aussehen?

Marcus Hummel, Franz Mauthner, Wolfgang Gruber-Glatzl, Dieter Preiss

**A**us unzähligen Audits und Studien ist mittlerweile bekannt, dass bei vielen industriellen und gewerblichen Prozessen nennenswerte Mengen an Wärme ohne weitere zielgerichtete Nutzung an die Umgebung abgegeben werden. Diese sogenannte Abwärme könnte weiter genutzt werden, einerseits direkt in den Industrie- und Gewerbeanlagen, in denen sie anfällt, oder indem sie zu anderen Abnehmern transportiert wird. Durch begrenzte innerbetriebliche Nachfrage nach Wärme in niedrigeren Temperaturbereichen kann in der Regel nur ein begrenzter Teil der Abwärme in den Betrieben selbst genutzt werden. Gleichzeitig könnte aber die Abwärme des einen gut zum Nachfrageprofil des anderen passen. Und noch viel wichtiger: in Wohn- und Dienstleistungsgebäuden gibt es eine erhebliche Nachfrage nach Niedertemperaturwärme. Zur Deckung dieses Wärmebedarfs ist Abwärme aus industriellen und gewerblichen Prozessen in der Regel gut geeignet.

In diesem Kontext hat das Land Steiermark 2021 den Abwärmekataster des Landes aktualisieren lassen. Ziel war es, die veralteten Daten aus der Erhebung von 2012 zu aktualisieren, die Datenbasis auszubauen und gleichzeitig zu digitalisieren und den Zielgruppen zur Verfügung zu stellen<sup>1</sup>. Die Digitalisierung ist dabei verknüpft mit einer Georeferenzierung. Denn eines ist klar, ein Transport der Wärme wird umso wirtschaftli-

cher, je geringer die Distanzen zwischen Angebot und Nachfrage sind. Das Wissen um die Lage und auch den Charakter (Temperatur, zeitliches Profil, Menge, Medium) möglicher Abwärmemengen erhöht maßgeblich die Wahrscheinlichkeit, dass man diese Mengen auch tatsächlich nutzbar macht. Daher wurden im Rahmen der Aktualisierung des steirischen Abwärmekatasters folgende Aktivitäten im Zusammenhang mit der Digitalisierung der Daten durchgeführt: (1) die Definition einer Datenbank-Struktur und Einpflegung der Daten in das Landes-GIS<sup>2</sup>, sowie (2) die Konzeption einer Plattform zur Erleichterung der Kontaktaufnahme zwischen Anbietern von Abwärmequellen und potenziellen Nutzern.

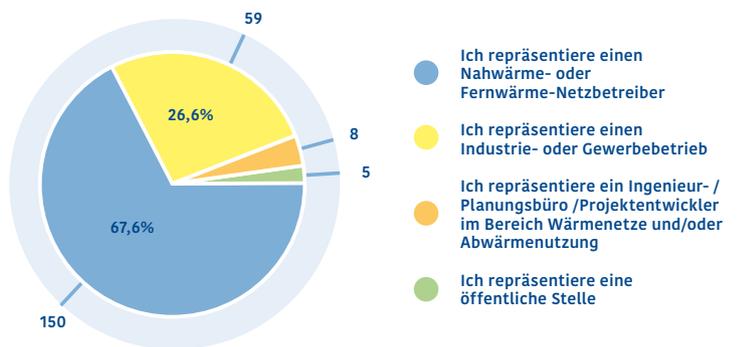
## Abwärmedaten im Digitalen Atlas Steiermark

Ziel der Integration potenziell vorhandener Abwärmemengen in das Landes-GIS (Digitaler Atlas Steiermark) ist die Schaffung von Grundlagen für die regionale Energieplanung. Dabei sollen die identifizierten Abwärmemengen verortet werden, deren zentrale Eigenschaften mit aufgenommen werden und für die Planung zur Verfügung stehen. Mittelfristig sollten diese Daten auch dafür einsetzbar sein, um Gebiete zu identifizieren, in denen eine Nutzung von Abwärme Vorrang gegenüber anderen Optionen zur Wärmebereitstellung hat.

Zunächst wurde eine einheitliche Datenstruktur festgelegt. Diese besteht aus Daten zum Unternehmen und zum Betriebsstandort wie Name, Adresse oder Anzahl der Mitarbeiter, aus Kontaktdaten zu einer Kontaktperson inklusive Kontaktdetails, sowie aus Daten zu den identifizierten Abwärmequellen. Diese beinhalten die potenziell verfügbare Energiemenge, das Abwärme-Medium, das zeitliches Profil innerhalb einer regulären Betriebswoche sowie saisonale Schwankungen und den Temperaturbereich (kleiner 50 °C, 50-100 °C, über 100 °C). Um den Schutz dieser Daten zu gewährleisten, wird der Zugriff auf die unterschiedlichen Datentypen in Abhängigkeit der zugreifenden Person definiert. Autorisierte Gemeindebedienstete und Raumplaner sollten Zugang auf alle Daten haben, Energieberater sowie die breite Öffentlichkeit nur auf einen Teil der Daten. Zur Identifikation von Gebieten, in denen potenziell Vorrang für die Nutzung von Abwärme zu überlegen ist, werden zunächst technisch-wirtschaftlich sinnvolle maximale Distanzen für den Transport der Abwärmepotenziale ermittelt. Dafür werden Berechnungs-Ansätze und Daten aus dem Leitfaden der schweizerischen Fernwärme angewandt<sup>3</sup>. Technische bzw. wirtschaftliche Sinnhaftigkeit wird dabei entweder über die Vorgabe maximaler Wärmeverteilungsverluste oder maximaler Wärmeverteilungskosten definiert. Die damit definierten Distanzkreise um die identifizierten Abwärmequellen werden in einem nächsten Schritt mit Karten zu den Gebäuden bzw. deren geschätzten Wärmebedarfen überlagert. Gebiete mit starker Überschneidung zwischen Angebots- und Nachfrage-Potenzial könnten in Zukunft zu Abwärme-Vorrang-Gebieten erklärt werden und somit eine Nutzbarmachung der vorhandenen Abwärmepotenziale erleichtern (siehe nachfolgende Abbildung).

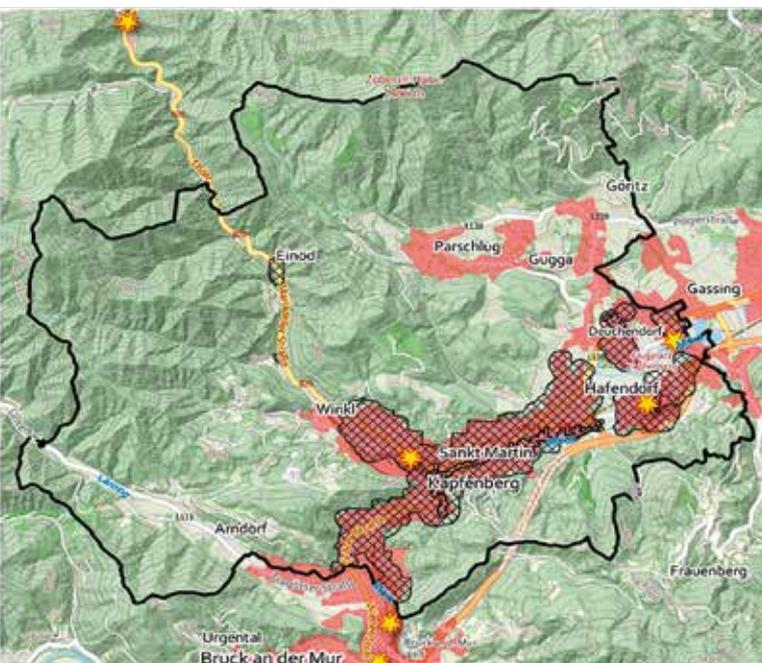
### Abwärme-Kontakt-Plattform

Aber nicht nur die Raumplanung durch die öffentliche Hand soll eine Nutzung der vorhandenen Abwärmemengen erhöhen, sondern auch die Erleichterung der Identifikation und Anbahnung potenzieller Projekte durch Unternehmen, Planer und Projektentwickler. Eine Maßnahme in diesem Bereich ist die Erstellung einer Abwärme-Kontakt-Plattform, auf der sich potenzielle Abwärme-Anbieter, Abwärme-Abnehmer sowie Planer\*innen und Projektentwickler\*innen finden und Kontakt aufnehmen können. Im Rahmen der Aktualisierung des steirischen Abwärmekatasters wurde nun ein Konzept für eine derartige Plattform erarbeitet. Grundlegende Nutzer\*innenanforderungen an die Plattform wurden zum einen über eine strukturierte Diskussion innerhalb des Projektteams identifiziert, zum anderen über eine Umfrage in den verschiedenen Zielgruppen: Industrie- und Gewerbe-Unternehmen in der Steiermark, Fern- und Nahwärmenetzbetreiber\*innen, Planer\*innen und Projektentwickler\*innen aus der Branche der Ingenieurbüros sowie Forschung und Politik (siehe Abbildung).



Aufteilung der retournierten Umfrage-Bögen in Bezug auf die Zielgruppen der Plattform  
Quelle: Umfrage im Rahmen der Arbeiten zum Abwärmekataster Steiermark 2021 (e-think)

Darstellung von ausgewiesenen Wärmenetz-Potenzialgebieten der Stadtgemeinde Kapfenberg, überlagert mit identifizierten Abwärme-Zonen im Hochtemperaturbereich (>100 °C) aus umliegenden Industriebetrieben  
Quelle: AEE INTEC



<sup>1</sup> Zentrale Ergebnisse des Abwärmekataster Steiermark 2021 wurden in der letzten Ausgabe der Nachhaltige Technologien im Detail vorgestellt.  
<sup>2</sup> <https://gis.stmk.gv.at/>  
<sup>3</sup> Die Parameterstudie basiert auf dem Berechnungstool „Fernwärme – Einfluss des Rohrdurchmessers auf die Wirtschaftlichkeit“, auf Grundlage von: Nussbaumer, T.; Thalmann, S.: Einfluss von Auslegung und Betrieb auf die Wirtschaftlichkeit von Fernwärmenetzen, 13. Holzenergie-Symposium, TH Zürich 12.9.2014, Verenum Zürich 2014, ISBN 3-908705-25-8

Parallel wurden mögliche Konzepte für eine derartige Plattform erarbeitet, indem bestehende Konzepte und Plattformen analysiert, bisherige Stakeholder-Prozesse in der Steiermark aufgearbeitet und Konzepte und Datenanforderungen mit dem Land Steiermark diskutiert wurden.

Als zentrale Produktfunktionen für eine Abwärme-Kontakt-Plattform wurde das Speichern, Darstellen und Bereitstellen von Daten zu Abwärme, Anbieter\*innen und potenziellen Nutzer\*innen identifiziert. Dabei geht es in erster Linie um die Darstellung und den Austausch von Basisdaten, so wie sie auch im Landes-GIS integriert sind, und nicht um detaillierte Daten wie etwa gemessene Last- oder Temperaturprofile. Von zentraler Wichtigkeit für die Sinnhaftigkeit der Plattform sind die Kontaktdaten, diese sind grundlegend für den Aufbau einer Geschäftsbeziehung. Einfache räumliche Analysen sollen auch möglich sein, eine weitere Planung würde aber dann nicht direkt über die Kontakt-Plattform, sondern über andere Planungswerkzeuge stattfinden.

In der Plattform sollten verschiedene Nutzermodi vorgesehen werden. Zum einen sollte es einen öffentlichen Bereich geben, in dem keine Anmeldung notwendig ist, in dem aber auch nicht alle Daten eingesehen werden können. Zum anderen soll es einen Modus für angemeldete Nutzer\*innen geben, in dem Daten zum eigenen Standort bearbeitet und freigeschaltet werden können, und auch zusätzliche Daten sichtbar sind, wie beispielsweise Kontaktdaten. Auch sollte es eine definierte Schnittstelle mit dem Landes-GIS geben, um in der Kontakt-Plattform bzw. dem Landes-GIS eine

regelmäßige Aktualisierung der Daten zu erleichtern. Die Ergebnisse der Arbeiten zur Abwärme-Kontakt-Plattform wurden in Form eines Basis-Lastenhefts für eine derartige Plattform zusammengestellt. Diese kann als Basis für eine Ausschreibung zur Erstellung der Plattform dienen. Das Titelbild zeigt einen beispielhaften Entwurf für eine Benutzeroberfläche mit Kartendarstellung und diversen Such- und Filterfunktionen einer Abwärme-Kontakt-Plattform.

## Ausblick

Die EU hat in Ihrem „Fit for - 55 %“ – Paket das Prinzip „energy efficiency first“ klar kommuniziert. Die Umsetzung des dort verankerten Energieeffizienzziels bedeutet für alle Mitgliedsstaaten eine große Herausforderung. Die Erreichung dieses Ziels stellt aber die Basis zum Erreichen der anderen beiden Ziele dar: die Anhebung des Anteils Erneuerbarer Energien und letztendlich auch die Senkung der Treibhausgasemissionen. Gerade im Industrieland Steiermark gibt es noch nennenswerte ungenutzte Abwärmepotenziale, die es zukünftig zu nutzen gilt. Keine derzeit noch ungenutzte Kilowattstunde sollte verschwendet werden. Dazu sind auch neue und bereits am Markt befindliche Technologien zu integrieren und zu etablieren. Aus diesem Grund wird sich die Abwärmenutzung auch im neuen Aktionsplan 2022-2025 der Klima- und Energiestrategie Steiermark in diversen Maßnahmen wiederfinden. Die Umsetzung des erarbeiteten Konzepts für eine Abwärme-Kontakt-Plattform kann dazu einen wichtigen Beitrag leisten. ■

**Dipl.-Ing. Marcus Hummel** ist Senior Researcher und Managing Director von e-think energy research.  
hummel@e-think.ac.at

**Dipl.-Ing. Franz Mauthner, MSc** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bereichs „Städte und Netze“ bei AEE INTEC.  
f.mauthner@aee.at

**Dipl.-Ing. Wolfgang Gruber-Glatzl** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bereichs „Industrielle Systeme“ bei AEE INTEC. w.gruber-glatzl@aee.at

**Dipl.-Ing. Dieter Preiß** ist Mitarbeiter des Referats für Energietechnik und Klimaschutz, Abteilung 15 Energie, Wohnbau, Technik, Amt der Steiermärkischen Landesregierung. dieter.preiss@stmk.gv.at

## Weiterführende Informationen / Links im E-Paper

Abwärmekataster Steiermark <https://www.aee-intec.at/awkst-abwaermekataster-steiermark-p278>

Im EU Horizon 2020 Projekt „EMB3Rs“ wird eine Open Source-Plattform zur quantitativen Analyse der Nutzungsoptionen von Abwärme- und Abkältepotenzialen in der EU entwickelt. <https://www.emb3rs.eu/>

Klima- und Energiestrategie Steiermark 2030 (KESS 2030). <https://www.technik.steiermark.at/cms/ziel/142705670/DE/>

„Zur Dekarbonisierung des Energiesystem ist es notwendig, alle zur Verfügung stehenden Quellen optimal zu nutzen. Bei der industriellen Niedertemperaturabwärme gibt es noch ein sehr hohes Potenzial. Mit dem Abwärmekataster wollen wir dieses aufzeigen. Die Abwärme-Kontakt-Plattform soll Planer\*innen und Investor\*innen mit Wärmebedarf konkret helfen, mit Betrieben mit Abwärmepotential in Kontakt zu kommen. Das nutzt der Umwelt und dem Klima.“

**Dieter Thyr**, Referatsleiter Energietechnik und Klimaschutz, Amt der Steiermärkischen Landesregierung / A15- Fachabteilung Energie und Wohnbau



Foto: Baldur



Foto: unsplash.com

# Abwärmennutzung und Power-to-Heat in Fernwärmenetzen - Eine Fallstudie aus Schweden

Monica Arnaudo, Monika Topel

**D**er Kampf gegen den Klimawandel erfordert eine signifikante Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. In und um Städte werden 75 Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre freigesetzt. Somit ist es von großer Bedeutung, hier konkrete Umsetzungen zu erreichen. Rund 80 Prozent des Wärmebedarfs in Stockholm wird durch Fernwärme gedeckt. Das Netz basiert auf der etablierten Technologie der 3. Generation, mit Vorlauftemperaturen zwischen 70 °C und 110 °C (High Temperature District Heating - HTDH). Netze mit niedrigeren Temperaturen (Low Temperature District Heating - LTDH) ermöglichen die Integration von Abwärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus. Das Potenzial von Abwärmennutzung zur Verbesserung der Umweltauswirkungen eines LTDH-Teilnetzes wurde in Vorstudien aufgezeigt, wobei die erreichbare CO<sub>2</sub>-Reduktion in der Größenordnung von 10 Prozent lag. Dieses ermutigende Ergebnis zeigt eine Richtung für weitere Maßnahmen auf.

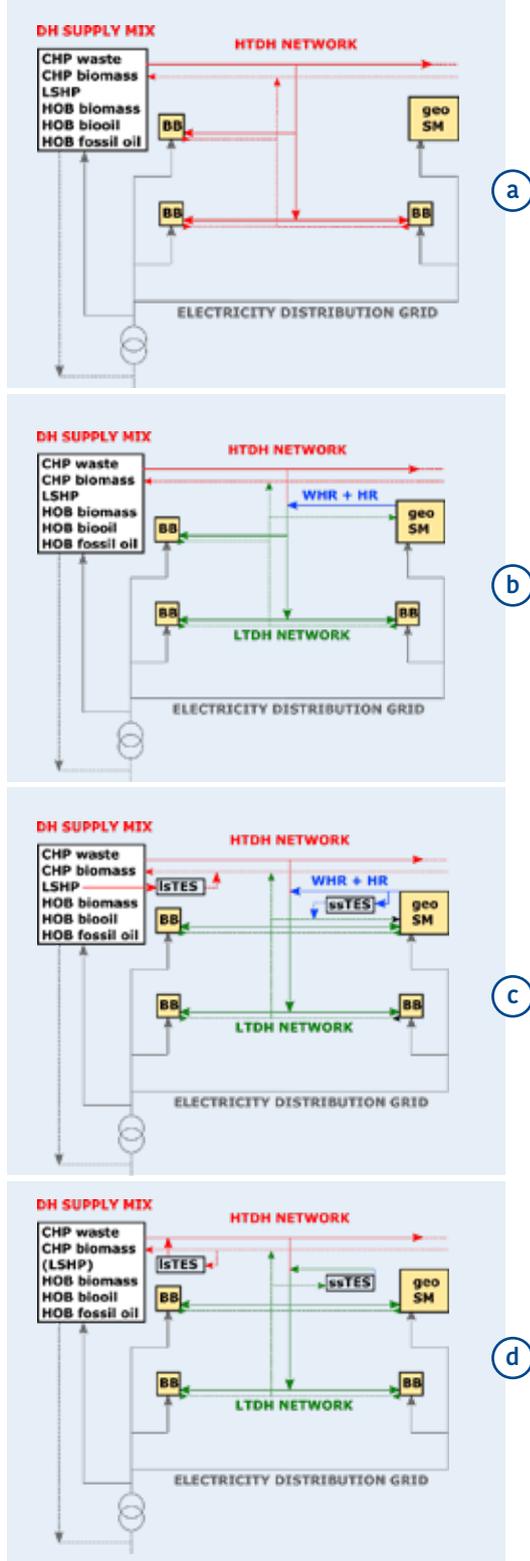
## Integration der Abwärme eines Supermarkts

Die vorliegende Studie untersucht die Nutzung der Abwärme einer lokalen Quelle (Supermarkt), um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Fernwärmeerzeugung insgesamt zu reduzieren. In einem Supermarkt ist das Kühlsystem bzw. dessen Rückkühlung die relevante Quelle für ein Fernwärmenetz. Dabei wird überschüssige Wärme abzüglich des internen Wärmebedarfs, die von den Kältemaschinen erzeugt wird, in das Fernwärmenetz eingespeist. Der Supermarkt trägt dazu bei, den Ein-

satz von umweltschädlichen und teuren zentralen Heizkesseln des lokalen Netzes zu verringern. Gleichzeitig kann das Unternehmen dank der Ressource Abwärme, die sonst ungenutzt emittiert würde, ein zusätzliches Einkommen generieren.

Von hoher Relevanz sind außerdem die Synergien, die ein integriertes Erdwärmespeichersystem zusammen mit dem CO<sub>2</sub>-Kältesystem des Supermarkts dem Unternehmen bieten kann. Dieser Speichertechnologietyp weist eine höhere Flexibilität bei unterschiedlichen Wärmebedarfstemperaturen und eine größere Heizkapazität als herkömmliche Speicher auf. Der Erdwärmespeicher schafft eine Reservekapazität und ist so dimensioniert, dass er im Sommer eine Kühlung des Supermarkts ermöglicht.

Die interne Wärmelast des Supermarkts ist auch im Winter relativ gering. Dadurch kann das Fernwärmenetz die anfallenden Abwärmekapazitäten zu einem Großteil nutzen, womit wiederum positive wirtschaftliche Effekte für den Supermarkt erzielt werden können. Diese Lösung erfordert jedoch einen zusätzlichen Strombedarf, insbesondere im Zusammenhang mit der Wärmeentnahme aus dem geothermischen Speicher. Dieser Anwendungsfall eignet sich gut für eine Power-to-Heat-Strategie. Das dahinterstehende Konzept besagt, dass der Stromverbrauch in Zeiten verlagert werden sollte, in denen der Anteil der erneuerbaren Energien im Versorgungsmix hoch ist. Umgekehrt sollte der Stromverbrauch minimiert werden, wenn Strom aus erneuerbaren Quellen knapp ist.



## Vergleich dreier Szenarien

Die Studie behandelt drei Hauptszenarien. Ziel ist es, aus techno-ökonomischer und ökologischer Sicht mögliche Synergien zwischen dem Fernwärmenetz und dem Kältesystem in Kombination mit dem geothermischen Speicher des Unternehmens zu vergleichen. Der Zusammenschluss dieser beiden Systeme ist nicht auf die überschüssige Abwärmenutzung des Supermarkts beschränkt. Vielmehr bietet die Kombination der CO<sub>2</sub>-Kältetechnik mit einem Erdwärmespeicher die Möglichkeit, zusätzliche Wärme an das Fernwärmesystem zu liefern. Im Sommer kann das Erdreich als Wärmesenke genutzt werden, um die Kühlleistung des Supermarkts zu erhöhen, was zu Einsparungen bei der Kühlung führt. Im Winter kann diese Wärme entnommen und genutzt werden. Die Szenarien in dieser Studie beziehen sich auf ein neues Stadtgebiet, das in das bestehende städtische Versorgungsnetz integriert werden soll. Abbildung 1(a) zeigt das Konzept der Basiskonfiguration (SC1\_Bas). Dieses entspricht einer Erweiterung des Hochtemperatur-Netztes der Stadt. Die Gebäude mit mehreren Wohnungen werden als Gebäudeblöcke (BBs) gruppiert, basierend auf ihrem gemeinsamen Anschluss an eine Fernwärme-Unterstation. Der TechnologiemiX für die Wärmeversorgung besteht aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (CHP), Großwärmepumpen (LSHP) und Heizkesseln (Leichtöl auf Basis von Biomasse, Pflanzenöl und fossilem Öl). Der Supermarkt ist in diesem Szenario vom Netz getrennt.

In Szenario 2 (SC2) wird als alternative Option für die Heizungsinfrastruktur des Fernwärmenetzes ein Teilnetz mit Wärmepumpen vorgeschlagen. Wie in Abbildung 1(b) dargestellt, wird der Supermarkt an das Teilnetz angeschlossen. Die Intention ist die Versorgung mit rückgewonnener Wärme, wann immer sie verfügbar ist. Der interne Wärmebedarf des Supermarkts wird vollständig selbst gedeckt. Wie in Abbildung 1(c) und (d) dargestellt, sind im Vergleich zu SC2 in Szenario 3 (SC3) zusätzlich zum Erdwärmespeicher des Supermarkts zwei thermische Energiespeicher-Einheiten integriert. Dabei handelt es sich um geschichtete Warmwasserspeicher: ein großer thermischer Energiespeicher (lsTES) und ein kleiner thermischer Energiespeicher (ssTES). Ersterer ist in den zentralen Fernwärmeversorgungsmix integriert. Der zweite ist mit dem Supermarkt gekoppelt. Das spezifische Ziel dieses Szenarios ist die Untersuchung des Potenzials zur Verringerung der Umweltauswirkungen durch die Steuerung des Stromverbrauchs nach dem Power-to-Heat-Konzept.

Abbildung 1: Konzeptionelle Auslegung der Infrastruktur für 3 Szenarien (Basisszenario Szenario 1 (a), Szenario 2 mit der Wärmerückgewinnung des Kühlsystems und Nutzung überschüssiger Abwärme des Supermarkts (b) und Szenario 3 mit zusätzlicher Integration von thermischen Energiespeichern, die beladen (c) und entladen (d) werden)

DH Fernwärme  
 CHP Kraft-Wärmekopplung  
 HOB Leichtöl  
 BB Building Blocks  
 geo SM Supermarkt mit Erdwärmespeicher  
 WHR überschüssige Abwärmenutzung

HR DH Supply Mix  
 HTDH Network Hochtemperatur-Fernwärmenetz  
 LTDH Network Niedertemperatur-Fernwärmenetz  
 lsTES großer (large-scale) thermischer Energiespeicher  
 ssTES kleiner (small-scale) thermischer Energiespeicher

Wärmerückgewinnung  
 Fernwärmeversorgungsmix  
 Hochtemperatur-Fernwärmenetz  
 Niedertemperatur-Fernwärmenetz  
 großer (large-scale) thermischer Energiespeicher  
 kleiner (small-scale) thermischer Energiespeicher

Um die Szenarien über einen relevanten Zeitraum zu vergleichen und die Basis für eine Optimierung zu schaffen, war es notwendig, das System in einem Simulationstool abzubilden. Für die einzelnen Komponenten wurden digitale Modelle entwickelt und validiert und in einer Systemsimulation kombiniert. Fokus war die Untersuchung unterschiedlicher Regelungsstrategien für diesen Bezirk. Für das erste Szenario (SC1\_Bas) wird der Supermarkt als eigenständiges System betrachtet, das den internen Kühl- und Wärmebedarf über das CO<sub>2</sub>-Kältesystem deckt. Für das zweite Szenario werden zwei Regelungsstrategien betrachtet (SC2-SM\_opt und SC2-SM\_max). Der Hauptunterschied zwischen SC2-SM\_opt und SC2-SM\_max besteht in der Steuerung der Gaskühlerleistung und der Wärmeentnahmeleistung aus dem Erdwärmespeicher. Hinsichtlich der Power-to-Heat-Regelung wurden zwei Optionen in Betracht gezogen (SC3-SPdriven und SC3-CO<sub>2</sub>driven). Das Steuersignal zur Aktivierung von Power-to-Heat basiert auf den Spotmarktpreisen für Strom oder auf den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Strommix. In beiden Fällen wird ein Triggerwert gewählt, der dem Jahresdurchschnitt der stündlichen Werte von 2018 entspricht (458 SEK/MWh bzw. 41 g/kWh).

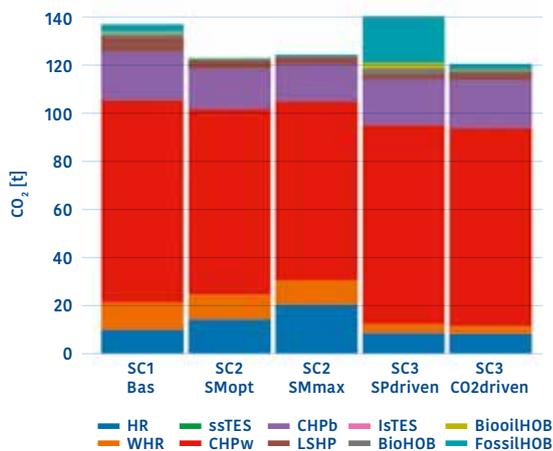


Abbildung 2: Jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen der untersuchten Szenarien

### Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Aus der Gesamtperspektive des Bezirks zeigt sich, dass die Wärmerückgewinnung aus dem Supermarkt den jährlichen Verbrauch an fossilen Brennstoffen im Heizkraftwerk um bis zu 88 Prozent im Vergleich zum Ausgangswert reduziert. Dies ermöglicht einen Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa 10 Prozent, wie in Abbildung 2 dargestellt. Der Einsatz einer Power-to-Heat-Steuerung führt zu einem Anstieg des jährlichen Verbrauchs an fossilen Brennstoffen im lokalen Fernwärmesystem im Vergleich zur Basisvariante.

Wenn die Strompreise als Signal verwendet werden (SPdriven), steigen die CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa 5,3 Prozent. Dies ist in erster Linie auf eine höhere Belastung des Fernwärmenetzes zurückzuführen, wenn der Supermarkt keinen Strom nutzt, wenn dieser teuer ist. Diese Situation tritt während der Spitzenlastzeiten auf, in denen die Verfügbarkeit von Wärmerückgewinnung und thermischer Energiespeicherung gering ist. Wenn die CO<sub>2</sub>-Emissionen als Signale verwendet werden, können die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund eines geringeren Verbrauchs von umweltschädlichem Strom um etwa 9,4 Prozent gesenkt werden. Dies deutet darauf hin, dass mehr sauberer Strom zur Verfügung steht, als durch die Strompreise angezeigt wird. Dieses wichtige Ergebnis bedeutet, dass auf CO<sub>2</sub>-Emissionen basierende Steuersignale im Vergleich zu Strompreisen eine bessere Lösung darstellen können. Darüber hinaus zeigt die techno-ökonomische Analyse, dass die Auswirkungen auf die Kosten der Wärmeerzeugung (LCOH) bei der Umsetzung von Power-to-Heat im Vergleich zum Basisszenario vernachlässigbar sind ( $\pm 1\%$ ). Dieses Ergebnis zeigt den Nutzen der Integration des Betriebs des Supermarkts auf Quartiersebene, indem der Zugang zu den Spotmarktpreisen freigeschaltet wird. Dies spiegelt sich auch in der Perspektive des Unternehmens wider. Es zeigt sich, dass die Szenarien ohne Power-to-Heat wesentlich teurer sind. Wie in Abbildung 3 dargestellt, sinken die Kosten im Vergleich zu den Werten ohne Power-to-Heat um bis zu 32 Prozent (OPEX), wenn der Supermarkt Zugang zu den Spotmarktpreisen für Strom erhält. Eine potenzielle Geschäftsmöglichkeit ist daher, den Supermarkt als dezentrales Asset in das Fernwärmesystem zu integrieren.

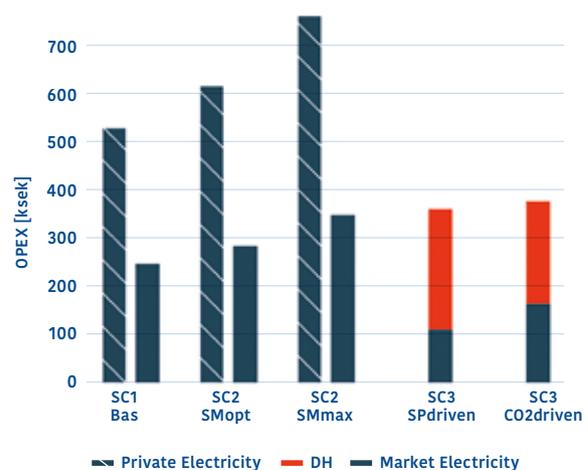


Abbildung 3: Betriebsausgaben (OPEX – operational expenditures) für den Supermarkt. In Szenario 1 und 2 beziehen sich die Balken links und rechts auf Strompreise für Private bzw. Marktpreise.

# Ammoniumentfernung und -rückgewinnung in Kläranlagen - Erfahrungen einer Pilotstudie

Elena Guillen und Bettina Muster-Slawitsch



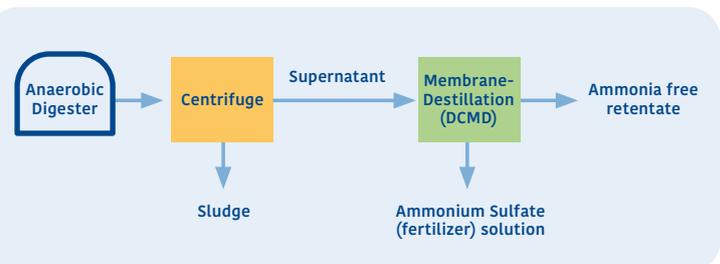
Foto: AWV Gleisdorfer Becken / Schrotter

**A**bwasserkläranlagen besitzen großes Potential, zukünftig als Drehschleife der Energie- und Ressourcenversorgung zu fungieren. Während derzeit Abwasserreinigungsanlagen oft Energie verbrauchen, ermöglichen es neue intelligente Konzepte, einen Wandel der Anlagen zu Energielieferanten zu vollziehen. Einer der energieintensivsten Prozesse in Kläranlagen ist die Stickstoffentfernung im Nitrifikations/Denitrifikationsprozess (N/DN), mit spezifischen elektrischen Energiebedarfswerten von 5 bis 15 kWh/kg TN<sup>1</sup> [1]. Ein Blick auf die globalen Daten zeigt den weltweit ineffizienten Umgang mit Ammoniak – nur 16 Prozent der jährlich erzeugten Stickstoffdünger werden genutzt, der Rest geht in Gewässern und Atmosphäre verloren, wobei die Stickstoffsynthese über den Haber-Bosch Prozess 1-2 Prozent des jährlichen globalen Energieverbrauchs benötigt [2].

## Studie zur selektiven Ammoniumentfernung

Um die Energie- und Ressourceneffizienz in Kläranlagen zu verbessern, wurde im Rahmen der Projekte „Thermaflex“ und „IEA IETS Annex 17“ eine Studie zur selektiven Ammoniumentfernung aus Kläranlagen mittels Membrandestillation durchgeführt. Das Ziel ist die Reduktion des Energiebedarfs von Kläranlagen durch Reduktion des Strombedarfs im N/DN-Prozess und die Produktion von Ammoniumsulfat für regionale Düngeanwendungen als Nebenprodukt. Die Membrandestillation ermöglicht eine sehr reine Abtrennung von Ammoniak aus Abwässern. Durch die geringere Stickstoffbelastung profitiert in Folge auch die Effizienz von Biogasanlagen.

Das im Wasser gebundene Ammonium wird durch die Erhöhung des pH-Wertes in die Form von frei vorliegendem Ammoniak gebracht, das über die Membran diffundiert. Auf der Permeatseite wird das Ammoniak als Ammoniumsulfat gebunden. Während der traditionellen Stickstoffabbau in der Kläranlage Strom benötigt und den Stickstoff als N<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgibt, kann die Membrandestillation bei sehr geringen Temperaturen von 30 bis 40 °C betrieben werden und ermöglicht eine Schließung des Stickstoffkreislaufes.



*Einbindung einer Membrandestillationsanlage zur Wiedergewinnung von Stickstoff in der Abwasserreinigung*  
Quelle: AEE INTEC

## Pilotbetrieb

Im Dezember 2020 wurde eine Pilotanlage an der Abwasserreinigungsanlage Gleisdorf als Containeranlage installiert, um das Zentratwasser nach Abtrennung des Klärschlammes mittels Membrandestillation zu behandeln. In Österreich ist dies die erste Pilotan-

<sup>1</sup> TN Total Nitrogen

lage zur Evaluierung der Ammoniumentfernung im Langzeitbetrieb. Um optimale Betriebsbedingungen festzulegen, wurden die Betriebsparameter in Laboruntersuchungen evaluiert und in der Pilotanlage umgesetzt. In der ersten Pilotphase wurden jeweils 100 Liter Zentratwasser im Batch-Betrieb behandelt. Später wurde die Anlage weiter automatisiert, um einen 24-Stunden-Betrieb zu ermöglichen und damit Langzeiterfahrungen sammeln zu können.

Die Pilotanlage ist relativ einfach ausgestattet. Sie besitzt zwei Hauptkreise (Feed- und Permeat) mit den diesbezüglichen Temperatur-, Durchfluss- und Drucksensoren sowie eine pH-Regelung. Die Kreise werden bei Normaldruck betrieben, die Zudosierung der Chemikalien (Natronlauge und Schwefelsäure) erfolgt automatisiert. Die geringen Temperaturen (max. 40 °C), Drücke und pH- Werte zwischen 2,5 und 9 erlauben einen sicheren und robusten Betrieb. Die Membranfläche des Membrandestillationsmoduls umfasst 14 m<sup>2</sup>.



*Eine in einem Container installierte Membrandestillationsanlage wurde für einen mehrmonatigen Realbetrieb an der Abwasserreinigungsanlage Gleisdorf installiert (Unten: Membrandestillationsmodul)*

*Fotos: AEE INTEC*

### Betriebserfahrungen und Ergebnisse

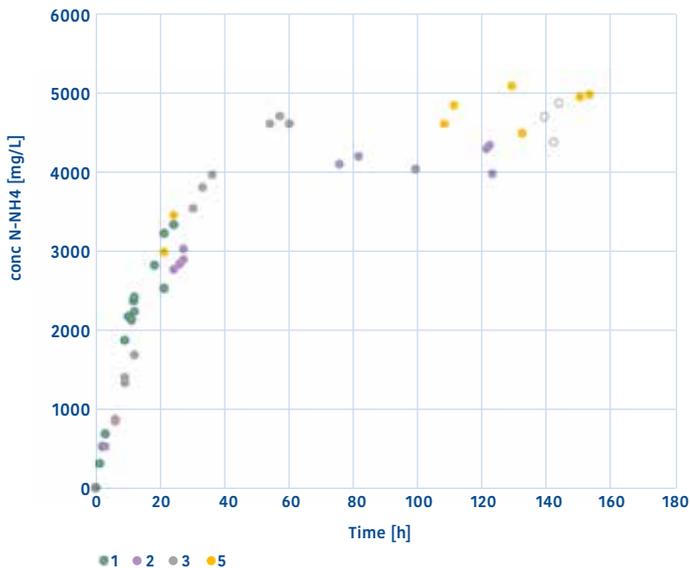
Die Laboruntersuchungen zeigten einen optimalen Betrieb bei einem Feed-seitigen pH-Wert von 9,7 und einer Betriebstemperatur von 38 °C. Mit diesen Bedingungen konnte das Ziel einer Ammoniumrückgewinnung von größer 90 Prozent in der Pilotanlage für die Behandlung von 100 Litern Feed mit einer durchschnittlichen Ammoniumentfernung von 96 Prozent nach 2 Stunden erreicht werden. Die Ammoniumkonzentration des behandelten Zentratwassers lag unter 10 mg/l Ammonium-Stickstoff. Im Vergleich zu Standardbedingungen konnte der die Ammoniak-

diffusion begleitende Wasserdampfdurchgang durch die Membran um 94 Prozent reduziert und damit eine weit selektivere Abscheidung von Ammonium als bisher möglich gezeigt werden. Dadurch können hohe Produktkonzentrationen erreicht und der Energiebedarf, der über Abwärme bereitgestellt werden kann, auf 12 kWh/kg entferntem Ammonium (NH<sub>4</sub>) gesenkt werden.

In der zweiten Pilotphase konnte eine Optimierung in Hinblick auf einen geringeren Bedarf an Natronlauge durchgeführt und der Langzeit-Betrieb bei reduziertem pH-Wert des Feed von pH 8,7 demonstriert werden. In dieser Phase wurde die Pilotanlage umgebaut, mit weiterer automatisierter Regelung ausgestattet und konnte durchlaufend 24 Stunden täglich betrieben werden, wobei ca. 1 m<sup>3</sup> Feed-Wasser pro Tag behandelt wurde. Das Feed-Wasser wurde jeweils in 100 Liter-Batches bis zur fast vollständigen Ammonium-Entfernung über die Membrandestillation geführt. Das Permeat wurde nicht ausgetauscht und so die Konzentration laufend erhöht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Betrieb über mehrere Wochen bei pH 8,7 eine Ammoniumentfernung von über 90 Prozent erreichen und die Ammonium-Konzentration auf kleiner 20 mg/l gesenkt werden konnte. Das Permeat erreichte in dieser Pilotphase eine Ammoniumsulfatkonzentration von ca. 23 g/l, entsprechend einer Stickstoffkonzentration (Ammonium-Stickstoff N-NH<sub>4</sub>) von 5 g/l (siehe Abbildung auf der nächsten Seite). Diese Konzentration pendelte sich als stabile Produktkonzentration ein. Maßnahmen, diese noch weiter zu steigern, wurden mittlerweile in Laboruntersuchungen umgesetzt. Der Energiebedarf lag in der zweiten Pilotphase bei 16 kWh<sub>th</sub>/kg NH<sub>4</sub>, wobei in diesem Betrieb nur die Feedseite auf 38 °C erwärmt werden muss, bzw. in einem integrierten Betrieb die Wärme des Zentratwassers nach der Schlammförmung durch eine Zentrifuge zum Teil direkt genutzt werden kann.

Ein entscheidender Punkt der Evaluierung war die Stabilität des Prozesses und die nötige Reinigung. Die Anlage erwies sich als sehr robust und Betriebsprobleme entstanden während der Pilotphase nur in Bezug auf die, derzeit sehr einfach ausgeführte, Vorreinigung, deren Filter immer wieder getauscht werden mussten. Die Membrandestillation lief selbst nach Zwischenabschaltungen konstant weiter. In mehreren Betriebskampagnen wurde über Wochen kein Abfall der Behandlungseffizienz festgestellt, wobei die Anlage nach jeder Kampagne (ca. 5-15 Tage) für 2 Stunden mit Zitronensäure auf der Feedseite gespült wurde. Die Ammoniumentfernung lag beispielsweise in zwei vergleichbaren Behandlungszyklen am 22. September bei > 99 Prozent und nach Säure-Spülung am 6. Oktober ebenfalls bei > 99 Prozent. Aufgrund des sehr gut laufenden Betriebs wurde noch keine Reinigungsoptimierung durchgeführt.





Die Stickstoffkonzentration des Permeats pendelte sich bei 5 g/l ein Quelle: AEE INTEC

### Schlussfolgerungen

Der Betrieb dieser Pilot-Membrandestillationsanlage über einen längeren Zeitraum unter realen Bedingungen und für diese besondere Anwendung ist bisher eine von wenigen Anlagen weltweit. Die Haupthindernisse der Membrandestillation für die Ammoniumentfernung, wie geringe Selektivität und hoher thermischer Energieverbrauch, konnten mit einem innovativen Ansatz in Bezug auf die Betriebsweise überwunden und die Funktionsfähigkeit im Pilotstadium nachgewiesen werden.

Bei sehr niedrigen Betriebstemperaturen in der Pilotanlage (38 °C) zeigte das System die besten Resultate. Das sind optimale Voraussetzungen dafür, Abwasserabwärme, minderwertige Abwärme oder Abwärme kombiniert mit Wärmepumpen zu nutzen. Die Pilotphase zeigte einen stabilen und robusten Anlagenbe-

trieb, einzig mit der Notwendigkeit, eine geeignete Vorfiltration zu installieren. Der Abwassersektor war bisher nicht mit dem Energie- oder chemischen Sektor verbunden. Abwasser oder Klärschlämme wurden meist behandelt und beseitigt, ohne das spezifische Potenzial einer Kreislauf-Nutzung der darin enthaltenen Nährstoffe und Energie zu berücksichtigen. Abwasserreinigungsanlagen enthalten wiedergewinnbare Wertstoffe, darunter den sehr wertvollen Ammoniak, der in vielfältigen Anwendungsbereichen eingesetzt wird. Außerdem steigt die Nachhaltigkeit und Flexibilität für die Rückgewinnung dieser Wertstoffe durch den Einsatz eines thermischen Verfahrens wie der Membrandestillation. In einer Zukunftsvision können sich Abwasserreinigungsanlagen von ihrem derzeit geringen Ansehen hin zu einer Energie- und Ressourcendrehzscheibe entwickeln. Darüber hinaus bringen neue Technologien und Geschäftsmodelle neue Arbeitsplätze und eine neue strategische Ausrichtung der Kreislaufwirtschaft in Österreich. Die Biogas-, Lebensmittel- und Bio-Industrie zeigen großes Interesse, Stickstoff zu entfernen und diesem Stickstoff einen zusätzlichen Wert zu verleihen. Als Anwendungsbereich ist nicht nur die Düngerproduktion möglich, sondern die Geschäftsideen reichen von kombinierter Strom- und Wärmeproduktion bis zur Nutzung des Ammoniumwassers zur Reduktion von Stickoxiden bei Industrieemissionen.

### Danksagung

Herzlicher Dank für die gute Kooperation geht an Peter Schiefer und Manfred Leber, sowie das gesamte Team der ARA Gleisdorf, an Robert Gampmayer von der Fa. Rotreat für die technischen Anlagenadaptationen, Wolfgang Heinzl von der TheVap GmbH für die Membrandestillationsmodule, sowie Eva Moritz und Maria Hobisch für die Zusammenarbeit im Rahmen ihrer Diplomarbeiten. ■



VORZEIGEREGION  
ENERGIE



**Elena Guillen, Ph.D.** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Forschungsgruppe „Wasser- und Prozesstechnologien“ bei AEE INTEC. e.guillen@aee.at

**Dr. Bettina Muster-Slawitsch** ist Leiterin der Forschungsgruppe „Wasser- und Prozesstechnologien“ bei AEE INTEC. b.muster@aee.at

### **i** Weiterführende Informationen / Links im E-Paper

- <sup>[1]</sup> Dong Wu et al., 2021. Toward Energy Neutrality in Municipal Wastewater Treatment: A Systematic Analysis of Energy Flow Balance for Different Scenarios, ACS EST Water 2021, 1, 4, 796–807 Publication Date: January 6, 2021. Online unter <https://doi.org/10.1021/acsestwater.0c00154>
- <sup>[2]</sup> Kyriakou, V., Garagounis, I., Vourros, A., Vasileiou, E., Stoukides, M., 2020. An Electrochemical Haber-Bosch Process. Joule 4, 142–158. Online unter <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.10.006>
- <sup>[3]</sup> Eva Moritz, 2021. Pilot Scale Study on Ammonia Recovery by Membrane Distillation from a Municipal Wastewater Side-Stream, Master Thesis, University of Technology Graz, 2021.



*Spatenstich für ein gemeinschaftliches Wohnprojekt in Herzogenburg. Hier entsteht ein Quartier mit 10 000 m<sup>2</sup> Bruttogeschoßfläche und einem Anergienetz zur Energieversorgung*  
Quelle: Garten der Generationen e. V.

# Vom gemeinschaftlichen Wohnen hin zum zukunftsfähigen Quartier

Lorenz Leppin

## Gesamtheitliche Quartiersplanung als Wegweiser

Attraktiven und modernen Wohn- und Lebensraum gestalten, soziales Miteinander stärken, integrative Betreuung, Nachhaltigkeit leben, ein senioren- und kindergerechtes Umfeld schaffen, und das alles zu leistbaren Mietpreisen? Was für viele wie eine schöne Utopie klingt, ist in Herzogenburg (NÖ) im Begriff Realität zu werden. Ein durch den „Garten der Generationen e.V.“ (GdG) initiiertes Wohnbauvorhaben hat sich nämlich die Erfüllung eben genau dieser Wünsche und Vorstellungen zur Aufgabe gemacht. Ziel des Vorhabens ist es, über mehrere Bauphasen hinweg ein nachhaltiges Wohn- und Lebensquartier zu entwickeln. Und Nachhaltigkeit ist bei der Planung und Gestaltung des Quartiers auch das wesentliche Stichwort. Es ist eines der Grundanliegen des Vereins GdG, ökologische Kreislaufprinzipien in diesem Projekt zu verwirklichen. Dies betrifft sowohl biologische, soziale, physikalische und auch wirtschaftliche Kreisläufe.

### Biologische Kreisläufe

Als Beispiel sei die Verwendung von Wasser und Abwasser genannt. Der Grundsatz lautet: Wasser und Nährstoffe sollen soweit und solange wie möglich am Grundstück bleiben. Mithilfe einer aeroben Rotte-Pflanzenfilteranlage wird Abwasser so aufbereitet, dass es wiederverwendbar ist. Das gereinigte nährstoffreiche Wasser wird zusammen mit gesammeltem Regenwasser gespeichert und versorgt die Bewässerung der Gärten sowie alle WC-Spülungen der Siedlung. Auch das verdunstende Wasser einer geplanten Teichanlage kann durch das gesammelte Wasser ersetzt werden. Selbst wenn es nie regnet, werden hier täglich etwa 5 m<sup>3</sup> nährstoffhaltiges Brauchwasser erzeugt. Die verrotteten und kompostierten Feststoffe des Abwassers werden als Dünger weiterverwendet.

### Vermögenspool

Die Finanzierung der Siedlungsanlage erfolgt neben Bankkrediten zu einem wesentlichen Teil durch ein Bürgerbeteiligungsmodell in der Form des sogenannten Vermögenspools. Dabei wird ein Kapitalkreislauf geschaffen, der in Form einer privat genutzten Immobilie ein sicheres Anlageobjekt schafft und gleichzeitig hohe Flexibilität bei der Wiederentnahme für die Anleger bringt.

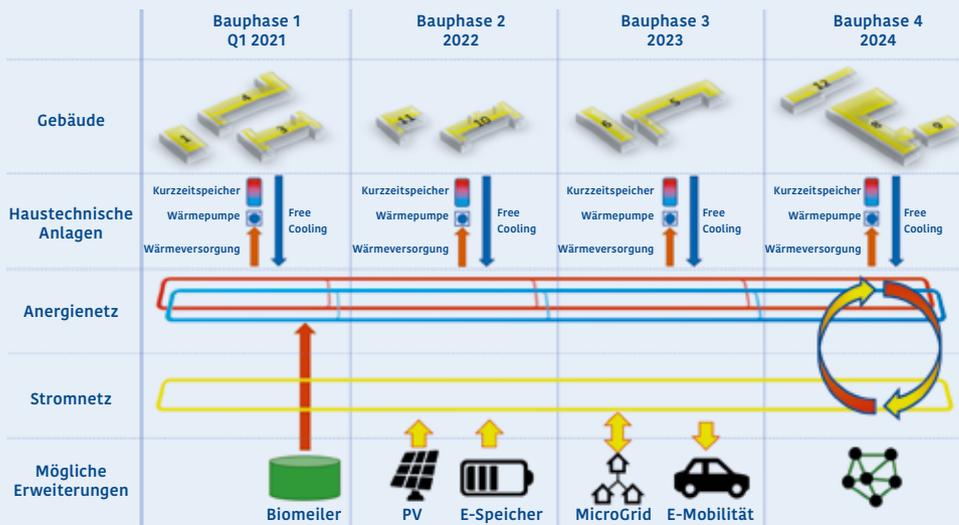
### Soziale Kreisläufe

Im Garten der Generationen werden unterschiedliche Generationen zusammenleben. Ziel ist, dass es zu einem wechselseitigen Austausch von neuem Wissen und bestehender Erfahrung kommt und somit ein angenehmes Miteinander entsteht. Auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der verschiedenen Generationen wird räumlich und inhaltlich speziell eingegangen. So werden beispielsweise für die ältere Generation Alten-WGs, ein Salettl zum Kartenspielen und ein Pflegebad eingerichtet. Für die junge Generation werden ein großer Spielplatz mit großer Sandfläche und viel Raum zum Gestalten eigener Vorstellungen geschaffen.

### Physikalische Kreisläufe

Die Erzeugung, der Verbrauch und die Speicherung von Energie ist ein weiteres zentrales Thema. Eines der innovativen technologischen Konzepte ist es, die Wärme- und Kälteverteilung im Quartier über ein Niedertemperatur-Mikronetz, ein sogenanntes Anergienetz, zu realisieren. Das Anergienetz verbindet die Gebäude und primärseitigen Langzeitspeicher miteinander und ermöglicht es ihnen, Wärme auf niedrigem Temperaturniveau untereinander auszutauschen und





*Geplante Ausbaustufen zur Erreichung eines integrierten Energiesystems zur autarken Energieversorgung im Bereich Wärme- und Stromversorgung sowie Mobilität Quelle: AEE INTEC*

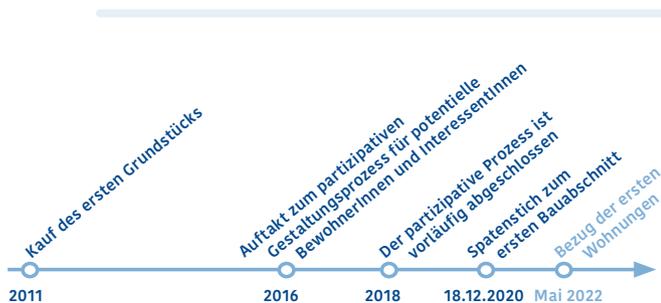
mittels dezentraler Wärmepumpen in den Gebäuden die Nutzwärme bereit zu stellen. Versorgt wird das gesamte System hauptsächlich durch solarthermische Kollektoren in Kombination mit saisonalen Langzeitspeichern, Wärmepumpen und entsprechenden gebäudeseitigen Speichern. Neben der kalten Fernwärmeleitung werden außerdem kurze, heiße Sticleitungen zwischen den Gebäuden verlegt, über welche Wärme aus den Solarkollektoren speziell im Sommer direkt in die sekundärseitigen Speicher geladen werden kann. Zentrales Element der thermischen Gebäudekopplung soll jedoch das Anergienetz werden, welches mit den Bauphasen wächst und über die Zeit mehr und mehr lokale Ressourcen einbindet. Zu diesen lokalen Ressourcen soll in Zukunft auch ein Biomeiler zählen. In einem solchen Meiler können Bioabfälle und Grünschnitte durch einen aeroben Verwesungsprozess energetisch verwertet und die dabei freigesetzte Wärme über Rohrschlagen aufgefangen und zur Deckung der Bedarfe in den Gebäuden genutzt werden. Der nach der Verwesung übriggebliebene nährstoffreiche Kompost kann weiterverwendet werden und den biologischen Kreislauf schließen.

thermischen Speicher (Erdspeicher und Fundament-speicher), Wärmepumpen sowie der Wärmeerzeugung durch Solarkollektoren. Darüber hinaus wurde das Monitoringequipment für die Auswertung und die Optimierung des Betriebs installiert.

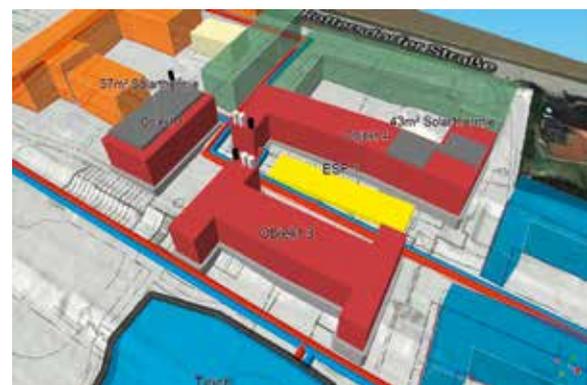


*Vogelperspektive des Quartiers. Dargestellt sind vollflächig und rot die in Bauphase 1 errichteten Gebäude. Transparente Gebäude sind den folgenden Bauphasen 2, 3 und 4 (blau, grün, orange) zuzuordnen*

### Umsetzung bis jetzt



In einer ersten Bauphase mit Baubeginn Q4/2020) wurden drei Mehrfamilienhäuser mit einer jeweiligen Teilnutzung von 15 Prozent für e.g. Büroräume oder Pflegepraxen errichtet. Parallel dazu wurde die Infrastruktur für die nachhaltige Energieversorgung durch das Anergienetz errichtet, inklusive der notwendigen



*Errichtet wurden im ersten Bauabschnitt die Objekte 1, 3 und 4, zwei solarthermische Kollektorfelder zu insgesamt 100 m<sup>2</sup>, ein Erdsondenfeld (ESF 1 - gelb) zur saisonalen Speicherung von Wärme, Fundamentspeicher unter den Gebäuden (grau), Teile des Anergienetzes (rote und blaue Linien), sowie gebäudeseitige Wärmepumpen (schwarz) und Speichertanks (weiß)*

## Forschungsprojekt Anergy2Plus – Ausblick auf weitere Bauphasen

Das Ziel des durch die FFG abgewickelten Forschungsprojektes „Anergy2Plus“ ist es, einen gesamtheitlichen Ansatz bei der Auslegung, dem Bau und letztendlich der Nutzung der Energieversorgung im Quartier zu verfolgen sowie Aussagen über mögliche zukünftige Entwicklungen bzw. Erweiterungen des Systems zu treffen.

Aufbauend auf der bestehenden Umsetzung werden in drei anschließenden Bauphasen weitere Gebäude mit ähnlichen Nutzungsprofilen errichtet, welche wiederum über Produktions- und Speichereinheiten verfügen. Außerdem soll das gesamte Energiesystem über externe Langzeitspeicher erweitert werden. Neben der thermischen Domäne ist durch die Integration von PV-Modulen die Erweiterung auf die elektrische Ebene geplant. Ziel ist es, durch die intelligente Vernetzung von Angebot, Nachfrage, Speicherkapazitäten im System sowie Nutzer\*innenverhalten eine möglichst autarke Energieversorgung im Bereich der Wärme- und Stromversorgung sowie der Mobilität zu erreichen.

Die Erkenntnisse und Ergebnisse dieses Projekts können als Wegweiser für andere Vorhaben dienen. Eine gemeinschaftliche und kreislauforientierte Planung und Nutzer\*innenintegration können dabei helfen, nicht nur Bedürfnisse, Vorstellungen und Wünsche für zukünftiges Wohnen und Leben zu realisieren, sondern auch Identifikation und Zugehörigkeit zu schaffen. Aspekte, die in vielen Lebensentwürfen eine immer zentralere Rolle einnehmen und auch in Zukunft stärkere Beachtung finden werden. ■

 **Bundesministerium**  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

**Lorenz Leppin, MSc** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bereichs „Städte und Netze“ bei AEE INTEC. [l.leppin@aee.at](mailto:l.leppin@aee.at)

# inter solar

connecting solar business | EUROPE

Die weltweit  
führende Fachmesse  
für die Solarwirtschaft  
MESSE MÜNCHEN

11–13  
MAI  
2022

[www.intersolar.de](http://www.intersolar.de)



- Von Solarzellen und Solarkraftwerken bis zu Wechselrichtern
- Zugang zu internationalen Märkten und neuen Geschäftsmodellen
- Innovative Technologieentwicklungen und Branchentrends
- Treffen Sie 50.000+ Energieexperten und 1.450 Aussteller auf vier parallelen Fachmessen



Quelle: JPI Urban Europe

# Klimaneutrale Stadtteilentwicklung

„Positive Energy Districts“ (PEDs) sind ein innovatives Konzept für die Entwicklung von Stadtteilen und Quartieren, das einen wichtigen Beitrag zu klimaneutraler Stadtentwicklung leisten kann. Das Grundprinzip eines PED besteht darin, in einem städtischen Gebiet bzw. einem Stadtteil mehr Energie zu erzeugen als zu verbrauchen. Außerdem soll der Stadtteil flexibel auf die Schwankungen des Energiemarktes reagieren können. Nach dem Willen der Europäischen Kommission sollen bis zum Jahr 2025 in Europa 100 PEDs entstehen. Um diese Stadtteile zu realisieren, muss einerseits die Energieeffizienz der Gebäude verbessert werden. Andererseits müssen lokale Energieflüsse durch die Nutzung von eventuellen Energieüberschüssen kaskadiert und für die Deckung des restlichen Energieverbrauchs CO<sub>2</sub>-arme Energieerzeugungstechnologien eingesetzt werden.

PEDs zielen per se nicht darauf ab, einen jährlichen Nettoüberschuss an Energie zu erzielen. Vielmehr sollen die Auswirkungen auf die Energienetze minimiert werden, indem Optionen für ein besseres Lastmanagement und einen erhöhten Eigenverbrauch vor Ort sowie Technologien für Kurz- und Langzeitspeicher und

Energieflexibilität bereitgestellt werden. Intelligente Steuerungen und Nutzung von Energieflexibilitäten ermöglichen es, die Nachfrage mit der Produktion vor Ort so weit wie möglich in Einklang zu bringen.

Die Realisierung von PEDs benötigt eine multisektorale Herangehensweise. Erforderlich sind nicht nur innovative Gebäudetechnologien, sondern insbesondere auch neue Definitionen und Schlüsselkonzepte für die Konzeption von PEDs. Methoden, Tools und Technologien für die Planung und Umsetzung, Methoden für die Ex-Ante-Wirkungsabschätzung sowie das Ex-Post-Monitoring von PEDs, neue Organisations- und Geschäftsmodelle sowie Handlungsleitfäden für die Planung von PEDs sind dafür notwendig.

Hier setzt der IEA EBC Annex 83 an, der das Wissen und die Erfahrung der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft zu PEDs sammeln, systematisieren, synthetisieren und in einer für PraktikerInnen verständlichen Form aufbereiten wird. Durch das Projekt wird es führenden österreichischen Forschungseinrichtungen ermöglicht, die gewonnenen Erkenntnisse der internationalen Forschungsgemeinschaft in Bezug auf „Positive Energy Districts“ nutzbar zu machen.



**Bundesministerium**  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

**Auftraggeber:** Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

**Projektpartner:** AEE INTEC, AIT Austrian Institute of Technology (Projektleitung), Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Universität Innsbruck

**Ansprechperson:** Dipl.-Ing. Thomas Ramschak, t.ramschak@aee.at

# Saisonale Wärmespeicherung mit drei- bis viermal höherer Energiespeicherdichte als Wasser

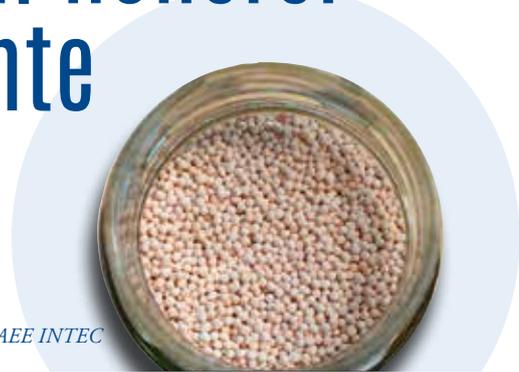


Foto: AEE INTEC

**A**ufgrund ihres erheblichen Flexibilitäts- und Ausgleichspotentials werden Wärmespeichersysteme in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Integration von erneuerbaren Energiequellen und Abwärme spielen. Wärmespeichersysteme auf Basis von Feststoffsorption (thermo-chemische Energiespeicher) haben das Potenzial, drei- bis viermal höhere Energiedichten im Vergleich zu Wasserspeichern zu erreichen und können Energie effizient über einen langen Zeitraum saisonal speichern.

Weder vergleichbare nationale noch internationale Entwicklungen auf diesem Gebiet konnten bisher jedoch zur Markteinführung gelangen, und derzeit wird noch an niedrigen Technology Readiness Levels (TRL) gearbeitet. Um den Schritt von TRL 6 (Technology Demonstration) aus einem Vorgängerprojekt zu TRL 8 (System Development) machen zu können, kombiniert das Projekt FlexModul zahlreiche technologische Verbesserungen auf verschiedenen Ebenen. Dadurch soll Marktreife erreicht und national bzw. international eine technologische Vorreiterrolle übernommen werden. Der Schwerpunkt liegt auf Weiterentwicklungen auf Komponenten- und Systemebene, wobei insbesondere Modularität, Kompaktheit, Skalierbarkeit und Massenproduktionsfähigkeit im Vordergrund stehen. Die Investitionskosten sollen reduziert und die Anwendungsmöglichkeiten des Konzeptes maximiert

werden. Optimierungen in den Bereichen Materialeinsatz, Systemkomplexität, Steuerung, Gebäudeintegration etc. sind ebenfalls wichtige Aspekte. Um die Anwendungsmöglichkeiten der Technologie zu zeigen, werden Arbeiten zur Untersuchung verschiedener Business Cases unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Performance des modularen Speicherkonzepts durchgeführt. Das optimierte System wird in zwei Anwendungsfällen demonstriert:

1) Saisonale Speicherung - Überschüssige Wärme von Photovoltaik- oder solarthermischer Anlagen wird saisonal gespeichert und somit der Eigenverbrauch von Solarenergie über das ganze Jahr erhöht, um fast 100 % erneuerbare Energieversorgung zu erreichen. Zur Demonstration wird der Speicher in ein Einfamilienhaus integriert und liefert Wärme für die Warmwasserbereitung und die Raumheizung.

2) Power-to-Heat (P2H)-Speicherung mit hoher Energiedichte als kostengünstige Alternative zu Batterien, um den Eigenverbrauch deutlich zu erhöhen. Der Speicher dient dem täglichen Ausgleich von Stromüberschüssen aus lokaler Photovoltaik und KWK im Hauben-Restaurant/Hotel "Steirereck" am Pogusch (Stmk.) und der Bereitstellung von Wärme für Warmwasser und Raumheizung. ■



**Auftraggeber:** Klima- und Energiefonds

**Projektpartner:** Energie Steiermark, TBH Ingenieur GmbH, GREENoneTEC Solarindustrie GmbH, Pink GmbH

**Ansprechperson:** Samuel Knabl, MSc., s.knabl@aee.at

# ISEC

2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL SUSTAINABLE ENERGY CONFERENCE 2022

> **05 - 07 April 2022**  
**Congress Graz, Austria**

Conference for Renewable Heating and Cooling in Integrated Urban and Industrial Energy Systems

**REGISTER FOR ISEC 2022**  
[WWW.CONFTOOL.ORG/ISEC2022](http://WWW.CONFTOOL.ORG/ISEC2022)



Photo: Cajetan Perwein/BMK

I am very pleased that the 2nd International Sustainable Energy Conference will again provide a strong forum for innovative renewable heating and cooling solutions. As Federal Minister for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology I am happy to invite you to Graz to this year's ISEC conference

**Leonore Gewessler**  
 Minister for Climate Action, AT

**Program Overview**

- 05 April 2022: Side Events, Welcome Reception
- 06 April 2022: Conference, B2B Meetings, Workshops
- 07 April 2022: Conference  
 Accompanying technical exhibition

**Participation physical or virtual**

The conference will take place physically at the Congress Graz. If you are unable to attend physically it is also possible to attend the conference online. Register here: [www.conftool.org/isec2022](http://www.conftool.org/isec2022)

**Conference secretariat**

Manuela Eberl, e-mail: [isec2022@aee.at](mailto:isec2022@aee.at)  
 Website: [www.aee-intec-events.at](http://www.aee-intec-events.at)



Photo credit: Miriam Raneburger

e-mail: [isec2022@aee.at](mailto:isec2022@aee.at) | [www.aee-intec-events.at](http://www.aee-intec-events.at)  #isec2022

Organized by

Co-Organizer

Supported by

In Cooperation with



Gold Sponsor

Silver Sponsor

Bronze Sponsor





# AEE INTEC gewinnt Innovationspreis der Austrian Cooperative Research (ACR)

Foto: ACR/APA-Fotoservice/Schedl

Im Oktober 2021 fand die jährliche ACR-Enquete in Wien statt. Generalsekretär im Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort Michael Esterl, Generalsekretär-Stellvertreterin der Wirtschaftskammer Österreichs Mariana Kühnel und ACR-Präsidentin Iris Filzwieser eröffneten den Abend und unterstrichen dabei den Nutzen und die Notwendigkeit von Forschung und Innovation für Klein- und Mittelbetriebe (KMU) in Österreich. Auch AEE INTEC leistet hier seit vielen Jahren einen maßgeblichen Beitrag. Umso mehr freut es uns, dass unser kooperatives Forschungsprojekt „MeQuSo“ (Methodenentwicklung einheitlicher Qualitätsnachweise für solarthermische Großanlagen) bei der nachfolgenden Preisverleihung den ACR-Innovationspreis gewinnen konnte.

Im Projekt MeQuSo wurde ein digitales Testverfahren für solarthermische Großanlagen namens D-CAT (Dynamic Collector Array-Test) entwickelt. Das Testverfahren, das auf einem Digitalen Zwilling basiert, kann auf solare Großanlagen von 100 bis mehrere 10 000 m<sup>2</sup> angewendet werden und läuft vollautomatisch und ohne Eingriff in die Anlagenregelung ab. D-CAT liefert Parameter zur Leistungsfähigkeit der Anlage, die im Wesentlichen mit dem Solar Keymark beziehungsweise den Parametern der ISO-Norm 9806, optische

Eigenschaften, Wärmeverluste und Wärmeübergänge vergleichbar ist. Gegenüber Einzelkollektoren wurde der Test um die relevanten physikalischen Effekte in großen Kollektorfeldern erweitert. D-CAT liefert für Investor\*innen, Anlagenbetreiber\*innen, Planer\*innen und Kollektorherstellunternehmen sichere und detaillierte Aussagen zum technischen Verhalten solarer Großanlagen. Das D-CAT Testverfahren wird im aktuellen Projekt HarvestIT zu einer Open Source Software weiterentwickelt, die detailliertes Performance- und Condition-Monitoring zum laufenden Anlagenbetrieb solarer Großanlagen liefert.

Die ausgezeichneten Ergebnisse stärken das Vertrauen in Solarthermie als verlässliche Technologie für Erneuerbare Wärme und leisten einen essentiellen Beitrag zu deren Marktdurchdringung. Österreichische KMU mit Technologieführerschaft in Kollektor- und Komponentenbau sowie Anlagenerrichtung und -regelung können direkt von diesen Ergebnissen profitieren. Mit diesen Aktivitäten fördert AEE INTEC die internationale Nutzung der Technologie Solarenergie, stärkt die Rolle österreichischer Unternehmen und liefert einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und zur Integration erneuerbarer Energieträger in moderne Energiesysteme. ■

## Weiterführende Informationen / Links im E-Paper

Video zum Projekt <https://youtu.be/FnHtiqNxBYI>

ACR-Innovationspreis <https://www.acr.ac.at/awards/innovationspreis/>

Informationen zum Projekt <https://www.aee-intec.at/mequso-methodikentwicklung-fuer-qualitaetsnachweise-solarthermischer-grossanlagen-unter-realen-betriebsbedingungen-p185>

Informationen zum aktuellen Nachfolgeprojekt HarvestIT <https://www.collector-array-test.org>

# Tagungen, Seminare, Exkursionen

## Webinarreihe nachhaltige Technologien - Digitalisierung industrieller Energiesysteme

24. März 2022 / Online

<https://www.aee-intec-events.at/webinarreihe>

## 2nd International Sustainable Energy Conference - ISEC 2022

05. - 07. April 2022 / Congress Graz, Österreich sowie online

<https://aee-intec-events.at/events/isec-2022.html>

## BauZ!-Kongress

11. - 12. Mai 2022 / Wien, Österreich, Online

<https://www.bauz.at>

## Mission Innovation Week

17. - 19. Mai 2022 / Online

<https://missioninnovationaustriaweek.at/programm/>

## Workshop im Rahmen des Forschungsprojekts ThermaFLEX – Abwasser und Kläranlagen als zukünftige erneuerbare Energiequellen für die Dekarbonisierung der Energie- und Wärmeversorgung

18. Mai 2022 / WKO, Wien

<https://www.aee-intec-events.at/workshop.html>

## Webinarreihe nachhaltige Technologien - Wärmenetze im Wandel

23. Juni 2022 / Online

<https://www.aee-intec-events.at/webinarreihe>

## EuroSun 2022 ISES and IEA SHC International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry

25. - 29. September 2022 / Kassel, Deutschland

<https://www.eurosun2022.org/>

## Was erwartet Sie in Ausgabe 02 | 2022?



In der nächsten Ausgabe beschäftigen wir uns mit der Flexibilisierung von Wärmenetzen und der dafür notwendigen Elemente und Lösungen, um die Dekarbonisierung des Wärmesektors zu forcieren und zukunftsfit zu gestalten. Die Ergebnisse aus dem Leitprojekt ThermaFLEX sowie den mit dem Projekt verbundenen Umsetzungen bei unterschiedlichen Demonstratoren und daraus gewonnene Erkenntnisse werden umfassend vorgestellt.

## Mitgliedsbeitrag 2022

Wir danken allen Mitgliedern, die den Jahresbeitrag 2022 schon bezahlt haben und besonders herzlich jenen, die ihn durch eine Spende aufgerundet haben. Die anderen Mitglieder bitten wir die Überweisung vorzunehmen, um uns die kosten- und arbeitsintensive Versendung von Zahlungserinnerungen zu ersparen.

Vielen Dank für Ihr Verständnis!

**Bankverbindung:** Raiffeisenbank Region Gleisdorf EGen  
IBAN: AT09 3810 3000 0010 4430 / BIC: RZSTAT2G103

## AEE-Beratungen

<b>Steiermark</b>	<b>Gleisdorf:</b> Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf   Nach Terminvereinbarung: Tel. 03112/5886 <b>Langenwang:</b> Grazerstraße 12, 8665 Langenwang   Jeden ersten Mi. im Monat, 19:00 Uhr, Hotel - Restaurant - Café Krainer
<b>Salzburg</b>	<b>Salzburg:</b> Auerspergstraße 20, 5020 Salzburg   Nach Terminvereinbarung: Tel. 0664/8474204
<b>Kärnten</b>	<b>Villach:</b> kostenlose Energieberatung   Nach Terminvereinbarung: Tel. 04242/23224
<b>Wien</b>	<b>Wien:</b> Karolinengasse 32/1, 1040 Wien   Nach Terminvereinbarung: Tel. 01/7107523



Foto: AEE INTEC

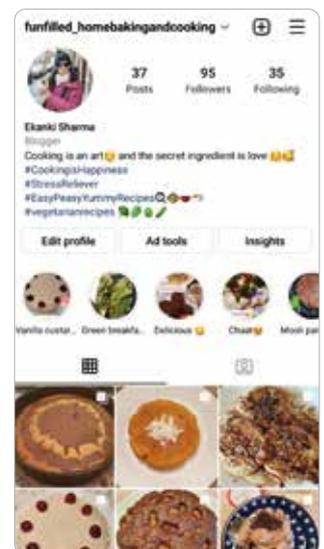
**M**ein Name ist Ekanki Sharma. Ich komme aus einer kleinen, sehr schönen Stadt in Indien, Udaipur, und wuchs in einer Familie voller hochqualifizierter Akademiker auf. Dieses Umfeld inspirierte mich bei meiner Berufswahl sehr. Außerdem war ich schon immer von Wissenschaft und Technik fasziniert. Zunächst machte ich einen Bachelor-Abschluss in Elektronik und Kommunikationstechnik (ECE), gefolgt von zwei Master-Abschlüssen, einen in ECE mit Spezialisierung auf optische Netzwerke in Indien und einen in Elektronik, Elektrotechnik, Automatisierung und Signalverarbeitung (EEATS) mit Spezialisierung auf Systeme, Steuerung und IT in Frankreich. Danach war ich 4,5 Jahre lang Universitätsassistentin in der Smart Grids Gruppe am Institut für Vernetzte und Eingebettete Systeme der Universität Klagenfurt. Ich hielt mehrere Kurse im Zusammenhang mit intelligenten Stromnetzen und der Integration erneuerbarer Energien. Zusätzlich habe ich an der Fakultät für Informations- und Kommunikationstechnik promoviert. Mit dem Schwerpunkt auf der Erstellung von datengesteuerten Vorhersagemodellen für erneuerbare Energiesysteme sammelte ich Erfahrungen im Bereich der Energieinformatik. Ich hatte bereits großes Interesse an Technologien für erneuerbare Energien und die Arbeit an diesem Thema während meiner Promotion hat mich dazu veranlasst, weiter in diesem Bereich zu arbeiten und damit einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele zu leisten. Nach meinem akademischen Abschluss habe ich nun den ersten Schritt in meiner beruflichen Laufbahn getan und arbeite seit September 2021 bei AEE INTEC. Die Themen bei AEE INTEC entsprechen genau meinen Forschungsinteressen. Konkret arbeite ich als Senior Researcher in der Gruppe "Industrielle Systeme" am

## Wissenschaftlerin und Food-Bloggerin

Projekt "Digitaler Energiezwilling" (DET) sowie an einigen anderen Projekten. Meine Arbeit konzentriert sich auf die Nutzung von Digitalisierung für die Dekarbonisierung von industriellen Energiesystemen. Die Mitarbeit im DET-Projekt gab mir die Möglichkeit, mein Wissen in Bezug auf Aspekte der Energieeffizienz aus der Perspektive industrieller Systeme zu erweitern und zu lernen, wie man solch ein großes Projekt leitet und mit den Partnern zusammenarbeitet. Von Anfang an habe ich mich in dem tollen Team von AEE INTEC wohl gefühlt - vor allem wegen der freundlichen Atmosphäre am Arbeitsplatz und der Hilfsbereitschaft der Kolleg\*innen. Ich bin froh, von fachkundigen Kolleg\*innen umgeben zu sein, die den Austausch wertvoller Ideen fördern.

Meine Freizeit verbringe ich gerne mit dem Hören von Podcasts, singen, kochen, backen, gärtnern, reisen und in der Natur. Ich lebe gerne hier in Österreich, die schönen Landschaften überall sind eine Augenweide. Neben meiner Tätigkeit als Wissenschaftlerin bin ich Food-Bloggerin und betreibe einen Instagram-Account zum Thema Kochen und Backen, auf dem ich die von mir kreierten Rezepte poste. ■

*Ekanki schreibt in ihrer Freizeit einen eigenen Food-Blog*



# VORENS SOLARHALTER



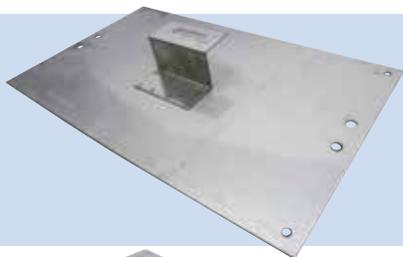
## VORENS SOLARKLEMMEN FÜR FALZDÄCHER

**Stahl feuerverzinkt, geschraubt** Artikel Nr.: 1096

**Kupfer, geschraubt** Artikel Nr.: 1097

**Niro-rostfrei, geschraubt** Artikel Nr.: 1098

**Höhe: 65 mm**

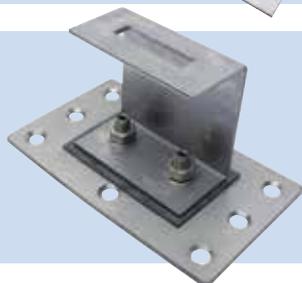


## SOLARHALTER FÜR BITUMEN UND FOLIENDACH

**Grundplatte** Artikel Nr.: 1521

Niro- rostfrei 1,5 mm, 500 x 300 mm

**Höhe: 50 mm**

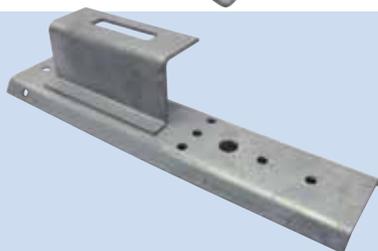


## SOLARHALTER FÜR FOLIENDACH

**Grundplatte** Artikel Nr.: 1524

Niro 170 x 100 x 2,5 mm

**Höhe: 80 mm**



## SOLARHALTER FÜR TRAPEZBLECHE

**Feuerverzinkt, profiliert zum Aufnieten**

**Höhe: 40 mm**

Für Profildbreite: Artikel Nr.:

**25 mm** 1850 - 25

**40 mm** 1850 - 40

**52 mm** 1850 - 52



**Interesse?**

Alle unsere Produkte werden über den einschlägigen Dachdecker- und Spenglergroßhandel vertrieben. Oder Sie nehmen mit uns Kontakt auf: Rufen Sie **+43 (0) 6562 6263** oder senden Sie uns eine E-Mail an **vorens@uta1002.at**

ANZEIGE