

IEA Industrielle Energietechnologien und Systeme (IETS) Annex 18: Digitalisierung, KI und verwandte Technologien für industrielle Energieeffizienz THG-Emissionsreduktion

Arbeitsperiode 2020 - 2023

F. Birkelbach, R. Hofmann,
T. Kienberger, S. Knöttner, W. Weiß,
V. Zawodnik

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

18/2024

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren:

F. Birkelbach, R. Hofmann, T. Kienberger, S. Knöttner, W. Weiß, V. Zawodnik
Wien, 2024

IEA Industrielle Energietechnologien und Systeme (IETS) Annex 18: Digitalisierung, KI und verwandte Technologien für industrielle Energieeffizienz THG-Emissionsreduktion

Arbeitsperiode 2020 - 2023

Dr. Felix Birkelbach
Technische Universität Wien

Prof. René Hofmann
Technische Universität Wien

Prof. Thomas Kienberger
Montanuniversität Leoben

DI Sophie Knöttner
Austrian Institute of Technology

Dr. Wolfgang Weiß
AEE – Institute for Sustainable Technologies

DI Vanessa Zawodnik
Montanuniversität Leoben

Wien, Jänner 2024

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM
Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhalt

Vorbemerkung	5
1 Kurzfassung	8
2 Abstract	9
3 Ausgangslage.....	10
4 Projektinhalt	12
4.1 Vorgehensweise und Methoden im Subtask 2.....	13
5 Ergebnisse	17
5.1 Begriffsklärung und -abgrenzung	17
5.2 Fragebogen zum Stand der Technik	18
5.3 Roadmap	19
5.4 Project presentation sessions	20
5.5 Weitere Ergebnisse	20
6 Schlussfolgerungen	21
7 Ausblick und Empfehlungen	22
Tabellenverzeichnis	23
Abbildungsverzeichnis	24
Literaturverzeichnis.....	25
Abkürzungen.....	26

1 Kurzfassung

Die Digitalisierung ist heutzutage in aller Munde und Fortschritte in diesem zukunftsrelevanten Forschungsgebiet zeigten in den vergangenen Jahren auch in der Industrie enormes Potential. Jedoch stellt diese Entwicklung Industrieunternehmen vor große Herausforderungen: Neue Anforderungen an lang etablierte Anlagen, Prozesse und Maschinen entstehen und spezifisches Know-how im Bereich der Digitalisierung ist gefragt. Besonders in historisch gewachsenen Anlagen sind dazu weitgreifende Veränderungen notwendig. Um diese Barrieren zu verringern und die Digitalisierung in der Industrie zu etablieren, ist eine fundierte Wissensbasis notwendig.

Eine Technologie bzw. Anwendung, die sich zu einem Schlüsselwort der Digitalisierung im Kontext von produzierenden, energieintensiven Betrieben entwickelt hat, ist der Digitale Zwilling (Digital Twin, DT). Obwohl 2018 bereits 13 % der befragten Unternehmen DTs einsetzten und über 60 % eine Implementierung vorsahen bzw. als möglich empfanden, bieten erweitertes Verständnis für die Technologie, sowie der Anbietermarkt noch großes Potential für weitere Ausreifung. Die Anwendung eines DTs für das Energieerzeugungssystem kann unter anderem zu verbessertem Energie-Management, sowie reduziertem Auftreten von Spitzenlasten und unerwünschten Betriebszuständen führen. Allgemein bietet der DT das Potential, Kosten und Risiko zu senken, sowie Effizienz, Wettbewerbsfähigkeit, Kundendienstleistungen, Sicherheit und Zuverlässigkeit zu verbessern. Trotz dieser vielversprechenden Aspekte gibt es noch einige Herausforderungen, die den Einsatz von digitalen Zwillingen in der Industrie erschweren.

Der internationale IEA IETS Task XVIII verfolgt das übergeordnete Ziel, das Wissen über und die Entwicklung sowie Anwendung von Digitalisierung, KI und verwandten Technologien voranzutreiben, um die wirtschaftliche und ökologische Performance von energie- und THG-intensiven Industrien zu verbessern. Das Ziel, Innovationsgehalt und angestrebte Ergebnisse des Subtask 2 im Task 18 sind die Umsetzung von Digitalen Zwillingen in der Industrie zu erweitern und verbessern, bzw. die notwendigen Grundlagen und Rahmenbedingungen dafür zu schaffen.

Die wichtigsten Projektergebnisse sind das Glossar zur Begriffsdefinition und -abgrenzung im Themengebiet digitaler Zwillinge, der Bericht zu den Ergebnissen der Stakeholder-Umfrage sowie die Dokumentation der Roadmap-Workshops. Des Weiteren wurden eine Serie von Project Presentation Sessions veranstaltet, in denen Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen Einblick in ihre digitalen Zwillingprojekte gaben und die Ansätze diskutiert wurden. Diese Project Presentation Sessions wurden aufgezeichnet und sind öffentlich verfügbar.

Gegen Ende der Projektdauer zeichnete sich ab, dass das Interesse am Einsatz von digitalen Methoden für die Dekarbonisierung der Industrie ungemindert anhält. Daher wird die Zusammenarbeit im IEA IETS Task XVIII fortgesetzt werden.

2 Abstract

Digitalization is on the top of everyone's agenda these days and progress in this future-relevant field of research has also shown enormous potential in industry in recent years. However, this development presents industrial companies with great challenges: New demands on long-established systems, processes and machines are emerging and specific know-how in the field of digitalization is in demand. Especially in historically grown plants, far-reaching changes are needed. In order to reduce these barriers and establish digitalization in the industry, a sound knowledge base is necessary.

In this respect, one key technology or application that has developed into a keyword of digitalization in the context of producing, energy-intensive companies is the Digital Twin (DT). Although 13 % of the companies surveyed were already using DTs by 2018 and more than 60 % were planning to implement them or considered them possible, a greater understanding of the technology and the provider market still offer great potential for further maturation. The use of a DT for the power generation system can lead to improved energy management, reduced peak loads and unexpected operating conditions. In general, DT offers the potential to reduce costs and risk, and to improve efficiency, competitiveness, customer service, safety and reliability. Despite these promising aspects, there are still some challenges that make the deployment of digital twins in the industry difficult.

The overall objective of the international IEA IETS Task XVIII is to increase the knowledge, development and application of digitalization, AI and related technologies to improve the economic and environmental performance of energy and GHG intensive industries. The goal, innovation content and desired results of Subtask 2 in Task XVIII is to expand and improve the implementation of digital twins in the industry and to create the necessary foundations and framework conditions for this.

The key results of the project are the glossary on terms and definitions in the area of digital twins, the report on the results of the stakeholder survey and the documentation of the road-mapping workshops. Furthermore, a series of project presentation sessions were organized, where experts from academia and industry presented insights from their digital twin projects. These project presentation sessions were recorded and are now publicly available.

Towards the end of the project, it became clear that interest in applying digital methods for the decarbonization of industrial processes is still high. For that reason, the activities in the IEA IETS Task XVIII will be continued.

3 Ausgangslage

Das Projekt *IEA IETS Annex XVIII* ist in den *IETS TCP* eingebettet. Das Technology Collaboration Program (TCP) Industrial Energy-related Technologies and Systems (IETS) widmet sich dem Thema Energienutzung in der Industrie. Ziel ist eine verstärkte Forschung und Entwicklung von industriellen Energietechnologien und -systemen im Zuge einer internationalen Kooperation zwischen OECD- und Nicht-OECD-Ländern. Im Zentrum stehen dabei die Zusammenarbeit industrierelevanter Forschungsdisziplinen, die Vernetzung innerhalb von Industriesektoren und zu Querschnittstechnologien sowie der Informations- und Wissenstransfer zwischen Expert:innen aus Industrie, Wissenschaft und Politik. Eine Beteiligung im IETS erlaubt es österreichischen Stakeholdern eine internationale Vernetzung, F&E-Leistung zu industriellen Energietechnologien und -systemen anzubieten und Projekte mit österreichischen Technologien im Ausland zu realisieren.

Der internationale *IEA IETS Task XVIII* verfolgt das übergeordnete Ziel, das Wissen über und die Entwicklung sowie Anwendung von Digitalisierung, künstlicher Intelligenz und verwandten Technologien voranzutreiben, um die wirtschaftliche und ökologische Performance von energie- und THG-intensiven Industrien zu verbessern. Geschaffen werden soll ein Netzwerk von Wissenschaftler:innen, Forschungslaboren, IT-Anbietern und Akteuren der Prozessindustrie zur Zusammenarbeit im Bereich Verfügbarkeit, Qualität und Verwendung von Daten (Qualität, Quantität, Standort, Betrieb, Energie).

In der ersten Phase (Subtask 1) des Task XVIII, die von 11.2018 bis 12.2019 lief, wurden dabei sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene erste Untersuchungen und Analysen zu diesem Thema durchgeführt. Auf nationaler Ebene entstand daraus ein White Paper „Digitalization in Industry – An Austrian Perspective“ (Hofmann et al., 2020), das einen Überblick über den aktuellen Stand der Digitalisierung in Österreich gibt, sowie auf unterschiedliche Digitalisierungstechnologien und -anwendungen im Detail eingeht. Auf internationaler Ebene wurden dabei wichtige Digitalisierungsmaßnahmen, sowie Lücken, Barrieren und Potentiale festgestellt und bereits ein Netzwerk aus Expert:innen geschaffen. Aus dieser Analyse wurden drei Subtasks für die weitere vertiefte Arbeit definiert:

- Subtask 2: Methoden und die Anwendung von Digitalen Zwillingen
- Subtask 3: Lehren aus der Digitalisierung
- Subtask 4: Ausblick: Roadmaps für die Implementierung der Digitalisierung

Der Fokus österreichischer inhaltlicher Tätigkeiten konzentriert sich dabei auf Subtask 2, jedoch sind Schnittstellen zu den anderen Tasks geplant und angestrebt. Ursächlich für den Fokus auf digitale Zwillinge ist, dass mehrere Studien ein hohes Potenzial der Digitalisierung gezeigt haben, z.B. im Anlagenbau in Deutschland: 30 % Produktivitätssteigerung bis 2025 (Bauer et al., 2014). Eine Technologie bzw. Anwendung, die vor diesem Hintergrund oft genannt wird und sich zu einem Schlüsselwort der Digitalisierung im Kontext von produzierenden, energieintensiven Betrieben

entwickelt hat, ist der Digitale Zwilling (Digital Twin, DT). Die Relevanz dieses F&E-Feldes zeigt u.a. die Präsenz des Themenfeldes im Gartner-Hype Cycle über die vergangenen Jahre. Im Jahr 2019 wurde eine Studie von Gartner durchgeführt, um den Status Quo der Technologie zu erfassen. Obwohl 2018 bereits 13% der befragten Unternehmen DTs einsetzten und über 60 % eine Implementierung vorsahen bzw. als möglich empfanden, war Gartners Fazit dennoch, dass es sich um ein frühes Stadium der Adaption handelt. Der ursprüngliche Ansatz des DT war im Bereich der logistischen Optimierung von Produktionsabläufen, während die Energieversorgung per se nicht Teil dieser Methode war und Großteils auch noch nicht ist. Der Anbietermarkt sowie das Verständnis für die Technologie bieten noch großes Potential für weitere Ausreifung.

Trotz vielversprechender Aspekte gibt es noch einige Herausforderungen, welche die erfolgreiche Umsetzung der Digitalisierung bzw. den Einsatz von DTs in der Industrie erschweren. Zum einem herrscht in vielen Bereichen mangelndes Wissen über die Methoden und Anwendungen von DT sowie die sich daraus ergebenden Kosten, zum anderen muss das Verständnis für die Vorteile und das enorme Potenzial von DT geschult werden. Auch Jones et al. (Jones et al., 2020) ordnen das Thema „DT im Lebenszyklus der Anlage“ sowie „Geschaffene Vorteile“ unter dem Begriff „Future directions and gaps in research“ ein.

Der internationale IEA IETS Task XVIII verfolgt das übergeordnete Ziel, das Wissen über und die Entwicklung sowie Anwendung von Digitalisierung, KI und verwandten Technologien voranzutreiben, um die wirtschaftliche und ökologische Performance von energie- und THG-intensiven Industrien zu verbessern. Das Ziel, Innovationsgehalt und angestrebte Ergebnisse des Subtask 2 im Task 18 sind die Umsetzung von DTs in der Industrie zu erweitern und verbessern, bzw. die notwendigen Grundlagen und Rahmenbedingungen dafür zu schaffen.

4 Projektinhalt

Im Rahmen eines Projekts der Internationalen Energieagentur (Technologieprogramm "Industrial Energy Technologies and Systems" - IEA IETS Task XVIII) befasst sich ein internationales Konsortium mit Fragen der Digitalisierung entlang der Wertschöpfungs- und Entwicklungskette in der Industrie. Das Projekt widmet sich insbesondere der Digitalisierung, der künstlichen Intelligenz (KI) und verwandten Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz und der Reduzierung von Treibhausgasen in der Industrie.

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, das Wissen, die Entwicklung und die Anwendung von Digitalisierung, KI und verwandten Technologien zu verbessern, um die wirtschaftliche und ökologische Leistung von energie- und treibhausgasintensiven Industrien zu steigern. Darüber hinaus sollen die notwendigen Grundlagen und Rahmenbedingungen geschaffen werden, um die Implementierung DTs in der Industrie zu verbessern. Dazu werden die Methoden und Anwendungen digitaler Zwillinge, Herausforderungen und Lösungen im Zusammenhang mit der Digitalisierung sowie Roadmaps für die Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen in der energieintensiven Industrie untersucht.

Das Projekt setzt gezielt an diesen Herausforderungen an, indem es Expert:innen zusammenbringt, und gemeinsame Forschungen und Arbeiten initiiert.

Das internationale Projekt wird von Mouloud Amazouz, CanmetENERGY, Natural Resources Canada, geleitet, der ein 11-Länder-Konsortium koordiniert. Diesem gehören Österreich, Kanada, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Portugal, Niederlande, Italien, Schweden und die Schweiz an. Das österreichische Konsortium wird vom Institut für Energiesysteme und Thermodynamik der Technischen Universität Wien geleitet, in Zusammenarbeit mit AEE INTEC, dem AIT und der Montanuniversität Leoben.

Der IEA IETS Task XVIII besteht aus drei Subtasks. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Tasks und deren Inhalte.

Tabelle 1: Übersicht über die Tasks und deren Inhalte

Subtask	Titel und Leitung
Subtask 1	Needs and Interest Assessment Geleitet von Natural Resources Canada und Polytechnique Montréal
Subtask 2	Methods and Applications of Digital Twins Geleitet von TU Wien und VTT Technical Research Centre of Finland
Subtask 3	Lessons learned and value created with digitalization Geleitet von University of Southern Denmark und Natural Resources Canada

4.1 Vorgehensweise und Methoden im Subtask 2

Das österreichische Konsortium war für die Planung und Koordination der Aktivitäten im Subtask 2 zu Methoden und Anwendungen von digitalen Zwillingen verantwortlich. Auf diese wird im Folgenden im Detail eingegangen.

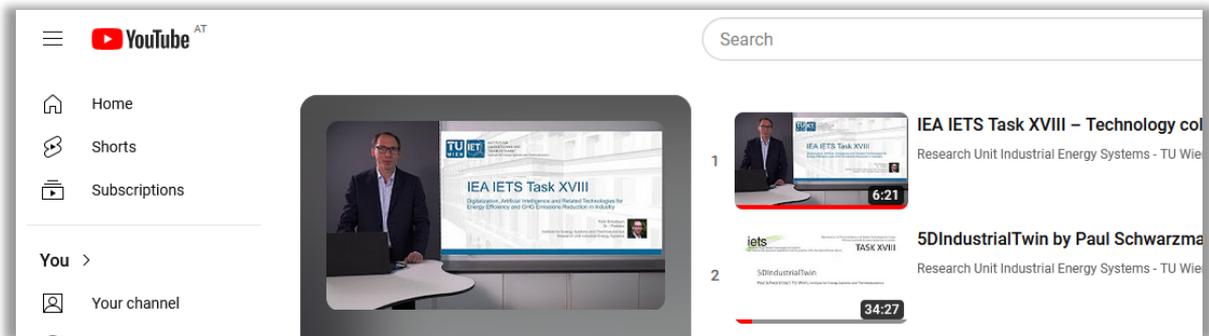
Project Presentation Sessions

Zentrales Ziel der Zusammenarbeit im IEA IETS Task XVIII ist der internationale Wissens- und Informationsaustausch. Um diesen möglichst effizient und für die beteiligten Expert:innen attraktiv zu gestalten, wurde das Format der *Project Presentation Sessions* entwickelt. Alle teilnehmenden Organisationen tragen Ergebnisse aus einem ihrer Projekte mit DT-Bezug bei. Bei der *Project Presentation Session* wurde, wie der Name vermuten lässt, das jeweilige Projekt vorgestellt und die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse aber auch die angewandten Methoden dem internationalen Publikum präsentiert. Danach gab es ausgiebig Zeit für Fragen und Diskussionen zu den präsentierten Inhalten.

Das Feedback der Teilnehmer:innen zu den *Project Presentation Sessions* war durchwegs positiv, da es keine anderen vergleichbaren Austausch- und Vernetzungsmöglichkeiten zu dem Thema mit einem so breiten Expert:innenkreis gibt. Es entwickelten sich auch jedes Mal lebhafte Diskussionen zu den präsentierten Themen.

Insgesamt wurden im Laufe der Projektdauer fünf Project Presentation Sessions organisiert. Im Rahmen dieser Sessions wurden 21 Projekte vorgestellt und diskutiert. Um diese Informationen längerfristig verfügbar und einem breiteren Personenkreis zugänglich zu machen, wurden alle Präsentationen aufgezeichnet und auf einem YouTube-Kanal veröffentlicht (TU Wien, 2024a).

Abbildung 1: Screenshot des YouTube Kanals, auf dem die Mitschnitte der *Project Presentation Sessions* veröffentlicht wurden.



Online-Workshops und Umfragen

Des Weiteren wurden auch Formate für vertiefte inhaltliche Zusammenarbeit entwickelt und umgesetzt. Für die inhaltlichen Aktivitäten im Rahmen des IEA IETS Task XVIII Subtask 2 wurden drei Schwerpunkte definiert:

- Definition und Abgrenzung der wichtigsten Begriffe im Themengebiet DT.
- Überblick über den State of the Art von Methoden und Anwendungen von DT und ihre Anforderungen für verschiedene Industriesektoren.
- Entwickeln einer F&E Roadmap sowie Identifikation von potentiellen Business Cases.

Für alle drei Themen hat das österreichische Konsortium die Inhalte aufbereitet, den partizipativen Prozess auf internationaler Ebene organisiert und gefördert sowie die Ergebnisse für den Bericht und weitere Verwendung aufbereitet. Die Vorgehensweise und Methodik bei der Erarbeitung jedes einzelnen Schwerpunktes wird im Detail in den jeweiligen Berichten dargestellt, die auf der Website des BMK zur Verfügung stehen (Birkelbach et al., 2024; Birkelbach, Fluch, Jentsch, Kasper, Knapp, et al., 2022; Birkelbach, Fluch, Jentsch, Kasper, Knöttner, et al., 2022). Näheres dazu wird im Ergebnis-Abschnitt dieses Berichtes beschrieben.

Dissemination

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Projekts war die Dissemination der Inhalte des Task XVIII in Österreich und international. Im Allgemeinen wurden die Aktivitäten des Task XVIII im Rahmen einer inhaltlichen Präsentation vorgestellt. Die Highlights in diesem Zusammenhang sind im Folgenden in aller Kürze aufgelistet:

- Präsentation „Digital twins as enablers for waste heat recovery with thermal energy storage“ bei der Energy Future Industry Konferenz 2023 in Göteborg (Birkelbach, 2023)
- Poster presentation „Digital Twins in Industrial Energy Systems“ auf der International Sustainable Energy Conference 2022 in Graz (Birkelbach & Hofmann, 2022)

- Beitrag beim UNIDO Webinar „Smart industrial energy and current digitalization trends“ am 27.11.2020
- Präsentation „Digitalen Arbeiten und nachhaltiges Produzieren“ bei den Vienna Digi Days 2021 (Birkelbach & Hofmann, 2021)

Die finale Disseminationsaktivität war das Symposium „Die Rolle von KI zur Energiewende in der österreichischen Industrie“, das in Kooperation mit der Industriellenvereinigung und dem Klima- und Energiefonds organisiert wurde (siehe Abbildung 2). Diese Veranstaltung richtete sich an Entscheidungsträger:innen in österreichischen Industrieunternehmen - jene Zielgruppe, die Entscheidung treffen kann, digitale Technologien für die Reduktion von Treibhausgasemissionen und zur Erhöhung der Energieeffizienz einzusetzen.

Die Vorbereitungen für diese Veranstaltungen starteten bereits im Q2/2023. Schlussendlich fand die Veranstaltung am 15. Januar 2024 statt und war ein voller Erfolg: die Veranstaltung war vollständig ausgebucht. Es gab drei Präsentationen von Forschungseinrichtungen und zwei Präsentationen von innovativen Unternehmen. Im Anschluss gab es eine hochkarätig besetzte Podiumsdiskussion, bei der das Thema noch einmal aus verschiedenen Blickwinkeln diskutiert wurde. Das vollständige Programm ist hier wiedergegeben:

BEGRÜSSUNG - AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN UND MASSNAHMEN

- Dieter Drexel, Industriellenvereinigung *Aktuelle Herausforderungen und Chancen zur Energiewende in der Industrie*
- Elvira Lutter, Klima- und Energiefonds *Forschungs- und Innovationsprogramme zur Beschleunigung der industriellen Dekarbonisierung*
- René Hofmann, TU Wien *Die österreichische Beteiligung am IEA IETS Task XVIII zu „Digitalisierung, KI und verwandten Technologien für industrielle Energieeffizienz und Treibhausgas-Emissionsreduktion“*

DIGITALE ZWILLINGE FÜR OPTIMALEN BETRIEB INDUSTRIELLER ENERGIESYSTEME

- Lukas Kasper, TU Wien *Wie selbstlernende digitale Zwillinge industrielle Energiesysteme resilienter machen*
- Christoph Brunner und Wolfgang Weiss, AEE Intec *Digital Energy Twin – Digitale industrielle Energiesysteme planen und effizient betreiben*

KI-ANSÄTZE ZUR ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG UND DEREN POTENTIAL FÜR ENERGIEEINSPARUNGEN

- Stefan Jakubek, TU Wien *Grid inertia: Wie kann das Stromnetz in einer Welt der erneuerbaren Energien stabilisiert werden?*
- Michaela Killian und Matthias Kahr, Wien *Energie Zukunft trifft Gegenwart: ein smartes Roboter-Assistenzsystem zur Anomaliedetektion im Kraftwerk Simmering*
- Georg Stöger, TTech *Industrial KI in Edge und Cloud für das dezentrale Energiemanagement*

PODIUMSDISKUSSION MIT EXPERT:INNEN AUS WISSENSCHAFT, INDUSTRIE UND POLITIK

- Peter Oswald, Mayr-Melnhof Karton Gruppe
- Heinz Kettner, Stahl Judenburg GmbH
- Roland Sommer, Plattform Industrie 4.0
- Elvira Lutter, Klima- und Energiefonds

- René Hofmann, TU Wien

Damit stellte das Symposium einen würdigen Abschluss für die erfolgreichen drei Jahre im Projekt IEA IETS Task XVIII dar. Die Präsentationsfolien sind auf der Veranstaltungswebsite verfügbar (TU Wien, 2024b).

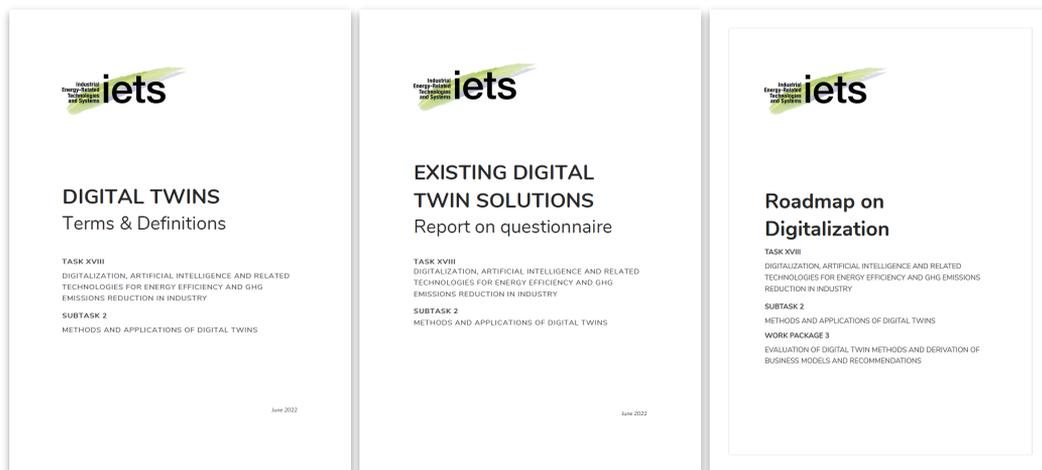
Abbildung 2: Deckblatt der Einladung zum Symposium „Die Rolle von KI zur Energiewende in der österreichischen Industrie“, das im Kontext des IEA IETS Task XVIII veranstaltet wurde.



5 Ergebnisse

An den Aktivitäten im IEA IETS Task XVIII gab es national und international großes Interesse. 22 Organisationen aus acht Ländern in Nordamerika und Europa beteiligen sich an dem Task. Die zentralen Ergebnisse unter Beteiligung des österreichischen Konsortiums im Projekt sind die drei Berichte, die auf der Website des BMK verfügbar und in Abbildung 3 dargestellt sind. In den folgenden Absätzen werden die Inhalte dieser Berichte kurz umrissen. Für detailliertere Informationen verweisen wir jeweils auf die einzelnen Berichte.

Abbildung 3: Deckblätter der Berichte, welche die zentralen Ergebnisse des gegenständlichen Projekts beinhalten und auf der Website des BMK verfügbar sind.



5.1 Begriffsklärung und -abgrenzung

Im nationalen Konsortium wurde erheblicher Aufwand betrieben, um die Terminologie zum Thema „Digitale Zwillinge“, die oft inkonsistent verwendet wird und so zu Missverständnissen führt, aufzuarbeiten und ein gemeinsames Verständnis der wichtigsten Begriffe zu schaffen. Diese Begriffserklärungen wurden in einem Glossar zusammengefasst und auf internationaler Ebene mit Expert:innen aus Forschung und Industrie diskutiert. Das Glossar ist auf der Website des BMK verfügbar (Birkelbach, Fluch, Jentsch, Kasper, Knöttner, et al., 2022).

Beispielhaft ist hier die Definition des Begriffes „digitaler Zwilling“ herausgegriffen.

A Digital Twin is a virtual representation that matches the physical attributes of a "real world" entity*, through measured values and domain knowledge and features automated bidirectional communication with that entity.

Diese Definition wurde auf Basis einer breit angelegte Literaturstudie und einem Workshop mit den Partner:innen auf internationaler Ebene erarbeitet.

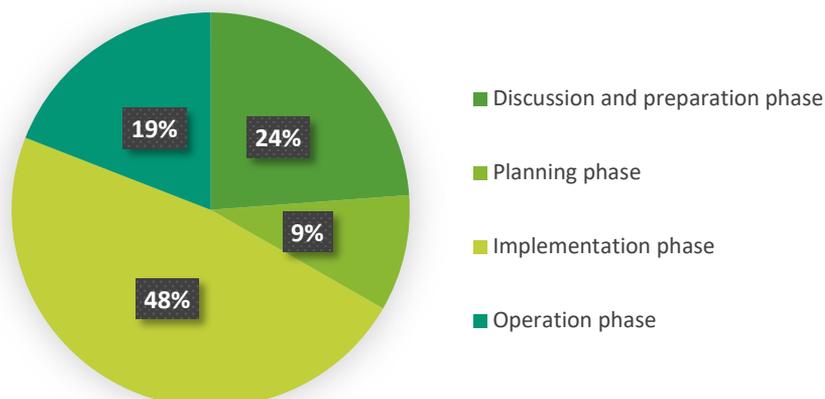
Im Anschluss wurde eine Umfrage bei den Task 18 Teilnehmer:innen und interessierten Partner:innen durchgeführt. Die relevanten Ergebnisse dieser Umfrage bezüglich der Definitionen und des Verständnisses für DTs können im Dokument "EXISTING DIGITAL TWIN SOLUTIONS - Report on questionnaire" (Birkelbach, Fluch, Jentsch, Kasper, Knapp, et al., 2022) nachgelesen werden.

5.2 Fragebogen zum Stand der Technik

Ein weiterer Aspekt, für den viel Aufwand betrieben wurde, ist die Befragung zum State of the Art von digitalen Zwillingen. Ein Fragebogen wurde im nationalen Konsortium in einer Serie von Arbeitstreffen erarbeitet und an die internationalen Teilnehmer:innen sowie andere Stakeholder versandt. Die Antworten wurden vom Projektteam ausgewertet und in einem Bericht zusammengefasst und interpretiert (Birkelbach, Fluch, Jentsch, Kasper, Knapp, et al., 2022).

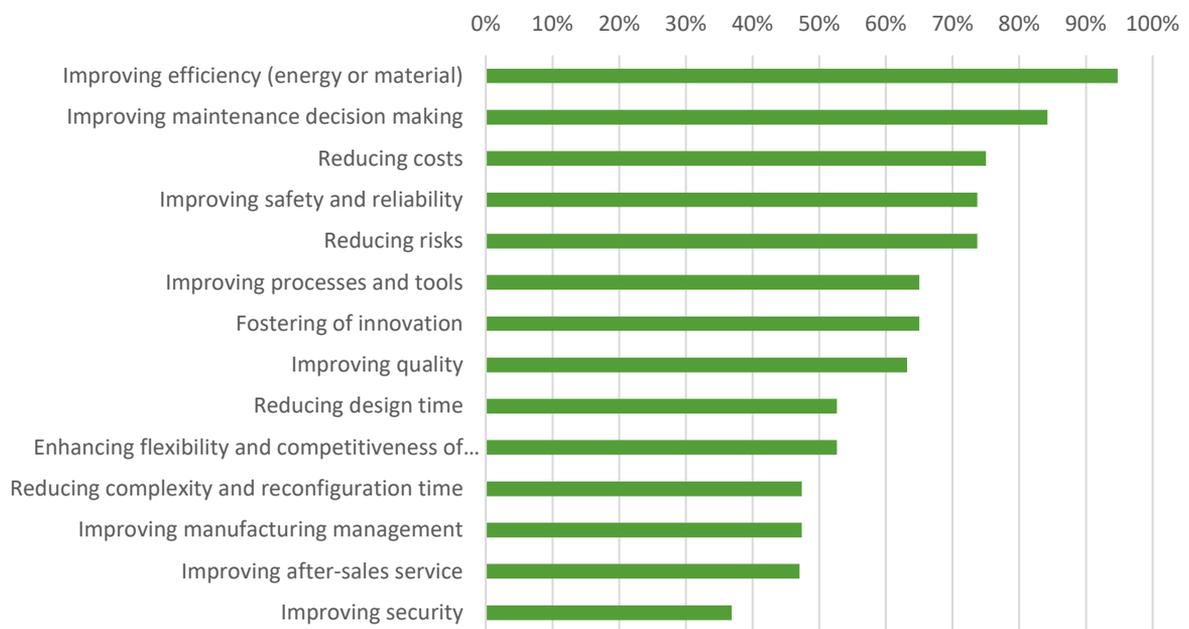
Exemplarisch sind hier zwei repräsentative Ergebnisse aus diesem Bericht dargestellt. Auf die Frage nach dem Reifegrad ihres digitalen Zwillings, gab ein Fünftel der Befragten an, dass sie bereits einen digitalen Zwilling in Betrieb haben, und etwa die Hälfte ist gerade dabei, ihren digitalen Zwilling einzuführen (Abbildung 4).

Abbildung 4: Fragebogen zum Stand der Technik, Frage: Wie sieht die derzeitige Situation bezüglich des Einsatzes von DTs in Ihrem Unternehmen aus?



Die Vorteile, die sich Teilnehmer:innen von digitalen Zwillingen erwarten sind in Abbildung 5 dargestellt. Insgesamt sind die Erwartungen an digitale Zwillinge hoch. Fast alle Teilnehmer:innen erwarten Effizienzsteigerungen in ihren Prozessen. Die Teilnehmer:innen erwarten im Allgemeinen auch zahlreiche Vorteile von der Entwicklung und Implementierung digitaler Zwillinge.

Abbildung 5: Fragebogen zum Stand der Technik, Frage: Bitte bewerten Sie die Bedeutung der folgenden DT-Vorteile für Ihr Unternehmen.

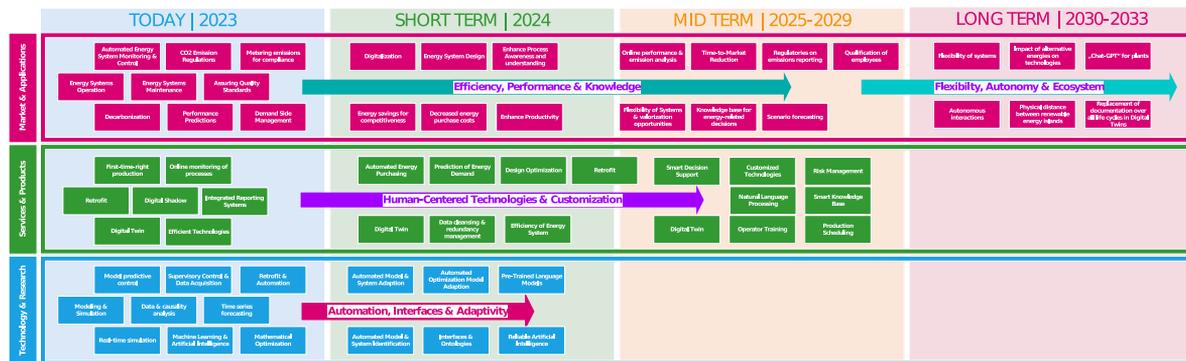


5.3 Roadmap

Im dritten Projektjahr stand die Entwicklung einer F&E Roadmap für das Vorantreiben von digitalen Zwillingen für die Dekarbonisierung industrieller Energieversorgung im Vordergrund. Die Roadmap sowie die Dokumentation der Workshops wurden ebenfalls in einem Bericht zusammengefasst (Birkelbach et al., 2024).

Die Roadmap ist in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 6: Vollständige Darstellung der Roadmap, die zukünftige Anwendungsfelder von digitalen Zwillingen für industrielle Energiesysteme präsentiert.



5.4 Project presentation sessions

Für den Wissens- und Know-How Austausch wurde eine Serie von Project Presentation Sessions organisiert, bei denen Expert:innen aus Forschung und Industrie Einblick in ihre digitalen Zwillingprojekte gaben und die Ergebnisse mit den Teilnehmer:innen diskutiert wurden. Um diese Informationen langfristig verfügbar und einem breiten Publikum öffentlich zugänglich zu machen, wurden die Präsentation aufgezeichnet und veröffentlicht (TU Wien, 2024a). Insgesamt wurden 21 Vorträge bei fünf Project Presentation Sessions gehalten.

5.5 Weitere Ergebnisse

Ergänzend zu diesen messbaren Ergebnissen gibt es ein wichtiges nicht-messbares Ergebnis der Zusammenarbeit im IEA IETS Task XVIII: Das entstandene Netzwerk aus Expert:innen aus Forschung und Industrie, das durch die gemeinsamen Aktivitäten gut über die jeweiligen Expertisen informiert ist und das somit eine gute Ausgangsbasis für das Vorantreiben des Einsatzes von digitalen Methoden für die Dekarbonisierung der Energiebereitstellung und Treibhausgasemission in der Industrie bietet.

6 Schlussfolgerungen

Die Zusammenarbeit im IEA IETS Task XVIII bestätigt, wie zentral der Einsatz von digitalen Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Industrie ist. Diese Methoden haben großes Potential und der Einsatz steht bei Unternehmen hoch auf der Prioritätenliste. Das große Interesse seitens der Industrie am Symposium „Die Rolle von KI für die Energiewende in der österreichischen Industrie“ unterstreicht das auf eindrucksvolle Art. Das Projektteam geht davon aus, dass das Interesse an Digitalisierung in der Industrie in den nächsten Jahren weiter zunehmen wird und dass die im IEA IETS Task XVIII geschaffene Basis einen guten Ausgangspunkt für zukünftige Aktivitäten bildet.

Da das Forschungs- und Entwicklungsumfeld in diesem Bereich äußerst dynamisch ist, spielen Vernetzungs- und Kollaborationsprogramme wie der IEA IETS eine wichtige Rolle für alle Stakeholder. Die Aktivitäten im IEA IETS Task XVIII erhöhen die Sichtbarkeit von Forschungseinrichtungen in Österreich, vor allem für die Industrie, ungemein. Für österreichische Forschungseinrichtungen sind sie eine wichtige Plattform für die Dissemination der Ergebnisse aus nationalen Forschungsprojekten und dem Knüpfen von Kontakten für internationale Forschungsvorhaben. Beispielhaft sei das Marie Skłodowska-Curie Doktoratsnetzwerk CESAREF erwähnt, wo das Konsortium teilweise über Task XVIII Aktivitäten zueinander gefunden hat.

Österreichische Unternehmen profitieren durch den direkten Kontakt mit Forschungseinrichtungen und Technologieunternehmen. Auch Unternehmen, die nicht direkt am Task XVIII beteiligt sind, haben die Möglichkeit über die nationalen Disseminationsveranstaltungen, wie das Symposium „Die Rolle von KI für die Energiewende in der österreichischen Industrie“, Kontakt herzustellen.

Die erarbeiteten Erkenntnisse fließen bei aktuellen Projekten und Forschungsvorhaben der Projektteammitglieder und den Projektpartner:innen in die laufenden nationalen Forschungsprojekte ein. Im Bereich der universitären Partner kann das erarbeitete Wissen teilweise auch in die Lehre transportiert werden. Des Weiteren sind Informationen zum Stand der Technik von DTs und den laufenden Aktivitäten in anderen Ländern eine wichtige Ressource für die Planung von zukünftigen Forschungsvorhaben. Sie ermöglichen es, den Forschungsbedarf besser einzuschätzen, Forschungsanträge gezielter zu schreiben und erleichtern das Finden von Forschungspartner:innen mit spezieller Expertise.

7 Ausblick und Empfehlungen

Die Energiewende und die zügige Dekarbonisierung der Energiesysteme, und insbesondere der Industrie, sind die großen Herausforderungen unserer Zeit. Die Bewältigung dieser Aufgabe wird nicht von einzelnen Institutionen oder Unternehmen durchgeführt werden – nur mit Kooperation und langfristiger Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrieunternehmen kann dieses Vorhaben erfolgreich sein.

Die verschiedenen Aktivitäten im Task XVIII liefern Impulse für innovative Lösungsansätze und Erkenntnisse aus Vorreiterprojekten sowie Best Practice-Beispiele. Die Zusammenarbeit im Rahmen der IEA ist damit ein wichtiger Innovationstreiber. Folglich ist die erste Empfehlung, dass die Vernetzungsaktivitäten im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperationen weiter unterstützt werden. Im konkreten Fall des IEA IETS Task XVIII ist dies bereits der Fall: Im Task XVIII wird es bis Anfang 2027 weitere Aktivitäten unter führender Beteiligung Österreichs geben.

Die starke Beteiligung österreichischer Forschungseinrichtungen und Unternehmen an den Aktivitäten im Task XVIII - auch über das Konsortium des gegenständlichen Projektes hinaus - zeigt, wie viel Innovation es im Bereich digitaler Methoden für die Dekarbonisierung industrieller Energieversorgung in Österreich gibt. Vor allem auch, da die Industriebetriebe in Österreich relevante Arbeitgeber sind. Damit Österreich als Wirtschaftsstandort seine Vorreiterrolle im Bereich Technologieentwicklung mittelfristig behaupten und langfristig Arbeitsplätze in Österreich sichern kann, ist eine gezielte Förderung von Grundlagen- und Anwendungsorientierter industrienaher Forschung unerlässlich. Die Unterstützung von experimentellen Pilotanlagen oder Testanlagen für Industrieunternehmen ist wichtig, um Technologieentwicklung voranzutreiben, Risiken zu minimieren und einen schnelleren Übergang von Methoden aus der Forschung und Theorie in die Praxis zu ermöglichen. Nur so besteht die realistische Chance, die ambitionierten Klimaziele nachhaltig und zeitgerecht zu erreichen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Tasks und deren Inhalte.....	13
--	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Screenshot des YouTube Kanals, auf dem die Mitschnitte der <i>Project Presentation Sessions</i> veröffentlicht wurden.	14
Abbildung 2: Deckblatt der Einladung zum Symposium „Die Rolle von KI zur Energiewende in der österreichischen Industrie“, das im Kontext des IEA IETS Task XVIII veranstaltet wurde.....	16
Abbildung 3: Deckblätter der Berichte, welche die zentralen Ergebnisse des gegenständlichen Projekts beinhalten und auf der Website des BMK verfügbar sind.	17
Abbildung 4: Fragebogen zum Stand der Technik, Frage: Wie sieht die derzeitige Situation bezüglich des Einsatzes von DTs in Ihrem Unternehmen aus?	18
Abbildung 5: Fragebogen zum Stand der Technik, Frage: Bitte bewerten Sie die Bedeutung der folgenden DT-Vorteile für Ihr Unternehmen.	19
Abbildung 6: Vollständige Darstellung der Roadmap, die zukünftige Anwendungsfelder von digitalen Zwillingen für industrielle Energiesysteme präsentiert.	20

Literaturverzeichnis

- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., & Ganschar, O. (2014). *Industrie 4.0–Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Berlin/Stuttgart.*
- Birkelbach, F. (2023, Mai 8). *Digital twins as enablers for waste heat recovery with thermal energy storage.* <https://iea-industry.org/news/available-for-download-energy-future-in-industry-presentations/>
- Birkelbach, F., Banasiak, D., Kasper, L., Knöttner, S., Kurz, T., Weiß, W., & Zawodnik, V. (2024). *Roadmap on Digitalization (IEA IETS Task 18).*
- Birkelbach, F., Fluch, J., Jentsch, R., Kasper, L., Knapp, A., Knöttner, S., Kurz, T., Paczona, D., Schwarzmayr, P., Sharma, E., & Zawodnik, V. (2022). *Existing digital twin solutions—Report on questionnaire (IEA IETS Task 18).* <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/publikationen/2023/iea-iets-annex-18-digital-twin-solutions.php>
- Birkelbach, F., Fluch, J., Jentsch, R., Kasper, L., Knöttner, S., Kurz, T., Paczona, D., Schwarzmayr, P., Sharma, E., Tahir, A. J., Tugores, C. R., & Zawodnik, V. (2022). *Digital Twins: Terms & Definitions (IEA IETS Task 18).* <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/publikationen/2023/iea-iets-annex-18-digital-twins.php>
- Birkelbach, F., & Hofmann, R. (2021). *Digitalen Arbeiten und nachhaltiges Produzieren.* <https://www.youtube.com/watch?v=E6WcUOQkKdQ>
- Birkelbach, F., & Hofmann, R. (2022). *Digital Twins in Industrial Energy Systems.* International Sustainable Energy Conference 2022, Graz. <http://media.isec2022.com/2023/05/Final-collected-Proceedings-ISEC-2022.pdf>
- Hofmann, R., Halmschlager, V., Leitner, B., Pernsteiner, D., Prendl, L., Sejkora, C., Steindl, G., & Traupmann, A. (2020, Jänner 1). *Digitalization in Industry—An Austrian Perspective. Whitepaper: Bericht für Klima- und Energiefond. 122 p.* <https://sic.tuwien.ac.at/fileadmin/t/sic/Dokumente/White-Paper-Digitalization-in-Industry.pdf>
- Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29, 36–52. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002>
- TU Wien. (2024a). *IEA IETS Task 18 Project presentation sessions.* <https://www.youtube.com/playlist?list=PLuitK2C8j5-s0PHLDMYRD7GQgNeuSZgwI>
- TU Wien. (2024b). *Symposium: Die Rolle von KI zur Energiewende in der österreichischen Industrie.* <https://www.tuwien.at/forschung/events/externe-veranstaltungen/news/symposium-die-rolle-von-ki-zur-energiewende-in-oesterreichischer-industrie>

Abkürzungen

Abk.	Abkürzung
BGBI.	Bundesgesetzblatt
CPS	Cyber-Physical Systems
DT	Digital Twin
F&E	Forschung und Entwicklung
IKT	Information, Kommunikation und Technologie
IETS	Industrial Energy-related Technologies and Systems
KI	Künstliche Intelligenz
TCP	Technology Collaboration Program
usw.	und so weiter

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

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at