

IEA Energieeffiziente Endverbrauchsgeräte (4E) Annex Elektrische Motorsysteme (EMSA)

Arbeitsperiode 2019 - 2021

K. Kulterer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

29/2022

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

IEA Energieeffiziente Endverbrauchsgeräte (4E) Annex Elektrische Motorsysteme (EMSA)

Arbeitsperiode 2019 - 2021

Mag. DI Konstantin Kulterer
Österreichische Energieagentur

Wien, Juni 2021

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 Theodor Zillner

Interimistischer Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	8
2	Abstract	10
3	Ausgangslage	12
	3.1. Status Quo/Ausgangssituation.....	12
	3.2. Motivation für das Projekt.....	12
	3.3. Übergeordnete Zielsetzung des Projekts.....	13
	3.4. Beschreibung des Standes der Technik aus eigenen Vorarbeiten sowie aus nationalen und internationalen Projekten.....	13
4	Projekthalt	14
	4.1. Electric Motor Systems Annex.....	14
	4.2. Projektziele	16
	4.3. Beschreibung der Vorgangsweise, Methoden und verwendeten Daten.....	17
5	Ergebnisse	19
	5.1. Klassifizierung und Dokumentation von Industrie 4.0 Technologien und Quantifizierung der Energieeffekte	19
	5.1.1. Überblick.....	19
	5.1.2. Sensorik	20
	5.1.3. Datenanalyse für Motorsysteme.....	21
	5.1.4. Echtzeit-Überwachung	22
	5.1.5. Künstliche Intelligenz.....	23
	5.1.6. Energieeffekte	25
	5.2. Online-Befragung zu Industrie 4.0	26
	5.3. Fallbeispiele zu Industrie 4.0 und effizienten Motorsystemen	32
	5.3.1. Anwendungsfall BMW Group Werk Steyr	32
	5.3.2. Anwendungsfall INNIO Jenbacher	34
	5.4. Liste von nationalen relevanten Akteur:innen und Programmen im Bereich Industrie.....	36
	5.4.1. Liste von Akteurinnen und Akteuren im Bereich Digitalisierung.....	36
	5.4.2. Liste von Programmen im Bereich Energieeffizienz und Digitalisierung.....	40
	5.5. Erkenntnisse und Wirkungen auf internationaler Ebene	43
	5.6. Veröffentlichte Ergebnisse im Berichtszeitraum.....	45
	5.6.1. Bericht: Report on the EMSA Survey on digitalisation in electric motor driven systems	45
	5.6.2. Bericht: Classification of digitalisation technologies in electric motor driven systems	45
	5.6.3. Beitrag: Digitalization in Electric Motor Driven Systems.....	46
	5.6.4. Bericht: EMSA Report on Testing Standards for Advanced Motor Technologies	46
	5.6.5. Nationaler Newsletter	46

5.6.6.	Internationaler Newsletter (Schweiz).....	46
5.6.7.	Leitfaden: Energy Audit Guide for Motor Driven Systems – Turkish version.....	47
5.6.8.	Software Tool: EMSA Hydraulic Calculator Tool.....	47
6	Vernetzung und Ergebnistransfer	48
6.1.	Politische Entscheidungsträger:innen, Programm-Manager:innen	48
6.2.	Technologie- und Komponentenanbieter:innen	50
6.3.	Forschung.....	51
6.4.	Energieberater:innen, Endkund:innen, Techniker:innen in Betrieben.....	51
6.5.	Relevanz, Nutzen der Projektergebnisse und Verwertung.....	52
7	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....	54
7.1.	Schlussfolgerungen	54
7.2.	Ausblick	55
7.3.	Empfehlungen für die österreichische Forschungs-, Technologie und Innovationspolitik....	56
8	Anhang: Liste relevanter Forschungsprogramme	65

1 Kurzfassung

Ausgangssituation, Motivation

Motorsysteme sind in Österreich für 69 % des Stromverbrauchs in der Industrie verantwortlich (Statistik Austria, 2021). Sie umfassen unter anderem Pumpen-, Ventilator-, Kälte- und Druckluftsysteme. Gleichzeitig können durch entsprechende Optimierungsmaßnahmen durchschnittlich 25 % des Stromverbrauchs eingespart werden (UNEP, 2017). In den letzten Jahren wurden sehr viele politische und normative Aktivitäten zu Mindeststandards, z. B. EU Ökodesign RL (EU-Richtlinie 2009/125/EG, EU-Verordnung (EU) 2009/125/1781) und weltweit einheitliche Energieklassifizierung nach IEC 60034-30-1 (IEC, 2014) gesetzt, die zunächst nur Drehstrom-Asynchronmotoren ohne Regelung berücksichtigten. Mittlerweile wurden auch neue Motorentechnologien in Normen zur Energieeffizienz aufgenommen.

Die umfassende Digitalisierung der Produktion wird es künftig ermöglichen, dass alle produktionsrelevanten Faktoren (Mensch und Anlagen) aktiv in den Produktionsprozess einbezogen sind und über intelligente Netze miteinander kommunizieren. Einerseits wirken sich intelligente Vernetzung von Verbraucher und Erzeuger senkend auf den Energieverbrauch von Motorsystemen aus. Andererseits bewirkt die zunehmende Automatisierung durch den verstärkten Einsatz von Steuerungsequipment und Elektromotoren eine Erhöhung des Energieverbrauchs.

Österreich leitet den Task *Monitoring and Assessing New Industrial Developments* des *Electric Motor Systems Annex* des IEA TCP 4E, der den möglichen Beitrag von Digitalisierung zur Steigerung der Energieeffizienz von elektrischen Motorsystemen aufzeigen und mögliche Maßnahmen zur breiteren Umsetzung entwickeln soll.

Inhalte, Ziele, Methode

Ziel des Projektes war es, Trends, Stakeholder und neue Entwicklungen auf dem Gebiet von Industrie 4.0 und elektrischen Motorsystemen zu identifizieren, Fallbeispiele zu dokumentieren und den Energieverbrauchseffekt darzustellen sowie mögliche Hemmnisse zu bestimmen und politische Empfehlungen zu entwickeln. Weiters wurden Ergebnisse aus den Tasks Internationale Normen, Motor Tests und das Motor Systems Tool in Österreich verbreitet.

Dazu wurden Webrecherchen durchgeführt, wissenschaftliche Beiträge und Vorträge analysiert, eine Online-Umfrage und zwei Workshops organisiert.

Ergebnisse, Erkenntnisse

Dieses Projekt umfasste die Teilnahme Österreichs am *Electric Motor Systems Annex*, insbesondere die Leitung des Tasks *Monitoring and Assessing New Industrial Developments*. Die Ergebnisse der Webrecherche, Online-Umfrage und Workshops wurden in eigenen Berichten in englischer Sprache festgehalten und werden in diesem Bericht zusammengefasst.

Folgende Technologien konnten durch Definition, Beschreibung und Anwendung in Motorsystemen klassifiziert werden: Intelligente Sensoren, Internet of Things, Intelligente Steuerung, Datenanalyse auf Motor- und Produktionsebene, Echtzeit-Überwachung, Digitale Zwillinge, Cloud Dienstleistungen, Künstliche Intelligenz und Augmented Reality. Weiters wurden Fortgeschrittene Robotik und Additive Fertigung beschrieben. (Kulterer et al., 2022)

Die wesentlichen Ergebnisse der Online-Umfrage waren (Kulterer, 2021):

- Im Durchschnitt schätzen die Befragten die mit dem Einsatz digitaler Lösungen verbundene Steigerung der Energieeffizienz von elektromotorischen Systemen auf rund 18 %.
- Industrieunternehmen setzen derzeit vor allem intelligente Sensoren, intelligente Steuerung und kontinuierliche Überwachung als digitale Technologien in Verbindung mit motorbetriebenen Systemen ein. Diese drei Technologien werden auch den größten Einfluss auf das zukünftige Energieeinsparungspotenzial haben.
- Höhere Produktionseffizienz, mehr Flexibilität und höhere Anlagenverfügbarkeit sind die Hauptvorteile. Im Gegensatz wurden erhöhte Ausfallrisiko und die höheren Implementierungskosten als Hauptnachteile genannt.
- Der Mangel an qualifiziertem Personal und hohe Investitionskosten sind die Haupthindernisse, gute technische Lösungen für Cybersecurity und die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal sind die wichtigsten Voraussetzungen.
- Rund drei Viertel der Befragten halten die Entwicklung von Bildungsprogrammen, den Standardisierungsprozess zur Harmonisierung von Protokollen und Subventionen für die Forschung für wichtige politische Instrumente zur Überwindung der oben genannten Hindernisse.

Die wichtigsten Ergebnisse der beiden Workshops war, dass einerseits Maschinendaten nicht herstellerunabhängig ausgelesen werden können, die höhere Effizienz von Einzelkomponenten noch nicht das gesamte System effizienter macht und es an Vorzeigebispielen für die Nutzung von Digitalisierung zur Steigerung von Energieeffizienz in der Industrie mangelt.

Andererseits könnte Digitalisierung bei wesentlichen Problemen (Überdimensionierung von Motoren, Versorgung von Maschinen außerhalb der Betriebszeiten, mangelnde Kenntnis über wesentliche Daten) Lösungen bieten.

Wesentliche Akteure und Programme in Österreich wurden erhoben und sind in diesem Bericht gelistet. Weiters wurden zwei Anwendungsfälle zur Anwendung von Digitalisierungstechnologien in Motorsystemen mit nachweisbarem Einspareffekt beschrieben.

Die Ergebnisse wurden mittels Berichten, auf Konferenzen und nationalen und internationalen Expertenworkshops und über Newsletter verbreitet. Die Industrieeinbindung erfolgt über die Workshops und Direktkontakte.

2 Abstract

Initial situation, motivation

Motor systems account for 69% of electricity consumed in industry in Austria. They include, for example, pumping, fan, cooling and compressed air systems (Statistik Austria, 2021). At the same time, an average of 25% of electricity consumed could be saved through economic optimization measures (UNEP, 2017).

Over the last years, many political activities in the field of international efficiency and minimum performance standards have been set (e.g. EU Ecodesign Directive (EU-Directive 2009/125/EG, Commission-Regulation (EU) 2009/125/1781), efficiency classification according to IEC 60034-30-1) considering mainly induction motors without control. In the meantime, new technologies have also been included in standards for energy efficiency.

The extensive digitalization of production will in future enable all relevant factors of production (human and equipment) to be integrated in the production process and to communicate via intelligent networks. On the one hand, intelligent networks of supply and demand will decrease energy consumption of motor systems, while on the other hand, consumption will increase by further installation of electric motors and control equipment.

Austria is leading the Task Monitoring and Assessing New Industrial Developments of the Electric Motor Systems Annex of IEA TCP 4E, which aims to identify the potential contribution of digitalisation to increasing the energy efficiency of electric motor systems and to develop possible measures for broader implementation.

Content, goals, method

The aim of the project was to identify trends, stakeholders and new developments in the field of Industry 4.0 and electric motor systems, to document case studies and to present the energy consumption effect as well as to identify possible barriers and develop policy recommendations. Furthermore, results from the other tasks International Standards, Motor Tests and the Motor Systems Tool were disseminated in Austria.

For this purpose, web research was conducted, scientific papers and presentations were analysed, an online survey and two workshops were held.

Results, findings

This project included the participation of Austria in the Electric Motor Systems Annex, in particular the management of the task Monitoring and Assessing New Industrial Developments. The results of the web research, online survey and workshops were recorded in separate reports in English and are summarized in this report.

The following technologies were categorized by definition, description and application in electric motor driven systems: Smart sensors, internet of things, smart control, data analytics on level of electric motors and of production line, real-time monitoring, digital twins, cloud services, artificial

intelligence, and augmented reality. Advanced robotics and additive manufacturing were also described. (Kulterer et al., 2022)

The main results of the online survey were (Kulterer, 2021):

- On average, respondents estimate the increase in energy efficiency of electric motor-driven systems associated with the use of digital solutions to be around 18%.
- Industrial companies currently use mainly smart sensors, intelligent control and continuous monitoring as digital technologies in connection with motor-driven systems. These three technologies will also have the greatest impact on future energy savings potential.
- Increased production efficiency, more flexibility and higher plant availability are the main benefits. In contrast, increased risk of failure and higher implementation costs were cited as the main disadvantages.
- Lack of qualified personnel and high investment costs are the main obstacles, good technical solutions for cybersecurity and availability of qualified personnel are the main requirements.
- About three quarters of respondents consider the development of educational programs, the standardization process to harmonise protocols, and subsidies for research as important policy tools to overcome the above obstacles.

The most important findings of the two workshops were that, on the one hand, machine data cannot be read out independently of the manufacturer, the higher efficiency of individual components does not yet make the entire system more efficient, and there is a lack of showcase examples for the use of digitisation to increase energy efficiency in industry.

On the other hand, digitisation could provide solutions to significant problems (oversizing of motors, supplying machines outside operating hours, lack of knowledge about essential data).

Key players and programs in Austria were surveyed and are listed in this report. Furthermore, two use cases for the application of digitalization technologies in electric motor systems with demonstrable savings effect were described.

The results were disseminated via reports, at conferences and national and international expert workshops and via newsletters. Industry involvement is carried out via the workshops and direct contacts.

3 Ausgangslage

3.1. Status Quo/Ausgangssituation

Motorsysteme sind in Österreich für 69 % des Stromverbrauchs in der Industrie verantwortlich (Statistik Austria, 2021). Weltweit wird sich laut World Energy Outlook 2016 der Internationalen Energieagentur der Stromverbrauch für Motorsysteme bis 2040 mehr als verdoppeln (IEA, 2016). Die Einführung von koordinierten politischen Maßnahmen mit Mindeststandards kann je nach angenommenem Szenario zu Einsparungen von 1.400 bis 3.100 TWh pro Jahr führen.

In den letzten Jahren wurden sehr viele politische und normative Aktivitäten zu Mindeststandards (z. B. EU-Ökodesign-Richtlinie, weltweit einheitliche Energieklassifizierung nach IEC 60034-30-1) gesetzt, die zunächst nur Drehstrom-Asynchronmotoren ohne Regelung berücksichtigten. Mittlerweile wurden auch neue Motorentechnologien in Normen zur Energieeffizienz aufgenommen. (z. B. Permanentmagnetmotoren in IEC TS 60034-30-2 (IEC, 2016)).

Die umfassende Digitalisierung der Produktion wird es künftig ermöglichen, dass alle produktionsrelevanten Faktoren (Mensch und Anlagen) aktiv in den Produktionsprozess einbezogen sind und über intelligente Netze miteinander kommunizieren. Einerseits wirken sich intelligente Vernetzung von Verbraucher und Erzeuger senkend auf den Energieverbrauch von Motorsystemen aus. Andererseits bewirkt die zunehmende Automatisierung durch den verstärkten Einsatz von Steuerungsequipment und Elektromotoren eine Erhöhung des Energieverbrauchs.

3.2. Motivation für das Projekt

Studien zur Auswirkung von Industrie 4.0 beschränken sich derzeit vor allem auf die wirtschaftlichen Auswirkungen und Arbeitsplatzeffekte (z.B. AIT, WIFO, Fraunhofer Austria Research GmbH, 2017) oder allgemein auf Umwelteffekte, wie z.B. auf den erhöhten Energieverbrauch, von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) (z.B. Fraunhofer IZM, Borderstep, 2014). Einige aktuelle Artikel konzentrieren sich insbesondere auf das Thema Energieeffizienz durch Digitalisierung: Senkung der Energiekosten durch das Internet der Dinge oder durch verstärkte Sensorik und Energiedatenauswertung. Allerdings ist nicht ganz klar, welche Digitalisierungstechnologien zur Erhöhung der Energieeffizienz beitragen und wie hoch dieser Effekt sein könnte. Darüber hinaus gibt es wenig Informationen dazu, mit welchen Instrumenten die Politik diese Entwicklung beeinflussen sollte und könnte.

Eine Schwierigkeit betrifft dabei insbesondere die Definition und Abgrenzung von Industrie 4.0 Technologien. Gemeinsam mit Schweden und den Niederlanden soll daher eine Klassifizierung von Industrie 4.0 Technologien erfolgen, welche die Grundlage für weitere Analysen (Energieeffekt, Fallbeispiele, politische Empfehlungen) bildet. Die Basis bildeten dabei unter anderem Ergebnisse des Vorprojekts (grobe Beschreibung von ausgewählten Industrie 4.0-Technologien mit qualitativer Bewertung der Einspareffekte und eine Beschreibung bisheriger Produkte im Bereich Industrie 4.0 und Motorsysteme (Kulterer, 2019; Kulterer, 2020)) und Vorarbeiten aus den Niederlanden (Werkhoven, 2018), die wiederum auf Arbeiten der IEA basieren (IEA, 2017).

3.3. Übergeordnete Zielsetzung des Projekts

Österreich leitet seit Februar 2019 den Subtask *New Industrial Developments and Digitalization in Motor Systems*. Während der sogenannten „EMSA Mini-Extension“ von November 2017 bis Februar 2019 untersuchte Österreich die Auswirkungen von Industrie 4.0 Technologien auf den Energieverbrauch von Elektromotoren und führte dazu Interviews vorwiegend mit nationalen Herstellern und Entwicklern von Motorsystemen (Kulterer, 2020). Der Österreichische Beitrag soll nun in Kooperation mit Schweden und den Niederlanden über die Annex-Periode 2019 bis 2024 politischen Entscheidungsträgern ermöglichen, den Einfluss von neuen industriellen Entwicklungen (Digitalisierung, Automatisierung) auf den Stromverbrauch in der Industrie und dabei schwerpunktmäßig auf Elektromotoren einzuschätzen. Es sollen erforderliche politische Maßnahmen zur Stimulierung der Entwicklung und Umsetzung von digitalen Technologien in Richtung effizienterer Motorsysteme identifiziert und mögliche negative Entwicklungen, z. B. höhere CO₂-Emissionen aufgezeigt werden. Der Task ergänzt daher die bestehenden Stoßrichtungen des Annexes und deckt dabei neue Technologieentwicklungen in diesem Bereich ab.

3.4. Beschreibung des Standes der Technik aus eigenen Vorarbeiten sowie aus nationalen und internationalen Projekten

Elektromotoren bieten ein weites Feld zur Anwendung von Technologien, die der Industrie 4.0 zugeordnet werden, und sind als wichtigster Bestandteil von vielen automatischen Prozessen bereits in zahlreiche Automatisierungslösungen integriert. Die Österreichische Energieagentur leitet den Task *Monitoring and Assessing New Industrial Developments* und erstellte nach Studienanalyse, Webrecherche und Durchführung der Expert:innen-Interviews den Bericht „Industrie-4.0-Lösungen für effiziente Motorsysteme“ (Kulterer, 2019). Darin wurden die wichtigsten Elemente von Industrie 4.0 und deren mögliche Auswirkung auf den Energieverbrauch qualitativ erfasst. Einspareffekte von Industrie 4.0 aus mehreren Studien zusammengefasst und eine Reihe von Anwendungsbeispielen und Produkten für Industrie 4.0 in unterschiedlichen Motorsystemen erhoben und beschrieben. Darüber hinaus wurden Möglichkeiten zum Energiemanagement in den Schichten der Automatisierungspyramide dargestellt. Abschließend erfolgte eine Zusammenstellung der Anforderungen für Elektromotoren, die mit Industrie 4.0 verbunden sind. Als wesentliches Ergebnis konnte festgehalten werden, dass Industrie 4.0 Technologien einen großen Einspareffekt auf traditionelle Motorsysteme (Druckluft, Pumpen, Ventilatoren) haben werden und Spezialmotoren für Automatisierungsanwendungen noch ein Randthema sind. (Kulterer, 2019)

Eine ähnliche Studie führte der niederländische Partner TPA advisors durch: *Exploration of Growth Markets and CO₂ reduction in industry, Focus on IT applications (digitalization) and Electric Drives*, 2018 (auf Niederländisch). (Werkhoven, 2018)

4 Projektinhalt

Dieses Kapitel enthält die Kurzbeschreibung des *Electric Motor Systems Annex*, definiert die Projektziele und erläutert die angewendeten Methoden.

4.1. Electric Motor Systems Annex

Der *Electric Motor Systems Annex* (EMSA) ist ein Annex des *Technology Cooperation Programme Energy Efficient End-Use Equipment (4E)*. Kernthema dieses Programms ist die Energieeffizienz von energieverbrauchenden Geräten im Bereich der Endverbraucher. Gegenstand des Annexes sind insbesondere Geräte und Technologien, die einen hohen Energieverbrauch und eine hohe Marktrelevanz aufweisen.

Der *Electric Motor Systems Annex* (EMSA) setzt international gezielt Aktivitäten im Bereich effiziente Motorsysteme, insbesondere dient er dem internationalen Austausch über Erfahrungen im Bereich von politischen Maßnahmen. Hier sind die Erfassung aller wesentlichen politischen Maßnahmen weltweit und die Ableitung von Handlungsempfehlungen zu nennen.

Partnerländer des Annexes umfassen Australien, Dänemark, Niederlande, Österreich, Schweden Schweiz, Neuseeland und die USA. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die einzelnen Tasks, Partnerländer und Ziele.

Die Österreichische Energieagentur leitet seit 2017 den Task *Monitoring and Assessing New Industrial Developments*. Dabei werden Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Motorenmarkt untersucht. Darüber hinaus beteiligte sich Österreich unter anderem an den Verbreitungsaktivitäten des Annexes, insbesondere durch nationale Newsletter, Teilnahme an Konferenzen und Organisation von Workshops.

Weiters arbeitet Österreich an folgenden Fragestellungen mit und unterstützt dadurch die jeweiligen Ziele der Tasks:

- Outreach: Verbindung zu österreichischen Akteuren, aber auch internationalen Organisationen (z. B. IEA, UNIDO), nationaler Newsletter
- International Standards, Testing: Verbreitung neuester Informationen über nationalen Newsletter, persönliche Kontakte, Behandlung von Anfragen und Workshops
- Motor Systems Tool Dissemination: Feedback zum Tool und Verbreitung

Tabelle 1: Taskuntergliederung, -leitung und Ziele des Electric Motor Systems Annex (Periode 2019 bis 2004)

Task	Taskleitung	Partnerländer	Ziele
International Standards	CH	DK, AUS, US	Bericht an EMSA Mitglieder über Aktivitäten der IEC (Motoren, Frequenzumrichter: (IEC TC2, IEC SC 22G)) und ISO (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren) Arbeitsgruppen und Identifizierung zukünftiger Test- und Forschungsaktivitäten Bericht an EMSA Mitglieder über ISO und IEC Interaktionen im Bereich Motorsysteme Input zu 61800-9-2 aufbauend auf Round Robin Test Programm
Testing	CH	DK, AUS, US	Round Robin Test Programm für Verluste von Frequenzumrichtern (RRC), Phase 2 Testen von innovativen Motortechnologien
Monitoring & Assessing New Industrial Developments	AT	NL, S	Weitere Analyse, Definition und Kategorisierung von Industrie-4.0-Technologien im Bereich Motorsysteme Erhebung von Akteuren und Programmen im genannten Bereich Quantifizierung der Effekte einzelner Kategorien auf den Energieverbrauch Erhebung von Potenzialen und Gefahren bei der Nutzung von Industrie 4.0 Feststellung der Entwicklung, Notwendigkeit und Möglichkeit zu politischer Intervention Politische Empfehlungen Suche und Beschreibung von Fallbeispielen von Industrie-4.0-Technologien im Bereich energieeffiziente Motorsysteme
Motor Systems Tool Dissemination	DK	AUS, AT, NL, CH, US	Verbreitungsaktivitäten (Präsentation, Webinars, Workshops, Trainings) Tool-Wartung in allen Sprachen Übersetzung in weitere Sprachen (z. B. Schwedisch, Spanisch, Chinesisch)
Outreach	CH	DK, US, AT, AUS, NL	Internationale Verbreitung der EMSA Arbeit Beteiligung an internationalen Foren (EEMODS, Motor Summit, ECEEE Industrial Summer Study) Organisation des internationalen Motor Summits 2020 EMSA Website, (motorsystems.org) EMSA Newsletter (Englisch, Chinesisch, Japanisch, Deutsch, Spanisch) (2 bis 3-mal pro Jahr) Erweiterung des globalen Netzwerks von Motorexperten Koordination und Austausch mit 4E

4.2. Projektziele

Das Ziel des Annexes Elektrische Motorsysteme ist es, durch die Förderung von hocheffizienten elektrischen Motorsystemen in Industrie- und Entwicklungsländern die Energieeffizienz zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen weltweit zu senken.

Inhalte des Annexes sind:

- Erhöhung des Bewusstseins über die beträchtlichen Energieeinsparmöglichkeiten in Motorsystemen und Entwicklung von Leitfäden zur Realisierung der Einsparungen
- Unterstützung von politischen Entscheidungsträgern bei der Entwicklung und Ausgestaltung von Instrumenten zur Förderung von effizienten Motorsystemen (inklusive Normen und Mindeststandards zu Energieeffizienz und Marktüberwachung)
- Förderung des internationalen Austauschs zu neuen Technologien, politischen Erfahrungen und Herausforderungen
- Erhöhung des Wissensstandes bei Technikerinnen und Technikern sowie Motorsystemanwendern in der Industrie und bei Energieauditorinnen und Energieauditoren

Das Ziel des von der Österreichischen Energieagentur geleiteten Tasks *Monitoring and Assessing New Industrial Developments* des *Electric Motor Systems Annex* der Internationalen Energieagentur umfasste die Darstellung wesentlicher Trends aus dem Bereich Industrie 4.0 und deren Energieeffekte auf Motorsysteme.

Folgende Fragestellungen standen dabei im Vordergrund:

- Weitere Analyse, Definition und Kategorisierung von Industrie 4.0 Technologien im Bereich Motorsysteme
- Quantifizierung der Effekte einzelner Kategorien auf den Energieverbrauch (soweit möglich)
- Erhebung von Hemmnissen, Potenzialen und Gefahren bei der Nutzung von Industrie 4.0
- Suche und Beschreibung von Fallbeispielen von Industrie 4.0 Technologien im Bereich energieeffiziente Motorsysteme

Langfristiges Ziel ist es, erforderliche politische Maßnahmen zur Stimulierung der Entwicklung und Umsetzung von digitalen Technologien in Richtung effizientere Motorsysteme zu identifizieren und mögliche negative Entwicklungen, z. B. höhere CO₂-Emissionen aufzuzeigen.

Außerdem erfolgte die Information österreichischer Akteure per Newsletter, Website, Direktkontakt und Organisation eines Workshops.

Österreich nimmt auch an den halbjährlichen Annex-Meetings teil. Diese dienen dem Erfahrungsaustausch internationaler Expertinnen und Experten zum Thema energieeffiziente Motorsysteme.

Schwerpunkte sind:

- Internationale Normen und Anreizsysteme für die Energieeffizienz von Motoren
- Neue Testmethoden für Frequenzumrichter und Motoren, die mit Frequenzumrichtern gespeist werden
- Fragestellung zur Digitalisierung von elektrischen Motorsystemen
- Entwicklungen von neuen gesamthaften politischen Instrumenten zur Forcierung effizienter elektrischer Motorsysteme in der Industrie

4.3. Beschreibung der Vorgangsweise, Methoden und verwendeten Daten

Österreich kategorisierte unter dem Task *Monitoring and Assessing New Industrial Developments*, Digitalisierungstechnologien im Bereich elektrische Motorsysteme, führte eine Online-Umfrage durch und organisierte einen nationalen und einen internationalen Workshop.

Dazu wurden durchgeführt:

- Webrecherche, Analyse von Studien, wissenschaftlichen Beiträgen und Vorträgen
- Organisation von nationalem und internationalem Erfahrungsaustausch über Workshops
- Vor-Ort Gespräche, Telefonkonferenzen, Telefonate, Emails zu den Fallbeispielen und Produkten

Die genauen Quellenangaben zur Kategorisierung von Digitalisierungstechnologien erfolgen im Kapitel 5 Ergebnisse.

Die Umfrage zur Digitalisierung von elektrischen Motorsystemen enthielt unter anderem Fragen zu folgenden Themen: Stand der Umsetzung digitaler Technologien in Unternehmen allgemein und für elektrische Motorsysteme, Einschätzung über das mögliche Einsparpotenzial, Vor- und Nachteile des Einsatzes digitaler Technologien, Voraussetzungen (Treiber) und Barrieren für den Einsatz digitaler Produktionstechnologien und Instrumente zur Überwindung wesentlicher Barrieren. Darüber hinaus wurden Informationen zu konkreten Anwendungsfällen abgefragt. Die Umfrage wurde national und international verbreitet. 125 Personen beteiligten sich an der Umfrage, 63 Personen schlossen die gesamte Umfrage ab. (Kulterer, 2021)

Unter anderem wurden in den beiden Workshops mit 53 (national) und 25 (international) Teilnehmerinnen und Teilnehmern nach Präsentation der bisherigen Ergebnisse folgende Fragen gestellt und diskutiert:

- Was haben wir vergessen?
- Was ist Ihnen noch wichtig?
- Haben Sie interessante Anwendungsbeispiele?
- Welche Technologien werden entscheidend sein?
- Wie ist Ihre Einschätzung; Was werden wesentliche Hebel sein?

Die Arbeit zur Erstellung der Anwendungsfälle von Digitalisierungstechnologien in elektrischen Motorsystemen erfolgte vor allem persönlich über Vor-Ort Gespräche, Telefonkonferenzen, Telefonate und Emails.

Die Stakeholder-Analyse beschränkte sich auf die Unternehmen der Pilotfabriken und die teilnehmenden Organisationen in der Plattform Industrie 4.0.¹, da die Daten der ursprünglich geplanten Auswertung der Unternehmensdatenbank nicht veröffentlicht werden dürfen. Die Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Österreich konnte nur in wenigen Fällen von der Website entnommen werden.

Zur Analyse der Programme wurde insbesondere die Datenbank *Förderpilot*² herangezogen und aus circa 90 Programmen rund 30 ausgewählt. Durch ergänzende Informationen der Wirtschaftskammer und der Plattform Industrie 4.0 konnte diese Auswahl aktualisiert beziehungsweise bestätigt werden (WKO, 2021; Sommer, Fellner, 2021).

Darüber hinaus wurden Gespräche mit Expertinnen und Experten beziehungsweise Interviews über Motorsysteme in diesem Bereich zur Absicherung der Ergebnisse geführt.

Die Webrecherche und Studienanalyse führten zu sehr brauchbaren Ergebnissen hinsichtlich der Kategorisierung der Technologien. Bezüglich Einspareffekte konnte aber nur eine Studie zur Abschätzung des Einsparpotenzials in Motorsystemen gefunden werden (Viegand Maagoe, Oeko-Institut, VHK, 2021). Konkrete Anwendungsfälle gab es nahezu keine. Die ursprünglich geplante aufeinander aufbauende Recherche zu Anwendungsfällen über die Umfrage, zu Telefongesprächen und Vor-Ort Besuchen konnte nicht umgesetzt werden, da in der Umfrage zu wenig Material kommuniziert wurde. Die Anwendungsfälle konnten nur über persönliche Kontakte erhoben werden.

¹ plattformindustrie40.at/uber-die-plattform/#mitglieder

² foerderpilot.at

5 Ergebnisse

Die Österreichische Energieagentur (AEA) leitete den Task *Monitoring and Assessing New Industrial Developments*, erstellte international die EMSA Umfrage und den Bericht zur Kategorisierung von digitalen Produktionstechnologien (geplante Veröffentlichung im Sommer 2021). Weiters erstellte die Österreichische Energieagentur zwei Anwendungsfälle für Digitalisierung und führte national eine Stakeholder- und Programmanalyse durch. Die im Projekt organisierten umfangreichen Verbreitungsaktivitäten sind in Kapitel 6 Vernetzung und Ergebnistransfer dargestellt.

Dieses Kapitel präsentiert die wichtigsten Inhalte aus den Berichten zur EMSA Kategorisierung von Industrie 4.0 Technologien (Kulterer et al., 2022), zur EMSA Umfrage „Digitalisierung in elektrischen Motorsystemen“ (Kulterer, 2021) und behandelt die Analysen zu Stakeholdern und Programmen. Außerdem dokumentiert es die beiden im Projekt erstellten Anwendungsfälle zur Nutzung digitaler Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz in Produktionsbetrieben.

5.1. Klassifizierung und Dokumentation von Industrie 4.0 Technologien und Quantifizierung der Energieeffekte

Eine Schwierigkeit bei der Beurteilung von erforderlichen politischen Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz durch Digitalisierungstechnologien betrifft insbesondere die Definition und Abgrenzung von Industrie 4.0 Technologien. Gemeinsam mit den Partnern aus Schweden und den Niederlanden sollte daher eine Klassifizierung von Industrie 4.0 Technologien erfolgen, die eine Grundlage für weitere Analysen zu Energieeffekten und der Ausarbeitung von Fallbeispielen und politische Empfehlungen bildet.

Die Klassifizierung beinhaltet die Analyse, Definition und Beschreibung von Industrie-4.0-Technologien im Bereich Motorsysteme und eine Abschätzung des Energieverbrauchs (so weit möglich).

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die relevanten Technologien und stellt ausgewählte Technologien in einer zusammenfassenden, kurzen Beschreibung näher vor. Die genaue Beschreibung findet sich im EMSA Report zur Klassifizierung von digitalen Produktionstechnologien (Kulterer et al., 2022).

5.1.1. Überblick

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. gibt einen Überblick über die Technologien, die als relevant für die Energieeffizienz in elektrischen Motorsystemen identifiziert und in mehreren Workshops, in der Umfrage und Gesprächen als relevant eingestuft wurden.

Beginnend auf der linken Seite der Abbildung sind intelligente Sensoren und erweiterte Steuerung auf Maschinenebene sowie das Internet der Dinge, die eine Kommunikation zwischen den verschiedenen Ebenen und Komponenten ermöglicht, dargestellt.

Weiters bestehen zahlreiche Möglichkeiten zur Datenanalyse und damit zur Optimierung des Betriebs: Datenanalyse sowohl auf der Ebene der Motorsysteme als auch auf der Ebene der Produktionslinien oder sogar des gesamten Unternehmens. Eine dabei oft eingesetzte Technologie ist die Echtzeit-Überwachung der verschiedenen Geräte.

Technologien, die diesen Anwendungen Vorteile bringen, sind digitale Zwillinge, cloudbasierte Dienste und künstliche Intelligenz. Augmented Reality kann helfen, die vorgeschlagenen Maßnahmen umzusetzen, kann aber auch zur Analyse eingesetzt werden.

Drei Technologien, die nicht direkt mit der Optimierung motorgetriebener Systeme zusammenhängen, allerdings breite Beachtung finden sind z. B. Drohnen, 3D-Druck und fortschrittliche Robotik.

Für jede dieser Technologien wurden die Definition, die Beschreibung und die Anwendungen für motorgetriebene Systeme untersucht und im EMSA Bericht zur Klassifizierung von Digitalisierungstechnologien beschrieben (Kulterer et al., 2022).

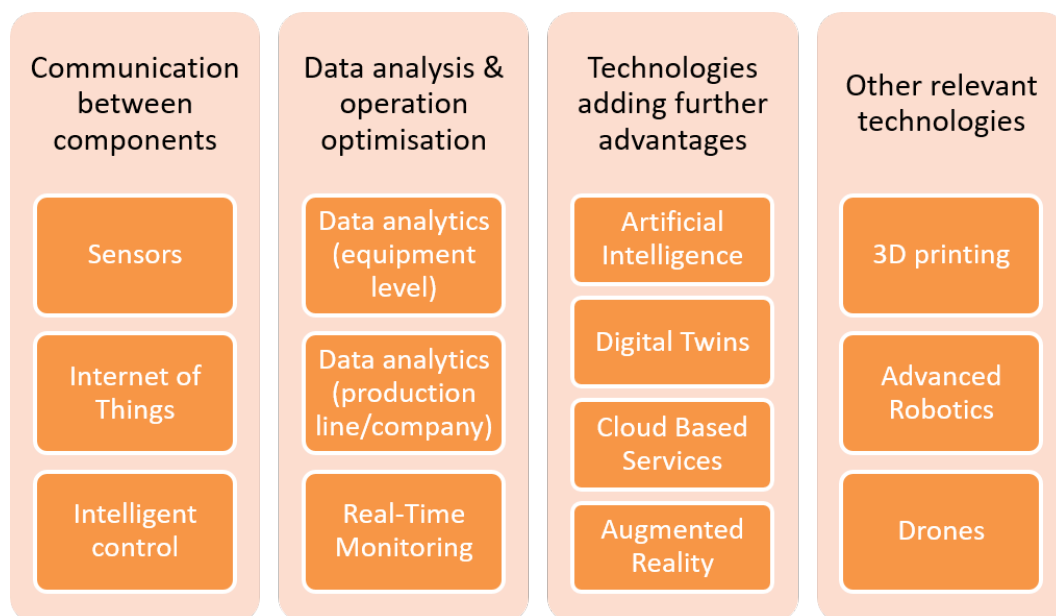


Abbildung 1: Digitale Technologien, die zur Steigerung der Energieeffizienz in Motortechnologien analysiert wurden (Quelle: Österreichische Energieagentur, EMSA 2021)

5.1.2. Sensorik

Ein Sensor misst einen physikalischen, biologischen oder chemischen Parameter. Er wandelt diese Information in ein elektrisches Signal um und sendet sie zu einem Instrument, wo der Parameter ausgelesen werden kann.

Ein *Smart Sensor* misst mehrere Variablen, führt logische Funktionen durch, speichert Daten auch für spätere Funktionen, trifft Entscheidungen und zeigt verarbeitete Daten an.

Allgemein werden Sensoren für die Messung z. B. von Temperatur, Volumenstrom, Druck, Vibration oder Beschleunigung verwendet.

Ein interessanter Trend ist die sogenannte Sensorfusion, die eine Menge an verbauten Sensoren reduzieren oder auch Schwächen verschiedener Sensoren ausgleichen soll. Dabei berechnen Algorithmen Variablen, anstatt sie direkt zu messen.

Allgemein gibt es beispielsweise die in Abbildung 2 angegebenen Möglichkeiten der Messung in einem Motorsystem:

Man kann die Energieversorgung analysieren, also die aufgenommene Leistung oder z. B. die Reinheit der Schwingungen; oder auch den Output, z. B. das erzeugte Drehmoment oder den Volumenstrom oder Druck.

Zusätzlich können Sensoren aber auch den zu versorgenden Prozess überwachen und dies ans Motorsystem rückmelden. Beispiele dazu sind Feuchtigkeit, Temperatur, Sauerstoff, CO₂, Eisbildung etc.

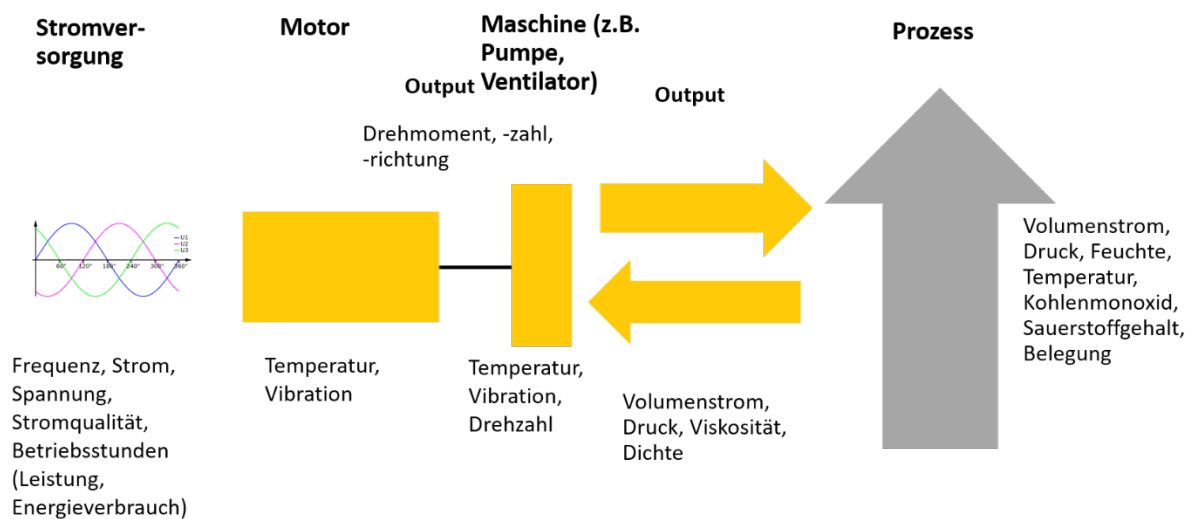


Abbildung 2: Mögliche Parameterbestimmung durch Einsatz von Sensoren und Messequipment in Motorsystemen (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)

5.1.3. Datenanalyse für Motorsysteme

Die Datenanalyse befasst sich im Allgemeinen damit, sehr viele unterschiedliche Daten in hoher Geschwindigkeit abzufragen und gleichzeitig korrekt in Aktionen und Erkenntnisse innerhalb eines Fertigungssystems umzuwandeln (Mittal et al., 2019).

Die Datenanalyse sollte grundsätzlich in der Lage sein, eine Vielzahl unterschiedlicher Datenquellen zu verarbeiten. Dazu gehören unter anderem: Datenblatt, Typenschild, Steuerung, Instrumente an Maschine, Quellen für Produktions- und Wetterdaten.

Die Schritte nach der Datenerfassung sind der Datentransfer, die Datenspeicherung und das sogenannte *Data cleaning* und schließlich die eigentliche Datenanalyse mit verschiedenen Dataming-Methoden: Dazu gehören Clustering, klassische Statistik (z. B. Regression) und auch künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen.

Ein wesentlicher Schritt ist die abschließende Datenanzeige der energierelevanten Information sowohl lokal als auch zentral im Energiemanagementsystem in Form von Trends und KPIs an Dashboards.

In der konkreten Anwendung in elektrischen Motorsystemen analysiert die Datenanalyse Effizienzinformationen und Lastcharakteristika durch Messung elektrischer Aufnahmeleistung. Durch Datenanalyse können aber auch zukünftige Bedingungen basierend auf historischen Arbeitsmustern vorhergesagt werden (da Silva et al., 2016).

Ein weiteres Beispiel ist die Verarbeitung, Analyse und Anzeige von gemessenen Pumpendaten und der Gegenüberstellung dieser Daten auf der Pumpenkennlinie (Gomaa H., Mentel L., 2018).

Für Condition Monitoring beziehungsweise Zustandsüberwachung von elektrischen Motorsystemen werden z. B. die Spannung und der Strom am Schaltschrank gemessen. Selbstlernende KI-Algorithmen erkennen Fehler, sobald sie entstehen.

Als Effekte ergeben sich dadurch erhöhte Betriebszeiten, größere Energieeffizienz und auch höhere Effizienz der Maschinen (Gankema, T, o.J.).

5.1.4. Echtzeit-Überwachung

Monitoring im Allgemeinen ist eine Aktivität, die manuell oder automatisch ausgeführt wird, um den tatsächlichen Betriebszustand einer Maschine zu beobachten und zu überwachen (EN 13306).

Die Echtzeit- oder Online-Überwachung beschreibt hauptsächlich die Online-Verarbeitung, Analyse und Visualisierung von Indikatoren zur Entscheidungsunterstützung, die aus dem Stromverbrauch einer Maschine abgeleitet werden (Emec, Krüger, Seliger, 2016).

Verschiedene Betriebszustände von Anlagen und Prozessen werden kontinuierlich auf Basis der übermittelten Daten mit der Hilfe von geeigneten Softwarelösungen analysiert, Abweichungen markiert und gemeldet. Mit kontinuierlichem Monitoring und Analyse können unerwartete Systemausfälle und Situationen mit hohem Energieverbrauch vermieden werden, falsche Einstellungen und fehlerhafter Betrieb werden sofort erkannt (VDI ZRE, 2017).

Bei Elektromotoren werden sehr oft Daten für die elektrische Leistung gemessen, daraus werden weitere Informationen beziehungsweise Parameter abgeleitet.

Ein Anwendungsbeispiel ist der Trockenlaufschutz von Pumpen: Mit der Überwachung der aufgenommenen Leistung des Motors kann der Pumpenstatus überwacht werden. Bei Unterschreitung eines definierten Wertes kann die Pumpe abgeschaltet werden.

Echtzeit-Überwachung kann auch zur automatischen Pumpenreinigung genutzt werden. Durch Überwachung des Werts des aufgenommenen Motorstroms kann auf Basis bisheriger Erfahrungswerte auf verschmutzte Pumpen geschlossen und durch Änderung der Drehrichtung der Selbstreinigungsmechanismus der Pumpe aktiviert werden. Außerdem kann die Anzahl von Pumpenstarts überwacht werden (Siemens, 2019).

Ein weiteres Beispiel umfasst das Erkennen und die Vermeidung von Bedingungen, die zu erhöhten Verlusten führen, durch Frequenzumrichter.

Dazu gehören:

- Ungenügende Schmierung
- Verstopfte Luftfilter
- Fouling an Pumpen und Rohren
- Abgenutzte Getriebe (Hanigovszki, 2018)

Durch die Echtzeitübertragung und Auswertung beziehungsweise Überwachung der Verdichtungsendtemperatur, des Drucktaupunkts oder der Differenzdrücke kann die Energieeffizienz der Druckluftanlage immer im optimalen Bereich gehalten werden, z. B. auch bei kurzfristigen Produktionsanpassungen (Kaeser, 2019).

5.1.5. Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) ist jener Zweig der Informatik, der versucht, die menschliche Fähigkeit – zu denken und Entscheidungen zu treffen – zu simulieren. Der Begriff bezieht sich in der Regel auf maschinelles Lernen, deep learning, neuronale Netze, Fuzzylogik, computer vision, Verarbeitung natürlicher Sprache und selbstorganisierende Karten, um Maschinen und Systeme mit menschenähnlichen kognitiven Fähigkeiten auszustatten, wie Lernen, Anpassen, Wahrnehmen und Lösen von Problemen (UNIDO, 2019).

Drei Anwendungsgebiete von künstlicher Intelligenz in Motorsystemen werden nachfolgend beschrieben:

- 1) Datenmodellierung für Zustandsüberwachung und Fehlererkennung

Maschinelles Lernen – ein Teilgebiet der künstlichen Intelligenz – ist ein Algorithmus, der aus Daten lernen kann, ohne sich auf eine regelbasierte Programmierung zu verlassen. Es wird bei einer hohen Anzahl von Attributen und einer großen Anzahl von Beobachtungen eingesetzt, um Beziehungen in einer komplexeren Umgebung zu erkennen und zu beschreiben.

Maschinelles Lernen kann das traditionelle, physikalisch basierte Verständnis der Geräteleistung ergänzen und ermöglicht eine Verbesserung sowohl in der Geschwindigkeit als auch in der Genauigkeit von Pumpenleistungsvorhersagen (Gomaa, 2018).

Das Modell wird mit Datensätzen trainiert und mit einem anderen Datensatz getestet, um die Ausgabe des Modells zu überprüfen. Die tatsächlichen (beobachteten) Ausgabedaten werden mit den vorhergesagten Ausgabedaten verglichen und die Algorithmen (im Falle von ML) zielen darauf ab, die Differenz zu minimieren. In diesem Stadium können verschiedene Algorithmen verwendet werden und verschiedene Modelle können gleichzeitig entwickelt und verwendet werden.

Idealerweise werden Machine-Learning-Modelle auf Daten trainiert, die während des Betriebs gesammelt wurden und einen vollen Bereich von Belastungssituationen abdecken. Für alle markierten Fehlermodi, die in den historischen Daten vorhanden sind, können Modelle trainiert werden, um ähnliche Ereignisse zu erkennen.

Probleme treten bei neuen Anlagen oder alten Geräten auf, die mit neuen Sensoren ausgestattet sind. Bei diesen ist es schwierig, analytische Lösungen zu erstellen, die auf begrenzten Betriebsdaten

basieren, um eine Baseline für die Leistung abzuschätzen (z. B. für die Zustandsbewertung) (Gomaa, 2018).

Nachdem das Modell eingesetzt wurde, muss die Leistung des Modells überwacht und kontinuierlich verbessert oder mit neuen Daten aktualisiert werden.

2) Intelligente Steuerung

Eine intelligente Steuerung hat die Fähigkeit, Prozesse, Störungen und Betriebsbedingungen zu verstehen, zu folgern und zu lernen, um die Leistung des betrachteten Prozesses zu optimieren.

Eine intelligente Steuerung wird benötigt:

- Wenn konventionelle Steuerung zu komplexen Berechnungen und damit zu Zeitverzögerungen führt
- Bei Vorhandensein von Nichtlinearitäten
- Wenn es Unsicherheiten gibt (über Last, Maschinenparameter, Geräusche und so weiter)

Intelligente Steuerung verbessert dabei die Leistung des Motors hinsichtlich Dynamik, Genauigkeit, Störungsunterdrückung und Effizienz.

Beispiele für intelligente Steuerung sind Fuzzylogik (Fuzzy-Effizienz-Optimierer), Neuronale Netze (zur Parameteridentifikation und Zustandsschätzung von Asynchronmotoren) oder genetischer Algorithmus (für globale Offline-Optimierung).

3) Steuerung von Kälteanlagen

Der Hauptenergieverbraucher in Rechenzentren sind motorbetriebene Systeme wie Pumpen, Kältemaschinen und Kühltürme. In dynamischen Umgebungen wie Rechenzentren ist es jedoch aus mehreren Gründen schwierig, sie optimal zu betreiben:

- Die Geräte und die Umgebung interagieren auf komplexe, nichtlineare Weise miteinander.
- Traditionelles formelbasiertes Engineering und menschliche Intuition erfassen diese Wechselwirkungen oft nicht.
- Das System kann sich nicht schnell an interne oder externe Veränderungen (wie das Wetter) anpassen, da es keine Regeln und Heuristiken für jedes Betriebsszenario gibt.

Daher wandte Google maschinelles Lernen an, um seine Rechenzentren effizienter zu betreiben. Sie nutzten die historischen Daten, wie z. B. Temperaturen, Leistung, Pumpendrehzahlen und Sollwerte, um ein Ensemble tiefer neuronaler Netze auf den durchschnittlichen zukünftigen PUE-Wert (Power Usage Effectiveness, das Verhältnis des gesamten Gebäudeenergieverbrauchs zum IT-Energieverbrauch) zu trainieren. Zwei zusätzliche Ensembles von tiefen neuronalen Netzen wurden trainiert, um die zukünftige Temperatur und den Druck des Rechenzentrums in der nächsten Stunde vorherzusagen und die empfohlenen Maßnahmen aus dem PUE-Modell zu simulieren. Das maschinelle Lernen von DeepMind erreichte eine Reduzierung des Energieverbrauchs der Google-Rechenzentren für die Kühlung um bis zu 40 Prozent, was einer Reduzierung der Gesamt-PUE um 15 % entspricht. (Deepmind, 2016; Google, 2019)

5.1.6. Energieeffekte

Innerhalb des Projekts wurden mehrere Versuche unternommen, den Energieeffekt von Digitalisierungstechnologien abzuschätzen. Dazu wurde versucht, die Art des Effekts auf die Energieeinsparung den einzelnen Technologien zuzuordnen und diesen zu quantifizieren.

Folgende Effekte wurden dabei definiert und sollten mit dem Energiesparpotenzial *Hoch, Mittel oder Niedrig* bewertet werden:

- Effiziente Komponente statt Standardprodukt
- Gerät arbeitet nur nach Bedarf, um den Bedarf zu decken (statt ein- und auszuschalten)
- Prozess, der nur nach Bedarf arbeitet, um Produktionsziele zu erreichen (anstatt ein- und auszuschalten)
- Vergangene Leistung als Anhaltspunkt für die aktuelle Leistung (statt best guess)
- Smart Design (statt konventionellem Designprozess)
- Verbundene Systeme und Geschäftseinheiten anstelle von isolierten Systemen
- Energieverbrauch der Digitalisierungstechnik bestimmter Geräte, z. B. Sensor, Steuerung, sonstiges Datenerfassungssystem
- Energieverbrauch der Datenverarbeitung (inklusive externer Server) (Datenprozessintensität)

Der Energieeffekt konnte aber aus folgenden Gründen nicht den einzelnen Technologien quantifiziert und zugeordnet werden:

- 1) Es fehlt die Datenbasis, um einer einzelnen Technologie Einspareffekte zuzuordnen.
- 2) Die Einspareffekte entstehen nicht durch eine einzelne digitale Produktionstechnologie, sondern erst durch das Zusammenspiel mehrerer Technologien (sehr oft Sensor und Zählerdaten, Datenübertragung, Echtzeit-Überwachung gepaart mit Datenanalyse), der Nutzung für den Zweck der Energieeinsparung und der entsprechenden Aktivität.

Beispielsweise kann durch künstliche Intelligenz unterstützte Datenanalyse von durch Sensoren erfasste und durch IoT übertragene Echtzeit-Daten erhöhten Energieverbrauch anzeigen. Dies umfasst also bereits fünf der oben erwähnten Technologien. Der Einspareffekt stellt sich erst ein, wenn auf diese Information entsprechend reagiert wird und die Gründe für den erhöhten Energieverbrauch beseitigt werden.

Auch auf der Verbrauchsseite liegen zum Energieverbrauch der digitalen Kommunikation und der Datenanalyse kaum Daten vor. Darüber hinaus erfolgt die Datensammlung, -speicherung und -analyse oft gemeinsam mit weiteren prozess- und qualitätsrelevanten Daten, sodass die Zuordnung zur Energieanalyse zum derzeitigen Wissenstand schwierig ist. Aus den genannten Gründen wird auf die Darstellung der Energieeffekte in dieser Form verzichtet.

An dieser Stelle seien daher zwei Quellen für eine Abschätzung des Energieverbrauchs von Digitalisierungstechnologien in elektrischen Motorsystemen genannt:

Die EMSA Umfrage ergab durch die Befragung von 82 Expertinnen und Experten und Anwenderinnen und Anwendern eine Energieeinsparung von durchschnittlich 18 % (siehe Kapitel 5.3 Online-Befragung zu Industrie 4.0). (Kulterer, 2021)

Eine 2021 veröffentlichte Studie geht davon aus, dass sich die Anzahl der derzeit circa 50 Millionen in der EU verbauten Sensoren in zehn Jahren bis 2030 um 150 Millionen erhöhen wird. Die

Studienautoren gehen dabei davon aus, dass damit der Strombedarf für Elektromotoren und Systeme um 5 bis 10 % reduziert, damit circa 50 bis 100 TWh Strom eingespart und zusätzlich weitere Vorteile wie geringere Wartungs- oder Produktionskosten generiert werden (Viegand Maagoe, Oeko-Institut, VHK, 2021).

Generell kann Digitalisierung zu folgenden Einsparmöglichkeiten beitragen (Kulterer et al., 2022):

- Ein- und Ausschalten nach tatsächlichem Bedarf
- Umschaltung auf verschiedene Betriebszustände nach Bedarf
- Zeitplanung (Timer)
- Steuerung des Outputs nach tatsächlichem Bedarf (%) (optimierte Drehzahl, Durchfluss etc.)
- Fernsteuerung
- Verbesserung der elektrischen Versorgung (Netzqualität)
- Echtzeitdaten zur aktuellen Leistung
- Darstellung der aktuellen Energieeffizienz
- Analyse der vergangenen Leistung zur Verbesserung der aktuellen Leistung (z. B. Einstellungen)
- Regelmäßige Datenübertragung zu Energieverbrauch, Laufzeit, gelieferte Leistung an zentrales Energiemanagement
- Verknüpfung mit weiteren Daten, Produktionsplanung
- Anpassung an andere Prozesse, Datenübertragung von und an weitere versorgte Prozesse
- Möglichkeit der Einbindung von externem Wissen (z. B. über AR)
- Fernzugriff zu Anlagen (schwer zugänglich, weit entfernt, gefährlich)
- Möglichkeit automatisierter Reaktionen
- Planen, Umbauen, Nachrüsten:
 - Besseres Design und Simulation des Systems, Experimentieren mit anderen Lösungen
 - Richtige Dimensionierung
 - Intelligentes Design der Komponente selbst

5.2. Online-Befragung zu Industrie 4.0

Ziel dieser Arbeit war die Durchführung, Analyse und Dokumentation einer Online-Befragung von Herstellern, Anwender:innen und weiteren Stakeholdern zur Erhebung von Potenzialen und Gefahren bei der Nutzung von Industrie 4.0 und zur Erhebung von Anwendungsbeispielen. (Kulterer, 2021)

Die Umfrage umfasste folgende Themenbereiche: Allgemeine Informationen zur Organisation, persönliche Informationen, Status der Digitalisierung im Unternehmen, detaillierte Beschreibung eines Anwendungsfalls für elektrische Motorsysteme, Vor- und Nachteile, Hindernisse, sogenannte „enabler“ (deutsch: Ermöglicher) für Digitalisierung in Unternehmen und Instrumente zur Überwindung dieser Hindernisse.

Die Umfrage wurde von der Österreichischen Energieagentur auf Englisch erstellt, von EMSA Partnerländern kommentiert und zusätzlich auf Deutsch übersetzt. Die Umfrage war ab Mitte Juni 2020 online verfügbar.

Die Verbreitung der Umfrage erfolgte über einen EMSA-Newsflash (international circa 3.800 Kontakte), zweimal im Topmotors-Newsletter (Schweiz), im Newsletter der Österreichischen Energieagentur und im Newsletter der Industriepattform Österreich sowie als Aussendung über den Verteiler des Programms „klimaaktiv Energieeffiziente Betriebe“, im Newsletter dieses Programms und über Tweets (z. B. Europäische Kommission, Österreichische Energieagentur, Schwedische Energieagentur). Die Auswertung der Umfrage erfolgte ab Ende Oktober 2020, der Bericht wurde als offizieller EMSA Bericht im März 2021 veröffentlicht. (Kulterer, 2021)

Die Umfrage wurde hauptsächlich von Unternehmen aus den Branchen „Herstellung und Produktion“ (27 %) sowie aus „Erbringung von wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen“ (27 %) im Zeitraum Juni bis Oktober 2020 beantwortet.

Etwa die Hälfte der Unternehmen waren kleine Unternehmen; ein Drittel der Unternehmen waren große Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Der größte Anteil (38 %) der Befragten bezeichnen das Digitalisierungsniveau ihrer Organisation als „lean“. 22 % gaben an, bereits ein „integriertes“ Niveau zu haben. 15 % der Unternehmen, die diese Frage beantworteten, betrachteten ihr Niveau bereits als „smart“.

62 % der Unternehmen möchte innerhalb der nächsten zwei Jahre in Digitalisierungstechnologien investieren, weitere 20 % innerhalb der nächsten fünf Jahre.

Von den Technologien, die für diese Umfrage als digitale Technologien betrachtet werden, verwendet mehr als die Hälfte der Unternehmen intelligente Sensoren, „advanced control“ (erweiterte Steuerungen) und kontinuierliche Zustandsüberwachung entweder selbst in ihren Organisationen oder in ihren Produkten (für Hersteller motorgetriebener Systeme). Darüber hinaus wenden mehr als 40 % der Unternehmen Datenanalysen für Produktionslinien, cloudbasierte Dienste und das Internet der Dinge an. In Verbindung mit motorgetriebenen Systemen ist der Prozentsatz niedriger (etwa um 6 % bis 10 %).

79 % der Befragten glauben, dass intelligente Sensoren, Aktoren und Smart Meter ihnen oder ihren Kundinnen und Kunden beim Energiesparen helfen werden. Darüber hinaus werden besonders erweiterte Steuerung und kontinuierliche Zustandsüberwachung als wichtige Instrumente zur Energieeinsparung angesehen.

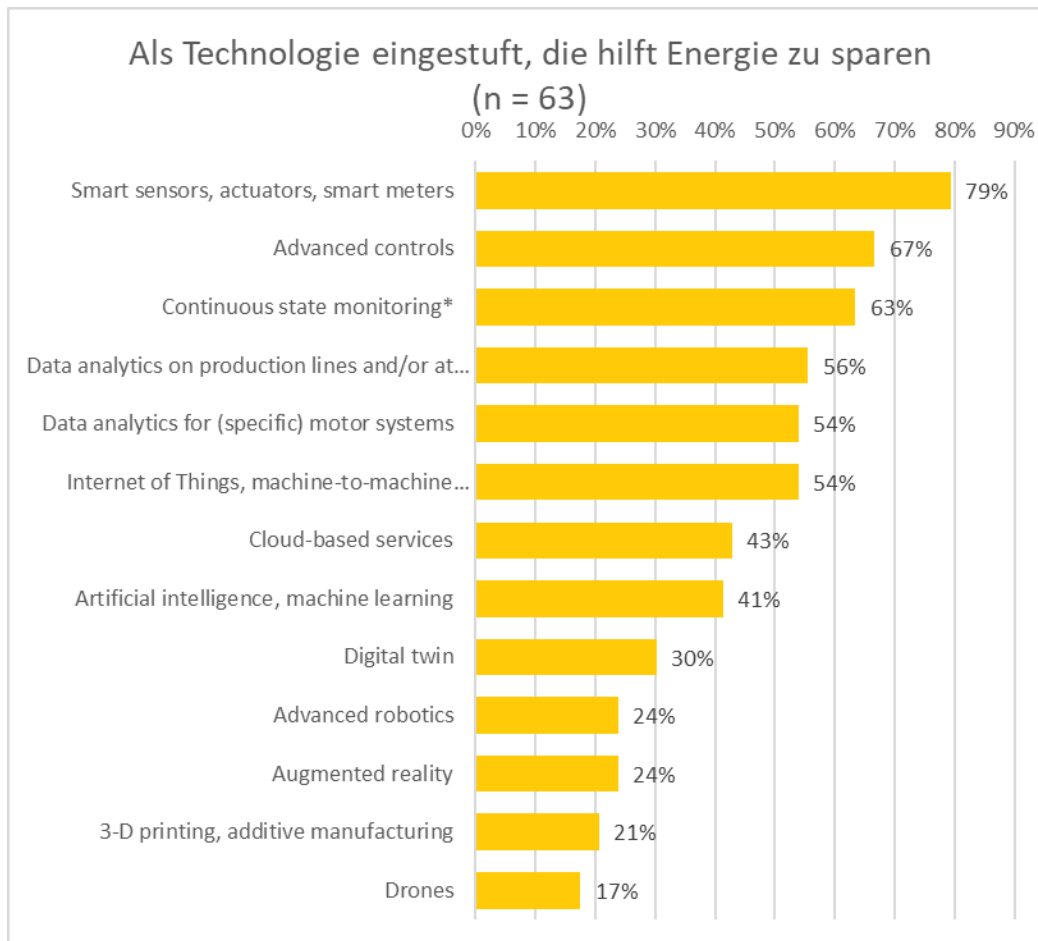


Abbildung 3: Online-Umfrage: Digitale Technologien, die zur Steigerung der Energieeffizienz in Motortechnologien beitragen (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)

23 % der Befragten bewerten die Steigerung der Energieeffizienz von Elektromotorsystemen durch die Verwendung digitaler Lösungen mit 6 % bis 10 %, siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..** In Summe fast die Hälfte der Befragten schätzt die Einsparungen als noch höher ein: zwischen 11 % und 40 %. Weitere 8 % glauben, dass die Einsparungen mehr als 40 % erreichen könnten. Im Durchschnitt wird damit ein Einsparpotenzial von 15 % bis 20 % genannt.

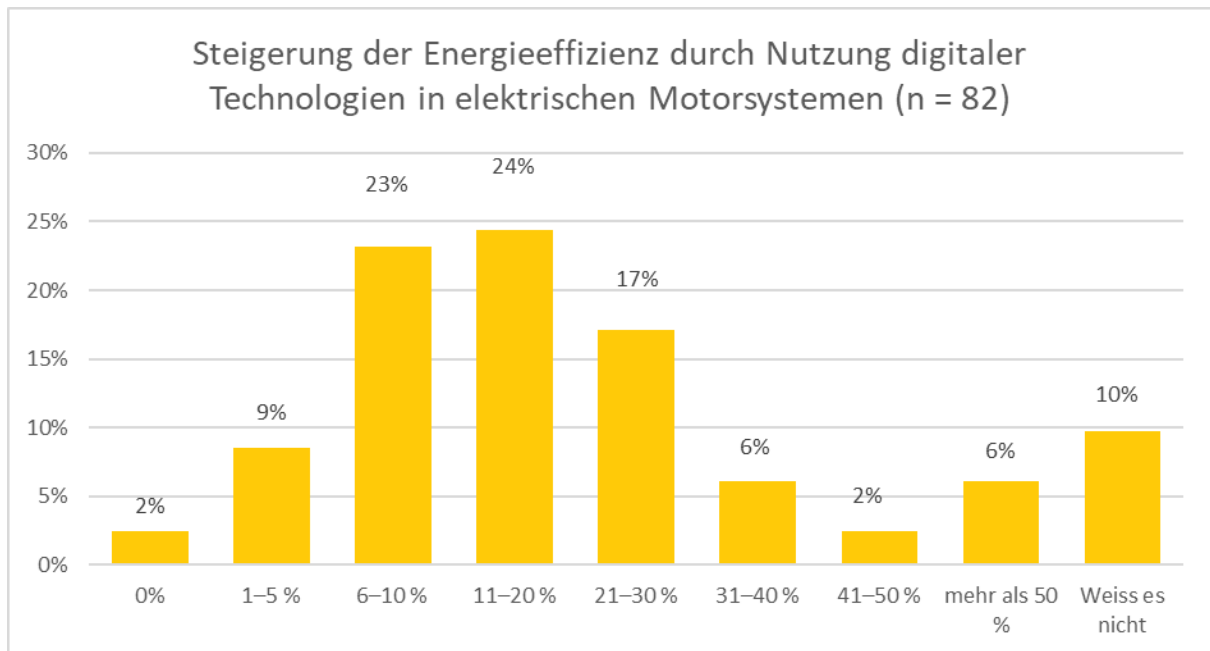


Abbildung 4: Online-Umfrage: Erwartete Steigerung der Energieeffizienz durch Nutzung digitaler Technologien in elektrischen Motorsystemen (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)

In Bezug auf die Vorteile des Einsatzes digitaler Produktionstechnologien wurden am häufigsten eine höhere Produktionseffizienz (82 %), flexiblere Systeme und eine bessere Steuerung (76 %) sowie eine höhere Systemverfügbarkeit durch vorausschauende Wartung (73 %) genannt.

Im Gegensatz dazu wurden von mehr als der Hälfte der Befragten ein erhöhtes Ausfallrisiko (55 %) und höhere Anschaffungs- und Implementierungskosten für die Infrastruktur als Hauptnachteile genannt.

Als Haupthindernisse werden der Mangel an qualifiziertem Personal (67 %), die hohen Investitionskosten (65 %) und die Komplexität bei der Integration in bestehende Systeme genannt.

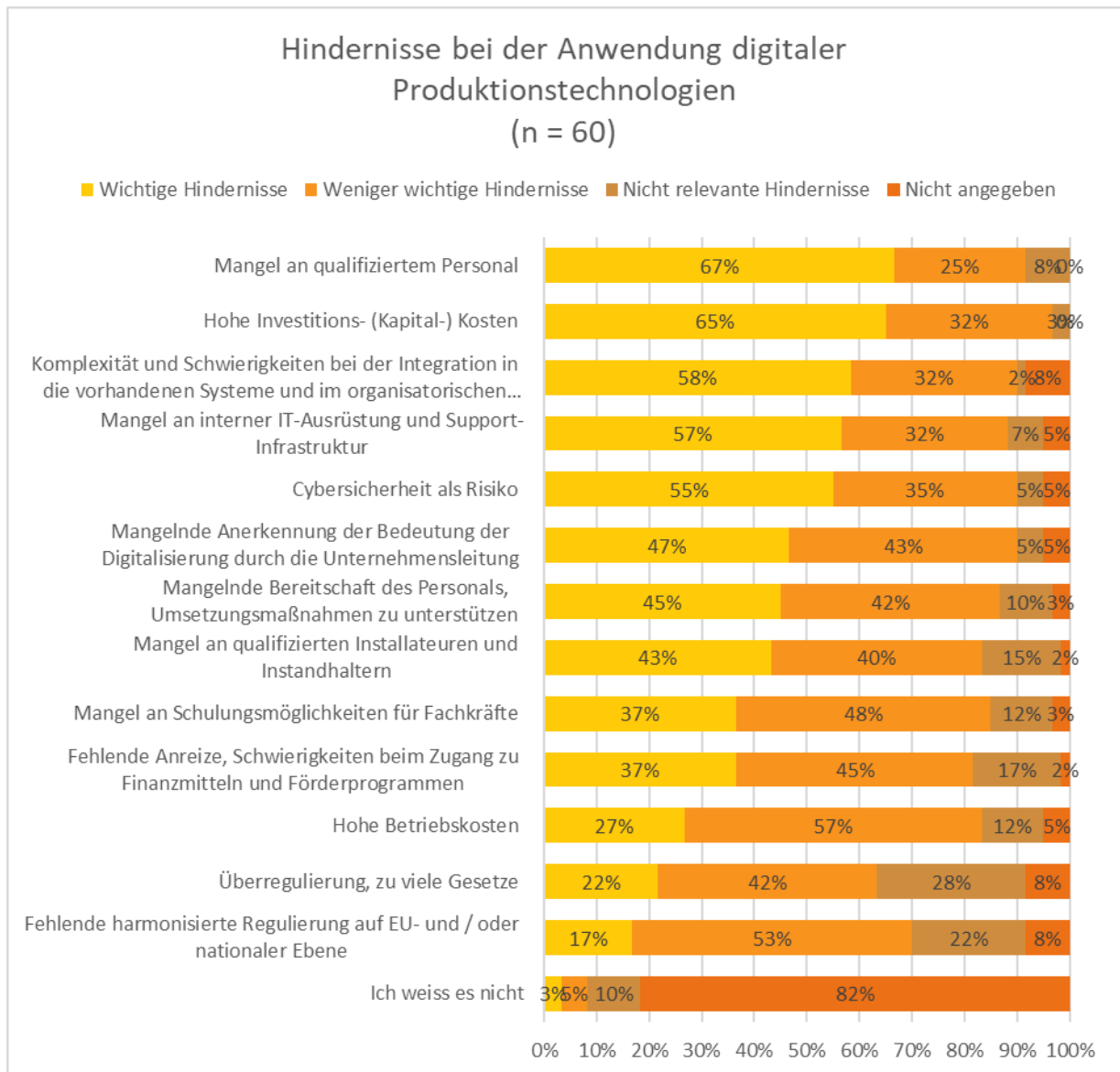


Abbildung 5: Online-Umfrage: Hindernisse bei der Anwendung digitaler Produktionstechnologien (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)

80 % der Befragten betrachten gute technische Lösungen für die Cybersicherheit und 79 % die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal als die wichtigsten Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Produktionstechnologien.

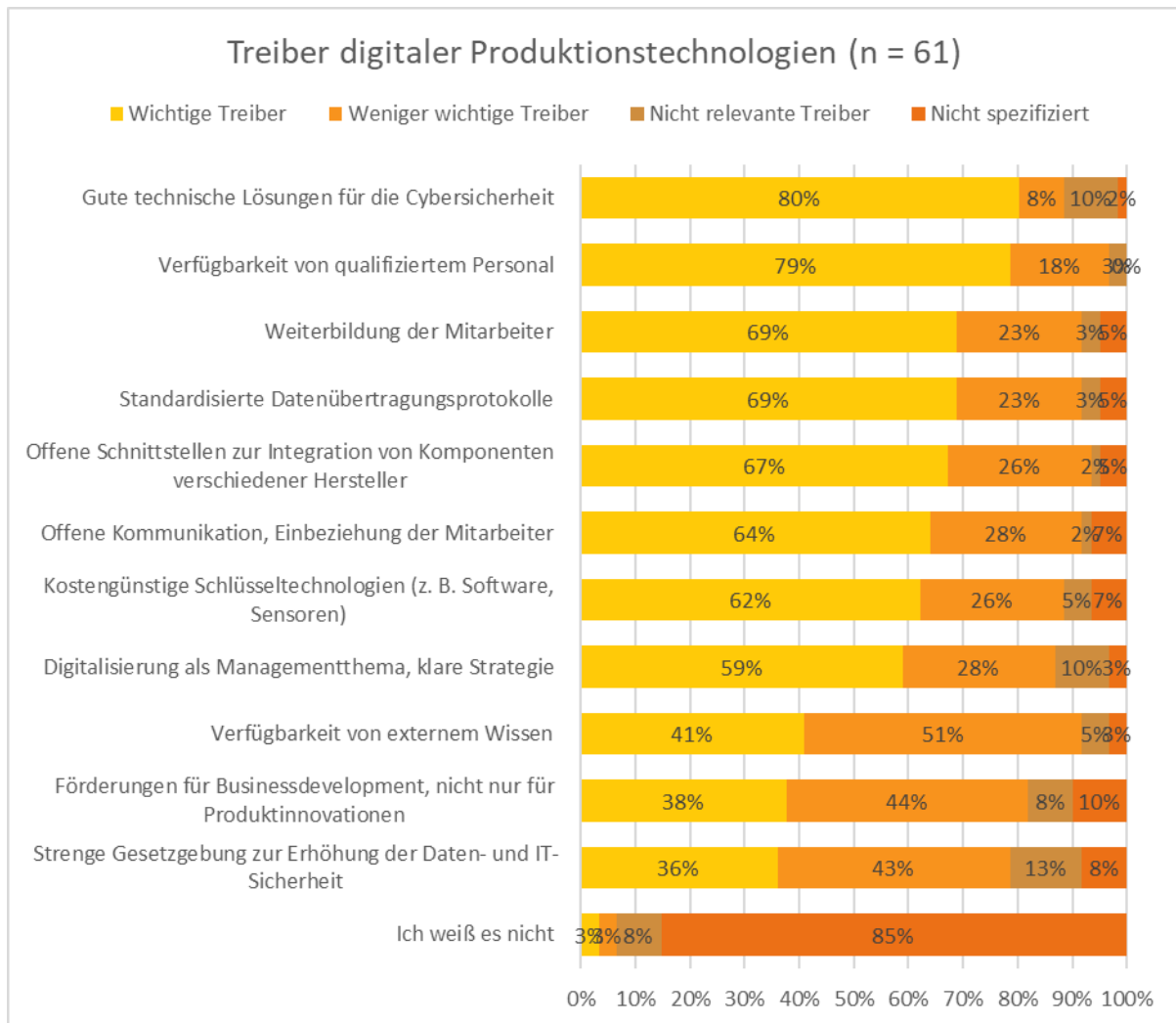


Abbildung 6: Online-Umfrage: Treiber digitaler Produktionstechnologien (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)

Rund drei Viertel der Befragten betrachten die Entwicklung von Bildungsprogrammen und den Standardisierungsprozess zur Harmonisierung von IT-Protokollen sowie Forschungssubventionen als wichtige politische Instrumente zur Überwindung dieser Hindernisse.

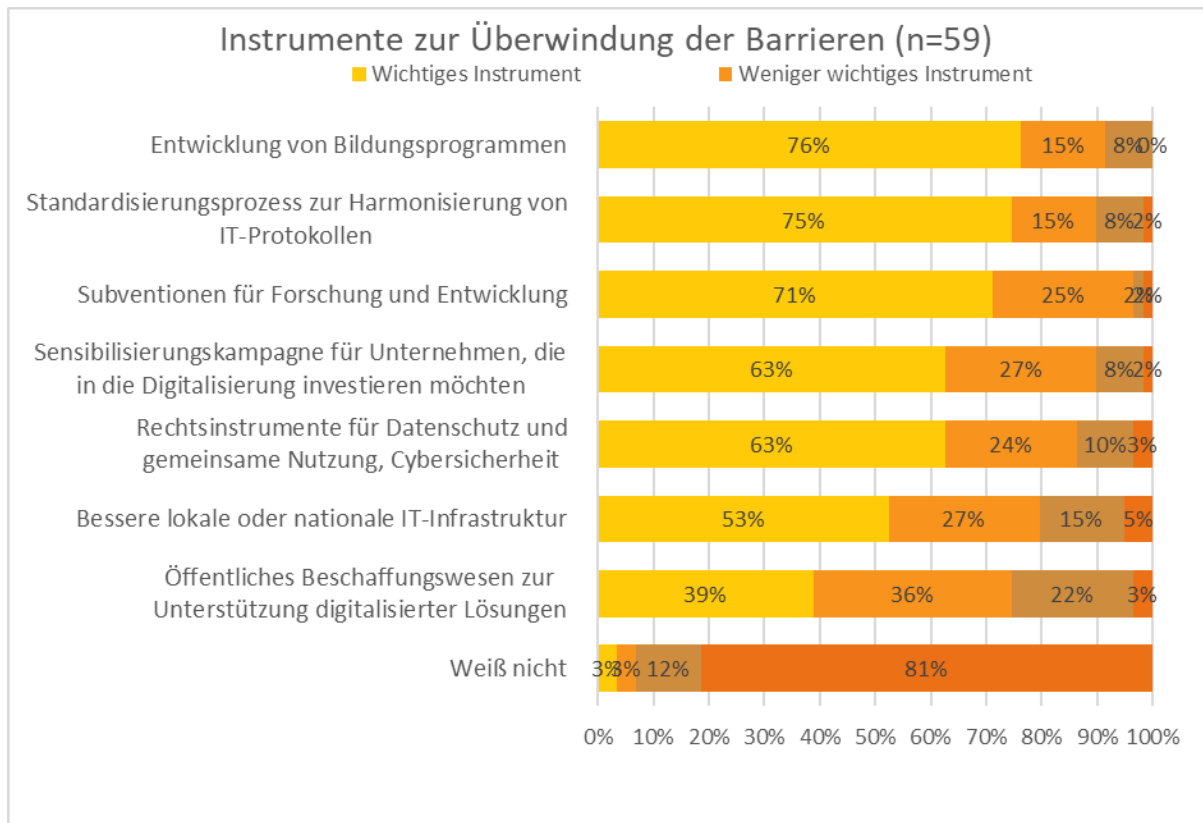


Abbildung 7: Online-Umfrage: Instrumente zur Überwindung von Barrieren beim Einsatz digitaler Produktionstechnologien (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)

5.3. Fallbeispiele zu Industrie 4.0 und effizienten Motorsystemen

Ein Ziel dieses Projektes war die Dokumentation von ersten Fallstudien in Produktionsfirmen von Industrie 4.0-Technologien im Bereich energieeffizienter Motorsysteme. Wegen mangelnder Informationen aus der Umfrage wurden diese Fallbeispiele von der Österreichischen Energieagentur mit persönlichen Kontakten erstellt.

5.3.1. Anwendungsfall BMW Group Werk Steyr

Die folgenden Informationen sind für dieses Projekt vom Unternehmen BMW Group Werk Steyr zusammengestellte und freigegebene Informationen (BMW Group Werk Steyr, 2021):

Im BMW Group Werk Steyr entwickeln und produzieren rund 4.400 Menschen täglich mit Leidenschaft und Innovationskraft die Mobilität der Zukunft – von effizienten Diesel- und Benzinmotoren bis hin zu neuartigen E-Mobility-Komponenten wie Gehäusen für die neueste Generation von Elektroantrieben. Rund eine Million Motoren und 10,1 Millionen Kernkomponenten – darunter Pleuel, Zylinderköpfe, Zylindergehäuse und Kurbelwellen – verlassen jährlich das Werk in Steyr.

Im sogenannten „InnoLab“ werden die Ideen der Zukunft im Bereich Digitalisierung getestet und erprobt. Dazu gehören Maschinen-Roboter Kollaborationen, sowie Datenhandschuhe zur Unterstützung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Tätigkeiten in Produktion und Logistik. Den

Sicherheitsstatus-Check von Anlagen können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mittels App auf einem mobilen Endgerät vor Ort komplett papierlos durchführen.

In der Produktion selbst ist ein umfangreiches Datenerfassungssystem etabliert: Es umfasst von der Energiespeisung, bis hin zu Kleinverbrauchern in Einzelmaschinen unterschiedliche Ebenen. Derzeit werden bereits Strom- und Druckluftverbräuche einzelner Produktionslinien zentral erfasst und überwacht sowie auch direkt vor Ort visualisiert.

Aktuell wird die elektrische Leistungsaufnahme diverser Verbraucher pro Linie aufgezeichnet, um den Energieverbrauch pro produziertem Stück oder pro Schicht berechnen zu können. Überdies wird der Nutzungsgrad von Maschinen in Form der Effizienzklassen A-F dargestellt.

In die weitere Datenerfassung werden auch Kühl- und Kaltwasser, Kühlschmierstoffe und Wärme integriert werden. Dies wird mittels eines Mehrkanalmessgeräts für die genannten Medien realisiert.

Für die Grundlast während Nicht-Produktionszeiten sind klare Ziele in kW pro Linie festgelegt. Die jeweiligen Leitstellen sind dafür verantwortlich, die gesetzten Grundlast-Zielwerte nach Produktionsende der letzten Schicht zu erreichen. Abbildung 8 zeigt die Monitoring-Methode.

Grundlast Kurbelwelle

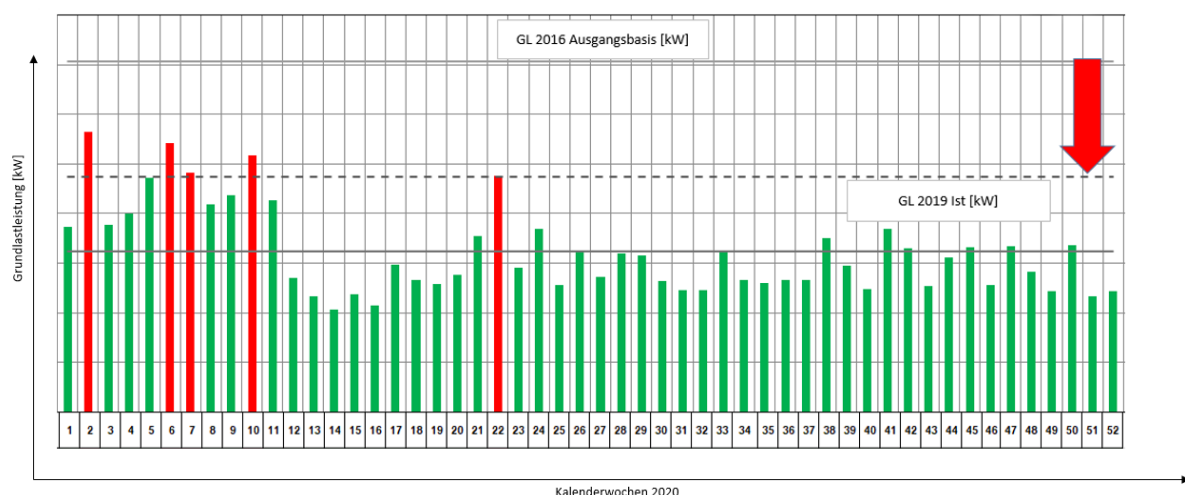


Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung der IST-Grundlastwerte der Kurbelwellenlinien je Kalenderwoche im Jahr 2020 (Quelle: BMW Group Werk Steyr)

Eine wöchentliche Auswertung dieser Abschaltungen zeigt Unregelmäßigkeiten auf. Derzeit erfolgt die Kontrolle manuell. In Zukunft wird diese jedoch mittels Reporting-Tool automatisiert und mit Alarmmeldungen verknüpft. Dabei können einerseits Einsparungen bei elektrischen Verbrauchern in der Linie (z. B. Antriebsmotoren) aber auch bei Beleuchtung und Druckluft erzielt werden.

Seit 2016 wurden so 52 % der elektrischen Ursprungsgrundlast und seit 2019 14 % der Druckluftgrundlast in der Mechanischen Fertigung eingespart. Der dafür notwendige zusätzliche Energieverbrauch für Datenerfassung, sowie für Rechenleistung und Abbildung vor Ort ist vernachlässigbar, da viele dieser Maßnahmen auch in weitere Datenerfassungs- und

Auswertungsprozesse integriert sind, wie z. B. zur Qualitätssicherung, Prozesssteuerung und Anlagenführung.

Unterstützt wird dieser Prozess von umfassenden Begleitmaßnahmen, inklusive Zieldefinition und Maßnahmenableitung, werksübergreifenden Lernprozessen zur Identifikation von Best Practices, Forecasting und Benchmarking.

5.3.2. Anwendungsfall INNIO Jenbacher

INNIO Jenbacher GmbH & Co OG ist die Hauptproduktionsstätte für Jenbacher Gasmotoren. Das Produktportfolio umfasst hocheffiziente, industrielle Verbrennungsmotoren im Leistungsbereich von 200 kW bis 10 MW, die weltweit in unterschiedlichen Branchen eingesetzt werden. Auf 65.000 m² werden von mehr als 1.600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Gasmotoren hergestellt, von denen derzeit mehr als 20.000 Stück weltweit ausgeliefert wurden und eine Leistung von ca. 28 GW elektrische Energie bereitstellen. (klimaaktiv, 2022)

Die folgenden Informationen sind für dieses Projekt vom Unternehmen INNIO Jenbacher zusammengestellte und freigegebene Informationen (Innio Jenbacher, 2021):

Das Unternehmen INNIO Jenbacher nutzt digitale Lösungen und Technologien zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Steigerung der Effizienz bereits auf vielen Ebenen.

Dazu gehört im Bereich Industrie 4.0 der 3D-Druck von Teilen vor Ort. Eine weitere wichtige digitale Komponente ist das Energiemanagement: Dabei erarbeitet das System mittels Künstlicher Intelligenz unter Vorgabe von Parametern Vorschläge für eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und erhöht auch die Transparenz des Produktionsstandortes in Jenbach.

Eines von vielen weiteren Projekten zur CO₂-optimierten Produktion ist die „Energieabschaltung übers Wochenende“: Über mehrere Wochen wurde gemeinsam mit dem Bedien- und Instandhaltungspersonal in einem Pilotbereich von rund 55 Produktionsmaschinen geprüft, welche Maschinen am Wochenende nach Schichtende eingeschaltet bleiben und der Grund dafür identifiziert. Wo möglich, wurden dann technische Maßnahmen an den Maschinen umgesetzt, genaue Abschaltzustände definiert und automatisiert. Nun wird ein wöchentlicher Report erstellt, der den gemessenen elektrischen Energie- und Druckluftbedarf und die damit verbundene CO₂-Erzeugung als Säulendiagramm über die betriebsfreie Zeit am Wochenende darstellt. Darauf ist auf einem Blick zu erkennen, ob die festgelegte Schwelle des Energiebedarfs für Druckluft und Strom erreicht wurde.

Topverbraucher werden ebenfalls graphisch über Säulen gereiht dargestellt. So sind bei ähnlichen Produktionsmaschinen Ausreißer sofort erkennbar. Gemeinsam mit dem Bedienpersonal werden dann etwaige Maßnahmen besprochen.

Aufgrund dieser Maßnahmen wurde der Bedarf an elektrischer Energie und an Druckluft am Wochenende um 30 % gesenkt und eine jährliche Einsparung erzielt, die dem Energieverbrauch von circa 200 Haushalten entspricht (Berechnungsbasis: [oesterreichenergie.at/](https://www.oesterreichenergie.at/)).

Mithilfe der Energiemessung können im Rahmen des Condition Monitorings außerdem mögliche Ereignisse weiter eingegrenzt und behoben werden. Beispielsweise löst sich in manchen Fällen der Druckluftschlauch zu einer Spindeleinheit vom Fitting. Dabei werden auch eingebaute Luftdrosseln

ausgeblasen, sodass bei einfachem Anschließen der Schläuche ein erhöhter Druckluftbedarf entsteht. Während ohne Monitoring diese Ereignisse nicht erkennbar wären, wurden durch die Visualisierung sofort Maßnahmen gesetzt und der Druckluftverlust, der einem Drittel des Vollastdruckluftbedarfs entsprach, abgestellt.

In einem anderen Fall konnten zwei unterschiedliche Druckluftlecks entdeckt werden: Eines davon erhöhte den Druckluftgrundverbrauch rund um die Uhr, während eine gleichzeitig aufgetretene Leckage den auf der grafischen Auswertung klar erkennbaren Spitzenverbrauch erhöhte.

„Die Verknüpfung aus Messdaten, Visualisierung, Auswertung durch erfahrene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und aus vorausschauenden Maßnahmen ermöglicht uns die Produktionsmaschinen wirtschaftlich zu betreiben und unerwünschte Ereignisse frühzeitig abzuwenden“, ist Rudolf Raunig, Leiter Infrastruktur bei INNIO Jenbacher überzeugt.

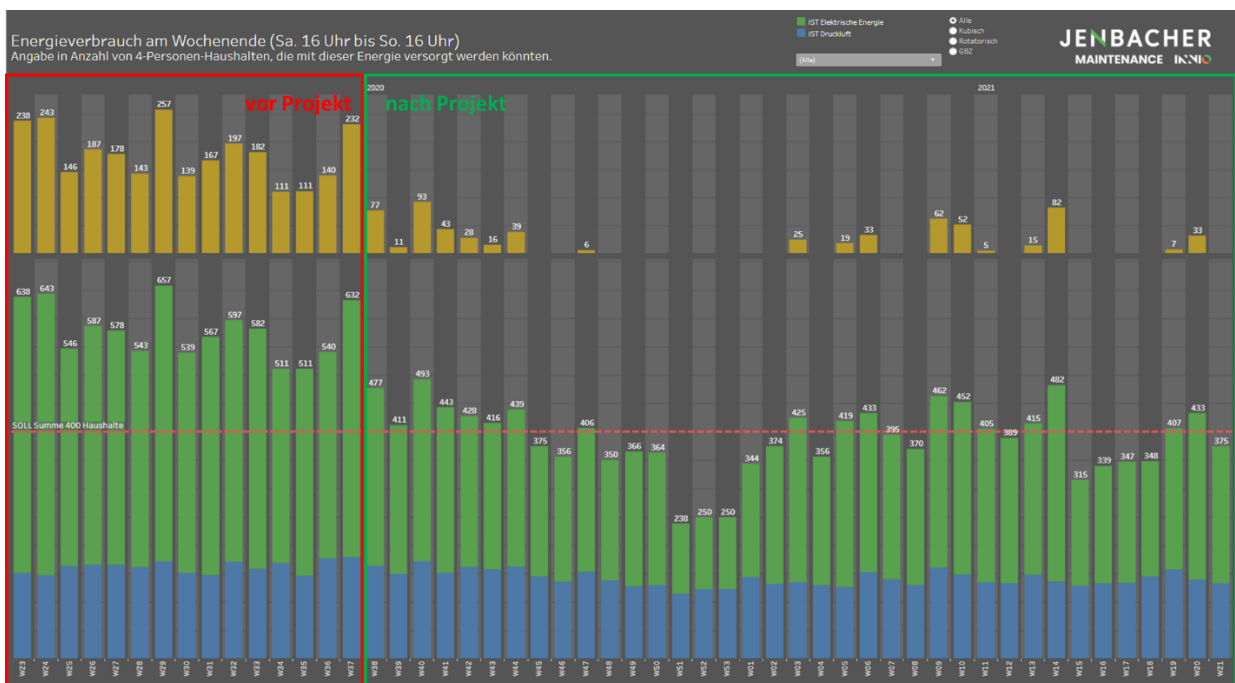


Abbildung 9: Strom und Druckluftverbrauch am Wochenende vor und nach Projekt (dargestellt als Energieverbrauch von Haushalten) (Quelle: INNIO Jenbacher)

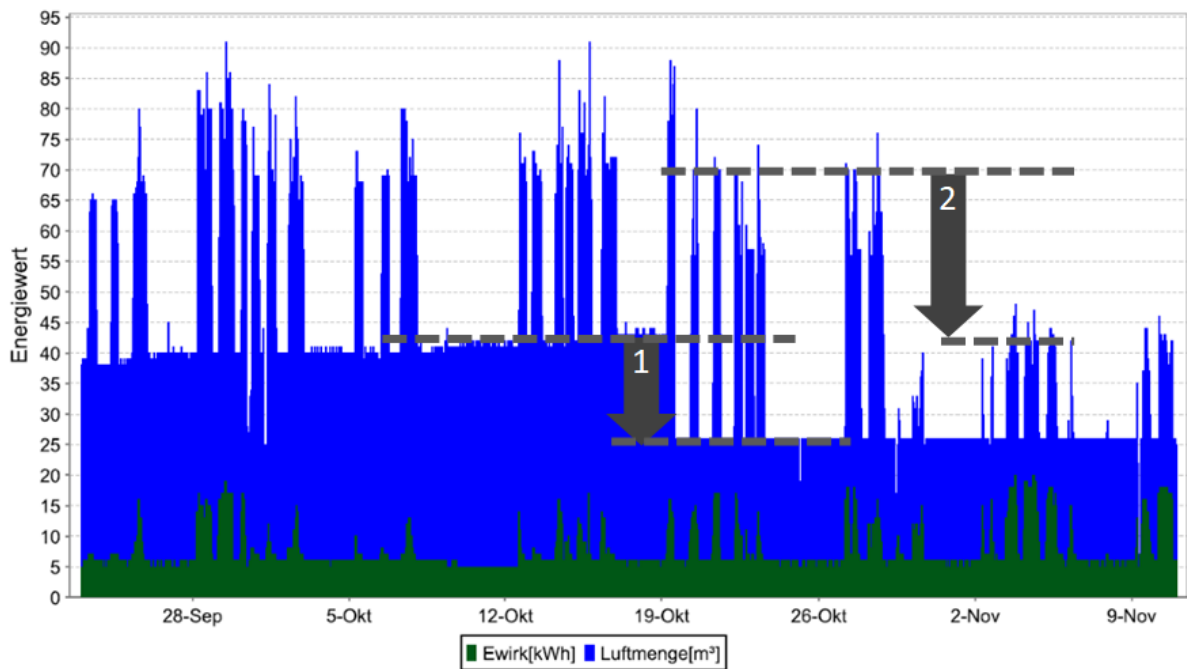


Abbildung 10: Auszug aus dem Betriebszustandsbericht zur Anzeige der notwendigen Luftmenge vor und nach Beseitigung von Leckagen an einer Maschine (Quelle: INNIO Jenbacher)

Markierung 1 – Behebung der ersten Leckage: Der Stillstandsverbrauch wurde deutlich gesenkt.

Markierung 2 – Behebung der zweiten Leckage: Der Spitzenverbrauch wurde deutlich gesenkt.

5.4. Liste von nationalen relevanten Akteur:innen und Programmen im Bereich Industrie

Ein Ziel dieser Arbeit war die Erstellung einer Liste von relevanten nationalen Akteur:innen und Förderprogrammen mit Schwerpunkten im Bereich Industrie 4.0 und eine Analyse, wie weit Klimaschutz beziehungsweise Energieeffizienz thematisiert und ob effiziente Motorsysteme abgedeckt sind.

5.4.1. Liste von Akteurinnen und Akteuren im Bereich Digitalisierung

Mit Stand Juni 2021 gibt es keinen Überblick über in Österreich im Bereich Industrie 4.0 tätige Unternehmen. Deshalb wurden die Mitgliedsfirmen der Pilotfabriken, der Plattform Industrie 4.0 und des Austrian Center for Digital Production untersucht und die in diesem Zusammenhang relevanten Unternehmen aufgenommen.

Die Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Österreich konnte nur in seltenen Fällen erhoben werden und ist daher nicht aufgenommen.

Die Zuordnung der Unternehmen zu einem der unten angeführten Themen erfolgte durch den Autor, viele Unternehmen können auch mehreren Subkategorien zugeordnet werden.

Am Beginn dieser Auflistung stehen Öffentliche Stellen, Verbände und Organisationen, außerdem Netzwerke wie Cyber Security Hubs, Pilotfabriken und COMET Zentren.

Öffentliche Stellen, Verbände und Organisationen

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
- Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort
- Plattform Industrie 4.0
- Österreichische Forschungsförderungs GmbH
- Austria Wirtschafts Service
- Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie
- Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

Cyber Security Hubs

- AIT Cyber Range, Wien
- Cyber-Security Competence Center, FHTW, Wien
- Cyber Security Campus, TU Graz
- Cyber-Security Lab, Kapfenberg

Pilotfabriken

- I4.0 Lab Mensch Maschine, St. Pölten
- I4.0 Lernfabrik, Kufstein
- Institute for Smart Production, FH OÖ Wels
- LIT Factory, Linz
- Smart Manufacturing LAB FHV, Dornbirn
- Pilotfabrik TU Graz
- Pilotfabrik Wien Aspern
- Smart Production Lab, Kapfenberg
- Smart Production Lab, FHTW, Wien

COMET-Zentren:

- Austrian Blockchain Center
- CDP, Austrian Center for Digital Production
- Know-Center GmbH Research Center for Data-Driven Business & Big Data Analytics, ST
- VRVis K1 Centre for Visual Computing
- ASSIC, Austrian Smart Systems Integration Research Center
- SBA Research Secure Business Austria, Wien
- SCCH, Software Competence Center Hagenberg
- LCM, Linz Center of Mechatronics, Linz
- Pro To Future

Bildungs-, und Forschungsinstitutionen

- AIT – Austrian Institute of Technology
- Fachhochschule Kufstein
- Fachhochschule Technikum Wien
- FH Joanneum Gesellschaft mbH
- FH Oberösterreich Forschungs & Entwicklungs GmbH
- FH St. Pölten
- Fraunhofer Austria Research GmbH
- IMC FH Krems
- JKU – Johannes Kepler Universität Linz
- Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH
- Montanuniversität Leoben
- Salzburg Research Forschungsgesellschaft mbH
- Technische Universität Graz
- Technische Universität Wien
- Upper Austrian Research GmbH
- VRVis Zentrum für Virtual Reality und Visualisierung Forschungs GmbH

Unternehmen

Generell sind die wichtigsten Player weltweit und auch in Österreich im Bereich der Industrieautomation als Bereitsteller von Plattformen aber auch als Hersteller von Frequenzumrichter Siemens mit der Plattform MindSphere, ABB mit der ABB Ability Plattform und Schneider Electric mit der Plattform EcoStructure. Siemens und ABB erzeugen außerdem Elektromotoren.

In der Folge sind die im Projekt identifizierten Unternehmen angeführt. Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Allgemeine Automatisierungslösungen, Datenerfassung, MES, Maschinenkommunikation: Atos, Copa Data, Axavia, Phoenic Contract, Factoryminer, Industrieinformatik, Kapsch Business, guh GmbH (Betriebssystem), Eberle Automatische Systeme, Senseforce GmbH, ESA Elektro Automatisierungs GmbH

Softwareentwicklung für Predictive-Maintenance: Dataformers

I/O Systeme: Sigmatek, B&R, Rexel, create.io, ABAX Informationstechnik GmbH

Antriebstechnik, Elektromotoren, Hydraulik und andere: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Hefel Hubert GmbH, FESTO, SMC, Hörbiger (Komponenten für Kompressoren)

SCADA, Steuerung im Industriebereich: B&R (PLC Zentrum für ABB), Eberle Automatische Systeme, Pilz

Messgeräte: Tele Haase Steuergeräte Ges.m.b.H., Hottinger Baldwin Messtechnik, Anton Paar, GGW Gruber

Robotertechnik: KNAPP, FANUC, Kuka, Wittmann

Maschinenbau, automatisierte Anlagen, CNC Bearbeitungszentren: WLF, EMCO, IGM, Fill, DGM Mori

Digitale Assistenzsysteme, Datenbrillen: Codeflügel, evolaris, Picavi, Memex

Big Data Analysen: Axians ICT Austria GmbH, Unbelievable Machine Company GmbH, craftworks GmbH

Der Bereich Entwicklung und Produktion von Motorsystemen ist in Österreich hochrelevant.

Beispiele:

- Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Frequenzumrichtern in Wien durch **Schneider Electric Power Drives** (pdrive)
- Entwicklung und Herstellung von Motoren und Steuerungen durch **Watt Drive Antriebstechnik** (WEG) in Markt Piesting, Niederösterreich
- Produktion von leistungsstarken Elektromotoren in Weiz durch **ELIN Motoren**
- Produktion und Entwicklung von Pumpen in Stockerau und SMC Pneumatik in Korneuburg durch **Xylem**
- Das Unternehmen **Thien edrives** entwickelt unter anderem analytische Berechnungssoftware für Asynchron-, Synchron- und permanenterregte Synchronmotoren.
- **Andritz** ist ein weltweit führender Hersteller von Pumpen für verschiedene Sektoren und bietet auch Steuerungen mit digital unterstützter Energie- und Schwingungsüberwachung an.
- Als relevanter Komponentenlieferant für Steuerungschips für Drehzahlregler ist **Infineon** mit Standort Villach (circa 3.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter) zu nennen.
- **Austria Micro Systems** (AMS) produziert und entwickelt analoge Halbleiterbauelemente für die Anwendungen bei Sensoren und Sensorschnittstellen, z. B. zur Positionserkennung über Winkelmessung für Motoren mit hoher Drehzahl.
- **B&R Industrial Automation GmbH** (nun Teil von ABB und auch die globale PLC-Zentrale) mit circa 3.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist ein bekannter Player im Bereich der Automatisierung und Digitalisierung und hat seinen Entwicklungs- und Fertigungsstandort in Eggelsberg in Oberösterreich.

Darüber hinaus sind in Österreich auch **größere Vertriebsfirmen** für Motorsystemkomponenten beheimatet, z. B. Kaeser Kompressoren, Atlas Copco (Druckluft), WILO, Grundfos, KSB (Pumpen) Danfoss, ABB, Siemens, SEW Eurodrive, VEM (alle im Bereich Frequenzumrichter und Elektromotoren), Ziehl-Abegg (Ventilatoren), FESTO (Hydraulik).

Wichtige Player sind auch unabhängige **Energieberaterinnen und -berater sowie Energieplanerinnen und -planer**, die laufend Unternehmen im Rahmen von Energieaudits hinsichtlich Steigerung der Energieeffizienz beraten. **Motorenexpertinnen und -experten** sind unter anderem sattler energieconsulting, Allplan, chriger, denkstatt&ENERTEC, oder smart bridge.

Relevante Forschungsakteure sind das Institut für elektrische Anlagen und Antriebstechnik, das Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen der TU Graz, das Institut für Elektrische Antriebe und Maschinen der TU Wien und weitere Forschungsakteure wie z. B. ATB Antriebstechnik oder Schneider Electric.

Im Bereich Digitalisierung gibt es eine Vielzahl weiterer Akteure, deren Fokus aber bisher noch nicht auf elektrische Motorsysteme im Detail gerichtet ist. Ausnahmen sind aber z. B. die FH OÖ F&E GmbH (Condition Monitoring für Ventilatoren) und die FH Kufstein mit der Lernfabrik zu Pneumatik (Kenntnisstand Anfang 2021).

5.4.2. Liste von Programmen im Bereich Energieeffizienz und Digitalisierung

Ziel des Projektes war es neben den Akteuren auch relevante Forschungsprogramme zur Förderung von Energieeffizienz und Digitalisierung in Österreich zu erheben sowie zu evaluieren, ob diese beiden Themen in den entsprechenden Programmen bereits berücksichtigt werden.

Dazu wurde zunächst eine Anfrage auf der Website foerderpilot.at am 17.2.2020 mit folgenden Suchkriterien zu Förderprogrammen durchgeführt:

- Zielgruppe: KMU
- Zum Thema: Energie, Umwelt & Klima; Informations- & Kommunikationstechnologie
- Art der Förderung: Alle Arten der Förderung

Das Ergebnis umfasste bundesweit circa 90 Förderungen. Ergänzt wurde es um Informationen aus dem Dokument: Förderungen / Initiativen im Bereich Digitalisierung für Mitgliedsbetriebe der Bundessparte IC, Service der Bundessparte Information und Consulting, Jänner 2021 (WKO, 2021). Von diesen Programmen wurden circa 30 relevante Programme genauer analysiert.

Für die Analyse wurde erhoben: Förderabwickler, Name des Programms, Link und Inhalt. Weiters wurde analysiert, inwiefern das Programm Relevanz für Industrie 4.0 aufweist beziehungsweise ob das Programm Themen wie Energieeffizienz oder auch Klimaaspekte berücksichtigt.

Im Anhang 8 sind die analysierten Programme wiedergegeben und nach den Bereichen Digitalisierung, Energie und Innovation, Forschung & Markteintritt getrennt dargestellt.

In der Folge sind jene Programme gelistet, die sowohl Digitalisierung als auch Energieeffizienz berücksichtigen. Für den Themenbereich „Programme zu Digitalisierung“ sind jene Programme dargestellt, die auch das Thema Energieeffizienz oder Ressourcenschonung oder beides behandeln.

IKT der Zukunft

In der Themeninitiative „IKT der Zukunft“ fördert das BMK forschungsintensive Innovation und Technologieentwicklung auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologie in Verschränkung mit Anwendungsfeldern und gesellschaftlichen Fragen.

„Ein schonender und nachhaltiger Umgang mit Ressourcen ist eine immer wichtiger werdende Anforderung. Die Projekte sollen die entwickelten Lösungen darstellen und welche Ressourcen geschont werden. Dies betrifft die Systeme selbst, aber auch das Verhältnis von System und Systemumwelt, z. B. Energieeffizienz, Rechenzeit.“ (ffg.at/iktderzukunft)

“Smart and Digital Services“-Initiative (SDS-I) (Service Innovation)

Mit der "Smart and Digital Services"-Initiative (SDS-I) will die FFG neue Kundinnen und Kunden vor allem aus dem Dienstleistungsbereich ansprechen. Die SDS-I richtet sich aber auch an bestehende FFG-Kundinnen und Kunden, insbesondere an jene aus der traditionellen, produzierenden Industrie.

Diese Initiative wurde im Basisprogramm abgewickelt und förderte Industrie-4.0-Projekte oder Projekte unter Anwendung von Blockchain-Verfahren. Gesellschaftliche Herausforderungen können durch das Einbinden nicht-technologischer Forschungsakteure adäquat angesprochen werden.

Als relevantes Beispiel wurde angeführt: „Energieeffizienz ist wesentlich für jeden Produktionsbetrieb, jedoch auch für viele andere Unternehmen. Ein Anbieter von technischer

Infrastruktur in Gebäuden suchte deshalb nach einer Möglichkeit, seinen Kundinnen und Kunden wesentlich mehr als nur die Infrastruktur offerieren zu können. Die vorhandene Lösung wurde um Sensoren erweitert, welche ein integriertes Energie-Monitoring ermöglichen. Dabei war es wesentlich, neue Prozesse und Services über den eigenen Fachbereich hinaus anzubieten und vorhandene Kundenbedürfnisse in neuartiger Weise zu befriedigen.“

(ffg.at/sites/default/files/downloads/sdsbasiswissen2018.pdf), ffg.at/content/eckdaten-zur-smart-and-digital-service-initiative-sds-i)

Fast Track Digital

Dieses Programm fördert Vorhaben in Forschung, Technologie und Innovation, die Digitalisierungslösungen realisieren und rasch auf den Markt bringen. Es gibt keine thematischen Schwerpunkte, sondern behandelt Digitalisierung als interdisziplinäres Themengebiet.

In einem Zeitraum von 24 Monaten sollen markt- und wettbewerbsfähige, digitale Lösungen entstehen, die rechtliche Rahmenbedingungen beziehungsweise ethische Wertvorstellungen proaktiv berücksichtigen oder auch Nachhaltigkeitsaspekte einbeziehen.

Gefördert wird unter anderem der Kompetenzaufbau innerhalb der Unternehmen in den Bereichen Digitalisierung, Ethik und Recht beziehungsweise Nachhaltigkeit. (ffg.at/fast-track-digital-1-ausschreibung)

Produktion der Zukunft

Die Forschungs-, Technologie- und Innovations-Initiative "Produktion der Zukunft" widmet sich zentralen Fragestellungen der sachgütererzeugenden Industrie im Rahmen innovativer Projekte der Forschung und Technologieentwicklung (FTE). Die folgenden operativen Ziele der FTI-Initiative sind für Projekteinreichungen von Relevanz (ffg.at/produktion-der-zukunft-das-foerderprogramm):

- Effiziente Ressourcen- und Rohstoffnutzung sowie effiziente Produktionstechnologien
- Flexible Produktion
- Herstellung hochwertiger Produkte

China Austria Research Cooperation Programme

Unternehmen und Forschungseinreichungen aus Österreich und der Provinz Guangdong (China) können zu ausgewählten Themen kooperative F&E Projekte einreichen. Im ersten Call wurden die Themen ICT for Smart Cities, Green and sustainable buildings for Smart Cities, Smart energy systems und Smart mobility ausgeschrieben (ffg.at/1-call-guangdong).

Stadt der Zukunft

„Mit „Stadt der Zukunft“ wird ein Programm etabliert, in dem neue Technologien, technologische (Teil-)Systeme, urbane Services und Dienstleistungen entwickelt werden sollen. ... Angesichts des fortschreitenden Klimawandels ist die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems ein zentrales Anliegen der österreichischen Forschungs- und Entwicklungspolitik. Aufbauend auf diesen Zielsetzungen wurden entsprechend der Programmausrichtung folgende drei operative Programmziele definiert:

Ziel 1: Beitrag zur Entwicklung resilienter Städte und Stadtteile mit hoher Ressourcen- und Energieeffizienz, verstärkter Nutzung erneuerbarer Energieträger und hoher Lebensqualität

Ziel 2: Beitrag zur Optimierung und Anpassung der städtischen Infrastruktur zur Erweiterung des städtischen Dienstleistungsangebots vor dem Hintergrund fortschreitender Urbanisierung und erforderlicher Ressourcen- und Energieeffizienz

Ziel 3: Aufbau und Absicherung der Technologieführerschaft beziehungsweise Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Unternehmen und Forschungsinstitute auf dem Gebiet intelligenter Energielösungen für Gebäude und Städte“ (ffg.at/stadt-der-zukunft-programmlinie)

Da die **Energie-Forschungsprogramme** auch den Themenbereich Energieeffizienz enthalten, werden folgende Programme dargestellt, die auch das Thema Digitalisierung berücksichtigen.

Energieforschung

„Das Energieforschungsprogramm des Klima- und Energiefonds ist ein zentrales Instrument zur Umsetzung der Energieforschungsinitiative von #mission2030 – Die österreichische Klima- und Energiestrategie. Es stärkt die internationale Position Österreichs als Energieinnovationsland.“

Der Schwerpunkt 2020 liegt auf Digitalisierung (ffg.at/programm/energieforschung-das-programm):

- Datenerzeugung, -bereitstellung und -auswertung
- Digitalisierung integrierter regionaler Energiesysteme
- Digitalisierung industrieller Energiesysteme

Vorzeigeregion Energie

„In der Vorzeigeregion Energie werden mit innovativen Energietechnologien aus Österreich Musterlösungen für intelligente, sichere und leistbare Energie- und Verkehrssysteme der Zukunft entwickelt und demonstriert.“ (ffg.at/vorzeigeregion-energie/ausschreibungen)

Beispiele sind: New Energy for Industry (NEFI), Green Energy Lab, und „Die Wasserstoffinitiative Vorzeigeregion Austria Power & Gas“ (WIVA P&G)

Forschungskooperation Internationale Energieagentur

„Im Fokus des Programms steht daher die österreichische Teilnahme an den Implementing Agreements, Tasks und Annexen der IEA zu gewährleisten sowie die Verbreitung der erarbeiteten Ergebnisse und Netzwerkaktivitäten zu ermöglichen.“

Annexe mit Industrie 4.0- und Energiebezug sind beispielsweise: IETS (Industrielle Energietechnologien und -systeme) Annex18 Digitalisierung, KI und verwandte Technologien für industrielle Energieeffizienz, IEA HPT Annex 56: Digitalisierung und Internet of Things für Wärmepumpen und das vorliegende Projekt (ffg.at/internationale-energieagentur).

Beim Themenbereich **Innovation, Forschung & Markteintritt** sind besonders jene Programme dargestellt, die explizit beide Themen – Energieeffizienz und Digitalisierung – ansprechen.

COMET

Das Programm COMET fördert den Aufbau von Kompetenzzentren, deren Herzstück ein von Wirtschaft und Wissenschaft gemeinsam definiertes Forschungsprogramm auf hohem Niveau ist, z. B. sind K1 Zentren Industrie 4.0 unter den Akteuren aufgelistet(ffg.at/comet).

Research Studios Austria (RSA)

Das Programm Research Studios Austria (RSA) fördert die Anwendung und Umsetzung von Forschungsergebnissen im Vorfeld unternehmerischer Forschung in Österreich.

Die fünfte Ausschreibung des Programms Research Studios Austria war vom 18.04.2016 bis zum 30.09.2016 geöffnet. Spezifika der fünften Ausschreibung waren die ausschließlichen Schwerpunktsetzungen auf "Informations- und Kommunikationstechnologien für Industrie 4.0", „Energie- und Umwelttechnologien“ sowie "Biotechnologien"(ffg.at/ausschreibungen/research-studios-austria-5-ausschreibung).

AWS Investitionsprämie

Förderbar sind materielle und immaterielle aktivierungspflichtige Neuinvestitionen in das abnutzbare Anlagevermögen Die Höhe der Förderung beträgt 7 % der förderfähigen Investitionen und 14 % bei Investitionen im Bereich Ökologisierung, Digitalisierung und Gesundheit. Klimaschädliche Investitionen können nicht gefördert werden (aws.at/corona-hilfen-des-bundes/aws-investitionspraemie/).

5.5. Erkenntnisse und Wirkungen auf internationaler Ebene

Generell ist für die Mitgliedsstaaten der Informationstransfer innerhalb des Annexes der wichtigste Punkt zur Teilnahme. Die EMSA-Website (iea-4e.org/emsa), der Newsletter, das *Motor Systems Tool* (Nielsen, 2017), der Leitfaden zur Durchführung von Motorsystemaudits (Kulterer, Presch, 2018) und der *Motor Summit* (motorsummit.ch) wurden in der letzten Umfrage der Teilnehmerländer als wesentliche Ergebnisse genannt. Diese Ergebnisse wurde im Rahmen der Arbeit des Annex EMSA in den letzten Jahren erarbeitet, die Österreichische Mitarbeit erfolgte im Rahmen von mehreren Projekten gefördert durch die IEA-Forschungskooperationen.

Im Laufe dieses Projektes konnte durch die Teilnahmen an vielen Meetings und Konferenzen das Thema Digitalisierung im Bereich der Effizienzsteigerung von elektrischen Motorsystemen gestärkt werden. Allgemein zieht das Thema Digitalisierung im Rahmen von Klimaschutzaktivitäten mittlerweile viel Aufmerksamkeit auf sich. Dies zeigt sich unter anderem am Interesse weiterer EMSA Länder an den Workshops und Ergebnissen dieses Tasks (Europäische Kommission, Neuseeland, Schweiz).

Insbesondere die Arbeit an der internationalen Normenentwicklung durch die EMSA-Mitglieder trägt dazu bei, die Definition der Energieeffizienzklassen und Testnormen weltweit zu vereinheitlichen, weiterzuentwickeln und zu präzisieren.

EMSA-Mitglieder beteiligen sich an mehreren Arbeitsgruppen in folgenden Normungsgremien:

- IEC SC22G Frequenzumrichter (WG 18)
- IEC TC2: Elektromotoren (WG 12, 28, 31)

Zur Unterstützung dieser Arbeit sammelt EMSA über einen Round Robin Testergebnisse von durchgeführten Labortests von Frequenzumrichtern. Diese Arbeit ist im Kapitel 6.5 Relevanz, Nutzen der Projektergebnisse und Verwertung näher ausgeführt.

Eine wesentliche Empfehlung aus der im Mai 2018 veröffentlichten *Policy Guidelines for Motor Driven Units Part 2* (Werkhoven, Werle, Brunner, 2018) war die Harmonisierung und Koordinierung der IEC mit den ISO-Normen für „*Motor Driven Units*“ innerhalb des IEC Advisory Committee on Energy Efficiency (ACEE). Dazu wurde die sogenannte CAISEMS Initiative - Coordination and Alignment of Standards for Energy Efficient Electric Motor Driven Systems gestartet. Bisher wurden Berichte zu Normen, Terminologie, Metrik, Inter- Extrapolation und MEPS in bereits zwei Versionen erarbeitet und die organisatorische Verankerung dieser Arbeit in den Gremien vorangetrieben.

Die im Vorprojekt erstellte und während des Berichtszeitraums gedruckte Version der *Motor System Audit Guideline* (Kulterer, Presch, 2018) diente als Vorlage für eine Motorausbildern-Ausbildung in den Niederlanden und wurde im Rahmen einer Schulung in Österreich präsentiert. Nun wurde dieser Leitfaden auch auf Türkisch übersetzt und bildet die Grundlage für eine Auditoren-Ausbildung.

Innerhalb der Berichtsperiode wurde das EMSA *Motor Systems Tool* (Nielsen, 2017 update 2019) überarbeitet:

Neue Features umfassen (Diese Adaption ist allerdings zum Zeitpunkt des Berichts noch nicht online):

- Verlustmodelle für Motoren und Frequenzumrichter
- AMCA Model für Ventilatoren
- Schlupfberechnung
- Verbesserte Motordrehzahlberechnung
- Dynamische Lastpunkte

Österreich konnte beispielsweise durch die Erkenntnisse aus dem Annex qualifiziertes Feedback zum Entwurf der Umsetzungsverordnung zur Ökodesign-Verordnung für Elektromotoren geben und im Vorfeld mit Herstellern und Vertriebsfirmen die Neuigkeiten verbreiten und zur Klärung von Fragestellungen beitragen. Das Motor Systems Tool konnte über Newsletter und eine Veranstaltung an die Zielgruppe verbreitet werden.

5.6. Veröffentlichte Ergebnisse im Berichtszeitraum

Im Rahmen des *Electric Motor Systems Annex* und nationalen Projektes zur Beteiligung wurden während des Projektzeitraums folgende Dokumente veröffentlicht:

5.6.1. Bericht: Report on the EMSA Survey on digitalisation in electric motor driven systems

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse der EMSA-Umfrage zu Digitalisierung in elektrischen Motorsystemen zusammen.

Industrieunternehmen setzen derzeit insbesondere intelligente Sensoren, intelligente Steuerung und kontinuierliche Überwachung als digitale Technologien in Verbindung mit motorgetriebenen Systemen ein. Diese drei Technologien werden auch den größten Einfluss auf potenzielle zukünftige Energieeinsparungen haben. Weitere Inhalte dieses Berichts sind die Hauptvorteile, Hauptnachteile, Haupthindernisse und Voraussetzungen für Digitalisierung in Betrieben und die Beurteilung wichtiger politischer Instrumente zur Überwindung dieser Hindernisse.

Verfasser: Konstantin Kulterer, Österreichische Energieagentur

Quelle: iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2021/03/2021_02_EMSA_Report_Survey-on-Digitalisation.pdf

5.6.2. Bericht: Classification of digitalisation technologies in electric motor driven systems

Der Bericht klassifiziert Digitalisierungstechnologien und enthält Definition, Beschreibung und Beispiele für Anwendungsfälle in elektrischen Motorsystemen. Folgende Technologien wurden berücksichtigt: Intelligente Sensoren, Internet of Things, Intelligente Steuerung, Datenanalyse auf Motor- und Produktionsebene, Echtzeit-Überwachung, Digitale Zwillinge, Cloud Dienstleistungen, Künstliche Intelligenz und Augmented Reality. Weiters wurden Fortgeschrittene Robotik und Additive Fertigung beschrieben.

Die Beiträge der Österreichischen Energieagentur (sechs von zwölf Kapiteln) wurden im Mai 2021 abgeschlossen. Die Publikation ist für den Sommer 2022 geplant.

Verfasser: Konstantin Kulterer, Österreichische Energieagentur, Jazaer Dawody, Glenn Widerstrom, Schwedische Energieagentur, Maarten van Werkhoven, TPA Advisors

Quelle: iea-4e.org/wp-content/uploads/2022/06/EMSA_report_classification_2022june.pdf

5.6.3. Beitrag: Digitalization in Electric Motor Driven Systems

Dieser wissenschaftliche Beitrag wurde bei der EEMODS 2019 Energy Efficiency in *Motor Driven Systems* 2019 in Tokyo, Japan von Maarten van Werkhoven, TPA Advisors und Konstantin Kulterer, Österreichische Energieagentur, erstellt und von van Werkhoven präsentiert. Der Beitrag behandelt folgende Themen:

- Elektrische Motorsysteme und Elektrizitätsverbrauch
- Digitalisierung in der Industrie
- Vorteile von Industrie 4.0 - betriebswirtschaftliche Sichtweisen
- Digitalisierung und Energieeffizienz in elektrischen Motorsystemen
- Drei Fallbeispiele von Digitalisierung in der Industrie
- Energie-Einsparpotenziale

Verfasser: Maarten van Werkhoven, TPA Advisors, Konstantin Kulterer, Österreichische Energieagentur (veröffentlicht in den Proceedings der EEMODS 2019, nicht öffentlich zugänglich)

Quelle: springerprofessional.de/energy-efficiency-in-motor-systems/19696446?tocPage=1

5.6.4. Bericht: EMSA Report on Testing Standards for Advanced Motor Technologies

Der Bericht identifiziert und vergleicht bestehende Prüfnormen für ausgewählte fortschrittliche Motortechnologien und diskutiert Möglichkeiten für eine potenzielle Harmonisierung der Prüfverfahren für jede der analysierten Gerätekategorien. Die Input-Output-Methode scheint eine praktikable und einfachere Prüfmethode zu sein, wenn sie mit modernsten Messgeräten angewendet wird. Obwohl diese Methode in allen untersuchten Prüfnormen enthalten ist, variieren die Details ihrer Umsetzung und könnten eine Möglichkeit zur Harmonisierung zwischen den Normen für dieselben Geräte darstellen.

Verfasser: Lawrence Berkeley National Laboratory

Quelle: [iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2021/01/EMSA_report_Test_standards_for_Advanced_Motor_Technologies_July2020_final-1.pdf](https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2021/01/EMSA_report_Test_standards_for_Advanced_Motor_Technologies_July2020_final-1.pdf)

5.6.5. Nationaler Newsletter

Dieser Newsletter wird von der Österreichischen Energieagentur verfasst, teilweise basierend auf dem internationalen Newsletter, und wird um weitere nationale und internationale Aspekte ergänzt. Der Verteiler umfasst rund 200 Kontakte. Insgesamt wurden vier nationale Newsletter versendet.

5.6.6. Internationaler Newsletter (Schweiz)

Dieser Newsletter wird weltweit an 3.628 Kontakte in 90 Ländern versendet und erscheint auf Englisch, Chinesisch, Japanisch und Spanisch.

Quelle: motorsystems.org/newsletter

5.6.7. Leitfaden: Energy Audit Guide for Motor Driven Systems – Turkish version

Der Leitfaden ist anhand der Energieauditschritte gemäß ISO 50002 strukturiert und beinhaltet organisatorische und technische Aufgaben, die während eines Energieaudits für elektrische Motorsysteme durchzuführen sind. Er wurde 2018 von der Österreichischen Energieagentur im Rahmen von EMSA verfasst und ist im Dezember 2020 auf Türkisch erschienen.

Verfasser: Konstantin Kulterer, David Presch, Österreichische Energieagentur

Quelle: iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2021/02/PGMDU_TEVMOT_2018_Turkish-Version.pdf

5.6.8. Software Tool: EMSA Hydraulic Calculator Tool

Das unter dänischer Leitung entwickelte DTI Hydracalc ist ein Werkzeug, das alle möglichen Regelungsstrategien für eine zyklische Hydraulikanlage auswertet und die beste Lösung in Bezug auf die Motor- und Pumpendimensionierung für die bestmögliche Effizienz berechnet.

Verfasser: Sandie B. Nielsen, Danish Technological Institut

Quelle: iea-4e.org/emsa/our-work/emsa-tools/

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Dieses Kapitel gibt für jede Zielgruppe des Projektes an, wie diese eingebunden wurde und wie die Ergebnisse kommuniziert wurden.

Innerhalb des *Electric Motor Systems Annex* erfolgt im Rahmen der *Annex Meetings* ein Austausch zu Mindeststandards und Normen im Bereich energieeffizienter Motorsysteme. Dieser Austausch umfasst durch Einbeziehung sogenannter Observer-Länder viele relevante Regionen: Australien, China, Europa, Indien, USA.

Im Umfeld des Annexes werden auch die wichtigsten Energieeffizienzkonferenzen für elektrische Motorsysteme (EEMODS, Motor Summit) organisiert beziehungsweise unterstützt und Normungsgremien besetzt. Damit ermöglicht es der Annex, weltweit einen Überblick über neue Entwicklungen im Bereich Technologie, Politik und Normung zu schaffen und diese zu beeinflussen.

Diese Informationen wurden in Form von Berichten, Konferenzbeiträgen, Präsentationen, Workshops und Newslettern an die Zielgruppen Technologieanbieter und Energieauditoren vermittelt, die dieses Wissen in ihrer Arbeit anwenden können.

Innerhalb des *Electric Motor Systems Annex* werden sowohl national als auch international Newsletter erstellt. Der internationale Newsletter hat 3.628 Empfänger:innen in 90 Ländern.

Innerhalb des vorliegenden Projekts wurden zwei Workshops (international und national) mit insgesamt 76 Teilnehmer:innen organisiert. Zudem wurden Beiträge für drei Konferenzen verfasst und weitere Vorträge bei Workshops gehalten.

National wurden während der Projektlaufzeit vier Newsletter über die neuesten Entwicklungen im Bereich Standardisierung, Normenentwicklung, Veranstaltungen etc. und im Bereich effiziente Motorsysteme erstellt und an circa 180 ausgewählte Adressat:innen verschickt. Derzeit befinden sich neben den wichtigen Stakeholdern alle großen Hersteller und Vertriebsfirmen von Motoren und Frequenzumrichtern im Verteiler. Der Newsletter erwies sich als besonders erfolgreich und zog regelmäßig Reaktionen und Anfragen nach sich.

6.1. Politische Entscheidungsträger:innen, Programm-Manager:innen

Seit 2020 ist auch die Europäische Kommission Mitglied des Annexes. Dies ermöglicht einen raschen und effizienten Informationsaustausch zwischen den Akteuren. Alle Ergebnisse aus dem Annex konnten direkt dem für Mindeststandards für Motorsysteme zuständigen Beamten der Europäischen Kommission präsentiert werden.

Politische Entscheidungsträger (BMK, FEEI, WIFI) und Programm-Manager:innen wurden anhand von Newslettern über neue politische Instrumente im Bereich Motorsysteme weltweit informiert. Dazu gehören auch Mindeststandards, neue weltweite Normen im Bereich Energieeffizienz und Energiemanagement und Instrumente beziehungsweise Verfahren zur Marktüberwachung zur Kontrolle der Mindeststandards. Diese Stakeholder können bei der Entwicklung von Politiken für Österreich weltweite Erfahrungen berücksichtigen. Die Leiterin des Programms „**klimaaktiv**

Energieeffiziente Betriebe“, des nationalen Programms zur Markttransformation von effizienten Technologien in Betrieben, ist in das laufende Projekt eingebunden.

Innerhalb dieses Projekts organisierte die Österreichische Energieagentur den internationalen **EMSA Workshop am 27. Mai 2021** “Digitalisation in Electric Motor Driven Systems - How can digitalization in industrial electric motor driven systems boost energy savings & CO₂-reduction to contribute to climate targets?”. Ziel dieses Workshops war es - neben der Präsentation der bisherigen Ergebnisse des EMSA Task 3 zu Digitalisierung in elektrischen Motorsystemen - auch eine tiefere Diskussion zu politischen Handlungsmöglichkeiten zu führen.

An diesem Workshop nahmen insgesamt 23 Personen aus folgenden Sektoren teil: Politische Entscheidungsträger (European Commission, Government of Australia: Department of Industry, Science, Energy and Resources, Austrian Energy Agency, Swedish Energy Agency, Dutch Enterprise Energy, Swiss Federal Office of Energy), Universitäten (ISR University of Coimbra, Universität Stuttgart, Institute for Sustainable Process Technology), Hersteller (Siemens, WEG, Danfoss, Samotics, Ziehl Abegg) und internationale Organisation (Electrical Apparatus Service Association).

Der Workshop umfasste folgende Beiträge:

- ICT and energy efficiency in industry from a business and policy perspective (Frans van den Akker, Topsector TKI Energy)
- EMSA Survey on digitalization in motor driven systems & Categorization of digital technologies (Konstantin Kulterer, Austrian Energy Agency)
- Survey on digital technologies in industry (Glenn Widerstrom, Swedish Energy Agency)
- Policies and autonomous developments – energy, technology, drivers & barriers (Maarten van Werkhoven, TPA Advisors)

Die Diskussionspunkte der über einstündigen Diskussion umfassten insbesondere:

- Sensoren allein sparen noch keine Energie
- Möglichkeit, Daten von Steuerungen oder Sensoren anderer Hersteller auszulesen
- Wie offen ist Digitalisierung, wem gehören die Daten?
- Wie vertraulich sind die Daten?
- Welche Fähigkeiten sind innerhalb der Organisation erforderlich?
- Nachteil des Energieverbrauchs der Datenauswertung
- Wären Regelungen ähnlich der Gebäudeautomation für Industrie erforderlich?
- Wie können ganze Motorsysteme und nicht einzelne Komponenten reguliert werden?

Am 18. und 19. November 2020 fand der **Motor Summit 2020** als digitaler Event statt, der unter anderem auch vom *Electric Motor Systems Annex* unterstützt wird (motorsummit.ch). Diese Veranstaltung bot die Möglichkeit, zahlreiche Ergebnisse aus dem Annex einem weltweiten Fachpublikum zu präsentieren. Die Österreichische Energieagentur präsentierte die bisherigen Ergebnisse aus dem Task Digitalisierung. Teilnehmer:innen waren die wichtigsten Stakeholder zur Motoreffizienz aus China, Japan, Indien, USA, Australien, Brasilien und europäischen Ländern. Themenbereiche waren unter anderem internationale Vorgaben in Europa und den USA, Innovationen, Normierung und Digitalisierung.

Für die ECEEE 2020 im September 2020 verfasste die Österreichische Energieagentur gemeinsam mit TPA Advisors die Kurzfassung zu „Digital Technologies driving Efficiency in Electric Motor Driven

Systems“ und erstellte gemeinsam mit der Schwedischen Energieagentur die Präsentation. Gehalten wurde die Präsentation von Jazaer Dawody.

Zur EEMODS 2019 im September in Tokio erstellte die Österreichische Energieagentur gemeinsam mit dem TPA Advisors den Beitrag bzw. das Paper „Digitalization in Electric Motor Systems“. Die Präsentation wurde von TPA Advisors, Maarten van Werkhoven gehalten.

Die Plattform Industrie 4.0 berichtete im Newsletter Juli 2020 zur EMSA*Umfrage und verbreitete die Ergebnisse der Umfrage in einem gesonderten E-Mail an die Fachgruppe Ressourcen und Energie. Darüber hinaus nahm die Österreichische Energieagentur an Veranstaltungen der Plattform teil und konnte das Thema Energieeffizienz zum Diskussionsthema machen. Weiters sendete die Plattform Industrie die Ergebnisse des vorliegenden Projektes an die Gruppe von Expertinnen und Experten zur Ressourcen- und Energieeffizienz und wird das Interesse für weitere Verbreitungsaktivität nachfragen.

6.2. Technologie- und Komponentenanbieter:innen

Eine weitere wichtige Zielgruppe des *Electric Motor Systems Annex* sind Hersteller und Anbieter von elektrischen Motorsystemen, von der Produktion bis zur Entwicklung. Dieser Industriezweig ist in Österreich stark vertreten (siehe Kapitel 5).

Unter dem Titel „Effiziente Elektrische Motorsysteme, Webinar für Spezialisten“ wurde am 4. Mai 2021 speziell für diese Zielgruppe ein eigener Online-Workshop innerhalb dieses Projektes abgehalten. In die Aussendung der Einladung war auch der FEEI eingebunden.

Es nahmen 53 Personen an diesem Workshop teil. Die Teilnehmenden waren insbesondere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Herstellern von Motoren und Frequenzumrichtern, vorwiegend aus Österreich (ABB, ATB Spielberg, B&R Industrie-Elektronik GmbH, Danfoss, Eaton Industries Austria GmbH, Lenze Antriebstechnik, Nidec Control Techniques, Optibelt, Schmachtl GmbH, Schneider Electric, Siemens, VEM Motors GmbH, Watt Drive, Xylem Water Solutions Austria, Ziehl-Abegg GmbH) und zu einem kleineren Teil auch Energieberaterinnen und –berater mit dem Spezialgebiet „elektrische Motorsysteme“.

Die Beiträge umfassten:

- Neue EU-Motorenverordnung
- Fortschritte des weltweiten Effizienztests von Frequenzumrichtern (EMSA – Round Robin)
- Aktuelle Normungsinitiative des IEC im Bereich Effizienzstandards für Frequenzumrichter
- Überblick von Industrie 4.0 Technologien für effizientere elektrische Motorsysteme
- Ergebnisse einer internationalen Onlineumfrage zu Digitalisierungslösungen für mehr Energieeffizienz in elektrischen Motorsystemen

Referenten waren:

- Prof. Dr. Andrea Vezzini: Professor für Industrieelektronik an der Berner Fachhochschule. Co-Leiter EMSA Task 1 Testing & Standardization, Mitglied mehrerer internationaler IEC Normungsgremien im Bereich Effizienzklassen von Elektromotoren und Frequenzumrichtern.

- Mag. DI Konstantin Kulterer: Experte für elektrische Motorsysteme bei der Österreichischen Energieagentur.

Diskussionspunkte umfassten insbesondere:

- Spezifische Fragestellung zum Geltungsbereich der EU Motorenverordnung
- Die Sinnhaftigkeit weiterer Effizienzerhöhungen im Motorenbereich
- Die Möglichkeit von Effizienzstandards für Gesamtsysteme
- Die mögliche Vermeidung von Überdimensionierung bei Motoren
- Die Möglichkeit durch Energieaudits Effizienzverbesserung bei Motoren zu erreichen

Die meisten dieser Firmen wurden über vier Ausgaben des nationalen IEA EMSA Newsletters zu neuen Entwicklungen im Bereich Standards (z. B. Bestimmung der Energieeffizienz von neuen Motortechnologien, Motoren mit neuen Regelsystemen) und Mindeststandards weltweit informiert.

6.3. Forschung

Relevante Forschungsakteure auf diesem Gebiet sind das Institut für elektrische Anlagen und Antriebstechnik, das Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen der TU Graz und das Institut für Elektrische Antriebe und Maschinen der TU Wien. Diese und weitere Forschungsakteure (wie z. B. ATB Antriebstechnik oder Schneider Electric) werden mittels Newsletter über Inhalte des Annexes informiert.

Am 1. Juni 2021 präsentierte die Österreichische Energieagentur die bisherigen Ergebnisse beim 6th Expert Meeting of IEA HPT Annex 56: Digitalisation and IoT for Heat Pumps mit 28 Teilnehmenden.

Dabei konnte unter anderem der Stand der Digitalisierung in Unternehmen und auch die Erfahrungen bei der Durchführung einer Online-Umfrage geteilt werden.

6.4. Energieberater:innen, Endkund:innen, Techniker:innen in Betrieben

Die Österreichische Energieagentur steht sowohl über den Newsletter des klimaaktiv Programms als auch über die regelmäßig stattfindenden Schulungen in laufendem Kontakt mit vielen Energieauditorinnen und -auditoren und zahlreichen Energiemanagerinnen und -managern in Österreich.

Auf beiden Wegen können Informationen über die Aktualisierung der klimaaktiv Leitfäden (zu den Themen Druckluft, Kälte, Pumpen, Ventilatoren etc.) oder über Ergebnisse aus dem Annex Motorsystem verbreitet werden. Insbesondere wurden schon Informationen zu neuen Mindeststandards, den Einsatzmöglichkeiten neuer, effizienter Motortechnologien und die Ergebnisse aus dem Task Digitalisierung in mehreren Veranstaltungen behandelt.

Mithilfe dieser aktuellen Informationen können Betriebe bestmöglich die Effizienzpotenziale der neuen Technologien nutzen, hocheffiziente Motoren und Regelsysteme entsprechend einsetzen und dabei Energie und somit Kosten sparen.

Beim Beratertag des klimaaktiv Programms „Energieeffiziente Betriebe“ am 12. November 2020 stellte die Österreichische Energieagentur 75 Teilnehmerinnen und Teilnehmern den EMSA Task Digitalisierung und die EMSA Umfrage vor. Teilnehmende waren insbesondere Energieberaterinnen und -berater, Energieauditorinnen und -auditoren und Energiemanagerinnen und -manager aus Österreich.

Bei der Tagung des Österreichischen Verbands der Krankenhaustechnikerinnen und -technikern (ÖVKT) am 23. September 2020 hielt Konstantin Kulterer von der Österreichischen Energieagentur den Vortrag „Energieeffizienz „klimaaktiv Schwerpunkt Lüftung, Ventilatoren, Motoren“. Dabei wurden Ergebnisse aus dem Motor Systems Tool mittels Screenshots vom Tool sowie, Neuigkeiten zur EU-Motorenverordnung und zu neuen Motortechnologien Inhalte (Annex-Inhalte) vorgestellt.

In den Newslettern des klimaaktiv Programms „Energieeffiziente Betriebe“ wurden Beiträge zu spezifischen Informationen aus dem Annex erstellt. Darüber hinaus wurde eine eigene Einladung zur Teilnahme an der EMSA-Umfrage versandt und ein Artikel dazu auf klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente_betriebe/eu_motorenverordnung.html erstellt.

6.5. Relevanz, Nutzen der Projektergebnisse und Verwertung

Im Rahmen der Überarbeitung der Umsetzungsverordnung für Motoren 640/2009 konnten die EMSA-Teilnehmenden ihre Empfehlung – insbesondere zur Einführung der Effizienzklasse IE4 als Mindeststandard für bestimmte Motorenkategorien und Details zum derzeitigen Effizienzstatus von Frequenzumrichtern – in die Diskussion einbringen. Der von mehreren Mitgliedsländern vorgebrachte Vorschlag wurde in die Endversion aufgenommen.

Damit ist Europa weltweit die erste Region, die diese Effizienzklasse definiert hat. Der für die Bearbeitung der Mindestverordnung für Motoren zuständige Beamte der Europäischen Kommission war bei den letzten beiden Annex Meetings anwesend.

Der Sub-Task *International Standards des Electric Motor Systems Annex* (iea-4e.org/ems/our-work/international-standards/) beschäftigt sich mit der Teilnahme an und der Unterstützung von internationalen Normungsgremien in den relevanten Bereichen. Beispielsweise nehmen Annex-Mitglieder an den Normungsgremien zu Energieeffizienz von Elektromotoren, Teststandards und Energiemanagement und -audits teil.

Insbesondere konzentrierte sich die Arbeit auf folgende zwei Gremien:

- IEC Technical Committee 2 Rotating Machines, Working Groups 12, 28, 31: Testing methods and energy efficiency classification for motors online and fed by converters
- IEC SC22G Converters, Working Group 18: Testing methods and energy efficiency classification of motors and motors plus converters

Zur Unterstützung dieser Arbeit sammelt EMSA über einen Round Robin für Frequenzumrichter statistisches Material für regelmäßig getestete Frequenzumrichter. Dabei werden die Referenzverluste in der Norm: IEC 61800-9-2 zur Bestimmung der Effizienzklassen von Frequenzumrichtern und die Testmethodik überprüft.

Bisher gibt es 153 Testberichte aus acht verschiedenen Labors mit 52 verschiedenen Umrichtern. Die Testvarianten beinhalten adaptierte Einstellungen (gegenüber der Standardeinstellung), Messung mit Input- und Output-Filtern und Messung von sogenannten Active front end Frequenzumrichter.

EMSA Mitglieder konnten den Ablauf zur Input- und Outputmessung für diesen Normenentwurf verfassen. Dieses Messverfahren ist nun auch für unabhängige Testlabors wiederholbar. Es gibt allerdings keine Absicht, weitere Effizienzklassen einzuführen, trotz des Nachweises durch EMSA, dass alle bisher getesteten Frequenzumrichter IE2 entsprechen.

Eine weitere wesentliche Arbeit des Annex ist die Organisation des sogenannten CAISEMS Initiative - Coordination and Alignment of Standards for Energy Efficient Electric Motor Driven Systems - bei der es weltweit erstmalig zur Abstimmung von ISO und IEC Normen zur Energieklassifizierung von Motorsystemkomponenten – wie beispielsweise Ventilatoren und Elektromotoren – kommen soll. Dieses Projekt wird derzeit im Rahmen der Task Group 6 des IEC Advisory Committee for Energy Efficiency (ACEE) abgewickelt. Bisher wurden Berichte zu Normen, Terminologie, Metrik, Inter- und Extrapolation und Mindeststandards in bereits zwei Versionen erarbeitet.

In vielen Workshops und Konferenzen werden insbesondere Normen zur Energieeffizienzklassifizierung von elektrischen Motoren und Frequenzumrichtern behandelt und die Leiterinnen und Leiter der Normungsgremien über die Ergebnisse aus dem *Electric Motor Systems Annex* informiert und in die Diskussion eingebunden. In Mandaten der Kommission zur weiteren Normenentwicklung in diesem Bereich wird explizit auf den *Electric Motor Systems Annex* verwiesen.

Die im Vorprojekt erstellte und während des Berichtszeitraums gedruckte Version der *EMSA Motor System Audit Guideline* (Kulterer, Presch, 2018) diente als Vorlage für eine Ausbildung von Motorauditorinnen und -auditoren in den Niederlanden und wurde im Rahmen einer Schulung in Österreich präsentiert. Nun wurde dieser Leitfaden für eine Ausbildungsgrundlage auch ins Türkische übersetzt und bildet die Grundlage für eine Auditoren-Ausbildung.

Das Thema Digitalisierung wurde am Projektbeginn noch nicht unbedingt mit Klimaschutz in Verbindung gebracht. Dies hat sich nun geändert und der Task zu Digitalisierung stößt jetzt auf größeres Interesse als zuvor. So waren bei den Workshops Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Europäischen Kommission, der Schweizer Energieministeriums und der Australischen Regierung (Abteilung für Energie und Industrie) dabei.

Die Österreichische Energieagentur konnte dieses Thema insbesondere im klimaaktiv Programm Beratertag (Digitalisierung), beim nationalen Workshop und im derzeit laufenden Projekt „Auswirkungen der Digitalisierung auf Energieverbrauch und Klima in Österreich“ einbringen. (energytransition.klimafonds.gv.at/timeline/digat-2040-auswirkungen-der-digitalisierung-auf-energieverbrauch-und-klima-in-oesterreich/)

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

7.1. Schlussfolgerungen

Die wesentlichen Ergebnisse der Online-Umfrage waren:

- Im Durchschnitt schätzen die Befragten die mit dem Einsatz digitaler Lösungen verbundene Steigerung der Energieeffizienz von elektromotorischen Systemen auf rund 18 %.
- Industrieunternehmen setzen derzeit vor allem intelligente Sensoren, intelligente Steuerung und kontinuierliche Überwachung als digitale Technologien in Verbindung mit motorbetriebenen Systemen ein.
- Die drei gerade genannten Technologien werden auch den größten Einfluss auf das zukünftige Energieeinsparungspotenzial haben.
- Höhere Produktionseffizienz, mehr Flexibilität und höhere Anlagenverfügbarkeit wurden als Hauptvorteile genannt. Dem gegenüber stehen die Hauptnachteile erhöhtes Ausfallrisiko und höhere Implementierungskosten.
- Der Mangel an qualifiziertem Personal und hohe Investitionskosten sind die Haupthindernisse, gute technische Lösungen für Cybersecurity und die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal sind die wichtigsten Enabler.
- Rund drei Viertel der Befragten halten die Entwicklung von Bildungsprogrammen, den Standardisierungsprozess zur Harmonisierung von Protokollen und Subventionen für die Forschung für wichtige politische Instrumente zur Überwindung der oben genannten Hindernisse.

Die Ergebnisse des internationalen Workshops lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Digitalisierung ist eine relativ billige Technologie zur Erreichung der Energieeffizienz- und der CO₂-Emissions-Reduktionsziele. Digitalisierung hat auch weitere Effekte, wie z. B. höhere Standzeiten, geringere Ausfälle und damit geringere Reparaturkosten durch Zustandsüberwachung. Durch Digitalisierung ergänzte Produktionsprozesse können im Endeffekt billiger sein, höhere Qualität liefern und zur Nachhaltigkeit beitragen.

Als Barrieren werden derzeit Unklarheiten zum Datenaustausch und zu den Rechten der digitalen Produzenten genannt. Fragen wie: Wem gehören die Daten? und: Wer bekommt Zugriffs- und Nutzungsrechte? sind zu klären.

Es besteht daher ein Bedarf an Standardisierung des Datenzugriffs und der Klärung des Eigentums der Daten. Außerdem besteht bei Cloud-Anwendung das Problem der Sicherheit beziehungsweise Vertraulichkeit der Daten.

Als potenzieller Nachteil ist auch zu betrachten, dass derzeit wenig Wissen über den Energieverbrauch für Datensammlung, -verarbeitung und -aufbereitung vorhanden ist.

Zu einer möglichen Regulierung zu Sensoren seitens der EU im Rahmen der Ecodesign-Initiative ist festzustellen, dass Sensoren an Motoren noch nicht ausreichend sind für einen nachweisbaren Energieeffekt. Sie müssen zwar für Energieeinsparung verwendet werden, ihre Effektivität ist allerdings abhängig von den verwendeten Algorithmen im Hintergrund.

Darüber hinaus ist es nicht sinnvoll, an alle Motoren Sensoren zu bauen, und es ist notwendig, den KMUs Hilfestellung zu geben, wo Sensoren notwendig sind und aufzuzeigen, welche Nutzen sich daraus ergeben.

Eine effiziente Komponente garantiert nicht ein effizientes System. Regulierung, wenn überhaupt, sollte technologieunabhängig sein und sich auf die Effizienz des Gesamtsystems konzentrieren. Beispielsweise können Funktionen von Sensoren auch von Frequenzumrichtern übernommen werden.

Informations- und Kommunikationstechnologie sollte als Grundlagentechnologie eingesetzt werden, um Daten zu erhalten, wo in vielen Fällen ein Mangel an Daten besteht. Beispielsweise sind für Energieaudits in motorbetriebenen Anlagen Basisdaten zu Leistung, Betriebsdauer und Energieverbrauch nicht zentral verfügbar.

7.2. Ausblick

In der Strategie des *Electric Motor System Annex* für den Zeitraum 2019 bis 2024 wurden insgesamt vier inhaltliche Tasks definiert: *International Standards, Testing, New Industrial Developments and Digitalization in Motor Systems, Motor Systems Tool Maintenance and Dissemination*.

Der Sub-Task *New Industrial Developments and Digitalization in Motor Systems* soll dabei von Österreich geleitet werden. Partnerländer sind derzeit die Niederlande und Schweden, die Schweiz plant ab Juli 2021 beizutreten.

Geplante, schon mit den weiteren Ländern abgestimmte, Inhalte umfassen:

- Suche und Beschreibung von Anwendungsfällen von Industrie-4.0-Technologien im Bereich energieeffiziente Motorsysteme
- Strukturierung der technischen Möglichkeiten der Digitalisierung zur Steigerung der Energieeffizienz
- Detaillierte Erhebung von Barrieren der Nutzung von Digitalisierung bei Anwendern und Anbietern
- Recherche bestehender Aktivitäten in den für die Barrieren relevanten Bereichen (Standardisierung, Ausbildung, etc.)
- Beschreibung nationaler und internationaler "best practice" Programme
- Identifikation politischer Empfehlungen auf Basis dieser Programme

Dies soll unter anderem durch Online-, Telefon- und Vor-Ort-Befragung und Workshops mit Key-Stakeholdern erfolgen.

7.3. Empfehlungen für die österreichische Forschungs-, Technologie und Innovationspolitik

Das World Economic Forum schlägt sechs Maßnahmen vor, um sicherzustellen, dass Industrie 4.0 den maximalen positiven Vorteil für die Gesellschaft bringt. Neben sozialen Anliegen, lebenslangem Lernen und Daten- und Sicherheitsaspekten steht dabei auch die Forderung, den Herausforderungen des Klimawandels durch Nutzung von Industrie-4.0-Technologien zu begegnen.

Industrie-4.0-Themen sollten auch für Österreich unter dem Blickwinkel des Beitrags zum Klimaschutz und Energieeffizienz stehen beziehungsweise gestellt werden.

Generell gilt es zunächst, die wesentlichen Barrieren bei der Nutzung von Digitalisierung in Industriebetrieben näher zu identifizieren und dahingehend die augenblicklichen Lösungen zu prüfen:

Die derzeitige Herausforderung, die Daten von unterschiedlichen Sensoren- und Steuerungsherstellern auszulesen, könnte mittelfristig durch das sogenannte Common Data Dictionary (IEC 61360 – CDD) und den ECLASS Standard gelöst werden. Dadurch kann der Datenaustausch zwischen den Komponenten ermöglicht werden und mittelfristig „FAIRE Daten“, also nach den Prinzipien der Auffindbarkeit, Zugänglichkeit, Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit bereitgestellt werden.

Die in der Ecodesign Initiative verfolgte Strategie der effizienten Produkte gewährleistet noch kein effizientes System. Beispiele sind Produktionsmaschinen, die während des Stillstands mit hocheffizient bereitgestellter Kälte und Druckluft versorgt werden.

Die in weiteren Projekten festgestellten, fehlenden Daten auf Knopfdruck von energieverbrauchenden Anlagen können durch verpflichtende Anbindung von Maschinen oder Sensoren an z. B. digitale Energiedatenerfassungssysteme gelöst werden. Dazu sollte auch für die Industrie eine Regulierung von Automationssteuerungssystemen, ähnlich der unter LOT 38 (Ecodesign & Energy Labelling) gestarteten Initiative zu Gebäudeautomation, erfolgen. Denkbar wäre, über die Energieeffizienzrichtlinie Datenerfassungssysteme für Unternehmen verpflichtend vorzuschreiben. In weiterer Folge können Datenpunkte zur Übergabe einheitlicher Daten zu elektrischen Motorsystemen definiert werden.

Leitfäden für Anwender von elektrischen Motorsystemen, welche die notwendigen Daten und dazu erforderlichen Sensoren erläutern und die Möglichkeiten und Nutzen der Datenerfassung und -auswertung aufzeigen, sollten erstellt werden.

Konkrete Anwendungsfälle, wie innerhalb dieses EMSA Projektes erhoben, können die Vorteile von Digitalisierung von Produktionsprozessen allgemein und von elektrischen Motorsystemen im Speziellen aufzeigen und damit das Bewusstsein für die Möglichkeiten zur Energieeinsparung schaffen.

Die weitere Verbreitung von Digitalisierung erfordert den Fokus auf Fähigkeiten, insbesondere auf Fähigkeiten und Kompetenzen innerhalb von Organisationen. Dazu gehören technische, rechtliche und weitere Fähigkeiten, wie z. B. zur Dateninterpretation. Hier sind duale Studiengänge, wie sie

auch in Österreich angeboten werden, sinnvoll, um das theoretische Wissen auch direkt in Unternehmen anwenden zu können.

Eine international akkordierte Untersuchung solcher und ähnlicher Vorschläge hinsichtlich des tatsächlichen Beitrags zur Energieeffizienz, wie sie im EMSA 2021 bis 2024 angedacht ist, könnte ein Schritt sein, den Stellenwert von bestimmten Industrie-4.0-Themen auch im Klimaschutz- und Energieeffizienzbereich zu erhöhen und politische Maßnahmen zur Forcierung dieses Ansatzes zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

AIT, WIFO, Fraunhofer Austria Research GmbH: Beschäftigung und Industrie 4.0 – Technologischer Wandel und die Zukunft des Arbeitsmarkts, bmvit, 2017

BMW Werk Steyr: Übermittlung der angeführten Information in Telefonaten und Email-Korrespondenz von März bis Juni 2021

Da Silva, A. F. et al.: A Cloud-based Architecture for the Internet of Things targeting Industrial Devices Remote Monitoring and Control, IFAC papers 2016

Deep mind: DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40 %, deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40, July 2016 (abgerufen am 23.7.2020, 12:45)

Fraunhofer IZM, Borderstep: Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (2014)

Gomaa H., Mentel L.: pumpsandsystems.com/understanding-pump-performance-using-advanced-analytics (abgerufen am 23.7.2020, 16:45)

Google: Machine learning finds new ways for our data centers to save energy, sustainability.google/projects/machine-learning/ (veröffentlicht im September 2019) (abgerufen am 23.7.2020, 14:45)

Gankema, T.: Using SAM4 to help drive sustainable industry, Semioticlabs, White Paper, no date

Hanigovszki, N.: Industry 4.0, Condition monitoring & smart sensors, presentation at the Motor Summit 2018 International, Zurich, Switzerland

EN 13306: Maintenance - Maintenance terminology, Februar 2018

Emec S., Krüger J., Seliger G.: Online fault-monitoring in machine tools based on energy consumption analysis and non-invasive data acquisition for improved resource-efficiency, 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use, 2016

Europäisches Parlament und Rat: Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte, 2009

Europäische Kommission: Verordnung (EU) 2019/1781 der Kommission vom 1. Oktober 2019 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Elektromotoren und Drehzahlregelungen

Innio Jenbacher: Übermittlung der angeführten Information in Telefonaten und Email-Korrespondenz von März bis Juni 2021

International Energy Agency(IEA)/ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): Digitalization and Energy, 2017

International Energy Agency(IEA)/ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): World Energy Outlook, Paris, 2016

International Electrotechnical Commission (IEC): IEC 60034-30-1 Die Wirkungsgradklassifizierungen von Drehstrom-Käfigläufermotoren. Energieeffizienz – Grenzwerte und Wirkungsgradklassen, 2014

International Electrotechnical Commission (IEC): IEC TS 60034-30-2 - Rotating electrical machines - Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code), 2016

KAESER Kompressoren (c): KAESER SIGMA NETWORK,
de.kaeserkompressoren.ch/m/produkte/steuerungen/SIGMA-AIR-MANAGER-4-0/sigma-air-manager-4-0-network.asp (abgerufen am 28.01.2019, 10:12)

Klimaaktiv: Beschreibung Projektpartner Innio Jenbacher,
klimaaktiv.at/energiesparen/energieeffiziente_betriebe/partner/projektpartner/projektpartn_innio_jenbacher.html (abgerufen am 14.5.2022)

Kulterer, K.: Industrie-4.0-Lösungen für effiziente Motorsysteme, Österreichische Energieagentur, 2019 erstellt im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperationen des BMK

Kulterer, K.: IEA Energieeffiziente Endverbrauchsgeräte (4E): Electric Motor Systems Annex (Arbeitsperiode 2017–2019), Berichte aus Energie- und Umweltforschung im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperationen für das BMK, 2020

Kulterer, K.: Report on the EMSA Survey on digitalisation in electric motor-driven systems, EMSA, 2021, erstellt für IEA 4E TCP Annex EMSA

Kulterer, K., Dawody, J., Widerström, G., van Werkhoven, M.: Classification of digitalisation technologies for electric motor driven systems, erstellt für IEA 4E TCP Annex EMSA, 2022

Kulterer, K., Presch, D.: Energy Audit Guide for Motor Driven Systems, Recommended Steps and Tools, EMSA erstellt im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperationen des BMK, 2018, abrufbar auf [.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2018/03/emsa_audit_guide_apr2018.pdf](https://iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2018/03/emsa_audit_guide_apr2018.pdf)

Mittal, S. et al.: Smart Manufacturing: characteristics, technologies and enabling factors, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture 233(5):1342-1361, 2019

Sandie B. Nielsen (2017): Electric Motor Systems Tool, abrufbar auf motorsystems.org/motor-systems-tool

Sommer, R., Fellner, M.: Digitale Industrie Verständlich Erklärt –DIVE, Präsentation bei Online Veranstaltung – Dive der Plattform Industrie 4.0, 4.5.2021

Statistik Austria: Nutzenergiekategorien Österreich 1993-2020, Detailinformationen, Wien, 2021

Siemens: Pump Cleaning in der Wasserwirtschaft,
siemens.com/global/de/home/produkte/automatisierung/industrielle-schalttechnik/simocode.html (abgerufen am 28.01.2019, 13:15)

United Nations Industrial Development Organisation (UNIDO): Industrial Development Report 2020, Industrializing in the digital age, Overview, Vienna, 2019

United Nations Environment Programme (UNEP): U4E POLICY GUIDE SERIES, Accelerating the Global Adoption of ENERGY-EFFICIENT ELECTRIC MOTORS AND MOTOR SYSTEMS, UN Environment – Global Environment Facility | United for Efficiency (U4E), 2017

VDI ZRE (Zentrum Ressourceneffizienz): Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0, Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes, 2017

Viegand Maagoe, Oeko-Institut, VHK: Preparatory Study for the Ecodesign and Energy Labelling Working Plan 2020 to 2024, Task 3 Preliminary Analysis of Product Groups and Horizontal Initiatives, European Commission, April 2021

Werkhoven, M: Exploration of Growth Markets and CO₂ reduction in industry, Focus on IT applications (digitalization) and Electric Drives, 2018 (auf Niederländisch)

Wirtschaftskammer Österreich (WKO): Förderungen / Initiativen im Bereich Digitalisierung für Mitgliedsbetriebe der Bundessparte IC, Service der Bundessparte Information und Consulting, Jänner 2021, online verfügbar unter: wko.at/branchen/ooe/information-consulting/2021.1.Foerderungen-im-Bereich-Digitalisierung.pdf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Digitale Technologien, die zur Steigerung der Energieeffizienz in Motortechnologien analysiert wurden (Quelle: Österreichische Energieagentur, EMSA 2021)	20
Abbildung 2: Mögliche Parameterbestimmung durch Einsatz von Sensoren und Messequipment in Motorsystemen (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)	21
Abbildung 3: Online-Umfrage: Digitale Technologien, die zur Steigerung der Energieeffizienz in Motortechnologien beitragen (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)	28
Abbildung 4: Online-Umfrage: Erwartete Steigerung der Energieeffizienz durch Nutzung digitaler Technologien in elektrischen Motorsystemen (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)	29
Abbildung 5: Online-Umfrage: Hindernisse bei der Anwendung digitaler Produktionstechnologien (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)	30
Abbildung 6: Online-Umfrage: Treiber digitaler Produktionstechnologien (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)	31
Abbildung 7: Online-Umfrage: Instrumente zur Überwindung von Barrieren beim Einsatz digitaler Produktionstechnologien (Quelle: Österreichische Energieagentur, 2021)	32
Abbildung 8: Beispielhafte Darstellung der IST-Grundlastwerte der Kurbelwellenlinien je Kalenderwoche im Jahr 2020 (Quelle: BMW Group Werk Steyr)	33
Abbildung 9: Strom und Druckluftverbrauch am Wochenende vor und nach Projekt (dargestellt als Energieverbrauch von Haushalten) (Quelle: INNIO Jenbacher)	35
Abbildung 10: Auszug aus dem Betriebszustandsbericht zur Anzeige der notwendigen Luftmenge vor und nach Beseitigung von Leckagen an einer Maschine (Quelle: INNIO Jenbacher)	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Taskuntergliederung, -leitung und Ziele des Electric Motor Systems Annex (Periode 2019 bis 2004	15
Tabelle 2: Analyisierte Forschungsprogramme mit dem Fokus „Digitalisierung“	65
Tabelle 3: Analyisierte Forschungsprogramme mit dem Fokus „Energie“	66
Tabelle 4: Analyisierte Forschungs- und Finanzierungsprogramme mit dem Fokus „Innovation, Forschung, Markteintritt“	66

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Ausgeschrieben
4E	Energy Efficient End-Use Equipment (4E)
ACEE	Advisory Committee on Energy Efficiency
AEA	Austrian Energy Agency
AIT	Austrian Institute of Technology
AMCA	Air Movement and Control <i>Association</i>
BFH	Berner Fachhochschule
BMDW	Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BMNT	Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
bmvit	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
CAISEMS	Coordination and Alignment of Standards for Energy Efficient Electric Motor Driven Systems
DTI	Danish Technological Institute
ECEEE	European Council for an Energy Efficient Economy
EEMODS	Energy Efficient Motor Driven Systems
EMSA	Electric Motor System Annex
IEA	International Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission
IECEE	IEC Conformity Assessment for Electrotechnical Equipment and Components
IETS	Industrielle Energietechnologien und -systeme
IEWT	Internationale Energiewirtschaftstagung
F&E	Forschung und Entwicklung
FEEI	Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie
FH	Fachhochschule
FTI	Forschung, Technologie, Innovation
GMLP	Global Motor Labelling Programme
HPT	Heat Pumping Technologies
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IV	Industriellen Vereinigung
KI	Künstliche Intelligenz
NEFI	New Energy for Industry

Abkürzung	Ausgeschrieben
ÖVKT	Österreichischen Verbands der KrankenhaustechnikerInnen
RSA	Research Studios Austria
SC	Subcommittee
SDS	Smart and Digital Services
SEAD	Super-efficient Equipment and Appliance Deployment
TC	Technical Committee
TCP	Technology Cooperation Programme
TS	Technical Standard
TU	Technische Universität
WG	Working Group
WIVA P&G	Die Wasserstoffinitiative Vorzeigeregion Austria Power & Gas“
WIFI	Wirtschaftsförderungsinstitut der Wirtschaftskammer Österreich
WKO	Wirtschaftskammer Österreich
UNIDO	United Nation Industrial Development Organization
U4E	United for Efficiency

8 Anhang: Liste relevanter Forschungsprogramme

Tabelle 2: Analyisierte Forschungsprogramme mit dem Fokus „Digitalisierung“

Nummerierung	Förderprogramm	Programmname	Webadresse
1	FFG	IKT der Zukunft	ffg.at/iktderzukunft
2	FFG/BMDW	AT:net austrian electronic network	ffg.at/atnet_markteinfuehrung
3	BMDW /WKO	KMU DIGITAL	kmudigital.at/
4	FFG	Basisprogramme	ffg.at/programm/basisprogramm
5	FFG/BMDW	Smart and Digital Services"-Initiative (SDS-I) (Service Innovation)	ffg.at/content/eckdaten-zur-smart-and-digital- service-initiative-sds-i
5a	FFG	Fast Track Digital	ffg.at/fast-track-digital-1-ausschreibung
5b	FFG	Digital Pro Bootcamps	ffg.at/ausschreibungen/digital-pro-bootcamps- 2-ausschreibung
5c	FFG/BMLT	Breitband Austria Connect	ffg.at/breitband/connect
6	FFG	COIN -Cooperation and Innovation	ffg.at/programm/coin-cooperation-and- innovation
7	FFG	Produktion der Zukunft	ffg.at/produktion-der-zukunft-das- foerderprogramm
8	FFG	Internationale Kooperation Guangong Call 2017 Guangdong/China Austria Research Cooperation Programme	ffg.at/1-call-guangdong
9	AWS	aws Digitalisierung	aws.at/aws-digitalisierung/
10	AWS	AWS ProTrans	aws.at/aws-protrans-40/
11	FFG	Forschungskompetenzen für die Wirtschaft	ffg.at/forschungskompetenzen-fuer-die- wirtschaft
12	FFG/NÖ, Burgenland	DIHOST Digital Innovation Hub OST	hdih-ost.at/
13	KLIEN	Europäische und internationale Kooperationen des KLIEN	klimafonds.gv.at/ausschreibungen/
14	FFG	Stadt der Zukunft	ffg.at/stadt-der-zukunft-programmlinie
15	FFG	Impact Innovation & Social crowdfunding	ffg.at/programm/impactinnovation
16	FFG	Bridge Brückenschlagprogramm	ffg.at/programm/bridge

Tabelle 3: Analyisierte Forschungsprogramme mit dem Fokus „Energie“

Nummerierung	Förderprogramm	Programmname	Webadressen
17	FFG	Energieforschung	ffg.at/programm/energieforschung-das-programm_ klimafonds.gv.at/call/energieforschungsprogramm-2019/
18	FFG/Klimafonds	Vorzeigeregion Energie	ffg.at/vorzeigeregion-energie/ausschreibungen
19	FFG/BMK	Forschungskooperation Internationale Energieagentur	ffg.at/internationale-energieagentur
20	FFG	Forschungspartnerschaften industrienahe Dissertationen	ffg.at/dissertationen
21	FFG	Internationale Kooperation Guangong Call 2017	ffg.at/1-call-guangdong
17	FFG	Energieforschung	ffg.at/programm/energieforschung-das-programm_ klimafonds.gv.at/call/energieforschungsprogramm-2019/

Tabelle 4: Analyisierte Forschungs- und Finanzierungsprogramme mit dem Fokus „Innovation, Forschung, Markteintritt“

Nummerierung	Förderprogramm	Programmname	Webadressen
22	FFG	COMET, K-Projekte	ffg.at/comet
23	FFG	Innovationsscheck mit Selbstbehalt	ffg.at/programme/InnovationsscheckmitSelbstbehalt
24	FFG	Markt.Start	ffg.at/programm/marktstart
25	FFG	Fronrunner - Förderung	ffg.at/programm/fronrunner1
26	FFG	Start-up-Förderung	ffg.at/programm/startup
27	FFG	Research Studios Austria (RSA)	ffg.at/ausschreibungen/research-studios-austria-5-ausschreibung
28	aws	aws Preseed	aws.at/aws-preseed/
29	aws	aws Seedfinancing	aws.at/aws-seedfinancing/
30	aws	aws Wachstumsinvestition	aws.at/aws-wachstumsinvestition/
31	aws	aws Creative Impact	aws.at/aws-creative-impact/
32	aws	Investitionsprämie	aws.at/corona-hilfen-des-bundes/aws-investitionspraemie/

A large, light blue geometric shape, resembling a right-angled triangle or a trapezoid, is positioned on the right side of the page. It has a vertical right edge and a diagonal left edge that slopes downwards from the top-left towards the bottom-right.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)