



INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK UND
THERMODYNAMIK
Institute for Energy Systems and Thermodynamics

Status der Industrie 4.0 in Österreich

Aktuelle Digitalisierungstrends und zugehörige
Technologien als Diskussionsbasis zur Etablierung
eines „Datenkreises Energiewirtschaft“

Erstellt im Auftrag des
Energieinstituts an der Johannes Kepler Universität Linz

Wien, am 3. Dezember 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Technologien und Trends	5
2.1	Aufzeichnung und Speicherung von Daten	6
2.2	Verarbeitung von Daten	7
2.3	Vernetzung von Daten	8
2.4	Integration mittels Daten	9
3	Aspekte der Digitalisierung	11
3.1	Datenerfassung.....	11
3.2	Datenmanagement.....	11
3.3	Datenaustausch	12
3.4	Datensicherheit	12
3.5	Datenschutz	13
4	Fazit	14
5	Literatur	15

1 Einleitung

Die vierte industrielle Revolution ist durch die Verknüpfung von internen und externen Datenquellen, die automatische Analyse und Verarbeitung der Informationen aus den gewonnenen Daten, die nachfrage-gesteuerte Prozesskontrolle und das Ziel, Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette schneller, kostengünstiger, effizienter, kundenorientierter, ressourcenschonend und flexibler zu gestalten, charakterisiert. Der Wert, der Daten zugeschrieben wird hat in diesem Zusammenhang enorm zugenommen. [1]

Der Treiber auf dem Weg zur Industrie 4.0 (I4.0) ist die digitale Transformation, also der Umbruch zu neuen, disruptiven Geschäftsmodellen, unterstützt durch Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) [2]. Um diesen Wandel auf Basis von Daten vollziehen zu können, ist es wichtig, dass ein gemeinsames Verständnis für Standards, Aufgaben und Anwendungsfälle im Kontext von Industrie 4.0 entsteht. Referenzarchitekturen können dabei helfen die Übersicht über die komplexe Einführung neuer Technologien zu behalten und die anzuwendenden Normen und Standards zu identifizieren. Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0, dargestellt in Abbildung 1) beschreibt über die Kombination von den drei Dimensionen Hierarchielevel innerhalb eines Unternehmens bis hin zur „Connected World“, Produktlebenszyklus und IT Architektur einer I4.0-Komponente die schrittweise Entwicklung einer Technologie von der derzeitigen Industriephase in die Welt der Industrie 4.0. [3]

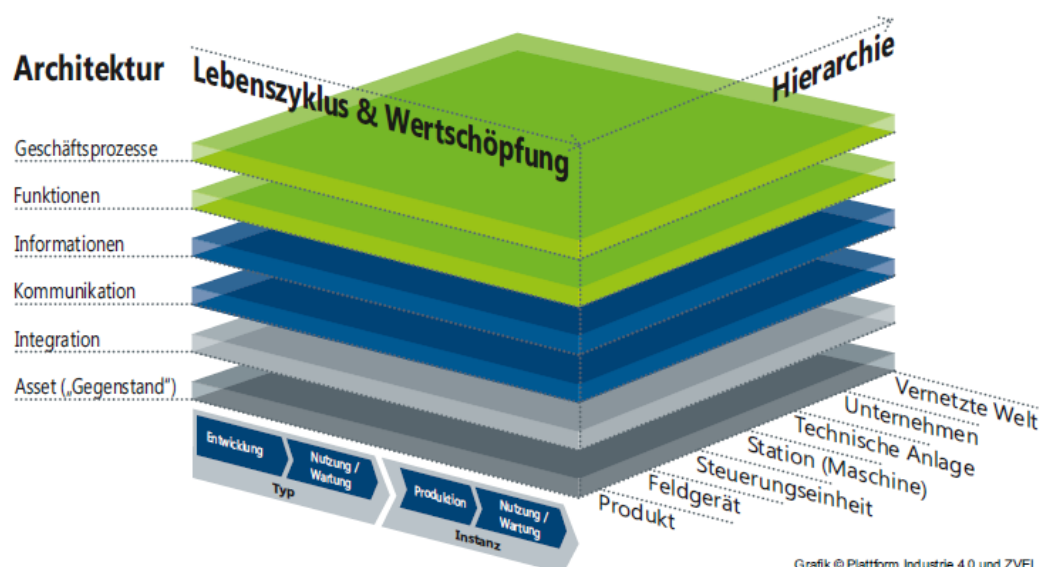


Abbildung 1: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) [4]

Um die Herausforderungen im Bereich Daten domänenspezifisch zu betrachten und kollektiv Lösungsansätze entwickeln zu können, bieten Datenkreise die Möglichkeit zum Austausch und zur gemeinsamen Nutzung anonymisierter Daten [4]. In diesem Diskussionspapier, das als Grundlage für einen Stakeholder-Workshop zur Etablierung eines „Datenkreises Energiewirtschaft“ dienen soll, werden im Folgenden einige aktuelle Technologietrends beschrieben, um zu verdeutlichen, welche Möglichkeiten Unternehmen mit dem Aufzeichnen von Daten offenstehen. Anschließend werden einige Aspekte, die es rund um das Thema Daten zu beachten gilt, angesprochen.

Zur besseren Bewertung des Status der Industrie 4.0 in Österreich sind im Anhang einige Technologieanbieter relevanter Branchen des produzierenden Sektors sowie relevante Forschungs- und Industrieprojekte zu finden. 2021 gibt es in Österreich rund 76.500 Unternehmen, die im produzierenden Bereich tätig sind [5]. Während ein Großteil der Unternehmen in Österreich im Baubereich tätig ist, machen diese nur rund 14 % des Umsatzes im produzierenden Bereich aus. Umsatzstärkste Branchen in Österreich sind Energieversorgung, Maschinenbau, sonstige Bautätigkeiten, Herstellung von Kraftwagen und -teilen und Metallerzeugung und -bearbeitung [5]. Vor diesem Hintergrund der Vielfalt der österreichischen Unternehmenslandschaft ist es im Rahmen dieses Diskussionspapiers nicht möglich, dem Anspruch einer repräsentativen und vollständigen Darstellung des Status der Industrie 4.0 in Österreich anhand agierender Unternehmen in den einzelnen Branchen gerecht zu werden.

2 Technologien und Trends

Um die Potenziale der Datenerfassung in der Industrie im Allgemeinen und in der Energiewirtschaft im Speziellen aufzuzeigen, werden im folgenden Kapitel aktuelle Technologietrends vorgestellt.

Die Einteilung der Technologien erfolgt anhand der groben zeitlichen Entwicklungsstufen von Daten: Von der Aufzeichnung und Speicherung über die Verarbeitung und die Vernetzung von Daten bis hin zu Anwendungen, die auf der engen Integration von realen und virtuellen Räumen durch Datenaustausch beruhen. Die Bereiche sind nicht klar voneinander zu trennen. Deshalb zeigt Abbildung 2 exemplarisch einige Schlüsseltechnologien und deren Verortung in den Themengebieten, auf die in den folgenden vier Abschnitten eingegangen wird.

Die Sicherheit von Daten sollte bei dem Einsatz von Datentechnologien immer mit beachtet werden, insbesondere weil die Anforderungen an die Datensicherheit für viele Unternehmen noch immer ein Hemmnis beim Einsatz von Industrie 4.0 Anwendungen darstellen [6]. Die vielversprechendsten Trends bei Daten-Technologien sind daher mitunter Konzepte, die zur Steigerung der Datensicherheit beitragen. Entsprechende Projekte und -initiativen und Beispiele für Anbieter der in den nächsten Abschnitten vorgestellten Technologien, die in diesem Zusammenhang zu finden sind, können dem Anhang entnommen werden.

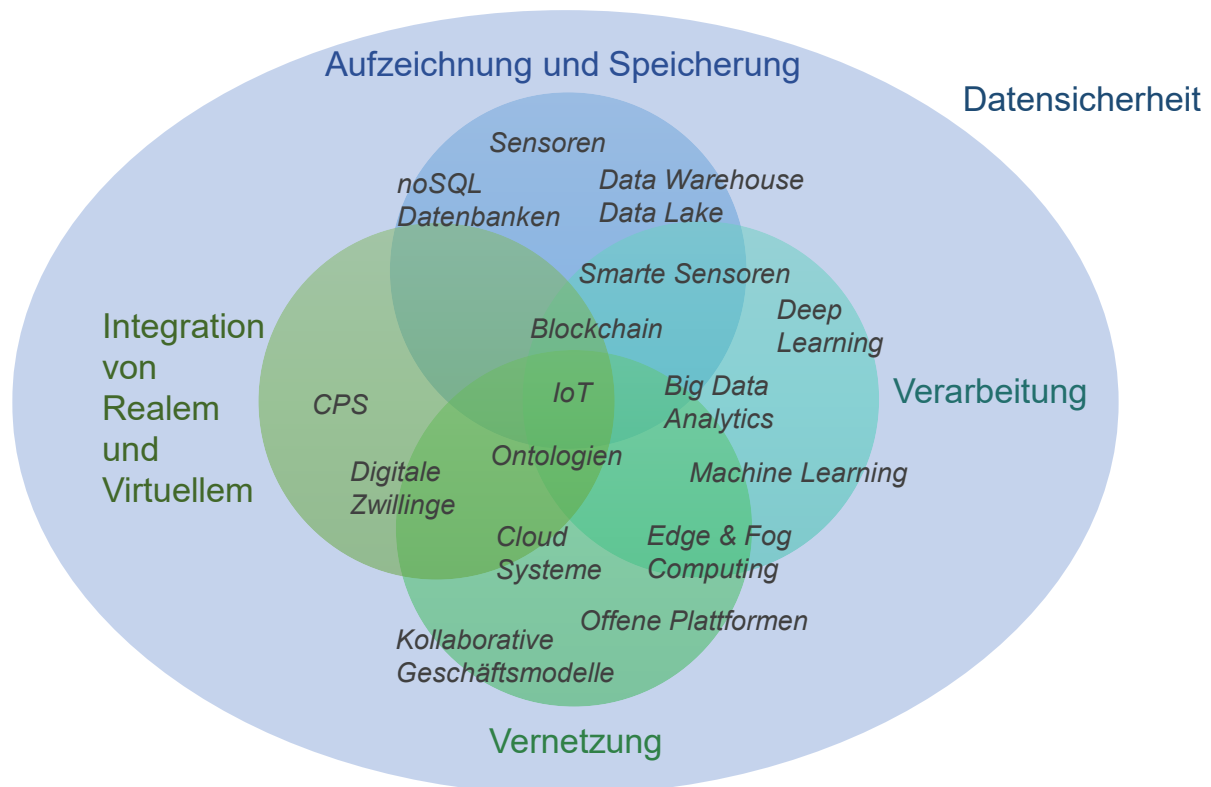


Abbildung 2: Exemplarische Technologien der Industrie 4.0 aus datenzentrischer Perspektive

2.1 Aufzeichnung und Speicherung von Daten

Das Generieren von Daten ist Grundvoraussetzung, um alle weiteren Technologietrends anwenden zu können. **Sensoren** zur Messung und Aufzeichnung von z.B. physikalischen und chemischen Eigenschaften spielen eine wichtige Rolle in der Industrie zur Prozessüberwachung und -kontrolle. Mithilfe der Informationen aus Sensordaten wird die Automatisierung in der Produktions- und Prozessleittechnik unterstützt. So genannte **Smarte Sensoren** verarbeiten die aufgezeichneten Sensordaten auf intelligente Weise und können zusätzliche relevante Informationen zur Verfügung stellen sowie innerhalb eines Sensor Systems über das Internet der Dinge (**Internet of Things – IoT**) miteinander oder mit anderen Entitäten kommunizieren. **Smart Meter** sind intelligente Strommessgeräte, die in ein Kommunikationsnetzwerk integriert sind, wo sie Informationen bereitstellen und abrufen können. [7, 8]

Zur Speicherung der Rohdaten aus den Sensoraufzeichnungen kommen meist **Datenbanken** zum Einsatz. Traditionell werden die Daten in **relationalen** Datenbanken in formal angelegten Tabellen organisiert und strukturiert und können mit SQL abgefragt werden [9]. Daten in der Industrie stammen oft aus unterschiedlichsten Quellen und liegen unstrukturiert und in verschiedensten Formaten vor. Neuere Ansätze wie nicht relationale Datenbanken, auch **NoSQL** (Not only SQL) - Datenbanken genannt, können im Gegensatz zu relationalen Datenbanken auch große Mengen nur semi- oder unstrukturierter Daten managen, sind jedoch komplexer zu programmieren und bedienen. [10]

Im Gegensatz zur Speicherung in Datenbanken können sehr große Datenmengen in **Data Warehouse** Systemen ebenfalls aus verschiedenen Quellen verarbeitet werden. Dabei werden die Daten von der Datenquelle in ein manuell festgelegtes Schema transformiert und anschließend in einen zentralen Ort geladen. Eine flexiblere Methode zur Speicherung großer Datenmengen stellen **Data Lakes** dar, in denen Daten beliebiger Struktur unverändert abgespeichert werden können, wobei dabei jedoch keine semantische Einordnung stattfindet [7, 11]. Zur Datenaufbereitung in Data Lakes müssen die Datensätze deshalb mit semantischen Metadaten, die Informationen über die aggregierten Daten enthalten, angereichert werden [12].

Strukturen zur Wissensrepräsentation und Vernetzung von Daten und Metadaten sind z. B. Ontologien. Mithilfe von **Ontologien** kann Domänenwissen formal repräsentiert und die Semantik von Information ausgedrückt werden. Sie tragen zur Vereinheitlichung von Wissen und somit zur Vernetzung zwischen Datenquellen, Programmen, Wissensrepräsentationsformen und Menschen, indem Expertenwissen maschinenlesbar abgebildet wird, bei. [13]

Darüber hinaus können Daten in einer **Blockchain** Struktur gespeichert werden. Blockchains sind im Grunde Datenbanken, die kontinuierlich und chronologisch durch digitale Aufzeichnungen, Einträge und Transaktionen erweitert werden. Die Datenübertragung erfolgt über ein verteiltes

Netzwerk, ohne dabei auf eine zentrale Autorität, die den Austausch überwacht, angewiesen zu sein. Indem jedes Netzwerkmitglied eine Kopie der Datentransaktion besitzt, kann auf eine dritte Partei, die das System kontrolliert, verzichtet werden. Transaktionen können somit von jedem eingesehen, genehmigt und kontrolliert werden, womit die Daten vor technischen Störungen oder Angriffen besser geschützt sind. Durch das Bündeln von Transaktionen in Blöcken werden Daten vor nachträglicher Manipulation bewahrt, die Nachvollziehbarkeit und Transparenz erhöht und die allgemeine Sicherheit des Datenaustauschs gewährleistet [14]. Besonders im Energiesektor besteht großes Potenzial zur Anwendung von Blockchains für die Dezentralisierung des Energiemanagements [15].

2.2 Verarbeitung von Daten

Die enorme Zunahme an verfügbaren Datenquellen und Speichermöglichkeiten verlangt Technologien, die sich mit der Verarbeitung dieser Datenmassen befassen. In diesem Zusammenhang wurden die Begriffe **Big Data** und **Big Data Analytics** geprägt.

Wenngleich es keine einheitliche Definition gibt, wird **Big Data** in der Literatur häufig anhand der sogenannten fünf Vs definiert: *Volume* (die Masse, die täglich an Daten generiert wird), *Velocity* (die Geschwindigkeit, mit der Daten entstehen und ausgetauscht werden), *Variety* (die Vielfältigkeit und der Grad an Strukturiertheit der aufgezeichneten Daten), *Veracity* (die Richtigkeit und Vertrauenswürdigkeit der Daten) und *Value* (der Mehrwert, den die Daten bieten) [15]. **Big Data Analytics** beschäftigt sich mit der Informationsgewinnung aus großen Datenmengen und beschreibt die Technologien zur systematischen Analyse und Untersuchung von Big Data in Hinblick auf Anwendungskontexte, verborgene Muster und Beziehungen zwischen Daten [2, 16]. **Künstliche Intelligenz** (KI) Systeme stellen dabei automatisierte Methoden zur Gewinnung von Information aus Big Data dar. Beispielsweise können **Machine Learning** (ML) Algorithmen dazu eingesetzt werden, die Zusammenhänge und Abhängigkeiten in Datensätzen erkennen und somit Vorhersagen über unbekannte Zustände treffen können.

ML Ansätze werden oft in **Supervised Learning**, **Unsupervised Learning** und **Reinforcement Learning** unterteilt [15]. Während dem Algorithmus bei *Supervised Learning* zusätzlich zu den bereits klassifizierten Input Daten auch der gewünschte Output vorgegeben wird und er somit für künftige Datensätze trainiert wird, werden bei *Unsupervised Learning* die rohen Input Daten ohne vorherige Klassifizierung oder Spezifikationen zum Interpretieren der Daten übergeben, womit verborgene Muster und weitere Eigenschaften der Daten, die unabhängig von menschlicher Einschätzung sind, erkannt werden können. *Reinforcement Learning* basiert hingegen auf dem Konzept des zielorientierten Lernens, wobei dem zugrunde liegenden Algorithmus nicht der gewünschte Output selbst festgelegt wird, sondern lediglich durch ein Belohnungssystem mitgeteilt

wird, wie gut eine Aktion in einem Kontext durchgeführt wurde. Das System lernt somit anhand seiner eigenen Erfahrung. [17]

Das heißt, wenn komplexe Industrieanwendungen, bei denen die Verwendung physikalischer Modelle Schwierigkeiten darstellt, datengetrieben modelliert werden, also ein Modell rein auf Basis gemessener Daten erstellt wird, kann die Anwendung von Machine Learning Vorteile bringen [18]. Ein immer mehr an Aufmerksamkeit gewinnender Teilbereich von ML ist **Deep Learning** (DL). DL Algorithmen arbeiten mit komplexen neuronalen Netzen und sind besonders im Umgang mit großen Datenmengen von Vorteil. Sie werden bevorzugt für anspruchsvolle Aufgaben wie die Bild- oder Spracherkennung, die Verarbeitung von Zeitreihen und ähnlichen Bereichen eingesetzt [19].

Big Data Technologien stellen ein enormes Potenzial für die Erschließung bzw. Optimierung innovativer Geschäftsfelder in nahezu jeder Branche dar [16]. Speziell im Energiesektor bieten Big Data und Machine Learning Anwendungen die Möglichkeit, Schlüsselprozesse, deren Eigenschaften und Variablen oft schwer und/oder nur ungenau messbar sind, zu erfassen, überwachen und einzuordnen [2].

2.3 Vernetzung von Daten

Ein wichtiger Aspekt zur Generierung von Mehrwert aus gesammelten Daten ist das Verständnis für und die Verknüpfung von diesen. Die Bereitstellung von Systemen zur effizienten Ausführung von Datenanalyseverfahren, das Wissensmanagement von großen und unstrukturierten Datenmengen sowie deren Echtzeitanbindung über Plattformen sind dabei, unter anderem, essentiell für eine erfolgreiche Datenvernetzung [16].

Das **semantische Wissensmanagement** hat das Ziel Information, die in Daten enthalten ist, zu interpretieren, um damit implizites Wissen abzuleiten und neues Wissen zu generieren, indem zugehörige Kontextinformationen verfügbar gemacht werden [13, 20]. Aufbauend auf der Idee, Ontologien in das Netz zu übertragen, um wissenschaftliche Domänen zu verbinden und Informationsaustausch zu fördern, ist das **semantische Web** entstanden [13].

Aus dem Austausch von Wissen, Know-how, Technologien und weiteren Ressourcen können sich **kollaborative Businessmodelle** mit dem Ziel, Allianzen zwischen Unternehmen zu gründen und (ökonomische) Vorteile für alle Beteiligten zu schaffen, bilden. Dafür ist es wichtig, dass die Kollaboration auf Vertrauen zwischen den Partnern basiert und eine gerechte Aufteilung der Beiträge besteht. Durch die Nutzung kollaborativer Geschäftsmodelle werden Innovationen und Profit gefördert. Besonders kleinere Unternehmen können sich durch den Austausch von Informationen, Technologien und Know-how gegenseitig unterstützen und das Risiko neuer Entwicklungen verringern [7]. Grundlage für diese Modelle bilden **Plattformen**, über die die Vernetzung der Daten stattfindet. Prinzipiell werden Plattformen als Gruppe von Technologien

definiert, auf Basis derer andere Anwendungen, Prozesse oder Technologien entwickelt werden. **IoT Plattformen** bilden die Brücke zwischen der Hardware (z. B. Sensoren) und der Anwendung (z. B. ML Algorithmen), wobei oft unterschiedlichste Datenstrukturen, Kommunikationsprotokolle und Applikationen integriert werden müssen. Bis heute werden hauptsächlich geschützte bzw. geschlossene, domänenspezifische Plattformen zum Management und zur Vernetzung von Daten verwendet. Um das volle Potenzial des IoT nutzen zu können, sind offene Plattformen allerdings meist effizienter, sicherer und kostengünstiger, indem sie standardisierte Protokolle, sowie modulare und anbieterunabhängige Lösungen unterstützen. **Offene Datenplattformen** sind dadurch gekennzeichnet, dass sie keine Einschränkungen bezüglich Weiterentwicklung, Kommerzialisierung und Nutzung haben, dies bedeutet jedoch nicht zwangsweise, dass diese Open Source sind. Während offene Plattformen und Cloud-Lösungen durch die Möglichkeit, Geräte und Anwendungen nahtlos zu verknüpfen und somit Interoperabilität und engen Datenaustausch auch über Unternehmensgrenzen hinweg zu fördern, essenziell für den erfolgreichen Wandel zur Industrie 4.0 sind, werden industrielle Kontrollsysteme (IKS) auch einem potenziell erhöhten Sicherheitsrisiko ausgesetzt (siehe Abschnitt 3.4). [7]

Ein weiterer Trend bei der Verknüpfung von Daten, der durch die Interkonnektivität von digitalen Geräten über das Internet der Dinge vorangetrieben wurde, ist der Wechsel vom zentralisierten Cloud System hin zu dezentralen Methoden wie dem Edge oder Fog Computing. Der Vorteil von **Edge Computing** ist, dass die Verarbeitung von Daten näher an deren Entstehungsquelle erfolgt und somit die Leistung der Cloud am Netzwerkrand bereitgestellt werden kann. **Fog Computing** agiert schließlich als verbindendes Element zwischen der Cloud und dem IoT Gerät durch eine Erweiterung des Edge Computing um eine Zwischenschicht. [21]

2.4 Integration mittels Daten

Die vorgestellten Technologien zur Datenbeschaffung, -speicherung, -verarbeitung und -vernetzung sind zugleich die Grundbausteine zur Entwicklung von Konzepten zur engen Integration realer mit virtueller Komponenten. Indem sie über die drei Säulen Berechnung, Kommunikation und Kontrolle (die 3C: computation, communication, control) den virtuellen Raum mit der physischen Realität verbinden, ermöglichen **cyber-physische Systeme (CPS)** Wechselbeziehungen zwischen digitalen und realen Räumen in Echtzeit. Dadurch, dass sie Daten aufzeichnen und aufbereiten können, kann Selbstkontrolle und die Interaktion mit Menschen realisiert werden [22]. CPS sind hauptsächlich im industriellen Kontext angesiedelt und werden beim Einsatz in Produktionsprozessen und im Zusammenhang mit Smart Manufacturing und Smart Factories auch cyber-physische Produktionssysteme (CPPS) genannt [23].

Die bidirektionale Kommunikation zwischen realer und virtueller Ebene bei CPS bildet auch die Grundlage für das Konzept des **digitalen Zwillinge**s (Digital Twin – DT). Digitale Zwillinge sind identische virtuelle Repräsentationen von physischen Systemen, mit denen Anpassungen oder Optimierungen erst in der digitalen Umgebung getestet werden können und anschließend im realen System angewendet werden, was zu Energieverbrauchsoptimierungen, vorrausschauender Instandhaltung, Performance Verbesserungen und optimierten Lebenszyklen führen kann. [2, 7] Für die erfolgreiche Implementierung von DTs ist die physikalisch-mathematische Beschreibung der abzubildenden Komponente sowie ihrer Interaktion mit der Umgebung in hinreichender Komplexität notwendig. Außerdem ist das Vorhandensein ausreichend historischer Daten über das Verhalten des Systems essenziell, um sinnvolle Zukunftsprognosen treffen zu können [24]. DT wurde 2019 von Gartner als einer der Top 10 strategischen Technologietrends aufgeführt und auch in der Industrie ist der digitale Zwilling als vielversprechende Anwendung der Digitalisierung anerkannt [25]. Gerade im Bereich Energiegenerierung und –Management stellen DTs ein großes Potenzial dar. Durch die Bereitstellung von Echtzeitdaten zur Analyse und Bewertung von Maschinen und Prozessen können strategische Entscheidungen unterstützt und die Produktivität gesteigert werden. Während digitale Zwillinge in Branchen wie der Automobilindustrie oder der Luftfahrt teilweise bereits eingesetzt werden, sind DT-Anwendungen und -Angebote in der Energieindustrie jedoch noch rar. [24]

3 Aspekte der Digitalisierung

Mit der Kenntnis über Technologietrends und den Möglichkeiten, die die Erfassung und Verarbeitung von Daten für Unternehmen mit sich bringt, kommen zwangsläufig auch einige Fragen zu Aspekten, die beim Wandel zur Industrie 4.0 zu beachten sind, auf. In diesem Kapitel sollen daher einige Punkte, die im Zusammenhang mit den Datenlagen in Unternehmen, sowie mit zu treffenden Entscheidungen zum Management, Government und zur Sicherheit von Daten stehen, beleuchtet werden.

3.1 Datenerfassung

Der erste Schritt in Richtung Digitalisierung ist immer die Bestandsaufnahme zur Datenlage im eigenen Unternehmen: Welche Daten erfassen wir bereits und welche weiteren können und wollen wir aggregieren? Wie kann aus den Daten auch Wert und Wissen geschöpft werden? Und welche Daten haben wir zwar nicht selbst, aber können sie durch Kollaborationen und Datenplattformen von anderen bekommen? [26]

Für die Analyse der eigenen Datenlandschaft sind Daten- oder Digitalexpert:innen die geeigneten Ansprechpartner:innen. Wichtig ist, dass *mehr* Daten nicht automatisch *bessere* Daten bedeutet. Im Gegenteil führen sie ohne entsprechende Analysesoftware häufig zu einer Ansammlung von Datenmüll, der auch dadurch gefüttert wird, dass beispielsweise mobile Anwendungen und Endgeräte die Anzahl möglicher Datenquellen mittlerweile um ein Vielfaches erweitern. Ziel soll sein, die technologischen Möglichkeiten auch im Sinne des Geschäftsmodells sinnvoll nutzen zu können. [27]

Neben den grundsätzlichen Aspekten bei der Datenerfassung gilt es ebenso die spezifischen technischen Gegebenheiten und Anforderungen zu überprüfen, bevor neue Technologien eingeführt werden. Die Dokumentation der verwendeten Techniken zur Aufzeichnung von Daten, die Wiederauffindbarkeit der mit Information angereicherten Daten und die Überleitung der Daten in Prozessleitsysteme sind für eine verwertbare Datenerfassung essenziell. In der Industrie 4.0 werden Maschinendaten automatisch erfasst, was nur durch durchgängige Vernetzung in der Produktion und entlang der gesamten Automatisierungspyramide möglich ist. Während neuere Anlagen bereits über Möglichkeiten zur Netzwerkanbindung verfügen, müssen ältere eventuell um Schnittstellen nachgerüstet werden. [28]

3.2 Datenmanagement

Um die steigende Menge an Daten sinnvoll und in hoher Qualität nutzen zu können, ist es ratsam, ein Rahmenwerk zur Entscheidungsfindung und zu Verantwortlichkeiten bezüglich Regulationen und rechtlichen Bestimmungen festzulegen. Allgemein wird mit dem Datenmanagement der gesamte Lebenszyklus eines Datensatzes oder vielmehr aller Daten

innerhalb einer Organisation beschrieben. Data Management umfasst unter anderem die Verwaltung von Daten in Datenbanksystemen, die Strukturierung der Daten in Informationsarchitekturen, das Stammdaten- und Metadatenmanagement, das Qualitätsmanagement von Daten, die Gewährleistung der Datensicherheit sowie die Data Governance [29]. Mit einer sogenannten **Data Governance** wird bestimmt, wer welche Entschlüsse zur Handhabung der Daten trifft und welche Qualitätsanforderungen bestehen. Um entsprechende Regeln für das Treffen datenbasierte Entscheidungen sind Data Scientists oder andere designierte Positionen im Unternehmen in die Verantwortung zu ziehen [27, 30].

3.3 Datenaustausch

Besonders beim Austausch von Daten über die Unternehmensebene hinweg gibt es viele offene Fragen für Unternehmen, was die Kommunikation zwischen den Akteur:innen und die Sicherheit der ausgetauschten Daten betrifft. Beispielsweise ist in der Energiebranche durch die steigende Anzahl an Marktteilnehmer:innen eine immer stärkere Zusammenarbeit zwischen Energieerzeuger:innen, Händler:innen, Lieferant:innen, Netzbetreiber:innen und Messstellenbetreiber:innen für die reibungslose Stromversorgung erforderlich. Die Automatisierung der Marktkommunikation ist notwendig, um die Zuverlässigkeit und Flexibilität im Datenaustausch gewährleisten zu können [31]. Allgemein ist es wichtig, standardisierte Kommunikationsprotokolle zu verwenden, damit Daten leichter zwischen Datenbanksystemen ausgetauscht werden können. Dabei können z. B. Cloud-Lösungen die reibungslose Übertragung und das Abrufen von Daten in Echtzeit ermöglichen, wobei deren Sicherheit durch Ende-zu-Ende-Verschlüsselungen gewährleistet werden kann [32].

3.4 Datensicherheit

Ein wichtiger Punkt in Zusammenhang mit Daten ist deren Sicherheit. Der Missbrauch von Information- und Kommunikationstechnologien (IKT) stellt ein großes Risiko für Unternehmen sowie Staaten und Konsumenten dar. Um die Sicherheit von industriellen Kontrollsystemen, wie sie in den meisten Industriesektoren zur Verwaltung industrieller Prozesse genutzt werden, auch während und nach dem Wandel zur Industrie 4.0 gewährleisten zu können, ist die systematische Implementierung von Cybersicherheitsmaßnahmen im Rahmen einer ganzheitlichen und strukturierten Datensicherheitsstrategie notwendig [7]. Dazu gehört auch, dass Mitarbeiter:innen dahingehend sensibilisiert werden und ihr technisches Know-how um auf Datensicherheitsangriffe vorbereitet zu sein und auch entsprechend reagieren zu können gestärkt wird. Bevor die Möglichkeiten, die Big Data Technologien mit sich bringen ausgeschöpft werden, sollten domänenspezifische Risiken im Bereich Datensicherheit eingehend untersucht werden [33].

Zusätzlich zur Abwehr von Cyberangriffen gehört auch die zuverlässige Sicherung von Daten zum Schutz vor Datenverlusten durch Backups etc., sowie die Entwicklung von Konzepten zur Verhinderung von Datenverfälschungen zu einem umfassenden Datensicherheitskonzept [34].

3.5 Datenschutz

Im Gegensatz zur Datensicherheit, deren Gewährleistung prinzipiell in der Verantwortung der Geschäftsführung liegt, wird der Umgang mit personenbezogenen Daten in Österreich von der EU-Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und dem österreichischen Datenschutzgesetz geregelt [34]. Durch die Vielzahl an unterschiedlichen länderspezifischen Datenschutzverordnungen wird die Etablierung von datenbasierten Geschäftsmodellen erschwert. Zusätzlich gilt zu beachten, dass mit der Nutzung neuester Technologien zur Datenerfassung, -Verarbeitung und -Vernetzung in Zukunft die Entkoppelung von persönlichen Informationen (also Name, Adresse, etc.) mit dem zugehörigen Datensatz alleine nicht mehr ausreichen wird, da die eindeutige Identifizierung trotz Anonymisierung der Nutzer:innendaten durch beispielsweise Daten aus sozialen Netzwerken möglich ist [27].

4 Fazit

Grundlage, um die Möglichkeiten der Digitalisierung ausschöpfen zu können, ist die Verfügbarkeit von Prozess-, Maschinen- und allen sonstigen Daten sowie Information über deren Beschaffenheit und Qualität. In diesem Diskussionspapier wurden aktuelle Technologietrends in den Bereichen Datenerfassung, -Speicherung, -Verarbeitung und -Vernetzung aufgezeigt. Der Trend geht dabei immer mehr weg von zentralen Systemen wie relationale Datenbanken, zentrale Autoritäten zur Datenübertragung oder Cloud Computing, hin zu dezentralen Konzepten wie der Verarbeitung von Daten in smarten Sensoren, Data Lakes, Blockchain und Edge und Fog Computing. Einer der derzeit treibenden Technologietrends ist der Digitale Zwilling, der durch kontinuierlichen Datenaustausch virtuelle und reale Komponenten miteinander verknüpft und mithilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz zur Optimierung von Anlagen in der Industrie 4.0 beiträgt.

Anschließend wurden einige relevante Aspekte für den Umgang mit Daten aufgegriffen. Bevor die vielversprechenden Daten-Technologien implementiert werden, sollten diese sowohl unternehmensintern, aber auch branchenintern sowie branchenunabhängig nach ihrem Potenzial untersucht werden: Wie groß ist die Bereitschaft im Unternehmen eine neue Technologie einzuführen? Setzen Mitbewerber die Technologie bereits ein und wie kann davon profitiert werden? Oder wird die Technologie in der eigenen Branche zwar noch nicht eingesetzt, es kann sich daraus jedoch eine Vorreiterposition für das Unternehmen entwickeln? Diese Punkte und weitere in Kapitel 3 diskutierte Faktoren sollen eine Basis für die Diskussionen in den Workshops zur Etablierung des „Datenkreises Energiewirtschaft“ bilden.

5 Literatur

- [1] C. Manzei, L. Schlepner und R. Heinze, Hg., *Industrie 4.0 im internationalen Kontext: Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends*, 2. Aufl. Berlin, Offenbach, Berlin, Wien, Zürich: VDE Verlag GmbH; Beuth, 2017. [Online]. Verfügbar unter: http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783800743377
- [2] L. Kasper, T. Bacher, F. Birkelbach und R. Hofmann, „Digitalization possibilities and the potential of the Digital Twin for steam supply systems“, *VGB PowerTech 11*, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vgb.org/vgbmultimedia/pt202011hofmann-p-16462.pdf>
- [3] U. Döbrich, M. Hankel, R. Heidel und M. Hoffmeister, *Basiswissen RAMI 4.0: Referenzarchitekturmodell und Industrie 4.0-Komponente*, 1. Aufl. Berlin: Beuth Verlag GmbH; VDE Verlag GmbH, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://content-select.com/de/portal/media/view/58a1b07c-9f54-4f96-80ea-0d61b0dd2d03>
- [4] DIO – Data Intelligence Offensive, *Datenräume und Datenkreise*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dataintelligence.at/datenkreise/> (Zugriff am: 10. Juni 2021).
- [5] Statistik Austria, *Betriebsdaten inkl. ÖPRODCOM - Februar 2021*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/produktion_und_bauwesen/konjunkturdaten/absolutdaten/index.html (Zugriff am: 9. Juni 2021).
- [6] Bitkom Research, *Industrie 4.0 - jetzt mit KI: Welche Hemmnisse sehen Sie beim Einsatz von Industrie-4.0-Anwendungen in Ihrem Unternehmen?* [Online]. Verfügbar unter: https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-04/bitkom-pressekonferenz_industrie_4.0_01_04_2019_prasentation_0.pdf (Zugriff am: 10. Juni 2021).
- [7] R. Hofmann *et al.*, „Digitalization in Industry - An Austrian Perspective“, *Whitepaper: Bericht für den Klima- und Energiefonds*, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://sic.tuwien.ac.at/fileadmin/t/sic/Dokumente/White-Paper-Digitalization-in-Industry.pdf>
- [8] C. C. Aggarwal, *Managing and Mining Sensor Data*. Boston, MA: Springer US, 2013.
- [9] N. Jatana, S. Puri, M. Ahuja, I. Kathuria und D. Gosain, „A Survey and Comparison of Relational and Non-Relational Database“, *International Journal of Engineering Research & Technology*, Nr. 6, 2012. [Online]. Verfügbar unter: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.9352&rep=rep1&type=pdf>
- [10] N. Leavitt, „Will NoSQL Databases Live Up to Their Promise?“, *Computer*, Jg. 43, Nr. 2, S. 12–14, 2010, DOI: <https://doi.org/10.1109/MC.2010.58>.
- [11] *Databases, Data Lakes, and Data Warehouses Explained*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.confluent.io/learn/databases-data-lakes-and-data-warehouses-compared/> (Zugriff am: 27. Mai 2021).

- [12] N. Keppler, „Zugriffskontrollmodell für Data Lakes“, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/10224>
- [13] B. Eine, M. Jurisch und W. Quint, „Ontology-Based Big Data Management“, *Systems*, Jg. 5, Nr. 3, S. 45, 2017, DOI: <https://doi.org/10.3390/systems5030045>.
- [14] M. Andoni *et al.*, „Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Jg. 100, S. 143–174, 2019, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>.
- [15] R. Iqbal, F. Doctor, B. More, S. Mahmud und U. Yousuf, „Big Data analytics and Computational Intelligence for Cyber–Physical Systems: Recent trends and state of the art applications“, *Future Generation Computer Systems*, Jg. 105, S. 766–778, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.10.021>.
- [16] M. Köhler und M. Meir-Huber, „#Big Data in #Austria: Österreichische Potenziale und Best Practice für Big Data“, Wien, 2014. [Online]. Verfügbar unter: <https://iktderzukunft.at/resources/pdf/big-data-in-austria.pdf>. Zugriff am: 31. Mai 2021.
- [17] R. van Loon, *Machine learning explained: Understanding supervised, unsupervised, and reinforcement learning*. [Online]. Verfügbar unter: <https://bigdata-madesimple.com/machine-learning-explained-understanding-supervised-unsupervised-and-reinforcement-learning/> (Zugriff am: 25. Mai 2021).
- [18] D. P. Solomatine und A. Ostfeld, „Data-driven modelling: some past experiences and new approaches“, *Journal of Hydroinformatics*, Jg. 10, Nr. 1, S. 3–22, 2008, DOI: <https://doi.org/10.2166/hydro.2008.015>.
- [19] C. Janiesch, P. Zschech und K. Heinrich, „Machine learning and deep learning“, *Electron Markets*, 2021, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>.
- [20] Andreas Blumauer und Tassilo Pellegrini, „Semantic Web und semantische Technologien: Zentrale Begriffe und Unterscheidungen“ in *Semantic Web*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 9–25, DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-29325-6_2.
- [21] M. de Donno, K. Tange und N. Dragoni, „Foundations and Evolution of Modern Computing Paradigms: Cloud, IoT, Edge, and Fog“, *IEEE Access*, Jg. 7, S. 150936–150948, 2019, DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2947652>.
- [22] G.-J. Cheng, L.-T. Liu, X.-J. Qiang und Y. Liu, „Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing“ in *2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence (ISAI)*, Hong Kong, China, Juni 2016, S. 407–410, DOI: <https://doi.org/10.1109/ISAI.2016.0092>.
- [23] F. Perez, E. Irisarri, D. Orive, M. Marcos und E. Estevez, „A CPPS Architecture approach for Industry 4.0“ in *2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation*

- (ETFA), Luxembourg, Luxembourg, 2015, S. 1–4, DOI: <https://doi.org/10.1109/ETFA.2015.7301606>.
- [24] R. Hofmann und N. Litzel, „Energie 4.0 – Digitale Zwillinge steigern die Energieeffizienz“, *BigData-Insider*, 2. Dez. 2020, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bigdata-insider.de/energie-40-digitale-zwillinge-steigern-die-energieeffizienz-a-979055/?cmp=beleg-mail>. Zugriff am: 1. Juni 2021.
- [25] Gartner, *5 Trends Emerge In Gartner Hype Cycle For Emerging Technologies 2018*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018> (Zugriff am: 2. Dezember 2021).
- [26] R. Parmar, I. Mackenzie, D. Cohn und D. Gann, „The New Patterns of Innovation“, *Harvard Business Review*, 2014. [Online]. Verfügbar unter: <https://hbr.org/2014/01/the-new-patterns-of-innovation>
- [27] H. U. Buhl, M. Röglinger, F. Moser und J. Heidemann, „Big Data“, *Wirtschaftsinf*, Jg. 55, Nr. 2, S. 63–68, 2013, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11576-013-0350-x>.
- [28] OPCRouter, *Maschinendatenerfassung: Grundlagen, Konzepte & Lösungen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.opc-router.de/maschinendatenerfassung/> (Zugriff am: 25. August 2021).
- [29] C. Kidd, *Data Management vs Data Governance: An Introduction*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmc.com/blogs/data-governance-data-management/#> (Zugriff am: 25. August 2021).
- [30] Boris Otto und Kristin Weber, „Data Governance“ in *Daten- und Informationsqualität*, Vieweg+Teubner, 2011, S. 277–295, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9953-8_16.
- [31] G. Großjohann, „Interoperable Cloud-Lösung: Smarte Marktkommunikation“, *Energy 4.0*, Nr. 05, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.industr.com/de/Energy-Magazin/_storage/asset/2601923/storage/master/file/21572080/Energy4.0%20E-Paper%20Mai%202021.pdf
- [32] J. Pötzscher, „Sicherer Datenaustausch: Definition, Entwicklung und Formate“, *TeamDrive Systems GmbH*, 29. Sep. 2020, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://teamdrive.com/sicherer-datenaustausch-definition-entwicklung-und-formate/>. Zugriff am: 4. Juni 2021.
- [33] U. P. D. Ani, H. He und A. Tiwari, „Review of cybersecurity issues in industrial critical infrastructure: manufacturing in perspective“, *Journal of Cyber Security Technology*, Jg. 1, Nr. 1, S. 32–74, 2017, DOI: <https://doi.org/10.1080/23742917.2016.1252211>.
- [34] WKO, *IT-Sicherheit, Datensicherheit*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wko.at/service/innovation-technologie-digitalisierung/it-sicherheit-datensicherheit.html> (Zugriff am: 3. Juni 2021).

Impressum



Verfasst von

Univ.Ass.ⁱⁿ Dipl.Ing.ⁱⁿ Carlotta TUBEUF

Univ.Ass. Dipl.Ing. Dr.techn. Felix BIRKELBACH

Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr.techn. René HOFMANN

TU Wien – Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

E302 Institut für Energietechnik und Thermodynamik

Getreidemarkt 9/302, 1060 Wien

Das Diskussionspapier mit dem Titel „**Status der Industrie 4.0 in Österreich**“ wurde im Auftrag des

Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz

Altenberger Straße 69, 4040 Linz

im Rahmen des Projekts „Erstellung einer Stakeholder- und Diskussions-Basis zur langfristigen Etablierung eines „**Datenkreises Energiewirtschaft**“, gefördert durch das **Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**, verfasst.

Haftungsausschluss und Einschränkungen:

Die Inhalte dieses Papiers spiegeln nur einen subjektiven Wissensstand der Verfasser:innen wieder.