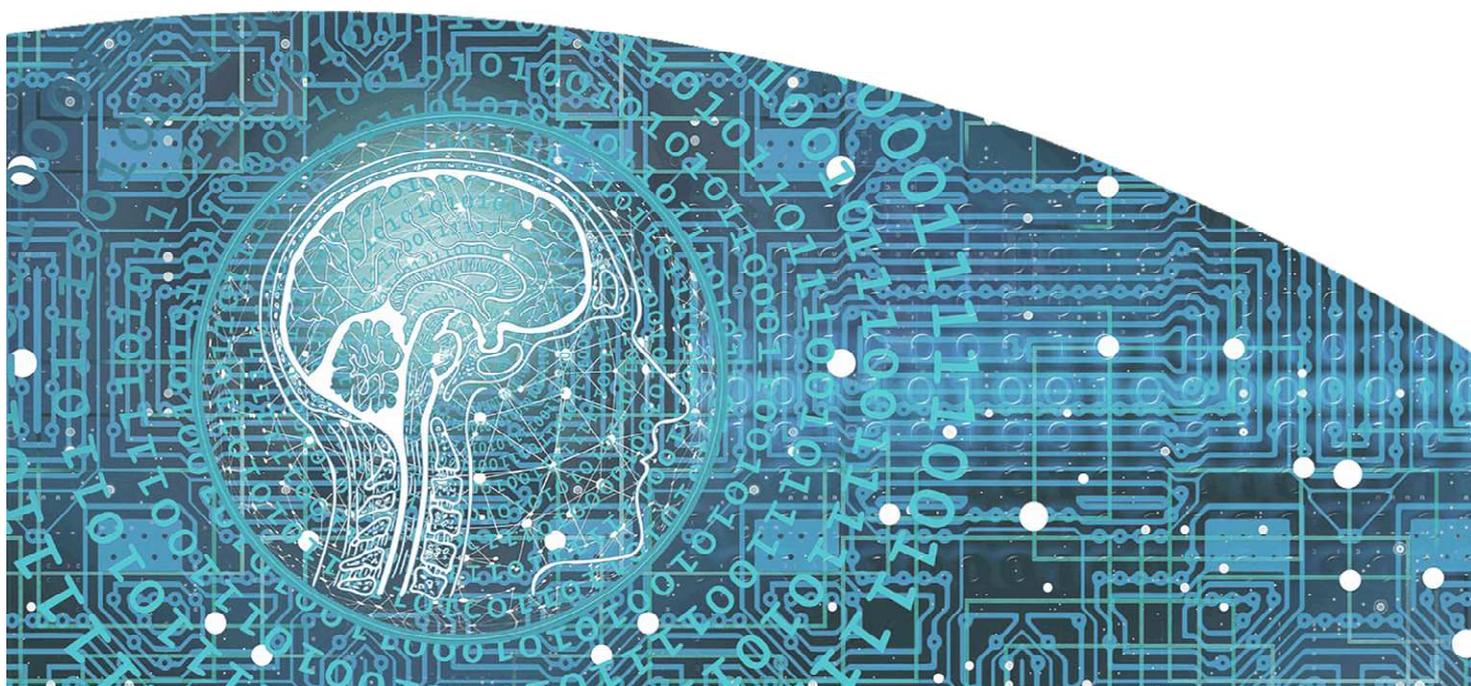


HINTERGRUNDPAPIER

Künstliche Intelligenz für die Energiewende: Chancen und Risiken

Hendrik Zimmermann und David Frank



Zusammenfassung

„Künstliche Intelligenz“ (KI) ist *das* Schlagwort aktueller gesellschaftlicher, politischer, ökonomischer und technischer Debatten.

Das vorliegende Papier beleuchtet den Einsatz von KI im Kontext der Energiewende. Wir zeigen sowohl mit der Technologie einhergehende Chancen als auch damit verbundene Risiken auf. Wir machen darüber hinaus Vorschläge, wie mit den Risiken konstruktiv umgegangen werden kann. Dafür geben wir konkrete Vorschläge für politische Rahmenbedingungen.

Wir machen das Phänomen KI in diesem Papier allgemeinverständlicher und erläutern dabei Begriffe wie „maschinelles Lernen“ oder „künstliche neuronale Netze“. Anhand konkreter Beispiele zeigen wir Einsatzmöglichkeiten von KI für die Energiewende auf: Verfahren der KI können Entscheidungen treffen, Prozesse optimieren und zu einer insgesamt netzstabilen und effizienten Energiewende beitragen.

Wir beleuchten die Themen Datenschutz, IT-Sicherheit, ökologische und soziale Risiken sowie Marktmacht und politische Macht. In diesem Zusammenhang präsentieren wir Regulierungsvorschläge, damit der Einsatz von KI diesen Risiken gerecht werden und zum Gelingen der Energiewende beitragen kann.

KI kann und muss in Deutschland so gefördert werden, dass mehrere Ziele gleichzeitig erreicht werden: ein schnellerer Ausstieg aus der Kohleverstromung; eine auf Erneuerbaren Energien basierende Sektorenintegration in die Sektoren Verkehr, Wärme, Gas und Industrie hinein; und Treibhausgasemissionen von netto null bis zur Mitte des Jahrhunderts. Einen Einsatz von KI für die Energiewende, der die Risiken ausblendet, statt sie beherrschbar zu machen, lehnen wir jedoch ab.

Impressum

Autoren:

Hendrik Zimmermann, David Frank

Mit Unterstützung von Michelle Reuter und Sophie Jahns

Redaktion:

Janina Longwitz

Herausgeber:

Germanwatch e.V.

Büro Bonn:

Dr. Werner-Schuster-Haus

Kaiserstr. 201

D-53113 Bonn

Telefon +49 (0)228 / 60 492-0, Fax -19

Büro Berlin:

Stresemannstr. 72

D-10963 Berlin

Telefon +49 (0)30 / 28 88 356-0, Fax -1

Internet: www.germanwatch.org

E-Mail: info@germanwatch.org

Oktober 2019

Bestellnr: 19-3-03

Diese Publikation kann im Internet abgerufen werden unter:

www.germanwatch.org/de/17095

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03SFK1W0 gefördert.

Für den Inhalt ist allein Germanwatch verantwortlich.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die zur Verfügung gestellten Fördermittel innerhalb des Projekts Kopernikus ENSURE „Neue EnergieNetzStruktURen für die Energiewende“.

The authors gratefully acknowledge funding by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) within the Kopernikus Project ENSURE ‘New ENergy grid StructURes for the German Energiewende’.

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis.....	6
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis	7
1 Einleitung	8
2 Was ist Künstliche Intelligenz?	10
2.1 Annäherung an eine allgemeine Definition	11
2.2 Lernen durch Daten.....	13
2.3 Künstliche neuronale Netze: Aufbau und Arbeitsweise	16
3 Chancen für die Energiewende.....	19
3.1 Erzeugung.....	20
3.2 Vertrieb	23
3.3 Endnutzung.....	24
3.4 Netze.....	29
3.5 Zusammenfassung: Chancen und Potenziale	32
4 Risiken, Herausforderungen und politische Vorschläge.....	33
4.1 Datenschutz	33
4.2 Datensicherheit.....	36
4.3 Ökologische Risiken	40
4.4 Ausgewählte soziale Folgen	41
4.5 Marktmacht und politische Macht	43
4.6 Zusammenfassung: Risiken, Herausforderungen und politische Vorschläge	47
5 Fazit und Ausblick	51
6 Glossar.....	52
7 Referenzen.....	55

Abkürzungsverzeichnis

BIBA	Bremer Institut für Forschung und Logistik
BIR	Brazilian Institute of Robotics
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNE	Bundesverband Neue Energiewirtschaft
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DSM	Demand-Side-Management
DWD	Deutscher Wetterdienst
ENSURE	Neue EnergieNetzStruktURen für die Energiewende
EU-DSGVO	Datenschutzgrundverordnung der Europäischen Union
GE	General Electric
IT	Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
KNN	Künstliche neuronale Netze
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
TEPCO	Tokyo Electric Powercompany
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gemeinsame Erwähnungen von Energie und KI in den Medien sind in den letzten zwei Jahren deutlich gestiegen.....	9
Abbildung 2: Maschinelles Lernen ist eine spezielle Form der KI. Deep Learning ist eine spezielle Form des maschinellen Lernens.	11
Abbildung 3: Beim Deep Learning lernt die KI, Muster zu erkennen, auf deren Basis sie dann Prognosen abgeben kann.	15
Abbildung 4: Künstliche neuronale Netze simulieren ein dicht verwobenes Netz aus Nervenzellen.	17
Abbildung 5: Die Gesichtserkennung eines Computers durch Deep Learning verläuft in mehreren Schritten.....	18
Abbildung 6: Im Energiesystem fallen viele Daten an, die es zu nutzen gilt, um möglichst viele Erneuerbare Energien ins Netz zu bringen.	19
Abbildung 7: Wartung von Anlagen durch Roboter: Ausgestattet mit Kameras, Laserscannern und Lagesensoren sammelt die Drohne Daten, wertet sie aus und erkennt Störungen.	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Chancen und Potenziale der KI für die Energiewende	32
Tabelle 2: Risikofelder, resultierende Gefahren und politische Antworten.....	50

1 Einleitung

„With artificial intelligence we are summoning the demon“ (Washington Post 2014) – mit künstlicher Intelligenz (KI) beschwören wir den Dämon, so beschreibt es der berühmte Serienunternehmer Elon Musk. Er bringt damit die Angst auf den Punkt, die in Science-Fiction-Filmen wie „2001: Odyssee im Weltraum“ von Stanley Kubrick, in Rupert Sanders „Ghost in the Shell“ oder in Frank Schätzing's jüngst erschienenen Roman „Die Tyrannei des Schmetterlings“ mit künstlicher Intelligenz verbunden wird.

Durch Sprachassistenten auf Smartphones oder automatische Bilderkennung haben die ersten KI-Anwendungen bereits Einzug in unseren Alltag erhalten. Auch im Hintergrund von Google, Facebook, Amazon und anderen digitalen Dienstleistern spielt KI eine enorm große Rolle. Zwar will uns keine dieser Anwendungen töten, wie es in den oben genannten künstlerischen Erzeugnissen erzählt wird. Allerdings sind Gefahren der mit KI einhergehenden wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Macht, des Datenmissbrauchs und der Überwachung nicht zu unterschätzen. Wie wir in dieser Studie zeigen werden, sind dies jedoch nicht die einzigen Risiken.

Dennoch oder gerade durch die immer alltäglicher werdende Anwendung gewinnt KI immer mehr Akzeptanz: So stieg der Anteil an Menschen in Deutschland, die in künstlicher Intelligenz eher Chancen sehen, von 48 Prozent im Jahr 2017 auf 62 Prozent im Jahr 2018 (Bitkom 2018b). Der Anteil derer, die darin eher eine Gefahr sehen, sank hingegen von 47 Prozent im Jahr 2017 auf 35 Prozent im Jahr 2018. Im Jahr 2018 haben nur noch 12 Prozent aller Deutschen noch nie etwas von künstlicher Intelligenz gehört (ebd.). Zudem plant die Bundesregierung im Rahmen ihrer nationalen KI-Strategie, Deutschland und Europa als einen „führenden KI-Standort“ zu etablieren (Die Bundesregierung 2018: 6).

Abgesehen von den vorgenannten Einsatzbereichen findet KI mittlerweile in einer Vielzahl von unterschiedlichen Feldern Anwendung: Militärische Einrichtungen forschen an neuen Waffensystemen, die Polizei an automatischer Gesichtserkennung. Autonom fahrende Autos gibt es bereits. Viele Unternehmen optimieren ihre Arbeitsprozesse durch KI. Aber auch in Justiz (Inspektion von Akten), Medizin (Analyse von Krankheitsbildern, Genanalysen) und Pflege (Pflegeroboter) kommt KI verstärkt zum Einsatz.

Es verwundert nicht, dass diese voranschreitende und in immer mehr Bereiche vordringende Entwicklung auch vor der Energiewirtschaft keinen Halt macht. So zeigt sich, dass die Medien Methoden der KI verstärkt mit Energiethemen in Verbindung bringen (siehe **Abbildung 1**). Laut der US-amerikanischen Beratungsfirma Infosys Consulting sei die Energiewelt sogar „Vorreiter bei der Anwendung Künstlicher Intelligenz“ (Trapp 2018a).

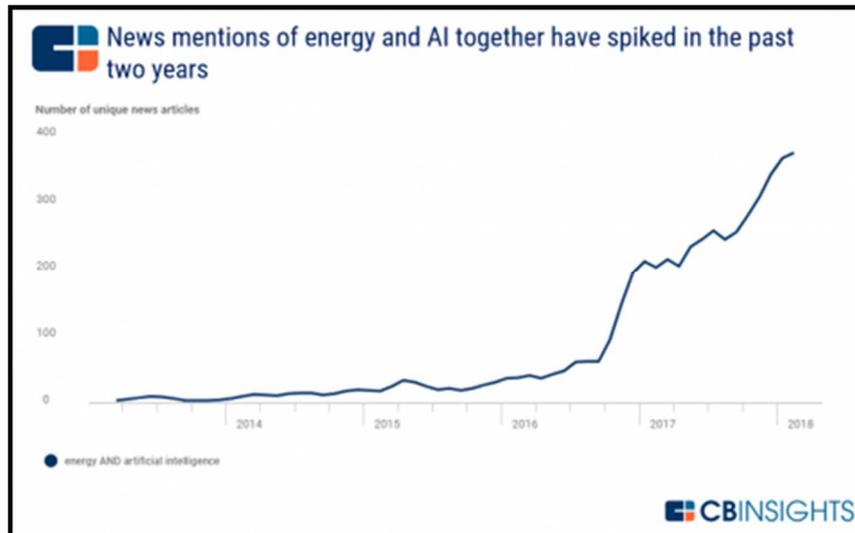


Abbildung 1: Gemeinsame Erwähnungen von Energie und KI in den Medien sind in den letzten zwei Jahren deutlich gestiegen¹

Das vorliegende Papier zielt darauf ab, den Einsatz von KI im Kontext der Energiewende zu beleuchten und sowohl mit der Technologie einhergehende Chancen, als auch damit verbundene Risiken zu erörtern. Es ist schwierig, KI allgemeingültig zu definieren. Dennoch machen wir das Phänomen im zweiten Kapitel allgemeinverständlicher.

Weiterhin spezifizieren wir, was wir in dieser Arbeit unter KI verstehen. KI-Systeme, die heute in erster Linie zum Einsatz kommen, lernen selbstständig. Man spricht vom maschinellen Lernen. Heute wird dies meist durch sogenannte künstliche neuronale Netze (KNN) realisiert (Deep Learning). Wir erläutern diese Begriffe im weiteren Verlauf der Arbeit.

Anschließend erörtern wir in Kapitel 3 die Relevanz der KI für die Energiewende, indem wir konkrete Einsatzmöglichkeiten in den Bereichen Erzeugung, Vertrieb, Endnutzung und Netze aufzeigen. Die Chancen von KI sind vor dem völkerrechtlich verbindlichen Klimaschutzabkommen von Paris zu beurteilen, wonach Deutschland bis spätestens 2050 klimaneutral sein muss. Die mit der Energiewende einhergehende Einspeisung von vielen deutschlandweit verteilten, wetterabhängigen Stromerzeugungsanlagen führt zu einer zunehmend dezentraleren und unstetigeren Energieversorgung.

Um dennoch zu jeder Zeit eine stabile Energieversorgung zu gewährleisten, bedarf es weitaus exakterer Prognosen als bisher. Insbesondere sind Daten darüber relevant, wann wo wie viel Strom erzeugt und benötigt wird. Verfahren der KI können an dieser Stelle unterstützen, Entscheidungen treffen, Prozesse optimieren und zu einer insgesamt netzstabilen und effizienten Energiewende beitragen.

In Kapitel 4 kontrastieren wir die Potenziale von KI für die Energiewende mit Risiken. Wir beleuchten die Themen Datenschutz, IT-Sicherheit, ökologische sowie soziale Risiken sowie Marktmacht und politische Macht. In diesem Zusammenhang präsentieren wir Regulierungsvorschläge, damit KI den Risiken gerecht werden und zum Gelingen der Energiewende beitragen kann.

In einer Abschlussbetrachtung werden zentrale Erkenntnisse rekapituliert (Kapitel 5).

¹ Quelle: CBINSIGHTS 2018

2 Was ist Künstliche Intelligenz?

KI zählt in zweifacher Hinsicht zu den kompliziertesten Phänomenen der Digitalisierung. Zum einen ist es nicht leicht zu fassen, was KI ausmacht beziehungsweise wie sie einheitlich definiert werden kann. Zum anderen polarisiert wohl keine andere Technik so sehr. KI wird von den einen als allumfassender Heilsbringer und von den anderen als größte Gefahr gesehen (Cellan-Jones 2014).

Nach einem kurzen historischen Abriss zur besseren Einordnung der derzeit angewandten KI nähern wir uns dem Phänomen in Kapitel 2.1 mittels einer allgemeinen Definition an. In Kapitel 2.2 werden wir die beiden aktuell relevantesten Unterkategorien der KI vorstellen – das maschinelle Lernen und das Deep Learning (siehe **Abbildung 2**). Aufgrund der hohen Bedeutung des Deep Learning für die praktische Anwendung, insbesondere im Rahmen der Energiewende, werden wir in Kapitel 2.3 den Aufbau und die Arbeitsweise künstlich neuronaler Netzwerke in größerer Detailtiefe darstellen.

Eine detaillierte historische Beschreibung der Entwicklung von KI geht über den Umfang dieser Arbeit hinaus. Der Begriff „künstliche Intelligenz“ geht jedoch auf die Dartmouth-Konferenz von 1956 zurück: Ein kleiner wissenschaftlicher Kreis forschte dort mit dem Ziel, Maschinen zu entwickeln, die sprechen sowie Konzepte bilden und abstrakte Problemstellungen lösen, die bis dato nur für den Menschen bestimmt schienen. Durch stetiges Lernen sollten sich die Maschinen kontinuierlich verbessern (Lenzen 2018: 21-22).

Bis in die 1980er Jahre lässt sich ein erster Aufschwung an KI verzeichnen. Die KI dieser Zeit war stark auf spezifische Bereiche wie Schachspielen, Fehlerfeststellung oder mathematische Beweise begrenzt. Sie basierte zudem auf manuell eingegebenen Regeln (Fraunhofer-Allianz Big Data 2017: 5). Zwar wurde während dieser Zeit eine Vielzahl an KI-Software entwickelt. Jedoch stießen die mit der KI einhergehenden hohen Rechenleistungen aufgrund der begrenzten Hardware-Kapazität schnell an Grenzen. Zudem mangelte es an großen Datenmengen, die KI-Systeme für den Lernprozess benötigen. Aufgrund des mittelmäßigen Erfolgs der damaligen Technologie wird diese Periode auch als „KI-Winter“ betitelt (Specht 2018: 223).

In diesem Jahrtausend entwickelten Forscher*innen nun immer leistungsfähigere Rechner. Sie erhoben zudem immer mehr Daten (Big Data). In der Folge lässt sich eine neuartige Welle der KI mit einer Reihe an neuen Verfahren verzeichnen (Fraunhofer-Allianz Big Data 2017: 5-6). Zu jenen neuen Verfahren gehören auch das bereits erwähnte maschinelle Lernen und das Deep Learning, denen besondere Bedeutung in dieser Arbeit zukommt.

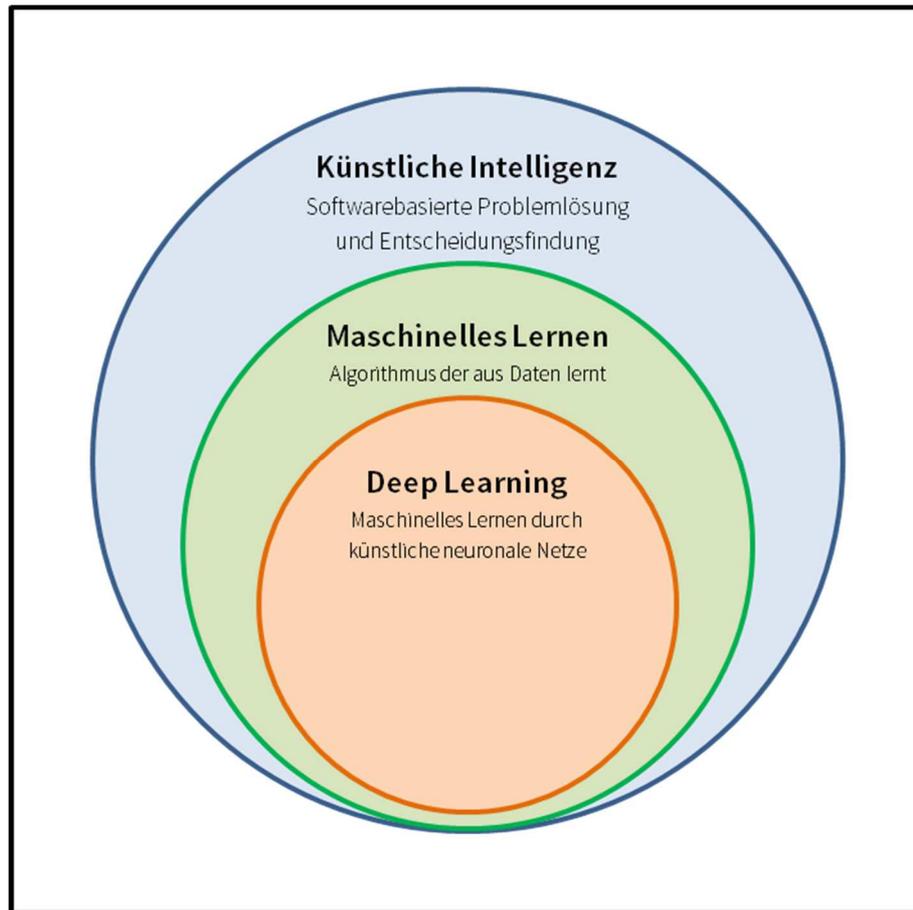


Abbildung 2: Maschinelles Lernen ist eine spezielle Form der KI. Deep Learning ist eine spezielle Form des maschinellen Lernens.²

2.1 Annäherung an eine allgemeine Definition

Es gibt verschiedene Ausprägungen und eine Reihe an Definitionen von KI. So erklärt der Leiter des Fraunhofer-Instituts für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS), Stefan Wrobel, recht simpel: „Wenn jetzt Maschinen in der Lage sind, Dinge zu tun, die wir gemeinhin als intelligent klassifizieren würden, bezeichnen wir diese als Künstliche Intelligenz“ (Wrobel, zitiert nach Fraunhofer-Gesellschaft e.V. 2017: 8). Andere wiederum sprechen erst dann von KI, wenn Maschinen zu „bewusstem, reflektiertem, sprachlich gefasstem Denken“ fähig sind (Lenzen 2018: 28).

Lämmel und Cleve (2008) beschreiben KI als „Teilgebiet der Informatik, welches versucht, menschliche Vorgehensweisen der Problemlösung auf Computern nachzubilden, um auf diesem Wege neue oder effizientere Aufgabenlösungen zu erreichen“ (S. 14). Das Verständnis von KI variiert also mitunter stark. Allerdings sind nicht alle Definitionen von KI gleichermaßen realitätsnah und in Bezug auf die Anwendung von Interesse.

Was ist Intelligenz?

Eine einheitliche Definition **künstlicher Intelligenz** stellt eine Herausforderung dar, mangelt es doch schon an einer wissenschaftlich eindeutig abgrenzbaren Begriffsbestimmung von (menschlicher) Intelligenz. Während zum Beispiel konventionelle Intelligenztests auf die Bewertung kognitiver

² Quelle: Eigene Darstellung.

Fähigkeiten durch Rechen- oder Logikaufgaben abzielen, haben Forschende das Verständnis von menschlicher Intelligenz in der Vergangenheit durch weitere Formen der Intelligenz ergänzt, wie zum Beispiel soziale, emotionale, musikalische, spirituelle oder der Körperintelligenz (Lenzen 2018: 32).

Nicht alle Formen der Digitalisierung und Datenverarbeitung fallen unter die Definition künstlicher Intelligenz (Lenzen 2018: 25). Wir versehen viele Geräte mittlerweile mit dem sprachlichen Zusatz "smart". Allerdings ist nicht jedes dieser Geräte gleich intelligent: „Selbst bei sogenannten ‚smarten‘ Geräten (zum Beispiel selbstständiger Heizungssteuerung) wäre die Bezeichnung ‚KI‘ nicht (...) angebracht; meist arbeiten sie einfach nur hoch spezialisierte Programmbefehle ab" (Specht 2018:222). Auch dieser inflationäre Gebrauch des Wortes „smart“ oder „intelligent“ im Zusammenhang mit derzeitigen Produkten und Geschäftsmodellen erschwert ein exaktes Verständnis von KI.

Bei der Zuschreibung von Intelligenz ist ferner also relevant, wie ein Ergebnis zustande kommt: Einem Menschen würden wir bei der Lösung einer komplizierten Rechenaufgabe Intelligenz zuschreiben, einem Taschenrechner hingegen nicht. Diese Aspekte müssen bei einer Festlegung, was künstliche Intelligenz ausmacht, bedacht werden (Lenzen 2018: 28f.).

Starke und schwache KI

Mit den unterschiedlich starken Ansprüchen an KI geht eine weit verbreitete Uneinigkeit darüber einher, was sich hinter KI verbirgt. Sehr ambitioniert ist es, eine Intelligenz zu entwickeln, die der des menschlichen Gehirns ähnlich ist beziehungsweise diese sogar übersteigt. Eine solche KI könnte sich auf alle möglichen neuen Aufgaben einstellen. Sie könnte fühlen und hätte ein Bewusstsein oder könnte dies zumindest vorgeben. Diese Art von KI wird gemeinhin als **starke KI** bezeichnet. Ob eine solche KI jemals erreicht werden kann, gilt unter Expert*innen als hoch umstritten (Specht 2018: 222).

Lenzen (2018) schließt aus, dass KI bewusst und reflektiert denken kann oder können wird, also dass eine KI wissen kann, dass und warum sie etwas tut (S. 28f.). Diese Definition sei zu anspruchsvoll. Zwar geht die Forschung zu KI in riesigen Schritten voran. Allerdings ist unklar, ob es jemals eine KI geben wird, die über ihr eigenes Verhalten nachdenken, aus nur wenigen Beispielen Wissen über die Welt erlangen und sich in verschiedensten Kontexten auf neue Probleme einstellen kann. Ein wesentlich erreichbareres Ziel ist es, **Algorithmen** zu entwickeln, die ganz bestimmte Aufgaben lösen, wie zum Beispiel Schach spielen, Katzen in Videos erkennen oder auf Nachfrage das Wetter checken (Vowinkel 2017: 90, Lenzen 2018: 31ff, Specht 2018: 222). Diese Algorithmen lassen sich unter dem Begriff der **schwachen KI** fassen (Die Bundesregierung 2018: 4-5). Algorithmen sind programmierte Vorschriften, welche KI-Systeme zur Lösungen eines Problems automatisch befolgen (Lenzen 2018: 43). Die Forschung an schwacher KI ist wesentlich fortgeschrittener als jene an starker KI. Schwache KI betrifft unseren Alltag bereits heute in vielen Bereichen. Diese Art der KI ist sich der Gründe nicht bewusst, warum sie etwas tut. Sie löst lediglich automatisiert spezifische Probleme. Für die Energiewende spielt diese schwache KI eine Rolle. Wir legen sie daher für unsere weiteren Ausführungen zugrunde.

Befähigung zur selbstständigen Problemlösung

Eine weitere häufig in der Literatur anzutreffende Definition sieht KI als „die Fähigkeit [von Maschinen], abstrakte Probleme zu lösen, zu lernen, sowie mit Unsicherheit und Wahrscheinlichkeiten umzugehen“ (Specht 2018: 222). Bei der Sprach- oder Bilderkennung nehmen KI-Systeme ihre Umgebung wahr und werten diese auf Basis ihres erworbenen Wissens aus. Um spezifische Situationen zu interpretieren, nutzt die KI bisherige Erfahrungen, Modelle und Regeln. Dabei lernt sie ständig dazu, passt Modelle an und wendet sie auf neue Situationen an (Fraunhofer-Allianz Big Data 2017: 6).

Um Maschinen zu entwerfen, die selbstständig Probleme lösen können, stützt sich die KI-Forschung auf die Informatik. Je nachdem, für welche Ziele und auf welche Weise eine solche Maschine entwickelt wird, kommen jedoch weitere Disziplinen hinzu. Versucht eine Forscherin beispielsweise, eine Maschine zu bauen, die in ähnlicher Weise wie das menschliche Gehirn Bilder verarbeiten kann, so stützt sie sich auf Erkenntnisse der Neurowissenschaften. Bei Sprachverarbeitungen ist die Sprachwissenschaft wesentlich. Sollen Maschinen selbstständig lernen, so kann die Psychologie helfen. Außerdem können spieltheoretische Überlegungen aus der Ökonomie eine Rolle spielen und philosophische Fragen wie jene, was überhaupt Bedeutung ist und wie Geist und Materie zusammenhängen (Lenzen 2018: 23).

Um Probleme selbstständig zu lösen, treffen Maschinen in erster Linie rationale Entscheidungen. Die ersten aufsehenerregenden Erfolge feierte KI dabei mit Programmen, die Spiele wie beispielsweise Schach besser beherrschen als der Mensch. Diese Programme beruhen darauf, dass sie zu bestimmten Spielzügen Entscheidungsbäume erstellen und nach bestimmten Kriterien die rationalste Lösung auswählen. Die größeren Erfolge feierte KI allerdings mit maschinellem Lernen und Deep Learning, was wir in den nächsten beiden Unterkapiteln genauer erläutern werden.

Werden KI-basierten Programmen Körper gegeben, durch die diese sich selbstständig in der Welt bewegen können, spricht man von **Robotern**. Die dazugehörige Fachrichtung nennt man **Robotik**. In der Robotik treten neue Herausforderungen zutage: Die Körper benötigen unter anderem Energie, ein „Gehirn“, mit dem sie denken können, sowie Wege, wie sie mit der Umwelt interagieren oder mit Menschen kommunizieren können (Lenzen 2018: 82).

2.2 Lernen durch Daten

Im Folgenden werden wir die beiden aus anwendungsorientierter Perspektive wichtigsten Unterkategorien der KI – das maschinelle Lernen und das Deep Learning – vorstellen und einen Überblick über ihre Funktionsweise geben. Deep Learning ist dabei eine spezielle Form des maschinellen Lernens.

Maschinelles Lernen

Wenn ein Algorithmus nicht nur immer wieder auf dieselbe Weise sein Programm durchläuft, sondern auf der Grundlage von zunehmender Erfahrung beziehungsweise der Auswertung von immer mehr Daten Entscheidungen findet, spricht man vom **maschinellen Lernen** (Lenzen 2018: S. 50). Menschen entwickeln intelligentes Verhalten durch Lernen. Daher wird gemeinhin von einer starken Verbindung zwischen den Fähigkeiten des Lernens und der Intelligenz ausgegangen (Beierle/Kern-Isberner 2014: 98).

Maschinelles Lernen bietet die Möglichkeit, auf klar definierte Ziele hin zu lernen. Forschende programmieren Algorithmen dabei so, dass sie anhand von Daten lernen können. Ein künstliches System kann so eigens erworbene Erfahrungen verarbeiten, sie verallgemeinern und auf die Zukunft schließen (Lenzen 2018: 49, Alpaydin 2008: 1 f.). Dies ist einer der wesentlichen Gründe, aus denen KI so interessant für die Energiewende ist: Prognosen können wesentlich präziser getroffen werden als dies bisher möglich war (vgl. FVEE 2016, S. 41-46).

Wenn die gesammelten Daten unter Rahmenbedingungen erhoben wurden, die so oder so ähnlich mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auch in der Zukunft vorliegen werden, so verbessert dies die Prognosen. Jedoch ist es Systemen auch möglich, sich an Veränderungen ihrer Umwelt anzupassen, sodass sie nicht für sämtliche Aufgabenbereiche neu programmiert werden müssen (Alpaydin 2008: 2).

Maschinelles Lernen stellt heute die meistverbreitete Art der KI dar. Forschende haben durch sie beziehungsweise eine ihrer Unterkategorien, das Deep Learning, die größten Erfolge erzielt. So arbeiten auch die bekanntesten Anwendungen von KI mit Deep Learning, wie zum Beispiel die Spracherkennungssysteme von Apple und Amazon, Siri und Alexa.

Auch für die Zukunft wird dieser Variante der KI großes Potenzial prognostiziert. So bezeichnet der Direktor des Center for Data Science der New York University, Yann LeCun, Deep Learning als einen „Sprung nach vorn“. Für den renommierten Informatiker Geoffrey Hinton ist Deep Learning „wie zehn Durchbrüche auf einmal“. Und der IT-Experte der Berkeley-Universität, Malik, ergänzt: „Eine Menge Leute werden auf den Deep-Learning-Zug aufspringen“³.

Zwar gibt es auch andere Arten des maschinellen Lernens, die zum Beispiel mit Analogien, Entscheidungsbäumen oder logikbasiert arbeiten. Jedoch spielen diese eine insgesamt eher untergeordnete Rolle (vgl. Lenzen 2018, S. 51f.). Auch sind sie im Bereich der Energiewende weniger von Bedeutung, sodass der Fokus dieser Arbeit auf dem Deep Learning liegt.

Deep Learning

Deep Learning ist maschinelles Lernen durch sogenannte künstlich neuronale Netze (kurz KNN). Wie diese aufgebaut sind und funktionieren, wird in Kapitel 2.3 erläutert. Fest steht jedenfalls: Selbst sehr komplexe Gebilde auf Basis von "wenn x, dann y"-Regeln können keine Programme entwickeln, die erfolgreich Sprache verstehen, Objekte auf Bildern erkennen oder selbstständig Auto fahren können. Um solche Herausforderungen meistern zu können, sind Programme nötig, die aus Erfahrung lernen, also Muster und Gesetzmäßigkeiten in Lerndaten erkennen, um diese auf unbekannte Daten anzuwenden (Specht 2018: 225 f.). Diese Aufgaben übernimmt das Deep Learning.

Die Grundlage jeder Entscheidung beziehungsweise jedes Lernprozesses durch KI stellen Daten dar. Metaphorisch gesprochen sind Daten für KI-Programme der Zugang zur Welt. Um das Verfahren ergiebig zu gestalten, ist maschinelles Lernen auf eine hohe Quantität von Informationen angewiesen (Jones 2014). Erst mit voranschreitender Digitalisierung war die Datengrundlage vorhanden, damit Maschinen selbstständig lernen konnten. Hinzu kommt der Bedarf an hohen Rechenleistungen (ebd.).

Bei maschinellem Lernen suchen Programme in einer enorm großen Zahl an Daten Muster, Regelmäßigkeiten und Korrelationen. In einer ersten Phase erhalten die KI-Systeme Lerndaten. **Künstliche neuronale Netze** analysieren diese und erstellen Modelle, die zum Beispiel besagen, dass es sich um einen Vogel handelt, wenn ein bestimmtes Muster im Bild auftritt (Lenzen 2018: 50 ff.). Ein anderes denkbare Modell könnte in Form eines Entscheidungsbaumes vorliegen, der rationale Entscheidungen unter bestimmten Voraussetzungen abbildet (ebd.).

In einer zweiten Phase können die Modelle dann auf neue Daten angewandt werden. Das System bestimmt dann zum Beispiel, ob auf einem Bild ein Vogel ist. Oder es trifft eine rationale Entscheidung oder gibt eine Prognose ab (siehe **Abbildung 3**).

³ Alle drei Aussagen sind zitiert nach Jones 2014.

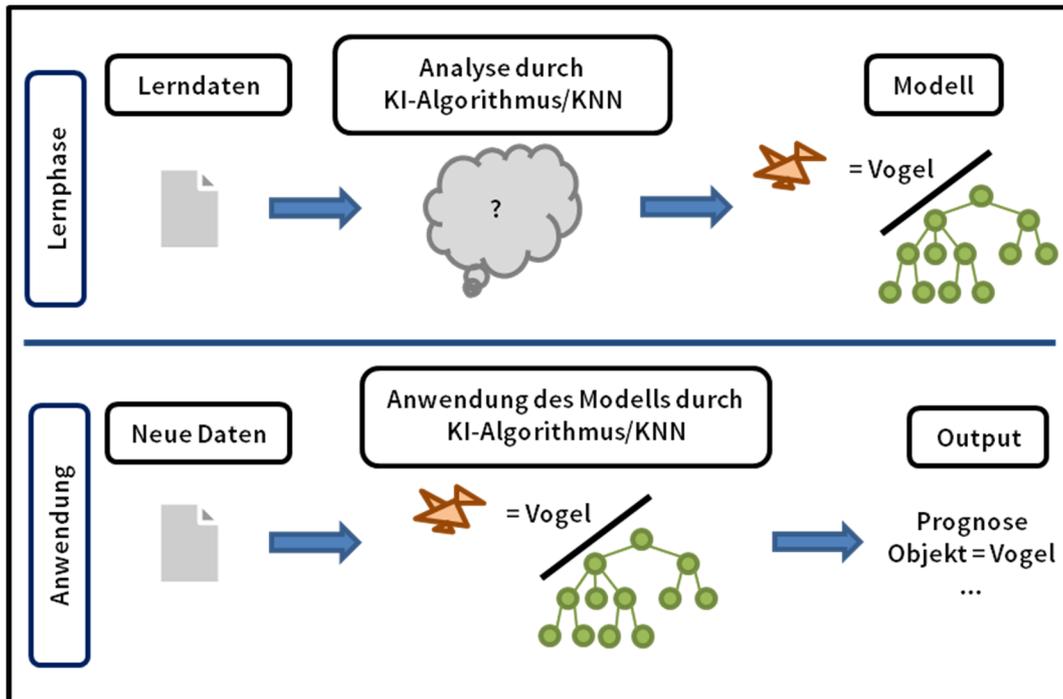


Abbildung 3: Beim Deep Learning lernt die KI, Muster zu erkennen, auf deren Basis sie dann Prognosen abgeben kann.⁴

Die Datenmengen müssen hinreichend groß sein, da sonst nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Programm falsche beziehungsweise nur zufällige Zusammenhänge findet. Je mehr Daten vorhanden sind, desto zuverlässiger können Programme Entscheidungen treffen und sich selbst verbessern (Lenzen 2018: S. 60 ff.). Dies erklärt, warum der Wert von allgemeinen und personenbezogenen Daten in den vergangenen Jahren so rasant gestiegen ist (ebd.: S.161 f.).

Zudem ist die Qualität der Daten entscheidend, da die Ergebnisse der KI-Systeme immer von den Daten abhängen, mit denen sie zuvor trainiert wurden (Lenzen 2018: 60 f.). Ein Beispiel: Forschende fütterten ein Programm, das militärische Fahrzeuge auf Satellitenbildern erkennen sollte, mit zwei Arten von Fotos: solche mit militärischen Fahrzeugen und solche ohne. Leider wurden erstere an sonnigen und letztere an bewölkten Tagen aufgenommen, sodass das Programm nur erlernte, sonnige von bewölkten Tagen zu unterscheiden (ebd.: 58). Auf diese Herausforderung werden wir in Kapitel 4.4 noch einmal eingehen, da sich hieraus erhebliche soziale Risiken von KI ergeben können.

Drei verschiedene Lernformen

Weiterhin kann maschinelles Lernen in drei Lernformen eingeteilt werden: überwachtes, unüberwachtes oder Verstärkungslernen (Lenzen 2018: 50 ff.). Beim **überwachten Lernen** sind die Lerndateien bereits kategorisiert. Beispielsweise ist ein Bild, auf dem eine Katze zu sehen ist, mit der Kategorie Katze versehen. Nachdem das KI-System versucht hat, das Bild eigenständig zu kategorisieren, bekommt es Feedback. Durch dieses Feedback lernt es irgendwann, auf welche Merkmale es achten muss, um ein richtiges Ergebnis zu erzielen. Wie in dem Beispiel mit den Satellitenbildern kann es aber bei schlechten Daten auch zu Fehlern kommen (ebd.: 50-51).

Beim **unüberwachten Lernen** sind die Dateien nicht kategorisiert. Deswegen wirkt diese Methode zunächst weniger ergiebig. Es konnten jedoch auch hier Erfolge erzielt werden: In einem Projekt von Google erkannte ein Programm Katzen auf Bildern und in Videos, obwohl ihm kein Feedback über

⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

kategorisierte Probedaten gegeben wurde (Jones 2014). Dies zeigte, dass Verfahren des maschinellen Lernens in der Lage sind, auch ohne Zugabe von Feedback selbstständig zu lernen. Dem Programm wurden dabei zehn Millionen Standbilder von Youtube zur Verfügung gestellt. Das Programm erkannte selbstständig wiederkehrende Muster auf den Bildern. Nach drei Tagen konnte es Katzen, menschliche Gesichter und andere Objekte erkennen (ebd.).

Das **Verstärkungslernen** ist in erster Linie dazu da, dass Programme, Spiele oder Roboter Handlungsabläufe lernen. Das KI-System probiert Handlungen aus und bekommt Rückmeldung darüber, ob es seine Aufgabe erfüllt hat. Das KI-System passt sein Verhalten dann immer weiter so an, dass es immer mehr positive Rückmeldung bekommt (Lenzen 2018: S. 51).

Wie wir im Folgenden sehen werden, findet in der Energiewirtschaft in erster Linie das überwachte Lernen Anwendung.

2.3 Künstliche neuronale Netze: Aufbau und Arbeitsweise

Während die vorangegangenen Ausführungen die Relevanz des Deep Learning für die Praxis verdeutlicht haben, geht es im folgenden Kapitel darum, jenes Lernen durch künstliche neuronale Netze näher zu beschreiben. Dabei liegt der Fokus auf dem Aufbau und der Arbeitsweise dieses Verfahrens.

Wie wir erläutert haben, ist **Deep Learning** (in Deutsch etwa *tiefgehendes Lernen*) ein Teilbereich des maschinellen Lernens, wobei die Datenmengen durch **künstliche neuronale Netze** (KNN) analysiert werden. Anders formuliert, ist Deep Learning maschinelles Lernen durch die Nutzung von KNN. Aufbau und Arbeitsweise der KNN orientieren sich am menschlichen Gehirn. KNN simulieren ein dicht verwobenes Netz aus Nervenzellen: „Wie ihr natürliches Vorbild lernen sie aus der Erfahrung, indem sie die Stärke der simulierten Neuronenverbindungen passgenau verändern“ (Jones 2014).

Wie genau funktioniert also das Lernen mit KNN? Die KNN sind in verschiedene Schichten eingeteilt, deren Grundlage künstliche Neuronen darstellen. Diese wiederum sind eine Analogie zu den Nervenzellen des menschlichen Gehirns und bilden in formal-mathematischer Form Neuronen und deren entsprechende Aktivität ab (Lenzen 2018: 53, Jones 2014).

Zwischen den einzelnen Neuronen bestehen Verknüpfungen mit unterschiedlich starken Gewichtungen. Diese werden im Laufe des Lernprozesses immer wieder verändert. Bestätigt sich beispielsweise ein Ergebnis, wird die Verbindung zwischen gleichzeitig aktiven Neuronen verstärkt. Bestätigt sich ein Ergebnis nicht, so wird die Verbindung verringert. Dabei trifft kein Neuron allein die Entscheidung, ob ein bestimmter Sachverhalt vorliegt oder nicht. Das Netz entscheidet als Ganzes (Lenzen 2018: S. 53 f.).

Das automatische Verbinden der Neuronen stellt das Lernen des Systems dar: Durch einen Lernalgorithmus werden die Verbindungen zwischen den künstlichen Neuronen automatisch verändert, bis zuverlässig das richtige Ergebnis erreicht wird (ebd.).

Das Lernen durch KNN zeichnet sich ferner dadurch aus, dass es immer eine sogenannte Input-Schicht zur Aufnahme von Daten und eine Output-Schicht zur Ausgabe von Erkenntnissen gibt. Zwischen diesen befindet sich, je nach Aufgabe, eine beliebige Anzahl an weiteren Schichten, ausgestattet mit künstlichen Neuronen. Die Anzahl an Schichten liegt teilweise in einem beachtlichen Bereich von über einhundert und bestimmt damit letztlich die Tiefe des KNN (ebd.: S. 54, siehe **Abbildung 4**).

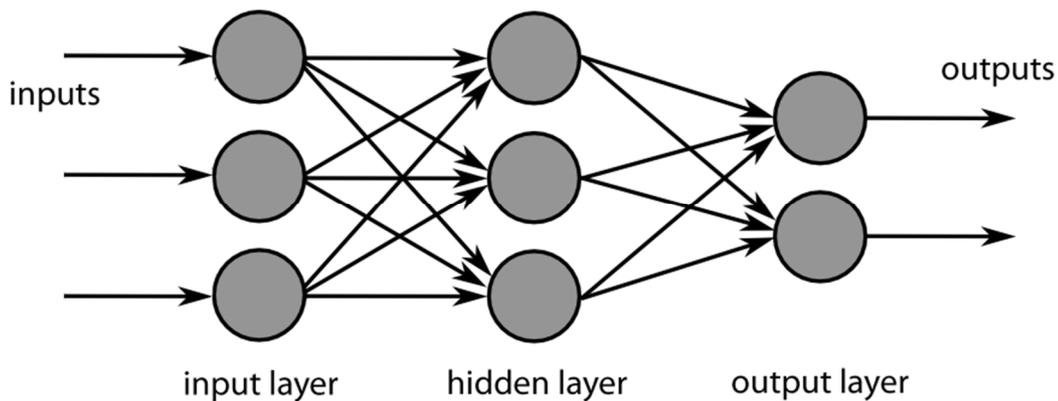


Abbildung 4: Künstliche neuronale Netze simulieren ein dicht verwobenes Netz aus Nervenzellen.⁵

Die Breite des KNN wird dagegen durch die Neuronen-Dichte je Schicht bestimmt (ebd.). Für eine effiziente Arbeitsweise der KNN muss die Relation von Tiefe und Breite gut gewählt werden (vgl. ebd.). Grundsätzlich gilt aber: Je höher die Anzahl an Schichten und Neuronen, desto präziser können auch hoch komplexe Situationen analysiert werden (Litzel 2017).

Wir geben ein Beispiel zur Illustration der Funktionsweise von KNN: Angenommen, es soll ein Bild analysiert und ein Vogel darauf erkannt werden. Dann beginnen die Einheiten der ersten Schicht, die verschiedenen Helligkeiten des Bildes/der Pixel zu erfassen. Im nächsten Schritt unterscheidet die zweite Schicht zwischen horizontalen und vertikalen Linien. In weiteren Schichten ist das System in der Lage, komplexere Muster zu identifizieren. Ab einem bestimmten Punkt kann das System dann erkennen, dass ein Muster einem bestimmten Merkmal entspricht. Es kann so ein Objekt identifizieren (siehe **Abbildung 5**).

Zum Beispiel erkennt es einen auf eine bestimmte Art geformten Schnabel, Flügel und Füße und folgert, dass es sich auf dem Bild um einen Vogel handeln muss (Lenzen 2018: 57, Jones 2014). Beim Deep Learning arbeitet das Programm also selbstständig, sprich ohne menschliches Eingreifen. Das bedeutet, dass die erkannten Muster und Modelle nicht einprogrammiert, sondern selbstständig extrahiert werden.

Das System kann das Erlernte anschließend auf neue Daten anwenden, um auch dort Muster zu erkennen und Prognosen zu erstellen. Dieser Prozess wird in Abbildung 3 verdeutlicht. Durch die Verknüpfung bestehender Erkenntnisse mit neuen Informationen befindet sich das System in einem ständigen Lernprozess. Hierdurch kann es kontinuierlich und eigenständig seine Ergebnisse überprüfen, sie gegebenenfalls modifizieren und sich so stetig verbessern (Litzel 2017).

Bisher haben wir das Phänomen KI und insbesondere den Arbeitsmechanismus der heute hauptsächlich verwendeten Verfahren erläutert: das Maschinelle Lernen und das Deep Learning. Im folgenden Kapitel beleuchten wir nun die Relevanz dieser kontrovers diskutierten Technologien für die Energiewende.

⁵ Quelle: Wikipedia 2010.

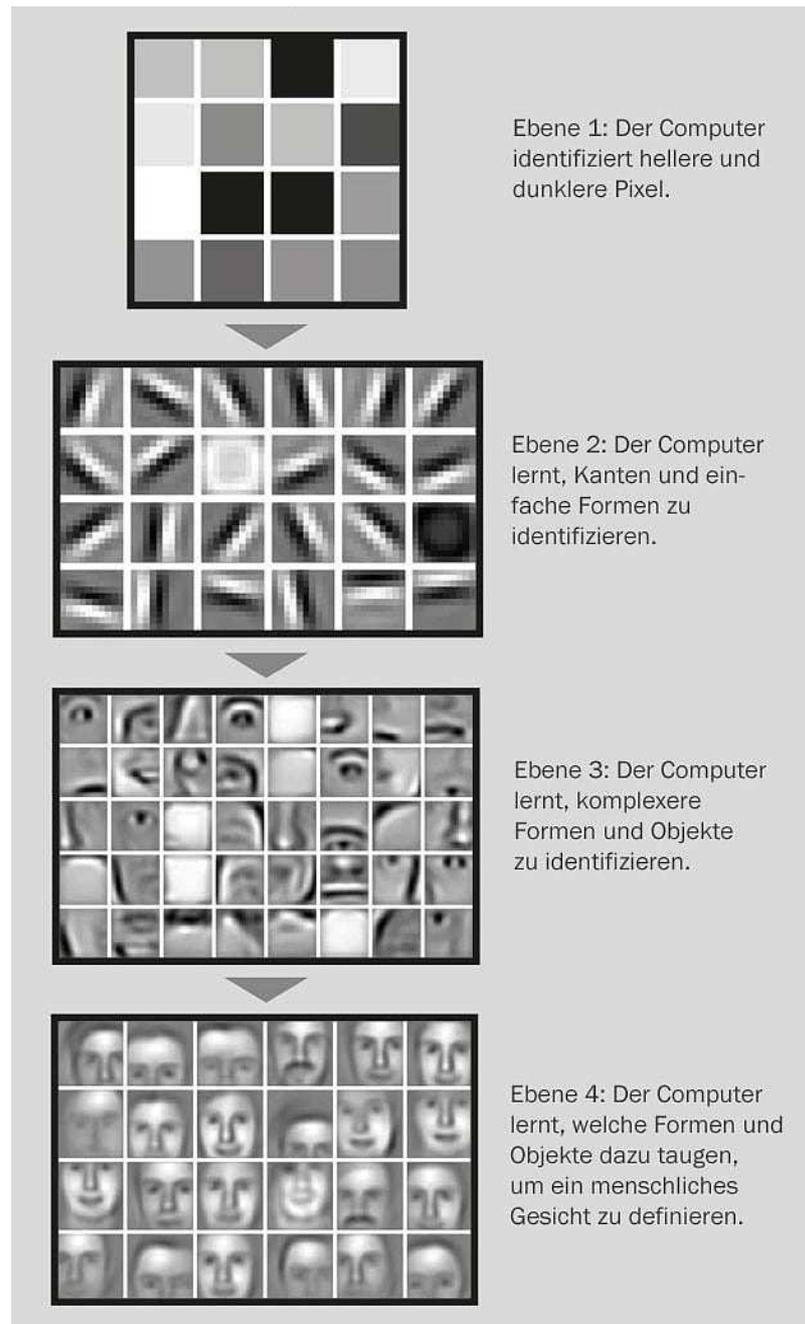


Abbildung 5: Die Gesichtserkennung eines Computers durch Deep Learning verläuft in mehreren Schritten.⁶

⁶ Quelle: Spektrum 2014.

3 Chancen für die Energiewende

Mit der Energiewende hat sich Deutschland für einen Übergang entschlossen von einem nuklear und fossil geprägten hin zu einem Energieversorgungssystem, das seinen Strom aus regenerativen Energiequellen bezieht. Der Ausbau der erneuerbaren Energien schreitet immer weiter voran: Lag der Anteil der erneuerbaren Energien am deutschen Strommix im Jahr 2000 noch bei etwa sechs Prozent, so liegt er mittlerweile bei über vierzig Prozent (Stand 2018) (BMWi 2019).

Doch der Ausbau erneuerbarer Energien geht mit Herausforderungen einher. So ist ein breit gefächertes Energieversorgungssystem aus vielen verschiedenen kleinen und großen Erzeugungsanlagen entstanden. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl an Produzent*innen von Strom durch erneuerbare Energien, sodass sich die Energieversorgung als zunehmend dezentral charakterisieren lässt.

Außerdem hat das Wetter einen maßgeblichen Einfluss auf die Stromproduktion aus Wind und Sonnenstrahlung. Das erfordert eine höhere Flexibilität im Stromsystem: räumlich (Stromnetze), zeitlich (Speicher, Nachfragemanagement) und über die Sektoren hinweg (Strom, Industrie, Wärme, Verkehr). Dafür müssen unter anderem Industrie, Gewerbe und Haushalte ihren Verbrauch flexibler an das Angebot von Strom aus Wind und Sonne anpassen. Erneuerbarer Strom muss zudem zur Grundlage von Mobilität, Wärme, Gas und Kraftstoffen werden. Schlagwörter hierfür sind „Sektorenintegration“ und „Elektrifizierung“.

Ein System, das all diese Anforderungen erfüllt, ist komplex. Um ein solches System zu koordinieren, müssen Daten über die Erzeugung von erneuerbarem Strom, über seinen Transport, seine Speicherung, den Strombedarf und insbesondere auch die Sektorenintegration schnell erfasst und vollautomatisch verarbeitet werden. Mithilfe von Wetterdaten sagen Forscher*innen zudem die Erzeugungsleistung erneuerbarer Energien deutlich besser vorher. **Abbildung 6** illustriert dies.

In diesem Kapitel werden wir erläutern, inwiefern KI im komplexen Themenfeld Energiewende bereits zur Anwendung kommt und Chancen bietet, die Energiewende weiter voranzutreiben.

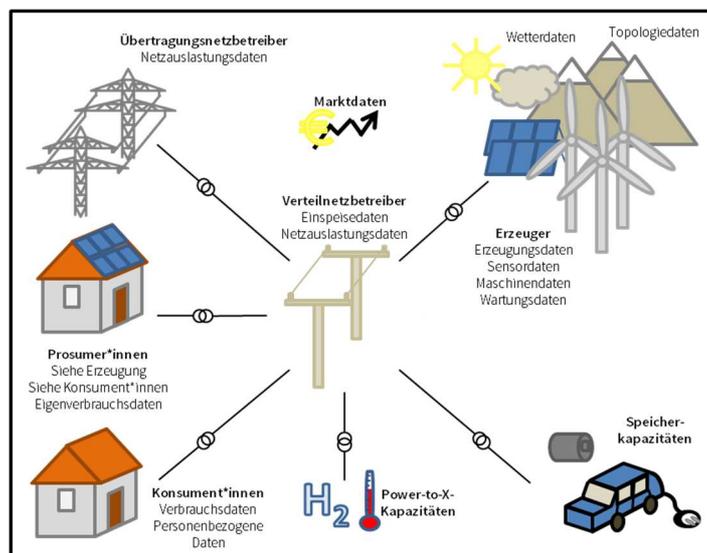


Abbildung 6: Im Energiesystem fallen viele Daten an, die es zu nutzen gilt, um möglichst viele Erneuerbare Energien ins Netz zu bringen.⁷

⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

3.1 Erzeugung

„Um ein Stromversorgungssystem mit sehr großen Anteilen wetterabhängiger Erzeuger sicher betreiben zu können, muss man den primären Antrieb – das Wetter – nicht nur global, sondern auch regional sehr detailliert kennen und vorhersagen können.“

(Fraunhofer IEE 2013)

Lang- und Kurzzeitprognosen durch KI

Durch KI entwickelte exakte Prognosen spielen in zweifacher Hinsicht eine wichtige Rolle für die Erzeugung von Strom:

Zum einen kann durch Langzeitprognosen besser abgeschätzt werden, in welchen Regionen es sich grundsätzlich eher lohnt, Wind- oder Sonnenkraftanlagen zu betreiben. Durch KI können genauere Langzeitprognosen zur Erzeugung auch in Gebieten abgegeben werden, in denen dies traditionell schwierig war, zum Beispiel aufgrund häufiger Wetterumschwünge: Wie viel Strom kann eine Solaranlage trotz zeitweise auftretenden Nebels oder Schnees produzieren? Wie viel Strom liefert eine Windkraftanlage bei sich schnell drehender Windrichtung?

Darüber hinaus kann KI die langfristige Nachfrage nach Strom prognostizieren und die Erzeugung und den Wert des Stroms zu einem bestimmten Zeitpunkt zueinander in Beziehung setzen. KI-Systeme können so das Investitionsrisiko von erneuerbaren Energien minimieren (Sehnke et al. 2016: 41 f.).

Zum anderen kann KI genauere Kurzzeit-Prognosen zur Erzeugung von Anlagen geben. Deep Learning kann Kameraaufnahmen oder Satellitenbilder von Wolken analysieren. Zudem kann die KI Dichte und Geschwindigkeit der Wolken berechnen. So kann sie genauere Prognosen abgeben, wie stark die Sonne zu einem bestimmten Zeitpunkt auf eine bestimmte Solaranlage scheint (ebd.: 45).

KI kann weiterhin die Stromproduktion pro Windanlage verbessern. Sie kann Wetterdaten, vor allem Windrichtung und –geschwindigkeit, mit Daten über den Zustand verschiedener Anlagen und des Netzes kombinieren und so die Ausbeute der Anlagen optimieren (McKinsey 2017: 48).

Effiziente Wartung von Energieanlagen

Insbesondere im Bereich der Instandhaltung und Wartung von Anlagen bieten KI-Systeme großes Potenzial für die Energiewirtschaft. So können sie zeitnah Irregularitäten wie alterungsbedingten Verschleiß, Systemfehler und daraus resultierende Ertragsverluste erkennen.

Zur Verdeutlichung ein Beispiel: Windkraftanlagen werden mit Sensoren ausgestattet, die an verschiedenen Punkten der Anlage Daten über ihren Zustand sammeln. KI-Systeme können diese Sensordaten sowie Daten aus vergangenen Wartungen der Anlage so analysieren, dass sie Abweichungen vom Normalzustand schneller erkennen und Fehler klarer verorten. Dabei können KI-Systeme durch unüberwachtes Lernen selbstständig verstehen, was das Normalverhalten der Anlage ist. Die KI benötigt also kein vorheriges Wissen über die Anlage und keine vorher bereits analysierten Daten, um ein Modell zum Normalverhalten der Anlage zu erstellen.

Anschließend kann das KI-System die Anlage durch einen Vergleich mit dem selbst erlernten Modell in Echtzeit überwachen und Probleme frühzeitig erkennen und lokalisieren (Fraunhofer IOSB o.J.: 3). Die KI kann dann automatisiert über zu ergreifende Maßnahmen entscheiden, um die Anlage instand zu halten. Der Einsatz von KI steigert hierbei nicht nur die Analysequalität. Er sorgt auch für schnellere Reaktionen auf Herausforderungen (BDI 2018: 7).

Digital Twins

Ein noch junges Konzept, das unter anderem beim Warten von Anlagen eine zentrale Rolle spielt, ist das Modell der „digital twins“. **Digital Twins** – also digitale Zwillinge – sind „virtuelle Abbilder von physischen Objekten oder Systemen“ (Deloitte 2017, S. 5), die letztlich eine Verknüpfung zwischen dem realen und dem digitalen Raum schaffen (Grösser o.J.). Ein solcher digitaler Zwilling kann über installierte Sensoren eine große Menge an Echtzeitdaten eines Objekts – zum Beispiel einer Windkraftanlage und ihres Umfelds – erfassen, verarbeiten und interpretieren (vgl. ebd.).

Digital Twins nutzen bei der Auswertung von Daten meist KI, konkret: maschinelles Lernen. Beispielsweise können sie mit Echtzeitdaten zur Auslastung einer Windturbine auch Verhaltensprognosen für verschiedene Wettersituationen erstellen. Bei aufkommenden Stürmen könnte die KI dann rechtzeitig zu dem Schluss kommen, eine Anlage abzuschalten (Krauss 2019). Digital Twins können verschiedene Szenarien virtuell testen, bevor sie Realität werden. Dadurch können Prozesse im Vorhinein optimiert und Risiken besser abgeschätzt werden.

Ein Digital Twin gibt ferner durch die permanente Überwachung realer Objekte und Systeme Auskunft über deren Zustand und Verhalten in Echtzeit. Dadurch kann er eine vorausschauende Wartung von Energieanlagen – sogenannte Predictive Maintenance – gewährleisten (VDMA 2017:17).

GE Renewables nutzt das Modell des digitalen Zwillings im Rahmen der sogenannten „digital wind farm“ für einen gesamten Windpark. Dadurch kann eine einzelne Windturbine mit anderen Anlagen des Parks verglichen werden. Dies optimiert die Wartung weiter und steigert die Erträge. Der Konzern geht von Effizienzgewinnen von bis zu 20 Prozent durch den Digital Twin aus (GE Renewable Energy o.J.).

Vermeidung von Ertragsausfällen aufgrund von Kälte

Erneuerbare Energien-Anlagen sind das gesamte Jahr über unterschiedlichsten Wettersituationen ausgesetzt, die nicht nur für Fluktuationen in den Erträgen sorgen, sondern mitunter auch zu Komplettausfällen führen, zum Beispiel durch Vereisung an Rotorblättern. Derzeit geben die in den einzelnen Windanlagen integrierten Eissensoren Signale, wenn sich Eis bildet. Infolge dessen werden zum Beispiel Gebläse in den Rotorblättern aktiviert, die heiße Luft ausströmen. Das Eis ist jedoch zu diesem Zeitpunkt bereits entstanden und führt zu Ineffizienzen.

Die Universität Bremen setzt mit einem Forschungsprojekt an dieser Stelle an. Sie will die Wahrscheinlichkeit einer Vereisung für einzelne Anlagen individuell prognostizieren. Dadurch könnten die Anlagenbetreiber Heizungen hochfahren, noch bevor es zur Eisbildung kommt. Dies soll Ausfallrisiken, Schäden und Kosten durch den Einsatz von Personal minimieren.

Der Kooperationspartner „wpd windmanager“ hat seit zwanzig Jahren Sensordaten von ca. 3000 Windenergieanlagen zusammengetragen. Diese Daten werden mit Wetter- und Temperaturdaten kombiniert. Die KI, speziell KNN, kann so erkennen, wann und warum Anlagen einzufrieren drohen.

Das Forschungsprojekt will bis 2021 einen Prototyp entwickeln. Dieser könnte dann die Software zur Betriebsführung eines Windparks ergänzen. Der Projektleiter hält es auch für sinnvoll, dass sich mehrere Windparks gegenseitig vor anstehenden Kältezeiten warnen (Raveling 2018a).

Beispiele für KI-Roboter

Bei der Wartung von Anlagen bietet auch das Feld der Robotik zukunftsweisende Perspektiven. So entwickelt beispielsweise das Bremer Institut für Forschung und Logistik (BIBA) KI-basierte Roboterdrohnen, die Windräder kontrollieren sollen. Bisher überprüfen Industriekletter*innen regelmä-

ßig die Rotorblätter und Blitzschutzvorrichtungen. Die Roboterdrohnen hingegen benötigen weniger Zeit. Zudem muss die Anlage nicht abgeschaltet werden und kann daher weiter Erträge generieren (**Abbildung 7**).

Ausgestattet mit Kameras, Laserscannern und Lagesensoren soll die Drohne Daten selbstständig sammeln und auswerten und schnell Störungen erkennen. Ziel ist „eine hundertprozentige Identifizierung von Schäden“, so die Forscher*innen. Entscheidend sind hier mit KNN arbeitende Algorithmen zur Auswertung von Bildern (Raveling 2018b).



Abbildung 7: Wartung von Anlagen durch Roboter: Ausgestattet mit Kameras, Laserscannern und Lagesensoren sammelt die Drohne Daten, wertet sie aus und erkennt Störungen.⁸

Wissenschaftler*innen des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI), des Brazilian Institute of Robotics (BIR) und des Unternehmens Shell haben ein autonomes Unterwasserfahrzeug entwickelt. Diese Technologie soll zukünftig Offshore-Windanlagen überprüfen.

Das Fahrzeug ist mit intelligenter Software ausgestattet, die sich auch in unbekanntem Gewässern einer Tiefe von bis zu 300 Metern zurechtfindet. Ausgerüstet mit visuellen und akustischen Sensoren nimmt es sämtliche Daten über den Betriebszustand einer Anlage auf. Es kehrt nach durchgeführter Inspektion in eine sich unter Wasser befindende Docking-Station zurück. Hier werden einerseits die Akkus geladen. Andererseits überträgt das Fahrzeug die aufgezeichneten und mit KI ausgewerteten optisch-akustischen Daten an die jeweiligen Nutzer*innen (vgl. DFKI-Bremen).

Das Unterwasserfahrzeug kann zudem so trainiert werden, dass es Systemfehler und Anomalien der Offshore-Anlage schon bei der Inspektion feststellt und diese noch sehr viel genauer dokumentiert als den Rest der Anlage. In einem nächsten Schritt könnte der KI-gestützte Roboter den Schaden idealerweise noch direkt unter Wasser beheben. So kann der sonst sehr aufwändige und zeitintensive Prozess erheblich erleichtert und effizienter durchgeführt werden (Tautz 2016).

Der Bundesverband WindEnergie e.V. schätzt die Kosten für Service und Wartung von Offshore-Anlagen auf bis zu 25 Prozent der Gesamtkosten dieser Anlagen (BIBA 2017). Durch Einsatz der KI lassen sich diese Kosten erheblich reduzieren (ebd.). Dies könnte sich letztlich positiv auf den Strompreis auswirken und Verbraucher*innen zugutekommen.

⁸ Quelle: BIBA 2018.

Potenziale bei der Stromgewinnung und für die Akzeptanz

„Der Windpark der Zukunft lernt fliegen“ (Dunkl 2018). So könnte man das Projekt des brandenburgischen Unternehmens Enerkite in eine Phrase bringen. Winde blasen in steigender Höhe stärker. Während klassische Windräder Wind in einer Höhe von durchschnittlich 200 Metern abgreifen, führt Wind in 300-400 Metern Höhe zu ergiebigeren und verlässlicheren Erträgen.

Eine Steigerung der Windgeschwindigkeit um das Doppelte liefert etwa achtmal so hohe Erträge. Aus diesem Grund entwickelt Enerkite Drohnen beziehungsweise leichte Flugkörper, die in diese Höhe fliegen, um dort Wind abzugreifen (ebd.).

Dabei erinnern die autonomen Flugkörper stark an Drachen. Über ein Seil sind sie an eine Generatorwinde gekoppelt. Beim Abheben ziehen sie an dem Seil, wodurch die Winde angetrieben wird. Gesteuert wird der Leichtkörper über zwei Seile, Software und Sensoren (Oltmann, o.J.).

KI-Systeme könnten hier zukünftig Flugrouten der Windenergiedrachen planen, Gefahren der Kollision mit Flugzeugen oder Vögeln minimieren und die optimale Flughöhe identifizieren, zum Beispiel damit die Flugkörper nicht vereisen (vgl. Dunkl 2018). Ein weiterer Vorteil der Drohnen im Vergleich zu herkömmlichen Windanlagen ist die Einsparung großer Mengen an Material (ebd.).

KI bietet weiterhin Chancen, Klima- und Artenschutz in Einklang zu bringen. Der in Baden-Württemberg betriebene Bürgerwindpark Hohenlohe arbeitet seit März 2018 an einem intelligenten Monitoringsystem für Windkraftanlagen. Das „BirdVision“ genannte System erkennt mit Hilfe von speziellen Kamerasystemen und der Deep Learning-Technologie Vogelarten im Umkreis von Windkraftanlagen.

Es analysiert deren jeweilige Flugroute und erkennt Gefahren eines Zusammenstoßes frühzeitig. Gegebenenfalls kann es dann Windturbinen abschalten oder die Drehzahl reduzieren, bis der gefährdete Vogel wieder außer Reichweite ist (Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH). Damit könnte die Energiewende an Rückhalt in der Bevölkerung gewinnen, insbesondere bei Naturschützer*innen.

3.2 Vertrieb

Auch im Hinblick auf Energiemärkte kann KI eine Hilfe sein. Vertriebe müssen den Verbrauch im sogenannten **Day-Ahead-Markt** möglichst genau abschätzen können, also dem Markt, auf dem der Stromhandel für den nächsten Tag erfolgt. Die aus dieser Abschätzung abgeleitete Einspeiseproggnose muss an die Übertragungsnetzbetreiber weitergegeben werden, damit diese ihre Lastflüsse berechnen können:

„Besonders interessant wäre eine Verbesserung der Prognosegüte auf dem Day-Ahead-Markt. Er würde dann weniger durch Risikoerwägungen bestimmt. Dies würde insbesondere dazu führen, dass die Netzflussberechnungen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) akkurater wären und die ÜNB mögliche Netzprobleme frühzeitiger erkennen können.“ (FVEE 2016: 42)

Wenn Anbieter und Nachfrager einen Tag später zu anderen Transaktionen kommen als auf dem Day-Ahead-Markt prognostiziert, so spricht man vom **Intraday-Markt**. Auf diesem Markt fallen zusätzliche Transaktionskosten an. Erzeuger können den kostenintensiven Intraday-Markt durch einen möglichst exakten Day-Ahead-Markt minimieren. Sie können darüber hinaus Echtzeitdaten nutzen, um im Intraday-Markt effizienter zu handeln (Jansen et al 2015: 34 f.).

Regelenergie ist Energie, die nötig ist, um die Frequenz der Übertragungsnetze bei fünfzig Hertz zu halten. Wenn mehr oder weniger Strom produziert als verbraucht wird, kommt Regelenergie zum

Einsatz. Durch den Handel mit Regelenergie soll sichergestellt werden, dass die für die Netze benötigten fünfzig Hertz garantiert bleiben. Dies kann durch den Ankauf von Energie (positive Regelenergie) oder die Abschaltung überschüssiger Erzeugung (negative Regelenergie) geschehen.

Auch die Abschaltung – oder „Abregelung“ – verursacht direkte Kosten, da der ÜNB den Anlagenbetreiber für den abgeregelten Strom entschädigen muss. Die Kosten, die durch die Regelenergie anfallen, geben die Übertragungsnetzbetreiber je nach Grund der Schwankungen an die Stromhändler oder die Verteilnetzbetreiber weiter.

Verteilnetzbetreiber holen sich diese Kosten über die Netzentgelte bei den Stromverbraucher*innen zurück. Die mit Strom handelnden Unternehmen hingegen haben ein größeres ökonomisches Interesse daran, dass keine Kosten durch Regelenergie entstehen, da sie am Markt um Stromkund*innen konkurrieren und ihre Preise möglichst geringhalten wollen. Würden sie die Kosten auf den Strompreis aufschlagen, würden sie ihre Marktposition im Vergleich zu mitbewerbenden Unternehmen verschlechtern. Höhere Netzentgelte, aber auch höhere Strompreise können die Akzeptanz der Energiewende bei Stromverbraucher*innen gefährden.

Eine verbesserte Prognosegüte durch KI kann weniger Regelenergie nötig machen. Dadurch sinken Netzentgelte und Strompreise, wodurch wiederum die Akzeptanz der Energiewende steigen dürfte.

Der Einsatz von KI, speziell Deep Learning, kann den Energiehandel insgesamt erheblich verbessern. Aus einer KI-gestützten Verarbeitung und Auswertung einer Vielzahl an Informationen resultieren exaktere Einspeiseprognosen. Mitunter lassen sich die Preisentwicklungen am Strommarkt besser vorhersagen. Dies erlaubt den Energiehandelsunternehmen eine optimierte Vermarktung von Strom zu geringeren Transaktionskosten an den ansonsten volatilen Day-Ahead- und Intraday-Märkten. In Zukunft könnten die verbesserten Vermarktungsstrategien auch autonom ausgeführt werden (Lernende Systeme o.J.).

Regelenergie sollte aber nicht nur vermieden werden, da damit direkte Kosten verbunden sind. Die flexible Erzeugung, die mit der Regelenergie einhergeht, kann bei weniger Regelenergiebedarf vielmehr verwendet werden, um Angebot und Nachfrage völlig unabhängig von Netzzuständen besser zusammen zu bringen (FVEE 2016: 42). Diese Koordination von Angebot und Nachfrage ist bei einer vom Wetter abhängigen erneuerbaren Energieerzeugung eine Kernherausforderung der Energiewende.

3.3 Endnutzung

KI-Systeme für Verbraucher*innen sollen in aller Regel nicht nur dazu dienen, dass diese Energie effizienter nutzen. Sie sollen auch zu mehr Komfort führen.

Ein Beispiel: Wird in einem öffentlichen Gebäude oder einem Büro an einem Tag aufgrund niedriger Temperaturen stark geheizt und steigt am nächsten Tag die Außentemperatur schlagartig, so kann es passieren, dass das Gebäude an diesem Tag unangenehm heiß ist. Dies deutet auf eine nicht-effiziente Nutzung der Heizungsanlage hin.

KI für effizientere Endnutzung

Um die Heizung beziehungsweise Klimatisierung energieeffizient zu regeln, müssen nicht nur die aktuelle Innen- und Außentemperatur gemessen werden. Auch Wetterprognosen, die Isolierung des Hauses, die Anzahl der sich in dem Gebäude aufhaltenden Personen und ihr Verhalten müssen berücksichtigt werden.

Verschiedene Unternehmen entwickeln derzeit KI-Systeme mit dem Ziel, Einsparpotenziale in Industrie, Unternehmen und Haushalten durch verbesserte Prognosen und unüberwachtes Lernen zu

heben. Einem Bonner Start-Up zufolge könnte KI die Energienutzung in Gebäuden in einer Größenordnung von zwanzig bis dreißig Prozent senken (Schaudwet 2018). Lokale Energieversorgungsunternehmen schätzen sogar, dass KI die von außen zugeführte Energie in ganzen Quartieren um über fünfzig Prozent senken kann, was mit einer CO₂-Reduktion in Höhe von sechzig Prozent beziffert wird (BDI 2018: 7).

Auch im Bereich des in Kapitel 3 erwähnten Demand-Side-Managements ergeben sich durch KI neue Chancen. Dabei ist zu differenzieren zwischen Privathaushalten und Unternehmen. Zunächst skizzieren wir den Einsatz von KI im Rahmen des DSM für Privathaushalte.

DSM durch KI in Haushalten

Seit 2016 ist der Einbau von Smart Metern, also intelligenten Stromzählern, in einigen Haushalten in Deutschland verpflichtend. Schon heute ermöglicht dies theoretisch eine Erfassung wesentlicher Stromverbrauchsdaten in Echtzeit. Durch KI-Algorithmen lassen sich nun auch der Stromverbrauch in naher Zukunft, das Wetter, das Stromangebot, der Aufenthalt von Personen zu bestimmten Zeiten in einem Gebäude oder die geeignete Form der Speicherung prognostizieren.

Der Austausch all dieser Informationen zwischen den relevanten Komponenten des Energiesystems ermöglicht die Anpassung der Energienachfrage an das Energieangebot (DSM). In der Praxis bedeutet dies, dass zum Beispiel Wärmepumpen dann anspringen, Elektrofahrzeuge dann laden oder Kühlschränke dann besonders herunterkühlen, wenn gerade viel günstiger Strom aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht.

KI kann in diesem Kontext automatisch Entscheidungen treffen, die zu mehr Effizienz und Kosteneinsparungen bei Verbraucher*innen führen. Weiterhin wäre die Einführung variabler Stromtarife von hoher Bedeutung, da sie Verbraucher*innen motivieren können, den Strom gerade dann zu beziehen, wenn er im Überfluss erhältlich ist (AEE 2018: 14). Bei der Ausgestaltung variabler Tarife könnten KI-basierte Prognosen zu Zuständen im Energiesystem eine entscheidende Rolle spielen.

KI kann zudem das Bedürfnis vieler Konsument*innen befriedigen, ihre eigenen Energienutzungen zu visualisieren (Meinel und Koppenhagen et al 2015: 4). KI kann die relevanten Daten automatisch auswerten, vergleichen, graphisch aufarbeiten und in einer App anzeigen. Ist in einem Haushalt ein Smart Meter eingebaut, so kann KI die Daten analysieren, die durch den Smart Meter in Echtzeit erhoben werden.

KI kann dabei so trainiert sein, dass sie anhand der Stromverbrauchsdaten erkennen kann, welche Geräte wann wie viel Strom verbrauchen. Dies ist möglich, da die unterschiedlichen Geräte auf unterschiedliche Weise Strom verbrauchen: So brauchen manche Geräte kontinuierlich Strom. Andere verbrauchen viel Strom, wenn sie eingeschaltet werden. Wiederum andere verbrauchen langsam ansteigend immer mehr etc.

Die Geräte benötigen also keine eigenen Sensoren, da KI die Stromverbräuche anhand der Stromdaten analysieren kann, die im Smart Meter anfallen. Dies könnte den für die Energiewende positiven Effekt haben, dass Konsument*innen Einsparpotenziale durch Verhaltensänderungen besser erkennen. Sie könnten außerdem sehen, welche Geräte im Stand-by-Modus viel verbrauchen und abgestellt werden sollten. In einem nächsten Schritt könnte die KI das Gerät selbstständig völlig vom Netz trennen, wenn es nicht benötigt wird.

Sprachassistenten für Privathaushalte

Einige Entwicklungen deuten darauf hin, dass KI im privaten Bereich zukünftig eine zunehmend große Rolle spielen könnte. Bereits heute lässt sich die Amazon-Sprachsoftware Alexa in ein **Smart Home** integrieren. Für etwa hundert Millionen US-Amerikaner ist die Nutzung der Software

bereits Alltag (Wadewitz 2019). Auch beim französischen Stromversorger EDF ist sie bereits erhältlich.

Mit ihr ist es möglich, über die Spracherkennung von Alexa sämtliche vernetzte, elektrische Geräte des intelligenten Zuhauses aufeinander abzustimmen. Sie können dann in Zukunft auch auf aktuelle Strompreise reagieren (ebd.). Strom könnte so effizienter genutzt werden. Das Stromnetz würde zu Spitzenzeiten entlastet.

Auch der deutsche Stromanbieter E.on hat die Sprachassistenten in sein Sortiment aufgenommen. Deutsche Konsument*innen können Alexa für diverse Serviceleistungen in Anspruch nehmen. Beispielsweise kann ein*e Konsument*in der Sprachsoftware den Zählerstand mitteilen. Die KI-gestützte Software vergleicht diesen daraufhin mit älteren Werten. Eine deutlich zu hohe Zahl würde der Software auffallen. Sie würde Konsument*innen dann bitten, die Zahl noch einmal zu überprüfen (vgl. E.on 2019). Weiterhin identifiziert die Software Tipps zum Stromsparen.

KI-Systeme nehmen so auch Einfluss auf die Art der Kommunikation zwischen Stromanbietern und Konsument*innen. Beispielsweise können **Chatbots** die Bedürfnisse von Konsument*innen identifizieren und sie auf dieser Basis dabei unterstützen, einen passenden Stromtarif auszuwählen. Weiterhin können Chatbots auf Energieeinsparmöglichkeiten hinweisen und bei auftretenden Problemen ein Ansprechpartner für die Konsument*innen sein, der jederzeit konsultierbar ist (Trappb 2018).

Außerdem können Chatbots oder die intelligente Zählerstandserkennung die Kommunikation zwischen Konsument*innen und Versorgungsunternehmen erleichtern. So könnten Konsument*innen – je nach Ausgestaltung der Maßnahmen – einfacher bestimmen, aus welchen Quellen sie ihren Strom beziehen (zum Beispiel kein Atomstrom, Strom direkt von der Nachbarin etc.).

Eingeschränkter Nutzen bei Privatpersonen

Damit der Einsatz von KI im Haushalt Sinn ergibt, müssen Haushaltsgeräte miteinander verbunden sein. Das System kann effizienter agieren, wenn es auch sensible personenbezogene Daten erhebt (wie zum Beispiel Aufenthaltsdaten von Personen oder Nutzungsdaten des Fernsehschwerers). Eine mithilfe von KI energetisch optimierte Wohnung kann sich auf die Gewohnheiten der Nutzer*innen einstellen.

Daher sind auch Daten aus sozialen Netzwerken attraktiv. KI-Systeme könnten Daten verschiedener Nutzer*innen vergleichen und so auf neue Begebenheiten reagieren (Lenzen 2018: 190). Zum Beispiel könnte das KI-System durch den Vergleich der Daten verschiedener Personen herausfinden, wie sich das Energiesystem im Haushalt ändert, wenn Lebenspartner*innen zusammenziehen.

Die Verarbeitung von Daten im Endnutzer*innenbereich birgt damit auch die größten Risiken in Bezug auf die Privatsphäre. Diese Problematik behandeln wir in Kapitel 4.1. Es ist daher in Zweifel zu ziehen, ob ein etwaiger Nutzen für die Energiewende solche Eingriffe rechtfertigt.

Privatpersonen können sich mal besser und mal weniger gut an die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien anpassen. So will man zum Beispiel eine Waschmaschine meist dann nutzen, wenn man danach auch die Wäsche aufhängen kann. Dies erschwert eine Anpassung an den Strommarkt.

Spülmaschinen oder Kühltruhen können jedoch recht einfach flexibilisiert werden. Kühltruhen könnten stärker als sonst kühlen, wenn gerade viel erneuerbarer Strom vorhanden ist. In Zeiten mit wenig erneuerbarem Strom könnten sie dann für eine Zeit lang abgestellt werden, ohne dass die Zieltemperatur überschritten wird.

Außerdem können sich Kühltruhe oder Kühlschrank durch KI besser Außentemperaturen anpassen. Letztlich können auch viele kleine Beiträge privater Haushalte in der Summe zu beträchtlichen Einspar- und Flexibilitätspotenzialen führen, die es zu nutzen gilt.

KI-Einsatz in Unternehmen

Für Unternehmen jedoch gestaltet sich das Demand-Side-Management weitaus einfacher und ist aus diversen Gründen attraktiv.

Unternehmen können durch KI ihre Stromkosten minimieren. Digitale Systeme ermöglichen eine Visualisierung aktueller und erwarteter zukünftiger Energienutzungen. Unternehmen können so herausfinden, welche Prozesse besonders energieintensiv sind. Hier bietet es sich dann an, Energieeffizienzmaßnahmen einzuleiten oder auf andere Technologien umzusteigen (Zimmermann und Hühgel 2019: 2). Mit Hilfe von KI könnten Entscheidungen dieser Art autonom getroffen werden.

Der Einsatz von KI bietet bei Unternehmen in weitaus größerem Umfang die Chance, stromintensive Produktionsmittel und Prozesse an die Verfügbarkeit erneuerbaren Stroms anzupassen. Wird reichlich Strom aus erneuerbaren Energien produziert und ist er dementsprechend günstig, so könnte sich zum Beispiel eine große industrielle Kühlanlage stärker herunterkühlen.

In der Industrie können zudem Flexibilitäten in Produktionsprozessen genutzt werden, wenn nicht so wichtig ist, wann genau ein Produkt fertig ist. Beispielsweise kann KI Maschinen und Prozesse zu unterschiedlichen Zeiten in Gang setzen, die Reihenfolge von Aufträgen variieren oder Pausen entsprechend planen.

In der deutschen Industrie soll das Potenzial für Lastverschiebungen bei rund 2,7 Gigawatt mit einer Kapazität von 800 Megawattstunden liegen. Rund dreißig Prozent dieses Potenzials liegen in der Automobil- sowie der metallverarbeitenden Industrie. Die Industrie kann in dieser Größenordnung erheblich zu einem flexibleren Energieverbrauch beitragen (EnEff: 2016).

Im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten, seit 2016 laufenden Forschungsprojekt „Phi Factory“ forschen die TU Darmstadt und vier große Unternehmen daran, Verteilnetze in einem von erneuerbaren Energien dominierten Energiesystem zu stabilisieren und dabei die Effizienz einer Fabrik zu erhöhen und Energiekosten einzusparen. Ziele sind eine flexible Fabrikführung und die Erschließung von DSM-Potenzialen (Phi Factory 2019).

In einem virtuellen Zwilling werden typische Prozesse der metallverarbeitenden Branche simuliert. Maschinen, Gebäudetechnik und Speichersysteme sind dabei energetisch vernetzt. Algorithmen des Maschinellen Lernens kommen zum Einsatz, etwa bei der Überwachung und Prognose von Energieflüssen, beim vorausschauenden Betrieb von Anlagen sowie bei der Auswertung verschiedener Daten mit dem Ziel, einzelne Prozesse zu optimieren (PHI Factory 2019).

Optimierte Abläufe

Jedoch kann KI nicht nur bei der flexiblen Inbetriebnahme von Maschinen entscheidend sein. Auch bei der optimalen Nutzung der Geräte kann KI helfen (Frauenhofer IOSB o.J.: 2). So wird zum Beispiel an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg (FAU) an KI im Bereich des elektrisch betriebenen Schienenverkehrs geforscht.

Ein Ziel ist dabei, eine möglichst energiesparende Fahrweise der Züge mit langen Ausrollphasen. Ein weiteres Ziel stellt die Koordination der Abfahrtszeiten der Züge dar, sodass die Spitzenlasten des Gesamtsystems minimiert werden. Die entwickelte Software kalkuliert hierfür die bestmöglichen Abfahrtszeitpunkte sowie die Geschwindigkeiten der jeweiligen Züge (E-Motion, o.J.).

Im Rahmen des Projekts „SmartEnergyHub“ wurde eine sensorbasierte Smart-Data-Plattform zum Zweck des optimierten Energiemanagements für kritische Infrastrukturen entwickelt. Statt der Betrachtung einzelner Anlagen und anschließender Optimierungsverfahren wird hier eine ganzheitliche Inspektion von sämtlichen energierelevanten Anlagen vorgenommen.

Mittels Sensoren und Zählern werden Echtzeitdaten diverser Anlagen erfasst und mit einer Vielzahl von externen Daten wie Wetter- und Preisprognosen an den Märkten ergänzt. Durch intelligente Algorithmen werden diese Daten dann ausgewertet, sodass Einsparpotenziale offengelegt und Prozesse optimiert werden (SmartEnergyHub o.J.).

Insgesamt kann Energie so effizient genutzt beziehungsweise gespart werden. Die Smart-Data-Plattform wurde mittlerweile am Flughafen Stuttgart getestet. Dieser profitiert vor allem von den prognosegestützten Betriebsoptimierungen, kontinuierlichen Überwachungen des Energiesystems des Flughafens, automatisierten Prozessen und gesunkenen Energiekosten (energy 4.0 2018).

Weiterhin können die Echtzeitdaten des Flughafen-internen Energiesystems auf verschiedenen Geräten aufgerufen werden. Auf Grundlage von Empfehlungen durch Algorithmen-gestützte Prognosen werden dann zum Beispiel Blockheizkraftwerke angesteuert (ebd.).

In der industriellen Produktion fallen jedoch lange nicht so viele Daten an, wie beispielsweise bei der Spracherkennung. Wie in Kapitel 2 vorgestellt, benötigt Deep Learning eine sehr große Menge an Daten. Dafür ist in der Industrie häufig Expert*innenwissen vorhanden.

KI und Expert*innenwissen

Das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) forscht daher in seinem Projekt „ML4P“ an Verfahren des maschinellen Lernens, die besser mit Expert*innenwissen umgehen können. Anders gesagt geht es um KI-Systeme, denen auf der einen Seite Wissen einprogrammiert wird, sodass sie daraus Schlussfolgerungen ziehen können.

Auf der anderen Seite sollen die in diesem Projekt entwickelten KI-Systeme selbst lernen. Sie sollen also sowohl eigenständig aus Daten lernen, als auch aus Expert*innenwissen Schlüsse ziehen. Als Resultat sollen diese KI-Systeme Produktionen optimieren und Strom effizienter nutzbar machen (Fraunhofer IOSB 2018).

Zudem entwickeln zwei kooperierende Start-Ups aus Thüringen derzeit ein intelligentes Batteriekraftwerk, das für Industrie und Energieversorgungsunternehmen, aber auch für private Haushalte interessant sein könnte. Den Unternehmen zufolge seien die Stromspeicher einfach in bestehende Infrastrukturen wie gewerbliche Betriebe oder Stadtwerke einzugliedern.

Ziel des Vorhabens ist es, zu viel produzierte Energie in den Batterien zu speichern. Allerdings gilt es zu entscheiden, wann genau wie viel Energie ein- und ausgespeichert wird. An dieser Stelle kommt eine KI-gestützte Software ins Spiel. Sie sorgt eigenständig dafür, dass dem System alle relevanten Daten vorliegen und trifft darüber hinaus die Entscheidungen. Letztlich wird so ein optimales Energiemanagement gewährleistet. Das KI-basierte Stromspeichersystem bietet aus Verbraucher*innen-Perspektive den Vorteil, dass dieser komplexe Prozess vollautomatisiert und zeitsparend abläuft (IWR-Pressedienst 2017).

KI für Kommunen

Des Weiteren entwickeln unterschiedliche Unternehmen derzeit Big Data-Produkte, die in Kombination mit KI-Software die Energieeffizienz von Städten und Kommunen steigern können. Als Grundlage für energierelevante Entscheidungen im kommunalen und städtischen Bereich müssen zunächst wichtige Energiedaten von Städten und Gemeinden erfasst sowie einfach und anschaulich dargestellt werden.

Auch hier gibt die KI Empfehlungen zu Effizienzmaßnahmen. Sie simuliert darüber hinaus zukünftige Entwicklungen. Mit Hilfe von KI können anhand der vielen Daten einer Kommune spezifische Muster erkannt werden. Beispielsweise können den Unternehmen zufolge passende Flächen für Photovoltaik- und Solarthermieanlagen ausfindig gemacht werden.

Weiterhin gibt die KI Prognosen und Empfehlungen für Verbesserungen im Bereich öffentlicher Beleuchtung, visualisiert den Strom- und Wärmeverbrauch, stellt CO₂-Emissionen sektorenspezifisch dar und führt eine automatische CO₂-Bilanzierung durch. Insgesamt entsteht so nach Darstellung der Unternehmen eine Art Plattform, die eine transparente Kommunikation mit allen Akteur*innen einer Kommune ermöglicht – von Bürger*innen und Lokalunternehmen über Energieversorgungsunternehmen bis hin zur Politik (enersis europe GmbH, o.J.).

3.4 Netze

Für die Netzbetreiber ergibt sich durch die Energiewende die große Herausforderung, die Versorgungssicherheit trotz dezentraler und wetterabhängiger Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien zu jedem Zeitpunkt sicherzustellen. Sie müssen Engpässe im Stromnetz verhindern, nach Möglichkeit ohne dabei erneuerbare Energieerzeugungsanlagen abzuregeln.

Ein Beispiel, das diese Aufgabe verdeutlicht: Scheint in einer Region, in der eine Vielzahl von Solaranlagen installiert ist, gerade die Sonne sehr stark, so ist es für die Verteilnetzbetreiber eine Herausforderung, die Spannung in den Netzen konstant zu halten. Dies liegt auch daran, dass Solaranlagen oftmals gerade dann Strom produzieren, wenn die Stromnachfrage gering ist. Denn zur Mittagszeit sind in der Regel weniger Menschen zu Hause. Dagegen steigt die Nachfrage, wenn der durchschnittliche Arbeitstag vorüber ist und die Menschen waschen, staubsaugen, kochen oder fernsehen. Zukünftig kommt verstärkt auch das Laden von Elektroautos hinzu (Diermann 2018).

KI für stabile Netze

Für einen sicheren Netzbetrieb benötigen die Netzbetreiber eine Reihe an Informationen und Daten. So müssen sie zu nahezu jedem Zeitpunkt möglichst genau wissen, wie viel Strom in die Netze eingespeist wird und wie hoch der Stromverbrauch ist. Sie sollten zudem wissen, wann wo wie viel Strom (in welcher Form auch immer) gespeichert ist oder gespeichert werden kann. Des Weiteren benötigen sie präzise Daten über den Zustand der Netze.

In diesem Kontext sind Smart Grids wesentlich. **Smart Grids**, also „intelligente“ Netze, sind flexible Stromnetze, in denen bei übermäßiger Stromproduktion der Strom so verteilt wird, dass er sinnvoll, emissionsarm, netzstabil und effizient verwendet, umgewandelt und/oder gespeichert werden kann. Smart Grids transportieren also nicht nur Strom. Sie sind mit Software ausgestattet. Sie können Daten von Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern, Speichern, Erzeugern, Verbraucher*innen und Stromwandlern erfassen und verarbeiten.

Mithilfe dieser Daten optimieren sie Prozesse automatisiert nach bestimmten Parametern. Mittels intelligenter Netze können die mit der Vielzahl an Erneuerbare-Energien-Anlagen einhergehenden Leistungsschwankungen ausgeglichen und Stromerzeugung, -speicherung, -wandlung, -transport und -verbrauch besser koordiniert werden (UBA 2013).

Der Einsatz von KI in Smart Grids ermöglicht es, dass die Netze selbst und automatisch Entscheidungen treffen: Mit Hilfe von Daten über die Einsatzmöglichkeiten von Speichern, Demand-Side-Management und Power-to-X-Technologien können es KI-Systeme den Netzbetreibern zum Beispiel ermöglichen, Überschussstrom sinnvoll zu nutzen. Sie müssen dann die Anlagenbetreiber nicht mehr anweisen, erneuerbare Energien-Anlagen abzuregeln. So machen sie substitutiv den Einsatz konventioneller Stromerzeugung weniger notwendig.

Vor diesem Hintergrund könnten sich die Aufgaben der Netzbetreiber ändern (Meinel und Koppengagen 2015: 6). Sie könnten in Zukunft die „Rolle eines Energiedatenmanagers“ einnehmen, der Daten „sowohl für sich selbst als auch für Dritte sammelt und unter Berücksichtigung von Datensicherheit und Datenschutz weiterverteilt“ (ebd.).

In erster Linie müssen die Netzbetreiber Lastflüsse prognostizieren. Bisher versuchen viele Übertragungs- und Verteilungsnetzbetreiber, dies für Netzknoten zu gewährleisten. Allerdings beruhen die Methoden meist auf einfachen statistischen Zuordnungen der Anlagen, ohne dabei tatsächlich anfallende Daten zu berücksichtigen. Diese Prognosen können fehlerhaft sein, da zum Beispiel der Eigenverbrauch von Prosumer*innen, der Einsatz von Speichern oder Wartungen, Ausfall und Alterung von Anlagen bisher nur bedingt in diese Prognosen eingehen.

Dabei kann KI eine automatisierte Kommunikation zwischen Verteil-, Übertragungsnetz- und Speicherbetreibern, Prosumer*innen, Verbraucher*innen sowie Erzeugern und Systemen zur Wetterprognose ermöglichen, mit dem Ergebnis eines automatisierten, systemdienlichen Datenaustauschs. Dadurch können Verteilnetzbetreiber die schwankende Einspeisung der Erneuerbaren und damit schwankende Lastflüsse besser prognostizieren und diese Prognosen an die Übertragungsnetzbetreiber weitergeben. Diese können dann Einspeisungen und Lastflüsse in ihren Netzen besser planen. Um einen solchen Informationsaustausch zu gewährleisten, müssen jedoch die Kommunikationsnetze ausgebaut werden (Sehnke et al. 2016: 42 f.).

Positive Resultate verschiedener Testprojekte

Mit dem Ziel, solche Herausforderungen meistern zu können, hat der Verteilnetzbetreiber Innogy zusammen mit der RWTH Aachen und anderen Kooperationspartnern ein KI-Programm entwickelt, den sogenannten „Smart Operator“. Mit dem Smart Operator lassen sich Stromverbrauch und -erzeugung in den Verteilnetzen besser koordinieren.

In der schwäbischen Wertachau haben die Forschenden verschiedene Szenarien getestet. Vorab wurden in der Region einige Batteriespeicher installiert. Einige Bewohner*innen bekamen zudem Elektroautos. Ein selbstlernender Algorithmus, der kontinuierlich Daten zu Erzeugung und Verbrauch analysiert, trifft nun automatisiert Entscheidungen wie jene, wann Batteriespeicher zum Einsatz kommen. Das Laden von E-Autos wird auf einen späteren Zeitpunkt verlagert, wenn Wetterprognosen kräftige Winde in der Nacht vorhersagen.

Insgesamt wurde im Rahmen des Pilotprojekts die Einspeisung von ca. 35 Prozent mehr Strom aus erneuerbaren Energieanlagen ermöglicht. Zugleich kann kostenintensiver Netzausbau eingespart werden (Diermann 2017).

Laut einem Vertreter des Branchenverbandes Bitkom könnte KI durch die Echtzeit-Auswertung von Netzdaten auch dazu beitragen, technische Probleme oder gar Hackerangriffe zu identifizieren. In einem weiteren Schritt könnte das System dann eigenständig geeignete Maßnahmen zur Behebung der Probleme einleiten (Spanheimer, zitiert nach Diermann 2018).

Ein weiteres erwähnenswertes Projekt ist das 2017 beendete Forschungsprojekt EWeLINE des Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme (IWES) und des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Die Forschenden entwarfen mit KI unterlegte, sehr präzise Prognosemodelle, die darauf abzielen, Übertragungsnetzbetreibern bessere Vorhersagen darüber zu ermöglichen, wie viel Strom aufgrund der Wetterlage durch erneuerbare Energien zu welchen Zeitpunkten eingespeist wird.

Im Vergleich zu klassischen Wetter- und Leistungsvorhersagen seien diese neuen Modelle signifikant präziser. Beispielsweise geben die Modelle Auskunft zur Winderwartung auf Höhe der Windradnaben oder zur Berechnung der Hochnebeldecke, die die Erträge der Solaranlagen beeinflussen.

Übertragungsnetzbetreiber können nun viel präziser für beliebige Umspannwerke vorhersagen, mit welcher Einspeisung jeweils zu rechnen ist. Die Vorhersagegenauigkeit der Modelle ließ sich dabei durch die von den Forscher*innen genutzten, lernenden Algorithmen erzielen. Sie kombinieren alte mit immer wieder neuen Echtzeitdaten und verbessern das Modell so kontinuierlich (Fraunhofer IEE 2017).

EWELINE ging am 1. April 2017 in das Folgeprojekt Gridcast über. Die Modelle sollen nun weiter verbessert werden, indem neben Wetterdaten auch Satellitenbilder zum Zwecke der Solarprognosen einbezogen werden. Ebenso sollen bei Einspeiseprognosen das Verhalten von Prosumer*innen, innovative Speicherformen und Naturschutzauflagen berücksichtigt werden (ebd.).

Mit demselben Ziel, die Prognosen über die ins Netz eingespeiste Windenergie zu verbessern, führt das Fraunhofer IAIS derzeit das KI-Projekt „Kurzfrist-Windleistungsprognose“ durch. Dabei sagen die Forschenden die Windleistung für die nächsten acht Stunden in den vier deutschen Regelzonen so wie scharf für 120 Netzknoten in der Regelzone Amprion vorher.

Als Basis dieser Berechnungen legen sie Daten zur aktuellen Windenergieleistung je Regelzone und je Netzknoten sowie Windertragsvorhersagen von über sechzig Referenzwindparks zugrunde. Nach Beendigung des Projekts sollen die Prognose-Modelle dann beim Übertragungsnetzbetreiber Amprion in das Netzsystem integriert werden (Fraunhofer IAIS 2019).

Darüber hinaus können mit KI ausgestattete Drohnen auch im Bereich der Stromnetze fortwährend den Netzzustand kontrollieren. Sie können Masten oder Stromübertragungsleitungen abfliegen und über Sensoren oder Kameras erfassen. KI-Programme erkennen normabweichende Zustände automatisiert und leiten anschließend entsprechende Wartungsmaßnahmen ein.

Im Vergleich zu bisherigen Verfahren der Bildanalyse kann sich dieser Prozess von mehreren Wochen auf wenige Stunden verringern. Dies führt zu einer kosteneffizienteren Instandhaltung und zu einer vorausschauenderen Planung der Netze (BDI 2018: 8-9).

KI sorgt für Resilienz

Immer mehr Unternehmen erkennen derzeit die Vorteile, die sich durch KI zur Überwachung der Netzinfrastruktur ergeben: Das US-amerikanische Unternehmen General Electric (GE) beziffert beispielsweise die Kosteneinsparungen durch Effizienzsteigerungen und Vermeidung von Ausfällen im Stromnetz auf rund 200 Milliarden US-Dollar pro Jahr (Trapp 2018b).

Auch der größte japanische Energiekonzern, Tokyo Electric Powercompany (TEPCO), hat ein Pilotprojekt zur KI-gestützten vorausschauenden Wartung in Auftrag gegeben (Rohaidi 2017). Gemäß einer 2017 veröffentlichten Studie von Sopra Steria Consulting sieht jedes zweite deutsche Unternehmen der Energiebranche enorme Chancen in der Anwendung von KI bei der vorausschauenden Instandhaltung. Rund sechzig Prozent planen demnach, ihr Repertoire an smarten Sensoren auszuweiten (Sopra Steria Consulting 2017).

Insgesamt erlaubt der Einsatz von KI ein „automatisiertes Störungsmanagement und fördert Resilienz“ (BDI 2018: 7). Konkret bedeutet dies, dass auch bei auftretenden Fehlern oder größeren Spannungen im Netz die Energieversorgung dank KI gewährleistet bleibt beziehungsweise sich im Zweifel nach einem Ausfall selbst wiederherstellen kann (ebd.).

Auf Basis der kontinuierlichen Analyse von Echtzeitdaten rund um das Energiesystem können KI-Systeme abweichende Muster erkennen und als Entscheidungshilfe dienen. In der langen Frist könnte KI, beispielsweise durch hierfür eingesetzte Roboter, selbstständig (proaktive) Maßnahmen ergreifen, die die Versorgungssicherheit gewährleisten. Weiterhin kann KI auf Basis vorangegangener Fehler generelle strukturelle Schwächen im Netz erkennen, sodass das Netz schneller und besser an die Erfordernisse der Energiewende angepasst werden kann (vgl. ebd.: 8).

3.5 Zusammenfassung: Chancen und Potenziale

Der Einsatz von KI kann die Energiewende wesentlich voranbringen, da die neue Herausforderung einer un stetigen und dezentralen Einspeisung besser bewältigt werden kann. Zudem kann KI die gesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende erhöhen, da auf verschiedene Weisen Kosten gesenkt, die Natur besser geschützt und ggf. Netzausbau vermieden werden kann.

Die verschiedenen Einsatzbereiche, Chancen und Potenziale der KI für die Energiewende sind in der nachfolgenden Übersicht zusammengefasst:

Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> - günstigere und bessere Auswahl geeigneter Standorte für Wind- oder Solaranlagen - verringertes Investitionsrisiko in Wind- oder Solaranlagen - günstigere und bessere Anlagensteuerung durch Kurzzeitprognosen - genauere Prognosen für Anlagen - Optimierung des Einsatzes und der Ausbeute von Anlagen - verbesserte Wartung und Instandhaltung von Anlagen - verbesserte Risikoabschätzung (z.B. Vereisungen, plötzliche Änderungen von Windrichtungen) - Vogelschutz durch frühzeitiges Erkennen geschützter Arten in der Nähe von Windkraftanlagen
Vertrieb	<ul style="list-style-type: none"> - Günstigere und bessere Koordination von erneuerbarem Stromangebot und -nachfrage - Minimierung des kostenintensiven Intraday-Marktes durch einen möglichst exakten Day-Ahead-Markt - effizienterer Handel im Intraday-Markt - optimierte Vermarktung von Strom zu geringeren Transaktionskosten - weniger Regelenergie nötig - geringere Netzentgelte und Strompreise
Endnutzung	<ul style="list-style-type: none"> - Heben von Einspar- und Effizienzpotenzialen in Industrie, Unternehmen und Haushalten - günstigere und bessere Anpassung der Energienachfrage an das Energieangebot in Industrie, Unternehmen und Haushalten - Vereinfachte Ausgestaltung variabler Stromtarife - vereinfachte und genauere Auswahl von Stromtarifen - ganzheitliche Energiesystemoptimierung (z.B. Richtung Kosten oder Emissions-einsparungen) von Einheiten verschiedener Größe (z.B. ganze Kommunen) - stromsparende Fahrweise von Zügen - effizientere Zügeinsatzplanungen - günstigere und exaktere CO₂-Bilanzstellungen
Netze	<ul style="list-style-type: none"> - schnellere, günstigere und bessere Entscheidungsfindung, z.B. zur systemdienlichen Nutzung von Überschussstrom - automatisierter systemdienlicher Datenaustausch zwischen Verteil-, Übertragungsnetz- und Speicherbetreibern, Prosumer*innen, Verbraucher*innen sowie Erzeugern und Systemen zur Wetterprognose - Ggf. Einsparungen von Netzausbaubedarf - schnelle und günstige Identifikation von technischen Problemen und Hackerangriffen - schnellere, günstigere und verbesserte Wartung und Instandhaltung von Netzen - Vermeidung von Störungen und Netzausfällen - günstigere und verbesserte vorausschauende Netzplanung

Tabelle 1: Chancen und Potenziale der KI für die Energiewende

4 Risiken, Herausforderungen und politische Vorschläge

KI birgt also viele Chancen in Bezug auf das Voranbringen der Energiewende. Diese gilt es aber, gegenüber den Risiken abzuwägen, die durch ihren Einsatz entstehen. Wenn die entstehenden Risiken vermieden oder zumindest eingehegt werden können, entstehen in der Regel Zielkonflikte. In einem solchen Fall muss abgewogen werden, welche Ziele wichtiger sind und welche roten Linien es gibt, die bei der Zuhilfenahme von KI auch zur Förderung der Energiewende nicht überschritten werden dürfen. Die oben besprochenen Einsatzmöglichkeiten von KI können im Konflikt mit Fragen der Sicherheit und des Datenschutzes stehen sowie zu ökologischen und sozialen Schäden führen. Letztlich können sie sogar zur Gefahr für die Demokratie werden.

Wie alle Entwicklungen, die die Digitalisierung unserer Gesellschaften mit sich bringt, ist der Einsatz von KI keine Naturgewalt, die über uns hereinbricht, sondern ein sozialer Prozess, den wir gestalten können und müssen. In diesem Kapitel stellen wir die Herausforderungen vor und geben jeweils Vorschläge, wie diese durch politische Rahmenbedingungen oder Fördermaßnahmen strukturell angegangen werden können.

Fünf Problemfelder tun sich hier auf: Wie können persönliche Daten geschützt werden? Wie kann (IT-)Sicherheit gewährleistet werden? Führt der Einsatz von KI im Endeffekt doch zu einem höheren Ressourcen- und Energieverbrauch und wie könnten diese Umweltrisiken vermieden werden? Welche Unternehmen und Privatpersonen profitieren vom Einsatz von KI und wie können wir dies als Gesellschaften gerecht gestalten? Welche Gefahren für einen freien Markt und die Demokratie drohen durch KI?

4.1 Datenschutz

Daten sind notwendig, damit KI überhaupt effektiv sein kann. Das bringt Probleme des Datenschutzes und des Schutzes der Privatsphäre mit sich. Daraus ergibt sich ein Konflikt: Zum einen benötigt KI viele Daten, damit sie erneuerbare Energien durch intelligente Netze, Sektorenintegration und Demand-Side-Management sinnvoller und effizienter nutzen und die Energiewende voranschreiten kann. Auf der anderen Seite sollten nicht zu viele (personalisierte) Daten erhoben werden, da dabei immer die Gefahr besteht, dass diese missbräuchlich genutzt werden.

Rechtliche Grundlagen für Datenschutz in der Energiewirtschaft

Zum einen erfordert dies einen klaren rechtlichen Rahmen, der festlegt, wie die erhobenen Daten genutzt, weiterverarbeitet und –gereicht werden dürfen und in welchem Maße sie dabei anonymisiert oder pseudonymisiert sein müssen. KI-Systeme sollten so weiterentwickelt werden, dass weniger Daten bei gleichbleibender Effektivität notwendig sind.

Zum anderen erfordert dies aber auch eine gesellschaftliche Diskussion, durch die ausgelotet wird, wo die Gesellschaften die Grenzen zwischen Datenschutz und der zur Energiewende beitragenden Datennutzung ziehen wollen. Die *derzeitige rechtliche Grundlage* des Datenschutzes in der Energiewirtschaft bieten die Datenschutzgrundverordnung der Europäischen Union (EU-DSGVO), die seit Mai 2018 europaweit einheitlich den Datenschutz sicherstellen soll, sowie das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG), das die Bundesregierung zusammen mit dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende im August 2016 beschlossen hat.

Es lassen sich juristisch drei Arten von Daten unterscheiden, die im Zusammenhang der Energiewirtschaft interessant sind: personenbezogene Daten, anonymisierte Daten und Maschinen- und Industriedaten. Durch die EU-DSGVO sollen bisher in erster Linie personenbezogene Daten, aber auch anonymisierte Daten geschützt werden, wenn nicht sichergestellt werden kann, dass keine Rückschlüsse auf die Person möglich sind. Maschinen und Industriedaten fallen jedoch nicht unter diese Verordnung. Der Umgang mit diesen kann bis dato über individuelle Verträge geregelt werden (dena 2018: 6).

Durch das MsbG wird festgelegt, dass nur energiewenderelevante Akteure (Messstellenbetreiber, Netzbetreiber, Energielieferanten etc.) aus energiewirtschaftlichen Zwecken die erhobenen Daten verarbeiten dürfen beziehungsweise sich für eine weitergehende Verarbeitung eine Erlaubnis bei den die Daten betreffenden Akteuren einholen müssen. Die Daten wiederum müssen soweit wie möglich anonymisiert werden. Außerdem besteht die Pflicht, Einsicht und Auskunft über die Verwendung zu gewähren und zu informieren, falls Daten missbräuchlich verwendet wurden (dena 2018: 9).

Anonymisierung reicht nicht aus

Allerdings ist die oben genannte Unterscheidung zwischen den Datenarten nicht so einfach zu treffen. Denn auch Maschinendaten lassen Rückschlüsse auf Personen zu.

Es gibt verschiedene Beispiele, die zeigen, dass energiewirtschaftlich relevante Daten höchst sensibel sein können: Forschende der FH Münster haben herausgefunden, dass durch die von einem Smart Meter erhobenen Stromverbrauchsdaten theoretisch Rückschlüsse gezogen werden könnten, welches Fernsehprogramm oder gar welcher Film angeschaut wird (sofern die Daten sekundlich und nicht viertstündig übermittelt werden) (Bachfeld 2011).

Verhaltensdaten aus Haushalten könnten zum Beispiel für Versicherungsunternehmen interessant sein. Diese könnten erfahren, wie viel jemand fernsieht. Unter Zuhilfenahme von KI könnten sie erkennen, dass sich Menschen, die viel fernschauen, statistisch gesehen weniger bewegen. Und Menschen, die sich weniger bewegen, werden in der Regel eher krank. Diesen Menschen könnte das Unternehmen dann nur teurere Tarife anbieten.

Daten von einem smarten Wasserzähler wurden bereits als Indiz vor Gericht verwendet: Ein Mann sollte überführt werden, eine Frau umgebracht zu haben. Allerdings befanden sich im Haus keine Spuren. Der smarte Wasserzähler jedoch maß kurz nach der Tatzeit einen erhöhten Wasserverbrauch, sodass vermutet werden konnte, dass er die Spuren beseitigt hatte (Holland 2017).

Die Anonymisierung von Daten scheint keine hinreichende Lösung darzustellen. Gegen anonymisierte Daten sprechen sich mit entgegengesetzten Zielen Vertreter*innen der Wirtschaft und Datenschützer*innen aus. Erstere bemängeln, dass anonymisierte Daten nicht dieselbe Qualität hätten:

„Anonymisierte Daten (...) führen dazu, dass deren Auswertung mittels Big-Data-Tools zu weniger werthaltigen Ergebnissen führen [als] bei einer Verwendung der Originaldaten. Es muss daher situativ abgeklärt werden, welchen Status die Daten für eine sinnvolle Nutzung besitzen sollten. Daher sollte in jeder Situation der Kunde mit in den Prozess der Analyse einbezogen werden. Wenn er für sich einen Mehrwert sieht, wird er auch der Nutzung seiner Daten über die sonst üblichen Zwecke hinaus zustimmen.“

(Meinel und Koppenhagen et al 2015: 10)

Datenschützer*innen führen dagegen an, dass die durch die Energiesysteme erhobenen Daten nie so anonymisiert werden können, dass wirklich keine Rückschlüsse auf die Person gezogen werden können. Deswegen seien stärkere Schutzmaßnahmen nötig (dpa 2019).

KI-Systeme benötigen viele Daten, wobei häufig nicht ex ante klar ist, welche später wie verarbeitet werden. Ganz unabhängig von möglichem illegalen Missbrauch der Daten können diese zum einen interessant für Geheimdienste sein und zum anderen für eine Reihe von Unternehmen, die zum Beispiel Werbung spezifischer personalisieren oder Versicherungsverträge in ihrem Sinne abschließen wollen. Personalisierte Werbung kann dabei Konsumwünsche entstehen lassen:

„Big-Data-Analysen und Personalisierung eröffnen (...) neue Wege[,] unsere Konsumgewohnheiten zu beeinflussen. Und zwar nicht nur, um Konsumwünsche besser bedienen zu können, sondern vor allem, um laufend neue Konsumwünsche zu wecken“
(Lange und Santarius 2018: 52)

Güterkonsum wiederum steigert den Ressourcenverbrauch, was unter den Gesichtspunkten Menschenrechte und Umweltschutz problematisch ist.

Debatten über neue Rahmenbedingungen

Die auf europäischer Ebene zurzeit diskutierte ePrivacy-Verordnung würde hier voraussichtlich einige Neuerungen bringen. Jede*r Verbraucher*in müsste jeder Datenerhebung explizit zustimmen und könnten die Zustimmung jederzeit wieder zurückziehen.

Der Bundesverband Neue Energiewirtschaft (BNE) hat in einem Schreiben gemeinsam mit anderen Verbänden eine Ausnahmeregelung gefordert. Die Unternehmen befürchten, dass nach der ePrivacy-Verordnung Verträge eines intelligenten Energiemanagements zur Steuerung von Erzeugungs- und Verbraucheranlagen sowie Smart-Home-Anwendungen jederzeit gekündigt werden könnten. Dies würde eine langfristige Planung für Unternehmen unmöglich machen, was wiederum langfristige Investitionen verhindern würde (BNE 2018).

Dies zeigt einmal mehr den Zielkonflikt auf: auf der einen Seite das Ziel, dass Personen eigenständig über ihre Daten verfügen können; auf der anderen Seite das Ziel, möglichst viel Energie zu sparen und klug einzusetzen, um die Energiewende voranzutreiben. Da jedoch unklar ist, welchen Beitrag KI-Anwendungen in privaten Haushalten tatsächlich für die Energiewende leisten können, sollte der Datenschutz eine wesentliche Rolle einnehmen.

Maßnahmen für mehr Datenschutz

Dass jeder Erhebung von Daten, die Rückschlüsse auf Personen zulässt, zugestimmt werden muss, sollte jedoch nur ein erster Schritt sein. Darüber hinaus sollten klare Regeln erarbeitet werden, welche Daten von wem und zu welchem Zweck und wie verarbeitet werden dürfen.

Es ist meist nicht schwer, sich die Zustimmung zur Datenerhebung, -weiterverarbeitung oder -weitergabe von Verbraucher*innen einzuholen. Zustimmungserklärungen sind meist so langatmig und schwer verständlich, dass Verbraucher*innen ihnen aus Bequemlichkeit oder Zeitmangel einfach zustimmen. Daher sollte zum Beispiel klarer geregelt werden, welche dritten Vertragspartner überhaupt berichtigt sind, Daten weiterzuverarbeiten.

Des Weiteren sollte die Politik klare Vorschriften hinsichtlich der Zustimmungserklärungen erlassen. Sie sollten verständlicher formuliert werden müssen. Außerdem sollten Verbraucher*innen der Datenerhebung, -weiterverarbeitung oder -weitergabe einfach widersprechen können, ohne dass sie dabei auf das komplette Angebot verzichten müssen.

Soweit möglich sollten bei allen Geräten und Anwendungen datenschutzfreundliche Einstellungen voreingestellt sein. Erst wenn dem explizit zugestimmt ist, sollte von diesen Einstellungen abgewichen werden dürfen. Dies bezeichnet man als „**Privacy-by-Default**“.

Außerdem sollten digitale Techniken so konstruiert sein, dass Daten geschützt werden können. Hier spricht man von „**Privacy-by-Design**“. Smart Meter sollten beispielsweise so programmiert sein, dass keine Rückschlüsse auf den Tagesablauf von Personen möglich sind.

Dies ist vor allem bei KI-Anwendungen wichtig. Da es im Nachhinein nur sehr schwer möglich ist nachzuvollziehen, wie ein KI-System zu seinen Modellen und Entscheidungen gekommen ist, ist es auch schwer, ein solches System umzutrainieren. Bürger*innen sollten leichter nachvollziehen können, wie genau Algorithmen zu Entscheidungen kommen und was genau sie machen (Stegemann 2015).

Während sich bei anderer Software einfach neue Algorithmen ergänzen und ändern lassen, so ist dies bei selbstlernenden Systemen wesentlich komplizierter: „Ebenfalls gilt es, frühzeitig die rechtlichen Fragestellungen, die sich aus den Datenschutzvorgaben ergeben, zu berücksichtigen, da ein nachträgliches Anpassen von KI-Anwendungen oft mit hohem Aufwand verbunden ist“ (dena 2018: 34).

Darüber hinaus gibt es aktuell noch ein Vollzugsdefizit bei Verstößen gegen die DSGVO, sofern die Konzerne ihren Sitz nicht in Europa haben (Datenschutzkonferenz 2017). Auch deckt sie nicht den Beschäftigtenschutz ab. Sie sollte zudem die Protokollierung des Surfverhaltens im Netz durch Konzerne untersagen (Initiative Konzernmacht beschränken 2018: 13). Die DSGVO sollte also in diese Richtungen nachgeschärft werden.

Regulatorische Maßnahmen:

- Eine reine Zustimmungsregelung zur Erhebung, Verarbeitung und Weitergabe von Daten ist ein Anfang, sollte jedoch nicht das Ende sein: Die europäische oder deutsche Gesetzgebung muss verfügen, dass Zustimmungserklärungen verständlich formuliert sein müssen. Es muss die Möglichkeit geben, einer solchen Erklärung nicht zuzustimmen, ohne dabei auf ein Angebot komplett verzichten zu müssen.
- Die europäische oder deutsche Gesetzgebung muss verfügen, dass Geräte und Anwendungen Privacy-by-Design und -by-Default aufweisen müssen. Bei allen Geräten und Anwendungen sollten datenschutzfreundliche Einstellungen voreingestellt sein. Smart Meter sollten so programmiert sein, dass keine Rückschlüsse auf den Tagesablauf von Personen möglich sind.
- Die europäische oder deutsche Gesetzgebung sollte klarere und strengere Regeln dafür etablieren, welche Daten durch die Energieunternehmen erhoben, verarbeitet und weitergegeben werden dürfen, selbst wenn damit bestimmte Geschäftsmodelle eingeschränkt werden.
- Die EU sollte die DSGVO nachschärfen: Sie muss auch für Konzerne uneingeschränkt gelten, die ihren Sitz nicht in Europa haben. Konzerne sollten das Surfverhalten im Netz nicht protokollieren dürfen. Auch Beschäftigte müssen von der DSGVO besser geschützt werden.

4.2 Datensicherheit

Die Energieversorgung war auch vor der voranschreitenden Digitalisierung bereits eine kritische Infrastruktur. Kritische Infrastrukturen werden durch die Bundesregierung folgendermaßen definiert:

„Kritische Infrastrukturen (...) sind Organisationen oder Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden.“ (Kritis.Bund o.J.)

Energie wird dabei als eine wesentliche kritische Infrastruktur gesehen. Durch die Digitalisierung treten hier jedoch neue Herausforderungen zu Tage. Denn alle Gefahren der Informationstechnik, die selbst eine kritische Infrastruktur darstellt, erhalten Einzug in die Energieinfrastruktur.

Verwundbarkeit des Energieversorgungssystems durch Cyber-Terrorismus

Es bedarf keiner physischen Angriffe mehr auf das Stromnetz, um dieses zum Erliegen zu bringen. Vernetzung und Komplexität erhöhen die Anfälligkeit. Ein digitales Stromnetz steht vor der Gefahr des „Cyber-Terrorismus“. Ausfälle können sich in digitalen Stromnetzen zudem schneller und schlechter kontrollierbar ausbreiten.

Wie leicht sich Kriminelle heute bereits über das Internet Zugang zu kritischer Infrastruktur der Energieversorgung verschaffen können, verdeutlicht eine Recherche der Whitehacker*innen von Internetwache.org. Sie zeigen, dass es oft ein Leichtes ist, sich Zugang zu Wasserwerken, Blockheizkraftwerken oder Interfaces von Smart Homes zu verschaffen.

Dadurch können Hacker*innen Daten abgreifen, Systeme manipulieren, beschädigen oder zum Erliegen bringen. So können beispielsweise Menschen in Fahrstühlen eingesperrt oder sogar Gesundheitsversorgungen eingestellt werden. Wenn Hacker*innen plötzlich unterwartet gleichzeitig den Verbrauch mehrerer Smart Homes hinaufsetzen, kann es zum Blackout im Stromsystem kommen (Neef und Schäfers 2016). Deswegen ist Sicherheit im Endnutzer*innen-Bereich für die gesamte kritische Infrastruktur von enormer Wichtigkeit.

„Gerade in Bezug auf neue Tarife, die überschüssige Energie aus erneuerbaren Energien vermarkten, besteht das Risiko, dass unbefugte Dritte den hohen Gleichzeitigkeitsfaktor in der Einspeisung oder im Verbrauch ausnutzen, um Verteilungsnetze in krimineller Absicht über ihre Grenzen hinaus zu beanspruchen, und die Versorgungssicherheit großflächig zu gefährden“

(Meinel und Koppenhagen et al 2015: 9).

Neue Risiken durch KI

Auch mit KI ausgerüstete Systeme sind vor Cyberterrorismus nicht gefeit. Ihre vom Menschen unabhängige und automatisierte Entscheidungsfindung kann durch Hacker*innen mit manipulierten Daten gespeist werden, sodass dadurch auch unter rein rationalen Gesichtspunkten falsche Entscheidungen getroffen werden.

So warnt eine Forscher*innengruppe von DeepMind (Google) vor feindlichen Attacken durch manipulierte Daten, die das KI-System austricksen, sodass es falsche Entscheidungen trifft. So könnten zum Beispiel KI-Systeme in Stromnetzen mit falschen Daten zur Auslastung arbeiten und die Regelenergie falsch berechnen, was zu einem Blackout führen kann. Windräder könnten sich aufgrund gefälschter Wetterdaten falsch zum Wind ausrichten, sodass die Anlage Schaden nimmt. Die Forschenden fordern daher, dass KI-Systeme robust gegen solche Attacken sein müssen (DeepMind Safety Research 2018).

Aufgrund von Sicherheitslücken sieht die Deutsche Energieagentur den Einsatz von KI-Systemen in privaten Haushalten kritisch: „Um hier Missbrauch zu vermeiden, sollte (...) im Endkundenbereich der KI-Einsatz gut überlegt (...) werden.“ (dena 2018: 34).

Allerdings birgt KI nicht nur die Gefahr, manipuliert zu werden. Sie kann auch sowohl zur Ausführung als auch zur Bekämpfung von Cyber-Attacken eingesetzt werden. KI kann hier auf der einen Seite bei einem Angriff genutzt werden, um große Datenmengen so zu analysieren, dass Angriffe genauer sein können. Außerdem können diese Angriffe durch KI automatisiert werden und damit auch häufiger geschehen (The Conversation 2017). Auf der anderen Seite kann KI schneller erkennen, wenn

Unregelmäßigkeiten im Netz entstehen und somit auch, wann mögliche Angriffe passieren (Meinel und Koppenhagen et al 2015: 9).

Herausforderungen durch neu entstehende Sicherheitslücken

Eine nachträgliche Anpassung von KI-Systemen ist schwierig, da die Systeme selbst lernen und nicht jeder Schritt, den sie machen, bereits durch Algorithmen vorgegeben ist. So kann es passieren, dass ein komplett neues Design erforderlich wird, um ein Sicherheitsproblem zu lösen. Darum ist es entscheidend, schon bei der Entwicklung mögliche Sicherheitsrisiken zu bedenken (DeepMind Safety Research 2018).

Zwei Aspekte sind wesentlich: Zum einen müssen Entscheidungsfindungen und Konstruktion von Modellen nachvollziehbar sein, damit sie kontrolliert werden können. Zum anderen muss es möglich sein, KI-Systeme zur Not auszustellen. Laut Forscher*innen von DeepMind ist dies mit Rückwirkungen und neuen Herausforderungen der Programmierung verbunden, da die KI-Systeme Schlüsse daraus ziehen, wenn sie in bestimmten Situationen ausgestellt werden. So könnte es sein, dass sie versuchen, ein Abschalten in Zukunft zu vermeiden (ebd.).

Verschärfen können sich die Herausforderungen, wenn die eingesetzten Systeme veralten und gegebenenfalls keine Sicherheitsupdates mehr von den Herstellern erhalten. Dies kann passieren, wenn ein Unternehmen nicht mehr existiert, das ein System entwickelt und betrieben hat. Oder wenn es das alte System bewusst nicht mehr unterstützt, damit die Kund*innen ein neues Produkt kaufen müssen.

So könnten Nutzer*innen, die sich aktuell gezwungen sehen, Smart Meter einzubauen, theoretisch in ein paar Jahren vor der Notwendigkeit stehen, sich wieder einen neuen Smart Meter einzubauen, da die Software des alten nicht mehr unterstützt wird.⁹

Vor allem wenn man mit einbezieht, dass der Nutzen für die Energiewende bei Privatpersonen eher gering ist, scheint der Umstieg von analogen Systemen zu digitalen tendenziell fraglich:

„Wenn Gerätehersteller [...] aufhören, bestimmte Produkte regelmäßig mit Updates zu versorgen, können Sicherheitslücken entstehen. Das Gerät könnte auch aufhören zu funktionieren, was wiederum den im Vergleich zu analogen Geräten höheren Preis nicht rechtfertigen würde.“
(Netzpolitik 2017)

Maßnahmen zur Erhöhung der Datensicherheit

Dies macht es erforderlich, dass Unternehmen verpflichtet werden, Quellcodes offen zu legen, wenn sie Insolvenz anmelden oder Softwareupdates nicht mehr unterstützen. Offene Quellcodes würden es ermöglichen, dass sich Dritte bei der Entwicklung von Sicherheitsupdates beteiligen.

KI-Systeme sollten in mehrfacher Hinsicht robust sein. Dabei geht es nicht nur um Cyber-Attacken. KI-Systeme müssen darüber hinaus sicher bleiben, wenn unvorhergesehene Ereignisse eintreten und sich damit die Datengrundlage schnell stark ändert (DeepMind Safety Research 2018).

Außerdem sollten sie in dem Sinne sicher sein, dass sie keine (zu) hohen Risiken eingehen, um ihre Ziele zu erreichen. An dieser Stelle geben die Forscher*innen von DeepMind das Beispiel einer automatisierten Haushaltsputzhilfe, die einen nassen Mopp in die Steckdose steckt, um zu lernen, wie sie effektiv arbeiten kann (ebd.).

⁹ Das Problem, dass durch fehlende Softwareunterstützung ein neues Gerät gekauft werden muss, ist natürlich auch ein ökologisches Problem, da dadurch der Ressourcenverbrauch aus ausschließlich ökonomischem Interesse des Unternehmens stark ansteigt.

Vergleichbares könnte jedoch auch bei KI-Anwendungen im Themenfeld Energie passieren. So könnte ein Kühlschrank erst einmal auf Minusgrade kühlen, um herauszufinden, wie er am energieeffizientesten eine Zieltemperatur um die 5°C erreicht. Dies wiederum könnte dazu führen, dass Lebensmittel nicht mehr genießbar sind.

Es geht also darum sicherzustellen, dass KI-Systeme ihre Aufgaben auf eine Weise lösen, die nicht zu Gefahren für Menschen oder zu materiellen Schäden führt. Aus diesen Gründen sollten KI-Systeme so entwickelt werden, dass sie hohe Sicherheit bereits durch ihr Design garantieren können (ebd.). Man spricht hier von "**Security-by-Design**".

Um eine möglichst hohe Sicherheit zu gewährleisten, muss die Verantwortung bei Fehlern zugewiesen werden können. Die NGO AlgorithmWatch (2016) macht folgende KI-typische Fehlerquellen aus: Algorithmen können fehlerhaft konzipiert oder implementiert sein. Die Daten, durch die sie lernen sollen beziehungsweise welche sie analysieren sollen, können fehlerhaft oder unzureichend sein.

Es könnten aber auch neue Probleme im Zusammenspiel zwischen Menschen und KI entstehen. So könnte es sein, dass bei der Entwicklung der KI eine Verhaltensänderung der Menschen nicht vorhergesehen war. Diese Verhaltensänderung könnte sogar durch die KI selbst angestoßen worden sein.

All diese Fehlerquellen müssen unabhängig geprüft werden, damit beurteilt werden kann, wie es zum Fehlverhalten einer KI kam. Eine reine Offenlegung der Algorithmen ist hier allerdings nicht ausreichend. Denn zur Interpretation der Algorithmen ist Expert*innenwissen erforderlich (ebd.).

Eine andere Möglichkeit stellt ein sogenannter "Algorithmen-TÜV" dar. Damit könnte eine unabhängige Stelle prüfen, ob ein Algorithmus bestimmten Ansprüchen gerecht wird oder ob er Fehlerquellen beinhaltet. Da sich aber in KI eingesetzte Algorithmen schnell ändern, ist auch diese Lösung nur schwer durchführbar (Lenzen 2018: S.179 f.).

Unternehmen könnten sich zudem darauf einstellen und Algorithmen absichtlich unverständlich programmieren (ebd.). Außerdem wäre dies nur sehr schwer durchzusetzen, fallen Algorithmen doch in der Regel unter das Geschäftsgeheimnis von Unternehmen (ebd.).

Wie oben erläutert, geht es jedoch nicht nur um die Kontrolle der Algorithmen, sondern auch um die Analyse der verwendeten Daten, da auch hier Probleme auftreten können (AlgorithmWatch 2016). Trotz dieser Schwierigkeiten bedarf es staatlicher Einrichtungen, die den Einsatz von KI-Systemen überprüfen.

Regulatorische Maßnahmen:

- Die europäische oder deutsche Gesetzgebung sollte Unternehmen, die keine Sicherheitsupdates für eine Software bereitstellen, verpflichten, Quellcodes offenzulegen, sodass Dritte an der Entwicklung der Updates arbeiten können.
- Sicherheit muss in der Entwicklung von KI berücksichtigt werden, auch wenn die Entwicklung dadurch langsamer voranschreitet. EU und Bundesregierung sollten Security-by-Design fördern und sicherstellen.
- EU oder Bundesregierung sollten eine unabhängige Institution einrichten, die den Einsatz von KI-Systemen hinsichtlich der Sicherheit überprüft.
- Die europäische oder deutsche Gesetzgebung sollte vorschreiben, dass KI-Entscheidungsfindungen und Konstruktionen von KI-Modellen nachvollziehbar sein müssen, damit sie kontrolliert werden können.

- EU oder Bundesregierung müssen sicherstellen, dass Energiesysteme so installiert sind, dass KI-Systeme zur Not ausgeschaltet werden können.

4.3 Ökologische Risiken

Eine sehr relevante Frage lautet, ob die ökologischen Vorteile durch KI-bedingte Einsparungen und Effizienzen die ökologischen Risiken aufwiegen. Aus Nachhaltigkeitsperspektive müssen wir zum Beispiel den Stromverbrauch des digitalen Energiesystems ganzheitlich betrachten. Denn die IT- und KI-Systeme benötigen selbst viel Strom (vgl. Lange /Santarius 2018).

Die Frage, ob dieser Stromverbrauch durch die KI-bedingten Einsparungen und Effizienzen aufgewogen wird, bedarf intensiver Forschung. Natürlich sollte der Strom für Computer und Rechenzentren konsequent aus Erneuerbaren Energien stammen. Und natürlich sollten Computer und Rechenzentren selbst möglichst energieeffizient gebaut sein. Sie sollten zum Beispiel mit Wasser gekühlt werden und ihre Abwärme sollte genutzt werden.

Materielle Rebound-Effekte

Beim direkten Stromverbrauch von KI-Systemen handelt es sich um sogenannte materielle Rebound-Effekte. Ein **Rebound-Effekt** ist die „nicht zufällige Korrelation zwischen gesteigerter Effizienz und wachsendem Ressourcenverbrauch“ (Santarius 2013: 68). Es gibt drei Arten der Rebound-Effekte: materielle, finanzielle und psychologische (ebd.).

Materielle Rebound-Effekte beim Einsatz von KI in der Energiewirtschaft treten also zum einen dadurch auf, dass die neuen Rechner selbst Strom verbrauchen, die zur Datenverarbeitung und Prognostizierung nötig sind. Lange und Santarius (2018) stellen allgemein zur Digitalisierung der Energiewirtschaft als Ermöglicherin der Energiewende fest:

„So geht das Energiekonzept der Bundesregierung davon aus, dass das Ziel, bis zum Jahr 2050 vollständig auf erneuerbare Energieträger umzusteigen, in Deutschland nur erreicht werden kann, wenn sich der Primärenergieverbrauch bis dahin gegenüber dem heutigen Stand halbiert. Gleichzeitig benötigen die Technologien, die das gewährleisten können, selbst Energie. Für das Energiesystem geht es also darum, ein moderates Maß der Digitalisierung (und der damit verbundenen Stromnachfrage) zu finden. Nicht so viele smarte Geräte wie möglich, sondern so wenige wie nötig, lautet der Leitsatz, an dem sich der nachhaltige Umbau des Energiesystems orientieren sollte.“ (S. 41)

Strubel et al. (2019) haben eine Lebenszyklusanalyse für das Training von KI-Modellen durchgeführt. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass dieses Training fast fünf Mal so viele Treibhausgasemissionen verursacht wie der Lebenszyklus eines durchschnittlichen US-amerikanischen Autos.

Zum anderen könnten materielle Rebound-Effekte dadurch auftreten, dass die neue Technik Ressourcen benötigt, deren Abbau und Verfeinerung zu ökologischen Schäden führt. Damit KI flächendeckend in der Energiewirtschaft eingesetzt werden kann, muss zunächst einmal die nötige Infrastruktur vorhanden sein. Das heißt zum Beispiel, dass die Stromnetze mit Sensorik ausgestattet sein und so vernetzt sein müssen, dass sie Daten austauschen. Analysen von Lange/Santarius (2018) zeigen, dass ein verstärkter Einsatz von digitalen Produkten und Diensten nicht zwingend zu weniger Ressourcenverbrauch führt (S. 146).

Zudem werden diese Ressourcen häufig unter Bedingungen abgebaut und verarbeitet, die nicht mit den Menschenrechten vereinbar sind. Dieses Problem ist damit auch ein wesentliches soziales (siehe Kapitel 4.4).

Finanzielle und psychologische Rebound-Effekte

Darüber hinaus könnte es sein, dass KI weitere Rebound-Effekte mit sich bringt. So könnten beispielsweise Stromeinsparungen und Effizienzsteigerungen in einem Unternehmen durch KI indirekt dazu führen, dass dieses gar nicht weniger Strom verbraucht. Denn durch die Einsparungen und Effizienzsteigerungen werden finanzielle Ressourcen frei. Diese wiederum könnte das Unternehmen zum Beispiel dazu einsetzen, mehr von den Gütern zu produzieren, die es ohnehin produziert. Oder es könnte sogar neue Produkte entwickeln und produzieren. Für beides benötigt es zusätzlichen Strom.

Außerdem könnte der Einsatz von KI in der Energiewirtschaft zu niedrigeren Stromkosten führen, da die auf Erneuerbaren Energien zu Grenzkosten nahe Null basierte Stromerzeugung billiger ist als die fossile oder atomare Stromerzeugung. Auch die Netzentgelte könnten sinken. Dies könnte dazu führen, dass Verbraucher*innen mehr Strom verbrauchen. Santarius (2013) spricht hier von einem **finanziellen Rebound-Effekt** (S. 69).

Zudem könnten durch den Einsatz von KI in der Energiewirtschaft auch **psychologische Rebound-Effekte** auftreten. Wenn bestimmte Anwendungen durch gesteigerte Effizienz attraktiv werden, werden diese unter Umständen so viel genutzt, dass insgesamt mehr Ressourcen verbraucht als eingespart werden (ebd.: 70). So könnte zum Beispiel ein Einsatz von KI in Privathaushalten dazu führen, dass Verbraucher*innen sich auf ihr Smart-Home-System verlassen und annehmen, dieses werde den Verbrauch ökologisch so sinnvoll regeln, dass sie selber nicht weiter auf ihren Verbrauch achten müssen. Dieser psychologische Effekt könnte jedoch am Ende zu einem unökologischeren Verbrauchsverhalten führen als ohne das KI-basierte Smart-Home-System.

Regulatorische Maßnahmen:

- Die EU und die Bundesregierung sollten KI-Technik fördern, durch die tatsächlich Energie gespart werden kann. Dabei sollten Rebound-Effekte von digitalen Technologien berücksichtigt werden. EU und Bundesregierung sollten Forschung hinsichtlich der Nettoeffekte stärker fördern.
- Die EU oder die Bundesregierung sollten vorschreiben und kontrollieren, dass Ressourcen nur unter Achtung der Menschenrechte und umweltschonend beschafft werden dürfen.
- EU und Bundesregierung sollten die Suche nach ressourcenärmeren Alternativen für den Einsatz von KI fördern.

4.4 Ausgewählte soziale Folgen

Dass die für KI-Systeme benötigten Ressourcen oftmals unter menschenrechtlich bedenklichen Bedingungen gewonnen werden, wurde bereits in Kapitel 4.3 erwähnt, die entsprechenden regulatorischen Gegenmaßnahmen genannt.

Soziale Benachteiligung von Mieter*innen

Der Einsatz von KI kann ferner dazu führen, dass Prosumer*innen mehr selbsterzeugten Strom nutzen, speichern oder direkt vermarkten und in Konsequenz weniger Netzentgelte zahlen. Prosumer*innen sind häufig Hausbesitzer*innen mit eigener Solaranlage, eigenem Solarstromspeicher und eventuell sogar eigenem Windrad oder eigenem Elektro-Auto.

Mieter*innen, die häufig ohnehin weniger gut situiert sind, haben diese Voraussetzungen nicht. Sie zahlen daher die vollen Netzentgelte. Wenn gut situierte Prosumer*innen jedoch weniger Netzentgelte zahlen, so werden die Kosten für das Netz auf die Nicht-Prosumer*innen umgelegt, die

dadurch höhere Netzentgelte entrichten müssen. Dies kann nicht als sozial gerecht angenommen werden.

Letztlich profitieren jedoch auch Prosumer*innen von einem gut ausgebauten Netz. Wenn zum Beispiel über längere Zeit keine Sonne scheint, sind auch sie häufig noch auf eine gute überregionale Versorgung angewiesen und damit auch von den Netzen abhängig. Einer Entsolidarisierung von Prosumer*innen in Bezug auf die Netzkosten sollte in jedem Fall entgegen gewirkt werden, da sie die Schere zwischen in der Regel stärker begüterten Wohnraumeigentümer*innen und in der Regel weniger begüterten Mieter*innen weiter spreizen würde.

Benachteiligung von Bürger*innen in innovativen Regionen

Wenn aktuell Stromnetzbetreiber innovative KI-Lösungen einsetzen wollen, so handelt es sich zunächst einmal um Investitionen, die mit Risiken einhergehen. Die Investitionskosten werden regional über die Netzentgelte umgelegt. Dies führt dazu, dass Bürger*innen in den Regionen höhere Netzentgelte zahlen müssen, in denen Netzbetreiber innovative KI-Lösungen einsetzen. Diese Regelung kann nicht als sozial gerecht angesehen werden.

Zudem führt sie dazu, dass Netzbetreiber auf innovative KI verzichten. Denn wenn die Netzentgelte in ihren Regionen zu sehr steigen, drohen sie, ihre Konzessionen zu verlieren. Eine Konzession ist hier das Recht des Netzbetreibers, das Netz betreiben zu dürfen.

Daher könnte eine für alle Stromverbraucher*innen gleich hohe Innovationsumlage in den Netzentgelten sinnvoll sein. Die Einnahmen könnten Netzbetreiber sodann für innovative KI-Konzepte nutzen. Netzbetreiber sollten damit einhergehend zu hohem Datenschutz verpflichtet werden.

Folgen für den Arbeitsmarkt

Die meist diskutierte Frage, welche sozialen Folgen KI für unsere Gesellschaft hat, lautet jedoch: Vernichtet KI Arbeitsplätze?

Diese Frage hat potenziell sehr weitreichende gesellschaftliche Implikationen: Wie viele Arbeitsplätze gehen durch KI verloren? Wo und in welchem Umfang entstehen durch KI neue Arbeitsplätze, zum Beispiel in der IT-Branche? Müssen wir uns von dem Ideal der Vollbeschäftigung verabschieden? Welche Ausgleichsmechanismen gibt es, durch die diese Entwicklungen sozial verträglich und gerecht aufgefangen werden können? Fragen dieser Art sollten wir breit gesellschaftlich diskutieren.

In Bezug auf die oben beschriebenen Anwendungen von KI in der Energiewirtschaft stellen sich ganz ähnliche Fragen: Manche Tätigkeiten in der Energiewirtschaft werden durch KI-Systeme ersetzt werden. Wenn beispielsweise die Wartung von Anlagen oder die Steuerung von Netzen zukünftig von KI übernommen wird, so werden weniger Menschen benötigt, um diese Aufgaben zu erfüllen. An anderer Stelle – beispielsweise im Bereich der IT – werden neue Stellen geschaffen werden.

Es kann jedoch nicht bestritten werden, dass hier eine große Umwälzung bevorsteht, die politisch gestaltet werden muss. Welche Auswirkungen dies auf die Arbeitswelt hat, ist aktuell noch schwer abzusehen und sollte genauer untersucht werden. Diese Entwicklung muss in jedem Fall behutsam und sozial ausgewogen gestaltet werden.

Diskriminierung durch Reproduktion von Stereotypen

Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, hängt ein gutes Ergebnis eines KI-Algorithmus stark von der Güte der Daten ab. Hieraus ergibt sich eine weitere soziale Herausforderung: Daten spiegeln häufig auch soziale Wirklichkeiten wieder und beinhalten somit auch Vorurteile bezüglich Geschlecht, Hautfarbe, Herkunft etc.

Durch das Vorurteil, Frauen seien besser für Betreuungs- und Pflegearbeiten geeignet, können beim Einsatz von KI Mechanismen entstehen, die dazu führen, dass Frauen häufiger betreuen und pflegen. Ganz ähnliche Mechanismen lassen sich zum Beispiel auch zu Männern in Führungspositionen ausmachen.

KI-Algorithmen wurden zum Beispiel in Bewerbungsprozessen eingesetzt. Wenn ein KI-Algorithmus Daten auswertet, kann dieser die Korrelation zwischen Geschlecht und Aufgabengebiet finden und dies in seine Entscheidungsfindung aufnehmen. Damit reproduziert der KI-Algorithmus die bestehenden Vorurteile und Stereotype (Lenzen 2018: 172 f.).

Dieser Mechanismus könnte auch in der KI-gesteuerten Energiewirtschaft zu Diskriminierungen führen:

„So ist z.B. im Zusammenhang mit Markt- und Preismechanismen der Einsatz von KI-Algorithmen grundsätzlich vor dem Hintergrund der diskriminierungsfreien Preisgestaltung als problematisch zu bewerten. Ein KI-Algorithmus müsste derart parametrisiert werden, dass gesetzliche Diskriminierungsverbote (z.B. bezüglich Geschlecht, Abstammung, (...) etc.) nicht verletzt werden.“
(dena 2018: 34)

Regulatorische Maßnahmen:

- Die Bundesregierung sollte verhindern, dass sich Prosumer*innen entsolidarisieren.
- Die Bundesregierung sollte eine Innovationsumlage in den Netzentgelten einführen.
- EU und Bundesregierung sollten Politiken entwickeln, um den Wegfall von Arbeitsplätzen durch KI sozial aufzufangen.
- EU und Bundesregierung sollten Programme ins Leben rufen, mit denen vom Wegfall von Arbeitsplätzen betroffene Menschen bei der Umschulung und Weiterbildung unterstützt werden.
- Die Bundesregierung sollte geeignete Instrumente ins Leben rufen, die es auch Mieter*innen ermöglichen, mit ihrer Flexibilität Geld zu verdienen.
- EU und Bundesregierung müssen sicherstellen, dass das Diskriminierungsverbot auch bei KI-Algorithmen berücksichtigt und durchgesetzt wird.

4.5 Marktmacht und politische Macht

Die in diesem Kapitel dargestellten Erkenntnisse basieren unter anderem auf der Lektüre des Buches „The Age of Surveillance Capitalism“ von Shoshana Zuboff (2018).

Eines sollte mittlerweile glasklar sein: Der Wert von durch KI erzeugten Produkten oder Dienstleistungen basiert auf Daten. Daten sind der entscheidende Rohstoff, den jede KI benötigt. Daher können Daten ein sehr wertvoller Rohstoff sein – nicht nur, aber auch im Rahmen der Energiewende.

Google, Facebook und Amazon beispielsweise gehören zu den wertvollsten Marken der Welt (vgl. statista 2019). Diesen Wert beziehen sie weit überwiegend aus dem Verkauf von Vorhersagen über die Zukunft. Denn ihre Dienstleistungen wie Suchanfragen, private Kommunikation oder Handelsplattformen bieten sie in der Regel bewusst kostenfrei an. Alles, was sie für diese Dienstleistungen von den Konsument*innen bekommen, sind Verhaltensdaten. Verhaltensdaten lassen Rückschlüsse zu, zum Beispiel über Konsumvorlieben, Gesundheit, Psyche, Meinungen oder politische Einstellungen von Menschen.

Macht durch Daten

KI hilft diesen Konzernen dabei, auf Basis dieser Daten zum Beispiel ziemlich gut vorherzusagen, unter welchen Umständen wer welches Produkt kaufen wird. Oder unter welchen Umständen wer welche politische Partei wählen wird. Diese Vorhersagen sind zum Beispiel für Unternehmen interessant, die Produkte verkaufen wollen. Oder für politische Parteien, die gewählt werden wollen.

Der Markt, auf dem diese Vorhersagen verkauft werden, ist allerdings stark vermachtet. Wer relevante Daten in großer Menge zur Verfügung hat, kann auch die präzisesten KI-basierten Vorhersagen treffen. Die Marktmacht von Google, Facebook oder Amazon liegt also zu einem großen Teil in ihrem Zugang zu Daten begründet.

Unternehmen oder Parteien könnten in Zukunft immer stärker auf KI-basierte Vorhersagen angewiesen sein, um im Wettbewerb um Kund*innen oder Wähler*innen bestehen zu können. Die besten Vorhersagen bekommen sie von den Akteuren, die die beste KI haben. Und die beste KI haben in der Regel diejenigen Akteure, die die meisten brauchbaren Daten zur Verfügung haben. So werden Datenkonzerne zu „Türstehern“ für Akteure, die ihre Produkte oder Inhalte online anbieten wollen.

Wer alleinigen Zugang zu Rohstoffen hat, die man für die Erzeugung eines Produktes benötigt, hat Marktmacht. Wer also alleinigen Zugang zu Daten hat, hat Marktmacht in Märkten für Vorhersagen. Dieser Akteur kann Preise bestimmen, Konkurrent*innen von Märkten fernhalten oder auch schöpferische Zerstörung (Schumpeter) verhindern, um seine eigene Marktmacht zu erhalten.

In einer nicht durch Daten dominierten Marktwirtschaft hatten kleine Unternehmen theoretisch die Chance, durch qualitative Innovationen die Marktmacht großer Unternehmen herauszufordern. In der Datenökonomie jedoch ist in aller Regel auch diejenige KI am innovativsten, die mit den meisten relevanten Daten gefüttert wird. Den „Datenvorsprung“ großer Konzerne können kleine Unternehmen also kaum aufholen (Initiative „Konzernmacht beschränken“ 2018: 4).

Vermachtete Märkte sind jedoch in hohem Maße ineffizient. Konsument*innen müssen Preise akzeptieren, die den Produzent*innen hohe Gewinne garantieren. Zudem haben die Produzent*innen aufgrund mangelnder Konkurrenz wenig Anreiz, ihre Produkte zu verbessern.

Macht durch Kontrolle digitaler Infrastrukturen

Die Macht in Vorhersagemärkten ist jedoch auch in hohem Maße politisch. Wer viele Daten hat, dessen KI-basierte Vorhersagen werden viel nachgefragt und der bekommt auch Zugang zu den Plattformen, auf denen die Vorhersagen relevant sind.

Häufig fallen jedoch Datenmacht und Macht durch die Kontrolle von Plattformen oder digitalen Infrastrukturen (wie Websites, Apps, Suchmaschinen etc.) sogar zusammen. Wer die Kontrolle über diese Infrastrukturen hat, kann auch die digitale Öffentlichkeit kontrollieren (ebd.: 5).

Wenn zum Beispiel Vorhersagen über Konsumententscheidungen für Werbung relevant sind, dann kann der Konzern, der diese Vorhersagen ermöglicht, darüber wesentlich (mit)entscheiden, welche Werbung wo wie lange platziert wird. Wenn zum Beispiel Vorhersagen über Wähler*innenverhalten relevant sind, dann könnte der Konzern, der diese Vorhersagen ermöglicht, darüber wesentlich (mit)entscheiden, welche Wahlwerbung wo wie lange platziert wird.

Dieser Konzern kann also letztlich wesentlich darüber mitentscheiden, welche Produkte gekauft und welche Parteien gewählt werden. Er kann dadurch seine eigenen Konkurrent*innen gezielt benachteiligen auf den verschiedenen Märkten, auf denen er aktiv ist. Theoretisch hat er sogar das Potenzial, Unternehmen oder politische Parteien zu erpressen.

Die Manipulation von Wahlen durch Suchmaschinenbetreiber ist wissenschaftlich nachgewiesen (Epstein /Robertson 2015). Die EU-Kommission (2017) hat zudem nachgewiesen, dass Google seinen eigenen Preisvergleichsdienst in seiner Suchmaschine am besten platziert und Wettbewerber erst auf Seite 4 anzeigt. Es wäre daher ratsam, Konzerne zu verpflichten, die Kriterien offenzulegen, anhand derer sie Informationen online anzeigen (Initiative „Konzernmacht beschränken“ 2018: 13).

Zugang zu relevanten Daten bedeutet also Zugang zu wirtschaftlicher und politischer Macht. Letztlich geht es also beim Zugang zu KI-relevanten Daten immer auch um die Zukunft der Machtverhältnisse in der Demokratie – und damit auch um die Zukunft der Demokratie selbst. Dieser Risiken sollten wir uns bewusst sein, wenn wir darüber entscheiden, wer KI-relevante Verhaltensdaten für welche Zwecke nutzen darf.

Die freie Wissenschaft kann in der Regel nicht mehr nachvollziehen, was die Großkonzerne treiben. Denn KI-Forschung findet vor allem in diesen Konzernen statt: „This trend toward training huge models on tons of data is not feasible for academics (...) because we don't have the computational resources“, so Strubell: „So there's an issue of equitable access between researchers in academia versus researchers in industry.“ (zitiert in Hao 2019)

Marktmacht im Energiesektor

Unternehmen wie Google, Facebook oder Amazon kaufen zudem in großem Stile kleinere Start-Ups auf, um ihre Marktmacht zu stabilisieren und zu erweitern. Alphabet (Google), Apple, Amazon, Microsoft und Facebook haben von 2007 bis 2017 436 Unternehmen im Wert von 131 Mrd. US-Dollar übernommen (Marwan 2017). Sie übernehmen dabei in der Regel auch die Daten des gekauften Unternehmens.

Diese Entwicklung könnte sich auch im Energiesektor verstetigen. So gibt es in Großbritannien bereits gemeinsame Pläne des Netzbetreibers Nationalgrid mit Googles DeepMind, das Stromnetz mit künstlicher Intelligenz auszustatten (CBINSIGHTS 2018). Damit wäre die Wahrscheinlichkeit groß, dass auch im Energiesektor die Abhängigkeit von Google und Co. wachsen wird.

In der Kooperation von Googles DeepMind und Nationalgrid sollen auch Daten von Smart Metern analysiert werden (McKinsey 2017: 47). Es ist nicht klar, ob diese Daten wirklich benötigt werden, um die Last des Stromnetzes vorherzusagen. Eventuell reichen hierfür auch die gesammelten Daten von Netzknotenpunkten. Daher ist anzunehmen, dass es Google auch hier um Verhaltensdaten geht, die dem Konzern, wie oben beschrieben, Profite und Machtzuwächse versprechen.

Handlungsmöglichkeiten für Fairness im Markt und für die Demokratie

Die Frage, welchen Einfluss KI auf Politik hat, ist noch größer. Entscheidungen von KI sollten nicht demokratisch zu legitimierende Entscheidungen ersetzen (vgl. Council of Europe 2016). Beispielsweise sollte KI nicht allein über die Höhe von Netzentgelten in bestimmten Regionen entscheiden, da Netzentgelte konkrete soziale Auswirkungen haben. KI sollte nicht demokratische Politik ersetzen.

Was können Regierungen gegen die zunehmende Machtkonzentration tun? Hier besteht eine wesentliche Herausforderung darin, dass Datenmacht nur schwer zu messen ist.

Erstens sind die Daten nicht öffentlich zugänglich, mit denen Konzerne arbeiten. Politik, Behörden und Wissenschaft wissen schlicht nicht, welcher Konzern welche Daten sammelt, besitzt oder nutzt (Initiative „Konzernmacht beschränken“ 2018: 5). Und zweitens sind die Bedeutung dieser Daten und damit die mit ihnen einhergehende Macht schwer einzuschätzen (vgl. Khan 2017).

Wir benötigen daher dringend neue Indikatoren, um Missbrauch von Marktmacht festzustellen. Daten, der Zugang zu ihnen und die Sammlung von ihnen sollten hier stärker Berücksichtigung finden.

Zudem sollten Wettbewerbsbehörden verstärkt untersuchen, ob marktmächtige Unternehmen ihre eigenen Online-Infrastrukturen nutzen, um Wettbewerber zu benachteiligen. Sollte dies festgesellt werden, so müssen diese Vorgehensweisen untersagt werden (Initiative „Konzernmacht beschränken“ 2018: 11).

Damit Kartellbehörden verstehen, wie Preise zustande kommen, sollten Unternehmen – auch im Energiesektor – verpflichtet werden, die Algorithmen offenzulegen, die über ihre Preisgestaltung entscheiden (Initiative „Konzernmacht beschränken“ 2018: 10).

In Deutschland und der EU kann zudem ein Monopol nicht einfach entflochten werden, solange kein konkreter Missbrauch von Marktmacht nachgewiesen wird. In den USA hingegen sind Monopole verboten, ebenso wie Versuche zu monopolisieren oder die Zusammenarbeit von Konzernen zum Zweck, Quasi-Monopole zu bilden. Hier kann das europäische und deutsche Recht von den USA lernen (Initiative „Konzernmacht beschränken“ 2018: 9). Kartellbehörden sollten bestehende Monopole zudem konsequent zerschlagen. Außerdem müsste überall das Kartellrecht weiterentwickelt beziehungsweise modernisiert werden, sodass es auch für den Kontext von KI-relevanten Daten anwendbar ist.

Kartellbehörden sollten zudem untersagen, dass Konzerne solche Unternehmen übernehmen, die in Konkurrenz zu ihren eigenen Diensten stehen oder abhängig von ihnen sind (ebd.: 10). Auch könnten Kartellbehörden bei Fusionen standardmäßig überprüfen, „ob die Zusammenführung von Daten mit dem gesetzlich verankerten Datenschutz zuwiderläuft“ (ebd.: 11). Zudem sollten Unternehmen Kooperationsvereinbarungen zwingend wieder bei den Kartellbehörden anmelden müssen (ebd.: 12).

Häufig setzt das Angebot einer Dienstleistung auch den Kauf eines bestimmten Produktes voraus. So könnten DeepMind und Nationalgrid theoretisch Energiesparberatungen nur solchen Kund*innen anbieten, die auch einen von DeepMind hergestellten Smart Meter kaufen. Solche Kopplungen sollten Kartellbehörden effektiv untersagen (ebd.: 10).

Des Weiteren sollten Regierungen dringend in Erwägung ziehen, das Privateigentum an digitalen Plattformen – auch im Energiesektor – zu demokratisieren (ebd.: 14) und zum Beispiel öffentlich-rechtliche Online-Plattformen schaffen.

Regulatorische Maßnahmen:

- Die EU sollte Konzerne verpflichten offenzulegen, nach welchen Kriterien sie Informationen online anzeigen.
- Bundesregierung und Kartellbehörden müssen neue Indikatoren entwickeln, um Missbrauch von Marktmacht festzustellen. Daten, der Zugang zu ihnen und die Sammlung von ihnen sollten hier stärker Berücksichtigung finden.
- EU und Bundesregierung sollten sicherstellen, dass marktmächtige Datenunternehmen ihre eigenen Online-Infrastrukturen nicht selbst im direkten Wettbewerb mit ihren Kund*innen für den Vertrieb nutzen dürfen.
- EU oder Bundesregierung sollten Unternehmen verpflichten, Algorithmen offenzulegen, die über ihre Preisgestaltung entscheiden.
- EU oder Bundesregierung sollten Monopole, Versuche zu monopolisieren und die Zusammenarbeit von Konzernen zum Zweck, Quasi-Monopole zu bilden, verbieten. Kartellbehörden sollten bestehende Monopole zerschlagen.
- Kartellbehörden sollten untersagen, dass Konzerne solche Unternehmen übernehmen, die in Konkurrenz zu ihren eigenen Diensten stehen oder abhängig von ihnen sind.
- Kartellbehörden sollten bei Fusionen standardmäßig prüfen, ob die Zusammenführung von Daten mit dem gesetzlich verankerten Datenschutz vereinbar ist.

- EU oder Bundesregierung sollten verfügen, dass Unternehmen Kooperationsvereinbarungen zwingend bei den Kartellbehörden anmelden müssen.
- EU und Bundesregierung sollten Kopplungen von Angeboten einer Dienstleistung und dem Kauf eines bestimmten Produktes verbieten.
- EU oder Bundesregierung sollten Privateigentum an digitalen Plattformen demokratisieren.

4.6 Zusammenfassung: Risiken, Herausforderungen und politische Vorschläge

Wie wir gezeigt haben, geht die Anwendung von KI mit vielen Risiken und Herausforderungen einher. Dies sollte als Konsequenz jedoch nicht dazu führen, dass die Vorteile und Chancen, die KI für die Energiewende haben kann, nicht genutzt werden.

Darum ist es entscheidend, die Risiken durch kluge politische Rahmenbedingungen einzuhegen. In der nachfolgenden Übersicht werden die Risiken sowie mögliche politische Antworten übersichtsartig dargestellt:

Risikofeld	Beispiele für daraus resultierende Gefahren	Politische Antworten
Datenschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Nachteile für Versicherungsnehmer*innen - Gefahren durch Wohnungseinbrüche - personalisierte Werbung steigert umweltschädlichen Konsum, der auch unter Menschenrechtsgesichtspunkten bedenklich sein kann 	<ul style="list-style-type: none"> - Eine Zustimmungsregelung zur Erhebung, Verarbeitung und Weitergabe von Daten ist ein Anfang, sollte jedoch nicht das Ende sein: Die europäische oder deutsche Gesetzgebung muss verfügen, dass Zustimmungserklärungen verständlich formuliert sein müssen. Es muss die Möglichkeit geben, einer solchen Erklärung nicht zuzustimmen, ohne dabei auf ein Angebot komplett verzichten zu müssen. - Die europäische oder deutsche Gesetzgebung muss verfügen, dass Geräte und Anwendungen Privacy-by-Design und Privacy-by-Default aufweisen müssen. Bei allen Geräten und Anwendungen sollten datenschutzfreundliche Einstellungen voreingestellt sein. Smart Meter sollten so programmiert sein, dass keine Rückschlüsse auf den Tagesablauf von Personen möglich sind. - Die europäische oder deutsche Gesetzgebung sollte klarere und strengere Regeln dafür etablieren, welche Daten durch die Energieunternehmen erhoben, verarbeitet und weitergegeben werden dürfen.

		<ul style="list-style-type: none"> - Die EU sollte die DSGVO nachschärfen: Sie muss auch für Konzerne uneingeschränkt gelten, die ihren Sitz nicht in Europa haben. Konzerne sollten das Surfverhalten im Netz nicht protokollieren dürfen. Auch Beschäftigte müssen von der DSGVO besser geschützt werden. (Derzeit gilt die DSGVO für Privatpersonen und Unternehmen, nicht aber für ihre Beschäftigten).
Datensicherheit	<ul style="list-style-type: none"> - Gefährdung von Menschen - Störungen der öffentlichen Sicherheit - Gefährdung der Versorgungssicherheit - Wirtschaftskriminalität 	<ul style="list-style-type: none"> - Die europäische oder deutsche Gesetzgebung sollte Unternehmen, die keine Sicherheitsupdates für eine Software bereitstellen, verpflichten, Quellcodes offenzulegen, sodass Dritte an der Entwicklung der Updates arbeiten können. - Sicherheit muss in der Entwicklung von KI berücksichtigt werden, auch wenn die Entwicklung dadurch langsamer voranschreitet. EU und Bundesregierung sollten Security-by-Design fördern und sicherstellen. - EU oder Bundesregierung sollten eine unabhängige Institution einrichten, die den Einsatz von KI-Systemen hinsichtlich der Sicherheit überprüft. - Die europäische oder deutsche Gesetzgebung sollte vorschreiben, dass KI-Entscheidungsfindungen und Konstruktionen von KI-Modellen nachvollziehbar sein müssen, damit sie kontrolliert werden können. - EU oder Bundesregierung müssen sicherstellen, dass Energiesysteme so installiert sind, dass KI-Systeme zur Not ausgeschaltet werden können.
Ökologische Risiken	<ul style="list-style-type: none"> - materielle Rebound-Effekte - finanzielle Rebound-Effekte - psychologiesche Rebound-Effekte 	<ul style="list-style-type: none"> - Die EU und die Bundesregierung sollten KI-Technik fördern, durch die tatsächlich Energie gespart werden kann. Dabei sollten Rebound-Effekte von digitalen Technologien berücksichtigt werden. EU und Bundesregierung sollten Forschung hinsichtlich der Nettoeffekte stärker fördern. - Die EU oder die Bundesregierung sollten vorschreiben und kontrollieren, dass Ressourcen unter Achtung der Menschenrechte und umweltschonend beschafft werden müssen.

		<ul style="list-style-type: none"> - EU und Bundesregierung sollten die Suche nach ressourcenärmeren Alternativen für den Einsatz von KI fördern. Ziel ist eine Kreislaufwirtschaft, in der Rohstoffe nicht stärker genutzt werden dürfen, als sie sich regenerieren können.
Soziale Folgen	<ul style="list-style-type: none"> - Entsolidarisierung von Prosumer*innen - mögliche Vernichtung von Arbeitsplätzen - steigende Kapital-, sinkende Lohneinkommen - prekäre Arbeitsbedingungen für Clickworker - Diskriminierungen und Verstärkung von Vorurteilen - Verschärfungen von Einkommens- und Wohlstandsunterschieden 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Bundesregierung sollte verhindern, dass sich Prosumer*innen entsolidarisieren. - Die Bundesregierung sollte eine Innovationsumlage in den Netzentgelten einführen. - EU und Bundesregierung sollten Politiken entwickeln, um den Wegfall von Arbeitsplätzen durch KI sozial aufzufangen. - EU und Bundesregierung sollten Programme ins Leben rufen, mit denen vom Wegfall von Arbeitsplätzen betroffene Menschen bei der Umschulung und Weiterbildung unterstützt werden. - Die Bundesregierung sollte geeignete Instrumente ins Leben rufen, die es auch Mieter*innen ermöglichen, mit ihrer Flexibilität Geld zu verdienen. - EU und Bundesregierung müssen sicherstellen, dass das Diskriminierungsverbot auch bei KI-Algorithmen berücksichtigt und durchgesetzt wird.
Marktmacht und politische Macht	<ul style="list-style-type: none"> - Datenmächtige Konzerne halten Konkurrent*innen von Märkten fern - ineffiziente vermachtete Märkte - Datenmächtige Konzerne verlangen zu hohe Preise - geringe Anreize zur Innovation - große politische Machtzuwächse für Datenkonzerne - Abhängigkeit von Unternehmen und Politik von Datenkonzernen - Erpressungspotenzial datenmächtiger Konzerne - Manipulation von politischen Wahlen durch datenmächtige Konzerne 	<ul style="list-style-type: none"> - Die EU sollte Konzerne verpflichten offenzulegen, nach welchen Kriterien sie Informationen online anzeigen. - Bundesregierung und Kartellbehörden müssen neue Indikatoren entwickeln, um Missbrauch von Marktmacht festzustellen. Daten, der Zugang zu ihnen und die Sammlung von ihnen sollten hier stärker Berücksichtigung finden. - EU und Bundesregierung sollten sicherstellen, dass marktmächtige Datenunternehmen ihre eigenen Online-Infrastrukturen nicht für den Vertrieb nutzen dürfen. - EU oder Bundesregierung sollten Unternehmen verpflichten, Algorithmen offenzulegen, die über ihre Preisgestaltung entscheiden. - EU oder Bundesregierung sollten Monopole, Versuche zu monopolisieren und die Zusammenarbeit von Konzernen zum

		<p>Zweck, Quasi-Monopole zu bilden, verbieten. Kartellbehörden sollten bestehende Monopole zerschlagen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kartellbehörden sollten untersagen, dass Konzerne solche Unternehmen übernehmen, die in Konkurrenz zu ihren eigenen Diensten stehen oder abhängig von diesen Konzernen sind. - Kartellbehörden sollten bei Fusionen standardmäßig prüfen, ob die Zusammenführung von Daten mit dem gesetzlich verankerten Datenschutz vereinbar ist. - EU oder Bundesregierung sollten verfügen, dass Unternehmen Kooperationsvereinbarungen zwingend bei den Kartellbehörden anmelden müssen. - EU und Bundesregierung sollten Kopplungen von Angeboten einer Dienstleistung und dem Kauf eines bestimmten Produktes verbieten. - EU oder Bundesregierung sollten Privateigentum an digitalen Plattformen demokratisieren.
--	--	---

Tabelle 2: Risikofelder, resultierende Gefahren und politische Antworten

Fazit und Ausblick

Lernende Maschinen werden unsere Zukunft immer stärker bestimmen. Dieser Satz stimmt auch dann, wenn es nie eine künstliche Intelligenz im starken Sinne geben sollte, also eine, die bewusst und reflektiert über alle möglichen Probleme nachdenken und sich auf eine stark veränderte Umwelt so einstellen kann, wie Menschen dies können.

Bisher kann KI nur einzelne Aufgaben bewältigen – also zum Beispiel die Heizung einstellen, über Drohnen den Zustand von Strommasten beurteilen oder die Windrichtung und -stärke auf einer gewissen Höhe prognostizieren. Diese Aufgaben kann KI aber auf eine Weise bewältigen, wie dies kein Mensch könnte: schneller, präziser, ausdauernder und kostengünstiger. Insofern wird der Einsatz dieser Technik verschiedenste wirtschaftliche und gesellschaftliche Bereiche stark verändern.

In Bezug auf den Energiesektor kann, wie wir gezeigt haben, KI so eingesetzt werden, dass die Energiewende vorangetrieben wird. Anwendungen, die der Energiewende auf dem Weg zu hundert Prozent Erneuerbare Energien und Treibhausgasneutralität in die Quere kommen, müssen verhindert werden. So könnte KI zum Beispiel zur Ertragssteigerung von Kohle- und Atomkraftwerken Einsatz finden. Angesichts der damit verbundenen Risiken von Klimakrise und Atomkraft sollte solchen Maßnahmen entschieden entgegengetreten werden.

KI sollte so gefördert werden, dass ein schnellerer Ausstieg aus der Kohleverstromung, eine auf Erneuerbaren Energien basierende Sektorenintegration in die Sektoren Verkehr, Wärme, Gas und Industrie hinein sowie Treibhausgasemissionen von netto null bis zur Mitte des Jahrhunderts erreicht werden.

Dabei gilt es, immer zu berücksichtigen, dass der Einsatz von KI eine enorme Gefahr in Bezug auf Datenschutz und IT-Sicherheit bergen sowie ökologische und soziale Schäden mit sich bringen kann. Die vielfältigen Auswirkungen auf die Demokratie stellen hier einen ganz wesentlichen Themenkomplex dar. Ein blinder Einsatz von KI für die Energiewende wäre daher aus ethischer und politischer Perspektive falsch.

Wir brauchen daher dringend einen rechtlichen Rahmen, der klare Grenzen in Bezug auf bestimmte Gefahren zieht und genau diejenige Technik und den Umgang mit ihr fördert, die wichtig für das Erreichen der Ziele der Energiewende ist. Wichtige Eckpunkte für diesen Rahmen haben wir in dieser Studie skizziert. Ihn gilt es, im gesellschaftlichen Diskurs weiter auszuarbeiten und zu implementieren. Da verschiedene Ziele konfliktieren können, muss im Einzelfall im demokratischen Diskurs geprüft werden, welches der Ziele höher einzustufen ist.

5 Glossar

Algorithmus: Algorithmen sind programmierte Vorschriften, welche KI-Systeme zur Lösung eines Problems automatisch befolgen (Lenzen 2018: 43).

Chatbot: Chatbots sind textbasierte Dialogsysteme, die im Rahmen der Mensch-Maschine-Kommunikation mit Konsumenten in den Dialog treten (Eichler 2016). Sie können in der Kommunikation zwischen Stromanbietern und Konsument*innen eingesetzt werden, beispielsweise um einen passenden Stromtarif auszuwählen. Weiterhin können Chatbots auf Energieeinsparmöglichkeiten hinweisen und bei auftretenden Problemen ein Ansprechpartner für die Konsument*innen sein, der jederzeit konsultierbar ist (Trapp 2018b).

Day-Ahead-Markt: Beim Day-Ahead-Markt handelt es sich um einen Strommarkt, der den Stromhandel für den jeweils nächsten Tag organisiert. Hier schätzen die Vertriebe den Verbrauch möglichst exakt ab und leiten die daraus entstehende Einspeiseprognose zur Berechnung der Lastflüsse an die Übertragungsnetzbetreiber weiter.

Deep Learning: Deep Learning ist maschinelles Lernen durch sogenannte künstlich neuronale Netze.

Demand-Side-Management (DSM): Demand-Side-Management ist das Management der Anpassung der Nachfrage an das Angebot elektrischer Energie. Während heute häufig Kraftwerksleistungen an die Nachfrage angepasst werden, soll im Rahmen des Ausbaus Erneuerbarer Energien verstärkt die Nachfrage an das Angebot angepasst werden, damit Schwankungen des Angebots besser ausgeglichen werden können.

Digital Twin/Digitaler Zwilling: Digitale Zwillinge sind „virtuelle Abbilder von physischen Objekten oder Systemen“ (Deloitte 2017, S. 5), die letztlich eine Verknüpfung zwischen dem realen und dem digitalen Raum schaffen (Grösser o.J.). Solch ein digitaler Zwilling kann über installierte Sensoren eine große Menge an Echtzeitdaten eines Objekts erfassen, verarbeiten und interpretieren (vgl. ebd.). Digital Twins nutzen bei der Auswertung von Daten meist KI, konkret maschinelles Lernen.

Finanzieller Rebound-Effekt: Ein finanzieller Rebound-Effekt tritt auf, wenn Konsument*innen finanzielle Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen dazu verwenden, mehr zu konsumieren und dadurch wiederum mehr Ressourcen verbrauchen.

Intraday-Markt: Der Intraday-Markt ist der Markt für Strom, auf dem der Abschluss einer Transaktion am gleichen Tag erfolgt wie die Stromlieferung.

Künstliche Intelligenz (KI): Das Verständnis von KI variiert mitunter stark. Lämmel und Cleve (2008) beschreiben KI als „Teilgebiet der Informatik, welches versucht, menschliche Vorgehensweisen der Problemlösung auf Computern nachzubilden, um auf diesem Wege neue oder effizientere Aufgabenlösungen zu erreichen“ (S. 14). Eine weitere häufig anzutreffende Definition sieht KI als „die Fähigkeit [von Maschinen], abstrakte Probleme zu lösen, zu lernen sowie mit Unsicherheit und Wahrscheinlichkeiten umzugehen“ (Specht 2018: 222).

Künstliche neuronale Netze: Künstliche neuronale Netze simulieren ein dicht verwobenes Netz aus Nervenzellen und sind zentral für die Deep Learning-Variante maschinellen Lernens. In Analogie zur Funktionsweise des menschlichen Gehirns „lernen sie aus der Erfahrung, indem sie die Stärke der simulierten Neuronenverbindungen passgenau verändern“ (Jones 2014).

Maschinelles Lernen: Wenn ein Algorithmus nicht nur immer wieder auf dieselbe Weise sein Programm durchläuft, sondern auf der Grundlage von zunehmender Erfahrung beziehungsweise der Auswertung von immer mehr Daten Entscheidungen findet, spricht man vom maschinellen Lernen.

Materieller Rebound-Effekt: Wenn eine Technologie, deren Anwendung zur Einsparung von Ressourcen beiträgt, selbst Ressourcen verbraucht, spricht man von einem materiellen Rebound-Effekt.

Power-to-X-Technologien: Power-to-X-Technologien sind Technologien, die Strom in eine andere Energieform (Wärme, Gas, flüssige Kraftstoffe) umwandeln. Das X steht hier für die jeweilige Energieform oder einen Verwendungszweck (z.B. chemische Rohstoffe). Bei Power-to-Gas-Technologien wird beispielsweise in einer chemischen Reaktion mittels Strom und CO₂ Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten und dann ggf. weiterverarbeitet.

Privacy-by-Default: Soweit möglich, sollten bei allen Geräten und Anwendungen datenschutzfreundliche Einstellungen voreingestellt sein. Nutzer*innen können jedoch Funktionen freischalten, wodurch sich der Datenschutz verschlechtert.

Privacy-by-Design: Privacy-by-Design bedeutet, dass Datenschutz in der Entwicklung einer Technologie berücksichtigt ist. Digitale Techniken sind dann so konstruiert, dass Daten geschützt werden.

Prosumer*in: Prosumer*innen sind gemeinhin Personen, die sowohl Kund*innen (Consumers) sind, indem sie Strom verbrauchen oder speichern, als auch Erzeuger*innen (Producers), indem sie zum Beispiel elektrische Energie ihrer Photovoltaik-Anlage ins Netz einspeisen. Prosumer*innen können aber auch so definiert werden, dass sie sowohl Kund*innen als auch Flexibilitätsanbieter*innen sind, die durch das Angebot von flexiblem Kund*innenverhalten die Erzeugung mit beeinflussen können.

Psychologischer Rebound-Effekt: Wenn bestimmte Anwendungen durch gesteigerte Effizienz attraktiv werden, werden diese unter Umständen so viel genutzt, dass insgesamt mehr Ressourcen verbraucht als eingespart werden.

Rebound-Effekte: Ein Rebound-Effekt ist die nicht zufällige Korrelation zwischen gesteigerter Effizienz und wachsendem Ressourcenverbrauch (Santarius 2013: 68). Es gibt drei Arten der Rebound-Effekte: materielle, finanzielle und psychologische (ebd.).

Regelenergie: Regelenergie ist die Energie, die aufgewendet wird, um die Frequenz der Übertragungsnetze bei fünfzig Hertz zu halten. Am Regelenergiemarkt vorgehaltene Kapazitäten werden von Übertragungsnetzbetreibern eingesetzt, wenn die Echtzeit-Bilanz von Strom einspeisung und -verbrauch nicht null ist. Dann wird entweder die Einspeisung von Strom in das Netz verringert beziehungsweise Strom dem Netz entnommen (negative Regelenergie) oder es wird mehr Strom in das Netz eingespeist (positive Regelenergie).

Roboter: Werden KI-basierten Programmen Körper gegeben, durch die diese sich selbstständig in der Welt bewegen können, spricht man von Robotern.

Robotik: Die Fachrichtung, die sich mit der KI-basierten Programmen beschäftigt, die sich dank Körpern selbstständig in der Welt bewegen können. Ziel der Robotik ist es, ein Zusammenarbeiten von Elektronik und Mechanik durch Programmierung in einem Roboter zu ermöglichen.

Schwache KI: Die „schwache“ KI ist fokussiert auf die Lösung konkreter Anwendungsprobleme auf Basis von Methoden aus der Mathematik und Informatik, wobei die entwickelten Systeme zur Selbstoptimierung fähig sind. Dazu werden auch Aspekte menschlicher Intelligenz nachgebildet und formal beschrieben beziehungsweise Systeme zur Simulation und Unterstützung menschlichen Denkens konstruiert (Bundesregierung 2018: 4). Anders als bei „starker KI“ liegt der Fokus jedoch nicht darauf, menschliche intellektuelle Fähigkeiten nachzubilden oder gar zu überbieten.

Security-by-Design: Privacy-by-Design bedeutet, dass Datensicherheit in der Entwicklung einer Technologie berücksichtigt ist. Digitale Techniken sind dann so konstruiert, dass sie eine möglichst hohe Datensicherheit garantieren können.

Sektorenintegration: Sektorenintegration bezeichnet den fortschreitenden Prozess der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger und nachhaltige Energienutzungsformen in sektorenübergreifenden Anwendungen (vgl. Wietschel et al. 2018: 13f.). Die Sektoren Strom, Wärme, Kälte, Gas, Verkehr und Industrie sollen ein sich ergänzendes Energiesystem ergeben, um mithilfe von Strom aus erneuerbaren Energien alle Sektoren zu defossilisieren.

Smart Grids: Smart Grids sind Energienetzwerke, in denen Energieflüsse und Netzzustandsdaten automatisch erfasst werden und Energieangebot, -speicherung und -nachfrage entsprechend angepasst werden können. Durch die Integration von Smart Metern können Produzent*innen, Konsument*innen und Prosumer*innen in Echtzeit über Energieangebot und -nachfrage – und damit Preise – informiert werden und so Anreize bekommen, ihre Aktivitäten an Schwankungen von Angebot und Nachfrage anzupassen. Diese Anpassung kann auch durch den Netzbetreiber oder einen Algorithmus erfolgen, zum Beispiel zum Zweck der Vermeidung von aus Netzsicht teuren Lastspitzen.

Smart Home: Der Begriff Smart Home beschreibt technische Systeme in Wohnräumen, die dazu dienen sollen, eine effizientere Stromnutzung zu ermöglichen und die Lebensqualität zu erhöhen. Hierfür werden Geräte vernetzt und Abläufe automatisiert und ferngesteuert.

Smart Meter: Ein Smart Meter ist ein „intelligenter“ Stromzähler, der das Ziel hat, eine sichere und standardisierte Kommunikation zwischen Netzakteuren zu verwirklichen. Er kann Privathaushalten mehr Transparenz in Bezug auf ihren Stromverbrauch und ihre Einsparpotenziale bieten. Zudem legen Smart Meter, bei Integration in Smart Homes, die Grundlage für flexible Stromtarife, die sich am Börsenstrompreis orientieren und so die Verbraucher*innen incentivieren, Geräte mit hohem Stromverbrauch in Zeiten von Stromüberschüssen zu verwenden.

Starke KI: „Starke“ KI bezieht sich auf KI-Systeme, die die gleichen intellektuellen Fertigkeiten wie der Mensch haben oder ihn sogar übertreffen können (Bundesregierung 2018: 4).

Überwachtes Lernen: Überwachtes Lernen ist eine von drei Formen maschinellen Lernens. Hierbei sind die Lerndateien bereits kategorisiert. Beispielsweise ist ein Bild, auf dem eine Katze zu sehen ist, mit der Kategorie Katze versehen. Nachdem das KI-System versucht hat, das Bild eigenständig zu kategorisieren, bekommt es Feedback. Durch dieses Feedback lernt es irgendwann, auf welche Merkmale es achten muss, um ein richtiges Ergebnis zu erzielen.

Unüberwachtes Lernen: Unüberwachtes Lernen ist eine von drei Formen maschinellen Lernens. Hierbei sind die Lerndateien nicht kategorisiert. Auch ohne die Zugabe von Feedback sind Verfahren des maschinellen Lernens in der Lage, selbstständig zu lernen.

Verstärkungslernen: Verstärkungslernen ist eine von drei Formen maschinellen Lernens. Das KI-System probiert Handlungen aus und bekommt Rückmeldung darüber, ob es seine Aufgabe erfüllt hat. Das KI-System passt sein Verhalten sodann immer weiter so an, dass es immer mehr positive Rückmeldung bekommt (Lenzen 2018: S. 51).

6 Referenzen

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) (2018): Metaanalyse: Die Digitalisierung der Energiewende. http://www.forschungsradar.de/fileadmin/content/bilder/Vergleichsgrafiken/meta_digitalisierung_aug18/AEE_Metaanalyse_Digitalisierung_aug18.pdf.

AINOW (2016): The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near-Term. https://ainowinstitute.org/AI_Now_2016_Report.pdf.

AINOW (2017): AI Now report 2017. https://ainowinstitute.org/AI_Now_2017_Report.pdf.

AlgorithmWatch (2016): Zweites Arbeitspapier: Überprüfbarkeit von Algorithmen, [online] <https://algorithmwatch.org/de/zweites-arbeitspapier-ueberpruefbarkeit-algorithmen/> (abgerufen am 13.12.2018).

Alpaydin, Ethem (2008): Maschinelles Lernen. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München.

Ausfelder et al. (2017): "Sektorenkopplung": Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems. Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft, München.

Bachfeld, Daniel (2011): Smart Meter verraten Fernsehprogramm, [online] <https://www.heise.de/security/meldung/Smart-Meter-verraten-Fernsehprogramm-1346166.html> (abgerufen am 01.11.2018).

Beierle, Christoph; Kern-Isberner, Gabriele (2014): Methoden wissensbasierter Systeme: Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen. 5. Auflage. Springer Fachmedien, Wiesbaden.

BIBA (2017): Instandhaltungskosten für Windenergieanlagen im Meer lassen sich um bis zu 10 Prozent senken, [online] <https://www.windkraft-journal.de/2017/07/18/instandhaltungskosten-fuer-windenergieanlagen-im-meer-lassen-sich-um-bis-zu-10-prozent-senken/105780> (abgerufen am 01.11.2018).

Bitkom (2018a): Künstliche Intelligenz verändert die Energiebranche, [online] <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Kuenstliche-Intelligenz-veraendert-die-Energiebranche.html> (abgerufen am 25.05.2018).

Bitkom (2018b): Künstliche Intelligenz: Bundesbürger sehen vor allem Chancen [online] <https://www.bitkom.org/EN/node/5605> (abgerufen am 30.11.2018).

BNE (Bundeverband Neue Energiewirtschaft) (2018): Positionspapier ePrivacy-Verordnung: Kritik und Lösungsvorschläge des bne zum Vorschlag für die Verordnung über Privatsphäre und elektronische Kommunikation (ePrivacy-Verordnung) in der EU. https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Dokumente/Positionspapiere/2018/20180912_bne-Positionspapier_zur_ePrivacy-VO_im_EU-Rat.pdf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019): Erneuerbare Energien, [online] <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien.html> (abgerufen am 13.03.2019).

Bundverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI) (2018): Positionspapier Internet der Energie: Künstliche Intelligenz aus der Sicht von Energie und Klima. Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung vom 16.11.2018. <https://www.bridging-it.de/media/download/20181130bdi-positionspapier-d1001idekntliche-intelligenz.pdf>.

Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH (2019): BirdVision, [online] <https://buergerwindpark.de/vogel-schutz.html> (abgerufen am 17.03.2019).

CBINSIGHTS (2018): 5 Ways The Energy Industry Is Using Artificial Intelligence, [online] <https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-energy-industry/> (abgerufen am 30.11.2018).

Cellan-Jones, Rory (2014): Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind. In: BBC News. [online] <https://www.bbc.com/news/technology-30290540> (abgerufen am 16.08.2019).

Council of Europe (2016): Study on the human rights dimensions of automated data processing techniques (in particular algorithms) and possible regulatory implications. <https://rm.coe.int/study-hr-dimension-of-automated-data-processing-incl-algorithms/168075b94a>.

Datenschutzkonferenz (2017): Marktortprinzip: Regelungen für außereuropäische Unternehmen, Kurzpapier Nr. 7. https://datenschutzkonferenz-online.de/media/kp/dsk_kpnr_7.pdf.

DeepMind Safety Research (2018): Building safe artificial intelligence: specification, robustness, and assurance, [online] <https://medium.com/@deepmindsafetyresearch/building-safe-artificial-intelligence-52f5f75058f1> (abgerufen am 18.10.2018).

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.) (2016): Roadmap Demand Side Management. Industrielles Lastmanagement für ein zukunftsfähiges Energiesystem. Schlussfolgerungen aus dem Pilotprojekt DSM Bayern. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9146_Studie_Roadmap_Demand_Side_Management_.pdf.

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH DFKI Bremen (2016): Flatfish. Autonomes Unterwasserfahrzeug, [online] <https://robotik.dfi-bremen.de/de/forschung/projekte/flatfish.html> (abgerufen am 08.02.2019).

Die Bundesregierung (2010): Das Energiekonzept 2050, [online] <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/997532/778196/8c6acc2c59597103d1ff9a437acf27bd/infografik-energie-textversion-data.pdf?download=1> (abgerufen am 21.03.2019).

Die Bundesregierung (2018): Strategie künstliche Intelligenz der Bundesregierung. https://www.bmbf.de/files/Nationale_KI-Strategie.pdf.

Diermann, Ralph (2018): Wenn die KI die Heizung anwirft. In: Süddeutsche Zeitung (SZ).de, [online] <https://www.sueddeutsche.de/wissen/energiewende-stromnetz-kuenstliche-intelligenz-ki-1.4261047> (abgerufen am 19.02.2019).

Dpa (2019): Bundesdatenschützer: Daten oft nur pseudonymisiert, nicht anonymisiert, [online] <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Bundesdatenschuetzer-Daten-oft-nur-pseudonymisiert-nicht-anonymisiert-4493602.html> (abgerufen am 20.08.2019).

Dunckl, Felix (2018): Flugwindenergie: Windenergie mit Drohnen in neue Sphären heben. In: RESET.org. Digital for Good, [online] <https://reset.org/blog/flugwindenergie-windenergie-drohnen-neue-sphaeren-heben-03052018> (abgerufen am 17.03.2019).

E.ON (2019): Alexa, klär' das mal mit E.ON!: Sprachassistent mit direktem Draht zu uns, [online] <https://www.eon.de/de/eonerleben/alex-klaer-das-mal-mit-eon.html> (abgerufen am 18.03.2019).

Eicher (2016): Chatbots, [online] <http://www.digitalwiki.de/chatbots/> (abgerufen am 08.08.2019).

E-Motion (o.J.): Über E-Motion, [online] <https://edom.fau.de/e-motion/index.php/de/> (abgerufen am 14.12.2018).

Energy 4.0 (2018). „Smart Energy Hub“ am Flughafen Stuttgart erfolgreich abgeschlossen: Forschungsprojekt im Energiemanagement. In: INDUSTR.com, [online] <https://smart-energy-hub.de/das-projekt-smartenergyhub/> (abgerufen am 18.03.2019).

enersis europe GmbH (o.J.): Unsere Produkte: Grids energyCity, [online] <http://www.enersis.ch/loesungen/#akr-energycity> (abgerufen am 21.03.2019).

Epstein, Robert; Robertson Ronald E.: The search engine manipulation effect (SEME) and its possible impact on the outcomes of elections, in: PNAS, 4.8.2015, <http://www.pnas.org/content/pnas/112/33/E4512.full.pdf>.

Europäische Kommission, EU-Kommission verhängt Geldbuße von 2,42 Milliarden Euro gegen Google, 27.6.2017, https://ec.europa.eu/germany/news/eu-kommission-verh%C3%A4ngt-geldbu%C3%9Fe-von-242-milliarden-euro-gegen-google_de.

Forschung für die energieeffiziente Industrie (EnEff: Industrie) (2016): Die vernetzte Phi-Factory produziert energieeffizient und stabilisiert das Stromnetz, [online] <https://eneff-industrie.info/projekte/2016/die-vernetzte-phi-factory-produziert-energieeffizient-und-stabilisiert-das-stromnetz/> (abgerufen am 18.03.2019).

Fraunhofer für Intelligente Analyse- und Informationssysteme (IAIS) (2019): Referenzprojekte: Kurzfrist-Windleistungsprognose. <https://www.iais.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/big-data-analytics/referenzprojekte.html> (abgerufen am 14.03.2019).

Fraunhofer IEE (2013): Übersicht EWeLiNE, [online] <http://www.projekt-eweline.de/projekt.html> (abgerufen am 30.04.2018).

Fraunhofer IEE (2017): Fraunhofer IWES und Deutscher Wetterdienst mit neuen Modellen für exaktere Wetter- und Leistungsprognosen, [online] https://www.iee.fraunhofer.de/de/presse-informationsbank/Presse-Medien/Pressemitteilungen/2017/Erfolgreicher_Abschluss_Projekt_EWeLiNE.html (abgerufen am 30.04.2018).

Fraunhofer IOSB (2018): Fraunhofer-Leitprojekt: "Machine Learning for Production", [online] <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/80691/> (abgerufen am 10.12.2018)

Fraunhofer IOSB (o.J.): Überwachung und Optimierung von Anlagen: Condition Monitoring und intelligente Datenanalyse, [online] https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/5025/Condition_Monitoring_Fraunhofer_IOSB.pdf?command=downloadContent&filename=Condition_Monitoring_Fraunhofer_IOSB.pdf (abgerufen am 10.12.2018).

Fraunhofer-Allianz Big Data (2017): Zukunftsmarkt Künstliche Intelligenz: Potentiale und Anwendungen, Sankt Augustin. <https://www.bigdata.fraunhofer.de/de/big-data/kuenstliche-intelligenz-und-maschinelles-lernen/potenzialanalyse--kuenstliche-intelligenz-.html> (abgerufen am 15.03.2019).

GE Renewable Energy (o.J.): Digital Wind Farm: Die nächste Evolution der Windenergie. <https://www.gerenewableenergy.com/de/wind/technologie/digital-wind-farm> (abgerufen am 17.03.2019).

Grösser, Stefan (o.J.): Digitaler Zwilling: Definition. In: Gabler Wirtschaftslexikon, [online] <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitaler-zwilling-54371> (abgerufen am 17.03.2019).

Hao, K. (2019): Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes, [online] https://www.technologyreview.com/s/613630/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/?utm_source=twitter&utm_medium=tr_social&utm_campaign=site_visitor.unpaid.engagement (abgerufen am 20.08.2019).

Holland, Martin (2017): Ermittlungen zu mutmaßlichem Mord: Amazon händigt Alexa-Aufnahmen aus, [online] <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Ermittlungen-zu-mutmasslichem-Mord-Amazon-haendigt-Alexa-Aufnahmen-aus-3646131.html> (abgerufen am 01.11.2018).

IWR-Pressedienst.de (2017): Pressemitteilung: Künstliche Intelligenz trifft Batteriekraftwerke. Hrsg.: EXCELLO Batteriekraftwerke GmbH, ifesca GmbH, [online] <https://www.iwrpressedienst.de/energie-themen/pm-5594-kuenstliche-intelligenz-trifft-batteriekraftwerke> (abgerufen am 20.02.2019).

Jansen, Malte et al. (2015): Strommarktflexibilisierung: Hemmnisse und Lösungskonzepte. Studie im Auftrag des BEE e.V. https://www.bee-ev.de/fileadmin/Presse/Mitteilungen/HM2015_Fraunhofer_IWES_Strommarkt-Flexibilisierung.pdf.

Jones, Nicola (2014): Wie Maschinen lernen lernen, [online] <https://www.spektrum.de/news/maschinenlernen-deep-learning-macht-kuenstliche-intelligenz-praxistauglich/1220451> (abgerufen am 27.04.2018).

Khan, Lina M. (2017): Amazon's Antitrust Paradox, The Yale Law Journal (2017) 126:710. https://www.yalelawjournal.org/pdf/e.710.Khan.805_zuvfyeh.pdf.

Krauss, Stefan (2019): Digital Twin weiter gedacht: Automatisierung als ständige Innovation. In: energy 4.0, [online] <https://www.industr.com/de/digital-twin-weiter-gedacht-2356498> (abgerufen am 17.03.2019).

Kritis.Bund (o.J.): Einführung, [online] https://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Einfuehrung/einfuehrung_node.html;jsessionid=1A276EBFBE123E0D06C02FBC04EFD58D.1_cid320 (abgerufen am 10.12.2018).

Lämmel, Uwe;Jürgen Cleve (2008): Künstliche Intelligenz. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München, 3., neu bearbeitete Auflage.

Lange, Steffen; Santarius, Tilman (2018): Smarte Grüne Welt? Digitalisierung zwischen Überwachung, Konsum und Nachhaltigkeit. oekom Verlag, München.

Lenzen, Manuela (2018): Künstliche Intelligenz. Was sie kann & was uns erwartet. Verlag C.H.Beck, München.

Lernende Systeme – die Plattform für Künstliche Intelligenz (o.J.): Optimierter Energiehandel mit Deep Learning, [online] <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ki-landkarte.html> (abgerufen am 21.03.2019).

Litzel, Nico (2017): Was ist Deep Learning: Definition. In: Big-Data Insider, [online] <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-deep-learning-a-603129/> (abgerufen am 13.03.2019),

McKinsey Global Institute (2017): Electric utility: AI can make the smart grid smarter and reduce the need for utilities to add power plants. In ders.: Artificial intelligence: the next digital frontier? S. 47 - 52.

Meinel, Christoph und Norbert Koppenhagen (2015): Smart Data in der Energiewirtschaft. Thesenpapier der Projekt Gruppe Smart Data in der Fokusgruppe Intelligente Vernetzung. Plattform "Innovative Digitalisierung der Wirtschaft" im Nationalen IT-Gipfel (Hrsg.).

Neef, Sebastian und Schäfers, Tim Phillipp (2016): Schwachstellen aufgedeckt: Der leichtfertige Umgang mit kritischen Infrastrukturen, [online] <https://www.golem.de/news/schwachstellen-aufgedeckt-der-leichtfertige-umgang-mit-kritischen-infrastrukturen-1607-122063.html> (abgerufen am 30.11.2018).

netpolitik.org (2017): Verbraucherschützer zu Smart-Home-Geräten: "Dringender Handlungsbedarf", [online] <https://netzpolitik.org/2017/verbraucherschuetzer-zu-smart-home-geraeten-dringender-handlungsbedarf/> (abgerufen am 30.11.2018).

- Oltmann, Gesine (o.J.): Windenergie 2.0: Hightech-Drachen speien Strom. In: InnoFRator, [online] <https://www.innofrator.com/windenergie-2-0-hightech-drachen-speien-strom/> (abgerufen am 17.03.2019).
- Marvan, Peter: Ökonomen denken laut über Entflechtung von Internetkonzernen nach, 24.7.2017, <https://www.silicon.de/41654191/oekonomen-denken-laut-ueber-entflechtung-von-internetkonzernen-nach/>.
- PHI Factory (2019): PHI Factory:Vorgehen. [online] <http://phi-factory.de/forschungsprojekt/vorgehen/> (abgerufen am 18.03.2019).
- Raveling, Jann (2018a): Bremer Forscher wollen Vereisung an Windkraftanlagen vorhersagen: Forschungsprojekt will Ausfallzeiten im Winter verringern und Eisschäden vermeiden. In: Wirtschaftsförderung Bremen GmbH (WFB), [online] <https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/windenergie-bremen/vereisung-winkraftanlagen-antiicing> (abgerufen am 17.03.2019).
- Raveling, Jann (2018b): Eine Roboterdrohne für die Windkraft. In: Bremen Bremerhaven Home of Innovation, [online] <https://www.bremen-innovativ.de/2018/12/robotherdrohne-windkraft/> (abgerufen am 17.03.2019).
- Rohaidi, Nurfilzah (2017): Exclusive: Japan utility trials AI for predictive maintenance. Interview with Hirokazu Yamaguchi, Head of Innovation at TEPCO, Japan's largest utility. In: GovInsider, [online] <https://govinsider.asia/digital-gov/exclusive-japan-utility-trials-ai-for-predictive-maintenance/> (abgerufen am 14.03.2019).
- Sallaba, Milan, Andreas Gentner und Ralf Esser (2017): Grenzenlos vernetzt: Smarte Digitalisierung durch IoT, Digital Twins und die Supra-Plattform. Hrsg.: Deloitte. <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/digital-twins.html> (abgerufen am 17.03.2019).
- Santarius, Tilman (2013): Der Rebound-Effekt: Die Illusion des grünen Wachstums. In: Blätter für deutsche und internationale Politik 12/2013. S. 67-74.
- Schaudwet, Christian (2018): Künstliche Intelligenz: Hoffnungsträger für die Energiebranche. In: bizz energy. Das Wirtschaftsmagazin für die Zukunft, [online] [https://bizz-energy.com/kuenstliche_intelligenz_erobert_die_energie%ADwirtschaft](https://bizz-energy.com/kuenstliche-intelligenz_erobert_die_energie%ADwirtschaft) (abgerufen am 20.02.2019).
- Schmid, Eva et al. (2016): Putting an energy system transformation into practice: The case of the German Energiewende. In: Energy Research & Social Science, 11, S. 263-275.
- Sehnke, Frank et al. (2016): Bedeutung von Prognosen für die Energiewende. Schlüsseltechnologien für die Energiewende: Prognosen. In: ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE) – Themen 2016, S.41-46.
- SmartEnergyHub (o.J.): Das Projekt, [online] <https://smart-energy-hub.de/das-projekt-smartenergyhub/> (abgerufen am 18.03.2019).
- Sopra Steria Consulting (Hrsg.) (2017): Noch nicht smart genug: Energienetze bekommen Intelligenzschub. Pressemitteilung 06. Juni 2019, [online] <https://www.soprasteria.de/newsroom/news/noch-nicht-smart-genug-energienetze-bekommen-intelligenzschub> (abgerufen am 14.03.2019).
- Specht, Philip (2018): Die 50 wichtigsten Themen der Digitalisierung: Künstliche Intelligenz, Blockchain, Bitcoin Virtual Reality und vieles mehr verständlich erklärt. Redline Verlag, München.
- Stegemann, P. (2015): Unsichtbare Strippenzieher – Die Macht der Algorithmen, 20.11.2015, <https://www.wissen.de/unsichtbare-strippenzieher-die-macht-der-algorithmen/page/0/2>.

Tautz, Anette (2016): Mit FlatFish in großen Tiefen auf Unterwasser-Inspektion: Das Bremer Unternehmen Ground Truth Robotics entwickelt Roboter, die auch unter Wasser autonom ihren Weg finden, [online] <https://www.wfb-bremen.de/de/page/stories/maritime-wirtschaft-und-logistik/mit-flatfish-in-grossen-tiefen-auf-unterwasser-inspektion> (abgerufen am 12.02.2019).

Strubell, E.; Ganesh, A.; McCallum, Andrew (2019): Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. <https://arxiv.org/pdf/1906.02243.pdf>.

The Conversation (2017): Artificial intelligence cyber attacks are coming – but what does that mean? [online] <http://theconversation.com/artificial-intelligence-cyber-attacks-are-coming-but-what-does-that-mean-82035> (abgerufen am 14.12.2018).

Tillmann, Henning (2018): Digitalisierung ist nur der Anfang, [online] <http://www.ipg-journal.de/schwerpunkt-des-monats/digitalisierung/artikel/detail/digitalisierung-ist-nur-der-anfang-2704/> (abgerufen am 02.05.2018).

Trapp, Ralph C. (2018a): Trapp: "Die Energiebranche ist Vorreiter bei Künstlicher Intelligenz". Gastbeitrag von Ralph C. Trapp, Infosys Consulting. In: energate messenger, [online] <https://www.energate-messenger.de/news/181861/trapp-die-energiebranche-ist-vorreiter-bei-kuenstlicher-intelligenz-> (abgerufen am 14.03.2019).

Trapp, Ralph C. (2018b): Wenn Strom intelligent wird. Energiebranche als Wegbereiter für smarte Technik. In: energy 4.0. <https://www.industr.com/de/wenn-strom-intelligent-wird-2326530> (abgerufen am 14.03.2019).

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2013): Was ist ein „Smart Grid“? [online] <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-ein-smart-grid> (abgerufen am 13.03.2019).

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) – Forum Energie (2017): Die Digitalisierung der Energiewende: Der Beitrag aus dem Maschinen- und Anlagenbau. Berlin.

Wadewitz, Felix (2019): D-Day auf der E-World. In: Tagesspiegel Background, [online] <https://background.tagesspiegel.de/d-day-auf-der-e-world> (abgerufen am 21.03.2019).

Washington Post (2014): Elon Musk: With artificial intelligence we are summoning the demon. In: Washington Post, [online] https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2014/10/24/elon-musk-with-artificial-intelligence-we-are-summoning-the-demon/?noredirect=on&utm_term=.64256f3f681c (abgerufen am 14.12.2018).

Wikipedia (2010): Multi Layer Neural Network, [online] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/MultiLayerNeuralNetworkBigger_english.png/800px-MultiLayerNeuralNetworkBigger_english.png (abgerufen am 19.08.2019).

Wietschel et al. (2018): Sektorkopplung. Definition, Chancen und Herausforderungen: Working Paper Sustainability and Innovation No. S 01/2018. Fraunhofer ISI [online] https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2018/WP01-2018_Sektorkopplung_Wietschel.pdf (abgerufen am 08.08.2019).

Zimmermann, H. und Hügel, S. (2019): Digitale Energiewende: Von der Notwendigkeit und den Risiken, das Energiesystem umzubauen. In: Höfner, A. / Frick, V. (Hrsg., 2019): Was Bits & Bäume verbindet. S. 55-57.

Zuboff, S. (2018): The Age of Surveillance Capitalism. Public Affairs.

Sie fanden diese Publikation interessant?

Wir stellen unsere Veröffentlichungen zum Selbstkostenpreis zur Verfügung, zum Teil auch unentgeltlich. Für unsere weitere Arbeit sind wir jedoch auf Spenden und Mitgliedsbeiträge angewiesen.

Spendenkonto: BIC/Swift: BFSWDE33BER, IBAN: DE33 1002 0500 0003 212300

Spenden per SMS: Stichwort „Weitblick“ an 8 11 90 senden und 5 Euro spenden.

Mitgliedschaft: Werden Sie Fördermitglied (Mindestbeitrag 60 Euro/Jahr) oder stimmberechtigtes Mitglied (ab 150 Euro/Jahr, Studierende ab 120 Euro/Jahr) bei Germanwatch. Weitere Informationen und das Anmeldeformular finden Sie auf unserer Website unter:

www.germanwatch.org/de/mitglied-werden

Wir schicken Ihnen das Anmeldeformular auf Anfrage auch gern postalisch zu:
Telefon: 0228/604920, E-Mail: info@germanwatch.org

Germanwatch

„Hinsehen, Analysieren, Einmischen“ – unter diesem Motto engagiert sich Germanwatch für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen und konzentriert sich dabei auf die Politik und Wirtschaft des Nordens mit ihren weltweiten Auswirkungen. Die Lage der besonders benachteiligten Menschen im Süden bildet den Ausgangspunkt unseres Einsatzes für eine nachhaltige Entwicklung.

Unsere Arbeitsschwerpunkte sind Klimaschutz & Anpassung, Welternährung, Unternehmensverantwortung, Bildung für Nachhaltige Entwicklung sowie Finanzierung für Klima & Entwicklung/Ernährung. Zentrale Elemente unserer Arbeitsweise sind der gezielte Dialog mit Politik und Wirtschaft, wissenschaftsbasierte Analysen, Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit sowie Kampagnen.

Germanwatch finanziert sich aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und Zuschüssen der Stiftung Zukunftsfähigkeit sowie aus Projektmitteln öffentlicher und privater Zuschussgeber.

Möchten Sie die Arbeit von Germanwatch unterstützen? Wir sind hierfür auf Spenden und Beiträge von Mitgliedern und Förderern angewiesen. Spenden und Mitgliedsbeiträge sind steuerlich absetzbar.

Bankverbindung / Spendenkonto:

Bank für Sozialwirtschaft AG,
IBAN: DE33 1002 0500 0003 2123 00,
BIC/Swift: BFSWDE33BER

Weitere Informationen erhalten Sie unter **www.germanwatch.org** oder bei einem unserer beiden Büros:

Germanwatch – Büro Bonn

Dr. Werner-Schuster-Haus
Kaiserstr. 201, D-53113 Bonn
Telefon +49 (0)228 / 60492-0, Fax -19

Germanwatch – Büro Berlin

Stresemannstr. 72, D-10963 Berlin
Telefon +49 (0)30 / 2888 356-0, Fax -1

E-Mail: info@germanwatch.org

Internet: www.germanwatch.org



Hinsehen. Analysieren. Einmischen.

Für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen.