Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Geoinformation und Digitale Innovation

Bericht vom 30.04.2025

Künstliche Intelligenz in der Energieversorgung

Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit

eraneos

Datum: 30. April 2025
Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer/in:

Eraneos Schweiz AG
Andreasstrasse 11, CH-8050 Zürich
www.eraneos.com

Autor/in:

Schmuel Holles, Eraneos Schweiz AG, schmuel.holles@eraneos.com
Katharina Fulterer-Burkart, Eraneos Schweiz AG, katharina.fulterer@eraneos.com
Dominik Noeren, Eraneos Schweiz AG, dominik.noeren@eraneos.com
Valentino Huang, Eraneos Schweiz AG, valentino.huang@eraneos.com
Matteo Gnoss, Eraneos Schweiz AG, matteo.gnoss@eraneos.com

BFE-Bereichsleitung:	Dr. Matthias Galus, matthias.galus@bfe.admin.ch
BFE-Programmleitung:	Dr. Matthias Galus, matthias.galus@bfe.admin.ch
	Dr. Fabian Heymann, fabian.heymann@bfe.admin.ch
	Dominique Luder, dominique.luder@bfe.admin.ch
BFE-Vertragsnummer:	SI/600634-91

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE
Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen; Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ... **3**
Abkürzungsverzeichnis ... **4**
Management Summary (Deutsch) ... **5**
Management Summary (English) ... **10**
Management Summary (Français) ... **15**
1 Einführung zu KI im Energiesektor ... **20**
2 Einfluss von KI auf die Energieversorgung ... **23**
2.1 Chancen des Einsatzes von KI im Energiesektor ... 23
2.2 Risiken durch den Einsatz von KI im Energiesektor ... 31
3 Wo wir heute im Energiesektor bei der Nutzung von KI stehen ... **43**
3.1 Schweizweite Branchen-Umfrage zur Nutzung und Einschätzung von KI ... 44
3.2 Einsatz von KI in Unternehmen anderer Branchen und Länder ... 60
4 Abschätzung der Zusammenhänge zwischen KI und Versorgungssicherheit ... **62**
4.1 Mögliche positive Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit der Schweiz ... 64
4.2 Mögliche negative Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit ... 66
4.3 Mitigation der Risiken ... 69
4.4 Modellierungsansatz für eine Quantifizierung der Chancen und Risiken ... 71
5 Rechtlicher Rahmen für die Nutzung von KI ... **82**
5.1 Politische und gesetzgeberische Entwicklungen im Bereich KI ... 82
5.2 Der EU AI Act - wegweisend auch für die Schweiz? ... 86
6 Abgeleiteter Handlungsbedarf und -empfehlungen ... **92**
6.1 Bereiche mit Handlungsbedarf im Energiesektor ... 93
6.2 Handlungsempfehlungen ... 96
Literaturverzeichnis ... **99**
Annex 1: Ergänzungen zur KI-Kategorisierung ... **106**
Annex 2: Umfrageergebnisse – KI-Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsstufe ... **109**

Abkürzungsverzeichnis

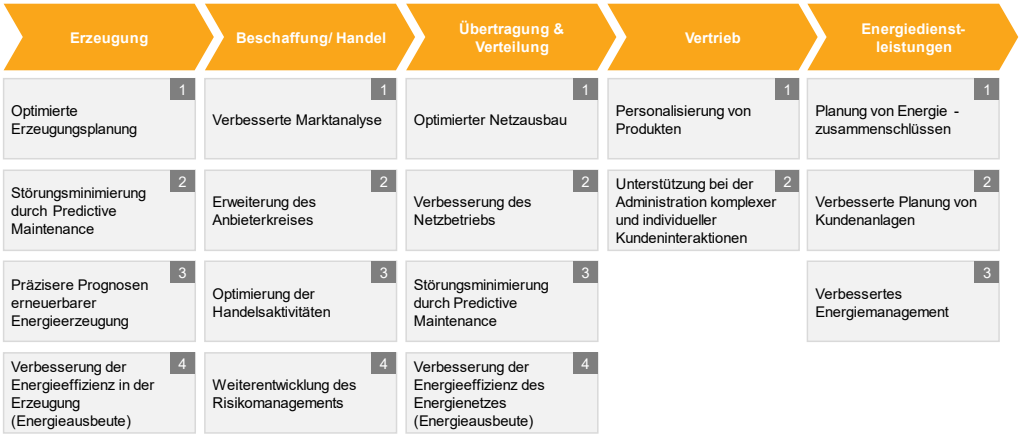
API ..... Application Programming Interface
AWS ..... Amazon Web Services
BFE ..... Bundesamt für Energie
BFS ..... Bundesamt für Statistik
CNAI ..... Kompetenznetzwerk für Künstliche Intelligenz
DSG ..... Datenschutzgesetz (Schweiz)
DSGVO ..... Datenschutz-Grundverordnung
EDÖB ..... Eidgenössischer Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragter
EMS ..... Energiemanagementsystem
EnG ..... Energiegesetz (Schweiz)
EnV ..... Energieverordnung (Schweiz)
EU AI Act ..... Verordnung über künstliche Intelligenz der Europäischen Union
EVU ..... Energieversorgungsunternehmen (gilt auch für Querverbundunternehmen und weitere)
FINMA ..... Finanzmarktaufsichtsbehörde der Schweiz
FRIA ..... Fundamental Rights Impact Assessment
GPT ..... Generative Pretrained Transformer
IKT ..... Informations- und Kommunikationstechnologien
KI ..... Künstliche Intelligenz
KNN ..... Künstliche Neuronale Netze
LLM ..... Large Language Model
MIT ..... Massachusetts Institute for Technology
ML ..... Maschinelles Lernen
MW ..... Megawatt
NLP ..... Natural Language Processing
OECD ..... Organisation for Economic Co-operation and Development
PPA ..... Power Purchase Agreement
PV ..... Photovoltaikanlagen
StromVG ..... Stromversorgungsgesetz (Schweiz)
StromVV ..... Stromversorgungsverordnung (Schweiz)
TWh ..... Terawattstunde

Management Summary (Deutsch)

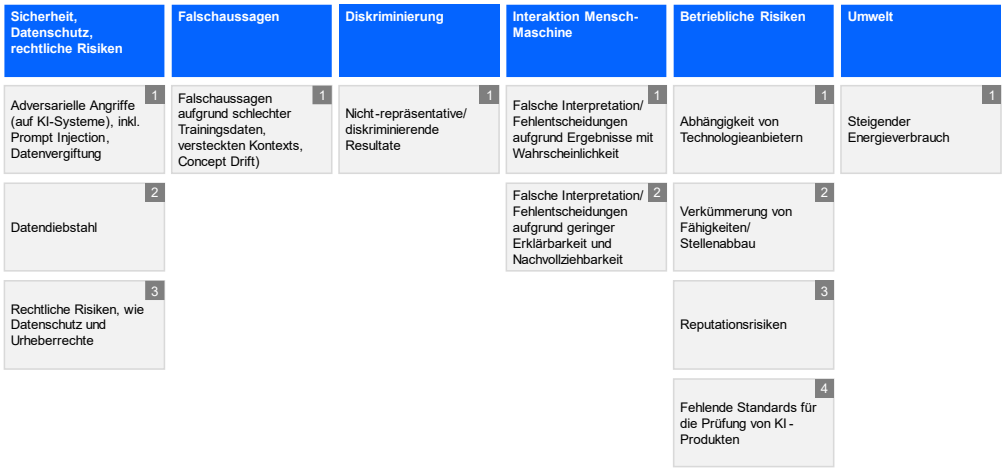
Die Energieversorgungssicherheit hat einen zentralen Stellenwert und ist tief in der energiepolitischen Agenda der Schweiz verankert. Gleichzeitig verändert die Digitalisierung die gesamte Wertschöpfungskette und prägt zunehmend die Gegenwart und Zukunft des Schweizer Energiesektors. Eine technologische Entwicklung sticht hierbei besonders hervor: Künstliche Intelligenz (KI). Ihr Einsatz im Energiesektor wirft regulatorische und sicherheitsrelevante Fragen auf, suggeriert aber gleichzeitig immense Chancen. Das Postulat 23.3957 greift dieses Thema auf. Es fordert eine Analyse einer allfälligen Regulierung im Kontext von KI und Versorgungssicherheit im Schweizer Energiesektor. Vor diesem Hintergrund wurde diese Studie lanciert. Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Auswirkungen von KI auf die Energieversorgung der Schweiz zu analysieren sowie Handlungsbedarf für den sicheren Einsatz von KI mit Blick auf die Versorgungssicherheit abzuleiten.

Einfluss von KI auf die Energieversorgung

Entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Energiesektors zeigen sich vielfältige Chancen, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind:



Gleichzeitig birgt KI aber auch Risiken, die sich von denen herkömmlicher Technologien unterscheiden. In dieser Studie wurden die folgenden Risiken identifiziert und genauer analysiert:



Im Bereich Umwelt stehen Fragen zum steigenden Energieverbrauch durch KI im Fokus. Besonders das Training leistungsfähiger Modelle in Rechenzentren erfordert erhebliche Rechenkapazitäten und lassen so den Strombedarf von Rechenzentren steigen. Die schlichte Nutzung trainierter Modelle weist eher einen geringen Stromverbrauch auf. Die Grundannahme dieser Studie ist, dass der Trainingsprozess meist ausserhalb der Schweiz stattfindet. In der Schweiz selbst betrifft der zusätzliche Stromverbrauch also vor allem die Nutzung bereits trainierter Modelle (Inferenz). Entsprechend dürfte die Auswirkung auf KI auf den Landesverbrauch der Schweiz eher untergeordnet bleiben. Genaue Zahlen dazu sind allerdings nicht verfügbar. Sie fallen unter das Geschäftsgeheimnis der Betreiber der Rechenzentren und sind gut geschützt. Eine gesetzliche Grundlage und damit Handhabe, diese Zahlen durch den Bund zu erheben, besteht nicht. Zudem ist die Frage der Versorgungssicherheit der Schweiz in Abhängigkeit des Stromverbrauches von KI keine rein nationale, sondern eine europäische Angelegenheit aufgrund der engen Vernetzung der Schweiz im elektrischen Netz. Zur Analyse der Entwicklung des Stromverbrauchs in Europa aufgrund von KI müssten Daten und Szenarien mindestens aller Nachbarländer verfügbar sein und innerhalb einer Schweizer System Adequacy Analyse betrachtet werden. Aufgrund der vielen Annahmen wären selbst diese Aussagen wohl mit hoher Unsicherheit belastet. Derzeit ist das BFE bemüht, im Rahmen dezidierter Analysen des Stromverbrauchs von Rechenzentren und den Energieperspektiven, mindestens den Fragen zum nationalen Stromverbrauch von KI zu begegnen. Die vorliegende Studie verweist für mehr Details dazu entsprechend auf die anderen Analysen.

Wo wir heute im Schweizer Energiesektor bei der Nutzung von KI stehen

An der schweizweit durchgeführten Branchenumfrage zur Nutzung und Einschätzung von KI im Energiesektor haben 110 Energieversorgungsunternehmen (EVU) teilgenommen. Die Umfrage liefert wertvolle Einblicke in den aktuellen und geplanten Einsatz von KI im Energiesektor, die wahrgenommenen KI-Chancen und -Risiken sowie die Einschätzung der EVUs bezüglich Regulierung, wie folgt:

➔ *Ein Viertel der Schweizer EVUs setzt KI ein, darunter insbesondere grössere Unternehmen*

25% der teilnehmenden Unternehmen setzen KI bereits ein, ca. zu gleichen Teilen produktiv und experimentell, 36% planen den Einsatz für die Zukunft und 38% der Unternehmen setzen KI weder heute ein, noch planen sie den Einsatz in der Zukunft. Dabei haben vor allem grössere Unternehmen KI bereits vielfältig produktiv oder experimentell im Einsatz, während sich kleinere Unternehmen in der Mehrheit eher verhalten positionieren und aktuell meist noch keine Pläne für den Einsatz von KI haben.

➔ *Einfache KI-Modelle sowie generative KI werden breit eingesetzt*

Einfache KI-Modelle werden von 78%, fortgeschrittene KI-Modelle von 57% und generative KI nahezu von allen KI-einsetzenden Unternehmen (97%) genutzt. Vor allem einfache KI-Modelle sind dabei produktiv im Einsatz (71% produktiv zu 7% experimentell). Generative KI wird vor allem experimentell verwendet (36% produktiv zu 61% experimentell).

➔ *KI ist bereits vielerorts in Strategie und Governance sowie im Risikomanagement adressiert*

Bis auf eine Ausnahme haben alle teilnehmenden Unternehmen KI in ihrer Strategie und Governance verankert oder sehen es als ein strategisch wichtiges Thema. Insgesamt 82% der Unternehmen haben KI im Risikomanagement vollumfänglich oder zumindest teilweise aufgenommen.

➔ *Zahlreiche Anwendungsfelder entlang der Wertschöpfungskette*

Besonders im Handel und im Netzbereich gibt es heute bereits zahlreiche Anwendungsfälle, während der Einsatz im Vertrieb und bei den Energiedienstleistungen noch begrenzt ist. Zukünftig planen die Unternehmen eine zunehmende KI-Nutzung insbesondere bei den Energiedienstleistungen und in der Verteilung.

Abschätzung der Zusammenhänge zwischen KI und Versorgungssicherheit

KI kann also auf der einen Seite positive Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit haben. Dabei haben einzelne Wertschöpfungsstufen eine höhere Relevanz für die Versorgungssicherheit, insbesondere die Energieerzeugung sowie die Übertragung und Verteilung. In diesen Bereichen wurden die grössten Chancen durch den Einsatz von KI identifiziert.

Auf der anderen Seite können durch den KI-Einsatz aber auch Risiken auftreten und dadurch negative Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit entstehen. Die Versorgungssicherheit wird jedoch nicht durch alle identifizierten KI-Risiken potentiell beeinträchtigt. Zudem wirken die Risiken gesamthaft auf den konkreten Anwendungsfall und damit indirekt auf die betreffende Wertschöpfungsstufe.

Diese Zusammenhänge sind in der folgenden Abbildung dargestellt:

Für die identifizierten Risiken mit direktem Zusammenhang zur Versorgungssicherheit werden Mitigationsmassnahmen vorgeschlagen und später in den Handlungsempfehlungen und der Roadmap aufgegriffen.

Rechtlicher Rahmen für die Nutzung von KI

Derzeit gibt es in der Schweiz noch keine spezifischen Gesetze oder Vorschriften, die KI direkt regulieren. Stattdessen unterliegt der Einsatz von KI noch bestehenden Gesetzen. Für den Energiesektor sind bei der Anwendung von KI-Systemen insbesondere die Schweizer Energie- und Stromgesetzgebung und das Datenschutzgesetz (DSG) zu beachten. Im Bereich der Gasversorgung gibt es keinerlei gesetzliche Grundlagen. Darüber hinaus gelten die sonst anwendbaren Bestimmungen auch beim Einsatz von KI, u.a. das Urheberrecht und das Lauterkeitsrecht.

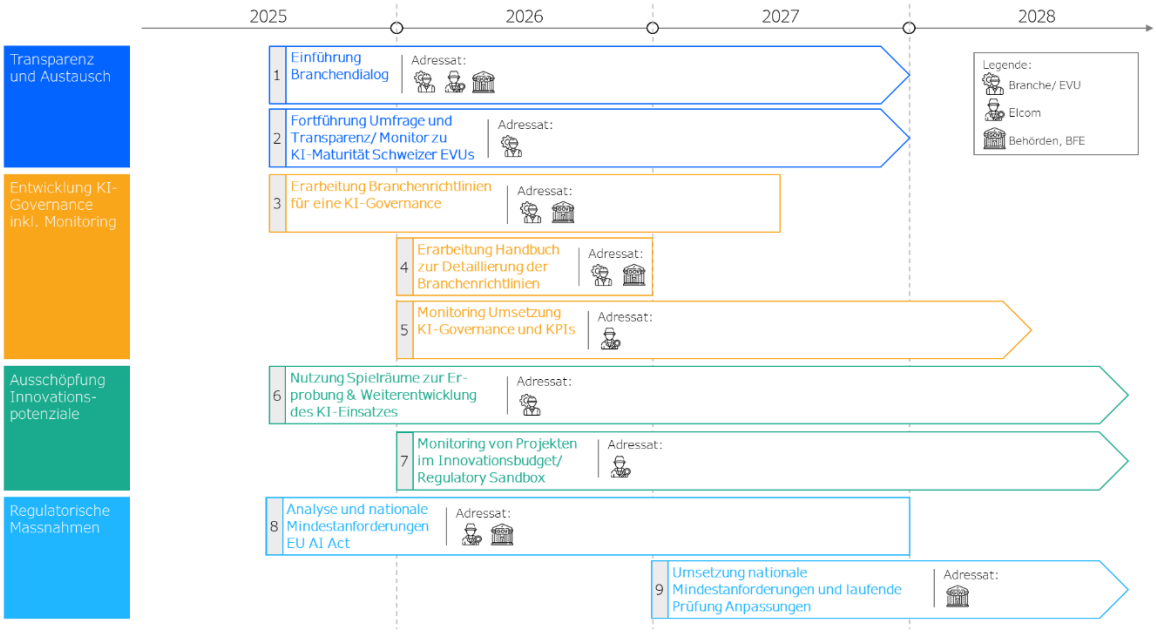
Auf Bundesebene wird mit der Strategie «Digitale Schweiz» aktuell ein Vorschlag für einen schweizerischen Ansatz zum Umgang mit KI erarbeitet. Erst kürzlich hat der Bundesrat entschieden, einen ersten Regulierungsansatz für KI in der Schweiz zu verfolgen. Bis Ende 2026 soll eine Vernehmlassungsvorlage erstellt werden. Diese soll die KI-Konvention des Europarats umsetzen, indem sie die notwendigen gesetzlichen Massnahmen festlegt, namentlich in den Bereichen Transparenz, Datenschutz, Nichtdiskriminierung und Aufsicht. Zudem soll bis Ende 2026 ein Umsetzungsplan für die weiteren, nicht in Gesetzen festgeschriebenen Massnahmen erarbeitet werden. Dieser soll insbesondere auch die Vereinbarkeit des Schweizer Ansatzes mit jenen der wichtigsten Handelspartner berücksichtigen. Dies soll auch der Hintergrund für die Handlungsempfehlungen dieser Studie und ihre zeitliche Einordnung sein.

Der europäische Regulierungsrahmen ist jedoch auch für die Massnahmen in der Schweiz und insbesondere im Energiesektor relevant und darf keineswegs ausser Acht gelassen werden. Der EU AI Act sieht zahlreiche Massnahmen im Bereich Governance und Risikomanagement vor, insbesondere für

KI-Systeme mit hohem Risiko. In diese Kategorie fallen auch KI-Systeme, die in kritischen Infrastrukturen eingesetzt werden. Die Vorgaben des EU AI Acts sind aufgrund der extraterritorialen Wirkung teilweise auch für Schweizer EVUs relevant. Es scheint geboten, mittelfristig ähnliche bzw. kompatible Strukturen in der Schweiz aufzubauen, um eine Kompatibilität an den EU-Markt zu gewährleisten. Denn EU-Regelungen haben erhebliche Auswirkungen auf Schweizer Unternehmen. Zuletzt war dies bei der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) zu sehen, deren Einfluss schliesslich auch im neuen Schweizer DSG mündete. Der Umfang und ein sinnvoller Zeitpunkt für die allfällige Einführung von Vorgaben sind jedoch strategisch zu wählen. Der EU AI Act zeigt in seiner Ausgestaltung noch viele Unklarheiten. Erst wenn mehr Klarheit über die Praktikabilität und Umsetzbarkeit des EU AI Acts herrscht, erscheint es geboten, ähnliche Regulierungen in der Schweiz und im Energiesektor zu etablieren. Die Schweiz sollte jedoch schon Strukturen und genügend Transparenz vorsehen, sodass bei einer allfälligen schrittweisen Übernahme der Strukturen aus dem EU AI Act die Kluft nicht zu gross ist.

Abgeleiteter Handlungsbedarf und -empfehlungen

Um die Chancen von KI im Energiesektor zu nutzen und Risiken zu minimieren, sind gezielte Massnahen erforderlich. Der Logik des subsidiären Systems folgend wurden neun Handlungsempfehlungen abgeleitet, die in Grossteils bereits in 2025 oder baldmöglichst initiiert werden sollten:

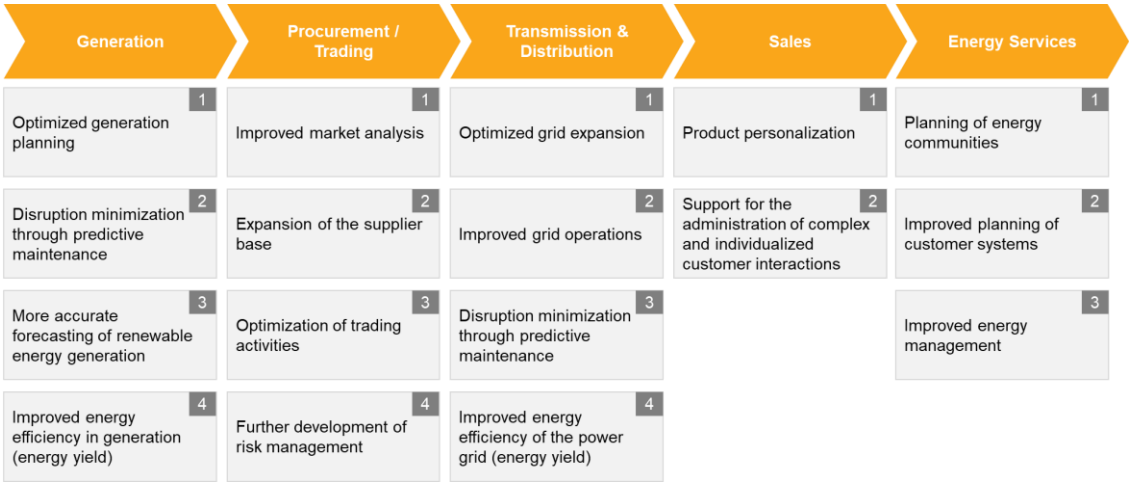


Management Summary (English)

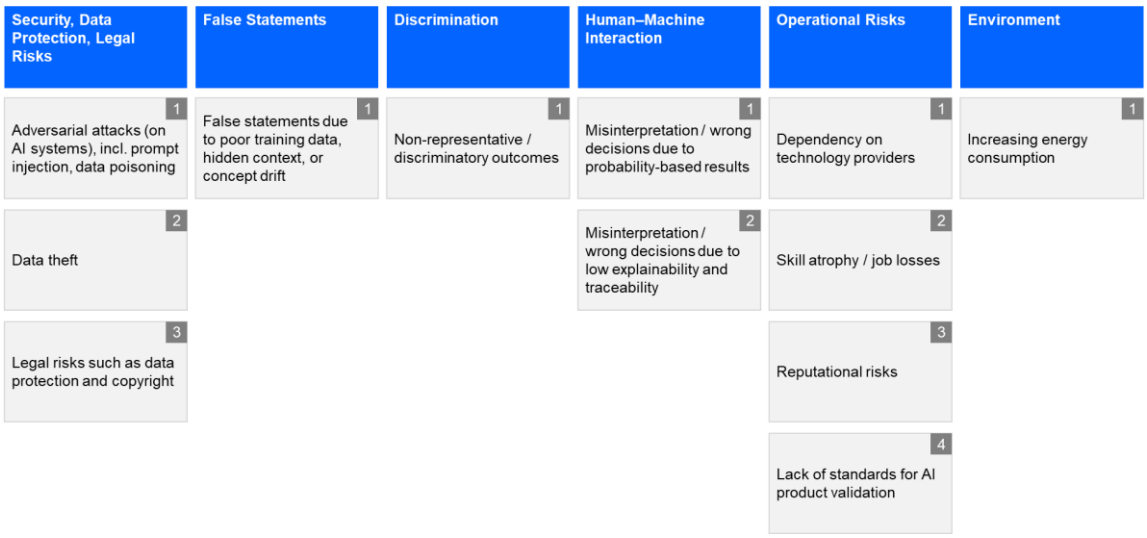
Security of energy supply holds a central position and is deeply embedded in Switzerland's energy policy agenda. At the same time, digitalization is transforming the entire value chain and is increasingly shaping the present and future of the Swiss energy sector. One technological development stands out in particular: Artificial Intelligence (AI). Its application in the energy sector raises regulatory and security-related questions, but at the same time suggests enormous opportunities. Postulate 23.3957 addresses this issue. It calls for an analysis of potential regulation in the context of AI and energy supply security in the Swiss energy sector. Against this backdrop, this study was initiated. The aim of the present study is to analyze the impact of AI on Switzerland's energy supply and to identify any necessary actions to ensure the safe use of AI with a view to maintaining energy supply security.

Impact of AI on the energy supply

Across the entire value chain of the energy sector, a wide range of opportunities can be identified, which are illustrated in the following Figure:



At the same time, however, AI also entails risks that differ from those of conventional technologies. In this study, the following risks were identified and analyzed in greater detail:



In the environmental domain, concerns center around the increasing energy consumption driven by AI. In particular, training powerful models in data centers requires substantial computing capacity, leading to a rise in electricity demand for these facilities. In contrast, the simple use of pre-trained models typically results in relatively low electricity consumption. The fundamental assumption of this study is that the training process generally takes place outside of Switzerland. Therefore, within Switzerland, the additional electricity demand primarily concerns the use of already trained models (inference). Accordingly, the impact of AI on the country's overall electricity consumption is likely to remain limited. However, precise figures are not available, as they fall under the trade secrets of data center operators and are well protected. There is no legal basis that would allow the federal government to collect this data. Furthermore, the issue of Switzerland's energy supply security in relation to AI-driven electricity consumption is not purely a national matter but a European one, due to the country's strong integration into the European electricity grid. To analyze the development of electricity consumption in Europe as a result of AI, data and scenarios from at least all neighboring countries would need to be available and considered within a Swiss System Adequacy Analysis. Given the number of assumptions required, even such assessments would likely be subject to considerable uncertainty. At present, the Swiss Federal Office of Energy (SFOE) is working to address at least the national electricity consumption questions related to AI within the scope of dedicated analyses on data center energy use and broader energy perspectives. For more details on this topic, this study refers to those other analyses.

Where the Swiss energy sector currently stands in terms of AI usage

A nationwide industry survey on the use and assessment of AI in the energy sector received responses from 110 energy supply companies (ESCs). The survey provides valuable insights into the current and planned use of AI in the energy sector, the perceived opportunities and risks of AI, and the ESCs' views on regulation, as follows:

➔ *One-quarter of Swiss ESCs are using AI, particularly larger companies*

25% of the participating companies are already using AI—roughly equally divided between productive and experimental use. Another 36% plan to use AI in the future, while 38% are neither using AI currently

nor planning to do so. Larger companies in particular are already using AI in various productive or experimental applications, whereas smaller companies tend to be more cautious and currently mostly have no plans to adopt AI.

➔ *Basic AI models and generative AI are widely used*

Basic AI models are used by 78% of AI-adopting companies, advanced AI models by 57%, and generative AI by nearly all of them (97%). Basic AI models are predominantly in productive use (71% productive vs. 7% experimental). Generative AI, on the other hand, is mainly used in experimental settings (36% productive vs. 61% experimental).

➔ *AI is already addressed in many strategies, governance structures, and risk management systems*

With only one exception, all participating companies have either integrated AI into their strategy and governance or consider it a strategically important topic. Overall, 82% of the companies have included AI in their risk management—either fully or at least partially.

➔ *Numerous application areas along the value chain*

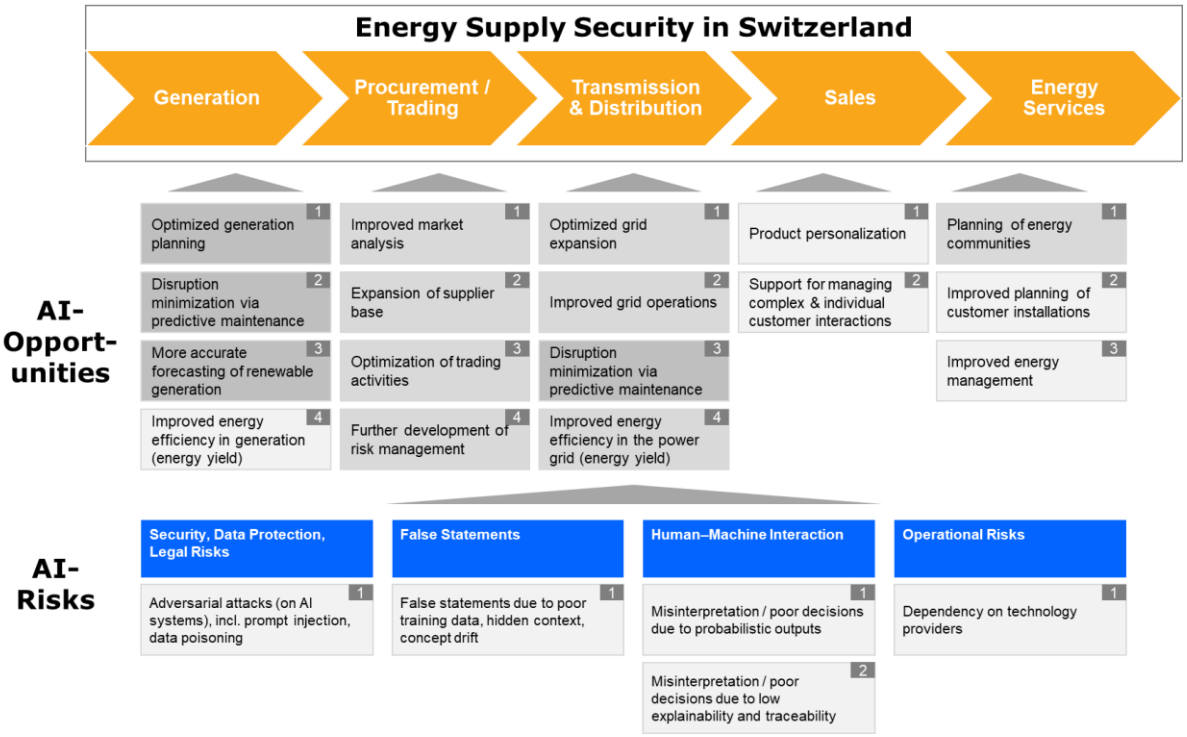
There are already many AI use cases, particularly in trading and grid operations. In contrast, applications in sales and energy services remain limited. However, in the future, companies plan to increase their use of AI, especially in energy services and distribution.

Assessing the relationship between AI and energy supply security

AI can, on the one hand, have a positive impact on energy supply security. Certain stages of the value chain are more relevant in this regard—particularly energy generation, transmission, and distribution. These areas were identified as offering the greatest opportunities through the use of AI.

On the other hand, the use of AI can also introduce risks that may negatively affect supply security. However, not all identified AI-related risks necessarily pose a threat to energy supply security. Moreover, the risks generally influence the specific application context, and thus indirectly affect the respective stage of the value chain.

These relationships are illustrated in the following Figure:



For the risks identified as having a direct link to energy supply security, targeted mitigation measures have been developed and are incorporated into the strategic recommendations and roadmap.

Legal framework for the use of AI

Currently, there are no specific laws or regulations in Switzerland that directly govern AI. Instead, the use of AI remains subject to existing legislation. In the energy sector, the application of AI systems must particularly comply with Swiss energy and electricity laws, as well as the Federal Data Protection Act (FADP). In the gas sector, there is no legal basis at all. Additionally, other generally applicable laws also apply to the use of AI, including copyright law and unfair competition law.

At the federal level, the "Digital Switzerland" strategy is currently developing a national approach to dealing with AI. Recently, the Federal Council decided to pursue an initial regulatory approach for AI in Switzerland. A draft bill is to be prepared by the end of 2026. This bill is intended to implement the Council of Europe's AI Convention by defining the necessary legal measures, particularly in the areas of transparency, data protection, non-discrimination, and oversight. In addition, an implementation plan for non-legally binding measures is also to be developed by the end of 2026. This plan is expected to ensure compatibility between Switzerland's approach and those of its major trading partners. This broader context also informs the study's recommendations and their proposed timing.

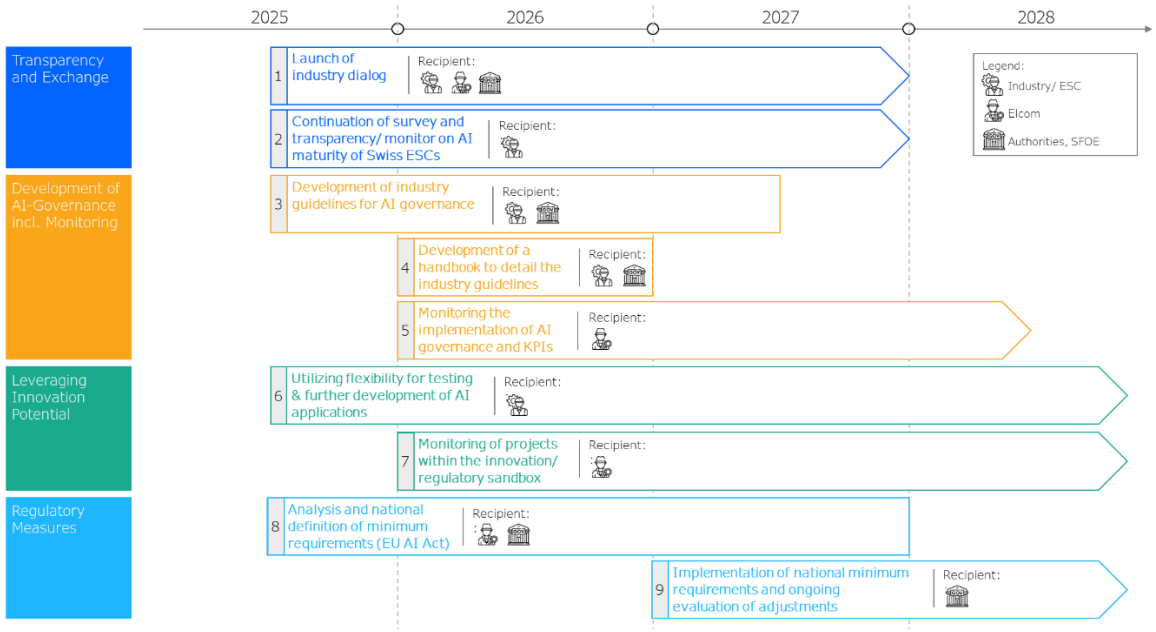
The European regulatory framework, however, is also highly relevant for Switzerland and especially for the energy sector and must not be overlooked. The EU AI Act includes numerous measures related to governance and risk management, particularly for high-risk AI systems. This category also includes AI systems used in critical infrastructure. Due to its extraterritorial reach, parts of the EU AI Act are already applicable to Swiss ESCs. It appears advisable to establish similar or at least compatible structures in

Switzerland over the medium term to ensure market alignment with the EU. European regulations can have significant impacts on Swiss companies—as seen previously with the General Data Protection Regulation (GDPR), which ultimately influenced the revision of the Swiss Data Protection Act.

However, the scope and timing of introducing such regulations in Switzerland must be strategically considered. The EU AI Act still contains many uncertainties in terms of its practical application and enforceability. Only once there is greater clarity on its implementation will it make sense to introduce similar regulations in Switzerland and its energy sector. Nonetheless, Switzerland should already prepare the necessary structures and ensure sufficient transparency, so that if a step-by-step adoption of elements from the EU AI Act becomes necessary, the gap to bridge is not too wide.

Identified need for action and recommendations

In order to harness the opportunities of AI in the energy sector while minimizing its risks, targeted measures are required. Following the logic of Switzerland's subsidiarity-based system, nine key recommendations have been developed—most of which should be initiated in 2025 or as soon as possible:



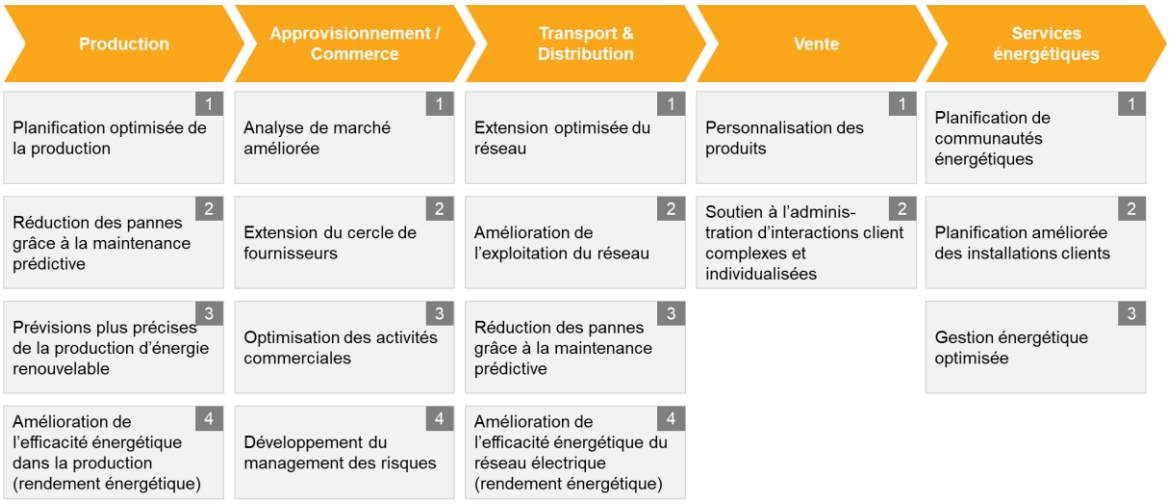
Management Summary (Français)

La sécurité de l'approvisionnement en énergie occupe une place centrale et est profondément ancrée dans l'agenda de la politique énergétique de la Suisse. Parallèlement, la digitalisation transforme l'ensemble de la chaîne de valeur et façonne de plus en plus le présent et l'avenir du secteur énergétique suisse. Un développement technologique se distingue particulièrement dans ce contexte : l'intelligence artificielle (IA). Son utilisation dans le secteur énergétique soulève des questions d'ordre réglementaire et en matière de sécurité, tout en suggérant d'immenses opportunités. Le postulat 23.3957 aborde ce sujet. Il demande une analyse d'une éventuelle régulation dans le contexte de l'IA et de la sécurité d'approvisionnement dans le secteur énergétique suisse. C'est dans ce contexte que cette étude a été lancée.

L'objectif de la présente étude est d'analyser les effets de l'IA sur l'approvisionnement énergétique de la Suisse, ainsi que d'identifier les besoins d'action pour garantir une utilisation sûre de l'IA dans une optique de sécurité d'approvisionnement.

Impact de l'IA sur l'approvisionnement en énergie

Tout au long de la chaîne de valeur du secteur énergétique, de nombreuses opportunités se dessinent, comme illustré dans la Figure suivante :



Parallèlement, l'IA comporte également des risques qui diffèrent de ceux des technologies conventionnelles. Dans le cadre de cette étude, les risques suivants ont été identifiés et analysés plus en détail :

Dans le domaine de l'environnement, les questions liées à la consommation énergétique croissante due à l'IA sont au centre des préoccupations. En particulier, l'entraînement de modèles puissants dans des centres de données exige des capacités de calcul considérables, ce qui entraîne une augmentation de la demande en électricité de ces centres. En revanche, l'utilisation simple de modèles déjà entraînés génère une consommation électrique relativement faible. L'hypothèse de base de cette étude est que le processus d'entraînement a généralement lieu en dehors de la Suisse. Ainsi, en Suisse, la consommation d'électricité supplémentaire concerne principalement l'utilisation de modèles préalablement entraînés (inférence). En conséquence, l'impact de l'IA sur la consommation nationale d'électricité devrait rester relativement limité. Cependant, il n'existe aucune donnée précise à ce sujet. Ces informations relèvent du secret commercial des exploitants de centres de données et sont bien protégées. Il n'existe aucune base légale permettant à la Confédération de collecter ces données. Par ailleurs, la question de la sécurité d'approvisionnement de la Suisse en lien avec la consommation électrique liée à l'IA n'est pas exclusivement nationale, mais européenne, en raison de l'interconnexion étroite de la Suisse au réseau électrique européen. Pour analyser l'évolution de la consommation d'électricité en Europe due à l'IA, il serait nécessaire de disposer de données et de scénarios au minimum pour tous les pays voisins, à intégrer dans une analyse suisse d'adéquation du système. En raison du grand nombre d'hypothèses nécessaires, même de telles estimations seraient probablement entachées d'une forte incertitude. Actuellement, l'Office Fédéral de l'Énergie (OFEN) s'efforce, dans le cadre d'analyses spécifiques de la consommation électrique des centres de données et des perspectives énergétiques, de répondre au moins aux questions concernant la consommation nationale d'électricité liée à l'IA. La présente étude renvoie, pour plus de détails à ce sujet, aux analyses complémentaires disponibles.

Où en est aujourd'hui le secteur énergétique suisse dans l'utilisation de l'IA

Une enquête sectorielle menée à l'échelle nationale sur l'utilisation et la perception de l'IA dans le secteur de l'énergie a recueilli la participation de 110 entreprises suisses d'approvisionnement en énergie (EAE). L'enquête fournit des informations précieuses sur l'état actuel et les projets d'utilisation de l'IA

dans le secteur, les opportunités et risques perçus, ainsi que l'avis des entreprises concernant la régulation, comme suit :

➔ *Un quart des EAE suisses utilisent déjà l'IA, en particulier les grandes entreprises*

25 % des entreprises participantes utilisent déjà l'IA, à peu près à parts égales en production et à titre expérimental. 36 % prévoient une utilisation à l'avenir, tandis que 38 % ne l'utilisent pas et ne prévoient pas de le faire. Ce sont surtout les grandes entreprises qui ont déjà intégré l'IA de manière productive ou expérimentale, alors que les plus petites restent majoritairement prudentes et n'ont souvent aucun projet concret d'utilisation de l'IA pour le moment.

➔ *Les modèles d'IA simples ainsi que l'IA générative sont largement utilisés*

78 % des entreprises utilisant l'IA recourent à des modèles simples, 57 % à des modèles avancés, et 97 % utilisent de l'IA générative. Les modèles simples sont majoritairement utilisés de manière productive (71 % en production contre 7 % à l'essai), tandis que l'IA générative est surtout en phase expérimentale (36 % en production contre 61 % à l'essai).

➔ *L'IA est déjà intégrée dans la stratégie, la gouvernance et la gestion des risques de nombreuses entreprises*

À une exception près, toutes les entreprises interrogées ont intégré l'IA dans leur stratégie et leur gouvernance, ou la considèrent comme un enjeu stratégique majeur. En tout, 82 % ont inclus l'IA dans leur gestion des risques, totalement ou partiellement.

➔ *Nombreux champs d'application le long de la chaîne de valeur*

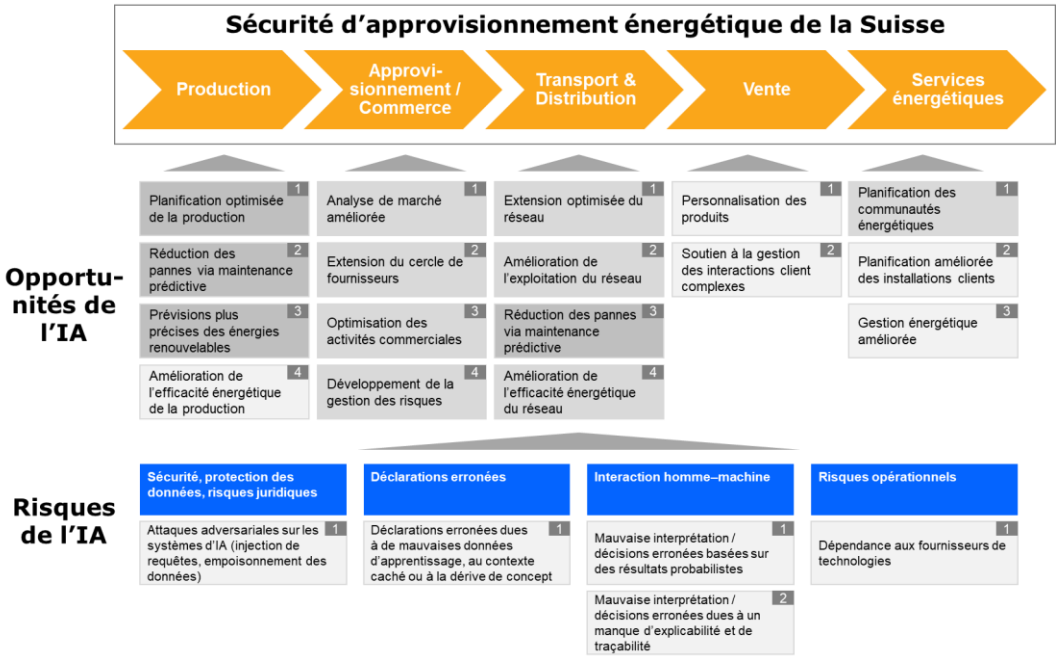
Il existe déjà de nombreux cas d'usage de l'IA, notamment dans les domaines du commerce et des réseaux. En revanche, l'usage reste limité dans la vente et les services énergétiques. À l'avenir, les entreprises prévoient une utilisation croissante de l'IA, en particulier dans les services énergétiques et la distribution.

Évaluation des liens entre l'IA et la sécurité d'approvisionnement

L'IA peut, d'un côté, avoir des effets positifs sur la sécurité de l'approvisionnement. Certaines étapes de la chaîne de valeur sont particulièrement importantes à cet égard, notamment la production d'énergie, ainsi que le transport et la distribution. Ce sont dans ces domaines que les plus grandes opportunités liées à l'utilisation de l'IA ont été identifiées.

D'un autre côté, l'utilisation de l'IA peut également entraîner des risques susceptibles d'avoir un impact négatif sur la sécurité de l'approvisionnement. Toutefois, la sécurité d'approvisionnement n'est pas menacée par tous les risques identifiés en lien avec l'IA. De plus, ces risques dépendent toujours du cas d'usage spécifique et n'influencent donc les différentes étapes de la chaîne de valeur que de manière indirecte.

Ces relations sont illustrées dans la Figure suivante :



Des mesures d'atténuation sont proposées pour les risques identifiés comme ayant un lien direct avec la sécurité d'approvisionnement, et elles sont reprises dans les recommandations d'action et la feuille de route.

Cadre juridique pour l'utilisation de l'IA

Actuellement, il n'existe aucune loi ou réglementation spécifique en Suisse qui régule directement l'IA. Son utilisation reste donc soumise aux lois existantes. Dans le secteur de l'énergie, l'application de systèmes d'IA doit notamment se conformer à la législation suisse sur l'énergie et l'électricité, ainsi qu'à la loi sur la protection des données (LPD). Dans le domaine de l'approvisionnement en gaz, il n'existe aucune base légale. D'autres dispositions légales générales s'appliquent également à l'usage de l'IA, notamment le droit d'auteur et le droit de la concurrence loyale.

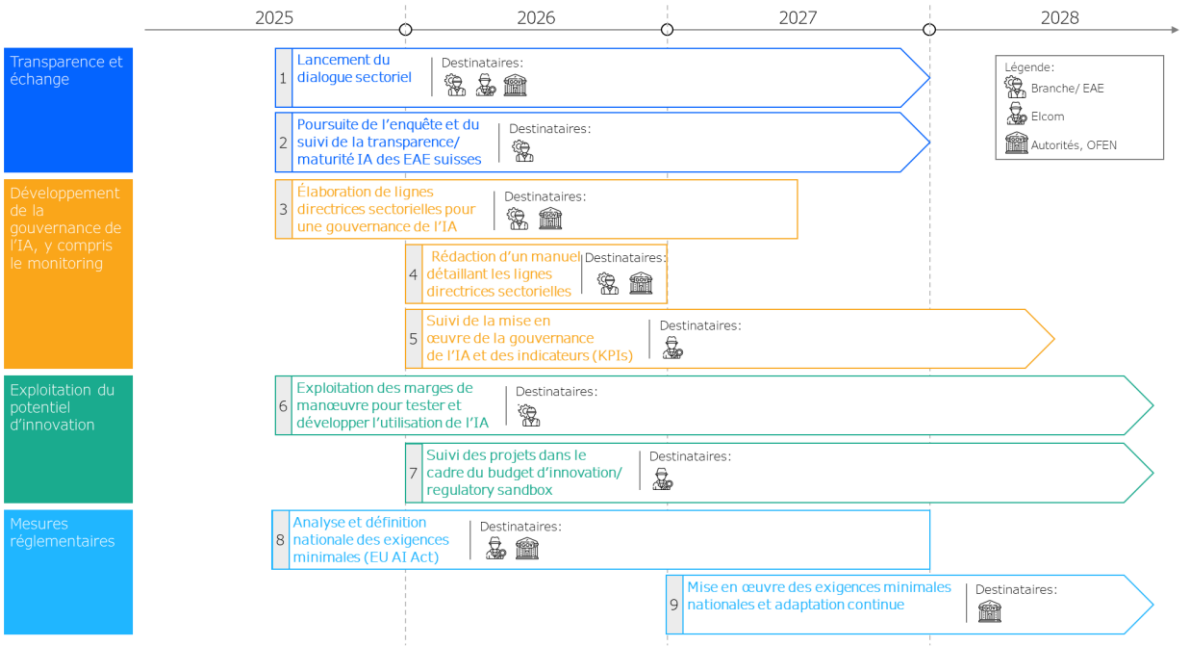
Au niveau fédéral, la stratégie « Suisse numérique » est actuellement en train d'élaborer une proposition d'approche suisse pour encadrer l'IA. Récemment, le Conseil fédéral a décidé de suivre une première approche réglementaire en matière d'IA en Suisse. D'ici fin 2026, un projet de loi devra être élaboré pour mettre en œuvre la Convention sur l'IA du Conseil de l'Europe, en définissant les mesures législatives nécessaires, notamment dans les domaines de la transparence, de la protection des données, de la non-discrimination et de la supervision. En parallèle, un plan de mise en œuvre pour les autres mesures non législatives devra également être élaboré d'ici fin 2026. Ce plan devra notamment tenir compte de la compatibilité de l'approche suisse avec celles de ses principaux partenaires commerciaux. Ce contexte servira également de référence pour les recommandations d'action de la présente étude ainsi que pour leur calendrier.

Le cadre réglementaire européen joue toutefois un rôle essentiel pour les mesures à mettre en œuvre en Suisse, en particulier dans le secteur de l'énergie, et ne doit en aucun cas être négligé. Le règlement européen sur l'IA (EU AI Act) prévoit de nombreuses mesures en matière de gouvernance et de gestion

des risques, en particulier pour les systèmes d'IA à haut risque. Cela inclut les systèmes d'IA utilisés dans les infrastructures critiques. En raison de son effet extraterritorial, certaines exigences de l'EU AI Act s'appliquent déjà aux EAE. Il semble dès lors judicieux, à moyen terme, de développer des structures similaires ou compatibles en Suisse, afin de garantir une compatibilité avec le marché de l'UE. En effet, les réglementations européennes ont un impact significatif sur les entreprises suisses. On l'a vu récemment avec le Règlement général sur la protection des données (RGPD), dont l'influence s'est reflétée dans la révision de la LPD suisse. Le moment et l'ampleur d'une éventuelle introduction de nouvelles exigences réglementaires doivent toutefois être stratégiquement définis. L'EU AI Act présente encore de nombreuses incertitudes quant à sa mise en œuvre concrète et sa faisabilité. Ce n'est que lorsqu'une meilleure clarté existera à ce sujet qu'il conviendra d'envisager des régulations similaires en Suisse et dans le secteur de l'énergie. La Suisse devrait cependant dès à présent mettre en place des structures et un niveau de transparence suffisant, afin que l'écart ne soit pas trop grand en cas d'adoption progressive d'éléments du règlement européen.

Besoins d'action et recommandations dérivés

Afin de tirer parti des opportunités offertes par l'IA dans le secteur de l'énergie tout en minimisant les risques, des mesures ciblées sont nécessaires. Conformément à la logique du système de subsidiarité, neuf recommandations d'action ont été formulées, dont la majorité devrait être mise en œuvre dès 2025 ou le plus rapidement possible:



1 Einführung zu KI im Energiesektor

Die Energieversorgungssicherheit hat einen zentralen Stellenwert und ist tief in der energiepolitischen Agenda der Schweiz verankert. Die Reaktorkatastrophe von Fukushima 2011 und die darauffolgende Energiewende sowie der aktuelle Ukraine-Krieg haben das Bewusstsein für die Herausforderungen einer stabilen Energieversorgung geschärft. Die Schweiz, die sich ambitionierten Zielen zur Energiewende verschrieben hat, steht vor der Aufgabe, die Versorgungssicherheit auch in einem zunehmend unsicheren Umfeld sowie in einem sich transformierenden Energiesystem mit wachsender Dezentralisierung und Diversifizierung von Energiequellen zu gewährleisten. Dabei bringt die besondere Lage der Schweiz im europäischen Energiesystem – eng vernetzt, aber noch ohne direkten Zugang zum Strombinnenmarkt – zusätzliche Anforderungen für alle Akteure mit sich.

Die Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette unterliegt auch in der Schweiz einer enormen Dynamik und prägt zunehmend die Gegenwart und Zukunft der Energiebranche. Eine technologische Entwicklung sticht hierbei besonders hervor: Künstliche Intelligenz (KI). Von datengetriebenen Vorhersagemodellen bis hin zu automatisierten Energiemanagementsystemen beeinflusst KI zunehmend, wie Energie produziert, gehandelt, übertragen, verteilt und konsumiert wird. Doch KI bringt nicht nur innovative Lösungsansätze mit sich, sondern wirft auch Fragen über deren Einfluss auf die Versorgungssicherheit auf:

- Wie könnte KI dazu beitragen, die Stabilität des Energieversorgungsystems und die Energieeffizienz zu verbessern und Kosten im System zu reduzieren oder zu dämpfen?
- Wie kann KI die Transformation des Energiesystems hin zu mehr dezentralen und erneuerbaren Energiequellen unterstützen?
- Inwiefern birgt KI aber auch Risiken, die zu neuen Schwachstellen im komplexen Energieversorgungssystem führen können?

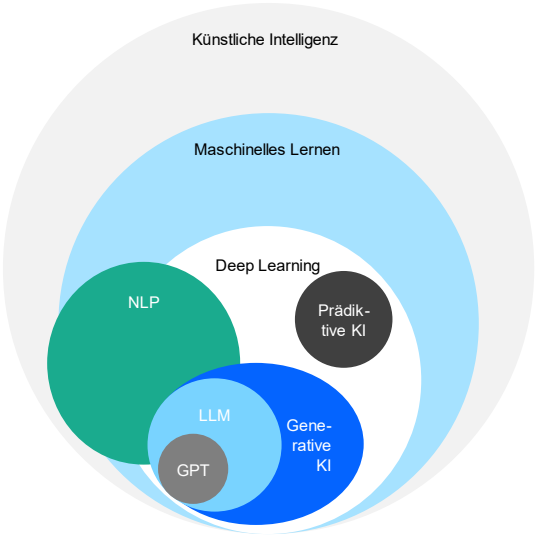
Mit der vorliegenden Studie möchten wir einen Beitrag dazu leisten, die entsprechenden Chancen und Risiken von KI zu analysieren sowie Handlungsbedarf für den sicheren Einsatz von KI mit Blick auf die Versorgungssicherheit in der Schweiz abzuleiten.

Für diese Studie verstehen wir dabei unter *Versorgungssicherheit* «die zuverlässige Bereitstellung von Energie, die jederzeit in ausreichender Menge, Qualität und zu angemessenen Preisen gewährleistet ist» [1][1]. Die Natur dieses Verständnisses ist eine nationale Sicht auf die Versorgung. Sie setzt voraus, dass die national und international verfügbaren Energie-Produzenten, -Lieferanten sowie -Netze die Nachfrage jederzeit decken können.

Für *Künstliche Intelligenz* (KI) nutzen wir die Definition der OECD [2], die zugleich mit derjenigen des EU AI Acts [3] übereinstimmt. Auch der Bundesrat möchte diese Definition demnächst in das Schweizer Recht übernehmen [4]: «KI bezeichnet ein maschinengestütztes System, das mit unterschiedlichem Grad an Autonomie und Anpassungsfähigkeit betrieben werden kann. Es verarbeitet Eingaben, um Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen zu erzeugen, die sowohl physische als auch virtuelle Umgebungen beeinflussen.» Die Hauptmerkmale eines KI-Systems umfassen maschinengestützte Prozesse, die Fähigkeit zur Ableitung von Lösungen aus Daten sowie eine klare

[1] Definition der Quelle [1] erweitert um die Gasversorgung

Zielorientierung. Die Definition enthält die folgenden fünf Elemente: das System ist (1) maschinenbasiert, (2) es besitzt die Fähigkeit aus einem Input abzuleiten, wie ein Output erzeugt wird (3) dieser Output kann etwas ausserhalb der Anwendung bewirken (4) das System ist nach Inbetriebnahme anpassbar bzw. «lernfähig» und (5) besitzt einen gewissen Grad an Autonomie. Die Elemente 1 bis 3 treffen auf fast jede IT-Anwendung zu. Das Element der Lernfähigkeit ist im EU AI Act mit «kann sein» formuliert und scheint damit kein zwingendes Kriterium zu sein. Damit ist das Element der (zumindest teilweisen) Autonomie das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zu anderen Systemen und dadurch die Abgrenzung zu vollständig regelbasierten, deterministischen («wenn-dann») Systemen hergestellt. Die Definition beschreibt also stark vereinfacht dargestellt jedes IT-System, das nicht allein durch eine feste Programmierung arbeitet, sondern seine Funktionen zumindest teilweise durch Training erlernt. Sie ist damit enorm breit formuliert, es fallen sogar einfache statistische Modelle darunter, solange sie nicht rein deterministisch programmiert sind [5] [6]. In der Forschung und Praxis wird KI häufig in verschiedene Unterbereiche gegliedert u.a. Maschinelles Lernen (ML), Deep Learning, prädiktive KI, Natural Language Processing (NLP), generative KI, Large Language Models (LLM), Generative Pretrained Transformer (GPT). Eine illustrative Darstellung dieser Begrifflichkeiten findet sich in der folgenden Abbildung.



Künstliche Intelligenz (KI)
Technologien, die es Computern ermöglicht, Aufgaben auszuführen, die typischerweise menschliche Intelligenz erfordern.

Maschinelles Lernen (ML)
Teilmenge der KI, die Algorithmen verwendet, um aus Daten zu lernen und Vorhersagen oder Entscheidungen zu treffen, ohne explizit programmiert zu sein.

Deep Learning
Unterbereich des Maschinellen Lernens, der auf künstlichen neuronalen Netzen basiert und in der Lage ist, komplexe Muster in grossen Datenmengen zu erkennen.

Prädiktive KI
Systeme, die Vorhersagen oder Klassifikationen auf der Grundlage erlernter Muster aus Daten durchführen, z. B. für Gesichtserkennung oder Mustererkennung.

Natural Language Processing (NLP)
Technologie, die es Computern ermöglicht, menschliche Sprache zu verstehen, zu interpretieren und darauf zu reagieren, z.B. für Sprachübersetzung, Textanalyse, Chatbots.

Generative KI
Ein Bereich der KI, der darauf abzielt, neue Inhalte wie Texte, Bilder oder Musik zu erzeugen.

Large Language Model (LLM)
Generative KI-Modelle, die auf der Verarbeitung und Generierung natürlicher Sprache basieren. Sie sind darauf trainiert, grosse Mengen an Textdaten zu analysieren und menschenähnliche Texte zu erstellen.

Generative Pretrained Transformer (GPT)
Spezifischer Typ von LLM, der Transformer-Architekturen nutzt, um besonders leistungsfähige Sprachmodelle zu schaffen.

Abbildung 1-1: Häufig genutzte Begrifflichkeiten und Unterbereiche der KI

Für die vorliegende Studie wurde eine Kategorisierung gewählt die weniger auf die unterschiedlichen oben dargestellten technischen Ansätze abstellt. Anstattdessen berücksichtigt die gewählte Kategorisierung die breite Definition des EU AI Acts und bezieht damit auch KI-Modelle ein, die nicht auf ML – und damit Training aus Daten – beruhen, aber dennoch autonom Entscheidungen treffen. Zudem ermöglich sie eine Risikobewertung der Modelle. Es werden drei Arten von KI-Modellen unterschieden: Einfache KI-Modelle, fortgeschrittene KI-Modelle und generative KI-Modelle. Die Unterteilung in einfache und fortgeschrittene Modelle hängt von der jeweiligen Implementierung, den zugrundeliegenden mathematischen Konzepten sowie der Flexibilität im Umgang mit verschiedenartigen Daten ab und berücksichtigt eine grobe Schätzung der Anzahl von internen Parametern [7]. **Einfache KI-Modelle** haben eine eher simple Architektur und eine geringe Anzahl von Parametern. Die einfachsten solcher Modelle sind beispielsweise lineare (oder logistische) Regression,

Entscheidungsbäume oder einfache Clusterverfahren. Etwas komplexer hingegen sind zum Beispiel Boosting-Methoden oder Random Forests. **Fortgeschrittene KI-Modelle** sind definiert durch eine hohe Anzahl von Parametern – typischerweise mehr als eine Million. Sie haben eine komplexere Architektur und benötigen viele Trainingsdaten, um die grosse Anzahl von Parametern zu optimieren. Künstliche neuronale Netze gehören zu den am weitesten verbreiteten dieser Modelle. Sie bestehen aus Schichten von Neuronen. Bei Modellen mit vielen solcher Schichten spricht man von tiefen neuronalen Netzen, oder auch von Deep Learning. **Generative KI** umfasst Modelle, die in der Lage sind, neue Daten zu erzeugen, beispielsweise Text, Bild oder Audio. Solche Modelle haben meistens eine sehr hohe Anzahl an Parametern, müssen jedoch in vielen Aspekten separat von nicht-generativen komplexen Modellen betrachtet werden. Insbesondere grosse Sprachmodelle, auch Large Language Models (LLMs) genannt, haben kürzlich die Parametergrenzen gesprengt. Eine ausführlichere Beschreibung der drei Kategorien findet sich im Anhang.

Zum Ausgleich von Chancen und Risiken von KI werden international unterschiedliche Ansätze verfolgt: Exemplarisch setzen die USA auf unregulierte Innovation, die EU arbeitet stattdessen an umfassenden Regulierungen zur KI, während die Schweiz aktuell bemüht ist, sich für einen ausgewogenen Ansatz zwischen Förderung und Kontrolle einzusetzen, um KI verantwortungsvoll zu nutzen.

In diesem dynamischen Umfeld stellt sich die Frage, wie die Schweizer Energieversorgungsbranche auf die Chancen und Risiken von KI reagiert. In einem Markt, der traditionell eher stark reguliert und nur begrenzt offen ist – insbesondere in der Schweiz, die bisher keine vollständige Strommarktöffnung kennt – etablieren sich Innovationen oft langsamer. Dies muss mit Blick auf die Versorgungssicherheit aber nicht zwingend ein Nachteil sein: In einer Branche der kritischen Infrastruktur, die für die Stabilität der Volkswirtschaft von entscheidender Bedeutung ist, müssen technologische Neuerungen wie KI besonders sorgfältig geprüft werden.

Die Sorge vor Kontrollverlust und übermässiger Abhängigkeit von komplexen KI-Systemen erscheint als eine der zentralen Herausforderungen. Hinzu kommen wirtschaftliche, technologische sowie rechtliche Risiken, wie der hohe Energieverbrauch für das Training von KI-Modellen, potenzielle Cyberangriffe auf KI-gestützte Energiesysteme und rechtliche Unsicherheiten im Umgang mit dieser neuen Technologie. Diese Spannungsfelder wurden im Postulat 23.3957 des Schweizer Parlaments [8] aufgegriffen, welches eine Analyse der rechtlichen Grundlagen im Kontext von KI und Versorgungssicherheit im Energiesektor fordert.

Wie aber steht es nun tatsächlich um die Anwendung von KI in der Schweizer Energiebranche aktuell? Inwiefern unterscheiden sich die Einsatzmöglichkeiten von KI in marktnahen Bereichen, wie Handel und Vertrieb, und in infrastrukturellen Bereichen, wie Übertragung und Verteilung? Welche Chancen bieten sich durch KI entlang der Wertschöpfungskette, und wo liegen die potenziellen Risiken? Und letztendlich: Wie gross könnten mithin die Auswirkungen der KI auf die Versorgungssicherheit sein, und welche regulatorischen Anpassungen wären daher sinnvoll?

Um diese Fragen zu beantworten, haben wir eine umfassende Analyse sowie eine Branchenumfrage und Experteninterviews durchgeführt. Mit dieser Studie möchten wir nun das daraus entstandene Bild mit Ihnen teilen, Sie dazu einladen, sich mit diesem wichtigen Thema auseinanderzusetzen sowie einen branchenübergreifenden Dialog über den zukünftigen Umgang mit KI in der Energieversorgung der Schweiz anregen.

2 Einfluss von KI auf die Energieversorgung

KURZZUSAMMENFASSUNG

Der Energiemarkt befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel, der von zentral zu dezentral, von steuerbar zu volatil und von gross- zu kleinteilig übergeht. KI bietet hierbei das Potential, diese zunehmende Komplexität zu bewältigen. Durch die Analyse grosser Datenmengen und die Erstellung präziser Prognosen in Echtzeit kann KI die Steuerung dezentraler, dynamischer Systeme verbessern und zur Stabilität des Gesamtsystems beitragen. Dies unterstützt die Transformation des Energieversorgungssystems und die damit verbundenen Unternehmen.

KI bietet entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Energiesektors vielfältige Chancen. In der Energieerzeugung: Optimierte Erzeugungsplanung, Störungsminimierung durch Predictive Maintenance, Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung, Verbesserung der Energieeffizienz in der Erzeugung (Energieausbeute); in Beschaffung und Handel: Verbesserte Marktanalyse, Erweiterung des Anbieterkreises, Optimierung der Handelsaktivitäten, Weiterentwicklung des Risikomanagements; in Übertragung und Verteilung: Optimierter Netzausbau, Verbesserung des Netzbetriebs, Störungsminimierung durch Predictive Maintenance, Verbesserung der Energieeffizienz des Energienetzes (Energieausbeute); im Vertrieb: Personalisierung von Produkten, Unterstützung bei der Administration komplexer und individueller Kundeninteraktionen; in Energiedienstleistungen: Planung von Energiezusammenschlüssen, Verbesserte Planung von Kundenanlagen, Verbessertes Energiemanagement.

Gleichzeitig birgt KI aber auch zahlreiche Risiken, die sich von denen herkömmlicher Technologien un-terscheiden. Dazu gehören im Bereich Sicherheit, Datenschutz, rechtliche Risiken: Adversarielle Angriffe auf KI-Systeme, Datendiebstahl, Rechtliche Risiken, wie Datenschutz und Urheberrechte; Falschaussagen aufgrund schlechter Trainingsdaten, versteckten Kontexts, Concept Drift; Nicht-repräsentative/ diskriminierende Resultate; im Kontext der Interaktion von Mensch und Maschine: Falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen aufgrund Ergebnisse mit Wahrscheinlichkeit, Falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen aufgrund geringer Erklärbarkeit und Nachvollziehbarkeit; im Bereich Betriebliche Risiken: Abhängigkeit von Technologieanbietern, Verkümmerung von Fähigkeiten/ Stellenabbau, Reputationsrisiken, Fehlende Standards für die Prüfung von KI-Produkten und im Bereich Umwelt der steigende Energieverbrauch.

2.1 Chancen des Einsatzes von KI im Energiesektor

Der Energiemarkt befindet sich in tiefgreifenden, strukturellen Veränderungen: Er wandelt sich von zentral zu dezentral, von steuerbar zu volatil und von gross- zu kleinteilig. Der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien bringt beispielsweise fluktuierende Erzeugungsmengen und komplexere Anforderungen an die Netzplanung und den Netzbetrieb mit sich. Genau hier, bei der Bewältigung der stetig zunehmenden Komplexität im Versorgungssystem, könnte KI ihre Stärken entfalten: Sie ermöglicht die Analyse grosser Datenmengen und die präzisere und schnellere Erstellung von Prognosen, gar in Echtzeit. Das wiederum lässt die bessere Steuerung von dezentralen, dynamischen Systemen zu und verbessert

die Stabilität des Gesamtsystems. KI kann daher die Transformation des Energieversorgungssystems und die Tätigkeiten der dabei involvierten Unternehmen unterstützen. Zudem wird die Zugänglichkeit dieser Chancen durch aktuelle KI-Entwicklungen deutlich verbessert, das heisst dass KI gerade auch für kleinere Unternehmen einfacher einsetzbar ist und die Unternehmen in der Transformation unterstützt, sofern sie diese Chancen frühzeitig erkennen und effizient für sich zu nutzen verstehen.

Die folgenden Chancen, die sich durch KI ergeben, sind in die in Abbildung 2-1 dargestellten Stufen der Wertschöpfung gegliedert.

Abbildung 2-1: Branchentypische Stufen der Wertschöpfung eines Energieversorgungsunternehmens

Die folgenden Beschreibungen geben einen Überblick über das breite Spektrum an Chancen, die KI entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Energiesektor verspricht. Sie basieren auf einer extensiven Literaturrecherche zu den einzelnen Elementen der Wertschöpfungskette. Jeder Bereich, von der Energieerzeugung über die Verteilung bis hin zu Energiedienstleistungen, birgt spezifische Anwendungsmöglichkeiten für KI, welche helfen können, die Herausforderungen einer sich wandelnden Energiebranche aktiv anzugehen. Im Folgenden werden einige solcher Chancen beschrieben. Dadurch wird aufgezeigt, wie KI als transformatives Werkzeug genutzt werden kann und welchen Mehrwert sie sowohl für Unternehmen als auch für die Gesellschaft perspektivisch bringt. Die folgende Abbildung zeigt die Übersicht der 17 beschriebenen Chancen.

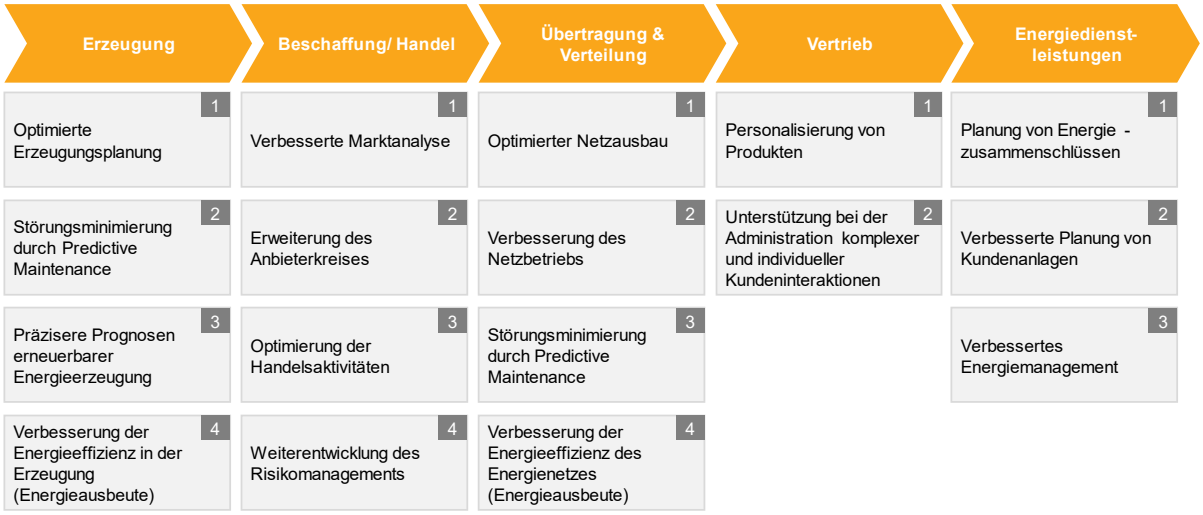


Abbildung 2-2: KI-bezogene Chancen entlang der Wertschöpfungskette eines Energieversorgungsunternehmens

2.1.1 Chancen durch den Einsatz von KI in der Erzeugung

Die Erzeugung von Energie lässt sich durch KI in der Erzeugungsplanung, in der Störungsminimierung, beim Einsatz von erneuerbaren Energien sowie in der Energieausbeute optimieren.

1. Optimierte Erzeugungsplanung

Durch die Analyse von historischen Erzeugungs- und Bedarfsdaten, kombiniert mit Echtzeitdaten aus den Netzen und Erzeugungseinheiten und aus Wetterprognosen, kann KI präzise Vorhersagen zur Verfügbarkeit der Erzeugungskapazitäten sowie zur Energienachfrage treffen und so eine abgestimmte und präzisere Erzeugungsplanung ableiten.

Diese prädiktiven Analysen berücksichtigen auch die Wahrscheinlichkeit von Prognoseabweichungen ein, z.B. durch Wetterereignisse oder Verbraucherverhalten. Zudem fliessen auch wirtschaftliche Betrachtungen mit ein, etwa benötigte Kraftwerkslaufzeiten oder Betriebskosten. Die Energieerzeugung kann davon abhängig entsprechend geplant, Speicherkapazitäten verfügbargemacht und aktiviert werden. Dies führt somit zu einer effizienteren Nutzung von Erzeugungskapazitäten und einer verbesserten Stabilität des Stromnetzes.

Auch in der regionalen oder dezentralen Erzeugung kann KI eine entscheidende Rolle spielen: Sie kann eine Anpassung der Erzeugungskapazitäten an die spezifischen Bedürfnisse einzelner Regionen und Kapazitäten der Netze ermöglichen. Durch die Optimierung der Erzeugungsplanung kann schliesslich die Energieerzeugung besser auf die Nachfrage in Regionen oder dezentralen Konstrukten (bis hin zur Energiegemeinschaften) abgestimmt werden.

2. Störungsminimierung durch Predictive Maintenance

Durch fortgeschrittene Algorithmen können potenzielle Ausfälle von Energieerzeugungsanlagen besser vorhergesagt werden. Das optimiert die Anlagenverfügbarkeit und kann ungeplante Ausfallzeiten reduzieren. KI-unterstützte Datenanalysen ermöglichen eine präventive, statt reaktive Wartung von Anlagen. Maschinelles Lernen identifiziert dabei Muster in Betriebsdaten, die auf Anomalien hinweisen. Dies erlaubt eine frühzeitige Problemidentifikation, optimierte Wartungsplanung und eine verlängerte Lebensdauer der Anlagen. Durch die Bewertung des Schweregrads und der Auswirkungen der erkannten Anomalien kann KI die Wartungsaktivitäten nach Wichtigkeit, Dringlichkeit und potenziellen Auswirkungen auf den Betrieb priorisieren. Ebenfalls ist es schneller möglich auf Extremwettersituationen im Anlagen- und Systemmanagement zu reagieren.

Beispielsweise werden bei Windanlagen die Turbinen heute schon mit verschiedenen Sensoren ausgestattet, die Daten zu Betriebsparametern wie Vibrationen, Temperatur, Ölstand und Drehzahlen erfassen. KI-Modelle analysieren diese Echtzeitdaten, um Abweichungen von normalen Betriebsmustern zu erkennen, die auf bevorstehende Anlagenausfälle hinweisen könnten.

3. Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung

Aus unterschiedlichen Quellen, wie Satellitenbildern, lokalen Wetterstationen und sensorbestückten Drohnen können Wetterdaten erfasst und von KI analysiert werden. Daraus ergeben sich genauere Prognosen zum Dargebot der erneuerbaren Energien und ihrem ungesteuerten Einspeiseverhalten.

Die Auflösung der Wetterdaten wird durch KI-Unterstützung kleinmaschiger, was eine detailliertere Erfassung lokaler Wetterbedingungen und eine höhere Vorhersagegenauigkeit der zeitlich und räumlich aufgelösten Energieerzeugung ermöglicht. So ist die Wolkenbildung für die Solarstromerzeugung essenziell, da dadurch lokal starke Abweichungen der real eingespeisten Leistung von vorhergesagten Energiemengen auftreten können. Neue Modellberechnungen lassen deutlich kleinräumige und kurzzeitigere Analysen zu und präzisieren die Prognosen von Wolkenzügen und resultierenden Einstrahlungsschwankungen. Zudem können Extremwettersituationen besser prognostiziert werden.

Langfristige Klimaveränderungen können zur Standortwahl und zur Dimensionierung von Energieprojekten, wie beispielsweise von Windparks, genutzt werden.

4. Verbesserung der Energieeffizienz in der Erzeugung (Energieausbeute)

KI könnte dazu beitragen, die Effizienz von Anlagen bei der Energieerzeugung zu optimieren. Durch den Einsatz von maschinellem Lernen und Datenanalysen könnten Verluste im Betrieb von Kraftwerken reduziert werden, was zu einer höheren Energieausbeute und geringeren Betriebskosten führt.

In thermischen Kraftwerken kann KI z. B. bei der Optimierung der Verbrennungsprozesse und der Anpassung der Betriebsparameter helfen, um den Brennstoffverbrauch zu senken und die Energieausbeute zu erhöhen.

Verwendete Literatur: [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26].

2.1.2 Chancen durch den Einsatz von KI in Beschaffung und Handel

Der Energiehandel, bzw. auch die reine Energiebeschaffung, kann durch KI im Bereich der Marktanalyse, durch die Erweiterung des potenziellen Anbieterkreises, in der Ausübung der operativen Handelsaktivitäten sowie im Risikomanagement profitieren.

1. Verbesserte Marktanalyse

Im Vergleich zu bisherigen Algorithmen sind neue, KI-basierte häufig noch leistungsfähiger. Diese können grössere Datenmengen zu sämtlichen marktrelevanten Daten in Echtzeit verarbeiten, wodurch eine bessere Marktprognose möglich wird, die sich positiv auf Profitabilität und Risikoprofil auswirken kann.

2. Erweiterung des Anbieterkreises

Durch den Einsatz performanter Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) können zukünftig auch kleinere Energiemengen von vielen meist kleineren Anbietern gehandelt werden. Angebote können z.B. auf dezentralen Märkten platziert und lokale Erzeugung individuell bepreist werden, so dass ein zunehmend regionaler, frequenter Handel dieser Produkte erfolgen kann.

KI trägt durch ihre Fähigkeiten positiv zu dieser Entwicklung bei. Denn KI-gesteuerte Plattformen ermöglichen es, Angebot und Nachfrage in Echtzeit abzugleichen und die diesbezüglichen Prozesse zu automatisieren. Sie befähigt so lokale Marktplätze oder die Verwaltung von Mini-Power Purchase Agreements (PPA). Diese Plattformen ermöglichen den direkten Handel zwischen kleinen Produzenten und Konsumenten, automatisieren Preisgestaltungen und führen Transaktionen in Echtzeit durch. Damit

unterstützt KI den Zugang zum Markt für kleinere Akteure, die die Integration von erneuerbaren Energien vorantreiben. Transaktionen, welche bisher nur den etablierten Marktakteuren aufgrund der Komplexität vorbehalten waren, werden nun für kleinere Akteure zugänglich.

3. Optimierung der Handelsaktivitäten

KI-basierte Handelssysteme sind in der Lage, rund um die Uhr zu operieren und kontinuierlich auf Marktveränderungen zu reagieren. Dies kann im Verbund mit optimierten Marktanalysen zu einer gesteigerten Handelseffizienz, einer vermehrten Nutzung von Marktchancen und somit zur erhöhten Profitabilität im Energiehandel führen. Zusätzlich kann KI die Handhabung von reduzierten Angebotsgrössen unterstützen und es so ermöglichen, dass Energie in kleineren Einheiten und unterschiedlichen Qualitäten gehandelt werden kann.

Algorithmisches Trading, das auf komplexen KI-Algorithmen basiert, trifft automatisch Handelsentscheidungen und ermöglicht es, von Marktchancen in Echtzeit zu profitieren. Gemäss einer Umfrage der ElCom aus dem Jahr 2020 [27] setzten schon damals ca. 20% der antwortenden energiehandelnden Schweizer Unternehmen Algorithmisches Trading ein.

Multifaktorielle Entscheidungen, die Risiken wie Lieferengpässe in vorgelagerten Beschaffungsprozessen berücksichtigen, können durch KI besser bewertet und gemanagt werden, was zu einer robusteren und widerstandsfähigeren Energiebeschaffungs- und Handelsstrategie führen kann. Zudem kann die Energiebeschaffungsstrategie durch KI bei Bedarf einfacher angepasst werden.

4. Weiterentwicklung des Risikomanagements

Durch die erwähnte optimierte Marktanalyse wird eine genauere Vorhersage von Marktschwankungen ermöglicht. Diese verbesserten Prognosemodelle helfen Energiehändlern, Risiken wie Preisvolatilität und Nachfrageänderungen aber auch generelle ökonomische Marktunsicherheiten frühzeitiger zu identifizieren und zu managen. Dies reduziert sowohl die energiebezogenen als auch die finanziellen Risiken.

Gleichzeitig sorgt KI dafür, dass durch das fortlaufende Lernen aus neuen Daten potenzielle Risiken noch früher und genauer erkannt werden. Dies ist insbesondere dort relevant, wo schnelle Entscheidungen getroffen werden sollen, und menschliche Reaktionen eher zu langsam erscheinen.

Verwendete Literatur: [9] [11] [13] [17] [21] [22] [28] [29] [30] [31] [32].

2.1.3 Chancen durch KI in Übertragung und Verteilung

Aufgrund der vergleichbaren Aufgaben und Herausforderungen werden im folgenden Kapitel die Übertragungs- und Verteilungsebenen der Energienetze zusammengenommen. Die Chancen von KI betreffen dabei vor allem die Optimierungen des Netzausbaus, des Netzbetriebs, der Störungsminimierung sowie der Energieeffizienz.

1. Optimierter Netzausbau

Bei der Planung und Umsetzung des Netzausbaus, hilft KI, die optimale Dimensionierung und Kapazität der Netzinfrastruktur zu bestimmen und bedarfsgerecht zu erweitern. Hierdurch werden Kosten reduziert und die Effizienz im Netzbau verbessert. Dabei können zukünftige Trends und Entwicklungen sowohl verbrauchs- als auch erzeugerseitig antizipiert werden. KI kann hierzu beispielsweise Daten zu Bevölkerungswachstum, industrieller regionaler Entwicklung oder Standorten erneuerbarer Energieerzeugung verarbeiten.

Koppelstellen und Trassen können durch KI so geplant werden, dass die kürzesten und kostengünstigsten Verbindungen unter Berücksichtigung gewisser Auflagen oder Randbedingungen gewählt werden können, was unter Umständen die Realisierung neuer Leitungen beschleunigt und somit die Zuverlässigkeit des Netzes erhöht.

2. Verbesserung des Netzbetriebs

Durch den Einsatz von KI kann auch der Betrieb des Energienetzes verbessert werden.

Die Netzüberwachung und -steuerung profitiert von KI mittels optimierter kontinuierlicher Verarbeitung und Analyse der ständig zunehmenden und grossen Datenmengen, beispielsweise um Anomalien sofort zu erkennen und Massnahmen für deren Kuratierung vorzuschlagen. KI kann zusätzlich mit historischen Daten die aktuellen Netzbedingungen bewerten, um präzisere Vorhersagen und optimale Entscheidungen hinsichtlich eines sicheren Betriebs zu treffen.

Das Engpassmanagement kann durch KI optimiert werden, indem Lastflüsse in Echtzeit überwacht und mögliche Engpässe frühzeitig erkannt und gemindert werden. Ergänzend kann die Last im Freileitungsbetrieb durch KI-Unterstützung bei kalten Witterungen dynamisch erhöht werden (Dynamic Line Rating) und dadurch zu signifikant besseren Betriebsmittelauslastungen und Kostenersparnissen, d.h. zu einer verbesserten Nutzung der vorhandenen Infrastruktur führen.

KI hilft auch beim Lastmanagement zur Minimierung von Spitzenlasten und gewährleistet dadurch die Netzstabilität, z.B. als Unterstützung des Betriebs regelbarer Ortsnetztransformatoren, von lokalen Speichern oder bei der Umsetzung von Einspeisereduktionen. Solche Beiträge an einen verbesserten Betrieb der Netze gewinnen insbesondere aufgrund des steigenden Dargebots dezentraler erneuerbarer Energien und Speichermöglichkeiten an Bedeutung.

3. Störungsminimierung durch Predictive Maintenance

Ähnlich wie bei der Erzeugung in Kapitel 2.1.1 lassen sich auch im Energienetz durch Predictive Maintenance präventive Massnahmen zur Reduzierung von Ausfällen und Kosten ableiten.

Durch Echtzeitüberwachung werden Zustandsdaten von Netzkomponenten aus unterschiedlichen Sensoren kontinuierlich erfasst und analysiert, um frühzeitig Anomalien zu erkennen.

Automatisierte Wartungssysteme, die auf KI basieren, können Wartungsmassnahmen proaktiv einleiten, bevor es zu Ausfällen oder Schäden kommt, die nur investitionsintensiv kuriert werden können. Zudem können durch den Ferneinsatz von Drohnen und Assistenzsystemen vor Ort, wie Augmented Reality, detaillierte Analysen und präzisere Fehlerdiagnosen durchgeführt werden. Diese präventiven und unterstützenden Massnahmen minimieren nicht nur Störungen und Personaleinsatz, sondern optimieren auch die Lebensdauer und Effizienz der Netzkomponenten.

4. Verbesserung der Energieeffizienz des Energienetzes (Energieausbeute)

KI kann durch Datenanalysen und Musterkennungen in Echtzeit auf ineffiziente Energieverteilung hinweisen. Diese Informationen ermöglichen es, Verluste durch präzise Anpassungen zu minimieren und die Energieverteilung zu optimieren.

Ebenfalls könnte KI durch Mustererkennung bei der Identifikation und Reduktion von Energiediebstahl helfen.

Verwendete Literatur: [9] [10] [11] [13] [14] [16] [21] [22] [33] [34] [35] [36] [37].

2.1.4 Chancen durch den Einsatz von KI im Vertrieb

Im Energievertrieb wird primär das Produkt- und Kundenmanagement durch KI adressiert.

1. Personalisierung von Produkten

Der Einsatz von KI im Vertrieb bei Energieversorgern bietet zahlreiche Chancen, insbesondere bei der Gestaltung von individuellen, massgeschneiderten Kundenprodukten. KI kann genutzt werden, um umfassende Kundenanalysen durchzuführen, die es ermöglichen, präzise auf die individuellen Bedürfnisse und Präferenzen der Kunden einzugehen. Dies fördert auch Cross-Selling-Möglichkeiten, z.B. für Energiedienstleistungen oder Energieanlagen.

Ein weiterer Vorteil ist die Optimierung von Preisstrategien durch Echtzeitanalysen. KI könnte Markttrends und Kundenverhalten analysieren, um dynamische Preisgestaltungen im offenen Markt zu unterstützen. Dies gewinnt insbesondere mit einer zukünftig möglichen Marktöffnung an Relevanz.

Die Individualisierung der Kommunikationskanäle ist ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet. KI kann helfen, personalisierte Marketingstrategien zu entwickeln, die auf die spezifischen Bedürfnisse und Interessen der Kunden zugeschnitten sind.

2. Unterstützung bei der Administration komplexer und individueller Kundeninteraktionen

KI kann die Kundenprozesse effizienter gestalten, indem sie administrative Aufgaben automatisiert und personalisierte Kundeninteraktionen ermöglicht. KI-gestützte Systeme wie Chatbots können rund um die Uhr Kundenanfragen beantworten und individuelle Kundenempfehlungen geben, was die Effizienz im Kundenservice deutlich erhöht.

Insgesamt kann der Einsatz von KI zu einer Effizienzsteigerung und einer verbesserten Kundenbetreuung sowie zum Vertrieb komplexer und individueller Energieprodukte beitragen.

Verwendete Literatur: [13] [32] [38] [39] [40] [41] [42] [43]**.**

2.1.5 Chancen durch den Einsatz von KI bei Energiedienstleistungen

Zu guter Letzt lassen sich durch KI auch die Energiedienstleistungen, welche nicht unmittelbar die Energieversorgung betreffen, optimieren und besser gestalten.

1. Planung von Energiezusammenschlüssen

KI kann eine effizientere Konzeption und Planung von Energiezusammenschlüssen durch präzise Prognosen der Energienachfrage leisten. Zudem kann sie die Planung zur systemischen Integration erneuerbarer Energien unterstützen, indem sie das Zusammenspiel zwischen verschiedenen Energiequellen, Speichern und Verbrauchern unterschiedlicher Dimensionierung in Szenarien gegenüberstellt und eine Auswahl der Szenarien erleichtert.

KI findet auch Anwendung bei der Konzeptionierung und Planung von Nahwärmeverbünden. Durch automatisierte Bildauswertungen von Satelliten- und Überflugbildern werden vorhandene Geoinformationsdaten (z.B. Lage, Grösse, Nutzungsart von Gebäuden) mit automatisch ermittelten und prognostizierten Wärmebedarfen von Gebäuden angereichert. Zuschnitte von Wärmeverbünden können hierüber optimiert werden. In weiteren Schritten kann KI Entscheidungs- und Planungsgrundlagen schaffen, indem die Leitungsführung und -Dimensionierung in unterschiedlichen Varianten und Szenarien vorgeschlagen wird.

Mehrere Beispiele hierzu sind in den letzten Jahren z.B. in Deutschland entstanden (vergleiche hierzu [44]).

2. Verbesserte Planung von Kundenanlagen

KI-basierte Systeme optimieren die Planung von Photovoltaikanlagen (PV). Durch die Kombination von komplexen Wetter- und topografischen Verschattungsmodellen können präzise Vorhersagen von zukünftiger Sonneneinstrahlung und Energieerzeugung errechnet und der beste Standort und die optimale Ausrichtung von PV-Modulen bestimmt werden.

Bei der Auslegung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge kann KI für die richtige Abstimmung zwischen der Dimensionierung der eigenen Erzeugungsanlagen und dem erwarteten Verbrauchs-, bzw. Fahrprofil sorgen.

3. Verbessertes Energiemanagement

Künstliche Intelligenz hat einen signifikanten Einfluss auf die Performance von Energiemanagementsystemen (EMS), sowohl für Privatpersonen als auch für Gewerbebetriebe.

KI-basierte EMS optimieren die Nutzung von PV und weiteren Erzeugungsanlagen, Speichern, Ladestationen für Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und anderen Verbrauchern durch präzise Vorhersagen, Echtzeit-Analysen und Massahmen für Steuerungen. Dies führt zu einer verbesserten Energieeffizienz, einer Reduzierung der Betriebskosten und einer Optimierung von Produktion und Verbrauch im gemanagten Objekt.

Zudem ermöglicht KI eine intelligente Steuerung und Automatisierung des Energiemanagements, die den Energieverbrauch dynamisch an unterschiedlichste Einflussparameter anpasst, wie z.B. die Netzstabilität, die Verfügbarkeit oder den Preis der Energie.

Verwendete Literatur: [9] [11] [13] [16] [19] [26] [28] [32] [42] [44] [45].

2.2 Risiken durch den Einsatz von KI im Energiesektor

Der Einsatz von KI birgt aber gleichzeitig zahlreiche Risiken, die sich von denen herkömmlicher Technologien unterscheiden [46]. Diese neuen Herausforderungen entstehen insbesondere durch die beim Einsatz von KI erforderlichen Trainingsprozesse, den Stellenwert der Datenqualität und die Komplexität moderner KI-Architekturen. Hinzu kommt, dass viele Unternehmen beim Einsatz von KI – insbesondere im Bereich generativer KI – noch am Anfang ihrer Anwendungserfahrungen stehen, sodass viele Risiken bislang nicht umfassend untersucht oder gar identifiziert sind.

Das Massachusetts Institute for Technology (MIT) hat mit seinem AI Risk Repository [47] eine umfassende Datenbank mit bekannten KI-Risiken entworfen. Diese basiert aktuell auf 43 Frameworks und hat mehr als 700 Risiken identifiziert. In diesem Kapitel werden die für den Energiesektor besonders relevanten Risiken aus dieser Sammlung beschrieben und dabei wie in der nachfolgenden Abbildung 2-3 ersichtlich in die Kategorien «Sicherheit, Datenschutz und rechtliche Risiken», «Falschaussagen», «Diskriminierung», «Interaktion Mensch-Maschine», «betriebliche Risiken» und «Umwelt» gegliedert.

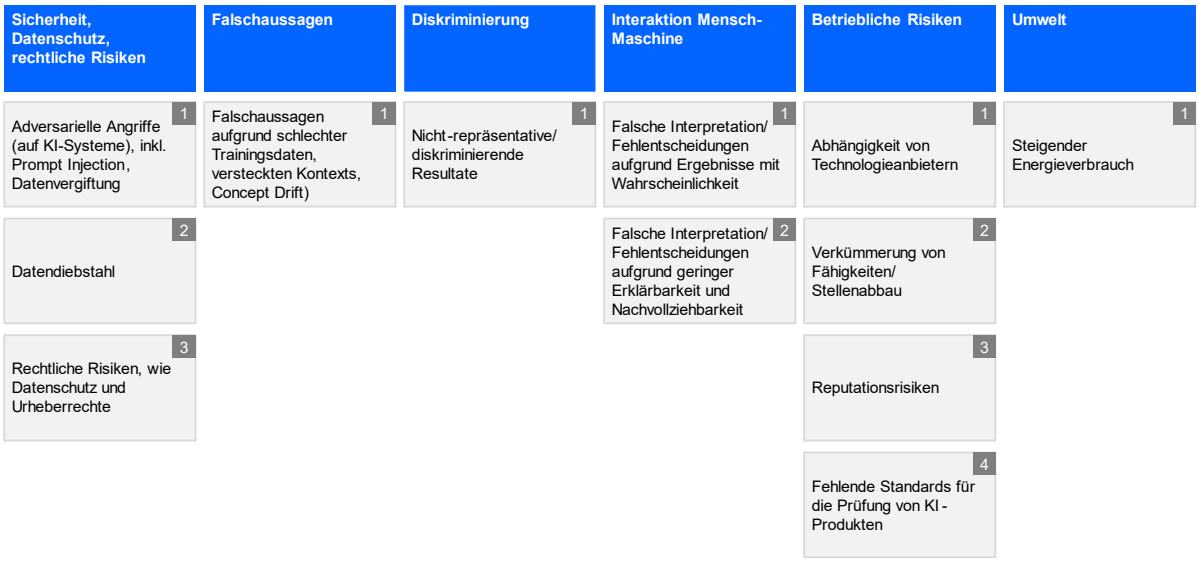


Abbildung 2-3: KI-bezogene Risiken gegliedert in sechs thematische Kategorien

Dabei gilt es zu beachten, dass sich sowohl die Technologien als auch die damit verbundenen Herausforderungen stetig weiterentwickeln. Zudem lassen sich die genannten Risiken nicht immer scharf voneinander abgrenzen, so können z.B. schlechte Trainingsdaten eine Ursache für andere Risiken wie versteckter Kontext oder nicht-repräsentative/ diskriminierende Resultate sein.

Im Gegensatz zu den Chancen im obigen Kapitel werden die Risiken hier summarisch diskutiert und nicht auf die einzelnen Elemente der Energie-Wertschöpfungskette heruntergebrochen. Dieser Ansatz wird verfolgt, da die KI-Risiken in gleichem Masse jeweils im entsprechenden Wertschöpfungsschritt zu tragen kommen. Eine Differenzierung pro Wertschöpfungsstufe erscheint nach aktuellem Kenntnisstand wenig Nutzen für die vorliegende Untersuchung zu bringen. So führen beispielsweise Falschaussagen aufgrund schlechter Trainingsdaten im Zusammenhang mit der Nutzung von Wetterdaten zu falschen Prognosen und dies sowohl in der Energieerzeugung, im Handel, im Netz wie auch im Vertrieb, was

eine Dysbalance im Energiesystem zur Folge haben kann. Ein weiteres Beispiel ist die Abhängigkeit von Technologieanbietern, welche bei der Nutzung von KI-gestützten Steuerungssystemen zur Optimierung von Kraftwerken, Netzen oder dezentralen Energiezusammenschlüssen signifikante Risiken mit sich bringen kann.

Pro Kategorie wird anhand der im vorigen Kapitel 2.1.1 beschriebenen Chance Nr. 3 «Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung» die konkrete Relevanz der beschriebenen Risiken für die Energiebranche veranschaulicht.

2.2.1 Sicherheit, Datenschutz, rechtliche Risiken

Mit dem zunehmenden Einsatz von KI im Energiesektor entstehen neue Herausforderungen in den Bereichen IT-Sicherheit, Datenschutz und rechtliche Risiken. KI-gestützte Systeme verarbeiten grosse Mengen an teilweise sensiblen oder geschützten Daten und sind zunehmend in geschäftskritische Prozesse eingebunden. Dies macht sie zu attraktiven Zielen für Angriffe. Insbesondre generative KI stellt Unternehmen auch vor neue rechtliche Risiken.

1. Adversarielle Angriffe auf KI-Systeme

Bei adversariellen Angriffen werden speziell gestaltete Eingaben genutzt, die dazu führen, dass ein KI-Modell unerwünschte oder schädliche Ausgaben macht. Diese Eingaben sind oft für Menschen unauffällig, können aber das Modell z.B. dazu bringen, völlig falsche Vorhersagen zu treffen. Ein bekanntes Beispiel ist das Hinzufügen von geringfügigem Rauschen, d.h. kleinen, zufälligen Veränderungen der Pixelwerte zu einem Bild, das dazu führt, dass ein Bildklassifizierungsmodell das Bild falsch einordnet. Solche Angriffe können z.B. beim Einsatz von visuellen Inspektionssystemen zur Überwachung von Kraftwerken relevant sein.

Prompt Injection: Diese spezielle Form eines adversariellen Angriffs richtet sich gegen LLMs. Hierbei wird der „Prompt“, also die Eingabe, so manipuliert, dass das Sprachmodell unerwünschte Antworten wie sensible Daten oder Desinformationen ausgibt oder unerwünschte Verhaltensweisen zeigt. Im Gegensatz zu klassischen Angriffen, die oft die internen Datenstrukturen des Modells ausnutzen, zielt Prompt Injection darauf ab, die Vorgaben in der Eingabe zu manipulieren, auf die Sprachmodelle angewiesen sind. Um Prompt Injection zu vermeiden, sind zusätzliche Sicherheitsmassnahmen, wie beispielsweise eine Kontrolle des Inputs, erforderlich.

Datenvergiftung (Data Poisoning) zielt darauf ab, das KI-System bereits während des Trainings zu manipulieren. Hierbei wird absichtlich falsches oder schädliches Training-Datenmaterial eingespeist, um die KI zu «vergiften», d.h. das Modell generiert falsche Vorhersagen oder trifft ineffektive Entscheidungen. Datenvergiftung kann in verschiedenen Phasen des Datenflusses auftreten, von der Datenerhebung über die Datenverarbeitung bis hin zur Speicherung auf den Trainingsservern.

Ein Beispiel für Datenvergiftung wäre ein Szenario, in dem ein Angreifer weiss, dass ein Lastprognosemodell regelmässig mit Sensordaten von Stromzählern trainiert wird. Durch gezielte Manipulation dieser Daten könnte die KI falsche Lastspitzen prognostizieren, was zu ineffizienter Netzsteuerung oder unnötigen Reserveschaltungen führen kann.

Adversarielle Angriffe auf KI-Systeme sind zu unterscheiden von Angriffen, bei denen KI-gestützte Systeme genutzt werden, um das Verhalten oder die Entscheidungen von Mitarbeitenden zu beeinflussen. Beispiele hierfür sind

- **Phishing-Angriffe mit KI-generierten Inhalten:** Hierbei nutzen Angreifer KI, um täuschend echte E-Mails oder Nachrichten zu generieren, die das Vertrauen der Empfänger gewinnen sollen. Dies kann dazu führen, dass sensible Informationen preisgegeben werden, beispielsweise Zugangsdaten zu SCADA-Systemen oder Betriebsleitsystemen.
- **Deepfakes und synthetische Inhalte**: Angreifer können KI nutzen, um täuschend echte Videos, Audiodateien oder Dokumente zu erstellen. Diese könnten beispielsweise genutzt werden, um betrügerische Zahlungsanweisungen im Energiemarkt zu legitimieren.

2. Datendiebstahl

Datendiebstahl bezeichnet die unbefugte Beschaffung sensibler Daten, die in KI-Modellen verwendet werden. Mit dem Einsatz von KI erhöht sich der Datenfluss oft erheblich, wodurch zusätzliche Angriffsflächen entstehen. Die Vielzahl an Quellen und die Komplexität der Datenverarbeitung machen es einfacher für Angreifer, Schwachstellen auszunutzen und auf vertrauliche Informationen zuzugreifen. Dies kann nicht nur zu einem Verlust von Datenintegrität führen, sondern auch erhebliche rechtliche und finanzielle Konsequenzen für betroffene Unternehmen nach sich ziehen. Dies betrifft insbesondere Kundendaten, z.B. aus intelligenten Zählern und Energiemanagementsystemen, Betriebsgeheimnisse und kritische Infrastrukturinformationen, sowie Trainingsdaten von KI-Modellen, die sensible oder vertrauliche Informationen enthalten, z.B. zur Netzlastprognose oder Anomalieerkennung.

Ein besonderes Risiko stellt der „Model Extraction Attack“ dar, bei dem Angreifer durch gezielte Abfragen versuchen, das Verhalten eines KI-Modells zu rekonstruieren und so Rückschlüsse auf dessen Trainingsdaten zu ziehen. Im Energiesektor könnte dies beispielsweise dazu führen, dass Marktakteure sensible Prognosemodelle für Strompreise oder Lastflüsse nachbilden und gezielt für Handels- und Vertriebsvorteile nutzen.

3. Rechtliche Risiken, wie Datenschutz und Urheberrechte

Neben den Sicherheitsaspekten birgt der Einsatz von KI auch erhebliche rechtliche Herausforderungen. Besonders relevant sind dabei Fragen des Datenschutzes, die in der Schweiz durch das Datenschutzgesetz (DSG) geregelt werden. Die Herausforderung im Vergleich zu anderen IT-Systemen besteht darin, die Qualität eines KI-Modells zu bewerten und nachvollziehbar zu dokumentieren sowie sicherzustellen, dass personenbezogene Daten, die für das Training verwendet wurden, nicht aus den Modellen extrahiert werden können (siehe oben).

Die Nutzung gängiger generativer KI-Tools wie ChatGPT, Microsoft Copilot oder Google Bard im Unternehmen bringt zudem zahlreiche datenschutz- und urheberrechtliche Herausforderungen mit sich. Dazu zählen u.a. die entsprechenden vertraglichen Rahmenbedingungen (z.B. wer Zugriff auf die eingegebenen Informationen und die generierten Inhalte hat), der Auftragsbearbeitungsvertrag, welcher bei der Bearbeitung von Personendaten abgeschlossen werden muss, die Nutzung von Daten für Trainingszwecke, sowie die Vertraulichkeit der Daten. Kostenlose Versionen dieser Tools sind oft ungeeignet und auch bei den Business-Versionen müssen datenschutzrechtliche Voraussetzungen genau geprüft werden. Zudem ist es wichtig, die Mitarbeitenden in der Nutzung der Tools zu schulen; z.B. erleichtern

generative KI-Tools die Generierung von Inhalten, es ist jedoch immer noch nicht erlaubt, geschützte Inhalte Dritter zu kopieren oder zu imitieren. Dabei muss beachtet werden, dass sich die Angebote und Verträge der KI-Dienstleister regelmässig und in kurzen Intervallen ändern.

Sicherheit, Datenschutz und rechtliche Risiken am Beispiel «Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung» aufgezeigt

Adversarielle Angriffe: Manipulierte Wetter- oder Sensordaten könnten Prognosen gezielt verfälschen, um Netzbetreiber zu Fehlentscheidungen zu verleiten oder gezielt Marktmechanismen zu beeinflussen.

Datendiebstahl: Unbefugte könnten Prognosedaten oder Trainingsmodelle auslesen, um frühzeitig Marktbewegungen vorherzusagen und Handels- und Vertriebsvorteile zu erlangen.

Rechtliche Risiken: Werden personenbezogene oder sensible Unternehmensdaten, wie Verbrauchsdaten oder standortbezogene Wetterdaten, für das Training des KI-Modells genutzt, müssen die geltenden Datenschutzvorgaben strikt eingehalten werden. Zudem ist sicherzustellen, dass beim Einsatz von KI-Tools externer Technologieanbieter keine unkontrollierte Weitergabe oder Nutzung dieser Daten zu Trainingszwecken erfolgt.

Verwendete Literatur: [48] [49] [50] [51].

2.2.2 Falschaussagen

Nachfolgend wird beleuchtet, wie im Zusammenhang mit der Nutzung von KI-Modellen verschiedene Arten Falschaussagen entstehen können, etwa durch schlechte Trainingsdaten, fehlenden Kontext oder den sogenannten Concept Drift.

1. Falschaussagen aufgrund schlechter Trainingsdaten, versteckten Kontexts bzw. Concept Drift

Die Menge und Qualität der Trainingsdaten sind entscheidende Einflussfaktoren für die Qualität eines Machine Learning Modells. Die **Menge** der Trainingsdaten ist insbesondere entscheidend, um Underfitting (d.h. das Modell erkennt keine relevanten Muster und liefert daher ungenaue oder pauschale Vorhersagen) und Overfitting (d.h. das Modell lernt die Trainingsdaten zu detailliert und passt sich an irrelevante Muster oder Ausreisser an, sodass es bei neuen Daten schlecht generalisiert) zu vermeiden.

Mit **Qualität** der Trainingsdaten ist gemeint, dass die verwendeten Datenpunkte sowohl relevant für das Modell sind als auch den gesamten Anwendungsbereich repräsentieren. Qualitativ schlechte Daten sind beispielsweise veraltete, unvollständige oder verzerrte Daten. Ein Beispiel hierfür ist ein Prognosemodell für den Verbrauch von Elektrizität, das nur auf Daten von 2005 (veraltete Daten), Daten aus Sommermonaten (unvollständige Daten) oder Daten aus den USA (verzerrte Daten) trainiert wurde und somit unzuverlässige Ergebnisse liefert.

Ein häufig verwendeter Begriff im Zusammenhang mit generativer KI sind sogenannte **Halluzinationen**. Damit sind Ergebnisse von generativen KI-Modellen gemeint, die zwar auf den ersten Blick plausibel erscheinen, aber inhaltlich falsch sind und nicht auf den Trainingsdaten basieren. Grosse Sprachmodelle wie ChatGPT oder DeepSeek können zwar überzeugende Aussagen formulieren, doch fehlt ihnen eine inhaltliche Überprüfung. Da diese Modelle auf statistischen Mustern in Sprache basieren und nicht auf tatsächlichem Verständnis, kommt es zu solchen Fehlern. Halluzinationen treten besonders dann auf, wenn Trainingsdaten lückenhaft oder begrenzt sind, was dazu führt, dass das Modell Informationen interpolieren muss – ein Vorgang, der unvermeidbar auch zu falschen Aussagen führen kann. Daher ist es entscheidend, die Inhalte generativer Sprachmodelle stets kritisch zu überprüfen.

Versteckter Kontext bezieht sich auf Informationen oder Zusammenhänge, die im Datensatz fehlen, aber für die korrekte Interpretation und Verarbeitung durch das KI-Modell wichtig sind. Wenn das Modell ohne Kenntnis dieser versteckten Kontextinformationen trainiert wird, kann es zu Fehlinterpretationen und falschen Vorhersagen kommen.

Dies kann besonders problematisch sein, wenn kulturelle, soziale oder situative Nuancen im Datensatz nicht ausreichend berücksichtigt werden. Solche unentdeckten Kontexte können die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des Modells erheblich beeinträchtigen.

Ein Beispiel für versteckten Kontext ist ein Modell, das Niederschlagsmengen auf Basis von Echtzeitdaten, wie Temperatur, Druck und Luftfeuchtigkeit, vorhersagt. Unter typischen Bedingungen liefert das Modell zuverlässige Ergebnisse. Wird es jedoch in einem Gebiet eingesetzt, in dem sich die Wetterbedingungen besonders schnell ändern, fehlt ihm diese Kontextinformation. Dadurch kann es unerwartet ungenaue Vorhersagen treffen.

Modelle maschinellen Lernens bauen ein Verständnis über komplexe Zusammenhänge von Variablen auf. Oftmals haben diese Variablen eine natürliche Verteilung über ein gewisses Spektrum. In vielen Fällen verändert sich diese Verteilung mit der Zeit und führt somit dazu, dass das Modell an Genauigkeit und Zuverlässigkeit verliert.

Concept Drifts entstehen meistens natürlich und über einen längeren Zeitraum. Sie können durch regelmässiges Neutrainieren mit aktuellen Daten vermieden werden. Allerdings können bestimmte Arten von Concept Drifts auch durch plötzliche Veränderungen, wie etwa eine Finanzkrise oder eine Pandemie, hervorgerufen werden. Eine plötzliche Marktkrise könnte beispielsweise das Verbraucherverhalten beeinflussen und somit dazu führen, dass ein Prognosemodell ungenaue Vorhersagen trifft. Daher ist es wichtig, die wesentlichen Faktoren, die ein Modell beeinflussen, kontinuierlich zu überwachen.

Ein Beispiel für Concept Drift im Energiesektor ist ein Modell für Wettervorhersage, welches nicht die Veränderung des Klimas berücksichtigt. Durch die Veränderung des Klimas verändert sich auch die natürliche Verteilung der relevanten Variablen, wie Jahreszeit, Sonnenstunden und Temperatur.

Falschaussagen am Beispiel «Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung» aufgezeigt

Falschaussagen aufgrund schlechter Trainingsdaten: Ein KI-Modell für die Solarenergieprognose wurde mit historischen Wetterdaten trainiert, die überwiegend aus einer Region mit stabilen Wetterbedingungen stammen. Wird dieses Modell auf eine Region mit stark schwankendem Wetter angewendet, kann es systematisch ungenaue Vorhersagen liefern.

Falschaussagen aufgrund versteckten Kontexts: Eine KI-gestützte Windenergieprognose berücksichtigt nur Wetterdaten, ignoriert jedoch den Einfluss neuer Windparks in der Region. Dadurch unterschätzt das Modell systematisch die tatsächliche Einspeisung.

Falschaussagen aufgrund Concept Drift: Aufgrund des Klimawandels verschieben sich langfristige Wettertrends, sodass frühere Trainingsdaten nicht mehr zuverlässig sind. Ein Modell, das auf veralteten Klimamustern basiert, liefert zunehmend ungenaue Prognosen für erneuerbare Energieerzeugung.

Verwendete Literatur: [49] [50] [52] [53] [54] [55] [56] [57] [58].

2.2.3 Diskriminierung

1. Nicht-repräsentative/ diskriminierende Resultate

KI-Systeme können Verzerrungen (Bias) aufweisen, die zu ungerechtfertigten Ungleichbehandlungen oder Diskriminierung führen. Solche Verzerrungen entstehen, wenn ein KI-Modell auf fehlerhaften, unausgewogenen oder unzureichend repräsentativen Daten trainiert wird. Infolgedessen kann das Modell systematische Vorurteile übernehmen und Entscheidungen treffen, die bestimmte Gruppen benachteiligen. Ein aktuelles Beispiel ist das chinesische Sprachmodell DeepSeek, das politische und historische Themen anders darstellen könnte als westliche KI-Modelle wie ChatGPT. Dies verdeutlicht, dass KI-Systeme nicht neutral sind, sondern von den verfügbaren Daten und zugrunde liegenden Vorgaben beeinflusst werden. Eine zentrale ethische Herausforderung besteht darin, sicherzustellen, dass KI-Systeme fair und transparent agieren, anstatt bestehende gesellschaftliche Ungleichheiten oder politische Narrative unreflektiert zu verstärken. Werden solche Verzerrungen nicht erkannt und korrigiert, kann dies nicht nur zu Benachteiligungen führen, sondern auch das Vertrauen in KI-Anwendungen erheblich untergraben.

Diskriminierung am Beispiel «Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung» aufgezeigt

Nicht-repräsentative/ diskriminierende Resultate: Aufgrund einer ungleichen Berücksichtigung verschiedener Energiequellen in den Trainingsdaten, z.B. wenn fossile oder konventionelle Energiequellen in den Trainingsdaten stärker vertreten sind als erneuerbare Energien, könnte das Modell systematisch zu konservativen Prognosen für erneuerbare Energien neigen und deren Potenzial unterschätzen.

Verwendete Literatur: [49] [50] [53] [54] [56] [57] [59].

2.2.4 Interaktion Mensch - Maschine

Bei der Interaktion zwischen Mensch und KI gibt es verschiedene Risiken, die von den Nutzern nicht nur das richtige Verständnis für Unsicherheiten, sondern auch die Fähigkeit, die Entscheidungen der KI korrekt einzuordnen und zu hinterfragen erfordern. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass in Bezug auf bestimmte Ausprägungen von KI, z.B. dem Einsatz von grossen Sprachmodellen, teilweise noch praktische Erfahrungswerte fehlen und das Risiko hoch ist, sich von der vorgespiegelten Qualität des Outputs täuschen zu lassen.

1. Falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen aufgrund Ergebnisse mit Wahrscheinlichkeit

Im Kontext von KI ergibt sich die Herausforderung für Nutzer, dass Modelle häufig Wahrscheinlichkeiten anstelle von definitiven Ergebnissen liefern. Zum Beispiel kann ein Modell angeben, dass eine Prognose mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % korrekt ist, was bedeutet, dass immer eine Unsicherheit bleibt. Diese Unsicherheit erfordert von den Nutzern eine gewisse statistische bzw. mathematische Grundausbildung, um die Ergebnisse mit Vorsicht interpretieren zu können und zu berücksichtigen, dass auch bei hohen Wahrscheinlichkeiten Fehler auftreten können.

2. Falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen aufgrund geringer Erklärbarkeit und Nachvollziehbarkeit

Allgemein gilt, dass mit zunehmender Komplexität eines Modells die Nachvollziehbarkeit seiner Entscheidungen abnimmt. Insbesondere komplexe KI-Modelle wie tiefe neuronale Netze oder generative KI-Modelle wie LLMs operieren häufig als „Black Boxes“, deren inneres Funktionieren für sowohl Nutzer als auch Entwickler intransparent bleibt. Die geringe Erklärbarkeit bezieht sich auf die Schwierigkeit, die Entscheidungen und Vorhersagen eines KI-Modells zu verstehen, einzuordnen und nachzuvollziehen.

Dies kann problematisch sein, wenn die Entscheidungen des Modells überprüft oder erklärt werden müssen, beispielsweise in sicherheitskritischen Anwendungen, im rechtlichen oder öffentlichen Kontext. Die mangelnde Transparenz erschwert das Vertrauen in das Modell und die Identifizierung und Korrektur von Fehlern oder Verzerrungen.

Interaktion Mensch - Maschine am Beispiel «Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung» aufgezeigt

Falsche Interpretation / Fehlentscheidungen aufgrund Ergebnisse mit Wahrscheinlichkeit: Ein KI-Modell zur Vorhersage der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen (z.B. Solarenergie) könnte eine Prognose liefern, die besagt, dass es zu 80% wahrscheinlich ist, dass an einem bestimmten Tag eine hohe Energieerzeugung stattfindet. Ein Betreiber könnte diese Wahrscheinlichkeit als definitive Vorhersage interpretieren und entsprechend in den Handel oder die Speicherung von Energie investieren. Wenn jedoch die tatsächliche Energieerzeugung weit unter der prognostizierten Menge liegt, könnte dies zu finanziellen Verlusten oder ineffizientem Ressourceneinsatz führen.

Falsche Interpretation / Fehlentscheidungen aufgrund geringer Erklärbarkeit und Nachvollziehbarkeit: Ein KI-Modell empfiehlt in den nächsten Stunden eine grosse Menge an Energie zu kaufen, obwohl auf den ersten Blick kein Bedarf besteht. Wie die Aussage zustande kam, kann nicht nachvollzogen werden. Demnach ist die Entscheidung, ob der Empfehlung nachgegangen werden soll oder nicht, schwer zu treffen.

Verwendete Literatur: [49] [50] [53] [55] [56] [59] [57] [60] [61].

2.2.5 Betriebliche Risiken

Im folgenden Kapitel werden ausgewählte betriebliche Risiken untersucht, die im Zusammenhang mit dem Einsatz von KI-Modellen auftreten können.

1. Abhängigkeit von Technologieanbietern

Abhängigkeit von Technologieanbietern beschreibt die Risiken, die entstehen, wenn Unternehmen oder Organisationen stark auf die Technologie, Dienste oder Plattformen externer Anbieter angewiesen sind. Diese Abhängigkeit kann zu Problemen führen, wenn der Anbieter Änderungen an seinen Diensten vornimmt, die Preise erhöht, mangelhaften Support leistet oder diesen einstellt, oder wenn die Dienste des Anbieters teilweise oder ganz ausfallen bzw. nicht mehr verfügbar sind. Zudem besteht das Risiko, dass sensible Daten oder Geschäftsgeheimnisse in die Hände Dritter gelangen. Diese Abhängigkeit kann die Flexibilität und Unabhängigkeit einer Organisation einschränken und im schlimmsten Fall den gesamten Betrieb gefährden.

Insbesondere bei der Nutzung generativer KI, wie LLMs, wird diese Abhängigkeit verstärkt, da deren Entwicklung, Bereitstellung und Betrieb derzeit fast ausschliesslich von wenigen grossen Cloud-Anbietern dominiert wird. Um LLMs mit den heutigen Standards in Betrieb zu nehmen, sind Unternehmen auf die Infrastruktur, APIs und Dienstleistungen der führenden Cloud-Anbieter (Microsoft, AWS, Google, etc.) angewiesen. Die Kontrolle über sensible Daten und die Einhaltung von Datenschutzstandards kann

zu einer Herausforderung werden, insbesondere wenn die Rechenzentren der Anbieter ausserhalb der eigenen Rechtsordnung liegen.

2. Verkümmerung von Fähigkeiten/ Stellenabbau

Verkümmerung von Fähigkeiten bezieht sich auf das Risiko, dass menschliche Fähigkeiten und Fachkenntnisse, durch den zunehmenden Einsatz von KI-Technologien abnehmen und das eigentliche Denken und die Entscheidungskraft gänzlich an KI-Systeme abgegeben werden. Wenn KI-Systeme vermehrt Aufgaben übernehmen, die vorher von Menschen erledigt wurden, kann dies dazu führen, dass bestimmte Fähigkeiten seltener genutzt und dadurch verlernt oder weniger entwickelt werden. Zudem könnte es problematisch werden, wenn Unternehmen im Falle eines Systemausfalls bestimmte Prozesse oder Aufgaben nicht mehr adäquat bewältigen können.

Diese Entwicklung kann zudem direkte Auswirkungen auf die Personalstruktur eines Unternehmens haben. Mit KI werden Aufgaben automatisierbar, welche lange Zeit als unbestrittene Domäne menschlicher Intelligenz galten. Stellenabbau wird damit für zu einer realen Möglichkeit. Besonders betroffen sind Tätigkeiten, die repetitive und routinemässige Aufgaben umfassen. Doch auch darüber hinaus eröffnen sich mit KI neue Möglichkeiten für effizientere Prozesse mit weniger menschlicher Beteiligung (z.B. im Kundenservice). Mit dem Einsatz von KI kann aber auch eine Reihe von Effekten verbunden sein, von denen neue oder zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten ausgehen.

3. Reputationsrisiken

Reputationsrisiken ergeben sich als direkte Konsequenzen aus den oben beschriebenen modellspezifischen Risiken, durch die eigene oder eine externe Organisation. Sie beziehen sich auf die Gefahr, dass fehlerhafte oder unethische Entscheidungen eines KI-Modells das Ansehen und das Vertrauen in ein Unternehmen oder eine Organisation erheblich schädigen können.

Wenn ein KI-System beispielsweise diskriminierende Entscheidungen trifft oder sensible Daten verletzt, kann dies zu negativer Berichterstattung, öffentlicher Empörung und Vertrauensverlust bei Kunden führen.

4. Fehlende Standards für die Prüfung von KI-Produkten

Aufgrund der schnellen Entwicklung und des breiten Anwendungsspektrums von KI-Technologien, fehlen einheitliche, branchenübergreifende Standards und Richtlinien, die eine systematische Evaluierung und Validierung von KI-Produkten ermöglichen. Ohne klare Prüfstandards sind Unternehmen möglicherweise nicht in der Lage, die Leistung ihrer KI-Modelle angemessen zu bewerten oder zu garantieren, dass diese Modelle den erforderlichen Sicherheits- und Ethikstandards entsprechen.

Betriebliche Risiken am Beispiel «Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung» aufgezeigt

Abhängigkeit von Technologieanbietern: Falls für die Prognose vortrainierte Modelle oder KI-Dienste externer Anbieter genutzt werden, kann es problematisch werden, wenn Änderungen an den Dienstleistungen die Prognosegenauigkeit beeinträchtigen oder der Anbieter seinen Service einstellt. Zudem könnte ein Ausfall der Dienste oder unzureichende Sicherheitsvorkehrungen bei der Handhabung sensibler Daten zu Störungen in der Energieprognose und Datenschutzrisiken führen.

Verkümmerung von Fähigkeiten/ Stellenabbau: KI-Modelle könnten zunehmend die Prognose und Analyse der Energieerzeugung übernehmen, die zuvor von menschlichen Experten durchgeführt wurde. Dies würde dazu führen, dass Fachkräfte weniger in den Entscheidungsprozess eingebunden sind, wodurch ihre praktischen Fähigkeiten in der Analyse und der Interpretation von Energieerzeugungsdaten auf lange Sicht abnehmen. Im Extremfall könnte dies zu einem Stellenabbau führen, insbesondere in Bereichen, in denen KI die Verantwortung für Routineaufgaben übernimmt und weniger qualifizierte Arbeitskräfte überflüssig werden.

Reputationsrisiken: KI-Modelle könnten fehlerhafte oder ungenaue Prognosen liefern, die zu ungünstigen Entscheidungen führen, wie etwa ineffiziente Energiekäufe oder unzureichende Energiebereitstellung. Falls diese falschen Prognosen in der Öffentlichkeit oder gegenüber Kunden bekannt werden, könnte dies das Vertrauen in die Prognosefähigkeit des Unternehmens beeinträchtigen und die Glaubwürdigkeit der eingesetzten KI-Modelle infrage stellen. Dies könnte zu negativem Medienfeedback und einem Verlust des Kundenvertrauens führen, was langfristige Reputationsschäden zur Folge haben könnte.

Fehlende Standards für die Prüfung von KI-Produkten: Aufgrund fehlender Standards könnten Unternehmen Schwierigkeiten haben, die Qualität und Sicherheit der KI-Modelle zuverlässig zu evaluieren. Ohne klare Standards könnten unzureichend getestete oder schlecht validierte Modelle zu fehlerhaften Prognosen führen, was nicht nur die Effizienz der Energieerzeugung beeinträchtigt, sondern auch Risiken in Bezug auf die Einhaltung ethischer und sicherheitsrelevanter Anforderungen mit sich bringt.

Verwendete Literatur: [46] [49] [50] [55] [58] [62] [63] [64] [65].

2.2.6 Umwelt

1. Steigender Energieverbrauch

Die Nutzung von KI kann zu einem steigenden Stromverbrauch führen, insbesondere durch den hohen Energiebedarf von Rechenzentren, die für das Training und den Betrieb von KI-Modellen wie LLMs benötigt werden. Die Internationale Energieagentur geht im World Energy Outlook 2024 davon aus, dass Rechenzentren zwar erhebliche lokale Auswirkungen haben können, jedoch global nur einen relativ geringen Anteil (weniger als 10% im Basisszenario) des gesamten Stromverbrauchswachstums bis 2030 ausmachen werden. Es ist also für die Betrachtung des steigenden Stromverbrauchs wichtig, wo bzw. in welchen Rechenzentren die KI-Modelle trainiert werden, denn nur dort steigt der Energieverbrauch besonders an. Ein Beispiel wie DeepSeek deutet darauf hin, dass es auch möglich ist, KI-Modelle zu entwickeln, die mit deutlich weniger Energieaufwand arbeiten. Dies könnte als Hinweis darauf dienen, dass nicht alle KI-Modelle zwangsläufig mit dem typischen hohen Energieverbrauch von bisher verbreitet genutzten LLMs wie ChatGPT verbunden sein müssen, und dass es Ansätze gibt, die Energieeffizienz zu steigern, ohne auf Leistung zu verzichten.

Das Risiko des steigenden Energieverbrauchs scheint besonders relevant für Länder mit vielen grossen Rechenzentren und namhaften KI-Firmen wie z.B. den USA. Für die Schweiz hat dieses Risiko nach ersten Analysen eher eine untergeordnete Bedeutung. Wichtig vor Augen zu haben ist die Tatsache, dass bei der Nutzung eines KI-Systems in der Schweiz, nicht immer bekannt ist, wo der Stromverbrauch effektiv anfällt, da KI-Systeme oft auf Cloud-Infrastrukturen betrieben werden, deren Rechenzentren sich im Ausland bzw. nicht zwingend in der Schweiz befinden. Sodann ist für die Frage des Energieverbrauchs von KI wichtig, wo die KI trainiert wird. Denn gerade dabei ist die Stromnachfrage gross. Tendenziell findet das Trainieren der grossen Modelle nicht in der Schweiz statt, sodass die grosse Nachfrage auch nicht in der Schweiz anfällt. Sicherlich jedoch findet ein gewisser Mehrverbrauch in der Schweiz aufgrund von Inferenz – also der zunehmenden Nutzung bereits trainierter Modelle – statt. Zu diesem Themenkomplex sind allerdings noch sehr wenige Daten verfügbar und die Betreiber von Rechenzentren sind sensibel gegenüber einer vermehrten Transparenz.

Den Stromverbrauch von Rechenzentren in der Schweiz zu prognostizieren ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich. Für die Schweiz wird im Rahmen einer laufenden Studie des Bundesamtes für Energie (BFE) zu Rechenzentren die Prognose des Stromverbrauchs detaillierter analysiert. Es ist ebenfalls zu vermuten, dass im Rahmen einer der Energieperspektiven und der dortigen Modellierung des Stromverbrauchs der Frage der Rechenzentren und KI eine erhöhte Aufmerksamkeit zukommen wird. Analysen des Stromverbrauchs von Rechenzentren in der Schweiz sind hinsichtlich Fragen zur Versorgungssicherheit zu kurz gegriffen. Fragen zur Versorgungssicherheit, deren treibender Parameter der Stromverbrauch ist, können letztlich aufgrund der engen Verknüpfung der Schweiz mit der EU nur im europäischen Kontext beantwortet werden. Hierzu sind zum einen Analysen und Annahmen zur KI-getriebenen Entwicklung des Stromverbrauchs in den europäischen Nachbarstaaten notwendig und zum anderen Analysen der Entwicklung der Stromproduktion. Dementsprechend müssten vertiefte Analysen zu diesem Themenkomplex im Rahmen von neuerlichen Arbeiten zur System Adequacy durchgeführt werden. Diesbezüglich ist bereits klar, dass aufgrund der wohl vielen zu treffenden Annahmen, etwaige Ergebnisse mit grossen Unsicherheiten behaftet wären.

Umwelt am Beispiel «Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung» aufgezeigt

Steigender Energieverbrauch: Für die Simulation von Energieerzeugungsszenarien könnten generative KI-Modelle wie z.B. Generative Adversarial Networks genutzt werden. Falls das Training des KI-Modells in einem Rechenzentrum in der Schweiz durchgeführt wird, könnte dies zu einem erhöhten Energieverbrauch führen. Der steigende Energieverbrauch ist also abhängig von der Örtlichkeit des Trainings und tendenziell finden diese Trainings aktuell nicht in der Schweiz statt. Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit aufgrund des steigenden Energieverbrauchs durch KI-Einsatz können nur im europäischen Kontext bewertet werden und müssten durch System Adequacy Betrachtungen genauer analysiert werden.

Verwendete Literatur: [66] [67] [68].

3 Wo wir heute im Energiesektor bei der Nutzung von KI stehen

KURZZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen dieser Analyse wurde eine schweizweite Branchenumfrage zur Nutzung und Einschätzung von KI im Energiesektor durchgeführt, an der eine hohe Zahl von Unternehmen (insgesamt 110, ca. 20% Rücklaufquote) teilgenommen haben. Die Umfrage ergab die folgenden Ergebnisse:

25% der teilnehmenden Unternehmen setzen KI bereits ein, ca. zu gleichen Teilen produktiv und experimentell, 36% planen den Einsatz für die Zukunft und knapp 40% der Unternehmen setzen KI weder heute ein, noch planen sie den Einsatz in der Zukunft. Dabei haben vor allem grössere Unternehmen KI bereits vielfältig produktiv oder experimentell im Einsatz, während sich kleinere Unternehmen in der Mehrheit eher verhalten positionieren und aktuell meist noch keine Pläne für den Einsatz von KI haben.

Einfache Modelle werden von 78%, fortgeschrittene Modelle von 57% und generative KI nahezu von allen KI-einsetzenden Unternehmen (97%) genutzt. Dabei sind vor allem einfache Modelle produktiv im Einsatz (71% produktiv zu 7% experimentell). Generative KI wird hingegen vor allem experimentell verwendet (36% produktiv zu 61% experimentell). Zukünftig scheint ein Fokus auf generativer KI zu liegen, insgesamt planen 73% der Unternehmen generative KI-Modelle einzusetzen.

Bis auf eine Ausnahme haben alle teilnehmenden Unternehmen KI in ihrer Strategie und Governance verankert oder sehen es als ein strategisch wichtiges Thema.

82% der Unternehmen haben KI im Risikomanagement vollumfänglich oder zumindest teilweise aufgenommen.

Die detaillierte Betrachtung des Einsatzes von KI anhand von KI-Anwendungsfällen entlang der Wertschöpfungsstufen zeigt, dass KI-Anwendungsfälle heute insbesondere in Beschaffung/Handel zum Einsatz kommen. Eine Projektion der Anwendungsfälle in die Zukunft zeigt generell eine starke Zunahme der KI-Nutzung, wobei laut Umfrage KI-Anwendungsfälle insbesondere in den Energiedienstleistungen und der Verteilung zum Einsatz kommen werden.

Als grösste Chancen von KI werden die «Optimierung von Prozessen und Produktivitätssteigerung», eine «verbesserte Netzstabilität und -sicherheit» sowie die «Personalisierung bzw. Verbesserung von Kundenerlebnissen, Kundenbindung und Kundenakquise» genannt.

Als grösste Risiken werden rechtliche Risiken priorisiert wie Datenschutzverletzungen oder Urheberrechtsprobleme, Sicherheitsrisiken sowie die Abhängigkeit von Technologieanbietern genannt.

Bei der Nutzung von KI werden Datenverfügbarkeit und -qualität, eine fehlende KI-Strategie sowie unzureichendes Wissen im Themenfeld KI im Allgemeinen als grösste Herausforderungen gesehen.

Ein Vergleich mit Erhebungen anderer Länder und Branchen ist aufgrund der unterschiedlichen Herangehensweisen und Vergleichsparameter in den verschiedenen Studien nur begrenzt möglich. Dennoch fällt auf, dass die durchgeführte Umfrage eine überdurchschnittliche Adoptionsrate von KI im Vergleich zu nationalen und internationalen Benchmarks aufzeigt. Dies deutet auf eine im internationalen Vergleich eher hohe KI-Maturität in der Schweizer Energiewirtschaft hin.

3.1 Schweizweite Branchen-Umfrage zur Nutzung und Einschätzung von KI

3.1.1 Einführung zur Branchen-Umfrage

Im Rahmen dieser Analyse wurde eine schweizweite Branchenumfrage zur Nutzung und Einschätzung von KI im Energiesektor durchgeführt. Die Umfrage fand online in drei Sprachen statt. Rund 500 Energieversorger aus dem Strom- und/ oder Gassektor wurden zur Teilnahme eingeladen. Die Umfrage stiess auf grosses Interesse und erzielte einen Rücklauf von etwa 20%. Insgesamt stehen Antworten von rund 110 Unternehmen zur Verfügung.

Die folgenden Themenfelder wurden durch die Umfrage abgedeckt: Nach einer thematischen Einleitung (u.a. Definition von KI) wurden allgemeine Angaben zur teilnehmenden Person und zum Unternehmen abgefragt. Die anschliessenden Fragen zur KI-Nutzung im Unternehmen wurden nur den Teilnehmern gestellt, die aussagten, KI bereits einzusetzen bzw. den Einsatz zu planen. Chancen und Risiken wurden anschliessend analysiert und priorisiert, gefolgt von Fragen zum gewünschten Umgang hinsichtlich einer potentiellen Regulierung.

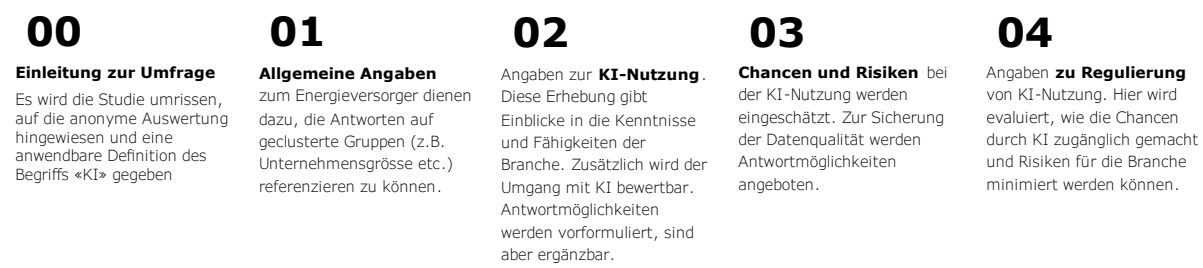


Abbildung 3-1: Inhalte der Online-Umfrage

Die erhobenen Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln dargestellt und visualisiert. Die Erkenntnisse werden anhand bestimmter Merkmale ausgewertet und in einen Kontext gesetzt, etwa hinsichtlich der Grösse der Unternehmen. Ebenso werden Einschätzungen zum Aussagegehalt und der Belastbarkeit getroffen, etwa hinsichtlich der Über- oder Unterrepräsentanz bestimmter Unternehmensgruppen in den einzelnen Antworten.

Die folgenden zwei Merkmale sind für die Auswertung von besonderer Relevanz:

1. **Grösse der Unternehmen:** Diese ist bei vielen der folgenden Auswertungen ein wichtiger Faktor. Für diese Studie wurde die Grösse der Unternehmen nach Anzahl der Mitarbeitenden im Unternehmen als Basis genommen und hierzu die offizielle Aufteilung des Bundesamtes für Statistik (BFS) herangezogen:
   - Kleinstunternehmen: bis 9 Mitarbeitende
   - Kleinunternehmen: 10 bis 49 Mitarbeitende
   - Mittelgrosse Unternehmen: 50 bis 249 Mitarbeitende
   - Grossunternehmen: 250 und mehr Mitarbeitende

   Zur besseren Lesbarkeit wurden die Kleinst- und Kleinunternehmen in den Auswertungen zusammengefasst.

2. **KI-Einsatz**: Hinter diesem Merkmal steckt die Frage, ob die Unternehmen generell KI im Einsatz haben. Dies lässt Rückschlüsse darauf zu, ob es bereits Erfahrung mit KI gibt. Manche Auswertungen wurden hiernach differenziert. Es gibt drei Kategorien:
   - Aktueller Einsatz von KI (produktiv und/ oder experimentell)
   - KI-Einsatz zukünftig geplant (aber nicht aktuell)
   - KI nicht im Einsatz und Einsatz nicht geplant

Bei der in den einzelnen Auswertungen aufgeführten Anzahl der Antworten ist zu beachten, dass diese nicht immer in Summe der totalen Anzahl der Teilnehmenden entspricht. Dies liegt an Enthaltungen, welche jeweils nicht abgebildet werden.

Hinsichtlich der Repräsentierbarkeit der Umfrage ist festzuhalten, dass bei den Antworten naturgemäss von einer gewissen Subjektivität der Teilnehmenden (Affinität zum Thema, Befürwortung oder Ablehnung von KI etc.) auszugehen ist, und dass die Gruppe der Grossunternehmen bei bestimmten Fragestellungen überproportional vertreten ist. Auf Grund der insgesamt hohen Teilnehmerzahl (110 Rückmeldungen von insgesamt ca. 600 Netzbetreibern [69] entspricht fast 20%) und einer Abdeckung von (stromseitig) über 80% der Messpunkte wird die Relevanz der Aussagen als gross eingestuft.

3.1.2 Analyse der teilnehmenden Unternehmen

Die teilnehmenden Unternehmen sind hauptsächlich kleinere Unternehmen (vgl. Abbildung 3-3): 60% von ihnen beschäftigen weniger als 50 Mitarbeitende. 16% der Unternehmen beschäftigen zwischen 50 und 249, 24% über 249 Mitarbeitende.

Was die Kundenzahlen betrifft, haben 80% der teilnehmenden Unternehmen maximal 50'000 Kunden. 13% haben 50'000 bis 300'000 und 7% über 300'000 Kunden (nicht als Abbildung dargestellt).

Der Grossteil der teilnehmenden Unternehmen ist im Elektrizitätssektor aktiv (75%). Knapp ein Viertel (23%) haben zusätzlich Gas im Angebot und nur 2% sind ausschliesslich im Gasbereich tätig.

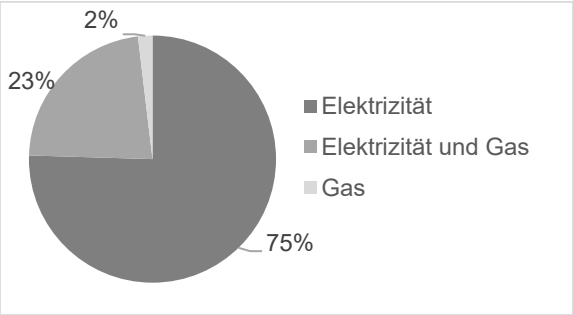


Abbildung 3-2: Anteil der Unternehmen im Elektrizitäts- und Gasbereich. n=110

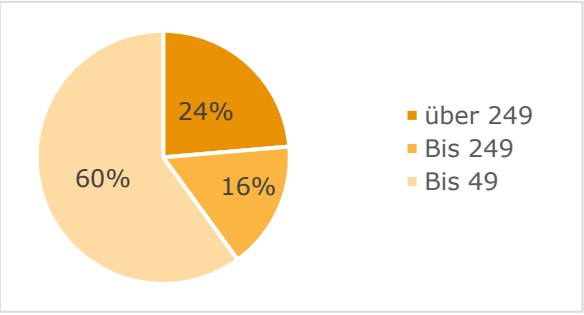


Abbildung 3-3: Anteil der teilnehmenden Unternehmen nach Unternehmensgrösse (Anzahl Mitarbeitende). n=110

Die folgende Abbildung 3-4 zeigt die Abdeckung der verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette in den teilnehmenden Unternehmen. Auch diese Darstellung unterscheidet nach Unternehmensgrösse:

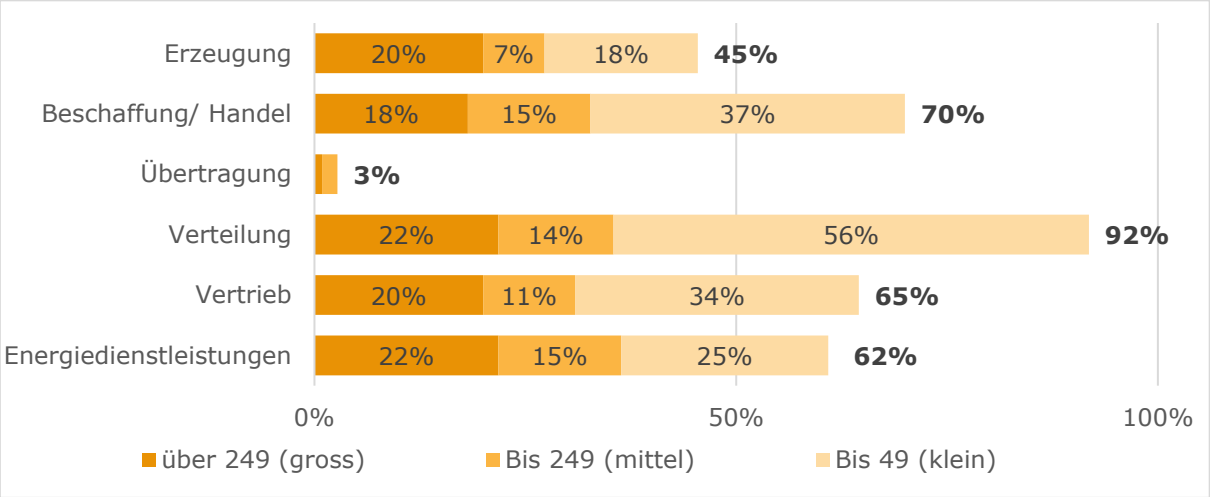


Abbildung 3-4: Anteil der Unternehmen, die in einem Wertschöpfungsschritt aktiv sind. n=110

Zu sehen ist, dass in der Übertragung für Strom und Gas nur wenige der teilnehmenden Unternehmen tätig sind (3%). Die Verteilung von Energie gehört hingegen zur Wertschöpfung von über 90% der teilnehmenden Unternehmen, gefolgt von Beschaffung/Handel (70%), Vertrieb (65%) und Energiedienstleistungen (62%). Erzeugt wird Energie von 45% der teilnehmenden Unternehmen. Betrachtet man die Anteile der teilnehmenden Unternehmen nach Unternehmensgrösse (siehe Abbildung 3-3) so fällt auf, dass viele der kleinen Unternehmen insbesondere in Verteilung (Verteilnetzbetreiber 56% von insgesamt 60% der Teilnehmenden), und nachgelagert auch in Beschaffung (37% von maximal 60%), Vertrieb (34% von maximal 60%) sowie Dienstleistungen (noch 25% von maximal 60%) tätig sind. Es ist anzunehmen, dass bei den kleinen Unternehmen die Beschaffung im Vordergrund steht, weniger aber der Handel auf den Grosshandelsmärkten. Hingegen sind die mittleren und grossen Energieversorgungsunternehmen (EVU) gleichmässig in allen Wertschöpfungsstufen (18-22% von maximal 24%), abgesehen von der Übertragung, tätig.

3.1.3 Der Einsatz von KI in Unternehmen

Richtet man den Blick auf den Einsatz von KI in den teilnehmenden Unternehmen, so zeigt sich, dass 25% von ihnen KI bereits einsetzen, ca. zu gleichen Teilen produktiv und experimentell (Abbildung 3-5). 36% planen den Einsatz für die Zukunft und knapp 40% der Unternehmen setzen KI weder heute ein, noch planen sie den Einsatz in der Zukunft.

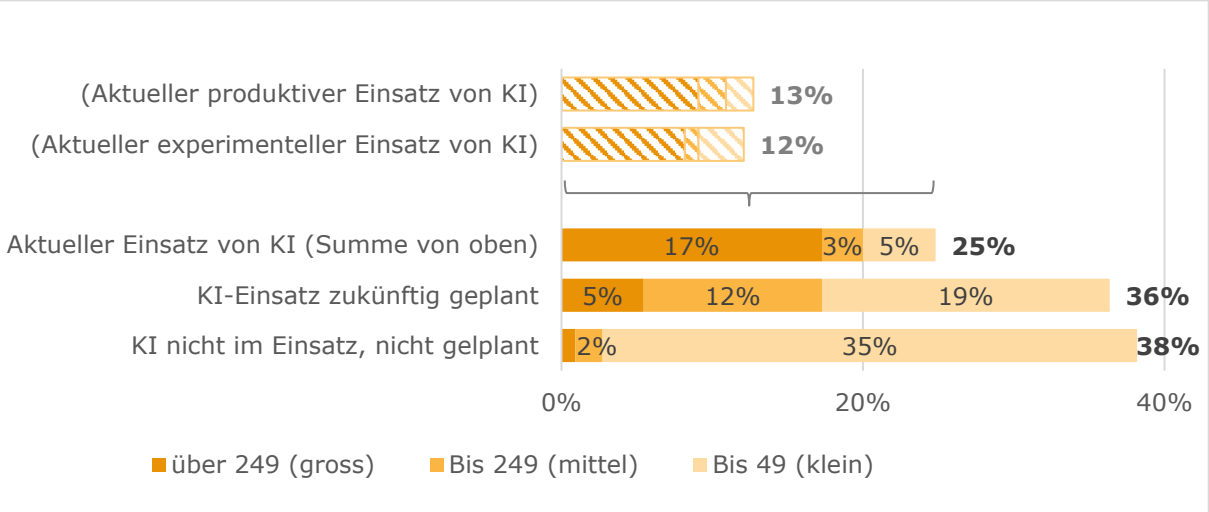


Abbildung 3-5: Der aktuelle KI-Einsatz in den Unternehmen nach Grösse der Unternehmen. n=110

Wird die Aussage auf die Grösse der Unternehmen heruntergebrochen, so zeigt sich ein differenzierteres Bild: vor allem grosse Unternehmen haben KI bereits vielfältig - produktiv oder experimentell - eingesetzt (24% der teilnehmenden Unternehmen sind grosse Unternehmen, 17% aller teilnehmenden Unternehmen sind grosse Unternehmen, die bereits KI einsetzen; das entspricht ca. 70% der grossen Unternehmen in der Studie), während kleine Unternehmen noch keine KI einsetzen bzw. dies auch nicht planen (60% der teilnehmenden Unternehmen sind kleine Unternehmen, 35% aller teilnehmenden Unternehmen sind kleine Unternehmen, welche KI weder verwenden noch deren Einsatz planen; das entspricht ca. 60% der kleinen Unternehmen in der Studie). Dies deutet auf eine Kluft hin, die möglicherweise auf fehlende personelle Ressourcen, anderweitige strategische Prioritäten oder ein akzentuiertes Risikoempfinden kleinerer Unternehmen zurückzuführen ist. Dass der Einsatz von KI generell von einem bedeutenden Teil der Unternehmen geplant ist (36%), zeigt jedoch das steigende Brancheninteresse an dieser Technologie.

In welcher Stufe der Wertschöpfung KI bei Schweizer Energieversorgern bereits eingesetzt wird oder für die Zukunft geplant ist, lässt sich der unteren Abbildung 3-6 entnehmen. Diese Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von KI besonders in der Verteilung priorisiert wird. Danach folgen Beschaffung/ Handel, Vertrieb und Energiedienstleistungen, wobei die Anteilsverteilung auf die Unternehmensgrösse bei allen vier Wertschöpfungsstufen recht einheitlich ist. Bei der Erzeugung wird KI insbesondere von grossen Unternehmen eingesetzt, oder ist der Einsatz davon geplant. In der Übertragung wird KI von allen Unternehmen eingesetzt, die in diesem Wertschöpfungsschritt aktiv sind.

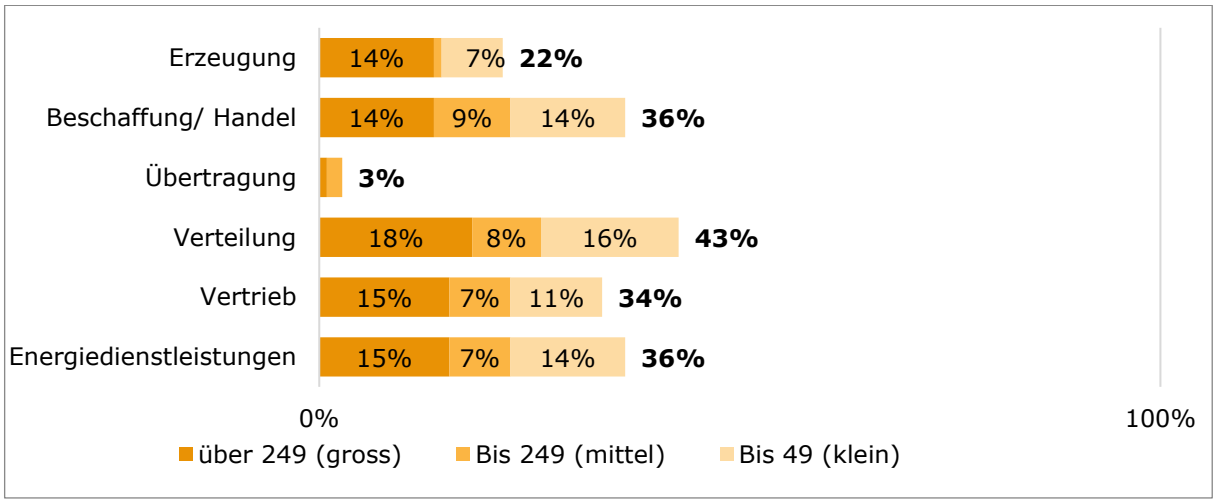


Abbildung 3-6: Anteile der Unternehmen, die in einem Wertschöpfungsschritt KI einsetzen oder den Einsatz planen. Nach Grösse der Unternehmen (n=68)

3.1.4 Eingesetzte KI-Modelle

Wie oben in Abbildung 3-5 erwähnt, setzen 25% aller teilnehmenden Unternehmen KI bereits ein, 36% planen den Einsatz zukünftig. Diese beiden Gruppen sind unterschiedlich gross, auch die Anteile der Unternehmensgrössen sind verschieden (vergleiche Abbildung 3-5). Die folgenden Auswertungen basieren auf den Unternehmen, die KI bereits produktiv oder experimentell einsetzen (n=28), oder den Einsatz planen (n=40; zusammen n=68).

Für die weitere Analyse wurde der Einsatz der drei unterschiedlichen Modellkategorien einfache KI-Modelle, fortgeschrittene KI-Modelle und generative KI-Modelle unterschieden. Wie aus Abbildung 3-7 ersichtlich, werden alle drei Modelltypen bereits vielfältig eingesetzt: einfache Modelle von 78%, fortgeschrittene Modelle von 57% und generative KI nahezu von allen KI-einsetzenden Unternehmen (97%); die Auswahl mehrerer Modelltypen war bei dieser Frage möglich. Vergleicht man den produktiven und den experimentellen Einsatz, so ist zu sehen, dass vor allem einfache Modelle produktiv im Einsatz sind (71% produktiv zu 7% experimentell). Generative KI wird hingegen vor allem experimentell verwendet (36% produktiv zu 61% experimentell).

Gemäss Abbildung 3-5 haben 36% der teilnehmenden Unternehmen den zukünftigen Einsatz von KI geplant. In Abbildung 3-8 wird analysiert, welche Modelle dabei zum Einsatz kommen sollen. So wird z. B. der Einsatz von generativer KI von weiteren 58% aus dieser Untergruppe künftig angestrebt. Gesamthaft ergibt dies, dass ca. 70% der analysierten Unternehmen generative KI einsetzen oder dies planen (dieser Wert ist aus den Grafiken nicht einfach zu entnehmen, da die beiden Gruppen aus Abbildung 3-7 und Abbildung 3-8 unterschiedlich gross sind).

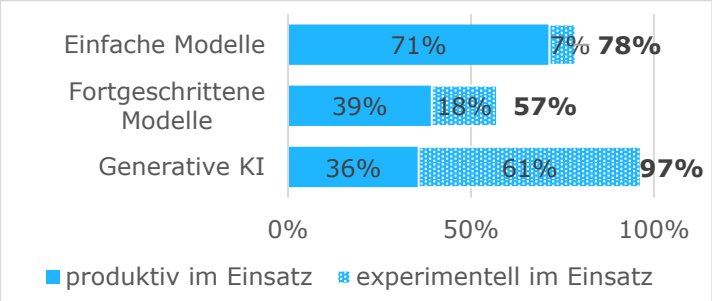


Abbildung 3-7: Art der KI-Modelle, die im Einsatz sind. n=28

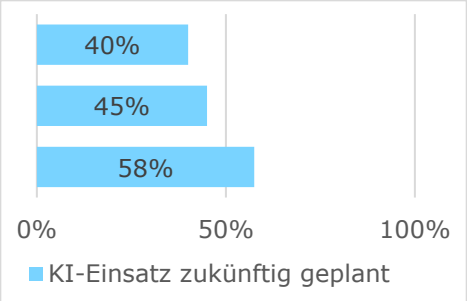


Abbildung 3-8: Art der KI-Modelle, deren Einsatz geplant wird. n=40

Die Hälfte der Unternehmen, welche KI bereits einsetzen, beziehen deren Modelle primär von externen Anbietern. Die andere Hälfte setzt sowohl externe als auch selbstentwickelte Modelle ein. Nur ein Unternehmen hat ausschliesslich selbstentwickelte Modelle im Einsatz (dies ist nicht als Abbildung dargestellt).

3.1.5 Organisation und Governance von KI in den Unternehmen

Die folgenden Fragen zu Organisation und Governance von KI wurden nur Unternehmen gestellt, die KI aktuell im Einsatz haben, sowohl produktiv wie experimentell. Sämtliche Analysen dieses Kapitels basieren auf dieser reduzierten Datengrundlage (n = 28; 25% der teilnehmenden Unternehmen). In dieser Gruppe sind die grossen Unternehmen mit 68% überproportional stark vertreten (vergleiche Abbildung 3-9).

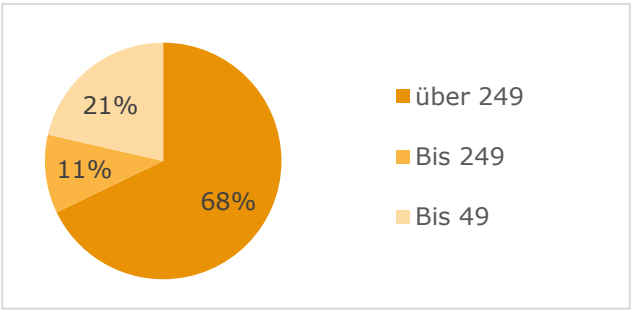


Abbildung 3-9: Unternehmen die KI im Einsatz haben; nach Unternehmensgrösse (Anzahl Mitarbeitende). n=28

Die Organisation eines solch übergreifenden Themas kann in Unternehmen zentral (z.B. durch eine Management- oder IT-Organisationseinheit), dezentral (folglich verteilt in den einzelnen Fach- oder Geschäftsbereichen) oder hybrid (sowohl zentral als auch dezentral) erfolgen. Die Organisation von KI umfasst dabei die strukturelle Steuerung und Koordination aller KI-Aktivitäten, einschliesslich der Verantwortlichkeit für Entwicklung, Implementierung, Governance und kontinuierliche Optimierung in Einklang mit den Unternehmenszielen.

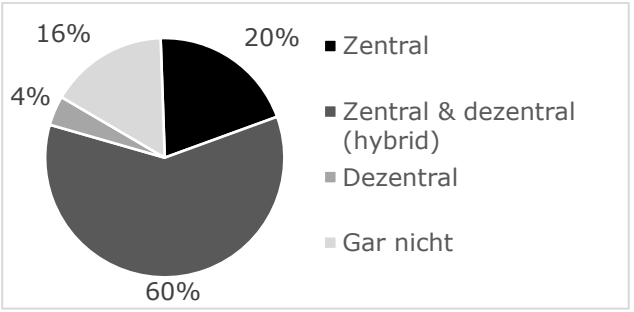


Abbildung 3-10: Organisation von KI im Unternehmen. n=25, (Enthaltungen werden nicht dargestellt)

Die Mehrheit der hier teilnehmenden Unternehmen setzen auf eine hybride Organisation von KI (60%). 20% setzen auf eine zentrale Struktur. Eine dezentrale Organisation von KI findet sich nur bei 4%, dies entspricht einem Unternehmen, während 16% derzeit keine spezielle Organisationsstruktur für KI vorsehen.

Zu erkennen ist somit eine deutliche Tendenz zu einer hybriden bis zentralen Organisation (vergleiche Abbildung 3-10). Das deutet darauf hin, dass die Mehrheit der Unternehmen, die eine eher hohe digitale und KI-Maturität aufweisen, Flexibilität und eine ausgewogene Kontrolle schätzen.

43% der hier betrachteten Unternehmen haben KI in ihrer Strategie und Governance verankert, wie in Abbildung 3-11 ersichtlich. Bei 46% ist KI zwar nicht formal erfasst, wird jedoch als ein strategisch wichtiges Thema gesehen. Daher ist anzunehmen, dass die nächsten Strategien dieser Unternehmen dieses Thema aufnehmen werden. Nur eines der Unternehmen dieser Gruppe (entspricht 4%) sieht KI nicht als strategisch wichtiges Thema an.

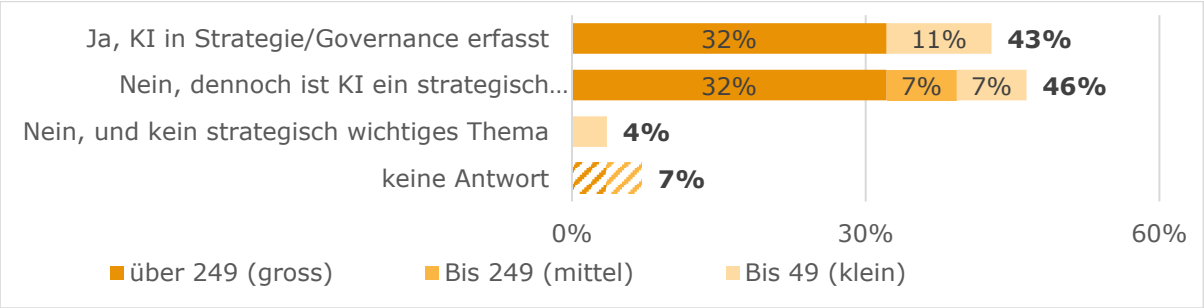


Abbildung 3-11: Organisation von KI im Unternehmen. Erfassung in Strategie und Governance. n=28

Die Frage, ob KI im Risikomanagement aufgenommen ist (vergleiche Abbildung 3-12), wurde von 82% der hier betrachteten Unternehmen positiv beantwortet, wobei zwischen einer vollumfänglichen (zu 64%) oder teilweisen (18%) Aufnahme unterschieden wurde. 18% gaben an, dass KI nicht im Risikomanagement erfasst wird.

Die Analyse in diesem Kapitel zeigt mithin, dass die Organisation und die Steuerung von KI in den Unternehmen, die diese stark nutzen, bereits eine gewisse Maturität erreicht haben.

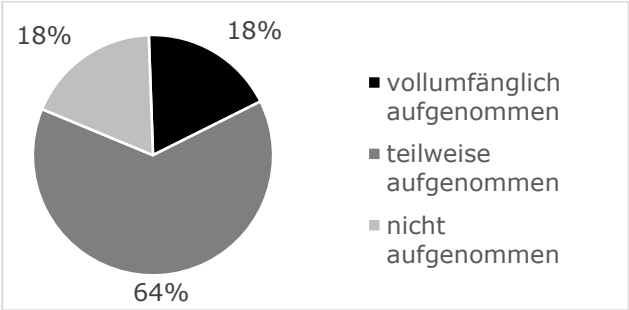


Abbildung 3-12: Aufnahme von KI im Risikomanagement. n=22 (Enthaltungen werden nicht dargestellt)

3.1.6 Einsatz von KI in der Wertschöpfung anhand konkreter Anwendungsfälle

Die Anwendung von KI in den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette weist darauf hin, wozu und in welchem Umfang KI genutzt wird. Um dies zu erheben, wurden in der Umfrage spezifische Anwendungsfälle (bzw. Use-Cases) pro Wertschöpfungsschritt mit drei Antwortmöglichkeiten zur Auswahl gestellt. Die Liste der Anwendungsfälle ist in Tabelle 3-1

dargestellt. Die Wahlmöglichkeiten waren: «Aktuell im Einsatz», «Einsatz geplant», «Einsatz nicht geplant», sowie im Bedarfsfall auch «keine Angabe».

Dieses Kapitel der Umfrage war nur Unternehmen zugänglich, die KI bereits produktiv oder experimentell einsetzen (n=28) oder den Einsatz planen (n=40; zusammen n=68). Zudem waren die Anwendungsfälle jedes Wertschöpfungsschritts den Antwortenden nur zugänglich, sofern das Unternehmen in diesem Wertschöpfungsschritt tätig ist.

Tabelle 3-1: Benennung der auswählbaren Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsschritt

	Kategorie Anwendungsfall	Beschreibung des Anwendungsfalls
Erzeugung	strategisch	Strategische Erzeugungsplanung
	taktisch	Prädiktive und präventive Wartung der Erzeugungsanlagen
	operativ	Optimierung Kraftwerkseinsatzplanung und -Führung
	operativ	Optimierung des Anlagen-Störungsmanagements
	generell	Automatisierung von wiederkehrenden Aufgaben und Prozessen
	generell	Recherche, Datenanalyse und automatisierte Berichterstellung
		Sonstige
Beschaffung/ Handel	strategisch	Mittel- und langfristige Vorhersage Energiepreisen und Handelstrends
	taktisch	Identifizierung von Handelschancen und -risiken
	operativ	Optimierung von Energieportfolios
	operativ	Algotrading, Erstellung, Umsetzung und Überwachung Handelsstrategien
	generell	Automatisierung von wiederkehrenden Aufgaben und Prozessen
	generell	Recherche, Datenanalyse und automatisierte Berichterstellung
		Sonstige
Übertragung	strategisch	Strategische Netzplanung
	taktisch	Prädiktive und präventive Wartung der Netzanlagen
	taktisch	Optimierung der Planung des Systemdienstleistungen
	taktisch	Optimierung der Planung des Engpassmanagements
	operativ	Optimierung des Einsatzes der Systemdienstleistungen
	operativ	Optimierung der Netzüberwachung und -Steuerung
	operativ	Optimierung des Netz-Störungsmanagements
	operativ	Optimierung der Durchführung des Engpassmanagements
	generell	Automatisierung von wiederkehrenden Aufgaben und Prozessen
	generell	Recherche, Datenanalyse und automatisierte Berichterstellung
		Sonstige

Fortsetzung

	Kategorie Anwendungsfall	Beschreibung des Anwendungsfalls
Verteilung	strategisch	Strategische Netzplanung
	taktisch	Prädiktive and präventive Wartung der Netzanlagen (Störungsminimierung, Instandhaltungsoptimierung)
	operativ	Optimierung des Netz-Störungsmanagements
	operativ	Optimierung der Netzüberwachung und -Steuerung
	generell	Automatisierung von wiederkehrenden Aufgaben und Prozessen
	generell	Recherche, Datenanalyse und automatisierte Berichterstellung
		Sonstige
Vertrieb	taktisch	Analyse von Kundenbedürfnissen und -Segmenten
	taktisch	Entwicklung individualisierter Produkte
	taktisch	Erstellung personalisierter Kundenangebote und -Verträge
	operativ	Optimierung und Personalisierung des Kundendienstes (z.B. Chatbot)
	operativ	Personalisierte Datenbereitstellung für Kunden
	generell	Automatisierung von wiederkehrenden Aufgaben und Prozessen
	generell	Recherche, Datenanalyse und automatisierte Berichterstellung
		Sonstige
Energiedienstleistungen	operativ	Angebot und Planung von PV-Anlagen
	operativ	Angebot und Planung von Wärmeversorgungsangeboten
	operativ	Angebot und Planung von Elektromobilitäts- und Wärmep.-Anlagen
	operativ	Prüfung und Bewilligung von Installationsvorhaben
	operativ	Standortvorhersage für öffentliche Ladeinfrastruktur
	operativ	Steuerung von Energieverbrauchern
	operativ	Intelligente Gebäudesteuerung und Energiemanagement
	generell	Automatisierung von wiederkehrenden Aufgaben und Prozessen
	generell	Recherche, Datenanalyse und automatisierte Berichterstellung
		Sonstige

Die Tabelle enthält typische Anwendungsfälle in der Energieversorgung. Sie können der strategischen, taktischen oder operativen Ebene zugeordnet werden.

Aus der Häufigkeit der Nennungen einzelner Anwendungsfälle kann abgeleitet werden, wo in der Wertschöpfungskette und mit welcher Intensität KI zum Einsatz kommt. Dabei ist zu beachten, dass die Anzahl der möglichen Nennungen – also die Anzahl der vorgeschlagenen Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsschritt – variiert (z.B. Erzeugung: 6; Energiedienstleistungen: 9). Dies kann dazu führen, dass z.B. in den Energiedienstleistungen mehr Anwendungsfälle durch die Unternehmen, die KI bereits nutzen, genannt werden als in anderen Schritten.

Die Tabelle 3-2 zeigt entsprechend, wie viele der KI-einsetzenden Unternehmen (n=28) in den einzelnen Wertschöpfungsstufen aktiv sind. Des Weiteren wird aufgezeigt, wie viele aktive Anwendungsfälle in jeder Wertschöpfungsstufe von ihnen genannt wurden. In der letzten Spalte ist das Verhältnis dieser beiden Werte zueinander zu erkennen.

Hieraus lässt sich ableiten, wie verbreitet die identifizierten KI-Anwendungsfälle in dem jeweiligen Wertschöpfungsschritt sind, bzw. wie viele KI-Anwendungsfälle in dem Wertschöpfungsschritt durchschnittlich pro Unternehmen aktuell auftreten. Exemplarisch für die Erzeugung: 21 Unternehmen, die KI einsetzen, sind in der Erzeugung tätig. Von diesen Unternehmen wurden 15 aktive Anwendungen von KI in der Erzeugung genannt. Daraus ergibt sich, dass pro Unternehmen, das in der Erzeugung tätig ist, durchschnittlich 0,7 aktive KI-Anwendungsfälle in diesem Wertschöpfungsschritt angegeben wurden. Aus der nachfolgenden Tabelle ergibt sich, dass KI-Anwendungsfälle insbesondere in Beschaffung/Handel (1,6 pro Unternehmen, 32 KI-Anwendungsfälle insgesamt) zum Einsatz kommen.

Tabelle 3-2: Wertschöpfungsstufen und KI-Anwendungsfälle (im Einsatz). n=28

Wertschöpfungsstufe	**Anzahl Unternehmen** (KI im Einsatz) aktiv in der Wertschöpfungsstufe	**Anzahl KI-Anwendungsfälle im Einsatz** die genannt wurden	**Verhältnis** Anzahl KI-Anwendungsfälle/ Anzahl Untern.
Erzeugung	21	15	0,7
Beschaffung / Handel	20	32	1,6
Übertragung	3	3	1
Verteilung	25	27	1,1
Vertrieb	20	18	0,9
Energiedienstleistungen	23	22	1
Durchschnitt	19	20	1

Ergänzen wir diese Betrachtung nun um die «geplanten» Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsstufe. In Tabelle 3-3 abgebildet sind die Unternehmen die KI in der Wertschöpfungsstufe im Einsatz haben oder dies planen sowie die Anzahl der genannten Anwendungsfälle. Es fällt zum einen auf, dass die Anwendungsfälle im Total mit mehr als Faktor 3 und pro Unternehmen mit rund einer Verdreifachung zunehmen. Des Weiteren findet eine Verschiebung in der Reihenfolge statt: Während für den Handel nach wie vor sehr viele Anwendungsfälle genannt werden (167) stehen nun, nach Einbezug der geplanten KI-Anwendungsfälle, die Energiedienstleistungen (196) und die Verteilung (185) auf Platz eins und zwei. Die Übertragung weist hingegen die höchste Dichte auf, mit den meisten Anwendungsfällen pro Unternehmen (5,3).

Tabelle 3-3: Wertschöpfungsstufen und KI-Anwendungsfälle (im Einsatz und geplant). n=68

Wertschöpfungsstufe	**Anzahl Unternehmen** (KI im Einsatz und KI geplant) aktiv in der Wertschöpfungsstufe	**Anzahl KI-Anwendungsfälle (aktiv und geplant)** die genannt wurden	**Verhältnis** Anzahl KI-Anwendungsfälle/ Anzahl Unternehmen
Erzeugung	40	92	2,3
Beschaffung / Handel	52	167	3,2
Übertragung	3	16	5,3
Verteilung	61	185	3,0
Vertrieb	49	151	3,1
Energiedienstleistungen	56	196	3,5
Durchschnitt	44	135	3

In der

Abbildung *3-13* wird nochmals entlang der Wertschöpfungskette das Verhältnis zwischen dem aktuellen Einsatz zu den geplanten Einsätzen von KI gezeigt.

Diese Projektion der Anwendungsfälle in die Zukunft zeigt generell eine starke Zunahme der KI-Nutzung. In allen Wertschöpfungsstufen ist ein Wachstum mit einem Faktor 4 bis hin zu Faktor 8 festzustellen. Dies lässt darauf schliessen, dass KI zukünftig deutlich häufiger zum Einsatz kommen wird. Zudem ist zu vermuten, dass viele Unternehmen bereits daran sind, weitere KI-Anwendungsfälle, welche hier nicht abgefragt wurden, zu identifizieren.

Die genannten KI-Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsstufe sind im Anhang detaillierter aufgelistet.

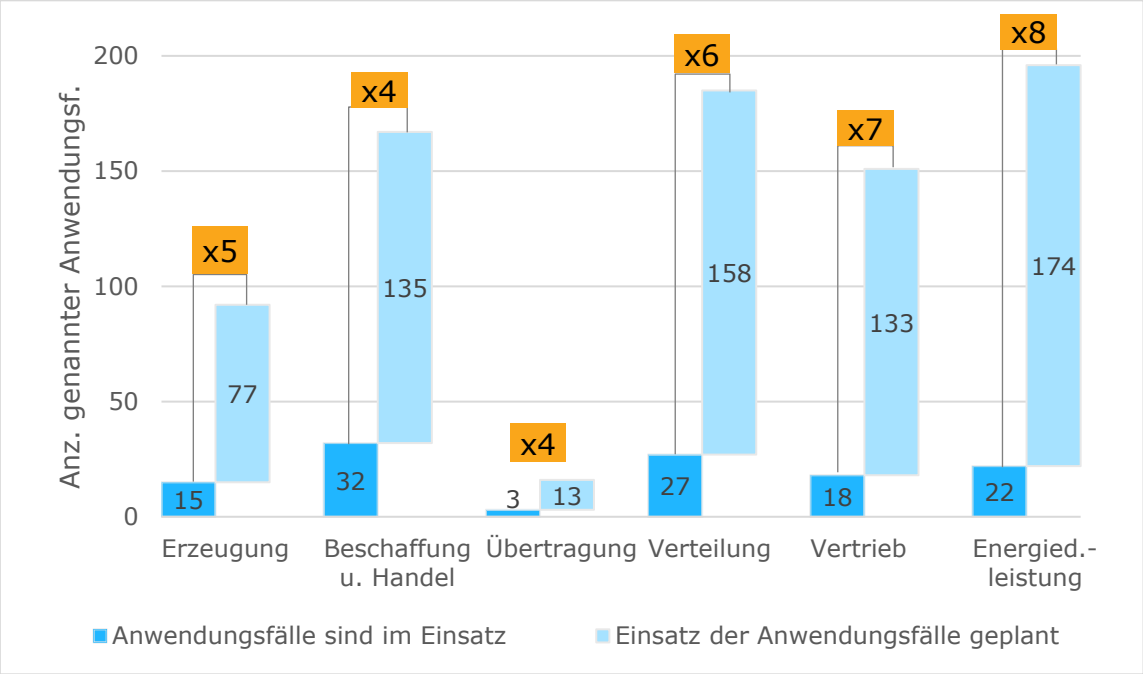


Abbildung 3-13: Anzahl der KI-gestützten Anwendungsfälle (im Einsatz und geplant) in den einzelnen Wertschöpfungsstufen. n=68

3.1.7 Bewertung der Vor- und Nachteile durch KI

Wahrgenommene Chancen von KI

Die Nutzung von KI bietet viele Chancen. Im Rahmen dieser Befragung wurden 14 übergeordnete Chancen, die für die Energieversorgungsbranche bestehen, durch Expertenkreise identifiziert. Die an der Umfrage teilnehmenden Unternehmen konnten die für sie relevantesten fünf Chancen auswählen, so dass über die Häufigkeit der Nennungen eine Rangordnung zu diesen Chancen entstand.

Die Abbildung 3-14 listet die entsprechend meistgenannten Chancen auf und unterscheidet dabei nach den drei Unternehmensgruppen (KI aktuell im Einsatz, KI in Planung, kein Einsatz/ Planung). Auffallend ist eine klare Favorisierung einzelner Chancen. Zudem scheint der aktuelle Umgang mit KI im Unternehmen keinen Einfluss auf die Relevanz der einzelnen Chancen zu haben, denn die die Favorisierung ist nahezu einheitlich in allen drei Unternehmensgruppen.

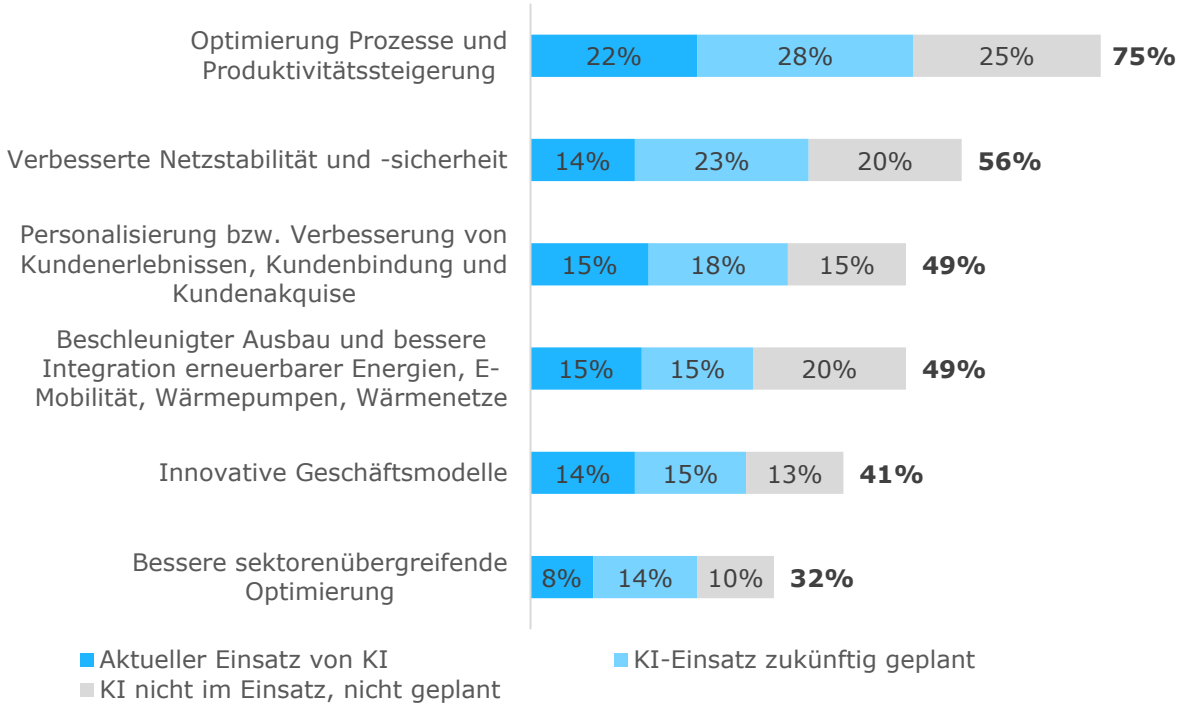


Abbildung 3-14: Wahrgenommene Chancen durch den Einsatz von KI (Reihenfolge durch Priorisierung). n=110

Von einer grossen Mehrheit der Unternehmen wird «Optimierung von Prozessen und Produktivitätssteigerung» als Chance von KI gesehen (75% insgesamt). KI kann dabei helfen, Arbeitsabläufe zu automatisieren, Ineffizienzen zu reduzieren und die Produktivität durch v.a. schnellere, aber auch genauere Entscheidungen zu steigern.

Am zweithäufigsten wurde eine «verbesserte Netzstabilität und -sicherheit» genannt (56% insgesamt). KI verspricht das Management und den komplexer werdenden Betrieb der Energienetze zu vereinfachen und die zunehmende Komplexität besser zu beherrschen, sowie Ausfälle durch Echtzeitanalysen und intelligente und präventive Wartung und zu vermeiden.

An dritter Stelle folgt die «Personalisierung bzw. Verbesserung von Kundenerlebnissen, Kundenbindung und Kundenakquise» (49% insgesamt). KI ermöglicht die Gestaltung massgeschneiderter Kundenerlebnisse und eine wesentliche Verbesserung der Kundeninteraktionen, was nicht zuletzt in einem allfällig geöffneten Energiemarkt an Bedeutung gewinnen wird.

Auch wurden der «beschleunigte Ausbau und die bessere Integration erneuerbarer Energien, E-Mobilität, Wärmepumpen und Wärmenetze» häufig genannt (49% insgesamt). Mittels KI kann der Einsatz erneuerbarer Energien weiter optimiert und so deren nahtlose Integration ins das Energiesystem unterstützt werden, z.B. mittels intelligentem Energiemanagement beim Einsatz volatiler Energiequellen.

«Innovative Geschäftsmodelle» wurden schliesslich von insgesamt 41% genannt. KI werden die Chancen zugeschrieben, neue Geschäftsmöglichkeiten durch verbesserte Datenanalysen, Automatisierungen und innovativen Ansätzen generieren zu können.

Wahrgenommene Risiken von KI

Neben den Chancen birgt der Einsatz der neuen Technologie auch Risiken. Auch hier wurden übergeordnete Risiken durch Expertenkreise identifiziert und den teilnehmenden Unternehmen zur Auswahl vorgelegt.

Die Abbildung 3-15 listet die entsprechend meistgenannten Risiken nach der Häufigkeit ihrer Auswahl auf. Wie auch bei den Chancen ist eine klare Priorisierung gewisser Risiken erkennbar. Die Antworten der Unternehmen, die KI bereits einsetzen, unterscheiden sich hier nicht von den Unternehmen, die den Einsatz erst in Zukunft oder gar nicht planen.

.

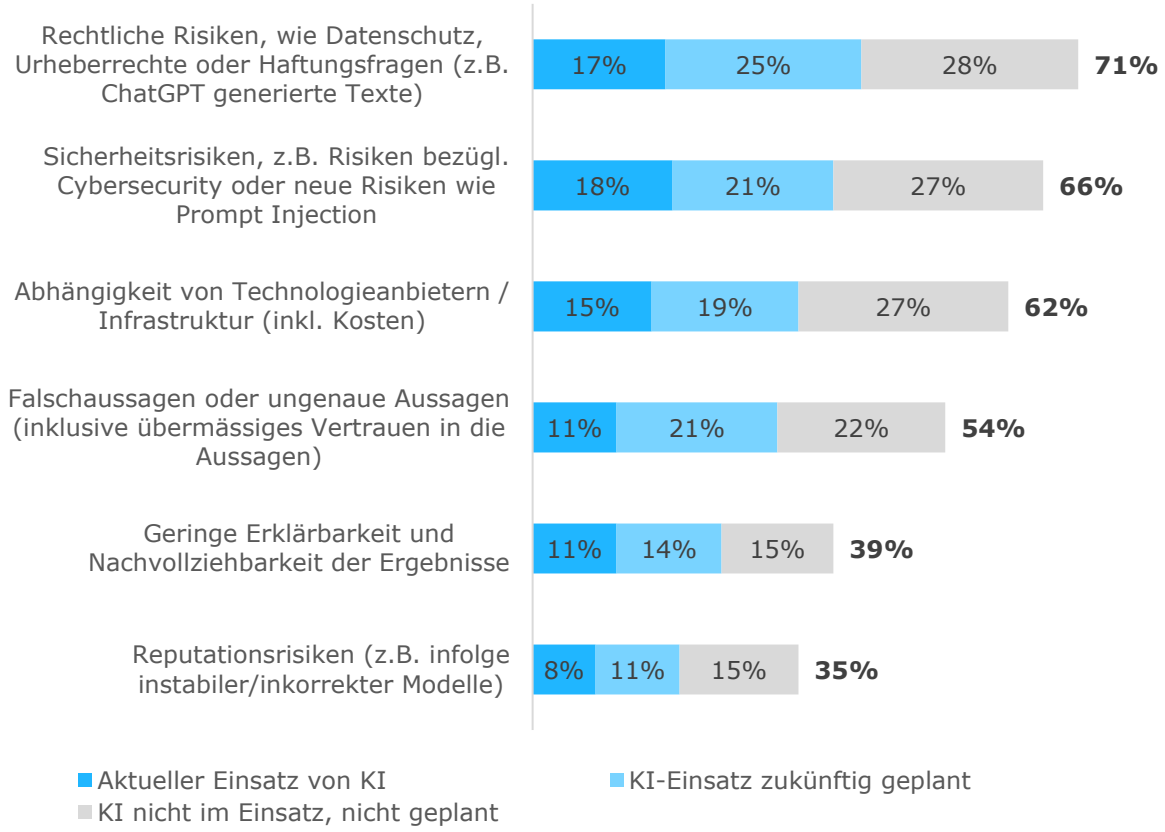


Abbildung 3-15: Wahrgenommene Risiken durch den Einsatz von KI (Reihenfolge durch Priorisierung). n=110

Von 71% der Unternehmen wurden rechtliche Risiken priorisiert, in dem Sinne, dass die Nutzung von KI rechtliche Herausforderungen wie Datenschutzverletzungen, Urheberrechtsprobleme oder Haftungsfragen nach sich ziehen kann. Dies trifft besonders bei generierten Inhalten zu, z. B. bei der Nutzung von ChatGPT.

Sicherheitsrisiken wurden von 66% der Unternehmen genannt. KI-Systeme bieten Angriffsflächen für Cyberattacken, darunter neuartige Bedrohungen. Durch die Einführung von KI könnten also neue Cyber-Schwachstellen entstehen.

Des Weiteren wird die Abhängigkeit von Technologieanbietern von über 60% der Befragten als ein relevantes Risko angesehen. Unternehmen, die stark auf KI-Anbieter angewiesen sind, geraten leicht in eine sowohl technologische als auch finanzielle Abhängigkeit zu ihren Anbietern.

Weitere Risiken wurden genannt, aber durch die Befragten als weniger relevant eingeschätzt.

Wahrgenommene Herausforderungen bei KI-Nutzung in der Energiewirtschaft

Energieversorgungsunternehmen stehen vor vielfältigen Herausforderungen im Umgang mit KI. Um das Potenzial von KI voll ausschöpfen zu können, müssen diese zumindest in Teilen ausgeräumt werden.

In Abbildung 3-16 sind die meistgenannten Herausforderungen aufgelistet. Wie auch in den beiden vorherigen Kapiteln ist die Reihenfolge durch die Häufigkeit der zur Auswahl vorgeschlagenen Herausforderungen entstanden.

Die Datenverfügbarkeit und -qualität erscheint hiernach die Hauptherausforderung darzustellen. Dabei spielt der Umstand mit, dass datenbasierte Algorithmen auf eine hohe Datenqualität angewiesen sind. Offenbar erscheint eine brauchbare Datenqualität noch nicht über sämtliche Wertschöpfungsstufen vollumfänglich gegeben zu sein. Eine fehlende Strategie zu KI und eine unabgestimmte dezentrale organisatorische Umsetzung wird von 48% der Unternehmen genauso häufig als Herausforderung genannt wie ein noch unzureichendes Wissen in dem Themenfeld KI im Allgemeinen.

Auffallend ist, dass Unternehmen, die KI im Einsatz haben, im Vergleich zu den anderen Unternehmen ein überproportionales Gewicht auf die Herausforderungen bei den Prozessen und Tools sowie der Use-Case-Identifikation legen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass KI im täglichen Betrieb und der Anwendung an Relevanz gewinnt und die Unternehmen nach effizienten Wegen suchen, mit KI umzugehen bzw. sie in Arbeitsflüsse zu integrieren, während die anderen Unternehmen noch in einer früheren Phase der KI-Integration erscheinen. Gleiches gilt für die Herausforderung, sinnvolle Use-Cases zu identifizieren, in denen KI genutzt und einen merklichen Mehrwert für das Unternehmen bringt.

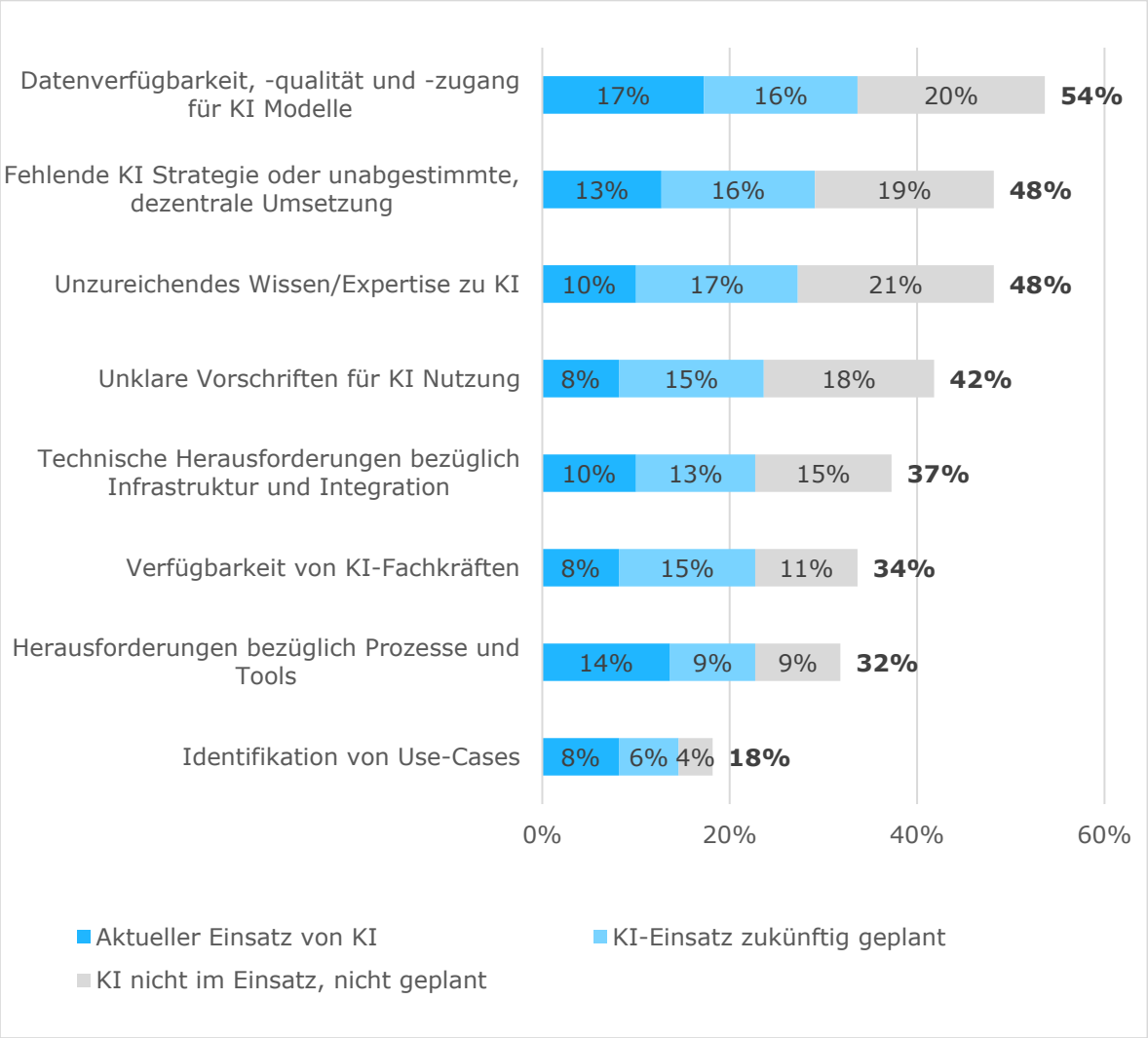


Abbildung 3-16: Wahrgenommene Herausforderungen bei KI-Nutzung (Reihenfolge durch Priorisierung). n=110

3.1.8 Gesetzliche Vorgaben und Einbindung der Branche

Um die Chancen zu erschliessen und die Risiken zu reduzieren könnten gesetzliche Vorgaben und ein branchenweiter Austausch förderlich sein. Die Umfrage erfasste daher auch die grundsätzliche Einstellung der Unternehmen in Bezug auf die Einführung regulatorischer Massnahmen und branchenweiter Dialogformate. So spricht sich eine Mehrheit der Unternehmen (76%, gewichteter Mittelwert aus unterer Abbildung) für die Etablierung von Branchen-Leitlinien zur Nutzung von KI aus. Dabei ist vor allem bei Unternehmen mit geringer KI-Maturität ein stärkerer Wunsch nach Vorgaben und Leitplanken zu erkennen.

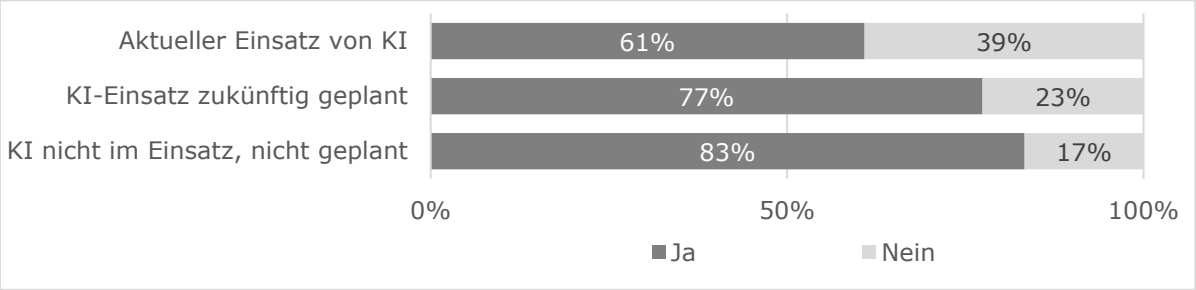


Abbildung 3-17: Sollen Leitlinien für die KI-Nutzung in der Branche etabliert werden? Nach aktuellem Einsatz von KI bei den Unternehmen. n=110

Auch ein Bedarf für zusätzliche Vernetzung, Mitgestaltung und Wissensdiffusion beim Einsatz von KI besteht in der Energiebranche, etwa in Gestalt eines Branchendialogs. Hierzu haben sich 74% (gewichteter Mittelwert aus Abbildung 3-18) der befragten Unternehmen ausgesprochen. Hier sind keine nennenswerten Unterschiede auf Grund der KI-Maturität zu erkennen.

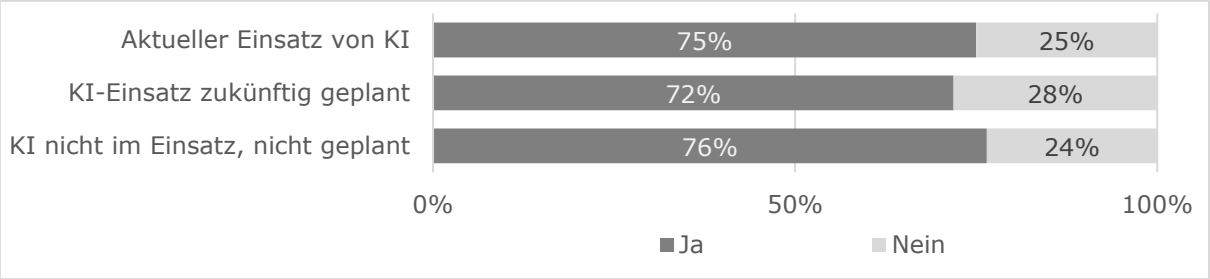


Abbildung 3-18: Soll ein Branchendialog zur KI-Nutzung etabliert werden? Nach aktuellem Einsatz von KI bei den Unternehmen. n=110

3.2 Einsatz von KI in Unternehmen anderer Branchen und Länder

Eine 2024 von der ETH Zürich durchgeführte Befragung [70] kommt zu dem Ergebnis, dass nur 1,5% der befragten Schweizer Unternehmen KI bereits im grösseren Massstab produktiv einsetzen. Weitere 22% der Unternehmen testen oder planen den Einsatz derzeit. Mehr als 70% hingegen haben KI bislang als irrelevant eingestuft oder haben sich noch gar nicht mit dem Thema befasst.

Basierend auf Eurostat-Daten [71] lässt sich ein Vergleich zur EU ziehen. So nutzen in der EU durchschnittlich 8% der Unternehmen KI, wobei dies je nach Land zwischen 2 und 15% variiert (exemplarisch die Nachbarländer: Deutschland: 12%, Österreich: 11%, Frankreich: 6%, Italien: 5%).

Auch die Unterschiede *zwischen* den Branchen wurde in der ETH-Erhebung [70] untersucht. Dabei ist zu sehen, dass die Unternehmen der Informations- und Kommunikationsbranche (IKT) das Feld anführen. Je nach Land wird hier von 20 bis 36% der Unternehmen KI eingesetzt. Das Schlusslicht bildet der Bausektor mit 2 bis 5%. Die Unternehmen der Energie- und Entsorgungsbranche liegen hier im Mittelfeld, mit zwischen 5 und 17% der Unternehmen.

Die Schweiz ist bei Eurostat nicht gelistet, folglich bleibt hier nur der Vergleich mit der Aussage zu obigen Befragungsergebnissen und zu den in Kapitel 3.1.3 erhobenen Daten.

In den OECD-Ländern setzten gemäss einer Erhebung [72] im Jahr 2023 8% aller Unternehmen in den Branchen der Energie-, Wasser- und Abfallwirtschaft KI ein. Diese pauschale Aussage ist über alle Länder, den gesamten Branchenverbund und alle Unternehmensgrössen zu verstehen. Interessant ist daher eher der Vergleich zu anderen Branchen. Hier reihen sich die genannten 8% für die Energie-, Wasser- und Abfallwirtschaft im unteren Drittel ein (KI-Nutzung in anderen Branchen variierte zwischen 4 und 28% ebenfalls angeführt von der IKT-Branche).

Ein direkter Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Befragung aus Kapitel 3.1 ist aufgrund der unterschiedlichen Herangehensweisen und Vergleichsparameter in den verschiedenen Studien nur begrenzt möglich. Dennoch fällt auf, dass die durchgeführte Umfrage eine überdurchschnittliche Adoptionsrate von KI im Vergleich zu nationalen und internationalen Benchmarks aufzeigt. Die Kombination aus einem hohen Anteil von Unternehmen, die KI produktiv oder experimentell nutzen (25%), und einer weiteren nennenswerten Gruppe mit geplanten Projekten (36%) deutet auf eine Technikaffinität und eine zukunftsorientierte Haltung als auch eine im internationalen Vergleich eher hohe KI-Maturität in der Schweizer Energiewirtschaft hin.

4 Abschätzung der Zusammenhänge zwischen KI und Versorgungssicherheit

KURZZUSAMMENFASSUNG

Einzelne Wertschöpfungsstufen haben eine höhere Relevanz für die Versorgungssicherheit: Als hoch relevant wird die Erzeugung sowie die Übertragung und Verteilung der Energie eingestuft. Darauf folgen Beschaffung und Energiehandel, welche wichtige Bindeglieder zwischen Erzeugung und Verteilung darstellen. Abschliessend verbleiben der Energievertrieb und die Energiedienstleistungen als auf die Versorgungssicherheit am wenigsten einwirkende Wertschöpfungsstufen.

Die qualitative Bewertung der positiven Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit, entlang der in Kapitel 2.1 identifizierten Chancen zeigt: KI bietet insbesondere in der Erzeugung von Strom grosse Chancen. Mittels optimierter Erzeugungsprognosen und -planungen sowie über eine Reduzierung von Ausfällen lassen sich spürbare Verbesserungen im Angebot von Elektrizität erzielen. In Energiebeschaffung und -handel können mittelgrosse Chancen gehoben werden z.B. durch eine verbesserte Marktanalyse, eine Weiterentwicklung des Risikomanagements und eine Verbesserung der Handelsaktivitäten. Auch in Übertragung und Verteilung kann KI einen mittleren bis starken Einfluss auf die Verbesserung der Versorgungssicherheit entwickeln, z.B. durch Verbesserungen im Netzbetrieb der Übertragung, bei der (vorbeugenden) Störungsminimierung durch Echtzeitüberwachung und bei der Fernwartung (mit Drohnen und Augmented Reality). Auch wenn der zukünftige Einsatz von KI im Energievertrieb deutlich zunehmen wird, so werden die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Versorgungssicherheit als eher gering eingeschätzt. Weitgehend ein geringer wenn auch positiver Einfluss auf die Versorgungssicherheit wird durch KI bei Energiedienstleistungen vermutet.

Die qualitative Bewertung der negativen Auswirkungen von KI entlang der in Kapitel 2.2 identifizierten Risiken zeigt, dass die Versorgungssicherheit vor allem im Zusammenhang mit adversariellen Angriffen (z.B. wenn wichtige Systeme kompromittiert werden), Falschaussagen (z.B. wenn KI-Systeme fehlerhafte Prognosen oder Anweisungen liefern), falscher Interpretation/ Fehlentscheidungen, Abhängigkeit zu Technologieanbietern, sowie fehlenden Standards für die Prüfung von KI-Produkten auftreten. Für weitere Risiken besteht kaum ein direkter Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit. Eine Einschätzung des Ausmasses der Auswirkung auf die Versorgungssicherheit muss stets auf den konkreten Anwendungsfall in der entsprechenden Wertschöpfungsstufe bezogen werden. Auch hier gilt: Je höher die Relevanz einer Wertschöpfungsstufe, desto grösser ist in der Regel das potenzielle Risiko durch negative Auswirkungen.

Eine quantitative Bewertung des Einflusses von KI auf die Versorgungssicherheit im Rahmen eines stark vereinfachten Wirkungsmodells betrachtet die versorgungsrelevanten Komponenten Stromnachfrage, Stromproduktion sowie Stromnetz, und diesbezüglich insbesondere die Auswirkungen der KI-gestützten Prognoseverbesserungen. Das grösste Potential zur *relativen* Prognosegüteverbesserung durch KI ist im Bereich der Stromproduktion zu finden, das grösste Potential für KI mit Blick auf die *absolute* Prognoseabweichung im Bereich der Nachfrage. Im Netz ist ebenfalls ein sehr hohes absolutes Potential durch den Einbezug von KI in der dynamischen Netzführung vorhanden.

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 3.1 dargestellten aktuellen und geplanten KI-Nutzung in der Schweizer Energiebranche werden nun die Zusammenhänge zwischen KI und Versorgungssicherheit näher beleuchtet. Dafür werden die in Kapitel 2 identifizierten Chancen und Risken aufgegriffen und eine Einschätzung ihrer positiven (Chancen) und negativen (Risiken) Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit vorgenommen. Es wird in erster Linie auf eine qualitative Bewertung der Auswirkungen zurückgegriffen. Die Aussagen basieren auf Einschätzungen der Autoren und Literaturrecherchen. Die Einschätzungen wurden kritisch reflektiert und untermauert durch die Sicht von Experten aus der Schweizer Energiebranche.

Flankierend zu den qualitativen Analysen und Einschätzungen führt Kapitel 4.4 einen Ansatz zur quantitativen Bewertung der Chancen und Risiken in Form eines Wirkungsmodells ein. Dieses versucht, die Zusammenhänge zwischen KI und Versorgungssicherheit aufzuzeigen und zu quantifizieren. Hierbei muss betont werden, dass dieses Modell vereinfachende Annahmen und Wirkungszusammenhänge darstellt. Es ermöglicht dem Leser ein erstes quantitativ gelagertes Gefühl hinsichtlich der Wirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit zu geben. In einschlägigen Fachjournalen der Wissenschaft hat sich bisher noch kein belastbarer Ansatz zur Analyse dieser spezifischen Fragestellung entwickelt.

Zur Analyse der möglichen Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit wird zunächst eine allgemeine Einstufung der Relevanz einzelner Wertschöpfungsstufen für die Versorgungssicherheit vorgenommen. Aufgrund der unterschiedlichen Strukturen von Elektrizitäts- und Gasversorgung erfolgt eine getrennte Betrachtung. Die folgende Tabelle zeigt die Wertschöpfungsstufen und ihre Relevanz für die Versorgungssicherheit, kategorisiert in „nicht relevant“, „gering“, „mittel“ und „hoch“.

Tabelle 4-1: Die Wertschöpfungsstufen der Energieversorgung und ihre Relevanz für die Versorgungssicherheit (unterteilt nach Elektrizität und Gas)

Wertschöpfungsstufe	Relevanz für die Versorgungssicherheit bei Elektrizität	Relevanz für die Versorgungssicherheit bei Gas
Erzeugung	Hoch	-[2]
Beschaffung und Handel	Mittel	Mittel
Übertragung und Verteilung	Hoch	Hoch
Vertrieb	Gering	Gering
Energiedienstleistungen	Gering	Gering

Als «Hoch» werden dabei die Erzeugung sowie die Übertragung und Verteilung der Energie eingestuft, da sie die physischen Wertschöpfungselemente darstellen und daher unmittelbarer auf die Energiever-

[2] Hoch, jedoch in der Schweiz «nicht relevant», da keine eigene Erzeugung vorhanden ist.

sorgung einwirken. Darauf folgen Beschaffung und Energiehandel, welche wichtige Bindeglieder zwischen Erzeugung und Verteilung darstellen. Abschliessend verbleiben der Energievertrieb und die Energiedienstleistungen als auf die Versorgungssicherheit am wenigsten einwirkenden Wertschöpfungsstufen.

Diese übergreifende Einschätzung der Relevanz einzelner Wertschöpfungsstufen für die Versorgungssicherheit der Schweiz gilt als Basis für die nachfolgende Abschätzung der positiven und negativen Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit der Schweiz.

4.1 Mögliche positive Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit der Schweiz

Die folgende Tabelle zeigt die positiven Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit entlang der in Kapitel 2.1 identifizierten Chancen.

Tabelle 4-2: Chancen und ihre positive Auswirkung auf die Versorgungssicherheit

	Chance	**Positive Auswirkung** auf die Versorgungssicherheit **bei Elektrizität**	**Positive Auswirkung** auf die Versorgungssicherheit **bei Gas**
Erzeugung	1. Optimierte Erzeugungsplanung	Hoch	-
	2. Störungsminimierung durch Predictive Maintenance	Hoch	-
	3. Präzisere Prognosen erneuerbarer Energieerzeugung	Hoch	-
	4. Verbesserung der Energieeffizienz in der Erzeugung (Energieausbeute)	Gering	-
Beschaffung und Handel	1. Verbesserte Marktanalyse	Mittel	Mittel
	2. Erweiterung des Anbieterkreises	Mittel	-
	3. Optimierung der Handelsaktivitäten	Mittel	Mittel
	4. Weiterentwicklung des Risikomanagements	Mittel	Mittel
Übertragung und Verteilung	1. Optimierte Netzausbauplanung	Mittel	Mittel
	2. Verbesserung des Netzbetriebs	Übertragung: hoch Verteilung: mittel	Mittel
	3. Störungsminimierung durch Predictive Maintenance	Hoch	Mittel
	4. Verbesserung der Energieeffizienz des Energienetzes (Energieausbeute)	Mittel	Mittel

Vertrieb	1. Gestaltung von personalisierten Produkten	Gering	-
	2. Unterstützung bei der Administration komplexer, individueller Kundeninteraktionen	Gering	Gering
Energiedienstleistungen	1. Planung von Energiezusammenschlüssen	Mittel	Gering
	2. Verbesserte Planung und Realisierung von Kundenanlagen	Gering	Nicht relevant
	3. Verbessertes Energiemanagement	Gering	Gering

Die Bewertung des positiven Einflusses von Chancen auf die Versorgungssicherheit orientiert sich an der grundsätzlichen Bedeutung der jeweiligen Wertschöpfungsstufe für die Energieversorgung, siehe Tabelle 4-1. Je höher die Relevanz einer Wertschöpfungsstufe, desto grösser ist in der Regel auch der potenzielle Einfluss von Verbesserungen oder Innovationen innerhalb dieser Stufe. Anders gesagt: Wenn eine Wertschöpfungsstufe wie die Erzeugung besonders wichtig für die Versorgungssicherheit ist, können Chancen in diesem Bereich ebenfalls einen grossen Unterschied machen.

Einzelne Chancen innerhalb einer Wertschöpfungsstufe können trotz der hohen Relevanz der Stufe für die Versorgungssicherheit jedoch auch geringer bewertet werden, wenn ihr spezifischer Beitrag nur begrenzte Verbesserungen ermöglicht. Das kann daran liegen, dass Potenziale bereits weitgehend ausgeschöpft sind, z.B. durch bestehende Technologien oder Optimierungen, die bereits umgesetzt wurden, dass die Chance nur einen kleinen Teilbereich betrifft, der weniger kritisch für die Gesamtsicherheit ist oder dass die Umsetzbarkeit oder Wirkung der Chance eingeschränkt ist, etwa durch technische, wirtschaftliche oder regulatorische Hürden.

Die Chancen in den einzelnen Wertschöpfungsstufen können wie folgt verstanden werden:

- KI bietet insbesondere in der **Erzeugung** von Strom grosse Chancen, welche die Versorgungssicherheit in der Schweiz weiter zu stärken versprechen. Mittels optimierter Erzeugungsprognosen und -planungen sowie über eine Reduzierung von Ausfällen lassen sich spürbare Verbesserungen im Angebot von Elektrizität erzielen. Die Optimierung der Energieausbeute in den Erzeugungsanlagen hat demgegenüber einen eher geringen Effekt.

- In **Energiebeschaffung und -handel** können durch die Nutzung von KI mittelgrosse Chancen gehoben werden, welche zu einer Verbesserung der Versorgungssicherheit beitragen können. Hier sind eine verbesserte Marktanalyse, eine Weiterentwicklung des Risikomanagements und eine Verbesserung der Handelsaktivitäten durch KI-Unterstützung hervorzuheben. Dies gilt für Elektrizität und Gas. Zugleich kann KI beim Energiehandel von Elektrizität auch dabei unterstützen die Komplexität der Handelsprodukte zu reduzieren und diese weiteren Marktteilnehmern zugänglich zu machen.

- Auch in **Übertragung und Verteilung** kann KI einen mittleren bis starken Einfluss auf die Verbesserung der Versorgungssicherheit entwickeln. Durch Verbesserungen im Netzbetrieb der Übertra-

gung, bei der (vorbeugenden) Störungsminimierung durch Echtzeitüberwachung und bei der Fernwartung (mit Drohnen und Augmented Reality) sind Effizienzgewinne und grosse positive Effekte zu erwarten, die sich auf die Versorgungssicherheit auswirken. Mittlere Effekte werden sowohl bei Netzausbau als auch bei der Steigerung der Energieeffizienz in der Übertragung und Verteilung identifiziert. Im Gasbereich wird keine Differenzierung vermutet und die Effekte als mittelmässig positiv eingeschätzt.

- Auch wenn der zukünftige Einsatz von KI im **Energievertrieb** deutlich zunehmen wird (vergleiche Kapitel 3.1.6), so werden die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Versorgungssicherheit als eher gering eingeschätzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass KI sowohl bei der Gestaltung von personalisierten Produkten also auch bei der Kundenkommunikation zwar nennenswert zum Einsatz gelangen wird, der Einfluss dessen auf die Versorgungssicherheit aber generell klein bleibt.
- Weitgehend ein geringer, wenn auch positiver Einfluss auf die Versorgungssicherheit wird durch KI bei **Energiedienstleistungen**[3] vermutet. Dies leitet sich insbesondere aus der eher geringen Relevanz dieser Wertschöpfungsstufe auf die Versorgungssicherheit ab (vergleiche Tabelle 4-1). Zugleich wird eine sehr starke Zunahme des KI-Einsatzes in diesem Wertschöpfungsschritt angenommen (vergleiche Kapitel 3.1.6).

4.2 Mögliche negative Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit

Um die möglichen negativen Auswirkungen von KI genauer zu betrachten, werden die in Kapitel 2.2 eingeführten Risiken wieder aufgegriffen. Diese Risiken können unabhängig von der Wertschöpfungsstufe gleichermassen überall dort, wo KI eingesetzt wird, zu negativen Auswirkungen führen. Dabei können die negativen Auswirkungen jedoch unterschiedliche Bereiche betreffen.

Die folgende Tabelle 4-3 zeigt die in Kapitel 2.2 beschriebenen Risiken und in welchen Bereichen diese Risiken potenziell negative Auswirkungen haben können:

- Finanziell: (hohe) Kosten z.B. aufgrund Fehlinvestitionen oder falschen Entscheidungen, Umsatzeinbussen
- Gesellschaft: Erhöhung sozialer Ungerechtigkeit, sinkende soziale Akzeptanz
- Kunde: Nicht-Verfügbarkeit von Dienstleistungen, Stromausfälle, fehlerhafte Ergebnisse
- Versorgungssicherheit: Stabilität und Zuverlässigkeit der Energieversorgung

[3] Anwendungen zur Erhöhung der Flexibilität, wie die KI-gestützte Steuerung von dezentraler Einspeisung und Ausspeisung, wurden in dieser Bewertung der Erzeugungsplanung und dem Netzbetrieb zugeordnet. Würden solche Anwendungen bei den Energiedienstleistungen berücksichtigt, könnte der Einfluss auf die Versorgungssicherheit höher eingeschätzt werden.

Ein „x“ markiert jeweils, wo ein Zusammenhang besteht und das entsprechende Risiko Einfluss nehmen kann. Dabei gilt zu beachten, dass praktisch jedes Risiko indirekt mögliche negative Auswirkungen in den vier Bereichen entfalten kann und hier primär der direkte Zusammenhang betrachtet wird.

Tabelle 4-3: Übersicht der identifizierten Risiken und deren potenzielle negative Auswirkungen auf verschiedene Bereiche der Schweiz.

Bereich	Risiko	Mögliche negative Auswirkungen auf …			
		Finanziell	Gesellschaft	Kunde	Versorgungssicherheit
Sicherheit, Datenschutz, rechtliche Risiken	Adversarielle Angriffe (auf KI-Systeme), inkl. Prompt Injection, Datenvergiftung	x		x	x
	Datendiebstahl	x		x	
	Rechtliche Risiken, wie Datenschutz und Urheberrechte	x		x	
Falschaussagen	Falschaussagen aufgrund schlechter Trainingsdaten, versteckten Kontexts, Concept Drift	x		x	x
Diskriminierung	Nicht-repräsentative/ diskriminierende Resultate		x	x	
Interaktion Mensch-Maschine	Falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen aufgrund Ergebnisse mit Wahrscheinlichkeit	x			x
	Falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen aufgrund geringer Erklärbarkeit und Nachvollziehbarkeit				x
Betriebliche Risiken	Abhängigkeit von Technologieanbietern				x
	Verkümmerung von Fähigkeiten/ Stellenabbau	x	x		
	Reputationsrisiken	x			
	Fehlende Standards für die Prüfung von KI-Produkten	x		x	
Umwelt	Steigender Energieverbrauch	x			

Die Tabelle zeigt, dass die Versorgungssicherheit vor allem dann gefährdet sein kann, wenn adversarielle Angriffe, Falschaussagen, falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen oder eine Abhängigkeit zu Technologieanbietern auftreten. Diese Zusammenhänge sind wie folgt zu erläutern:

- **Adversarielle Angriffe**: Diese können dazu führen, dass wichtige Systeme kompromittiert werden, was die Zuverlässigkeit der Energieversorgung beeinträchtigen kann. Ein gezielter Angriff könnte z. B. Kraftwerke oder Versorgungsnetze lahmlegen.
- **Falschaussagen**: Wenn KI-Systeme aufgrund schlechter Daten fehlerhafte Prognosen oder Anweisungen liefern, könnte dies zu Fehlentscheidungen führen, die die Netzstabilität beeinträchtigen (z. B. durch fehlerhafte Lastverteilungsentscheidungen).
- **Falsche Interpretation/ Fehlentscheidungen**: Fehlentscheidungen auf Basis von KI-Ergebnissen können zu Betriebsunterbrechungen oder ineffizienter Ressourcennutzung führen.
- **Abhängigkeit von Technologieanbietern**: Eine starke Abhängigkeit kann dazu führen, dass bei Ausfällen oder Problemen des Anbieters keine kurzfristigen Alternativen verfügbar sind, was die Versorgungssicherheit gefährden kann.

Weitere Risiken können zwar negative Auswirkungen auf die Bereiche «Finanziell», «Gesellschaft» und «Kunde» haben, stehen jedoch in keinem direkten Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit. So wird für das Risiko «Steigender Energieverbrauch» aktuell kein direkter und signifikanter Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit der Schweiz gesehen, siehe dazu auch die Ausführungen in Kapitel 2.2.

Eine Einschätzung des Ausmasses (hoch/mittel/gering) der Auswirkung auf die Versorgungssicherheit muss stets auf den konkreten Anwendungsfall in der entsprechenden Wertschöpfungsstufe bezogen werden. Diese Kontextabhängigkeit erschwert eine allgemeingültige Bewertung, da die Auswirkungen stark variieren können. Beispielsweise ist der potenzielle Schaden eines adversariellen Angriffs auf ein SCADA-System in einem Kraftwerk gravierender als ein ähnlicher Angriff auf ein weniger kritisches System.

Aufgrund dieser Variabilität wird auf eine Einschätzung des Ausmasses der Auswirkungen verzichtet. Analog zu den Chancen gilt jedoch auch hier die Einschätzung der Relevanz der Wertschöpfungsstufe für die Versorgungssicherheit wie in Tabelle 4-1 dargestellt. Je höher die Relevanz einer Wertschöpfungsstufe, desto grösser ist in der Regel auch das potenzielle Risiko durch negative Auswirkungen innerhalb dieser Stufe.

Zusammenfassend und in der nachfolgenden Abbildung dargestellt: Einzelne Schritte der Energie-Wertschöpfungskette haben eine höhere Relevanz für die Versorgungssicherheit, i.e. Erzeugung, Übertragung und Verteilung der Energie. Dementsprechend haben auch die Chancen und Risiken, die auf diese Elemente der Wertschöpfungskette wirken potentiell grössere positive oder negative Auswirkungen. Dabei wirken die Chancen jeweils innerhalb der Wertschöpfungsstufe, in der sie zum Einsatz kommen. Die Risken wirken gesamthaft auf den konkreten Anwendungsfall und damit indirekt auf die entsprechende Wertschöpfungsstufe, siehe nachfolgende Abbildung.

Abbildung 4-1: Wirkung der KI-Chancen und -Risiken auf die Versorgungssicherheit

4.3 Mitigation der Risiken

In der nachfolgenden Abbildung 4-2 werden mögliche Mitigationsmassnahmen für die identifizierten KI-Risiken mit direktem Zusammenhang zur Versorgungssicherheit vorgestellt.

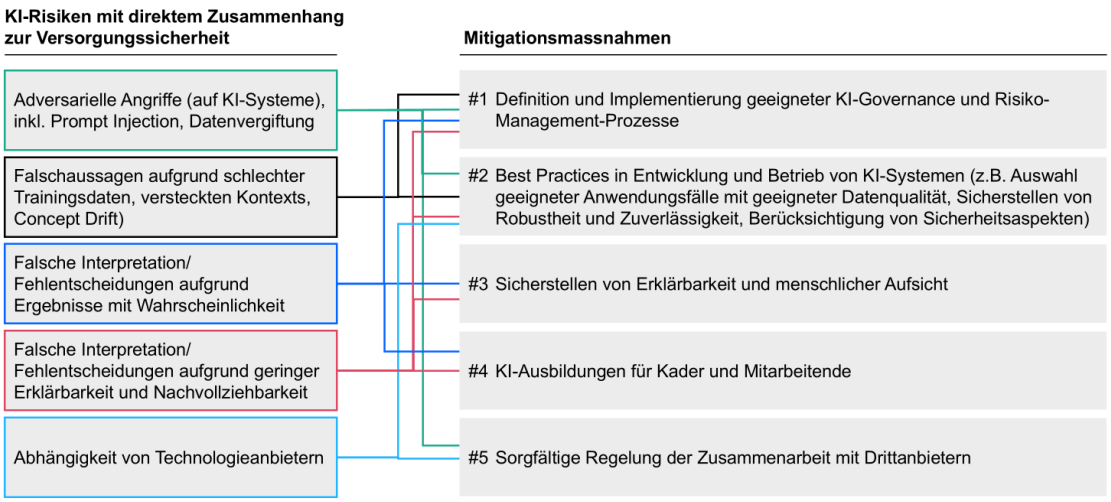


Abbildung 4-2: Mögliche Mitigationsmassnahmen für KI-Risiken mit direktem Zusammenhang zur Versorgungssicherheit

#1 Definition und Implementierung geeigneter KI-Governance und Risiko-Management-Prozesse

Die Definition und Implementierung geeigneter KI-Governance- und Risiko-Management-Prozesse gewährleisten, dass sowohl die Entwicklung als auch der Einsatz von KI klaren Verantwortlichkeiten unterliegen und entsprechende Rechenschaftspflichten erfüllt werden. Gleichzeitig sollten systematisch relevante Risiko-Management-Prozesse etabliert, um potenzielle Risiken frühzeitig zu erkennen und adäquate Gegenmassnahmen einzuleiten. Als Orientierungspunkt kann hierbei das NIST AI Risk Management Framework [73] dienen, das bewährte Vorgehensweisen und Standards im Umgang mit KI-Risiken bietet. Mit dieser Massnahme wird ein transparenter und kontrollierter Rahmen geschaffen, der den verantwortungsvollen Einsatz von KI unterstützt und das Vertrauen in die Technologie stärkt.

#2 Best Practices in Entwicklung und Betrieb von KI-Systemen

Um die Risiken adversarieller Angriffe, Falschaussagen aufgrund schlechter Trainingsdaten, Fehlinterpretationen durch mangelnde Erklärbarkeit sowie die Abhängigkeit von Technologieanbietern zu reduzieren, sollten bewährte Methoden in der Entwicklung und dem Betrieb von KI-Systemen konsequent angewendet werden. Dazu gehören die folgenden – nicht abschliessend aufgezählten – Elemente:

- Zunächst sollte sichergestellt werden, dass KI nur für Anwendungsfälle eingesetzt wird, bei denen die verfügbare Datenqualität eine zuverlässige Modellleistung ermöglicht. Eine regelmässige Überprüfung und Bereinigung der Daten trägt dazu bei, Verzerrungen, Concept Drift und versteckten Kontext zu vermeiden.
- Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Robustheit und Zuverlässigkeit der Modelle. Dazu gehören Tests gegen adversarielle Angriffe wie Prompt Injection oder Datenvergiftung sowie die Sicherstellung, dass Modelle unter realen Bedingungen stabile und nachvollziehbare Ergebnisse liefern. Qualitätsmanagement spielt eine wichtige Rolle, indem Modell-Outputs regelmässig validiert und durch menschliche Experten überprüft werden.
- Auch Sicherheits-Aspekte müssen von Beginn an berücksichtigt werden. Technische Massnahmen sollten die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit der KI-Anwendungen sowie der verarbeiteten Daten gewährleisten. Prinzipien wie „Security by Design“ und „Privacy by Design“ helfen, Risiken bereits bei der Entwicklung zu minimieren.
- Um potenzielle Risiken frühzeitig zu erkennen und zu kontrollieren, ist ein kontinuierliches Monitoring erforderlich. Bereits in der Entwicklungsphase sollten Risikobewertungen vorgenommen und geeignete Kontrollmechanismen eingeführt werden. Logging- und Monitoring-Systeme ermöglichen es, Abweichungen oder sicherheitskritische Vorfälle frühzeitig zu identifizieren.

Schliesslich ist es wichtig, die Abhängigkeit von einzelnen Technologieanbietern zu reduzieren. Die Nutzung modularer Architekturen und interoperabler Modelle kann helfen, Lock-in-Effekte zu vermeiden. Eine strategische Diversifikation, beispielsweise durch den Einsatz von Multi-Vendor-Ansätzen oder hybriden Lösungen mit On-Premise-Optionen, bietet zusätzliche Sicherheit.

#3 Sicherstellen von Erklärbarkeit und menschlicher Aufsicht

Erklärbarkeit und menschliche Aufsicht können dazu beitragen, das Risiko von Fehlinterpretationen und Fehlentscheidungen bei KI-gestützten Prozessen zu minimieren. Erklärbarkeit bedeutet, dass die Ergebnisse eines KI-Systems nachvollziehbar und überprüfbar sind – sei es durch transparente Modelle, zusätzliche Begründungen oder alternative Validierungsmethoden. Menschliche Aufsicht ergänzt dies, indem sie sicherstellt, dass die KI-Resultate nicht unkritisch übernommen werden, sondern von einer Person überprüft, hinterfragt oder in den richtigen Kontext gesetzt werden. In der Praxis gibt es unterschiedliche Abstufungen der menschlichen Aufsicht:

- Human-in-the-loop: Der Mensch überprüft, korrigiert oder bestätigt jedes einzelne KI-Ergebnis, bevor es zur Anwendung kommt. Dies ist besonders dort relevant, wo Fehlentscheidungen hohe Risiken bergen.
- Human-on-the-loop: Die KI arbeitet weitgehend autonom, während der Mensch das System überwacht und bei Bedarf eingreift. Dieses Modell eignet sich für Szenarien, in denen kontinuierliche Kontrolle erforderlich ist, aber eine manuelle Prüfung jedes einzelnen Ergebnisses nicht praktikabel wäre.
- Human-out-of-the-loop: Die KI agiert vollständig autonom, ohne direkte menschliche Kontrolle. Hier besteht das grösste Risiko, dass falsche oder nicht nachvollziehbare Ergebnisse unbeachtet bleiben und zu unerwarteten Problemen führen.

Der Grad der notwendigen menschlichen Aufsicht hängt dabei stark von der Erklärbarkeit der KI ab. Ist ein Modell gut erklärbar, kann es eher in autonomen Prozessen eingesetzt werden, da seine Ergebnisse überprüfbar sind. Bei schwer nachvollziehbaren Modellen hingegen steigt die Notwendigkeit menschlicher Kontrolle, um sicherzustellen, dass fehlerhafte oder unplausible Resultate nicht ungeprüft übernommen werden.

#4 KI-Ausbildungen für Kader und Mitarbeitende

Es empfiehlt sich, Kader und Mitarbeitende gezielt im Bereich KI auszubilden. Da KI-Ergebnisse auf Wahrscheinlichkeiten basieren und nicht immer erklärbar / nachvollziehbar sind, ist es wichtig, ein fundiertes Verständnis dafür zu entwickeln, wie die Technologie funktioniert, welche Methoden eingesetzt werden können und wo ihre Stärken sowie Schwächen liegen. Solche Schulungen vermitteln neben den Grundlagen auch, welche technischen und organisatorischen Massnahmen zur Risikominderung zur Verfügung stehen. Dadurch wird gewährleistet, dass alle Beteiligten in der Lage sind, KI-Ergebnisse sachgerecht zu interpretieren und fundierte Entscheidungen zu treffen, ohne dass unnötige Risiken eingegangen werden.

#5 Sorgfältige Regelung der Zusammenarbeit mit Drittanbietern

Eine sorgfältige Regelung der Zusammenarbeit mit Drittanbietern kann dazu beitragen, die Abhängigkeit von Technologieanbietern zu reduzieren, indem sie Transparenz, Kontrolle und Flexibilität fördert.

4.4 Modellierungsansatz für eine Quantifizierung der Chancen und Risiken

Basierend auf der oben durchgeführten Einschätzung der KI-Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit erfolgt im Weiteren der Versuch, diesen Einfluss zu quantifizieren.

4.4.1 Bisherige Studienansätze zur Versorgungssicherheit

Der Zustand der Versorgungssicherheit eines Energiesystems wird aktuell primär mit umfangreichen Energiesystem-Simulationen analysiert, sogenannten «System Adequacy» oder «Resource Adequacy» Studien.

So untersucht in der Schweiz das BFE (langfristiger Fokus, 15-20 Jahre im Voraus) und die Regulierungsbehörde ElCom (mittelfristiger Fokus, 5-10 Jahre im Voraus) in regelmässig durchgeführten System Adequacy-Studien, wie sich geopolitische, wetterabhängige und techno-ökonomische Veränderungen auf die Versorgung der Schweizer Stromwirtschaft auswirken [74] [75]. Diese Studien verwenden hochaufgelöste Zeitreihen zu Produktion, Verbrauch und anderen wichtigen Parametern. Sie untersuchen anhand mehrerer Szenarien, in welchen Situationen es bei extremen Bedingungen in der Schweiz und europaweit zu Versorgungsengpässen kommen könnte. Solche Engpässe treten dann ein, wenn beispielsweise nicht genügend Stromproduktionskapazitäten zur Bedarfsdeckung zur Verfügung stehen oder in einem Moment mit grossen Stromimportbedarf aus dem Ausland die Übertragungsnetzkapazitäten nicht ausreichend sind.

Eine quantitative Analyse und Simulationen der spezifischen Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit existieren bis anhin allerdings nicht, weder für die Schweiz noch für andere europäische Länder, weshalb hier ein erster möglicher Ansatz beschrieben wird.

Ein Wirkungsmodell, welches den Zustand der Versorgungssicherheit berechnen soll, kann aus folgenden Komponenten bestehen: Eine Komponente, die die Stromnachfrage abbildet, eine Komponente, die die Stromproduktion abbildet und eine Komponente, die das Stromnetz und dessen technische Eigenschaften abbildet (vgl. Abbildung 4-3). Hierbei wird sich die Frage der Versorgungssicherheit lediglich auf Strom beziehen. Überlegungen zu Gas sind relativ dazu abzuleiten und nicht Bestandteil der folgenden Kapitel.

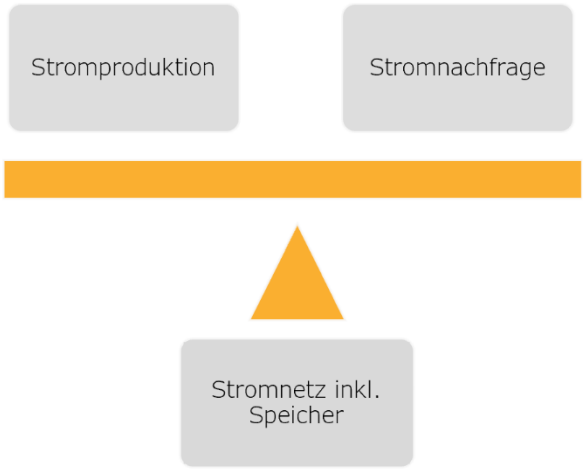


Abbildung 4-3: Vereinfachte Darstellung der Hauptkomponenten eines Versorgungssicherheitsmodells (vgl. [76])

4.4.2 Einfluss von KI auf die Komponenten der Versorgungssicherheit

Für den Versuch, Auswirkungen der KI-Nutzung auf die Versorgungssicherheit quantitativ abzubilden, werden zunächst die Zusammenhänge der KI-Nutzung zu den einzelnen Komponenten der Versorgungssicherheit gemäss Abbildung 4-3 erfasst und in Abbildung 4-4 dargestellt. Die hierbei getroffenen Annahmen werden im Detail erläutert.

Aktuellen wissenschaftlichen Publikationen nach bestehen generell vorwiegend positive Auswirkungen der KI-Nutzung in wirtschaftlichen und ökologischen Bereichen [77] [78] [79]. KI kann so zu verbesserten

Instrumenten beitragen und effizienzsteigernd wirken, was die wirtschaftliche Produktivität erhöht. Dies wirkt sich indirekt auch auf die Versorgungssicherheit aus, indem die wirtschaftliche Produktivität die Energienachfrage tendenziell erhöht. KI könnte aber auch das ökologische Bewusstsein stärken, indem zum Beispiel Informationen zum ökologischen Fussabdruck einzelner Tätigkeiten verfügbar werden und so ein Anreiz geschaffen wird, der zu einer tendenziellen Reduzierung der Energienachfrage führt. Hinsichtlich der Einflüsse von KI-Nutzung auf die Energieversorgung im Allgemeinen gehen die meisten Studien von durchweg eher positiven Effekten aus. Eine Effizienz- und Produktivitätssteigerung ist daher auch in der Energiewirtschaft und in den Prozessen entlang der Energieversorgung zu erwarten [79].

Mit Blick auf die Ergebnisse der Branchen-Umfrage (Kapitel 3.1.6) und den Chancen durch KI-Nutzung (Kapitel 2.1 und Kapitel 4.1) fällt auf, dass viele Anwendungsfälle von KI im Bereich der Prognosen zu finden sind, die in der Energieproduktion, der Energienachfrage und im Netz eingesetzt werden. Dazu gehören auch verbesserte Prognosen zu Ausfällen der Anlagen, die die Leistungsfähigkeit in der Stromproduktion und im Stromnetz steigern, da Wartungsarbeiten proaktiv und dadurch ausfallminimierend durchgeführt werden können. Zusammengenommen wirkt KI in Energieproduktion, Energienachfrage sowie dem Netz positiv und direkt auf die Versorgungssicherheit, wodurch die Wirkungskette gemäss Abbildung 4-4 entsteht.

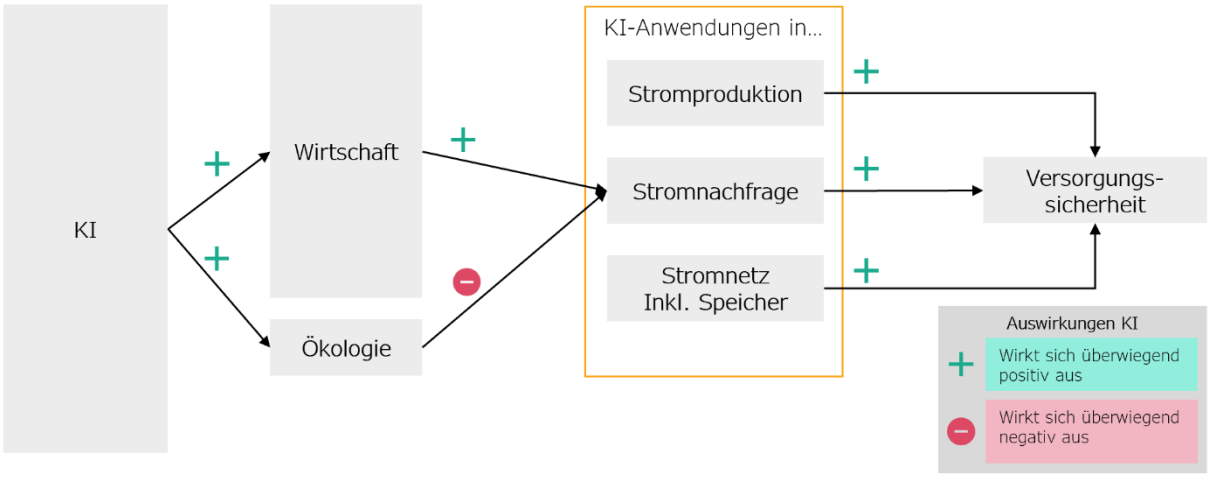


Abbildung 4-4: Wirkungsmodell der KI auf die Versorgungssicherheit

Wie in Kapitel 2.2 und Kapitel 4.2 beschrieben, sind KI-induzierte Risiken in der Energiewirtschaft eher übergeordnete Risiken. Diese führen per se nicht zu einer Verschlechterung der Versorgungssicherheit. Hingegen könnten die Risiken im Eintreten und ungünstiger Konstellation in Extremfällen zu spürbaren Ausfällen und damit zu einer beeinträchtigten Versorgungssicherheit führen. Beispielsweise könnte der Einsatz von KI-gestützten Expertensystemen im Übertragungsnetz bei vollständig automatisierten Entscheidungen ohne menschliche Überwachung und Kontrolle zu Versorgungsbeeinträchtigungen in der Schweiz führen, sofern die KI falsche Entscheidungen träfe. Solche Risiken bringen eine sehr geringe Eintrittswahrscheinlichkeit aber grosse negative Auswirkungen mit sich. An dieser Stelle wird auf eine quantitative Wirkungsanalyse dieser Risiken verzichtet, denn die Eintrittswahrscheinlichkeit ist sehr klein und es werden heute noch keinerlei Systeme verwendet, die ohne menschliche Interaktion und

Prüfung gänzlich eigenständige Entscheide treffen. Heute werden Expertensysteme noch immer durch Menschen bedient («Human-in-the-Loop»). Solche Risiken müssen und werden ohnehin durch unternehmensinterne ausgefeilte KI-Praktiken und -Prozesse, sowohl übergreifend als auch Anwendungsfall-spezifisch, minimiert. Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Regulierung gehen zudem in die Richtung, eine menschliche Überwachung von KI-gestützten Systemen in der kritischen Infrastruktur zu verpflichten.

Hingegen besteht bei den möglichen Chancen von KI-gestützten Prognosen ein stufenweises und somit quantifizierbares Verbesserungspotential für die Versorgungssicherheit, welches, gestützt auf zu tätigenden Annahmen, im Folgenden quantifiziert werden soll.

Wie auch beim Einsatz von anderen digitalen Technologien ist davon auszugehen, dass eine zunehmende Nutzung von KI mit einer höheren Stromnachfrage einhergeht. Diese Komponente könnte somit neben den positiven Effekten (bessere Vorhersagen, vgl. Kapitel 2.1.1) auch einen eher negativen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit sich bringen. Der Anstieg in der Stromnachfrage durch KI benötigt handkehrum zukünftig auch ein grösseres Stromangebot (oder höhere Importe).

4.4.3 Modell zum Verbesserungspotential der Prognosegüte durch KI

Nach der Eingrenzung des Modells auf den Beitrag KI-gestützter Prognosen, folgt die Erläuterung zu den Modellbestandteilen, welche in Abbildung 4-5 dargestellt sind.

Ziel ist eine Abschätzung zu erhalten, wie KI die Prognosen in der Energiewirtschaft verbessern kann und sich somit positiv auf die Versorgungssicherheit auswirkt. Hierbei wird als Vergleichsmass die Prognosegüte analysiert. Diese wird als Mass der Übereinstimmung zwischen prognostizierten und realisierten Werten definiert. Wir schätzen im weiteren Verlauf die Prognosegüte mit KI einerseits relativ in Prozent und andererseits absolut in Terawattstunden (TWh) gegenüber einer Prognose ohne KI. Entlang des aktuellen Stands der Wissenschaft wird argumentiert, dass KI die Prognosegüte in der Energiewirtschaft grundsätzlich verbessert und somit zu einer Steigerung der Versorgungssicherheit beiträgt [80].

In die Komponente der Stromproduktion wurden die Produktionstechnologien Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft und Nuklear einbezogen. In der Komponente Stromnachfrage sind die Kategorien Haushalt, Gewerbe und Industrie enthalten.

Die Bestandteile der Prognose in Abbildung 4-5 sind Daten zu Anlagenstandort (konventionell), Wettervorhersagen (dynamisch) und zu ungeplanten Ausfällen (dynamisch). Die Prognose der konventionellen Einflüsse lassen sich nicht durch KI verbessern, die der dynamischen Einflüsse jedoch schon, und dies ist der Hebel für die Verbesserung der Prognosen.

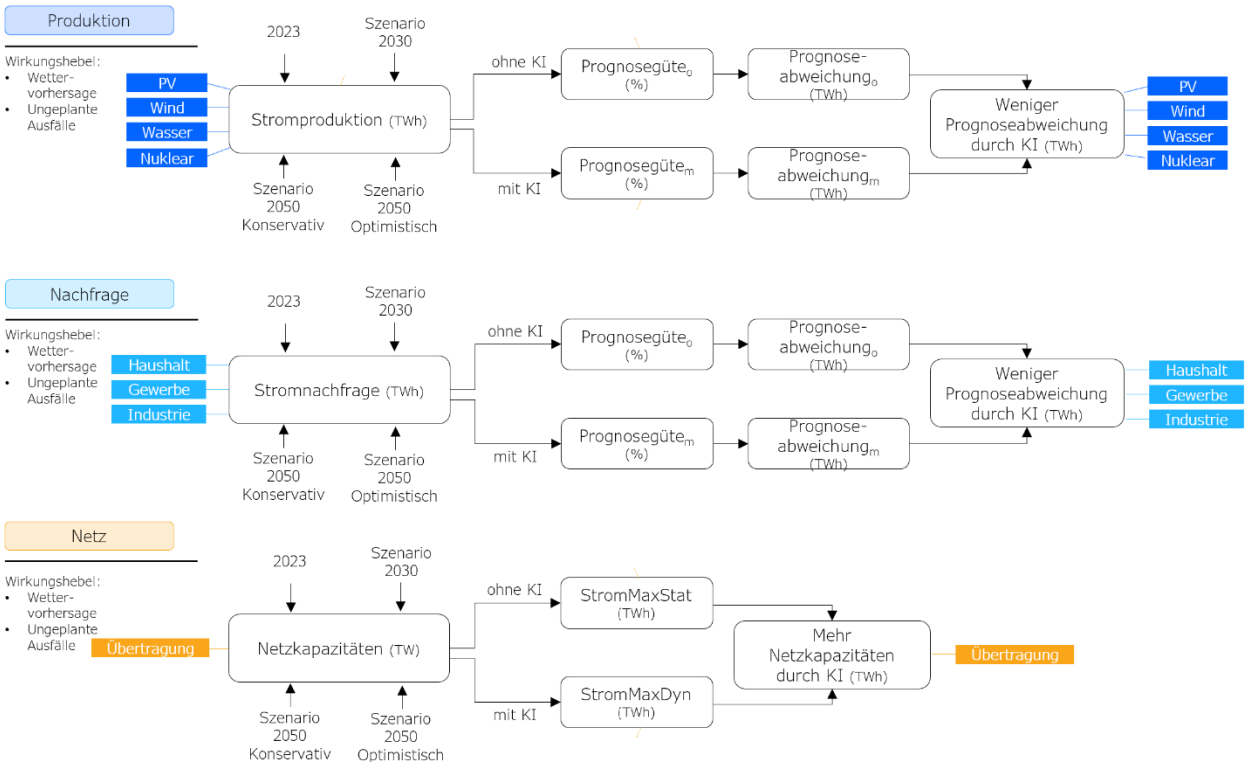


Abbildung 4-5: Veranschaulichung der Steigerung der Prognosegüte durch den Einsatz von KI

Die Abbildung 4-5 zeigt wie die Prognoseabweichung in TWh mit und ohne KI berechnet wird. Die Prognosegüte (in %) und die Prognoseabweichung (in %) ergänzen sich zu 100%. Die Formeln zur Berechnung lauten wie folgt:

Formel 4.1: Formel zur Bestimmung der Prognoseabweichung ohne KI in TWh (für Produktion und Nachfrage)

$$Prognosebweichung\ ohne\ KI = Strommenge * (1 - Prognosegüte\ ohne\ KI)$$

Prognoseabweichung ohne KI in TWh

Strommenge in TWh

Prognosegüte ohne KI in %

Formel 4.2: Formel zur Bestimmung der Prognoseabweichung mit KI in TWh (für Produktion und Nachfrage)

$$Prognosebweichung\ mit\ KI = Prognoseabweichung\ ohne\ KI * (1 - Relative\ Verbesserung\ durch\ KI)$$

Prognoseabweichung mit KI in TWh

Prognoseabweichung ohne KI in TWh

Relative Verbesserung durch KI in %

Beim Übertragungsnetz wird die Prognosegüte aus einem anderen Blickwinkel betrachtet. Hierbei steht nicht die produzierte oder nachgefragte Strommenge im Fokus, sondern die Zunahme an nutzbarer Netzkapazität im Übertragungsnetz, und somit die Strommenge in TWh pro Jahr, die zusätzlich durch das Netz fliessen könnte. Dies wird durch einen optimierten Netzbetrieb ermöglicht (vgl. Kapitel 2.1.3, [81]). Dabei wird die Übertragungskapazität von Stromleitungen basierend auf Prognosen an aktuelle Umgebungsbedingungen angepasst.

Hierbei wird zunächst vereinfachend die Strommenge bestimmt, die bei konventioneller Netzführung in einem Jahr durch das Übertragungsnetz der Schweiz an Verbraucher geliefert werden kann («Strom-MaxStat»).

Formel 4.3: Formel zur Schätzung der maximalen Strommenge pro Jahr bei konventioneller Netzführung in TWh

$$StromMaxStat = Durchschnittliche\ vertikale\ Netzlast * 24 * 365$$

Maximale Strommenge bei konventioneller Netzführung in TWh

Durchschnittliche Vertikale Netzlast in TW

24 in h/ Tag

365 in Tag

Danach wird die maximale Strommenge pro Jahr («StromMaxDyn») bestimmt, wenn die Netzführung dynamisch mithilfe von KI durchgeführt würde.

Formel 4.4: Formel zur maximalen Strommenge pro Jahr bei dynamischer Netzführung in TWh

$$StromMaxDyn = StromMaxStat * (1 + Verbesserung\ durch\ dynamische\ Netzführung)$$

Maximale Strommenge bei dynamischer Netzführung in TWh

Maximale Strommenge bei konventioneller Netzführung in TWh

Verbesserung durch dynamische Netzführung in %

Wie in Abbildung 4-5 dargestellt, wird schliesslich die Differenz gebildet, um den Nutzen des optimierten Netzbetriebs auszuweisen. Diese Differenz gibt an, wie viele TWh hypothetisch pro Jahr mehr durch das Schweizer Übertragungsnetz versorgt werden könnten, ohne zwingend auf Netzausbau zu setzen.

Das hier beschriebene Wirkungsmodell müsste sicherlich noch um die nachgelagerten Prozesse im Stromversorgungssystem ergänzt werden, welche zum Einsatz kommen, um eingetretene Prognose-abweichungen auszugleichen, d.h. um den Einsatz von Regelenergie. KI könnte auch hier helfen, die eingesetzte Regelenergie zu reduzieren und so weiter zur Optimierung der Versorgungssicherheit beitragen. Da der Einsatz von Regelenergie jedoch die «Symptom-» und nicht «Ursachen-Bekämpfung»

darstellt, es sich um verhältnismässig kleine Strommengen handelt und dieses Modell nur Anhaltspunkte hinsichtlich der Auswirkungen von KI gibt, wurden diese Betrachtungen nicht integriert (Abbildung 4-5).

4.4.4 Szenarien und Modellparameter

Wie in der Abbildung 4-5 ersichtlich, wurden neben dem Ausgangsjahr 2023[4] 3 Inputszenarien beigezogen, die sich in ihren quantitativen Annahmen unterscheiden: «2030», «2050 konservativ» und «2050 optimistisch».

Die Tabelle 4-4 führt die angenommenen Daten zu Stromproduktion und Stromnachfrage in diesen Jahren sowie die maximal durch das Übertragungsnetz versorgte Strommenge pro Jahr bei konventioneller Netzführung auf. Die Stromproduktion durch PV und Windkraft steigt um ein Vielfaches von 2023 bis 2050 an, die Wasserkraft bleibt im gleichen Zeitraum fast konstant und Kernenergie (Nuklear) geht nach aktuellen Annahmen auf null zurück bis 2050 [82] [83]. Die Stromnachfrage durch Haushalte bleibt konstant zwischen 2023 und 2050, Gewerbe erhöht sich im gleichen Zeitraum um ein Drittel und die Nachfrage durch die Industrie nimmt leicht ab [83]. Die maximal versorgte Strommenge bei konventioneller Netzführung bleibt zwischen 2023 und 2050 gemäss Annahme konstant, da in den Szenarien kein Netzausbau angenommen wird.

Tabelle 4-4: Szenarien des Schweizer Energiesystems

	Technologie/ Sektor	2023 (in TWh)	2030 (in TWh)	2050 (in TWh)	Quelle(n)
Stromproduktion	PV	3.9	8.7	33.6	[82], [83]
	Wind	0.2	0.6	4.3	[82], [83]
	Wasserkraft	40.8	40.4	38.9	[82], [83]
	Nuklear	23.3	8.8	0	[82], [83]
Stromnachfrage	Haushalt	19.2	19.2	19.2	[83]
	Gewerbe	22.2	22.2	29.7	[83]
	Industrie	15.6	15.6	13.6	[83]
Maximale Strommenge bei konventioneller Netzführung ohne Netzausbau	Übertragung	57.9	57.9	57.9	Vgl. [84]

[4] Das Jahr 2023 wurde als Ausgangspunkt gewählt, da für dieses Jahr tatsächliche Daten vorliegen, während die folgenden Jahre auf Schätzungen basieren.

Die anzunehmenden Prognoseabweichungen ohne KI sind in Tabelle 4-5 für die verschiedenen Zeithorizonte sowie je Stromproduktionstechnologie und Stromnachfragesektor aufgeführt. Für die Zeithorizonte 2030 und 2050 wurden jeweils Annahmen zur Verbesserung der Stromprognosefähigkeiten ohne KI vor dem Hintergrund vergleichbarer Entwicklungen in anderen Sektoren getroffen.

Bei der Stromproduktion wurde eine Prognosegüteverbesserung ohne KI um 20% von 2030 auf 2050 angenommen, da bereits durch bessere Datenqualität und weiterentwickelte traditionelle Modelle auch ohne KI deutliches Potential besteht. Bei der Stromnachfrage wird angenommen, dass sich die Prognosegüte ohne KI zunächst von 2023 auf 2030 in Haushalt und Gewerbe um ein Drittel verschlechtert, aufgrund des vermehrten Einsatzes von Elektromobilität, Wärmepumpen, und weiteren variablen Verbrauchern. In Richtung 2050 nähert sich die Prognosegüte wieder dem Niveau von 2023 an. In der Industrie kommt diese Überlegung nicht zum Tragen und traditionelle Modelle ohne KI können hier eine Verbesserung der Prognose um ein Drittel von 2030 auf 2050 erreichen.

Tabelle 4-5: Annahmen zu Prognoseabweichung ohne KI für Stromproduktion und -nachfrage

	Technologie/ Sektor	2023	2030	2050	Quelle(n)
Stromproduktion	PV	7%	7%	5%	Vgl. [85]
	Wind	8%	8%	6%	Vgl. [85]
	Wasserkraft	10%	10%	8%	Vgl. [86]
	Nuklear	0%	0%	0%	Annahme: Atomstrom wird für Grundlast genutzt und ist weitgehend prognoseunabhängig.
Stromnachfrage	Haushalt	18%	25%	20%	Vgl. [87]
	Gewerbe	14%[5]	18%	15%	Vgl. [87]
	Industrie	9%	9%	6%	Vgl. [88]

Tabelle 4-6 zeigt die angenommenen relativen Verbesserungen der Prognose durch KI. Für das Jahr 2050 werden dabei zwei Szenarien unterschieden, mit einer «konservativen» sowie einer «optimistischen» Schätzung der KI-Verbesserungen.

Für die Stromproduktion wurde die Prognoseverbesserung durch KI im Jahr 2030 mit 33% angenommen. Im konservativen Szenario 2050 findet anschliessend keine Verbesserung mehr statt, während im optimistischen Szenario 2050 eine Verbesserung von 70% angenommen wird, begründet durch ein bereits 2023 bestehendes Verbesserungspotential durch KI von 30% [89]. Bei der Stromnachfrage wurde angenommen, dass die Prognosegüteverbesserung durch KI in 2030 bei 22% und im optimistischen

[5] Annahme: Gewerbe ist weniger volatil als Haushalt, aber nicht so volatil wie Industrie, deshalb Annahme in der Mitte.

Szenario 2050 bei 50% liegt. Dies ist begründet durch ein bereits 2023 bestehendes Verbesserungspotential durch KI von 20% [87] [90].

Tabelle 4-6: Annahmen zur relativen Verbesserung der Prognoseabweichung durch KI für Stromproduktion und -nachfrage

	Technologie/ Sektor	2023	2030	2050 konservativ	2050 optimistisch	Quelle(n)
Stromproduktion	PV, Wind, Wasserkraft	30%	33%	33%	70%	Vgl. [89]
	Nuklear	0%	0%	0%	0%	Annahme: Atomstrom wird für Grundlast genutzt und ist weitgehend prognoseunabhängig.
Stromnachfrage	Haushalt, Gewerbe, Industrie	20%	22%	22%	50%	Vgl. [87] und vgl. [90]

Das Modell für das Übertragungsnetz ist, wie in Kapitel 4.4.3 beschrieben, nicht auf der Prognosegüte aufgebaut. Stattdessen wurde der Jahresdurchschnitt 2023 der vertikalen Netzlast 6608 MW [84] gebildet, um die maximale Strommenge einer konventionellen Netzführung zu berechnen (entspricht 57.9 TWh, siehe Tabelle 4-4). Sodann weist Tabelle 4-7 die Erhöhung der versorgten Strommenge durch eine dynamischere Netzführung in 2023 mit 14% in 84% der Zeit auf [81]. Die Erhöhung der Strommenge durch eine dynamische Netzführung ist in 2030 mit 16% und im optimistischen Szenario 2050 mit 35% in 84% der Zeit angenommen. Hierbei fällt auf, dass es einen einschränkenden Faktor für das Kapazitätsoptimierungspotential der dynamischen Netzführung gibt. Dies bedeutet, dass die Kapazitätserhöhung im Übertragungsnetz nur in 84% der Zeit eingesetzt werden kann [81].

Tabelle 4-7: Annahmen zur Kapazitätserhöhung durch dynamische Netzführung im Übertragungsnetz

2023	2030	2050 konservativ	2050 optimistisch	Quelle(n)
14%	16%	16%	35%	Vgl. [81]

4.4.5 Ergebnisse des Modells

Basierend auf den oben dargelegten Annahmen, lassen sich nun die Ergebnisse des Wirkungsmodells berechnen. Es werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Szenarien «2030» und «2050 optimistisch» im Detail erläutert, die Ergebnisse der anderen Szenarien sind der Tabelle 4-8 zu entnehmen.

Die Ergebnisse für das Szenario 2030 lassen sich wie folgt interpretieren. Durch den Einsatz von KI im Jahr 2030 kann die Prognosegüte voraussichtlich um 33% für die Produktion und um 22% für die Nachfrage verbessert werden. Daraus resultieren 1.5 TWh bzw. 2.3 TWh weniger Abweichung zum tatsächlich realisierten Wert für die Produktion bzw. die Nachfrage, wenn KI 2030 in die Prognose einbezogen wird. Im Übertragungsnetz können im Jahr 2030 mithilfe von KI potenziell 7.8 TWh mehr Strom fliessen. Das sind 13% mehr als ohne KI.

Das Ergebnis für das Szenario 2050 mit den optimistischen Annahmen zu KI ist wie folgt. Durch den Einsatz von KI im Jahr 2050 kann die Prognosegüte voraussichtlich um 70% für die Produktion und um 50% für die Nachfrage verbessert werden. Daraus resultieren 3.6 TWh bzw. 4.5 TWh weniger Abweichung für die Produktion bzw. die Nachfrage, wenn KI 2050 in die Prognose einbezogen wird. Im Übertragungsnetz können im Jahr 2050 mithilfe von KI potenziell 17 TWh mehr Strom fliessen. Das sind 29% mehr als ohne KI.

Tabelle 4-8: Prognoseverbesserung durch KI und Kapazitätserhöhung Übertragungsnetz

	Technologie/ Sektor	2023	2030	2050 konservativ	2050 optimistisch
Stromproduktion	PV	30%, 0.1TWh	33%, 0.2 TWh	33%, 0.6TWh	70%, 1.2TWh
	Wind	30%, 0.0TWh	33%, 0.0TWh	33%, 0.1TWh	70%, 0.2TWh
	Wasserkraft	30%, 1.2TWh	33%, 1.3TWh	33%, 1.0TWh	70%, 2.2TWh
	Nuklear	0%, 0.0TWh	0%, 0.0TWh	0%, 0.0TWh	0%, 0.0TWh
Stromnachfrage	Haushalt	20%, 0.7TWh	22%, 1.1TWh	22%, 0.8TWh	50%, 1.9TWh
	Gewerbe	20%, 0.6TWh	22%, 0.9TWh	22%, 1.0TWh	50%, 2.2TWh
	Industrie	20%, 0.3TWh	22%, 0.3TWh	22%, 0.2TWh	50%, 0.4TWh
Netz	Übertragung	12%, 6.8TWh	13%, 7.8TWh	13%, 7.8TWh	29%, 17.0TWh

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass das grösste Potential zur *relativen* Prognosegüteverbesserung durch KI im Bereich der Stromproduktion zu finden ist. Hingegen liegt das grösste Potential für KI mit Blick auf die *absolute* Prognoseabweichung im Bereich der Nachfrage. Im Netz ist ebenfalls ein sehr hohes absolutes Potential durch den Einbezug von KI in der dynamischen Netzführung vorhanden.

4.4.6 Limitationen und Weiterentwicklung des Modells

Ziel des zuvor beschriebenen Wirkungsmodells ist es, eine Intuition der Auswirkungen von KI auf die Versorgungssicherheit zu erlangen. Weitergehende, wissenschaftliche Ansätze existieren bisher nicht und Modellierungen zum Einfluss digitaler Technologien auf Energiesysteme bauen aktuell vor allem auf stark vereinfachten Modellen auf. Die gezeigten quantitativen Ergebnisse stellen lediglich einen ersten Orientierungsrahmen dar.

Eine abschliessende Bewertung aller Einflüsse der KI auf die Versorgungssicherheit braucht weitergehende und umfangreichere Arbeiten, welche im Rahmen der vorliegenden Analyse nicht möglich sind:

- **Schwerpunkte der KI-Nutzung in der Wertschöpfung**: In dem hier entwickelten Modellansatz gemäss Kapitel 4.4.3 wurde eine vollständige Nutzung von KI entlang der Energie-Wertschöpfung angenommen (Stromnachfrage, -produktion und -netze). Wie die Auswertung der Branchenumfrage in Kapitel 3.1 zeigt, ist die Nutzung von KI in der Wertschöpfungskette aber durchaus heterogen. Eine detaillierte Analyse sollte demzufolge mit verschiedenen Durchdringungsgradszenarien, diversen KI-Modellen mit unterschiedlichen Effizienzbeiträgen und auch höher aufgelöstem Nutzerverhalten (im Sinne von Zeitreihen) arbeiten.
- **Modellierung des Energiesystems:** Die Berechnungen anhand des Modellansatzes basieren auf aggregierten Szenarien der Stromproduktion, der Stromnachfrage und der Übertragung, ohne jedoch räumliche oder zeitliche Auflösungen der Inputparameter, Infrastruktur und ihre Kapazitäten sowie Umgebungseinflüsse (bspw. Wetter oder Tageszeit) mit zu berücksichtigen. Ziel einer umfassenderen Analyse sollte daher sein, diese Faktoren einzubeziehen. Eine Integration des Einflusses von KI in ein bestehendes Energiesystemmodell, beispielsweise in die Berechnung der Energieperspektiven oder insbesondere in die System Adequacy Studien des BFE könnten zu detaillierten Erkenntnissen führen insbesondere hinsichtlich der Auswirkungen von KI in der Stromnachfrage der Schweiz und in ihrer Versorgung.
- **Szenarienauswahl:** Die Unsicherheiten in den Annahmen des aktuellen Modellansatzes sind bisher nur durch ein Alternativ-Szenario abgebildet («konservativ» und «optimistisch»). In Adequacy Studien hingegen werden Unsicherheiten in der Entwicklung eines Systems über zahlreiche Modellszenarien abgebildet, zum Beispiel mit Hilfe von sogenannten Monte Carlo Simulationen [91]. Eine solche Modellierung kann so auch verschiedene Mischszenarien einbeziehen und Einblicke in Risiken liefern.
- **Berücksichtigung diverser Energieträger**: Die präsentierten Ergebnisse liefern ausschliesslich Schätzungen der Auswirkungen auf das Stromsystem der Schweiz. KI hat jedoch neben Strom auch Auswirkungen auf andere Energieträger und deren Bereitstellung, etwa Gas oder Wärme.

5 Rechtlicher Rahmen für die Nutzung von KI

KURZZUSAMMENFASSUNG

Weltweit kann ein starker Anstieg von Massnahmen zur Steuerung der KI-Entwicklungen beobachtet werden. Die Schweiz verfügt derzeit über keine nationale KI-Strategie. Auf Bundesebene wird jedoch mit der Strategie «Digitale Schweiz» die digitale Transformation des Landes angestrebt. Im Rahmen dieser Strategie wird aktuell ein Vorschlag für einen schweizerischen Ansatz zum Umgang mit KI erarbeitet. Im Rahmen dieser Arbeiten ist auch die vorliegende Studie angesiedelt, welche den Handlungsbedarf und mögliche Massnahmen im Energiesektor beleuchtet.

Derzeit gibt es in der Schweiz keine spezifischen Gesetze oder Vorschriften, die KI direkt regulieren. Stattdessen unterliegt der Einsatz von KI bestehenden Gesetzen, die überwiegend technologieneutral sind. Dies gilt auch für den Energiesektor. Bei der Anwendung von KI-Systemen sind insbesondere die Schweizer Energie- und Stromgesetzgebung und das Datenschutzgesetz (DSG) zu beachten.

Die Verordnung zur Regulierung Künstlicher Intelligenz der EU (EU AI Act) ist das erste umfassende Regelwerk zur Regulierung von KI und ist am 1. August 2024 – mit Übergangsfristen bis 2027 – in Kraft getreten. Der EU AI Act zielt darauf ab, einheitliche Regeln für die Entwicklung und Anwendung von KI in der EU zu schaffen, damit Risiken, die mit dem Einsatz von KI-Systemen verbunden sind, zu minimieren und gleichzeitig Innovationen zu fördern.

Auch wenn nicht damit zu rechnen ist, dass die Schweiz die KI-Regelungen der EU eins zu eins übernimmt und der EU AI Act für Schweizer Unternehmen nicht unmittelbar gilt, werden Schweizer Unternehmen, darunter auch Schweizer Energieversorger, betroffen sein.

Es scheint geboten, mittelfristig ähnliche bzw. kompatible Strukturen in der Schweiz aufzubauen, um eine Kompatibilität an den EU-Markt zu gewährleisten.

Der EU AI Act zeigt in seiner Ausgestaltung noch viele Unklarheiten, weshalb sich erst in den kommenden Jahren Klarheit einstellen wird, welche Anforderungen wie konkret umzusetzen sind. Erst wenn mehr Klarheit herrscht über die Praktikabilität und Umsetzbarkeit des EU AI Acts erscheint es geboten, ähnliche Regulierungen in der Schweiz zu etablieren.

5.1 Politische und gesetzgeberische Entwicklungen im Bereich KI

International – verschiedenartige Ansätze

Weltweit kann ein starker Anstieg von Massnahmen zur Steuerung der KI-Entwicklungen beobachtet werden. Der «AI Index» der Standford Universität [67] untersucht diesbezüglich jährlich verschiedene Indikatoren, darunter die Verabschiedung nationaler KI-Strategien. Die Analyse der nationalen KI-Strategien erlaubt einen Rückschluss darauf, wie Länder die Entwicklung und Regulierung von KI-Technologie angehen. Per Ende 2023 wurden insgesamt 75 nationale KI-Strategien veröffentlicht. Ein weiterer Indikator ist die Anzahl KI-bezogener Gesetzesvorlagen. Im Zeitraum 2016 bis 2023 wurden in den 128

durch die Stanford Universität untersuchten Ländern insgesamt 148 KI-bezogene Gesetze in 32 Ländern verabschiedet. Diese Daten zeigen eindrücklich, dass KI weltweit in zunehmenden Mass die Aufmerksamkeit von politischen Entscheidungsträgern auf sich zieht.

Die von den unterschiedlichen Ländern, Regionen (z.B. EU) und internationalen Organisationen (z.B. G7, UN, Europarat und OECD) gewählten Ansätze zur Regulierung von KI variieren erheblich. Es werden unterschiedliche Definitionen für KI und unterschiedliche regulative Ansätze sowie Vehikel verwendet, z.B. Gesetze, Verordnungen oder Erweiterungen bestehender regulatorischer Rahmenwerke. Zudem existiert eine breite Palette an konzeptionellen Ansätzen zur Regulierung von KI, wovon einige rechtlich bindend sind, andere nicht; einige sind sektorspezifisch, während andere horizontal also sektorübergreifend gestaltet wurden; einige werden von Regulierungsbehörden durchgesetzt während andere lediglich als Leitlinien oder Empfehlungen ihre Wirkung entfalten und ihre Durchsetzung nicht forciert wird.

Im Bereich KI führende Nationen wie die USA, UK, Japan oder Israel fokussieren auf eher kontextspezifische Massnahmen für KI, wie z.B. der amerikanische «Blueprint for an AI Bill of Rights» aus dem Jahr 2022 [92], welcher eine Leitlinie für Unternehmen und staatliche Institutionen darstellt, ethische Prinzipien im Umgang mit KI umzusetzen. Diese Leitlinie ist nicht bindend soll jedoch einen Leitwirkung entfalten. Internationale Organisationen wie die OECD, die UN und die G7 haben in Analogie dazu KI-Prinzipien veröffentlicht, die ebenfalls keine rechtlichen Verpflichtungen für Unternehmen nach sich ziehen, wie z.B. die Principles on Artificial Intelligence (2019) der OECD. Die EU hingegen verfolgt mit dem EU AI Act einen sektorübergreifenden/ horizontalen und rechtlich bindenden Regulierungsansatz.

Schweiz – Ratifizierung OECD Definition und Vorgaben bei Transparenz, Datenschutz, Nichtdiskriminierung und Aufsicht

Die Schweiz verfügt derzeit über keine nationale KI-Strategie. Auf Bundesebene wird jedoch mit der Strategie «Digitale Schweiz» [93] die digitale Transformation des Landes angestrebt. Im Rahmen dieser Strategie wird aktuell ein Vorschlag für einen schweizerischen Ansatz zum Umgang mit KI erarbeitet. Es werden dabei sieben Massnahmen im Zusammenhang mit KI verfolgt: (1) Monitoring KI-Leitlinien, (2) Erarbeitung eines Vorschlags für die Weiterentwicklung der bundesinternen Koordination von künstlicher Intelligenz in der Verwaltung, (3) KI-Auslegeordnung, (4) Analyse der Regulierungen anderer Länder, (5) Grundlegende rechtliche Analyse, (6) Analyse nach Sektoren, (7) Strategie für den Einsatz von KI-Systemen in der Bundesverwaltung.

Im Rahmen dieser Arbeiten ist auch die vorliegende Studie angesiedelt, welche den Handlungsbedarf und mögliche Massnahmen im Energiesektor beleuchtet. Darüber hinaus wurden verschiedene Massnahmen und Strukturen geschaffen, u.a. die 2020 veröffentlichten KI-Leitlinien für den Bund sowie die Schaffung des Kompetenznetzwerks für KI (CNAI) im Jahr 2022.

Derzeit gibt es in der Schweiz noch keine spezifischen Gesetze oder Vorschriften, die KI direkt regulieren. Stattdessen unterliegt der Einsatz von KI bestehenden Gesetzen, die überwiegend technologieneutral sind. Dies gilt auch für den Energiesektor, in dem es aktuell keine spezifischen Bestimmungen für den Einsatz oder über die Nutzung von KI gibt. Bei der Anwendung von KI-Systemen sind jedoch insbesondere die Schweizer Energie- und Stromgesetzgebung und das Datenschutzgesetz (DSG) zu beachten. Darüber hinaus gelten selbstverständlich die sonst anwendbaren Bestimmungen auch beim Einsatz von KI, u.a. das Urheberrecht (z.B., wenn KI Werke als Input verwendet) und das Lauterkeitsrecht (wenn KI-generierte Inhalte irreführend sein können).

Erst kürzlich hat der Bundesrat auf Basis einer umfassenden Analyse entschieden, einen ersten Regulierungsansatz für KI in der Schweiz zu verfolgen. Bis Ende 2026 soll eine Vernehmlassungsvorlage erstellt werden. Diese soll die KI-Konvention des Europarats umsetzen, indem sie die notwendigen gesetzlichen Massnahmen festlegt, namentlich in den Bereichen Transparenz, Datenschutz, Nichtdiskriminierung und Aufsicht. Zudem soll bis Ende 2026 ein Umsetzungsplan für die weiteren, nicht in Gesetzen festgeschriebenen Massnahmen erarbeitet werden. Dieser soll insbesondere auch die Vereinbarkeit des Schweizer Ansatzes mit jenen der wichtigsten Handelspartner berücksichtigen. Bundesinterne und -externe Anspruchsgruppen sollen in die Arbeiten einbezogen werden. Das Zusammenspiel aus rechtlich verbindlichen und unverbindlichen Massnahmen soll einerseits für einen sichereren Rechtsrahmen sorgen und andererseits der raschen Entwicklung und dem Potential der KI Rechnung tragen [94].

Schweiz - Energie- und Stromgesetzgebung. Innovationsbudget für Netzbetreiber und eine Regulatory Sandbox

Das Energiegesetz (EnG), die Energieverordnung (EnV), das Stromversorgungsgesetz (StromVG) und die Stromversorgungsverordnung (StromVV) bilden die Grundlage der Schweizer Energie- und Stromgesetzgebung. Darin sind die übergreifenden Ziele und Anforderungen an den Einsatz von Technologien definiert, welche auch für den Einsatz von KI implizit gelten. Vorgaben im Hinblick auf die Nutzung von KI bestehen indes keine spezifischen. Grundsätzlich jedoch stehen Versorgungssicherheit und Netzstabilität im Vordergrund und dürfen nicht gefährdet werden. Der Schutz kritischer Infrastrukturen, einschliesslich der Informations- und Kommunikationstechnologie, wird dabei ausdrücklich hervorgehoben.

Das EnG bietet durch die Förderung von Technologien zur Stabilität der Energieversorgung einen Ansatzpunkt für die Integration von KI in die Energieinfrastruktur (Art. 49 EnG). In der StromVV werden den Netzbetreibern Innovationsbudgets für innovative Massnahmen für intelligente Netze zugeschrieben (Art. 13b StromVV). Zudem sieht das StromVG seit 2023 als neues Instrument die Bewilligung von Pilotprojekten zur Entwicklung innovativer Technologien (Regulatory Sandbox) vor (Art. 23a StromVG).

Schweiz - Datenschutzgesetz (DSG)

Das revidierte DSG ist seit September 2023 in Kraft und der Eidgenössische Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragte (EDÖB) hat explizit darauf hingewiesen, dass es Anwendung auf KI-gestützte Datenbearbeitungen findet [95]. Damit ist es aktuell das wichtigste Regelwerk für den Einsatz von KI. Inwiefern die Vorgaben des DSG operationalisierbar und mit Bezug auf KI klar genug sind, ist derzeit nicht ersichtlich. Erfahrungen in der nächsten Zeit werden dies vielleicht zu Tage führen. Zu den zentralen Anforderungen des DSG zählen:

- Rechtmässigkeit und Transparenz: Jede Erhebung und Verarbeitung personenbezogener Daten muss auf einer gesetzlichen Grundlage oder der informierten Einwilligung der betroffenen Person basieren. Der Zweck, die Funktionsweise und die Datenquellen von KI-Systemen sind offenzulegen. Unternehmen müssen transparent über den Verarbeitungszweck informieren.
- Datenminimierung und Zweckbindung: Es dürfen nur die Daten erhoben werden, die für den spezifischen Zweck erforderlich sind. KI-Systeme sollten so ausgestaltet sein, dass sie mit möglichst wenig personenbezogenen Daten auskommen oder diese anonymisieren.
- Datensicherheit: Angemessene technische und organisatorische Massnahmen müssen implementiert werden, um die Daten vor unbefugtem Zugriff, Verlust oder Missbrauch zu schützen.

- Rechte der betroffenen Personen: Personen haben das Recht auf Auskunft über die Verarbeitung ihrer Daten sowie auf Berichtigung und Löschung, sofern keine gesetzlichen Aufbewahrungspflichten bestehen. Sie können menschliches Eingreifen bei automatisierten Einzelentscheiden verlangen und gegen solche Entscheidungen Widerspruch einlegen.
- Erweiterte Informationspflichten bei spezifischen KI-Anwendungen: Die Weiterverwendung von Daten zur Verbesserung selbstlernender Systeme oder für andere Zwecke muss offengelegt werden. Bei intelligenten Sprachmodellen oder Systemen, die direkt mit Benutzern interagieren, muss offengelegt werden, ob die Interaktion mit einer Maschine erfolgt. Anwendungen zur Gesichts- und Stimmveränderung sind explizit zu kennzeichnen, sofern sie sich aus strafrechtlicher Perspektive nicht ohnehin als unrechtmässig erweisen
- Data Protection by Design and by Default: Datenschutz muss bereits bei der Entwicklung von KI-Systemen berücksichtigt werden (Privacy by Design). Voreinstellungen sollten standardmässig datenschutzfreundlich sein (Privacy by Default).
- Meldung von Datenschutzverletzungen: Datenschutzverletzungen, die ein hohes Risiko für die Rechte und Freiheiten betroffener Personen darstellen, müssen unverzüglich der zuständigen Aufsichtsbehörde gemeldet werden.

Es gilt zu beachten, dass die Bestimmungen des DSG nur beim Einsatz von Personendaten greifen. Damit finden sie keine Anwendung, wenn KI andere Daten verwendet, was gerade bei kritischen Infrastrukturen der Fall sein kann [96].

Schweiz - Exkurs Finanzmarktaufsicht (FINMA)

Die FINMA spielt als unabhängige Finanzmarktaufsichtsbehörde der Schweiz eine entscheidende Rolle bei der Regulierung des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz (KI) im Schweizer Finanzsektor und bietet damit wertvolle Orientierung für andere regulierte Branchen, wie den Energiesektor.

Ähnlich wie im Energiesektor, kommen in der Schweizer Finanzindustrie KI-Anwendungen schon seit vielen Jahren zum Einsatz, z.B. in der Erkennung von Geldwäscherei und Betrug oder bei Anlageentscheidungen. Generative KI-Anwendungen werden ebenfalls z.B. über Werkzeuge wie ChatGPT oder eingebaut in spezifischen Applikationen verwendet.

Die FINMA hat sich bereits im November 2023 zu den Herausforderungen von KI geäussert und ihre Aufsichtserwartungen an Schweizer Finanzinstitute bezüglich des Einsatzes von KI in vier Leitsätzen konkretisiert [97]. Diese sind in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt:

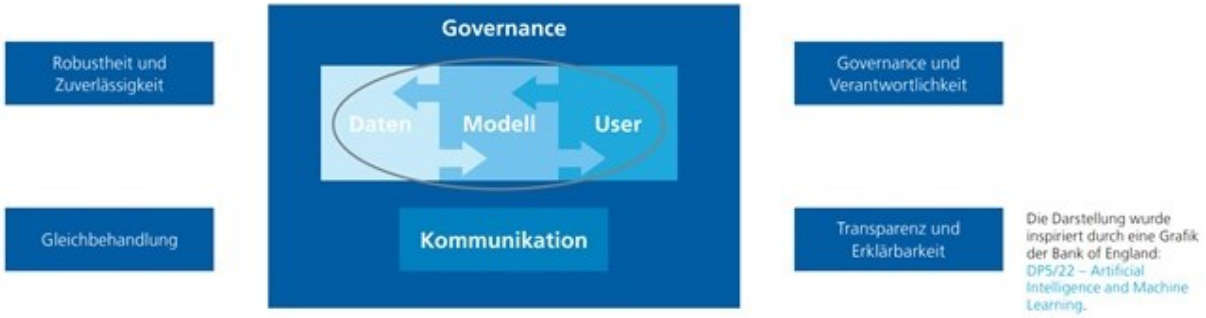


Abbildung 5-1: Aufsichtserwartungen der FINMA im Zusammenhang mit KI

Die vier Leitsätze sind wie folgt ausgestaltet:

- Es müssen klare Rollen und Verantwortlichkeiten sowie Risikomanagementprozesse definiert und implementiert werden. Die Verantwortung für Entscheidungen kann nicht an KI oder Drittparteien delegiert werden. Alle Beteiligten müssen über genügend Know-how im Bereich KI verfügen.
- Bei der Entwicklung, der Anpassung und in der Anwendung von KI ist sicherzustellen, dass die Ergebnisse hinreichend genau, robust und zuverlässig sind. Dabei sind sowohl die Daten als auch die Modelle und die Resultate kritisch zu hinterfragen.
- Die Erklärbarkeit der Resultate einer Anwendung sowie die Transparenz über deren Einsatz sind je nach Empfänger, Relevanz und Prozessintegration sicherzustellen.
- Nicht begründbare Ungleichbehandlung ist zu vermeiden.

Zusätzlich zur Kommunikation ihrer Aufsichtserwartungen prüft die FINMA, ob das Risikomanagement und die Governance für KI bei den Beaufsichtigten angemessen umgesetzt sind. In diesem Zusammenhang führt sie seit dem vierten Quartal 2023 Vor-Ort-Kontrollen und Aufsichtsgespräche bei Finanzinstituten durch.

5.2 Der EU AI Act - wegweisend auch für die Schweiz?

Die Verordnung zur Regulierung Künstlicher Intelligenz der EU (EU AI Act) ist das erste umfassende Regelwerk zur Regulierung von KI. Der EU AI Act ist am 1. August 2024 in Kraft getreten, wobei die Umsetzung der einzelnen Regelungen durch Übergangsfristen bis 2027 gestaffelt erfolgt und verschiedene Bestimmungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten wirksam werden. Während der gestaffelten Umsetzung gilt es noch viel zu erarbeiten, sodass sich sagen lässt, dass noch viele wichtige Details zur Umsetzung zum jetzigen Zeitpunkt unklar sind.

Der EU AI Act zielt darauf ab, einheitliche Regeln für die Entwicklung und Anwendung von KI in der EU zu schaffen. Ziel ist es, Risiken zu minimieren, die mit dem Einsatz von KI-Systemen verbunden sind, und gleichzeitig Innovationen zu fördern.

Auch wenn nicht damit zu rechnen ist, dass die Schweiz die KI-Regelungen der EU eins zu eins übernimmt und der EU AI Act für Schweizer Unternehmen nicht unmittelbar gilt, werden Schweizer Unternehmen, darunter auch Schweizer Energieversorger, betroffen sein. Dies ist der Fall, wenn

- sie in der EU KI-Systeme («Artificial Intelligence system») oder KI-Systeme mit allgemeinem Verwendungszweck («General Purpose AI system») in den Verkehr bringen oder in Betrieb nehmen unabhängig davon, wo der Geschäftssitz ist (Art. 2 Abs. 1a),
- die vom KI-System hervorgebrachten Ergebnisse in der EU verwendet werden (Art. 2 Abs. 1c),
- sie KI-Systeme in die EU einführen oder mit diesen handeln (Art. 2 Abs. 1d).

Eine Studie [98], welche die potentiellen Auswirkungen des EU AI Acts auf Akteure im Elektrizitätssektor (u.a. auch in der Schweiz) untersucht, kommt zum Schluss, dass ein Gewinnwachstum von 10% durch KI-Nutzung erforderlich ist, um die höchsten zusätzlichen Compliance-Kosten des EU AI Acts auszugleichen. Damit liegen laut der Studie die erforderlichen Rentabilitätssteigerungen weit unter den berichteten Effizienzsteigerungen von KI-Systemen im Energiesektor.

Risikobasierter Regulierungsansatz

Der EU AI Act verfolgt einen risikobasierten Ansatz und kategorisiert KI-Systeme nach ihrem Risikopotential in vier Hauptkategorien.

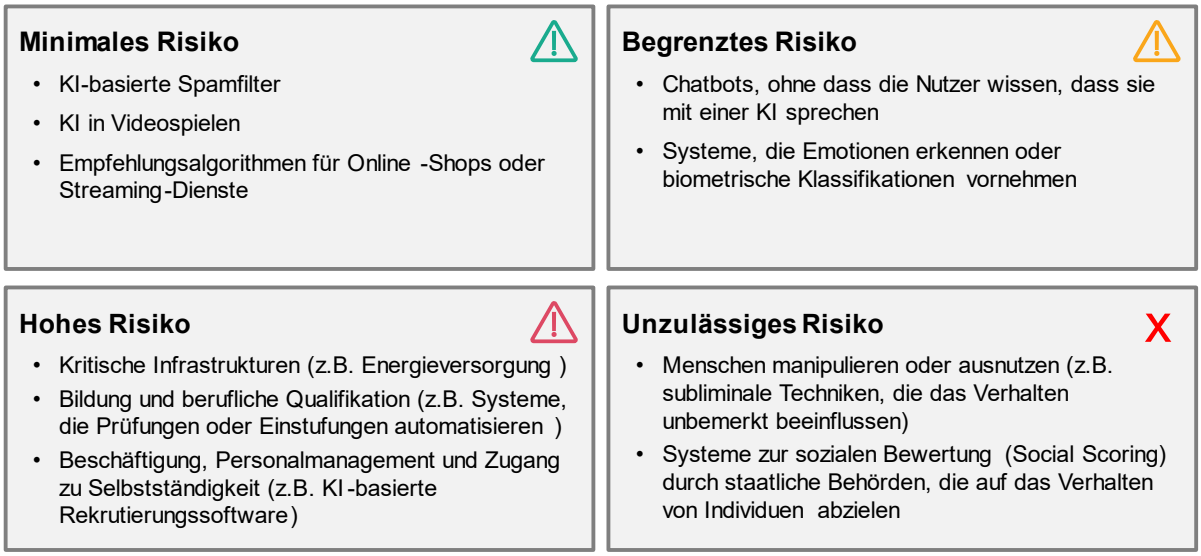


Abbildung 5-2: Risikoklassen des EU AI Acts

1. Unzulässige KI-Systeme

   Diese Systeme gelten als besonders gefährlich und verstossen gegen die EU-Werte, wie Menschenwürde, Freiheit, Gleichheit, Demokratie und das europäische Grundgesetz. Solche Systeme sind nicht zulässig und dürfen in der EU weder entwickelt noch genutzt werden. Dazu gehören KI-Systeme

   – die Menschen manipulieren oder ausnutzen (z.B. subliminale Techniken, die das Verhalten unbemerkt beeinflussen)

   – zur sozialen Bewertung (Social Scoring) durch staatliche Behörden, die auf das Verhalten von Individuen abzielen

   – zur biometrischen Fernidentifizierung im öffentlichen Raum durch Behörden zu Überwachungszwecken, sofern keine klar definierten Ausnahmen vorliegen

2. Hochrisiko-KI-Systeme

   Diese Systeme stellen ein erhebliches Risiko für Sicherheit, Gesundheit und Grundrechte dar und unterliegen daher den strengsten Vorschriften. Dazu gehören KI-Systeme, die in folgenden Bereichen eingesetzt werden:

   – Kritische Infrastrukturen (z.B. Militär, Energieversorgung)

   – Bildung und berufliche Qualifikation (z.B. Systeme, die Prüfungen oder Einstufungen automatisieren)

   – Beschäftigung, Personalmanagement und Zugang zu Selbstständigkeit (z.B. KI-basierte Rekrutierungssoftware)

   – Strafverfolgung (z.B. Gesichtserkennung durch Behörden)

- Justiz und demokratische Prozesse (z.B. KI zur Entscheidungsunterstützung in Gerichtsverfahren)

3. KI-Systeme mit begrenztem Risiko

   Diese Kategorie umfasst KI-Systeme, die ein moderates Risiko für Nutzer darstellen, bei denen jedoch keine gravierenden Auswirkungen auf Grundrechte oder die Sicherheit erwartet werden. Unternehmen müssen sicherstellen, dass die Nutzer informiert werden, wenn sie mit einem solchen KI-System interagieren. Zusätzlich müssen Hinweise auf mögliche Fehlinformationen gegeben werden, um die Nutzer vor Missverständnissen zu schützen. Dazu gehören beispielsweise:

   - Chatbots, die eine Konversation mit Nutzern führen können
   - Systeme, die Emotionen erkennen oder biometrische Klassifikationen vornehmen (ohne staatliche Nutzung)
   - KI-Anwendungen, die realistische Medieninhalte generieren oder modifizieren können, wie das Ändern von Gesichtern in Videos oder das Erzeugen synthetischer Stimmen (Deepfakes)

4. KI-Systeme mit minimalem Risiko

   Diese Kategorie beinhaltet KI-Systeme, die als risikoarm oder unproblematisch angesehen werden. KI-Systeme mit minimalem Risiko unterliegen kaum speziellen regulatorischen Anforderungen. Für diese Systeme werden freiwillige Verhaltenskodizes empfohlen, die Unternehmen unterstützen können, gute Praktiken im Umgang mit KI zu fördern. Dazu gehören beispielsweise:

   - KI-basierte Spamfilter
   - KI in Videospielen
   - Empfehlungsalgorithmen für Online-Shops oder Streaming-Dienste
   - Automatische Untertitel in Videos und Audiobeiträgen

Rollen, ihre Aufgaben und Verantwortungen

Der EU AI Act definiert verschiedene Rollen und Verantwortungen für Stakeholder innerhalb eines KI-Lifecycles. Jede Rolle hat bestimmte Pflichten unter der Regulierung. Folgende Rollen sind definiert.

Abbildung 5-3: Rollen im EU AI Act

1. KI-Anbieter (Provider): Entwickelt ein KI-System und bringt dieses auf den Markt.
2. KI-Betreiber (Deployer): Verwendet ein KI-System innerhalb der Organisation; wenn durch den Betreiber signifikante Modifikationen am KI-System, wie z.B. Änderungen am Kern-Algorithmus

oder Retraining auf neuen Daten, vorgenommen werden, kann eine Umklassifizierung in einen Anbieter erfolgen.

3. KI-Einführer (Importer): Bringt ein KI-System von ausserhalb der EU auf den Markt.
4. KI-Händler (Distributor): Macht ein KI-System auf dem Markt verfügbar

Die beiden wichtigsten Rollen, die eine Organisation unter dem EU AI Act separat oder zugleich haben kann, sind jene des Anbieters und des Betreibers. Anbieter und Betreiber von KI-Systemen sind sodann unterschiedlichen Transparenz-, Informations- und Notifizierungsregelungen unterworfen, je nachdem, wie das Risiko der KI-Systeme, die eingeführt oder betrieben werden, eingeschätzt wird.

Die Vorgaben für KI-Systeme mit hohem Risiko sind dabei wie folgt:

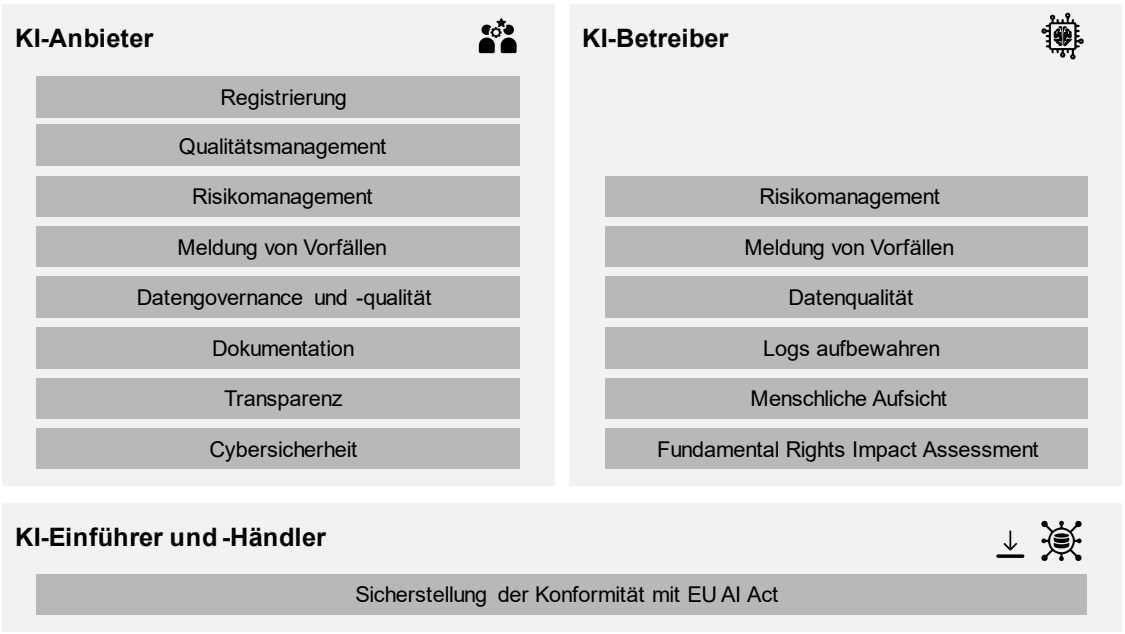


Abbildung 5-4: Vorgaben für KI-Systeme mit hohem Risiko im Überblick

- Registrierung: Anbieter müssen sich selbst und ihr KI-System in der EU-Datenbank registrieren lassen, bevor ihr System in der EU zum Einsatz kommen darf.
- Qualitätsmanagement: Anbieter müssen ein Qualitätsmanagementsystem implementieren und dokumentieren.
- Risikomanagement: Anbieter und Betreiber müssen ein umfassendes Risikomanagementsystem einrichten, d.h. insbesondere Risikobeurteilungen, die über den gesamten Lebenszyklus des KI-Systems wiederholt werden, mit entsprechenden Tests und Massnahmen, um die identifizierten Risiken zu kontrollieren.
- Meldung von Vorfällen: Vorfälle, die zu erheblichen Sicherheits- oder Grundrechtsproblemen führen, müssen von Anbietern und Betreibern den Behörden gemeldet werden.

- Datengovernance und -qualität: Anbieter müssen sicherstellen, dass die für das Training der KI verwendeten Daten von hoher Qualität sind und keine Diskriminierung verursachen. Wenn der Betreiber für die Datenqualität verantwortlich ist, muss dieser sicherstellen, dass diese gut genug ist.
- Dokumentation: Vom Anbieter muss eine detaillierte technische Dokumentation erstellt und nachgeführt werden, um die Konformität und Nachvollziehbarkeit sicherzustellen. Betreiber müssen Logdaten von KI-Systemen für 6 Monate sicher aufbewahren.
- Transparenz und menschliche Aufsicht: KI-Systeme müssen von Anbietern mit Nutzungsanweisungen geliefert werden und so ausgestaltet sein, dass seine Anwender es richtig handhaben, seinen Output verstehen und einschätzen können. Zudem sollten die Systeme jederzeit vom Menschen überwacht und kontrolliert werden können. Betreiber müssen eine menschliche Aufsicht bereitstellen.
- Cybersicherheit: Anbieter müssen KI-Systeme sicher gestalten.
- Fundamental Rights Impact Assessment (FRIA): Manche Betreiber müssen ein FRIA für ihre Hochrisiko-KI-Systeme durchführen, bevor sie ihr System in Betrieb nehmen dürfen.
- Konformitätspflicht: Vor der Markteinführung muss das System eine Konformitätsbewertung durchlaufen. Einführer und Händler müssen sicherstellen, dass diese durchgeführt wird.

Nationale Behörden und ihre Aufgaben

Die Mitgliedstaaten müssen ebenfalls verschiedene Aufgaben bei der nationalen Umsetzung des EU AI Acts erfüllen. Dazu gehören die Benennung mindestens einer notifizierenden Behörde und mindestens einer Marktaufsichtsbehörde als zuständige nationale Behörden. Die Notifizierungsbehörde ist für die Einrichtung und Durchführung des Verfahrens zur Bewertung, Benennung und Notifizierung von Konformitätsbewertungsstellen sowie für deren Überwachung zuständig. Konformitätsbewertungsstellen spielen eine zentrale Rolle im Rahmen des EU AI Acts, da sie die Konformität von Hochrisiko-KI-Systemen mit den Anforderungen der Verordnung bewerten. Die Marktüberwachungsbehörde soll die aus der Verordnung (EU) 2019/1020 über die Marktüberwachung und die Konformität von KI-Produkten bekannten Tätigkeiten durchführen und Massnahmen ergreifen (Artikel 3 Absatz 26). Diese Behörde baut somit auf dem bereits bestehenden und gut etablierten Konzept der Marktüberwachungsbehörden im EU-Recht auf und soll sicherstellen, dass nur KI-Produkte auf dem Unionsmarkt bereitgestellt werden, die dem EU-Recht entsprechen.

Schlussfolgerungen für die Schweiz und ihren Energiesektor

Der EU AI Act sieht zahlreiche Massnahmen im Bereich Governance und Risikomanagement, insbesondere für KI-Systeme mit hohem Risiko. In diese Kategorie fallen auch KI-Systeme, die in kritischen Infrastrukturen eingesetzt werden. Die Energieinfrastrukturen der Schweiz zählen zweifelsohne zu diesen kritischen Infrastrukturen. Entsprechend sind die Vorgaben des EU AI Acts aufgrund der extraterritorialen Wirkung teilweise auch für Schweizer EVUs relevant. Es scheint geboten, mittelfristig ähnliche bzw. kompatible Strukturen in der Schweiz aufzubauen, um eine Kompatibilität an den EU-Markt zu gewährleisten. Inwiefern dazu ein eigenes Gesetz notwendig sein könnte, ist noch zu eruieren. Allenfalls sind auch gewisse sektorielle Vorgaben, die die Systematik des EU AI Acts aufgreifen und in die Schweiz transponieren sinnvoll. Denn EU-Regelungen haben erhebliche Auswirkungen auf Schweizer Unternehmen. Zuletzt war dies bei der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) zu sehen, deren Einfluss schliesslich auch im neuen Schweizer DSG mündete. Der Umfang und ein sinnvoller Zeitpunkt für die allfällige Einführung von Vorgaben sind jedoch strategisch zu wählen. Der EU AI Act zeigt in seiner

Ausgestaltung noch viele Unklarheiten, weshalb sich erst in den kommenden Jahren Klarheit einstellen wird, welche Anforderungen wie konkret umzusetzen sind. Erst wenn mehr Klarheit herrscht über die Praktikabilität und Umsetzbarkeit des EU AI Acts erscheint es geboten, ähnliche Regulierungen in der Schweiz zu etablieren, denn der EU AI Act mag durchaus als bisher einzigartig und neu aufgefasst werden und dürfte zweifelsohne noch gewisse Nachbesserungen erfahren. Nichtsdestotrotz heisst das nicht, dass die Schweiz in der aktuellen Situation verharren sollte. Sie sollte vielmehr schon Kapazität, Strukturen und genügend Transparenz vorsehen, sodass bei einer allfälligen zunehmenden Übernahme der Strukturen aus dem EU AI Act die Kluft nicht zu gross ist.

6 Abgeleiteter Handlungsbedarf und -empfehlungen

Es werden entlang der Logik der Subsidiarität die folgenden Handlungsempfehlungen abgeleitet:

- Transparenz und Austausch:
  - Einführung eines Branchendialogs zur Identifikation und Beantwortung aktueller Fragestellungen unter Einbezug des BFE.
  - Fortführung und Weiterentwicklung der Umfrage zur KI-Maturität der Energieversorgungsunternehmen der Schweiz unter Schirmherrschaft von VSE und VSG.
- Entwicklung KI-Governance inkl. Monitoring:
  - Erarbeitung von Branchenrichtlinien für eine KI-Governance. Etablierung von KPIs bezüglich der KI-Maturität Schweizer EVUs und laufende Erfassung der KPIs.
  - Erarbeitung eines Branchenhandbuchs zur Detaillierung der in den Branchenrichtlinien enthaltenen Standards und Vorgaben. Dies umfasst bspw. Hilfestellungen zur Operationalisierung wie Checklisten, Schulungsmaterialien, Templates für Risikoanalysen oder Projektpläne.
  - Monitoring der Umsetzung der KI-Governance und KPI aus den Branchenrichtlinien in Form einer jährlichen Erhebung in der Energiebranche. Dabei erfolgt die Aufnahme der in der Schweiz genutzten KI-Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsstufe und die Einschätzung des Impacts auf die Versorgungssicherheit.
- Ausschöpfung Innovationspotentiale
  - Nutzung bestehender Spielräume zur weiteren Erprobung und Weiterentwicklung des Einsatzes von KI über die Wertschöpfungskette hinweg, z.B. auf Basis des Forschungsprogramms Netze oder den in der StromVV den Netzbetreibern zugeschriebenen Innovationsbudgets.
  - Monitoring durch den Regulator hinsichtlich der Durchführung von Projekten auf Basis Art. 13b StromVV (Innovationsbudgets) und Regulatory Sandbox gemäss Art. 23a StromVG, damit Erkenntnisse aus der Erprobung von KI breit in der Branche bekannt werden.
- Regulatorische Massnahmen
  - Laufende Prüfung, inwiefern regulatorische Anpassungen in StromVG und/oder StromVV vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Branchendialogs, der Ergebnisse der Arbeiten an den Branchenrichtlinien, des Monitorings und ggf. Erfahrungen aus der Sandbox notwendig sind.
  - Umsetzung der für die Schweiz relevanten Anforderungen des EU AI Acts, insbesondere Benennung der national zuständigen Behörden (notifizierende Behörde und Marktüberwachungsbehörde) sowie Mitteilung an die EU-Kommission inklusive Kontaktdaten.

Aus den vorherigen Kapiteln ergeben sich zahlreiche Schlussfolgerungen, aus denen nachfolgend der Handlungsbedarf abgeleitet und in konkrete Handlungsempfehlungen übertragen wird.

6.1 Bereiche mit Handlungsbedarf im Energiesektor

In der Schweiz greift insbesondere bei der Anwendung neuer Technologien das subsidiäre System, weshalb diese Logik auch im nachfolgenden Handlungsbedarf bzw. den Handlungsempfehlungen aufgegriffen wird.

In erster Linie werden Massnahmen empfohlen, welche direkt durch die Branche umgesetzt werden können, allenfalls durch Unterstützung und in Einbezug von BFE und Elcom. In zweiter Stufe wird zusätzlich ein Monitoring der Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen empfohlen, das ebenfalls subsidiär zunächst durch die Branche entwickelt werden soll. Dieser Ansatz bietet die Flexibilität und Agilität, die der dynamischen Entwicklung von KI in den nächsten Jahren am besten entsprechen kann. Erst nachgelagert und auf Basis der Erkenntnisse aus der Umsetzung der Massnahmen und des Monitorings sowie aus den Erfahrungen mit dem EU AI Act sollten regulatorische Vorgaben in Erwägung gezogen werden. Dieses Vorgehen entspricht auch gut dem Ansatz, den der Bundesrat aktuell gewählt hat. Es gilt zunächst Transparenz, Nichtdiskriminierung, Datenschutz und Aufsicht zu gewährleisten.

Handlungsbedarf wurde in den folgenden vier Bereichen identifiziert: (1) Transparenz und Austausch, (2) KI-Governance und Monitoring, (3) Ausschöpfung Innovationspotenziale und schliesslich (4) Regulatorische Massnahmen. Diese Themenbereiche werden nachfolgend beschrieben und die Herleitung des Handlungsbedarfs skizziert, ohne alle detaillierten Erkenntnisse der Studie zu wiederholen.

Der Handlungsbedarf leitet sich aus den Mitigationsmassnahmen für die KI-Risiken mit direktem Zusammenhang zur Versorgungssicherheit wie in Kapitel 4.2 aufgezeigt ab.

1. Transparenz und Austausch

Die vorliegende Studie verdeutlicht sowohl das Potenzial von KI zur Stärkung der Versorgungssicherheit als auch die mit ihrer Nutzung verbundenen Risiken. Die Befragung der Schweizer Unternehmen der Energiebranche hat gezeigt, dass der gesamte Sektor noch eher am Anfang steht, was den Einsatz von KI betrifft, sich aber bereits eine beachtliche Dynamik ausbildet. Insbesondere bei grösseren EVUs wird KI bereits in vielen Bereichen eingesetzt. Zudem ist die Nutzung von KI von zahlreichen Unternehmen geplant. Gleichzeitig kommt auf die Schweizer Energieunternehmen, die Tätigkeiten im europäischen Ausland ausüben, mit dem EU AI Act ein stärkerer und unumgänglicher Handlungsbedarf zu. Für Energieunternehmen, die nicht im europäischen Ausland aktiv sind, wird der Handlungsbedarf in Bezug auf KI-Governance und Risikoregulierung eher gering bleiben. Es ergibt sich als eine Diskrepanz.

In der Branchenumfrage wurde bei den wahrgenommenen Herausforderungen bereits an dritter Stelle «unzureichendes Wissen/ Expertise zu KI» und an vierter Stelle «unklare Vorschriften für KI-Nutzung» genannt. Daraus ergibt sich eine Chance für die Schweizer Energiewirtschaft und die Behörden. Ein branchenweiter Austausch zwischen den EVUs, die aufgrund ihrer europäisch gelagerten Tätigkeiten Erfahrungen mit dem EU AI Act und dem Umgang mit KI haben und den Unternehmen, die diese Erfahrungen nicht haben, ermöglicht, insbesondere wenn die Unternehmen nicht im direkten Wettbewerb stehen, die Hebung von Synergien und eine effiziente Wissensdiffusion. Der Austausch stellt sicher, dass bereits bestehende Lösungen bekannt sind, anstatt dieselben Probleme mehrfach zu lösen, was

äusserst kostenintensiv und volkswirtschaftlich ineffizient sein kann. Gerade für kleinere und mittlere Unternehmen, welche beim Einsatz von KI aktuell noch hinterherhinken, kann es hilfreich sein, vom Wissen über erfolgreiche Projekte, Herausforderungen und Lessons Learned anderer EVUs zu profitieren und basierend darauf gezielte Investitionen zu tätigen und Ressourcen auf die erfolgversprechendsten Initiativen zu konzentrieren. Ein kontinuierlicher Austausch hilft, Risiken frühzeitig zu erkennen und zu adressieren. Dieser Austausch könnte im Rahmen einer Arbeitsgruppe des VSE organisiert werden, dessen Ergebnis ein Leitfaden zu KI in der Stromversorgung sein könnte. Bei derartigen Arbeiten der Branche ist der Einbezug von Behörden insbesondere zu Themen der KI-Governance, des Risikomanagements und zu den aktuellen Anwendungsfällen sowie Erfahrungen wichtig.

Hinsichtlich Transparenz und zur Beobachtung der KI-Maturität sollte die in dieser Studie durchgeführte Umfrage weiterentwickelt und jährlich durch die Branchenverbände VSE und VSG durchgeführt werden. Ein KI-Index für den Energiesektor, abgeleitet aus einer derartigen Umfrage, könnte in Zukunft dabei helfen, die Maturität gezielt weiterzuentwickeln, was das Heben der Chancen in Bezug auf die Energieversorgung erhöht und die Risiken, die KI mit sich bringt, reduziert. Der auf dieser Basis erfolgende Austausch zwischen Unternehmen und Behörden kann dazu beitragen, dass sich die Unternehmen auf allfällige neue rechtliche Rahmenbedingungen vorbereiten oder den Bedarf für solche sogar anmelden können und deren Auswirkungen gemeinsam bewerten. Dies ist besonders relevant für neue Regelwerke wie den EU AI Act.

Ein solcher integraler und kooperativer, auf Freiwilligkeit fussender Ansatz zwischen Unternehmen und Behörden steigert die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Schweizer Branche, setzt jedoch voraus, dass die Akteure aktiv daran mitwirken. Wie in Kapitel 3.1 dargestellt, befürwortet eine klare Mehrheit der Unternehmen, die an der Branchenumfrage teilgenommen haben, einen verstärkten Branchendialog. Dabei sind keine signifikanten Unterschiede nach KI-Einsatz oder Grösse der Unternehmen bei diesem Wunsch zu erkennen. Dieses Ergebnis unterstreicht das Interesse der Branche am Austausch und kann als Indikator für die Bereitschaft der Unternehmen gewertet werden, sich proaktiv einzubringen. Ein Einbezug der Behörden, insbesondere von BFE und ElCom scheint dabei wichtig.

2. Entwicklung KI-Governance inkl. Monitoring

Die vorliegende Studie enthält Indikationen, dass die Entwicklung einer KI-Governance für Energieversorger einen Beitrag leisten kann, um die KI-Chancen auszuschöpfen sowie die KI-Risiken, insbesondere im Hinblick auf die Versorgungssicherheit, zu mitigieren. Dazu geiehören u.a. die folgenden Erkenntnisse:

Kapitel 2.2 skizziert, inwiefern KI spezifische Risiken mit sich bringt, die sich von denen herkömmlicher Technologien unterscheiden. Zudem werden in Kapitel 4 sowohl positive als auch negative Zusammenhänge zwischen KI und Versorgungssicherheit aufgezeigt.

In Kapitel 3.1 wurde im Rahmen der Branchenumfrage aufgezeigt, dass

- 25% der Schweizer Energieversorger heute KI einsetzen und 36% den Einsatz für die Zukunft planen. Zahlreiche Anwendungsfälle sind also bereits im Einsatz, gleichzeitig darf eine deutliche Zunahme des Einsatzes von KI erwartet werden.
- von Unternehmen, die KI bereits im Einsatz haben, 89% KI als ein strategisch wichtiges Thema ansehen. Knapp die Hälfte davon (43%) haben KI in der Strategie und in ihrer Governance verankert und 82% haben das Thema mindestens teilweise im Risikomanagement aufgenommen. Dies zeigt,

dass die Organisation und die Steuerung von KI in den Unternehmen, die diese stark nutzen, bereits eine gewisse Maturität und System aufweisen, dass jedoch hier auch noch weiteres Optimierungspotential besteht.

- sich 76% der Unternehmen für eine softe Regulierung des KI-Einsatzes über Branchen-Leitlinien zur Nutzung von KI aussprechen. Der Wunsch nach Vorgaben und Rahmenbedingungen ist jedoch abhängig von der KI-Maturität des Unternehmens: Bei Unternehmen mit geringer KI-Maturität ist ein stärkerer Wunsch nach Vorgaben zu erkennen (83% sprechen sich dafür aus). Eine KI-Governance könnte also insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen mehr Klarheit schaffen und einen betrieblichen Mehrwert bringen.

In Kapitel 4.2 wurden die KI-Risiken mit direktem Zusammenhang zur Versorgungssicherheit identifiziert und mögliche Mitigationsmassnahmen vorgestellt. Durch die Entwicklung eines Rahmenwerkes zur KI-Governance für Energieversorger werden diese Mitigationsmassnahmen adressiert. Es ist dann an den Unternehmen, das Rahmenwerk für sich selbst zu implementieren.

In Kapitel 5 wurde aufgezeigt, dass es in der Schweiz aktuell keine spezifischen Gesetze zur Regulierung von KI gibt, perspektivisch aber damit zu rechnen wäre. Der EU AI Act enthält diesbezüglich zahlreiche Vorgaben zu Governance und Risikomanagement, die aufgrund seiner extraterritorialen Wirkung teilweise auch für Schweizer EVUs relevant sind. Zudem ist es möglich, dass die Schweiz den EU AI Act in bestimmten Aspekten übernehmen wird. Daher sollten die Synergien, die sich über eine Wissensdiffusion ergeben, unbedingt gehoben werden. Gerade beim Aufbau und der Operationalisierung einer KI Governance, die konform einher geht mit dem EU AI Act, können gemachte Erfahrungen übernommen werden. Die Entwicklung einer eigenen KI-Governance in Energieunternehmen erscheint als pragmatischer Ansatz und kann als eine wertvolle Vorsorgemassnahme («no regret move») betrachtet werden.

Ein freiwilliges Monitoring der Umsetzung der KI-Governance durch die Branche oder perspektivisch und gegebenenfalls auf Basis einer gesetzlichen Grundlage durch Elcom kann einen Beitrag für eine stringente Umsetzung leisten. Es erhöht die Transparenz, verbessert das Wissen und Kapazitäten um KI und fördert die Entwicklung von KI-Governance und Wissensaustausch im Energiesektor, was wiederrum die Risiken für die Versorgungssicherheit laufend reduziert.

3. Ausschöpfung Innovationspotenziale und Regulatory Sandbox

Es gilt, die aufkommende Dynamik im Bereich KI im Sinne der in dieser Studie aufgezeigten Chancen zu unterstützen. Die Schweizer Energiegesetzgebung bietet Spielräume zur weiteren Erprobung und Weiterentwicklung des Einsatzes von KI. In der StromVV Art. 13b werden insbesondere den Netzbetreibern in den Netzkosten anrechenbare Innovationsbudgets zugeschrieben, die sie nutzen können und sollen, neue Technologien zu erproben und so Innovation im Netz stärker zu fördern. Sollten die gewählten Ansätze unter Umständen entgegen den Bestimmungen im regulierten Netzbereich stehen, so können gemäss Art. 23a StromVG insbesondere Netzbetreiber von der Regulatory Sandbox profitieren. Bisher besteht kein einheitliches Monitoring über die Massnahmen im Bereich der Innovationsbudgets, obwohl dies bei ihrer Einführung so vorgesehen war. Immerhin erhebt die Elcom schon heute, im Rahmen der Kostenrechnung, Aufwände der Netzbetreiber für solche Massnahmen. Die technisch-administrativen Grundlagen für ein solches Monitoring bestehen also bereits bei der Elcom. Gerade unter Ausnutzung dieser Budgets könnte KI in den Netzen vermehrt zum Einsatz gelangen und Netzbetreiber von den Erfahrungen ihrer Kollegen profitieren. Darüber hinaus gilt es die noch verbleibenden Förderprogramme beim Bund weiter zu nutzen und KI-Projekte hierüber unterstützen zu lassen, wie z.B. über

das Forschungsprogramm Netze. Der Wissenstransfer, der zumindest für das Forschungsprogramm Netze durch das BFE sichergestellt ist, ermöglicht der gesamten Branche zu profitieren und bildet einen guten Input für die Massnahmen gemäss Handlungsfeld (1) Transparenz und Austausch. Besonders in der Schweiz ist bei mindestens 600 Energieversorgungsunternehmen darauf zu achten, dass Synergien gehoben werden.

Die gezielte Ausschöpfung von Innovationspotentialen in diesem Bereich kann die Entwicklung der in Kapitel 2.1 skizzierten Lösungen beschleunigen und dazu beitragen, die Versorgungssicherheit auch in einem sich wandelnden Energiesystem zu gewährleisten und Effizienzpotentiale zu heben.

4. Regulatorische Massnahmen

Wie in Kapitel 5 aufgezeigt, sind auf Bundesebene Arbeiten hinsichtlich eines möglichen Ansatzes zur Regulierung von KI im Gange. Vor dem Hintergrund des EU AI Acts scheint es für den Moment sinnvoll, sich auf eine mittelfristige Umsetzung der zwingenden Anforderungen des EU AI Acts zu fokussieren und gleichzeitig weiteren möglichen regulatorischen Handlungsbedarf kontinuierlich zu prüfen. Insbesondere das kontinuierliche Monitoring der KI-Nutzung durch Behörden scheint ein Schritt zu sein, der für alle Beteiligten Nutzen ohne grosse Kosten generiert, vor allem sofern in den ersten Phasen die entsprechend hier vorgeschlagenen Massnahmen an die Hand genommen wurden. Basierend auf den Ergebnissen des Monitorings und auf den Erfahrungen aus dem europäischen Ausland können später allfällige weitere Massnahmen an die Hand genommen werden. Dabei könnte ein hybrider Regulierungsansatz sinnvoll sein: Einerseits eine sektorübergreifende, horizontale Regulierung für allgemeine Risiken und andererseits sektorspezifische Vorgaben, die auf konkrete Anwendungsfälle zugeschnitten sind. Auch hierzu kann ein kontinuierliches Monitoring beitragen.

6.2 Handlungsempfehlungen

Entlang der vier Handlungsbereiche wurden die in der nachfolgenden Tabelle beschriebenen Handlungsempfehlungen identifiziert:

Tabelle 6-1: Handlungsempfehlungen der vier Handlungsbereiche

Themenbereich	#	Handlungsempfehlung	Adressat	Timeline
Transparenz und Austausch	1	**Einführung eines Branchendialogs** zur Identifikation und Beantwortung aktueller Fragestellungen unter Einbezug des BFE. Mögliche Inhalte des Branchendialogs sind: • Best Practices für eine KI-Governance in Unternehmen • Aufnahme von KI in das Risikomanagement • Diskussion von KI-Anwendungsfällen, deren Nutzen und Risiken • Auswirkungen des EU AI Acts für die Schweizer Energiebranche, Identifikation Schweizer Besonderheiten, Diskussion von Unklarheiten und Erfahrungen • Entwicklung von KPIs zur Messung der KI-Maturität von Unternehmen	Branche/ EVU Einbezug BFE und ElCom	Ab 2025
	2	Fortführung und Weiterentwicklung der Umfrage zur KI-Maturität der EVUs der Schweiz unter Schirmherrschaft von VSE und VSG.	Branche/ VSE und VSG	Ab 2025

Entwickung KI-Governance inkl. Monitoring	3	Erarbeitung von **Branchenrichtlinien** für eine KI-Governance. Etablierung von KPIs bezüglich der Umsetzung Governance bei Schweizer EVUs und laufende Erfassung der KPIs.	Branche/ EVU Einbezug relevanter behördlicher Instanzen (z.B. BFE, ElCom), nach subsidiärem Prinzip	Ab 2025
	4	Erarbeitung eines **Branchenhandbuchs** zur Detaillierung der in den Branchenrichtlinien enthaltenen Standards und Vorgaben. Dies umfasst bspw. Hilfestellungen zur Operationalisierung wie **Checklisten, Schulungsmaterialien, Templates für Risikoanalysen oder Projektpläne**	Branche/ EVU Einbezug relevanter behördlicher Instanzen (z.B. BFE, ElCom), nach subsidiärem Prinzip	2026
	5	**Monitoring der Umsetzung** der KI-Governance und KPIs aus den Branchenrichtlinien in Form einer jährlichen Erhebung in der Energiebranche. Dabei erfolgt die Aufnahme der in der Schweiz genutzten KI-Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsstufe und die Einschätzung des Impacts auf die Versorgungssicherheit.	ElCom	2026 Erarbeitung 2027 Lancierung
Ausschöpfung Innovationspotenziale	6	**Nutzung bestehender Spielräume** zur weiteren **Erprobung und Weiterentwicklung des Einsatzes von KI** über die Wertschöpfungskette hinweg, z.B. auf Basis des Forschungsprogramms Netze oder den in der StromVV den Netzbetreibern zugeschriebenen Innovationsbudgets.	Branche/ EVU	Ab 2025
	7	**Monitoring durch den Regulator** hinsichtlich der Durchführung von Projekten auf Basis Art. 13b StromVV (Innovationsbudgets) und Regulatory Sandbox gemäss Art. 23a StromVG, damit Erkenntnisse aus der Erprobung von KI breit in der Branche bekannt werden.	ElCom	Ab 2026
Regulatorische Massnahmen	8	**Analyse und Umsetzung** der für die Schweiz relevanten **Anforderungen des EU AI Acts**, insbesondere Benennung der national zuständigen Behörden (notifizierende Behörde und Marktüberwachungsbehörde) sowie Mitteilung an die EU-Kommission inklusive Kontaktdaten	BFE, Elcom, Verwaltung/ Behörden	Ab 2025
	9	**Laufende Prüfung,** inwiefern **regulatorische Anpassungen** in StromVG und/oder StromVV vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Branchendialogs, der Ergebnisse der Arbeiten an den Branchenrichtlinien, des Monitorings und ggf. Erfahrungen aus der Sandbox notwendig sind.	BFE	Ab 2027

Diese Handlungsempfehlungen sind in der folgenden Abbildung auf dem Zeitstrahl dargestellt:

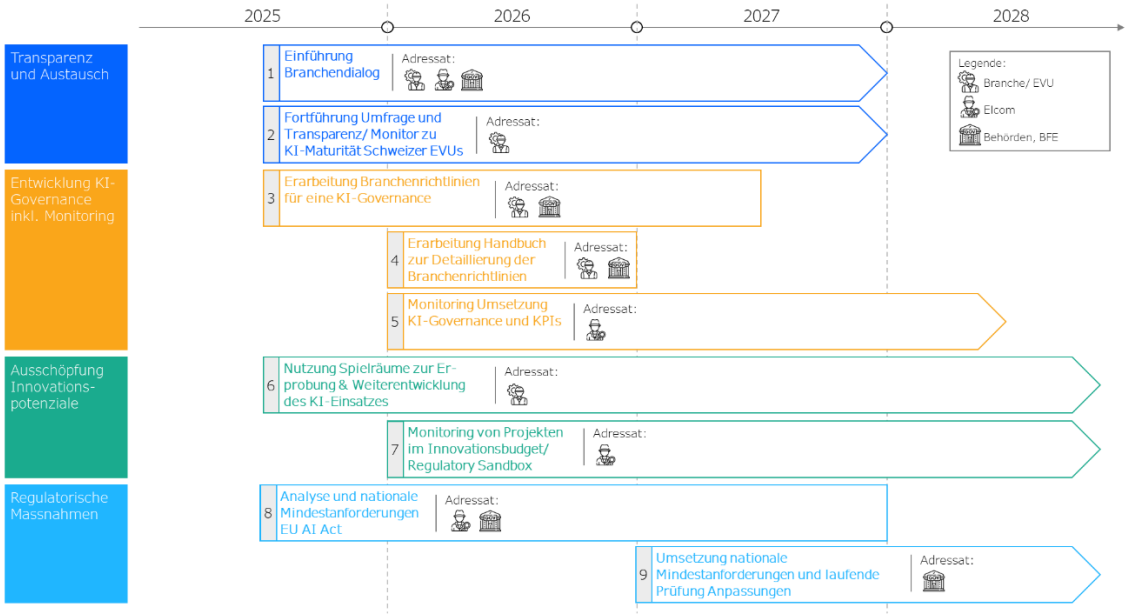


Abbildung 6-1: Zeitliche Einordnung der Handlungsempfehlungen

Literaturverzeichnis

[1] Bundesamt für Energie, „Stromversorgungssicherheit," [Online]. [Zugriff am 13 12 2024].

[2] OECD, „Explanatory memorandum on the updated OECD definition of an AI system," OECD Publishing, Paris, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1787/623da898-en. [Zugriff am 19 12 2024].

[3] Europäische Union, „EU AI Act," 13 June 2024. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689. [Zugriff am 13 12 2024].

[4] Bundesamt für Kommunikation BAKOM, „KI - Leitlinien," 12 Februar 2025. [Online]. Available: https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/digital-und-internet/strategie-digitale-schweiz/ki_leitlinien.html. [Zugriff am 18 Februar 2025].

[5] D. Rosenthal, „Der EU AI Act - Verordnung über künstliche Intelligenz," *Jusletter,* 5 August 2024.

[6] D. Vasella, „AI Act: FAQ," 22 September 2024. [Online]. Available: https://datenrecht.ch/faq_ai_act/. [Zugriff am 18 Dezember 2024].

[7] P. Villalobos, J. Sevilla, T. Besiroglu, L. Heim, A. Ho und M. Hobbhahn, „Machine Learning Model Sizes and the Parameter Gap," *arXiv,* 2022.

[8] Schweizer Parlament, „Postulat 23.3957," [Online]. Available: https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20233957. [Zugriff am 13 12 2024].

[9] Latitude Media, „Could AI solve renewable energy's price prediction problem?," 15 Oktober 2023. [Online]. Available: https://www.latitudemedia.com/news/explain-ai-energy-trade/. [Zugriff am 04 April 2025].

[10] B. Singh, C. Kaunert, S. Lal und G. Singh, „Readiness of artificial intelligence technology for managing energy demands from renewable sources," 2024.

[11] M. Hermann, „Artificial Intelligence: Accelerating Clean Energy Transformation," 2023.

[12] B. Ibrahim, L. Rabelo, E. Gutierrez-Franco und N. Clavijo-Buritica, „Machine Learning for Short-Term Load Forecasting in Smart Grids," 2022.

[13] „Künstliche Intelligenz für die Energiewirtschaft," BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2020.

[14] D. Mhlanga, „Artificial Intelligence and Machine Learning for Energy Consumption and Production in Emerging Markets," 2023.

[15] O. Chornovol, G. Kondratenko, I. Sidenko und Y. Kondratenko, „Intelligent Forecasting System for NPP's Energy Production," 2020.

[16] K. Silverstein, „How Will Artificial Intelligence Fit Into The Energy Sector?," 2023.

[17] Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE), „VSE-Roadmap," VSE, 2022.

[18] V. Rozite, J. Miller und S. Oh, „Why AI and energy are the new power couple," 2023.

[19] Z. Liu, Y. Sun, C. Xing, J. Liu, Y. He, Y. Zhou und G. Zhang, „Artificial intelligence powered large-scale renewable integrations in multi-energy systems for carbon neutrality transition: Challenges and future perspective," 2022.

[20] Y. Zhou, „Artificial intelligence in renewable systems for transformation towards intelligent buildings," 2022.

[21] A. R. Müller und L. Babilon, „Datenanalysen und künstliche Intelligenz im Stromverteilnetz," Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin, 2023.

[22] „Why artificial intelligence is a game-changer for renewable energy," EY, 24 11 2020. [Online]. Available: https://www.ey.com/en_vn/power-utilities/why-artificial-intelligence-is-a-game-changer-for-renewable-energy. [Zugriff am 22 08 2024].

[23] A. Catalina, C. M. Alaíz und J. R. Dorronsoro, „Combining Numerical Weather Predictions and Satellite Data for PV Energy Nowcasting," 2020.

[24] U. Javaid, R. M. Usman und A. Javaid, „Investigating the Energy Production through Sustainable Sources by Incorporating Multifarious Machine Learning Methodologies," 2023.

[25] „fdmgroup," 2024. [Online]. Available: https://www.fdmgroup.com/news-insights/ai-in-energy-sector/.

[26] A. Dreher, T. Bexten, T. Sieker, M. Lehna, J. Schütt, C. Scholz und M. Wirsum, „AI agents envisioning the future: Forecast-based operation of renewable energy storage systems using hydrogen with Deep Reinforcement Learning," *Energy Conversion and Management,* 2022.

[27] ElCom, „Algorithmischer Handel - Mitteilung," ElCom - Eidgenössische Elektrizitätskommission , Bern, 2020.

[28] W. Shin, J. Han und W. Rhee, „AI-assistance for predictive maintenance of renewable energy systems," 2021.

[29] Fluence, „Automated, AI-powered bidding for solar, wind, and energy storage," Fluence, 2023.

[30] K. Keitsch, N. Bornhöft, J. Becker und A. Wieland, „Algorithmic Trading - Der Einsatz von Handelsalgorithmen in der Energiewirtschaft," 2017.

[31] G. Vernova, „Dart Spread Advisor".

[32] „gridx.ai,“ [Online]. Available: https://www.gridx.ai/de. [Zugriff am 2024].

[33] US Department of Energy, „Improving Efficiency with Dynamic Line Ratings,“ Department of Energy, 2017.

[34] Splight, „AI Transforming Transmission Line Ratings in the Post-FERC Order 881 Era,“ Medium, 22 September 2023. [Online]. Available: https://medium.com/@splight-ai/ai-transforming-transmission-line-ratings-in-the-post-ferc-order-881-era-b8e9df77f883.

[35] United States Energy Association USEA, „USEA Virtual Press Briefing: The Power and the Challenges of AI Are Coming to Utilities,“ 2023. [Online]. Available: https://usea.org/event/usea-virtual-press-briefing-power-and-challenges-ai-are-coming-utilities?page=1.

[36] S. Stock, D. Babazadeh und C. Becker, „Applications of Artificial Intelligence in Distribution Power System Operation,“ *IEEE,* 2021.

[37] S. Chung und Y. Zhang, „Artificial Intelligence Applications in Electric Distribution Systems: Post-Pandemic Progress and Prospect,“ *Applied Sciences,* Nr. Reseach Progress on Cyber-Physical Distribution System, 2023.

[38] A. C. Das, M. Gomes, I. L. Patidar, G. Phalin, R. Sawhney und R. Thomas, „The next frontier of customer engagement: AI-enabled customer service,“ McKinsey & Company, 2023.

[39] K. Devi, „Generative AI for Customer Experience,“ 2023.

[40] M. Meuer, J. Middelhoff, J. Segorbe und K. Vollhardt, „The new way to engage with energy customers: Personalization at scale,“ McKinsey&Company, 2019.

[41] Medallia, „How AI Personalization Is Changing the Customer Experience,“ 22 March 2024. [Online]. Available: https://www.medallia.com/blog/how-ai-personalization-is-changing-the-customer-experience/.

[42] eon, „Regionale Strommärkte: Energieversorgung im Sinne des "Buy Local"-Gedankens,“ 2025. [Online]. Available: https://www.eon.com/de/innovation/zukunft-der-energie/leben-und-kommunen/regionale-strommaerkte-von-eon-energie-trifft-auf-buy-local.html.

[43] B. Sergiienko, „Generative AI in the Energy Industry and Utilities: Next-Gen Solutions for a Greener Future,“ 2024.

[44] Greenventory GmbH, „greenventory.de,“ [Online]. Available: https://greenventory.de/. [Zugriff am 22 10 2024].

[45] „exnaton,“ 2024. [Online]. Available: https://www.exnaton.com/.

[46] National Institute of Standards and Technology (NIST), „AI Risk Management Framework - Appendix B: How AI Risks Differ from Traditional Software Risks,“ [Online]. Available:

https://airc.nist.gov/airmf-resources/airmf/appendices/app-b-how-ai-risks-differ-from-traditional-software-risks/. [Zugriff am 18 Dezember 2024].

[47] Massachusetts Institute for Technology (MIT), „MIT AI Risk Repository," [Online]. Available: https://airisk.mit.edu/. [Zugriff am 18 Dezember 2024].

[48] D. Rosenthal, „Datenschutz und KI: Worauf in der Praxis zu achten ist," *Jusletter IT,* 22 April 2022.

[49] M. Christen, C. Mader, J. Cas, T. Abou-Chadi, A. Bernstein, N. Braun Binder, D. Dell'Aglio, L. Fabian, D. George, A. Gohdes, L. Hilty, M. Kneer, J. Krieger-Lamina, H. Licht, A. Scherer, C. Som, P. Sutter und F. Thouvenin, „Wenn Algorithmen für uns entscheiden: Chancen und Risiken der künstlichen Intelligenz," TA-SWISS Publikationsreihe, Zürich, 2020.

[50] P. Glass, „Datenschutzrecht für künstliche Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung - Eine Auslegeordnung am Beispiel des Kantons Zürich," Dike, 2023.

[51] B. Guembe, A. Azeta, S. Misra, V. C. Osamor, L. Fernandez-Sanz und V. & Pospelova, „The Emerging Threat of Ai-driven Cyber Attacks: A Review," 2022.

[52] L. Budach, M. Feuerpfeil, N. Ihde, A. Nathansen, N. Noack, H. Patzlaff, F. Naumann und H. Harmouch, „The Effects of Data Quality on Machine Learning Performance," 2022.

[53] L. Koessler und J. Schuett, „Risk assessment at AGI companies: A review of popular risk assessment techniques from other safety-critical industries," 2023.

[54] „Potential Benefits and Risks of Artificial Intelligence for Critical Energy Infrastructure," U.S. Department of Energy, 2024.

[55] Z. Arnold und H. Toner, „AI Accidents: An Emerging Threat, What Could Happen and What to Do," 2021.

[56] Y. M. S. e. a. Bengio, „International Scientific Report on the Safety of Advanced AI," UK Government, 2024.

[57] B. Cheatham, K. Javanmardian und H. Samandari, „Confronting the risks of artificial intelligence," 2019.

[58] D. Hendrycks, M. Mazeika und T. Woodside, „An Overview of Catastrophic AI Risks," *ArXiv,* 2023.

[59] M. S. André Steimers, „Sources of Risk of AI Systems," *Int J Environ Res Public Health,* 2022.

[60] E. Sherman und I. Eisenberg, „AI Risk Profiles: A Standards Proposal for Pre-deployment AI Risk Disclosures," *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence,* 2024.

[61] F. F.-H. Nah, R. Zheng, J. Cai, K. Siau und L. Chen, „Generative AI and ChatGPT: Applications, challenges, and AI-human collaboration," *Journal of Information Technology Case and Application Research,* pp. 277-304, 2023.

[62] D. Linthicum, „Does AI make us dependent on Big Tech?," InfoWorld, 14 Juni 2024. [Online]. Available: https://www.infoworld.com/article/2337616/does-ai-make-us-dependent-on-big-tech.html.

[63] S. Giziński, P. Kaczyńska, H. Ruczyński, E. Wiśnios, B. Pieliński, P. Biecek und J. Sienkiewicz, „Big Tech influence over AI research revisited: Memetic analysis of attribution of ideas to affiliation," *Journal of informetrics,* 2024.

[64] B. Macnamara, I. Berber, M. Çavuşoğlu und e. al., „Does using artificial intelligence assistance accelerate skill decay and hinder skill development without performers' awareness?," *Cognitive Research: Principles and Implications,* 2024.

[65] E. Yamamura und R. Hayashi, „AI, Ageing and Brain-Work Productivity: Technological Change in Professional Japanese Chess," *PLOS one,* 2022.

[66] International Energy Agency (IEA), „World Energy Outlook 2024," www.iea.org.

[67] Stanford Universität, „AI Index Report," [Online]. [Zugriff am 13 12 2024].

[68] A. d. Vries, „The growing energy footprint of artificial intelligence," *Joule,* Nr. 2191-2194, pp. 2191-2194, 18 October 2023.

[69] ElCom, „Tätigkeitsbericht der ElCom 2023," Eidgenössische Elektrizitätskommission ElCom, Bern, 2024.

[70] O. von Dzengelevski, M. Bickel, Q. Zhang und T. Netland, „The state of AI in the Swiss tech industry: Results from a survey by ETH Zurich in cooperation with Swissmem and Next Industries," ETH Zurich, 2024.

[71] O. Falck, A. Kerkhof und A. Wölfl, „Künstliche Intelligenz – wie Unternehmen sie nutzen und was sie noch daran hindert," *ifo Schnelldienst,* Bd. 77, 2024.

[72] OECD, „OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1)," OECD Publishing, 2024.

[73] National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, „Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)," U.S. Department of Commerce, https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1, 2023.

[74] H. Weigt, T. Demiray, C. Maurer, A. Fuchs und A. Darudi, „Modellierung der Erzeugungs- und Systemkapazität (System Adequacy) in der Schweiz im Bereich Strom 2022," Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2022.

[75] ElCom, „ElCom System Adequacy 2030, Studie zur Versorgungssicherheit der Schweiz im Jahr 2030," ElCom - Eidgenössische Elektrizitätskommission , 2020.

[76] ENTSO-E, „European Resource Adequacy Assessment 2023 Edition Annex 2: Methodology," ENTSO-E, 2023.

[77] D. Rolnick, P. L. Donti, L. H. Kaack, K. Kochanski, A. Lacoste, K. Sankaran, A. S. Ross, N. Milojevic-Dupont, N. Jaques, A. Waldman-Brown und A. S. Luccioni, „Tackling Climate Change with Machine Learning," Association for Computing Machinery, New York, 2022.

[78] F. Filippucci und e. al, „The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges," OECD Artificial Intelligence Papers, Paris, 2024.

[79] World Economic Forum in collaboration with BloombergNEF and Deutsche Energie-Agentur (dena), „Harnessing Artificial Intelligence to Accelerate the Energy Transition," 2021.

[80] Frauenhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, „Künstliche Intelligenz im Energiesektor," Kassel, 2023.

[81] IRENA, „Innovation landscape brief: Dynamic line rating," International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.

[82] Bundesamt für Energie, „Stromverbrauch 2023 um 1,7% gesunken," 18 04 2024. [Online]. Available: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/medienmitteilungen/mm-test.msg-id-100748.html. [Zugriff am 06 12 2024].

[83] Bundesamt für Energie BFE, „Energieperspektiven 2050+, Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse," Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2020.

[84] Swissgrid, „Netzlast," [Online]. Available: https://www.swissgrid.ch/de/home/operation/grid-data/load.html. [Zugriff am 18 12 2024].

[85] Meteomatics, „Energy Forecast," [Online]. Available: https://www.meteomatics.com/en/energy-forecasting/. [Zugriff am 06 12 2024].

[86] P. A. Verwiebe, S. Seim, S. Burges, L. Schulz und J. Müller-Kirchenbauer, „Modeling Energy Demand—A Systematic Literature Review," Bd. 14, Nr. 23, 2021.

[87] A. Kumar, A. Mital, J. Jain und S. Bandhakavi, „Power Trading Corporation of India uses Amazon Forecast for day-ahead and intraday electricity demand forecasting," Amazon Web Services, 2023.

[88] R. Porteiro, L. Hernández-Callejo und S. Nesmachnow, „Electricity demand forecasting in industrial and residential facilities using ensemble machine learning," 2019.

[89] EY, „Why artificial intelligence is a game changer for renewable energy," 30 November 2020. [Online]. Available: https://globaltaxnews.ey.com/news/2020-6498-why-artificial-intelligence-is-a-game-changer-for-renewable-energy.

[90] C. Liu, F. Li, C. Zhang, B. Sun und G. Zhang, „A day-ahead prediction method for high-resolution electricity consumption in residential units," ScienceDirect, 2023.

[91] ACER, „Methodology for the European resource adequacy assessment,“ ACER, 2020.

[92] The White House, „Blueprint For An AI Bill Of Rights - Making Automated Systems Work For The American People,“ October 2022. [Online]. Available: https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2022/10/Blueprint-for-an-AI-Bill-of-Rights.pdf. [Zugriff am 11 Dezember 2024].

[93] Schweizerische Bundeskanzlei, „Strategie Digitale Schweiz,“ [Online]. Available: https://digital.swiss/de/. [Zugriff am 16 Dezember 2024].

[94] Bundesamt für Kommunikation BAKOM, „Künstliche Intelligenz,“ 12 Februar 2025. [Online]. Available: https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/digital-und-internet/strategie-digitale-schweiz/ki_leitlinien.html. [Zugriff am 03 2025].

[95] Eidgenössischer Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragter (EDÖB), „Geltendes DSG ist auf KI anwendbar,“ [Online]. Available: https://www.edoeb.admin.ch/edoeb/de/home/kurzmeldungen/2023/20231109_ki_dsg.html#:~:text=09.11.2023%20%E2%80%93%20K%C3%BCnstliche%20Intelligenz%20(,gest%C3%BCtzte%20Datenbearbeitungen%20direkt%20anwendbar%20ist.. [Zugriff am 13 12 2024].

[96] F. Thouvenin, M. Christen, A. Bernstein, N. Braun Binder, T. Burri, K. Donnay, L. A. Jäger, M. Jaffé, M. Krauthammer, M. Lohmann, A. Mätzener, S. Mützel, L. Obrecht und N. Ritter, „Ein Rechtsrahmen für künstliche Intelligenz,“ University of Zürich, 2021.

[97] FINMA, „Künstliche Intelligenz: Die FINMA formuliert ihre Aufsichtserwartungen,“ [Online]. Available: https://www.finma.ch/de/dokumentation/dossier/dossier-fintech/kuenstliche-intelligenz/. [Zugriff am 13 12 2024].

[98] F. Heymann, K. Parginos, R. Bessa und M. Galus, „Operating AI systems in the electricity sector under European’s AI Act – Insights on compliance costs, profitability frontiers and extraterritorial effects,“ *Energy Reports,* Bd. 10, November 2023.

[99] DeepLearning.AI, „Right-Sizing Models for the Dataset,“ 2022. [Online]. Available: https://www.deeplearning.ai/the-batch/finding-the-best-data-to-parameter-ratio-for-nlp-models/.

Annex 1: Ergänzungen zur KI-Kategorisierung

Einfache KI-Modelle sind definiert durch eine geringe Anzahl von Parametern. Zur Orientierung kann als Schwellenwert etwa eine Million Parameter angenommen werden. Modelle mit deutlich weniger als einer Million Parametern können als einfach angesehen werden. Ihre eher simple Architektur erlaubt gute Performance mit einer geringen Anzahl von Parametern und Trainingsdaten. Dies gelingt jedoch nur bei spezifischen Anwendungsfällen.

Die einfachsten solcher Modelle sind beispielsweise lineare (oder logistische) Regression, Entscheidungsbäume oder einfache Clusterverfahren. Etwas komplexer hingegen sind zum Beispiel Boosting-Methoden oder Random Forests.

Vorteile	Nachteile
• Wenig Trainingsdaten nötig • Simple Hardware • Kostengünstig • Höhere Erklärbarkeit	• Limitierte Anwendungsfälle • Geringere Robustheit

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel einer solchen linearen Regression.

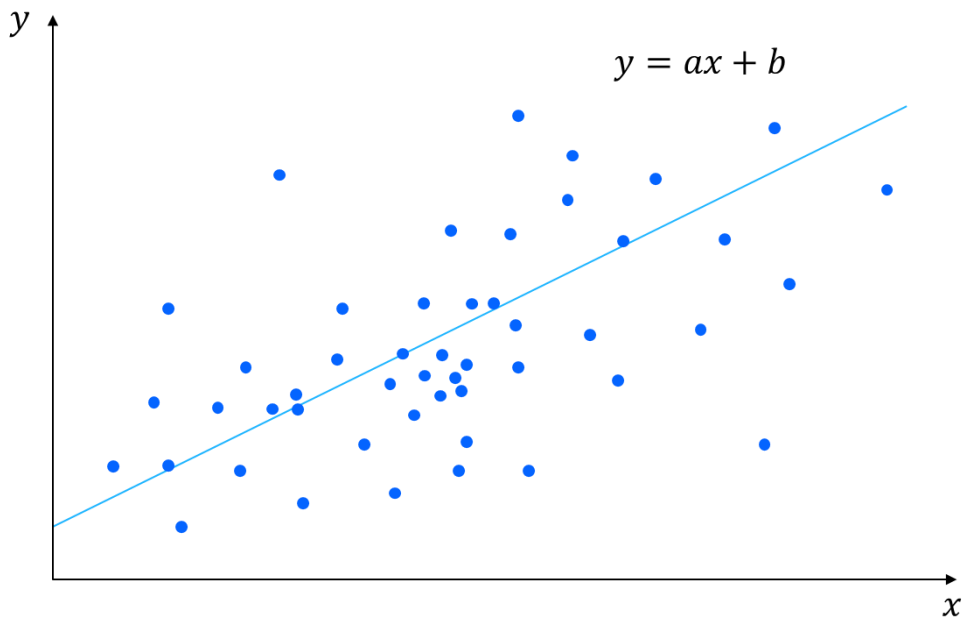


Abbildung A1 - 1: Beispiel einer linearen Regression. Es wird ein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen x und y angenommen. Der Algorithmus lernt aus den blauen Datenpunkten, um die Parameter a und b der linearen Regression zu bestimmen.

Fortgeschrittene KI-Modelle sind definiert durch eine hohe Anzahl von Parametern, typischerweise mehr als eine Million. Sie haben eine komplexere Architektur und benötigen viele Trainingsdaten, um die grosse Anzahl von Parametern zu optimieren.

Künstliche Neuronale Netze (KNNs) gehören zu den am weitesten verbreiteten dieser Modelle. Sie bestehen aus Schichten von Neuronen. Bei Modellen mit vielen solcher Schichten spricht man von tiefen neuronalen Netzen, oder auch von **Deep Learning**. Diese Modelle sind sehr gut im Erkennen von komplexen Mustern, die für das menschliche Gehirn nicht verständlich sind. Aus demselben Grund ist die Erklärbarkeit sehr gering. Auch wenn man eine Entscheidung eines neuronalen Netzes zurückverfolgt und analysiert welche Neuronen in welchem Ausmass aktiviert wurden, haben diese meistens keine greifbare Bedeutung, was eine Erklärung erschwert. Abbildung A1 - 2Abbildung A1 - 2: Beispiel eines tiefen neuronalen Netzes. Die Input Daten (orange) werden durch das Netz geleitet und produzieren am Ende den Output (blau). Die Werte der Schichten von Neuronen sind Vektoren a^n und sind gegeben durch die vorige Schicht a^{n-1}, die Gewichtsmatrix W^n, den Bias-Vektor b^n und die Aktivierungsfunktion σ (meistens die Sigmoid-Funktion). zeigt ein Beispiel eines solchen tiefen neuronalen Netzes.

Vorteile	Nachteile
• Viele Anwendungsfälle • Hohe Robustheit • Weiteres Entwicklungspotential, z.B. durch Forschung	• Viele Trainingsdaten nötig • Kostenintensiv • Geringe Erklärbarkeit

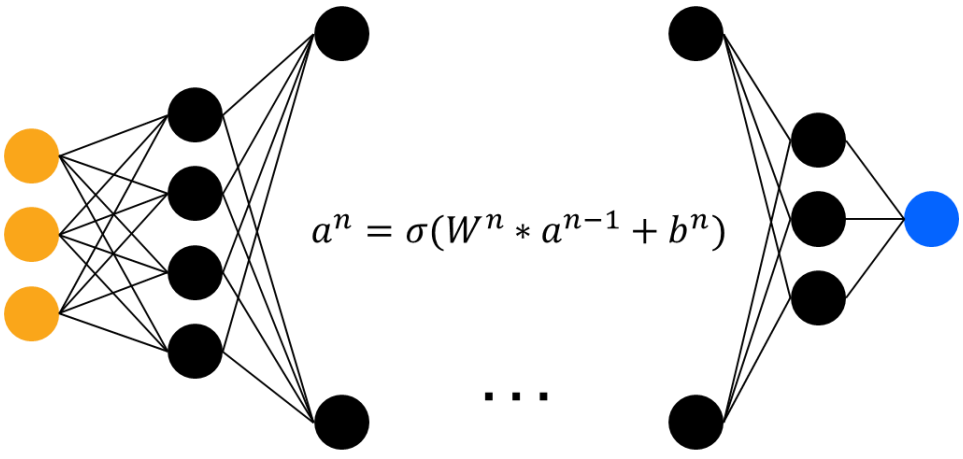


Abbildung A1 - 2: Beispiel eines tiefen neuronalen Netzes. Die Input Daten (orange) werden durch das Netz geleitet und produzieren am Ende den Output (blau). Die Werte der Schichten von Neuronen sind Vektoren a^n und sind

gegeben durch die vorige Schicht a^{n-1}, die Gewichtsmatrix W^n, den Bias-Vektor b^n und die Aktivierungsfunktion σ (meistens die Sigmoid-Funktion).

Generative KI umfasst Modelle, die in der Lage sind, neue Daten zu erzeugen, beispielsweise Text, Bild oder Audio. Solche Modelle haben meistens eine sehr hohe Anzahl an Parametern, müssen jedoch in vielen Aspekten separat von nicht-generativen komplexen Modellen betrachtet werden.

Insbesondere grosse Sprachmodelle, auch **Large Language Models** (**LLMs)**[6] genannt, haben in den letzten Jahren die Parametergrenzen gesprengt. Vor 2020 waren keine Modelle mit über 10 Milliarden Parametern bekannt. Top-Notch Modelle wie GPT-4 von OpenAI haben mittlerweile Billionen von Parametern. Auch kleinere generative Modelle brauchen mehrere Milliarden Parameter, um sinnvolle Ergebnisse zu liefern. [7] [99]

LLMs, wie auch GPT-4, basieren meistens auf Transformer-Algorithmen, welche eine spezielle Art von neuronalem Netz sind.

[6] Large Language Models definieren die Schnittstelle zwischen maschinellem Lernen und NLP (Natural Language Processing).

Annex 2: Umfrageergebnisse – KI-Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsstufe

Ergänzend zu den in Kapitel 3.1.6 in Tabellen kumuliert dargestellten KI-Anwendungsfällen, werden hier die Auswertungen pro KI-Anwendungsfall dargestellt.

Die folgenden Abbildungen stellen jeweils die in der Umfrage abgefragten KI-Anwendungsfälle pro Wertschöpfungsstufe dar. Diese sind unterteilt nach den drei Antwortmöglichkeiten: KI-Anwendungsfall «heute im Einsatz», «Einsatz geplant», «Einsatz nicht geplant». Alle Abbildungen sind auf die Gesamtzahl der auswertbaren Antworten skaliert. Dadurch entsteht (unabhängig von der Anzahl der Antworten) ein vergleichbares Bild.

Eine Abbildung zur Wertschöpfungsstufe «Übertragung» fehlt aus datenschutzrechtlichen Aspekten, da die Grundgesamtheit zu klein ist und somit Rückschlüsse möglich wären.

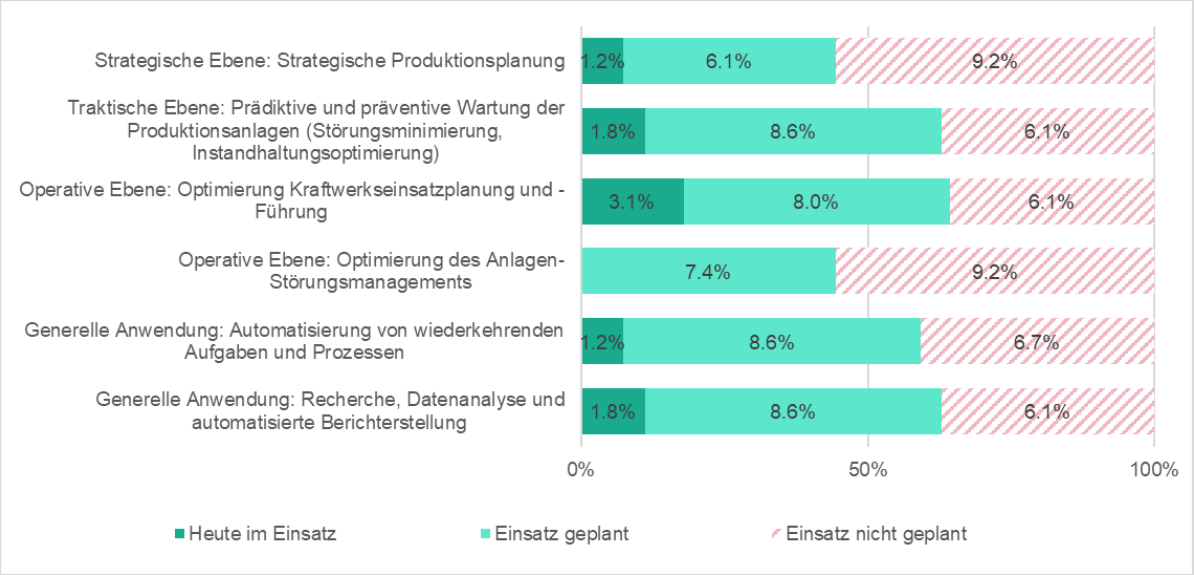


Abbildung A2 - 1: KI-Anwendungsfälle in der Erzeugung nach Einsatz. n=24

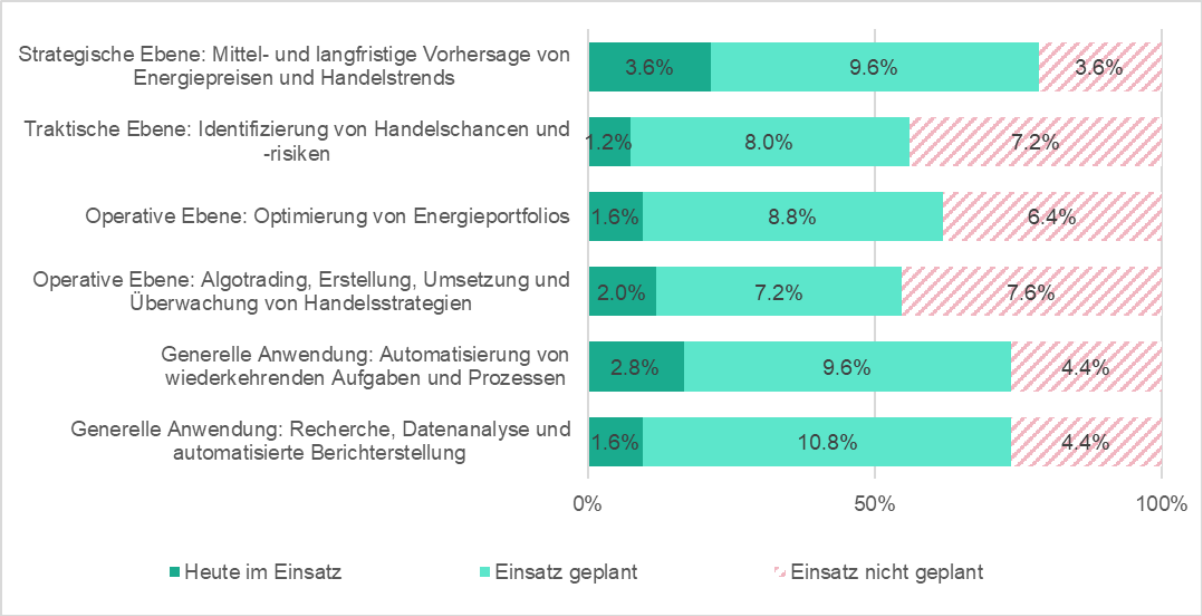


Abbildung A2 - 2: KI-Anwendungsfälle in Beschaffung/ Handel nach Einsatz. n=40

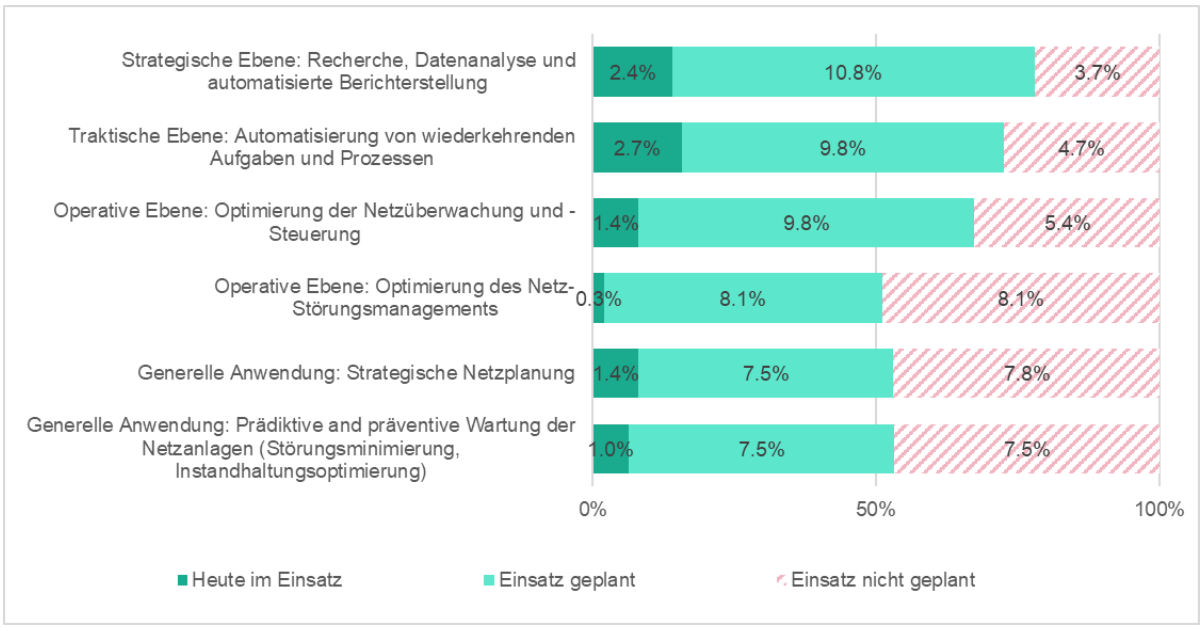


Abbildung A2 - 3: KI-Anwendungsfälle in der Verteilung nach Einsatz. n=47

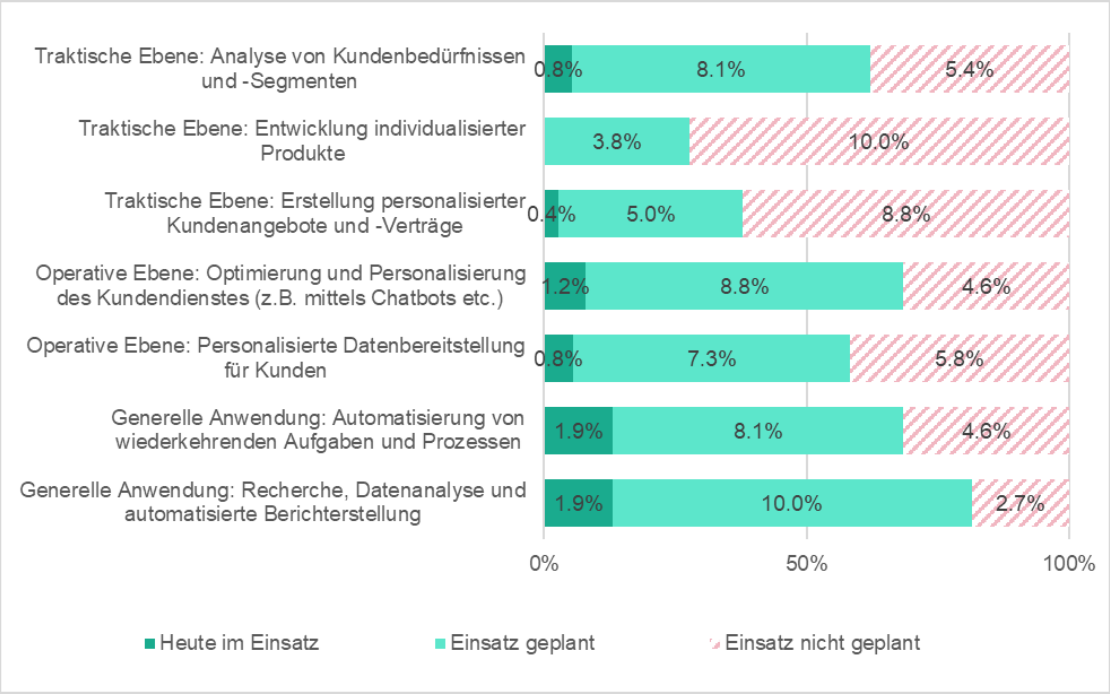


Abbildung A2 - 4: KI-Anwendungsfälle im Vertrieb nach Einsatz. n=37

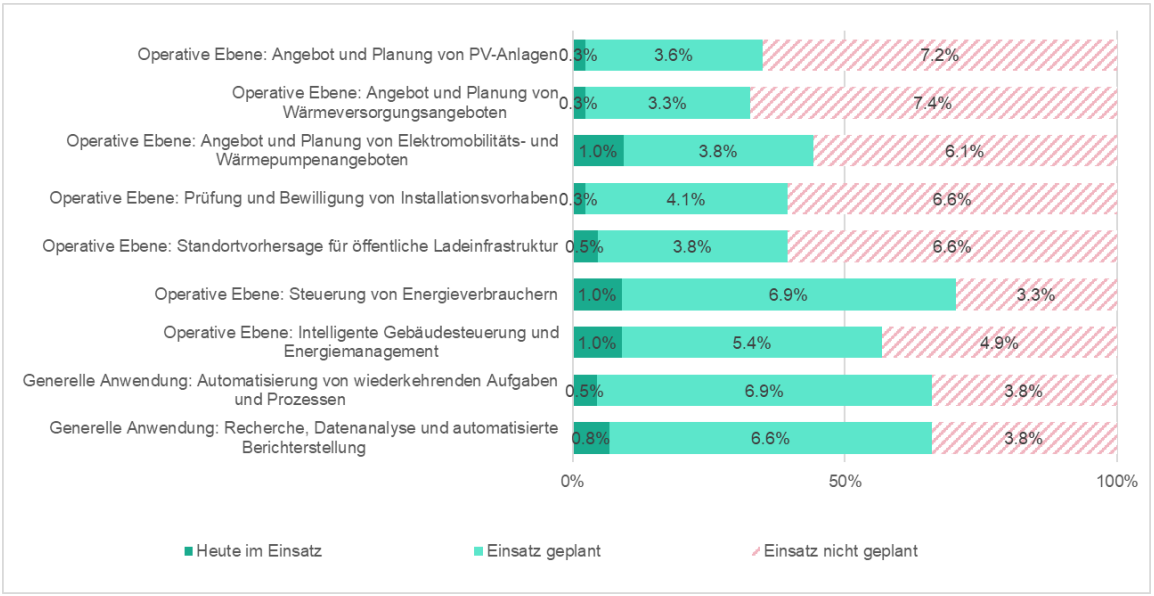


Abbildung A2 - 5: KI-Anwendungsfälle in der Energiedienstleistung nach Einsatz. n=40

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

in Kooperation mit

eraneos