

# **Digitalisierung im Rahmen der Energiewende am Wirtschaftsstandort Österreich**

November 2021

## **IMPRESSUM**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort

Stubenring 1, 1010 Wien

Dieser Report wurde mit analytischer und technischer Unterstützung von McKinsey & Company erstellt.

Wien, 2022. Stand: November 2021

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMDW und der Autoren ausgeschlossen ist. Rechtsausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autoren dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an [renate.spring@bmdw.gv.at](mailto:renate.spring@bmdw.gv.at).

# **Digitalisierung im Rahmen der Energiewende am Wirtschaftsstandort Österreich**

BMDW

November 2021

## **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort  
Stubenring 1, 1010 Wien

Dieser Report wurde mit analytischer und technischer Unterstützung  
von McKinsey & Company erstellt.

Druck: BMDW

Wien, 2022. Stand: November 2021

### Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle  
sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des  
Medieninhabers unzulässig. Es wird darauf verwiesen, dass alle  
Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne  
Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMDW und der Autoren  
ausgeschlossen ist. Rechtsausführungen stellen die unverbindliche  
Meinung der Autoren dar und können der Rechtsprechung der  
unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation  
übermitteln Sie bitte an [renate.spring@bmdw.gv.at](mailto:renate.spring@bmdw.gv.at).

# Inhalt

<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>3</b>
<b>Summary.....</b>	<b>4</b>
<b>Ausgangslage.....</b>	<b>5</b>
<b>Dekarbonisierung, steigender Strombedarf und Versorgungslücke.....</b>	<b>8</b>
<b>Optionen zur Schließung der Versorgungslücke.....</b>	<b>18</b>
<b>Chancen und Risiken der Dekarbonisierung .....</b>	<b>26</b>
<b>Handlungsoptionen zur Unterstützung der Dekarbonisierungsstrategie .</b>	<b>29</b>
<b>Referenzen.....</b>	<b>38</b>

# Zusammenfassung

*Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der im Rahmen des Pariser Abkommens vereinbarten Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius hat sich Österreich vorgenommen, bis 2040 klimaneutral zu werden. Das setzt in vielen Sektoren eine weitgehende Elektrifizierung voraus und erfordert technologische Innovationen.*

*2018 wurden in Österreich circa 74 TWh Strom verbraucht, davon 54 TWh erneuerbare Energien. Auf dem hier beschriebenen Dekarbonisierungspfad steigt die Nachfrage in den nächsten beiden Jahrzehnten voraussichtlich etwa auf das Doppelte. Allein der Energiebedarf für die H<sub>2</sub>-Elektrolyse in Österreich macht dann 20 bis 40 TWh aus. Durch den gleichzeitigen geplanten Stopp der fossilen Stromerzeugung entsteht in dem beschriebenen Szenario 2040 bei Umsetzung des aktuell geplanten Ausbaus erneuerbarer Energien eine Versorgungslücke von etwa 50 bis 110 TWh. Selbst bei vollem Ausbau des technisch-wirtschaftlichen Potentials erneuerbarer Energien verbleibt eine mögliche Versorgungslücke von bis zu 80 TWh Grünstrom – unter der Annahme, dass die Erzeugung von Wasserstoff weitgehend in Österreich erfolgen würde.*

*Um diese Lücke bestmöglich zu schließen ist eine weitgehende Digitalisierung von Energiesystem und Industrieprozessen nötig. Nur dadurch ist es möglich, die grüne Energieversorgung lückenlos nachzuweisen, das Flächenpotential erneuerbarer Energien voll auszunutzen und verbleibende graue Technologien während der Übergangszeit mit maximaler Effizienz zu betreiben. Langfristig kann nur die Digitalisierung das Energiesystem so aufrüsten, dass eine wirtschaftliche, klimaneutrale Gesamtversorgung sichergestellt ist.*

*Jedoch kann auch in optimistischen Szenarien die heimisch produzierte Energie mit hoher Wahrscheinlichkeit den zukünftigen Bedarf nicht vollständig decken. Deshalb ist es für den Industriestandort Österreich von hoher Bedeutung, zukünftig nötige Energieimporte zeitnah abzusichern. Neben grünem Strom spielt hier bis 2040 insbesondere der Zugang zu kostengünstigem grünem oder blauem Wasserstoff eine Rolle.*

*Dieser Report beschreibt einen möglichen Pfad zur Dekarbonisierung inklusive der resultierenden Energienachfrage und der Rolle der Digitalisierung. Erstellt wurde er mit analytischer und technischer Unterstützung von McKinsey & Company. Er beschreibt die Chancen und Risiken der Energiewende für den Wirtschaftsstandort Österreich. Systematisch leitet der Report zu einen Maßnahmen zur Vorbeugung einer potenziellen Versorgungslücke ab und zeigt zum anderen die Bereiche auf, in denen Digitalisierung ein wesentlicher Hebel zur Verbesserung ist. Der Report liefert einen objektiven und faktenbasierten Beitrag, um das Ziel der Klimaneutralität in Österreich bis 2040 zu erreichen.*

# Summary

*Recognizing climate change and agreement under the Paris Accord to limit global warming to significantly less than 2 degrees Celsius, the government of Austria has pledged to make the country climate-neutral by 2040. Successfully doing so will depend on extensive electrification in many sectors and require increased technological innovation.*

*In 2018, Austria's power consumption totaled approximately 74 TWh, of which 54 TWh came from renewable sources. If the country follows the decarbonization path described in this report, electricity demand will likely double over the next two decades. Just H2 electrolysis alone will require 20 to 40 TWh. And even if currently planned options for expansion to renewable energies are realized, the coming phase-out of fossil fuel-based generation will leave a supply gap of around 50 to 110 TWh – assuming that hydrogen production takes place mostly in Austria.*

*Closing this gap as much as possible will require extensive digitization of energy systems and industry processes. In fact, digitization is the only way to verify end-to-end green production, to maximize the potential of renewable energy generation, and to ensure that remaining gray technologies can be operated with maximum efficiency during the transitional phase. In the long term, digitization is the sole option for ensuring an overall energy supply that is both green and economically viable.*

*Yet, even under optimistic scenarios, it is highly unlikely that domestic energy production will be sufficient enough to fully satisfy future demand. For this reason, securing imported energy now to cover future energy needs will be crucial to maintaining Austria's status as a home for industry. Beyond green power, access to low-cost green or blue hydrogen will play an important role in this context.*

*This report describes a possible path to decarbonization, including the resulting energy demand and the role of digitization. Created with analytical and technical support from McKinsey & Company, it outlines the opportunities and risks of the energy transition for Austria as a business location. It also systematically derives measures for preventing a potential energy supply gap and highlights the areas in which digitization will serve as an essential lever for improvement. The report contributes objective, fact-based insights in pursuing the goal of climate neutrality in Austria by 2040.*

# Ausgangslage

Hitzerekorde in der Arktis, historische Dürren im Westen der USA, Flutkatastrophen in Deutschland: Klimaschutz gehört zu den großen Zukunftsthemen und Herausforderungen in diesem Jahrhundert. Doch wie lassen sich der Treibhauseffekt und die globale Erwärmung der Erde aufhalten? Auf der Suche nach einer Antwort auf diese Frage sind in den vergangenen Jahren zahlreiche länderübergreifende Abkommen geschlossen worden. Eines der wichtigsten ist das Pariser Abkommen, in dem sich alle Unterzeichnenden dazu verpflichtet haben, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius – wenn möglich auf unter 1,5 Grad Celsius – zu begrenzen. Auch Österreich hat diesem Abkommen, gemeinsam mit weiteren 194 Vertragsparteien, im Dezember 2015 zugestimmt.

Aus gutem Grund, denn die Auswirkungen der Erderwärmung zeigen sich auch in Österreich bereits deutlich: Seit Beginn der Industrialisierung ist die durchschnittliche Temperatur in Österreich um rund 2 Grad Celsius angestiegen – in allen Regionen und Höhenlagen. Die Zahl der Hitzetage mit Temperaturen von über 30 Grad Celsius hat sich verdreifacht. Außerdem zeigen Untersuchungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZMAG) in Wien, dass Wetterlagen mit Unwetterpotential in Österreich seit den 2000er Jahren um etwa 20% zugenommen haben.<sup>1</sup>

Bei einem weltweit ungebremsten Ausstoß von Treibhausgasen würde laut ZMAG die Erwärmung in Österreich bis zum Jahr 2100 bei mindestens 5 Grad Celsius liegen.<sup>2</sup> Mit der Einhaltung des Pariser Klimaziels könnte sich die Erwärmung in Österreich und weltweit in den nächsten Jahrzehnten knapp über dem aktuellen Niveau einpendeln. Besonders im Kontext der politischen Rahmenbedingungen und des Trends zu erneuerbaren Energien stellen diese Klimaveränderungen Österreich vor große Herausforderungen.

Die österreichische Politik hat reagiert – nicht nur durch die Unterzeichnung des Pariser Abkommens. Im Mai 2018 hat die Bundesregierung eine neue integrierte Klima- und Energiestrategie für Österreich verabschiedet. Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Brutto-Endenergieverbrauch auf 46 bis 50% steigen. Der im Inland genutzte Strom soll dann weitgehend aus erneuerbaren Quellen kommen und bis 2040 soll die Energieversorgung klimaneutral erfolgen. Dies wäre eine vollständige Dekarbonisierung des Energiesystems.

---

<sup>1</sup> Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 2020

<sup>2</sup> Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 2021

Des Weiteren hat die Europäische Kommission im Juli 2021 mit dem Gesetzespaket „Fit for 55“ weitere zwölf Gesetzesvorschläge für Klimaneutralität in der EU definiert. Bis zum Jahr 2030 will sie ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 55% senken. Unter anderem wird in den Entwürfen das Ende des Verbrennungsmotors eingeläutet; ab 2035 sollen Neuwagen kein CO<sub>2</sub> mehr ausstoßen. Schrittweise soll eine Kerosinsteuer für innereuropäische Flüge eingeführt werden. Der Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch soll von 27% auf 40% erhöht werden. Auch das europäische Emissionshandelssystem ETS soll reformiert und ausgeweitet werden. Und die EU will neue Regeln definieren, die zur Entstehung eines kosteneffizienten europäischen Wasserstoffmarkts beitragen.

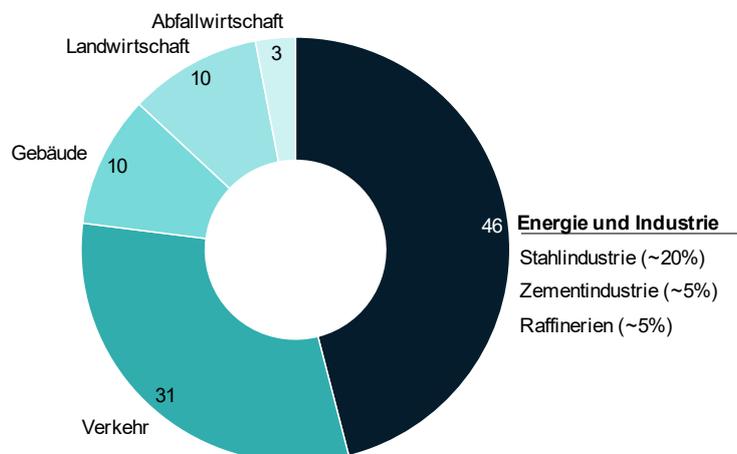
Um diese Ziele zu erreichen, muss sich auch Österreich, insbesondere in den Sektoren Energie und Industrie, grundlegend wandeln. 2019 stammten aus diesen Sektoren 46% der CO<sub>2</sub>-Emissionen, was rund 29 Mio. t anthropogenen – d.h. von Menschen verursachten – Treibhausgasemissionen (THG) entspricht (Abbildung 1). Den zweitgrößten Anteil an den Emissionen hatte der Verkehrssektor mit etwa 20 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2019.

Im Sektor Energie und Industrie gehören insbesondere die Bereiche Eisen- und Stahlerzeugung, Raffinerie/Petrochemie und Zement zu den größten CO<sub>2</sub>-Emittenten. Stellen diese Sektoren, unterstützt von einer umfassenden Digitalisierung, auf klimaneutrale Prozesse und Produkte, z.B. grünen Stahl oder CO<sub>2</sub>-neutrale Baustoffe, um, so sind eine weitreichende Elektrifizierung und der Einsatz von Wasserstoff nötig.

Abbildung 1

### Anteil CO<sub>2</sub>-Emissionen Österreich 2019

in Prozent



Quelle: Umweltbundesamt 2021, CO<sub>2</sub>-Emissionen basierend auf gesamt THG-Emissionen approximiert

Der folgende Report beschreibt einen möglichen Pfad zur Dekarbonisierung, inklusive der daraus resultierenden steigenden Energienachfrage, evaluiert die Chancen und Risiken dieses Pfads und unterbreitet abschließend konkrete Handlungsoptionen zur Unterstützung der Dekarbonisierung Österreichs.

# Dekarbonisierung, steigender Strombedarf und Versorgungslücke

Österreich hat sich bereits 2018 mit einer Klima- und Energiestrategie auf eine Reduzierung der Treibhausgase um 46% bis 2030 im Vergleich zu 2005 festgelegt. Beim Primärenergieverbrauch lag 2020 jedoch noch Öl mit einem Anteil von 35% an der Spitze, gefolgt von Wasserkraft mit 26%, während weitere erneuerbare Energien, wie Windkraft und Photovoltaik, nur auf einen Anteil von rund 10% kamen.<sup>3</sup> Bei der Primärenergieerzeugung dagegen haben erneuerbare Energien 2020 über 80% ausgemacht.<sup>4</sup> Damit belegte Österreich innerhalb der EU den Spitzenplatz. Im Vergleich: Im EU-Durchschnitt lag der Anteil erneuerbarer Energien beim Primärenergieverbrauch bei ca. 18% und bei der Primärenergieerzeugung bei etwa 31%.<sup>5</sup>

Bei der Dekarbonisierung des Energiebedarfs gilt es jedoch große Herausforderungen zu bewältigen. Hierzu zählt insbesondere der steigende Strombedarf. Nach konservativen Berechnungen wird sich dieser weltweit bis 2050 verdoppeln.<sup>6</sup> Ein ähnlicher Trend wird für Österreich prognostiziert: 2018 verbrauchte Österreich insgesamt rund 74 TWh Strom jährlich.<sup>7</sup> Verschiedene Vorhersagen sehen einen Anstieg des Bruttoinlandsverbrauchs bis 2040 auf 120 bis 180 TWh.

Bereits 2018 wurden 54 TWh des Gesamtbedarfs an Strom durch erneuerbare Energien gedeckt. Die restlichen 20 TWh setzen sich aus 16 TWh Strom aus fossilen Energiequellen und 4 TWh Nettoimporten an Strom (26 TWh an Stromimporten vs. 22 TWh Stromexporten) zusammen (Abbildung 2). Bei einem Stopp der fossilen Stromerzeugung, einem prognostizierten Rückgang der Stromimporte aufgrund von Eigenbedarf der exportierenden Länder um 10 bis 13 TWh, jedoch einem gleichbleibenden Niveau der Stromexporte<sup>8</sup> und dem gemäß

---

<sup>3</sup> BP 2021

<sup>4</sup> Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2020

<sup>5</sup> Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2020; BP 2021

<sup>6</sup> McKinsey & Company 2021a

<sup>7</sup> Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2020

<sup>8</sup> Der Nutzen von Stromexporten wird auch in Zukunft gegeben sein, um überschüssigen Strom aus Produktionsspitzen abzugeben.

Regierungsprogramm und Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz geplanten Ausbau der erneuerbaren Energien um 27 TWh ergibt sich so im Jahr 2040 eine Versorgungslücke von etwa 50 bis 110 TWh.

Diese Berechnung setzt voraus, dass die bis 2030 von der Regierung geplanten 27 TWh vollständig ausgebaut werden. Die Ziele auf Bundesländerebene ergeben in Summe jedoch nur einen Ausbau um ca. 10 TWh. Allein diese Differenz ergibt demnach eine weitere Lücke der Stromversorgung durch erneuerbaren Energien von rund 17 TWh.<sup>9</sup>

Um die Versorgungslücke zu verkleinern, ist es möglich, die erneuerbaren Energien über die für 2030 geplanten Ziele hinaus weiter auszubauen. Hierfür ergibt sich ein zusätzlicher technisch-wirtschaftlich möglicher Ausbau der Stromproduktion von 30 bis 50 TWh. Dieses Potential wurde durch Abzug des bereits ausgebauten (54 TWh) und geplanten (27 TWh) Potentials vom gesamten technisch realisierbaren und wirtschaftlich sinnvollen Gesamtpotential inländisch erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energien von 110 bis 135 TWh ermittelt.<sup>10</sup>

Folglich reduziert sich die mögliche verbleibende Versorgungslücke, sofern der vollständige Ausbau des technisch-wirtschaftlichen Potentials bis 2040 gelingt, kann sich aber weiterhin auf bis zu 80 TWh belaufen. Davon sind ca. 20 bis 40 TWh durch Wasserstoffproduktion verursacht und könnten potentiell durch Wasserstoffimporte an Stelle von eigener Produktion vermieden werden.<sup>11</sup>

---

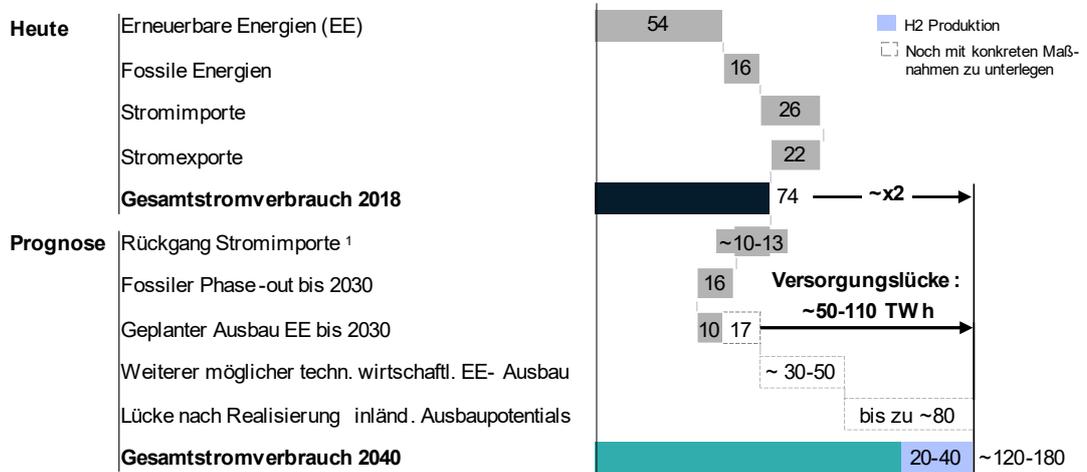
<sup>9</sup> Austrian Energy Agency 2021

<sup>10</sup> Für mehr Details zum technisch-wirtschaftlichen Ausbaupotential, siehe Abschnitt *Maximaler Ausbau der in Österreich erzeugten erneuerbaren Energien* und Abbildung 5

<sup>11</sup> Für mehr Details zur Wasserstoffproduktion, siehe Abschnitt *Dekarbonisierung und steigender Strombedarf nach Sektoren*

## Zwischen erwartetem Gesamtstrombedarf und geplantem Ausbau der Stromproduktion ergibt sich bis 2040 eine Lücke von 50 bis 110 TWh

Erwartete Entwicklung des Stromverbrauchs in Österreich, in TWh



1. Insbesondere aus Deutschland und Tschechien

Quelle: Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2020, Analyse McKinsey & Company

## Dekarbonisierung und steigender Strombedarf nach Sektoren

Bei der Dekarbonisierung und der entstehenden Versorgungslücke sind vor allem die Sektoren ausschlaggebend, die heute den größten Anteil am CO<sub>2</sub>-Ausstoß haben (Abbildung 3). Soll die Klimaneutralität erreicht werden, müssen die einzelnen Sektoren ambitionierte Dekarbonisierungspfade verfolgen und dafür die Elektrifizierung von Produktions-, Transport- und Einkaufsprozessen vorantreiben.

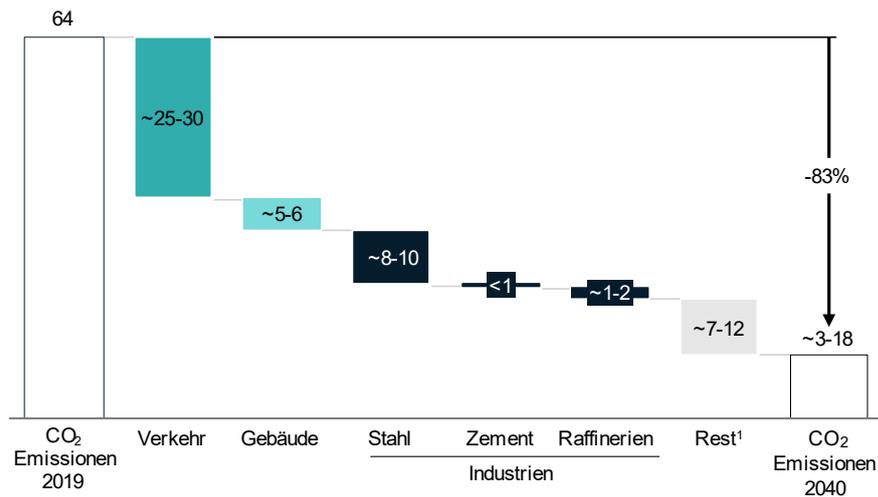
Wie die jeweiligen Pfade aussehen, hängt von den Voraussetzungen der einzelnen Sektoren und Industrien ab. In einigen Sektoren, z.B. im Verkehr, ist nach heutigen Erkenntnissen voraussichtlich eine starke Dekarbonisierung bis 2040 mit entsprechender Regulierung erreichbar. Anderen Sektoren, etwa die Gebäudewirtschaft oder energieintensive Industriezweige, sind vom bilanziellen Null-Emissionsziel noch weiter entfernt: Zum Teil fehlen dort noch technische Alternativen, um ganz auf fossile Brennstoffe verzichten zu können oder die „Langlebigkeit“ der emittierenden Infrastruktur, z.B. Gebäude, verzögert die vollständige Dekarbonisierung voraussichtlich bis ca. 2050<sup>12</sup>. In diesen Fällen lässt sich das Null-Emissions-Ziel bis 2040 nur durch kompensatorische Maßnahmen

<sup>12</sup> McKinsey & Company 2020

erzielen, z.B. durch Aufforstung oder Carbon Capture and Utilization (CCU). Dabei wird das emittierte CO<sub>2</sub> zunächst als Rohstoff gebunden und erst später wieder freigesetzt.

Abbildung 3

### Dekarbonisierung Österreich nach Sektoren und Industrie bis 2040 in Mio. t CO<sub>2</sub>



1. Inkl. Energie, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und sonstige Industrie (z.B. Nahrungsmittel)

Quelle: Analyse McKinsey & Company

Insgesamt kommt dieser Report zu dem Ergebnis, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2040 vor CCU oder anderweitigen Kompensationsmaßnahmen auch bei einem breiten Einsatz der vorhandenen Dekarbonisierungshebel noch 3 bis 18 Mio. t betragen könnten.

Hierbei sind noch keine Emissionen berücksichtigt, die entstehen würden, wenn die Versorgungslücke nicht durch Importe oder einen größeren Ausbau der erneuerbaren Energien geschlossen werden kann und doch auf fossile Energien zurückgegriffen werden muss. Um das Risiko eines Lastabwurfs der Stromnetze zu verhindern, könnten dann z.B. Gaskraftwerke – langfristig potentiell betrieben durch klimaneutrale Gase wie grünem, lilanem und blauem Wasserstoff - eingesetzt werden, die für den Lastausgleich sorgen. Eine vollständige Klimaneutralität bis 2040 ist deshalb voraussichtlich nur zu erreichen, wenn die hier aufgeführten oder alternative Maßnahmen zur Schließung der Versorgungslücke genutzt und die verbleibenden CO<sub>2</sub>-Emissionen aus nicht klimaneutralen Gaskraftwerken kompensiert werden.

### Steigender Strombedarf durch Dekarbonisierung

Im Folgenden betrachten wir primär die Sektoren, die heute den größten Anteil am CO<sub>2</sub>-Ausstoß haben (Abbildung 4). Im Verkehrssektor wird sich durch

Elektromobilität, Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe der notwendige Energiebedarf und -mix deutlich verändern. Allein durch die höhere Elektrifizierung der Antriebe wird der Stromverbrauch bis 2040 von heute rund 5 TWh auf voraussichtlich 25 bis 35 TWh ansteigen. Der Bedarf von Wasserstoff wird auf 200 bis 220 kt steigen.<sup>13</sup>

Der Gebäudebereich trägt derzeit etwa 10% zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Österreich bei. Dieser Anteil lässt sich durch Modernisierung der Heizsysteme und thermisch-energetische Isolierungen senken. So könnten der Anteil an Wärmepumpen sowie der Einsatz von Wasserstoff an Bedeutung gewinnen; dies würde den Strombedarf aber deutlich erhöhen. Allein der geplante Ausbau von Heizungsanlagen auf Basis von Wärmepumpen auf einen Anteil von 35% würde den Strombedarf auf rund 30 bis 35 TWh erhöhen, zusätzlich erwarten wir einen Bedarf an klimaneutralen Gasen, der z.B. durch etwa 110 bis 130 kt Wasserstoff gedeckt werden könnte.<sup>14</sup>

Mit rund einem Fünftel der CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen in Österreich ist der Stahlsektor der größte Emittent der Industrie.<sup>15</sup> Auf dem Weg zur kohlenstofffreien Stahlwirtschaft wird erwartet, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2040 mehr als halbiert werden kann. Dies ist jedoch verbunden mit einem deutlich höheren Stromverbrauch: Er könnte bis 2040 im Vergleich zum heutigen Verbrauch um das Drei- bis Fünffache ansteigen. Bei einer verstärkten Umstellung auf Elektrolyse-Verfahren für die heimische Herstellung von Wasserstoff könnte der Stromverbrauch sogar um das bis zu Zehnfache ansteigen.<sup>16</sup> Im Zementsektor können die bei der Kalzinierung entstehenden Prozessemissionen nur durch CCU verringert werden. Für die Wärmeemissionen der Hochtemperaturöfen erwarten wir eine weitreichende Elektrifizierung und Hydrogenisierung etwa ab 2040. Bis dahin ist eine teilweise Dekarbonisierung durch Effizienzgewinne sowie den verstärkten Einsatz von Biomasse und CCU-Technologien möglich. In Summe erwarten wir dadurch in den Sektoren Stahl, Zement und Raffinerien in 2040 einen Energiebedarf von 5 bis 10 TWh Strom sowie zusätzlich etwa 150 bis 200 kt Bedarf an grünem und blauem Wasserstoff.

---

<sup>13</sup> Diese Prognosen wurden unter der Annahme getroffen, dass ab 2035 keine Fahrzeuge mehr mit Verbrennungsmotor zugelassen werden und somit der Anteil an E-Autos auf ca. 99,5 % und der Wasserstoff-betriebenen Fahrzeuge auf 0,5% steigen wird.

<sup>14</sup> Auch Biomethan kann zur Deckung des steigenden Energiebedarfs beitragen. Derzeit spielt es jedoch aufgrund der schwierigen Skalierbarkeit und hohen Kosten nur eine kleine Rolle in der Energieversorgung. Aufgrund der Rohstoffknappheit für die Erzeugung von Biomethan bei gleichzeitig steigender Nachfrage für andere Anwendungsbereiche (z.B. Biofuels) bleibt der Einfluss von Biomethan für die Deckung der Versorgungslücke voraussichtlich auch in Zukunft begrenzt.

<sup>15</sup> Umweltbundesamt 2021

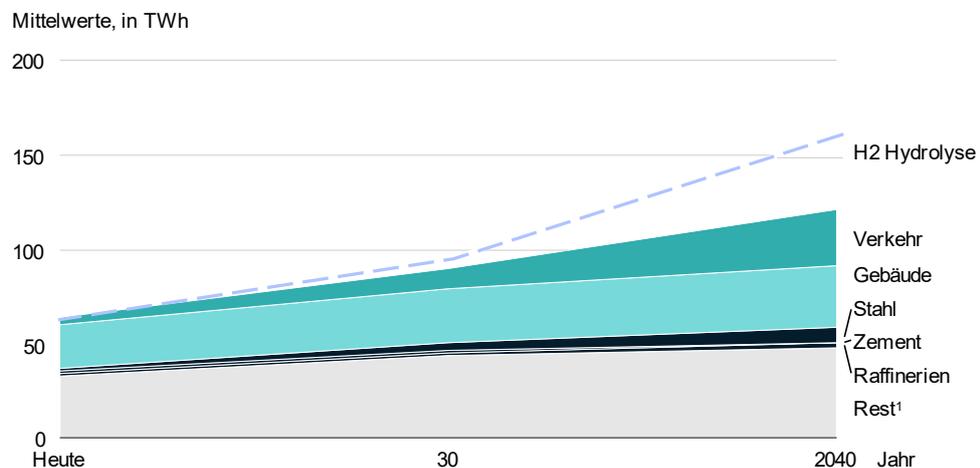
<sup>16</sup> Langfristig könnte die Herstellung von Wasserstoff durch Pyrolyse ebenfalls eine Rolle spielen. Derzeit wird dieses Verfahren noch in sehr wenigen Anlagen experimentell genutzt. Eine breite Nutzung wird frühestens nach 2040 erwartet.

Wir gehen davon aus, dass zur Erreichung des Null-Grad-Ziels in weiteren Industrien Wärmeeanwendungen elektrifiziert werden ("Rest"). Hierzu zählen z.B. die Lebensmittelindustrie, der Bau und der Maschinenbausektor. In diesen Branchen ist eine Umstellung oft erst ab CO<sub>2</sub>-Preisen von 50 bis 100 EUR/t wirtschaftlich. In Summe erhöht sich dadurch der Strombedarf dieser weiteren Industrien bis 2040 auf etwa 35 bis 50 TWh.

Soll der gesamte erwartete Bedarf an Wasserstoff durch heimische Produktion aus Elektrolyse abgedeckt werden, ergibt sich dadurch ein zusätzlicher heimischer Bedarf an erneuerbarem Strom von etwa 20 bis 40 TWh.

Abbildung 4

### Erwarteter Anstieg des Gesamtstrombedarfs in Österreich bis 2040



1. Inkl. Energie, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und sonstige Industrie (z.B. Nahrungsmittel)

Quelle: Analyse McKinsey & Company

## Maximaler Ausbau der in Österreich erzeugten erneuerbaren Energien

Die Analyse einzelner Industrien zeigt, dass Möglichkeiten vorhanden sind, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch verbesserte, energieeffiziente Prozesse oder den Ersatz von Produktionsstoffen zu verringern. Jedoch sind solche Maßnahmen in den meisten Fällen mit einem erhöhten Strombedarf verbunden. Daher sind die nationalen Dekarbonisierungsziele wahrscheinlich nur mit einem deutlichen Ausbau der erneuerbaren Energien in Österreich möglich. Im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes wurde ein Ausbau um 27 TWh bis 2030 definiert. Dieser könnte jedoch zu kurz greifen. Weitere Ausbaupotentiale wurden deshalb im Rahmen einer Full-Potential-Analyse ermittelt.

Unter Berücksichtigung der topographischen Gegebenheiten in Österreich ergibt sich für den Ausbau erneuerbarer Stromproduktion insgesamt ein technisch mögliches Potential von 250 bis 300 TWh. Davon sind heute rund 54 TWh realisiert.<sup>17</sup>

Das technisch Machbare allein ist jedoch keine entscheidende Größe. Für Agro PV<sup>18</sup> hat Fechner<sup>19</sup> beispielsweise auf landwirtschaftlichen Flächen in Österreich ein technisch mögliches Photovoltaik-Potential von 1.012 km<sup>2</sup> mit einem Jahresertrag von rund 20 TWh ermittelt. Dafür müsste jedoch jedes Dach in Österreich mit einer Photovoltaik-Anlage ausgestattet und zusätzlich weitere Freiflächen ergänzt werden. Bereits für die Erzeugung von 3 TWh wäre eine Versiegelung von rund 50 km<sup>2</sup> Freifläche notwendig. Zum Vergleich: Derzeit beträgt die jährliche Versiegelung in Österreich etwa 43 km<sup>2</sup>. Daher müssen aktuelle wirtschaftliche Rahmenbedingungen, z.B. Strompreise, Investitionsbedarf, Opportunitätskosten oder regulatorischen Einschränkungen, in die Betrachtung einbezogen werden.<sup>20</sup> In Summe besteht dann noch rund 20 bis 30 TWh heute unausgebautes technisch-wirtschaftlich realisierbares Photovoltaik Potential.

Das zusätzliche technisch-wirtschaftliche Potential für Neuerschließung im Bereich Wasserkraft liegt bei nur etwa 10 TWh, da die alternative Stromerzeugung durch Wasserkraft in Österreich heute bereits weitgehend umgesetzt ist: Vom gesamten technisch-wirtschaftlichen Wasserkraftpotential sind bereits 40 TWh erschlossen. Dadurch stammen rund 28% der in Österreich erzeugten Primärenergie im Jahr 2019 aus Wasserkraft. Im Zeitraum von 2005 bis 2019 deckte Wasserkraft insgesamt zwischen 55 und 67% der heimischen Stromerzeugung (abhängig von schwankenden Bedingungen) und ist damit der wichtigste Energieträger in diesem Bereich.<sup>21</sup> Da sich vom gesamten technischen Neuerschließungs-Potential etwa 5 TWh in österreichischen Nationalparks sowie im Weltkulturerbe Wachau befinden, was den Ausbau höchst unwahrscheinlich macht, können diese 5 TWh in die Betrachtung des umsetzbaren technisch-wirtschaftlichen Potentials nicht einfließen.<sup>22</sup>

Die Windkraft bietet mit rund 60 TWh weiteres technisches Potential für den Ausbau erneuerbarer Energien. Doch auch hier gibt es Einschränkungen, da der Aufbau von Windkraftanlagen nur in wenigen Gebieten in Österreich technisch sinnvoll wäre. Deshalb befinden sich die derzeitigen Windkraftanlagen konzentriert in einigen

---

<sup>17</sup> Austrian Energy Agency 2021

<sup>18</sup> Synergetische Nutzung derselben Fläche für Ackerbau (Landwirtschaft) und Stromerzeugung

<sup>19</sup> Fechner 2020

<sup>20</sup> Fechner 2020

<sup>21</sup> Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie 2020

<sup>22</sup> Pöyry 2018

wenigen Regionen in Ostösterreich. Sie liegen zu 90% in Gebieten der Güteklasse A, also an Standorten mit überdurchschnittlich guten Windverhältnissen. Für weitere Windkraftanlagen der Güteklasse A kommen derzeit nur folgende Regionen in Frage: Eisenstadt und Rust, Neusiedl am See, Oberpullendorf, Bruck an der Leitha, Gänserndorf, Korneuburg, Mistelbach und Bruck-Mürzzuschlag.<sup>23</sup>

Eine Konzentration auf diese wenigen Flächen wäre aus politischer Sicht kaum durchzusetzen. Außerdem müssten dafür entsprechend leistungsfähige Stromnetze ausgebaut werden. Eine zusätzliche Windkraftleistung auf Flächen der Güteklasse A ist daher nur mit Einschränkungen zu realisieren; stattdessen empfiehlt es sich, Windkraftanlagen auch auf Flächen der Güteklasse B und C auszuweiten. Hier wären jedoch zur Erzeugung der gleichen Windkraftleistung mehr Anlagen notwendig, was den Flächenbedarf weiter erhöhen würde.<sup>24</sup> In Summe reduziert sich das zusätzlich realisierbare Potential für den Windkraft-Ausbau daher auf rund 20 bis 30 TWh.

Auf die Erzeugung von Strom mit klimaneutralen Gasen wie Biomethan und der Verbrennung von Biomasse wird in diesem Report aus den folgenden Gründen nicht verstärkt eingegangen: Klimaneutrale Gase wie Biomethan und die Verbrennung von Biomasse spielen aufgrund der schwierigen Skalierbarkeit, hohen Kosten und regulatorischen Limitierungen nur eine kleine Rolle in der derzeitigen und voraussichtlich auch in der zukünftigen Versorgung. Erschwerend kommt hinzu, dass für die Zukunft aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten ein starker Anstieg der Nachfrage nach Biomethan und Biomasse bei gleichzeitiger Rohstoffknappheit prognostiziert wird. Daher wird es nötig sein, bei der Anwendung Bereiche zu priorisieren, die den größten zusätzlichen Gesamtnutzen versprechen, z.B. die Nutzung von Biomasse in der Chemieindustrie und Luftfahrt.

Daher ergibt sich insgesamt ein tatsächlich realisierbares zusätzliches Potential inländischer Produktionskapazitäten von lediglich ca. 55 bis 80 TWh zusätzlich zu den 2018 bereits ausgebauten Kapazitäten von 54 TWh, also ein realisierbares Gesamtpotential von etwa 110 bis 135 TWh (Abbildung 5). Da vom realisierbaren zusätzlichen Potential von rund 55 bis 80 TWh der Ausbau von 27 TWh bereits bis 2030 geplant ist, verbleiben noch ca. 30-50 TWh an weiterem technisch-wirtschaftlich möglichem Ausbau.

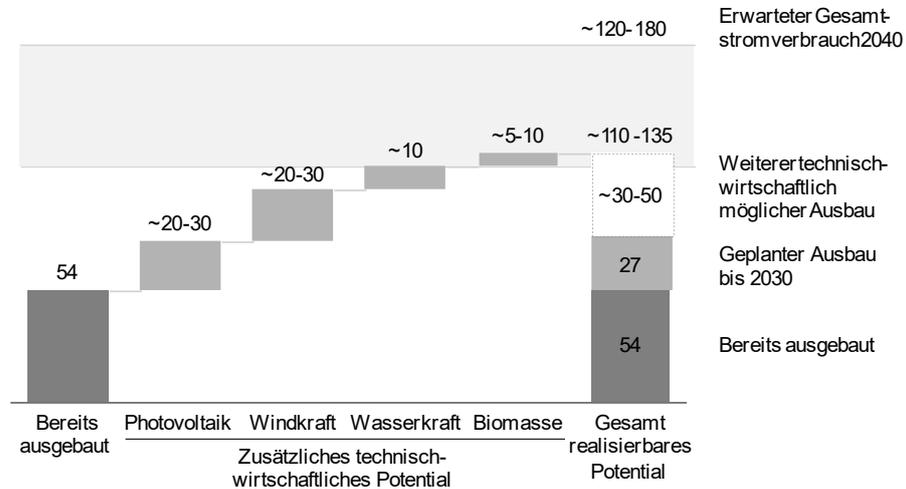
---

<sup>23</sup> Winkelmeier und Moidl 2019

<sup>24</sup> Winkelmeier und Moidl 2019

## Das technisch-wirtschaftliche Potential inländischer Produktionskapazitäten erneuerbarer Energien beträgt ca. 110 bis 135 TWh

Erwartete Entwicklung des Ausbaus der Stromproduktion aus Erneuerbarer Energien in Österreich, in TWh



Quelle: Austrian Energy Agency 2021, Pöyry 2018, Fechner 2020, Winkelmeier und Moidl 2019

Um beim gesamtheitlichen Ausbau erneuerbarer Energien den größtmöglichen Anteil des ermittelten Gesamtpotentials in den Bereichen Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft und Biomasse zu realisieren, bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen, u.a. einer verstärkten Digitalisierung (siehe Box 1), ausreichender Flächenwidmungen und spezieller Fördermittel. Dennoch ergibt sich selbst nach Realisierung des gesamten technisch-wirtschaftlichen Potentials heimisch erzeugter erneuerbarer Energien damit eine mögliche Versorgungslücke von bis zu 80 TWh (Abbildung 2). Diese wird sich wahrscheinlich nicht durch in Österreich erzeugte Kapazitäten decken lassen.

Der Gesamtstrombedarf wird inklusive des zusätzlich benötigten Stroms durch die Dekarbonisierungspfade auf 120 bis 180 TWh steigen (Abbildung 2). Nach Realisierung des gesamten technisch-wirtschaftlichen Potentials heimisch erzeugter erneuerbarer Energien ergibt sich damit eine mögliche Versorgungslücke von bis zu 80 TWh. Diese wird sich wahrscheinlich nicht durch in Österreich erzeugte Kapazitäten decken lassen.

### Box 1: Einfluss der Digitalisierung

- **Maximierung des Flächenpotentials:** Durch einen verstärkten Einsatz von Advanced Analytics zur Auslegung von Windparks und Freiflächensolaranlagen kann die Effizienz in der Stromnutzung und Flächennutzung maximiert werden.
- **Optimierung des Ausbaus:** Digitale Tools (Software zur Modellierung von Bauwerksdaten, Enterprise-Resource-Planning-Software, etc.) helfen in der Durchsetzung von Standards, welche sowohl Planungs- und Genehmigungsverfahren (insbesondere an digitalisierten Schnittstellen) beschleunigen und stabilisieren, als auch die Durchführung der Analysen und Projektierungsschritte signifikant beschleunigen. Zusätzlich würde die österreichische Bauwirtschaft von einer erhöhten Digitalisierung im internationalen Kontext profitieren.
- **Maximierung des Ertrags:** Die Digitalisierung hat sich als relevanter Hebel in der Laufzeit- und Ertragsoptimierung von Erzeugungsanlagen etabliert. Beispielhafte Anwendungen sind die Verlängerung von Wartungszyklen durch einen schonenderen Betrieb von Anlagen und die Reduktion von Stillstandszeiten durch präzise Fehlerbeschreibungen und Ferndiagnosen.
- **Maximierung der Wirtschaftlichkeit:** Der Einsatz von Algorithmen in der Bedarfsvorschau und Erzeugungsplanung erleichtert die gezielte Vermarktung von Erzeugungskapazitäten.
- **Verbesserung der Versorgungslage durch Speicher und Power-to-X Technologie:** Der Einsatz von Speicher- sowie Power-to-X Technologie, d.h. Technologie zur Speicherung bzw. anderweitigen Nutzung von Stromüberschüssen erneuerbarer Energien, wird in der kurzen und mittleren Frist nur dann wirtschaftlich, wenn Auslastung sowie Opex minimiert werden können. Die dafür nötigen Berechnungen zur optimalen Dimensionierung und Positionierung im Energiesystem setzen eine verstärkte digitale Verarbeitung großer Datenmengen voraus.

# Optionen zur Schließung der Versorgungslücke

Aktuell importiert Österreich rund 30% seines gesamten Strombedarfs zur Schließung der Versorgungslücke (Stand 2020). Den größten Anteil daran hatten Importe aus Tschechien mit ca. 11 TWh (50% des Gesamtimports) sowie Deutschland mit rund 9 TWh (42% des Gesamtimports).<sup>25</sup> In Zukunft wird der Import von Energie, insbesondere von Strom und Wasserstoff, eine noch wichtiger Rolle für die Schließung der Versorgungslücke in Österreich spielen. Durch gezielte Digitalisierungsmaßnahmen (siehe Box 2) kann dies noch effizienter geschehen.

## Import von grünem Strom

Da wahrscheinlich die inländischen Produktionskapazitäten den Strombedarf zukünftig nicht vollständig decken können, ist zu prüfen, ob ein Ausbau der Importmengen von ausschließlich grünem Strom möglich ist. Bei nicht rechtzeitiger Absicherung dieser Importmengen besteht ein erhebliches Preisrisiko in der Stromversorgung sowie, im schlimmsten Fall, das Risiko eines Lastabwurfs.

### Import aus bisherigen Lieferländern

Ein Blick auf die Import- und Exportrouten sowie Mengen innerhalb Europas im Jahr 2018 zeigt, dass derzeit nur Deutschland, Frankreich und Tschechien nennenswerte Mengen Strom exportieren. Dies kann sich jedoch durch die Dekarbonisierungsziele in den jeweiligen Ländern deutlich verändern. Daher ist zu prüfen, welche Länder zukünftig über mehr grünen Strom verfügen als sie selbst zur Umsetzung ihrer eigenen Dekarbonisierungsziele benötigen. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Möglichkeiten zum Import von grünem Strom stark begrenzt sind. Beispielsweise wird in Deutschland die Nachfrage nach grünem Strom durch ambitionierte Dekarbonisierungsziele weiter steigen,<sup>26</sup> sodass der Import von dort langfristig nicht gesichert werden kann.

Gegen mehr Importe aus Tschechien spricht heute der deutlich höhere CO<sub>2</sub>-Abdruck der dortigen Stromerzeugung. Er liegt mit 420 g CO<sub>2</sub>/kWh rund 90% über dem CO<sub>2</sub>-Abdruck in Österreich.<sup>27</sup> Der daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist durch Kompensationsmaßnahmen nur schwer auszugleichen. Langfristig setzt

---

<sup>25</sup> ENTSO-E Transparency Platform 2021

<sup>26</sup> Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. 2021

<sup>27</sup> McKinsey & Company 2021b, Enerdata 2021

Tschechien auf den Ausbau von Atomkraftwerken und nur zu einem geringen Teil auf erneuerbare Energien (16% bis 2040).<sup>28</sup>

Italien dagegen erzeugt derzeit bereits 34% des Stroms aus erneuerbaren Quellen und hat 2019 netto 44 TWh Strom importiert. Das Land will aber bis 2030 die Windenergie von 10 auf 18 GW sowie die Solarkraftkapazitäten von 20 GW auf 51 GW erhöhen.<sup>29</sup> Der Rückbau von Kapazitäten in Kohle und Öl soll dagegen nur 14 GW betragen. Entsprechend ist die Möglichkeit eines zukünftigen Lieferabkommens für grünen Strom mit Italien zu evaluieren.

### **(Indirekter) Import aus Osteuropa**

Das vermutlich größte Potential für grüne Stromimporte liegt in Osteuropa. Zwar sind Länder wie Polen, Ungarn oder Kroatien zurzeit Netto-Importeure, jedoch verfügt Südosteuropa bis 2050 laut der International Renewable Energy Agency (IRENA) über ein Gesamtpotential erneuerbarer Energien von etwa 740 GW. Mit rund 530 GW hat die Windkraft daran den größten Anteil.<sup>30</sup> Allerdings sind hierfür in den relevanten Ländern erhebliche Investitionen zu tätigen. Österreich könnte versuchen, sich frühzeitig Liefervolumina von grünem Strom aus Osteuropa zu sichern. Weitere Importmöglichkeiten aus West- oder Nordeuropa könnten aus ökologischer Perspektive interessant sein, werden aber durch die begrenzte Kapazität des Fernnetzwerks beschränkt.

Daher ist der Abschluss frühzeitiger Lieferverträge zu wettbewerbsfähigen Preisen sinnvoll, um insbesondere in Stoßzeiten Lastspitzen bewältigen zu können. Des Weiteren müsste auch die inländische Netzinfrastruktur inklusive der Interkonnektoren erheblich ausgebaut werden. Zurzeit plant die Austrian Power Grid für den Netzausbau Investitionen in Höhe von rund 3,1 Mrd. EUR bis 2030.<sup>31</sup> Dies soll insbesondere zusätzliche Importe aus Deutschland und Italien ermöglichen. Sollen darüber hinaus zusätzliche Strommengen aus Tschechien importiert werden, müssten die Netze auch hierfür erweitert werden. Dies würde jedoch die erforderlichen Investitionen bis 2040 deutlich erhöhen.

## **Import von Wasserstoff**

Der Import von Wasserstoff könnte den Gesamtstromverbrauch innerhalb Österreichs in 2040 um 20 bis 40 TWh reduzieren. Bis 2040 erwarten wir, dass etwa

---

<sup>28</sup> Energate Messenger 2019

<sup>29</sup> GTAI 2019

<sup>30</sup> IRENA 2017

<sup>31</sup> Austrian Power Grid 2020

500 bis 650 kt grüner und blauer Wasserstoff<sup>32</sup> nötig sind, um insbesondere die Stahlindustrie und den Verkehrssektor zu dekarbonisieren.

Grundsätzlich wird zwischen grauem, blauem, türkischem und grünem Wasserstoff unterschieden. Grüner Wasserstoff wird aus erneuerbaren Quellen gewonnen – meist aus Strom durch Wasserelektrolyse. Die Elektrolyse hat jedoch einen hohen Strombedarf, d.h. ein Kilogramm Wasserstoff enthält etwa 39 kWh Energie und benötigt somit unter Berücksichtigung von Effizienzverlusten in etwa 50-55 kWh Strom. Im Gegensatz hierzu basieren grauer und blauer Wasserstoff auf der Verarbeitung fossiler Brennstoffe und lila Wasserstoff wird mit Nuklearstrom hergestellt. Bei blauem und türkischem<sup>33</sup> Wasserstoff wird das bei der Produktion abgeschiedene CO<sub>2</sub> gespeichert (Carbon Capture and Storage, CCS). Um eine Dekarbonisierung bis 2040 zu erreichen kommen somit insbesondere grüner, lila und blauer Wasserstoff in Frage. Bei Letzterem können jedoch Emissionen in der Gesamtwertschöpfungskette<sup>34</sup> auftreten.

Um den ermittelten Wasserstoffbedarf bis 2040 zu decken, ergeben sich zwei Optionen für die Beschaffung von Wasserstoff: die Produktion in Österreich und der Import. Der Import aus Ländern mit günstigem Zugang zu erneuerbaren Energien ist besonders im Hinblick auf die Kosteneffizienz gegenüber der lokalen Herstellung vorteilhaft (Abbildung 6). Zudem sind die Transportkosten für Wasserstoff über ehemalige Gas- oder neue Wasserstoffpipelines im Vergleich zu den Kosten für Stromtransporte verhältnismäßig niedrig.

Noch sind die Kosten von Wasserstoff jedoch im Verhältnis zu anderen Energieträgern hoch. Bis 2040 ist allerdings ein starker Rückgang der Kosten zu erwarten, insbesondere für grünen Wasserstoff aus Ländern mit günstigen Voraussetzungen für Windkraft und Photovoltaik. Ausgehend von Produktionskosten von 1,7 EUR/kg könnte Wasserstoff aus Nordafrika oder der Ukraine laut Analysen des Hydrogen Council für etwa 2 EUR/kg Landed Cost in Österreich kosteneffizient zur Verfügung stehen.<sup>35</sup>

---

<sup>32</sup> Analyse McKinsey & Company

<sup>33</sup> Türkischer Wasserstoff wird durch Pyrolyse hergestellt – ein Verfahren, das noch in Pilotierung steckt und daher voraussichtlich erst nach 2040 wirtschaftlich an größerer Bedeutung gewinnen könnte.

<sup>34</sup> D.h. Emissionen im eigenen Unternehmen, durch Energielieferanten sowie in der vor- und nachgelagerten Lieferkette (Scope 1, 2 und 3 Emissionen)

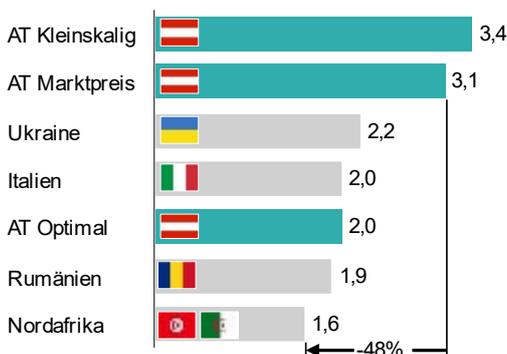
<sup>35</sup> Hydrogen Council und McKinsey & Company 2021

## Produktionskosten in Mittel- und osteuropäischen Ländern sowie Mittelmeerländern fallen im Vergleich zu lokaler Produktion zum Teil deutlich niedriger aus

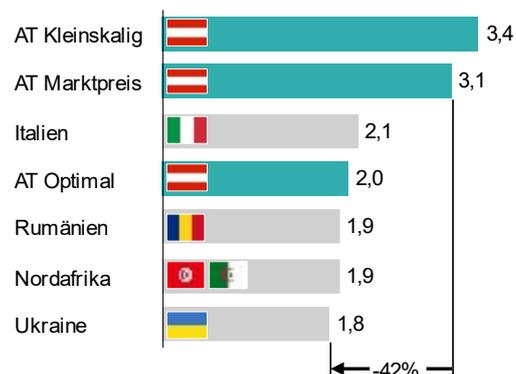
in EUR pro kg



### Landed Cost Solar 2040



### Landed Cost Wind 2040



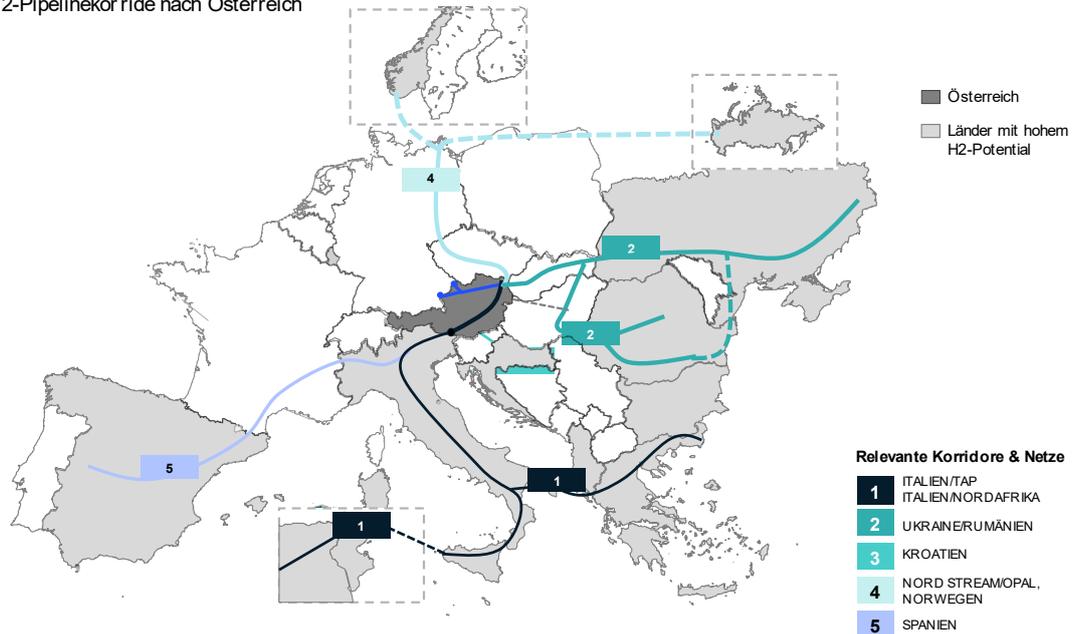
Quelle: Hydrogen Council und McKinsey & Company 2021, Analyse McKinsey & Company

Voraussetzung für einen großskaligen Import von Wasserstoff ist allerdings der Aufbau eines europäischen Wasserstoff-Versorgungsnetzes, der mit hohen Investitionen sowie länderübergreifenden Kooperationen verbunden ist. Für Österreich sind hierfür insbesondere fünf existierende Pipelinekorridore relevant (Abbildung 7). Bestehende Erdgas-Pipelines können mit relativ geringen Investitionen umgerüstet werden, um kurz- bis mittelfristig Wasserstoff importieren zu können. Diese Umrüstung bestehender Gasnetzinfrastruktur für die Durchleitung von importiertem Wasserstoff ist in Summe mehr als kostenkompetitiv im Vergleich zum Neuausbau von internationalen Stromtransportnetzkapazitäten. Außerdem könnte Österreich durch seine zentrale Lage in Europa zu einem wichtigen Knotenpunkt im Wasserstoffnetz der EU (z.B. durch den Umbau der Erdgasdrehzscheibe Baumgarten<sup>36</sup>) werden. Das könnte für Österreich zu einem zusätzlichen strategischen Standortvorteil führen.

<sup>36</sup> Gas Connect Austria 2020

## 4 mögliche H<sub>2</sub>Pipelinekorridore nach Zentraleuropa sind relevant

H<sub>2</sub>-Pipelinekorridore nach Österreich



Quelle: Gas for Climate 2021, Analyse McKinsey & Company

## Emissionskompensation bei traditioneller Stromproduktion

Eine weitere Möglichkeit zur Schließung der Bedarfslücke besteht im Festhalten an traditionellen Methoden der Stromproduktion, die CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, bei paralleler Kompensation der entstehenden Emissionen. Für die Emissionskompensation bestehen verschiedene Möglichkeiten.

Zum einen könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch natürliche Maßnahmen reduziert werden. Hierfür kommen insbesondere Aufforstung und Landnutzungsänderungen in Frage, die als natürliche Kohlenstoffsenken CO<sub>2</sub> in Pflanzen und Böden speichern. Die EU hat im Rahmen der LULUCF-Verordnung (Umweltauswirkungen der Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft) bereits das Ziel definiert, dass der Landnutzungssektor in der EU nicht von einer CO<sub>2</sub>-Senke, zu einer CO<sub>2</sub>-Quelle werden darf, wobei die EU aktuell 263 Mio. t CO<sub>2</sub> im Böden und Wäldern speichert.<sup>37</sup> Ab 2026 sind zusätzlich länderspezifische Vorgaben geplant, um das Ziel einer Kompensation von 310 Mio t CO<sub>2</sub> bis 2030 zu erreichen.<sup>38</sup>

Derzeit werden in Österreich knapp 5 Mio. t Treibhausgase pro Jahr gebunden. Jedoch ist der Netto-CO<sub>2</sub>-Abbau durch den LULUCF-Sektor seit 1990 bereits

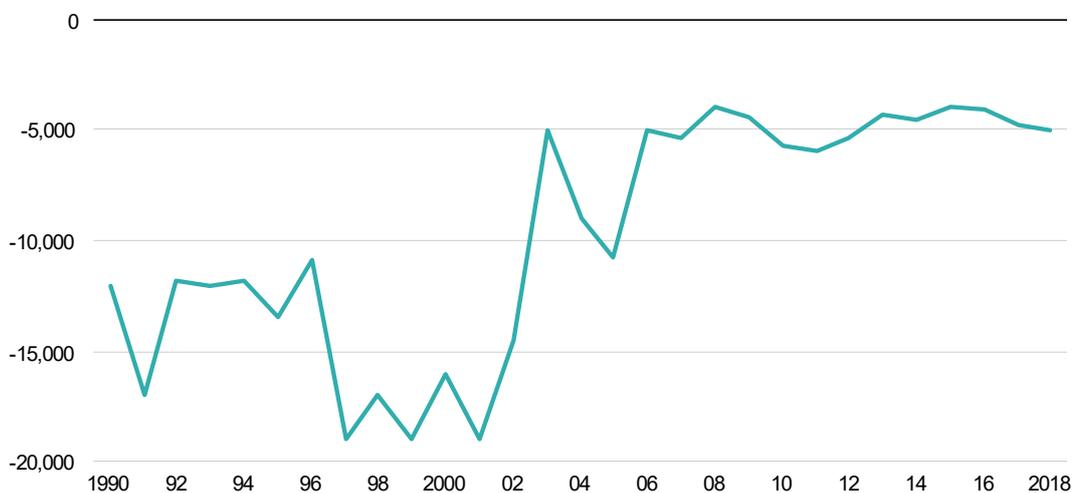
<sup>37</sup> Öko-Institut 2021

<sup>38</sup> Europäische Kommission 2021

deutlich gesunken (Abbildung 8). Es wird erwartet, dass sich dieser Trend fortsetzt, da die Nutzungskonkurrenz um Fläche, fruchtbare Böden, Wasser, Biomasse etc. weiter steigen wird. Der Wald ist zusätzlich durch Forstmonokulturen, Stürme und Trockenheit gefährdet; Bäume sterben ab und Schädlinge breiten sich leichter aus. Dies führt dazu, dass die CO<sub>2</sub>-Senkungsleistung des Waldes bis 2030 um mehr als die Hälfte schrumpfen könnte.<sup>39</sup> Zudem ist der CO<sub>2</sub>-bindende Effekt durch Aufforstung mit einem längerfristigen Zeithorizont verbunden, da CO<sub>2</sub> erst durch das Heranwachsen der Biomasse gebunden wird. Der LULUCF-Sektor wird daher als wichtige Alternative zur Dekarbonisierung voraussichtlich nicht ausreichen.

Abbildung 8

**Netto-CO<sub>2</sub>-Abbau durch den LULUCF-Sektor hat seit 1990 bereits abgenommen**  
Treibhausgas CO<sub>2</sub>-e



Quelle: Umweltbundesamt 2019

Darüber hinaus könnte eine CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Nutzung (CCU) sinnvoll sein. Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> würde dann in chemischen und biotechnologischen Prozessen verwertet, z.B. in Kunststoffen und Baumaterialien, bei der Herstellung synthetischer Kraftstoffe oder der Herstellung von Black Carbon via Pyrolyse (derzeit noch in der Entwicklung). Durch die Wiederverwertung des CO<sub>2</sub> verlängert sich der Zeitraum, bis das CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre gelangt. Deshalb sind solche Methoden insbesondere bei sehr langlebigen Produkten wie Baumaterialien mit einer Lebensdauer von mehreren hundert Jahren effektiv. Allerdings wird in der Regel zunächst viel Energie benötigt, um CO<sub>2</sub> stofflich nutzen zu können. Damit im

<sup>39</sup> Institut für angewandte Ökologie Deutschland 2021

Gesamtprozess also nicht mehr CO<sub>2</sub> emittiert als verwertet wird, müssen erneuerbare Energiequellen genutzt werden, was den Strombedarf weiter erhöht.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, CO<sub>2</sub> mit erneuerbarer elektrischer Energie in kohlenstoffhaltige Energieträger umzuwandeln. So entstehen kurzlebige synthetische Produkte, die sich wie Energieträger aus fossilen Rohstoffen einsetzen lassen. Wird das hierfür eingesetzte CO<sub>2</sub> zuvor mittels regenerativer Energien der Atmosphäre entzogen, so gilt dies als klimaneutral. Stammt das verwendete CO<sub>2</sub> dagegen aus einem Industrieprozess (z.B. wenn es bei der Verbrennung fossiler Rohstoffen oder der Kalzinierung in der Zementherstellung freigesetzt wird), so ist die Gesamtbilanz nicht klimaneutral.

Derzeit spielt die Verwendung von CO<sub>2</sub> als Input in Industrieprozessen noch eine geringe Rolle. Dies liegt unter anderem an der mangelnden technologischen Verfügbarkeit. Kurz- und mittelfristig wird davon ausgegangen, dass CCU insbesondere in Bereichen eingesetzt wird, in denen eine Dekarbonisierung nur schwer umzusetzen oder mit hohen Kosten verbunden ist, z.B. in der Zementindustrie. Hier kommen vor allem Technologien zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung in Frage, die sich momentan noch im Status von Demo-oder Pilotanlagen befinden.

Die CCU-Kapazitäten müssten jedoch um ein Vielfaches schneller wachsen als bisher, um der künftigen Nachfrage zur Kompensierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen zu entsprechen. Dafür sollten regulatorische Rahmenbedingungen zur Entwicklung geschaffen und Investitionen in CCU-bezogene Technologien unterstützt werden, um Kosten zu senken und die Nachfrage zu erhöhen.

## Box 2: Einfluss der Digitalisierung

- **Nationale und internationale Marktmodellierung:** Eine Stärkung der Digitalisierung bei Stromtransportnetzbetreibern ist notwendig, um eine Versorgungsoptimierung mit der verbesserten Modellierung (day-ahead, weekly, monthly) künftiger Stromflüsse national und international zu ermöglichen. Beispielhafte Anwendungen sind die Aufstockung von Energiespeichern, die Reduktion von Exportvolumina und die konkrete Steuerung der CO<sub>2</sub>-Belastung im Netz. Zusätzlich ist eine physische Aufrüstung der Netzinfrastruktur (z.B. Umspannwerke, Trafos, Kabelverteilerschränke, Smart Meter) zur besseren Analyse und zur Live-Überwachung der Lasten im Netz erforderlich.
- **Integrierte Systemmodellierung:** Integrierte Betrachtungen von Strom, Wärme und Gasen werden rapide steigen, wenn über unterschiedliche Energieträger hinweg optimiert werden muss. Big data processing, AI-unterstützte Entscheidungsfindung und automatisierte Netzeingriffe werden dadurch zum wesentlichen Befähigenden des künftigen Energiesystems.
- **Flexibilisierung der Versorgung:** Digitale Planungstools sowie fortgeschrittene Sourcing- und Vermarktungsalgorithmen helfen Wirtschaft und Industrie bei der Elektrifizierung von Prozessen oder beim effizienten Umrüsten alter (grauer) Anlagen auf grüne Gase.
- **Flexibilisierung der Nachfrage:** Physische und software-getriebene Digitalisierung hilft bei der Schließung temporärer Versorgungslücken. Beispielhafte Anwendungen reichen von Smart Charging Applikationen zur Vermeidung von Überlastung in Ästen der Nieder- und Mittelspannung bis hin zur datengetriebenen kurz- und mittelfristigen Optimierung der Produktionsplanung je nach Energieverfügbarkeit.
- **Nachweis der grünen Versorgung:** Carbon Accounting Anforderungen steigen rapide und über Lieferketten hinweg. Zukünftig werden grüne Zertifikate und Selbstauskünfte nicht mehr als Nachweis eines grünen Fußabdrucks ausreichen. Digitale Lösungen ermöglichen den Nachweis grüner Versorgung und helfen darüber hinaus z.B. durch die Bereitstellung von Blockchain-Ledger Technologien beim Nachhalten von Milliarden täglicher Transaktionen.

# Chancen und Risiken der Dekarbonisierung

Die europäischen Dekarbonisierungsziele bedeuten einen disruptiven Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft. Wie jede Disruption ist auch die Transformation hin zu einer Null-Emissions-Gesellschaft mit Chancen und Risiken verbunden.

## Technologieführerschaft und internationale Kooperationen

Technologische Vorreiter der Dekarbonisierung können einen ökonomischen Gewinn erzielen. So veranschaulicht die Studie „The Economic Effects of Achieving the 2030 EU Climate Targets in the Context of the Corona Crisis“ des Wegener Centers<sup>40</sup> den Einfluss ambitionierter Klimaziele bis 2040: Vorgezogene Investitionen und Aktivitäten führen kurz- und langfristig zu höheren jährlichen BIP-Wachstumsraten. Die Chancen der Dekarbonisierung liegen vor allem im Ausbau eines Wettbewerbsvorteils durch Technologieführerschaft und in der frühzeitigen Sicherung von Know-how und Kooperationen.<sup>41</sup> Das zeigt somit für Österreich eine vielversprechende Perspektive auf. Österreich könnte sich als Vorreiter und Drehscheibe erneuerbarer und klimaneutraler Energien in Europa positionieren und so seine Wirtschaftsleistung steigern. Besonders interessant könnte dabei die Materialindustrie sein, die schon heute rund 6% des BIP in Österreich ausmacht und in vielen Bereichen führend und eine treibende Innovationskraft ist, besonders in Bereichen des Recycling und der Nachhaltigkeit.<sup>42</sup>

Besonders durch die Bildung industrieübergreifender Kooperationen kann die Dekarbonisierung innerhalb des Landes beschleunigt werden, da sich so Ressourcen bündeln und Synergieeffekte nutzen lassen. Dies zeigt heute bereits das Leuchtturmprojekt „Carbon2ProductAustria“ von Borealis, Lafarge, OMV und Verbund: Die OMV verarbeitet das in der Zementindustrie bei Lafarge entstehende CO<sub>2</sub> mit grünem Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffen und stellt daraus Kraftstoffe her. Borealis nutzt diese zur Erzeugung hochwertiger Kunststoffe.

Österreich könnte außerdem seine Rolle als Exportnation für technisch anspruchsvolle Komponenten ausbauen, z.B. in der Automobilzulieferindustrie. Hier ergeben sich Chancen in der ressourcenschonenden und CO<sub>2</sub>-neutralen Herstellung von Traktionsbatterien, Leistungselektronik, Elektromotoren und

---

<sup>40</sup> Wegener Center 2021

<sup>41</sup> McKinsey & Company 2020

<sup>42</sup> Analyse McKinsey & Company

Karosserieteilen. Durch entsprechende Investitionen in Bildung und Forschung kann Österreich frühzeitig relevante Forschungsfelder besetzen und geistiges Eigentum sichern. Nicht zuletzt liefern grüne Investitionen oftmals höhere Renditen als traditionelle Investitionen.

Des Weiteren eröffnen sich große Chancen für länderübergreifende Kooperationen, da der Klimawandel nicht an Grenzen halt macht und die globale Erderwärmung nur gemeinsam gestoppt werden kann. Internationale Kooperationen und Partnerschaften bieten hier eine Chance, die österreichischen Ziele schnellstmöglich umzusetzen und den Strombedarf sowie die Wasserstoffversorgung des Landes zu decken. Gemeinsam mit Nachbarländern kann in den Aufbau eines zukunftsfähigen Energie- und Versorgungsnetzes investiert werden, um z.B. Stromschwankungen auszugleichen.

Neben der ökonomischen Vorteile bewirkt die schnellere Dekarbonisierung und technologische Weiterentwicklung zusätzliche positive Nebeneffekte, z.B. für die Gesundheit der Bevölkerung. In jedem Fall ist es wichtig, schnell zu handeln und zu investieren, um frühzeitig Weichen zur Nutzung der Chancen der globalen Dekarbonisierung zu stellen.

## **Verlust der Standortattraktivität und Abwanderung der Industrie**

Eine fundamentale Wende wie der Komplettausstieg aus fossilen Brennstoffen birgt jedoch auch Risiken. Sollten für die Dekarbonisierung zu wenig Anreize, z.B. durch Förderprogramme, geschaffen werden oder fehlt es an langfristiger Planbarkeit, so sinkt für Unternehmen und Investoren die Attraktivität des Standorts Österreich. Ein Risiko besteht z.B. darin, dass die Energieversorgung unsicher wird, Strom- und Wasserstoffpreise stark ansteigen und damit die Konkurrenzfähigkeit von Unternehmen sinkt.

Deshalb ist es wichtig, die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Ländern mit geringeren Klimaschutzauflagen im Blick zu behalten. Sonst besteht das Risiko, dass die Industrie an Standorte mit besseren Rahmenbedingungen und mehr regulatorischen Anreizen abwandert. Besonders gefährdet sind dafür energieintensive Sektoren wie Stahl und Zement.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht besteht durch die Notwendigkeit von Stromimporten außerdem das Risiko, bei der Stromversorgung in eine größere Abhängigkeit von anderen Ländern zu geraten. Da zumindest EU-weit ähnliche Dekarbonisierungsziele beschlossen wurden, müssen besonders Importländer die Auswirkungen volatiler Stromerzeugung im Blick behalten, um einen Strommangel zu verhindern.

Hierbei ist nicht nur eine ausreichende Strommenge zu sichern, sondern auch die CO<sub>2</sub>-Belastung geplanter Stromimporte zu beachten. Ein verstärkter Import von grauem Strom würde die Umweltbilanz Österreichs verschlechtern und könnte so die Pläne zur Dekarbonisierung konterkarieren oder hohe zusätzliche Kosten durch Kompensationsmaßnahmen verursachen.

### **Box 3: Einfluss der Digitalisierung**

- Eine weitreichende Digitalisierung in der Messbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Versorgung in Strom und Gas ermöglicht präzises Carbon Accounting und sichert dadurch Wettbewerbsvorteile im Weltmarkt.
- Der Einsatz von digitaler Produktionssteuerung erlaubt gezielte Steuerung der industriellen Nachfrage und sichert dadurch auch zukünftig eine unterbrechungsfreie Versorgung der einheimischen Industrie.
- Durch verstärkte digitale Vernetzung können Unternehmen einen Vorteil erlangen: Verbesserte Planung von Stromangebot und -nachfrage können zu einer Reduktion oder einem verminderten Anstieg der Energiekosten führen.
- Darüber hinaus potenziert die Digitalisierung bereits dargelegte positive Effekte für den Wirtschaftsstandort Österreich:
  - Es kann neben der führenden Position bei Technologien zur nachhaltigen Erzeugung von Strom eine digitale Technologieführerschaft im Energiebereich erlangt werden.
  - Dies wiederum stärkt die Grundlagen für den Aufbau eines digitalen Energieökosystems und damit von Kooperationen und Partnerschaften zwischen Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen sowie der Forschung.
  - Damit einhergehend ist zu erwarten, dass die Attraktivität für Neugründungen und -ansiedlungen von Unternehmen gesteigert wird, was positive Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt (Attraktivität des Standorts für Fachkräfte) in Österreich haben kann.

# Handlungsoptionen zur Unterstützung der Dekarbonisierungsstrategie

Um die aufgeführten Chancen der Dekarbonisierung zu nutzen und diesbezügliche Risiken zu verringern, empfehlen sich zuvorderst Maßnahmen in vier Bereichen:

## Planungssicherheit auf dem Dekarbonisierungspfad

Eine übergreifende Strategie und ein klarer Dekarbonisierungspfad sind die Schlüssel zu einer einheitlichen und erfolgreichen Dekarbonisierung Österreichs. Darüber hinaus sollten Vorgaben für die Bundesländer definiert und verbindliche Maßnahmen für die jeweiligen Sektoren formuliert werden – z.B.

Dekarbonisierungspläne je Industrie, die für Unternehmen Planungssicherheit schaffen. Ein wichtiges Element einer solchen Strategie ist es auch, die Versorgungssicherheit mit Energie zu jedem Zeitpunkt der Energiewende sicherzustellen. Hierfür sollten Pläne zum Einsatz von Gaskraftwerken (mit dekarbonisiertem Gas), die zukünftig auf Wasserstoff umgerüstet werden können (H2-Readiness), erstellt und umgesetzt werden.

Auch soziale Faktoren sind für eine erfolgreiche Energiewende zu berücksichtigen, da die Energiewende zu tiefgreifenden Veränderungen führen könnte: In bestimmten Arbeitsbereichen gehen Stellen verloren, während in anderen – z.B. der Produktion von Photovoltaik-Modulen – neue Arbeitsplätze entstehen. Um den Wandel sozialgerecht zu gestalten, sollten daher arbeitsmarktpolitische Maßnahmen und Beschäftigungsinitiativen die Energiewende begleiten.

### **Industrie: grüne Märkte aufbauen**

Für Unternehmen sind klare Vorgaben und Pläne eine notwendige Basis, um sich mittel- und langfristig auf die veränderten Bedingungen einstellen zu können. In einem ersten Schritt könnten z.B. Sektor-spezifische verbindliche CO<sub>2</sub>-Obergrenzen mit schrittweiser Anpassung bis 2040 festgelegt werden.

Dies allein wird jedoch nicht reichen, um die Wettbewerbsfähigkeit im EU-Markt zu sichern. Vielmehr könnten auch die Leitmärkte für grüne Materialien weiter ausgebaut und Quoten für CO<sub>2</sub>-arme Materialien in Endprodukten festgelegt werden, um die Nachfrage nach grünen Produkten zu erhöhen. So diskutiert die EU z.B. zurzeit einen CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich (Carbon Border Adjustment Mechanism), der Importwaren gemäß ihres CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks mit Abgaben belegen würde. Ein solches Vorgehen soll das steigende Risiko einer Verlagerung der Produktion und

der Emissionen an außereuropäische Standorte (Carbon Leakage) verhindern und Wettbewerbsnachteile für europäische Hersteller verringern.

Als Vorbild fungieren kann hierbei die öffentliche Hand, indem sie ihre Beschaffung konsequent auf Klimaschutz und Nachhaltigkeit ausgerichtet. Die sogenannte umweltorientierte Beschaffung und Auftragsvergabe (Green Public Procurement) könnte z.B. klare Vorgaben für einen Mindestanteil an grünen Materialien oder Nachweise grüner Lieferketten umfassen.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Schaffung von staatlichen Unterstützungsinstrumenten, die eine kompetitive Wasserstoffherzeugung ermöglichen sowie die weitere Förderung der Forschung und Entwicklung von Projekten zur Schaffung von Wasserstoffspeichermöglichkeiten, wie das Projekt „Underground Sun Storage 2030“ unter der Leitung der RAG Austria AG. Diese Maßnahmen könnten dazu beitragen, einen heimischen Markt für Wasserstoff aufzubauen und die Entwicklung neuer Technologien voranzutreiben.

### **Gebäude: Energieeffizienz erhöhen und Sanierungen vorantreiben**

Im Gebäudesektor sind Energieeffizienz und die Umrüstung der Heizungsanlagen auf erneuerbare Energien die wichtigsten Hebel zur Dekarbonisierung. Sowohl für Neubauten als auch für Bestandsgebäude könnte es hilfreich sein, energetische Standards gesetzlich festzulegen (z.B. verbindliche Mindestsanierungsraten für Wohnungsbauunternehmen). Beschleunigen lassen sich solche Vorhaben durch finanzielle Anreize wie die Förderung von klimaneutralem Neubau und klimaneutraler Gebäudesanierung. Damit Mietkosten durch die beschleunigte Sanierung nicht explodieren, könnten einkommensschwächere Haushalte im Rahmen einer ‚Just Transition‘ entlastet werden.

### **Verkehr: E-Autos fördern und ÖPNV stärken**

Ein wichtiger Hebel für die Dekarbonisierung des Verkehrs sind klare CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte, die bis 2040 schrittweise in Richtung null CO<sub>2</sub> angepasst werden. Finanzielle Förderungen oder steuerliche Begünstigungen können Fahrzeugkäufer:innen verstärkt dazu animieren, E-Autos und später wasserstoffbetriebene Fahrzeuge zu kaufen. Auch eine Gesamtstrategie zum Ausbau der Infrastruktur emissionsarmer Mobilität trägt zu dieser Entwicklung bei – sie könnte Pläne für den Ausbau der Ladeninfrastruktur, des ÖPNV und der Städteentwicklung enthalten. Hierbei sollten die „Fit for 55“-Ziele der EU-Kommission berücksichtigt werden, die Mitgliedsstaaten verpflichten, ihre Ladeinfrastruktur stark auszubauen, u.a. durch Ladestationen alle 60 Kilometer an Schnellstraßen.

Wichtig für diese Veränderungen sind klar definierte Anforderungen an Bund und Länder, städtische Verwaltungen sowie Akteure der Energiewirtschaft und des Verkehrssektors. Dazu gehört auch die flächendeckende Umstellung der

Verkehrsmittel auf nachhaltige Antriebe sowie mehr gemeinsam genutzte Verkehrsmittel (Shared Mobility). Neue Bezahlmodelle helfen, den ÖPNV attraktiver zu gestalten (z.B. das 365-Euro-Jahresticket in Wien oder das österreichweit geltende Klimaticket).

### **Strom: Photovoltaik, Wasser- und Windkraft ausbauen**

Ein verbindlicher stufenweiser Ausstiegsplan aus fossilen Energiequellen bietet im Energiesektor Planungs- und Investitionssicherheit. Es bedarf konkreter Ausbauziele für erneuerbare Energien, wie die verbleibenden Wasserkraft-Potentiale und insbesondere eines beschleunigten Ausbaus von Photovoltaik und Windkraft. In diesem Zusammenhang ist auch der Ausbau und die Digitalisierung der Energieinfrastruktur und der Speicherkapazitäten wichtig<sup>43</sup>.

## **Maximaler Ausbau inländischer erneuerbarer Energien**

Die wichtigste Voraussetzung für den maximalen Ausbau erneuerbarer Energien in Österreich ist die Bereitstellung ausreichender Flächen für den Ausbau der Stromerzeugung mit Wasser-, Windkraft und Photovoltaik. Hierfür könnten je Bundesland verbindlich Flächenanteile festgelegt werden. So wird sichergestellt, dass die Last für den Umstieg auf erneuerbare Energien nicht nur auf wenigen Bundesländern liegt. Auch die Versorgung mit klimaneutralen Gasen wie Biomethan könnte stärker ausgebaut werden. Hierbei ist es jedoch wichtig, die aufgrund von Rohstoffknappheit limitierten Kapazitäten in den Bereichen mit dem größten Gesamtnutzen einzusetzen, z.B. der Chemieindustrie und der Luftfahrt.

Für mehr Tempo in der Energiewende können zudem die Entbürokratisierung von Genehmigungsverfahren, Fördersysteme und wirtschaftliche Anreize sorgen. Um den Druck auf den Genehmigungsprozess zu erhöhen, bietet sich etwa die Einführung maximaler Verfahrensdauern an. Geringere administrative Anforderungen helfen gleichzeitig, mehr Anreize für den privaten Raum zu schaffen. So ließe sich z.B. für eine erweiterte Pflicht zur Installation von Photovoltaikanlagen bei Neubauten oder Dachsanierungen von Bestandsgebäuden eine höhere Akzeptanz in der Bevölkerung schaffen.

Für all diese Maßnahmen gilt, dass die Wettbewerbsfähigkeit der erneuerbaren Energien sichergestellt sein muss. Dafür sollte evaluiert werden, ob ein Ausgleich der Differenz zwischen Produktionskosten und dem erzielbaren Marktpreis im

---

<sup>43</sup> Für weitere Details, siehe Abschnitt *Mehr Digitalisierung für eine intelligente Energieversorgung*

industriellen Umfeld Anreize schaffen muss, um ausreichend grünen Strom zu produzieren.

## **Sicherstellung von wettbewerbsfähigem Import klimaneutraler Energie**

### **Import von grünem Strom**

Selbst wenn alle Maßnahmen zur inländischen Produktion erneuerbarer Energien fruchten, ist zu erwarten, dass Österreich mittel- und langfristig auf zusätzliche Strom- und Wasserstoffimporte zurückgreifen muss. Dafür könnten zum einen bestehende Importverträge sowie Importmengen angepasst werden, zum anderen wird es erforderlich sein, über neue Bezugsquellen zusätzliche Kapazitäten zu schaffen. Im Rahmen einer definierten Importstrategie lässt sich prüfen, ob langfristig festgelegte Abnahmemengen und -preise das Interesse am Ausbau erneuerbarer Energien in den Lieferländern indirekt anstoßen können.

Eine Schlüsselrolle kommt in diesem Zusammenhang der Netzinfrastruktur zu, die bei einem Ausbau der Importe zusätzliche Herausforderungen mit sich bringt. Bei zu erwartender zunehmender Netzbelastung und stärkeren Nachfrageschwankungen müsste die bestehende Stromnetzinfrastruktur teilweise modernisiert und ausgebaut werden. Dies bedeutet unter anderem, zusätzliche Speicherkapazitäten aufzubauen, da mit erneuerbaren Energien höhere Produktionsschwankungen verbunden sind. Des Weiteren bedingt mehr Importstrom einen gezielten Ausbau von Interkonnektoren. Aktuell gibt es bereits viele Projekte für den Stromtransfer zwischen Deutschland und Österreich, in die Lombardei oder zwischen Steinach und Brenner. Um diese Maßnahmen gezielt zu steuern, sollte der APG-Netzentwicklungsplan 2021 überarbeitet und auf das Zieljahr 2040 ausgerichtet werden. Die aktuell geplanten Investitionen in Höhe von rund 3,5 Mrd. EUR werden voraussichtlich nicht ausreichen.<sup>44</sup>

Außerdem spielt die Digitalisierung dabei eine entscheidende Rolle: Digitale Lösungen bieten die Möglichkeit, das Stromnetz zu flexibilisieren, und intelligente Speicher- und Pufferkapazitäten können Netzkapazitäten und Schwankungen automatisiert ausgleichen. Dies kann entscheidend zur Verbesserung der Versorgungsqualität beitragen, da sich z.B. Reaktionszeiten zum Ausgleich von Stromspitzen oder -senken verkürzen und sich die Frequenz- oder Spannungsstabilität erhöht.

---

<sup>44</sup> Austrian Power Grid 2021

## Import von Wasserstoff

Eine vollständige Dekarbonisierung der Sektoren Verkehr und Industrie ist nach heutigen Erkenntnissen nur durch den Einsatz von Wasserstoff zu bewältigen; allerdings steigt bei der heimischen Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse der österreichische Strombedarf deutlich.<sup>45</sup> Angesichts der erwarteten Lücke in der österreichischen Stromversorgung bleibt deshalb zu prüfen, inwieweit sich Wasserstoff importieren lässt. Der zusätzliche Strombedarf 2040 könnte sich dadurch um 20 bis 40 TWh verringern. Außerdem könnten sich niedrigere Energiepreise erzielen lassen, da die Wasserstoff-Produktionskosten in Ländern mit einfachem Zugang zu erneuerbaren Energien niedriger sind. In Frage kommen hierfür insbesondere die Ukraine, Italien und Nordafrika.

Der Transport von Wasserstoff erfordert einen schnellen Auf- und Ausbau von Wasserstoffpipelines sowie ausreichende Speicherkapazitäten. Hierfür bieten sich die Um- und Nachrüstung bestehender Gaspipelines in Österreich sowie der Neubau von Konnektoren in mittel- und osteuropäische Länder an. Da die Dekarbonisierung ein EU-weites Thema ist, sollte ein europäisches Wasserstofftransportnetz aufgebaut werden, dessen Grundlage die teilweise Umwidmung der bestehenden Gasnetze sein könnte. Hierfür eignen sich länderübergreifende Wasserstoffkonsortien: Sie ermöglichen den Zugang zu lokaler Infrastruktur, vereinfachen die Erfüllung regulatorischer Vorgaben und verringern den Investitionsbedarf der einzelnen Konsortialteilnehmer.

Die Nationale Wasserstoffstrategie in Deutschland sieht explizit den Aufbau von Wasserstoffimporten vor.<sup>46</sup> Dafür hat die Bundesregierung zahlreiche Abkommen mit anderen Ländern unterzeichnet und fördert die Entwicklung von Industriekonsortien für Wasserstoffimporte aktiv. „Mit dem Markthochlauf von Wasserstofftechnologien auch in anderen Mitgliedstaaten wird die Entwicklung des EU-Binnenmarktes für Wasserstoff zunehmend wichtig.“<sup>47</sup> Österreich könnte sich diesem Ansatz anschließen und so enger mit europäischen Partnern kooperieren.

Außerdem könnte zur Speicherung von Wasserstoff zumindest teilweise auf bestehende Gasspeichersysteme (insbesondere Kavernenspeicher) zurückgegriffen werden. Zusätzlich könnten Speicherkapazitäten im Ausland sowie neue Speicherformen genutzt werden. So hat RAG Austria mit dem Projekt „Underground

---

<sup>45</sup> Bis 2040 wird Elektrolyse voraussichtlich das primäre Verfahren zur Wasserstoffherstellung bleiben. Langfristig könnte die Herstellung von Wasserstoff durch Pyrolyse ebenfalls eine Rolle spielen. Derzeit wird dieses Verfahren bereits in wenigen Anlagen experimentell genutzt.

<sup>46</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Deutschland 2020

<sup>47</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Deutschland 2020, S.11

Sun Storage“ als weltweit erstes Unternehmen erfolgreich die Speicherfähigkeit von Wasserstoff in Untergrund-Porenspeichern erforscht und ihre Machbarkeit bestätigt.

Insgesamt könnte Österreich langfristig seine strategisch günstige Lage als Gastransferland in Europa nutzen. Gemeinsam mit den relevanten Industrien sollte die Politik eine einheitliche Wasserstoffstrategie, ein gemeinsames Zielbild sowie übergreifende Anforderungen entwickeln. Dies würde einen Handlungsrahmen und zusätzliche Anreize für Versorgungsunternehmen und direkte Abnehmer schaffen, die Nachfrage nach Wasserstoff bündeln und zudem die Marktposition Österreichs stärken.

## **Mehr Digitalisierung für eine intelligente Energieversorgung**

Entscheidend für die Umsetzung ambitionierter Dekarbonisierungsziele ist die Digitalisierung von Stromerzeugung, -transport und -nutzung. Mehr Intelligenz des Stromnetzes steigert die Effizienz und sichert langfristig eine nachfragegetriebene Stromversorgung: Die Stromherstellung wird zeitnah dem tatsächlichen, aktuellen Bedarf angepasst, statt Strom vorsorglich auf Basis von Prognosen zu produzieren.

Für den Aufbau einer intelligenten Stromproduktion und eines intelligenten Stromnetzes müssen Daten der Stromverbraucher, Stromhändler und Stromerzeuger erfasst, gemanagt und analysiert werden. Auf Verbraucherseite (Privathaushalte und Wirtschaft) ist es notwendig, wenn nicht gar verpflichtend, den Ausbau der Smart-Meter-Infrastruktur zu beschleunigen. Dazu bedarf es geeigneter Datenabkommen im Konsens mit Verbrauchern und Erzeugern unter Berücksichtigung des Datenschutzes. Ursprünglich war geplant, dass 95% der österreichischen Haushalte bis Ende 2022 einen Smart Meter erhalten. Dies wird mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht erreichbar sein. Bereits Ende 2020 sollten in 80% der Haushalte Smart Meters installiert sein. Zu diesem Zeitpunkt war aber laut Smart-Meter-Monitoringbericht lediglich ein Drittel der Haushalte mit digitalen Zählern ausgestattet.<sup>48</sup> In Wien rechnet man damit, dass es bis Ende 2022 maximal 40% der Haushalte sein werden.<sup>49</sup> Daher ist es notwendig, geeignete Maßnahmen zur Beschleunigung der Installation von Smart Meters zu identifizieren.

Die erhobenen Daten könnten in eine zentrale digitale Kommunikationsplattform (Abbildung 9) einfließen, deren Auswertung es ermöglicht, regionale sowie bundesweite Energienetze besser zu steuern und Prozesse zu optimieren. So lassen sich z.B. Nachfragespitzen besser bewältigen. Kommt es zu Lastspitzen, wird die Nachfrage in Echtzeit gedrosselt und automatisch durch einen flexiblen und

---

<sup>48</sup> E-Control 2021

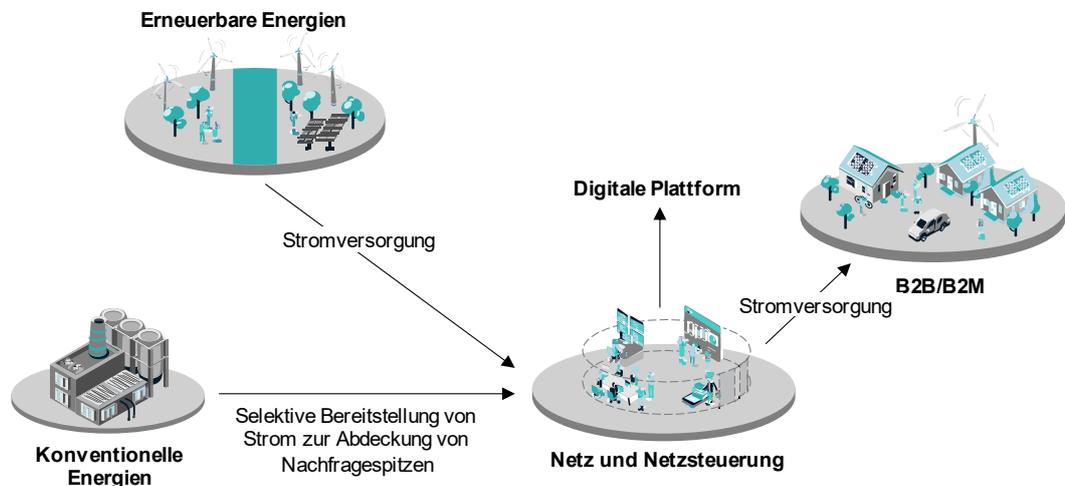
<sup>49</sup> Die Presse 2021

nachhaltigen Energiemix gedeckt. Ein aktives Demand Side Management steuert die Stromnachfrage über ein datengetriebenes gezieltes Ab- und Zuschalten von Lasten und reduziert das Risiko von Lastspitzen. Bei Überkapazitäten werden E-Autos, Wärmepumpen oder Nachtspeicherheizungen automatisiert zu günstigen Strompreisen geladen. Das Demand Side Management ermöglicht bei drohenden Stromnetzüberlastungen eine kurzfristige Spitzenglättung. Um Risiken entgegenzuwirken, gehen steuerbare Stromverbraucher wie etwa Wallboxen ferngesteuert zeitweise vom Netz.

Bidirektionale Stromflüsse, d.h. Stromflüsse vom Netz zum Verbraucher und vice versa, können die Laststeuerung zusätzlich flexibilisieren. Hierzu könnte der „Vehicle to Home“ Ansatz (zu Deutsch: Vom Fahrzeug ins Haus) genutzt werden. Dieser erlaubt, zuvor in elektrischen Fahrzeugen gespeicherten Strom in das Hausstromnetz bzw. den dort befindlichen Akku einzuspeisen. Das heißt, Autobatterien könnten sich bei hoher Stromverfügbarkeit und niedrigen Strompreisen automatisiert aufladen, während bei einem Erzeugungsengpass oder hohen Strompreisen der Strom aus den Akkus ins Netz zurückgespeist wird.

Abbildung 9

### Eine digitale Plattform ermöglicht den Aufbau intelligenter Netzinfrastruktur



Quelle: Analyse McKinsey & Company

Eine digitale Netzinfrastruktur mit mehr Transparenz und Flexibilisierung ermöglicht zudem neue Geschäftsmodelle. So lassen sich etwa mit Smart Metern zeit- und lastvariable Stromtarife umsetzen. Zudem ermöglicht die Verfügbarkeit lokaler Echtzeitdaten einen verbesserten Wettbewerb mit etablierten Unternehmen vor Ort sowie eine Anpassung der Energiepreise an lokale Nachfrage- und Angebotsmuster. Des Weiteren bringt die digitale Plattform als Intermediär zwischen

Erzeugern und Verbrauchern regional agierende Stromerzeuger mit lokalen Verbrauchern zusammen. Kleine Erzeuger sind einfacher in das Gesamtsystem zu integrieren, was ihre Position im Markt stärken könnte.

Außerdem liefert eine zentrale, digitale Plattform für die Netzsteuerung einen 360-Grad-Blick auf den aktuellen und zukünftigen Energiebedarf. Dieser ist besonders in Anbetracht der höheren Volatilität in den Systemen, dem daraus resultierend Druck auf die Netze sowie die proportional stark steigenden Kosten für den Netzbetrieb und -ausbau relevant. Datenanalysen liefern Erkenntnisse, die in eine Bottom-up-Netzplanung einfließen und den Ausbau der Strom- und Netzkapazitäten im Rahmen der Dekarbonisierungsziele optimieren können. Dabei ermöglicht die Verfügbarkeit hyperlokaler Echtzeitdaten eine bessere Vorhersagbarkeit von Nachfrage und Verbrauchsmustern sowie die Freisetzung von Kapazitäten in den Speichern und im Gesamtsystem. Dieses Mehr an Transparenz könnte dazu beitragen, die neuen Herausforderungen rund um die Netzplanung und den Netzbetrieb im Kontext der Energiewende einfacher zu bewältigen.

Auch außerhalb des Energiesektors führt die gezielte Nutzung von Daten zu einer Verbesserung der Energieeffizienz. So konnte z.B. die Zementindustrie bereits mittels Datenanalysen den Ertrags-Energie-Durchsatz optimieren und den Energieverbrauch um bis zu 15% senken. Dafür wurden rund 300 Mio. historische Datensätze sowie Daten aus den laufenden Produktionsprozessen gesammelt und mit Hilfe von Machine Learning ausgewertet. Auf Basis der Algorithmen ließ sich unter anderem das Prozessverhalten mit verschiedenen Rezepturen simulieren. Das Ergebnis: Die Energieeffizienz der Walzmühlen stieg um bis zu 15% und in den Brennöfen ließ sich die stündliche Klinker- und Zementproduktion um bis zu 8% erhöhen. Auch Predictive-Maintenance-Methoden (z.B. die Vorhersage drohender Verstopfungen in Mühlen) und Effizienzsteigerungsmaßnahmen (z.B. Yield-Energy-Throughput-Optimierung bestehender Anlagen) halfen der Zementindustrie, Kosten um bis zu 8% zu verringern.

Insgesamt beschreibt dieser Report einen möglichen Dekarbonisierungspfad für Österreich und zeigt damit verbundene Maßnahmen auf. So sind für eine erfolgreiche Energiewende aufgrund des steigenden Energiebedarfs insbesondere der maximale Ausbau der inländischen erneuerbaren Energien und die Sicherstellung des wettbewerbsfähigen Imports klimaneutraler Energien wie Wasserstoff entscheidend. Des Weiteren spielt die Digitalisierung in diesem Kontext eine Schlüsselrolle, da sie die Effizienz in Energieversorgung und -verbrauch deutlich steigern und zur zukünftigen Versorgungssicherheit beitragen kann.

Die zugrundeliegenden Annahmen und Prognosen basieren auf heutigem technischen Wissens- und Erkenntnisstand. In den vergangenen Jahrzehnten haben Technologie- und Preisentwicklungen die ursprünglich von Wissenschaft- und Wirtschaft erwarteten Prognosen teils stark überholt. So sind beispielsweise in

der Solar- und Batterietechnik Herstellungskosten heute um ein Vielfaches geringer als es selbst aggressive Voraussagen vor zehn Jahren prognostiziert haben. Eine ähnliche Entwicklung ist in den hier betrachteten Technologien ebenfalls möglich. Dadurch könnte eine zügige Umsetzung der betrachteten Handlungsempfehlungen, insbesondere der Digitalisierung des Energiesystems, noch wichtiger werden als heute angenommen. So können die Risiken der Energiewende minimiert und Chancen für den Wirtschaftsstandort Österreich gesichert werden.

# Referenzen

Austrian Energy Agency (2021): Klima- und Energiestrategien der Länder.

Austrian Power Grid (2020): Geschäftsbericht 2020.

Austrian Power Grid (2021): 3,5 Milliarden Euro für die Energiewende und Elektrifizierung für Wirtschaft, Gesellschaft und Industrie, <https://www.apg.at/de/media-center/presse/2021/12/06/pa-nep-2021>.

BP (2021): Statistical Review of World Energy, 70th Edition.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Deutschland (2020): Nationale Wasserstoffstrategie, Stand Juni.

Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2020): Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten.

Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (2021): Das „BEE-Szenario 2030“ 65 Prozent Treibhausgasminderung bis 2030 – Ein Szenario des Bundesverbands Erneuerbare Energie (BEE), [https://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/Positionspapiere\\_Stellungnahmen/BEE/20210416\\_BE E-Szenario\\_2030\\_final.pdf](https://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/Positionspapiere_Stellungnahmen/BEE/20210416_BE E-Szenario_2030_final.pdf).

Die Presse (2021): Pandemie: Smart Meter kommen später, <https://www.diepresse.com/6041225/pandemie-smart-meter-kommen-spaeter>.

E-Control (2021): Bericht zur Einführung von Intelligenten Messgeräten in Österreich 2021, [https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/Monitoringbericht\\_Smart+Meter\\_2021.pdf/0c8b1c8a-f6c4-748a-e904-28a73b3a0d57?t=1630480084151](https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/Monitoringbericht_Smart+Meter_2021.pdf/0c8b1c8a-f6c4-748a-e904-28a73b3a0d57?t=1630480084151).

Enerdata (2021): Datenabfrage vom 10. August 2021.

Energate Messenger (2019): Tschechien setzt auf Kernkraft gegen alle Widerstände, <https://www.energate-messenger.de/news/196255/tschechien-setzt-auf-kernkraft-gegen-alle-widerstaende>.

ENTSO-E (2021): Transparency Platform, Datenabfrage vom 10. August 2021, <https://transparency.entsoe.eu/>.

Europäische Kommission (2021): Land Use, Forestry and Agriculture, [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/land-use-forestry-and-agriculture\\_de](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/land-use-forestry-and-agriculture_de).

Fechner, H. (2020): Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich.

Gas Connect Austria (2020): Klimaneutrale (Wasserstoff-)Pläne für Erdgasdrehzscheibe Baumgarten: Gas Connect Austria reicht Projekt als IPCEI ein, <https://www.gasconnect.at/aktuelles/news-presse/positionen/news/detail/News/klimaneutrale-wasserstoff-plaene-fuer-erdgasdrehzscheibe-baumgarten-gas-connect-austria-reicht-projekt-als-ipcei-ein>.

Gas for Climate (2021): Extending the European Hydrogen Backbone - A European Hydrogen Infrastructure Vision Covering 21 Countries.

GTAI (2019): Italien setzt wieder stärker auf Windkraft und Fotovoltaik, <https://www.gtai.de/gtai-de/trade/italien/branchen/italien-setzt-wieder-staerker-auf-windkraft-und-fotovoltaik-110866>.

Hydrogen Council und McKinsey & Company (2021): Hydrogen Insights Report 2021, <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>.

Institut für angewandte Ökologie Deutschland (2021): Landnutzung im EU-Klimaziel 2030: Ökosysteme sind mehr als Kohlenstoffspeicher, <https://www.oeko.de/presse/archiv-presse-meldungen/presse-detailseite/2021/landnutzung-im-eu-klimaziel-2030-oekosysteme-sind-mehr-als-kohlenstoffspeicher>.

IRENA (2017): Cost-Competitive Renewable Power Generation: Potential across South East Europe.

McKinsey & Company (2020): Net-Zero Europe – Decarbonization Pathways and Socioeconomic Implications.

McKinsey & Company (2021a): Global Energy Perspective 2021.

McKinsey & Company (2021b): Net-Zero Deutschland – Chancen und Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045.

Öko-Institut (2021): Was das neue US-Klimaziel im Vergleich zum EU-Ziel bedeutet, <https://blog.oeko.de/what-the-new-us-climate-target-means-compared-to-the-eus-target/>.

Plaza et al. (2020): CO<sub>2</sub> Capture, Use, and Storage in the Cement Industry: State of the Art and Expectations, in: *Energies* 13 (5694).

Pöyry (2018): Österreichs E-Wirtschaft: Wasserkraftpotenzialstudie Österreich, Aktualisierung 2018, [https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user\\_upload/Oesterreichs\\_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2018/WasserkraftpotenzialOesterreich2018.pdf](https://oesterreichsenergie.at/fileadmin/user_upload/Oesterreichs_Energie/Publikationsdatenbank/Studien/2018/WasserkraftpotenzialOesterreich2018.pdf).

Umweltbundesamt (2021): Treibhausgas-Bilanz 2019 nach Sektoren, <https://www.umweltbundesamt.at/news/210119/sectoren>.

Umweltbundesamt (2019): Der Landnutzungssektor in der nationalen Treibhausgasbilanz, NZL Workshop, <https://www.zukunftsraumland.at/download/21119?v=1575644659>.

Wegener Center (2021): The Economic Effects of Achieving the 2030 EU Climate Targets in the Context of the Corona Crisis - An Austrian Perspective, Wegener Center Scientific Report 91.

Winkelmeier, H. und Moidl, S. (2019): Windpotentiale und Standortdifferenzierung, Branchenplattform Windpotentiale, [https://www.energiwerkstatt.org/wp/wp-content/uploads/2019/02/Potentiale\\_Branchenplattform\\_24.01.2019.pdf](https://www.energiwerkstatt.org/wp/wp-content/uploads/2019/02/Potentiale_Branchenplattform_24.01.2019.pdf).

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2020): Wetterlagen mit Unwetterpotenzial haben zugenommen, <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/wetterlagen-mit-unwetterpotenzial-haben-zugenommen>.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2021): Klimafakten Österreich kompakt, <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/klimafakten-oesterreich-kompakt>.

