

# 100 % ERNEUERBARE ENERGIE FÜR ÖSTERREICHS INDUSTRIE

## TEIL 2 – INFRASTRUKTURANFORDERUNGEN UND ENERGIEBEDARFE

Roman GEYER\*, Sophie KNÖTTNER, Christian DIENDORFER  
Gerwin DREXLER-SCHMID

AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 6 | 1210 Vienna | Austria,  
+43 50550-6350, roman.geyer@ait.ac.at, www.ait.ac.at

### Kurzfassung:

Der Ausbau bzw. die Optimierung der Energieinfrastruktur in Österreich ist eine unabdingbare Voraussetzung zur Erreichung der Klima- und Energieziele, aber auch zur Erhaltung der Versorgungssicherheit. Die Energiewende wirft Fragestellungen auf, wie vor allem die Industrie durch erneuerbare Energien versorgt werden kann. Ein Energieträger-Switch in der österreichischen Industrie stellt auch andere Anforderungen an die existierende Energieinfrastruktur. Anhand von drei Szenarien (*Basis, Effizienz, Umbruch*) werden Perspektiven aufgezeigt, wie die österreichische Industrie vollständig durch erneuerbare Energien versorgt werden kann und was es dazu bedarf. Dabei stellen die Szenarien unterschiedlich ambitionierte Zielerreichungen dar. Insbesondere wurden die jeweiligen Prozessanforderungen, Nutzkategorien, mögliche Technologieoptionen sowie Experteninputs berücksichtigt. Ebenso wurde auf verfügbare Erneuerbaren-Potenziale und mögliche und sinnvolle Einsatzgebiete eingegangen.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit den in Österreich zur Verfügung stehenden Potenzialen an erneuerbaren Energien in allen Szenarien der industrielle Endenergieverbrauch bilanziell gedeckt werden kann. Zur Bewertung der jeweiligen Leistungsbedarfe wurden entsprechende Erzeugungs- und Lastprofile verwendet. Dadurch können Aussagen über minimale und maximale Leistungsbedarfe sowie Unter- und Überdeckungen und in weiterer Folge zu möglichen Speicher- bzw. Importbedarfen getätigt werden. Beispielsweise ergibt sich für elektrische Energie, je nach Szenario, eine Unterdeckung zwischen 1,9 (*Effizienz*) und 7,1 TWh (*Umbruch*). Dieser Bedarf kann also nicht direkt mit den vorhandenen Erneuerbaren-Potenzialen gedeckt werden. Außerdem erhöht sich die berechnete Höchstlast der Industrie im Umbruch-Szenario mit 14,6 GW um mehr als das Doppelte gegenüber dem Status quo (6,3 GW). Im Vergleich dazu lag die Höchstlast im öffentlichen Stromnetz in Österreich im Jänner 2017 bei 10,6 GW. Daraus resultiert, dass die berechnete Höchstlast der Industrie im Umbruch-Szenario um 38 % höher ist als die derzeitige Höchstlast im öffentlichen Stromnetz. Die stärksten Strombedarfsänderungen ergeben sich für die Bundesländer Oberösterreich und Steiermark, bedingt durch die Umstellung des Hochofenprozesses auf Direktreduktion mit Wasserstoff in der *Eisen- und Stahlerzeugung*. Vor allem in Oberösterreich macht sich diese Umstellung deutlich bemerkbar. So steigt der elektrische Energiebedarf deutlich von 9,1 TWh (Status quo 2017) auf 37,2 TWh (*Umbruch*) an. Die simulierte Höchstlast steigt um das Vierfache von 1,9 GW auf 7,7 GW an. [1]

**Keywords:** Industrie, Energieinfrastruktur, Dekarbonisierung, erneuerbare Energien und Potenziale, Energieverbrauchsszenarien, Österreich

## 1 Ausgangslage

Eine verlässliche und umweltfreundliche Bereitstellung von Energie zu leistbaren Preisen und ihr effizienter Einsatz bilden die Grundlage einer modernen Standortpolitik. Ausbau und Optimierung der Energieinfrastruktur sind zur Erreichung der Klima- und Energieziele, aber auch zur Erhaltung der Versorgungssicherheit unbedingt notwendig. Die #mission2030 wirft Fragen auf, wie vor allem die österreichische Industrie durch erneuerbare Energien versorgt werden kann [2].

Mit 94 TWh bzw. 30 % des österreichischen Endenergieverbrauchs (EEV) ist die Industrie neben dem Verkehr ein wesentlicher Energienachfrager. Insbesondere die energieintensive Industrie, die in Österreich 61 % des EEV des produzierenden Bereichs ausmacht, beeinflusst den Verbrauch erheblich [3]. Im Jahr 2017 wurden in Österreich insgesamt 82,3 Mt CO<sub>2eq</sub> (Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalente) emittiert. Die Industrie hat zusammen mit dem Sektor Energie einen Anteil von 45 % der österreichischen CO<sub>2eq</sub>-Emissionen [4], [5].

In den letzten Jahren zeigte sich ein Anstieg bei den erneuerbaren Energien und ein Rückgang der fossilen Energieträger Kohle und Öl. Trotzdem war Gas mit 31 TWh, gefolgt von elektrischer Energie mit 30 TWh, der wichtigste Energieträger [3]. Ein Energieträger-Switch in der österreichischen Industrie stellt auch andere Anforderungen an die existierende Energieinfrastruktur. Dazu zählen neben Erzeugungs- und Netzausbau auch Speichersysteme für entsprechende Flexibilitätsbereitstellung.

### Potenziale an erneuerbaren Energien in Österreich

Die zentrale Fragestellung der IndustRiES-Studie lautete, wie die österreichische Industrie zu 100 % mit erneuerbarer Energie versorgt werden kann. Dazu muss bekannt sein, welche Energieträger in welcher Menge zur Verfügung stehen. Daher wurden sieben Studien analysiert, die Potenziale an erneuerbaren Energien in Österreich bewerten. Je nach Studie reichen die Bandbreiten für ganz Österreich von 219 bis 359 TWh. Demgegenüber steht ein Endenergieverbrauch im Jahr 2017 von 314 TWh für Österreich und von 94 TWh für die österreichische Industrie. Die Gesamtpotenziale zur Deckung des Endenergieverbrauchs wurden schlussendlich mit 231,5 TWh angenommen (siehe Abbildung 1).

Das berücksichtigte technische Potenzial für elektrische Energie ergibt sich zu 118,9 TWh/a. Die Potenziale liegen bei 51,1 TWh/a für Wasserkraft, 32,7 TWh/a für Photovoltaik, 22,5 TWh/a für Windkraft und 11,7 TWh/a für Biogene. Außerdem finden die aktuellen Erzeugungswerte für die Kategorien Müll und Geothermie ebenfalls Berücksichtigung.

Das technische Potenzial für thermische Energie ergibt sich zu 112,6 TWh/a. Es setzt sich zusammen aus 59,9 TWh/a für biogene Brenn- und Treibstoffe sowie 46,0 TWh/a für Umgebungswärme. Zusätzlich stehen die aktuellen Energieträger brennbare Abfälle mit 3,4 TWh/a sowie Fernwärme mit 3,2 TWh/a weiterhin zur Verfügung. [1]

---

\* Nachwuchsautor

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert.



Der Endbericht der IndustRiES-Studie ist abrufbar unter:

[https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/Studie\\_IndustRiES-2019\\_neu.pdf](https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/Studie_IndustRiES-2019_neu.pdf)

## 2 Analyse der industriellen Sektoren und Perspektiven einer Versorgung durch erneuerbare Energien

Für die 13 statistisch erfassten industriellen Sektoren wurden die jeweils aktuell eingesetzten Energieträger, Technologien und soweit möglich bzw. relevant deren Prozesscharakteristika analysiert. Je nach Relevanz wurden Besonderheiten wie bestehender Anteil an Erneuerbaren oder Umsetzungsbarrieren adressiert. Zu jedem Sektor wurde ein Energieflussbild erstellt, das Auskunft über die Menge des jeweils eingesetzten Energieträgers und die Verwendung (Nutzkategorie) gibt. Bezogen auf den Endenergieverbrauch liegt der Erneuerbaren-Anteil des gesamten österreichischen Industriesektors aktuell bei 45 %. Die *Holzverarbeitung* setzt mit 76 % prozentuell die meisten erneuerbaren Energieträger ein. Den niedrigsten Wert weist die *Eisen- und Stahlerzeugung* mit 18 % auf. [6]

### Szenarien: Versorgung der österreichischen Industrie mit erneuerbarer Energie

Anhand der Basisanalysen wurden die drei Szenarien *Basis*, *Effizienz* und *Umbruch* definiert. Bei der Szenarienentwicklung wurden insbesondere die jeweiligen Prozessanforderungen, Nutzenergiekategorien sowie mögliche Technologieoptionen berücksichtigt. Bei der Entwicklung der Szenarien wurden sowohl die Potenziale an erneuerbaren Energien als auch mögliche und sinnvolle Einsatzgebiete berücksichtigt. Die Szenarienentwicklung wurde durch einen partizipativen Prozess begleitet, wobei eine starke Einbindung von Experten und bilaterale Abstimmungen mit Unternehmen im Vordergrund standen. Die drei Szenarien stellen unterschiedlich ambitionierte Zielerreichungen dar, wobei das Umbruch-Szenario auch die Verfahrensumstellung des Sektors *Eisen- und Stahlerzeugung* auf Direktreduktion mit Wasserstoff beinhaltet (siehe u.a. [7], [8], [9]). Für jedes Szenario wurde der industrielle Endenergiebedarf und die notwendigen Energieträger ermittelt. Einen Überblick über die Storylines der einzelnen Szenarien bietet Tabelle 1. Die wesentlichsten Szenarien-Inputparameter sind:

- Effizienzsteigerungen
- Verteilungsschlüssel zwischen Biogenen und elektrischer Energie
- COPs der Wärmepumpen

Tabelle 1: Überblick über die Storylines der drei definierten Szenarien der IndustRIES-Studie [1]

Annahmen / Szenario	Basis	Effizienz	Umbruch
<b>Umsetzungshorizont</b>	Kurz- bis mittelfristig	Mittelfristig	Langfristig
<b>Ausgangsbasis</b>	Brennstoffwechsel auf Erneuerbare (Biogene / elektrische Energie)	Basis-Szenario	Effizienz-Szenario
<b>Wärmeanwendungen</b>	Niedertemperatur mittels Wärmepumpe	Dampferzeugung & Industrieöfen (v.a. Trocknung) mittels Wärmepumpe	Höherer Anteil an Wärmepumpen
<b>(Exergie-) Effizienz</b>	Umstellung fossiler Standmotoren auf elektrische Energie	Prozesseffizienz auf Branchenebene	Biogene und brennbare Abfälle hauptsächlich für Hochtemperatur-Anwendungen
<b>Eisen- und Stahlerzeugung</b>	Kohle & Koks sowie Gichtgas & Kokereigas bleiben Prozessbedingt bestehen		Direktreduktion mit Wasserstoff

### 3 Szenarien: Endenergieverbräuche der österreichischen Industrie

Die Ergebnisse zur Entwicklung der Endenergieverbräuche, anhand der drei definierten Szenarien, ist in Abbildung 1 dargestellt. Auf der linken Seite ist der Status quo (2017) abgebildet, in der Mitte die drei definierten Szenarien und rechts ist das verwendete Erneuerbaren-Potenzial angeführt. Die wichtigsten erneuerbaren Energieträger sind in weißer Schrift in den Balken, sowie deren Anteile am Gesamtverbrauch rechts in Klammer, dargestellt. In den Szenarien wurde angenommen, dass Fernwärme komplett aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt wird und die zur Verfügung stehende Energiemenge konstant bleibt. Für brennbare Abfälle wird angenommen, dass sich die „Circular Economy“ stärker in der Gesellschaft und im Wirtschaftssystem etabliert und die Einsparungen dadurch sowohl das Wirtschafts- als auch das Bevölkerungswachstum kompensieren. Das heißt, das Energieangebot der brennbaren Abfälle bleibt ebenfalls konstant. Dieser Energieträger steht in den Szenarien vor allem dem Sektor *Steine und Erden, Glas* und insbesondere der *Zementindustrie* zur Verfügung.

Endenergieverbrauch nach Energieträgern in den Szenarien

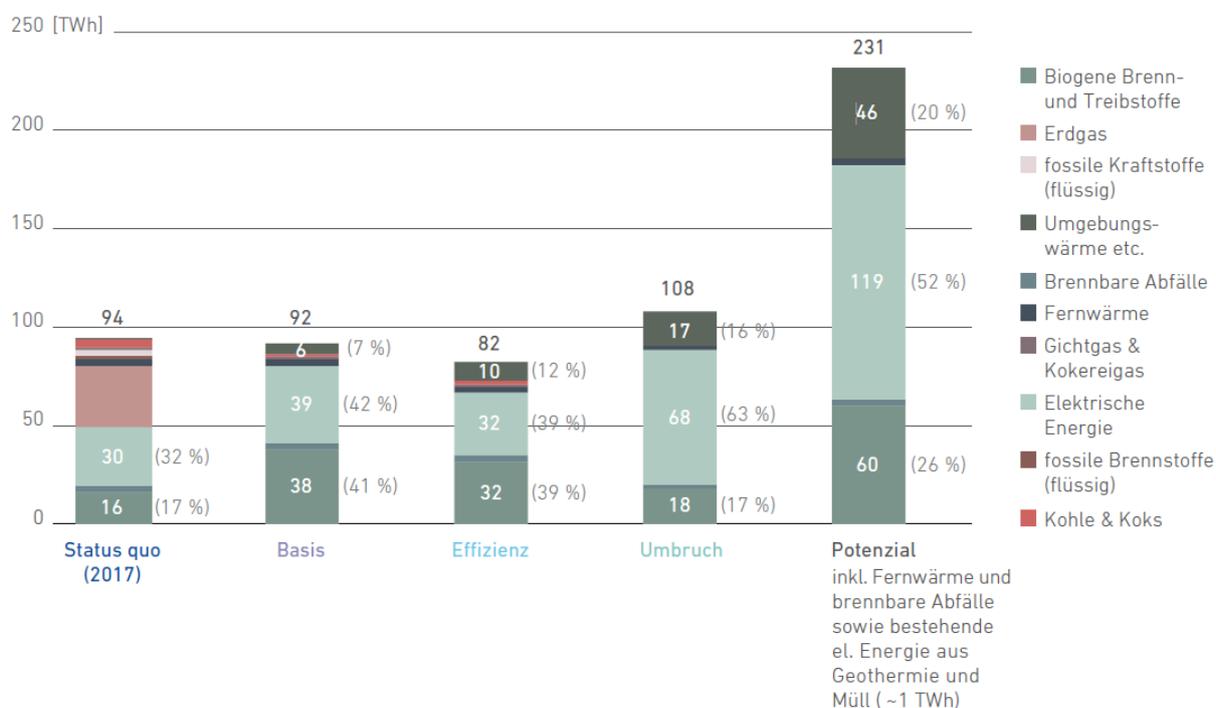


Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Energieträgern – Gegenüberstellung Status quo inkl. Szenarien mit den Erneuerbaren-Potenzialen [1]

#### 3.1 Ergebnisse im Szenarien Vergleich und Deckung der Energienachfrage

Die Szenarien weisen eine Bandbreite des Endenergieverbrauchs von 82 (*Effizienz*) bis 108 TWh (*Umbruch*) auf. Dabei zeigt sich eine zunehmende Verschiebung hin zu elektrischer Energie, vor allem im Umbruch-Szenario. Im Basis- und Effizienz-Szenario spielen auch die biogenen Brennstoffe eine wichtige Rolle, ihr Anteil ist etwa doppelt so hoch im Vergleich zum Status quo. Mit zunehmendem Einsatz von Wärmepumpen gewinnt auch der Energieträger Umgebungswärme an Stellenwert.

Zur Deckung der Energienachfrage steht ein Gesamtpotenzial in der Höhe von 231 TWh an erneuerbaren Energien zur Verfügung. Davon entfallen 119 TWh auf elektrische und 112 TWh auf thermische Energie. Die Ergebnisse zeigen, dass der industrielle Endenergieverbrauch, mit den in Österreich zur Verfügung stehenden Potenzialen an erneuerbaren Energien, in allen Szenarien bilanziell gedeckt werden kann. Die Überschüsse betragen, je nach Szenario, zwischen 123 und 149 TWh bzw. sind um einen Faktor 2,1 bis 2,8 höher als die Nachfrage.

Zu beachten ist allerdings, dass der gesamte Endenergieverbrauch in Österreich im Jahr 2017 314 TWh betrug. Das heißt in der Betrachtung fehlt noch der Endenergieverbrauch für die restlichen Sektoren *Verkehr*, *Private Haushalte*, *Öffentliche und Private Dienstleistungen* und *Landwirtschaft*. Das bedeutet, die Potenziale reichen nicht aus, um diese Sektoren decken zu können, welche insgesamt weitere 220 TWh nachfragen. Dabei ergibt sich eine Deckungslücke, je nach Szenario, in der Höhe von 71 bis 97 TWh. Dieser Bedarf muss durch Importe gedeckt werden.

### 3.1.1 Basis

Im Basis-Szenario werden alle Energieträger auf erneuerbare Energien umgestellt. Eine Ausnahme bildet der Sektor *Eisen- und Stahlerzeugung* für die Bundesländer Oberösterreich und Steiermark, da diese zur Stahlerzeugung nach wie vor Kohle & Koks sowie Gicht- und Kokereigas im Hochofenprozess benötigen. Der Anteil an Erneuerbaren beträgt in diesem Szenario daher nur 96,8 %, da diese fossilen Energieträger 2,9 TWh ausmachen. Effizienzmaßnahmen, bedingt durch den Einsatz von Wärmepumpen, bewirken ein Sinken des EEV um 2 TWh gegenüber dem Status quo. Den stärksten Zuwachs verzeichnen die biogenen Brenn- und Treibstoffe, da sie vor allem als Ersatz für Erdgas sowie für fossile flüssige Brenn- und Kraftstoffe dienen. Durch die teilweise Elektrifizierung von Prozessen und die Umstellung fossiler Standmotoren auf elektrische Energie sowie durch den Einsatz von Wärmepumpen (WP) für Niedertemperaturanwendungen, hauptsächlich für Raumheizung und Klimaanlage, steigt auch der Strombedarf an. Stärker in Erscheinung tritt die Kategorie Umgebungswärme mit 6 TWh durch WP-Anwendungen.

### 3.1.2 Effizienz

Das Effizienz-Szenario weist mit 82 TWh den geringsten industriellen Endenergieverbrauch auf. Dies ist vor allem auf verstärkte Effizienzmaßnahmen in den einzelnen Prozessen als auch thermische Sanierungen (Wärmedämmungen etc.) und Wärmerückgewinnungsmaßnahmen zu begründen. Dadurch nimmt die Energienachfrage bei allen Energieträgern, ausgenommen Umgebungswärme, ab. Durch den Einsatz von Hochtemperatur-Wärmepumpen (HT-WP) in den Nutzkategorien Dampferzeugung und Industrieöfen, vor allem für Trocknungsanwendungen mit einem Einsatzbereich von bis zu 160 °C, steigt die Nachfrage nach Wärmequellen zum Betrieb der WP. Dadurch ist der Anstieg bei Umgebungswärme auf 10 TWh zu begründen. Biogene Brenn- und Treibstoffe sowie elektrische Energie haben einen Anteil von jeweils 32 TWh und decken knapp 80 % des Endenergieverbrauchs. Nach wie vor benötigt der Sektor *Eisen- und Stahlerzeugung* fossile Energieträger, die jedoch durch leicht verbesserte Prozesseffizienz etwas geringer ausfallen. Da dieser Sektor schon sehr energieeffizient ist, wirken sich die Maßnahmen geringer aus als Verbesserungsmaßnahmen in anderen Sektoren und Nutzkategorien. Daher ergibt sich eine leichte Reduzierung des Erneuerbaren-Anteils auf 96,5 % im Vergleich zum Basis-Szenario.

### **3.1.3 Umbruch**

Unter dem Aspekt der exergetischen Effizienz erfolgt in diesem Szenario ein forcierter Einsatz von HT-WP, womit auch der Bedarf an Umgebungswärme auf 17 TWh ansteigt. Die HT-WP verdrängen vermehrt biogene Brennstoffe für Prozesswärmeanwendungen unter 200 °C. Damit stehen diese wertvollen Energieträger für Verbrennungsprozesse bei Temperaturanforderungen von mehreren hundert Grad Celsius zur Verfügung, womit sich deren Bedarf auf 18 TWh reduziert. Prozessanwendungen, die nicht mit HT-WP bedient werden können, werden zunehmend elektrifiziert, sofern sie keine biogenen Brennstoffe (Stichwort „Gasatmosphäre“ in Brennöfen) erfordern. Im Umbruch-Szenario ist eine vollständige Versorgung durch erneuerbare Energien möglich, da der Hochofenprozess durch einen Technologiewechsel auf Direktreduktion mit Wasserstoff umgestellt wird. Bedingt durch die Verfahrensumstellung des Sektors *Eisen- und Stahlerzeugung* steigt der Strombedarf auf insgesamt 68 TWh an. Der EEV ist in diesem Szenario mit 108 TWh am höchsten, da der Energiegehalt des Koks-Einsatzes, der nicht in der Endenergiestatistik aufscheint, nun als EEV in Erscheinung tritt. Für diesen Sektor bedeutet dies auch einen Umbruch, da der hohe Eigenversorgungsgrad aufgegeben wird und sämtliche Energie fremdbezogen werden muss.

## **3.2 Stärkung der Aussagekraft durch stundenbasierte Simulationen**

Den jährlichen Energiebedarfen aus den Szenario Ergebnissen wurden Industrielastprofilen in stündlicher Auflösung hinterlegt. Die verwendeten Profile, deren Herkunft und deren Verwendung werden kurz umrissen.

### **3.2.1 Stromprofil**

Das verwendete Stromprofil wurde aus 29 Einzelprofilen aus [10] generiert und bildet eine Mischform aus verschiedensten Sektoren des produzierenden Bereichs ab. Dieses Profil wird naturgemäß für den Bedarf an elektrischer Energie verwendet. Nach Analyse der Nutzkategorien der einzelnen Branchen wurde der Beschluss gefasst, dieses Profil auch für die Bedarfe an brennbaren Abfällen, Fernwärme und Umgebungswärme zu verwenden. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass für diese Energieträger keine Verbrauchsprofile vorliegen und unter der Annahme, dass das Stromprofil das Produktionsprofil der Industrie am ehesten abbildet.

### **3.2.2 Gasprofil**

Das Gasprofil wurde seitens AGGM Austrian Gas Grid Management AG in normierter und anonymisierter Form zur Verfügung gestellt [11]. Für die Simulation des Bedarfs an biogenen Brenn- und Treibstoffen wurde das industrielle Gasnachfrageprofil für das Marktgebiet Ost für das Jahr 2017 verwendet.

## 4 Bedeutung für die Energieinfrastruktur

Durch die Lastprofile stehen die Energiebedarfe auf Stundenbasis aufgelöst zur Verfügung und können den Erzeugungsprofilen der Energieträger gegenübergestellt werden. Durch die stündliche Granularität ist es möglich, Erzeugung und Nachfrage detailliert darzustellen und zu vergleichen. Dadurch können Aussagen über minimale und maximale Leistungsbedarfe sowie Unter- und Überdeckungen und in weiterer Folge zu möglichen Speicher- bzw. Importbedarfen getätigt werden.

### 4.1 Detailbetrachtung für elektrische Energie

In diesem Kapitel werden Analysen für den Energieträger elektrische Energie exemplarisch dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich jeweils auf Gesamtösterreich<sup>1</sup>. Das Erzeugungsprofil der elektrischen Energie basiert auf den Daten der APG-Erzeugungsstatistik aus dem Jahr 2017 [12] und setzt sich zusammen aus: Windkraft, PV, Biogene, Geothermie, Müll und Wasserkraft. Wasserkraft wiederum unterteilt sich in die Kategorien Lauf- und Schwellwasser sowie (Pump-)Speicher. Letztere beinhaltet auch negative Werte, wenn z. B. die Kraftwerke im Pumpbetrieb bei niedrigen Strompreisen sind. Dies führt dazu, dass teilweise negative Werte für die Gesamtproduktion von elektrischer Energie auftreten, wenn der Pumpbetrieb die Kapazitäten der anderen Erzeuger überwiegt. Dadurch wird implizit ein Markverhalten für elektrische Energie abgebildet. Die Anteile von Geothermie und Müll an der Stromproduktion werden als konstant, d. h. nach Produktionsstand von 2017, mit 0,88 TWh zur Deckung der Energiebedarfe angenommen. Alle anderen Energieträger werden mit den in Abbildung 1 angeführten Potenzialen mit den entsprechenden Erzeugungsprofilen hochskaliert.

Das Potenzial an elektrischer Energie zur Deckung der Energiebedarfe beträgt 118,9 TWh. Dieses ist in Abbildung 2 auf der linken Seite angeführt. Daneben erfolgt die Darstellung des EEV anhand des Status quo und rechts davon der drei Szenarien. Dabei wird der jeweilige Energiebedarf als färbiger Balken ( $\triangleq$  Szenariofarbe) und darüber das resultierende Restpotenzial dargestellt. Dazugehörig werden rechts daneben jeweils die Überdeckung bzw. Unterdeckung angeführt. Die Summe daraus bzw. Potenzial minus Bedarf ergibt das Restpotenzial. Dieses stünde beispielsweise noch anderen Sektoren zur Verfügung. Die berechneten minimalen/maximalen Leistungen sind in Abbildung 3 angeführt. In den einzelnen Balken sind die Energiebedarfe nochmals angegeben. Die maximal auftretenden Leistungen sind oberhalb des Balkens abzulesen, die minimalen Leistungen unterhalb. In allen Szenarien können die Bedarfe bilanziell gedeckt werden und es besteht ein Restpotenzial zwischen 50,6 und 86,9 TWh, das anderswertig eingesetzt werden kann. Die stündliche Auswertung ergibt, dass nicht zu allen Zeitpunkten eine direkte Deckung möglich ist. Es ergibt sich eine Unterdeckung zwischen 1,9 (*Effizienz*) und 7,1 TWh (*Umbruch*) für Gesamtösterreich. Das heißt, dieser Bedarf kann nicht direkt mit den vorhandenen Potenzialen an erneuerbaren Energien gedeckt werden. Obwohl der Bedarf im Umbruch-Szenario im Vergleich zum Effizienz-Szenario nur um den Faktor 2,1 höher ist, steigt die Unterdeckung mit einem Faktor von 3,7 stärker an.

---

<sup>1</sup> Detailliertere Ergebnisse für weitere erneuerbare Energieträger sowie auf Bundeslandebene für elektrische Energie sind der IndustRiES-Studie im Anhang unter Abschnitt „Ergänzung der Detailanalyse der Szenarienergebnisse für elektrische Energie nach Bundesländern“ zu entnehmen.

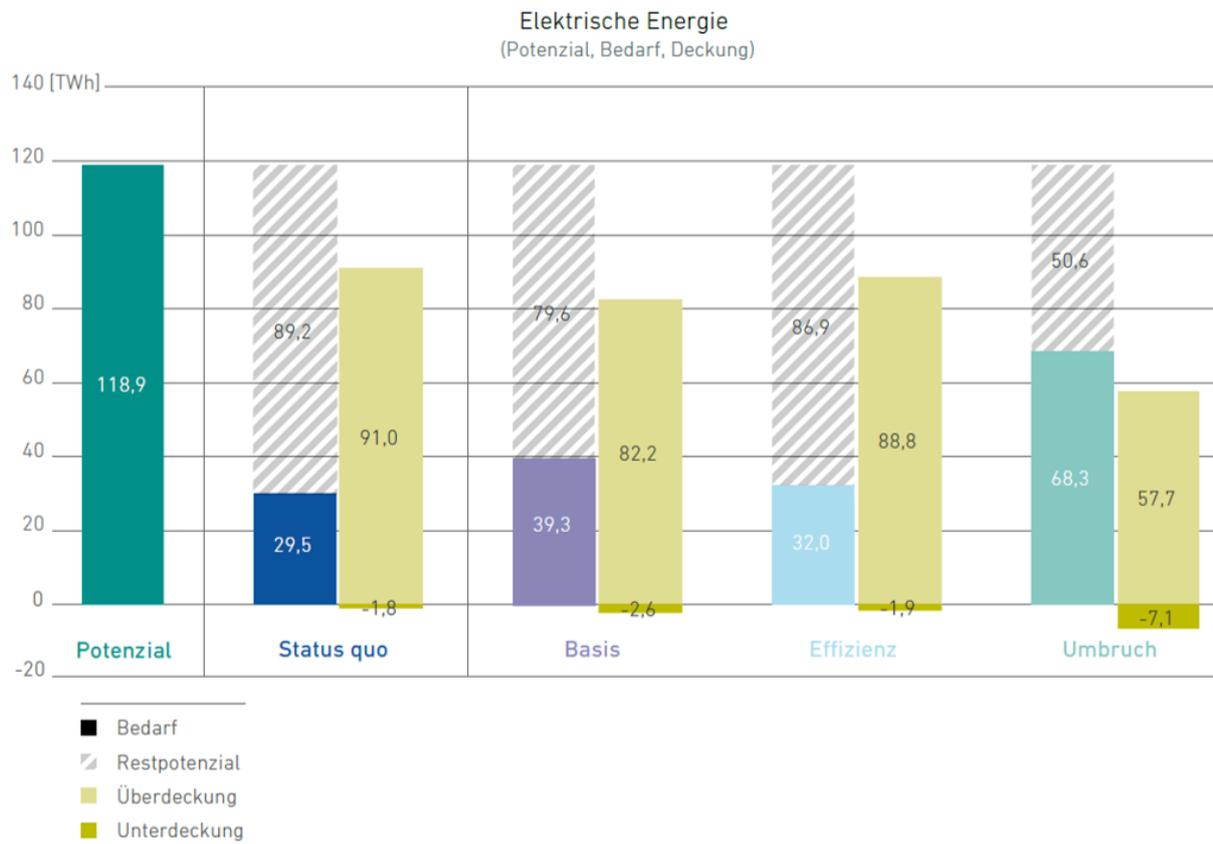


Abbildung 2: Elektrische Energie – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung [1]

Durch Gegenüberstellung des industriellen Stromlastprofils mit dem Bedarf an elektrischer Energie ergibt sich eine simulierte Mindestlast von 1.236 MW und eine Höchstlast von 6.314 MW im Status quo. Das Effizienz-Szenario weist ähnliche Größenordnungen auf, da auch der Gesamtbedarf ähnlich ist. Im Basis-Szenario steigt die Höchstlast auf 8.368 MW an. Hingegen steigen im Umbruch-Szenario sowohl die Mindest- als auch die Höchstlast auf mehr als das Doppelte an. Die simulierte Höchstlast beträgt hier 14.552 MW (vgl. Abbildung 3). Im Vergleich dazu lag im öffentlichen Stromnetz in Österreich die Höchstlast bei 10.578 MW im Jänner und die Mindestlast bei 4.084 MW im August 2017 [13]. Daraus resultiert, dass die simulierte Höchstlast der Industrie im Umbruch-Szenario um 38 % höher ist, als die derzeitige Höchstlast im öffentlichen Stromnetz (siehe Abbildung 4).

Da es keine entsprechenden Verbraucherstatistiken (z. B. wann fragt welche Industrie welche Leistung ab) gibt, sind keine fundierten Aussagen möglich, ob sich einzelne Industrielasten aufsummieren und somit zusätzliche Belastung im öffentlichen Stromnetz verursachen. Es könnte aber auch sein, dass die Höchstlasten der Industrie beispielsweise im Sommer auftreten und somit keine zusätzlichen saisonalen Spitzenbelastungen verursachen. Für robuste Analysen dazu braucht es hochaufgelöste Daten der Verbraucherseite.

Die stärksten Veränderungen treten in den Bundesländern Oberösterreich und Steiermark auf, da der Hochofenprozess in der *Eisen- und Stahlerzeugung* umgestellt wird. Vor allem in Oberösterreich macht sich diese Umstellung deutlich bemerkbar. So steigt der elektrische Energiebedarf deutlich von 9,1 TWh (Status quo) auf 37,2 TWh (*Umbruch*) an. Die Höchstlast steigt ebenso um das Vierfache von 1.934 auf 7.697 MW an. Die auftretende Höchstlast an

elektrischer Energie in Oberösterreich, speziell im Raum Linz, beträgt somit etwas mehr als die Hälfte der berechneten gesamten industriellen Höchstlast im Umbruch-Szenario. Weniger drastisch fallen Veränderungen in den Höchstlasten in der Steiermark aus. Der elektrische Energiebedarf steigt von 5,2 TWh (Status quo) auf 13,8 TWh (*Umbruch*) an. Die Höchstlast steigt dabei um einen Faktor 2,6 bzw. von 1.110 auf 2.930 MW an. Die Steigerungen sind hauptsächlich auf die *Eisen- und Stahlerzeugung* in Linz/Leoben zurückzuführen. [1]

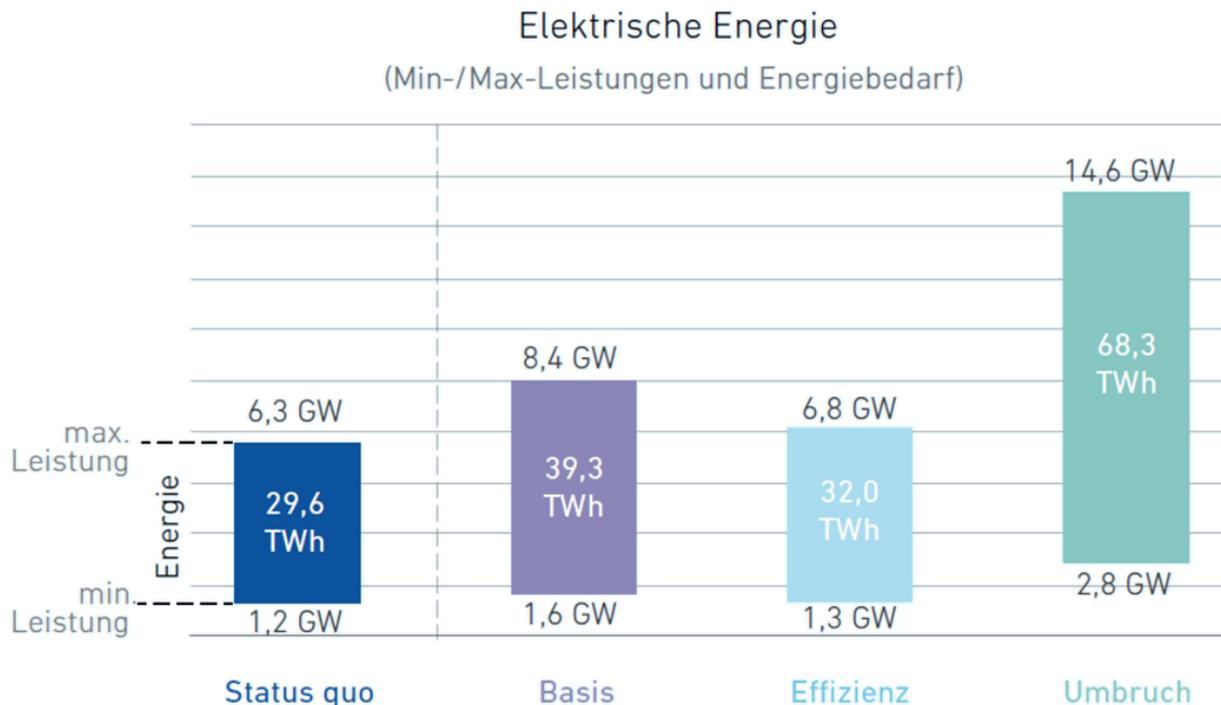


Abbildung 3: Elektrische Energie – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung [1]

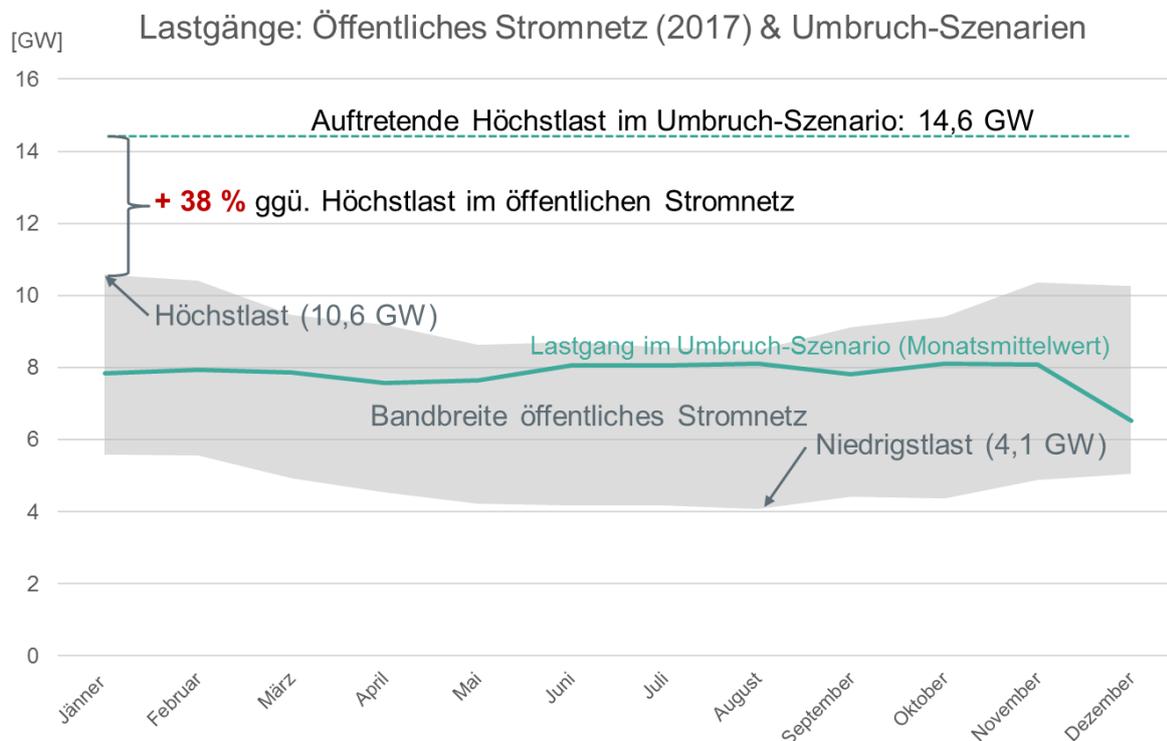


Abbildung 4: Vergleich der Lastgänge im öffentlichen Stromnetz (2017) und im Umbruch-Szenario [1]

## 4.2 Bedeutung für die Energieinfrastruktur

Im Rahmen der Studie wurde das Tool „IndustRiES“ entwickelt. Mit diesem Tool können Anforderungen an die Energieinfrastruktur, bedingt durch die Umstellung der österreichischen Industrie auf eine erneuerbare Energieversorgung, untersucht werden. Die räumliche Darstellung erfolgt auf Bundeslandebene. Durch die interaktive Darstellungsmöglichkeit der Ergebnisse können Abschätzungen getätigt werden, welcher Energieträger wo und in welchen Mengen, in stündlicher Auflösung, benötigt wird. Daraus können Handlungsempfehlungen abgeleitet und Stellschrauben identifiziert werden. Das IndustRiES-Tool soll vor allem Infrastrukturbetreibern, aber auch Planern und Entwicklern von Infrastrukturausbauplänen mögliche Korridore, Schwerpunkte und Verschiebungen aufzeigen, die sich durch die drei Zielszenarien ergeben. Die im Tool hinterlegten Funktionalitäten erlauben es, weitere individuelle und tieferegehende Analysen durchzuführen (siehe Dashboard in Abbildung 5). [1]

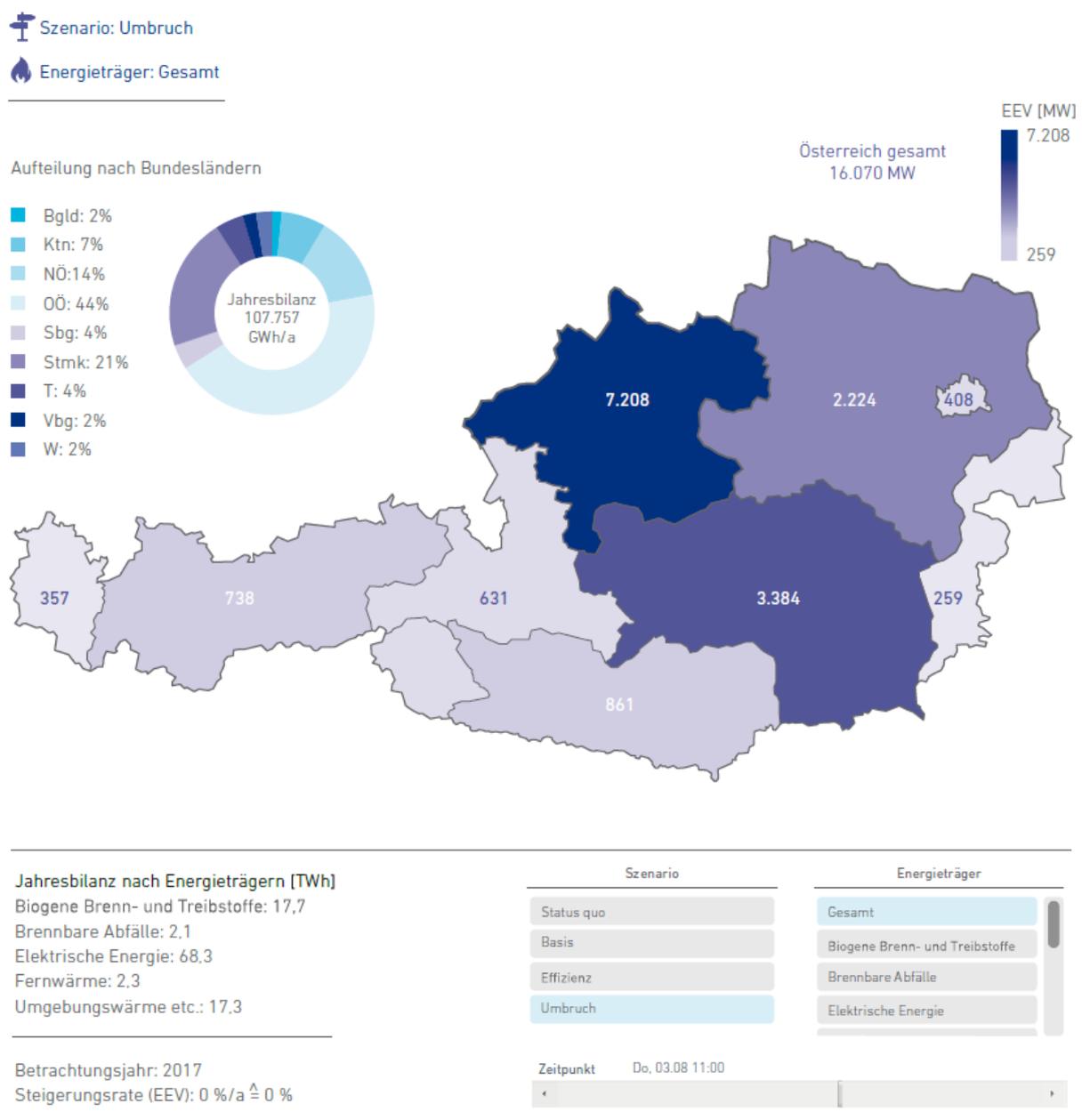


Abbildung 5: IndustRiES-Tool: Endenergieverbrauch der österreichischen Industrie nach Bundesländern [1]

### 4.3 Bewertung des benötigten Erneuerbaren-Potenzials für die Industrie

Als weiteres Feature ist ein Auswahlfeld hinterlegt, mit dem ausgewählt werden kann, wie viel Erneuerbaren-Potenzial für die Industrie zur Verfügung steht. Die Eingaben haben unmittelbar Auswirkungen auf die Berechnungen zu den Über- und Unterdeckungen. Dadurch ist es möglich, bestimmte Modellrechnungen durchzuführen, wie die einzelnen Deckungsgrade aussehen, wenn beispielsweise der Industrie nur 30 % des Gesamtpotenzials zur Verfügung stünden und der Rest auf die übrigen Sektoren aufgeteilt werden würde. Im Umkehrschluss kann auf Bundeslandebene ermittelt werden, wie viel von welchem Energieträger notwendig ist, um den entsprechenden Endenergiebedarf in Abhängigkeit des Szenarios vollständig zu decken. Dieses Feature steht nur für den elektrischen Endenergiebedarf zur Verfügung, da entsprechende Erzeugungsprofile von Wind, PV, etc. vorhanden sind. In Abbildung 6 ist auf Bundeslandebene angegeben, wie viel Potenzial zur Deckung des Jahresendenergiebedarfs benötigt wird. Die Angaben beziehen sich prozentuell auf das pro Bundesland zur Verfügung stehende Potenzial an erneuerbarer elektrischer Energie. Zu sehen ist, dass im Umbruch-Szenario österreichweit 57 % des Potenzials an elektrischer Energie nachgefragt wird. Auf Bundeslandebene zeichnet sich ein unterschiedliches Bild ab. In den grün markierten Bundesländern wird weniger elektrische Energie durch die Industrie nachgefragt als zur Verfügung steht. Hingegen ergibt sich eine Unterdeckung in den Bundesländern Steiermark und Oberösterreich. Vor allem in Oberösterreich wird um 78 % mehr elektrische Energie nachgefragt, als Potenziale auf Bundeslandebene vorhanden sind. [1]

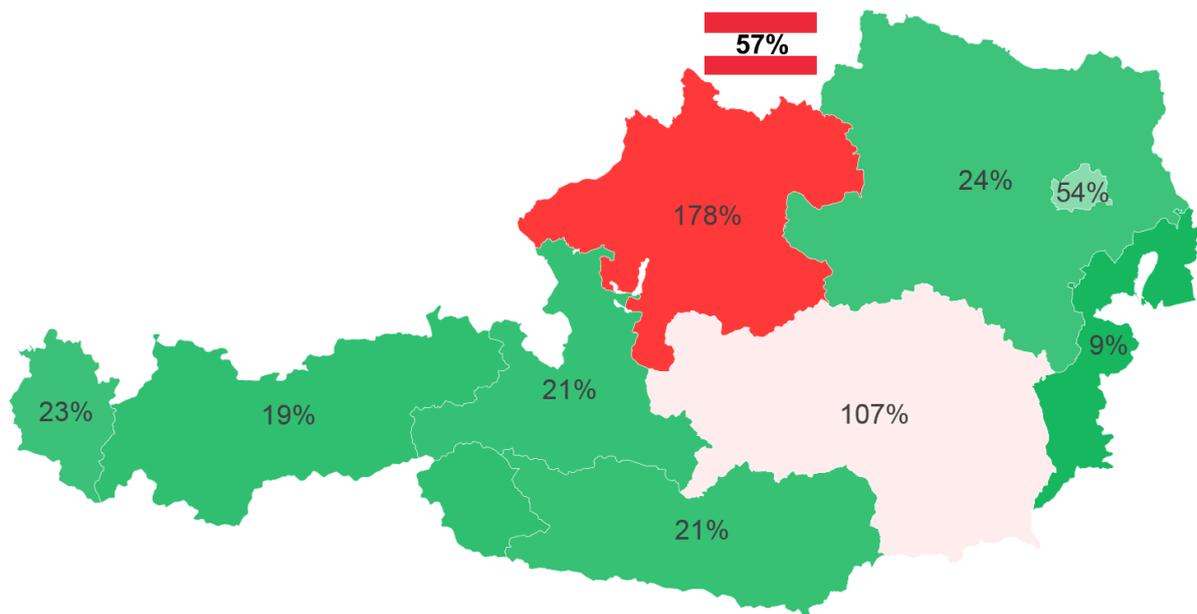


Abbildung 6: Deckung der elektrischen Energie – benötigtes Potenzial erneuerbarer Energie im Umbruch-Szenario [1]

## 5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Bezugnehmend auf die Klima- und Energiestrategie der österreichischen Bundesregierung (#mission2030) untersucht die vorliegende Studie, wie der österreichische Industriesektor zu 100 % mit erneuerbarer Energie versorgt werden kann. Die durchgeführten Auswertungen basieren auf statistischen Daten des österreichischen Industriesektors, die nach Industriesparten, eingesetzten Energieträgern und Nutzungskategorien in der Granularität der Bundesländerstruktur analysiert wurden. Zusätzlich flossen Studien, Berichte sowie Inputs von Unternehmens- und Branchenvertretern, insbesondere bei der Analyse von Industrieprozessen, in die Untersuchungen ein.

Anhand der drei definierten Szenarien „Basis“, „Effizienz“ und „Umbruch“ werden mögliche Wege aufgezeigt, wie die Industrie mit erneuerbaren Energieträgern versorgt werden kann. Die Szenarien weisen eine Bandbreite des Endenergieverbrauchs von 82 TWh (*Effizienz*) bis 108 TWh (*Umbruch*) auf (vgl. Status quo 2017: 94 TWh). Die Ergebnisse zeigen, dass mit den in Österreich zur Verfügung stehenden Potenzialen an erneuerbaren Energien in allen Szenarien der industrielle Endenergieverbrauch zwar bilanziell gedeckt werden könnte – die Potenziale von 231 TWh reichen aber nicht aus, um den gesamten Endenergiebedarf aller Sektoren decken zu können. Es ergibt sich eine Deckungslücke, die je nach Szenario 71 TWh bis 97 TWh beträgt. Diese Unterdeckung muss durch Importe gedeckt werden.

Sowohl die Erzeugung als auch der Verbrauch wurden auf Stundenbasis ausgewertet und miteinander verglichen. Durch diese Granularität können Aussagen über minimale und maximale Leistungsbedarfe sowie Unter- und Überdeckungen und in weiterer Folge zu möglichen Speicher- bzw. Importbedarfen getätigt werden. Für elektrische Energie resultiert je nach Szenario eine Unterdeckung zwischen 1,9 TWh (*Effizienz*) und 7,1 TWh (*Umbruch*) für Gesamtösterreich. Dieser Bedarf kann nicht direkt mit den vorhandenen Potenzialen gedeckt werden.

Des Weiteren erhöht sich die simulierte Höchstlast der Industrie im *Umbruch*-Szenario mit 14,6 GW um mehr als das Doppelte gegenüber dem Status quo (6,3 GW). Im Vergleich dazu lag die Höchstlast im Jänner 2017 im öffentlichen Stromnetz in Österreich bei 10,6 GW. Daraus resultiert, dass die berechnete Höchstlast der Industrie im *Umbruch*-Szenario um 38 % höher ist als die derzeitige Höchstlast im öffentlichen Stromnetz. Die stärksten Strombedarfsänderungen ergeben sich für die Bundesländer Oberösterreich und Steiermark, bedingt durch die Umstellung des Hochofenprozesses auf Direktreduktion mit Wasserstoff in der *Eisen- und Stahlerzeugung*. Vor allem in Oberösterreich macht sich diese Umstellung deutlich bemerkbar. So steigt der Industrie bedingte elektrische Energiebedarf deutlich von 9,1 TWh (Status quo) auf 37,2 TWh (*Umbruch*) an. Die ermittelte Höchstlast steigt ebenso um das Vierfache von 1,9 GW auf 7,7 GW an. Die auftretende Höchstlast an elektrischer Energie in Oberösterreich, speziell im Raum Linz, beträgt somit etwas mehr als die Hälfte der berechneten gesamten industriellen Höchstlast im *Umbruch*-Szenario.

### Energiepolitische Handlungsempfehlungen

Die Studienergebnisse zeigen, dass bei der Ausschöpfung aller verfügbaren Erneuerbaren-Potenziale und unter der Annahme einer vollständig dekarbonisierten Energieversorgung des Industriesektors eine Deckungslücke von bis zu 97 TWh im Endenergiebedarf entsteht, die durch Importe gedeckt werden muss. Es ist daher unumgänglich, die vorhandenen Potenziale

für erneuerbare Energien großflächig und unverzögert, im Einklang integrierter europäischer Energieinfrastrukturen, auszubauen.

Die Szenarienergebnisse zeigen, dass die stärksten Veränderungen des Strombedarfs in den Bundesländern Oberösterreich (Raum Linz) und Steiermark (Raum Leoben/Mürztal) auftreten werden. Hingegen liegen viele Erneuerbaren-Potenziale örtlich nicht unbedingt dort, wo die energieintensive Industrie angesiedelt ist (Windkraft in Ostösterreich, Wasserkraft in Alpenregionen). Aus Sicht der gesamten Energieinfrastruktur ist es erforderlich, Erzeugung und Verbrauch (v.a. die „Hotspots“) geografisch als auch zeitlich so hoch wie möglich aufzulösen. Dazu muss aber auch die (statistische) Datengrundlage hochaufgelöst vorliegen.

Im zukünftigen Energiesystem werden Industrieunternehmen als Prosumer verstärkt aktiv eingebunden sein und flexibel auf Änderungen reagieren und somit einen Beitrag zur Aufrechterhaltung der Versorgungssituation leisten. Dazu müssen neue Kopplungsstellen zwischen den Energiesektoren erfasst werden, um eine effizientere Aufbringung des zur Kompensation fluktuierender Erzeugung notwendigen Flexibilitäts- und Speicherbedarfs zu ermöglichen.

### **FTI-politische Handlungsempfehlungen**

Die in der Studie durchgeführte Untersuchung zu Erneuerbaren-Potenzialen zeigte Limitationen im Zusammenhang mit der Qualität der verfügbaren Daten auf. Abhilfe kann ein öffentlich verfügbarer Potenzialkataster für Österreich mit verschiedenen Detaillierungsgraden sein. Zum einen muss der höhere Detailgrad die Energieträger und die Potenzialkategorie selbst betreffen (theoretisch, technisch, wirtschaftlich) und zum anderen die räumliche (z. B. Bundesland- oder Bezirksebene) und zeitliche Auflösung (Stundenprofile).

Bei der Erschließung von industriellen Abwärme-Potenzialen sind ebenso weitere Umsetzungs- und Forschungsanstrengungen notwendig, um diese optimal zu nutzen. Die Empfehlung lautet, einen detaillierten Abwärme-Kataster für ganz Österreich, inkl. Berücksichtigung von verschiedenen Sektoren und Temperaturniveaus sowie Zeitprofilen zu erstellen und diesen aktuell zu halten.

Für eine ganzheitliche Beurteilung der notwendigen Maßnahmen für die Energieinfrastrukturentwicklung ist es notwendig, die Entwicklungspfade der anderen Sektoren im Zusammenhang mit der Dekarbonisierung des Energiesystems zu modellieren. Die notwendigen Untersuchungen inkludieren die Klärung, welche Energieträger für welche Anwendungen zum Einsatz kommen sollen und in welcher Form die zu importierende Deckungslücke an Energie aufgebracht werden kann.

## Referenzen

- [1] R. Geyer, S. Knöttner, C. Diendorfer und G. Drexler-Schmid, „IndustRIES - Energieinfrastruktur für 100 % Erneuerbare Energie in der Industrie,“ AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, 2019.
- [2] bmnt & bmvit, „#mission2030,“ Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2018.
- [3] STATISTIK AUSTRIA, „Gesamtenergiebilanz Österreich 1970 bis 2017 (Detailinformation),“ 2018. [Online]. Available: [http://statistik.gv.at/web\\_de/statistiken/energie\\_umwelt\\_innovation\\_mobilitaet/energie\\_und\\_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html](http://statistik.gv.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html).
- [4] Umweltbundesamt GmbH, „Treibhausgase,“ [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/treibhausgase/>. [Zugriff am 05 März 2019].
- [5] UBA, „Klimaschutzbericht 2018,“ Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2018.
- [6] STATISTIK AUSTRIA, „Nutzenergieanalyse,“ STATISTIK AUSTRIA - Bundesanstalt Statistik Österreich, 2018. [Online]. Available: [https://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_umwelt\\_innovation\\_mobilitaet/energie\\_und\\_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html](https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/nutzenergieanalyse/index.html). [Zugriff am 21 Januar 2019].
- [7] J. Prammer, *European Forum Alpbach - voestalpine*, Alpbach, 2018.
- [8] „H2-Future-Projekt,“ 11 05 2019. [Online]. Available: <https://www.h2future-project.eu/technology>.
- [9] B. Kohl, *Energiebedarf H2-Herstellung - voestalpine Beitrag zum HyLaw Workshop*, Linz, 2018.
- [10] R. Geyer, „Machbarkeitsstudie eines Plusenergie-Businessparks – im Zusammenhang mit den Bestrebungen der energieautonomen Stadtgemeinde Korneuburg 2036,“ Masterthesis, Hauskirchen, 2015.
- [11] AGGM Austrian Gas Grid Management AG, „Normierte und anonymisierte Absätze Tagesgang,“ AGGM Austrian Gas Grid Management AG, Wien, 2019.
- [12] Austrian Power Grid AG, „Erzeugung nach Typ,“ [Online]. Available: <https://www.apg.at/de/markt/Markttransparenz/erzeugung/Erzeugung%20pro%20Typ>. [Zugriff am 12 Juni 2019].
- [13] E-Control, „Betriebsstatistik. Öffentliches Netz in Österreich: Charakteristische Kennzahlen - Netzabgabe 2018,“ Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft, August 2018. [Online]. Available: <https://www.e-control.at/betriebsstatistik2018>. [Zugriff am 31 Juli 2019].