

# INDUSTRIES

**AIT**  
AUSTRIAN INSTITUTE  
OF TECHNOLOGY



*Roman Geyer  
Sophie Knöttner  
Christian Diendorfer  
Gerwin Drexler-Schmid*

## IndustRiES

Energieinfrastruktur für 100 % Erneuerbare Energie in der Industrie

Wien, 09.2019

Erstellt im Auftrag des Klima- und Energiefonds

# Vorwort

---

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser!

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 dafür unbedingt notwendig. Schon heute sind wir „Front Runner“ bei Energietechnologien und Österreichs Industrie gehört zu den effizientesten weltweit. Eine schrittweise Anpassung der Energieinfrastruktur ist unerlässlich, um die Klima- und Energieziele bis 2030 und die Dekarbonisierung bis 2050 zu erreichen.

Ziel der aktuellen Studie, mit der wir das AIT Austrian Institute of Technology beauftragt haben, war es zu untersuchen, wie die österreichische Industrie zu 100% mit erneuerbaren Energien versorgt werden kann und welche Anforderungen an die Infrastruktur daraus resultieren. Skizziert werden sollten ebenso Handlungsempfehlungen für die österreichische Energieinfrastruktur. Das Ergebnis liegt nun vor: Die 100%-ige Versorgung der Industrie mit erneuerbaren Energien ist theoretisch möglich. Großer Handlungsbedarf besteht jedoch vor allem bei Erzeugungs- und Netzausbau sowie bei Speichern für entsprechende Flexibilitätsbereitstellung.

So wird durch die Studie eines besonders deutlich – Innovationen „Made in Austria“ sind notwendig, um den steigenden Anteil von erneuerbaren Energien in das industrielle Energiesystem einbinden zu können. Wir unterstützen mit unserem Energieforschungsprogrammen die heimische Wirtschaft bei der Entwicklung dieser Innovationen – und auch dabei, diese rasch am globalen Markt zu etablieren.

Eine aufschlussreiche Lektüre wünscht Ihnen  
Ihr Klima- und Energiefonds

# Executive Summary

---

## Ausgangslage

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. Dazu zählen neben Erzeugungs- und Netzausbau auch Speichersysteme für entsprechende Flexibilitätsbereitstellung.

## Die Energiesituation der österreichischen Industrie

Mit 94 TWh bzw. 30 % des österreichischen Endenergieverbrauchs ist die Industrie neben dem Verkehr ein wesentlicher Energienachfrager. Insbesondere die energieintensive Industrie, die in Österreich einen Anteil von 61 % am Endenergieverbrauch des produzierenden Bereichs ausmacht, beeinflusst den Verbrauch erheblich. In den letzten Jahren zeigte sich ein Anstieg bei den erneuerbaren Energien und ein Rückgang der fossilen Energieträger Kohle und Öl. Trotzdem war Gas, gefolgt von elektrischer Energie, der wichtigste Energieträger. Im Jahr 2017 wurden in Österreich insgesamt 82,3 Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalente emittiert. Die Industrie hat zusammen mit dem Sektor Energie einen Anteil von 45 %.

## Analyse bestehender Energieszenarien

Im Rahmen dieser Arbeit wurden bestehende Studienergebnisse hinsichtlich Endenergiebedarfsszenarien für Gesamtösterreich und die österreichische Industrie mit den Zeithorizonten 2030 bzw. 2050 untersucht. Die aufgezeigten Bandbreiten der skizzierten Energieszenarien lassen keine robusten Prognosen hinsichtlich der Entwicklung des industriellen Endenergieverbrauchs

zu. Daher beziehen sich in dieser Studie alle Analysen und Szenarien auf den Status quo von 2017. In dem in dieser Studie entwickelten Tool „IndustRiES“ wurde allerdings eine Funktionalität eingebaut, um Wirtschaftswachstum und somit geänderte Energienachfrage für entsprechende Zukunftsentwicklungen zu berücksichtigen.

## Potenziale an erneuerbaren Energien in Österreich

Insgesamt wurden sieben Studien analysiert, die die Potenziale der 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 317 TWh für Österreich und von 94 TWh für die österreichische Industrie. Die Gesamtpotenziale zur Deckung des Endenergieverbrauchs wurden in dieser Studie mit 231 TWh angenommen.

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

Für die 13 statistisch erfassten industriellen Sektoren werden die jeweils eingesetzten Energieträger, Technologien und soweit möglich bzw. relevant deren Prozesscharakteristika beschrieben. Je nach Relevanz werden Besonderheiten wie Anteil an bestehenden Erneuerbaren oder Umsetzungsbarrieren adressiert. Zu jedem Sektor wird ein Energieflussbild gezeigt, das Auskunft über die Menge des jeweils eingesetzten Energieträgers und die Verwendung (Nutzkategorie) gibt. Darüber hinaus erfolgt eine prozentuelle Zusammensetzung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern. Insgesamt ergibt sich ein Erneuerbaren-Anteil für die gesamte Industrie von 45 % bezogen auf den Endenergieverbrauch. Den niedrigsten Wert weist die *Eisen- und Stahlerzeugung* mit 18 % auf. Die *Holzverarbeitung* setzt mit 76 % die meisten erneuerbaren Energieträger ein.

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

Anhand der Basisanalysen wurden die drei Szenarien *Basis, Effizienz und Umbruch* definiert. Bei der Szenarientwicklung wurden insbesondere die jeweiligen Prozessanforderungen, Nutzkategorien sowie mögliche Technologieoptionen berücksichtigt. Ebenso wurde auf die Potenziale der erneuerbaren Energien und mögliche und

sinnvolle Einsatzgebiete eingegangen. 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.

Die Storylines sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst:

#### 8 Input-Parameter

Umsetzungshorizont: Kurz- bis mittelfristig  
 Brennstoffwechsel auf Erneuerbare (Biogene / Elektrische Energie)  
 Niedertemperatur mittels Wärmepumpe  
 Umstellung fossiler Standmotoren auf elektrische Energie  
 Kohle & Koks sowie Gichtgas & Kokereigas bleiben für Eisen- und Stahlerzeugung

### BASIS

#### 53 Input-Parameter

Umsetzungshorizont: Mittelfristig  
Ausgangsbasis: Basis-Szenario  
 Dampferzeugung & Industrieöfen (Trocknung) mittels Wärmepumpe  
 Prozesseffizienz auf Branchenebene  
 Kohle & Koks sowie Gichtgas & Kokereigas bleiben für Eisen- und Stahlerzeugung

### EFFIZIENZ

#### 53 Input-Parameter

Umsetzungshorizont: Langfristig  
Ausgangsbasis: Effizienz-Szenario  
 Höherer Anteil an Wärmepumpen  
 Biogene und Brennbare Abfälle hauptsächlich für Hochtemperatur-Anwendungen  
 Eisen- und Stahlerzeugung: Direktreduktion mit Wasserstoff

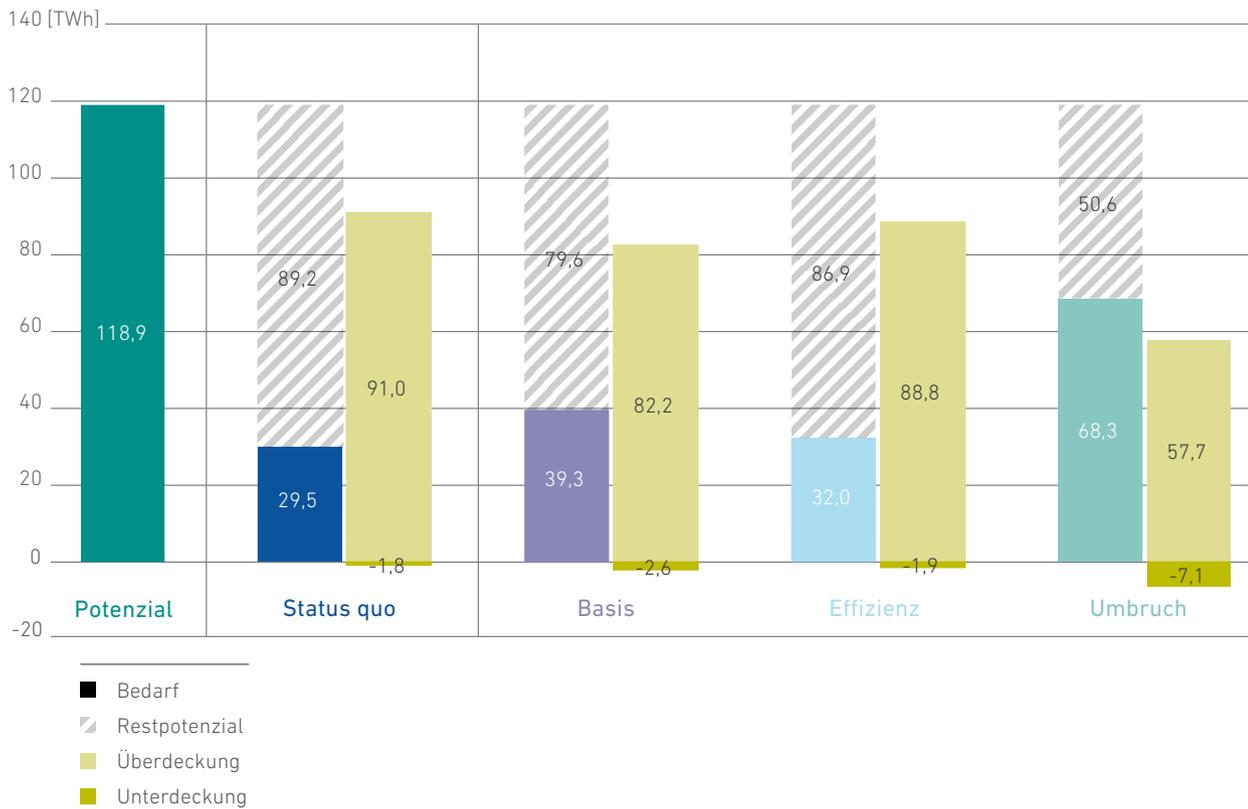
### UMBRUCH



Den jährlichen Energieverbräuchen wurden stündliche Lastprofile hinterlegt. Durch die stündliche Granularität ist es möglich, Erzeugung und Nachfrage detailliert miteinander 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. Beispielsweise ergibt sich für elektrische Energie eine Unterdeckung zwischen 1,9 (Effizienz) und 7,1 TWh (Umbruch) für Gesamtösterreich. 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.

Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)



**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 Auflösung ist durch die zur Verfügung stehende Datenbasis auf Bundeslandebene definiert. Durch die interaktive Darstellungsmöglichkeit der Ergebnisse können Abschätzungen getätigt werden, wann und wo welcher Energieträger

in welchen Mengen 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 tiefergehende Analysen durchzuführen.

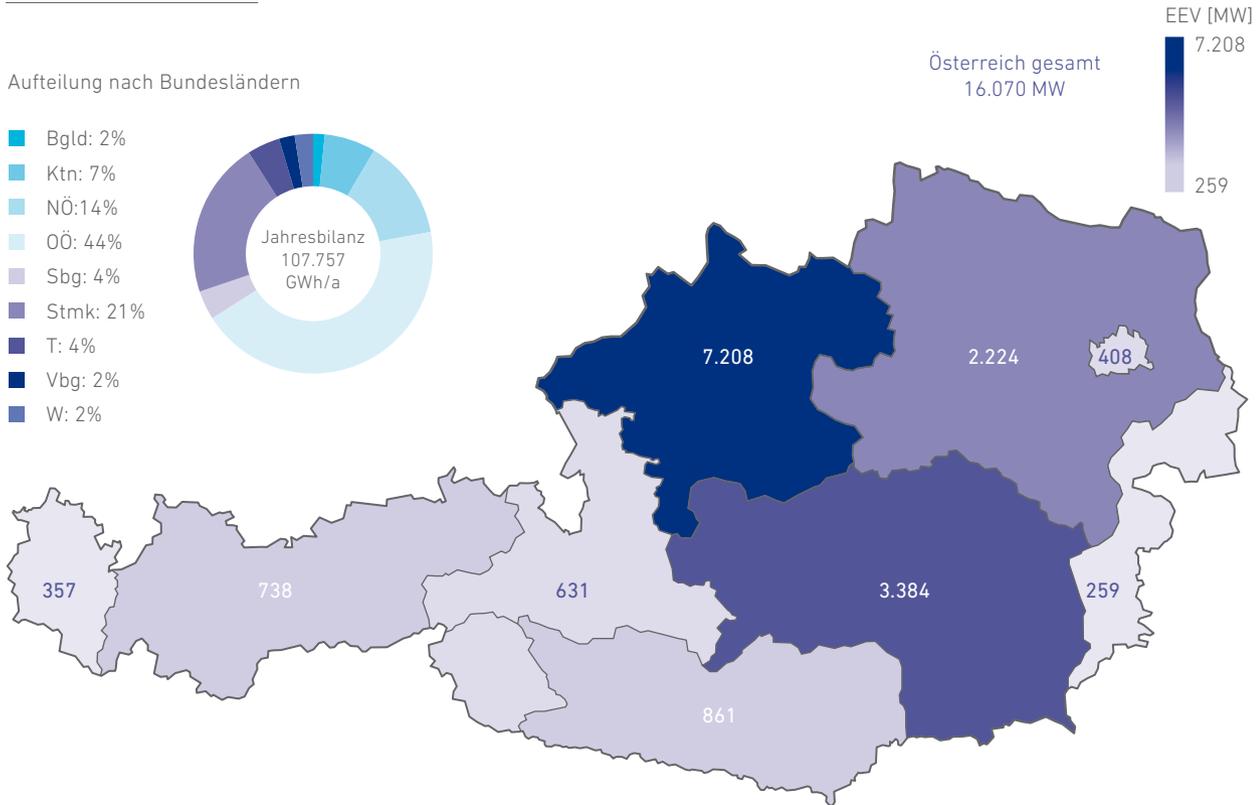
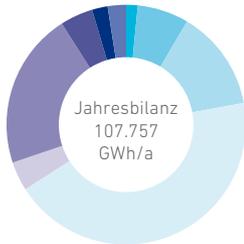
Energieverbrauch (EEV) der österreichischen Industrie nach Bundesländern

 Szenario: Umbruch

 Energieträger: Gesamt

Aufteilung nach Bundesländern

- Bgld: 2%
- Ktn: 7%
- NÖ: 14%
- OÖ: 44%
- Sbg: 4%
- Stmk: 21%
- T: 4%
- Vbg: 2%
- W: 2%



Jahresbilanz nach Energieträgern [TWh]

Biogene Brenn- und Treibstoffe: 17,7  
 Brennbare Abfälle: 2,1  
 Elektrische Energie: 68,3  
 Fernwärme: 2,3  
 Umgebungswärme etc.: 17,3

Betrachtungsjahr: 2017  
 Steigerungsrate (EEV): 0 %/a  $\hat{=}$  0 %

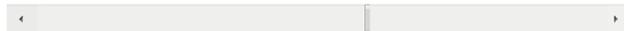
Szenario

- Status quo
- Basis
- Effizienz
- Umbruch**

Energieträger

- Gesamt**
- Biogene Brenn- und Treibstoffe
- Brennbare Abfälle
- Elektrische Energie

Zeitpunkt Do, 03.08 11:00



## Energiepolitische Handlungsempfehlungen

### **Verstärkter und unverzügter Ausbau an erneuerbaren Energien und integrierten europäischen Energieinfrastrukturen**

Die Studienergebnisse zeigen, dass bei der Ausschöpfung aller verfügbaren Potenziale für erneuerbare Energien 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 unverzüglich auszubauen. Zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und im Sinne eines gesamtwirtschaftlichen Optimums sind Erhaltung und Ausbau von integrierten, europaweit vernetzten Energieinfrastrukturen notwendig. In diesem Zusammenhang ist es essentiell, die Übertragungsinfrastrukturen entsprechend den europäischen Netzentwicklungsplänen auszubauen, um die Versorgungssicherheit sicherstellen zu können. Ebenso ist basierend auf dem steigenden Bedarf an energetischer Flexibilität in entsprechende Flexibilitätsoptionen (Speicher, Power to Gas, regelbare Kraftwerke etc.) zu investieren. Notwendig dafür sind Verfahrensbeschleunigungen zur fristgerechten Umsetzung von Erzeugungs- und Leitungsbauprojekten.

### **Erfassung neuer Kopplungsstellen zwischen den Energiesektoren**

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. Aufgrund der großen Bandbreite der eingesetzten Prozesse ergeben sich auch neue Schnittstellen und Synergien zwischen Strom, Gas und Wärme/Kälte. Im Sinn der Effizienz und Brennstoffausnutzung ist es sinnvoll, die unterschiedlichen Energiedomänen miteinander zu vernetzen und gemeinsame Pläne zu entwickeln, die sowohl die jeweiligen Erzeuger als auch Verbraucherstrukturen erfassen. Stärkere Verkopplung der Energie-

sektoren ermöglicht eine effizientere Aufbringung des zur Kompensation fluktuierender Erzeugung notwendigen Flexibilitäts- und Speicherbedarfs.

### **Erfassung der örtlichen und zeitlichen Verteilung potenzieller Erneuerbaren-Energien-Einspeisung**

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). D.h. langfristig bedarf es eines verstärkten Infrastrukturausbaus in den Regionen dieser „Verbrauch-Hotspots“, um der Industrie eine vollständige Versorgung durch erneuerbare Energien zu ermöglichen. Zusätzlich müssen regionale Netzausbauten zum Anschluss neuer Windparks, Lauf- und (Pump-)Speicherkraftwerke sowie die Verstärkung der Netzanbindungen an das benachbarte Ausland erfolgen. Aus Sicht der gesamten Energieinfrastruktur ist es erforderlich, Erzeugung und Verbrauch geografisch als auch zeitlich so hoch wie möglich aufzulösen. Dazu muss aber auch die statistische Datengrundlage hochaufgelöst vorliegen.

## FTI-politische Handlungsempfehlungen

### **Technologieentwicklung: Erhöhung der Energieeffizienz in der Industrie**

Die Industrie ist für rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs in Österreich verantwortlich. Neben einem massiven Ausbau an erneuerbaren Energien bedarf es auch Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz. Die Analysen der einzelnen Sektoren haben gezeigt, dass Optimierungspotenzial in Industrieprozessen vorhanden und sektorspezifisch unterschiedlich hoch ist. Beispielsweise kann ungenutzte Abwärme in anderen Prozessen verwendet bzw. zwischengespeichert oder in Wärmenetze ausgekoppelt werden. Basistechnologien zur Erhöhung der Energieeffizienz (z. B. über Abwärmenutzung) sind

Hochtemperaturwärmepumpen und thermische Speicher. Wasserstoff kann im zukünftigen industriellen Energiesystem einerseits als Energieträger für hochexergetische Prozesse eingesetzt werden und ist andererseits Basis der stofflichen Dekarbonisierung von Produktionsprozessen (z. B. in der Stahlindustrie). Österreich ist im Bereich Entwicklung und Systemintegration derartiger Systeme gut positioniert. Es ist daher anzustreben, Österreich als Frontrunner in diesen Technologien am Weltmarkt zu positionieren und entsprechende Forschungs- und Innovationsvorhaben zu fördern (siehe auch „Leuchtturm 9, Energieforschungsinitiative 1 – Bausteine für die Energiesysteme der Zukunft“ der #mission2030).

#### **Großflächige Demonstratoren: Validierung von Technologien und Systemlösungen**

Die Transformation des industriellen Energiesystems erfordert die Entwicklung von neuen Basistechnologien (Leistungselektronik, Wärmepumpen, Speicher, Automatisierungstechnik etc.) sowie die Umsetzung neuer Systemlösungen (Planungs- und Betriebsoptimierung von Prozessen, Beteiligung an Energiemärkten, lokale Energiegemeinschaften etc.). Um die Komplexität dieses Transformationsprozesses beherrschen zu können und die Barriere zwischen Lab-scale und Rollout überbrücken zu können, werden großflächige Demonstratoren (z. B. Vorzeigeregionen Energie) benötigt, die sowohl technologische als auch systemische Learnings ermöglichen und somit ein Umsetzungsrisiko für die Industrie wesentlich mindern. Darüber hinaus schaffen großflächige Demonstratoren internationale Sichtbarkeit für österreichische Technologien und Produkte (siehe auch „Leuchtturm 10, Energieforschungsinitiative 2 – Programm Mission Innovation Austria“ der #mission2030).

#### **Grundlagen: Erweiterung der statistischen Datengrundlage und Einführung eines Potenzialkatasters für erneuerbare Energien und Abwärme**

Zu den Herausforderungen bei der Erschließung von Abwärme-Potenzialen zählen neben rechtlichen Rahmenbedingungen die Identifikation und Bewertung von

Abwärmepotenzialen, der zeitliche Versatz zwischen Erzeugung und Verbrauch und die Nutzbarmachung von verunreinigten Abwärmeströmen. In Zukunft sind auf diesem Gebiet weitere Umsetzungs- und Forschungsanstrengungen notwendig, um das Potenzial von industrieller Abwärme optimal zu nutzen. Eine Empfehlung lautet, einen detaillierten Abwärme-Kataster für ganz Österreich, inkl. Berücksichtigung von verschiedenen industriellen Sektoren und Temperaturniveaus sowie Abwärmeprofilen zu erstellen und diesen durch entsprechende Maßnahmen aktuell zu halten. 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).

#### **Modellierung: Szenarien und Rahmenbedingungen für eine integrierte Energieinfrastrukturentwicklung**

In der vorliegenden Studie wurden Potenziale und Szenarien zur 100-%-Versorgung der österreichischen Industrie durch erneuerbare Energien entwickelt sowie die in diesem Zusammenhang stehenden Auswirkungen und Anforderungen auf die Energieinfrastrukturen untersucht. 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 erfassen. Die notwendigen Untersuchungen inkludieren die Klärung, welche Energieträger für welche Anwendungen zum Einsatz kommen und in welcher Form die zu importierende Deckungslücke an Energie aufgebracht werden kann.

<b>1.0</b>	<b>Motivation</b>	<b>11</b>
<b>2.0</b>	<b>Die österreichische Industrie</b>	<b>12</b>
2.1	Bedeutung der österreichischen Industrie	12
2.2	Die österreichische Industrie im internationalen Vergleich	12
2.3	Sektoraler energetischer Endverbrauch in Österreich	14
2.4	Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern der österreichischen Industrie	16
2.5	Energieeffizienz der österreichischen Industrie	18
2.6	Ausstoß an CO <sub>2</sub> -Emissionen in Österreich und Anteil der Industrie	19
2.7	Stuserhebung der Endenergieverbräuche nach industriellen Sektoren	19
2.8	#mission2030 – die österreichische Klima- und Energiestrategie	23
2.8.1	Erneuerbare Energie	23
2.8.2	Energieeffizienz	23
2.8.3	Treibhausgasziele	23
2.8.4	Wettbewerbsfähigkeit der Industrie	23
2.8.5	Die Industrie als Verbraucher und Ermöglicher	24
2.8.6	Infrastruktur für ein nachhaltiges Österreich	25
<b>3.0</b>	<b>Analyse bestehender Energieszenarien</b>	<b>26</b>
3.1	Energetischer Endverbrauch Gesamtösterreich	26
3.2	Energetischer Endverbrauch Industrie	27
<b>4.0</b>	<b>Erneuerbare Energien – Potenziale in Österreich</b>	<b>31</b>
4.1	Vergleich von Potenzialen an erneuerbaren Energien in Österreich	31
4.2	Gewählte Potenziale in IndustRIES	34
4.3	Studien mit Gesamtbetrachtungen	35
4.4	Studien mit Einzelbetrachtungen	36
<b>5.0</b>	<b>Analyse der industriellen Sektoren und Perspektiven einer Versorgung durch erneuerbare Energien</b>	<b>38</b>
5.1	Bau	39
5.2	Bergbau	44
5.3	Chemie und Petrochemie	47
5.4	Eisen- und Stahlerzeugung	52
5.5	Fahrzeugbau	59
5.6	Holzverarbeitung	63
5.7	Maschinenbau	66
5.8	Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	69
5.9	Nichteisenmetalle	72
5.10	Papier und Druck	75
5.11	Steine und Erden, Glas	80
5.12	Textil und Leder	87
5.13	Sonstiger Produzierender Bereich	90
<b>6.0</b>	<b>Versorgung der österreichischen Industrie mit erneuerbarer Energie</b>	<b>92</b>
6.1	Szenarienentwicklung	92
6.1.1	Basis	94

6.1.2	Effizienz	96
6.1.3	Umbruch	98
6.2	Szenarienauswertung mittels NEAT-Tool	100
<b>7.0</b>	<b>Szenarienergebnisse: Endenergieverbräuche der österreichischen Industrie</b>	<b>105</b>
7.1	Szenarienvergleich	105
7.2	Stärkung der Aussagekraft durch Analysen auf Stundenbasis	108
7.2.1	Stromprofil	108
7.2.2	Gasprofil	109
7.3	Detailanalyse der Szenarienergebnisse	110
7.3.1	Elektrische Energie	110
7.3.2	Biogene Brenn- und Treibstoffe	113
7.3.3	Brennbare Abfälle	114
7.3.4	Fernwärme	116
7.3.5	Umgebungswärme etc.	118
<b>8.0</b>	<b>Bedeutung für die Energieinfrastruktur</b>	<b>121</b>
8.1	Identifizierung und Analyse der Anforderungen an die Energieinfrastruktur (Tool „IndustRIES“)	121
<b>9.0</b>	<b>Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen</b>	<b>126</b>
9.1	Conclusio	126
9.2	Energiepolitische Handlungsempfehlungen	127
9.3	FT-politische Handlungsempfehlungen	128
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>130</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>135</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>140</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>142</b>
	Verwendete Potenziale zur Deckung von elektrischer Energie auf Bundeslandebene	145
	<b>Anhang</b>	<b>145</b>
	Verwendete Stromerzeugungsprofile	150
	Szenarienergebnisse: Auswertung nach Energieträgern und Bundesländern	154
	Ergänzung der Detailanalyse der Szenarienergebnisse für elektrische Energie nach Bundesländern	158
	Energieflussbilder nach industriellen Sektoren in Österreich	172
	Energieflussbild Österreich 2017	198
	Entwicklung energetischer Endverbräuche nach industriellen Sektoren	199
	Kraftwerkspark	200
	Strominfrastruktur	202
	Fernwärme	211
	Gasinfrastruktur	212

## 1.0 Motivation

---

Der Ausbau bzw. die Optimierung der Energieinfrastruktur ist eine unabdingbare Voraussetzung zur Erreichung der Klima- und Energieziele, aber auch zur Erhaltung der Versorgungssicherheit. Die Energiewende wirft Fragestellungen auf, vor allem wie die österreichische Industrie durch erneuerbare Energien versorgt werden kann. Eine Umstellung fossiler auf erneuerbare Energieträger der Industrie bedarf höherer Anforderungen an die existierende Energieinfrastruktur. Dazu zählen neben Erzeugungs- und Netzausbau auch Speichersysteme für entsprechende Flexibilitätsbereitstellung.

Die Studie beschreibt eine Perspektive, wie die österreichische Industrie vollständig durch erneuerbare Energien versorgt werden kann, und zeigt auf, was es dazu bedarf.

Folgende Fragestellungen sind dabei von zentraler Bedeutung:

- Welche Anforderungen ergeben sich für die einzelnen industriellen Sektoren?
- Welche Energieträger werden aktuell eingesetzt und durch welche können sie ersetzt werden?
- Welche Energieträger braucht es und in welcher Höhe?
- Wie können die einzelnen Energiebedarfe gedeckt werden und welche Potenziale gibt es?
- Welche Anforderungen ergeben sich durch räumliche und zeitliche Betrachtungen?

### Struktur des Berichts

Zu Beginn erfolgt eine Betrachtung von allgemeinen und energiewirtschaftlichen Kennzahlen der österreichischen Industrie (Kapitel 2).

In Kapitel 3 wird auf bestehende Studienergebnisse hinsichtlich Endenergiebedarfsszenarien für Gesamt-Österreich und die österreichische Industrie mit den Zeithorizonten 2030 bzw. 2050 eingegangen.

Eine Erhebung und Bewertung von Erneuerbaren-Potenzialen in Österreich erfolgt in Kapitel 4.

Im Kapitel 5 erfolgt eine detaillierte Analyse zu den 13 industriellen Sektoren und möglichen Perspektiven einer Versorgung durch erneuerbare Energien.

Basierend auf den gesammelten Erkenntnissen werden drei entwickelte Szenarien mit unterschiedlichen Storylines in Kapitel 6 vorgestellt.

Die Ergebnisse der in Kapitel 6 beschriebenen Szenarien werden in Kapitel 7 und 8 dargestellt. Zu den Ergebnissen zählen sowohl jährlichen Energiebedarfe nach Energieträger als auch Aussagen über minimale und maximale Leistungsbedarfe sowie Unter- und Überdeckungen und in weiterer Folge Aussagen zu möglichen Speicher- bzw. Importbedarfen.

Die Conclusio aus der Studie sowie Handlungsempfehlungen werden in Kapitel 9 zusammengefasst.

Der Anhang enthält weiterführende Informationen und Detailbetrachtungen zu den vorgestellten Ergebnissen.

### Abgrenzung

Diese Studie grenzt sich von einer dezidierten Betrachtung von ökonomischen Effekten der benötigten Energieinfrastruktur ab. Implizit wird auf technische Möglichkeiten und Lösungen eingegangen. Die Ergebnisse sind dazu gedacht, in (bestehende) Planungstools integriert zu werden, wobei eine solche Integration in dieser Studie nicht behandelt wird.

## 2.0 Die österreichische Industrie

---

In einem ersten Schritt werden die Rolle der österreichischen Industrie und volkswirtschaftliche Kennzahlen dargestellt. Anhand der KPIs *Energieintensität* und *Industriequote* wird der Status der österreichischen Industrie im internationalen Kontext beschrieben. Darüber hinaus wird auf energierelevante Daten für Österreich und die Industrie eingegangen. Neben dem Status quo werden auch historische Entwicklungen beleuchtet. Basierend auf den eingesetzten Energieträgern werden die Anteile der erneuerbaren Energien für die industriellen Sektoren bewertet. Am Ende des Kapitels erfolgt ein Auszug aus der österreichischen Klima- und Energiestrategie (#mission2030) mit Bezug zur Industrie.

### 2.1 Bedeutung der österreichischen Industrie

Viele innovative Erfindungen haben ihren Ursprung in Österreich. Innovative österreichische Unternehmen – von Green-Tech-Start-ups bis zu international erfolgreichen Industriebetrieben – sind nicht nur auf dem Heimmarkt gefragt, sondern zählen auch zur absoluten Weltspitze. Für Österreich als kleine offene Volkswirtschaft ist der Handel essenziell, wobei insbesondere die komparativen Vorteile bei Produktion von Energietechnologien und die Marktentwicklung genutzt werden sollen. Die Umwelttechnikindustrie ist innovativ und wettbewerbsfähig, ihr Wachstum ist ein Gewinn für Klima, Standort und Beschäftigung.

Die österreichische Umwelttechnikindustrie (produzierender Bereich) generierte im Jahr 2015 einen gesamtwirtschaftlichen Umsatz von rund 18 Milliarden Euro und sichert mehr als 90.000 Arbeitsplätze in der österreichischen Wirtschaft. Jede und jeder neue Beschäftigte in der Umwelttechnikindustrie bewirkt annähernd zwei zusätzliche Arbeitsplätze in anderen Bereichen der österreichischen Volkswirtschaft. Die österreichische Energie- und Umwelttechnikindustrie ist eine robuste Zukunftsbranche mit großem Exportpotenzial. Mit der Forcierung

österreichischer Energie- und Umwelttechnologien sind Chancen für Wertschöpfung und Beschäftigung in Österreich verbunden. Die Steigerung der Exportquote von Klimaschutztechnologien kann auch einen wichtigen Beitrag zum globalen Klimaschutz leisten [1]. Der Wandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft wurde in den vergangenen Jahrzehnten zumeist als uneingeschränkt positive Fortentwicklung zu einer „sauberen“ Wirtschaft begrüßt und war in weiten Teilen der westlichen Welt ausgeprägt. Unter dem Eindruck der wirtschaftlichen Entwicklung der letzten Jahre hat sich in hoch entwickelten Volkswirtschaften die Erkenntnis durchgesetzt, dass aus Stabilitätsgründen der Industrieanteil an der gesamten Wertschöpfung ein gewisses Maß nicht unterschreiten soll. Vor allem die globale Finanz- und Wirtschaftskrise der Jahre 2008/09 veränderte die Bewertung der strukturellen Transformation vom sekundären hin zum tertiären Sektor. Analysen zeigten, dass Länder mit hohem Industrieanteil, darunter Deutschland und Österreich, sich deutlich schneller als andere erholten. Diesem Gedanken folgt auch die Europäische Kommission mit ihrer Reindustrialisierungsstrategie [2], [3].

### 2.2 Die österreichische Industrie im internationalen Vergleich

Der Anteil der Industrie an der österreichischen Bruttowertschöpfung liegt mit 19%<sup>1</sup> (bzw. 62,6 von 330 Mrd. Euro Wertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche; siehe Abbildung 2) deutlich über dem EU-28-Durchschnitt von 16% und somit in der Größenordnung der von der

.....  
 1 Das Produzierende Gewerbe (= Sekundärbereich) umfasst in der Regel die Wirtschaftsbereiche: i) Bergbau, Herstellung von Waren, ii) Energie-, Wasserversorgung; Abfallentsorgung sowie iii) das Baugewerbe. Die Entwicklung des Produzierenden Gewerbes wird jedoch oft ohne das Baugewerbe betrachtet, da sich dieses häufig anders entwickelt als das übrige Produzierende Gewerbe. Im konkreten Fall umfasst der Begriff „Industrie“ die Kategorien „Bergbau“ sowie „Herstellung von Waren“. Der gesamte Sekundärbereich machte im Jahr 2017 einen Anteil von 28,3% (93,5 Mrd. Euro) an der Bruttowertschöpfung aus.

EU-Kommission als Ziel ihrer Reindustrialisierungsstrategie für 2020 festgelegten 20%-Marke (vgl. Abbildung 1). Damit liegt Österreich zwischen den großen globalen Akteuren China (32%) und den USA (13%) und etwa auf dem Niveau von Japan (18%). Im Gegensatz zum EU-Durchschnitt ist sowohl die Zahl der Beschäftigten als auch die Industriequote in den letzten zehn Jahren nahezu konstant geblieben [2], [4].

Mit einer Energieintensität<sup>2</sup> von 1,24 kWh/€ (eingesetzte Energie pro erwirtschaftetem Euro) liegt Österreich unter dem Durchschnitt der OECD-Länder und der EU-28 (1,39 kWh/€) und somit auch unter den meisten EU-Mitgliedstaaten, wovon Irland, Dänemark, Großbritannien und Italien niedrigere Energieintensitäten aufweisen.

Die österreichische Industrie beschäftigte 2017 knapp 410.000 (inkl. Bauindustrie; ohne Bauindustrie 385.000) Personen. Prozentuell gesehen sind dies 22,5% (6,7% davon im Bauwesen) aller Erwerbstätigen, was auch über dem EU-28-Durchschnitt von 21,6% liegt. Insgesamt gibt es knapp 2.300 Betriebe, die meisten davon in der Metalltechnischen Industrie mit fast 700. Die Ausfuhren betragen 2017 141,9 Mrd. Euro, wobei Europa mit 79,3% (bzw. die EU-28 mit 69,8%) der wichtigste Absatzmarkt ist [3]. Die österreichische Industrie investierte 2017 7,3 Mrd. Euro. Seit 1990 steigerte sie ihre Ausgaben für Forschung und Entwicklung von 1,5 auf 3,2% (2017) des BIP<sup>3</sup>.

Energieintensität [kWh/€] und Industriequote [%]

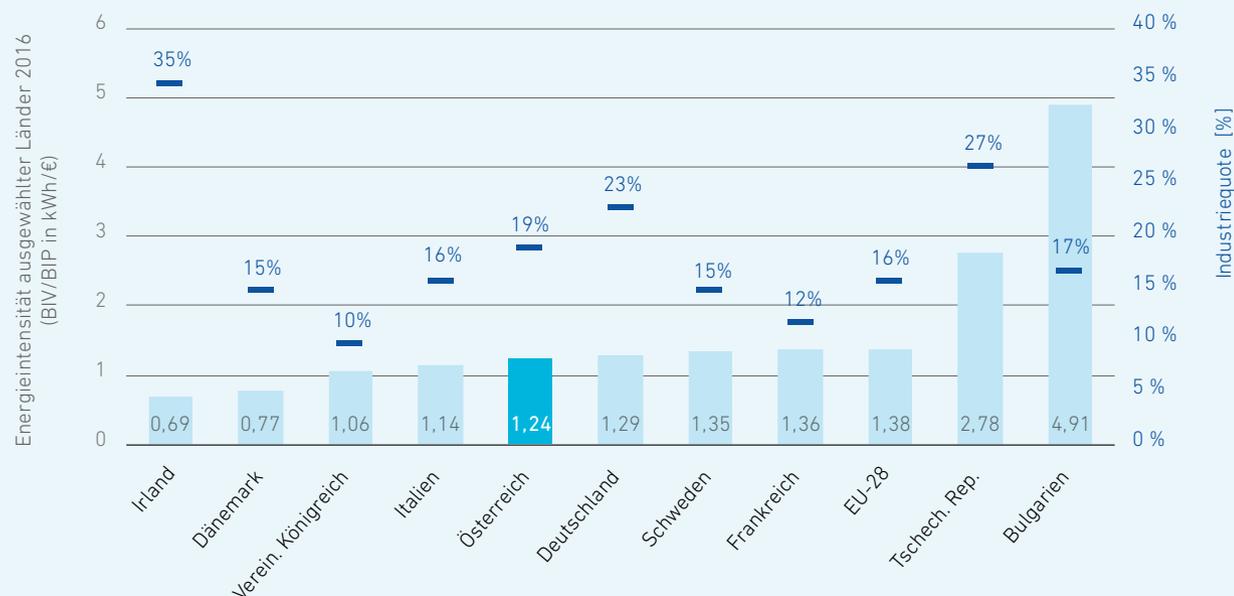


Abbildung 1  
Industriequote und Energieintensität ausgewählter Länder 2016  
(BIV/BIP in kWh/€) (Darstellung nach [5])

<sup>2</sup> Die Energieintensität bezeichnet den End- oder Primärenergieverbrauch eines Systems, wie z. B. einer Volkswirtschaft, je erwirtschaftetem Output, wie z. B. Bruttoinlandsprodukt. Je geringer die Energieintensität, umso effizienter ist das betrachtete System. D. h. je geringer die Energieintensität, umso höher die Energieproduktivität bzw. die Energieeffizienz.

<sup>3</sup> Bruttoinlandsausgaben für F&E-Ausgaben in Prozent des nominellen Bruttoinlandsprodukts.

Bruttowertschöpfung nach Bereichen 2017 [Mrd. Euro]

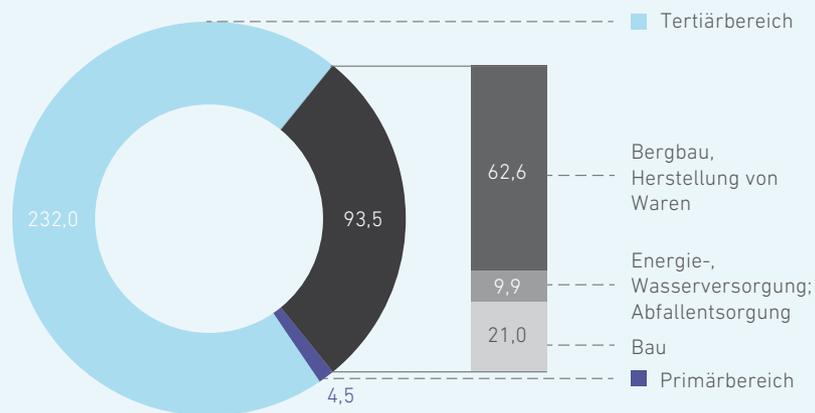


Abbildung 2  
Bruttowertschöpfung nach Bereichen 2017 [Mrd. Euro] inkl. Zusammensetzung des Sekundärbereiches (eigene Darstellung nach [6])

### 2.3 Sektoraler energetischer Endverbrauch in Österreich

Mit 30% Endenergieverbrauch ist die Industrie neben dem Verkehr ein wesentlicher Energienachfrager (Abbildung 3). Insbesondere die energieintensive Industrie, die in Österreich einen Anteil von 61% am Endenergieverbrauch des produzierenden Bereichs ausmacht, beeinflusst den Endenergieverbrauch erheblich. Abbildung 4 zeigt den energetischen Endverbrauch<sup>4</sup> aufgliedert nach Sektoren. Zwischen 1970 und 2005 ist der Endenergieverbrauch stetig von 158 auf 304 TWh gestiegen und hat sich seitdem bei ca. 305 TWh stabilisiert. Der Anteil der erneuerbaren Energien nimmt stetig zu, und es wird erwartet, dass sich dieser Trend fortsetzt und zunehmend fossile Energieträger ersetzt. Seit 2005 stieg der Endenergieverbrauch nur noch um etwa 0,3%/a im Vergleich zu einer Wachstumsrate von 2,7%/a von 1970 bis 2005.

#### Von 1970 bis 2017 zeigen sich folgende Veränderungen:

↗	+1,5	%/a	39 TWh	Produzierender Bereich
↗	+5,4	%/a	78 TWh	Verkehr
↘	-0,6	%/a	-3 TWh	Landwirtschaft
↗	+1,4	%/a	42 TWh	Sonstige <sup>5</sup>

Abbildung 3 veranschaulicht die Struktur des Endenergieverbrauchs nach Wirtschaftszweigen im Jahr 2017. Der Anteil des Verkehrssektors ist mit 35% am höchsten und steigt auch am stärksten (etwa 95% werden von Erdölprodukten gedeckt). Der Anteil des Produzierenden Gewerbes ist von 35% (1970) auf rund 30% gesunken. Der Bereich „Sonstige“ steigt ebenso an – dies ist vor allem dem steigenden Energieverbrauch privater Haushalte geschuldet. Die Landwirtschaft war der einzige Sektor, in dem der Anteil des Endenergieverbrauchs seit 1970 kontinuierlich reduziert wurde (siehe auch Abbildung 4).

<sup>4</sup> Der energetische Endverbrauch (in weiterer Folge auch Endenergieverbrauch genannt) ist jene Energiemenge, die dem Endverbraucher für die unterschiedlichen Nutzenergieanwendungen (z. B. Raumwärme) zur Verfügung steht.

<sup>5</sup> „Sonstige“ enthält die Kategorien: Öffentliche und private Dienstleistungen sowie private Haushalte.

### Sektoraler Anteil am energetischen Endverbrauch

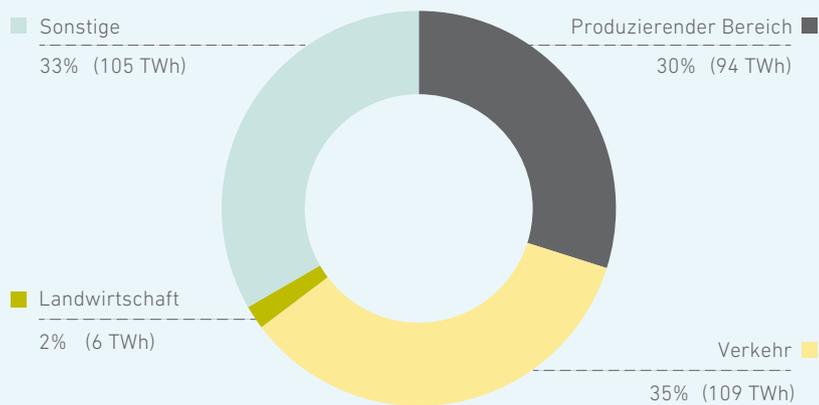


Abbildung 3  
Sektoraler Anteil am energetischen Endverbrauch im Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [7])

### Sektoraler Energetischer Endverbrauch

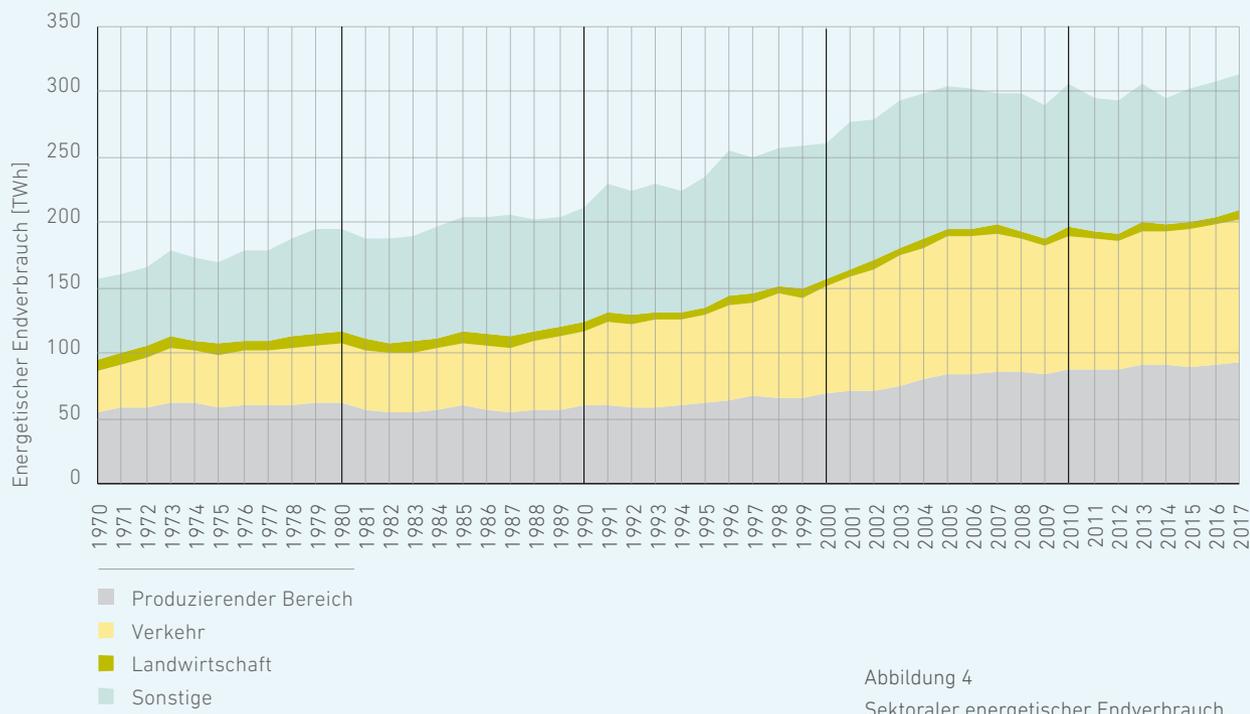


Abbildung 4  
Sektoraler energetischer Endverbrauch in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])

## 2.4 Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern der österreichischen Industrie

Der energetischen Endverbrauch in der Industrie bewegte sich zwischen 1970 und 2000 relativ stabil bei etwa 60 TWh. In Abbildung 5 ist seit 2000 ein deutlicher Anstieg von 70 auf 94 TWh (2017) zu erkennen. Langfristig zeigt sich ein Anstieg bei den erneuerbaren Energien und ein Rückgang der fossilen Energieträger Kohle und Öl (Abb. 6). Trotzdem war Gas, gefolgt von elektrischer Energie, der wichtigste Energieträger im Jahr 2017 mit jeweils rund einem Drittel am Gesamtverbrauch (Abbildung 7). Von 1970 bis 2017 steigerte sich der industrielle Endenergieverbrauch um 1,5% pro Jahr von 55 auf 94 TWh.

Für die einzelnen Energieträger zeigen sich folgende Änderungsraten:

↘	-1,0%/a	-4,6 TWh	Kohle
↘	-1,6%/a	-18,1 TWh	Öl
↗	+5,4%/a	22,5 TWh	Gas
↗	+1.646%/a	3,4 TWh	Abfälle
↗	+245%/a	15,7 TWh	Erneuerbare
↗	+27%/a	3,0 TWh	Fernwärme
↗	+2,7%/a	16,6 TWh	Elektrische Energie

Energetischer Endverbrauch der Industrie nach Energieträgern

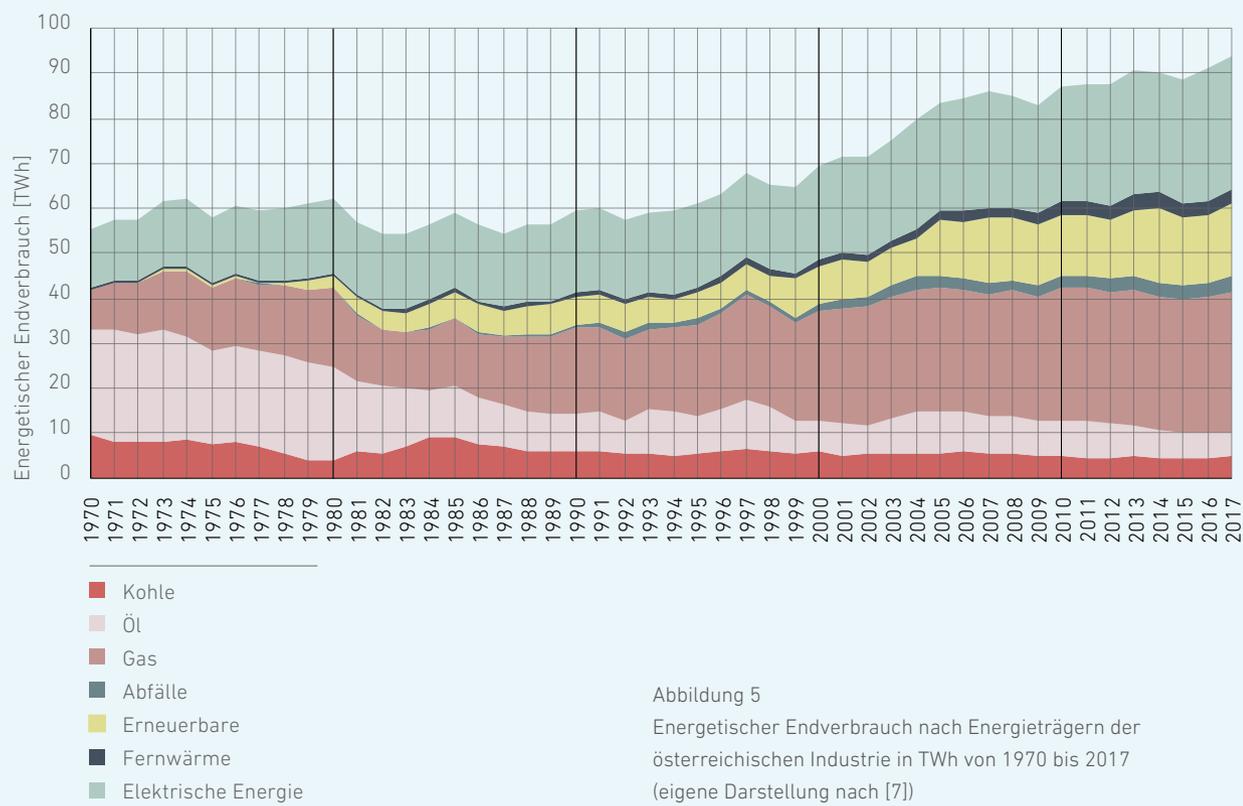


Abbildung 5  
Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern der österreichischen Industrie in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])

### Energetischer Endverbrauch der Industrie nach Energieträgern

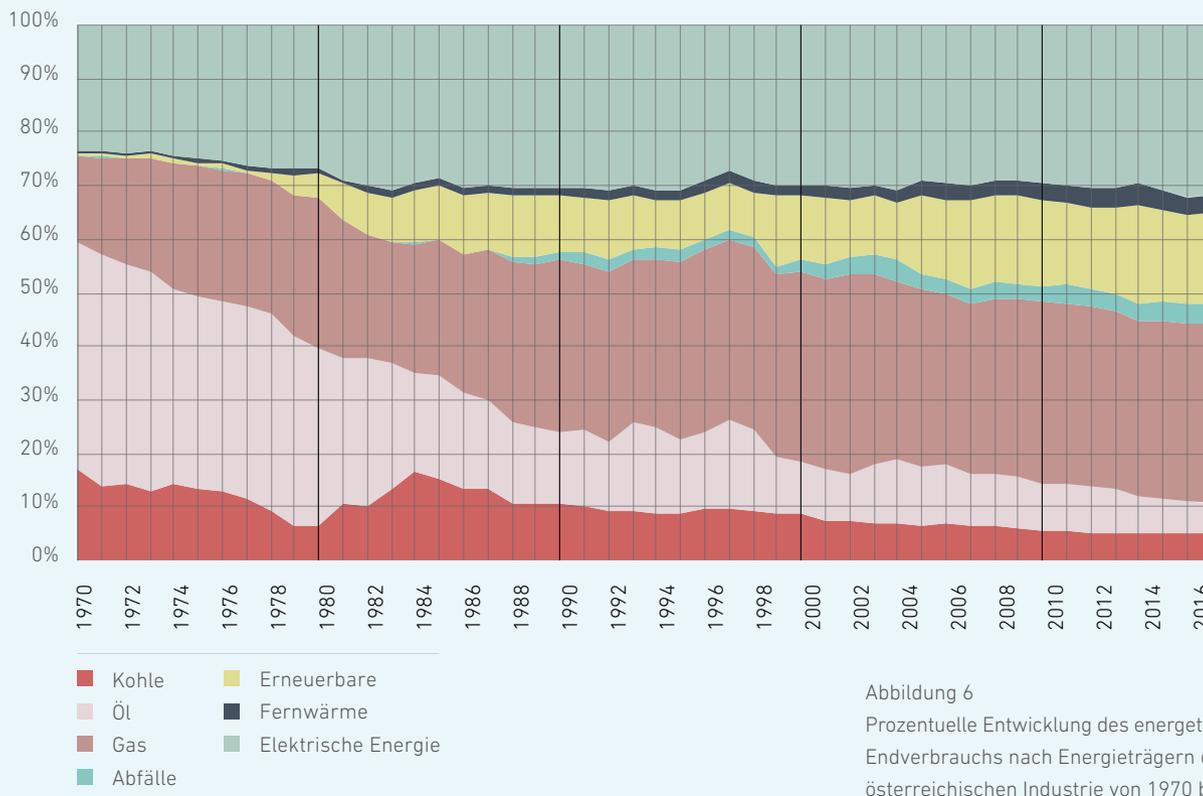


Abbildung 6  
 Prozentuelle Entwicklung des energetischen Endverbrauchs nach Energieträgern der österreichischen Industrie von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])

### Energetischer Endverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2017

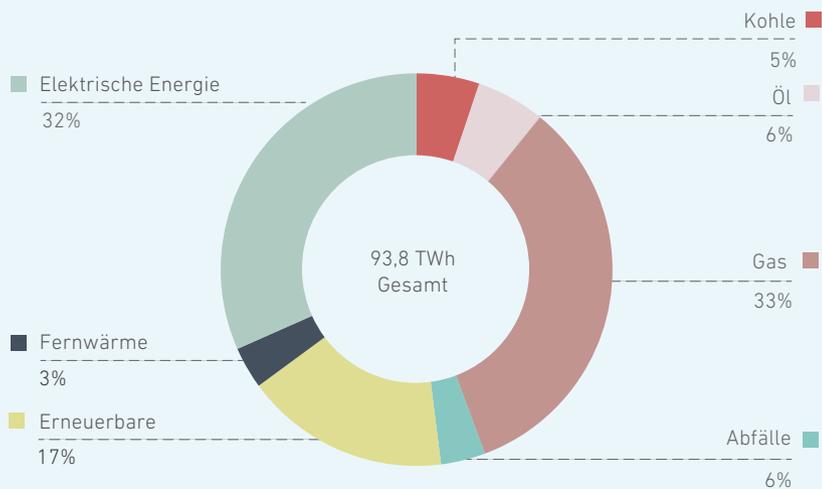


Abbildung 7  
 Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern der österreichischen Industrie im Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [7])

## 2.5 Energieeffizienz der österreichischen Industrie

Das Wirtschaftswachstum, welches wesentlich von der österreichischen Industrie mitgetragen wird, konnte seit 1995 erfolgreich vom Energieverbrauch entkoppelt werden. Der Endenergieverbrauch in der Industrie wird vor allem von der Aktivität (Wirtschaftsleistung) und der Struktur (Stichwort „Strukturwandel“) dieser sowie von klimatischen Bedingungen (Witterung) beeinflusst. Die Abbildung 8 vergleicht den industriellen Endenergieverbrauch der EU-28 und Österreich seit 1995.

Während der Verbrauch in Österreich stieg (2,4%/a bzw. um 31 TWh), sank er in der EU-28 (-0,7%/a bzw. um -538 TWh). Die Finanz- und Wirtschaftskrise ist deutlich durch einen Knick im Jahr 2009 zu erkennen. In der Abbildung ist ebenso der um die Produktivität bereinigte Endenergieverbrauch (transparenter Farbton) für die EU-28 und Österreich dargestellt. Für beide steigt der Produktionsindex (PI)<sup>6</sup> deutlich stärker als der Endenergieverbrauch (EEV) der Industrie, damit konnte die Energieproduktivität bzw. -intensität verbessert werden.

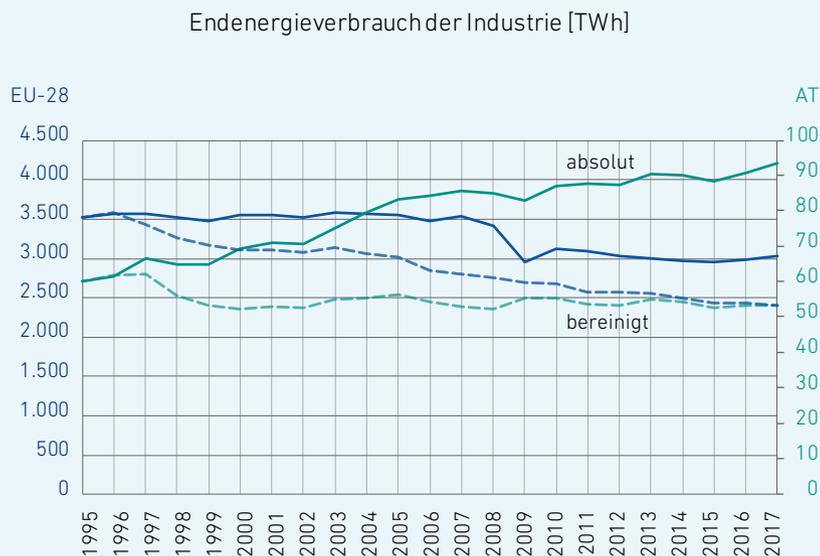


Abbildung 8  
Vergleich des industriellen Endenergieverbrauchs zwischen EU-28 und Österreich in TWh von 1995 bis 2016 (eigene Darstellung nach [7] und [8])

<sup>6</sup> Mit dem Produktionsindex lassen sich Schwankungen der realen Produktionsleistung messen. Dabei können Änderungen des Konjunkturzyklus frühzeitig erkannt werden. Eine Dekomposition erlaubt die Gegenüberstellung verschiedener Einflüsse auf den Energieverbrauch und dient der Interpretation der Energieverbrauchsentwicklung.

## 2.6 Ausstoß an CO<sub>2</sub>-Emissionen in Österreich und Anteil der Industrie

In Österreich wurden 2017 insgesamt 82,3 Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalente emittiert. Das entspricht einem Anstieg um 4,6% gegenüber dem Kyoto-Basisjahr 1990 und einem Anstieg um 3,3% gegenüber 2016. Diese Entwicklung ist insbesondere auf den stark gestiegenen fossilen Kraftstoffabsatz im Verkehr, aber auch auf vermehrten Einsatz von Erdgas der Industrie- und Energiebetriebe zurückzuführen. Die größten Verursacher der Treibhausgas(THG)-Emissionen sind die Sektoren Energie und Industrie, Verkehr, Gebäude sowie die Landwirtschaft (siehe Abbildung 9) [9], [10].

## 2.7 Stuserhebung der Endenergieverbräuche nach industriellen Sektoren

Ziel der Stuserhebung ist die Identifikation des aktuellen Energiebedarfs und der eingesetzten Energieträger der verschiedenen industriellen Sektoren. Diese Analyse erlaubt es, eine Aussage zu treffen, welche Anpassungen notwendig sein werden, um ein Szenario mit 100% erneuerbaren Energieträgern zu ermöglichen. Die Stuserhebung erfolgt auf Basis der Nutzenergieanalyse für 2017 der Statistik Austria [11].

Aufgrund der besseren Darstellbarkeit wurden ähnliche Energieträger, welche von der Statistik Austria erhoben wurden, gruppiert. Die detaillierte Gruppierung aus den Rohdaten ist in Abschnitt 6.1 in Tabelle 23 beschrieben.

Zusammensetzung der Treibhausgas-Emissionen von Österreich im Jahr 2017

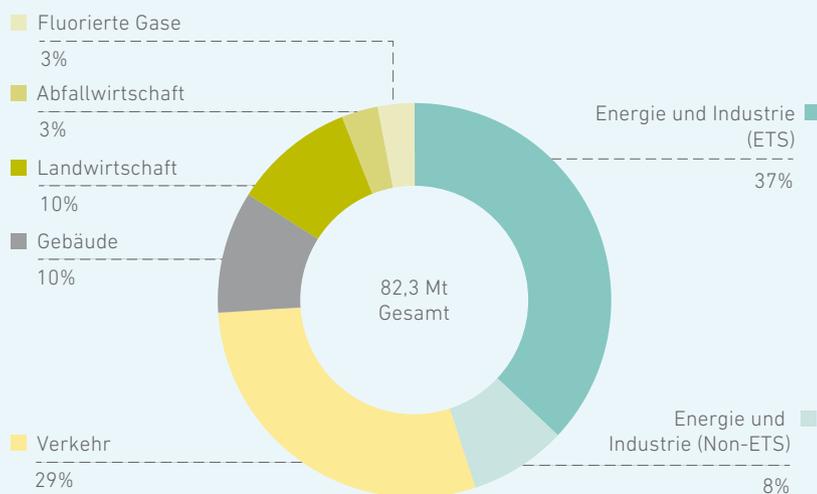


Abbildung 9  
Anteil der einzelnen Sektoren<sup>7</sup> an den Treibhausgas-Emissionen 2017 (eigene Darstellung nach [9])

<sup>7</sup> Sektoreinteilung gemäß Klimaschutzgesetz (KSG).

Die Abbildung 10 zeigt den Gesamtendenergiebedarf der von der Statistik Austria erhobenen Sektoren nach Energieträgern im Jahr 2017. Den höchsten industriellen Endenergiebedarf in Österreich hat die Branche *Papier und Druck* mit 21 TWh<sup>8</sup>. Die Sektoren *Chemie und Petrochemie*, *Eisen- und Stahlerzeugung* und *Steine, Erden und Glas* benötigen ca. 13 bzw. jeweils 10 TWh. Die in Österreich zur energieintensiven Industrie zählenden Sektoren haben mit 57 TWh Endenergiebedarf einen Anteil von 61 % am gesamten produzierenden Bereich. Die Einteilung der Sektoren, die zur energieintensiven bzw. -extensiven Industrie<sup>9</sup> in Österreich zählen, ist in Tabelle 1, sortiert nach Energieverbräuchen, aufgelistet.

Energieintensive Industrie	
Sektor	EEV [GWh]
Papier und Druck	21.066
Chemie und Petrochemie	12.520
Eisen- und Stahlerzeugung	10.416
Steine und Erden, Glas	10.213
Nichteisenmetalle	2.601
Energieextensive Industrie	
Sektor	EEV [GWh]
Maschinenbau	8.341
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	8.024
Holzverarbeitung	7.390
Bau	4.898
Sonst. Produzierender Bereich	3.220
Bergbau	2.167
Fahrzeugbau	1.953
Textil und Leder	968

Tabelle 1

Einteilung der Sektoren, die zur energieintensiven bzw. -extensiven Industrie in Österreich zählen (Einteilung nach [12], Daten aus [11])

<sup>8</sup> Anmerkung: Dies inkludiert nicht den Primärenergieeinsatz in den Hochöfen und Kokereien. Dieser beträgt ca. 21 TWh und fließt nicht in die Endenergiebilanz ein (vgl. [7]). Würde der Primärenergieeinsatz berücksichtigt werden, so hätte die Eisen- und Stahlerzeugung die höchste Energienachfrage aller industrieller Sektoren.

<sup>9</sup> Eine international einheitliche Definition bzw. Zuordnung gibt es nicht.

In den folgenden beiden Abbildungen sind der absolute bzw. der relative Einsatz der verschiedenen Energieträger pro Branche dargestellt. Nicht erneuerbare Energieträger sind schwarz und grau eingefärbt. Jene Energieträger, die bereits vollständig erneuerbar sind, beziehungsweise durch Adaptionen der Energieversorgung erneuerbar gemacht werden können (elektrische Energie und Fernwärme) sind in Grüntönen eingefärbt.

Die aktuellen Anteile an Erneuerbaren betragen für Strom 72 % und für Fernwärme 45 % im Österreich-Mix. Unter Berücksichtigung dieser Zusammensetzungen ergibt sich ein Anteil der erneuerbaren Energien für die gesamte Industrie von 45 % bezogen auf den Endenergieverbrauch. Der niedrigste Anteil an erneuerbaren Energien liegt mit 18 % in der *Eisen- und Stahlerzeugung* vor, knapp gefolgt von der Branche *Bau* mit 20 %. Die Branchen *Nichteisenmetalle*, *Nahrungs- und Genussmittel*, *Tabak* sowie *Textil und Leder* setzen zu ca. 30 % erneuerbare Energieträger ein. *Papier und Druck*, die Branche mit dem höchsten Gesamtendenergiebedarf, setzt 62 % erneuerbare Energieträger ein. Die *Holzverarbeitung* verwendet mit 76 % die meisten erneuerbaren Energieträger. Die historischen Entwicklungen der einzelnen industriellen Sektoren sind im Anhang im Abschnitt „Entwicklung energetischer Endverbräuche nach industriellen Sektoren“ abgebildet.

Die Nutzung der eingesetzten Energieträger liefert Aufschlüsse über erforderliche Anpassungen der Industriebetriebe, wenn der Einsatz erneuerbarer Energieträger erhöht werden soll. Um eine Aussage über notwendige Anpassungen für eine Transformation zu 100 % erneuerbaren Energieträgern treffen zu können, müssen die eingesetzten Energieträger im Detail betrachtet werden. Daher werden im Kapitel 5 die einzelnen Industriesektoren hinsichtlich Energieträgereinsatz und möglichen Technologieoptionen für die Prozessanforderungen näher analysiert.

EEV nach Energieträgern und industriellen Sektoren [TWh]

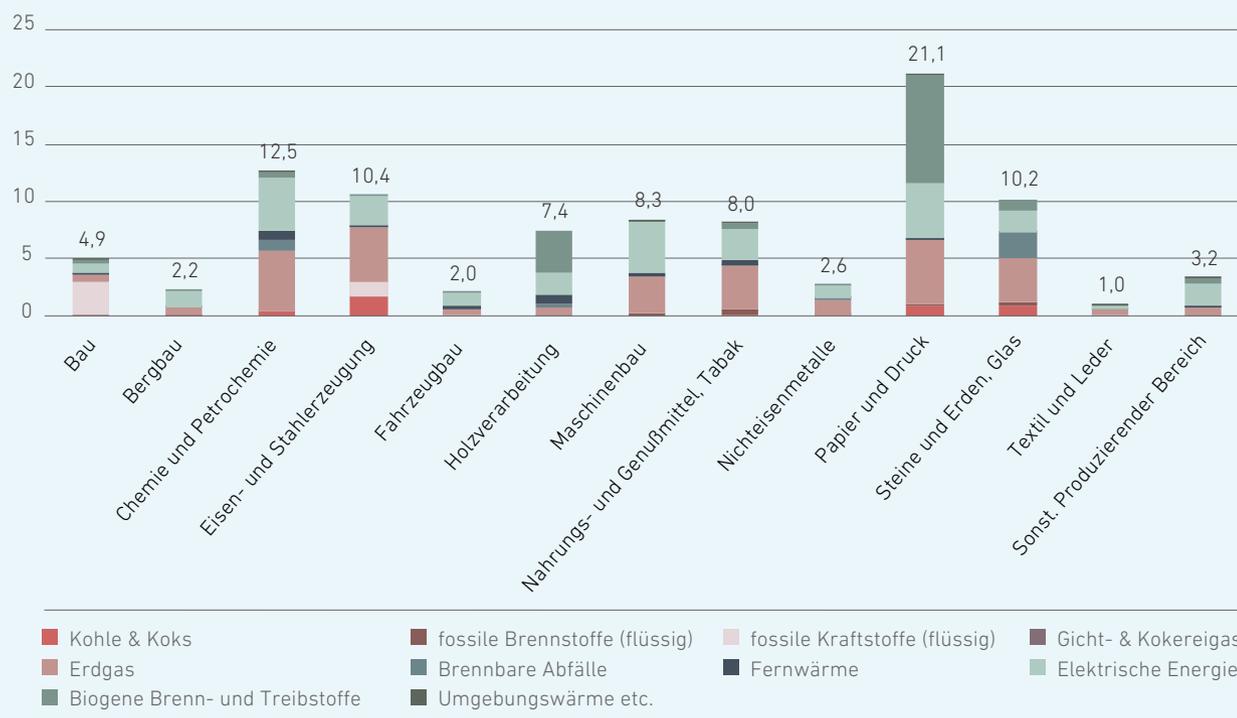


Abbildung 10  
 Endenergieverbrauch nach Energieträgern und  
 industriellen Sektoren, Gesamtösterreich 2017  
 (eigene Darstellung nach [11])

EEV nach Energieträgern und industriellen Sektoren [%]

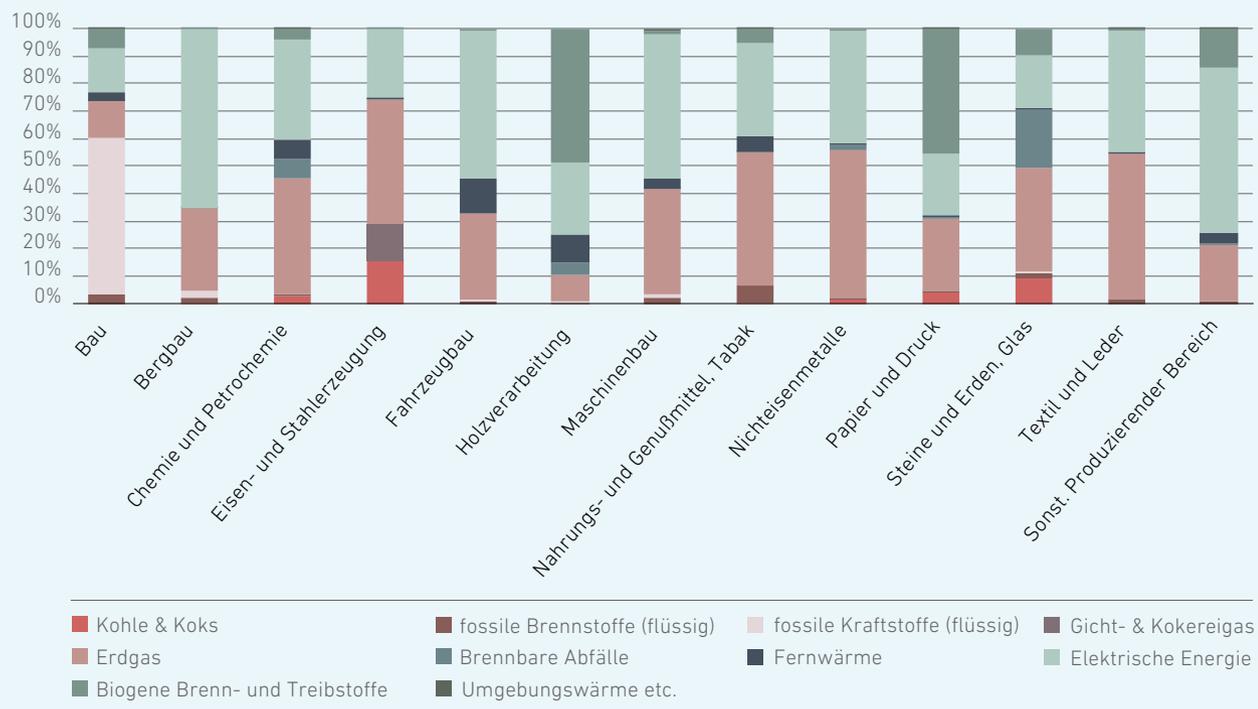


Abbildung 11

Relativer Einsatz von Energieträgern nach industriellen Sektoren,  
Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

## 2.8 #mission2030 – die österreichische Klima- und Energiestrategie

In Österreich liegt der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch derzeit bei 32,6 %, wobei Strom zu 72 % aus erneuerbaren Quellen stammt [7]. Damit gilt Österreich, was den Stromsektor betrifft, als Vorreiter in Europa, wenngleich in den letzten Jahren nennenswerte Nettostromimporte in der Höhe von 6,6 TWh<sup>10</sup> erforderlich waren [13].

Die aktuelle Klima- und Energiestrategie (#mission2030) hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 genügend Strom zu erzeugen, um den nationalen Gesamtstromverbrauch zu 100 % (national bilanziell) aus erneuerbaren Energiequellen decken zu können. Dazu wird es einen Ausbau aller erneuerbaren Energieträger, der Infrastruktur und Speicher sowie eine Erhöhung der Investitionen in Energieeffizienz brauchen. Die Zielsetzungen der #mission2030 haben einen entsprechenden Bezug zu dieser Studie und wurden bei der Szenarienentwicklung berücksichtigt. Daher werden relevante Inhalte, die die Industrie betrifft, im Folgenden wiedergegeben [1].

### 2.8.1 Erneuerbare Energie

#### Erneuerbare Stromversorgung

Dezentralisierung spielt dabei ebenso eine Rolle wie überregionale Strukturen, die insbesondere für eine sichere und kostengünstige Versorgung der Industrie mit Strom notwendig sind.

Strom zur Eigenversorgung im Bereich der Sachgüterproduktion soll aus Gründen der Ressourceneffizienz weiterhin aus der ressourcenschonenden, effizienten Verwendung von Kuppelprodukten an Firmenstandorten (z. B. in der Stahl- oder Papierindustrie) erzeugt werden, auch auf Basis nicht erneuerbarer Energieträger. Es handelt sich hierbei in aller Regel um emissionshandlungspflichtige Unternehmen, die für ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen Zertifikate abgeben müssen.

#### Erneuerbare Wärmeerzeugung

Die Umstellung des Energiesystems im Wärmesektor ist eine der zentralen Herausforderungen für das Gelingen der Energiewende. Sie erfordert einen langfristigen Umbau der Anlagen für die Erzeugung von gewerblicher und industrieller Prozesswärme.

### 2.8.2 Energieeffizienz

Da auch in Zukunft Wachstum, insbesondere im industriellen Bereich, ermöglicht werden soll, wird für Österreich das Ziel gesetzt, die Primärenergieintensität um 25 bis 30 % gegenüber 2015 zu verbessern. Sollte bis 2030 ein Primärenergiebedarf von 1.200 Petajoule ( $\approx$  333 TWh) überschritten werden, so sollen diese darüberhinausgehenden Energiemengen durch Energie aus erneuerbaren Quellen abgedeckt werden. Aufgrund des festgelegten Anteiles der erneuerbaren Energie am Verbrauch sowie der festgelegten Treibhausgasemissionsziele muss bei steigendem Energieverbrauch entsprechend mehr erneuerbare Energie eingesetzt werden.

### 2.8.3 Treibhausgasziele

Im Sektor Energie und Industrie (ohne Anlagen im Emissionshandel) soll die Forcierung von Energieeffizienzmaßnahmen und eine möglichst breite Umstellung auf erneuerbare Energieträger oder strombasierte Verfahren einen Innovationsschub auslösen.

### 2.8.4 Wettbewerbsfähigkeit der Industrie

Die erfolgreiche Implementierung der Klimaziele muss international gleichgerichtet sein, um im Sinne eines „Level Playing Field“ die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft, insbesondere der energieintensiven Industrie, zu wahren und damit die Industriequote in Österreich zu erhalten bzw. auszubauen. Gleichzeitig sollen auch die Absatzchancen für Innovationen sowie umwelt- und Klimatechnologien aus Österreich in wachsenden Exportmärkten gestärkt werden.

<sup>10</sup> Im Jahr 2017 lagen die physikalischen Stromimporte bei 29,4 TWh und die Stromexporte bei 22,8 TWh.

### **Level Playing Field für eine starke industrielle Basis**

Für energieintensive, aber im internationalen Vergleich hocheffiziente Unternehmen und Anlagen ist ein umfassender Carbon-Leakage-Schutz eine kurz- und mittelfristig wichtige Basis, um eine Transformation zu emissionsfreien Prozessen zu erreichen. Das Emissionshandelssystem soll die vollständige Dekarbonisierung des Energiesystems bis 2050 wirksam unterstützen. Fehlende bzw. unterschiedliche globale CO<sub>2</sub>-Preise in der Industrie können aber auch zu Abwanderungen bzw. Investitionsstopps in den energieintensiven Industriezweigen führen („Carbon Leakage“)<sup>11</sup>.

### **Standort – Wachstum und Arbeitsplätze schaffen und sichern**

Bei allen zu treffenden Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass der Standort für die energieintensive Industrie gesichert und wettbewerbsfähig bleibt. Standortsicherung und Ausbau von Green Jobs sollen Arbeitsplätze schaffen und sichern.

### **Sektorkopplung und Flexibilitäten**

Ein Kernaspekt bei der Weiterentwicklung des Energiesystems ist die Sektorkopplung. Dabei werden bislang getrennte Systeme (Strom, Wärme, Mobilität, Industrie) miteinander verknüpft. In Zeiten zunehmender Nutzung erneuerbarer Energiequellen werden Flexibilitäten (z. B. Speicherung von thermischer Energie für Heizung und Kühlung, Anpassung industrieller und gewerblicher Prozesse) immer wichtiger. Diese sollen weiterhin einen stabilen Ausgleich zwischen Stromerzeugung und -bedarf gewährleisten und somit Versorgungssicherheit ermöglichen. Eine weitere vielversprechende Flexibilitätsoption ist „Demand Side Management“ (DSM). Mit DSM werden Lasten aufgrund von Marktsignalen gezielt zu- und

abgeschaltet. Zukünftige Energiemarktdesigns sollen es Unternehmen verstärkt ermöglichen, ihre jeweilige Flexibilität unter anderem als Regelleistung zu vermarkten. Beispielsweise soll die Industrie in der Lage sein, sich aktiv am Energiemarkt zu beteiligen, um auf Preissignale reagieren zu können.

### **Erhalt effizienter Bestandsanlagen**

Die zentrale Wärme- und Kälteversorgung von Ballungsräumen durch Nutzung industrieller Abwärme ist ein Schlüssel zur Umsetzung einer integrierten Stadtentwicklung. Bestehende Wind- und Wasserkraftwerke sowie hocheffiziente Biomasseanlagen in der Industrie sollen auch in Zukunft zur Erreichung des Stromziels von 100% Erneuerbaren und der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Quellen beitragen.

### **2.8.5 Die Industrie als Verbraucher und Ermöglicher**

Die Industrie ist ein großer Energieverbraucher, oft aber auch Energieerzeuger. So ist die Nutzung von industrieller Abwärme eine meist ökonomisch und ökologisch vorteilhafte Option, um Wärmenetze und in weiterer Folge Gebäude mit Wärme zu versorgen. Der Umstieg von auf fossilen Energieträgern basierenden industriellen Verfahren auf klimafreundliche Produktionsweisen ist auch mit dem Umbau von Infrastruktur verbunden. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Umstieg auf Strom und/oder Wasserstoff (hergestellt durch Elektrolyse aus Strom aus erneuerbaren Ressourcen), der eine entsprechende Infrastruktur benötigt<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Der Begriff „Carbon Leakage“ bezeichnet eine Situation, die eintreten kann, wenn Unternehmen aufgrund der mit Klimamaßnahmen verbundenen Kosten ihre Produktion in andere Länder mit weniger strengen Emissionsauflagen verlagern. Dies könnte zu einem Anstieg ihrer Gesamtemissionen führen. In bestimmten energieintensiven Branchen kann das Carbon-Leakage-Risiko höher sein (siehe: [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage_de)). Entsprechend der Emissionshandelsrichtlinie sollen daher die effizientesten 10% der Carbon-Leakage-gefährdeten Industrieanlagen bis 2030 Gratiszuteilungen im Ausmaß von 100% ohne Abschläge erhalten.

<sup>12</sup> Deshalb wird eine international eingebettete Wasserstoffstrategie entwickelt, die sich auch mit technischen, regulatorischen und ökonomischen Aspekten einer Infrastruktur zur Erzeugung von Wasserstoff mithilfe von Strom aus erneuerbaren Quellen (z. B. Elektrolysesystem auf Basis der Proton-Exchange-Membrane-Technologie) sowie dessen Speicherung auseinandersetzt [1].

### **Technologische Transformation und Energieträgerwechsel**

Die wichtigsten Energieträger für die österreichische Industrie sollen nach 2030 Strom und Wasserstoff (beide aus erneuerbaren Quellen), synthetisches, erneuerbares Methan („Power-to-Gas“) sowie biogene Stoffe sein. Diese Transformation soll unter anderem durch den Ausbau der Erzeugungskapazitäten (z. B. Strom) gezielt unterstützt werden. In Bereichen, in denen es derzeit noch keine technologischen Ansätze für eine emissionsarme und energieeffiziente Produktion gibt, soll eine entsprechende Ausrichtung der Forschungs- und Innovationspolitik forciert werden.

Bis das Ziel einer CO<sub>2</sub>-freien energieintensiven Industrie auf technologischem Weg erreicht ist, soll der Emissionshandel so ausgestaltet werden, dass Anreize für Investitionen in innovative, treibhausgasarme Technologien für Anlagen unterhalb der Benchmark bestehen und die Wettbewerbsfähigkeit der energieintensiven Industrie am Standort Österreich gesichert ist. Maßnahmen, Anreizmechanismen und gezielte Investitionsförderungen hin zu einer CO<sub>2</sub>-freien Industrie sollen technologische Transformationen begünstigen.

### **Dekarbonisierungstechnologien – Bausteine für die Zukunft**

Breakthrough-Technologien für die Industrie, die eine sprunghafte Reduktion von Rohstoff- und Energieverbrauch ermöglichen, sollen deutlich geminderte Emissionen sowie höhere Rohstoff- und Energieunabhängigkeit bei gleichem Output bewirken. Sie gelten als wichtige Voraussetzung für die Dekarbonisierung industrieller Prozesse und Produkte, insbesondere in der energieintensiven Industrie. Neue Produkte und Prozesse sollen auf die hocheffiziente Nutzung eingesetzter Energien und Ressourcen, möglichst in kaskadischer Nutzung, fokussieren. Fragestellungen im Zusammenhang mit CO<sub>2</sub>-neutraler Stahlerzeugung spielen eine ebenso wichtige Rolle wie auf biobasierten Rohstoffen aufbauende Prozesse und Produkte.

### **2.8.6 Infrastruktur für ein nachhaltiges Österreich**

Um die Klima- und Energieziele bis 2030 und die notwendige Dekarbonisierung bis 2050 zu erreichen, ist eine schrittweise Anpassung der Infrastruktur unerlässlich, da diese einen wesentlichen Einfluss auf die Aufbringung (z. B. Kraftwerkspark) und Verwendung hat.

Die #mission2030 bekennt sich zu folgenden Grundprinzipien (unabhängig davon, ob es sich um Infrastruktur für Mobilität, Gebäude, Industrie, Gewerbe oder die Energiewirtschaft im engeren Sinne handelt):

- Investitionen in Infrastrukturvorhaben, die der Energiewende dienen, sind gesellschaftlich erwünscht; bestehende Barrieren sollen sukzessive abgebaut werden.
- Neue Infrastrukturvorhaben sollen die Erreichung der Klima- und Energieziele unterstützen, „Lock-in-Effekte“ müssen vermieden werden.
- Investitionssicherheit für neue Vorhaben ist unerlässlich, um privates Kapital zu mobilisieren.
- Bestehende Infrastruktur soll im Einklang mit den Klima- und Energiezielsetzungen optimal genutzt werden.
- Die Anpassung der Infrastruktur soll ökonomisch optimiert erfolgen und die Versorgungssicherheit stärken.

## 3.0 Analyse bestehender Energieszenarien

---

In diesem Kapitel werden aktuelle Studienergebnisse bzgl. Endenergiebedarfsszenarien verglichen, die in den Jahren 2016 bzw. 2017 publiziert wurden. Dabei wird auf drei Arbeiten<sup>13</sup> zurückgegriffen, die insgesamt vier Szenarien sowohl für den gesamten österreichischen als auch den industriellen Endenergiebedarf zeigen (siehe [14], [15], [16]). Drei davon reichen bis 2050 und eines bis 2030.

In den folgenden beiden Grafiken werden die Szenarienvläufe dem Status quo gegenübergestellt. Den Szenariennamen ist auch das Publikationsdatum zugeordnet. Alle Szenarien gehen von einem Wirtschaftswachstum aus, wobei lediglich das AEA-Szenario von einem gesamten Anstieg des Endenergieverbrauchs ausgeht. Der kurzfristige Blick auf den Status quo (2015 bis 2017) lässt ebenso einen Anstieg und somit eine Annäherung an die Betrachtungen der AEA erkennen.

### Conclusio für die Studie

Die aufgezeigten Bandbreiten der skizzierten Energieszenarien lassen keine robusten Prognosen hinsichtlich der Entwicklung des industriellen Endenergieverbrauchs zu. Daher beziehen sich in dieser Studie alle Analysen und Szenarien auf den Status quo von 2017. In dem entwickelten Tool „IndustRiES“ (siehe Kapitel 8) wurde allerdings eine Funktionalität eingebaut, um Wirtschaftswachstum und somit geänderte Energienachfrage entsprechend abzubilden.

### 3.1 Energetischer Endverbrauch Gesamtösterreich

Obwohl alle Szenarien in Abbildung 12 von einem Wirtschaftswachstum ausgehen, weisen die Betrachtungen unterschiedliche Verläufe und Größenordnungen auf. Das

niedrigste Wirtschaftswachstum wird in Veigl (real 1%/a im Zeitraum 2013 bis 2030 und mit 0,5%/a für 2030 bis 2050), gefolgt von UBA mit 1,5%/a und AEA mit 1,8%/a angenommen.

In allen Szenarien werden deutliche Rückgänge des Energiebedarfs im *Verkehr* und bei den *Haushalten* gesehen. Im Sektor *Verkehr* ist dies zum einen auf Effizienzsteigerungen bei konventionellen Verbrennungsmotoren, zum anderen auf die zunehmende Verbreitung von Elektro- und Hybridfahrzeugen zurückzuführen. Der Rückgang im Sektor *Haushalte* wiederum ist hauptsächlich auf den höheren Baustandard neuer Gebäude und die Sanierung von Bestandsgebäuden zurückzuführen. In den Sektoren *Dienstleistung* und *Landwirtschaft* nehmen alle Szenarien den zukünftigen Energiebedarf als leicht fallend bis stagnierend an.

Weitaus differenzierter wird der *Produzierende Bereich* gesehen. Während die Szenarien in UBA und Veigl ebenso von einem Rückgang und somit von einem insgesamt reduzierten Endenergiebedarf ausgehen, zeigt das AEA-Szenario einen gegenläufigen Trend. In diesem Szenario ist der Anstieg in erster Linie auf die angenommene Wirtschaftsentwicklung zurückzuführen, wobei einzelne energieintensive Industrien hier besonders zum Wirtschaftswachstum beitragen. Obwohl sich die Energieintensität der Industrie in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verbessert hat, besteht die Kopplung zwischen dem Wirtschaftswachstum und dem Energieverbrauch, wenn auch in abgeschwächter Form, weiter. Das angenommene Wirtschaftswachstum führt zu einem Anstieg des Energieverbrauchs der Industrie, der deutlich stärker ausgeprägt ist als die Verbrauchsreduktionen in den Sektoren *Verkehr* und *Haushalte*. Dadurch kommt es zu einem Gesamtanstieg des Endenergieverbrauchs.

Vor allem durch den Wandel im Sektor *Verkehr* nimmt der Elektrizitätsbedarf stark zu, während der Kraftstoffanteil deutlich sinkt. Die beiden Szenarien UBA-Transition und

<sup>13</sup> Energieszenario für Österreich, Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (AEA), 2016 [14]; Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050, Umweltbundesamt (UBA), 2017 [15]; Energie- und Klimazukunft Österreich – Szenario für 2030 und 2050, A. Veigl, 2017 [16].

Veigl geben einen Endenergiebedarf von ca. 171 TWh im Jahr 2050 an, was einem jährlichen Rückgang von 1,2 % im Zeitraum 2015 bis 2050 entspricht. Deutlich moderater zeigt sich das UBA-WEM-Szenario mit 277 TWh im Jahr 2050 ( $\hat{=}$  Rückgang von 0,2%/a). Das AEA-Szenario ergibt 325 TWh im Jahr 2030, was in etwa bereits dem Status quo von 2017 mit 314 TWh entspricht.

Im Vergleich zum Betrachtungszeitraum 2015 bis 2050 stieg der Endenergieverbrauch in 35 Jahren von 1980 bis 2015 von 195 auf 302 TWh an, was einer Steigerungsrate von 1,6%/a entspricht (siehe Abbildung 5). Würde dieser Trend fortgeschrieben, so würde dies einem Endenergieverbrauch von 444 TWh im Jahr 2050 entsprechen und somit um 130 TWh höher liegen als 2017.

### Kurzbeschreibung der betrachteten Szenarien

Effizienzverbesserungen in den Sektoren *Haushalte* und *Verkehr* führen im AEA-Szenario zu einem Absinken des Endenergieverbrauchs bis 2020 auf ca. 299 TWh. Obwohl sich die Kopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch im Sektor *Industrie* sich in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verringert hat, besteht sie in abgeschwächter Form weiter. Das angenommene Wirtschaftswachstum führt nach 2020 zu einem Anstieg des Energieverbrauchs der Industrie, der deutlich stärker ausgeprägt ist als die Verbrauchsreduktionen in den Sektoren *Haushalte* und *Verkehr*. Damit kommt es im Zeitraum nach 2020 zu einem erneuten Anstieg des gesamten Endenergieverbrauchs auf 325 TWh im Jahr 2030 [14].

Im UBA-WEM-Szenario sinkt der energetische Endverbrauch bis zum Jahr 2030 um knapp 4 TWh gegenüber dem Jahr 2015, mit steigender Energieeffizienz in allen Sektoren. Bei einem Wirtschaftswachstum von 1,5%/a setzt sich damit die relative Entkopplung des Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum fort. Nach 2030 wirken sich Elektromobilität und Gebäudesanierung stärker aus, daher sinkt der Endverbrauch bis 2050 um 25 TWh gegenüber 2015 [15].

Im UBA-Transition-Szenario ist der energetische Endverbrauch im Jahr 2050 um 104 TWh im Vergleich zum Szenario WEM niedriger. Der Hauptunterschied liegt im Sektor *Verkehr* (63 TWh), gefolgt vom Sektor *Industrie* (24 TWh) und dem Sektor *Gebäude (Haushalte und Dienstleistungen)*; 20 TWh). Der Energiebedarf des Sektors *Landwirtschaft* (ohne Offroad) ändert sich um 0,2 TWh [15].

Mit den in Veigl beschriebenen Annahmen sinkt der Endenergiebedarf im Szenario von 311 TWh im Jahr 2013 auf 222 TWh im Jahr 2030 und 169 TWh im Jahr 2050 – das heißt um 29% bis 2030 und um 46% bis 2050 bezogen auf 2013. Den stärksten Rückgang zeigt der Sektor *Verkehr*: Hier beträgt die Reduktion 54% bis 2030 bzw. 72% bis 2050, davon gehen jedoch rd. 25 %-Punkte auf den Wegfall des preisbedingten Kraftstoffexports zurück. Im Sektor *Private Haushalte* beträgt der Rückgang 28% bis 2030 bzw. 49% bis 2050, im Sektor *Dienstleistungen* 3% bzw. 23%, im Sektor *Produktion* 12% bzw. 24% und der *Landwirtschaft* 4% bzw. 8%, jeweils bezogen auf 2013 [16].

### 3.2 Energetischer Endverbrauch Industrie

Die betrachteten Energieszenarien für die Industrie zeigen ein sehr heterogenes Bild. Alle Szenarien gehen von einem Wachstum des Industriesektors zwischen 1,5 und 2,3 % pro Jahr aus. Durch Effizienzsteigerung, Umstieg auf neue Technologien und weniger materialintensive Produktion können Energieintensität und Prozessemissionen gesenkt werden.

Das Szenario der AEA in Abbildung 13 zeigt, dass der Energieverbrauch um 53 TWh auf 151 TWh im Jahr 2030 steigt. Das UBA-WEM-Szenario zeigt einen leichten Anstieg um knapp 6 TWh auf 89 TWh im Jahr 2050. Die beiden anderen Szenarien zeigen einen sinkenden Verlauf, wobei das UBA-Transition-Szenario mit 65 TWh (-19 TWh) einen ambitionierteren Endenergieverbrauch aufweist als das Szenario in Veigl mit 71 TWh (-22 TWh) im Jahr 2050. Im kurzfristigen Blick sieht es so aus, als ob der Status quo (Auswertung der Statistik-Austria-Daten) dem Trend des AEA-Szenarios mit einem Versatz von knapp 10 TWh folgen würde.

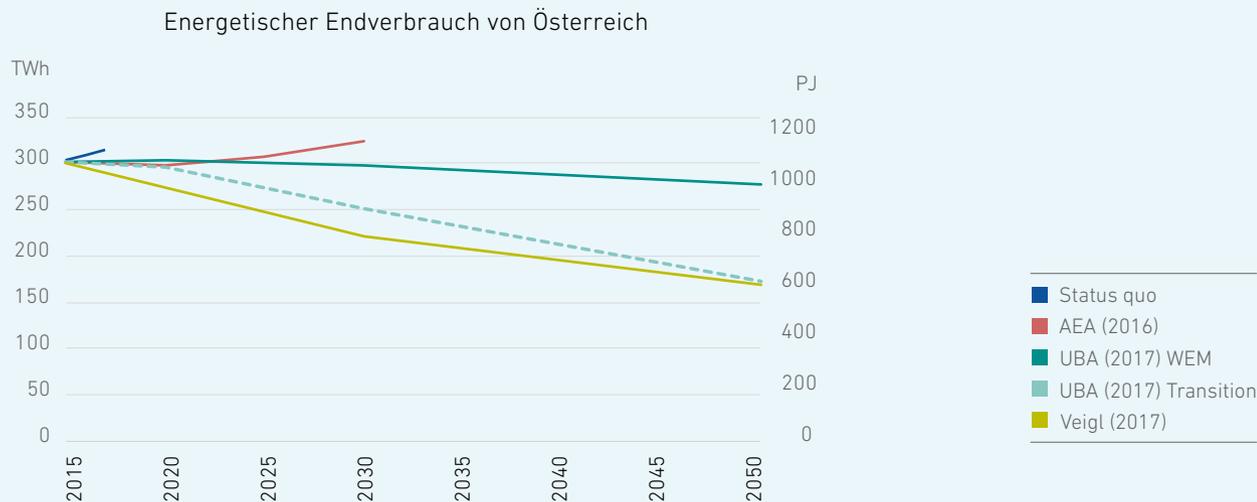


Abbildung 12

Vergleich energetischer Endverbrauch aller Sektoren in Österreich zwischen Status quo und verschiedenen Szenarien bis 2050 (eigene Darstellung nach [7], [14], [15], [16])

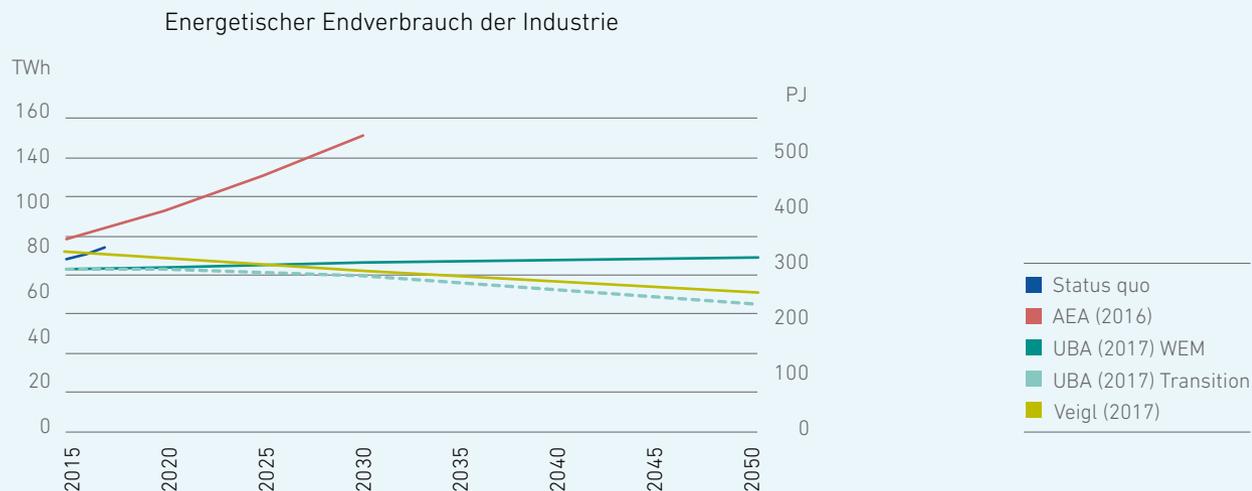


Abbildung 13

Vergleich energetischer Endverbrauch der österreichischen Industrie zwischen Status quo und verschiedenen Szenarien bis 2050 (eigene Darstellung nach [7], [14], [15], [16])

Während alle Szenarien einen starken Zuwachs des Strombedarfs sehen, ist die Rolle der fossilen Energieträger nicht eindeutig. Im AEA-Szenario wird beschrieben, dass Erdöl & Derivate die höchste prozentuelle Steigerung haben werden. Hingegen sehen die beiden UBA-Szenarien einen deutlichen Zuwachs bei Gas, aber auch Biomasse. Im UBA-Transition-Szenario wird sogar die Schließung der Raffinerie Schwechat erwähnt.

### Kurzbeschreibung der betrachteten Szenarien

Im AEA-Szenario wird von einer durchschnittlichen jährlichen Veränderung des BIP von 1,8% ausgegangen. Von dieser ausgehend variieren die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der einzelnen Sektoren, die durch die Bruttoproduktionswerte (BPW) dargestellt werden, zwischen 0,6 und 5,3%. Den wichtigsten Einflussfaktor auf den Endenergieverbrauch stellt das Wirtschaftswachstum dar, das für den Zeitraum 2012 bis 2030 mit durchschnittlich um 2,3% pro Jahr ansteigenden Bruttoproduktionswerten angenommen wurde. Das durchschnittliche Wachstum des Industriesektors liegt damit deutlich über dem der Sektoren *Dienstleistungen* (BPW: +1,6%/a) und *Landwirtschaft* (BPW: +1,8%/a) und somit auch über dem gesamten Wirtschaftswachstum (BIP: +1,8%/a).

Neben dem leichten Wachstum beim Endenergieverbrauch in den Sektoren *Landwirtschaft* und *Dienstleistungen* sticht insbesondere die Industrie mit einer Verbrauchssteigerung von 2,8%/a bis 2030 heraus, wodurch es von 2020 bis 2030 wieder zu einem Anstieg des gesamten energetischen Endverbrauchs kommt. Dieser Anstieg ist in erster Linie auf die angenommene Wirtschaftsentwicklung zurückzuführen.

Da innerhalb des Sektors ein stärkeres Wirtschaftswachstum der energieintensiven Industriebranchen erwartet wird, kommt es insgesamt zu einem überdurchschnittlichen Wachstum des energetischen Endverbrauchs der Industrie. Durch Anstiege bei allen Energieträgern ergibt sich ein Gesamtwachstum von durchschnittlich 2,8%/a

bis 2030. Die größte Zunahme zeigt sich beim Verbrauch von Erdöl & Derivaten mit 5,9%/a bis 2030. Der wesentliche Einfluss dieser Entwicklung kommt aus der Wirtschaftsentwicklung, die für sich alleine betrachtet zu einer Verbrauchssteigerung von 51% führen würde [14]. Grundannahmen der beiden UBA-Szenarien für den Sektor *Industrie* sind die Umstellung auf langlebige Produkte, deren Design die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft ermöglicht, gepaart mit einer Verstärkung der Energie- und Ressourceneffizienz. Im UBA-WEM-Szenario weist der Sektor *Industrie* aufgrund des Wirtschaftswachstums von ca. 1,5%/a bei gleichbleibender Produktionsstruktur eine Steigerung des energetischen Endverbrauch bis 2050 um knapp 6 TWh gegenüber 2015 auf. Bei den Energieträgern gibt es eine Verlagerung von Kohle und Öl zu Biomasse und Gas.

Im UBA-Transition-Szenario wird aufgrund der Annahmen zur Produktverwendung, der Maßnahmen zur Produktionsumstellung (z. B. Eisen- und Stahlindustrie)<sup>14</sup> sowie Effizienzsteigerung und der Stilllegung der Raffinerie Schwechat ein Rückgang des Energieverbrauchs um ca. 19 TWh gegenüber 2015 berechnet. Der Einsatz von Erdgas<sup>15</sup> sinkt um 18 TWh, jener von Kohle um ca. 4 TWh, von Öl um etwas mehr als 2 TWh und von Abfall um ca. 1 TWh. Der Bedarf von Strom und Wärme verändert sich kaum, während der Einsatz von Biomasse sogar um 7 TWh steigt. Es wird angenommen, dass die Nettostromimporte bis 2050 auf null sinken. Das Wirtschaftswachstum bis 2050 mit durchschnittlich 1,7%/a ist etwas höher als im Szenario WEM [15].

14 Der Wasserstoffverbrauch für die Direktreduktion in der Eisen- und Stahlindustrie wird im Verbrauch des Sektors Energie bilanziert (ähnlich dem Verbrauch von Kohle in der Kokerei und Koks im Hochofen). Zusätzlich zum energetischen Endverbrauch kommt in der Eisen- und Stahlindustrie durch die Umstellung auf Direktreduktion auch Strombedarf im Verbrauch des Sektors Energie hinzu (4,2 TWh bis 2050).

15 Der Großteil des verbleibenden Erdgases findet in der Industrie Anwendung. Durch den Rückgang der Nachfrage nach fossilen Treibstoffen wird einerseits ein Auslaufen der heimischen Öl- und Gasförderung angenommen, andererseits die Stilllegung des Großteils der Erdölraffineriekapazitäten in Europa, u. a. auch in Österreich.

Veigl geht im vorliegenden Szenario davon aus, dass die Nachfrage nach Wohnfläche, Gütern, Dienstleistungen und Mobilität weiter steigt, daher müssen die Energiedienstleistungen sehr viel effizienter erbracht werden, um den Energiebedarf bis 2050 durch Erneuerbare decken und die THG-Emissionen reduzieren zu können. Die wesentlichen Annahmen in diesem Sektor sind [16]:

- Die Bruttowertschöpfung steigt gegenüber 2013 bis 2030 um 11 %, bis 2050 um 18 %. Die Energieintensität verbessert sich im Durchschnitt aller Branchen und Energieanwendungen um rd. 1,5 %/a. Diese Effizienzsteigerung liegt damit etwas höher als im Durchschnitt der letzten Jahrzehnte (rd. 1 %/a).
- Es werden keine Annahmen für einen großen Strukturwandel getroffen. In den angesetzten Entwicklungen der Effizienzgrade sind jedoch Verschiebungen zwischen den einzelnen Nutzenergien enthalten, die einen strukturellen Wandel im Ausmaß des Trends der Jahrzehnte abbilden. 2050 ist der Hochofenprozess komplett durch die Elektrostahlerzeugung ersetzt. Dieser wird durch Direktreduktion mit Wasserstoff im Inland gewonnen. Damit bleiben die Vorkette (z. B. Erz-, Schrotttransport) und die Walzwerksprozesse unberührt. Sie entwickeln sich mengen- und effizienzmäßig jeweils wie die Sektoren, in denen sie enthalten sind.
- Bis 2050 sinkt die Kalkproduktion um ein Drittel gegenüber 2013. Grund dafür ist der wesentlich niedrigere Kalkverbrauch und ein geringerer Bedarf für Rauchgasreinigungsanlagen. Der Zementverbrauch steigt mit der Wirtschaftsentwicklung, wird jedoch 2030 zu 10% und 2050 zu 50% durch alternative Bindemittel substituiert.
- Die Erdölverarbeitung nimmt – der Nachfrage nach Erdölprodukten folgend – stark ab und beschränkt sich 2050 auf die Herstellung chemischer Grundstoffe und Kunststoffe.

## 4.0 Erneuerbare Energien – Potenziale in Österreich

---

Die zentrale Fragestellung dieser Studie ist, wie die österreichische Industrie zu 100% mit erneuerbarer Energie versorgt werden kann. Damit dies erfolgen kann, muss bekannt sein, welche Energieträger in welcher Menge zur Verfügung stehen. Zu Beginn erfolgt ein Potenzialvergleich von untersuchten Studien sowie eine Erläuterung, wie das gewählte Potenzial in dieser Studie zustande kam. Anschließend erfolgt ein Kurzzumriss zu den betrachteten Studien. Insgesamt wurden vier Studien untersucht, die Gesamtpotenziale aufzeigen, und weitere drei, die Einzelpotenziale auflisten. Anhand dieser wurden die zur Verfügung stehenden Energieträger bewertet. Die Erkenntnisse flossen in weiterer Folge in die Szenarienentwicklung ein, wo bewertet wurde, welcher Energieträger wo sinnvoll eingesetzt werden sollte.

### 4.1 Vergleich von Potenzialen an erneuerbaren Energien in Österreich

In Abbildung 14 sind die untersuchten Potenzialstudien nach Energieträgern und -mengen aufgelistet. In der Grafik wurden Kurzbezeichnungen verwendet, die später wiedergegeben und detaillierter beschrieben werden. Im rechten Teil der Grafik ist die Zusammensetzung des Potenzials der IndustRiES-Studie ersichtlich. Zusätzlich sind die Endenergieverbräuche für alle Sektoren in Österreich (EEV AT) und für die österreichische Industrie (EEV Industrie) durch Linien dargestellt. Die Einführung von und die Zuordnung zu Energieträger-Kategorien wurden in dieser Studie so gewählt, dass diese mit den Daten der Statistik Austria kompatibel sind.

Zu erkennen ist, dass der EEV der Industrie mit 94 TWh, gemäß den angeführten Studien, durch *Biogene Brennstoffe* sowie durch *Photovoltaik* theoretisch gedeckt werden könnte. Anders sieht es beim EEV für Österreich aus. Hier reichen die meisten Potenzialangaben nicht aus, um den Bedarf von 314 TWh zu decken. Nur

in der Betrachtung der „Autarkie Ö“ ergibt sich ein theoretischer Überschuss von 45 TWh. Bei den anderen Betrachtungen ergibt sich eine Unterdeckung von 55 bis 95 TWh/a.

#### Der Potenzialvergleich nach einzelnen Energieträgern der untersuchten Studien zeigt folgendes Bild:

- Die höchsten Einzelanteile listet die im Rahmen dieser Studie definierte Kategorie *Biogene Brenn- und Treibstoffe* mit Potenzialen zwischen 59,9 und 116,8 TWh/a auf; sie zählt zu den thermischen Energieträgern. Die Studie von EI-JKU listet ein Potenzial von 18 TWh/a auf, allerdings bezieht sich dieses nur auf Biomethan bzw. synthetisches Methan aus Abfällen bzw. Reststoffen und berücksichtigt keine Biomasse.
- Die Potenziale von *Photovoltaik* werden zwischen 23,0 und 32,7 TWh/a bewertet.
- Die Bewertung der *Windkraft* zeigt ein ähnliches Bild mit Werten zwischen 16,9 und 20,0 TWh/a. Die Neubewertung durch IG Windkraft liegt mit 22,5 TWh/a etwas höher.
- Das Potenzial der *Wasserkraft* wird zwischen 42,3 und 56,0 TWh/a geschätzt. Die aktualisierte PÖYRY-Studie aus dem Jahr 2018 liegt mit 51,1 TWh/a im Mittelbereich.
- Die Studie „R4I“ listet ein Stromerzeugungspotenzial von 11,7 TWh/a durch *Biogene* auf.
- Zwei Studien führen Potenziale zur Stromerzeugung aus *Tiefer Geothermie* an. Diese wird mit 7,7 bzw. 57 TWh/a sehr unterschiedlich bewertet. Die aktuelle Stromproduktion aus Geothermie findet derzeit nur an zwei Anlagen (Altheim und Bad Blumau) in sehr kleinem Leistungsbereich (1,2 MWel Gesamtleistung) statt [23]. Es ist daher auszugehen, dass diese Potenziale stark überbewertet sind.
- Die Bewertung des Potenzials für *Umgebungswärme etc.* weist mit 38,4 bis 129,3 TWh/a ebenfalls eine hohe Bandbreite auf.

## Potenzialvergleich erneuerbare Energien in Österreich

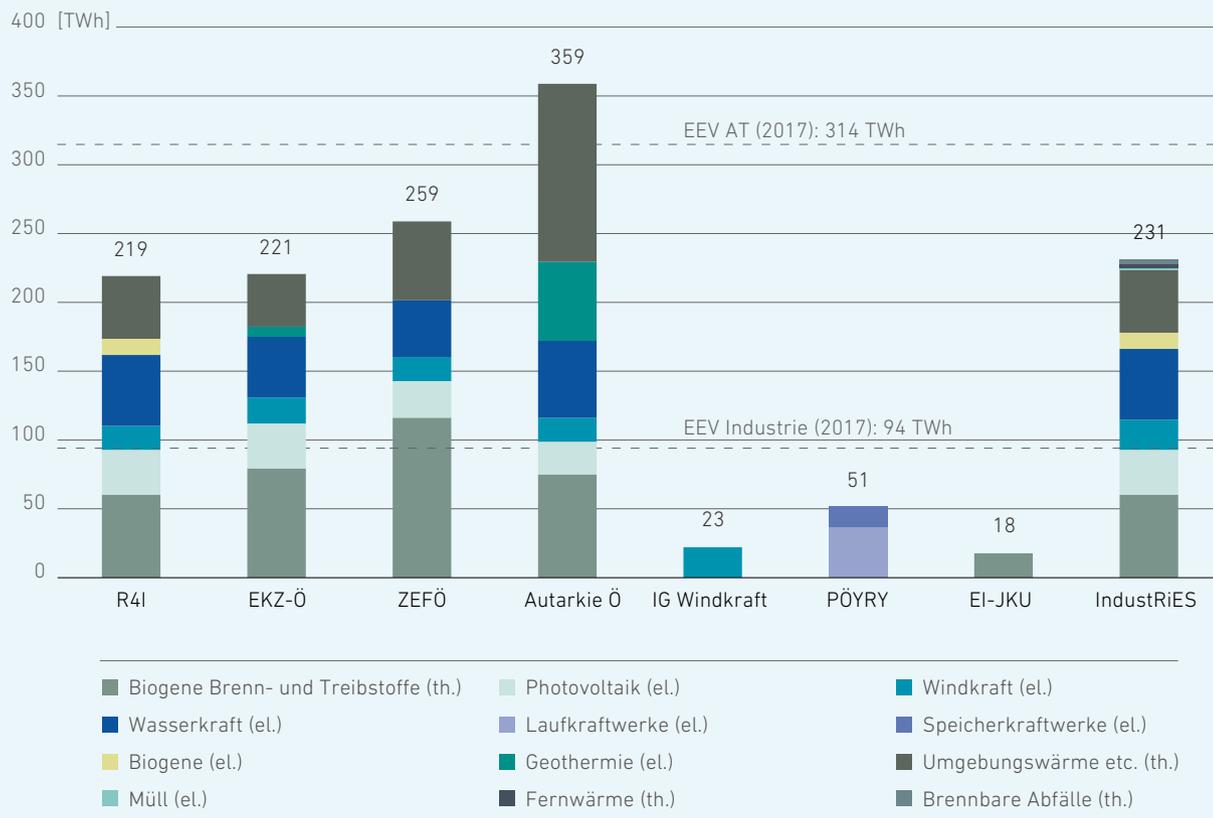


Abbildung 14

Vergleich erneuerbarer elektrischer (el.) und thermischer (th.) Potenziale sowie Gegenüberstellung des energetischen Endverbrauchs für Österreich und der Industrie (eigene Darstellung [17], [16], [18], [19], [20], [21], [22])

Die teilweise unterschiedlich hoch ausfallenden Bandbreiten weisen auch auf die Problematik der Bewertung von Potenzialen hin. Dies wird teilweise auch von den Autoren der Studien thematisiert. Abhilfe könnte ein öffentlich verfügbarer Potenzialkataster für Österreich mit verschiedenen Detaillierungsgraden sein. Zum einen, was die Energieträger und die Potenzialkategorie selbst (theoretisch, technisch, wirtschaftlich) betrifft, zum anderen die räumliche (z. B. Bundesland- oder Bezirksebene)

und zeitliche Auflösung (Stundenprofile). Würde ein solches Tool öffentlich verfügbar und Datensätze downloadbar sein, könnten Potenzialanalysen fundierter und effizienter für weitergehende Untersuchungen eingesetzt werden.

Die Tabelle 2 gewährt einen Überblick der einzelnen Studien zu den Potenzialen. Die elektrischen und thermischen Potenziale sind zusammengefasst dargestellt. Eine Detailbeschreibung erfolgt nachstehend.

Kurztitel (Veröffentlichung)	Studienname	Potenzial	Horizont	Hinweis	Quelle
R4I (2017)	Renewables4Industry	113,2 TWh <sub>el</sub> 105,9 TWh <sub>th</sub>	2050	technisches Potenzial	[17]
EKZ-Ö (2017)	Energie- und Klimazukunft Österreich: Szenario für 2030 und 2050	103,4 TWh <sub>el</sub> 117,3 TWh <sub>th</sub>	2050	technisches Potenzial	[19]
ZEFÖ (2010)	Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich	85,5 TWh <sub>el</sub> 173,6 TWh <sub>th</sub>	2050	technisches Potenzial	[18]
Autarkie Ö (2010)	Energieautarkie für Österreich 2050	154,0 TWh <sub>el</sub> 204,9 TWh <sub>th</sub>	2050	theor. & techn. Potenzial	[16]
IG Windkraft (2018)	Neubewertung des Potentials zur Nutzung der Windkraft in Österreich bis 2030	22,5 TWh <sub>el</sub>	2030	realisierbares Potenzial	[20]
PÖYRY (2018)	Wasserkraftpotenzialstudie Österreich – Aktualisierung 2018	51,1 TWh <sub>el</sub>	k.A.	techn.-wirtsch. Gesamtpotenzial	[21]
EI-JKU (2017)	Erhöhung des Einsatzes von erneuerbarem Methan im Wärmebereich	18,2 TWh <sub>th</sub>	2050	theoretisches Gesamtpotenzial	[22]
IndustRiES	Energieinfrastruktur für 100 % erneuerbare Energie in der Industrie	118,9 TWh <sub>el</sub> 112,6 TWh <sub>th</sub>	2030/50	hier verwendete Potenziale	[17], [20], [21]

Tabelle 2

Gegenüberstellung der verglichenen elektrischen und thermischen Potenziale an erneuerbaren Energien in Österreich sowie Auflistung der verwendeten Potenziale in der vorliegenden Studie

## 4.2 Gewählte Potenziale in IndustRIES

Die gewählten technischen Potenziale der Studie „IndustRIES“ ergeben sich zu insgesamt **231,5 TWh/a** und orientieren sich großteils an der Studie „Renewables 4Industry“. Dies liegt zum einen daran, dass dies die aktuellste Publikation ist, und zum anderen daran, dass ein Teil der Autorenschaft ebenfalls mitwirkte und mehr Detaildaten verfügbar waren. Kleine Anpassungen gibt es allerdings. Die genaue Zusammensetzung der gewählten Potenziale in dieser Studie ist in Tabelle 3 aufgelistet.

Für Wasserkraft und Windkraft wurden die Aktualisierungen aus dem Jahr 2018 herangezogen. Die restlichen Potenziale entsprechen der Studie „Renewables 4Industry“. 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. Durch die Aktualisierung erhöht sich das Potenzial für Windkraft um 4,5 TWh/a<sup>16</sup> bzw. das für Wasserkraft um 0,3 TWh/a gegenüber der Studie „Renewables 4Industry“. Außerdem finden die aktuellen Erzeugungswerte für die Kategorien Müll und Geothermie ebenfalls Berücksichtigung. Der Gesamtbeitrag liegt etwas unter 1 TWh/a (siehe [24]).

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 etc. aus der genannten Studie. Zusätzlich stehen die aktuellen Energieträger Brennbare Abfälle mit 3,4 TWh/a sowie Fernwärme mit 3,2 TWh/a weiterhin zur Verfügung (siehe [7]). Weitere Details und die Potenziale nach Energieträgern auf Bundesländer-ebene sind im Anhang zu finden.

Energieträger	Potenzial [GWh/a]
<b>Elektrische Energie</b>	<b>118.883</b>
<b>Wasserkraft</b>	<b>51.000</b>
Lauf- und Schwellwasser	36.528
(Pump-) Speicher	14.572
<b>Photovoltaik</b>	<b>32.706</b>
Freiflächenanlagen	22.806
Dachflächenanlagen	9.900
<b>Windkraft</b>	<b>22.500</b>
<b>Biogene</b>	<b>11.700</b>
Biogas inkl. Gärrest	7.800
Biomasse (Holz- und Halmgutartig)	3.900
Müll	876
<b>Geothermie</b>	<b>0,631</b>
<b>Thermische Energie</b>	<b>112.591</b>
Biogene Brenn- und Treibstoffe	59.900
Umgebungswärme etc.	46.000
Brennbare Abfälle	3.444
Fernwärme	3.247
<b>Gesamtpotenzial (el. &amp; th.)</b>	<b>231.473</b>

Tabelle 3  
Zusammenfassung der verwendeten Potenziale in der IndustRIES-Studie

<sup>16</sup> Hierbei handelt es sich um das realisierbare Potenzial bis 2030 und weicht somit etwas von der Angabe der restlichen Potenziale ab. Durch die Neubewertung des Windkraftpotenzials erscheint die Aktualisierung als sinnvoll.

### 4.3 Studien mit Gesamtbetrachtungen

Die nachfolgend angeführten Studien beinhalten Abschätzungen zu technischen (und teilweise theoretischen) Potenzialen für verschiedenste erneuerbare Energieträger mit dem Zeithorizont 2050. Die Publikationen erschienen zwischen 2017 und 2010 und sind chronologisch gereiht.

#### **R4I - Renewables4Industry, Energieinstitut an der JKU Linz, 2017**

Die aktuellste Studie, in der verschiedene erneuerbare Potenziale in Österreich aufgearbeitet wurden, wurde Ende 2017 unter dem Titel „Renewables4Industry – Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren“ veröffentlicht. Die Studie geht von einem technischen Gesamtpotenzial von **219,1 TWh/a** aus. Das technische Potenzial für elektrische Energie liegt bei 113,2 TWh/a. Das meiste Potenzial bietet Wasserkraft mit 50,8 TWh/a, gefolgt von Photovoltaik mit 32,7 TWh/a und Windkraft mit 18,0 TWh/a. Die Stromproduktion durch Biogene liegt bei 11,7 TWh/a. Die technischen Potenziale thermischer Energie ergeben 105,9 TWh/a. Die thermische Nutzung von Biomasse macht dabei 59,9 TWh/a aus und wird hier unter der Kategorie *Biogene Brenn- und Treibstoffe* angeführt. Außerdem wird ein Solarthermie-Potenzial in der Höhe von 46,0 TWh/a genannt. Für Umgebungswärme und Geothermie werden keine Angaben gemacht. Daher entspricht das Solarthermie-Potenzial in dieser Studie der Kategorie *Umgebungswärme etc.* [17].

#### **EKZ-Ö - Energie- und Klimazukunft Österreich: Szenario für 2030 und 2050, A. Veigl, 2017**

Die Analyse verschiedener Potenzialstudien, welche im Rahmen von „Energie- und Klimazukunft Österreich: Szenario für 2030 und 2050“ durchgeführt wurde, zeigt eine große Bandbreite von Einschätzungen, wieviel erneuerbare Energie bis 2050 technisch genutzt werden kann. Insgesamt wurden sieben Potenzialstudien für die Energieträger Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik, landwirtschaftliche Biomasse, forstliche Biomasse, biogene Reststoffe, Solarthermie, Wärmepumpe, Tiefe Geothermie

und Abwärme verglichen. Bei den angenommenen Potenzialen handelt es sich um technische Angebotspotenziale mit ökologischen Einschränkungen. Das bedeutet, dass diese Mengen nur dann optimal genutzt werden können, wenn auf der Nachfrageseite keine Restriktionen hinsichtlich ihrer Nutzung bestehen (etwa technische Restriktionen durch mangelnde Speicher- oder unzureichende Leitungskapazitäten). Im Folgenden werden die angeführten Werte für 2050 wiedergegeben. Zusammengefasst wird das technische Gesamtpotenzial auf **220,7 TWh/a** geschätzt. Das Potenzial für elektrische Energie wird für Wasserkraft mit 43 TWh/a am höchsten geschätzt, gefolgt von Photovoltaik mit 32,7 TWh/a, Windkraft mit 20 TWh/a und Geothermie mit 7,7 TWh/a. Somit beträgt das Potenzial für elektrische Energie 103,4 TWh/a. Die Potenziale für thermische Energie werden am höchsten für forstliche Biomasse mit 50,9 TWh/a sowie für landwirtschaftliche Biomasse mit 16,6 TWh/a und biogene Reststoffe mit 11,4 TWh/a bewertet. Hier werden sie unter den Begriff *Biogene Brenn- und Treibstoffe* zusammengefasst und be-tragen 78,9 TWh/a. Das Potenzial für Solarthermie wird mit 23,2 TWh/a und für Umgebungswärme mit 15,2 TWh/a angeführt. Dies ergibt 38,4 TWh/a unter dem Begriff *Umgebungswärme etc.* in der vorliegenden Studie. Insgesamt wird das Potenzial für thermische Energie mit 117,3 TWh/a bewertet [16].

#### **ZEFÖ - Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich, Umwelt Management Austria, 2019**

Ende 2010 wurde die Studie „Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich“ publiziert, die sich detailliert mit den einzelnen Potenzialen erneuerbarer Energieträger auseinandersetzt. An dieser Stelle erfolgt ein kurzer Umriss der einzelnen Potenziale – für Detailinformationen wird auf die Primärquelle verwiesen.

Das technische Potenzial wird insgesamt mit **259,1 TWh/a** bewertet. Das technische Potenzial für elektrische Energie wird mit 85,5 TWh/a angeführt. Es setzt sich zusammen aus Wasserkraft mit 42,3 TWh/a, gefolgt von Photovoltaik mit 26,3 TWh/a und Windkraft mit 16,9 TWh/a. Die technischen

Potenziale für thermische Energie werden auf 173,6 TWh/a geschätzt. Den größten Anteil davon hat die hier verwendete Kategorie *Biogene Brenn- und Treibstoffe* mit 116,8 TWh/a, welche sich aus Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft zusammensetzt. Die *Umgebungswärme etc.* fasst die technischen Potenziale zu Solarthermie, Wärmepumpe, industrielle Abwärme und Geothermie mit 56,8 TWh/a zusammen [18], [25].

### **Autarkie Ö – Energieautarkie für Österreich 2050, Universität Innsbruck, 2010**

Im selben Zeitraum wie die oben genannte Studie wurde die Studie „Energieautarkie für Österreich 2050“ publiziert, die sich umfangreich mit erneuerbaren Energien und deren Potenzialen beschäftigte. Insbesondere wurde das theoretische und technische Potenzial für verschiedenste Energieträger bewertet. Ebenso werden gewählte Angebotspotenziale angeführt, welche in Abbildung 14 und in Tabelle 2 wiedergegeben werden.

In Summe wird ein Potenzial an erneuerbaren Energieträgern in der Höhe von **358,9 TWh/a** für Österreich angeführt. Das theoretische und technische Potenzial zur Stromerzeugung aus Wasserkraft wird mit 118 bzw. 55,2 TWh/a bewertet. Das gewählte Potenzial für 2050 wird mit 56 TWh/a, gemäß der PÖYRY-Studie aus 2008, angenommen. Die Potenziale einer Stromerzeugung aus PV-Anlagen werden theoretisch mit 26.000 TWh/a und technisch zwischen 13,9 und 31,9 TWh/a angegeben. Das gewählte Angebotspotenzial liegt bei 23 TWh/a. Das theoretische Stromerzeugungspotenzial für Windkraft wird auf 82 TWh/a bzw. das technische auf 18 TWh/a geschätzt – dieses wurde auch gewählt. Das theoretische Stromerzeugungspotenzial aus Tiefer Geothermie wird auf 677 TWh/a sowie das technische auf 58,8 TWh/a geschätzt. In der Studie verwendet wurde ein Potenzial von 57 TWh/a. In Summe liegt das gewählte Potenzial für elektrische Energieerzeugung bei 154 TWh/a. In der Studie wird sehr detailliert auf einzelne Biomassepotenziale eingegangen. An dieser Stelle sei nur das gesamte thermische Biomassepotenzial erwähnt, das in dieser Studie unter dem Begriff *Biogene Brenn- und Treibstoffe* mit 75,6 TWh/a zusammen-

gefasst wird. Für nähere Informationen wird auf die Primärquelle verwiesen. Die Potenziale einer solarthermischen Wärmebereitstellung werden theoretisch mit 64.610 TWh/a<sup>17</sup> und technisch zwischen 22,2 und 40,8 TWh/a bewertet. Gewählt wurden 33 TWh/a. Das Angebotspotenzial für *Oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme* wird mit 94,7 TWh/a sowie das Wärmepotenzial aus *Tiefer Geothermie* mit 1,6 TWh/a beziffert. Zusammen mit der Solarthermie fällt dies in der vorliegenden Studie in die Kategorie *Umgebungswärme etc.*, was zu einem technischen Gesamtpotenzial von 129,3 TWh/a führt [19].

### **4.4 Studien mit Einzelbetrachtungen**

An dieser Stelle erfolgt ein Umriss an Potenzialstudien, die für einzelne Energieträger in den Jahren 2017 bis 2018 publiziert wurden. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Studie der IG Windkraft ein realisierbares Potenzial anführt, im Vergleich zu den anderen Studien, die technische Potenziale darstellen.

### **IG Windkraft – Neubewertung des Potenzials zur Nutzung der Windkraft in Österreich bis zum Jahr 2030, IG Windkraft, 2018**

Aufgrund der nachgewiesenen Steigerung der Windanlagengröße in den letzten fünf Jahren erfolgte eine Neubewertung des realisierbaren Windkraftpotenzials in der Studie „Neubewertung des Potenzials zur Nutzung der Windkraft in Österreich bis zum Jahr 2030“. Ausgangsbasis waren Ergebnisse zu Potenzialflächen einer Studie aus dem Jahr 2014. Es wurde angenommen, dass auf diesen Flächen Windkraftanlagen stehen werden, die durchschnittlich höhere Leistungen, größere Rotordurchmesser und größere Nabenhöhen aufweisen. Die Ergebnisse schätzen das realisierbare Windkraftpotenzial für 2030 auf **22,5 TWh/a**, erzeugt durch 2.100 Anlagen. Das ergibt eine installierte Leistung von 7,5 GW bei 3.000 Volllaststunden pro Jahr. Bei einem prognostizierten Stromverbrauch von

<sup>17</sup> Umrechnung des angeführten gesamten Strahlungsangebotes für Österreich von 92.300 TWh/a multipliziert mit einem Kollektorwirkungsgrad von 70%.

88 TWh im Jahr 2030 würde Windkraft einen Anteil von knapp 26 % an der Stromaufbringung ausmachen. Im Vergleich dazu wurden 2017 6,6 TWh produziert, was einem Anteil von 11 % an der österreichischen Stromversorgung entspricht. Insgesamt waren Ende 2017 1.260 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 2.844 MW installiert. Dies entspricht mittleren Volllaststunden von 2.320 h/a. Der überwiegende Anteil der Windkrafterzeugung erfolgt in den drei Bundesländern Niederösterreich (1.535 MW, 54%), Burgenland (1.026 MW, 36%) und Steiermark (227 MW, 8%) [20].

### **PÖYRY – Wasserkraftpotenzialstudie Österreich Aktualisierung 2018, Pöyry Austria GmbH, 2018**

Die „Wasserkraftpotenzialstudie Österreich“ stellt eine aktualisierte Bewertung gegenüber dem Jahr 2008 dar. Das Abflusslinienpotenzial liegt bei 75,1 TWh/a und ist grundsätzlich als konservativ einzuschätzen. Bei der Aktualisierung des Technisch-wirtschaftlichen Gesamtpotenzials (TWP) erfolgten gegenüber der Studie von 2008 einige Anpassungen. Diese bewirkten eine leichte räumliche Verschiebung des TWPs von den tiefer liegenden in die höher liegenden Regionen. Der ermittelte Gesamtwert für Österreich von **56,1 TWh/a** unterscheidet sich nur geringfügig von den Ergebnissen der Studie von 2008 [26]. Vom gesamten Wasserkraftpotenzial haben Laufkraftwerke einen Anteil von 36,5 TWh/a und Speicherkraftwerke von 14,6 TWh/a. Zusätzlich wurde eine Aktualisierung des Kraftwerkbestandes durchgeführt. Demnach beträgt das Regelarbeitsvermögen (RAV) 40,1 TWh/a bei einer Engpassleistung (EPL) von 17,1 GW. Daraus ergibt sich ein Technisch-wirtschaftliches Restpotenzial (TWRP) von 16,0 TWh/a. Dieses setzt sich zu 1,0 TWh/a aus Optimierungspotenzial und zu 15,0 TWh/a aus Neuerschließungspotenzial zusammen. Unter Berücksichtigung des TWRPs in hochsensiblen Gebieten (Nationalparks und Welterbestätte Wachau) ergibt das Neuerschließungspotenzial 10,0 TWh/a. Das führt zu einem gesamten TWRP in der Höhe von 11,0 TWh/a. Die meisten Potenziale befinden sich in westlichen alpinen Regionen sowie entlang der Donau in Ober- u. Niederösterreich [21].

### **EI-JKU – Erhöhung des Einsatzes von erneuerbarem Methan im Wärmebereich, Energieinstitut an der JKU Linz, 2017**

In der Studie „Erhöhung des Einsatzes von erneuerbarem Methan im Wärmebereich“ wird das gesamte theoretische Potenzial in Österreich im Jahr 2050 auf ca. 2 Mrd. Nm<sup>3</sup>/a geschätzt. Dabei macht das Biomethanpotenzial rund 74% des Gesamtpotenzials aus, wohingegen das Potenzial an synthetischem Methan aus Power-to-Gas-Anlagen einen Anteil von rund 26 % hat. Die Studienautoren nehmen an, dass im Jahr 2030 rund 1 Mrd. Nm<sup>3</sup>/a des theoretischen Methanpotenzials realisiert sein wird – das entspricht ca. 50% des Gesamtpotenzials an Biomethan und synthetischem Methan. Im Jahr 2020 liegt der Anteil per Annahme des realisierten Potenzials bei ca. 22%. In der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Abschätzung des theoretischen Potenzials. Das heißt, es werden keine wesentlichen Einschränkungen im Rohstoffpotenzial aufgrund von Konkurrenznutzungen und anderen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie technischen Restriktionen berücksichtigt [22].

Um die Vergleichbarkeit mit anderen Potenzialen zu gewährleisten, wurden die Mengenangaben in Energieeinheiten umgerechnet. Für Biomethan wurde ein Heizwert von 7,5 kWh/Nm<sup>3</sup> und für das synthetische Methan ein Heizwert von 11,3 kWh/Nm<sup>3</sup> (entspricht ca. dem Heizwert von Erdgas) angenommen. Das Biomethanpotenzial für Österreich liegt somit bei 11,9 TWh/a und zu 6,3 TWh/a für synthetisches Methan bzw. in Summe bei **18,2 TWh/a**. Die aktuelle Produktionskapazität von Biomethan-Aufbereitungsanlagen<sup>18</sup>, die ins öffentliche Netz einspeisen, beträgt ca. 3.000 Nm<sup>3</sup>/h [27]. Bei angenommenen Volllaststunden von 8.000 h/a ergibt sich eine Jahresproduktion von 24 Mio. Nm<sup>3</sup>/h. Unter Berücksichtigung eines Heizwertes von 7,5 kWh/Nm<sup>3</sup> ergibt dies 0,18 TWh/a. Dies entspricht einem Prozent des angeführten Gesamtpotenzials von 18,2 TWh/a.

<sup>18</sup> Siehe Anlagenübersicht: <https://www.kompost-biogas.info/biogas/biomethan/biomethan-in-oesterreich/>.

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

---

Für die 13 statistisch erfassten industriellen Sektoren werden die jeweils eingesetzten Energieträger, Technologien und soweit möglich bzw. relevant deren Prozesscharakteristika beschrieben. Je nach Relevanz werden Besonderheiten wie Anteil an bestehenden Erneuerbaren oder Umsetzungsbarrieren adressiert. Zu jedem Sektor wird ein Energieflussbild gezeigt, das Auskunft über die Menge des jeweils eingesetzten Energieträgers und die Verwendung (Nutzkategorie) gibt. Weiters erfolgt eine prozentuelle Zusammensetzung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern. Die unter die Kategorie *Erneuerbare* fallenden Energieträger sind grün und die *fossilen Energieträger* grau gekennzeichnet.

Für einzelne Sektoren werden alternative bzw. mögliche neue Technologien dargestellt und denkbare Einsatzgebiete für eine erneuerbare Energieversorgung abgeleitet. Insbesondere wird auf die Eignung möglicher alternativer Energieträger für industrielle Anwendungen eingegangen. Es werden sowohl technisch ausgereifte und vorhandene als auch in Entwicklung befindliche Technologieoptionen in Betracht gezogen. Zusätzlich werden ausgewählte Best-Practice-Anwendungen skizziert. Die Zuordnung von benötigten bzw. geeigneten Energieträgern dient als Grundlage für die Szenarienentwicklung in Kapitel 6.

### **Exkurs: Biogene Brennstoffe in Kraft-Wärme-Kopplungs(KWK)-Anlagen und Auswirkungen auf die elektrische Infrastruktur**

Derzeit (Stand 2017) werden in Österreich 4.572 GWh elektrische Energie in industriellen KWK-Anlagen<sup>19</sup> und 3.642 GWh in industriellen Kraftwerken bereitgestellt [7], [28]. In den industriellen KWK-Anlagen waren 2017

knapp 50 % der eingesetzten Energieträger biogenen Ursprungs. Im Gegenteil dazu wurden in industriellen Kraftwerken nur ca. 10 % biogene Energieträger zur Stromerzeugung eingesetzt.

Unter der Annahme, dass die gesamte in industriellen Anlagen erzeugte elektrische Energie im Sinne einer Dekarbonisierung der industriellen Energieversorgung basierend auf biogenen Brennstoffen bereitgestellt werden soll, wären ca. 27.000 GWh biogene Brennstoffe nötig bei einem durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad für Stromerzeugung aus Biomasse von 30%. Wird die bisher fossil eingesetzte Energie für Eigenstromerzeugung nicht durch biogene Brenn- und Treibstoffe ersetzt, müsste zukünftig mehr Leistung über das elektrische Netz von Industrieunternehmen bezogen werden.

Im Vergleich dazu werden aktuell 2.539 GWh elektrische Energie in Kraftwerken und KWK-Anlagen in Unternehmen auf Biomassebasis erzeugt. Eine Abschätzung des tatsächlichen Einsatzes von biogenen Brennstoffen in industriellen KWK-Anlagen und Kraftwerken liefert die Gesamtenergiebilanz der Statistik Austria für 2017 [7]. Der notwendige Umwandlungseinsatz aller biogenen Brenn- und Treibstoffe betrug 2017 3.998 GWh in industriellen KWK-Anlagen sowie 1.164 GWh in industriellen Kraftwerken. Darüber hinaus werden 15.797 GWh Endenergie zur Bereitstellung von Wärme bzw. Umwandlung in mechanische Energie in Form von Biomasse in der Industrie (ohne Berücksichtigung des erzeugten Stroms in KWKs) und 17.950 GWh Biomasse in privaten Haushalten energetisch genutzt [11].

<sup>19</sup> Davon lassen sich 2.705 GWh der industriellen Eigenstromerzeugung mit KWK-Anlagen der Papier- und Zellstoffindustrie zuordnen [28].

## 5.1 Bau

Der energetische Endenergieverbrauch der Baubranche betrug im Jahr 2017 4.898 GWh. Dies bedeutet einen Anteil von 1,6% am Gesamtverbrauch von Österreich bzw. 5,2% am Verbrauch des produzierenden Bereichs. Die wichtigsten Nutzkategorien waren Standmotoren (3.170 GWh, 65%), gefolgt von Raumheizung und Klimaanlage (983 GWh, 20%), Industrieöfen (466 GWh, 10%) sowie Beleuchtung und EDV (277 GWh, 5%) und ein kaum wahrnehmbarer Anteil an Dampferzeugung.

Diesel (2.755 GWh), elektrische Energie (789 GWh) und Erdgas (626 GWh) sind die bestimmenden Energieträger der Baubranche. Im Vergleich der industriellen Sektoren fällt auf, dass die Baubranche mit 80% den zweithöchsten Anteil an fossilen Energieträgern (ausschließlich Erdölprodukten) hat [11]. Da die Baubranche saisonbedingten Schwankungen unterliegt, ist auch der Energieverbrauch dementsprechend in den Wintermonaten geringer.

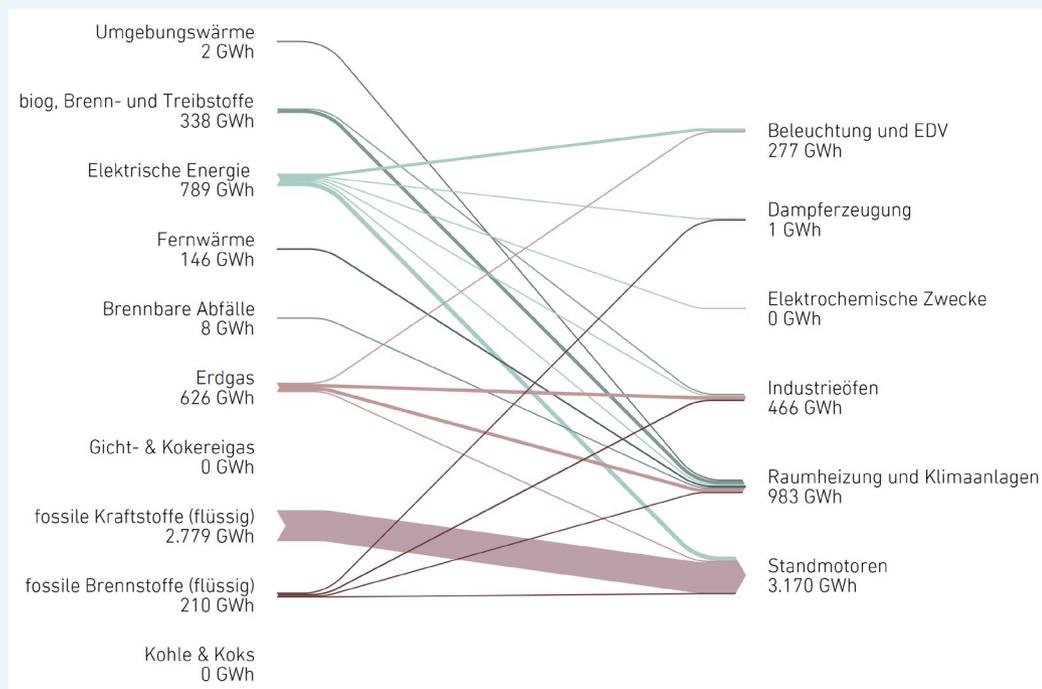


Abbildung 15

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Bau“,  
Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

Der Großteil der benötigten Energie wird von flüssigen fossilen Kraftstoffen (vor allem Diesel und Benzin) bezogen. Eine genaue Aufschlüsselung der eingesetzten Energieträger ist in der folgenden Tabelle zu finden:

56,7 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)
16,1 %	Elektrische Energie
12,8 %	Erdgas
6,9 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
4,3 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
3,0 %	Fernwärme
0,2 %	Brennbare Abfälle

Die Branche trägt mit 6,4% zur Wirtschaftsleistung bei, mit abnehmender Tendenz. Bauinvestitionen liefern langfristig keine nennenswerten Wachstumsbeiträge, kurzfristig aber starke Wachstumsimpulse und haben hohe Multiplikatorwirkung [29]. Die Energieintensität der Bauindustrie beträgt 233 Wh/€ (EEV: 4.898 GWh bei einer Bruttowertschöpfung von 21,03 Mrd. Euro). Das heimische Bauwesen zählte im Jahr 2017 36.266 Unternehmen mit 298.587 Beschäftigten, wobei die Zahl der Beschäftigten im Hochbau deutlich höher als die im Tiefbau lag [30], [31].

Im Jahr 2017 wurden in Österreich 22.290 neue Gebäude fertiggestellt, 17.388 davon Wohngebäude. Die restlichen Nichtwohngebäude beinhalten unter anderem Industrie- und Lagergebäude, Hotels, Gasthöfe und Pensionen oder landwirtschaftliche Nutzgebäude. Die Baubewilligungen neuer Gebäude unterteilten sich 2017 auf 19.399 Wohngebäude und 6.458 Nichtwohngebäude. Das Marktvolumen der Fertighausbranche in Österreich belief sich 2017 auf 779 Millionen Euro. Im genannten Jahr wurden 4.702 Fertighäuser neu errichtet [30].

In Österreich zählt die Bauindustrie zu den Profiteuren in der Industrieproduktion. Durch den Infrastrukturausbau profitiert die heimische Bauindustrie von anderen prosperierenden Wirtschaftszweigen erheblich. Hierzu zählen u. a. die Telekommunikation, österreichische Transport-, Speditions- und Logistikunternehmen sowie

Taxi- und Personentransportunternehmen<sup>20</sup>. Aufgrund des gut ausgelasteten Infrastruktursektors entwickelt sich die österreichische Bauwirtschaft besser als in anderen Teilen Europas. Zukunftsmärkte sind vor allem Zentral- und Osteuropa, wo die österreichische Bauindustrie mit ihrem Know-how und ihrer Performance<sup>21</sup> punktet [32]. Literaturrecherchen und Anfragen bei Vertretern der Baubranche ergaben, dass keine detaillierten Informationen zu Energieverbräuchen nach einzelnen Prozessen bzw. Verwendungszwecken vorliegen. Daher wurden die Geschäfts-, Nachhaltigkeits- und CSR-Berichte der Unternehmen STRABAG SE und PORR AG näher untersucht.

### STRABAG SE

Die Energiekosten des STRABAG-Konzerns beliefen sich 2017 auf 250,59 Mio. Euro. Kraftstoff (Diesel) ist der wichtigste Energieträger und macht ca. 65 % der Energiekosten aus. Daher wurde unternehmensintern eine Software entwickelt, um den Kraftstoffverbrauch der Pkw- und Nutzfahrzeugflotte zu analysieren. Das Energieeinsparpotenzial in der Fahrzeugflotte wird mit 3 % bewertet. Um auch den Verbrauch der Baumaschinen und -geräte zu analysieren, wird derzeit ein System zur Digitalisierung der Verbrauchsdaten entwickelt. Weitere Maßnahmen zur Reduzierung fossiler Energieträger und Treibhausgasemissionen sind Mitarbeiterschulungen und die Einführung eines Strom- und Gasdatenmanagementsystems zur Durchführung von Lastprofilanalysen an stationären Anlagen- und Verwaltungsgebäuden [33].

<sup>20</sup> Bahn-, Schiff- und Luftfahrt sowie Verkehrsbetriebe, Güterbeförderungsgewerbe, Seilbahnen, Autobusunternehmen etc.

<sup>21</sup> Österreich konnte sich im Tunnelbau u. a. durch seine „New Austrian Tunneling Method“ (NATM) besonders erfolgreich im In- und Ausland positionieren. Diese Methode zeichnet sich durch eine enorme Vortriebsleistung von bis zu 20 m pro Tag und in ihrer Wirtschaftlichkeit aus [34].

Der Geschäftsbericht der STRABAG SE weist folgende Indikatoren auf:

Kategorie	Status quo	Ziel	Kommentar
Recyclingquote Asphalt für die Herstellung von Asphaltmischgut	für AT nicht genügend Daten vorhanden	Recyclinganteil erhöhen; Kundenwünsche beachten	im Vergleich: Deutschland: 32,7 % Polen: 29,8 %
Fahrzeugflotte: Energieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Ausstoß	7,8 Liter/100 km und 0,2 kg CO <sub>2</sub> /km	mindestens 1 % pro Jahr Reduktion	berücksichtigt alle Fahrzeugkategorien
Asphalt-Mischanlagen: Energieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Ausstoß	94,3 kWh/t und 32,6 kg CO <sub>2</sub> /t	-	Energieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Ausstoß pro produzierter Tonne Asphaltmischgut
Bauausrüstung und -maschinen	nur unzureichende Daten verfügbar, daher laufend Pilotprojekte zur Messung und Überwachung des Energieverbrauchs und CO <sub>2</sub> -Ausstoßes		

Tabelle 4

Ressourcenmanagement und Schlüsselindikatoren der STRABAG SE [33]

**PORR AG**

Als Industrieunternehmen weist die PORR AG einen hohen Energieverbrauch auf, der zum Großteil aus dem Baustellenbetrieb, dem Gütertransport und der Verwaltungsinfrastruktur resultiert. Im Jahr 2017 verbrauchte das Unternehmen in Österreich 294 GWh. Der mit Abstand wichtigste Energieträger ist mit einem Anteil von 55 % Diesel (163 GWh), gefolgt von Gas (88 GWh), Strom (24 GWh) und Heizöl (6 GWh). Vor diesem Hintergrund liegt ein wesentlicher Schwerpunkt der Effizienzsteigerung im Bereich der Baufahrzeuge und Baumaschinen. Erneuerbare Energien deckten 24,5 % des Energieverbrauchs und liegen etwas über dem Branchendurchschnitt. Durch den überwiegenden Einsatz fossiler Energieträger wurden 85.545 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert [34].

Eingesetzte Produkte und Energieträger:

- Roh- und Baustoffe: Zement, Stahl, Schotter, Bitumen, Holz, Wasser, Schalung, Dämmmaterial, Gerüste, Gipskartonplatten etc.
- Eigenes Recyclingmaterial: u. a. aus Asphalt- und Betonabbruch

Umweltspezifische Nebenprodukte:

- Rohstoffverbrauch
- Verpackungsmaterial
- Lärm, Staub, Emissionen, Abwasser, Abfall
- Temporäre Flächennutzung für Baustelleneinrichtung und Infrastruktur

Kategorie	Status quo	Ziel	Kommentar
Anteil der Recycling-Baustoffe aus Asphalt	9 %	-	weitere Steigerung des Baustoffrecyclinganteils
Spezifischer Primärenergieverbrauch	-	1,5 % pro Jahr Reduktion	Energieeffizienzmaßnahmen; Weiterentwicklung von ressourcenschonenden Verfahren
Spezifische THG-Emissionen	-	mindestens 1,5 % pro Jahr Reduktion	Erhöhung des Baustoffrecyclinganteils; Reduktion des Abfalls
Energieverbrauch/Produktionsleistung (kWh/EUR)	0,117	-	Werte für 2017 konzernweit (2016: 0,120)

Tabelle 5: Ressourcenmanagement und Schlüsselindikatoren der PORR AG [34]

Die Betrachtung der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria und der Berichte der Bauunternehmen ergab, dass der Großteil der Energie für Baumaschinen und -geräte<sup>22</sup> anfällt, die hauptsächlich mit Diesel betrieben werden. Die größten Potenziale zur Umstellung auf erneuerbare Energieträger werden im Einsatz von Biodiesel und Wärmepumpen für Heiz- und Klimatisierungsanwendungen gesehen. Hohes Energieeinsparpotenzial wird in der Umstellung auf LED-Beleuchtung erwartet. Hingegen gibt es kaum Potenzial für die Nutzung von Abwärmepotenzialen.

**Folgende mögliche Effizienzmaßnahmen werden genannt [34]:**

- Weiterführung der Energieeffizienzmaßnahmen im Bereich Geräte-, Fuhrpark- und Gebäudemanagement (LED-Beleuchtung, Stockwerksdrucker)
- Weiterentwicklung von ressourcenschonenden Verfahren im Grund-, Hoch- und Tiefbau
- Weitere Steigerung des Baustoffrecyclinganteils
- Einsatz von Baumaschinen der neuesten Generation
- Verbesserungen bei den Produktionsanlagen
- Mitarbeiterschulungen

- Energieeffizienzmaßnahmen in Anlagentechnik der Asphalt- und Betonmischanlagen sowie der Kiesaufbereitungsanlagen
- Neubau und Sanierung von Betriebsgebäuden
- Modernisierung alter Produktionsanlagen bzw. Einbau von Frequenzumformern zur Regelung motorischer Antriebe etc.
- Schrittweise Umstellung der Energieträger für Raumwärme und Produktion in Richtung erneuerbare Energiequellen
- Verarbeitung des Ausbruchsmaterials direkt auf der Baustelle
- Einbau von Stopp-Automatik bei Baufahrzeugen, um Leerlaufzeiten und Betriebsstunden zu reduzieren
- Einsatz von hybrid bzw. elektrisch angetriebenen Baugeräten

<sup>22</sup> Dazu zählen: Standbagger, Fahrbagger, Flachbagger, Bohr- und Schlitzwandgeräte, Transportgeräte, Maschinen für Transport und Verarbeitung von Beton und Mörtel, Hebezeuge, Ramm- und Ziehgerät, Geräte im Verkehrswegebau, Kanal- und Rohrleitungsbau, Verdichtungsgeräte, Tunnelbaugeräte, Kompressorge-  
räte, Reinigungsgeräte etc.

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpe (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>23</sup> ) substituiert, keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme; prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt; prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie bisher eingesetzten biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %. Darüber hinaus werden die fossilen Brennstoffe zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe bzw. elektrische Energie bereitgestellt.	Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden zur Hälfte auf biogene Treibstoffe und zur Hälfte auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei dabei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden zu 25 % auf biogene Treibstoffe und der Rest auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei dabei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann. Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 20 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	Umstellung der fossilen Energieträger (Erdgas mit 1,6 GWh von insgesamt 277 GWh) auf Biogene.	Basis
Beleuchtung und EDV	Umstellung der fossilen Energieträger (Erdgas mit 1,6 GWh von insgesamt 277 GWh) durch elektrische Energie und dadurch Einsparen von 10 % der Endenergie.	Effizienz
Elektrochemische Zwecke	-----	Effizienz

Tabelle 6

Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Bau“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors <sup>23</sup>

23 Annahme 150 °C Dampftemperatur, 60 °C Wärmequelle:  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

## 5.2 Bergbau

Für den Sektor *Bergbau* wurden keine Branchenberichte gefunden, doch ließen sich aufgrund der eingesetzten Prozesse mögliche technische Effizienzmaßnahmen bzw. Potenziale für die Substitution von fossilen Energieträgern ableiten. Rohstoffe-Erschließungen, welche in die Bergbaubranche fallen, lassen sich wie folgt gliedern: Diabas, Dolomit, Eisenerz, Eisenglimmer, Gips und Anhydrit, Grafit, Kalkstein, Kaolin, Kohle, Lithium, Magnesit, Ölschiefer, Salz, Talk und Leukophyllit, Tone, Wolframerz, Sande und Kiese, diverse andere [35]. Insgesamt sind hier rund 160 Firmen vertreten.

Der Sektor *Bergbau* benötigt 2,3% des industriellen Endenergieverbrauchs (Anteil EEV AT: 0,7%), insgesamt 2.167 GWh (Jahr 2017). Hierbei entfallen 65% auf elektrische Energie und 35% auf fossile Energieträger. Die wichtigsten Nutzkategorien sind Standmotoren (52%), Dampferzeugung (26%) und Industrieöfen (18%). Die Nutzung der elektrischen Energie gliedert sich dabei in Standmotoren mit 76%, Industrieöfen mit 21% und 3% für die Beleuchtung.

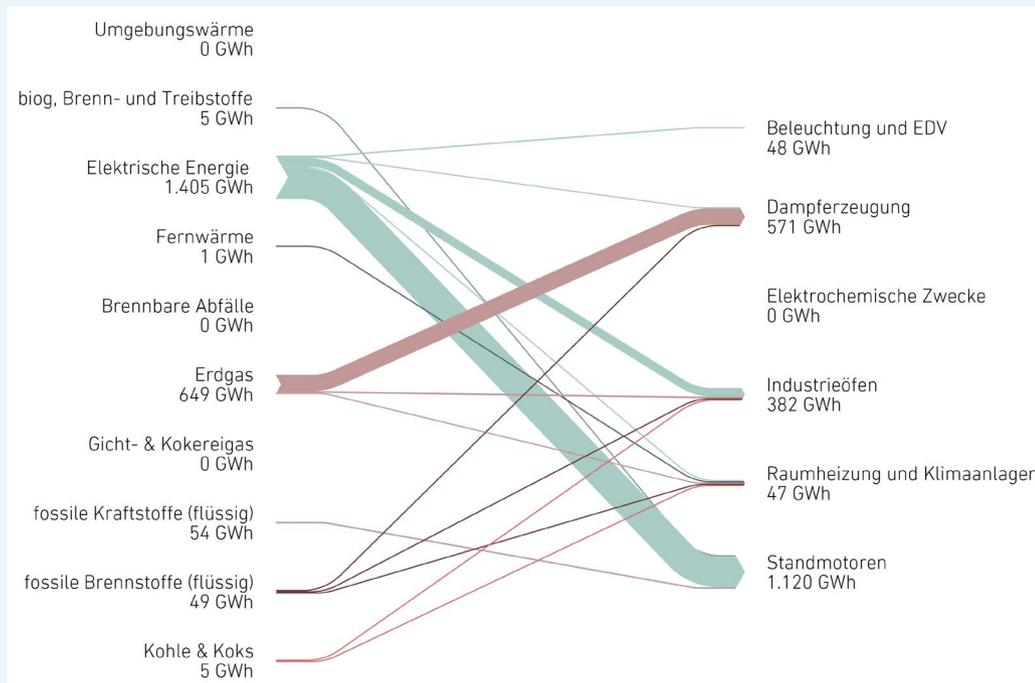


Abbildung 16

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Bergbau“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

Der Endenergiebedarf wird von folgenden Energieträgern gedeckt:

64,8 %	Elektrische Energie
30,0 %	Erdgas
2,5 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)
2,3 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,2 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
0,2 %	Kohle & Koks

Die fossilen Energieträger werden genutzt für:

**Diesel**

Diesel (54 GWh) wird ausschließlich für den Betrieb von Standmotoren eingesetzt beziehungsweise werden Standmotoren auch ausschließlich mit Diesel betrieben [11]. Eine Elektrifizierung ist wegen einer fehlenden Netzinfrastruktur oft schwierig [36].

Ein Umstieg auf erneuerbare Energien wäre technisch möglich durch:

1. Wind und PV in Kombination mit Batteriespeichern oder Pumpspeichern (Annahme: durch die geringeren Umwandlungsverluste sind Einsparungen von 70 % möglich)
2. Biokraftstoffe (Annahme: keine Effizienzsteigerung)
3. Wasserstoff (Annahme: keine Effizienzsteigerung bei Einsatz einer Brennstoffzelle; bei Verbrennung des Wasserstoffs ist die Gesamteffizienz sogar geringer als bei Dieselerbrennung)

**Erdgas und Flüssige Brennstoffe**

Erdgas (649 GWh) wird im Sektor *Bergbau* für Dampferzeugung (87%), Industrieöfen (9%) und Raumwärme (4%) eingesetzt. Flüssige Brennstoffe (49 GWh) wie Flüssiggas, Gasöl und Heizöl werden zur Dampferzeugung (14%), für Industrieöfen (53%) und für Raumwärme (32%) eingesetzt.

Ein Umstieg auf erneuerbare Energien wäre technisch möglich durch:

1. Dampferzeugung mittels Hochtemperaturwärmepumpen unter Nutzung von (Ab)wärme. Die übrige Energie für die Dampferzeugung muss durch Biogene, Wasserstoff oder elektrisch zu Verfügung gestellt werden.
2. Industrieöfen können auf andere Energieträger wie Biogene, Wasserstoff oder elektrische Energie umgestellt werden.
3. Die Raumwärme kann mittels Wärmepumpen vollständig auf erneuerbare Energie umgestellt werden.

**Koks**

Koks (5 GWh) wird beinahe ausschließlich in Industrieöfen genutzt. Nur ein vernachlässigbarer Anteil kommt für Raumwärme zum Einsatz.

Industrieöfen können auf andere Energieträger wie Biogene, Wasserstoff oder elektrische Energie umgestellt werden.

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpe (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>24</sup> ) substituiert, keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie bisher eingesetzter biogener Energieträger bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %. Darüber hinaus werden fossile Brennstoffe zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe bzw. elektrische Energie substituiert.	Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden zur Hälfte auf biogene Treibstoffe und zur Hälfte auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei dabei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden zu 25 % auf biogene Treibstoffe und der Rest auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei dabei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann. Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 7

Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Bergbau“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

24 Annahme: 150 °C Dampftemperatur, 60 °C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

### 5.3 Chemie und Petrochemie

Auf die chemische Industrie (u. a. Mineralölindustrie) entfallen mit 12.520 GWh (2017) 13% des Endenergiebedarfs des produzierenden Bereichs und 4% des gesamten österreichischen Endenergiebedarfs [11]. Die chemische Industrie ist somit nach der Papier- und Zellstoffherstellung

der Sektor mit dem zweithöchsten Endenergiebedarf des produzierenden Bereichs. Die Dampferzeugung macht mehr als die Hälfte (52%) des Energiebedarfs aus, gefolgt von Standmotoren mit 27%, welche größtenteils mit elektrischer Energie betrieben werden.

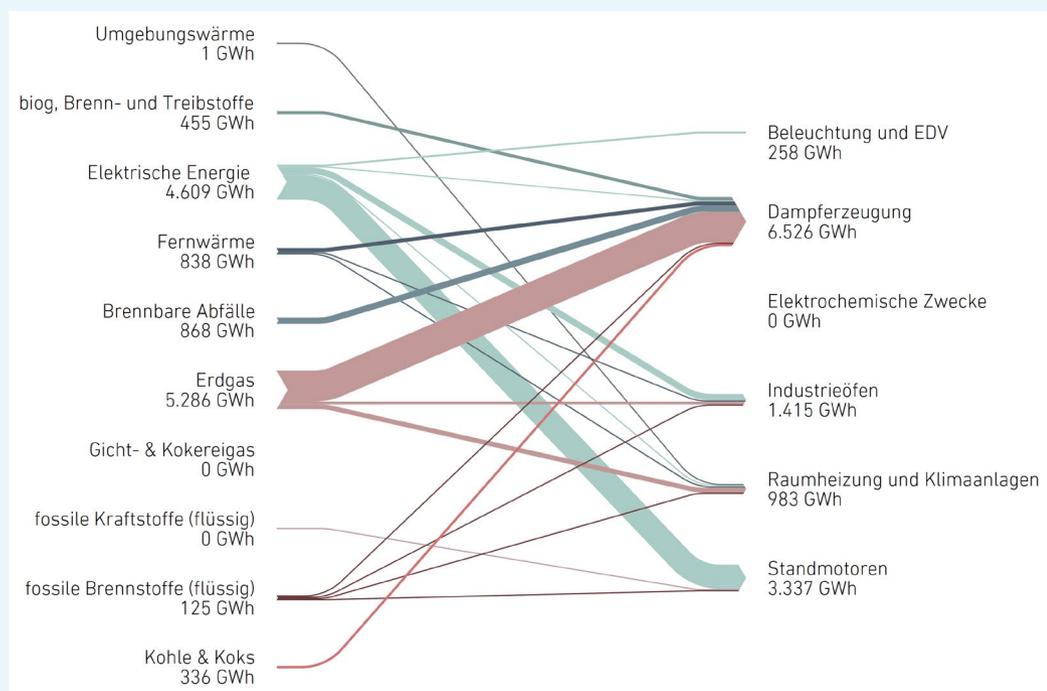


Abbildung 17

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Chemie und Petrochemie“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

Der Energiebedarf wird zu fast 80% durch Erdgas und elektrische Energie gedeckt. Der Großteil des eingesetzten Erdgases wird zur Dampferzeugung eingesetzt. Mit einem Anteil von 52% der gesamten Energienachfrage könnte die Umstellung der Dampferzeugung auf biogene Energieträger den Erneuerbaren-Anteil in diesem Sektor deutlich steigern.

Die genaue Aufschlüsselung nach Energieträgern sieht folgendermaßen aus:

42,2 %	Erdgas
36,8 %	Elektrische Energie
6,9 %	Brennbare Abfälle
6,7 %	Fernwärme
3,6 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
2,7 %	Kohle & Koks
1,0 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)

Die chemische Industrie verarbeitet eine Vielzahl verschiedener Produkte und setzt dafür sehr diverse Technologien ein. Im Rahmen dieser Studie wird daher nur die energieintensive Produktion wesentlicher Grundstoffe betrachtet, welche in weiteren Produktionsschritten zu Endprodukten verarbeitet werden. Die Studie „Perspektiven der Decarbonisierung für die chemische Industrie in Österreich“ [37] hat die Produktion der folgenden Grundstoffe für Österreich als relevant identifiziert:

- Chlor mit Natronlauge als Koppelprodukt
- Ammoniak und Harnstoff für Dünger und Kunststoffe
- Methanol für Synthesen
- Olefine (Ethylen, Propylen) als Ausgangsstoffe für Kunststoffe und weitere Produkte

Die Transformation der chemischen Industrie kann grundsätzlich auf Basis der folgenden drei Aspekte erfolgen [38]:

- Steigerung der Energieeffizienz bestehender Anlagen
- Einsatz von alternativen, erneuerbaren Rohstoffen (z. B. CO<sub>2</sub> aus Biomasse)
- Nutzung von erneuerbarem Strom für die Energieversorgung (und Elektronen als Reduktionsmittel)

Im Folgenden werden Technologieperspektiven für die oben genannten Grundstoffe beschrieben. Diese Informationen stellen eine Zusammenfassung der für diese Studie wesentlichen Aspekte aus der Studie „Perspektiven der Decarbonisierung für die chemische Industrie in Österreich“ dar. Laut den Studienautoren ist ein elektrischer Energiebedarf je nach Szenario zwischen 22 bis 61 TWh erforderlich, um den kompletten Sektor zu dekarbonisieren [37].

### **Produktion von Chlor**

Die Herstellung von Chlor kann im Kontext dieser Studie als Sonderfall betrachtet werden, da die Produktionsprozesse bereits vollständig auf elektrischem Strom basieren. Somit ist der Treibhausgasausstoß in erster Linie vom eingesetzten Strom-Mix abhängig und somit die Dekarbonisierung der Chlorproduktion nur über eine Dekarbonisierung des Stromsektors möglich.

Chlor wird mittels Chloralkali-Elektrolyse hergestellt, bei der Natronlauge und Wasserstoff als Koppelprodukte anfallen. Drei verschiedene Produktionsverfahren dominieren die Chlorproduktion: das Diaphragmaverfahren, welches derzeit den größten Marktanteil besitzt; das Membranverfahren, welches aufgrund der besseren Umweltverträglichkeit langsam das Diaphragmaverfahren ablöst; und das Amalganverfahren, welches seit 1984 nicht mehr in neuen Anlagen eingesetzt wird.

In Österreich gibt es eine Anlage zur Chlorproduktion mit einer Produktionskapazität von 74 kt Chlor pro Jahr. Diese Anlage der Donau Chemie steht in Brückl und setzt das Membranverfahren ein [39].

Eine Technologieoption für die Produktion von Chlor in Österreich wäre der Einsatz von „Oxygen Depolarised Cathodes“ (ODC). Diese Kathoden können in Membranverfahren eingesetzt werden und reduzieren Sauerstoff, um Hydroxide zu produzieren, anstatt Wasser in Wasserstoff und Hydroxid zu spalten. Energieeinsparungen bis zu 30% sind dadurch möglich. Am Donau Chemie Standort in Brückl ist der Chlor-Alkali-Elektrolyse eine Salzsäure-Produktion nachgeschaltet. Das im Bericht erwähnte energieeffizientere ODC Verfahren ist für den Standort allerdings keine Option, da mit diesem Verfahren der für die nachgeschaltete Salzsäureproduktion benötigte Wasserstoff wegfallen würde bzw. ggf. in einem separaten Prozess erzeugt werden müsste. Die dadurch entstehenden Nachteile stehen den Energieeffizienzvorteilen des ODC-Verfahrens gegenüber.

#### **Produktion von Ammoniak und Harnstoff**

Derzeit wird Ammoniak fast ausschließlich mittels Haber-Bosch-Verfahren aus Wasserstoff und Stickstoff hergestellt. Als Ausgangsmaterial wird hauptsächlich Erdgas eingesetzt, wodurch rein stöchiometrisch bereits  $0,97 \text{ tCO}_2$  pro Tonne Ammoniak produziert werden. Im Durchschnitt erzeugen europäische Produktionsanlagen  $1,33 \text{ tCO}_2/\text{tNH}_3$  durch die Stoffumwandlung. Die gesamten  $\text{CO}_2$ -Emissionen betragen im Durchschnitt  $1,83 \text{ tCO}_2/\text{tNH}_3$ . Ein Teil des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes kann jedoch in weiteren Prozessschritten zur Produktion von Harnstoff eingesetzt werden. Beim Haber-Bosch-Verfahren fallen ca.  $1,2 \text{ MWh}/\text{tNH}_3$  in Form von Dampf an, die in weiteren Prozessen genutzt werden können [38].

Um den Ausstoß von  $\text{CO}_2$  bei der Produktion von Ammoniak zu reduzieren, gibt es de facto nur eine relevante Alternative: der Einsatz von  $\text{CO}_2$ -frei (erneuerbar) erzeugtem Wasserstoff durch Elektrolyse. Dieses Verfahren benötigt jedoch einen zusätzlichen Prozessschritt, die Luftzerlegung, um reinen Stickstoff zu erzeugen, da dieser nicht mehr wie sonst üblich im sekundären Reformier anfällt. Weiters werden Kompressoren benötigt, einerseits um Wasserstoff und Stickstoff auf die benötigten Druckniveaus zu heben, andererseits für die Kühlaggregate der

Luftzerlegung. Hier wird keine signifikante Energieeinsparung im Vergleich zur konventionellen Ammoniakproduktion erwartet.

Die Elektrolyse von Wasser ist der energieintensivste Schritt bei der alternativen Erzeugung von Ammoniak. Der Bedarf an elektrischer Energie alleine für die Elektrolyse von Wasser wird auf ca.  $10 \text{ MWh}/\text{tNH}_3$  geschätzt. Unter Berücksichtigung aller weiteren Prozessschritte wird ein Energiebedarf von  $12,5 \text{ MWh}/\text{tNH}_3$  erwartet. Der Energiebedarf ist somit um den Faktor 3,2 höher (exkl. Energiegehalt des Rohstoffs) als bei der konventionellen, auf Erdgas basierenden Produktionsroute. Die  $\text{CO}_2$ -Emissionen sind jedoch um den Faktor 15 geringer, wenn der eingesetzte Strom aus erneuerbaren,  $\text{CO}_2$ -freien Quellen stammt [38].

Die Produktion von Harnstoff wird oftmals mit der Produktion von Ammoniak gekoppelt, um das bei der Ammoniakproduktion entstehende  $\text{CO}_2$  direkt weiternutzen zu können. Ammoniak und  $\text{CO}_2$  werden einem Reaktor zugeführt und reagieren unter hohem Druck und Temperatur zu Harnstoff. Wird Ammoniak nun ohne Erdgasreformierung und damit ohne  $\text{CO}_2$  Produktion erzeugt, muss  $\text{CO}_2$  von externen Quellen verwendet werden. Somit können hier industrielle Synergien genutzt werden.

#### **Produktion von Methanol**

Methanol wird derzeit in erster Linie aus Erdgas durch Dampfreformierung hergestellt. In diesem Fall betragen die  $\text{CO}_2$ -Emissionen  $0,52$  Tonnen pro Tonne Methanol. In Europa beträgt der spezifische Energiebedarf  $3,5 \text{ MWh}/\text{t}$ . Dieser Energiebedarf setzt sich zum Großteil aus dem eingesetzten Erdgas zusammen. Außerdem werden  $0,2 \text{ MWh}/\text{t}$  elektrischer Strom aufgewandt. Durch Prozessoptimierung lassen sich Werte von bis zu  $2,7 \text{ MWh}/\text{t}$  erreichen. Weiters können ca.  $0,6 \text{ MWh}$  in Form von Dampf pro Tonne Methanol aus dem Prozess ausgekoppelt werden [38].

Alternativ lässt sich Methanol mit Wasserstoff, der durch die Elektrolyse von Wasser erzeugt wurde, und  $\text{CO}_2$  als Kohlenstoffquelle herstellen. Auch bei diesem Herstel-

lungsverfahren ist die Elektrolyse der energieintensivste Teilprozess. Um eine Tonne Methanol herzustellen, werden alleine für die Elektrolyse 9,2 MWh elektrische Energie benötigt. Weitere 1,5 MWh/t werden für Hilfsaggregate benötigt, wodurch der Gesamtenergiebedarf auf ca. 11 MWh/t ansteigt. Weiters ist auf diesem Wege keine Dampfauskopplung möglich. Durch diese alternative Herstellungsrouten lassen sich pro Tonne Methanol 1,53 Tonnen CO<sub>2</sub> im Vergleich zur Herstellung aus Erdgas einsparen [38].

Eine weitere Möglichkeit, um Methanol ohne den Einsatz fossiler Rohstoffe zu erzeugen, ist die Nutzung von Biomasse als Kohlenstoffquelle. Hierbei sind jedoch weitere Einsatzzwecke von Biomasse zu berücksichtigen (z. B. Nahrungsmittel, Energieträger), um den Rohstoff optimal einsetzen zu können.

Die Methanolherstellung aus Biomasse erfolgt durch Vergasung der Biomasse.

### **Produktion von Ethylen und Propylen**

Ethylen und Propylen sind die Basis für die Herstellung einer Vielzahl weiterer chemischer Produkte. Sie werden derzeit hauptsächlich durch Steamcracking von Naphtha hergestellt. Bei diesem Verfahren entstehen noch weitere Produkte, welche gemeinsam mit Ethylen und Propylen unter dem Begriff High Value Chemicals (HVC) zusammengefasst werden. Der spezifische Energiebedarf beträgt in Europa im Schnitt bei ca. 4,6 MWh pro Tonne HVC. Bei neuen, optimierten Anlagen lassen sich Werte von bis zu 3,3 MWh pro Tonne erreichen [38].

Derzeit gibt es noch keine Verfahren, die Olefine direkt aus Wasserstoff und Kohlendioxid herstellen kann. Die derzeitigen Forschungsaktivitäten fokussieren auf die katalytische Produktion von Ethylen aus Kohlendioxid und Wasser in einem einstufigen Prozess. Die Entwicklung dieses Prozesses befindet sich derzeit noch im Anfangsstadium. Eine erfolgreiche Entwicklung könnte als Durchbruch gewertet werden, da damit die Herstellung von Olefinen ohne den Umweg über Zwischenprodukte wie z. B. Methan oder Methanol ermöglicht wird.

Eine bereits mögliche Alternative zur herkömmlichen Herstellung von Olefinen ist die Produktion aus Methanol, welches aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> hergestellt wurde, und einen anschließenden MTO (Methanol to Olefins)-Prozess. Der Energiebedarf für diesen Syntheseweg setzt sich aus dem Energiebedarf für die Herstellung von Methanol, welcher bereits oben beschrieben wurde, und dem Energiebedarf für den MTO-Prozess zusammen. Der Energiebedarf für den MTO-Prozess beträgt in etwa 1,4 MWh pro Tonne HVC. Der gesamte Energiebedarf ergibt somit 26,6 MWh pro Tonne HVC. Dies ist mehr als das Fünffache im Vergleich zu den auf Naphtha basierenden Prozessen, wobei noch zusätzlich überschüssiger Dampf erzeugt wird [38].

Der große Vorteil des MTO-Prozesses ist der hohe Methanolbedarf, da die Produktion von Methanol CO<sub>2</sub> benötigt und CO<sub>2</sub> aus anderen Prozessen nutzen kann. Somit können über diesen Produktionspfad 1,89 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne Ethylen oder Propylen, die durch andere Prozesse in die Atmosphäre emittiert worden wären, vermieden werden.

### **Alternative Energieträger**

In der folgenden Tabelle werden die für die Szenarien getroffenen Annahmen zur Substitution der fossilen Rohstoffe, die zur Energieversorgung eingesetzt werden, vorgestellt. Durch diese Maßnahmen wird der Sektor nicht vollständig dekarbonisiert, da zur Substitution von fossilen Ressourcen als Basis für die Produkte (z. B. Ammoniak) noch große Mengen an elektrischem Strom, biogenen Stoffen oder Wasserstoff notwendig wäre.

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpe (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und durch elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>25</sup> ) substituiert, keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme; prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie von bisher eingesetzten biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %. Darüber hinaus werden die fossilen Brennstoffe zu 90 % durch biogene Brennstoffe bzw. zu 10 % elektrisch ersetzt.	Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 8  
Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Chemie und Petrochemie“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

## 5.4 Eisen- und Stahlerzeugung

Der Sektor *Eisen- und Stahlerzeugung* ist mit 10.416 GWh für 11,1 % des Endenergiebedarfs<sup>26</sup> des produzierenden Sektors verantwortlich. Bezogen auf den gesamtösterreichischen Endenergiebedarf, entfallen auf die Eisen- und Stahlherstellung 3,3 % der Endenergie [7].

Charakteristisch für den Sektor *Eisen- und Stahlerzeugung* ist, dass ein großer Anteil der eingesetzten Energie nicht dem Endenergieeinsatz<sup>27</sup> zuzuordnen ist, sondern für Umwandlungsprozesse eingesetzt wird. Dazu gehören Energieträger, die für den „Verbrauch des Sektors Energie in der Kokerei bzw. im Hochofen“<sup>28</sup> zugerechnet werden. Der Energieverbrauch beträgt in Österreich für den Sektor Eisen- und Stahlerzeugung 2017 ca. 21 TWh [7].

Außerdem wird Kohle als Input (Umwandlungseinsatz) in der Kokerei eingesetzt, wobei Koks und Kokereigas, das unter anderem zur Eigenstromerzeugung genutzt wird, ausgestoßen wird. Im Verbund aus Hochöfen und Stahlwerk wird aus energetischer Sicht Koks in Gicht- und Tiegelgas umgewandelt, die ebenfalls für die Versorgung der eigenen Anlagen bzw. zur Eigenstromerzeugung eingesetzt werden. Über die Standortgrenzen hinaus wird bei der *Eisen- und Stahlerzeugung* in Österreich industrielle Abwärme in Form von Nah- und Fernwärme genutzt, wodurch sich hohe Nutzungsgrade der eingesetzten Energieträger ergeben.

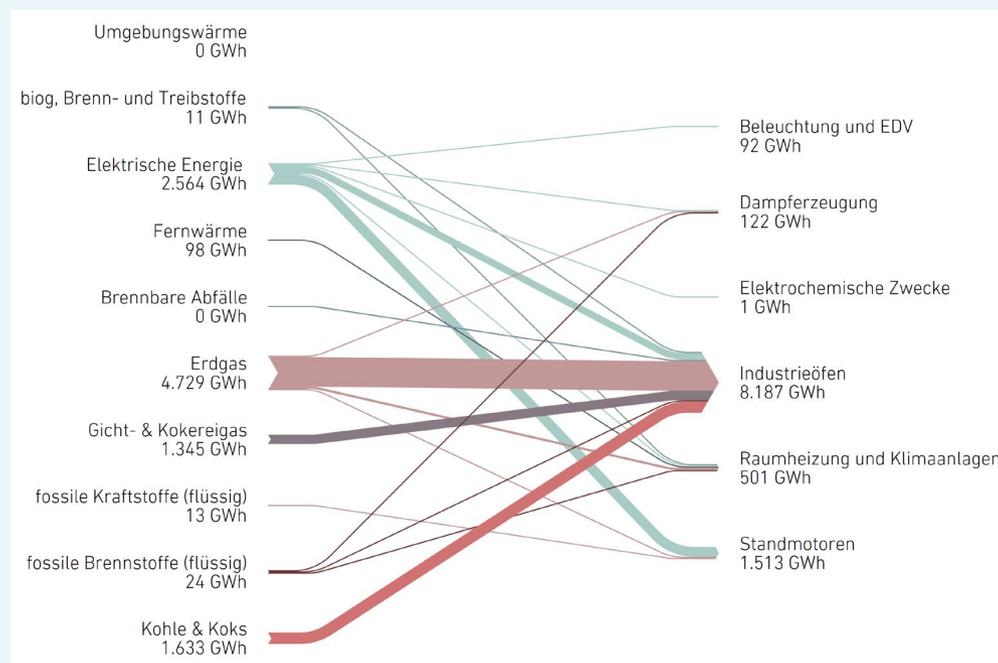


Abbildung 18  
Energieträger und deren Nutzung  
im Sektor „Eisen- und Stahlerzeugung“, Gesamtösterreich 2017  
(eigene Darstellung nach [11])

<sup>26</sup> Anmerkung: Der Energieeinsatz in Hochofen und Kokerei darf hier nicht vernachlässigt werden, da er nicht in die Endenergiebilanz einfließt. Er liegt bei ca. 21 TWh (vgl. [7]). Außerdem wird in der Endenergiebilanz nicht auf die effiziente interne Umwandlung und kaskadische Nutzung von Energieträgern eingegangen (Stichwort: Umwandlung von Kohle in Koks, Kokereigas, in weitere Folge Gicht- und Tiegelgas, die u. a. zur Eigenstromerzeugung eingesetzt werden).

<sup>27</sup> Endenergie entspricht der beim Verbraucher ankommenden Energie in der entsprechenden Form, z. B. Strom, Biomasse oder (bereits zuvor standortintern umgewandelter) Koks.

<sup>28</sup> Definition „Verbrauch Sektor Energie im Hochofen“ gemäß Statistik Austria: metallurgisch bedingter Einsatz von Koks und Heizöl, Kokeinsatz zur Bereitstellung der Prozesswärme, Strom Einsatz für die Luftzerlegung und den LD-Tiegel, Einsatz von Kunststoffabfällen [113].

Mit Erdgas und elektrischer Energie werden 70% der Endenergie gedeckt. An dritter Stelle befinden sich Kohle und Koks mit 16%. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern ist mit 18% am niedrigsten im Vergleich der industriellen Sektoren. Der mit Abstand größte Energieverbrauch entfällt auf die Industrieöfen mit knapp 80 % (ohne Kokerei, Hochofen und Stahlwerk). Als Energieträger wird hierfür in erster Linie Erdgas, Kohle & Koks sowie Gicht- & Kokereigas eingesetzt. In der Erzeugung von Roheisen dient Koks nicht nur als Brennstoff, sondern auch als Reduktionsmittel. Dieser (Energie-)Einsatz muss bei einer Substitution von Koks berücksichtigt werden. Technologien, die einen Betrieb der Industrieöfen mit erneuerbaren Energieträgern zulassen, sind wesentliche Ermöglicher, um den Anteil erneuerbarer Energieträger in diesem Sektor zu erhöhen. Der Kohle- und Koksanteil, welcher als stofflicher Einsatz zur Eisenoxidreduktion benötigt wird, ist in der Endenergie-Statistik jedoch nicht angeführt. Die Endenergie wird von den folgenden Energieträgern bereitgestellt:

45,4 %	Erdgas
24,6 %	Elektrische Energie
15,7 %	Kohle & Koks
12,9 %	Gichtgas & Kokereigas
0,9 %	Fernwärme
0,2 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,1 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
0,1 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)

### Produktionsprozess

Konventionelle Stahlerzeugungsrouten sind [40]:

- Integrierte Hochofenroute mit einem durchschnittlichen Energieeinsatz von 5 bis 6,7 MWh/t<sub>Rohstahl</sub>, wobei die österreichischen Produzenten am unteren Ende dieses Bereiches liegen mit den Prozessschritten:
  - Verkokung der gemahlten Kohle (950 bis 1.100 °C)
  - Sintern der Feinerze, Koksgrus und weiterer Zuschlagstoffe (>700 °C)

- Roheisenproduktion im Hochofen aus aufbereiteten Eisenerzen (Oxide) in einem kontinuierlichen Reduktions- und Schmelzprozess; als Reduktionsmittel und zum Aufbringen der Schmelzenergie dienen hauptsächlich Koks und Einblaskohle, zusätzlich können auch Gas sowie weitere Reduktionsmittel eingedüst werden.
- Chargieren des flüssigen Roheisens im Konverter, wobei Sauerstoff aufgeblasen und Roheisen in Stahl umgewandelt wird; dabei wird – um die Energie- und Ressourceneffizienz zu erhöhen – die Stahlschmelze durch den Einsatz von Schrott oder anderer Energieträger wie HBI („Hot Briquetted Iron“) gekühlt.
- Integrierte Schmelzreduktionsroute: Vorteilhaft im Vergleich zum Hochofen ist der Entfall des Sinter- und Verkokungsprozesses, dennoch wird Kohle zur Reduktion benötigt.
  - COREX: hauptsächlich Stückerz und Pellets eingesetzt
  - FINEX: ähnelt dem COREX-Verfahren, ist allerdings für den Einsatz von Feinerzen optimiert
- Direktreduktionsroute (z. B. MIDREX): Hier erfolgt die Reduktion von Eisenoxid durch Einsatz von Erdgas in einem Schachtofen zu Eisenschwamm, der entweder direkt in einem Elektrolichtbogenofen (ELBO) eingeschmolzen wird oder zu HBI brikettiert wird, welches dann in einem ELBO eingeschmolzen werden kann oder bis zu einem bestimmten Anteil im Hochofen bzw. LD-Konverter eingeschmolzen wird. Diese Herstellungsrouten können mit dem Energieträger Wasserstoff versorgt werden [41].
- Elektrolichtbogenofen (ELBO): Aufschmelzen von Schrott (oder anderen Vorprodukten wie Roheisen, „Direct Reduced Iron“ [DRI oder HBI]) unter Einsatz elektrischer Energie; limitierend sind für dieses Verfahren Stromverfügbarkeit, Schrottverfügbarkeit und -qualität. Der spezifische Energieeinsatz liegt zwischen 1 und 1,6 MWh/t.

Österreich verfügt über zwei integrierte Stahlwerke an den Standorten in Linz und Donawitz. Dabei wird Stahl über die Hochofenroute, drei Hochöfen in Linz, zwei in Donawitz, hergestellt. Bei diesem Verfahren wird die eingesetzte Kohle, die zuvor in der Kokerei in Koks umgewandelt wurde, nicht nur energetisch, sondern auch stofflich verwertet, wobei eine Substitution nicht unmittelbar möglich ist. Ein Umstieg auf emissionsfreie Produktion über die Hochofenroute ist somit nicht realisierbar. Aktuell wird sowohl in Linz als auch in Donawitz industrielle Abwärme in die lokalen Fernwärmenetze eingespeist (Größenordnung: 2012 100 bis 200 GWh/a je Standort)<sup>29</sup>. Drei Stahlwerke produzieren über die Schrott-Elektrolichtbogenofenroute (Marienhütte in Graz, Böhler Edelstahl in Kapfenberg und Breitenfeld Edelstahl in Mitterdorf im Mürztal). Außerdem werden in Gießereibetrieben Schmelzöfen eingesetzt (Kupol-, Elektrolichtbogen- und Induktionsöfen).

### **Alternative Brennstoffe und Technologien in der Stahlerzeugung über die Hochofenroute**

Ergebnisse deutscher Studien weisen ein begrenztes Potenzial für Emissionsminderungen durch Effizienzmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie, wie die Abwärmennutzung am Elektrolichtbogenofen und der Hochofenschlacke oder das Dünnbrammengießen, auf [42]. Für die österreichische Stahlindustrie ist eine Vielzahl an Maßnahmen in einer Studie 2014 identifiziert worden [40]. Umfangreiche Dekarbonisierung der Energieversorgung des Hochofenprozesses lassen sich allerdings nur über neue Prozesstechnologien realisieren, die nicht mehr auf Kohle als Reduktionsmittel basieren, sondern CO<sub>2</sub>-arme Alternativen nutzen. Denkbar ist der Einsatz von Wasserstoff oder Strom im Fall von CO<sub>2</sub>-armer Erzeugung [42]. Die ausreichende und in großtechnischem Maßstab stabil gesicherte Verfügbarkeit von „grünem“ Wasserstoff ist eine der Grundvoraussetzungen für die langfristige Entwicklung von auf Wasserstoff basierenden Breakthrough-Technologien für eine CO<sub>2</sub>-minimierte Stahlerzeugung.

Das EU-Leuchtturmprojekt **H2FUTURE**<sup>30</sup> untersucht zentrale Fragestellungen der Sektorkopplung von Energie und Industrie sowie die breitflächige Übertragbarkeit der Technologie auf EU-Ebene nicht nur für die Stahlindustrie, sondern auch auf weitere Industriesektoren, die Wasserstoff im Prozess einsetzen könnten [43]. Es kann damit einen wichtigen Beitrag zur langfristigen Dekarbonisierung der energieintensiven Industrien in Europa leisten. Am voestalpine-Standort Linz wurde eine der weltweit größten Versuchsanlagen zur Herstellung von „grünem“ Wasserstoff mit PEM(Proton Exchange Membran)-Elektrolysetechnologie in großtechnischem Maßstab mit einer Produktion von 1.200 m<sup>3</sup>/h sowie zur Bereitstellung netzdienlicher Services errichtet und vom „Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking“ gefördert. Die Anlage geht 2019 in Betrieb.

Das gemeinsame Forschungsvorhaben „SuSteel“ („Sustainable Steelmaking“) von Montanuniversität Leoben, Kompetenzzentrum K1-MET und voestalpine arbeitet an einem Direktreduktionsprozess, der mithilfe von Wasserstoffplasma Eisenoxide (Erze) direkt zu Stahl transformiert. SuSteel ist damit ein weiteres Forschungsprojekt auf dem Weg der Ablösung des Reduktionsmittels Kohlenstoff durch Wasserstoff mit dem Ziel einer Verminderung der prozessbedingten Emission von CO<sub>2</sub> bei der Stahlproduktion [44].

Bei erfolgreicher Entwicklung und großtechnischer und wirtschaftlich konkurrenzfähiger Umsetzung dieser F&E-Projekte und der ausreichenden Verfügbarkeit erneuerbarer Energie könnte eine Reduktion auf unter 20% der Emissionen im Vergleich zur Hochofenroute erfolgen – vergleichbar mit der Stahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen aus Schrott [44]. Der Schlüssel für eine erfolgreiche Transformation der Stahlproduktion in Richtung „Carbon-lean Steelmaking“ ist demnach die Energiebewirtschaftung der Zukunft – gesicherte Verfügbarkeit kompetitiver erneuerbarer Energie.

<sup>29</sup> <http://www.austrian-heatmap.gv.at/karte/>.

<sup>30</sup> <https://www.h2future-project.eu/>.

Die Erzeugung von Stahl auf Basis von Wasserstoff wird allerdings dafür sorgen, dass heute eingesetzte Umwandlungsenergie in Form von Endenergie eingebracht werden muss (Umbruch-Szenario). Die Erzeugung von „grünem“ Wasserstoff aus erneuerbar erzeugtem Strom ist ein zusätzlicher, energieintensiver Schritt [42]. Abschätzungen für Österreich ergeben einen zukünftigen elektrischen Energiebedarf bei der Substitution der Produktion mit den zuvor vorgestellten Breakthrough-Technologien von 33 TWh [45]<sup>31</sup>.

Mit diesen 33 TWh in Form von elektrischem Strom soll die Versorgung der Stahlproduktion in der integrierten Hochofenroute substituiert werden. Dadurch entfällt der aktuelle Umwandlungsenergieeinsatz in Oberösterreich und der Steiermark in Kokerei, Hochöfen und Stahlwerk. Basierend auf internen Berechnungen ergab sich ein Aufteilungsschlüssel von 76,25 % für Linz bzw. 23,75 % für Donawitz, was im Umbruch-Szenario durch insgesamt 33 TWh (OOE: 25,16 TWh, St: 7,8 TWh) erneuerbaren Strom gedeckt werden muss.

.....  
31 Dabei wird angenommen, dass die Standorte Linz und Donawitz gemeinsam 33 TWh elektrische Energie beziehen. Dadurch ergäbe sich ein potenziell noch höherer (elektrischer) Energieeinsatz. Aktuell werden in Oberösterreich und der Steiermark einige TWh Gas bzw. elektrischer Strom von extern zugekauft [112]. Außerdem werden keine detaillierten Aufschlüsselungen auf die Kategorien Raumheizung und Klimanlagen, Dampferzeugung, Industrieöfen, Standmotoren und Beleuchtung & EDV vorgenommen, da keine Prognose über die exakte Durchführung der Produktion erfolgt bzw. der größte Teil der genutzten Endenergie in Industrieöfen eingesetzt wird, die potenziell in Zukunft anders betrieben werden.

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfällen durch Wärmepumpen (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz
Raumheizung und Klimaanlage	----- <sup>32</sup>	Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen (außer Kohle, Koks, Gicht- und Kokereigas) zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen (außer Kohle, Koks sowie Gicht- und Kokereigas) zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe und Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>33</sup> ) substituiert, durch prozessseitige Effizienzmaßnahmen sinkt der Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	----- <sup>32</sup>	Umbruch
Industrieöfen	Fossile (außer Kohle, Koks sowie Gicht- und Kokereigas) werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie biogener Energieträger bleibt unverändert.	Basis Effizienz
Industrieöfen	Es werden 2 % der Endenergie durch Effizienzmaßnahmen eingespart.	Effizienz
Industrieöfen	Durch Prozessumstellung wird der Energieeinsatz in diesem Szenario nicht auf Nutzkategorien aufgeteilt, sondern ausschließlich den Industrieöfen zugeordnet. Der elektrische und biogene Einsatz in den Industrieöfen (Status quo) wird durch Effizienzsteigerung (2 %) reduziert. Fossile Energieträger aus allen Nutzkategorien werden durch 33 TWh elektrischen Strom für die Standorte Linz und Donawitz ersetzt. Die Aufteilung auf die Bundesländer erfolgt wie im Text zuvor beschrieben.	Umbruch
Standmotoren	Fossil angetriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt. Durch den besseren Wirkungsgrad wird bis zu 80 % Energie eingespart.	Basis Effizienz
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz
Standmotoren	----- <sup>32</sup>	Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 9

Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Eisen- und Stahlerzeugung“ (Stahlerzeugung im integrierten Hüttenwerk bei voestalpine) unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors und wettbewerbsfähiger Verfügbarkeit des zusätzlichen Energiebedarfs

<sup>32</sup> In dieser Studie erfolgt keine detaillierte Aufteilung gemäß Nutzenergiekategorie für das Umbruchszenario aufgrund der Prozessumstellung. Es werden keine Prognosen auf eine zukünftige Aufteilung gemäß der Nutzenergiekategorien vorgenommen.

<sup>33</sup> Annahme: 150 °C Dampftemperatur, 60 °C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

### **Alternative Brennstoffe und Technologien im restlichen Sektor**

Darüber hinaus werden aktuell gemäß der Nutzenergieanalyse 455 GWh fossile Brenn- und Kraftstoffe in den Bundesländern Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Tirol, Vorarlberg und Wien eingesetzt sowie 390 GWh elektrischer Strom, 12 GWh Fernwärme und 4 GWh biogene Brenn- und Treibstoffe. Konsistent zur oben beschriebenen Annahme für die Energieversorgung bei

der Stahlerzeugung in Donawitz werden in der Steiermark noch folgende weitere Energieträger eingesetzt: ca. 1.800 GWh fossile Brenn- und Kraftstoffe<sup>34</sup>, ca. 300 GWh elektrischer Strom, 82,1 GWh Fernwärme und 1,6 GWh biogene Brenn- und Treibstoffe. Für diese Energieträger können folgende Maßnahmen zur dekarbonisierten Versorgung der Industrieprozesse beitragen.

.....

34 Annahme: Der Endenergieeinsatz nach Nutzkategorien wird zur Szenarioberechnung für alle Bereiche um den gleichen prozentuellen Anteil reduziert für die Energie, die in der Steiermark NICHT in Donawitz eingesetzt wird. Veranschaulichung: Erdgaseinsatz in Donawitz x % des gesamten Erdgaseinsatzes in der Steiermark für Eisen- und Stahlerzeugung. In der Szenariorechnung wird der Einsatz von Erdgas für Dampferzeugung, Industrieöfen etc. überall um den gleichen relativen Anteil, nämlich x %, gekürzt.

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbaren Abfällen durch Wärmepumpen (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe und Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) substituiert, durch prozesseitige Effizienzmaßnahmen sinkt der Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) substituiert, durch prozesseitige Effizienzmaßnahmen sinkt der Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Industrieöfen	Durch Effizienzmaßnahmen kann der Endenergieeinsatz um 2 % reduziert werden.	Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 10

Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Eisen- und Stahlerzeugung“ ohne die voestalpine unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

## 5.5 Fahrzeugbau

Der Sektor *Fahrzeugbau* hatte 2017 einen Endenergiebedarf von 1.953 GWh. Dies entspricht einem Anteil von 2,1 % der gesamten Endenergie des produzierenden Bereichs bzw. 0,6% des EEV von Österreich.

Knapp 54% der Endenergie wird von elektrischer Energie gedeckt. Erdgas wird für weitere 31% des Endenergiebedarfs eingesetzt. Diese beiden Energieträger decken somit 85% des gesamten Endenergiebedarfs des Sektors Fahrzeugbau ab. Unter Berücksichtigung von Fernwärme tragen diese drei Energieträger mehr als 97% der

benötigten Endenergie bei. Die wichtigsten Nutzkategorien sind Raumheizung und Klimaanlage mit 51% sowie Standmotoren mit 33%.

53,9%	Elektrische Energie
31,2%	Erdgas
12,3%	Fernwärme
1,2%	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,8%	Fossile Kraftstoffe (flüssig)
0,6%	Biogene Brenn- und Treibstoffe

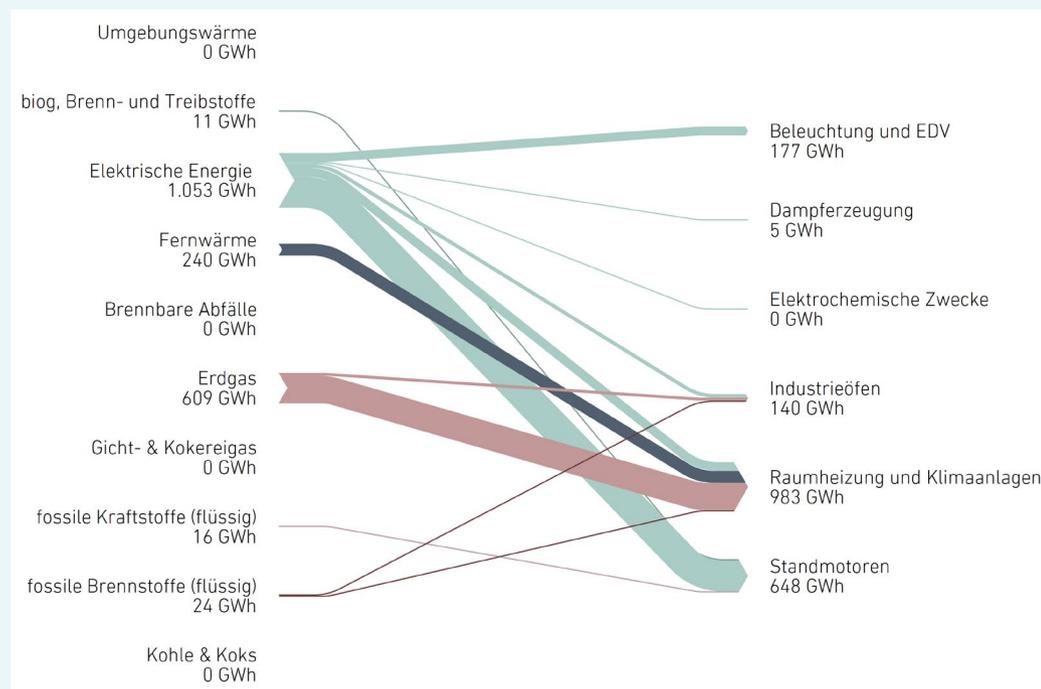


Abbildung 19

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Fahrzeugbau“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

### Eingesetzte Technologien und Anlagen

2017 wurden in Österreich in 222 Unternehmen Kraftwagen und -teile sowie in 90 Unternehmen sonstige Fahrzeuge hergestellt [30]. Der Fahrzeugbauprozess setzt sich aus den Prozessen im Presswerk (oft nicht direkt im Autowerk, sondern an externen Standorten aufgrund

des hohen Energieverbrauchs und der mechanischen Erschütterungen [17]) sowie aus Karosserierohbau, Lackieren und Montage (Trim, Hochzeit und Endmontage, ohne Vormontage) zusammen.

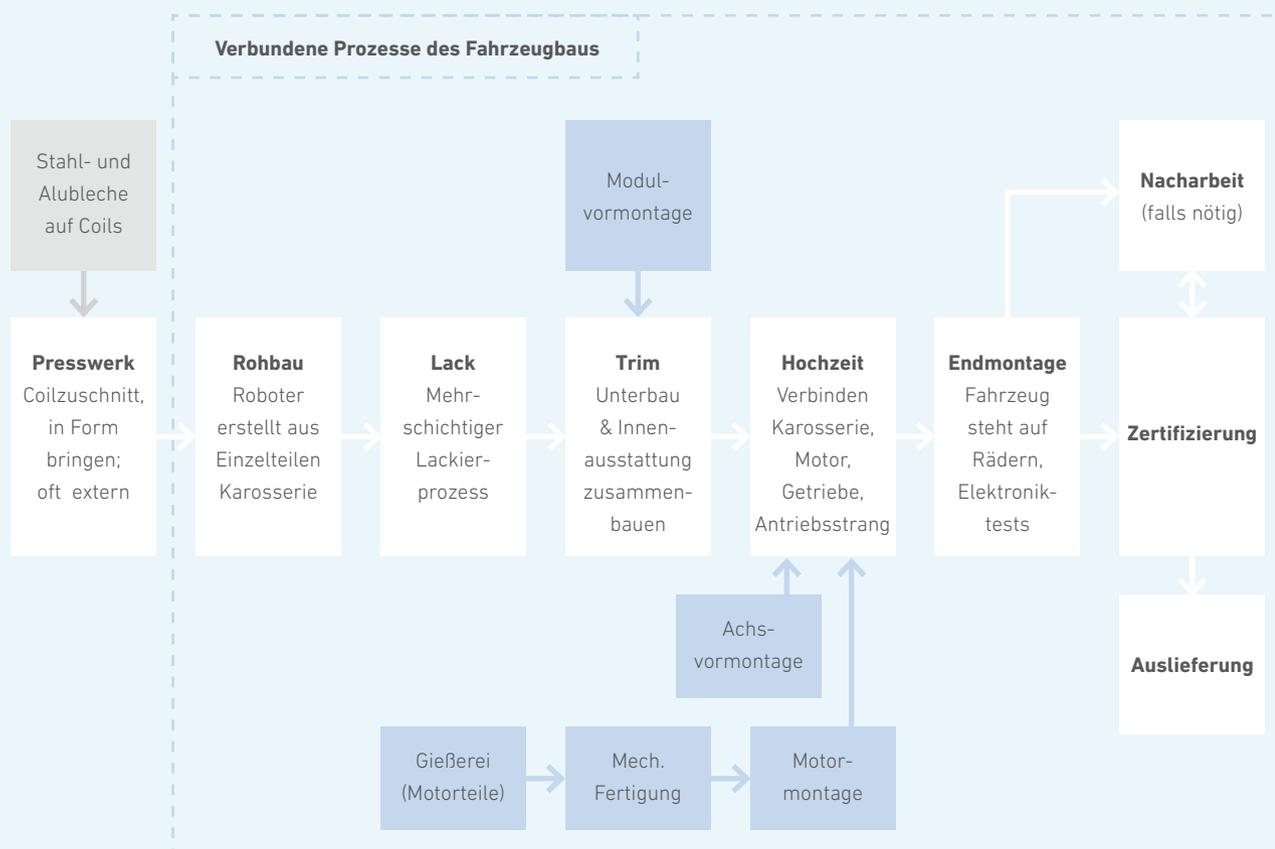


Abbildung 20

Produktionsprozess in der Fahrzeugbauindustrie [17]

### **Eingesetzte Energieträger und Energieeinsatz**

Anwendungsseitig lässt sich festhalten, dass in etwa die Hälfte des Endenergieverbrauchs für Raumheizung und Klimaanlage (davon 57,6 % mit fossilen Energieträgern bereitgestellt) sowie ca. ein Drittel des Endenergieverbrauchs für Standmotoren aufgewandt wird. Davon wird bereits über 95 % mit elektrischem Strom bereitgestellt [11].

Eine Detailanalyse der deutschen Automobilbranche zeigt weitere Spezifikationen auf: Raumwärme wird zu >60 % in der Montage und zu <35 % im Karosseriebau eingesetzt. Elektrische Antriebe werden vor allem für Roboter, Pumpen, Ventilatoren und Druckluftherzeugung eingesetzt. Die thermische Nachverbrennung zur Abgasreinigung macht ca. 50 % des Gesamtenergieverbrauchs in der Lackiererei aus. Der spezifische Energieeinsatz schwankt stark, zwischen z. B. 1,6 MWh/Fahrzeug für Fahrzeuge von KIA und 3,5 MWh/Fahrzeug bei Daimler. Ungleiche Fertigungsinhalte und Produktunterschiede beeinflussen die Aussagekraft dieser Kennzahl stark. Für andere Bezugsgrößen, beispielsweise der Gesamtmasse des Fahrzeugs, können sich andere Relationen ergeben [46], [47].

### Eine Abschätzung des Temperaturniveaus lässt folgender Vergleich des Energieeinsatzes mit Daten aus der deutschen Fahrzeugindustrie zu:

- In Deutschland fallen ca. 21 % des Wärmebedarfs (Warmwasser, Raumwärme und Prozesswärme) auf Temperaturniveaus über 500 °C an bei gleichzeitig ca. 31 % Endenergieeinsatz für Raumwärme und Warmwasser, 2 % Raumkühlung, 21 % Prozesswärme sowie ca. 35 % für mechanische Energie [48].
- Währenddessen liegt in Österreich der Endenergieeinsatz für Raumheizung und Klimaanlage deutlich höher, nämlich bei ca. 50 %. Der Anteil am Endenergieeinsatz für mechanische Energie ist vergleichbar bei ca. 33 %. Die Bereitstellung höherer Temperaturen (Industrieöfen) trägt nur zu ca. 7 % zum Endenergieeinsatz bei und beträgt bezogen auf die gesamte Wärmebereitstellung (Kategorien Raumheizung und Klima + Dampferzeugung + Industrieöfen) nur 12,4 %.

- Daraus folgt, dass der Anteil an Prozesswärme im Hochtemperaturbereich (>500 °C) im österreichischen Fahrzeugbau geringer ausfällt.

### Die eingesetzte Energie teilt sich prozesseitig folgendermaßen auf:

- ca. 50 % **Lackierung** – Teilprozesse:
  - Vorbehandlung + Umwälzpumpe (elektrisch)
  - Kathodische Tauchlackierung + Umwälzpumpe (elektrisch)
  - Einbrennen, Trocknen + thermischer Nachverbrennung (Abwärme, Erdgas)
  - Lackierung mit Grund-, Basis- und Klarlack (elektrisch)
  - Trocknung Grundlack bei 165 °C bzw. Basis- und Klarlack bei 140 °C (Erdgas)
  - Überprüfung im Lichttunnel (elektrisch)
  - Vorheizen Karosserie auf 70 bis 80 °C und „Flutung“ mit Heißwachs bei ca. 120 °C (Erdgas)
  - Allgemein: Belüftung und Umwälzung (elektrisch), Wärme- und Kältebereitstellung
- ca. 25 % **Rohbau** – Teilprozesse:
  - Zusammenfügen: Laser-, Widerstandspunktschweißen, Kleben, Nieten (elektrisch)
  - Absaugen und Kühlprozesse (elektrisch)
- ca. 25 % **Montage**
  - Da viele Schritte manuell oder nur halbautomatisiert durchgeführt werden, ist der energetische Verbrauch für diesen Prozessschritt hauptsächlich durch das Bereitstellen von geeigneten Arbeitsbedingungen bedingt. Dazu gehören Frischluftzufuhr, geeignete Temperaturen, Licht (elektrisch, Wärme).

### **Effizienzpotenziale**

- In Deutschland ergab eine Befragung von Unternehmen im Sektor Fahrzeugbau, dass eine weitere Effizienzsteigerung realistisch ist. Ca. 40% gaben 0 bis 10% als möglich an, weitere 40% 10 bis 20% und 20% hielten sogar eine Effizienzsteigerung von über 20% für realisierbar [49].
- Besonders in der Lackierung lässt sich durch sparsame Technologien eine Reduktion des Energieeinsatzes verwirklichen – eine optimierte Anlage ermöglicht bis

- zu 60% Reduktion des thermischen Energieeinsatzes im Vergleich zu einer konventionellen Anlage [50].
- Für Österreich kann ein Einsparpotenzial von 20 bis 30% bei elektrisch betriebenen Standmotoren realisiert werden [51].

### Alternative Brennstoffe

- Ersatz der fossilen Brennstoffe zum Betrieb von Standmotoren, z. B. durch Strom, wobei mit einer Steigerung des Wirkungsgrades zu rechnen ist.

- Ersatz der fossilen Brennstoffe in Industrieöfen: 66GWh z. B. durch biogene Brennstoffe oder Strom. Für Trocknungsprozesse, die in diese Nutzkategorie fallen, können auch Wärmepumpen eine geeignete Technologie darstellen.
- Ersatz der fossilen Brennstoffe bzw. teilweise Elektrizität für Raumheizungen und Klimaanlage. Wie ein Use Case aus dem Fahrzeugbau zeigt, eignen sich Wärmepumpen für den Einsatz in dieser Branche [52].

Nutzenergiekategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpen (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung (Wirkungsgrad steigt von 70 auf 95 %) substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und durch elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,2) substituiert, keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme, prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Fossile werden zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen (thermische Nachverbrennung) und durch elektrischen Strom in Wärmepumpen (Trocknung) (COP = 2) substituiert. Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 15 %.	Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 20 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	Der Endenergieeinsatz wird durch Effizienzmaßnahmen um 5 % reduziert.	Effizienz

Tabelle 11

Maßnahmen für die Nutzenergiekategorien im Sektor „Fahrzeugbau“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

## 5.6 Holzverarbeitung

Die Holzindustrie nutzt mit 7.390 GWh 7,9% des gesamten Endenergiebedarfs des produzierenden Bereichs, was einem Anteil von 2,4% von Österreich entspricht. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern ist durch den hohen Anteil an Biogenen mit 76% im Vergleich zu den anderen Sektoren am höchsten.

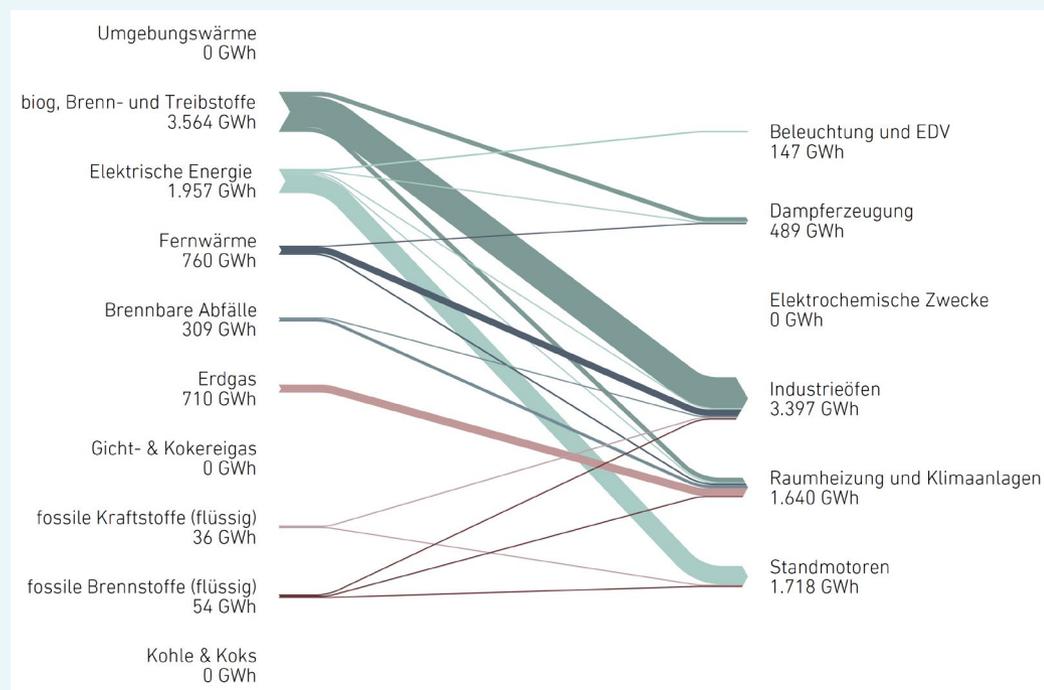


Abbildung 21  
Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Holzverarbeitung“,  
Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

Der Endenergiebedarf wird größtenteils von biogenen Brenn- und Treibstoffen abgedeckt. Gemeinsam mit elektrischer Energie und Fernwärme können 85 % der benötigten Endenergie gedeckt werden. Fast die Hälfte der Endenergie wird für Industrieöfen (46 %) verwendet. Standmotoren machen 23 % und Raumheizung und Klimaanlage mit 22 % einen ähnlich hohen Anteil aus.

48,2 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
26,5 %	Elektrische Energie
10,3 %	Fernwärme
9,6 %	Erdgas
4,2 %	Brennbare Abfälle
0,7 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,5 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)

Von über 1.200 Betrieben der Holzverarbeitenden Industrie sind ca. 1.000 Betriebe Sägewerke. Darüber hinaus zählen auch der Baubereich, die Möbelindustrie, die Holzwerkstoffindustrie sowie die Skiindustrie und noch eine Vielzahl kleinerer Berufszweige zur Holzindustrie [53]. Das in der Holzindustrie benötigte Temperaturniveau ist verhältnismäßig niedrig, was eine Substitution der Verbrennung von Brennstoffen technologisch vereinfacht. So ist es aus heutiger Sicht denkbar, die Trocknung (50 bis 80°C), Teile des Verleimens (120 bis 180°C) und das Lackieren (50 bis 80°C) vollständig mittels Wärmepumpentechnologie zu versorgen.

Dadurch wird der Energieeinsatz reduziert und bei Einsatz von erneuerbar erzeugtem Strom durch Elektrifizierung dekarbonisiert. Bei der Holz Trocknung wird dies bereits in Kanada, Schweden und Japan umgesetzt [54]. Deutsche Studien zeigen, dass etwa 80 % der benötigten Wärmemenge dabei unter 100°C liegen und somit mit Stand der Technikanlagen bedient werden können [55]. Auch für Österreich werden über 80 % der Prozesswärme unter 100°C angegeben [56]. Allerdings stammt die aktuell genutzte Wärme (Status quo) oftmals aus (Rest-) Biomasse(-KWK<sup>35</sup>)-Anlagen. Der Rohstoff Biomasse kann allerdings sowohl stofflich als auch für Hochtemperaturprozesse verwendet werden. Bei Substitution von biogenen Rohstoffen in Niedertemperaturprozessen, wie sie in der Holzverarbeitenden Industrie üblich sind, können diese zur stofflichen oder energetischen Nutzung in Hochtemperaturanwendungen – auch anderer Branchen – eingesetzt werden und dort fossile Brenn- und Treibstoffe ersetzen.

In einer Umfrage im Zuge dieser Studie gaben einzelne österreichische Betriebe an, dass Effizienzmaßnahmen bis zu 50 % Einsparungen im Energiebedarf ermöglichen könnten. Hingegen schätzten in einer Erhebung von Fraunhofer-ISI zur Modernisierung der Produktion 2009 ca. 60 % der Unternehmen das Energiesparpotenzial im Holzverarbeitenden Sektor mit bis zu 10 % weitaus geringer ein.

35 KWK-Anlagen z. B. bei Fundermax (<https://act-biomass.de/de-DE/Home/Referenzen/Biomassebefeuerte-Anlagen/FunderMax-Neud%C3%B6fl.aspx>), STIA Holzindustrie GmbH ([https://www.grazer-er.at/biomassekwk/upload/factsheets/admonter\\_woodchp\\_chp\\_infoblatt\\_de.pdf](https://www.grazer-er.at/biomassekwk/upload/factsheets/admonter_woodchp_chp_infoblatt_de.pdf)).

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpen (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und durch elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>36</sup> ) substituiert, keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Fossile werden vollständig durch Wärmepumpen (COP = 2,3 <sup>37</sup> ) ersetzt. Der Großteil der Versorgung bleibt unverändert (Biogene, brennbare Abfälle, Strom und Fernwärme). Durch Effizienzmaßnahmen können 10 % der Endenergie eingespart werden.	Effizienz
Industrieöfen	80 % der benötigten Energie wird durch Wärmepumpen (COP = 2,3) bereitgestellt. 20 % des Bedarfs werden durch Biogene gedeckt. Durch Effizienzmaßnahmen können 10 % der Endenergie eingespart werden.	Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 12

Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Holzverarbeitung“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

36 Annahme: 150°C Dampftemperatur, 60°C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

37 Annahme: 150°C durchschnittlich gefordertes Temperaturniveau, 60°C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

## 5.7 Maschinenbau

Mit 8.341 GWh entfallen 8,9% des Endenergiebedarfs des produzierenden Bereichs bzw. 2,7% des Endenergiebedarfs von Österreich auf den Sektor *Maschinenbau*.

Der Anteil an erneuerbaren Energien liegt mit 41 % im Mittelfeld [11].

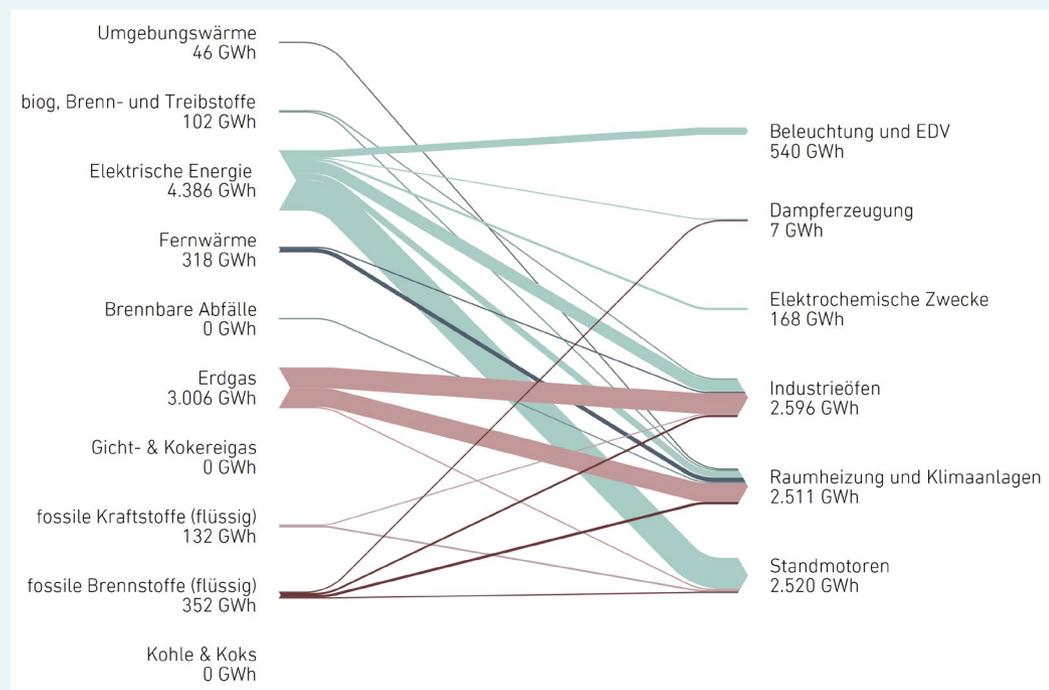


Abbildung 22

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Maschinenbau“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

Mehr als die Hälfte des Endenergiebedarfs wird bereits durch elektrische Energie bereitgestellt. Erdgas ist der zweitwichtigste Energieträger und deckt 36% des Bedarfs. Zusammen decken diese beiden Energieträger fast 90% des gesamten Endenergiebedarfs des Sektors ab. Weitere Energieträger werden nur zu geringen Anteilen eingesetzt. Die Nutzkategorien Industrieöfen, Standmotoren sowie Raumheizung und Klimaanlage machen jeweils rund 30% aus.

52,6 %	Elektrische Energie
36,0 %	Erdgas
4,2 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
3,8 %	Fernwärme
1,6 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)
1,2 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
0,6 %	Umgebungswärme etc.

Der Sektor *Maschinenbau* ist vergleichsweise heterogen zusammengesetzt und enthält die gesamte Bandbreite von Klein- bis Großunternehmen. Die hergestellten Produkte sind zum Beispiel Zellstoff- und Papiermaschinen, Baumaschinen, Roboter, Kräne, Seilbahnen, Traktoren, Motoren, Logistiksysteme und Wasseraufbereitungsanlagen [57]. Wesentliche Prozesse sind hierbei die mechanische Bearbeitung, wie zum Beispiel Drehen, Fräsen, Pressen und Schweißen verschiedenster Werkstoffe (größtenteils Metalle). Der Großteil fossiler Energie wird für Industrieöfen sowie für Raumheizungen und Klimaanlage eingesetzt. Keiner dieser Prozesse ist auf einen besonderen Energieträger angewiesen. Somit ist eine Substitution durch erneuerbare Energieträger aus technischer Sicht keine allzu große Herausforderung. Raumheizungen und Klimaanlage können elektrifiziert und mit Wärmepumpen energieeffizient betrieben werden. Für den Betrieb der Industrieöfen eignen sich Biomasse, elektrischer Strom bzw. in weiterer Folge (neue) erneuerbare Brennstoffe (z. B. Wasserstoff, Ammoniak), aber auch Hochtemperatur-Wärmepumpen (HT-WP).

Nutzenergiekategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpen (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und durch elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>38</sup> ) substituiert, keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie bisher eingesetzten biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis Effizienz
Industrieöfen	Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %.	Effizienz Umbruch
Industrieöfen	Der (relative) Einsatz von Strom und bisher eingesetzten, biogenen Energieträgern bleibt bestehen. Darüber hinaus werden 80 % der fossilen Energieträger durch Biogene ersetzt sowie 20 % durch elektrische Energie.	Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	Umstellung der fossilen Energieträger durch Biogene.	Basis
Beleuchtung und EDV	Umstellung der fossilen Energieträger durch elektrische Energie und dadurch Einsparen von 70% <sup>39</sup> für diesen Anteil der Endenergie.	Effizienz Umbruch
Elektrochemische Zwecke	Der Endenergieeinsatz wird um 5 % reduziert durch Effizienzmaßnahmen.	Effizienz Umbruch

Tabelle 13  
Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung  
für Nutzenergiekategorien im Sektor „Maschinenbau“ unter  
der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

38 Annahme: 150 °C Dampftemperatur, 60 °C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

39 Annahme: Angenähert an das Einsparpotenzial beim Wechsel von Glühlampen auf LEDs, welche bereits im Bereich von 70% liegen können ([https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen\\_Downloads/1803\\_Iw17\\_LED-Grundlagen-Applikation-Wirkung\\_web.pdf](https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1803_Iw17_LED-Grundlagen-Applikation-Wirkung_web.pdf)).

### 5.8 Nahrungs- und Genussmittel, Tabak

Für die Produktion von *Nahrungs- und Genussmittel, Tabak* wurden 2017 in Österreich 8.024 GWh an Endenergie eingesetzt. Dies entspricht 8,6% der eingesetzten Endenergie im produzierenden Bereich bzw. 2,6% auf Österreich bezogen. Durch den hohen Einsatz von Erdgas ist der Anteil an erneuerbaren Energieträgern mit 32% im unteren Bereich angesiedelt [11].

Annähernd die Hälfte der eingesetzten Energie wird durch Erdgas bereitgestellt. Elektrische Energie trägt ein weiteres Drittel zum Energieeinsatz bei. Zusammen stellen diese beiden Energieträger 82% der benötigten Endenergie bereit. Die wichtigsten Energienachfrager waren Dampferzeugung mit 38%, gefolgt von Standmotoren mit 26% und Industrieöfen mit 25%.

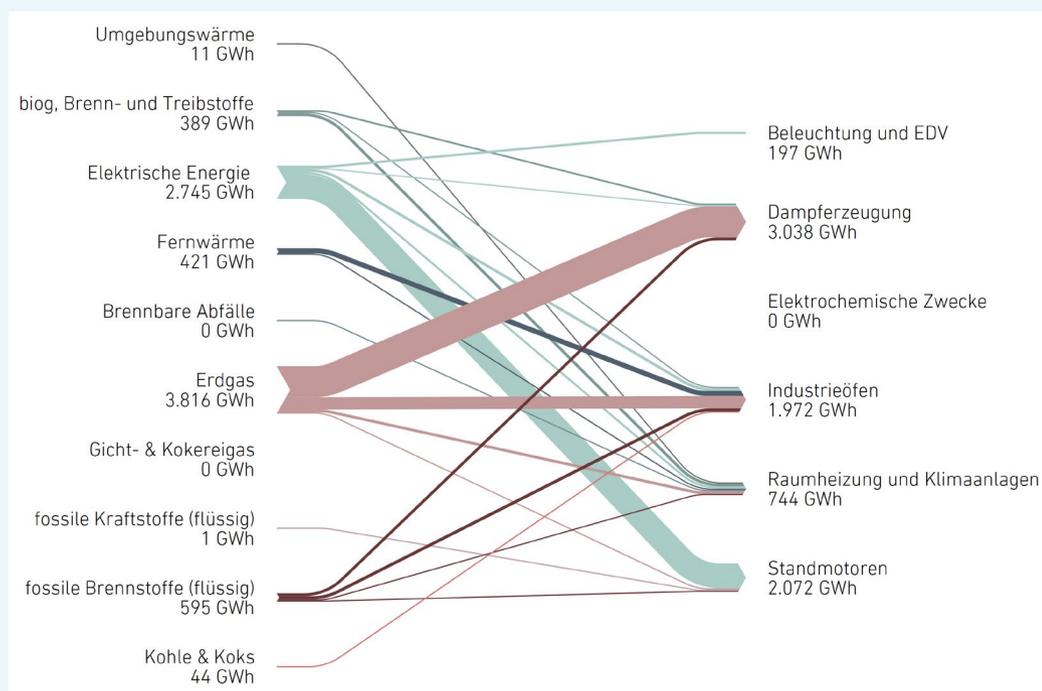


Abbildung 23  
Energieträger und deren Nutzung im Sektor  
„Nahrungs- und Genussmittel, Tabak“, Gesamtösterreich 2017  
(eigene Darstellung nach [11])

47,6 %	Erdgas
34,2 %	Elektrische Energie
7,4 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
5,3 %	Fernwärme
4,9 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
0,6 %	Kohle & Koks
0,1 %	Umgebungswärme etc.

### Die Nahrungs- und Genussmittelerzeugung weist folgende Charakteristika auf:

- Große Anzahl an Untersektoren (z. B. Milchverarbeitung, Bäckerei, Bierproduktion, Fleischverarbeitung etc.)
- Vielzahl an kleinen verarbeitenden Betrieben, dadurch sehr unterschiedliche Energieversorgungsanlagen an den Standorten (über 90% KMUs) [58]
- Vergleichsweise niedrige Prozesstemperaturen (vgl. Angaben für Deutschland 2002: 60% <100°C [48])

Im Rahmen des Fahrplans zur Energieeffizienz in der Textil- und Lebensmittelindustrie wurden 2016 folgende Grundoperationen im Sektor, die in verschiedenen Untersektoren angewandt werden, genannt, wobei die Temperaturbereiche dieser Grundoperationen sehr inhomogen sein können [59]:

- Reinigung von Flaschen und Kisten, des Produktes, der Produktionshallen und Geräte
- Trocknung
- Verdampfung, Extraktion, Destillation und Desodorierung
- Blanchieren, Kochen und Sieden
- Pasteurisieren und Sterilisieren
- Fermentation
- Schmelzen
- Alterung
- Prozesswärme im Allgemeinen (Vorwärmen, Prozesswasser, Einweichen, Auftauen, Schälen)
- Heizen und Kühlen der Produktionshallen und Bürogebäude
- Kühlprozesse (Kühlung, Tiefkühlung), Kältestabilisierung

Im Folgenden wird ein Überblick von möglichen Temperaturbereichen für die Grundoperationen gegeben [60]. Kühlbedarf fällt auf zwei Temperaturlevels an, die Normalkühlung bis 4°C und die Tiefkühlung (-6 bis -20°C). Beispiele für Prozessschritte im Niedertemperaturbereich (<100°C) sind die Prozesse Raumwärmebereitstellung (bis 25°C), Waschen, Reinigen, Aufkonzentrieren, Erwärmen und Destillieren (40 bis 110°C). Mitteltemperatur wird oft über Dampf für die Prozessschritte Pasteurisieren (bis 120°C), Kochen (bis 240°C), Trocknen (bis 250°C) und Backen (bis 260°C) bereitgestellt.

### **Alternative Technologien**

Aufgrund dieser Spezifikation eignet sich der Einsatz von Wärmepumpen nicht nur zur Erzeugung von Warmwasser, Raumwärme und Kälte, sondern auch zur Bereitstellung von Prozesswärme. Die Energiebereitstellung kann im Hinblick auf die notwendigen Temperaturniveaus in Zukunft durch erneuerbar erzeugten Strom, Wärmepumpen und Abwärme bereitgestellt werden. Demonstriert wurde beispielsweise die Einbindung einer Wärmepumpe zur Stärketrocknung (Firma Agrana)<sup>40</sup> [61]. Aber auch die Einbringung von Umgebungswärme (z. B. Solar- oder Geothermie) und Fernwärme ist in vielen Anwendungsfällen möglich. Integrationskonzepte für Solarthermie in unterschiedlichen Zweigen der Nahrungsmittelerzeugung wurden im Projekt „Greenfoods“<sup>41</sup> untersucht [62].

### **Einsparpotenziale**

Eine deutsche Studie, in der Energiesparpotenzial in verschiedenen produzierenden Sektoren durch Befragung von Unternehmen ermittelt wurde, weist für den Nahrungs- und Genussmittelsektor eine Effizienzsteigerung von 0 bis 10% (Angabe von knapp 50% der Befragten) bzw. über 10% (Angabe von über 50% der Befragten) auf [49].

<sup>40</sup> <http://dry-e.eu/Demonstrations/Agrana-Food-industry>.

<sup>41</sup> <http://www.aee-intec.at/greenfoods-122>.

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpen (COP =3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden vollständig durch elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 3,8 <sup>42</sup> ) substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme; prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Trocknungsprozesse sowie niedrige Ofentemperaturen werden partiell durch Wärmepumpen versorgt. Dazu wird der Einsatz fossiler Energieträger durch Strom in Wärmepumpen (COP = 1,9 <sup>43</sup> ) ersetzt. Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %.	Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 14  
Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung  
für Nutzenergiekategorien im Sektor „Nahrungs- und Genussmittel,  
Tabak“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

42 Annahme: 110°C Dampftemperatur, 60°C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{383}{383-333} \approx 3,8$ .

43 Annahme: 180°C Prozesstemperatur, 60°C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{453}{453-333} \approx 1,9$ .

## 5.9 Nichteisenmetalle

Der Sektor *Nichteisenmetalle* benötigt mit 2.601 GWh nur etwa ein Viertel der Endenergie im Vergleich zum Sektor Eisen- und Stahlerzeugung. Dies entspricht einem Anteil 2,8% am produzierenden Bereich bzw. 0,8 % von ganz Österreich. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern liegt mit 32% ebenfalls im unteren Bereich.

Mehr als die Hälfte der Energie wird durch Erdgas bereitgestellt, über 40% durch elektrische Energie. Diese beiden Energieträger decken somit fast 95% der Endenergie ab.

Ähnlich wie bei der Eisen- und Stahlerzeugung wird auch im Sektor Nichteisenmetalle Energie in erster Linie für den Betrieb von Industrieöfen (57%) eingesetzt, wobei hauptsächlich Erdgas zum Einsatz kommt. Um diesen Sektor zu dekarbonisieren, müssen Technologien eingesetzt werden, die einen Betrieb von Industrieöfen mit erneuerbaren Energieträgern ermöglichen. Die zweithöchste Energienachfrage hat die Nutzkategorie „Standmotoren“ mit einem Anteil von 32%.

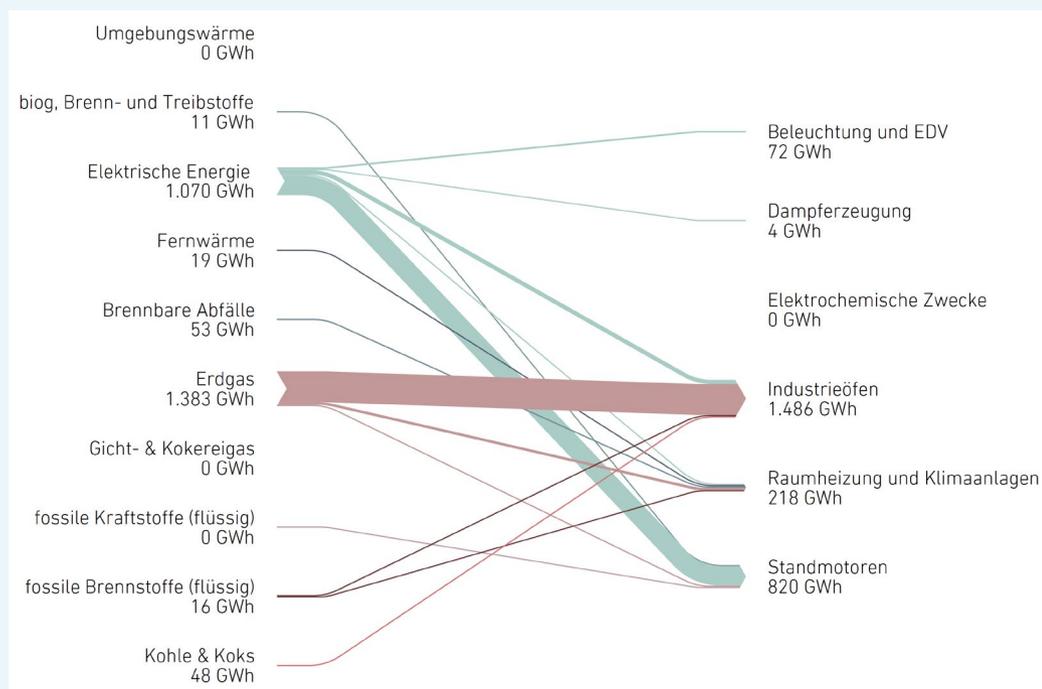


Abbildung 24

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Nichteisenmetalle“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

53,2 %	Erdgas
41,2 %	Elektrische Energie
2,0 %	Brennbare Abfälle
1,8 %	Kohle & Koks
0,7 %	Fernwärme
0,6 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,4 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe

In der Nichteisenmetallindustrie werden in Österreich unter anderem folgende Stoffe eingesetzt, von denen einige importiert werden müssen [63]:

- Zink (Korrosionsschutz von Blechen und zur Herstellung von Legierungen [Messing etc.])
- Kupfer (Elektroindustrie, zur Herstellung von Legierungen [Bronze, Messing])
- Aluminium (Grundstoff für die Verpackungsindustrie und für Speziallegierungen im Flugzeugbau)
- Lithium (Grundstoff für Leichtmetalle und Spezialbatterien)
- Blei (Einsatzstoff für Akkumulatoren und als Stabilisator in Kunststoffen)

In Österreich bereitgestellte Nichteisenmetalle werden oft aus Alt- und Abfallstoffen rückgewonnen. Rund die Hälfte des österreichischen Bleibedarfs wird durch im Inland recyceltes Blei gedeckt [63]. Auch Kupfer wird in Österreich ausschließlich über die Sekundärroute gewonnen<sup>44</sup>, wobei auch weitere Edelmetalle recycelt werden können. Laut European Copper Institute spart Recycling von Kupfer 85 % der Energie gegenüber der Kupfererzeugung aus Erz<sup>45</sup>. Aluminium wird in Österreich aus Schrotten aufbereitet, wobei der Energieeinsatz um bis zu 95 % geringer als bei der Primärerzeugung ist<sup>46</sup>, und zu Halberzeugnissen weiterverarbeitet. Darüber hinaus wird Primäraluminium zugekauft, um den inländischen Bedarf zu decken. Auch die Werkstoffe Molybdän und Wolfram (Bergbau und Primärproduktion) werden in Österreich hergestellt und weiterverarbeitet<sup>47</sup>. Wolfram wird außerdem in einem Unternehmen über Sekundärproduktionsrouten produziert<sup>48</sup>. Weitere Unternehmen in diesem Sektor sind (Nichteisen-)metallverarbeitende Unternehmen sowie Gießereien (2017 ca. 161.000 t<sup>49</sup>).

44 <http://www.montanwerke-brixlegg.com/>.

45 <https://copperalliance.eu/>.

46 <https://www.amag-al4u.com/nachhaltigkeit.html>.

47 <https://www.plansee.com/de/ueber-uns/produktionsstandorte/oesterreich/unternehmenszentrale.html>.

48 <https://www.wolfram.at/rohstoffe/recycling-wolframhaltige-sekundarrohstoffe/>.

49 <https://www.advantageaustria.org/international/zentral/business-guide-oesterreich/importieren-aus-oesterreich/branchen/metalle-und-metallverarbeitung/zahlen-und-fakten.de.html>.

Nutzenergie-kategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpen (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe und elektrischer Energie substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und durch elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>50</sup> ) substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme; prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt; prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie bisher eingesetzten biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis Effizienz
Industrieöfen	Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %.	Effizienz Umbruch
Industrieöfen	Der (relative) Einsatz von Strom und bisher eingesetzten, biogenen Energieträgern bleibt bestehen. Darüber hinaus werden 80 % der fossilen Energieträger durch Biogene ersetzt sowie 20 % durch elektrische Energie.	Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 15  
Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung  
für Nutzenergiekategorien im Sektor „Nichteisenmetalle“  
unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

50 Annahme: 150 °C Dampftemperatur, 60 °C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

## 5.10 Papier und Druck

Mit 21.066 GWh bzw. 22,5% entfällt der höchste Anteil der eingesetzten Endenergie des produzierenden Bereichs auf den Sektor *Papier und Druck*. Dies entspricht einem Anteil von 6,7% des EEV von Österreich. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern ist mit 62% am zweithöchsten im Sektorenvergleich [11].

Der Energiebedarf wird von folgenden Energieträgern gedeckt, wobei bereits ein großer Anteil (knapp 50%) auf biogener Basis ist. Mit 75% des Bedarfs an Endenergie dominiert die Kategorie Dampferzeugung, wobei ein beachtlicher Teil von biogenen Brennstoffen gedeckt wird. Aktuell wird jedoch noch ein Teil des Dampfes mit Erdgas, flüssigen fossilen Brennstoffen und Kohle & Koks bereitgestellt.

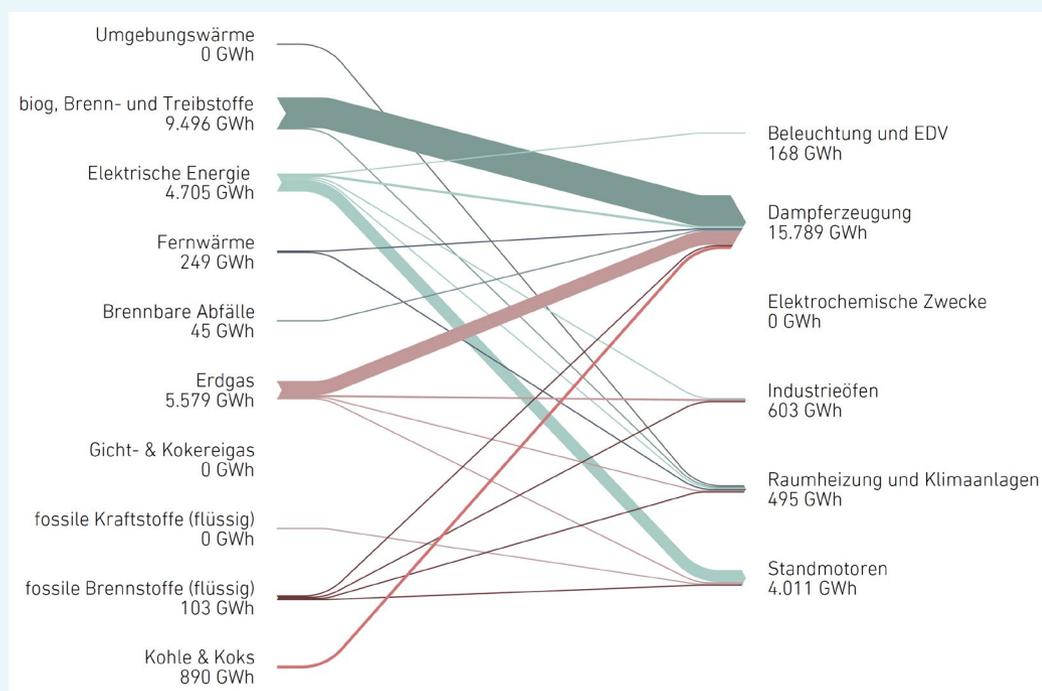


Abbildung 25

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Papier und Druck“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

45,1%	Biogene Brenn- und Treibstoffe
26,5%	Erdgas
22,3%	Elektrische Energie
4,2%	Kohle & Koks
1,2%	Fernwärme
0,5%	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,2%	Brennbare Abfälle

In diesem Sektor gibt es Teilprozesse mit einem besonders hohen spezifischen Energieeinsatz, wie z. B. der Aufschluss von Holz (mechanisch mit elektrischer Leistung oder Chemikalien und Wärme) sowie die Trocknung der nassen Papierbahn in sehr kurzer Zeit auf wenige Prozent Restfeuchte, wobei die notwendige Wärme über Dampf bereitgestellt wird. Der Energiebedarf der Papierindustrie

wird unter anderem durch den Zukauf von rund 18 TWh an Brennstoffen gedeckt (der Endenergiebedarf ist geringer), wobei hiervon 40 % fossile Energieträger sind. Der elektrische Energiebedarf für die Produktionsprozesse beträgt ca. 4,6 TWh, wovon 2,85 TWh durch Eigenerzeugungsanlagen gedeckt werden. Der Anteil an Strom aus KWK-Anlagen liegt bei ca. 95 % [64].

### Produktionsprozess

Die Unternehmen können gemäß den erzeugten Produkten in drei Kategorien eingeteilt werden: Halbstoffhersteller (Produktion von Zellstoff), Papierfabriken (Bezug von fertigem Halbstoff) sowie integrierte Papierfabriken (Zellstoff- und Papierherstellung an einem Standort). Der Produktionsprozess im Rahmen der integrierten Erzeugung besteht aus vier Teilschritten.

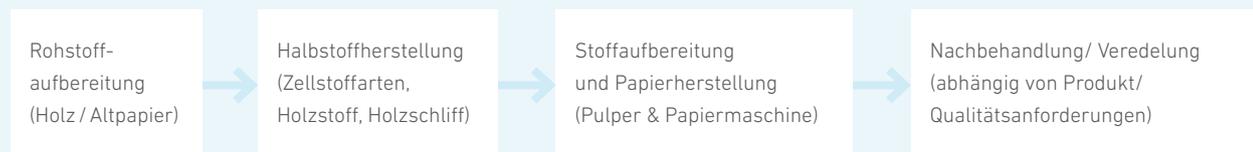


Abbildung 26  
Übersicht der Teilprozesse der Papierproduktion [65]

Wird ausschließlich Halbstoff hergestellt, setzt sich die Produktion aus den ersten zwei Teilprozessen mit anschließender Trocknung zusammen. In einer reinen Papierfabrik folgen auf die Stoffaufbereitung von fertig bezogenem Halbstoff (Zell- oder Holzstoff, Altpapier) die Papierherstellung in der Papiermaschine und etwaige Nachbehandlungsschritte. Der Herstellungsprozess setzt sich dabei aus thermischen (Trocknen, Kochen, Imprägnieren und Zerfasern) und mechanischen Grundopera-

tionen zusammen (Stofflösen, Suspensieren, Trennen, Sichten, Filtrieren, Pressen, Mahlen, Flotieren und Sedi-mentieren). Weitere Spezialprozesse der Papierherstellung sind die Blattbildung; Nebenprozesse bzw. relevante Querschnittstechnologien sind Wärmebereitstellung in KWK-Anlagen, Kühlen und Druckluftverdichten. Einsatz und Intensität der Einzelprozesse und somit auch der Energieeinsatz sind stark von der Papiersorte bzw. der Herstellungsrouten abhängig [66].

### Technologieoptionen

Die Confederation of European Paper Industries – CEPI veröffentlichte 2013 im Rahmen der „CEPI 2050 Roadmap“ die Ergebnisse des Projekts „The Two Team Project“. In diesem Projekt wurden mögliche bahnbrechende Technologien identifiziert, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Zellstoff- und Papierindustrie zu reduzieren [67]. Die

möglichen Maßnahmen und ihr Effekt auf CO<sub>2</sub>-Reduktion und Energiebedarfsreduktion werden im Folgenden aufgezählt. Die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Implementierung wird abgeschätzt und in den folgenden Betrachtungen berücksichtigt.

Maßnahme	Energiebedarfsreduktion (vgl. mit 2011)	CO <sub>2</sub> -Reduktion (vgl. mit 2011)
1) Tief eutektische Lösungsmittel bei der Zellstoffherstellung	40 % für die Zellstoffherstellung	20 % für die Zellstoffherstellung
2) Flash-Kondensation mit Dampf bei Aufgabe auf die Papiermaschine (nur teilweise kompatibel mit 3 bis 5)	20 % bei der Trocknung	50 % bei der Trocknung
3) Dampfeinsatzintensivierung zur Trocknung (nur teilweise kompatibel mit 2, 4 und 5)	25 % bei der Trocknung	50 % bei der Trocknung
4) Trockenzellstoff (nur teilweise kompatibel mit 2, 3 und 5)	25 % bei der Trocknung	55 % bei der Trocknung
5) Überkritisches CO <sub>2</sub> zur Trocknung (nur teilweise kompatibel mit 2, 3 und 4)	20 % bei der Trocknung, wobei der elektrische Energieeinsatz steigt	45 % bei der Trocknung
6) Funktionale Oberflächen zur Reduktion der Papiergrammatur	Bis zu 30 % weniger Materialeinsatz und in weiterer Folge reduzierter Energiebedarf bzw. verringerte CO <sub>2</sub> -Emissionen	

Tabelle 16

Mögliche Maßnahmen und ihr Effekt auf Energiebedarfsreduktion, CO<sub>2</sub>-Reduktion im Sektor „Papier und Druck“

Im Dokument „Best Available Techniques (BAT) reference document for the production of pulp, paper and board“ wird außerdem die Vergasung von Schwarzlaug zu Synthesegas ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ) und anschließender Einsatz in einer GuD-Anlage als vielversprechende Maßnahme angeführt. Aktuell wird die Schwarzlaug energetisch und chemisch recycelt, indem sie eingedickt und verbrannt wird. Der dabei erzeugte Dampf wird zur Stromerzeugung in einer Dampfturbine genutzt. Statt eines elektrischen Wirkungsgrads von 12 bis 13 % können bis zu 30 % erreicht werden. Bedingt durch den höheren elektrischen Wirkungsgrad sinkt der Gesamtwirkungsgrad (thermisch und elektrisch) aber ca. um 5 % auf 75 %. Das Emissionslevel bleibt nach wie vor niedrig. Gemäß der letzten BAT und BREF Dokumente waren im Jahr 2013 noch keine industriellen Anlagen zur Schwarzlaugen Vergasung implementiert, da hierfür noch technische und ökonomische Herausforderungen zu bewältigen sind [68].

### **Alternative Energieträger**

Zur Substitution der fossilen Energieträger in der Papierindustrie können bedingt durch das niedrige Prozesstemperaturlevel (Großteil unter  $200\text{ }^\circ\text{C}$ , vgl. Temperaturangaben in [68]) auch alternative Technologien (Wärmepumpe, die mit erneuerbar erzeugtem Strom betrieben wird) sowie ausschließlich biogene Brennstoffe eingesetzt werden.

### **Effizienzpotenziale**

Aufgrund des hohen Anteils an elektrischer Eigenerzeugung ist auch eine intensivere Beteiligung an (kurzfristigen) Energiemärkten denkbar und bietet ökonomische Potenziale für Industrieunternehmen. Auch die gesteigerte Einspeisung in (lokale) Wärmenetze ist technologisch und prozessbedingt realisierbar sowie ein interessanter Aspekt auf gesamtsystemischer Ebene, z. B. bei der Koppelung von Abwärme aus der Industrie zur Versorgung von Gewerben oder privaten Haushalten.

Nutzenergie-kategorie	Beschreiben der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpe (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt (anteilmäßig) unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen mit biogenen Brennstoffen und elektrischer Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe und Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,2 <sup>52</sup> ) substituiert; anteilmäßig keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme; durch prozessseitige Effizienzmaßnahmen sinkt der Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle fossilen Energieträger sowie im Status quo elektrisch erzeugter Dampf werden durch Strom und Umgebungswärme in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,2) ersetzt. Der Anteil von Fernwärme bleibt anteilmäßig unverändert. Die biogenen Energieträger (inkl. brennbare Abfälle) bleiben zu 85 % <sup>53</sup> unverändert. Dieser Anteil wird auch weiterhin durch prozessbedingte Reststoffe wie Schlämme und Ablaugen, die mitunter energetisch und stofflich recycelt werden, bereitgestellt. Hochtemperaturwärmepumpen zur Dampferzeugung substituieren 15 % der ursprünglich biogen (z. B. feste Biomasse und Biogas) bereitgestellten Dampferzeugung. Durch prozessseitige Effizienzmaßnahmen sinkt der Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Industrieöfen	Durch Effizienzmaßnahmen kann der Endenergieeinsatz um 10 % reduziert werden.	Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 17  
Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Papier und Druck“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

<sup>51</sup> Annahme: 160 °C Dampftemperatur, 60 °C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{433}{433-333} \approx 2,2$

<sup>52</sup> Vgl. Anteil der Ablaugen und Schlämmen an der biogen eingesetzten Brennstoffmenge zwischen 2014 und 2017 im Bereich 85 bis 90% [29].

### 5.11 Steine und Erden, Glas

Zur Herstellung von *Steinen, Erden und Glas* (u. a. Zement) werden 10.213 GWh eingesetzt, was 3,3 % des österreichischen Endenergiebedarfs bzw. 10,9 % der im produzierenden Bereich eingesetzten Endenergie entspricht [11]. Gemäß dem Fachverband für Steine und Keramik sind folgende Branchen enthalten: Beton- und

Fertigteilindustrie, Feinkeramische Industrie, Feuerfestindustrie, Gipsindustrie, Kalkindustrie, Naturwerksteinindustrie, Putz- und Mörtelindustrie, Sand- und Kiesindustrie, Schleifmittelindustrie, Schotterindustrie, Transportbetonindustrie, Zementindustrie, Ziegel- und Fertigteilindustrie.

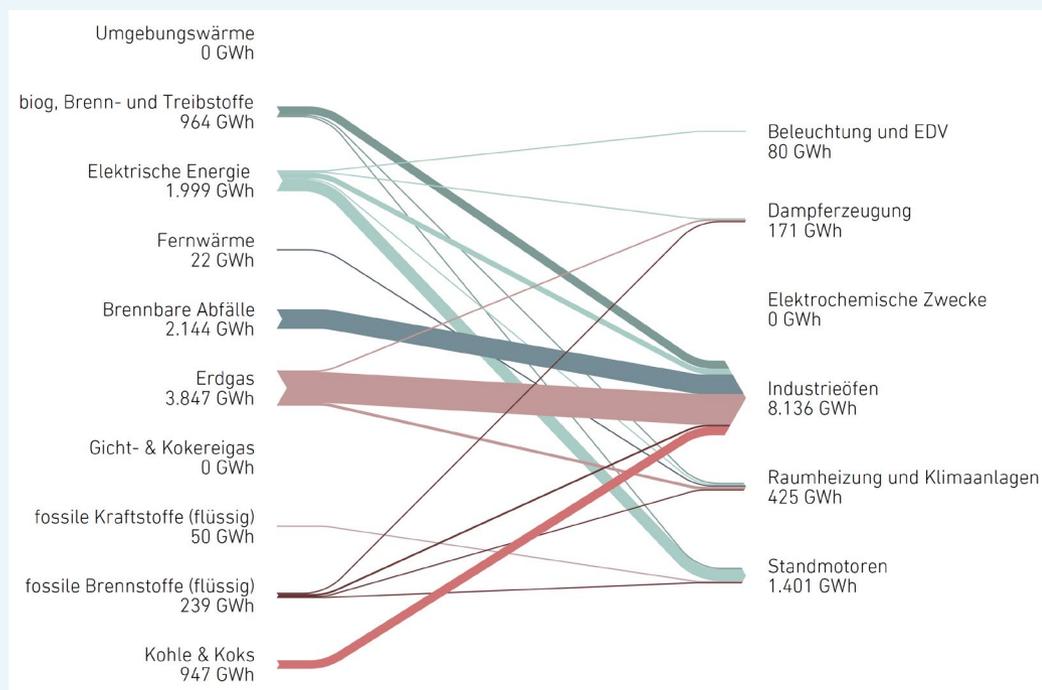


Abbildung 27

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Steine, Erden und Glas“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

Die Deckung des Endenergiebedarfs wird zu knapp 59% durch Erdgas und brennbare Abfälle bereitgestellt. Etwa 20% werden durch elektrischen Strom gedeckt. Stark ausgeprägt ist mit 79% die Nutzkategorie Industrieöfen, deren Energiebedarf in erster Linie mit Erdgas, brennbaren Abfällen sowie Kohle & Koks gedeckt wird. Auch hier ist es zielführend, den Betrieb der Industrieöfen auf erneuerbare Energieträger umzustellen, um den Sektor effizient dekarbonisieren zu können.

37,7 %	Erdgas
21,0 %	Brennbare Abfälle
19,6 %	Elektrische Energie
9,4 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
9,3 %	Kohle & Koks
2,3 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,5 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)
0,2 %	Fernwärme

### Produktion von Zement

Zement wird in vier **Verfahrensschritten** unter Einsatz der angegebenen Energieträger hergestellt [69]:

1. Gewinnung des Rohmaterials  
(Kalkstein, Kalkmergel, Ton und Sand)
2. Mahlen (elektrische Energie) der Ausgangsstoffe zu Rohmehl mit definierter Zusammensetzung
3. Brennen des Rohmehls (Brennstoffe) zu Zementklinker: Dabei wird zunächst der Kalkstein entsäuert, also das im Gestein enthaltene CO<sub>2</sub> im Vorwärmer und zu einem geringen Teil im Drehrohrofen bei Temperaturen über 800 °C thermisch abgespalten. Der Hauptvorgang, das Klinkerbrennen, erfolgt im Drehrohrofen bei 1.450 °C. Die chemisch-mineralogischen Eigenschaften des Klinkers werden im nachfolgenden Kühler fixiert.
4. Mahlen (elektrische Energie) des Klinkers ggf. mit Zusätzen

In Österreich werden neun Zementwerke mit Klinkerproduktion sowie drei Mahlwerke für Zement und eine Umladestation für Zement betrieben [69], [70]. Dabei wurde 2017 mit der installierten Gesamtkapazität von ca. 5,3 Mio. t<sub>Kl</sub>/a 4.879.639 t<sub>Zc</sub> bzw. 3.313.459 t<sub>Kl</sub> produziert [71].

Im Jahr 2017 betrug der **Energieeinsatz** in den neun Zementwerken in Form von Brennstoffen (entspricht nicht dem Endenergiebedarf) und Elektrizität – ohne Berücksichtigung der drei externen Mahlwerke – 4.085 GWh, wobei 86,5% über Brennstoffe in die Erzeugung eingebracht wurden [71]. Der spezifische thermische bzw. elektrische Energieeinsatz machte 1,07 kWh<sub>th</sub>/kg<sub>Kl</sub> bzw. 0,113 kWh<sub>el</sub>/kg<sub>Zc</sub> aus [71]. Dabei wurde der thermische Energiebedarf zu ca. 20% aus fossilen Brennstoffen und zu 80% aus Abfall gedeckt, wobei der Anteil der Ersatzbrennstoffe in den letzten Jahren stark zugenommen hat (vgl. 2012 ca. 68%). Eingesetzte konventionelle fossile Brennstoffe sind Steinkohle (4,8%), Braunkohle (8,4%), Heizöl L, Heizöl S, Erdgas, Petrolkoks (4,5%) und Sonstige. Darüber hinaus werden folgende Ersatzbrennstoffe eingesetzt: Altreifen (13,9%), Kunststoffabfälle (49,8%), Altlöl (3,6%), Lösungsmittel (5%), landwirtschaftliche Rückstände, Papierfaserreststoff und Sonstige (6,8%) [71].

Eine umfassende energetische Analyse der österreichischen Zementindustrie 2007 ergab, dass die im Brennstoff eingebrachte Energie (4.012 GWh) folgendermaßen aufgeteilt wird: 48,3% werden für die chemisch-mineralogische Reaktion genutzt; 28,5% gehen als nicht genutzte Abwärme verloren (zu niedrige Temperaturen bzw. verfahrenstechnisch nicht nutzbar); 17,7% werden über das Rohgas ausgetragen, davon werden allerdings 59% für die Materialtrocknung und Rohmehlerwärmung genutzt; 5,6% der Energie sind in der Kühlbluft enthalten, wovon wiederum 44% zur Trocknung und Vorwärmung genutzt werden. Die elektrische Energie wurde 2007 zu 95% für elektrische Antriebe eingesetzt. Aus Prozessebenenbetrachtung ergab sich: 35% für die Rohmaterial-

aufbereitung, 22% für das Brennen und Kühlen (Saugzug-gebläse) und 38% für die Zementmahlung, Verpackung und Verladung. Der Prozessschritt der Rohmehlmahlung wurde mit  $14\text{-}21 \text{ kWh}/t_{\text{Rohmehl}}$  angegeben, während die Zementmahlung  $35 \text{ bis } 66 \text{ kWh}/t_{\text{ze}}$  erfordert [69].

Im Zuge dessen wurden auch **Effizienzpotenziale** in der österreichischen Zementindustrie [69] auf Basis des Anlagenzustands 2007 analysiert. Viele der identifizierten Verbesserungsmaßnahmen lassen sich allerdings nur unter sehr hohen Amortisationszeit (bis zu 70 Jahren) realisieren. Bezüglich des elektrischen Energieeinsatzes wurden Einsparungen von ca. 4% aufgedeckt, hauptsächlich durch verbesserte Mahlsysteme. Weitere identifizierte Reduktionspotenziale waren Druckluftsysteme, Beleuchtung, Kältebereitstellung und elektrische Antriebe. Großes Potenzial stellt die Abwärmenutzung dar. In der Vergangenheit wurde ein großer Teil der Abwärme nicht genutzt (2007 wurden 420 GWh über  $100^\circ\text{C}$  nicht genutzt, entspricht ca. 10% des Energieeinsatzes [69]). Während 2007 nur an einem Standort Fernwärme ausgekoppelt wurde [69], speisen heute bereits drei Betriebe Fernwärme in lokale Netze ein. Im Allgemeinen sind mögliche Maßnahmen: Fernwärmeauskopplung oder Verstromung im ORC-Prozess, wobei eine Abschätzung ergab, dass dadurch ca. 10% des elektrischen Bedarfs selbst bereitgestellt werden könnten. Der Brennstoffeinsatz zur Klinkerproduktion ist großteils optimiert. Potenzielle weitere Maßnahmen können dabei sein: Zyklonstufen zur Rohmaterialtrocknung nachrüsten, verringerte Strahlungsverluste (technologische Herausforderung), Sauerstoffanreicherung zur Stabilisation des Brennprozesses und Reduktion des Brennstoffeinsatzes. Ein weiterer Ansatzpunkt zur Reduktion des thermischen Energieeinsatzes ist der Klinker-Zementfaktor<sup>53</sup>. Im Rahmen einer deutschen Studie zu Klimapfaden für Deutschland [72] wurde 2018 durch die mit hohen

Investitionen verbundene Erneuerung von Zementöfen und -mühlen bis 2050 für die Prozesswärme 9% Einsparung<sup>54</sup> sowie für die mechanische Energie zum Mühlenantrieb 21% Einsparung<sup>55</sup> prognostiziert. Eine weitere Abschätzung des Basiswärmebedarfs bei Neubau und bessere Wärmeintegration gibt eine Reduktion auf  $0,9 \text{ kWh}/\text{kg}_{\text{KI}}$  als wahrscheinlich an [73].

Bei der Szenarienentwicklung wird im Folgenden ausschließlich die Dekarbonisierung der Energieversorgung betrachtet:

- Ersatz des Kalksteinanteils bei der Klinkerproduktion durch Magnesium oder Ton [74], wodurch die prozessbedingten  $\text{CO}_2$ -Emissionen (aktuell ca. 60%) sinken. Diese Technologie ist vielversprechend, aber noch nicht kommerziell verfügbar.
- Alternativ kann die für den Prozess notwendige Hochtemperaturwärme auf alternativen Wegen bereitgestellt werden, wie z. B. Strom (Plasmatechnologie) [73] oder Biomasse [42]. Die Elektrifizierung durch das Einblasen elektrisch erhitzter Luft oder durch den direkten Einsatz von Widerstandsheizelementen ist aktuell mit Herausforderungen der Prozessintegration konfrontiert (TRL 3) [75].
- Low-Carbon-Zemente (minus 50% der aktuell eingesetzten Energie und Emissionen bei vergleichbaren Eigenschaften, z. B. Celitement, ECOBinder, Novacem etc.): Für diese Technologie sollten erste Anlagen bis 2030 realisierbar sein. Allerdings wird sowohl das technische als auch das wirtschaftliche Risiko als hoch bewertet. Aktuell liegt der Entwicklungsstand bei TRL 6 [42].

53 Die dafür errechneten Einsparungen liegen bei 53,6 MWh (für die gesamte nationale Produktion 2007) pro abgesehenem Prozentpunkt des Klinker-Zementfaktors – vgl.: ca. 3,5 GWh thermischer Energieeinsatz 2017 für die gesamte Branche.

54 Entspricht in Österreich: bisheriger Energieeinsatz \* Reduktion um 9% =  $1,07 \text{ kWh}/\text{kg}_{\text{KI}} * 0,91 = 0,97 \text{ kWh}/\text{kg}_{\text{KI}}$

55 Annahme Österreich: 35% elektrische Energie für Rohmaterialaufbereitung + 38% für Mahlen und nachgelagerte Prozesse, von diesen ca. 70% der gesamt eingesetzten elektrischen Energie lassen sich ca. 20% einsparen, daraus ergibt sich:  $0,7 * 0,2 = 0,14$ .

Zur Minderung der prozessbedingten Emissionen würde der Energieeinsatz der Zementindustrie weiter stark steigen. Langfristige Maßnahmen zur **Dekarbonisierung** zum Beispiel:

- „Post combustion carbon capture“ (CEMCAP Projekt): Abscheiden des CO<sub>2</sub>-haltigen Abgases durch chemische Absorption [42]

- Oxyfuel-Verfahren: Abtrennen von Stickstoff aus der Luft, sauerstoffreiche Verbrennung von Kohle, CO<sub>2</sub>-reiches Abgas, das eingelagert oder auch industriell weiterverwendet werden kann. Das technische Risiko dieser Technologie wird als gering bewertet, das wirtschaftliche allerdings hoch. Aktuell ist der Entwicklungsstand bei TRL 6. Bis 2030 sollten erste Anlagen kommerziell realisierbar sein [42].

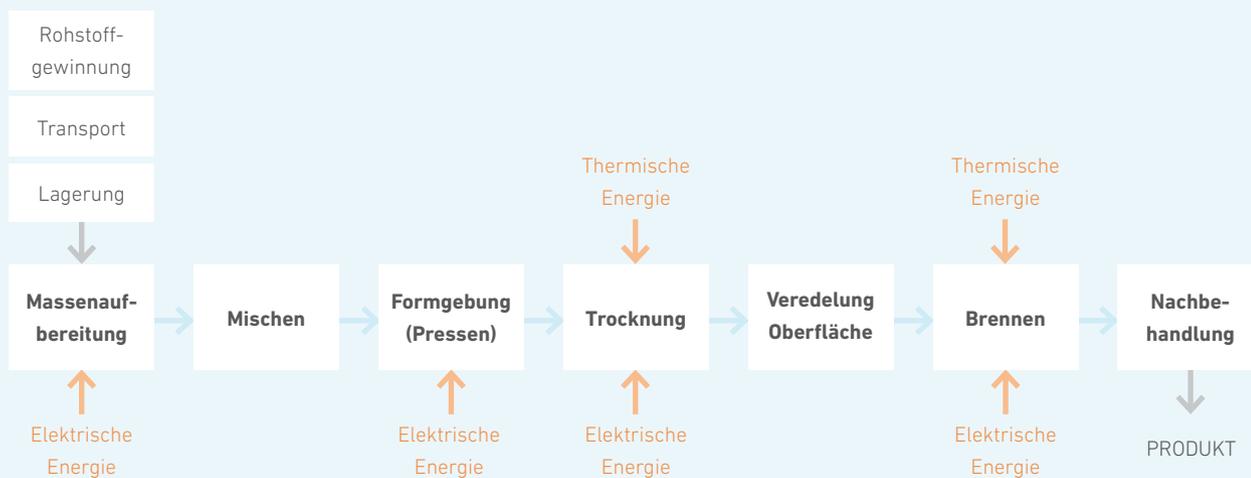


Abbildung 28  
Herstellung von keramischen Produkten [65]

### Produktion von Keramik

Abbildung 28 stellt den Prozessablauf vereinfacht für die Herstellung von keramischen Produkten dar. Die Anlagen für die einzelnen Prozessschritte unterscheiden abhängig davon, ob z. B. Ziegel oder feuerfeste Keramiken produziert werden. Zur Formgebung gehört Pressen, Gießen oder Extrudieren. Entscheidend bei der Herstellung von keramischen Produkten ist die exakte Einhaltung von Temperaturgradienten beim Aufheizen und Abkühlen der Zwischenprodukte. Die thermisch energieintensivsten Prozessschritte sind die Trocknung und das Brennen der Produkte [76].

Bei dem bis zu 48 Stunden dauernden Trocknungsprozess liegen die Temperaturen für Ziegelprodukte

bei 60 bis 90 °C und für feuerfeste Keramiken bei 80 bis 200 °C. Je nach Produkt variiert die Brenndauer stark. Die Temperatur liegt für Ziegelprodukte bei 800 bis 1.300 °C bzw. bei 1.200 bis 1.800 °C für feuerfeste Keramiken. Der spezifische thermische Energieeinsatz für Ziegelprodukte wird mit 270 bis 1.250 kWh/t angegeben, der elektrische mit 22 bis 114 kWh/t. In Österreich wurden 2007 im Durchschnitt 600 kWh/t eingesetzt, wovon ca. 7 % elektrisch sind [77]. Bei der Produktion der feuerfesten Keramiken werden 80 bis 420 kWh<sub>th</sub>/t zur Trocknung und 900 bis 2.500 kWh<sub>th</sub>/t zum Brennen eingesetzt. Der gesamte (elektrische und thermische) Energieeinsatz wird in den BAT-Dokumenten mit 1.000 bis 1.990 kWh/t angegeben [65].

Bei der Ziegelproduktion wird die elektrische Energie zu einem großen Teil für die Formgebung (27%) eingesetzt, gefolgt von den auch thermisch energieintensiven Prozessschritten Trocknung (18%) und Brennen (18%). Ein weiterer großer Verbraucher ist die Rohmaterialzerkleinerung, die bei der Ziegelproduktion u. a. im Walzwerk (15%) stattfindet sowie die Aufbereitung des Rohmaterials und der Transport (13%) [78].

2016 wurden in Österreich ca. 400.000 Tonnen feuerfeste Keramikprodukte und knapp 2 Millionen Tonnen Ziegel und Ziegelfertigteile hergestellt [79]. Der jährliche Gesamtenergieeinsatz wird mit der Annahme von 0,6 MWh/t und einer Jahresproduktion von 2 Millionen Tonnen Ziegel und Ziegelfertigteilen mit 1.200 GWh abgeschätzt. Entsprechend einer Analyse aus dem Jahr 2007 werden nach wie vor größtenteils fossile Brennstoffe wie Erdgas, Flüssiggas und Kohle eingesetzt [77]. Bei einem durchschnittlichen Energieeinsatz zur feuerfesten Keramikproduktion von 2 MWh/t sowie einer Jahresproduktion von 400.000 t, ergibt sich ein jährlicher Gesamtenergieeinsatz von 800 GWh.

Im Allgemeinen können temperaturbedingt folgende erneuerbare Energieträger die notwendige Prozessenergie bereitstellen:

- Wärmepumpen – Trocknen von Keramiken<sup>56</sup>
- Erneuerbare heizwertreiche Gase [77] – Brennen von Keramiken

### Produktion von Glas

In Österreich wird jährlich ca. eine halbe Million Tonnen Glas erzeugt. Den größten Anteil machen Verpackungsgläser (>80%) aus. Weitere Kategorien sind Produkte aus der glasbearbeitenden und glasverarbeitenden Industrie (ca. 10%), sonstige Gläser wie Beleuchtungsglas oder Dämmmaterialien und Wirtschaftsglas. Der Altglaseinsatz entspricht knapp der Hälfte der Produktionsmenge bzw. besteht Verpackungsglas bereits zu ca. zwei Drittel aus Altglas [80].

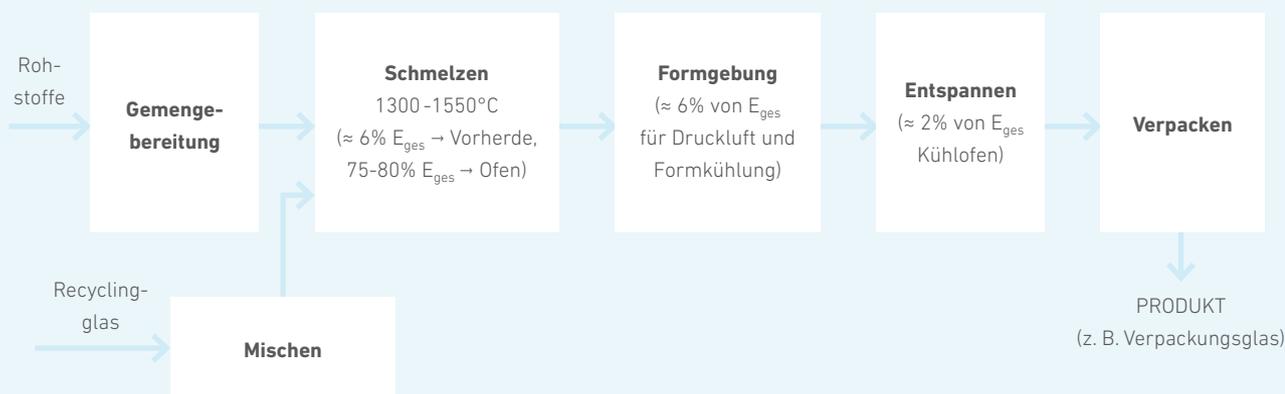


Abbildung 29  
Prozessschritte der Glasherstellung [65]

Energieträgerseitig werden hauptsächlich Erdgas und ein aus wirtschaftlichen Gründen geringer Anteil elektrischer Strom eingesetzt. Der theoretisch minimale Endenergieeinsatz zur Schmelze beträgt  $\approx 0,6 \text{ MWh}/t_{\text{Schmelze}}$ , allerdings liegt dieser Wert in der Realität zwischen 0,9 und  $11 \text{ MWh}/t_{\text{Schmelze}}$  [81]. Für Österreich liegt der Energieeinsatz bei 1,1 bis  $1,4 \text{ MWh}/t_{\text{Schmelze}}$  bzw. in elektrisch beheizten Wannen für Blei- und Kristallglas bei 1,2 bzw.  $2 \text{ MWh}/t_{\text{Schmelze}}$  [82]. Unter Berücksichtigung einer jährlichen Glasproduktionsmenge von 500.000 Tonnen und einem geschätzten durchschnittlichen Energieeinsatz von  $1,5 \text{ MWh}/t$  ergibt sich ein jährlicher Gesamtenergieeinsatz von ca. 750 GWh. Ein Vergleich mit Deutschland, wo der spezifische Energieeinsatz aktuell über  $3 \text{ MWh}/t$  liegt [83], lässt allerdings vermuten, dass diese Abschätzung den tatsächlichen Energieeinsatz unterschätzt.

#### **Effizienzpotenziale und Dekarbonisierungspotenziale**

Erhöhte Scherbennutzung: Pro 10 % Scherben am Gemenge verringert sich der Schmelzenergiebedarf um 2 bis 3 %. Die prozessbedingten  $\text{CO}_2$ -Emissionen (vgl. Deutschland 2010 ca. 7,5 %) sinken dabei direkt proportional. Bei der Herstellung von Verpackungsglas werden bereits über 60 % des Materials aus Altglas bereitgestellt. Dennoch sollte über die gesamte Branche eine Steigerung des Scherbeneinsatzes angestrebt werden. Neben der technischen Optimierung der Schmelzprozesse und der Scherbenaufbereitung erfordert dies Veränderungsprozesse, da z. B. mit den weiterverarbeitenden Betrieben die Qualitätsansprüche sowie mit den Entsorgungsunternehmen die Sammel- und Verwertungsstrukturen vereinbart werden müssten [83].

Elektrifizierung in monovalenten oder hybriden Heizsystemen: Anlagen mit konduktiver Wärmeleitung (direkte Widerstände) sind bereits kommerziell verfügbar (TRL 9). Das induktive Verfahren (Magnetron) bzw. das Einbringen von elektrischen Heizelementen (indirekte Widerstände) ist noch auf TRL 5 [75]. Die Umstellung von fossil befeuerten Wannen auf Elektrowannen soll den spezifischen Wärmebedarf in der Wanne auf unter  $1 \text{ MWh}/t$  bei einer Kapazität von 120 t/d reduzieren. Diffuse Abwärmeverluste sowie Verluste über das Abgas (geringe Menge und niedrige Temperatur) können verringert werden. Auf der nachgeschalteten Kühlbahn fallen 0,1 bis  $0,2 \text{ MWh}/t$  Wärmebedarf an. Mit diesen Annahmen ergäbe sich für 2050 ein um 81 % reduzierter, aber rein elektrischer spezifischer Endenergieeinsatz von  $0,66 \text{ MWh}/t$  statt  $3,47 \text{ MWh}/t$  [83]. Darüber hinaus mögliche Effizienzsteigerungsmaßnahmen sind die Abwärmenutzung im ORC-Prozess (80 bis  $300^\circ\text{C}$ ) [84] bzw. Wärmerückgewinnung bei reduziertem Abwärmepotential, wie es bei einer Elektrifizierung des Prozesses der Fall ist [9].

Nutzenergiekategorie	Beschreiben der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpe (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe und elektrische Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe und Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>57</sup> ) substituiert; durch prozessseitige Effizienzmaßnahmen sinkt der Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Die Hochtemperaturprozesse im Sektor sind oft energetisch optimiert bzw. würde zusätzliche Dämmung beispielsweise die Temperaturverteilung in den Öfen beeinflussen. Durch Effizienzmaßnahmen (z. B. bei Neubau) wird eine Reduktion des Endenergieeinsatz um 5 % angenommen. Darüber hinaus kann die Energie für Trocknungsprozesse, wie bei der Ziegelherstellung, durch Wärmepumpen (COP = 2,2 <sup>58</sup> ) bereitgestellt werden. Der restliche Anteil fossiler Energieträger wird durch Biogene substituiert.	Effizienz Umbruch
Industrieöfen	5 % der fossil bereitgestellten Endenergie wird mit Wärmepumpen zur Verfügung gestellt.	Effizienz
Industrieöfen	20 % der bisher fossil bereitgestellten Endenergie im Sektor wird elektrisch bzw. mit Wärmepumpen zur Verfügung gestellt.	Umbruch
Industrieöfen	Der Einsatz von brennbaren Abfällen, basierend auf erneuerbar und CO <sub>2</sub> -neutral erzeugten Produkten, bleibt absolut gesehen gleich, wodurch der prozentuelle Anstieg dieses Energieträgers bei Effizienzsteigerung höher wird.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

Tabelle 18

Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Steine und Erden, Glas“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

57 Annahme: 150 °C Dampfemperatur, 60 °C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

58 Annahme: 160 °C Trocknungstemperatur, 60 °C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{433}{433-333} \approx 2,2$ .

## 5.12 Textil und Leder

Der Sektor *Textil und Leder* hatte 2017 einen Endenergiebedarf von 968 GWh, was 1% des produzierenden Bereichs bzw. 0,3% des Endenergiebedarfs von Österreich entspricht. Der Anteil an erneuerbaren Energien liegt mit 33% im unteren Bereich [11].

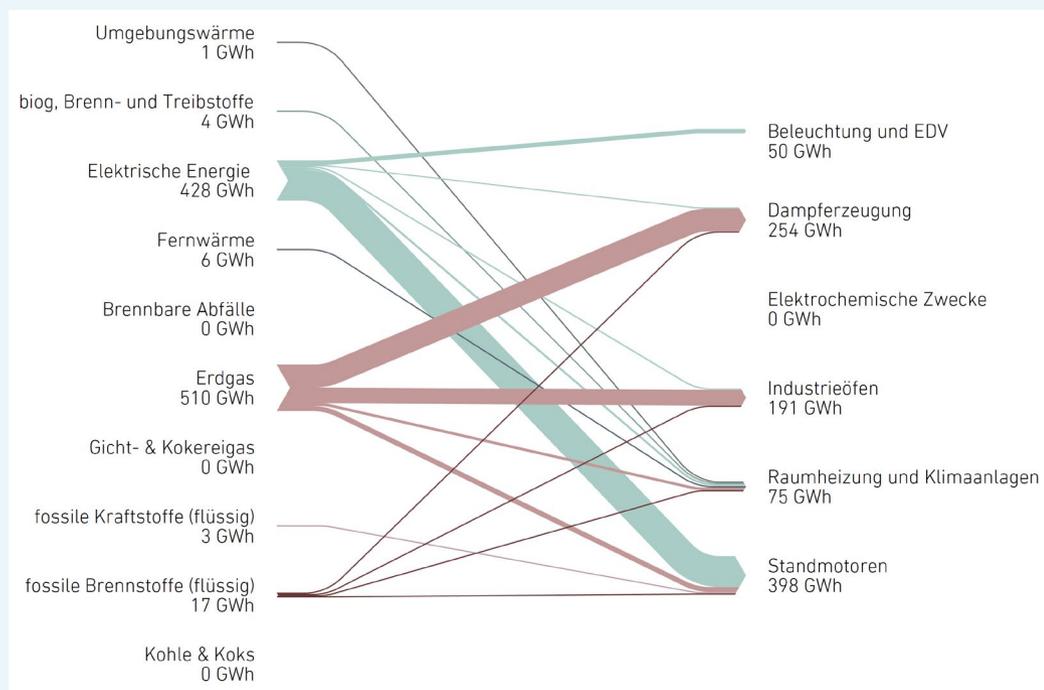


Abbildung 30

Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Textil und Leder“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])

Die zwei wichtigsten Energieträger sind Erdgas sowie elektrische Energie und decken insgesamt 97 % des Endenergiebedarfs. Standmotoren benötigen 41 % des Endenergiebedarfs, gefolgt von Dampferzeugung mit 26 % und Industrieöfen mit 20 %. Der Energiebedarf wird durch folgende Energieträger gedeckt:

52,8 %	Erdgas
44,2 %	Elektrische Energie
1,6 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,6 %	Fernwärme
0,4 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
0,3 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)
0,1 %	Umgebungswärme etc.

Für das Jahr 2018 gab der Fachverband der Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie in dieser Sparte 232 Unternehmen (davon 110 Stickereien) mit 11.290 Mitarbeitern an (Durchschnitt = 48,7 MA/Unternehmen). Die erzeugten Produkte lassen sich drei großen Sektoren zuteilen: Gewebe und Garne, Heimtextilien und Technische Textilien [85].

### Produktionsprozess

Die Herstellung von Textilien umfasst die folgenden Bereiche: Verarbeitung von Fasern, Weiterverarbeitung von Garnen und Zwirnen (Spinnen, Weben, Stricken, Flechten, Filzen etc.) sowie das Veredeln von Halbfabrikaten. Im Folgenden werden Schritte der Textilveredelung sowie notwendige Energieträger dargestellt [86].

- Vor- und Nachbehandlung:
  - Rohwareifixierung (thermische Energie über Gas, Thermoöl und Dampf)
  - Sengen (offene Flamme)
  - Imprägnieren (Raumtemperatur bzw. elektrische Energie für Antriebe)
  - Waschen (Dampf und Heißwasser)
  - Mechanische Verfahren (Strom für Bürsten, Rauen, Klopfen, Scheren oder Schmirgeln)

- Färben
- Waschen
- Spannrahmen (beheizt direkt über Brenner [bis 150 °C] oder indirekt über Heißwasser, Dampf  $\Omega$  [bis 300 °C]) oder Thermoöl [bis 400 °C])
- Trocknungsprozesse (Heißluft) über Konvektionstrocknung und Kontaktstrocknung
- Appretur
- Beschichtungsprozesse

### Effizienzpotenziale

Im Rahmen des F&E-Fahrplans „Energieeffizienz in der Textil- und Lebensmittelindustrie“ wurden für die österreichische Textilindustrie 2016 Effizienz- und somit Energiesparpotenziale ermittelt [86]:

- Kontinuierliche Prozesse, z. B. beim Waschen und Färben: Anpassung von Wassermenge an das Warengewicht
- Diskontinuierliche Wäsche, z. B. beim Waschen und Färben: Wiederverwenden von warmen Bädern
- Mechanische Vor- und Nachbehandlungsverfahren: frequenzgeregelte Motoren und Antriebe, regelmäßige Wartung
- Thermische Verfahren: Isolieren und Abstrahlverluste verringern
- Bereitstellung von Wärme: Optimieren von Kessel-effizienz und der Wärmeverteilung in Aggregaten
- Trocknung: effiziente Vortrocknung, Steuerung der Abluftmenge
- Querschnittstechnologien
  - Wärmebereitstellung – optimierte Brennerregelung, Wärmerückgewinnung zur Vorwärmung von Kesselanlagen
  - Druckluft (großer Anteil an Stromverbrauch in Textilunternehmen): geeigneter Einsatz, Abwärmerückgewinnung, Verluste minimieren, Kompressoreinsatz optimieren
  - Elektrische Antriebe und Pumpen: geeignete Dimensionierung
  - Beleuchtung: Energiesparpotenziale werden mit bis zu 80 % angegeben

## Alternative Technologien

- Strahlungstrocknung  
(Mikrowelle, Infrarot, Hochfrequenz)
- Wärmepumpen (herausfordernd ist das Finden und Nutzen geeigneter Wärmequellen)
- Lokale Erzeugungstechnologien (Solarthermie bzw. Umgebungswärme und Photovoltaik)

Tabelle 19

Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Textil und Leder“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

Nutzenergiekategorie	Beschreibung der Maßnahme	Angewandt in Szenario
Raumheizung und Klimaanlage	Substitution fossiler und biogener Ressourcen sowie brennbarer Abfälle durch Wärmepumpen (COP = 3,5); der Einsatz von elektrischer Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bleibt unverändert.	Basis Effizienz Umbruch
Raumheizung und Klimaanlage	Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) werden umgesetzt, wodurch der Endenergiebedarf um 30 % reduziert werden kann.	Effizienz Umbruch
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Brennstoffe und elektrische Dampferzeugung substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme.	Basis
Dampferzeugung	Fossile Ressourcen werden zu gleichen Teilen durch biogene Ressourcen und durch elektrischen Strom in Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3 <sup>59</sup> ) substituiert; keine Änderung bei biogenen Brennstoffen, elektrischer Energie und Fernwärme; prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Effizienz
Dampferzeugung	Alle Energieträger werden durch elektrischen Strom und Umgebungswärme mit Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,3) bereitgestellt. Prozessseitige Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 5 %.	Umbruch
Industrieöfen	Fossile werden durch biogene Energieträger ersetzt, der (relative) Einsatz von elektrischer Energie sowie bisher eingesetzten biogenen Energieträgern bleibt unverändert.	Basis
Industrieöfen	Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %. Darüber hinaus werden die fossilen Brennstoffe zu 50 % durch biogene Brennstoffe bzw. zu 50 % durch Wärmepumpen bereitgestellt (COP = 3,8 <sup>60</sup> ).	Effizienz
Industrieöfen	Effizienzmaßnahmen reduzieren den Endenergieeinsatz um 10 %. Darüber hinaus werden die fossilen Brennstoffe zu 30 % durch biogene Brennstoffe bzw. zu 70 % durch Wärmepumpen bereitgestellt (COP = 3,8).	Umbruch
Standmotoren	Mit fossilen Energieträgern betriebene Standmotoren werden auf elektrische Antriebe umgestellt, wobei wegen des besseren Wirkungsgrades 80 % Endenergie eingespart werden kann.	Basis Effizienz Umbruch
Standmotoren	Bei bereits bestehenden elektrischen Antrieben können durch Energiesparmaßnahmen 15 % Endenergie eingespart werden.	Effizienz Umbruch
Beleuchtung und EDV	-----	ALLE
Elektrochemische Zwecke	-----	ALLE

59 Annahme: 150°C Dampftemperatur, 60°C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{423}{423-333} \approx 2,3$ .

60 Annahme: 110°C Prozesstemperatur, 60°C Wärmequelle |  $COP = 0,5 \cdot \frac{383}{383-333} \approx 3,8$ .

### 5.13 Sonstiger Produzierender Bereich

Der Sektor *Sonstiger Produzierender Bereich* benötigte 2017 3.220 GWh an Endenergie in Österreich. Dies entspricht 3,4% des produzierenden Bereichs bzw. 1% des österreichischen Endenergiebedarfs. Der Anteil an erneuerbaren Energien liegt mit 60% im oberen Bereich verglichen mit den anderen Sektoren.

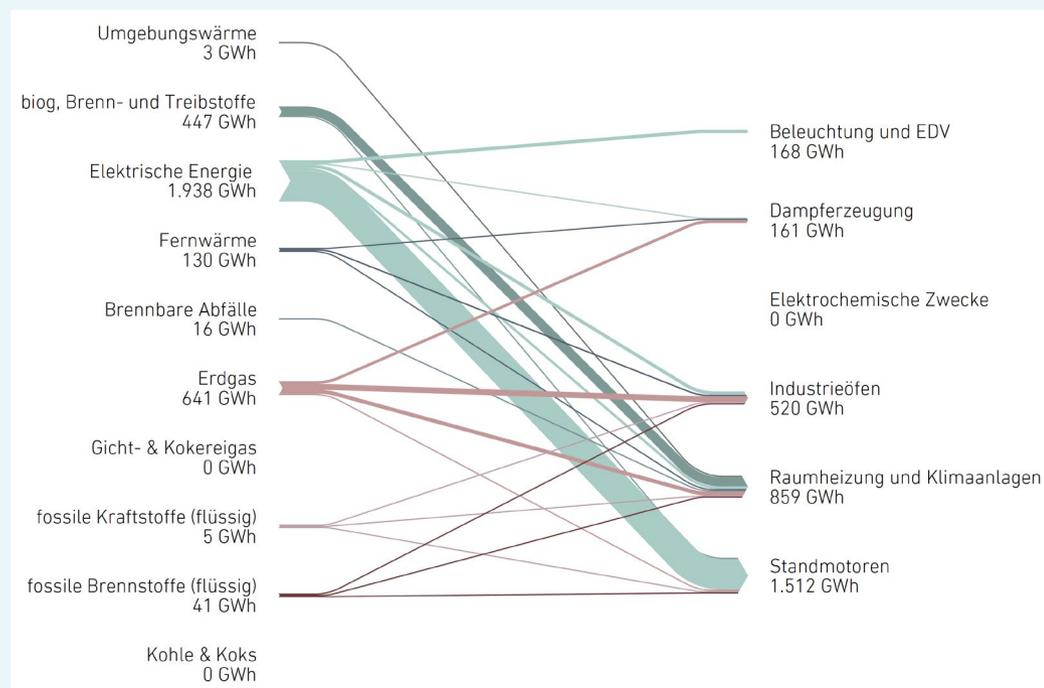


Abbildung 31  
Energieträger und deren Nutzung im Sektor  
„Sonstiger Produzierender Bereich“, Gesamtösterreich 2017  
(eigene Darstellung nach [11])

Elektrische Energie deckt mit über 60% den Großteil der benötigten Energie ab. Die Energieträger Erdgas und biogene Brenn- und Treibstoffe tragen weitere 34% bei. Somit decken diese drei Energieträger 94% der benötigten Endenergie ab. Am Endenergiebedarf haben Standmotoren mit 47% den größten Anteil, gefolgt von Raumheizung und Klimaanlage mit 27% sowie Industrieöfen mit 16%.

60,2 %	Elektrische Energie
19,9 %	Erdgas
13,9 %	Biogene Brenn- und Treibstoffe
4,0 %	Fernwärme
1,3 %	Fossile Brennstoffe (flüssig)
0,5 %	Brennbare Abfälle
0,1 %	Umgebungswärme etc.
0,1 %	Fossile Kraftstoffe (flüssig)

Der Sektor Sonstiger Produzierender Bereich ist eine Sammelkategorie und naturgemäß sehr heterogen, was die Unternehmensstrukturen und -tätigkeiten anbelangt. Aus diesem Grund gibt es auch keine ausführlicheren Berichte oder Beschreibungen wie Prozesse und Temperaturanforderungen. Der Vollständigkeit halber wird dieser Sektor dennoch in den weiteren Analysen mitberücksichtigt, um sämtliche Sektoren abzubilden und ein repräsentatives Bild der österreichischen Industrie wiederzugeben.

## 6.0 Versorgung der österreichischen Industrie mit erneuerbarer Energie

---

Basierend auf den vorhergehenden Analysen werden die drei Szenarien *Basis*, *Effizienz* und *Umbruch* definiert. Bei der Szenarientwicklung wurden insbesondere die jeweiligen Prozessanforderungen, Nutzkategorien sowie mögliche Technologieoptionen berücksichtigt. Die drei Szenarien stellen unterschiedlich ambitionierte Zielerreichungen dar, wobei das Umbruch-Szenario auch die Verfahrensumstellung des Sektors *Eisen- und Stahl-erzeugung* beinhaltet. Die Szenarienergebnisse zeigen eine Bandbreite des Endenergieverbrauchs zwischen 82 (Effizienz) und 108 TWh (Umbruch) auf (vgl. 94 TWh im Jahr 2017).

### 6.1 Szenarientwicklung

In dieser Studie wurden die drei Szenarien *Basis*, *Effizienz* und *Umbruch* definiert, in denen die österreichische Industrie (zunehmend) zu 100% durch erneuerbare Energie versorgt werden kann. Das Basis-Szenario orientiert sich am Status quo und an einem Brennstoffwechsel von fossilen auf erneuerbare Energieträger. Das Effizienz-Szenario wird durch Brennstoffwechsel und Energieeinsparung (z. B. durch Wärmedämmung, verbesserte Rückgewinnung etc.) charakterisiert, belegt durch eine fundierte Datenbasis (bestehende Studien). Im Umbruch-Szenario werden hochwertige biogene Brenn- und Treibstoffe fast ausschließlich für Hochtemperaturprozesse eingesetzt. Die zeitliche Umsetzung der Szenarien liegt bei aktuellem Stand der Technik bei kurz- bis mittelfristig (in den nächsten 5 bis 15 Jahren) im Basis-Szenario bis hin zu langfristig (ab 2035/40) im Umbruch-Szenario.

Die Storylines der einzelnen Szenarien ist in Abbildung 32 zusammengefasst dargestellt. Darüber hinaus werden jene Prozesse substituiert, die prozessbedingt fossile Ressourcen einsetzen. Nicht berücksichtigt wird eine vollständige Dekarbonisierung der Produktion bzw. einzelner Prozesse, die (vor allem) den elektrischen Energieeinsatz weiter erhöhen würde. Für jedes Szenario wird der Energiebedarf für die Industrie ermittelt (z. B. Primärenergiequellen, elektrische und thermische Energie). Bei der Entwicklung der Szenarien wurden sowohl die Potenziale an erneuerbaren Energien als auch mögliche und sinnvolle Einsatzgebiete berücksichtigt.

Die Umsetzung der Szenarien basiert im Wesentlichen auf der Eingabe von Veränderungsparametern. Die Anzahl der Parameter ist im Basis-Szenario mit 8 noch überschaubar und wächst auf 53 im Effizienz- bzw. Umbruch-Szenario an. Die Parameter haben unterschiedlichen Einfluss auf die einzelnen Sektoren, Nutzkategorien und teilweise auch auf Bundeslandebene.

#### Die Input-Parameter sind:

- Effizienzsteigerung
- Verteilungsschlüssel zwischen Biogenen und elektrischer Energie
- COP-Wärmepumpe

**8 Input-Parameter****BASIS**

Umsetzungshorizont: Kurz- bis mittelfristig  
 Brennstoffwechsel auf Erneuerbare (Biogene / Elektrische Energie)  
 Niedertemperatur mittels Wärmepumpe  
 Umstellung fossiler Standmotoren auf elektrische Energie  
 Kohle & Koks sowie Gichtgas & Kokereigas bleiben für Eisen- und Stahlerzeugung

**53 Input-Parameter****EFFIZIENZ**

Umsetzungshorizont: Mittelfristig  
Ausgangsbasis: Basisszenario  
 Dampferzeugung & Industrieöfen (Trocknung) mittels Wärmepumpe  
 Prozesseffizienz auf Branchenebene  
 Kohle & Koks sowie Gichtgas & Kokereigas bleiben für Eisen- und Stahlerzeugung

**53 Input-Parameter****UMBRUCH**

Umsetzungshorizont: Langfristig  
Ausgangsbasis: Effizienzscenario  
 Höherer Anteil an Wärmepumpen  
 Biogene und Brennbare Abfälle hauptsächlich für Hochtemperatur-Anwendungen  
 Eisen- und Stahlerzeugung: Direktreduktion mit Wasserstoff

### Effizienzsteigerung

Eingetragen ist die Effizienzsteigerung in Prozent. Es sind je nach Sektor und Nutzkategorie verschiedenste Werte anhand von Literaturangaben (siehe auch Annahmen im Kapitel 5) hinterlegt. Beispielsweise bedeutet die Eingabe von 10%, dass der Energiebedarf im Szenario um 10% gegenüber dem Status quo sinkt.

### Verteilungsschlüssel zwischen Biogenen und elektrischer Energie

Die Umstellung von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energieträger erfolgt durch einen Verteilungsschlüssel. Hierbei kann in Prozent angegeben werden, welcher Anteil auf Biogene bzw. auf elektrische Energie umgestellt wird.

### COP-Wärmepumpe

Soweit möglich, werden vor allem Niedertemperaturanwendungen auf Wärmepumpen umgestellt. Für alle Sektoren und die jeweilige Nutzkategorie werden die spezifischen Temperaturanforderungen berücksichtigt. Daraus resultieren individuelle COPs („Coefficient of Performance“, Leistungszahl), die von 1,9 bis hin zu 3,8 reichen. Wird ein COP von 1 eingegeben, so kommt dies einer reinen Elektrifizierung (100% elektrische Energie und keine Umgebungswärme) gleich. Über die COPs wird der jeweilige Anteil an Umgebungswärme berechnet, die die Wärmepumpe als Wärmequelle benötigt. Der erreichbare  $COP_{Real}$  ermittelt sich aus dem Carnotwirkungsgrad ( $\eta_{Carnot}$  bzw.  $COP_{max}$ ) und dem Gütegrad der Wärmepumpe ( $\epsilon_{WP}$ ). Der Gütegrad wurde zu 0,5 bestimmt. Dieser Wert beruht auf Performanceuntersuchungen von verschiedenen Wärmepumpen – siehe u. a. [87].

$$COP_{max} = \frac{1}{\eta_{Carnot}} = \frac{T_{Hei\beta}}{T_{Hei\beta} - T_{Kalt}} \rightarrow COP_{Real} = COP_{max} * \epsilon_{WP}$$

#### 6.1.1 Basis

Fossile Brenn- und Treibstoffe werden durch erneuerbare Energieträger, wie biogene Ressourcen (Biomasse, Biogas, Biotreibstoff etc.), und erneuerbar bereitgestellten Strom ersetzt, wenn der Energieträgerwechsel den Produktionsprozess nicht beeinflusst, wie zum Beispiel in der Eisen- und Stahlerzeugung über die Hochofenroute. Es werden industriesektorübergreifend bereits ausgereifte (Stand 2019), effiziente und energiesparende Technologien wie Wärmepumpen zur Raumheizung und -kühlung und

elektrisch betriebene Standmotoren (unter Berücksichtigung von Branchenspezifika, wie zum Beispiel die dezentrale Lage von Arbeitsstätten im Sektor Bau) implementiert. Darüber hinaus wurden keine Prozesseffizienzverbesserungen angenommen. Sämtliche energetisch verwertete Abfallströme (Sektor Steine, Erden und Glas) stammen aus nachhaltigen, dekarbonisierten Prozessen und stellen somit erneuerbare, CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger dar.

Raumheizung und Klimaanlage	Die durch Brenn- und Treibstoffe (fossil, biogen, Abfall) bereitgestellte Nutzenergie wird in allen Branchen mittels Wärmepumpen (COP = 3,5 <sup>61</sup> ) bereitgestellt. Der durch elektrische Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bereitgestellte Anteil bleibt unverändert.
Dampferzeugung	Fossile Brenn- und Treibstoffe zur Dampferzeugung werden in allen Branchen zu je 50 % durch biogene Brennstoffe bzw. auf Basis von elektrischer Dampferzeugung (z. B. Elektrokesseln) substituiert. Während Elektrokessel im Vergleich zu beispielsweise Gaskesseln einen etwas höheren Wirkungsgrad haben, haben Biomassekessel leicht niedrigere Wirkungsgrade. In Summe wird daher keine Reduktion des Endenergieeinsatzes durch Kessel- und Brennstoffsubstitution angenommen. Der durch biogene Brennstoffe, elektrische Energie und Fernwärme bereitgestellte Anteil bleibt in diesem Szenario unverändert. Außerdem wird auch der Einsatz von prozessspezifischen Energieträgern bei der Eisen- und Stahlerzeugung (z. B. Gicht- und Kokereigas) nicht substituiert.
Industrieöfen	Die fossilen Brenn- und Treibstoffe werden durch biogene Ressourcen ersetzt, und zwar in allen Branchen außer der Eisen- und Stahlerzeugung. Dort werden Erdgas sowie fossile Treibstoffe ersetzt. Der Ersatz von Kohle und Koks in Kokerei und im Hochofenprozess gestaltet sich allerdings komplexer, worauf in Abschnitt 5.4 näher eingegangen wird. Daher wird in diesem Szenario der Endenergieeinsatz von Kohle und Koks nicht substituiert.
Standmotoren	Mit fossilen Brenn- und Treibstoffen betriebene Standmotoren werden in allen Branchen außer Bau auf elektrische Antriebe umgestellt. Damit geht eine Effizienzsteigerung aufgrund des besseren Wirkungsgrades von bis zu 80 % <sup>62</sup> einher. Im Bereich Bau werden die fossilen Brenn- und Treibstoffe aufgrund von Mobilitätsanforderungen, da sich die Baustellen auch an dezentralen, schlecht erreichbaren Orten befinden können, zu je 50 % durch biogene Ressourcen und elektrische Antriebe (inkl. Steigerung der Effizienz) substituiert.
Beleuchtung und EDV	Fossile (Sektoren Bau und Maschinenbau) werden durch biogene Ressourcen ersetzt.
Elektrochemische Zwecke	Es gibt keine Änderung der energetischen Versorgung von elektrochemischen Prozessen.

Tabelle 20

Maßnahmen im Basis-Szenario unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

61 Annahme Wärmebereitstellung: Heben des Temperaturniveaus von 0 auf 42 °C,  $COP = \text{Gütegrad} \cdot \frac{T_{\text{warm}} (K)}{T_{\text{warm}} (K) - T_{\text{kalt}} (K)} \approx 0,5 \cdot \frac{315}{(315-273)} \approx 3,8$ , da in diesem Szenario Wärmepumpen auch zur Kältebereitstellung eingesetzt werden sollen, wobei der COP in der Regel

niedriger ist als zur Wärmebereitstellung, wird mit einem durchschnittlichen COP von 3,5 in den Szenarien gerechnet.

62 Elektrischer Wirkungsgrad Verbrennungsmotor: Im besten Betriebspunkt bis zu 40% in Teillast, aber mitunter auch nur 20%, Wirkungsgrad Elektromotor: >95% [53].

### 6.1.2 Effizienz

Für Hochtemperaturprozesse werden fossile Brenn- und Treibstoffe durch erneuerbare Energieträger, wie biogene Ressourcen, und erneuerbar bereitgestelltem Strom ersetzt, wenn der Energieträgerwechsel den Produktionsprozess nicht beeinflusst, wie zum Beispiel in der Eisen- und Stahlerzeugung im Hochofen. Für branchenspezifische Charakteristika – z. B. Biomasse für die Trocknung im Sektor Holz – wurde nur eine partielle Substitution der Verbrennung von Biomasse durch Wärmepumpen im Niedertemperaturprozess angenommen. Es werden industriesektorübergreifend ausgereifte (Stand 2019), effiziente und energiesparende Technologien wie Wärmepumpen zur Raumheizung und -kühlung und elektrisch

betriebene Standmotoren (unter Berücksichtigung von Branchenspezifika, wie zum Beispiel die dezentrale Lage von Arbeitsstätten im Sektor Bau) implementiert. Die Dampferzeugung erfolgt mit Biogenen (u. a. in KWK-Anlagen) bzw. innovativen Wärmepumpen (Stand 2019: F&E-Bedarf). Durch Maßnahmen zur Effizienzsteigerung wird der Endenergieeinsatz reduziert. Energetisch verwertete Abfallströme (Sektor Steine und Erden, Glas) stammen aus nachhaltigen, dekarbonisierten Prozessen und stellen erneuerbare, CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger dar.

Raumheizung und Klimaanlage	Die durch Brenn- und Treibstoffe (fossil, biogen, Abfall) bereitgestellte Nutzenergie wird in allen Branchen mittels Wärmepumpen (COP = 3,5) bereitgestellt. Der durch elektrische Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bereitgestellte Anteil bleibt unverändert. Branchenübergreifend werden Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) umgesetzt, wodurch der Bedarf um 30 % <sup>63</sup> reduziert werden kann.
Dampferzeugung	Fossile Brenn- und Treibstoffe zur Dampferzeugung werden in allen Branchen durch biogene Brennstoffe substituiert bzw. wird die Energie durch innovative Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 1,9–2,5 <sup>64</sup> ) bereitgestellt. Zur Implementierung der dampferzeugenden Wärmepumpen müssen auch Technologien entwickelt werden, die bisher nicht nutzbare Abwärmeströme nutzbar machen. Der Zuteilungsfaktor (Biogen vs. Wärmepumpe) wurde abhängig von der Branche gewählt und wird in den einzelnen Abschnitten diskutiert. Der durch biogene Brennstoffe, elektrische Energie und Fernwärme sowie durch spezifische Energieträger wie Gichtgas bereitgestellte Anteil bleibt in diesem Szenario unverändert. Durch Effizienzmaßnahmen werden 5 % der Endenergie eingespart.
Industrieöfen	Fossile Energieträger für Trocknungsprozesse in Industrieöfen (z. B. Nahrungsmittel, Holz, Textil und Leder, Keramiken), bei denen die Temperaturen oft im Niedertemperaturbereich liegen, werden im Effizienzzenario durch Wärmepumpen ersetzt (COP = 3,8). Die Arbeitszahl dabei ist temperatur- und somit branchenabhängig (siehe einzelne branchenspezifische Abschnitte). Fossile Rohstoffe (außer Kokereigas, Gichtgas und Koks in der Stahlerzeugung) in Hochtemperaturanwendungen werden durch elektrischen Strom bzw. biogene Energieträger ersetzt, wobei die Zuteilung branchenspezifisch erfolgt. Darüber hinaus erfolgen branchenspezifische Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen zwischen 5 und 15 % (siehe einzelne branchenspezifische Abschnitte).
Standmotoren	Mit fossilen Brenn- und Treibstoffen betriebene Standmotoren werden in allen Branchen außer Bau auf elektrische Antriebe umgestellt. Damit geht eine Effizienzsteigerung aufgrund des besseren Wirkungsgrades von bis zu 80 % einher. Im Sektor Bau werden die fossilen Brenn- und Treibstoffe aufgrund von Mobilitätsanforderungen, da sich die Baustellen auch an dezentralen, schlecht erreichbaren Orten befinden können, zu 25 % durch biogene Ressourcen und zu 75 % durch elektrische Antriebe (inkl. Steigerung der Effizienz) substituiert. Darüber hinaus werden bestehende elektrisch betriebene Standmotoren energetisch optimiert, wodurch 15 % <sup>65</sup> der Endenergie eingespart werden kann.
Beleuchtung und EDV	Fossile Ressourcen (Sektoren Bau und Maschinenbau) werden durch elektrische Energie ersetzt. Dabei können 70 % der Endenergie aus fossilen Ressourcen eingespart werden. Für den restlichen Sektor wird aufgrund der zunehmenden Bedeutung der EDV in der produzierenden Industrie keine Effizienzsteigerung angenommen, die dieser Nutzenergiekategorie zugeordnet ist.
Elektrochemische Zwecke	Im Effizienz-Szenario gibt es keine Änderung der energetischen Versorgung von elektrochemischen Prozessen, allerdings eine Endenergieeinsparung von 5 % <sup>66</sup> .

Tabelle 21

Maßnahmen im Effizienz-Szenario unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

63 Annahme: Gebäudedämmung.

64 Annahme Wärmebereitstellung: Heben des Temperaturniveaus von ca. 75 auf 180 °C ergibt beispielsweise:  $COP = Gütegrad \cdot \frac{T_{warm} (K)}{T_{warm} (K) - T_{kalt} (K)} \approx 0,5 \cdot \frac{453}{(453-348)} \approx 2,2$ .

65 20 bis 30% gemäß [53].

66 Annahme: Prozessspezifische Energieeinsparungen.

### 6.1.3 Umbruch

Basierend auf dem stark gestiegenen Einsatz von biogenen Ressourcen im Effizienz-Szenario, wurde für das Umbruch-Szenario der Ersatz von fossilen Brenn- und Treibstoffen durch biogene Ressourcen (Biomasse, Biogas, Biotreibstoff etc.) auf Hochtemperaturanwendungen begrenzt. Für branchenspezifische Charakteristika – z. B. Biomasse-Einsatz für die Trocknung im Sektor Holz – wurde eine fast vollständige Substitution der Verbrennung von Biomasse durch Wärmepumpen im Niedertemperaturprozess angenommen. Auch die Energieversorgung der Eisen- und Stahlindustrie wird durch Prozessumstellung – die Hochofenroute wird durch Direktreduktion mit Wasserstoff ersetzt – dekarbonisiert. Damit geht allerdings ein Anstieg auf den dreifachen Endenergiebedarf einher. Es werden industriesektorüber-

greifend bereits ausgereifte (Stand 2019), effiziente und energiesparende Technologien wie Wärmepumpen zur Raumheizung und -kühlung und elektrisch betriebene Standmotoren (unter Berücksichtigung von Branchenspezifika wie zum Beispiel die dezentrale Lage von Arbeitsstätten im Sektor Bau) implementiert. Die Dampferzeugung erfolgt ausschließlich durch Einsatz von innovativen Wärmepumpen (Stand 2019: F&E-Bedarf). Durch Maßnahmen zur Effizienzsteigerung kann der Endenergieeinsatz in den verschiedenen Nutzenergiekategorien reduziert werden. Energetisch verwertete Abfallströme (Sektor Steine, Erden und Glas) stammen im UmbruchszENARIO aus nachhaltigen, dekarbonisierten Prozessen und stellen somit erneuerbare, CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger dar.

<b>Raumheizung und Klimaanlage</b>	Die durch Brenn- und Treibstoffe (fossil, biogen, Abfall) bereitgestellte Nutzenergie wird in allen Branchen mittels Wärmepumpen (COP = 3,5) bereitgestellt. Der durch elektrische Energie, Fernwärme und Umgebungswärme bereitgestellte Anteil bleibt unverändert. Branchenübergreifend werden Effizienzmaßnahmen (Wärmedämmung und -rückgewinnung) umgesetzt, wodurch der Bedarf um 30 % reduziert werden kann.
<b>Dampferzeugung</b>	Fossile Energieträger werden in allen Branchen durch innovative Wärmepumpen zur Dampferzeugung (COP = 2,2-3,8) substituiert. Dazu müssen auch Technologien entwickelt werden, die bisher nicht nutzbare Abwärmeströme nutzbar machen. Der durch elektrische Energie und Fernwärme bereitgestellte Anteil bleibt unverändert. Im Vergleich zum Status quo werden 5 % der Endenergie eingespart.
<b>Industrieöfen</b>	Fossile Ressourcen zur Trocknung (z. B. Nahrungsmittel, Holz, Textil und Leder, Keramik) werden fast ausschließlich durch Wärmepumpen substituiert. Die Arbeitszahl ist temperatur- und somit branchenabhängig (siehe einzelne Abschnitte). Fossile Rohstoffe in Hochtemperaturprozessen werden durch elektrischen Strom bzw. biogene Energieträger ersetzt, wobei in der Eisen- und Stahlindustrie der Stromeinsatz um ein Vielfaches steigt. Die Aufteilung (Strom vs. Biogen) erfolgt branchenspezifisch. Darüber hinaus werden Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen zwischen 5 und 15 % erzielt.
<b>Standmotoren</b>	Mit fossilen Brenn- und Treibstoffen betriebene Standmotoren werden in allen Branchen außer Bau auf elektrische Antriebe umgestellt. Damit geht eine Effizienzsteigerung aufgrund des besseren Wirkungsgrades von bis zu 80 % einher. Im Bereich Bau werden die fossilen Brenn- und Treibstoffe aufgrund von Mobilitätsanforderungen, da sich die Baustellen auch an dezentralen, schlecht erreichbaren Orten befinden können, zu 25 % durch biogene Ressourcen und zu 75 % durch elektrische Antriebe (inkl. Steigerung der Effizienz) substituiert. Darüber hinaus werden bestehende elektrisch betriebene Standmotoren energetisch optimiert, wodurch 15 % <sup>67</sup> der Endenergie eingespart werden kann.
<b>Beleuchtung und EDV</b>	Fossile Ressourcen – hauptsächlich in den Sektoren Bau und Maschinenbau – werden durch elektrische Energie ersetzt. Dabei können 70 % der Endenergie aus fossilen Ressourcen eingespart werden. Für den restlichen Sektor wird aufgrund der zunehmenden Bedeutung der EDV in der produzierenden Industrie keine Effizienzsteigerung angenommen.
<b>Elektrochemische Zwecke</b>	Im Umbruch-Szenario gibt es keine Änderung der energetischen Versorgung von elektrochemischen Prozessen, allerdings eine Endenergieeinsparung von 5 % <sup>68</sup> .

Tabelle 22

Maßnahmen im Umbruch-Szenario unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors

.....  
<sup>67</sup> 20 bis 30 % gemäß [53].

<sup>68</sup> Annahme: Prozessspezifische Energieeinsparungen.

## 6.2 Szenarienauswertung mittels NEAT-Tool

Im Vorfeld der Szenarientwicklung wurde die Nutzenergieanalyse der Statistik Austria, welche Informationen über den Zweck des Endenergieeinsatzes liefert, intensiv untersucht. Diese beinhaltet sieben Nutzenergiekategorien (inkl. Traktion) und listet den Endenergieverbrauch der Sektoren „Produzierender Bereich“, „Transport Gesamt“ und „Sonstige Wirtschaftsbereiche“ auf Basis von 20 Energieträgern auf. Insgesamt beinhaltet die Statistik mehrere tausend Datensätze.

Um diese sinnvoll analysieren zu können, wurde das Tool NEAT<sup>69</sup> entwickelt. Das Dashboard des Tools ist in Abbildung 33 dargestellt und zeigt Auswertungen für das Jahr 2017. Mit NEAT können Auswertungen nach verschiedenen Sektoren, auf Bundeslandebene, nach Nutzkategorien, für verschiedene Energieträger im Zeitraum von 1993 bis 2017 durchgeführt werden. Durch den zeitlichen Verlauf ist es möglich, Verschiebungen und historische Entwicklungen im Endenergieverbrauch zu erkennen. Die Erkenntnisse aus der statistischen Datengrundlage fließen ebenfalls in die Entwicklung der einzelnen Szenarien ein.

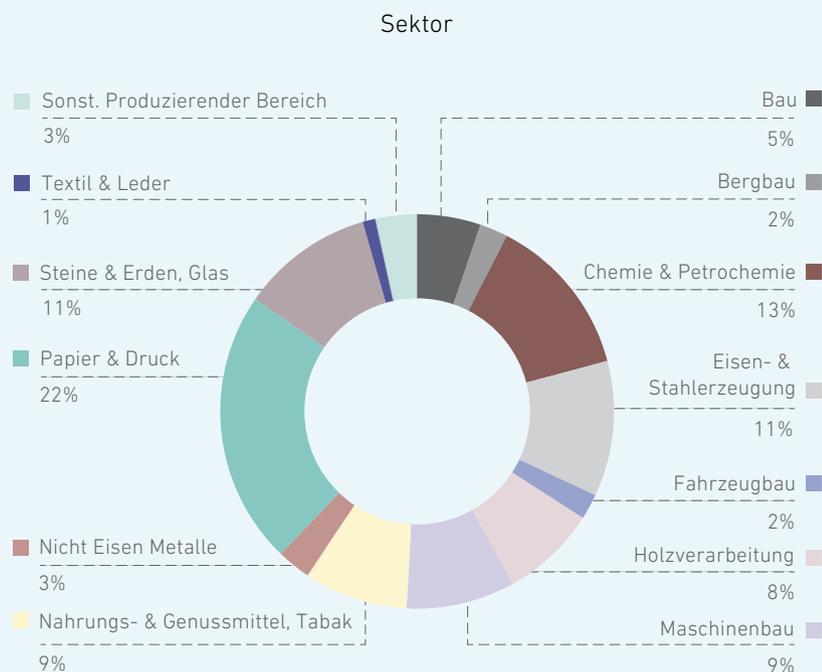
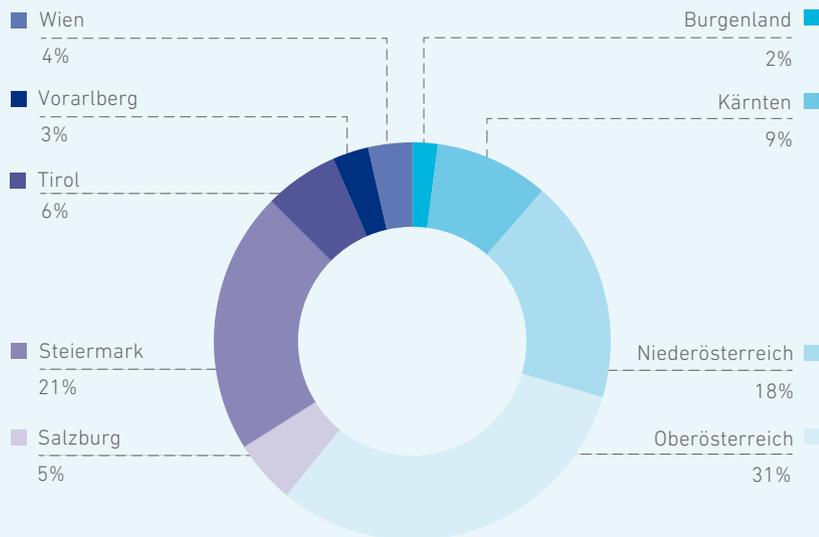


Abbildung 33  
Dashboard des NEAT-Tools

<sup>69</sup> Nutzkategorie- und Energie-Analyse-Tool (Austria).

Bundesland
Burgenland
Kärnten
Niederösterreich
Oberösterreich
Salzburg
Steiermark
Tirol
Vorarlberg
Wien

### Bundesland



Nutzung
Raumheizung und Klimaanlage
Dampferzeugnisse
Industrieöfen
Standmotoren
Beleuchtung und EDV
Elektrochemische Zwecke

### Nutzkategorie

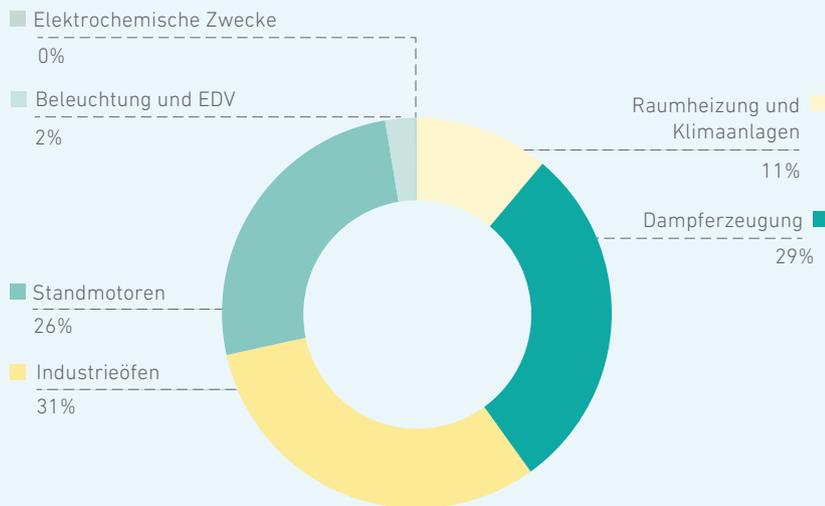
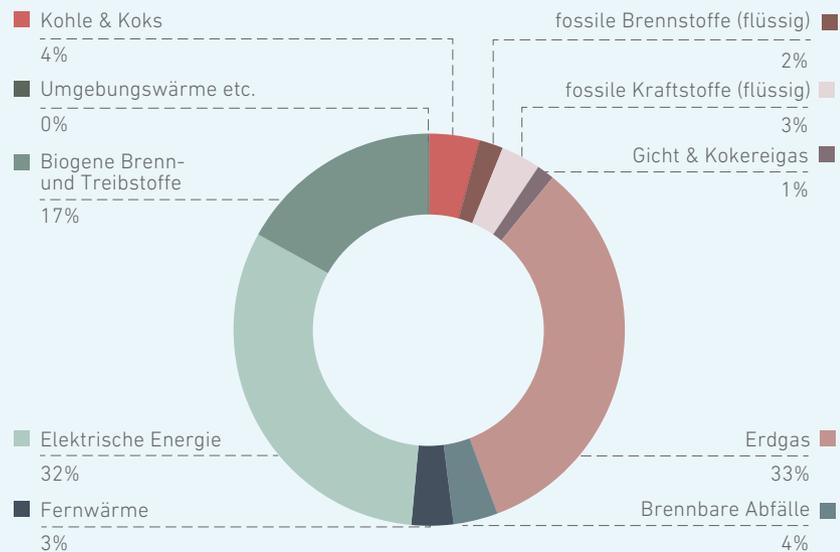


Abbildung 33  
Dashboard des NEAT-Tools

### Energieträger

- Kohle und Koks
- fossile Brennstoffe (flüssig)
- fossile Kraftstoffe (flüssig)
- Gichtgas und Kokereigas
- Erdgas
- Brennbare Abfälle
- Fernwärme
- Elektrische Energie
- Biogene Brenn- und Treibstoffe
- Umgebungswärme etc.

### Energieträger



### Bereich

- Produzierender Bereich
- Sonstige Wirtschaftsbereiche
- Transport

### Jahr

- 2017
- 2016
- 2015
- 2014

### Jahresverlauf



Abbildung 33  
Dashboard des NEAT-Tools

Im Rahmen der Studie wurden bestimmte Energieträger aus der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria, wie in Tabelle 23 dargestellt, zusammengefasst. Die farblich hervorgehobenen stellen erneuerbare Energieträger dar, mit denen die Versorgung der österreichischen Industrie erfolgen soll. Vor allem für elektrische Energie, Fernwärme

und Umgebungswärme wird vorausgesetzt, dass diese ausschließlich aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Biogene Brenn- und Treibstoffe sowie brennbare Abfälle gelten per se als erneuerbar. Die farbliche Zuordnung der Energieträger wird im Dokument einheitlich verwendet.

Energieträgerkategorien in der IndustRIES-Studie	Energieträgerkategorien laut Statistik Austria
Kohle & Koks	Steinkohle, Braunkohle, Koks, Petrolkoks
Fossile Brennstoffe (flüssig)	Gasöl für Heizzwecke, Heizöl
Fossile Kraftstoffe (flüssig)	Diesel, Benzin
Gichtgas & Kokereigas	Gichtgas, Kokereigas
Erdgas	Flüssiggas, Naturgas
Elektrische Energie	Elektrische Energie
Fernwärme	Fernwärme
Biogene Brenn- und Treibstoffe	Brennholz, biogene Brenn- und Treibstoffe
Brennbare Abfälle	Brennbare Abfälle
Umgebungswärme etc.	Umgebungswärme etc.

Tabelle 23  
Zusammenfassung von Energieträgerkategorien, die in der IndustRIES-Studie weiterverwendet wurden

Für die Entwicklung, Umsetzung und Auswertung der drei definierten Szenarien wurde ebenfalls das NEAT-Tool herangezogen und erweitert. Die Oberfläche der Szenarienauswertung ist in Abbildung 34 dargestellt. Es erfolgt eine Auswertung der Endenergie in GWh nach Energieträgern (Zeilen) und Nutzkategorien (Spalten). Die wichtigsten Energieträger sind je Spalte rot hervor-

gehoben. Durch die Auswahlboxen ist es möglich, verschiedenste Analysen zu tätigen. Beispielsweise verdoppelt sich der Anteil elektrischer Energie am gesamten Endenergieverbrauch von 31,6% im Status quo auf 63,4% im Umbruch-Szenario. Weitere Informationen sind dem Anhang im Abschnitt „Szenarienergebnisse: Auswertung nach Energieträgern und Bundesländern“ zu entnehmen.

**Szenario**

- Historische Daten
- Basis
- Effizienz
- Umbruch

**Jahr**

- 2017
- 2016
- 2015
- 2014

**Bundesland**

- Burgenland
- Kärnten
- Niederösterreich
- Oberösterreich
- Salzburg
- Steiermark
- Tirol
- Vorarlberg
- Wien

**Sektor**

- Bau
- Bergbau
- Chemie und Petrochemie
- Eisen- und Stahlzeugnis
- Fahrzeugbau
- Holzverarbeitung
- Maschinenbau
- Nahrungs- und Genussmittel
- Nicht Eisen Metalle
- Papier und Druck
- Sonst. Produzierender Bereich

**Energieträger**

- Biogene Brenn- und Treibstoffe
- Brennbare Abfälle
- Elektrische Energie
- Erdgas
- Fernwärme
- fossile Brennstoffe (flüssig)
- fossile Kraftstoffe (flüssig)
- Biogene Brenn- und Treibstoffe
- Kohle und Koks
- Umgebungswärme etc.

Endenergiebedarf [GWh]	Nutzung						
	Raumheizung und Klimaanlage	Dampferzeugung	Industrieöfen	Standmotoren	Beleuchtung und EDV	Elektrochemische Zwecke	Gesamt
Biogene Brenn- und Treibstoffe	1.523	10.502	3.691	82			15.798
Brennbare Abfälle	348	913	2.183				3.444
Elektrische Energie	1.566	940	4.326	20.373	2.272	169	29.647
Erdgas	5.198	12.341	13.233	619	2		31.392
Fernwärme	1.207	808	1.232				3.247
fossile Brennstoffe (flüssig)	558	410	803	78			1.849
fossile Kraftstoffe (flüssig)			0	3.088			3.089
Gichtgas & Kokereigas			1.345				1.345
Kohle & Koks		1.226	2.677				3.903
Umgebungswärme etc.	64						
<b>Gesamt</b>	<b>10.464</b>	<b>27.139</b>	<b>29.490</b>	<b>24.240</b>	<b>2.274</b>	<b>169</b>	<b>93.777</b>

Abbildung 34

NEAT-Tool: Auswertung nach Szenario, Bundesland, Sektor, Energieträger und Nutzkategorie

## 7.0 Szenarienergebnisse: Endenergieverbräuche der österreichischen Industrie

---

Die Ergebnisse der Szenarien wurden mit dem NEAT-Tool ausgewertet und verglichen. 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. Eine wichtige Rolle haben auch die biogenen Brenn- und Treibstoffe im Basis- und Effizienz-Szenario, deren Anteil dabei etwa doppelt so hoch ist im Vergleich zum Status quo. Mit zunehmendem Einsatz von Wärmepumpen bekommt auch der Energieträger Umgebungswärme eine bedeutende Rolle.

Die Ergebnisse zeigen weiters, dass der industrielle Endenergieverbrauch mit den in Österreich zur Verfügung stehenden Potenzialen an erneuerbaren Energien in allen Szenarien bilanziell gedeckt werden kann. Die Potenziale reichen aber nicht aus, um die restlichen 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.

Durch die Gegenüberstellung von Verbrauchs- mit Erzeugungsprofilen können Unter- und Überdeckungen sowie Mindest- und Höchstlasten ermittelt werden.

Beispielsweise ergibt sich für elektrische Energie 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. Außerdem erhöht sich die Höchstlast im Umbruch-Szenario um mehr als das Doppelte im Vergleich zum Status quo. Im Anhang sind die Analysen auf Bundesländerebene verfügbar.

### 7.1 Szenarienvergleich

Die Ergebnisse aus der Szenarientwicklung sind in Abbildung 35 dargestellt. Auf der linken Seite ist der Status quo abgebildet, in der Mitte die drei definierten Szenarien. Rechts ist das in dieser Studie verwendete Erneuerbaren-Potenzial angeführt, welches insgesamt 231 TWh beträgt. Die erneuerbaren Energieträger sind in weißer Schrift in den Balken dargestellt, die wichtigsten Anteile am Gesamtverbrauch rechts in Klammer.

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.

#### Deckung der Energienachfrage

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 Szenarien zeigen eine Bandbreite von 82 bis 108 TWh an Endenergieverbrauch auf. Mit den in Österreich identifizierten Potenzialen lässt sich demnach der industrielle Energiebedarf ausreichend decken. Die Überschüsse betragen, je nach Szenario, zwischen 123 und 149 TWh bzw. sind um einen Faktor 2,1 bis 2,8 höher.

Zu beachten ist jedoch Folgendes: Der gesamte Endenergieverbrauch in Österreich betrug im Jahr 2017 314 TWh. Das heißt in der Betrachtung fehlt noch der Endenergieverbrauch für die Sektoren *Verkehr, Private Haushalte, Öffentliche und Private Dienstleistungen* und

*Landwirtschaft* in der Höhe von 220 TWh (siehe Abbildung 3). Unter zusätzlicher Berücksichtigung des Endenergieverbrauchs dieser Sektoren ergibt sich eine Unterdeckung zwischen 71 und 97 TWh. Dieser Bedarf muss durch Importe gedeckt werden.

Endenergieverbrauch nach Energieträgern in den Szenarien



Abbildung 35

Ergebnisse der Energieverbräuche nach Energieträgern in den Szenarien inkl. Vergleich mit Status quo 2017 und den angenommenen Potenzialen

### Status quo

Im Status quo werden gemäß verwendetem Auswertungsschema in der Studie zehn Energieträger verwendet, die die 94 TWh des Endenergieverbrauchs (EEV) decken.

Den größten Anteil haben Erdgas und elektrische Energie mit jeweils ca. 30 TWh. Der Erneuerbaren-Anteil beträgt 45%.

### 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 die 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 etc.* mit 6 TWh durch WP-Anwendungen.

### Effizienz

Das Effizienz-Szenario weist mit 82 TWh den geringsten 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,

insbesondere 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%.

### 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 Prozesswärmeanforderungen unter 200 °C. Damit stehen diese wertvollen Energieträger für Verbrennungsprozesse bei Temperaturanforderungen von mehreren 100 °C 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 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 zum Tragen kommt. Das heißt, dass dies für den Sektor einen Umbruch darstellt, da der hohe Eigenversorgungsgrad aufgegeben wird und sämtliche Energie fremdbezogen werden muss.

## 7.2 Stärkung der Aussagekraft durch Analysen auf Stundenbasis

Die jährlichen Energiebedarfe aus den Szenarienergebnissen wurden mit Industrielastprofilen mit stündlicher Auflösung hinterlegt. Die verwendeten Profile, deren Herkunft und deren Verwendung werden kurz umrissen.

### 7.2.1 Stromprofil

Das verwendete Stromprofil wurde aus 29 Einzelprofilen aus [88] generiert und bildet eine Mischform aus verschiedensten Sektoren des Produzierenden Bereichs ab

(Abbildung 36). 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 auch vor dem Hintergrund, dass für diese Energieträger keine Bedarfsprofile vorlagen und unter der Annahme, dass das Stromprofil das Produktionsprofil der Industrie am ehesten abbildet.

Stromprofil (generiert aus 29 Einzelprofilen)

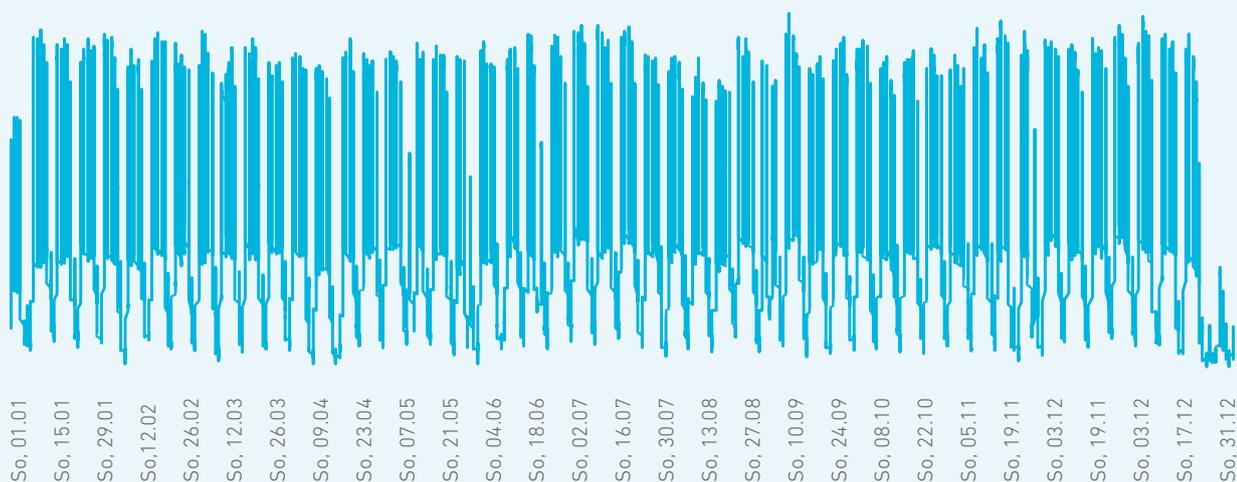


Abbildung 36  
Generiertes Industriestromlastprofil aus 29 Einzelprofilen  
(erstellt anhand von [88])

## 7.2.2 Gasprofil

Das Gasprofil wurde dankenswerterweise seitens AGGM Austrian Gas Grid Management AG in normierter und anonymisierter Form zur Verfügung gestellt [89]. In Abbildung 37 ist der Jahresverlauf der industriellen

Gasnachfrage für das Marktgebiet Ost für das Jahr 2017 dargestellt. Dieses Profil wurde für den Bedarf an Biogenen Brenn- und Treibstoffen verwendet.

Gaslastprofil (gemessen 2017)

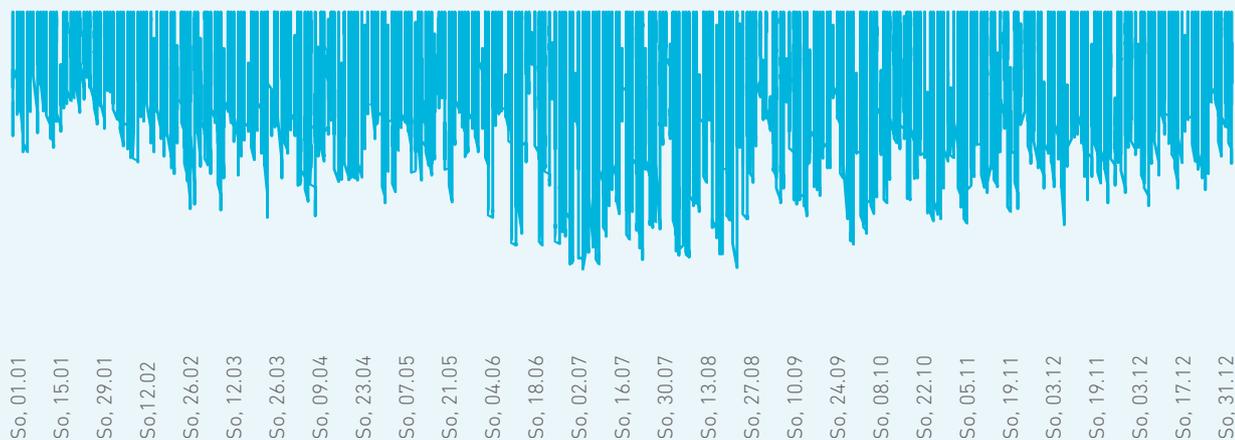


Abbildung 37

Gemessenes Industriegaslastprofil im Jahr 2017  
für das Marktgebiet Ost (erstellt anhand von [89])

### 7.3 Detailanalyse der Szenarienergebnisse

Durch den vorherigen Schritt stehen die Energiebedarfe auf Stundenbasis aufgelöst zur Verfügung und können nun den Erzeugungsprofilen der Energieträger gegenübergestellt werden. Durch die stündliche Granularität ist es möglich, Erzeugung und Nachfrage detailliert miteinander 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. Die verwendeten Erzeugungsprofile sind dem Anhang im Abschnitt „Verwendete Stromerzeugungsprofile“ zu entnehmen.

Diese Analysen erfolgen für die fünf relevanten erneuerbaren Energieträger in dieser Studie. Dabei wird für jeden Energieträger das jeweilige Potenzial auf der linken Seite angeführt. Daneben erfolgt die Darstellung des Status quo und rechts davon die Auflistung der drei Szenarien. Dabei wird der jeweilige Energiebedarf als farbiger Balken ( $\hat{=}$  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. In Abbildung 38 sind die jeweiligen Beschriftungen exemplarisch angeführt. In den darauffolgenden Abbildungen wird aus Gründen der Lesbarkeit darauf verzichtet.

Zusätzlich folgt jeweils ein Diagramm, das die jeweiligen Leistungsgrößen angibt. In den einzelnen Balken sind die Energiebedarfe nochmals angeführt. Die maximal auftretenden Leistungen sind oberhalb des Balkens abzulesen, die minimalen Leistungen unterhalb.

Die in diesem Kapitel dargestellten Ergebnisse beziehen sich jeweils auf Gesamtösterreich. Detailliertere Ergebnisse auf Bundeslandebene für den Energieträger *elektrische Energie* sind dem Anhang im Abschnitt „Ergänzung der Detailanalyse der Szenarienergebnisse für elektrische Energie nach Bundesländern“ zu entnehmen.

#### 7.3.1 Elektrische Energie

Das Erzeugungsprofil der elektrischen Energie basiert auf den Daten der APG-Erzeugungsstatistik aus dem Jahr 2017 [24] 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 dieser Studie angeführten Potenzialen (siehe Kapitel 4.2) mit den entsprechenden Erzeugungsprofilen hochskaliert.

Das Potenzial an elektrischer Energie zur Deckung der Energiebedarfe beträgt 118,9 TWh (Abbildung 38). Damit können die Bedarfe bilanziell in allen Szenarien 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 erfolgen kann. Die Unterdeckungen liegen zwischen 1,9 und 7,1, was beim Umbruch-Szenario mit dem höchsten Bedarf auftritt. 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 wesentlich signifikanter an. Das verdeutlicht, dass die Unterdeckung in einem höheren Ausmaß als der Bedarfszuwachs ansteigt.

## Elektrische Energie (Potenzial, Bedarf, Deckung)

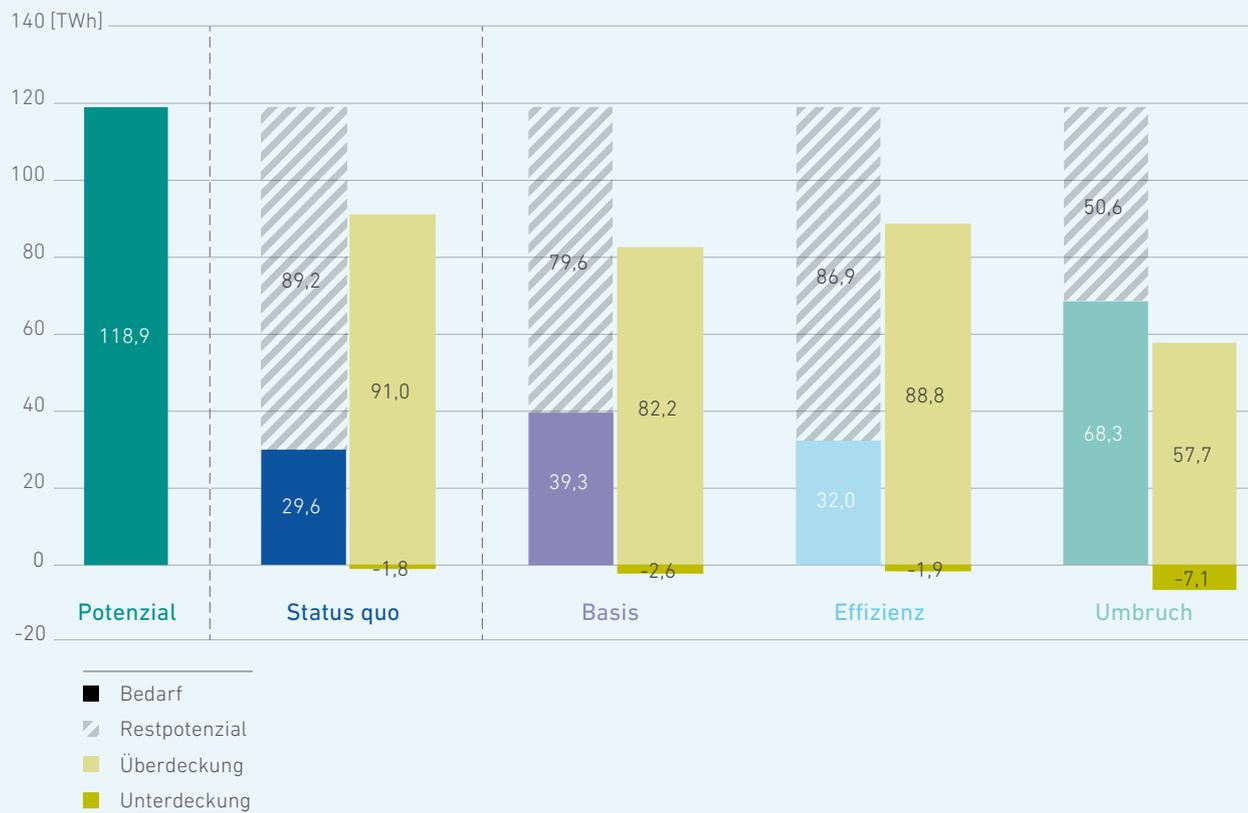


Abbildung 38  
Elektrische Energie – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Durch das Verschneiden des industriellen Stromlastprofils (siehe Abbildung 36) mit dem Bedarf an elektrischer Energie ergibt die Mindestlast 1.236 MW und die Höchstlast 6.314 MW im Status quo (Abbildung 39). Das Effizienz-Szenario weist ähnliche Größenordnungen auf, da der Gesamtbedarf keine starken Änderungen aufweist. Im Basis-Szenario steigt die Höchstlast auf 8.368 MW an. Hingegen steigen im Umbruch-Szenario sowohl die Mindest- als auch die Höchstlast um mehr als das Doppelte. Die Höchstlast beträgt 14.552 MW.

Im öffentlichen Stromnetz in Österreich lag die Höchstlast bei 10.578 MW im Jänner und die Mindestlast bei 4.084 MW im August 2017<sup>70</sup> [13]. Daraus resultiert, dass die berechnete Höchstlast der Industrie im Umbruch-Szenario um 38% höher ist, als die derzeitige Höchstlast im öffentlichen Stromnetz. Da es keine entsprechenden Verbraucherstatistiken (z. B. wann fragt welche Industrie welche Leistung ab) gibt, sind keine fundierten Aussagen möglich, ob sich einzelne Lasten aufsummieren und somit eine zusätzliche Belastung für das Netz darstellen.

<sup>70</sup> Die Betriebsstatistik für das öffentliche Netz in Österreich weist eine Höchstlast von 10.606 MW im Jänner 2019 auf und liegt somit in der selben Größenordnung wie für 2017. Die Mindestlast betrug im Juni 2019 (dies war der letztgültige Datenstand) [13]. Unter Beobachtung der historischen Daten wird die Mindestlast für 2019 ebenfalls für August erwartet. Mehr dazu siehe unter: <https://www.e-control.at/betriebsstatistik2019>, Kategorie: „Öffentliches Netz“; Dokument „Charakteristische Größen der Leistung und Arbeit“.

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 Änderungsraten ergeben sich für die Bundesländer Oberösterreich und Steiermark, 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 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. 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 nur um einen Faktor 2,6 bzw. von 1.110 auf 2.930 MW an. Die Steigerung ist hauptsächlich durch die Eisen- und Stahlerzeugung im Raum Leoben zurückzuführen.

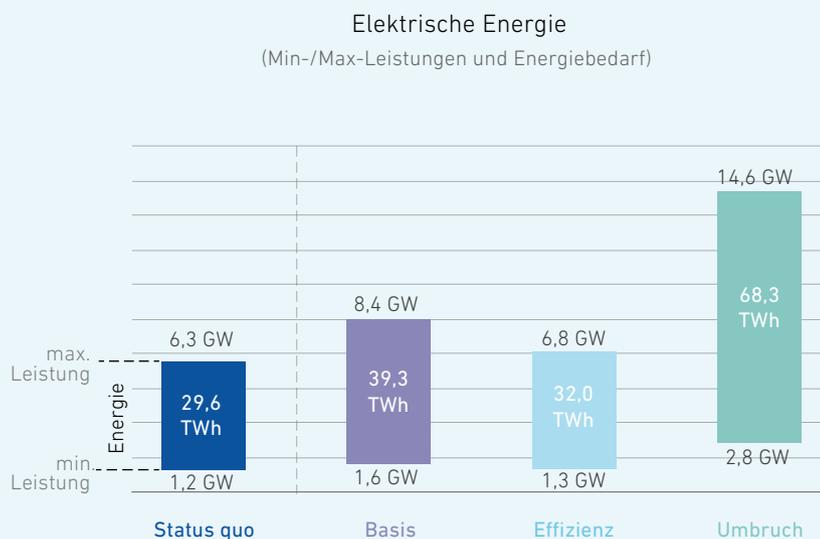


Abbildung 39  
Elektrische Energie – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

### 7.3.2 Biogene Brenn- und Treibstoffe

Die Kategorie Biogene Brenn- und Treibstoffe ist der einzige Energieträger, dem das Gaslastprofil hinterlegt wurde. Die Annahme hierzu ist, dass vor allem Erdgas hauptsächlich durch feste, flüssige und gasförmige Biogene, je nach Anwendungsfall, ersetzt wird. Es wurde angenommen, dass die Erzeugung dem Bedarfsprofil folgt. Somit entstehen keine Unterdeckungen für diesen Energieträger. Dies bedingt allerdings ausreichend Speichermöglichkeiten bzw. entsprechende Beschaffungslogistik, um den Bedarf jederzeit decken zu können. Laut Potenzialerhebung stehen 59,9 TWh zur Verfügung, um den Bedarf an biogenen Brenn- und Treibstoffen zu decken. Die Bandbreite der Nachfrage erstreckt sich in

den Szenarien von 17,7 bis 37,8 TWh (Abbildung 40). Das Basis-Szenario hat die höchste Nachfrage nach diesem Energieträger, da der Großteil der fossilen Energieträger durch Biogene gedeckt wird. Durch den verstärkten Einsatz von HT-WP nimmt die Nachfrage im Effizienz- und Umbruch-Szenario zu Lasten elektrischer Energie und Umgebungswärme etc. weiter ab. Es zeigt sich, dass in allen Szenarien der Bedarf an Biogenen Brenn- und Treibstoffen gedeckt werden kann. Das Restpotenzial beträgt zwischen 22,1 bis 42,2 TWh und könnte in anderen Sektoren eingesetzt werden. Dabei scheint ein Einsatz im Sektor *Verkehr* am naheliegendsten.

Biogene Brenn- und Treibstoffe  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)

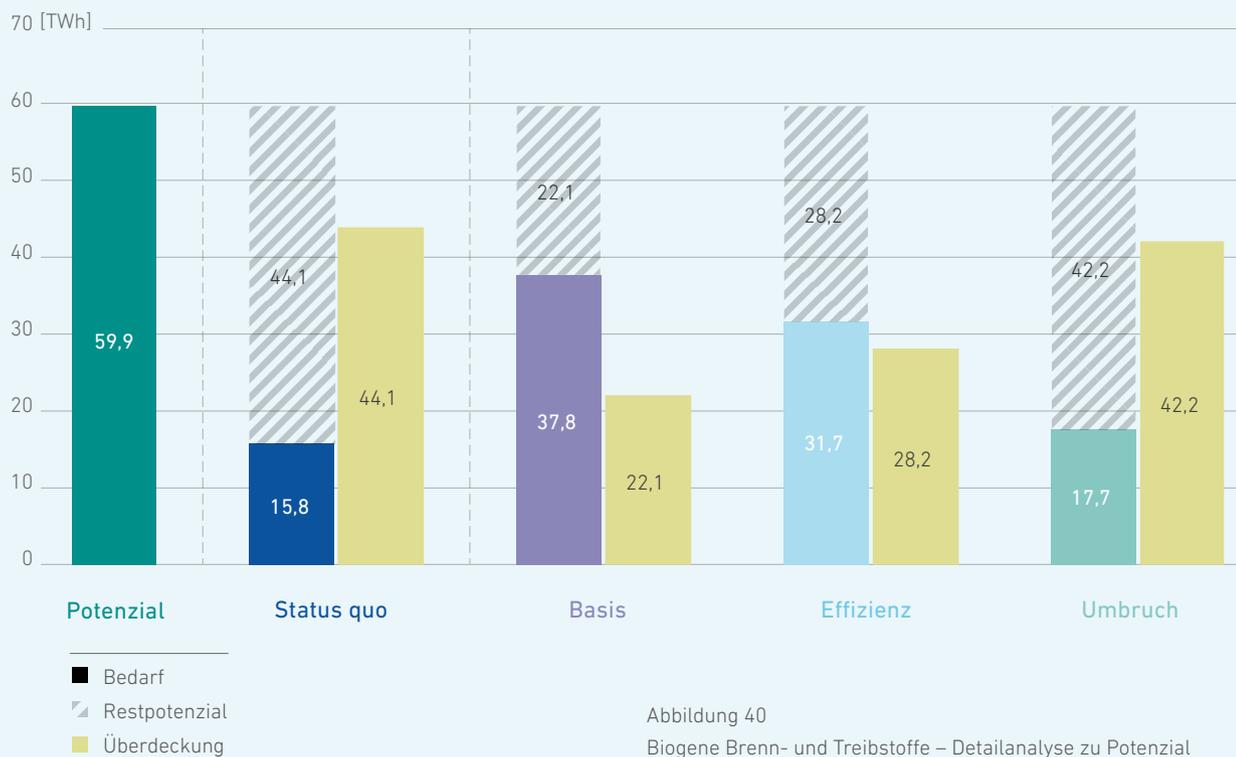


Abbildung 40  
Biogene Brenn- und Treibstoffe – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

Das hinterlegte Gaslastprofil lässt Aussagen über die auftretenden Mindest- und Höchstlasten zu. Im Status quo liegt die Mindestlast für Österreich bei 0,8 GW und die Höchstlast bei 2,2 GW (Abbildung 41). Proportional zu den Energiebedarfen in den einzelnen Szenarien

nehmen auch die entsprechenden Mindest- und Höchstlasten zu. Die meiste Nachfrage nach Biogenen Brenn- und Treibstoffen gibt es in den Bundesländern Oberösterreich und Steiermark.



Abbildung 41

Biogene Brenn- und Treibstoffe – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

### 7.3.3 Brennbare Abfälle

Den brennbaren Abfällen ist das Stromlastprofil hinterlegt, da angenommen wurde, dass dieses das Produktionsprofil der Industrie am ehesten abbildet. Zusätzlich wird angenommen, dass sich die „Circular Economy“ stärker in der Gesellschaft und im Wirtschaftssystem etabliert und die Einsparungen dadurch sowohl das Wirtschaftswachstum als auch das Bevölkerungswachstum kompensieren. Das heißt, das Energieangebot ( $\hat{=}$  Potenzial) der brennbaren Abfälle bleibt mit 3,4 TWh konstant. Dieser Energieträger steht in den Szenarien vor allem dem Sektor *Steine und Erden, Glas* und insbesondere der Zementindustrie zur Verfügung. Es wurde angenommen, dass die Erzeugung dem Bedarfsprofil folgt. Somit entstehen keine Unterdeckungen für diesen Energieträger. Dies bedingt allerdings ausreichend Speichermöglichkeiten bzw. eine entsprechende Beschaffungslogistik, um den Bedarf jederzeit decken zu können.

Das Potenzial ergibt laut aktuellem Energieeinsatz in der Industrie gemäß Statistik Austria 3,4 TWh [7]. Die Bandbreite der Nachfrage erstreckt sich in den Szenarien von 2,1 bis 3,1 TWh (Abbildung 42). Das Basis-Szenario hat noch die höchste Nachfrage nach brennbaren Abfällen. Durch verstärkte Effizienzmaßnahmen und Substitution durch forcierten Einsatz von HT-WP nimmt die Nachfrage im Effizienz- und Umbruch-Szenario weiter ab. Es ergibt sich ein Restpotenzial zwischen 0,3 bis 1,3 TWh, welches in anderen Sektoren eingesetzt werden. Es könnten aber auch andere Energieträger, die die Industrie nachfragt, ersetzt werden.

### Brennbare Abfälle (Potenzial, Bedarf, Deckung)

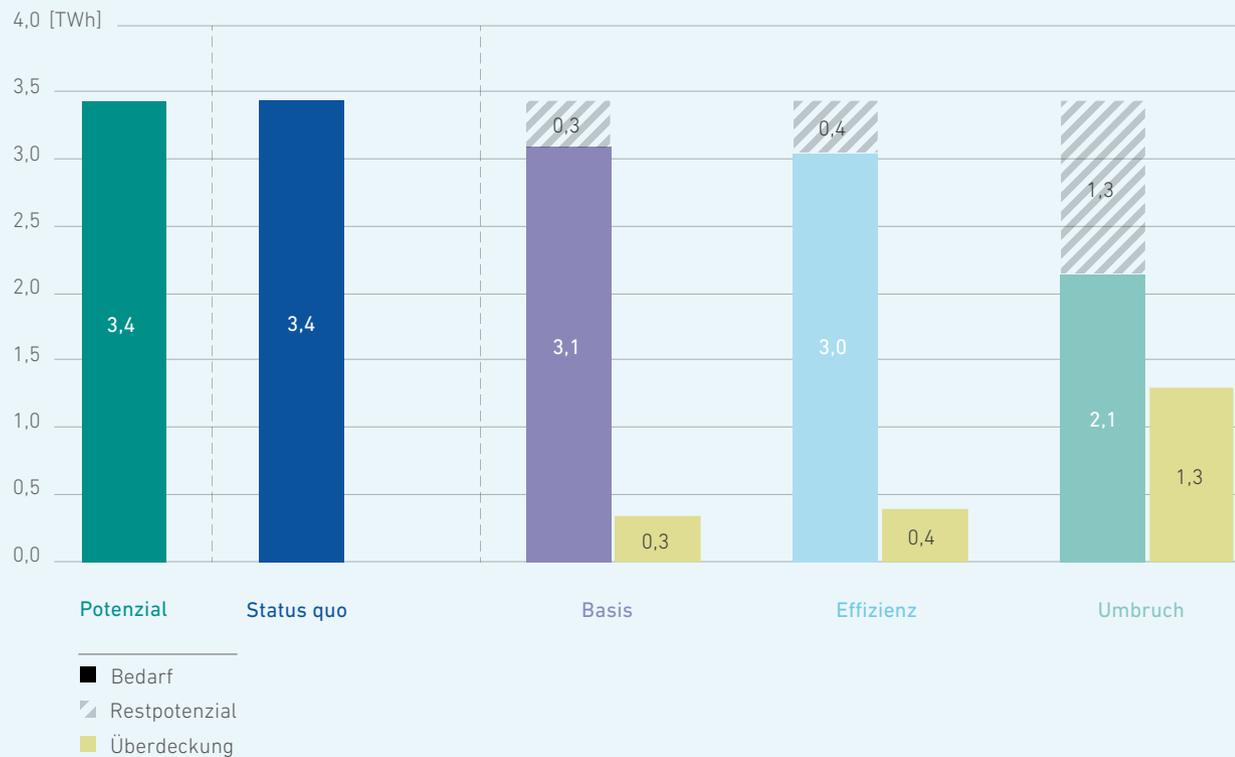


Abbildung 42  
Brennbare Abfälle – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

Auftretende Mindest- und Höchstlasten für brennbare Abfälle können durch das zugrunde gelegte Stromlastprofil getätigt werden. Die Mindestlast für Österreich liegt bei 144 MW und die Höchstlast bei 733 MW im Status quo (Abbildung 43). Proportional zu den sinkenden Energiebedarfen in den einzelnen Szenarien nehmen auch die entsprechenden Mindest- und Höchstlasten ab. Die meiste Nachfrage nach brennbaren Abfällen gibt es in Oberösterreich.



Abbildung 43  
Brennbare Abfälle – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

#### 7.3.4 Fernwärme

Es wird angenommen, dass Fernwärme komplett aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt wird und die zur Verfügung stehende Energiemenge konstant bleibt. Eine Auswertung nach Einsatzgebieten ergab, dass ca. jeweils ein Drittel für Raumheizungen und Klimaanlage, Dampferzeugung und Industrieöfen verwendet wird. Daher wurde der Fernwärme ebenfalls das Stromlastprofil hinterlegt, da angenommen wurde, dass dieses das Produktionsprofil der Industrie am ehesten abbildet. Der wichtigste Nachfrager nach Fernwärme ist der Sektor *Holzverarbeitung*. Es wurde angenommen, dass die Erzeugung dem Bedarfsprofil folgt. Somit entstehen keine Unterdeckungen für diesen Energieträger. Dies bedingt allerdings ausreichend Speichermöglichkeiten bzw. entsprechende Netzkapazitäten, um den Bedarf jederzeit decken zu können.

Das Potenzial wird laut aktuellem Energieeinsatz in der Industrie gemäß Statistik Austria mit 3,2 TWh angenommen [7]. Die Bandbreite der Nachfrage erstreckt sich in den Szenarien von 2,3 bis 3,2 TWh (Abbildung 44). Das Basis-Szenario hat den höchsten Fernwärmebedarf. Durch Effizienzmaßnahmen und Substitution durch den verstärkten Einsatz von HT-WP nimmt die Nachfrage im Effizienz- und Umbruch-Szenario weiter ab. Durch Effizienzmaßnahmen und Umstellungen der Energieträger reduziert sich die Nachfrage nach Fernwärme im Effizienz- und Umbruch-Szenario. Es ergibt sich ein Restpotenzial zwischen 0,4 bis 1,0 TWh, welches in den Sektoren *Haushalte* und *Dienstleistungen* eingesetzt werden könnte. Es könnten aber auch andere thermische Energieträger in der Industrie ersetzt werden.

### Fernwärme (Potenzial, Bedarf, Deckung)

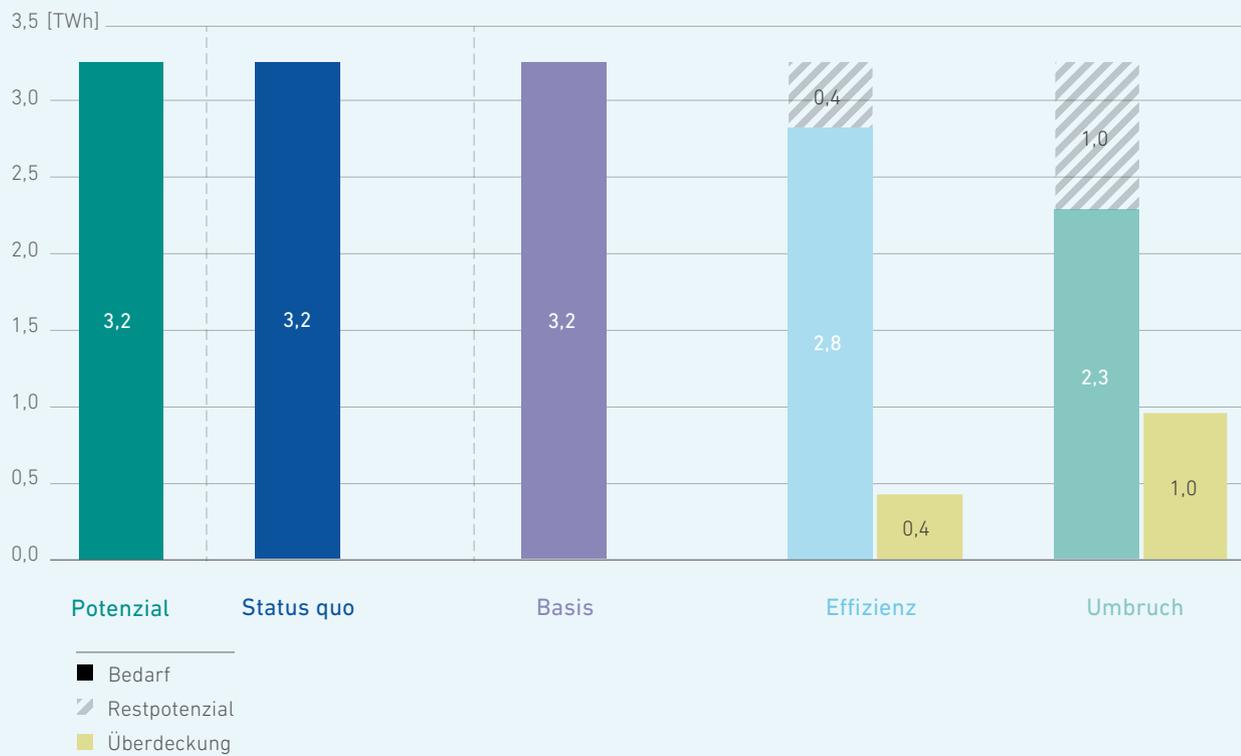


Abbildung 44  
Fernwärme – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

Auftretende Mindest- und Höchstlasten werden durch das hinterlegte Stromlastprofil ermittelt. Im Status quo beträgt die Mindestlast für Fernwärme der österreichischen Industrie 144 MW und die Höchstlast 733 MW (Abbildung 45). Zu den sinkenden Energiebedarfen nehmen auch die entsprechenden Mindest- und Höchstlasten in den einzelnen Szenarien verhältnismäßig ab. Die größte Fernwärmefachfrage gibt es in Niederösterreich.



Abbildung 45  
Fernwärme – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

### 7.3.5 Umgebungswärme etc.

*Umgebungswärme etc.* ist ein Sammelbegriff für thermische Energie, die durch Technologien wie Solarthermie, Geothermie, Abwärme etc. gedeckt werden kann. Dieser Kategorie wurde ebenfalls das Stromlastprofil hinterlegt, da angenommen wurde, dass die Nachfrage dem Produktionsprofil der Industrie folgt. Aktuell spielt Umgebungswärme in der Energiestatistik noch eine untergeordnete Rolle und wies im Jahr 2017 nur 64 GWh auf. Davon wurden 46 GWh im Sektor *Maschinenbau* verwendet. Es wurde angenommen, dass die Erzeugung dem Bedarfsprofil folgt. Somit entstehen keine Unterdeckungen für diesen Energieträger. Dies bedingt allerdings ausreichend Speichermöglichkeiten bzw. entsprechende Erschließungsmöglichkeiten, um den Bedarf jederzeit decken zu können.

Die Potenzialerhebung ergab, dass für Österreich 46 TWh an Umgebungswärme zur Verfügung stehen. Die Bandbreite der Nachfrage erstreckt sich in den Szenarien von 5,5 bis 17,3 TWh (Abbildung 46). Während im Basis-Szenario der Energieträger kaum aufscheint, wird er in den einzelnen Szenarien immer wichtiger. Dies ist dem intensiven Einsatz von Wärmepumpen im Nieder- als auch Hochtemperaturbereich geschuldet. Dieser Energieträger hat mit Abstand die höchsten Steigerungsraten. Das Potenzial an Umgebungswärme reicht in allen Szenarien aus, um den Bedarf zu decken. Das Restpotenzial liegt bei 28,7 bis 40,5 TWh.

Umgebungswärme etc.  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)

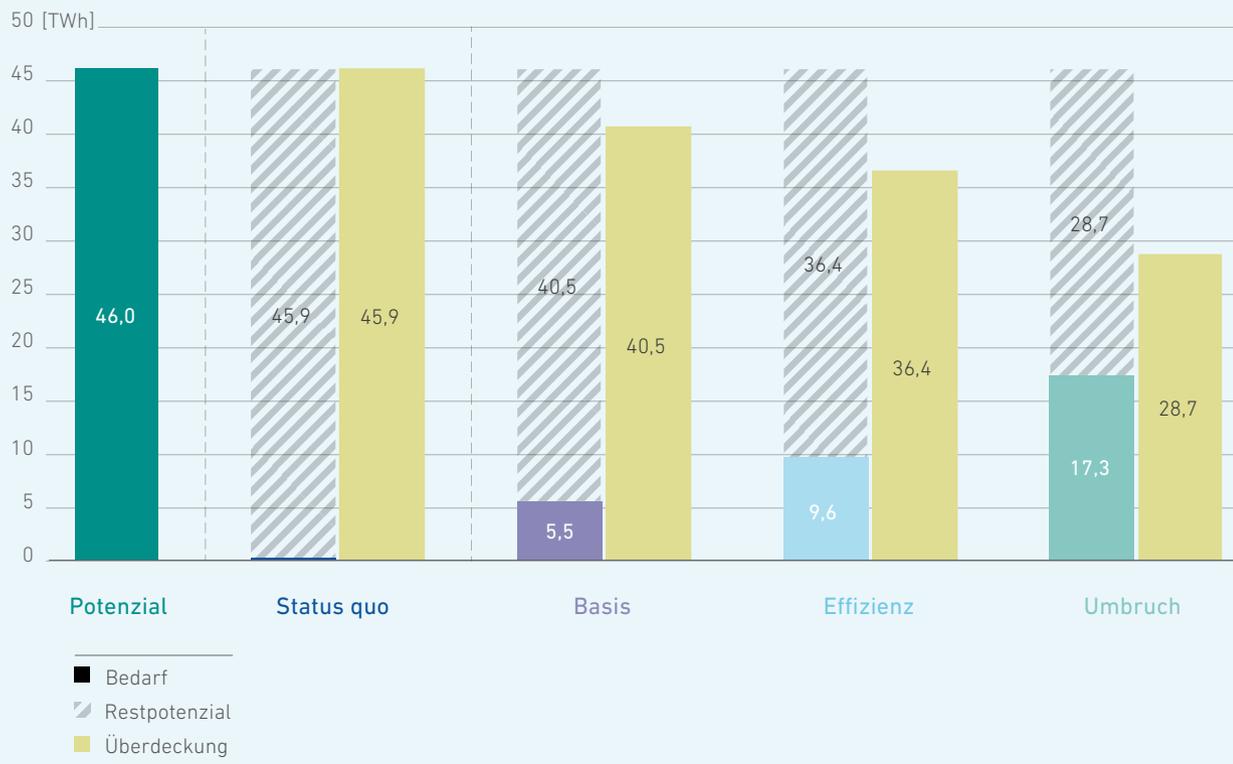


Abbildung 46  
Umgebungswärme etc. – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

Das zugrunde liegende Stromlastprofil gibt Aufschluss über auftretende Mindest- und Höchstlasten. Im Status quo ist der Energieträger kaum wahrnehmbar (Abbildung 47). Der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen lässt die Umgebungswärme in einem stärkeren Verhältnis zur elektrischen Energie, bedingt durch die zugrunde gelegten COPs, steigen. So liegt im Umbruch-Szenario die Umgebungswärme fast gleichauf mit den biogenen Brenn- und Treibstoffen. Die größte Nachfrage gibt es in Oberösterreich, gefolgt von Niederösterreich und der Steiermark.

Umgebungswärme etc.  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)

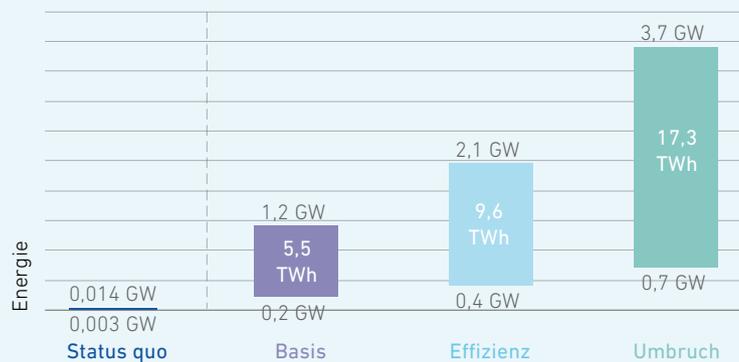


Abbildung 47  
Umgebungswärme etc. – Leistungsangaben  
(Min/Max) und Endenergiebedarf je  
Szenario in stündlicher Auflösung (das  
Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)

## 8.0 Bedeutung für die Energieinfrastruktur

Anhand der zuvor beschriebenen Ergebnisse wurde das Tool „IndustRiES“ entwickelt, mit welchem die Anforderungen an die Energieinfrastruktur, bedingt durch die Umstellung der österreichischen Industrie auf eine erneuerbare Energieversorgung, untersucht werden können. Dazu wurden den Szenarienergebnissen entsprechende Erzeugungs- und Lastprofile gegenübergestellt. Damit kann nachvollzogen werden, wann welcher Energieträger in welchen Mengen benötigt wird. Die räumliche Auflösung ist durch die zur Verfügung stehende Datenbasis auf Bundeslandebene definiert.

Durch die interaktive Darstellungsmöglichkeit der Ergebnisse können Abschätzungen getätigt werden, welche Infrastruktur (Erzeugung, Netz, Speicher) für eine erneuerbare Energieversorgung notwendig wäre. Daraus können Handlungsempfehlungen (was wird wo benötigt) 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 zahlreichen Funktionalitäten im Tool erlauben es, weitere individuelle und tieferegehende Analysen durchzuführen.

### 8.1 Identifizierung und Analyse der Anforderungen an die Energieinfrastruktur (Tool „IndustRiES“)

Die umfassenden Analysen und detaillierten Betrachtungen für neun Bundesländer, 13 industrielle Sektoren, sechs Nutzenergiekategorien und zehn Energieträger für drei Szenarien und den Status quo sowie die Berücksichtigung der Energieerzeugung auf Stundenbasis brachten Ergebnisse hervor, die knapp fünf Millionen Datensätze enthalten. Um diese Datenmengen auswerten zu können, wurde das Tool „IndustRiES“ entwickelt. Dieses Tool ermöglicht tieferegehende Analysen (z. B. wann fällt wo

welcher Bedarf an) und bedient sich einer grafischen Oberfläche, um je nach Szenario verschiedenste Energieträger auf Bundeslandebene pro Stunde anzuzeigen. Die Visualisierung des Tools ist in Abbildung 58 dargestellt, dessen Funktionalitäten werden im Folgenden erläutert.

#### Auswahl der Szenarien

In der linken unteren Ecke des Tools ist es möglich, zwischen den drei Szenarien und dem Status quo auszuwählen (Abbildung 48). Das ausgewählte Szenario wird zusätzlich links oben angezeigt (Abbildung 49).



Abbildung 48  
Auswahlmöglichkeit  
der Szenarien

Abbildung 49  
Das ausgewählte Szenario  
wird links oben angezeigt

#### Auswahl der Energieträger

Neben der Szenarienauswahl befindet sich eine Box, in der einzelne Energieträger ausgewählt werden können. Die Auswahlbox umfasst insgesamt elf Kategorien (Abbildung 50). Es kann der Gesamtenergiebedarf ausgewählt bzw. nach zehn einzelnen Energieträgern – gemäß den Zuordnungen, die im Rahmen der Studie verwendet wurden – selektiert werden. Zu beachten ist, dass nur im Status quo zu jedem Energieträger Werte hinterlegt sind. Durch die Umstellung auf erneuerbare Energieträger bleiben in den Szenarien *Basis* und *Effizienz* neben den erneuerbaren nur noch die fossilen Energieträger Gichtgas & Kokereigas sowie Kohle & Koks über. Im Umbruch-Szenario bleiben nur noch die fünf erneuerba-

ren Energieträgerkategorien *Biogene Brenn- und Treibstoffe*, *Brennbare Abfälle*, *Elektrische Energie*, *Fernwärme* sowie *Umgebungswärme etc.* über. Der ausgewählte Energieträger wird ebenso links oben angezeigt (Abbildung 51).



Abbildung 50  
Auswahlmöglichkeit  
des Energieträgers

Energieträger: Gesamt

Abbildung 51  
Der ausgewählte Energieträger  
wird links oben angezeigt

### Stündliche Auflösung

Durch die hinterlegten Lastprofile ist es möglich, Aussagen auf Stundenbasis zu tätigen. Dazu wurde im Tool ein Schieberegler platziert, mit dem der Betrachtungszeitpunkt über ein Jahr ausgewählt werden kann (Abb. 52). Durch Klicken auf die Pfeiltasten ändert sich der Zeitpunkt um eine Stunde. Klicken auf die Bildlaufleiste bewirkt eine Tagesänderung. Alternativ kann auch der Balken beliebig mit der Maus bewegt werden. Der ausgewählte Zeitpunkt wird darüber angezeigt.

Im konkreten Fall werden die Daten für Donnerstag, den 3 August um 11:00 dargestellt:



Abbildung 52  
Schieberegler mit Auswahl des Zeitpunktes

### Räumliche Auflösung

Die vorhandene Datengrundlagen erlaubt eine Visualisierung auf Bundeslandebene. In Abbildung 53 ist der Gesamtendenergieverbrauch der österreichischen Industrie im Umbruch-Szenario am Do, 03.08 um 11:00 visualisiert (siehe getroffene Auswahl in den Abbildungen zuvor). Die Daten werden pro Bundesland sowie für ganz Österreich (die Summe ist in der Fahne ersichtlich) in MW angezeigt. Die Tiefe der Färbung spiegelt den jeweiligen Anteil von Österreich wider. Die Skalierung dazu wird durch den Balken rechts oben visualisiert. Dieser zeigt ebenso die minimal und maximal auftretenden Werte an.

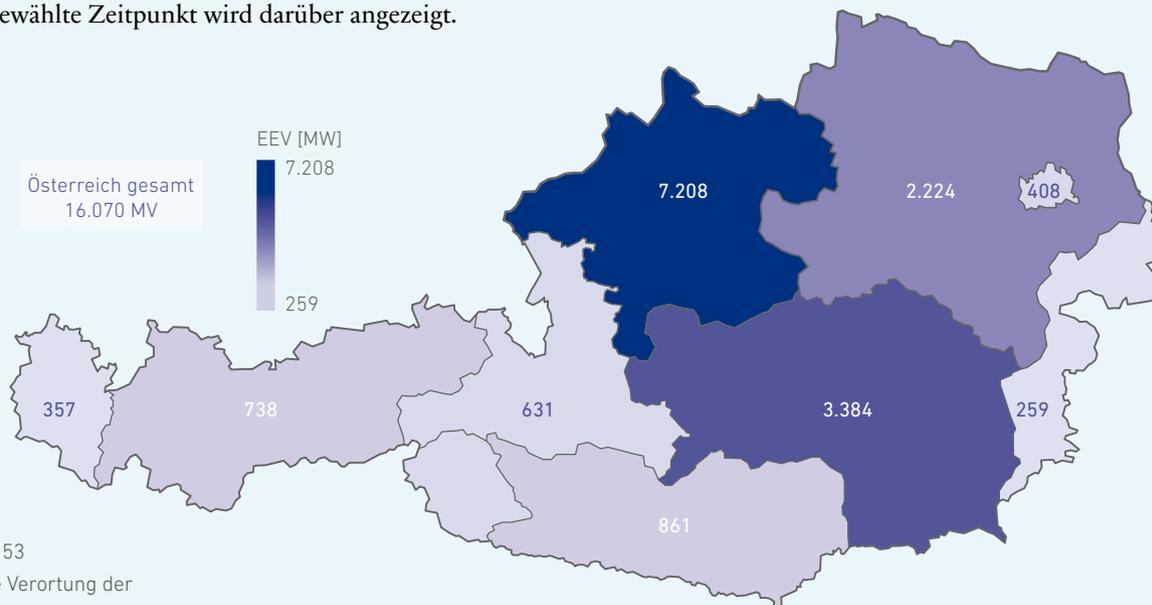


Abbildung 53  
Räumliche Verortung der  
ausgewählten Datengrundlage für eine ausgewählte Stunde

### Aufteilung nach Bundesländern

Im Tool wird die Aufteilung des aktuell ausgewählten Energieträgers nach Szenario und ausgewähltem Zeitpunkt nach Bundesländern als Kreisring dargestellt (Abbildung 54) und entspricht der Färbung in Abbildung 53. Es ist zu erkennen, dass mit den aktuell

ausgewählten Werten der Anteil am EEV in Oberösterreich mit 44% am höchsten ist. Im Kreisring wird die jeweilige Jahresbilanz des gesamten EEV (statisch) angezeigt und ist vom gewählten Szenario abhängig.

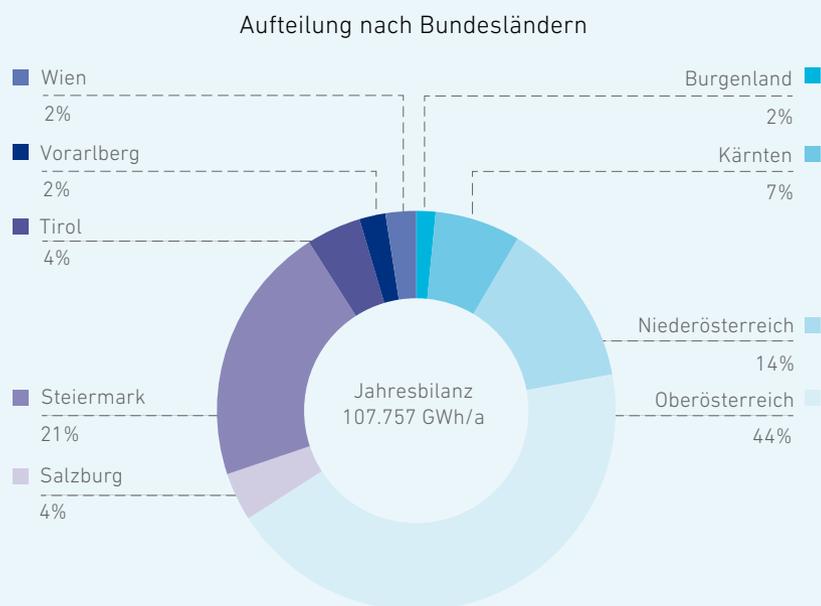


Abbildung 54  
Aufteilung des gewählten Endenergieverbrauchs nach Bundesländern sowie Anzeige des gesamten Endenergieverbrauchs auf Jahresbilanz (hier ist das Umbruch-Szenario dargestellt)

### Jahresbilanz nach Energieträgern

Neben dem Kreisring erfolgt eine Anzeige der Jahresbilanz anhand der fünf erneuerbaren Energieträger. Die Werte ändern sich je nach gewähltem Szenario.

#### Jahresbilanz nach Energieträgern [TWh]

Biogene Brenn- und Treibstoffe: 17,7  
Brennbare Abfälle: 2,1  
Elektrische Energie: 68,3  
Fernwärme: 2,3  
Umgebungswärme etc.: 17,3

Abbildung 55  
Anzeige der Jahresbilanz nach Energieträgern und Szenario (hier ist das Umbruch-Szenario dargestellt)

### Betrachtungsjahr

Die aktuellste Datengrundlage der Nutzenergieanalyse der Statistik Austria ist aus dem Jahr 2017. Daher beziehen sich sämtliche Angaben sowohl im Status quo als auch in den einzelnen Szenarien auf 2017 als Betrachtungsjahr (Abbildung 56). Um flexibler in der Anwendung zu sein und auch Aussagen über zukünftige Entwicklungen zu tätigen, ist es möglich, das Betrachtungsjahr z. B. auf 2050 zu ändern. Damit Änderungen erkennbar werden, muss auch eine jährliche Steigerungsrate des Endenergieverbrauchs mitangegeben werden. Das ausgewählte Betrachtungsjahr wird über der Szenarien-Auswahlbox angezeigt.

Betrachtungsjahr: 2017

Abbildung 56

Anzeige des gewählten Betrachtungsjahres

### Steigerungsrate des Endenergieverbrauchs (EEV)

Die Eingabe einer Steigerungsrate des Endenergieverbrauchs dient dazu, die Wirtschaftskonjunktur der österreichischen abzubilden (Abbildung 57). Es wird angenommen, dass die Energieintensität (Energieverbrauch zu Wirtschaftsleistung) konstant bleibt. Das heißt, einzugeben ist das angenommene Wirtschaftswachstum in Prozent pro Jahr. Die Änderungsrate errechnet sich über diesen Wert und das Betrachtungsjahr zu einem Energieänderungsfaktor, der wiederum Einfluss auf die Berechnungen und somit auf die dargestellten Ergebnisse hat.

Steigerungsrate (EEV): 0 %/a = 0 %

Abbildung 57

Anzeige der gewählten Steigerungsrate für den Endenergieverbrauch in Prozent pro Jahr sowie absolut

### Anteil am gesamten Strompotenzial, das für die Industrie zur Verfügung steht

Als weiteres Feature ist ein Auswahlfeld hinterlegt, mit dem ausgewählt werden kann, wie viel vom Potenzial an elektrischer Energie für die Industrie verwendet wird. Einzugeben sind Prozent vom Gesamtpotenzial pro Bundesland für vier Energieträger. 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 z. B. die Industrie nur 50% des Gesamtpotenzials bekommt und der Rest auf die übrigen Sektoren aufgeteilt wird. Im Umkehrschluss kann auf Bundeslandebene ermittelt werden, wie viel von welchem Energieträger notwendig ist, um den entsprechenden elektrischen Energiebedarf in Abhängigkeit des Szenarios vollständig zu decken. Dieses Feature steht nur für den elektrischen Energiebedarf zur Verfügung, da entsprechende Erzeugungsprofile hinterlegt sind.

BUNDESLAND	Anteil genutztes Strompotenzial für die Industrie [%]			
	Wasserkraft	Windkraft	Photovoltaik	Biogene
Burgenland	100 %	100 %	100 %	100 %
Kärnten	100 %	100 %	100 %	100 %
Niederösterreich	100 %	100 %	100 %	100 %
Oberösterreich	100 %	100 %	100 %	100 %
Salzburg	100 %	100 %	100 %	100 %
Steiermark	100 %	100 %	100 %	100 %
Tirol	100 %	100 %	100 %	100 %
Vorarlberg	100 %	100 %	100 %	100 %
Wien	100 %	100 %	100 %	100 %
Österreich	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabelle 24

Auswahlfeld für den Anteil am gesamten Strompotenzial, das für die Industrie zur Verfügung steht

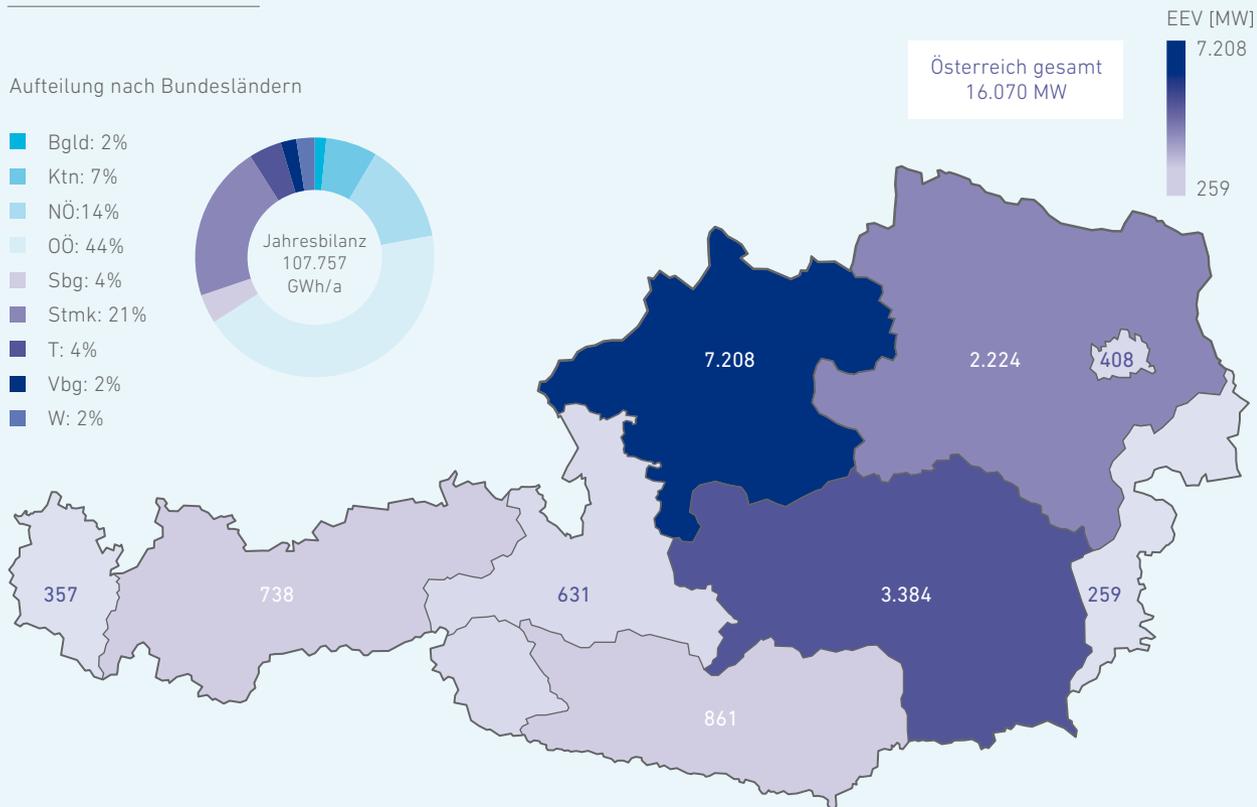
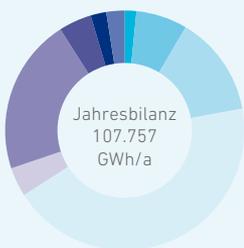
### Energieverbrauch (EEV) der österreichischen Industrie nach Bundesländern

 Szenario: Umbruch

 Energieträger: Gesamt

Aufteilung nach Bundesländern

- Bgld: 2%
- Ktn: 7%
- NÖ: 14%
- OÖ: 44%
- Sbg: 4%
- Stmk: 21%
- T: 4%
- Vbg: 2%
- W: 2%



#### Jahresbilanz nach Energieträgern [TWh]

Biogene Brenn- und Treibstoffe: 17,7  
 Brennbare Abfälle: 2,1  
 Elektrische Energie: 68,3  
 Fernwärme: 2,3  
 Umgebungswärme etc.: 17,3

Szenario		Energieträger	
Status quo	<input type="checkbox"/>	Gesamt	<input checked="" type="checkbox"/>
Basis	<input type="checkbox"/>	Biogene Brenn- und Treibstoffe	<input type="checkbox"/>
Effizienz	<input type="checkbox"/>	Brennbare Abfälle	<input type="checkbox"/>
Umbruch	<input checked="" type="checkbox"/>	Elektrische Energie	<input type="checkbox"/>

Zeitpunkt: Do, 03.08 11:00

Betrachtungsjahr: 2017  
 Steigerungsrate (EEV): 0 %/a  $\hat{=}$  0 %

Abbildung 58

## 9.0 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

---

### 9.1 Conclusio

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 durchgeführte Auswertung basiert auf statistischen Daten über den österreichischen Industriesektor, die nach Industriesparten, eingesetzten Energieträgern und Nutzungskategorien in der Granularität der Bundesländerstruktur analysiert wurden. Zusätzlich flossen Studien sowie Inputs von Unternehmen und Branchenvertretern, insbesondere bei der Analyse von Industrie-Prozessen, in die Untersuchung ein. Der Endenergiebedarf der österreichischen Industrie betrug im Jahr 2017 94 TWh. Anhand der drei definierten Szenarien „Basis“, „Effizienz“ und „Umbruch“ werden mögliche Wege aufgezeigt, wie die Industrie mit erneuerbaren Energieträgern versorgt werden kann. Die Ergebnisse zeigen eine Bandbreite des Endenergieverbrauchs von 82 TWh (Effizienz) bis 108 TWh (Umbruch) auf. 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 (unter Einbeziehung der Sektoren *Verkehr, öffentliche und private Dienstleistungen, private Haushalte und Landwirtschaft*) 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.

Die Elektrifizierung des Energiesystems durch sukzessive Substitution vornehmlich fossiler Energieträger in den Bereichen Industrie, Wärme/Kälte, Verkehr auf Basis erneuerbaren Stroms wird bei der Dekarbonisierung eine Schlüsselrolle spielen. Dies spiegelt sich auch in den Studienergebnissen wider. Die Szenarien zeigen, dass elektrische Energie der bedeutendste Energieträger ist, um die österreichische Industrie mit erneuerbarer Energie zu versorgen. Die Szenarienergebnisse weisen eine Bandbreite des elektrischen Energiebedarfs zwischen 32 TWh (Effizienz) und 68 TWh (Umbruch) auf. Damit steigt im Umbruch-Szenario die Stromnachfrage der Industrie um mehr als das Doppelte gegenüber dem Status quo (30 TWh).

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. D.h. dieser Bedarf kann nicht direkt mit den vorhandenen Erneuerbaren-Potenzialen gedeckt werden. Des Weiteren 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 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 Gesamt-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) auf 37,2 TWh (Umbruch) an. Die ermittelte Höchstlast steigt um das Vierfache von 1.934 MW 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.

## 9.2 Energiepolitische Handlungsempfehlungen

### **Verstärkter und unverzügter Ausbau an erneuerbaren Energien und integrierten europäischen Energieinfrastrukturen**

Die Studienergebnisse zeigen, dass bei der Ausschöpfung aller verfügbaren Potenziale für erneuerbare Energien 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 unverzüglich auszubauen. Zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und im Sinne eines gesamtwirtschaftlichen Optimums sind Erhaltung und Ausbau von integrierten, europaweit vernetzten Energieinfrastrukturen notwendig. In diesem Zusammenhang ist es essentiell, die Übertragungsinfrastrukturen entsprechend den europäischen Netzentwicklungsplänen auszubauen, um die Versorgungssicherheit sicherstellen zu können. Ebenso ist basierend auf dem steigenden Bedarf an energetischer Flexibilität in entsprechende Flexibilitätsoptionen (Speicher, Power to Gas, regelbare Kraftwerke etc.) zu investieren. Notwendig dafür sind Verfahrensbeschleunigungen zur fristgerechten Umsetzung von Erzeugungs- und Leitungsbauprojekten.

### **Erfassung neuer Kopplungsstellen zwischen den Energiesektoren**

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. Aufgrund der großen Bandbreite der eingesetzten Prozesse ergeben sich auch neue Schnittstellen und Synergien zwischen Strom, Gas und Wärme/Kälte. Im Sinn der Effizienz und Brennstoffausnutzung ist es sinnvoll, die unterschiedlichen Energiedomänen miteinander zu vernetzen und gemeinsame Pläne zu entwickeln, die sowohl die jeweiligen Erzeuger als auch Verbraucherstrukturen erfassen. Stärkere Verkopplung der Energiesektoren ermöglicht eine effizientere Aufbringung des zur Kompensation fluktuierender Erzeugung notwendigen Flexibilitäts- und Speicherbedarfs.

### **Erfassung der örtlichen und zeitlichen Verteilung potenzieller Erneuerbaren-Energien-Einspeisung**

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). D.h. langfristig bedarf es eines verstärkten Infrastrukturausbaus in den Regionen dieser „Verbrauch-Hotspots“, um der Industrie eine vollständige Versorgung durch erneuerbare Energien zu ermöglichen. Zusätzlich müssen regionale Netzausbauten zum Anschluss neuer Windparks, Lauf- und (Pump-)Speicherkraftwerke sowie die Verstärkung der Netzanbindungen an das benachbarte Ausland erfolgen. Aus Sicht der gesamten Energieinfrastruktur ist es erforderlich, Erzeugung und Verbrauch geografisch als auch zeitlich so hoch wie möglich aufzulösen. Dazu muss aber auch die statistische Datengrundlage hochaufgelöst vorliegen.

### 9.3 FT-politische Handlungsempfehlungen

#### **Technologieentwicklung: Erhöhung der Energieeffizienz in der Industrie**

Die Industrie ist für rund ein Drittel des Endenergieverbrauchs in Österreich verantwortlich. Neben einem massiven Ausbau an erneuerbaren Energien bedarf es auch Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz. Die Analysen der einzelnen Sektoren haben gezeigt, dass Optimierungspotenzial in Industrieprozessen vorhanden und sektorspezifisch unterschiedlich hoch ist. Beispielsweise kann ungenutzte Abwärme in anderen Prozessen verwendet bzw. zwischengespeichert oder in Wärmenetze ausgekoppelt werden. Basistechnologien zur Erhöhung der Energieeffizienz (z. B. über Abwärmennutzung) sind Hochtemperaturwärmepumpen und thermische Speicher. Wasserstoff kann im zukünftigen industriellen Energiesystem einerseits als Energieträger für hochexergetische Prozesse eingesetzt werden und ist andererseits Basis der stofflichen Dekarbonisierung von Produktionsprozessen (z. B. in der Stahlindustrie). Österreich ist im Bereich Entwicklung und Systemintegration derartiger Systeme gut positioniert. Es ist daher anzustreben, Österreich als Frontrunner in diesen Technologien am Weltmarkt zu positionieren und entsprechende Forschungs- und Innovationsvorhaben zu fördern (siehe auch „Leuchtturm 9, Energieforschungsinitiative 1 – Bausteine für die Energiesysteme der Zukunft“ der #mission2030).

#### **Großflächige Demonstratoren: Validierung von Technologien und Systemlösungen**

Die Transformation des industriellen Energiesystems erfordert die Entwicklung von neuen Basistechnologien (Leistungselektronik, Wärmepumpen, Speicher, Automatisierungstechnik etc.) sowie die Umsetzung neuer Systemlösungen (Planungs- und Betriebsoptimierung von Prozessen, Beteiligung an Energiemärkten, lokale Energiegemeinschaften etc.). Um die Komplexität dieses Transformationsprozesses beherrschen zu können und die Barriere zwischen Lab-scale und Rollout überbrücken zu

können, werden großflächige Demonstratoren (z. B. Vorzeigeregionen Energie) benötigt, die sowohl technologische als auch systemische Learnings ermöglichen und somit ein Umsetzungsrisiko für die Industrie wesentlich mindern. Darüber hinaus schaffen großflächige Demonstratoren internationale Sichtbarkeit für österreichische Technologien und Produkte (siehe auch „Leuchtturm 10, Energieforschungsinitiative 2 – Programm Mission Innovation Austria“ der #mission2030).

#### **Grundlagen: Erweiterung der statistischen Datengrundlage und Einführung eines Potenzialkatasters für erneuerbare Energien und Abwärme**

Zu den Herausforderungen bei der Erschließung von Abwärme-Potenzialen zählen neben rechtlichen Rahmenbedingungen die Identifikation und Bewertung von Abwärmepotenzialen, der zeitliche Versatz zwischen Erzeugung und Verbrauch und die Nutzbarmachung von verunreinigten Abwärmeströmen. In Zukunft sind auf diesem Gebiet weitere Umsetzungs- und Forschungsanstrengungen notwendig, um das Potenzial von industrieller Abwärme optimal zu nutzen. Eine Empfehlung lautet, einen detaillierten Abwärme-Kataster für ganz Österreich, inkl. Berücksichtigung von verschiedenen industriellen Sektoren und Temperaturniveaus sowie Abwärmeprofilen zu erstellen und diesen durch entsprechende Maßnahmen aktuell zu halten. 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).

### **Modellierung: Szenarien und Rahmenbedingungen für eine integrierte Energieinfrastrukturentwicklung**

In der vorliegenden Studie wurden Potenziale und Szenarien zur 100-%-Versorgung der österreichischen Industrie durch erneuerbare Energien entwickelt sowie die in diesem Zusammenhang stehenden Auswirkungen und Anforderungen auf die Energieinfrastrukturen untersucht. 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 erfassen. Die notwendigen Untersuchungen inkludieren die Klärung, welche Energieträger für welche Anwendungen zum Einsatz kommen und in welcher Form die zu importierende Deckungslücke an Energie aufgebracht werden kann.

## Literaturverzeichnis

---

[1]	bmnt & bmvt, „#mission2030,“ Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2018.
[2]	D. Heilmann, J. Kleibrink und C. Zoglauer, „Zukunftsszenarien der energieintensiven Industrien in Deutschland und Österreich“, Handelsblatt Research Institute, Düsseldorf, 2015.
[3]	WKO, „Österreichs Industrie – Kennzahlen 2018“, Wirtschaftskammer Österreich – Bundessparte Industrie (BSI), Wien, 2018.
[4]	WKO, „Wertschöpfung nach Sektoren – Europa Stand 2017“, Wirtschaftskammer Österreich, Wien, 2018.
[5]	bmnt, „Energie in Österreich 2018 – Zahlen, Daten, Fakten“, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien, 2018.
[6]	WKO Statistik, „Entstehung des nominellen BIP (BIP zu laufenden Preisen)“, Wirtschaftskammer Österreich, Wien, 2018.
[7]	STATISTIK AUSTRIA, „Energiebilanzen“, STATISTIK AUSTRIA – Bundesanstalt Statistik Österreich, 2019 [Online]. Available: <a href="https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html">https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html</a> [Zugriff am 21. Jänner 2019].
[8]	Eurostat, „Energiebilanzen“, Europäische Union, [Online]. Available: <a href="https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances">https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances</a> [Zugriff am 04. März 2019].
[9]	Umweltbundesamt GmbH, „Treibhausgase“, [Online]. Available: <a href="http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/treibhausgase/">http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/treibhausgase/</a> [Zugriff am 05. März 2019].
[10]	UBA, „Klimaschutzbericht 2018,“ Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2018.
[11]	STATISTIK AUSTRIA, „Nutzenergieanalyse“, STATISTIK AUSTRIA – Bundesanstalt Statistik Österreich, 2018 [Online]. Available: <a href="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</a> [Zugriff am 21. Jänner 2019].
[12]	bmwfw, „Energiestatus 2016“, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Wien, 2016.
[13]	E-Control, „Betriebsstatistik“, Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft, August 2018 [Online]. Available: <a href="https://www.e-control.at/statistik/strom/bestandsstatistik">https://www.e-control.at/statistik/strom/bestandsstatistik</a> [Zugriff am 29. Jänner 2019].
[14]	M. Baumann, L. Egger, A. Holzmann, G. Kalt und G. Pauritsch, „Energieszenario für Österreich – Entwicklung von Energienachfrage und Energieaufbringung bis 2030“, AEA Austrian Energy Agency, Wien, 2016.
[15]	T. Krutzler, A. Zechmeister, G. Stranner, H. Wiesenberger, T. Gallauer, M. Gössl, C. Heller, H. Heinfellner, N. Ibesich, G. Lichtblau, W. Schieder, J. Schneider, I. Schindler, A. Storch und R. Winter, „Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050“, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2017.
[16]	A. Veigl, „Energie- und Klimazukunft Österreich – Szenario für 2030 und 2050“, WWF Österreich, Wien, 2017.
[17]	S. Moser, S. Goers, K. de Bruyn, H. Steinmüller, R. Hofmann, S. Panuschka, T. Kienberger, C. Sejkora, M. Haider, A. Werner, C. Brunner, J. Fluch und A. Grubbauer, „Renewables4Industry - Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren“, Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Linz, 2018.
[18]	R. Christian, R. Feichtinger, R. Christian, R. Bolz, A. Windsperger, M. Hummel, P. Weish und E. Pfnier, „Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich“, Umwelt Management Austria, St. Pölten, 2010.
[19]	W. Streicher, H. Schnitzer, M. Titz, F. Tatzber, R. Heimrath, I. Wetz, S. Hausberger, R. Haas, G. Kalt, A. Damm, K. Steininger und S. Oblasser, „Energieautarkie für Österreich 2050“, Universität Innsbruck – Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen, Innsbruck, 2010.
[20]	S. Moidl und H. Winkelmeier, „Neubewertung des Potenzials zur Nutzung der Windkraft in Österreich bis zum Jahr 2030“, IG Windkraft, St. Pölten, 2018.

[21]	M. Fuchs, „Wasserkraftpotenzialstudie Österreich – Aktualisierung 2018“, Pöyry Austria GmbH im Auftrag von Österreichs E-Wirtschaft, Wien, 2018.
[22]	J. Lindorfer, K. Fazeni, R. Tichler und H. Steinmüller, „Erhöhung des Einsatzes von erneuerbarem Methan im Wärmebereich“, Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Linz, 2017.
[23]	J. Goldbrunner und G. Goetzl, „Geothermal Energy Use – Country Update for Austria“, in European Geothermal Congress 2019, Den Haag, 2019.
[24]	Austrian Power Grid AG, „Erzeugung nach Typ“, [Online]. Available: <a href="https://www.apg.at/de/markt/Markttransparenz/erzeugung/Erzeugung%20pro%20Typ">https://www.apg.at/de/markt/Markttransparenz/erzeugung/Erzeugung%20pro%20Typ</a> [Zugriff am 12. Juni 2019].
[25]	R. Christian und R. Bolz, „Windkraft – Chancen für Österreich? Ökologische und ökonomische Aspekte der Nutzung des erneuerbaren Energieträgers Wind mit spezifischer Berücksichtigung der Verhältnisse im urbanen Raum“, Forum Wissenschaft & Umwelt, Wien, 2011.
[26]	PÖYRY, „Wasserkraftpotenzialstudie Österreich“, im Auftrag von VEÖ, BMWA, E-Control, Kleinwasserkraft Österreich und VÖEW, Wien, 2008.
[27]	Kompost & Biogas Verband Österreich, „Biomethan in Österreich“, 2016 [Online]. Available: <a href="https://www.kompost-biogas.info/biogas/biomethan/biomethan-in-oesterreich/">https://www.kompost-biogas.info/biogas/biomethan/biomethan-in-oesterreich/</a> [Zugriff am 25. Juli 2019].
[28]	Prognos, „Perspektiven der öffentlichen Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung (KWKK) in Österreich“, Berlin, 2014.
[29]	G. Wolf, „Branchenbericht Bauwirtschaft“, UniCredit Bank Austria AG, Wien, 2018.
[30]	STATISTIK AUSTRIA, „Leistungs- und Strukturstatistik 2017“, STATISTIK AUSTRIA – Bundesanstalt Statistik Österreich, 2019 [Online]. Available: <a href="http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/unternehmen_arbeitsstaetten/leistungs-_und_strukturdaten/index.html">http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/unternehmen_arbeitsstaetten/leistungs-_und_strukturdaten/index.html</a> [Zugriff am 08. April 2019].
[31]	Statista GmbH, „Statistiken zum Bauhauptgewerbe in Österreich“, Das Statistik-Portal [Online]. Available: <a href="https://de.statista.com/themen/2424/baugewerbe-in-oesterreich/">https://de.statista.com/themen/2424/baugewerbe-in-oesterreich/</a> [Zugriff am 08. April 2019].
[32]	Austria-export, „Bau und Infrastruktur“, Wohnnet Medien GmbH [Online]. Available: <a href="http://www.austria-export.biz/branchen/bau-infrastruktur-343523">http://www.austria-export.biz/branchen/bau-infrastruktur-343523</a> [Zugriff am 08. April 2019].
[33]	STRABAG SE, „Annual Report 2017“, STRABAG SE, Villach, 2018.
[34]	PORR AG – Corporate Social Responsibility, „Werthaltigkeitsbericht 2016/2017“, PORR AG, Wien, 2018.
[35]	WKO, „Bergwerke und Stahl“, 15. Mai 2019 [Online]. Available: <a href="https://www.wko.at/branchen/industrie/bergwerke-stahl/mitgliedsfirmen_bergbau.html">https://www.wko.at/branchen/industrie/bergwerke-stahl/mitgliedsfirmen_bergbau.html</a> .
[36]	OECD/IEA, „Renewable Energy for Industry. From green energy to green materials and fuels“, 2017.
[37]	A. Windsperger, M. Schick und B. Windsperger, „Perspektiven der Decarbonisierung für die chemische Industrie in Österreich“, Institut für industrielle Ökologie, St. Pölten, 2018.
[38]	A.M. Bazzanella und F. Ausfelder, „Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry“, DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt am Main, 2017.
[39]	„Chlor-alkali Industry Review 2017/2018“, Euro Chlor, 2018.
[40]	P. Pulm und H. Raupenstrauch, „Roadmap Industrie. F&E-Fahrplan: Energieeffizienz in der Eisen- und Stahlindustrie“, Wien: Institut für Thermoprozesstechnik, Montanuniversität Leoben, 2014.
[41]	J. Prammer, „European Forum Alpbach – voestalpine“, Alpbach, 2018.
[42]	T. Hettesheimer, „Technologiebericht 6.1 Energieeffiziente Prozesstechnologien“, in: Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2018.
[43]	„H2-Future-Projekt“, 11. Mai 2019 [Online]. Available: <a href="https://www.h2future-project.eu/technology">https://www.h2future-project.eu/technology</a> .
[44]	J. Prammer, „Energy in future steelmaking“, Brussels, 2018.
[45]	B. Kohl, „Energiebedarf H2-Herstellung – voestalpine Beitrag zum HyLaw Workshop“, Linz, 2018.

[46]	P. Dehning, Hrsg., „Steigerung der Energieeffizienz von Fabriken der Automobilproduktion“, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017.
[47]	M. Kropik, „Produktionsleitsysteme in der Automobilfertigung“, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
[48]	T. Naegler, S. Simon, M. Klein und H. C. Gils, „Quantification of the European industrial heat demand by branch and temperature level“, Int. J. Energy Res. 39 (15), pp. 2019–2030, 2015.
[49]	M. Schröter, U. Weißfloch und D. Buschak, „Energieeffizienz in der Produktion – Wunsch oder Wirklichkeit?“, 2009.
[50]	Bayrisches Landesamt für Umwelt (Hg.), „Klima schützen – Kosten senken. Energie sparen bei der Lackierung“, 2006.
[51]	Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie; BMWFJ; Fachverband Maschinen und Metallwaren Industrie (Hg.), „Kostensparen mit energieeffizienten Standmotoren“, 2009.
[52]	S. Wolf, U. Fahl, M. Blesl, A. Voß und R. Jakobs, „Analyse des Potenzials von Industrierwärmepumpen in Deutschland“, 2014.
[53]	Fachverband der Holzindustrie Österreichs, „Branchenbericht 2018/19“, Wien, 2019.
[54]	R. Rieberer, „IEA Heat Pump Programm Annex 35: Anwendungsmöglichkeiten für industrielle Wärmepumpen“, 2015.
[55]	C. Lauterbach, B. Schmitt und K. Vajen, „Das Potenzial solarer Prozesswärme in Deutschland“, 2011.
[56]	R. Büchele, R. Haas, M. Hartner, R. Hirner, M. Hummel, L. Kranzl, A. Müller, K. Ponweiser, M. Bons, K. Grave, E. Slingerland, Y. Deng und K. Blok, „Bewertung des Potenzials für den Einsatz der hocheffizienten KWK und effizienter Fernwärme- und Fernkälteversorgung“, TU Wien; Ecofys, Wien, 2015.
[57]	Bank Austria, „Branchenbericht Maschinenbau“, 2017.
[58]	WKO – Abteilung für Statistik, „Nahrungs- und Genussmittelindustrie (Lebensmittelindustrie): Branchendaten“, Wien, 2019.
[59]	C. Brunner, J. Fluch und B. Muster, „F&E-Fahrplan: Energieeffizienz in der Textil- und Lebensmittelindustrie: Diskussionspapier Lebensmittel- und Getränkeindustrie“, KLIEN, 2016.
[60]	R. Rieberer, G. Zotter, D. Hannl, H. Moser, O. Kotenko, A. Zottl, T. Fleckl und I. Malenkovic, „IEA Heat Pump Programme Annex 35: Anwendungsmöglichkeiten für industrielle Wärmepumpen“, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2015.
[61]	DryF, „DryFiciency“ [Online]. Available: <a href="http://dry-f.eu/">http://dry-f.eu/</a> [Zugriff am 31. Juli 2019].
[62]	AEE INTEC, „Efficiency Finder“, 12. Juli 2016 [Online]. Available: <a href="http://www.zero-emissions.at/index.php?title=Subsection_DA_food">http://www.zero-emissions.at/index.php?title=Subsection_DA_food</a> .
[63]	Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, „Nichteisenmetalle“, 16. Juli 2019 [Online]. Available: <a href="https://www.bmnt.gv.at/energie-bergbau/bergbau/mineralische-rohstoffe/Nichteisenmetalle--Erze-.html">https://www.bmnt.gv.at/energie-bergbau/bergbau/mineralische-rohstoffe/Nichteisenmetalle--Erze-.html</a> .
[64]	Austropapier, „Branchenbericht 2016/2017: Papier aus Österreich“, Wien, 2018.
[65]	El-JKU, „Renewables4Industry – Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren. Eine F&E-Dienstleistung für den Klima- und Energiefonds“, 2017.
[66]	Arbeitsgemeinschaft Branchenenergiekonzept Papier (Hg.), „Branchenenergiekonzept Papier“, Duisburg, 2008.
[67]	CEPI, „Two Team Project“, 2013.
[68]	M. Suhr, G. Klein, I. Kourti, M. R. Gonzalo, G. G. Santonja, S. Roudier und L. Delgado Sancho, „Best Available Techniques (BAT) reference document for the production of pulp, paper and board. Industrial emissions directive 2010/75/EU (integrated pollution prevention and control)“, Publications Office of the European Union (JRC science and policy reports, 27235), Luxembourg, 2015.
[69]	H. Berger und V. Hoenig, „Energieeffizienz der österreichischen Zementindustrie“, Wien, 2008.
[70]	F. Friembichler, S. Spaun, J. Steigenberger, F. Huber, U. Jus und C. Stuzka, „Zementerzeugung in Österreich“, Zement+Betton Handels- und Werbeges.m.b.H, Wien, 2012.
[71]	G. Mauschwitz, „Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie. Berichtsjahr 2017“, Wien, 2018.

[72]	P. Gerbert, P. Herhold, J. Burchardt, S. Schönberger, F. Rechenmacher, A. Kirchner, A. Kemmler und M. Wünsch, „Klimapfade für Deutschland“, BCG; prognos, 2018.
[73]	S. Lechtenböhrer, L. J. Nilsson, M. Åhman und C. Schneider, „Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification – Implications for future EU electricity demand“, Energy 115, pp. 1623–1631, 2016.
[74]	M. Juenger, F. Winnefeld, J. L. Provis und J. H. Ideker, „Advances in alternative cementitious binders“, Cement and Concrete Research 41 (12), p. 1232–1243, 2011.
[75]	C. Schneider und D. Schüwer, „Technologiebericht 6.4 Low-carbon und ressourceneffiziente Industrie innerhalb des Forschungsprojekts TF_„Energiewende“, in: Wuppertal Institut, ISI, IZES (Hg.), Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken, 2018.
[76]	European Commission (Hg.), Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry, 2007.
[77]	B. Walter und M. Tesar, „Porosierungsmittel in der österreichischen Ziegelindustrie. Herkunft und Einsatz“, Umweltbundesamt, Wien, 2009.
[78]	F. Reitze und E. Joche, „Verarbeitung von Steinen und Erden“, in: Energieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen industrieller Prozesstechnologien. Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente, Stuttgart, Fraunhofer-Verlag (ISI-Schriftenreihe „Innovationspotenziale“), 2013.
[79]	Fachverband Steine und Keramik (Hg.), „Geschäftsbericht“, 2018.
[80]	Fachverband der Glasindustrie (Hg.), „Jahresbericht 2017“, 2018.
[81]	European Commission Joint Research Centre (Hg.), Best available techniques (BAT) reference document for the manufacture of glass. Industrial emissions Directive 2010/75/EU: integrated pollution prevention and control., Luxembourg, 2013.
[82]	T. Krutzler, I. Schindler, D. Brandhuber, H. Frischenschlager, B. Winter und G. Moser, „Anlagenbericht 2007“, Umweltbundesamt, Wien, 2008.
[83]	Umweltbundesamt (Hg.), „Climate Change 07/2014 Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“, Dessau-Roßlau, 2014.
[84]	B. Groß und H. Manns, „Technologiebericht 6.3 Stromerzeugungstechnologien zur Abwärmenutzung“, in: Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), I. I. Wuppertal Institut (Hg.), Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken, 2018.
[85]	Fachverband der Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie, „Die Textilindustrie“, 16. Juli 2019 [Online]. Available: <a href="http://www.textilindustrie.at/die-textilindustrie">http://www.textilindustrie.at/die-textilindustrie</a> .
[86]	H. Steinmüller, „F&E Fahrplan – Energieeffizienz in der Textil- und Lebensmittelindustrie: Textilindustrie“, KLIEN, Wien, 2016.
[87]	R. Grosse, C. Binder, S. Wöll, R. Geyer und S. Robbi, „Long term (2050) projections of techno-economic performance of large-scale heating and cooling in the EU“, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017.
[88]	R. Geyer, „Machbarkeitsstudie eines Plusenergie-Businessparks – im Zusammenhang mit den Bestrebungen der energieautonomen Stadtgemeinde Korneuburg 2036“, Masterthesis, Hauskirchen, 2015.
[89]	AGGM Austrian Gas Grid Management AG, „Normierte und anonymisierte Absätze Tagesgang“, AGGM Austrian Gas Grid Management AG, Wien, 2019.
[90]	ENTSO-E, „TYNDP 2018 – Connecting Europe: Electricity 2025-2030-2040“, ENTSO-E AISBL, Brussels, 2018.
[91]	FGW, „Zahlenspiegel – Gas und Fernwärme in Österreich 2018“, Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, Wien, 2018.
[92]	ETC, „Mission Possible – Reaching Net-Zero Carbon Emissions from harder-to-abate Sectors by mid-Century“, Energy Transitions Commission, London, 2018.
[93]	M. Schröter, U. Weißfloch und D. Buschak, „Energieeinsparpotenziale und Verbreitungsgrad energieeffizienter Techniken“, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, 2009.

[94]	D. Suna, G. Totschnig, C. Messner, H. Aghaie, J. Kathan, W. Friedl, G. Resch und F. Schöniger, „Konsultierte Fassung der Studie zur Versorgungssicherheit und Flexibilität bei 100 % erneuerbarem Strom in Österreich im Jahr 2030 mit Hinblick auf 2050“, AIT Austrian Institute of Technology GmbH und TU Wien im Auftrag von Österreichs Energie, Wien, 2019.
[95]	M. Niedermair, V. Seyer und C. Oberleitner, „Abwärmepotenzialerhebung 2012. Erhebung außerbetrieblicher Potenziale in österreichischen Industriebetrieben“, Kommunalkredit Public Consulting GmbH, Wien, 2012.
[96]	W. Loibl, R. Stollnberger, A. Litzellachner, R. Geyer und R.-R. Schmidt, „HEAT_re_USE.vienna“, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, 2017.
[97]	J. Pelda, S. Holler, R. Geyer, R. Stollnberger, E. Gebetsroither-Geringer und C. Sinclair, „MEMPHIS – Methodology to Evaluate and Map the Potenzial of Waste Heat from Industry, Service Sector and Sewage Water by Using Internationally Available Open Data“, IEA Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling including Combined Heat and Power (DHC CHP) ANNEX XII, Paris, 2019.
[98]	M. Marguerite, R. Geyer, D. Hangartner, M. Lindahl und S. V. Pedersen, „Task 3: Review of concepts and solutions of heat pump integration“, IEA HPT Annex 47, Vienna, March 2019.
[99]	Ellen MacArthur Foundation, „Circular Economy“, 2017 [Online]. Available: <a href="https://www.ellenmacarthurfoundation.org/">https://www.ellenmacarthurfoundation.org/</a> [Zugriff am 21. Jänner 2019].
[100]	H. Winkelmeier, A. Krenn und F. Zimmer, „Das realisierbare Windpotenzial Österreichs für 2020 und 2030“, Energiewerkstatt, Friedburg, 2014.
[101]	IG Windkraft, „Windenergie in Österreich 2020 und 2030 – Potenziale in den Bundesländern“, IG Windkraft, St. Pölten, 2014.
[102]	The World Bank Group, „Global Solar Atlas“, 2016 [Online]. Available: <a href="https://globalsolaratlas.info/?c=46.566414,16.655273,6&amp;s=48.210032,15.600747">https://globalsolaratlas.info/?c=46.566414,16.655273,6&amp;s=48.210032,15.600747</a> [Zugriff am 18. Juni 2019].
[103]	Meteorotest, „Meteonorm Zeitreihen“, [Online]. Available: <a href="https://meteonorm.com/">https://meteonorm.com/</a> [Zugriff am 18. Juni 2019].
[104]	S. Böhmer, I. Kügler, H. Stoiber und B. Walter, „Abfallverbrennung in Österreich – Statusbericht 2006“, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2007.
[105]	J. Stubenvoll, S. Böhmer und I. Szednyj, „Stand der Technik bei Abfallverbrennungsanlagen“, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2002.
[106]	GBA, „Geothermie in Österreich“, Geologische Bundesanstalt, Wien, 2007.
[107]	J. Goldbrunner, „Status und aktuelle Entwicklungen der Geothermie in Österreich“, Geoteam Graz, Graz, 2012.
[108]	E-Control, „Bestandsstatistik“, Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft, August 2018 [Online]. Available: <a href="https://www.e-control.at/statistik/strom/bestandsstatistik">https://www.e-control.at/statistik/strom/bestandsstatistik</a> [Zugriff am 03. April 2019].
[109]	APG, „Masterplan 2030 – Für die Entwicklung des Übertragungsnetzes in Österreich. Planungszeitraum 2013 – 2030. Mit Ausblick bis 2050“, Austrian Power Grid AG, Wien, 2013.
[110]	FGW, „Zahlenspiegel Gas und Fernwärme in Österreich“, FGW – Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, Wien, 2018.
[111]	AGGM Austrian Gas Grid Management AG, „Erdgasinfrastruktur – Österreich“, 28. Februar 2018 [Online]. Available: <a href="https://www.aggm.at/files/get/7bd7ce2f904e31ef7f4c4d0e0c60b82c/Erdgasinfrastruktur_von_Oesterreich.pdf">https://www.aggm.at/files/get/7bd7ce2f904e31ef7f4c4d0e0c60b82c/Erdgasinfrastruktur_von_Oesterreich.pdf</a> [Zugriff am 29. July 2019].
[112]	voestalpine Stahl Donawitz GmbH, „Auftrag Zukunft. Lösungen für Morgen. Umwelterklärung 2018“, Donawitz, 2019.
[113]	STATISTIK AUSTRIA, „Standard-Dokumentation Metainformationen zu den Energiebilanzen für Österreich und die Bundesländer“, STATISTIK AUSTRIA – Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien, 2016.

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	Industriequote und Energieintensität ausgewählter Länder 2016 (BIV/BIP in kWh/€) (Darstellung nach [5])	13
Abbildung 2:	Bruttowertschöpfung nach Bereichen 2017 [Mrd. Euro] inkl. Zusammensetzung des Sekundärbereiches (eigene Darstellung nach [6])	14
Abbildung 3:	Sektoraler Anteil am energetischen Endverbrauch im Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [7])	15
Abbildung 4:	Sektoraler energetischer Endverbrauch in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])	15
Abbildung 5:	Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern der österreichischen Industrie in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])	16
Abbildung 6:	Prozentuelle Entwicklung des energetischen Endverbrauchs nach Energieträgern der österreichischen Industrie von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])	17
Abbildung 7:	Energetischer Endverbrauch nach Energieträgern der österreichischen Industrie im Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [7])	17
Abbildung 8:	Vergleich des industriellen Endenergieverbrauches zwischen EU-28 und Österreich in TWh von 1995 bis 2016 (eigene Darstellung nach [7] und [8])	18
Abbildung 9:	Anteil der einzelnen Sektoren an den Treibhausgas-Emissionen 2017 (eigene Darstellung nach [9])	19
Abbildung 10:	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und industriellen Sektoren, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	21
Abbildung 11:	Relativer Einsatz von Energieträgern nach industriellen Sektoren, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	22
Abbildung 12:	Vergleich energetischer Endverbrauch aller Sektoren in Österreich zwischen Status quo und verschiedenen Szenarien bis 2050 (eigene Darstellung nach [7], [14], [15], [16])	28
Abbildung 13:	Vergleich energetischer Endverbrauch der österreichischen Industrie zwischen Status quo und verschiedenen Szenarien bis 2050 (eigene Darstellung nach [7], [14], [15], [16])	28
Abbildung 14:	Vergleich erneuerbarer elektrischer (el.) und thermischer (th.) Potenziale sowie Gegenüberstellung des energetischen Endverbrauchs für Österreich und der Industrie (eigene Darstellung [17], [16], [18], [19], [20], [21], [22])	32
Abbildung 15:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Bau“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	39
Abbildung 16:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Bergbau“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	44
Abbildung 17:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Chemie und Petrochemie“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	47
Abbildung 18:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Eisen- und Stahlerzeugung“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	52
Abbildung 19:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Fahrzeugbau“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	59
Abbildung 20:	Produktionsprozess in der Fahrzeugbauindustrie [17]	60
Abbildung 21:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Holzverarbeitung“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	63
Abbildung 22:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Maschinenbau“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	66

Abbildung 23:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Nahrungs- und Genussmittel, Tabak“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	69
Abbildung 24:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Nichteisenmetalle“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	72
Abbildung 25:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Papier und Druck“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	75
Abbildung 26:	Übersicht der Teilprozesse der Papierproduktion [65]	76
Abbildung 27:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Steine, Erden und Glas“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	80
Abbildung 28:	Herstellung von keramischen Produkten [65]	83
Abbildung 29:	Prozessschritte der Glasherstellung [65]	84
Abbildung 30:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Textil und Leder“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	87
Abbildung 31:	Energieträger und deren Nutzung im Sektor „Sonstiger Produzierender Bereich“, Gesamtösterreich 2017 (eigene Darstellung nach [11])	90
Abbildung 32:	Storylines der Szenarien Basis, Effizienz und Umbruch	93
Abbildung 33:	Dashboard des NEAT-Tools	100-102
Abbildung 34:	NEAT-Tool: Auswertung nach Szenario, Bundesland, Sektor, Energieträger und Nutzkategorie	104
Abbildung 35:	Ergebnisse der Energieverbräuche nach Energieträgern in den Szenarien inkl. Vergleich mit Status quo 2017 und den angenommenen Potenzialen	106
Abbildung 36:	Generiertes Industriestromlastprofil aus 29 Einzelprofilen (erstellt anhand von [88])	108
Abbildung 37:	Gemessenes Industriegaslastprofil im Jahr 2017 für das Marktgebiet Ost (erstellt anhand von [89])	109
Abbildung 38:	Elektrische Energie – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	111
Abbildung 39:	Elektrische Energie – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	112
Abbildung 40:	Biogene Brenn- und Treibstoffe – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	113
Abbildung 41:	Biogene Brenn- und Treibstoffe – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	114
Abbildung 42:	Brennbare Abfälle – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	115
Abbildung 43:	Brennbare Abfälle – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	116
Abbildung 44:	Fernwärme – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	117
Abbildung 45:	Fernwärme – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	118
Abbildung 46:	Umgebungswärme etc. – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	119
Abbildung 47:	Umgebungswärme etc. – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario in stündlicher Auflösung (das Lastprofil entspricht dem Erzeugungsprofil)	120
Abbildung 48:	Auswahlmöglichkeit der Szenarien	121
Abbildung 49:	Das ausgewählte Szenario wird links oben angezeigt	121
Abbildung 50:	Auswahlmöglichkeit des Energieträgers	122
Abbildung 51:	Der ausgewählte Energieträger wird links oben angezeigt	122
Abbildung 52:	Schieberegler mit Auswahl des Zeitpunktes	122

Abbildung 53:	Räumliche Verortung der ausgewählten Datengrundlage	122
Abbildung 54:	Aufteilung des gewählten Endenergieverbrauchs nach Bundesländern sowie Anzeige des gesamten Endenergieverbrauchs auf Jahresbilanz (hier ist das Umbruch-Szenario dargestellt)	123
Abbildung 55:	Anzeige der Jahresbilanz nach Energieträgern und Szenario (hier ist das Umbruch-Szenario dargestellt)	123
Abbildung 56:	Anzeige des gewählten Betrachtungsjahres	124
Abbildung 57:	Anzeige der gewählten Steigerungsrate für den Endenergieverbrauch in Prozent pro Jahr sowie absolut	124
Abbildung 58:	IndustRiES – Tool zur Identifizierung und Analyse der Anforderungen an die Energieinfrastruktur	125
Abbildung 59:	Verwendetes Erzeugungsprofil zur Deckung des elektrischen Energiebedarfs (dieses Profil wurde ebenso den Bedarfen bzw. der Erzeugung an Brennbaren Abfälle, Fernwärme und Umgebungswärme etc. hinterlegt)	150
Abbildung 60:	Erzeugungsprofil Windkraft aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])	151
Abbildung 61:	Erzeugungsprofil Wasserkraft aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])	151
Abbildung 62:	Erzeugungsprofil Photovoltaik aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])	152
Abbildung 63:	Erzeugungsprofil Biogene aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])	152
Abbildung 64:	Verwendetes Erzeugungsprofil zur Deckung des Bedarfs an biogenen Brenn- und Treibstoffen	153
Abbildung 65:	Elektrische Energie Österreich – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	158
Abbildung 66:	Elektrische Energie Österreich – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	159
Abbildung 67:	Elektrische Energie Burgenland – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	160
Abbildung 68:	Elektrische Energie Burgenland – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	160
Abbildung 69:	Elektrische Energie Kärnten – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	161
Abbildung 70:	Elektrische Energie Kärnten – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	161
Abbildung 71:	Elektrische Energie Niederösterreich – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	162
Abbildung 72:	Elektrische Energie Niederösterreich – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	162
Abbildung 73:	Elektrische Energie Oberösterreich – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	163
Abbildung 74:	Elektrische Energie Oberösterreich – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	163

Abbildung 75:	Elektrische Energie Salzburg – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	164
Abbildung 76:	Elektrische Energie Salzburg – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	165
Abbildung 77:	Elektrische Energie Steiermark – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	166
Abbildung 78:	Elektrische Energie Steiermark – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	166
Abbildung 79:	Elektrische Energie Tirol – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	167
Abbildung 80:	Elektrische Energie Tirol – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	168
Abbildung 81:	Elektrische Energie Vorarlberg – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	169
Abbildung 82:	Elektrische Energie Vorarlberg – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	170
Abbildung 83:	Elektrische Energie Wien – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	171
Abbildung 84:	Elektrische Energie Wien – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung	171
Abbildung 85:	Energieflussbild Bau – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	172-173
Abbildung 86:	Energieflussbild Bergbau – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	174-175
Abbildung 87:	Energieflussbild Chemie und Petrochemie – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	176-177
Abbildung 88:	Energieflussbild Eisen- und Stahlerzeugung – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	178-179
Abbildung 89:	Energieflussbild Fahrzeugbau – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	180-181
Abbildung 90:	Energieflussbild Holzverarbeitung – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	182-183
Abbildung 91:	Energieflussbild Maschinenbau – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	184-185
Abbildung 92:	Energieflussbild Nahrungs- und Genussmittel, Tabak – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	186-187
Abbildung 93:	Energieflussbild Nichteisenmetalle – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	188-189
Abbildung 94:	Energieflussbild Papier und Druck – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	190-191
Abbildung 95:	Energieflussbild Steine und Erden, Glas – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	192-193

Abbildung 96: Energieflussbild Textil und Leder – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	194-195
Abbildung 97: Energieflussbild Sonstiger Produzierender Bereich – Status quo (oben links); Szenarien: Basis (oben rechts), Effizienz (unten links), Umbruch (unten rechts)	196-197
Abbildung 98: Energiefluss in Österreich 2017 in Petajoule auf Basis der vorläufigen Energiebilanz 2017 [5]	198
Abbildung 99: Entwicklung von energetischen Endverbräuchen nach industriellen Sektoren der energieintensiven Industrie in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])	199
Abbildung 100: Entwicklung von energetischen Endverbräuchen nach industriellen Sektoren der energieextensiven Industrie in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])	199
Abbildung 101: Übersicht der Kraftwerkstypen in Österreich für das Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [13])	200
Abbildung 102: Aggregierte Übersicht des Kraftwerkspark aufgeteilt in Wasserkraftwerke, Wärmekraftwerke und Erneuerbare in Österreich für das Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [13])	200
Abbildung 103: Systemlängen von Übertragungs- und Verteilleitungen nach Spannungsebenen (das Kreisdiagramm zeigt den prozentuellen Anteil der jeweiligen Spannungsebene) (eigene Darstellung nach [108])	202
Abbildung 104: Zeitliche Entwicklung der Systemlängen zum jeweiligen Jahresende nach Spannungsebenen (eigene Darstellung nach [108])	203
Abbildung 105: Übersicht der installierten Kraftwerksleistung in der Regelzone APG (Ausbauzustand 2012) [109]	208
Abbildung 106: Räumliche Verteilung der Kraftwerkspotenziale in Österreich [109]	209
Abbildung 107: Österreichisches Übertragungsnetz und der geplante 380-kV-Ring (Ausbauzustand 2012) [109]	209
Abbildung 108: Die Top-10-Projekte des APG-Masterplans 2030 und der symbolisierte 380-kV-Ring [109]	210
Abbildung 109: Wärmeerzeugung gesamt und aus Kraft-Wärme-Kopplung 1990 bis 2017 [110]	211
Abbildung 110: Fernwärme-Netzlängenentwicklung 1997 bis 2027 [110]	211
Abbildung 111: Fernwärme-Netzlänge und -Netzdichte im internationalen Vergleich [110]	212
Abbildung 112: Erneuerbaren-Anteile an der Wärmeerzeugung im internationalen Vergleich [110]	212
Abbildung 113: Gasspeicheranlagen in Österreich [110]	213
Abbildung 114: Transitleitungsnetz (Fernleitungen) und innerösterreichische Hochdruckleitungen (modifiziert nach [110])	214
Abbildung 115: Entwicklung der Gasnetzlänge (ohne Fernleitungen) [110]	214
Abbildung 116: Erdgasinfrastruktur in Österreich – Georeferenzierte Darstellung nach Netzebenen (modifiziert nach [111])	215

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	Einteilung der Sektoren, die zur energieintensiven bzw. -extensiven Industrie in Österreich zählen (Einteilung nach [12], Daten aus [11])	20
Tabelle 2:	Gegenüberstellung der verglichenen elektrischen und thermischen Potenziale an erneuerbaren Energien in Österreich sowie Auflistung der verwendeten Potenziale in der vorliegenden Studie	33
Tabelle 3:	Zusammenfassung der verwendeten Potenziale in der IndustRIES-Studie	34
Tabelle 4:	Ressourcenmanagement und Schlüsselindikatoren der STRABAG SE [33]	41
Tabelle 5:	Ressourcenmanagement und Schlüsselindikatoren der PORR AG [34]	42
Tabelle 6:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Bau“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	43
Tabelle 7:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Bergbau“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	46
Tabelle 8:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Chemie und Petrochemie“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	51
Tabelle 9:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Eisen- und Stahlerzeugung“ (Stahlerzeugung im integrierten Hüttenwerk bei voestalpine) unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors und wettbewerbsfähiger Verfügbarkeit des zusätzlichen Energiebedarfs	56
Tabelle 10:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Eisen- und Stahlerzeugung“ ohne die voestalpine unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	58
Tabelle 11:	Maßnahmen für die Nutzenergiekategorien im Sektor „Fahrzeugbau“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	62
Tabelle 12:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Holzverarbeitung“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	65
Tabelle 13:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Maschinenbau“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	68
Tabelle 14:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Nahrungs- und Genussmittel, Tabak“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	71
Tabelle 15:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Nichteisenmetalle“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	74
Tabelle 16:	Mögliche Maßnahmen und ihr Effekt auf Energiebedarfsreduktion, CO <sub>2</sub> -Reduktion inklusive Umsetzungswahrscheinlichkeit im Sektor „Papier und Druck“	77
Tabelle 17:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Papier und Druck“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	79
Tabelle 18:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Steine und Erden, Glas“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	86
Tabelle 19:	Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Energieversorgung für Nutzenergiekategorien im Sektor „Textil und Leder“ unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	89
Tabelle 20:	Maßnahmen im Basis-Szenario unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	95
Tabelle 21:	Maßnahmen im Effizienz-Szenario unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	97
Tabelle 22:	Maßnahmen im Umbruch-Szenario unter der Annahme eines dekarbonisierten Stromsektors	99
Tabelle 23:	Zusammenfassung von Energieträgerkategorien, die in der IndustRIES-Studie weiterverwendet wurden	103

Tabelle 24: Auswahlfeld für den Anteil am gesamten Strompotenzial, das für die Industrie zur Verfügung steht	124
Tabelle 25: Wasserkraft: Potenziale pro Bundesland	145
Tabelle 26: Windkraft: Potenziale pro Bundesland	146
Tabelle 27: Photovoltaik: Potenziale pro Bundesland	146
Tabelle 28: PV-Potenziale für Freiflächen- und Dachflächenanlagen pro Bundesland	147
Tabelle 29: Biogene: Potenziale pro Bundesland	147
Tabelle 30: Potenziale aus Biogas inkl. Gärrest und Biomasse (Holz- und Halmgutartig) pro Bundesland	148
Tabelle 31: Bestehende Müllverbrennungsanlagen zur Stromerzeugung pro Bundesland	148
Tabelle 32: Bestehende Geothermieanlagen zur Stromerzeugung pro Bundesland	149
Tabelle 33: Status quo – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Darstellung nach [7])	154
Tabelle 34: Basis-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Studienergebnisse)	154
Tabelle 35: Effizienz-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Studienergebnisse)	155
Tabelle 36: Umbruch-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Studienergebnisse)	155
Tabelle 37: NEAT-Tool: Status quo – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie	156
Tabelle 38: NEAT-Tool: Basis-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie	156
Tabelle 39: NEAT-Tool: Basis-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie	157
Tabelle 40: NEAT-Tool: Basis-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie	157
Tabelle 41: Kraftwerkspark in Österreich (Stichtag 31.12.2017) [13]	201
Tabelle 42: Trassen- und Systemlängen von Übertragungs- und Verteilleitungen sowie technische Angaben zu Umspann- und Schaltwerken und Transformatorstationen zum Jahresende 2017 (Stichtag 31.12.2017) [108]	204
Tabelle 43: Zeitliche Entwicklung Trassen- und Systemlängen zum jeweiligen Jahresende 2017 [108]	205-207
Tabelle 44: Speicherkapazitäten (Stand 31.12.2017) [110]	213

## Abkürzungsverzeichnis

---

AEA	Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency
AGGM	AGGM Austrian Gas Grid Management AG
AIT	Austrian Institute of Technology GmbH
APG	Austrian Power Grid AG
BAT	Best Available Techniques
Bgld	Burgenland
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BIV	Bruttoinlandsverbrauch
BPW	Bruttoproduktionswerten
CEMCAP	Projekt zur CO <sub>2</sub> Abscheidung aus der Zementindustrie
CEPI	Confederation of European Paper Industries
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
COP	Coefficient of Performance
COREX	Verfahren zum Herstellen von Roheisen
CSR	Corporate Social Responsibility
DRI	Direct Reduced Iron (Direktreduktion)
DSM	Demand Side Management
ECI	European Copper Institute
EEV	Endenergieverbrauch
ELBO	Elektrolichtbogenofen
ENSTO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity
ENTSOG	European Network of Transmission System Operators for Gas
EPL	Engpassleistung (Wasserkraft)
ETS	Emissions Trading System (Emissionshandelssystem)
F&E	Forschung & Entwicklung
FGW	Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen
FINEX	Weiterentwicklung des COREX-Verfahrens
Fraunhofer-ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
FTI	Forschung, Technologie & Innovation
FW	Fernwärme
GuD	Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk
H2FUTURE	Forschungsprojekt zur Erforschung des Einsatzes von Wasserstoff in der Stahlindustrie
HAG	Hungaria-Austria-Gasleitung
HT-WP	Hochtemperatur-Wärmepumpe
HVC	High Value Chemicals

IEA	International Energy Agency
IndustRIES	Entwickeltes Tool, um Aussagen zur Energieinfrastruktur treffen zu können
Kl	Klinker
KLIEN	Klima- und Energiefonds
KSG	Klimaschutzgesetz
Ktn	Kärnten
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LD	Linz-Donawitz-Verfahren (Englisch: Basic Oxygen Process, BOP)
LED	Light-Emitting Diode (Leuchtdiode)
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
MA	Mitarbeiter
MIDREX	Direktreduktionsverfahren in der Stahlerzeugung
Mt	Mio. Tonnen bzw. Megatonnen
MTO	Methanol to Olefins
NEAT	Nutzkategorie- und Energie-Analyse-Tool (Austria)
NGO	Non-governmental organization (Deutsch: Nichtregierungsorganisation)
NÖ	Niederösterreich
OÖ	Oberösterreich
PEM	Protonenaustauschmembran (Elektrolysetechnologie)
PI	Produktionsindex
PV	Photovoltaik
PW	Penta West (Gasleitung)
RAG	Rohöl-Aufsuchungs Aktiengesellschaft
RAV	Regelarbeitsvermögen (Wasserkraft)
RES	Renewable Energy Sources
Sbg	Salzburg
SOL	Süd-Ost-Leitung (Gasleitung)
ST	Solarthermie
Stmk	Steiermark
SuSteel	Sustainable Steelmaking – CO <sub>2</sub> freie Herstellung von Rohstahl mittels Wasserstoff-Plasma
T	Tirol
TAG	Trans-Austria-Gasleitung
THG	Treibhausgas
TRL	Technology Readiness Level (Technologiereifegrad)
TSO	Transmission System Operator
TWP	Technisch-wirtschaftliches Potenzial (Wasserkraft)
TWRP	Technisch-wirtschaftliches Restpotenzial (Wasserkraft)
TYNDP	Ten-Year Network Development Plan (Zehn-Jahres-Entwicklungsplan)
UBA	Umweltbundesamt GmbH

ÜBN	Übertragungsnetzbetreiber
Vbg	Vorarlberg
VÜN	Vorarlberger Übertragungsnetz GmbH
W	Wien
WAG	West-Austria-Gasleitung
WAM	With additional measures
WEM	With existing measures
WP	Wärmepumpe
WVU	Wärmeversorgungsunternehmen
Ze	Zement

## Anhang

---

### Verwendete Potenziale zur Deckung von elektrischer Energie auf Bundeslandebene

An dieser Stelle werden die verwendeten Potenziale bzw. bestehenden Anlagen (Müll und Geothermie) zur Deckung der elektrischen Energie in den einzelnen Szenarien pro Bundesland angeführt.

#### Wasserkraft

Die Daten für Wasserkraft entstammen der PÖYRY-Studie aus 2018, welche bestehende Anlagen auflistet [21]. Die Potenzialbewertung auf Bundeslandebene erfolgte über den Schlüssel „bestehende Anlagen zu Gesamtpotenzial“ und wurde so hochgerechnet.

Bundesland	Gesamt		Laufkraftwerke		Speicherkraftwerke	
	RAV [GWh]	EPL [MW]	RAV [GWh]	EPL [MW]	RAV [GWh]	EPL [MW]
Burgenland	-	-	-	-	-	-
Kärnten	6.919	3.036	4.332	993	2.587	2.043
Niederösterreich	9.974	1.766	9.847	1.661	127	105
Oberösterreich	13.832	3.037	13.525	2.929	308	108
Salzburg	4.358	1.704	1.392	346	2.966	1.358
Steiermark	3.699	794	2.549	491	1.149	303
Tirol	7.293	4.333	2.472	577	4.821	3.756
Vorarlberg	3.468	2.195	855	226	2.613	1.969
Wien	1.556	254	1.556	254	-	-
Österreich	51.100	17.121	36.528	7.478	14.572	9.643

Tabelle 25: Wasserkraft: Potenziale pro Bundesland

### Windkraft

Rückschlüsse auf das Windkraftpotenzial lassen die im Jahr 2014 veröffentlichten Quellen [100] und [101] zu. Das darin angegebene Potenzial wurde durch die Neubewertung des Windkraftpotenzials aus [20] unter Nutzung vorher genannter Quellen hochgerechnet. Die Volllaststunden sind ein berechneter Wert aus [20].

Bundesland	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]
Burgenland	6.772	2.257	3.000
Kärnten	1.177	392	3.000
Niederösterreich	11.405	3.802	3.000
Oberösterreich	840	280	3.000
Salzburg	280	93	3.000
Steiermark	1.655	552	3.000
Tirol	224	75	3.000
Vorarlberg	127	42	3.000
Wien	19	6	3.000
Österreich	22.500	7.500	3.000

Tabelle 26: Windkraft: Potenziale pro Bundesland

### Photovoltaik

Die angeführten PV-Potenziale basieren auf einer weiterführenden Datenauswertung aus dem Projekt Renewables4Industry [17] als auch detaillierteren Recherchen und Berechnungen. Die Leistungen wurden über die Erzeugung und der Volllaststunden ermittelt. Die Volllaststunden wurden abgeleitet aus [102] und [103].

Bundesland	PV Gesamt		
	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]
Burgenland	1.803	1.503	1.200
Kärnten	5.537	4.466	1.240
Niederösterreich	4.509	3.955	1.140
Oberösterreich	2.941	2.626	1.120
Salzburg	3.374	2.721	1.240
Steiermark	5.844	4.870	1.200
Tirol	5.799	4.461	1.300
Vorarlberg	2.141	1.713	1.250
Wien	758	637	1.190
Österreich	32.706	27.055	1.209

Tabelle 27: Photovoltaik: Potenziale pro Bundesland

Bundesland	PV Freiflächenanlagen			PV Dachflächenanlagen		
	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]
Burgenland	1.189	991	1.200	614	512	1.200
Kärnten	4.799	3.870	1.240	739	596	1.240
Niederösterreich	1.785	1.566	1.140	2.724	2.389	1.140
Oberösterreich	1.085	969	1.120	1.856	1.657	1.120
Salzburg	2.820	2.274	1.240	554	447	1.240
Steiermark	4.150	3.458	1.200	1.694	1.411	1.200
Tirol	5.146	3.959	1.300	653	502	1.300
Vorarlberg	1.771	1.417	1.250	370	296	1.250
Wien	61	51	1.190	696	585	1.190
Österreich	22.806	18.865	1.209	9.900	8.189	1.209

Tabelle 28: PV-Potenziale für Freiflächen- und Dachflächenanlagen pro Bundesland

### Biogene

Die angeführten Biogenen-Potenziale basieren auf weiteren Datenauswertungen aus dem Projekt „Renewables4Industry“ [17] sowie zusätzlichen Recherchen und Berechnungen. Die Volllaststunden sind ein rechnerischer Wert, ebenso wie die Leistung, welche aus dem Erzeugungsprofil für Biogene aus dem Jahr 2017 laut der APG-Erzeugungsstatistik ermittelt wurden [24].

Bundesland	Biogene Gesamt		
	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]
Burgenland	834	105	7.927
Kärnten	1.170	148	7.927
Niederösterreich	4.232	534	7.927
Oberösterreich	2.445	308	7.927
Salzburg	397	50	7.927
Steiermark	1.644	207	7.927
Tirol	665	84	7.927
Vorarlberg	219	28	7.927
Wien	94	12	7.927
Österreich	11.700	1.476	7.927

Tabelle 29: Biogene: Potenziale pro Bundesland

Bundesland	Biogas inkl. Gärrest			Biomasse (Holz- und Halmgutartig)		
	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]
Burgenland	656	83	7.927	178	22	7.927
Kärnten	436	55	7.927	733	93	7.927
Niederösterreich	3.361	424	7.927	871	110	7.927
Oberösterreich	1.795	226	7.927	649	82	7.927
Salzburg	195	25	7.927	202	25	7.927
Steiermark	942	119	7.927	701	88	7.927
Tirol	232	29	7.927	433	55	7.927
Vorarlberg	89	11	7.927	130	16	7.927
Wien	92	12	7.927	2	0	7.927
Österreich	7.800	984	7.927	3.900	492	7.927

Tabelle 30: Potenziale aus Biogas inkl. Gärrest und Biomasse (Holz- und Halmgutartig) pro Bundesland

## Müll

Die Basisdaten zu Standorten und Kapazitäten der Müllverbrennungsanlagen in Österreich stammen aus [104] und [105]. Basierend dazu wurden Einzelrecherchen zu jeder Anlage durchgeführt und die Datenlage anhand Betreiberinformationen aktualisiert. Die Erzeugungsmenge entstammt der APG-Erzeugungstatistik [24] und zeigt ein konstantes Profil, daher wurden die Volllaststunden mit 8.760 h/a angenommen und in weiterer Folge die Leistung rechnerisch ermittelt.

Bundesland	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]
Burgenland	-	-	8.760
Kärnten	38	4	8.760
Niederösterreich	200	23	8.760
Oberösterreich	271	31	8.760
Salzburg	-	-	8.760
Steiermark	29	3	8.760
Tirol	-	-	8.760
Vorarlberg	-	-	8.760
Wien	338	39	8.760
Österreich	876	100	8.760

Tabelle 31: Bestehende Müllverbrennungsanlagen zur Stromerzeugung pro Bundesland

### Geothermie

Die Standorte zu den Geothermieranlagen in Österreich, die Strom erzeugen, basieren auf [106], [107] und [23]. Diese sind laut Quellenangaben in Altheim (Oberösterreich) und Bad Blumau (Steiermark) anzutreffen. Basierend dazu wurden Recherchen zu den einzelnen Anlagen durchgeführt und die Datenlage anhand Betreiberinformationen aktualisiert. Die Erzeugungsmenge entstammt der APG-Erzeugungstatistik [24] und zeigt ein konstantes Profil, daher wurden die Volllaststunden mit 8.760 h/a angenommen und in weiterer Folge die Leistung rechnerisch ermittelt. Der theoretisch ermittelte Leistungswert entspricht aber nicht jenen der Quellenangaben und liegt weit darunter. Daher wurde auf die Angabe der Leistungen in untenstehender Tabelle verzichtet. Es scheint als naheliegend, dass die angenommenen Volllaststunden bzw. die angeführten Erzeugungsmengen der Erzeugungstatistik nicht der Realität entsprechen.

Bundesland	Erzeugung [GWh]	Leistung [MW]	Volllaststunden [h/a]
Burgenland	-	-	8.760
Kärnten	-	-	8.760
Niederösterreich	-	-	8.760
Oberösterreich	0,504		8.760
Salzburg	-	-	8.760
Steiermark	0,127		8.760
Tirol	-	-	8.760
Vorarlberg	-	-	8.760
Wien	-	-	8.760
Österreich	0,631		8.760

Tabelle 32: Bestehende Geothermieranlagen zur Stromerzeugung pro Bundesland

## Verwendete Stromerzeugungsprofile

### Elektrische Energie

Elektrische Energie – Erzeugungsprofil 2017

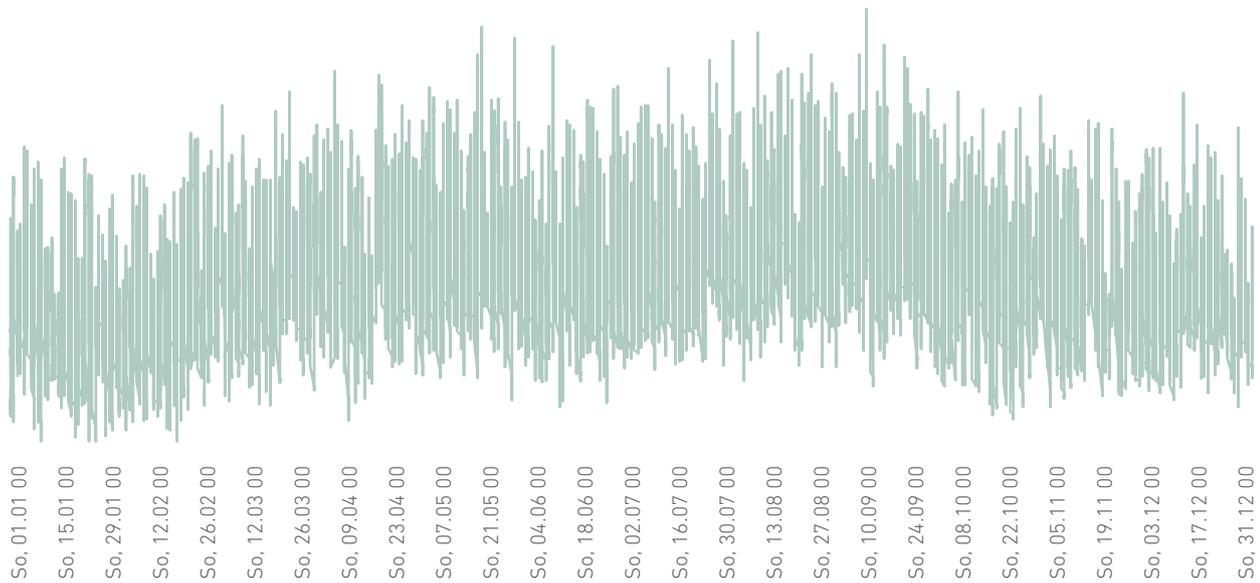


Abbildung 59

Verwendetes Erzeugungsprofil zur Deckung des elektrischen Energiebedarfs  
(dieses Profil wurde ebenso den Bedarfen bzw. der Erzeugung an Brennbaren  
Abfälle, Fernwärme und Umgebungswärme etc. hinterlegt)

**Windkraft**

Windkraft – Erzeugungsprofil 2017

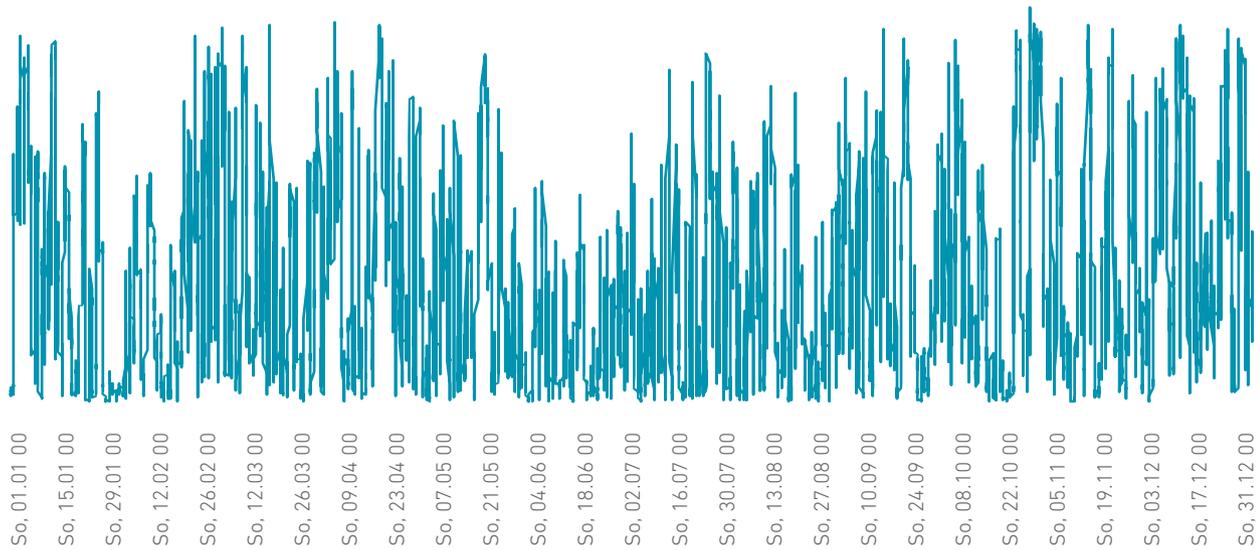


Abbildung 60: Erzeugungsprofil Windkraft aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])

**Wasserkraft**

Wasserkraft – Erzeugungsprofil 2017

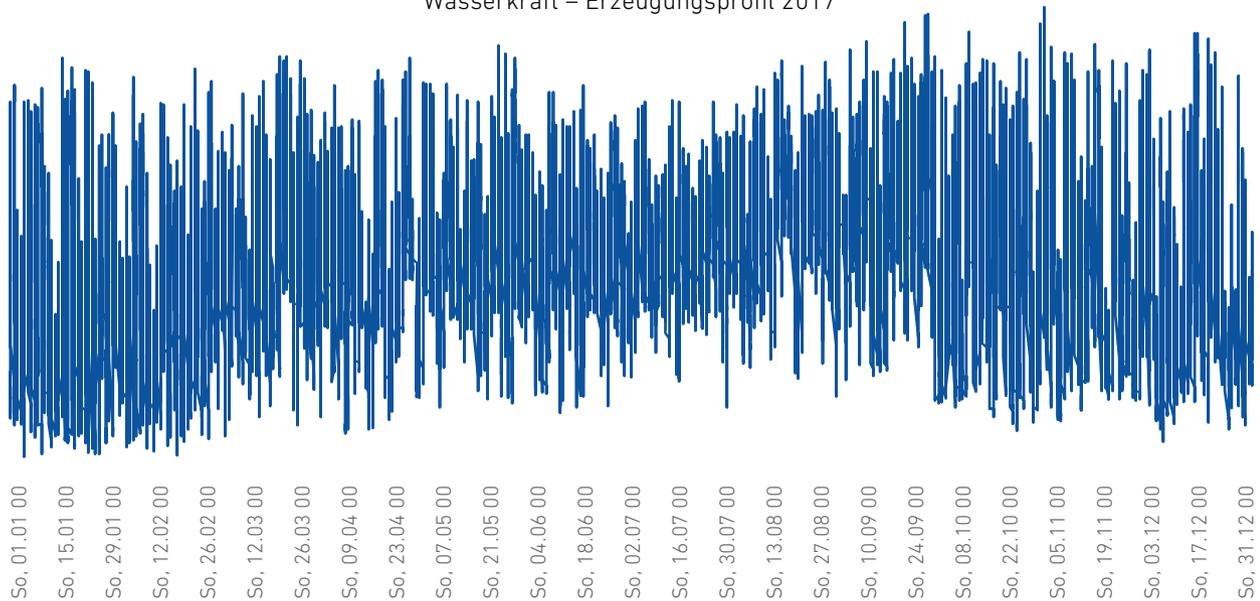


Abbildung 61: Erzeugungsprofil Wasserkraft aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])

**Photovoltaik**

Photovoltaik – Erzeugungsprofil 2017

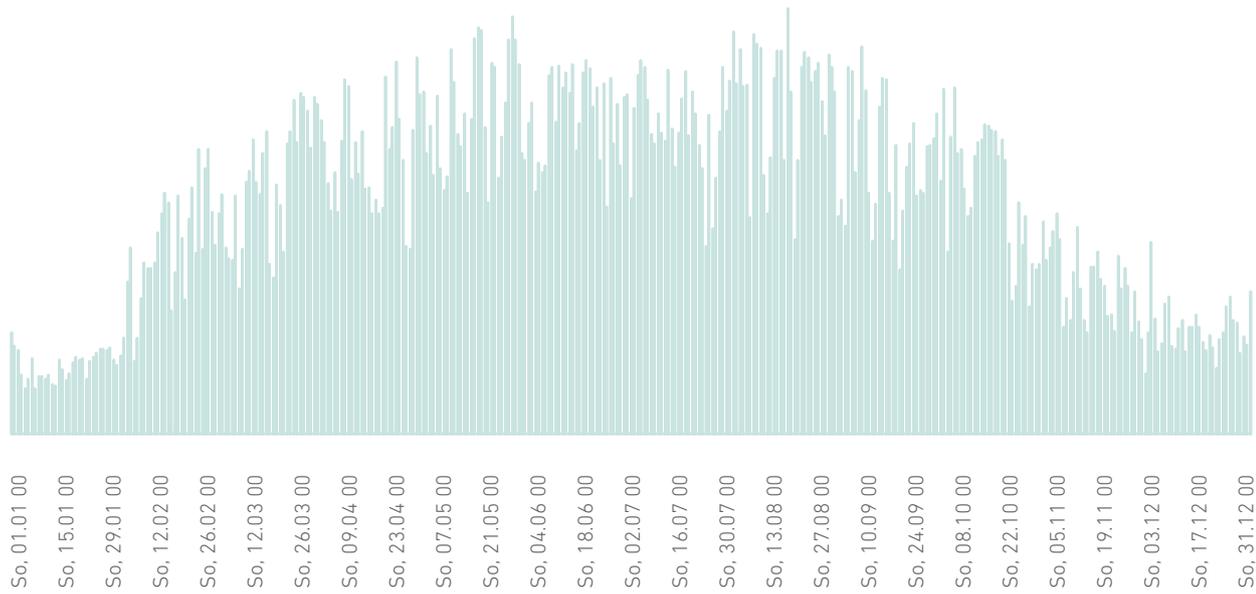


Abbildung 62: Erzeugungsprofil Photovoltaik aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])

**Biogene**

Biogene – Erzeugungsprofil 2017

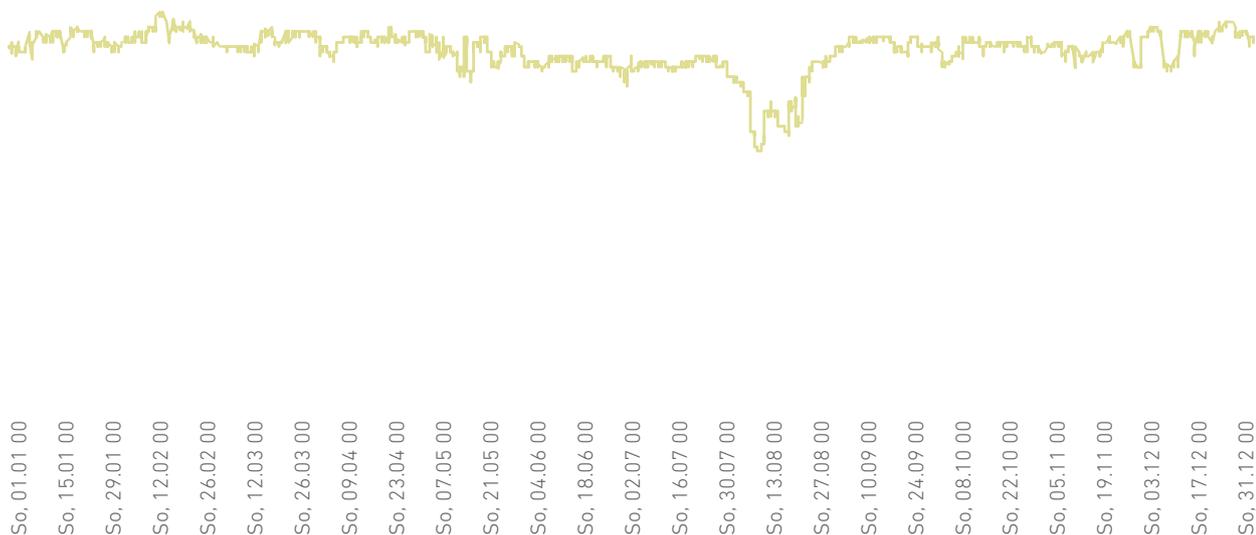
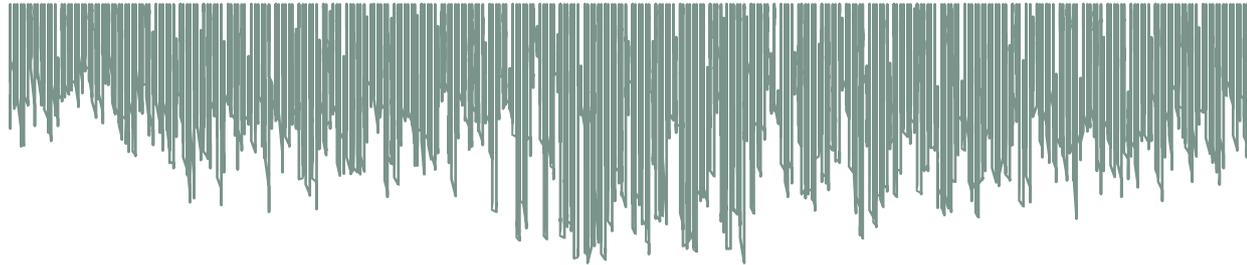


Abbildung 63: Erzeugungsprofil Biogene aus dem Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [24])

**Biogene Brenn- und Treibstoffe**

Biogene Brenn- und Treibstoffe Erzeugungsprofil 2017



So, 01.01.00  
 So, 15.01.00  
 So, 29.01.00  
 So, 12.02.00  
 So, 26.02.00  
 So, 12.03.00  
 So, 26.03.00  
 So, 09.04.00  
 So, 23.04.00  
 So, 07.05.00  
 So, 21.05.00  
 So, 04.06.00  
 So, 18.06.00  
 So, 02.07.00  
 So, 16.07.00  
 So, 30.07.00  
 So, 13.08.00  
 So, 27.08.00  
 So, 10.09.00  
 So, 24.09.00  
 So, 08.10.00  
 So, 22.10.00  
 So, 05.11.00  
 So, 19.11.00  
 So, 03.12.00  
 So, 17.12.00  
 So, 31.12.00

Abbildung 64: Verwendetes Erzeugungsprofil zur Deckung des Bedarfs an biogenen Brenn- und Treibstoffen

### Szenarienergebnisse: Auswertung nach Energieträgern und Bundesländern

In den unten angeführten Tabellen erfolgt eine Auswertung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern und Bundesländern für den Status quo und für die einzelnen Szenarien.

Die Tabellen sind so formatiert, dass für jeden Energieträger das Bundesland mit dem höchsten Verbrauch rot hervorgehoben ist. Zu erkennen ist, dass Oberösterreich bei fast allen Energieträgern den höchsten Verbrauch aufweist. Mehr nachgefragt wird nur Fernwärme in Niederösterreich bzw. Kohle & Koks in der Steiermark.

Status quo (2017)											
[GWh]	Brenn- und Treibstoffe	Brennbare Abfälle	El. Energie	Erdgas	Fernwärme	Fossile Brennstoffe (flüssig)	Fossile Kraftstoffe (flüssig)	Gichtgas und Kokereigas	Kohle und Koks	Umgebungs-wärme etc.	Summen
Österreich	15.798	3.444	29.647	31.392	3.247	1.849	3.089	1.345	3.903	64	93.777
Burgenland	388	59	582	700	90	54	72				1.945
Kärnten	3.164	488	2.767	1.287	302	238	293		130	40	8.707
Niederösterreich	1.651	730	5.788	6.458	1.063	383	476		533	2	17.082
Oberösterreich	4.227	1.578	9.082	10.189	751	410	737	1.283	1.122	18	29.397
Salzburg	1.761	215	1.515	851	78	121	189		115	0	4.845
Steiermark	3.695	317	5.213	7.752	703	319	409	62	1.570	0	20.040
Tirol	669	56	2.220	1.749	25	202	303		433	2	5.659
Vorarlberg	185	1	1.222	1.098	27	69	141			2	2.745
Wien	58	0	1.259	1.308	207	53	468			0	3.355
Anteile einzelner ET:	16,8%	3,7%	31,6%	33,5%	3,5%	2,0%	3,3%	1,4%	4,2%	0,1%	

Tabelle 33: Status quo – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Darstellung nach [7])

Basis											
[GWh]	Biogene Brenn- und Treibstoffe	Brennbare Abfälle	Elektrische Energie		Fernwärme			Gichtgas & Kokereigas	Kohle & Koks	Umgebungs-wärme etc.	Summen
Österreich	37.814	3.096	39.293		3.247			1.345	1.555	5.512	91.862
Burgenland	760	7	865		90					184	1.906
Kärnten	4.223	336	3.198		302					490	8.550
Niederösterreich	5.798	616	8.093		1.063					1.202	16.771
Oberösterreich	11.172	1.560	11.925		751			1.283	756	1.477	28.925
Salzburg	2.351	210	1.776		78					331	4.746
Steiermark	9.503	316	7.376		703			62	799	928	19.686
Tirol	2.219	50	2.763		25					431	5.488
Vorarlberg	829		1.561		27					230	2.648
Wien	960		1.735		207					240	3.143
Anteile einzelner ET:	41,2%	3,4%	42,8%		3,5%			1,5%	1,7%	6,0%	

Tabelle 34: Basis-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Studienergebnisse)

Effizienz											
[GWh]	Biogene Brenn- und Treibstoffe	Brennbare Abfälle	Elektrische Energie		Fernwärme			Gichtgas & Kokereigas	Kohle & Koks	Umgebungs-wärme etc.	Summen
Österreich	31.693	3.047	32.023		2.821			1.318	1.524	9.638	82.064
Burgenland	585	7	685		80					300	1.657
Kärnten	3.781	334	2.721		270					533	7.638
Niederösterreich	4.250	614	6.548		962					2.479	14.852
Oberösterreich	9.668	1.516	9.630		633			1.257	741	2.648	26.094
Salzburg	2.014	210	1.533		65					376	4.199
Steiermark	8.537	316	5.814		607			61	783	1.778	17.895
Tirol	1.831	50	2.306		20					573	4.780
Vorarlberg	499		1.320		21					442	2.282
Wien	529		1.466		163					509	2.667
Anteile einzelner ET:	38,6%	3,7%	39,0%		3,4%			1,6%	1,9%	11,7%	

Tabelle 35: Effizienz-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Studienergebnisse)

Umbruch											
[GWh]	Biogene Brenn- und Treibstoffe	Brennbare Abfälle	Elektrische Energie		Fernwärme					Umgebungs-wärme etc.	Summen
Österreich	17.708	2.144	68.328		2.285					17.292	107.757
Burgenland	170		839		104					568	1.682
Kärnten	2.672	315	3.130		98					1.251	7.466
Niederösterreich	2.281	590	7.209		761					3.810	14.652
Oberösterreich	4.736	670	36.143		543					5.164	47.255
Salzburg	1.333	210	1.762		45					829	4.179
Steiermark	4.934	310	13.756		517					3.266	22.782
Tirol	1.043	50	2.610		24					1.056	4.784
Vorarlberg	249		1.373		21					639	2.282
Wien	289		1.506		170					709	2.674
Anteile einzelner ET:	16,4%	2,0%	63,4%		2,1%					16,0%	

Tabelle 36: Umbruch-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Bundesländern (Studienergebnisse)

Die Tabellen auf dieser Seite sind ein Auszug aus dem NEAT-Tool. Sie zeigen Auswertungen hinsichtlich des Endenergieverbrauchs für den Status quo bzw. für die drei Szenarien nach Energieträger und Nutzkategorie. Rot hervorgehoben ist der höchste Endenergieverbrauch je Nutzkategorie bzw. auf die Gesamtbetrachtung.

Endenergiebedarf [GWh]	Nutzung						
	Raumheizung und Klimaanlage	Dampf-erzeugung	Industrieöfen	Standmotoren	Beleuchtung und EDV	Elektrochemische Zwecke	Gesamt
Biogene Brenn- und Treibstoffe	1.523	10.502	3.691	82			15.798
Brennbare Abfälle	348	913	2.183				3.444
Elektrische Energie	1.566	940	4.326	20.373	2.272	169	29.647
Erdgas	5.198	12.341	13.233	619	2		31.392
Fernwärme	1.207	808	1.232				3.247
Fossile Brennstoffe (flüssig)	558	410	803	78			1.849
Fossile Kraftstoffe (flüssig)				3.088			3.089
Gichtgas & Kokereigas			1.345			0	1.345
Kohle & Koks		1.226	2.677				3.903
Umgebungswärme etc.	64						64
<b>Gesamt</b>	10.464	27.139	29.490	24.240	2.274	169	93.777

Tabelle 37: NEAT-Tool: Status quo – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie

Endenergiebedarf [GWh]	Nutzung						
	Raumheizung und Klimaanlage	Dampf-erzeugung	Industrieöfen	Standmotoren	Beleuchtung und EDV	Elektrochemische Zwecke	Gesamt
Biogene Brenn- und Treibstoffe		17.490	18.849	1.474	2		37.814
Brennbare Abfälle		913	2.183				3.096
Elektrische Energie	3.745	7.928	4.326	20.852	2.272	169	39.293
Erdgas			0				
Fernwärme	1.207	808	1.232				3.247
Fossile Brennstoffe (flüssig)							
Fossile Kraftstoffe (flüssig)							
Gichtgas & Kokereigas			1.345				1.345
Kohle & Koks			1.555				1.555
Umgebungswärme etc.	5.512						5.512
<b>Gesamt</b>	10.464	27.139	29.490	22.326	2.274	169	91.862

Tabelle 38: NEAT-Tool: Basis-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie

Endenergiebedarf [GWh]	Nutzung						
	Raumheizung und Klimaanlage	Dampf-erzeugung	Industrieöfen	Standmotoren	Beleuchtung und EDV	Elektrochemische Zwecke	Gesamt
Biogene Brenn- und Treibstoffe		15.259	15.656	778			31.693
Brennbare Abfälle		868	2.179				3.047
Elektrische Energie	2.622	3.965	5.068	17.935	2.272	161	32.023
Erdgas							
Fernwärme	845	767	1.209				2.821
Fossile Brennstoffe (flüssig)							
Fossile Kraftstoffe (flüssig)							
Gichtgas & Kokereigas			1.318				1.318
Kohle & Koks			1.524				1.524
Umgebungswärme etc.	3.858	4.924	856				9.638
Gesamt	7.325	25.782	27.810	18.713	2.272	161	82.064

Tabelle 39: NEAT-Tool: Effizienz-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie

Endenergiebedarf [GWh]	Nutzung						
	Raumheizung und Klimaanlage	Dampf-erzeugung	Industrieöfen	Standmotoren	Beleuchtung und EDV	Elektrochemische Zwecke	Gesamt
Biogene Brenn- und Treibstoffe	30	7.703	9.197	778			17.708
Brennbare Abfälle			2.144				2.144
Elektrische Energie	1.808	7.172	39.363	17.579	2.245	161	68.328
Erdgas							
Fernwärme	845	767	673				2.285
Fossile Brennstoffe (flüssig)							
Fossile Kraftstoffe (flüssig)							
Gichtgas & Kokereigas							
Kohle & Koks							
Umgebungswärme etc.	4.642	10.141	2.510				17.292
Gesamt	7.325	25.782	53.887	18.357	2.245	161	107.757

Tabelle 40: NEAT-Tool: Umbruch-Szenario – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Nutzkategorie

**Ergänzung der Detailanalyse der Szenarienergebnisse für elektrische Energie nach Bundesländern**

**Österreich**

Als Ergänzung sind an dieser Stelle nochmals die Ergebnisse für Österreich wie bereits in Kapitel 7.3.1 angeführt, um die Ergebnisse der einzelnen Bundesländer mit Gesamtösterreich vergleichen zu können.

Österreich – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)

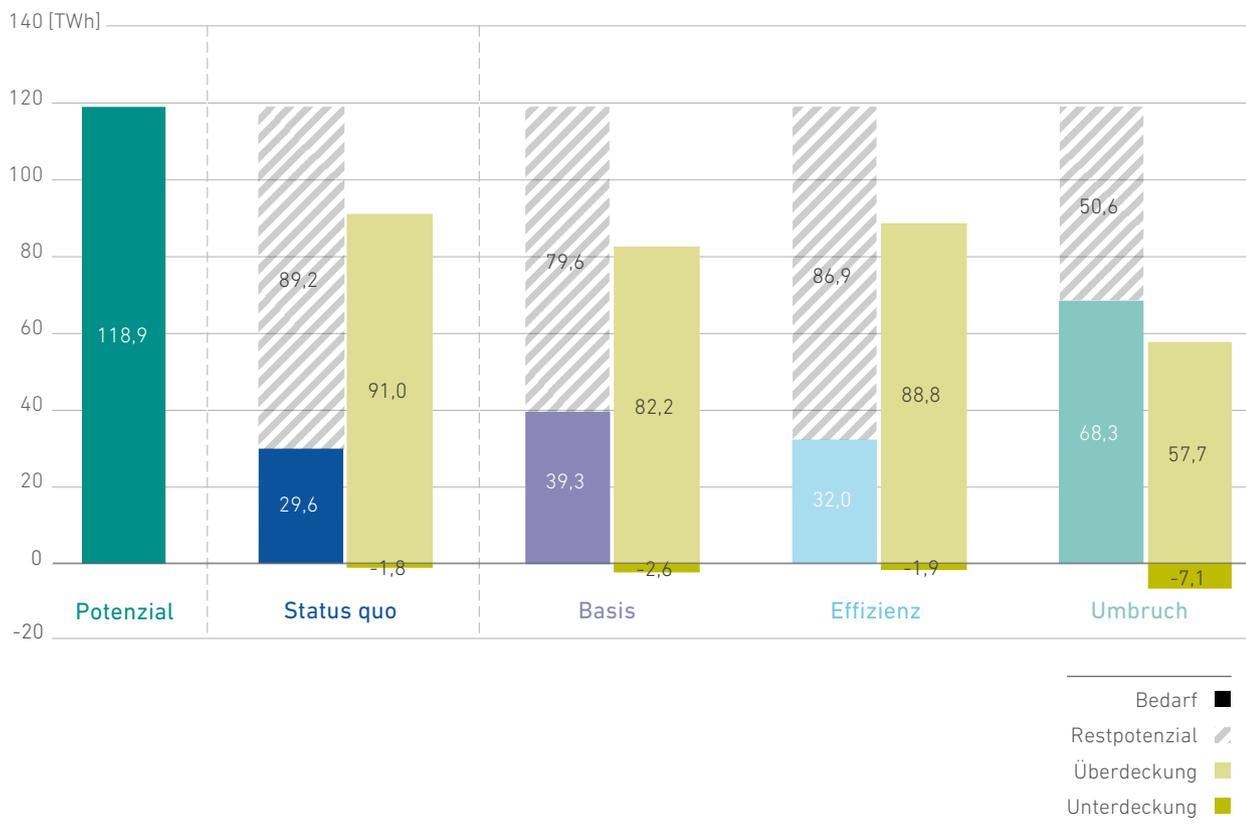


Abbildung 65  
Elektrische Energie Österreich – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Österreich – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)

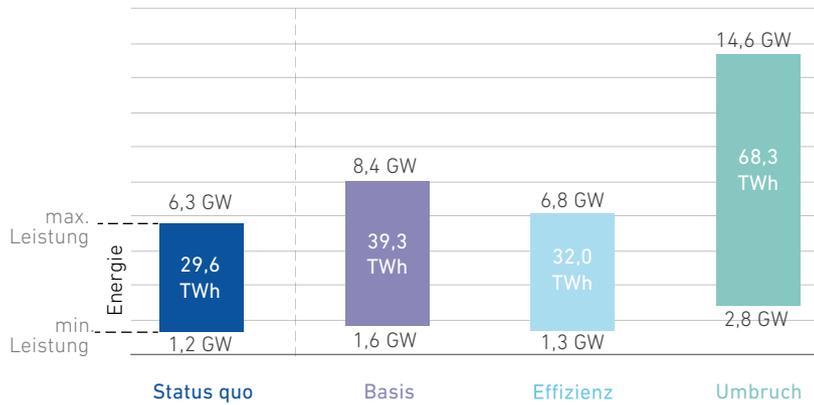
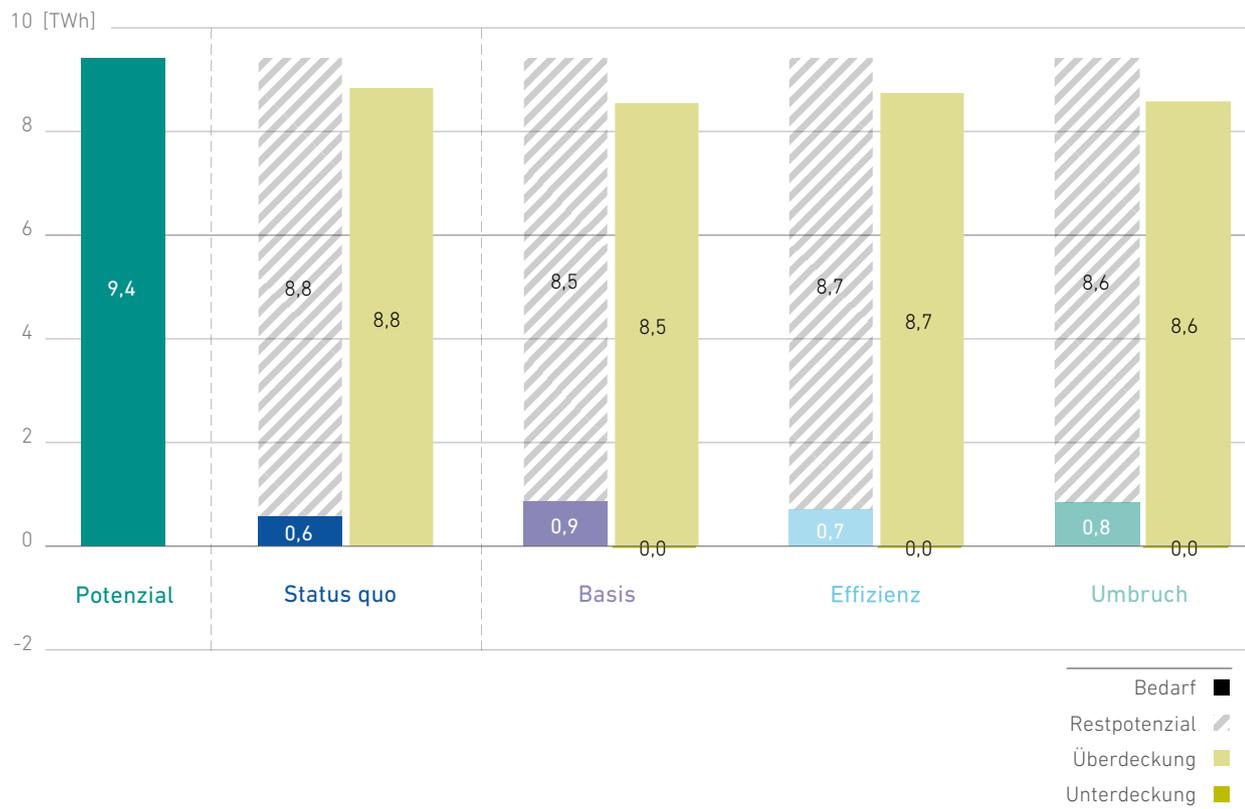


Abbildung 66

Elektrische Energie Österreich – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Burgenland – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)



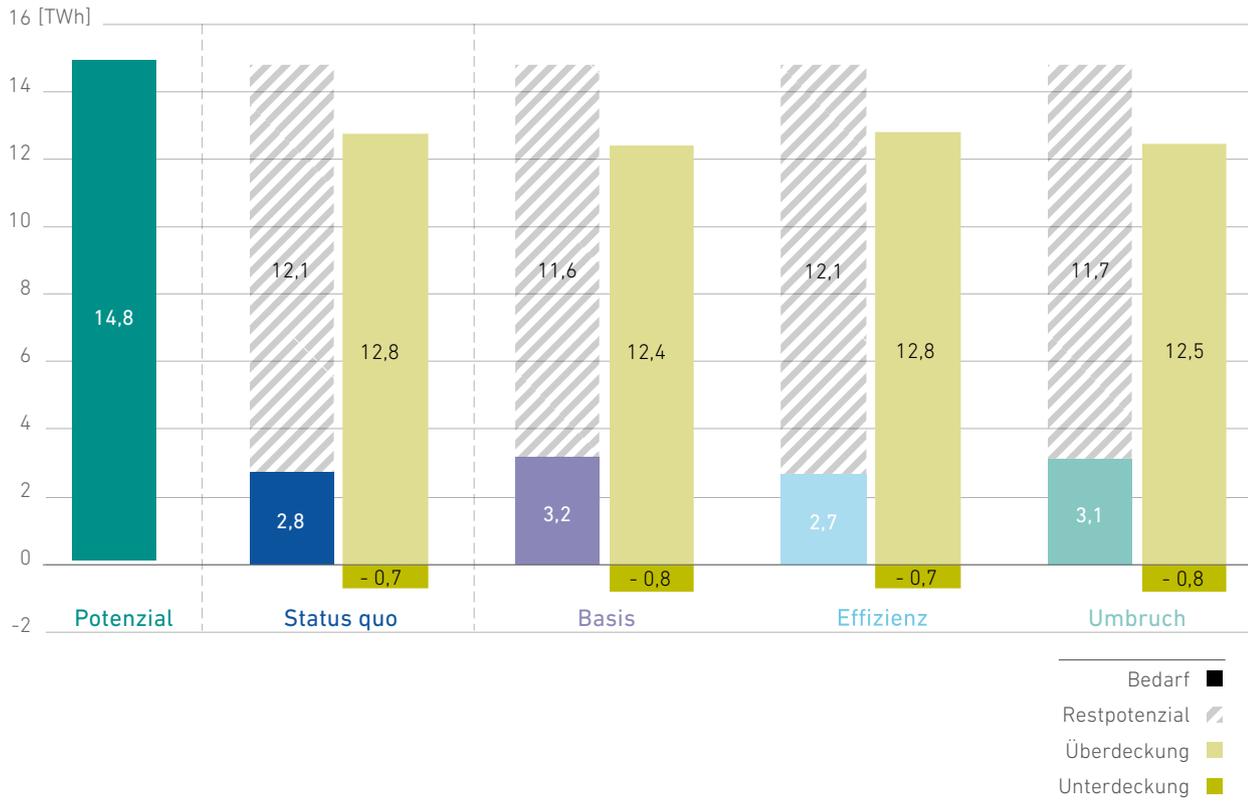
Burgenland – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)



Abbildung 67  
Elektrische Energie Burgenland –  
Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf  
und Deckung je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Abbildung 68  
Elektrische Energie Burgenland –  
Leistungsangaben (Min/Max) und  
Endenergiebedarf je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Kärnten – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)



Kärnten – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)



Abbildung 69

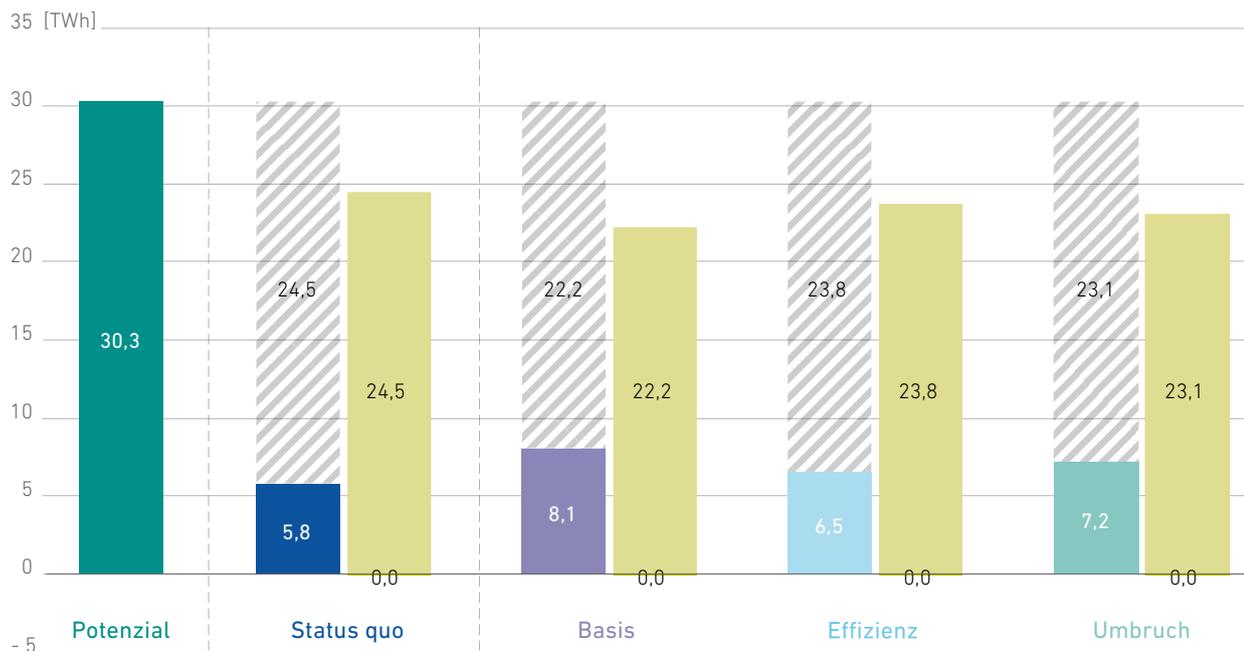
Elektrische Energie Kärnten – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Abbildung 70

Elektrische Energie Kärnten – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

### Niederösterreich – Elektrische Energie

(Potenzial, Bedarf, Deckung)



Bedarf ■  
 Restpotenzial ▨  
 Überdeckung ■  
 Unterdeckung ■

### Niederösterreich – Elektrische Energie

(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)

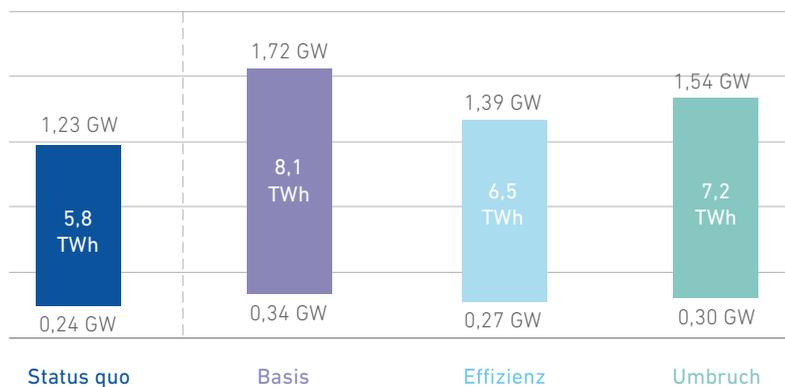
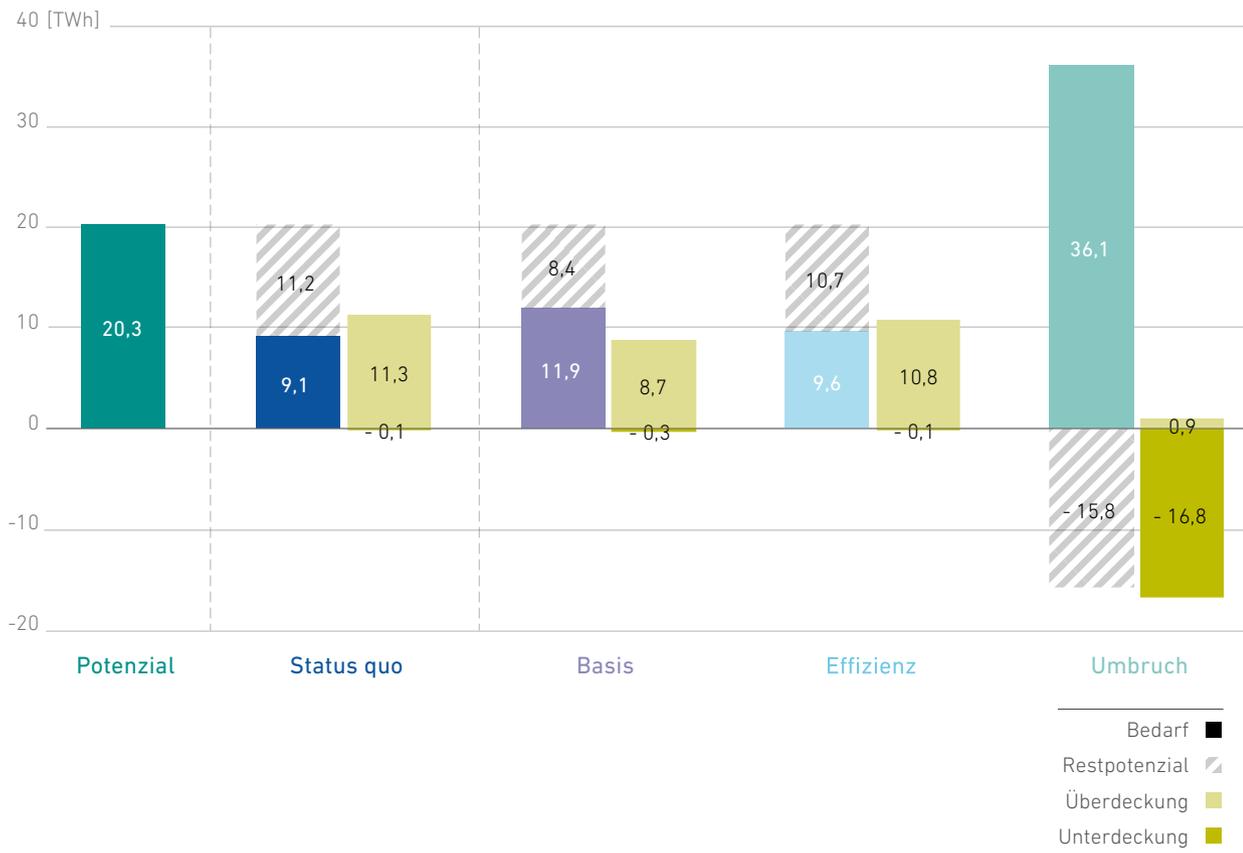


Abbildung 71  
Elektrische Energie Niederösterreich – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Abbildung 72  
Elektrische Energie Niederösterreich – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Oberösterreich – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)



Oberösterreich – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)



Abbildung 73  
Elektrische Energie Oberösterreich –  
Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf  
und Deckung je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Abbildung 74  
Elektrische Energie Oberösterreich  
– Leistungsangaben (Min/Max) und  
Endenergiebedarf je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Das Bundesland Salzburg weist mit knapp 3 TWh Regelarbeitsvermögen das zweithöchste Potenzial an (Pump-)Speicherkraftwerken auf (siehe Tabelle 25). Der industrielle Bedarf an elektrischer Energie fällt im Vergleich zu den östlichen Bundesländern gering aus. Die angeführten Unter- bzw. Überdeckungen resultieren daher hauptsächlich aus dem Erzeugungsprofil der (Pump-)Speicherkraftwerke, das im maßgeblich durch den Strommarkt geprägt ist und weniger durch den industriellen Bedarf an elektrischer Energie. Eine ähnliche Situation ergibt sich für die Bundesländer Tirol und Vorarlberg.

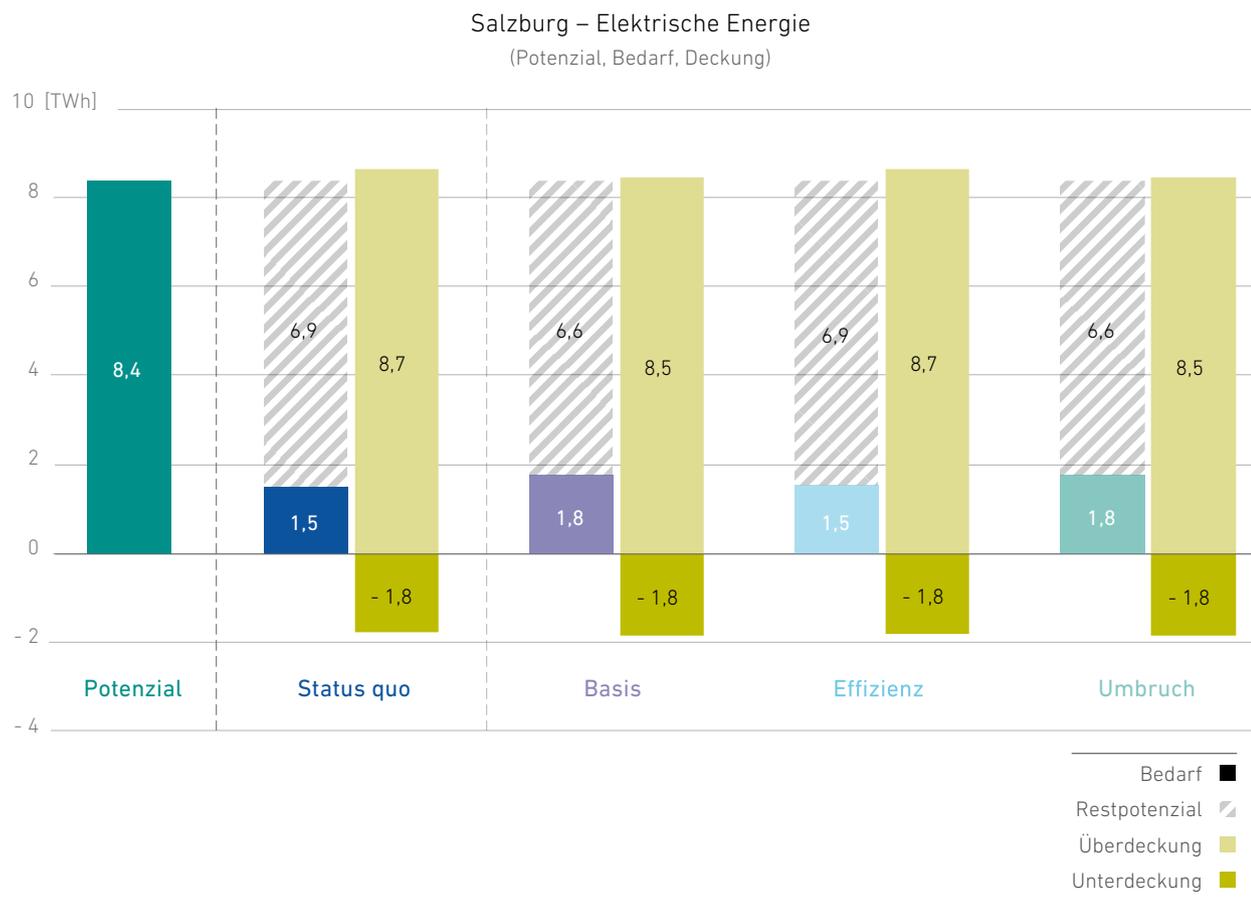


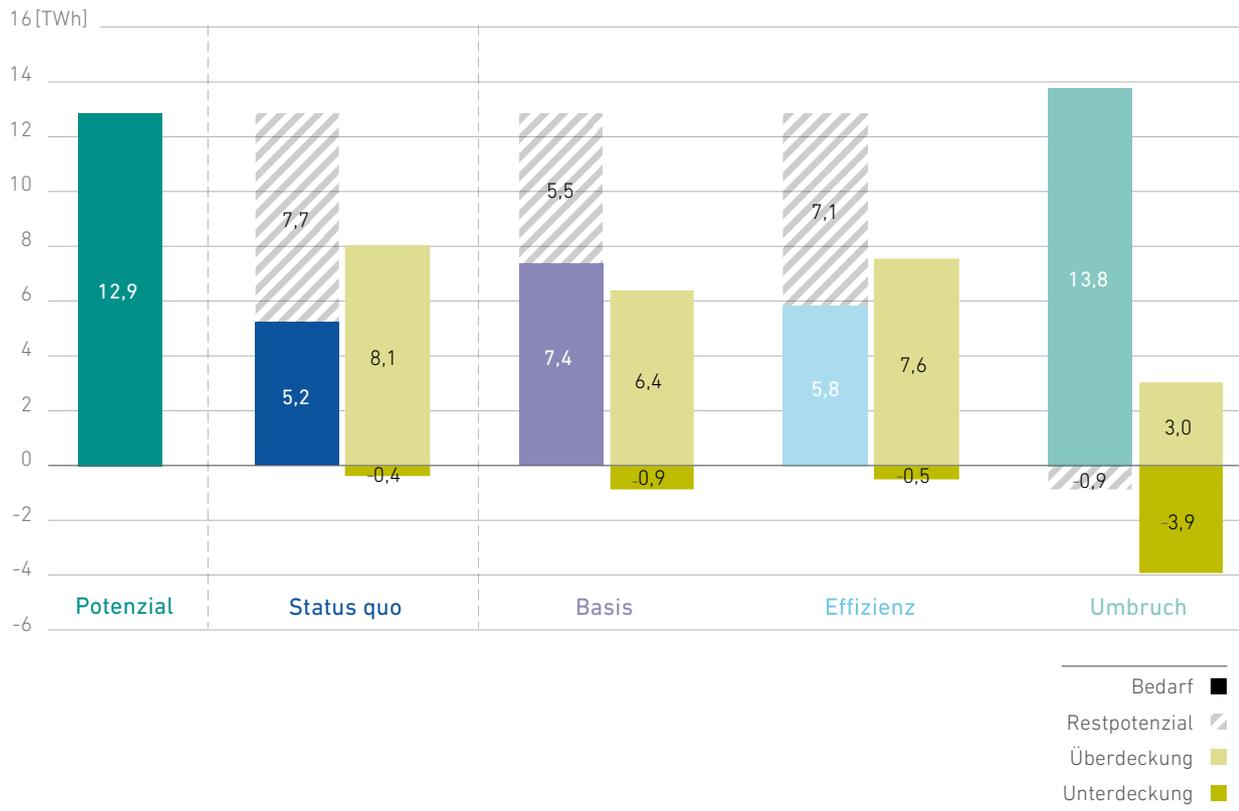
Abbildung 75  
Elektrische Energie Salzburg – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Salzburg – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)



Abbildung 76  
Elektrische Energie Salzburg –  
Leistungsangaben (Min/Max) und  
Endenergiebedarf je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Steiermark – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)



Steiermark – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)



Abbildung 77  
Elektrische Energie Steiermark –  
Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf  
und Deckung je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Abbildung 78  
Elektrische Energie Steiermark –  
Leistungsangaben (Min/Max) und  
Endenergiebedarf je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungprofil in stündlicher Auflösung

Tirol weist mit 4,8 TWh Regelarbeitsvermögen das höchste Potenzial an (Pump-)Speicherkraftwerken auf (siehe Tabelle 25). Der industrielle Bedarf an elektrischer Energie fällt im Vergleich zu den östlichen Bundesländern gering aus. Die angeführten Unter- bzw. Überdeckungen resultieren daher hauptsächlich aus dem Erzeugungsprofil der (Pump-)Speicherkraftwerke, das im maßgeblich durch den Strommarkt geprägt ist und weniger durch den industriellen Bedarf an elektrischer Energie. Eine ähnliche Situation ergibt sich für die Bundesländer Salzburg und Vorarlberg.

Tirol – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)

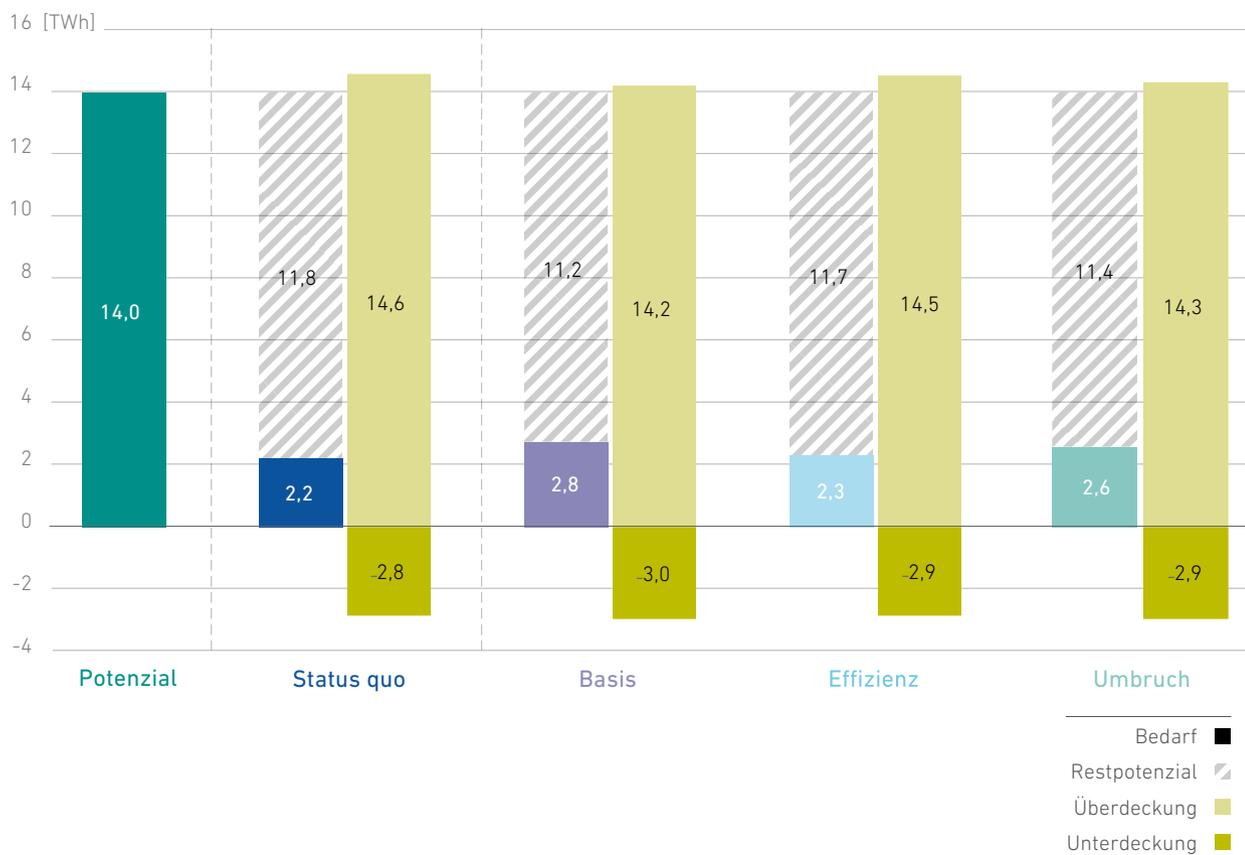


Abbildung 79  
Elektrische Energie Tirol – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Tirol – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)

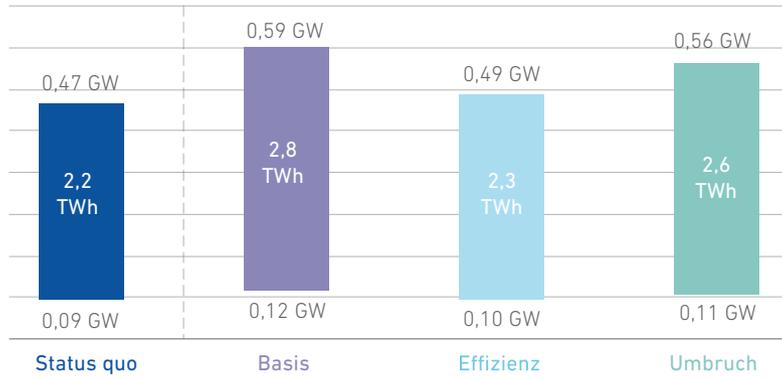


Abbildung 80  
Elektrische Energie Tirol –  
Leistungsangaben (Min/Max) und  
Endenergiebedarf je Szenario auf Basis  
der Gegenüberstellung von Last- und  
Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Vorarlberg weist mit 2,6 TWh Regelarbeitsvermögen das dritthöchste Potenzial an (Pump-) Speicherkraftwerken auf (siehe Tabelle 25). Der industrielle Bedarf an elektrischer Energie fällt im Vergleich zu den östlichen Bundesländern gering aus. Die angeführten Unter- bzw. Überdeckungen resultieren daher hauptsächlich aus dem Erzeugungsprofil der (Pump-) Speicherkraftwerke, das im maßgeblich durch den Strommarkt geprägt ist und weniger durch den industriellen Bedarf an elektrischer Energie. Eine ähnliche Situation ergibt sich für die Bundesländer Salzburg und Tirol.

Vorarlberg – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)

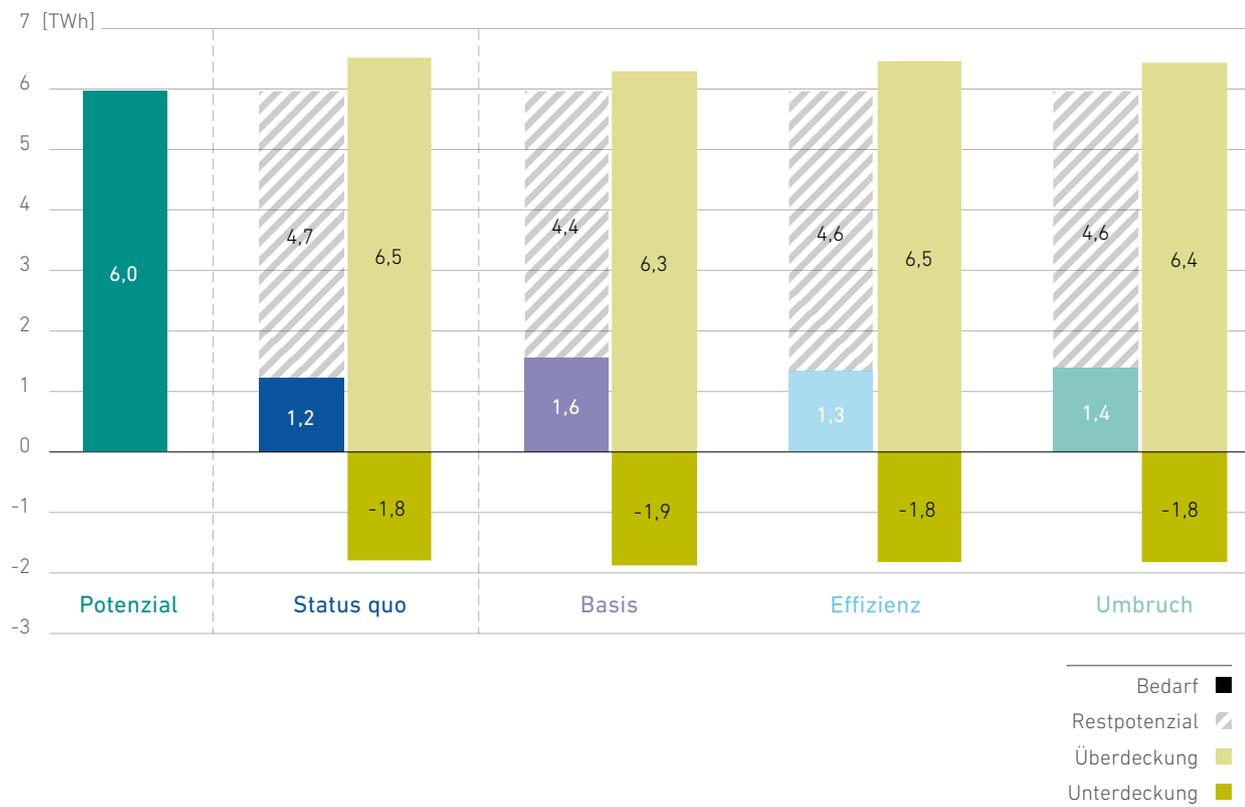


Abbildung 81  
Elektrische Energie Vorarlberg – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Vorarlberg – Elektrische Energie  
 (Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)



Abbildung 82  
 Elektrische Energie Vorarlberg –  
 Leistungsangaben (Min/Max) und  
 Endenergiebedarf je Szenario auf Basis  
 der Gegenüberstellung von Last- und  
 Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Wien – Elektrische Energie  
(Potenzial, Bedarf, Deckung)

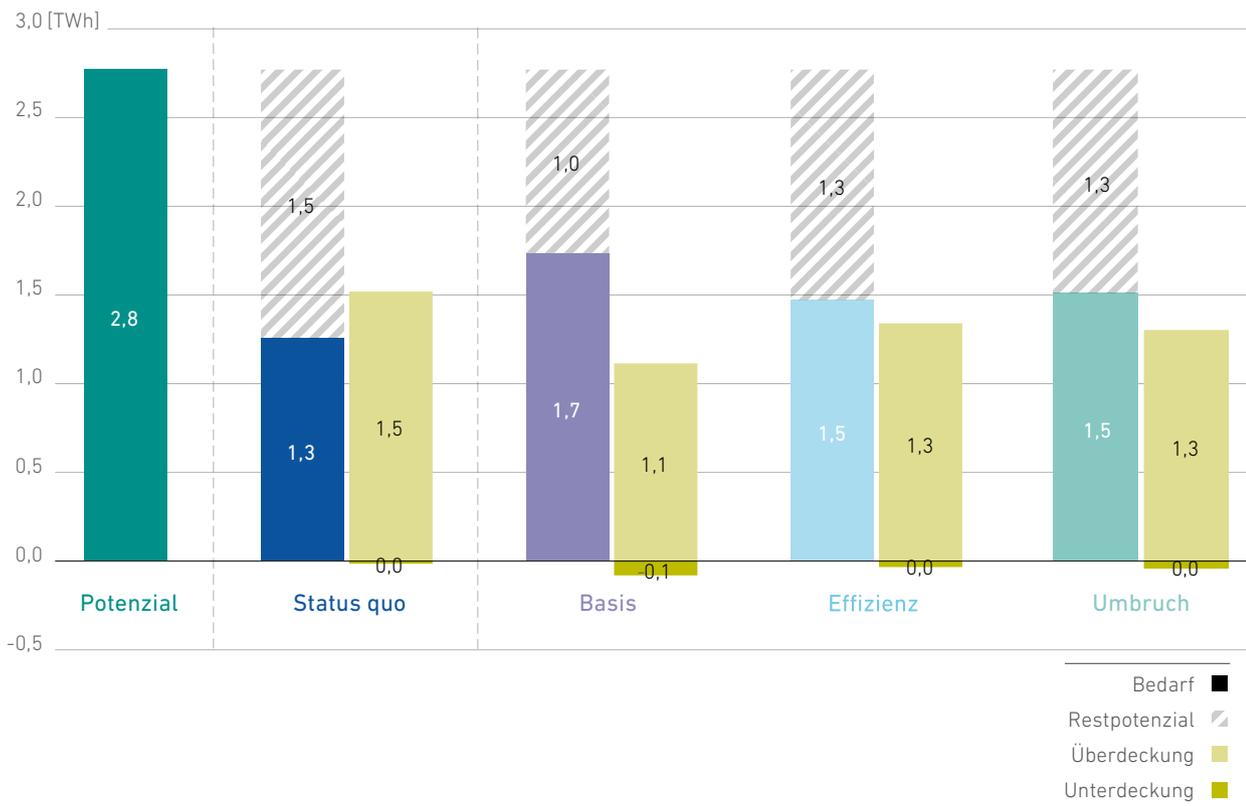


Abbildung 83

Elektrische Energie Wien – Detailanalyse zu Potenzial sowie Bedarf und Deckung je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Wien – Elektrische Energie  
(Min-/Max-Leistungen und Energiebedarf)



Abbildung 84

Elektrische Energie Wien – Leistungsangaben (Min/Max) und Endenergiebedarf je Szenario auf Basis der Gegenüberstellung von Last- und Erzeugungsprofil in stündlicher Auflösung

Energieflussbilder nach industriellen Sektoren in Österreich

Energieflussbild Bau

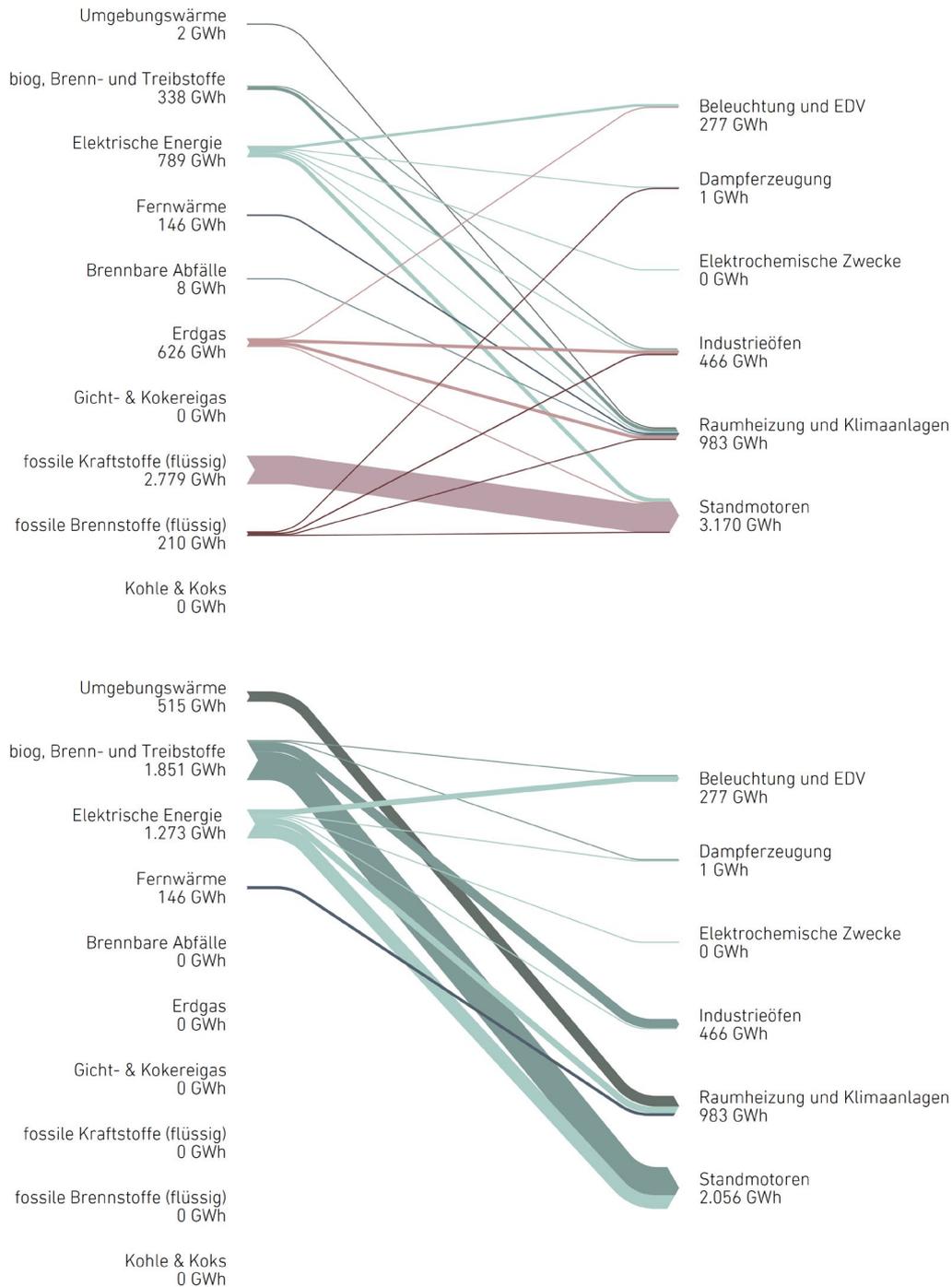


Abbildung 85  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

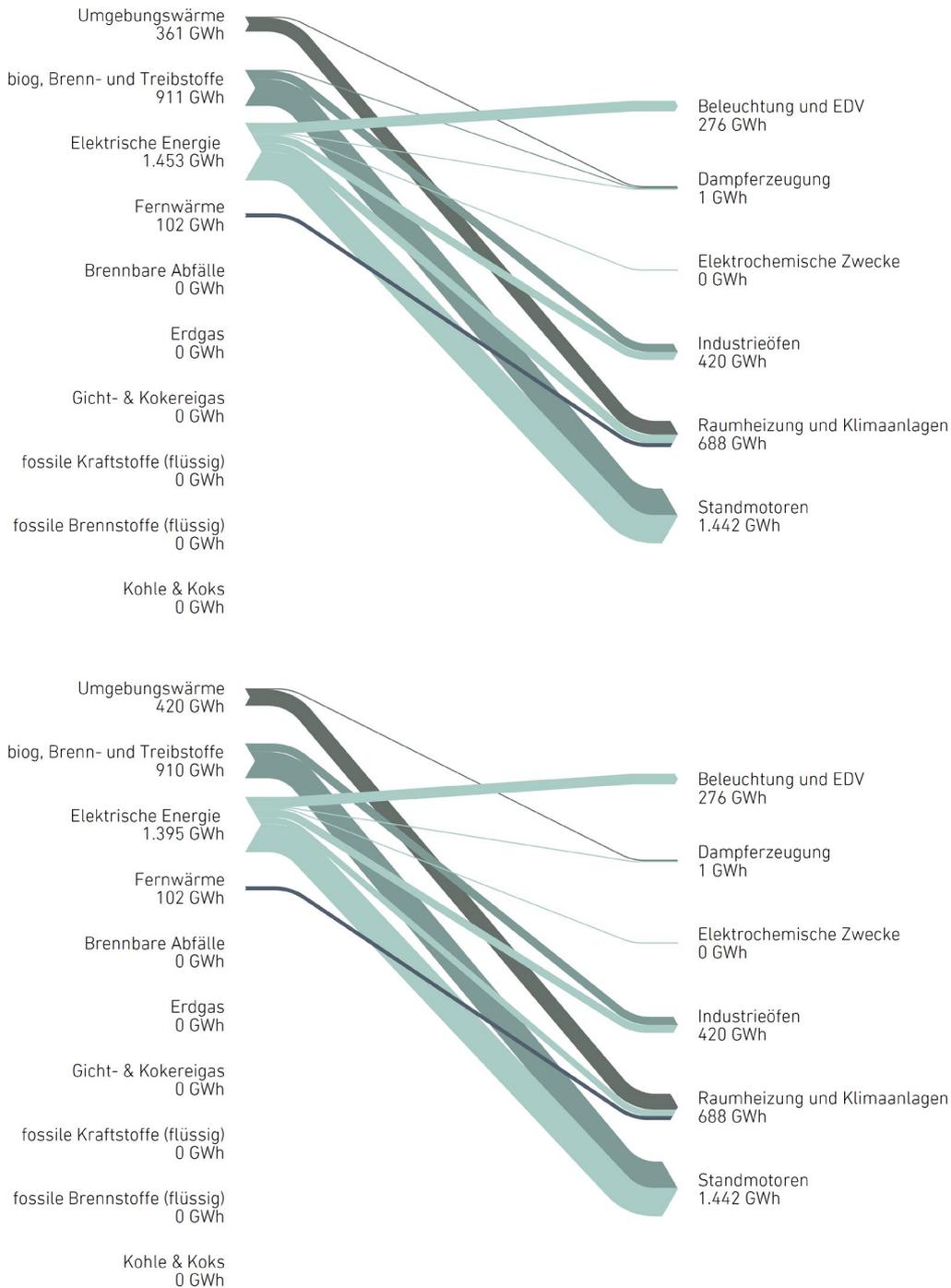


Abbildung 85  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Bergbau**

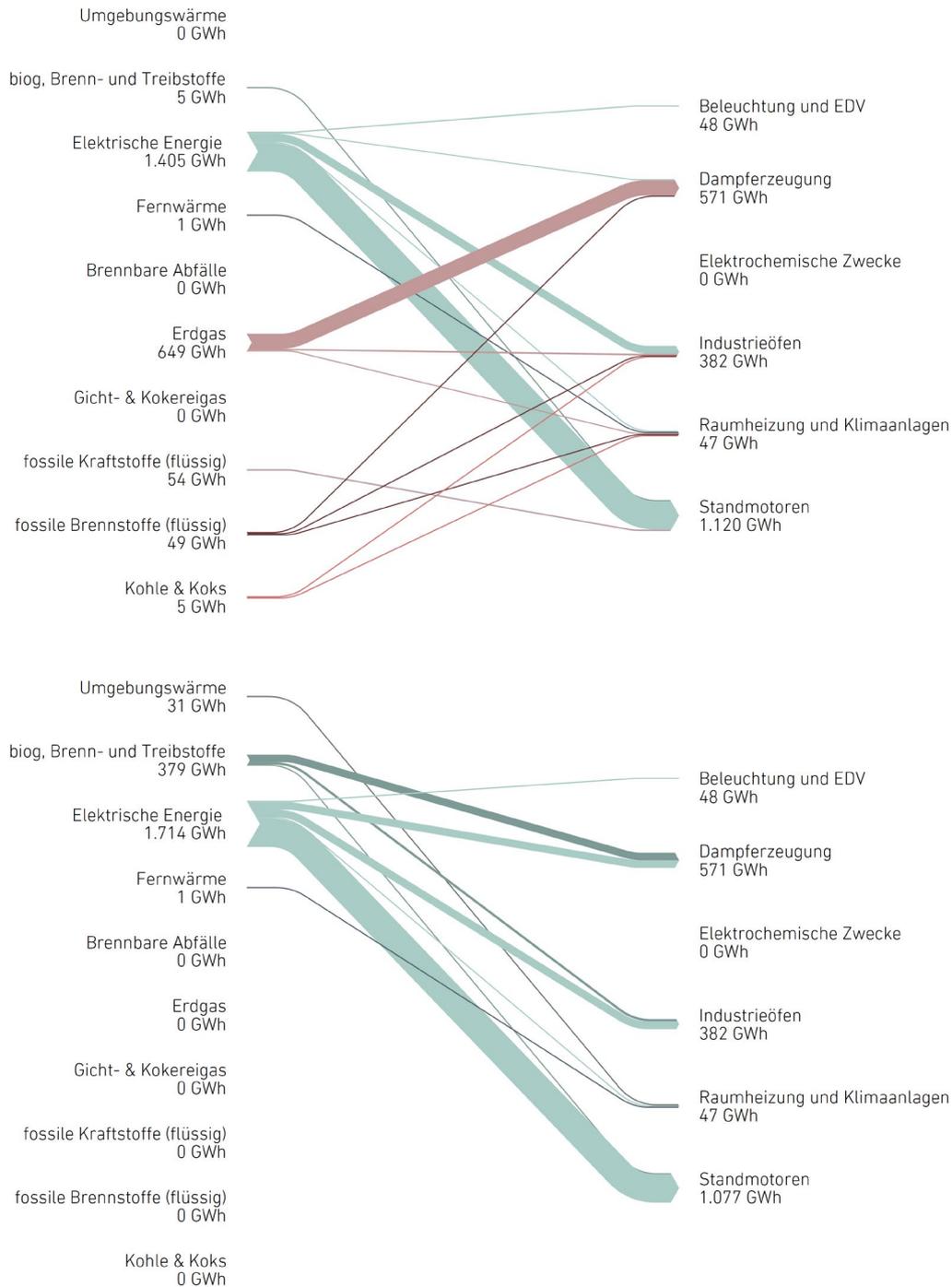


Abbildung 86  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

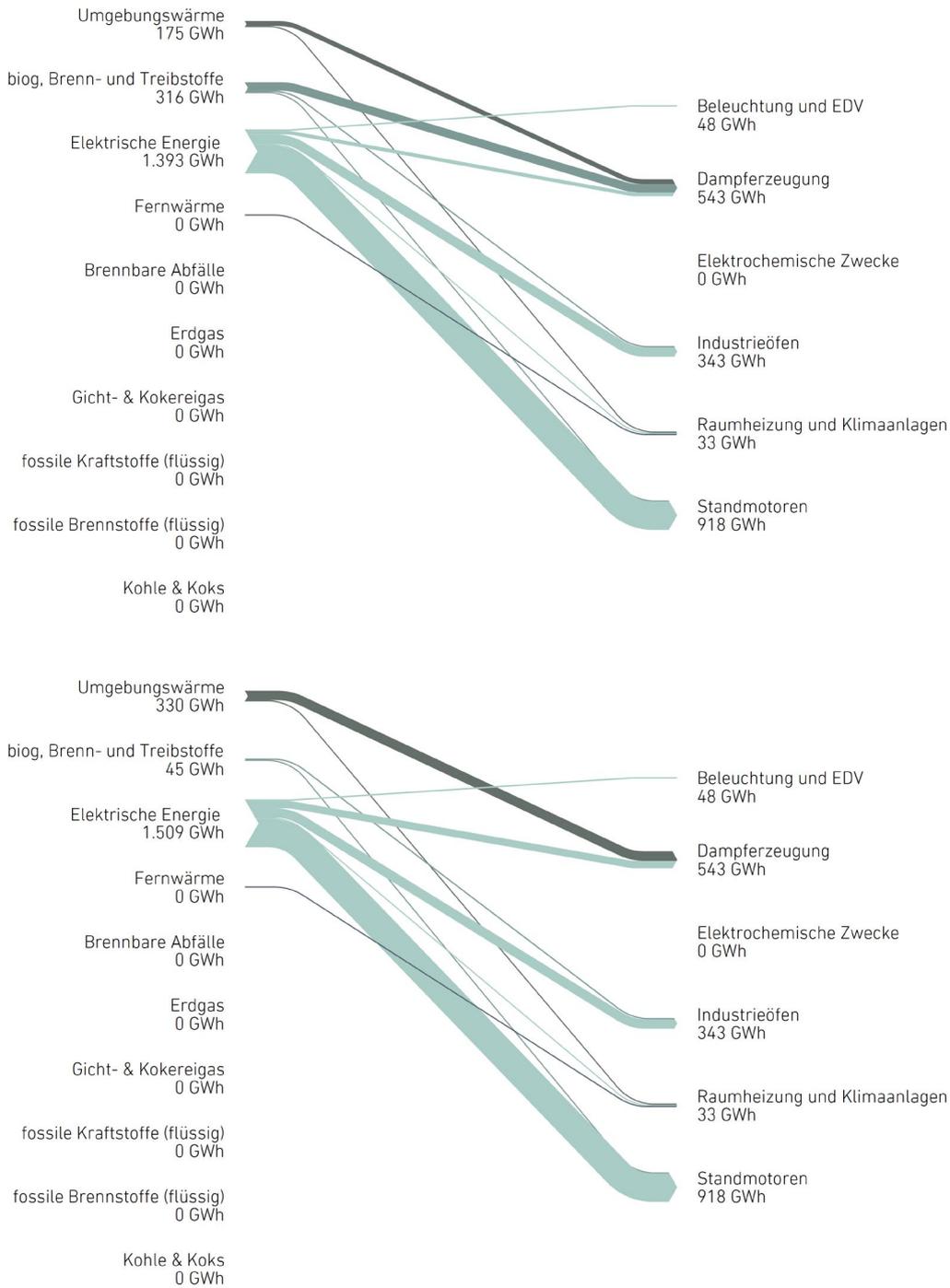


Abbildung 86  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Chemie und Petrochemie**

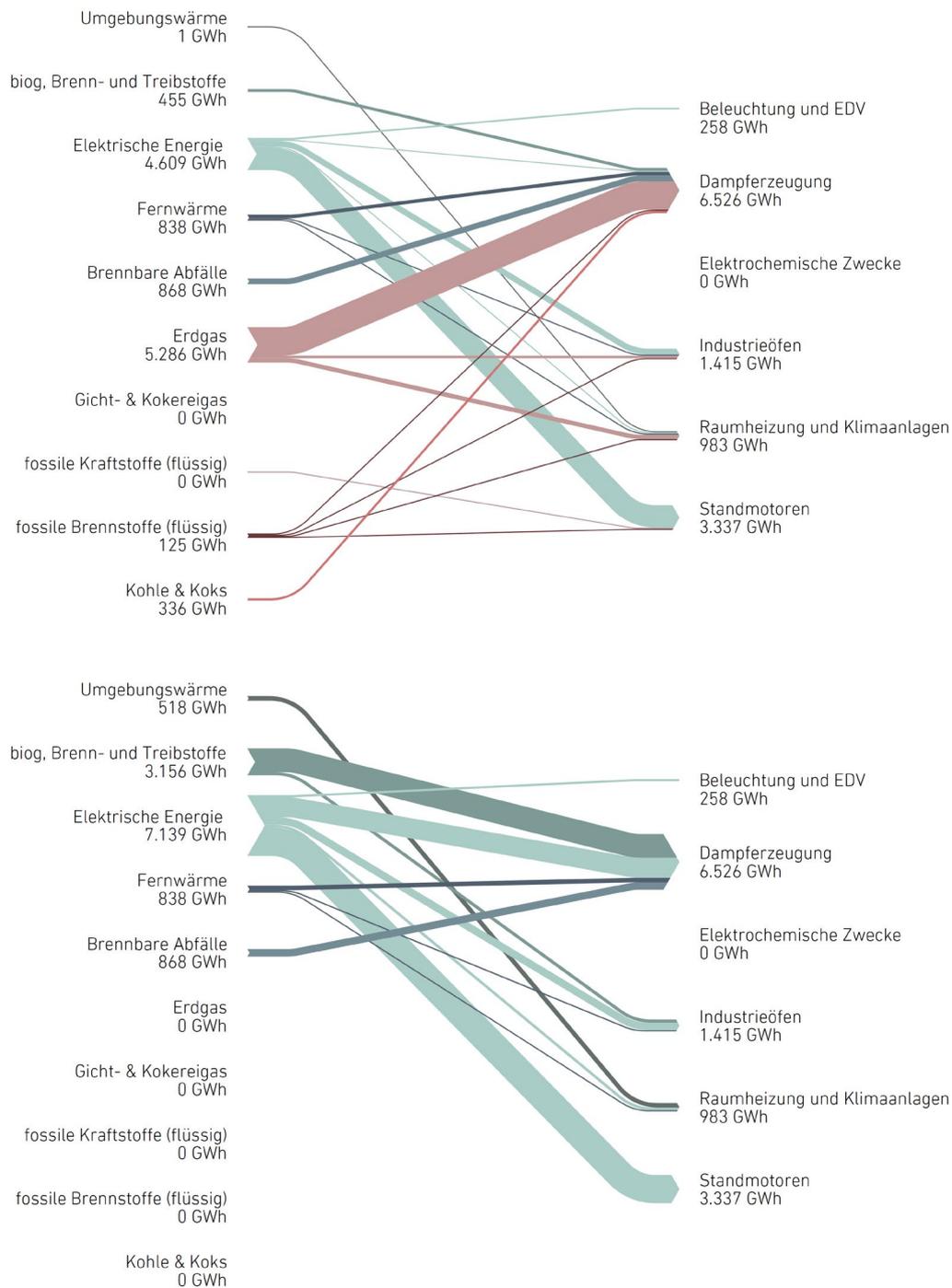


Abbildung 87  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

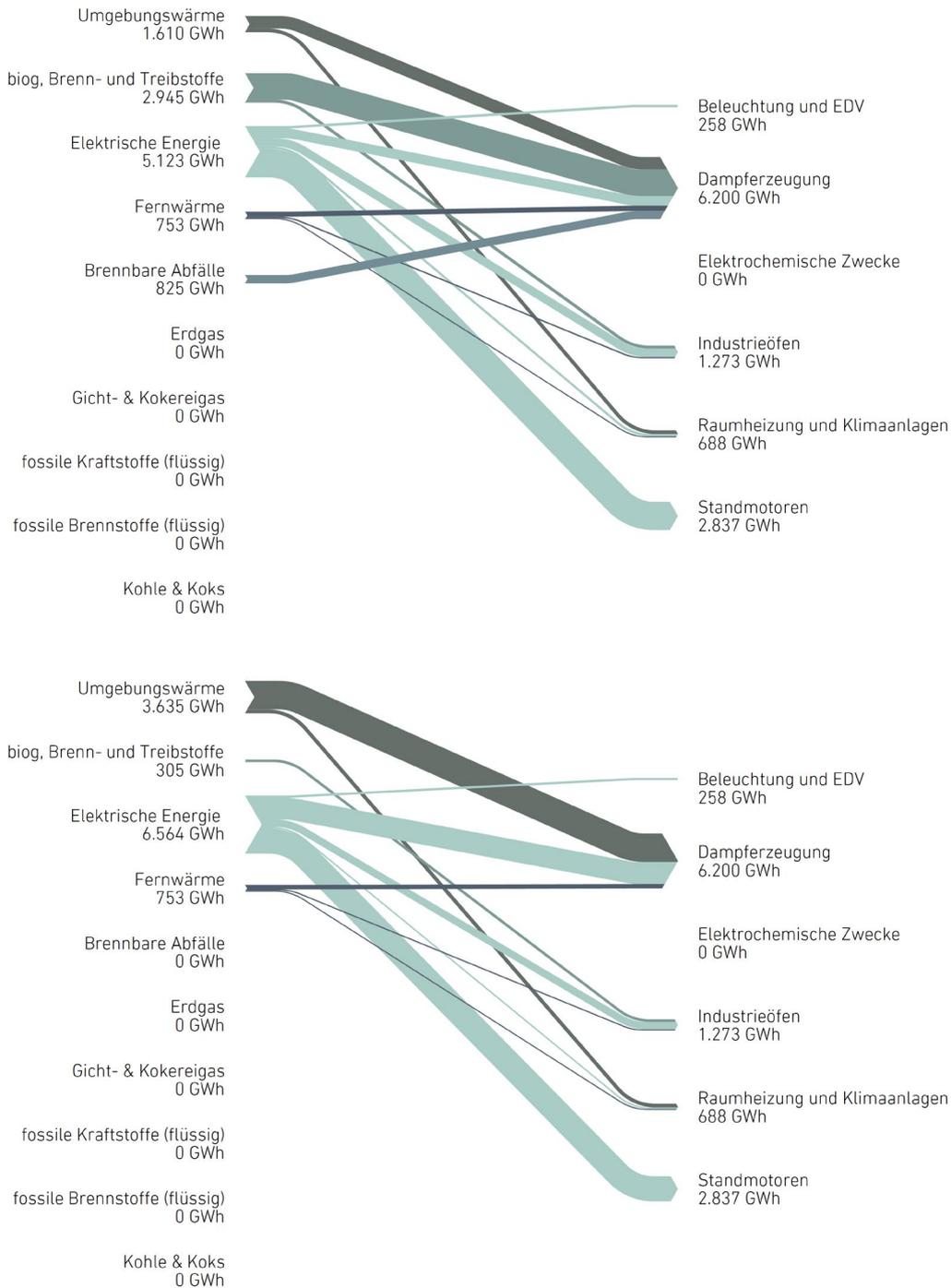


Abbildung 87  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Eisen- und Stahlerzeugung**

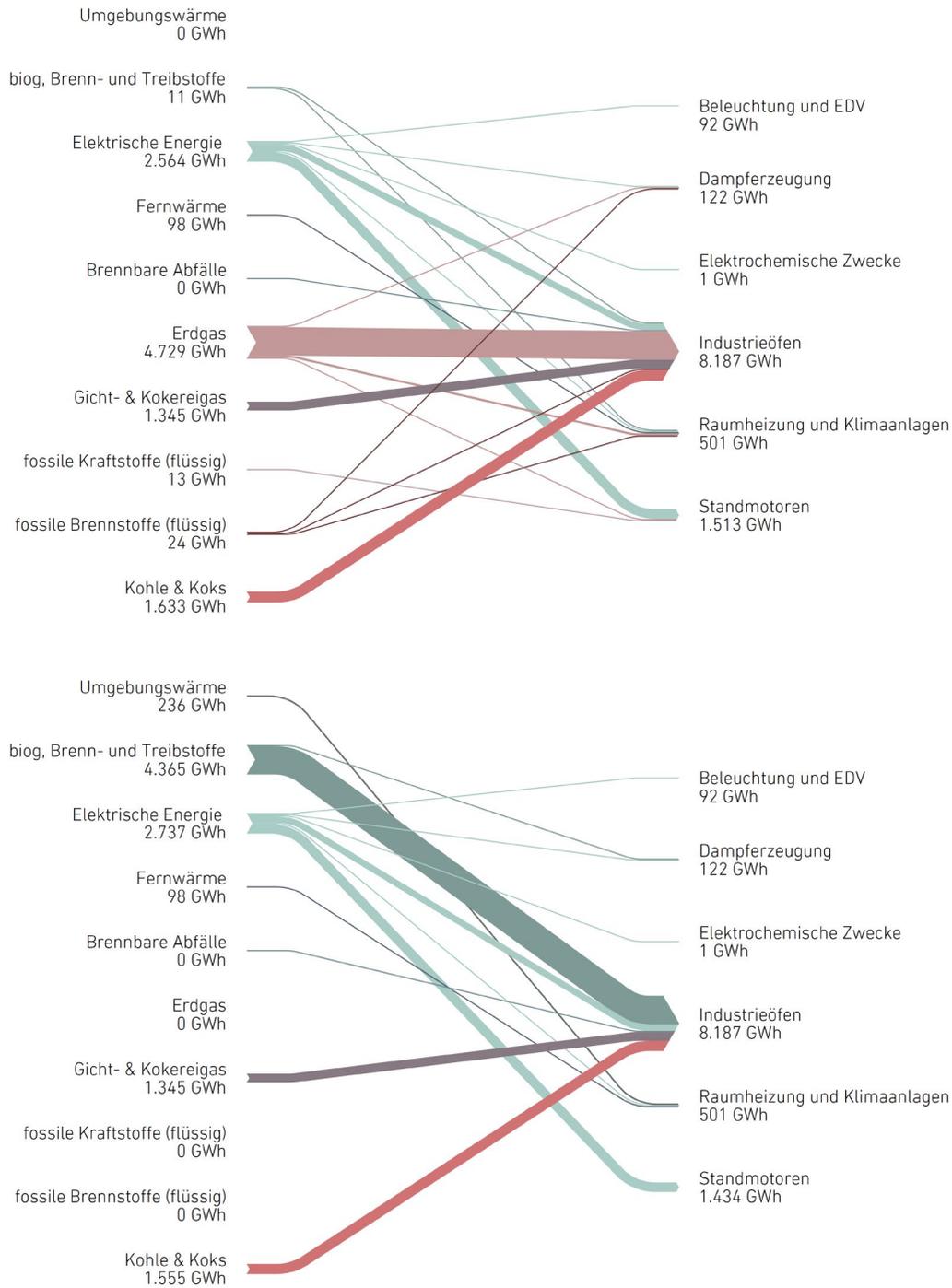


Abbildung 88  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

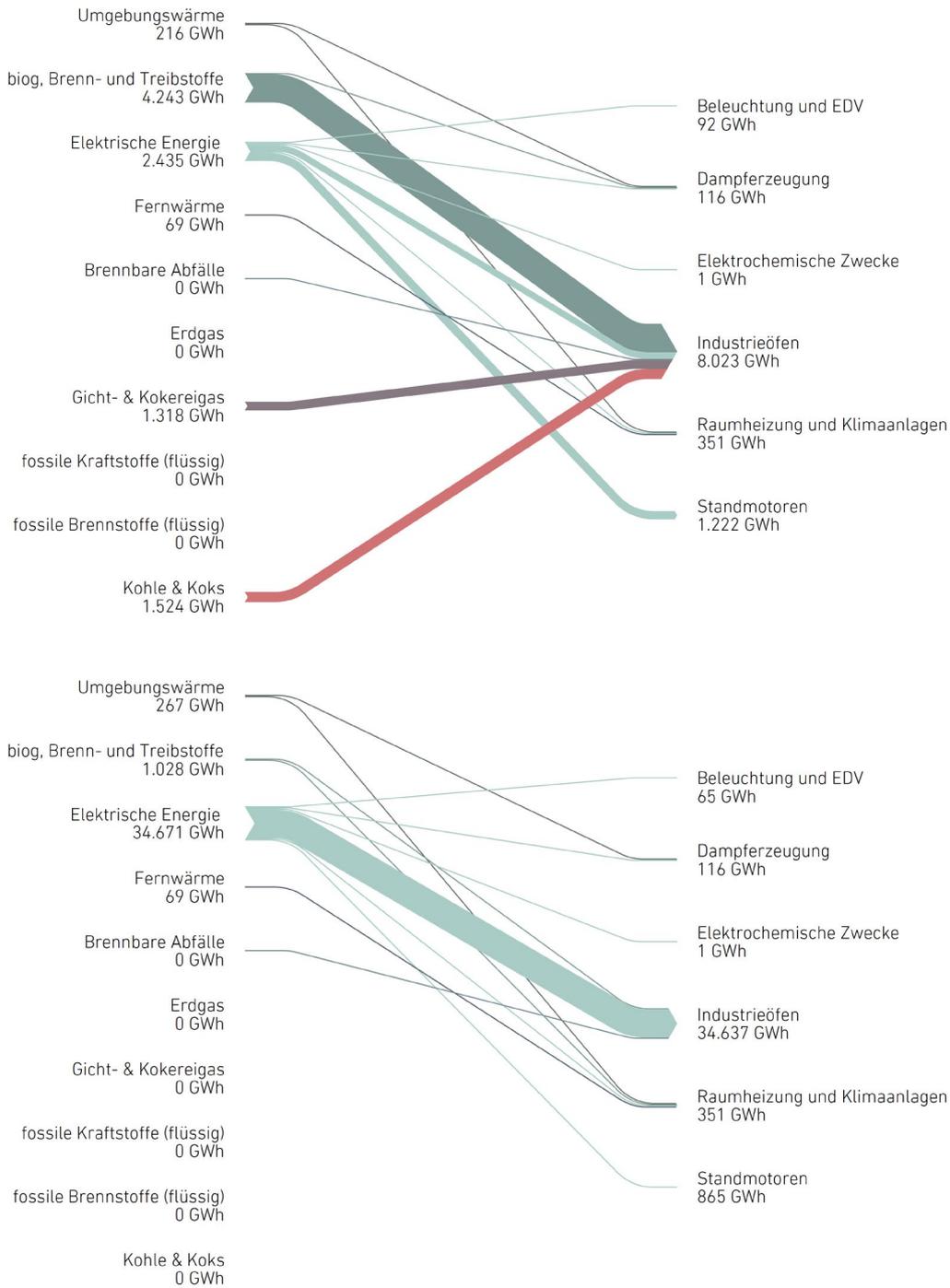


Abbildung 88  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Fahrzeugbau**

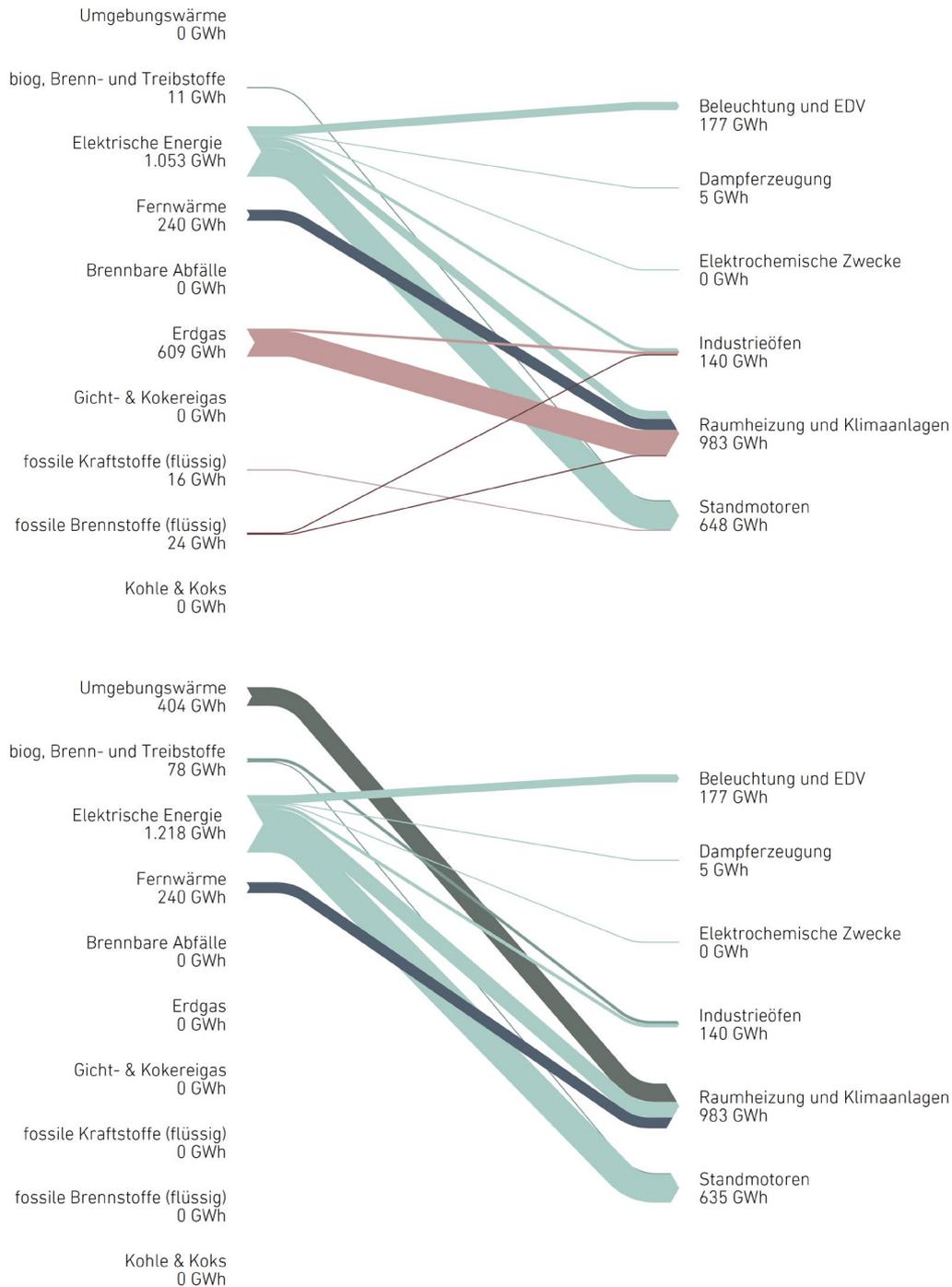


Abbildung 89  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

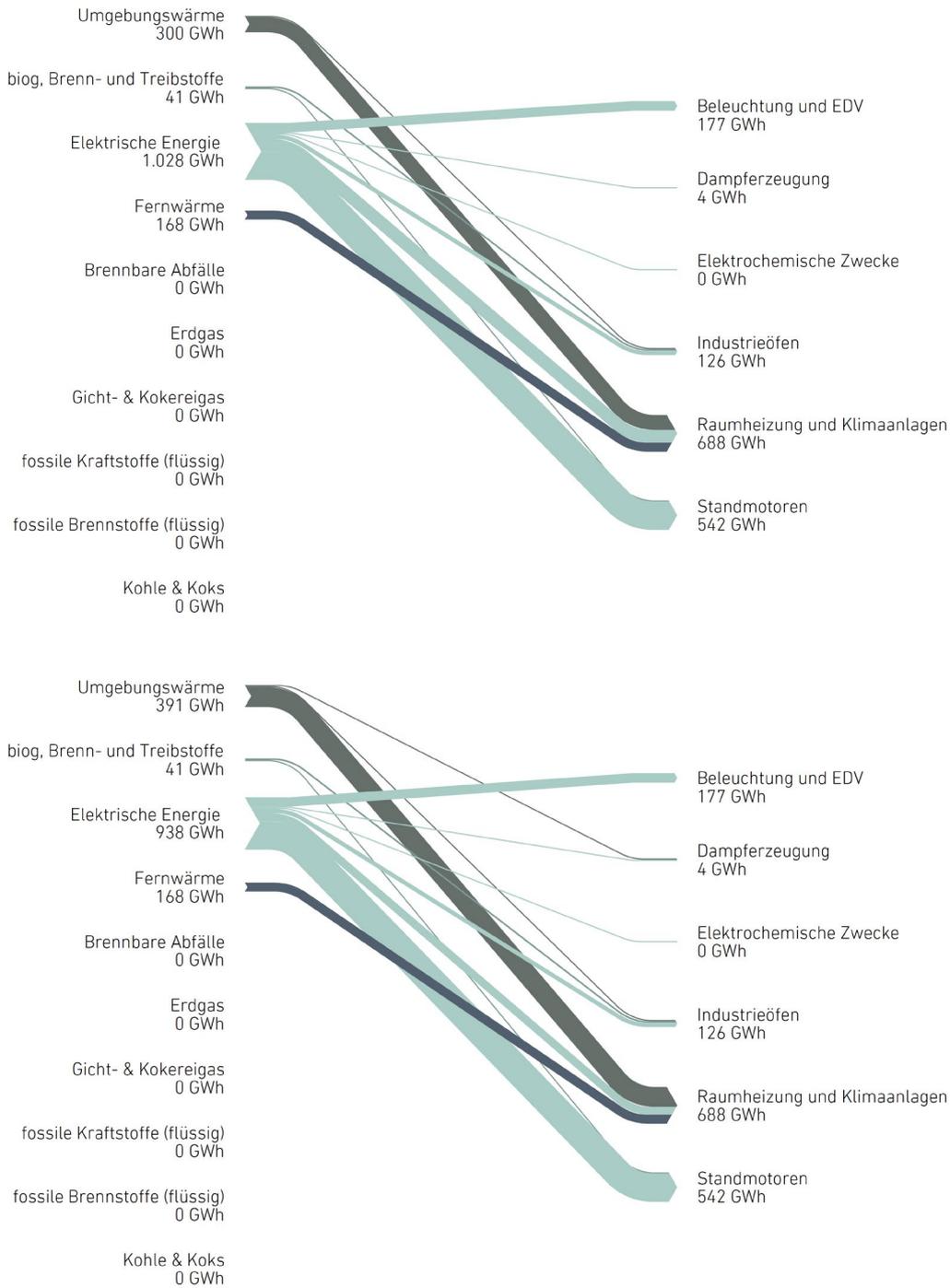


Abbildung 89  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Holzverarbeitung**

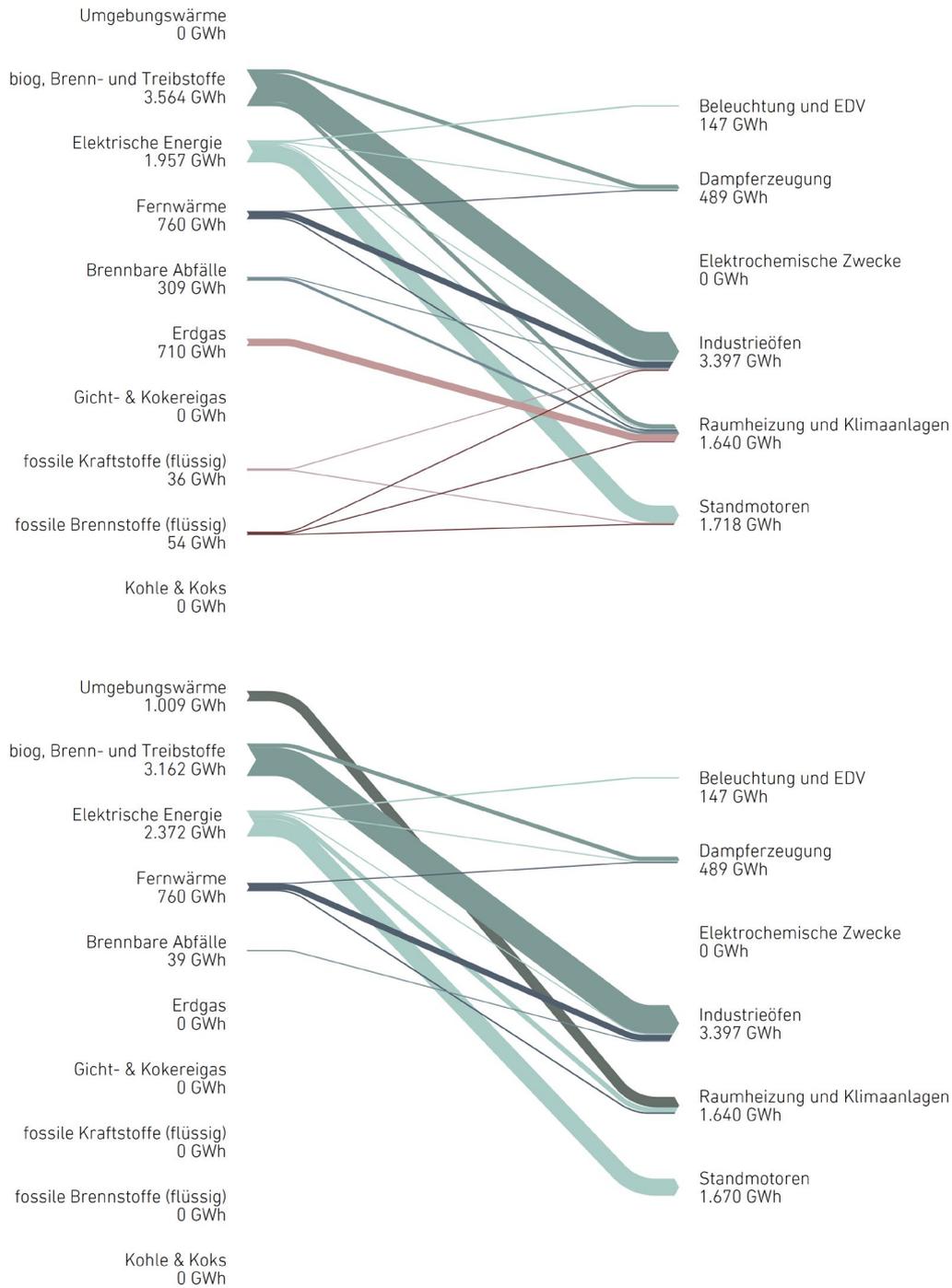


Abbildung 90  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

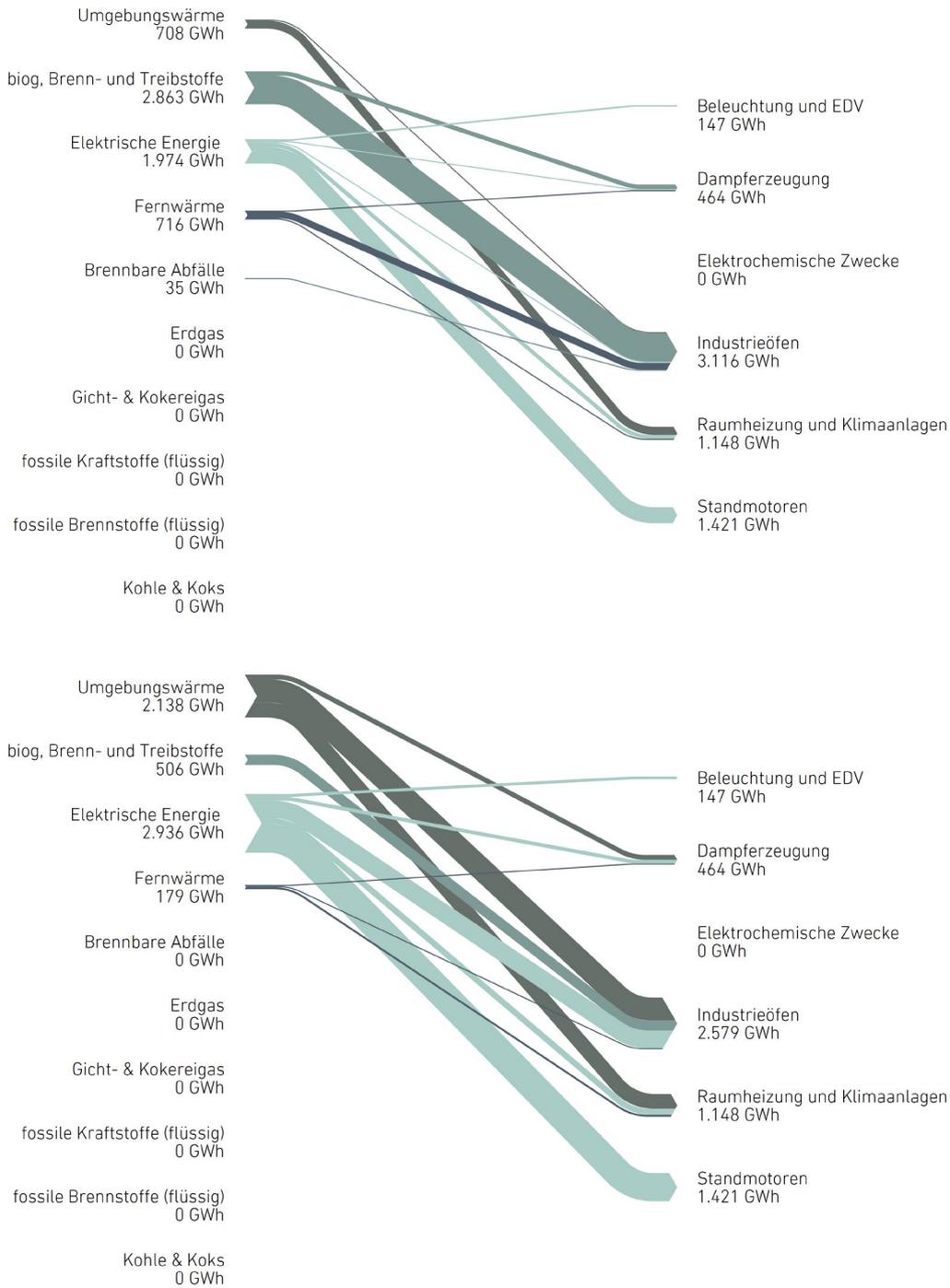


Abbildung 90  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Maschinenbau**

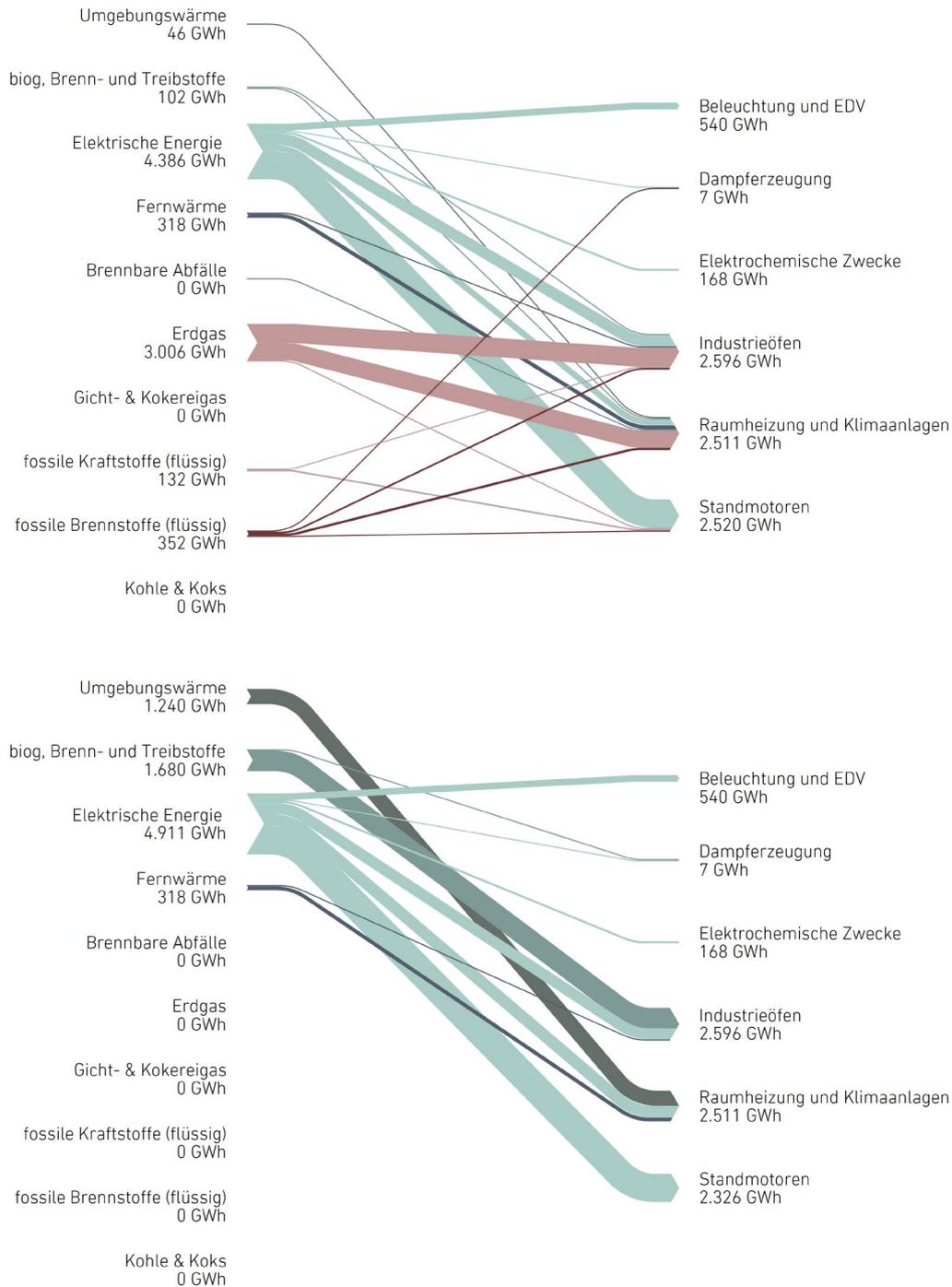


Abbildung 91  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

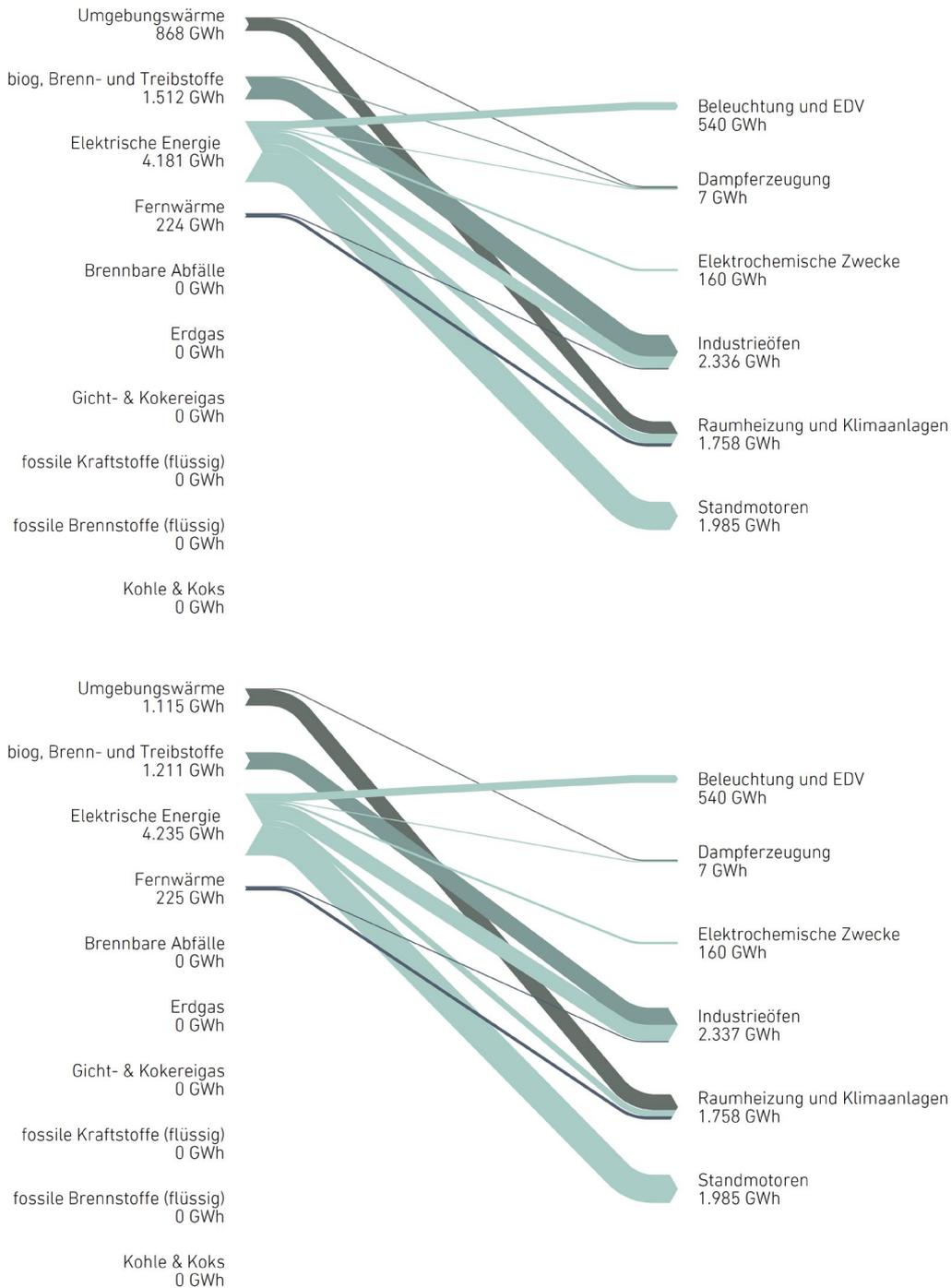


Abbildung 91  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Nahrungs- und Genussmittel, Tabak**

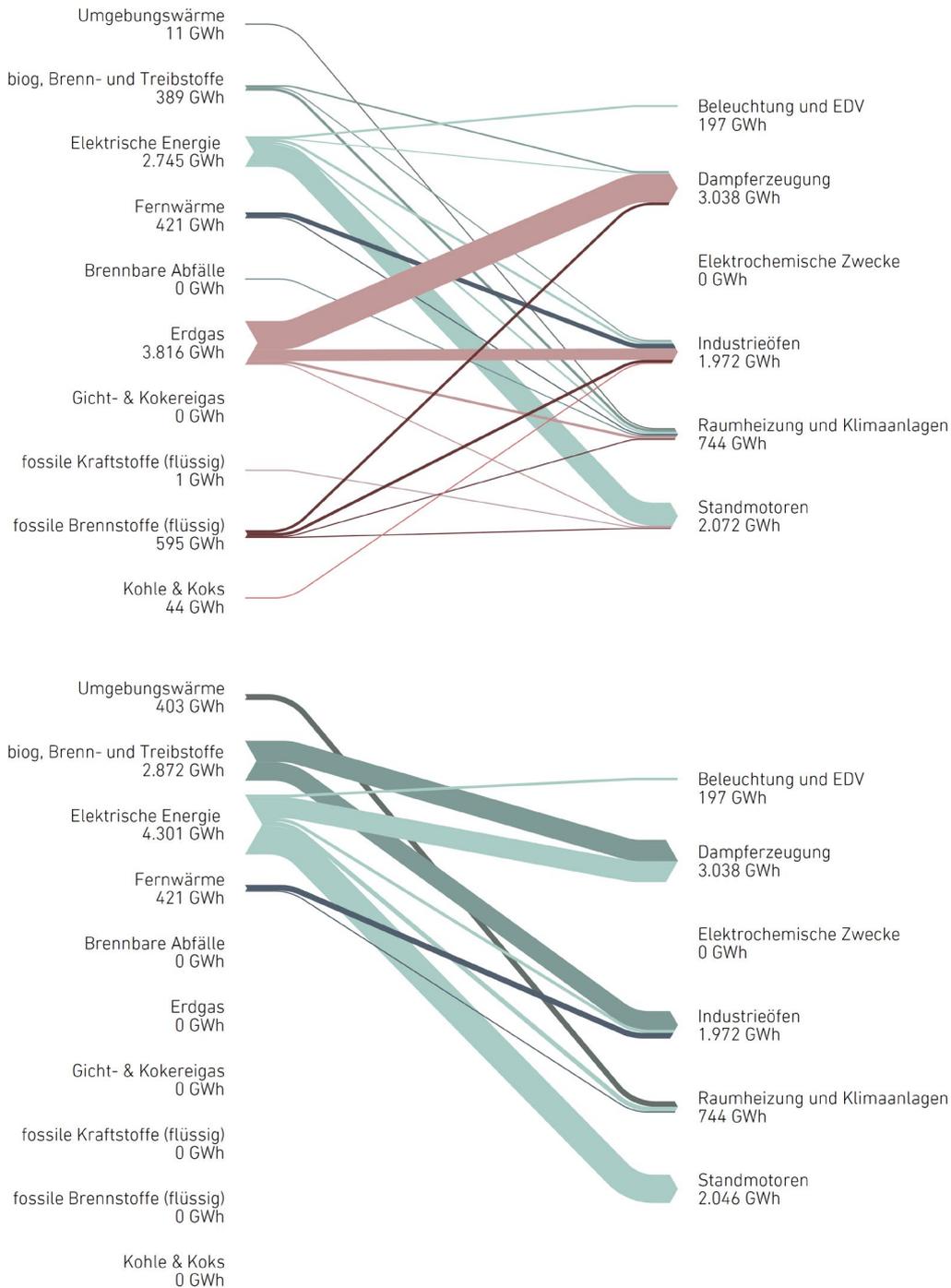


Abbildung 92  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

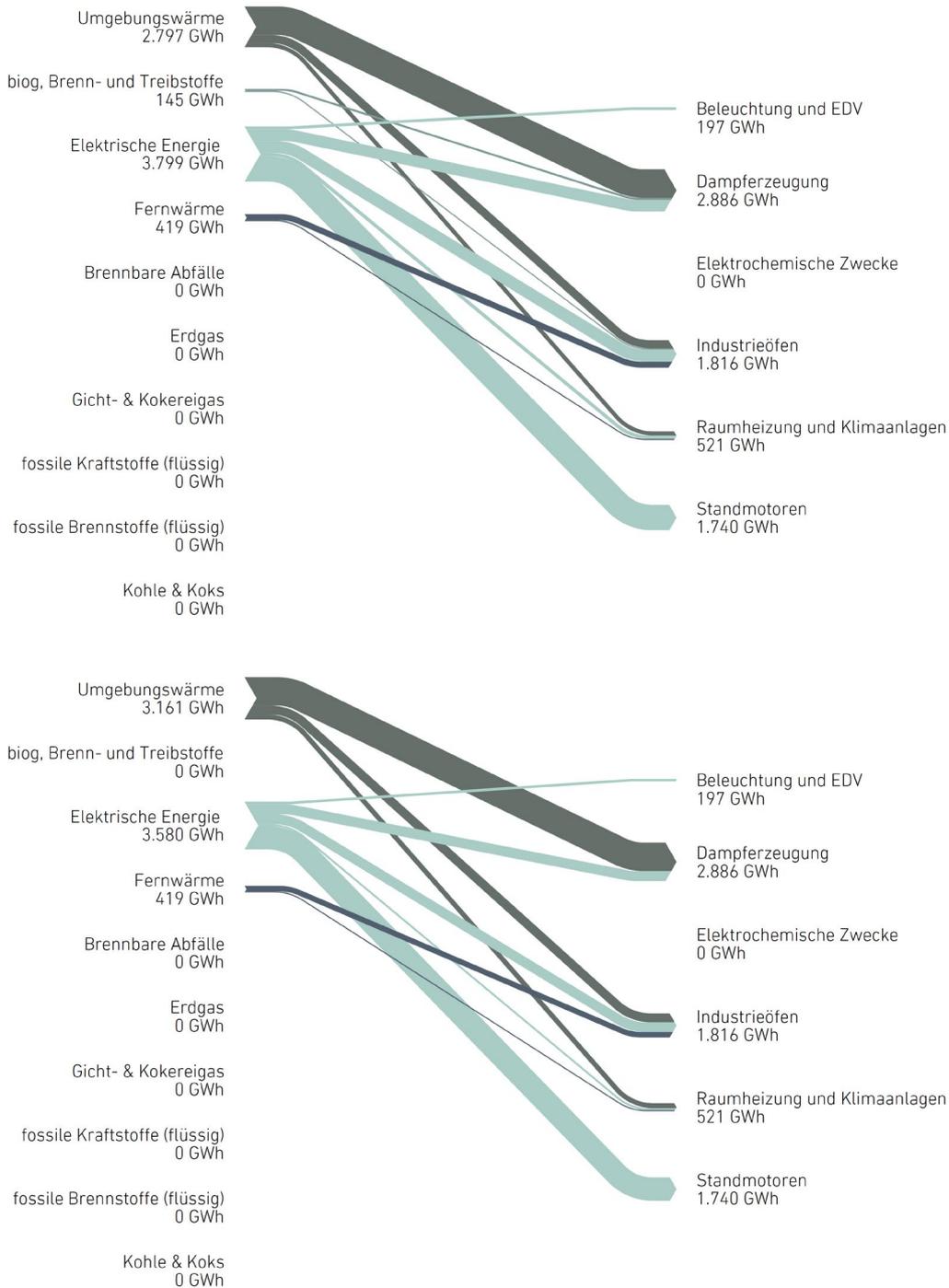


Abbildung 92  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Nichteisenmetalle**

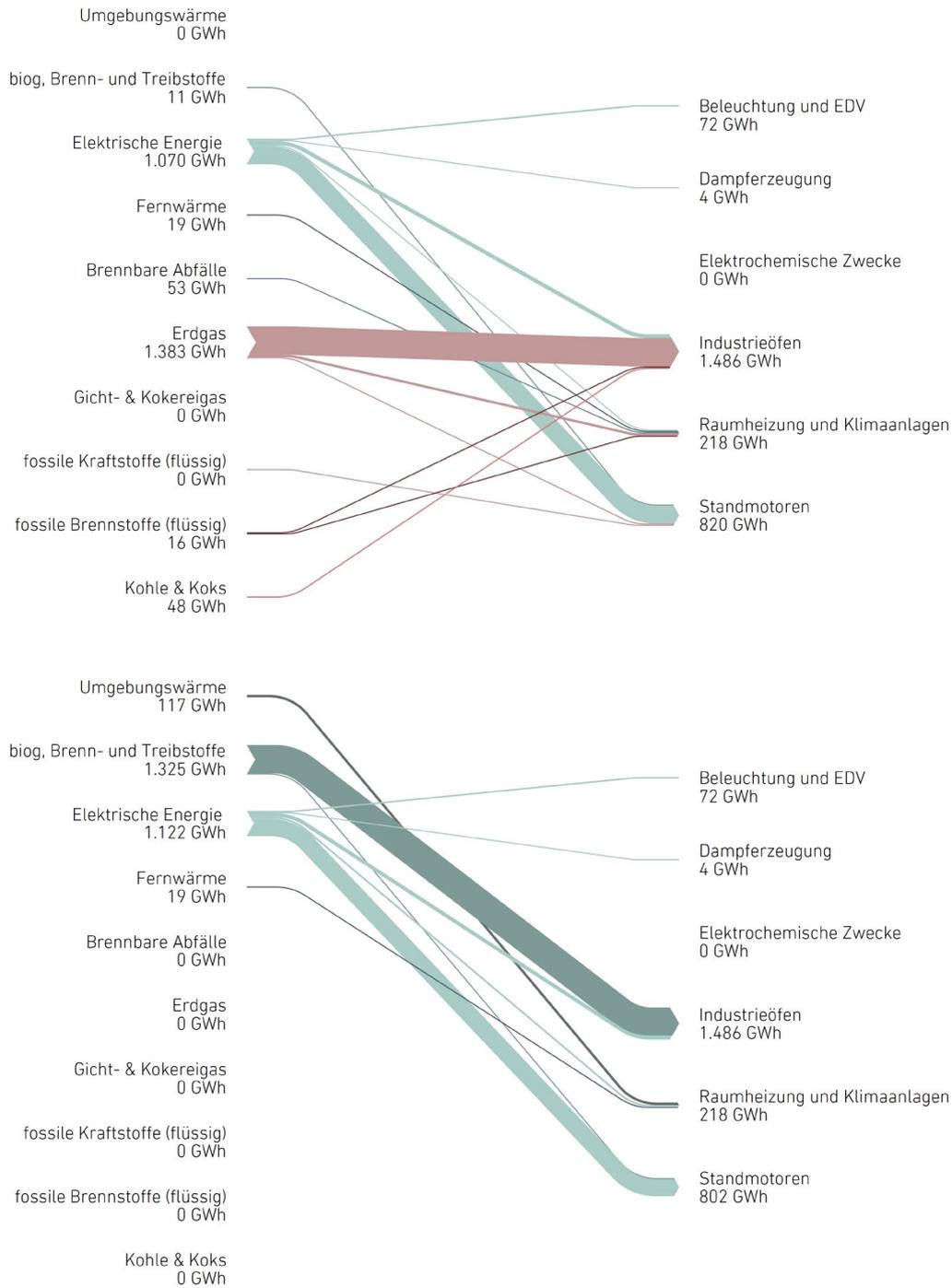


Abbildung 93  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

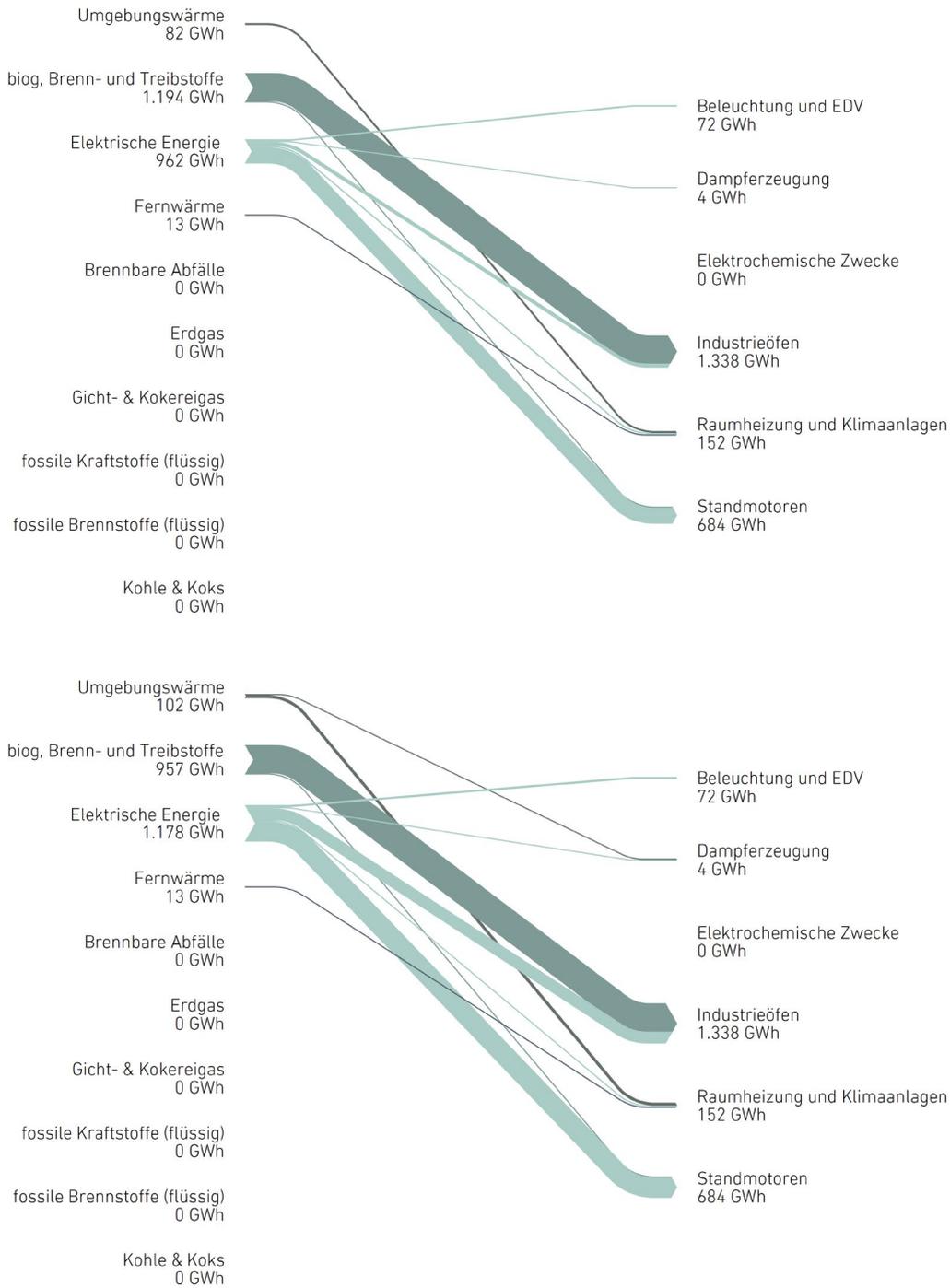


Abbildung 93  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Papier und Druck**

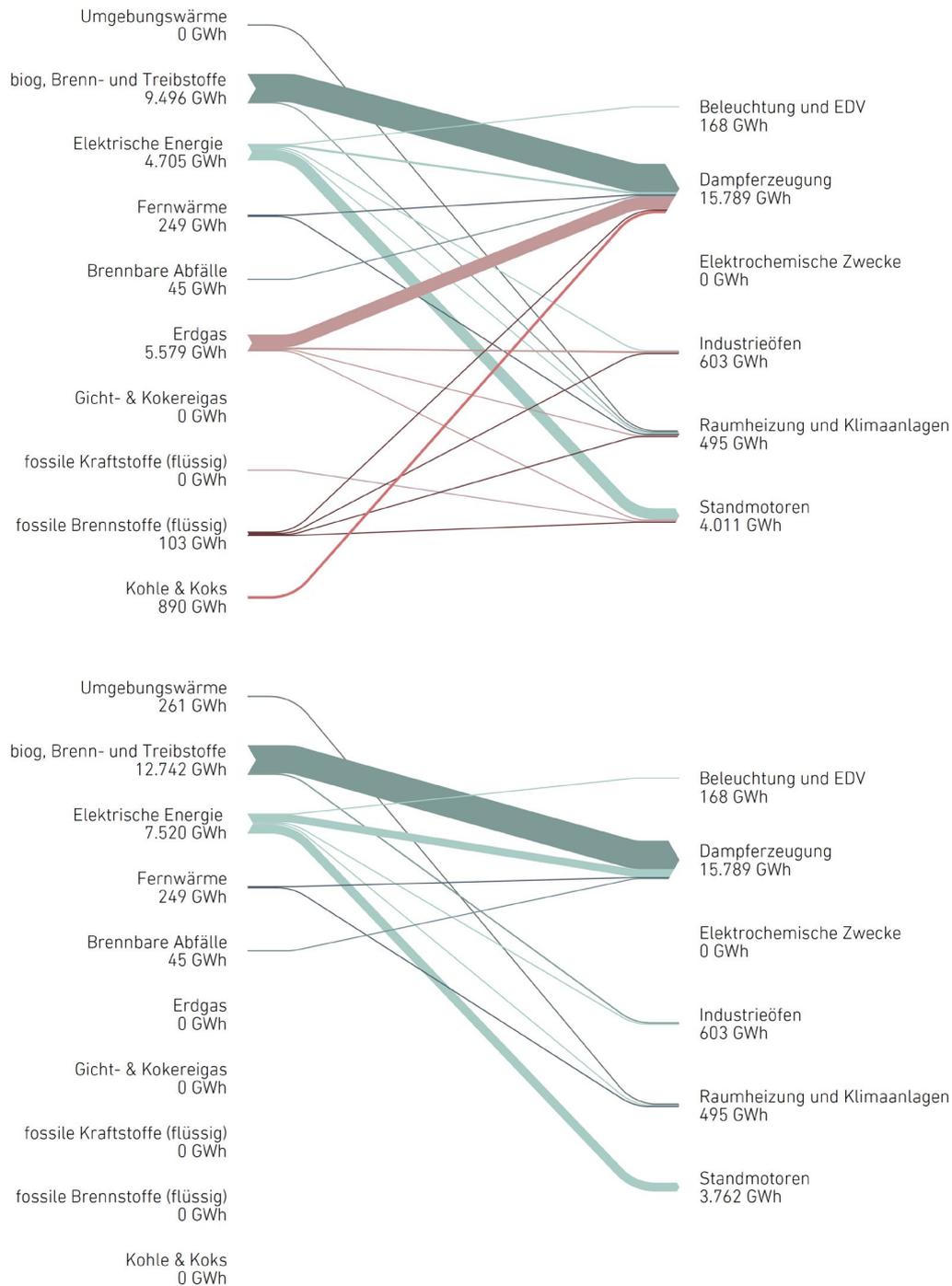


Abbildung 94  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

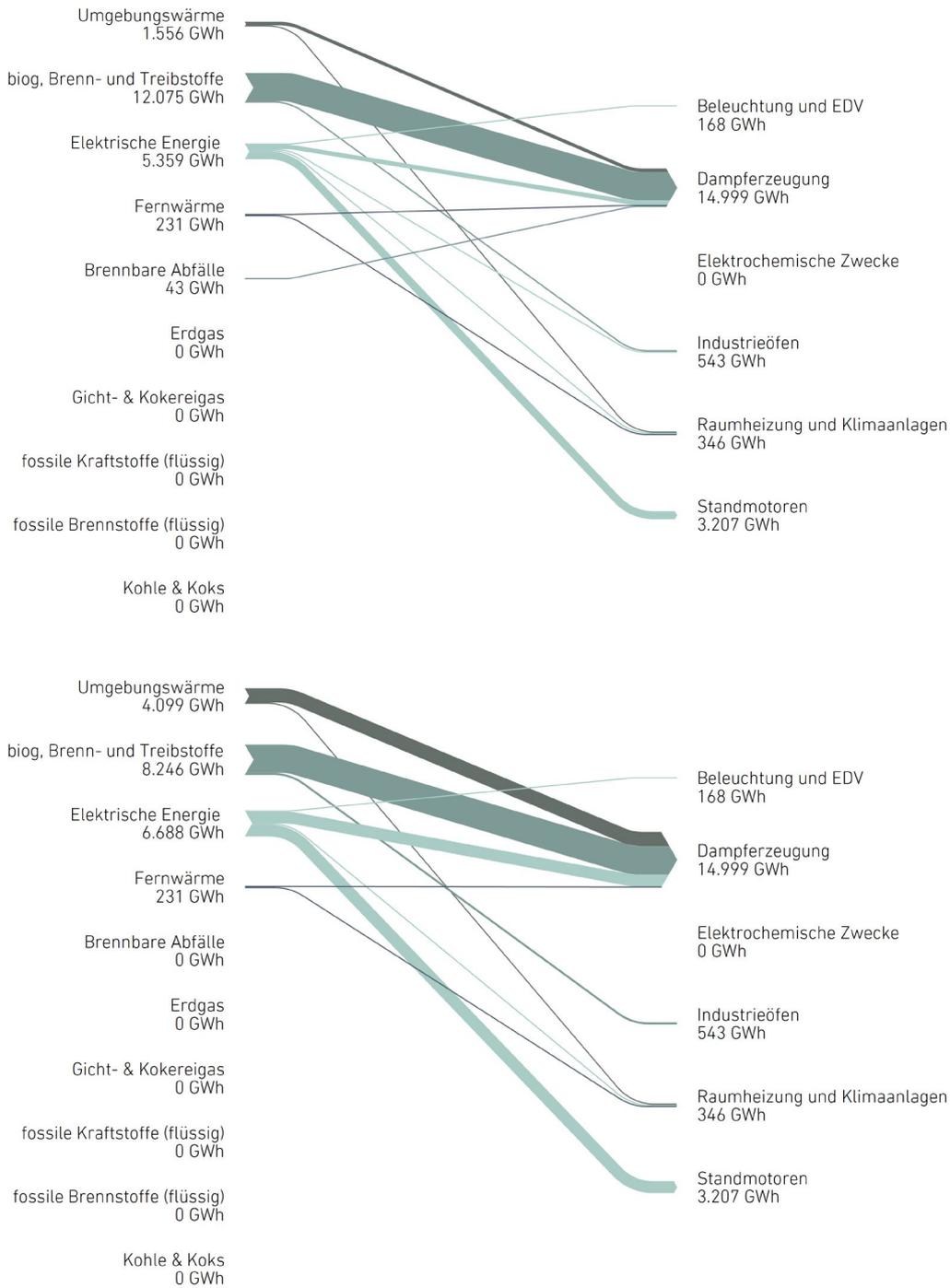


Abbildung 94  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Steine und Erden, Glas**

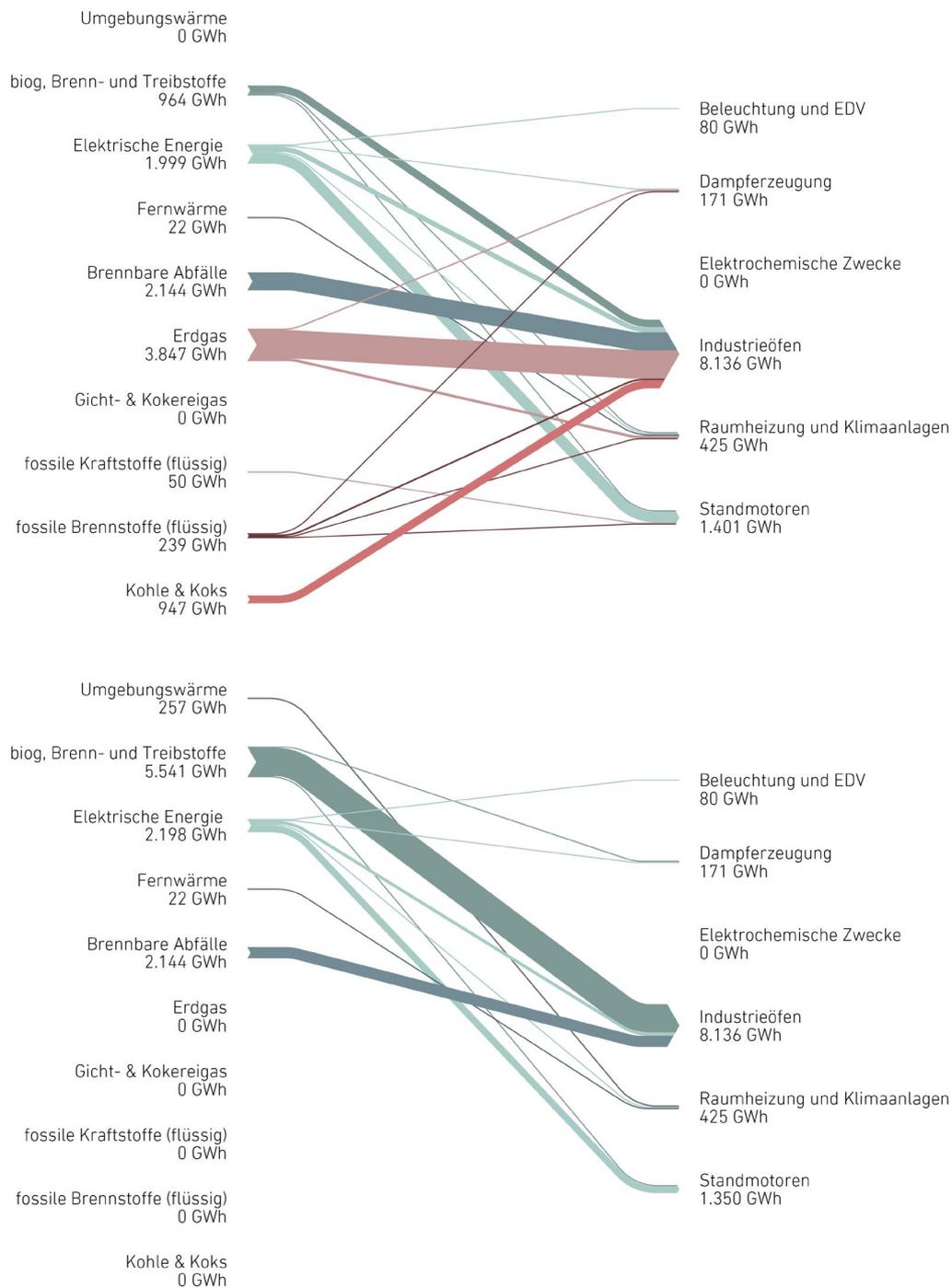


Abbildung 95  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

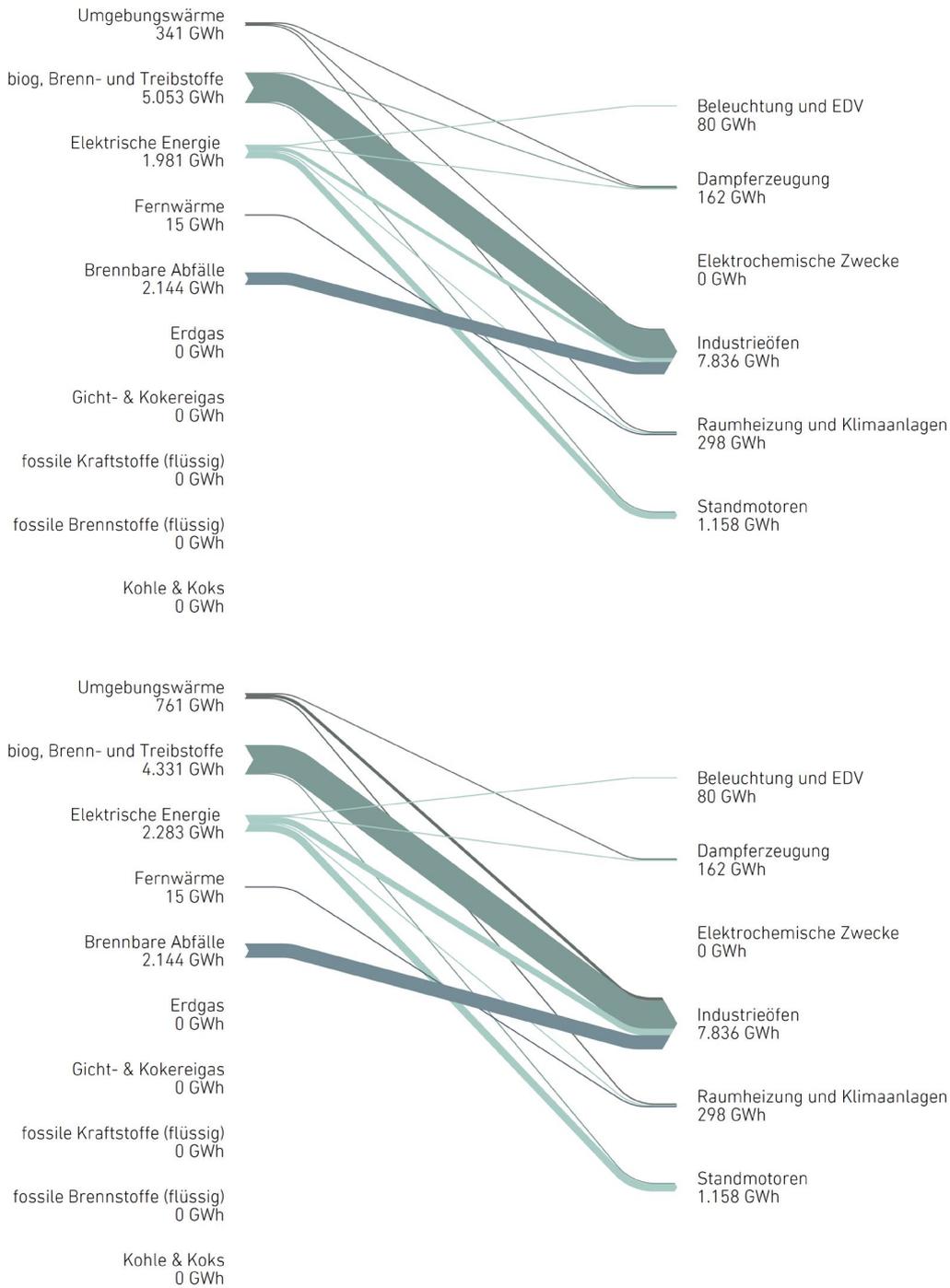


Abbildung 95  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Textil und Leder**

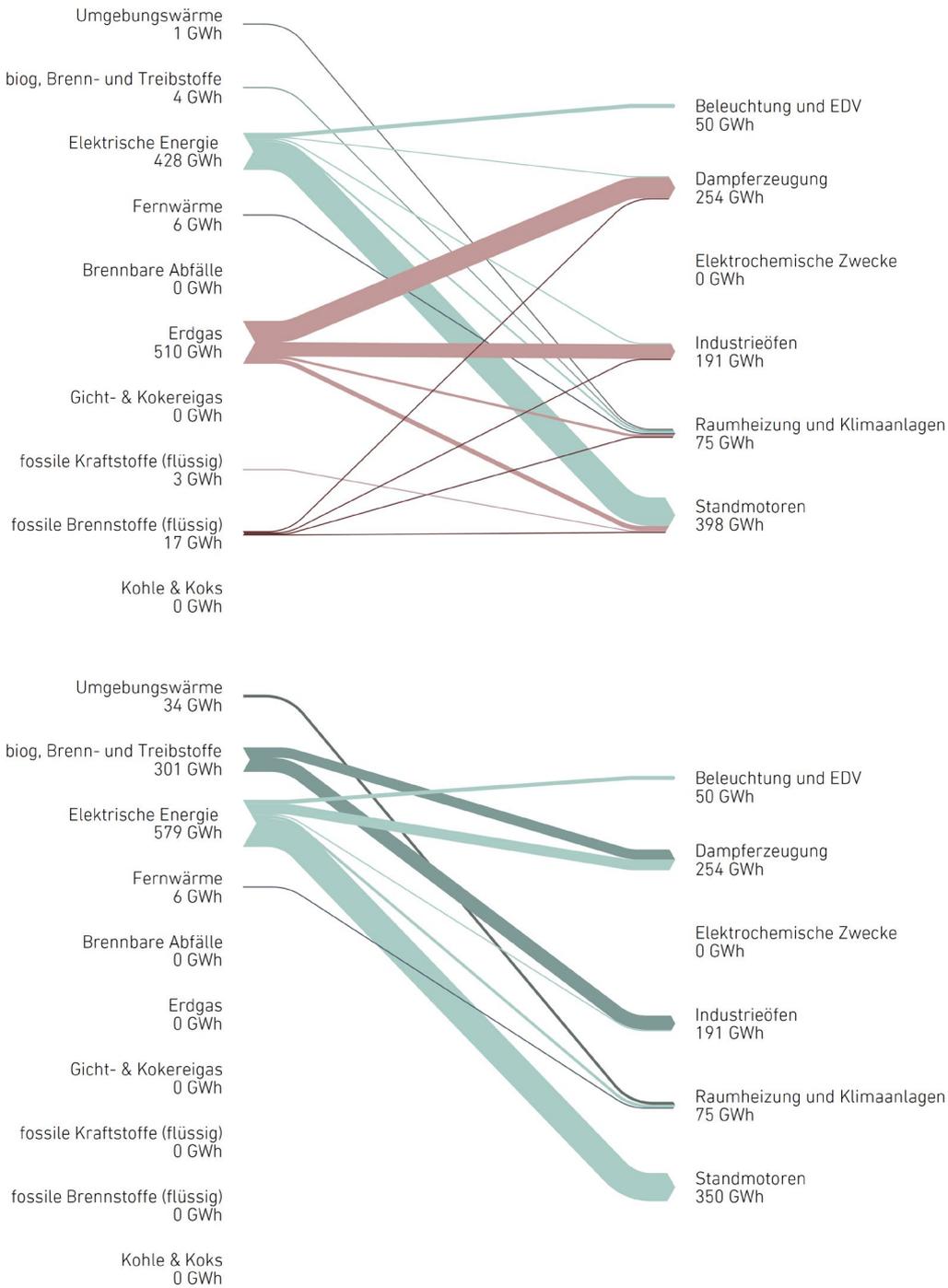


Abbildung 96  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

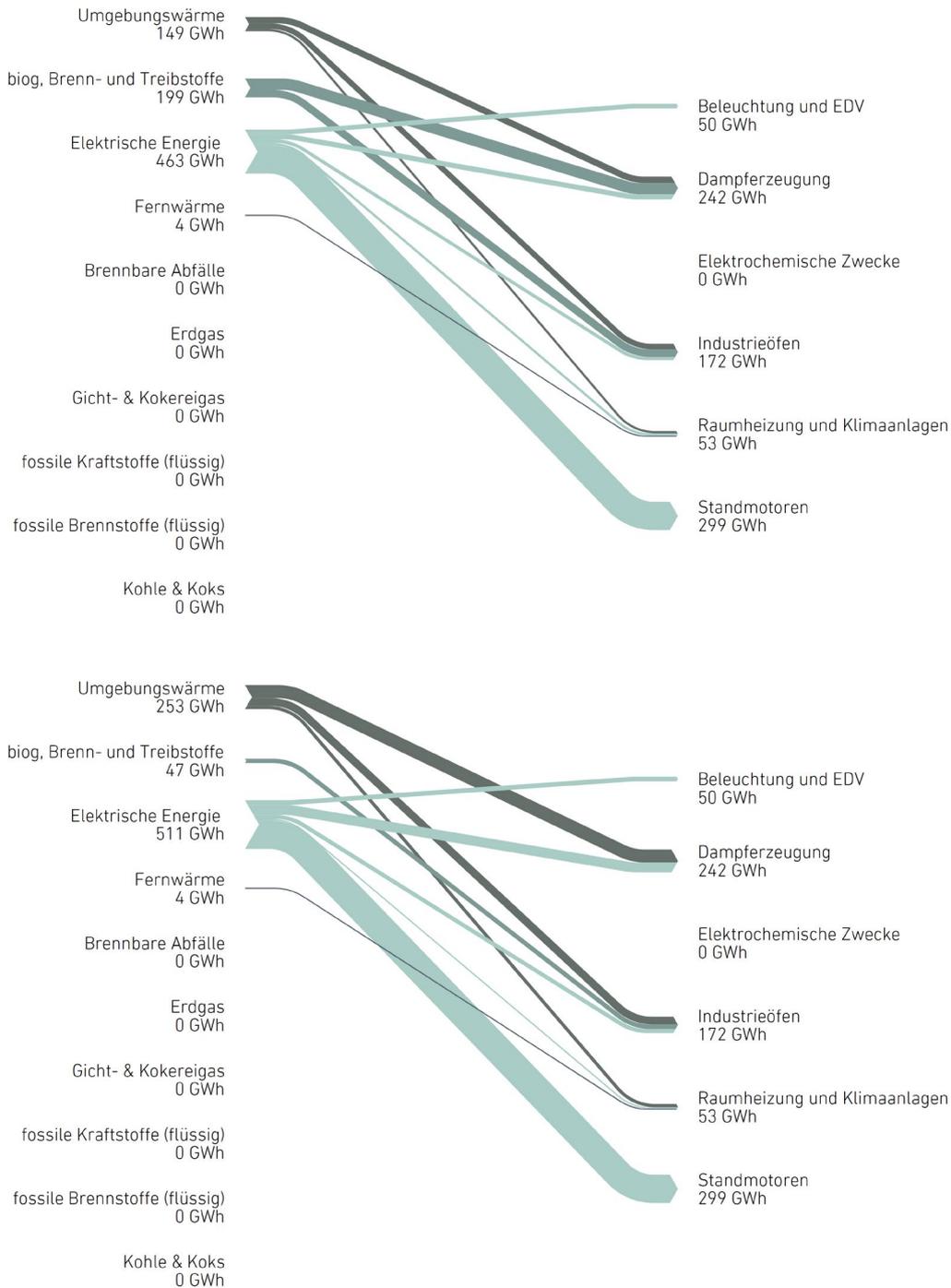


Abbildung 96  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

**Energieflussbild Sonstiger Produzierender Bereich**

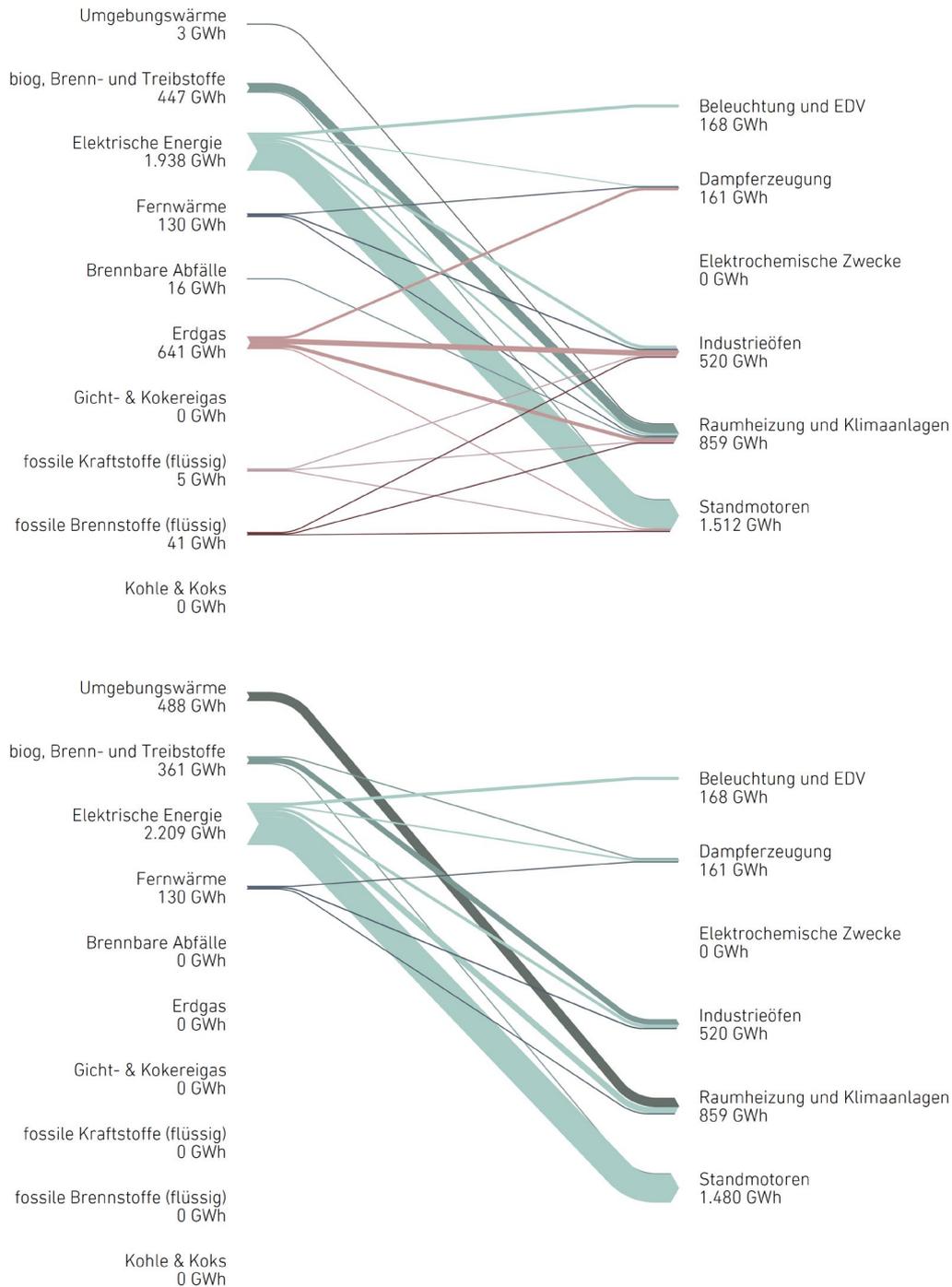


Abbildung 97  
 Status quo (oben)  
 Szenario Basis (unten)

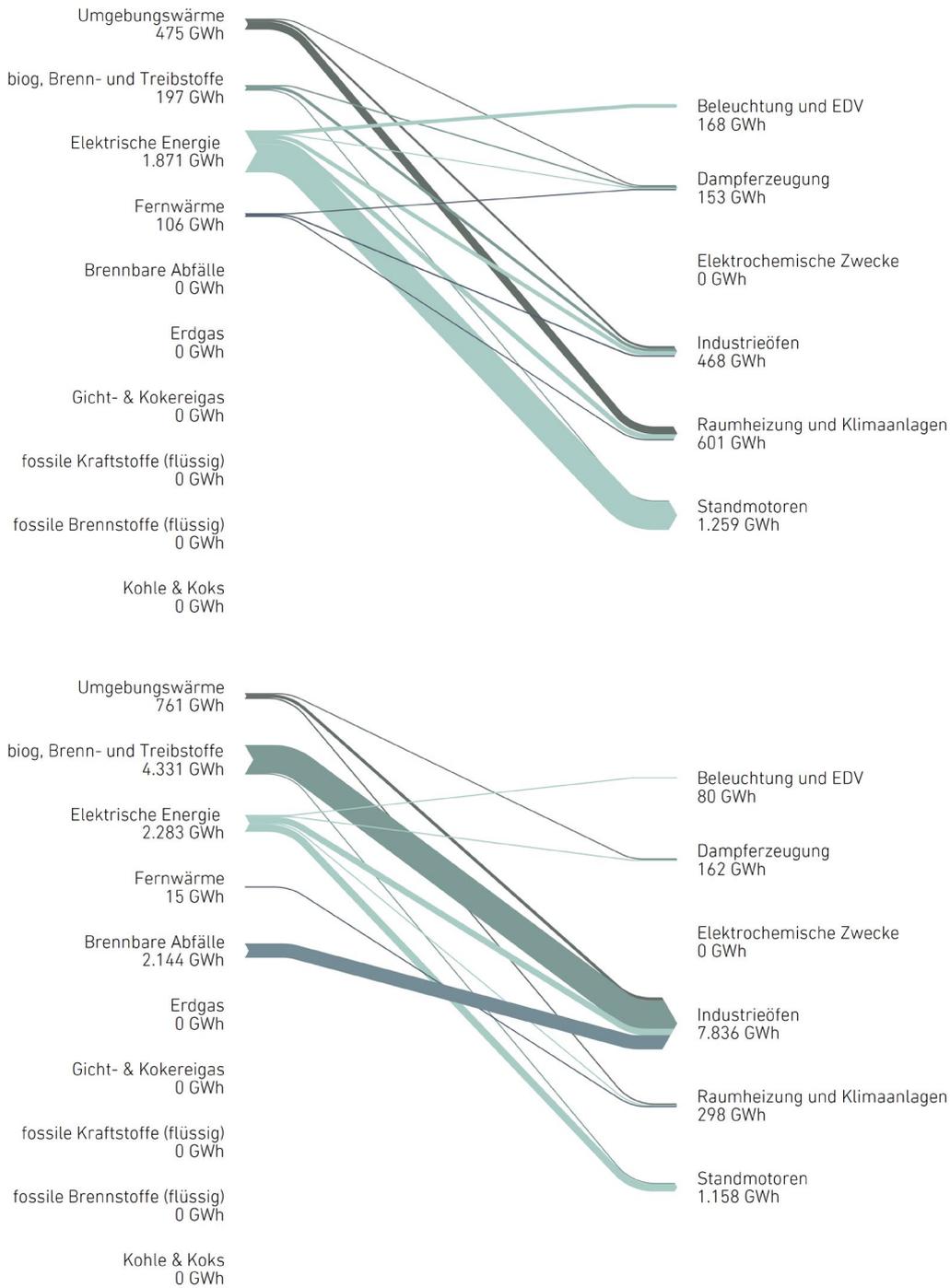
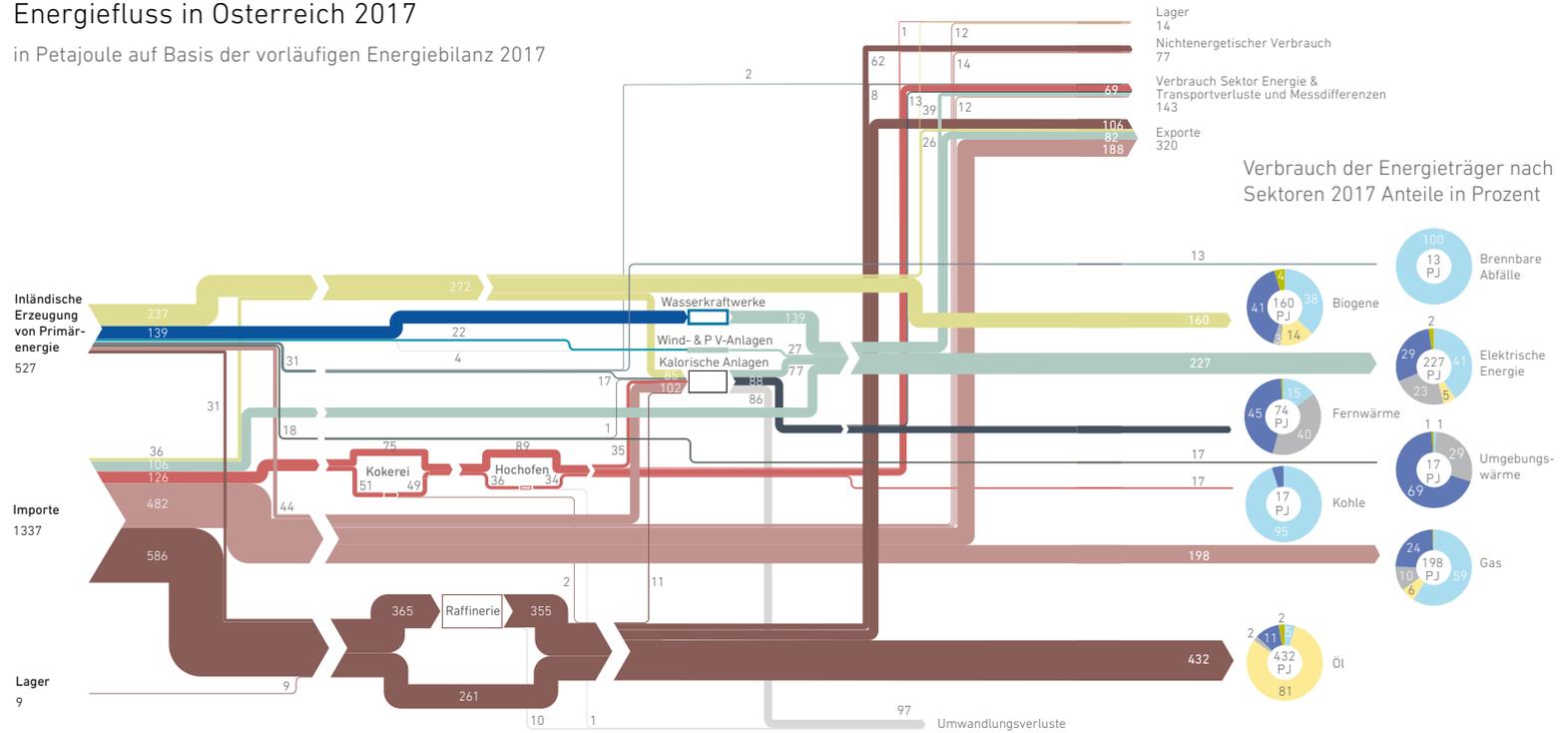


Abbildung 97  
 Szenario Effizienz (oben)  
 Szenario Umbruch (unten)

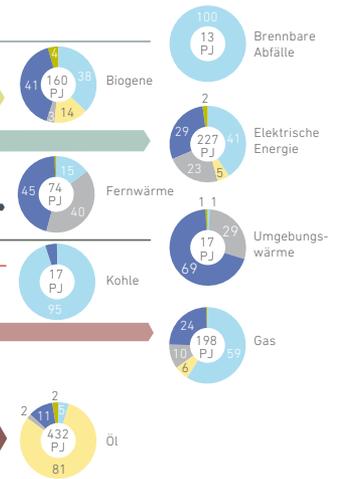
# Energieflussbild Österreich 2017

## Energiefluss in Österreich 2017

in Petajoule auf Basis der vorläufigen Energiebilanz 2017



Verbrauch der Energieträger nach Sektoren 2017 Anteile in Prozent



### Übersicht der Energieträger

- Biogene
- Windkraft
- Gas
- Elektrische Energie
- Wasserkraft
- Umgebungswärme
- Kohle
- Fernwärme
- Photovoltaik
- Brennbare Abfälle
- Öl
- Verluste

### Übersicht der Sektoren

- Produzierender Bereich
- Private Haushalte
- Verkehr
- Landwirtschaft
- Dienstleistungen

Abbildung 98  
 Energiefluss in Österreich 2017 in Petajoule auf Basis der vorläufigen Energiebilanz 2017 [5]

Entwicklung energetischer Endverbräuche nach industriellen Sektoren

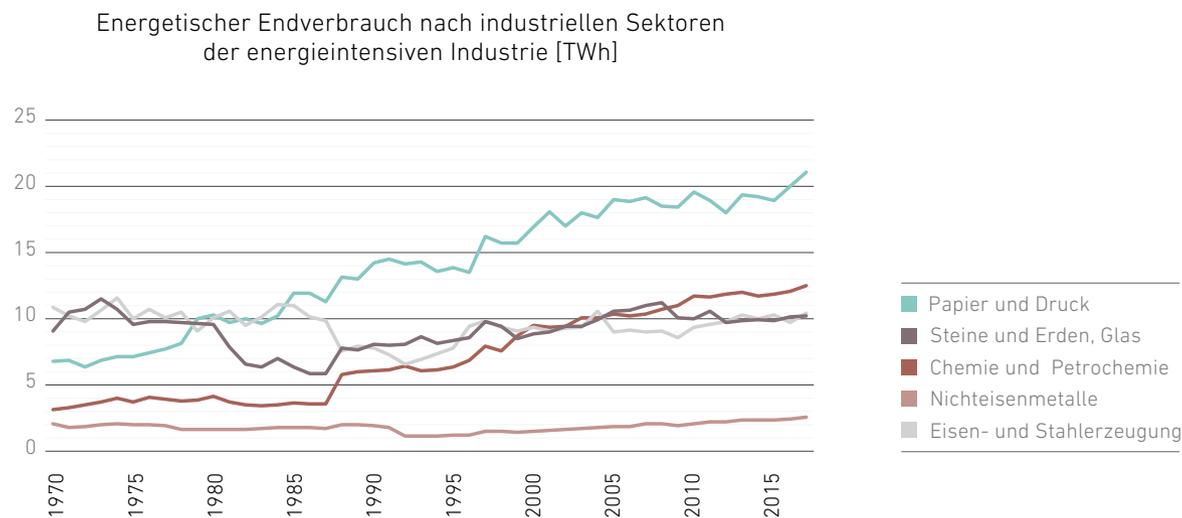


Abbildung 99  
Entwicklung von energetischen Endverbräuchen nach industriellen Sektoren der energieintensiven Industrie in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])

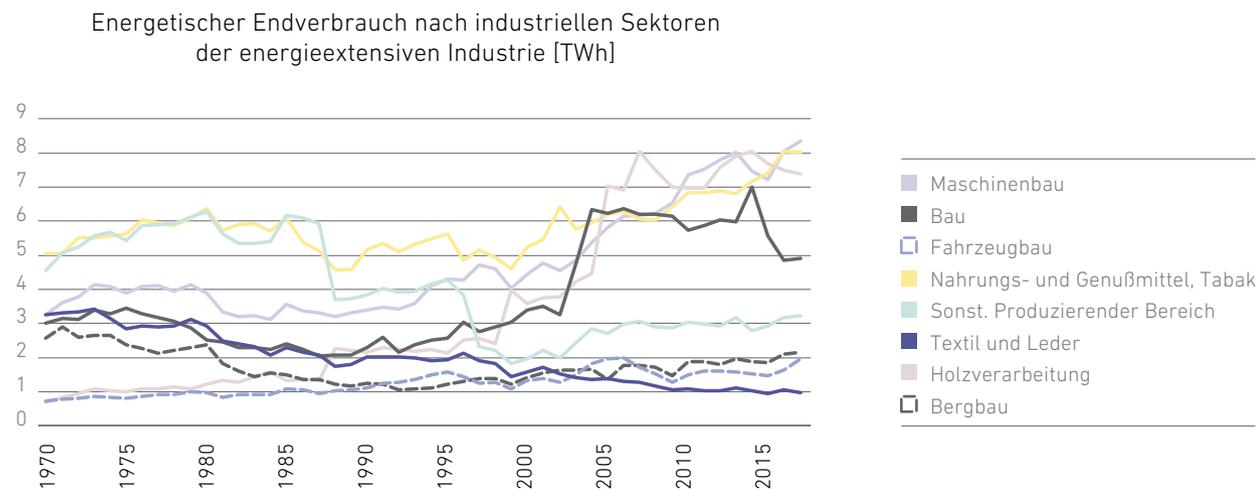


Abbildung 100  
Entwicklung von energetischen Endverbräuchen nach industriellen Sektoren der energieextensiven Industrie in TWh von 1970 bis 2017 (eigene Darstellung nach [7])

**Kraftwerkspark**

Übersicht Kraftwerkstypen in Österreich (2017)

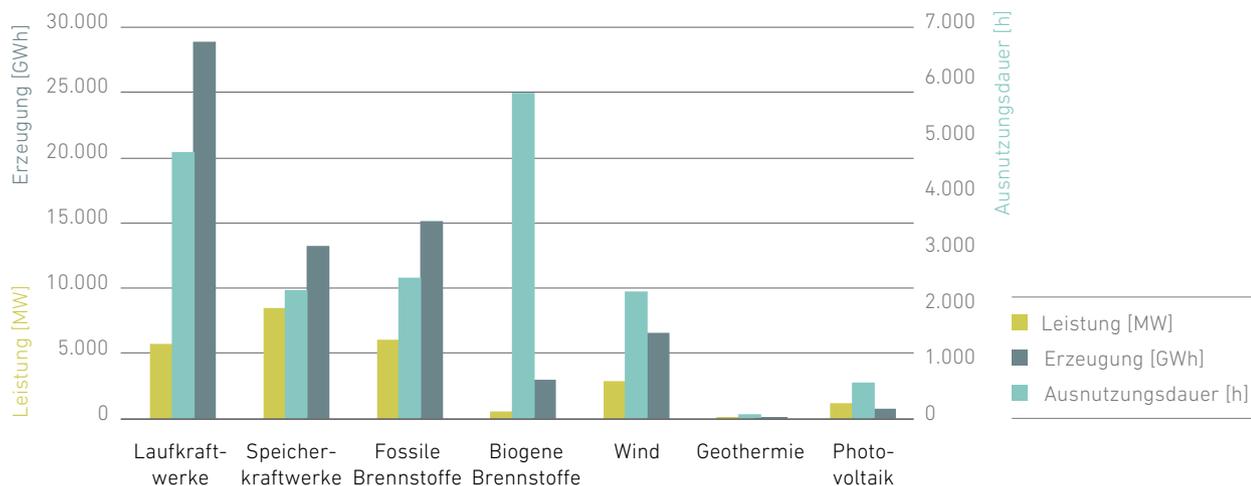


Abbildung 101  
Übersicht der Kraftwerkstypen in Österreich für das Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [13])

Aggregierte Übersicht Kraftwerkspark in Österreich (2017)

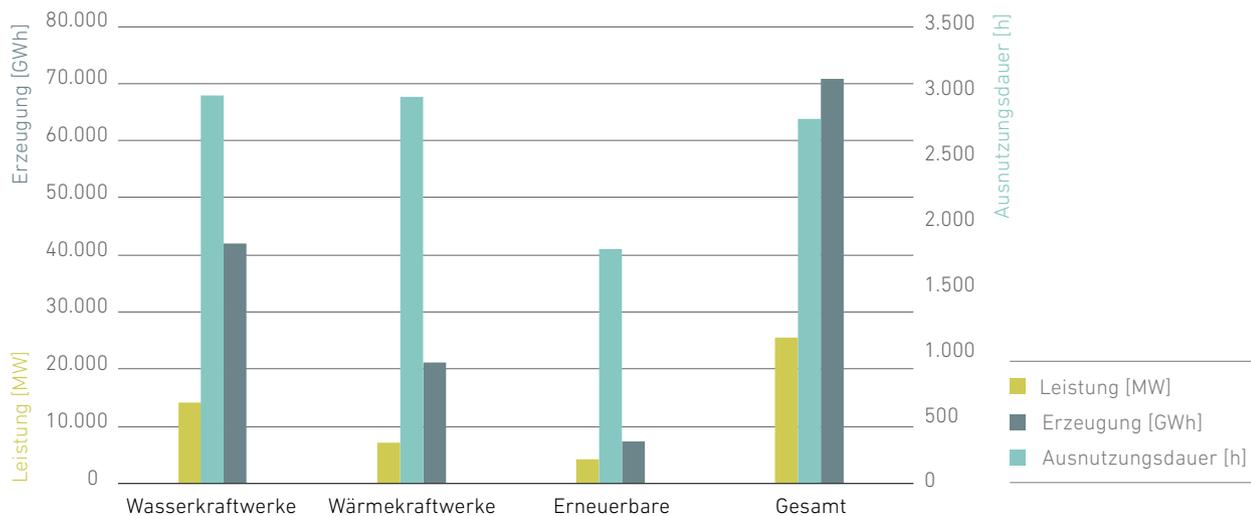


Abbildung 102  
Aggregierte Übersicht des Kraftwerkspark aufgeteilt in Wasserkraftwerke, Wärmekraftwerke und Erneuerbare in Österreich für das Jahr 2017 (eigene Darstellung nach [13])

Kraftwerkspark in Österreich							
Stichtag: 31. Dezember 2017 (Datenstand: August 2018)							
Erzeugungskomponente / Kraftwerkstyp			Zuordenbare und andere Kraftwerke				
			Anzahl (a)	Leistung in MW (a)	Erzeugung in GWh	Ausnutzungsdauer in h	
Wasserkraftwerke	Laufkraftwerke	bis 10 MW	2.824	1.219	5.243	4.300	
		über 10 MW	93	4.495	23.634	5.258	
	Speicherkraftwerke	bis 10 MW	46	180	546	3.044	
		über 10 MW	66	8.256	12.665	1.534	
	Summe Wasserkraftwerke			3.029	14.150	42.088	2.974
Wärme- kraftwerke (b)	Fossile Brennstoffe und Derivate	Steinkohle	2	598	1.573	2.631	
		Braunkohle				k.A.	
		Derivate <sup>1</sup>	6	414	2.094	5.059	
		Erdöl- derivate <sup>2</sup>	6	168	882	5.239	
		Erdgas	59	4.853	10.616	2.187	
		Summe	73	6.034	15.166	2.514	
	Biogene Brennstoffe	fest <sup>3</sup>	123	400	2.340	5.845	
		flüssig <sup>3</sup>	20	1.339	0	173	
		gasförmig <sup>3</sup>	286	85	575	6.788	
		Klär- und Deponiegas <sup>3</sup>	49	22	46	2.086	
		Summe <sup>3</sup>	478	509	2.962	5.822	
	Sonstige Biogene <sup>4</sup>			3	100	481	4.825
	Sonstige Brennstoffe <sup>5</sup>			11	105	667	6.342
	Mischfeuerung			9	436	1.996	4.576
	Summe Wärmekraftwerke			574	7.183	21.272	2.961
(davon KWK-Anlagen)			(164)	(6.188)	(19.208)	(3.104)	
Erneuerbare	Wind		529	2.887	6.569	2.276	
	Photovoltaik <sup>6</sup>		115.395	1.193	767	643	
	Geothermie		2	1	0	83	
	Summe Erneuerbare			115.926	4.080	7.337	1.798
Statistische Differenz <sup>7</sup>			k.A.	k.A.	127	k.A.	
Gesamt			119.529	25.414	70.823	2.787	

- (a) Angaben nur für jene Kraftwerke, die im Rahmen der Statistiken meldepflichtig sind. Die Meldungen werden durch zusätzliche Informationen aus der Herkunftsnachweis-DB ergänzt.
- (b) Bei Wärmekraftwerken erfolgt eine Zuordnung zu einem Energieträgern nur dann, wenn zumindest 75 % der Erzeugung eines Kraftwerks(blocks) auf diesen Brennstoff entfallen. Andernfalls wird für diese Kraftwerke Mischfeuerung angenommen. Anmerkung: In einzelnen Jahren kann die Zuordnung unterschiedlich sein.
- (1) Als Derivate werden hier energetisch genutzte Kohleprodukte bezeichnet (z. B.: Steinkohle- bzw. Braunkohlekoks ...).
- (2) Als Erdöl-derivate werden hier energetisch genutzte Erdölprodukte bezeichnet (z. B.: Heizöl, Dieselloil, Flüssiggas ...).
- (3) Nur biogene Brennstoffe im Sinne der österreichischen Richtlinien.
- (4) Biogene Brennstoffe im Sinne der EU-Richtlinien mit Ausnahme der Vorgenannten.
- (5) Energieträger, die keiner der oben angeführten Gruppe zugeordnet werden können.
- (6) Einspeisemengen ins Öffentliche Netz gemäß Herkunftsnachweis-DB.
- (7) Erzeugung, die weder nach Primärenergieträgern aufgeschlüsselt noch einer Kraftwerkstypen zugeordnet werden kann.

Tabelle 41: Kraftwerkspark in Österreich (Stichtag 31.12.2017) [13]

## Strominfrastruktur

Systemlängen von Übertragungs- und Verteilleitungen

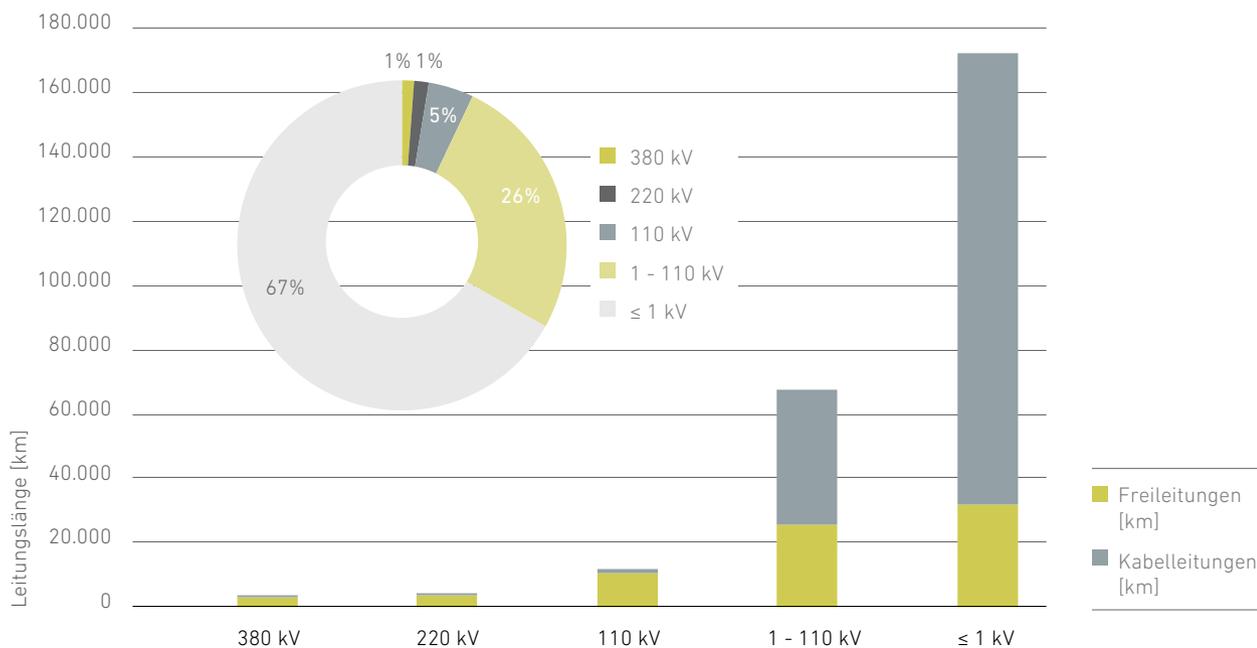


Abbildung 103

Systemlängen von Übertragungs- und Verteilleitungen nach Spannungsebenen  
 (das Kreisdiagramm zeigt den prozentuellen Anteil der jeweiligen Spannungsebene)  
 (eigene Darstellung nach [108])

Der Netzausbau in den letzten zehn Jahren betrug fast 15.000 km insgesamt (alle Spannungsebenen). Der stärkste Ausbau fand im Bereich  $\leq 1$  kV mit etwas über 12.000 km statt, gefolgt von fast 1.800 km im Bereich 1 bis 110 kV. Der Ausbau im Bereich 110 und 380 kV lag bei unter 600 km. Ein Minus von knapp 100 km verzeichnete die 220 kV Spannungsebene (siehe Abbildung 104).

## Systemlängen von Übertragungs- und Verteilleitungen

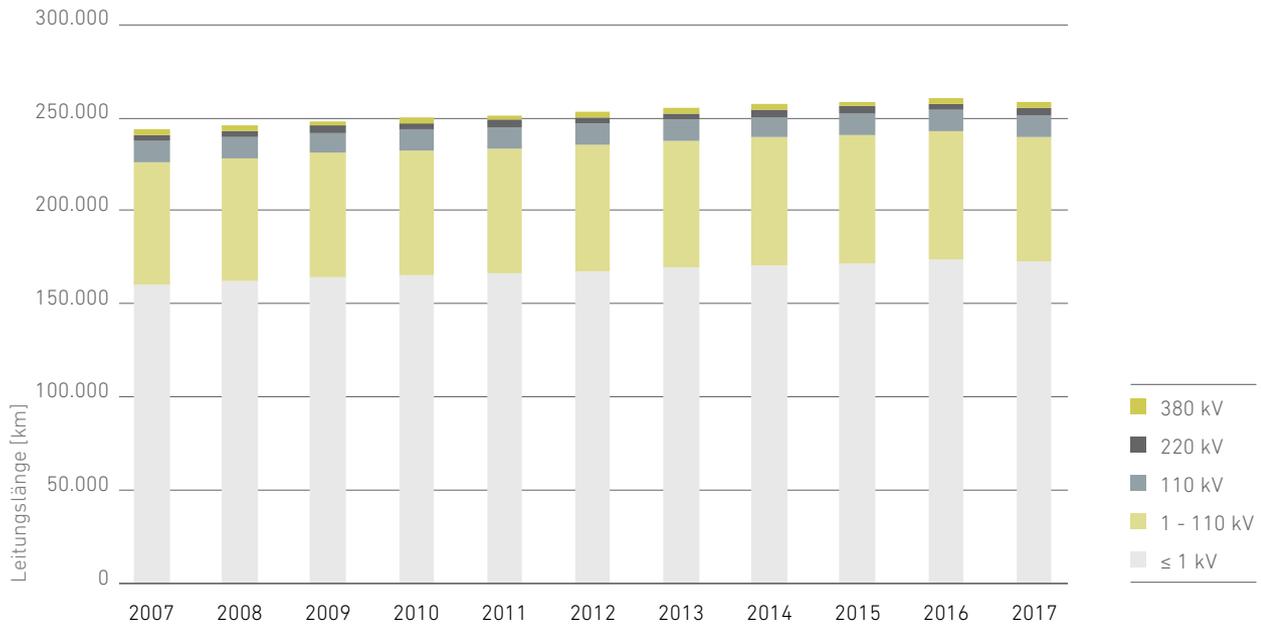


Abbildung 104

Zeitliche Entwicklung der Systemlängen zum jeweiligen Jahresende nach Spannungsebenen  
(eigene Darstellung nach [108])

Stromversorgung in Österreich					
Stand zum 31. Dezember 2017					
Trassenlängen					
Spannungsebenen	Freileitungen		Kabelleitungen		Summe
	km	Anteil	km	Anteil	
380 kV	1.383	0,6%	53	0,0%	1.436
220 kV	1.880	0,8%	7	0,0%	1.886
110 kV	6.085	2,6%	605	0,3%	6.690
von 1kV bis 110 kV	24.840	10,5%	40.035	16,9%	64.876
1 kV und darunter	31.386	13,2%	130.912	55,2%	162.298
Insgesamt	65.574	27,6%	171.612	72,4%	237.186

Systemlängen (1)					
Spannungsebenen	Freileitungen		Kabelleitungen		Summe
	km	Anteil	km	Anteil	
380 kV	2.996	1,2%	53	0,0%	3.049
220 kV	3.705	1,4%	8	0,0%	3.714
110 kV	10.719	4,2%	759	0,3%	11.478
von 1kV bis 110 kV	25.217	9,8%	42.193	16,3%	67.410
1 kV und darunter	31.957	12,4%	140.663	54,5%	172.620
Insgesamt	74.595	28,9%	183.676	71,1%	258.271

Umspann- und Schaltwerke (2)		
Spannungsebenen	Anzahl der Transformatoren	Summenleistung in MVA
Oberspannung bis 220 kV	1.028	43.138
Oberspannung über 220 kV	88	30.675
Hochspannung zu Hoch-, Mittel- bzw. Niederspannung	1.116	73.813

Transformatorstationen (2)		
Spannungsebenen	Anzahl der Trafo-Stationen	Summenleistung in MVA
Mittelspannung zu Mittel- bzw. Niederspannung	78.953	31.694

(1) Einschließlich Hoch- und Höchstspannungsleitungen von öffentlichen Erzeugern.

(2) Die Erhebung der Nieder- und Mittelspannungsleitungen sowie der Umspann- und Schaltwerke erfolgte erstmals im Rahmen der Bestandsstatistik 2003. Sie wird ab dem Berichtsjahr 2007 jährlich durchgeführt.

Tabelle 42: Trassen- und Systemlängen<sup>71</sup> von Übertragungs- und Verteilungen sowie technische Angaben zu Umspann- und Schaltwerken und Transformatorstationen zum Jahresende 2017 (Stichtag 31.12.2017) [108]

<sup>71</sup> Trassenlänge: Die auf die Horizontale projizierte, in Trassenachse gemessene Entfernung zwischen den Endpunkten einer Freileitung oder Kabelleitung. Bei gemeinsamer Nutzung einer Trasse/eines Trassenabschnitts durch Systeme unterschiedlicher Spannungsebenen wird der gemeinsam genutzte Trassenabschnitt der jeweils höheren Spannungsebene zugerechnet.

Systemlänge: Das Mittel aus den tatsächlichen Längen des Leitersystems eines Stromkreises (unter Berücksichtigung von Höhenunterschied und Durchhang). In der betrieblichen Praxis wird als Systemlänge meist die auf die Horizontale projizierte, in der Trassenachse gemessene mittlere Länge eines Stromkreises (Systems) angegeben. Die Systemlänge ist daher oftmals gleich oder ein ganzes Vielfaches der Trassen(teil)länge. Durchhang und Höhenunterschiede sind in solchen Fällen technischer zu berücksichtigen.

Stromversorgung in Österreich – öffentliches Netz						
Stand jeweils zum 31. Dezember (Datenstand: August 2018)						
Kalenderjahr	Systemlängen in km (1)					
	1 kV und darunter (2)	von 1kV bis 110 kV (2)	110 kV	220 kV	380 kV	Insgesamt
1998	-	-	10.486	3.765	2.259	-
1999	-	-	10.578	3.765	2.474	-
2000	-	-	10.599	3.765	2.474	-
2001	-	-	10.620	3.764	2.470	-
2002	-	-	10.652	3.764	2.476	-
2003	150.552	63.819	10.768	3.809	2.449	231.398
2004	-	-	10.779	3.809	2.449	
2005	-	-	10.802	3.809	2.449	
2006	-	-	10.871	3.809	2.459	
2007	160.568	65.648	10.962	3.810	2.459	243.448
2008	161.915	66.152	11.065	3.796	2.533	245.461
2009	164.345	66.477	11.114	3.769	2.674	248.379
2010	165.306	67.106	11.166	3.675	2.746	249.998
2011	166.066	67.682	11.120	3.676	2.838	251.381
2012	167.412	68.068	11.170	3.667	2.838	253.155
2013	169.175	68.337	11.181	3.667	2.838	255.197
2014	170.501	68.693	11.277	3.686	3.043	257.201
2015	171.892	68.906	11.381	3.686	3.042	258.907
2016	173.369	69.062	11.435	3.714	3.051	260.631
2017	172.620	67.410	11.478	3.714	3.049	258.271

(1) Einschließlich Hoch- und Höchstspannungsleitungen von öffentlichen Erzeugern.

(2) Die Untergliederung in Frei- und Kabelleitungen erfolgte erstmals im Rahmen der Bestandsstatistik 2003. Sie wird ab dem Berichtsjahr 2007 jährlich durchgeführt.

(3) Die Erhebung der Nieder- und Mittelspannungsleitungen erfolgte erstmals im Rahmen der Bestandsstatistik 2003. Sie wird ab dem Berichtsjahr 2007 jährlich durchgeführt.

Tabelle 43/1: Zeitliche Entwicklung Trassen- und Systemlängen zum jeweiligen Jahresende 2017 [108]

Stromversorgung in Österreich – öffentliches Netz						
Stand jeweils zum 31. Dezember (Datenstand: August 2018)						
Kalenderjahr	Systemlängen in km - Freileitungen (1), (2)					
	1 kV und darunter (2)	von 1kV bis 110 kV (2)	110 kV	220 kV	380 kV	Insgesamt
1998	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-
2003	49.289	34.746	10.215	3.805	2.405	100.460
2004	-	-	10.220	3.805	2.405	-
2005	-	-	10.236	3.805	2.405	-
2006	-	-	10.298	3.805	2.405	-
2007	43.672	32.547	10.366	3.805	2.405	92.795
2008	42.197	31.769	10.466	3.792	2.478	90.703
2009	40.946	31.135	10.501	3.764	2.620	88.966
2010	39.718	30.582	10.545	3.670	2.692	87.207
2011	38.548	29.881	10.470	3.671	2.783	85.353
2012	37.088	28.747	10.510	3.662	2.783	82.789
2013	36.118	28.151	10.456	3.662	2.784	81.171
2014	35.309	27.528	10.512	3.682	2.989	80.019
2015	34.364	26.785	10.608	3.678	2.987	78.422
2016	33.616	26.122	10.662	3.705	2.996	77.102
2017	31.957	25.217	10.719	3.705	2.996	74.595

(1) Einschließlich Hoch- und Höchstspannungsleitungen von öffentlichen Erzeugern.

(2) Die Untergliederung in Frei- und Kabelleitungen erfolgte erstmals im Rahmen der Bestandsstatistik 2003. Sie wird ab dem Berichtsjahr 2007 jährlich durchgeführt.

(3) Die Erhebung der Nieder- und Mittelspannungsleitungen erfolgte erstmals im Rahmen der Bestandsstatistik 2003. Sie wird ab dem Berichtsjahr 2007 jährlich durchgeführt.

Tabelle 43/2: Zeitliche Entwicklung Trassen- und Systemlängen zum jeweiligen Jahresende 2017 [108]

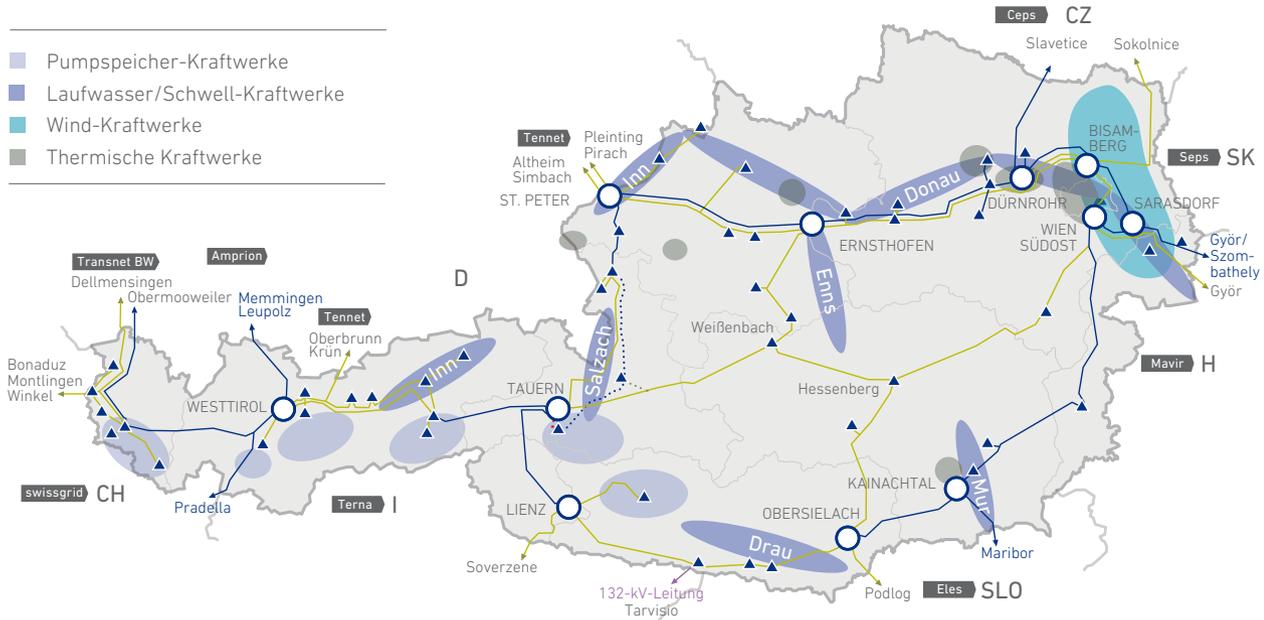
Stromversorgung in Österreich – öffentliches Netz						
Stand jeweils zum 31. Dezember (Datenstand: August 2018)						
Kalenderjahr	Systemlängen in km - Kabelleitungen (1), (2)					
	1 kV und darunter (2)	von 1kV bis 110 kV (2)	110 kV	220 kV	380 kV	Insgesamt
1998	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-
2003	101.263	29.073	553	5	44	130.938
2004			559	5	44	-
2005			567	5	44	-
2006			573	5	54	-
2007	116.897	33.101	596	5	54	150.653
2008	119.717	34.383	600	5	54	154.759
2009	123.399	35.342	613	5	54	159.413
2010	125.587	36.524	622	5	54	162.792
2011	127.518	37.800	650	5	55	166.027
2012	130.325	39.321	660	5	55	170.365
2013	133.057	40.186	725	5	55	174.026
2014	135.192	41.165	765	5	55	177.182
2015	137.528	42.121	773	8	55	180.486
2016	139.753	42.940	774	8	55	183.529
2017	140.663	42.193	759	8	53	183.676

(1) Einschließlich Hoch- und Höchstspannungsleitungen von öffentlichen Erzeugern.

(2) Die Untergliederung in Frei- und Kabelleitungen erfolgte erstmals im Rahmen der Bestandsstatistik 2003. Sie wird ab dem Berichtsjahr 2007 jährlich durchgeführt.

(3) Die Erhebung der Nieder- und Mittelspannungsleitungen erfolgte erstmals im Rahmen der Bestandsstatistik 2003. Sie wird ab dem Berichtsjahr 2007 jährlich durchgeführt.

Tabelle 43/3: Zeitliche Entwicklung Trassen- und Systemlängen zum jeweiligen Jahresende 2017 [108]



Installierte Kraftwerksleistung  
im Süden & Westen der Regelzone APG  
(Tirol, Salzburg, Kärnten, Steiermark & Vorarlberg)

Erzeugung: rd. 10.600 MW  
Pumpleistung: rd. 2.300 MW  
Last: rd. 4.500 MW

Installierte Kraftwerksleistung  
im Norden & Osten der Regelzone APG  
(Wien, NÖ, OÖ, Burgenland)

Erzeugung: rd. 11.300 MW  
Last: rd. 5.500 MW

Abbildung 105  
Übersicht der installierten Kraftwerksleistung  
in der Regelzone APG (Ausbauzustand 2012) [109]

Potenzielle Kraftwerksstandorte in Österreich bis 2030

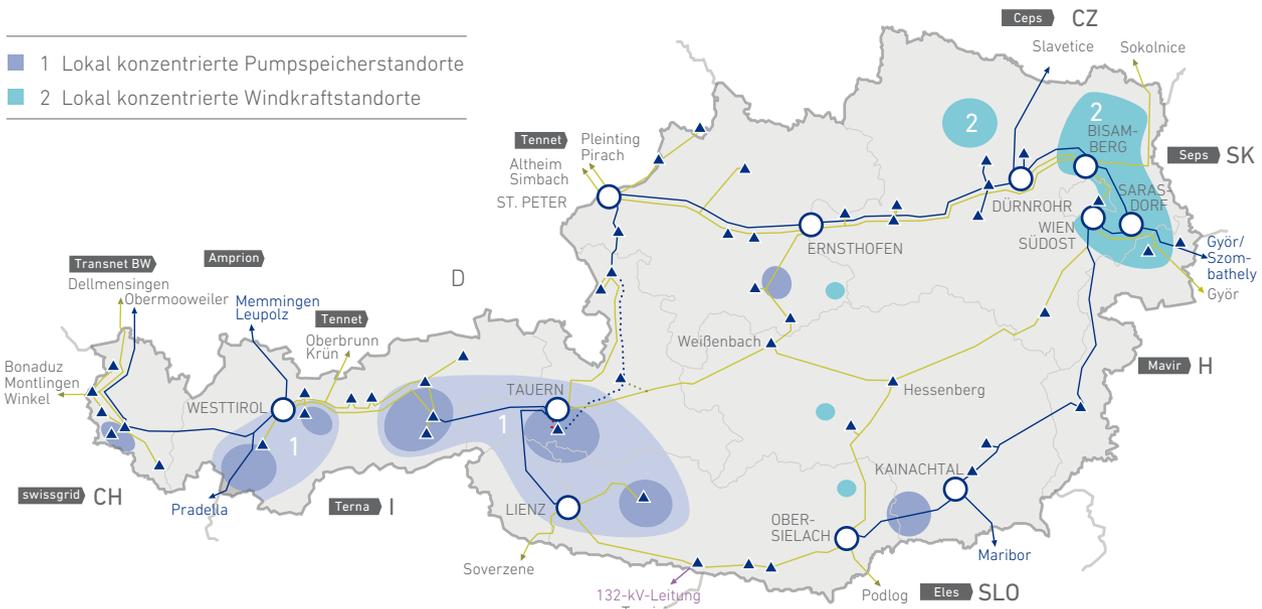


Abbildung 106  
Räumliche Verteilung der Kraftwerkspotenziale  
in Österreich [109]

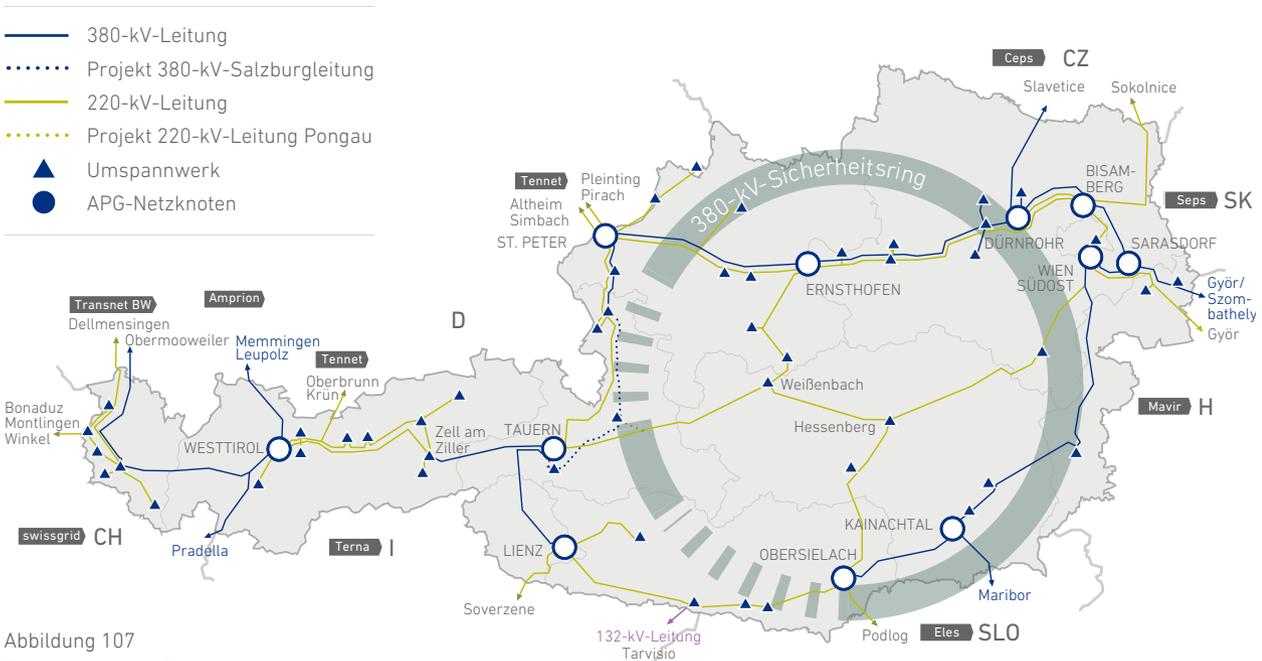
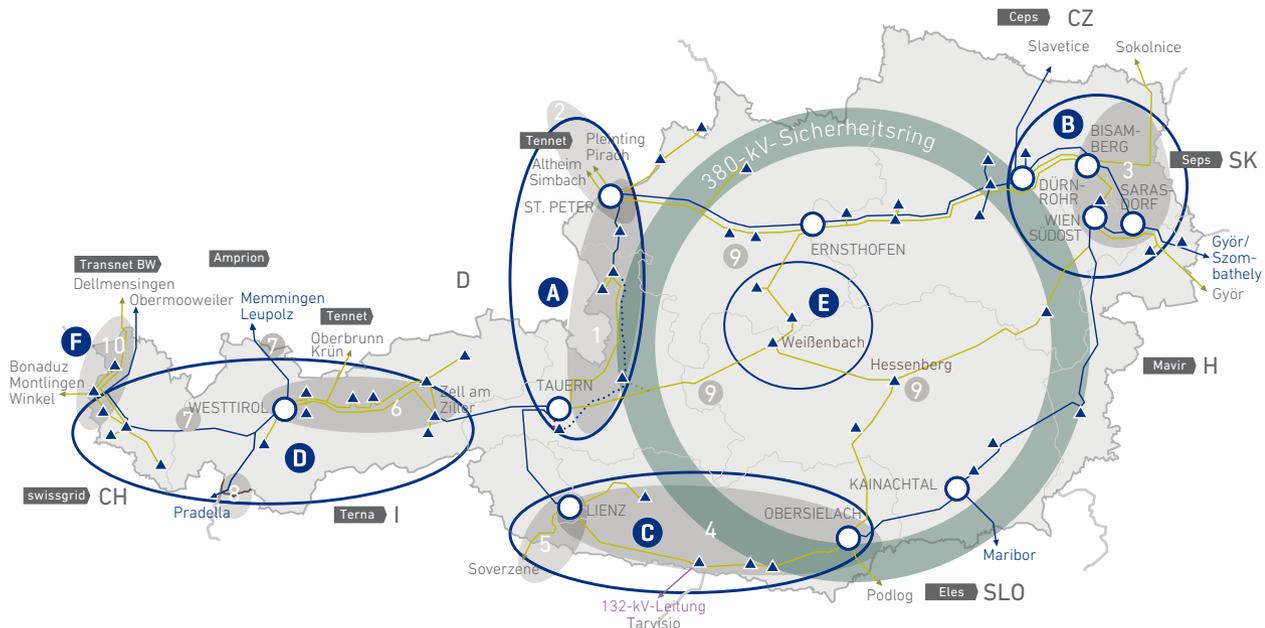


Abbildung 107  
Österreichisches Übertragungsnetz und der  
geplante 380-kV-Ring (Ausbauzustand 2012) [109]



## TOP-10- PROJEKTE

- A** Salzburgleitung und Deutschlandleitung, 380-kV-Ring, EE-Integration und Marktkopplung
- 
- 1 Salzburgleitung
  - 2 Deutschlandleitung (Kuppelleitung St. Peter – Deutschland)
- B** Netzintegration EE (v. a. Windkraft) im Netzraum Ost
- 
- 3 Netzraum Ost Windintegration
- C** 380-kV-Ringschluss Österreich Süd, EE-Integration und Marktkopplung
- 
- 4 Netzraum Kärnten (380-kV-Ringschluss)
  - 5 Italienleitung (Kuppelleitung Lienz – Veneto Region)
- D** West Österreich, Netzintegration EE und Pumpspeicher, Marktintegration
- 
- 6 Netzraum Tirol (Netzverstärkung Westtirol – Zell/Ziller)
  - 7 Umstellung auf 380-kV-Betrieb (Systeme Westtirol – Memmingen/Bürs)
  - 8 Reschenpass (Kuppelleitung Italien)
- E** Innerösterreichische 220-kV-Leitungen, (General-)Erneuerungen
- 
- 9 Generalerneuerungen 220-kV-Leitungen
- F** EE-Integration, Marktkopplung Bodensee-Raum
- 
- 10 Netzverstärkung Bodensee-Raum

Abbildung 108

Die Top-10-Projekte des

APG-Masterplans 2030 und der symbolisierte 380-kV-Ring [109]

## Fernwärme

Fernwärme hat vor allem in Ballungszentren eine hohe Bedeutung. Allein bei den nach 2000 erbauten Gebäuden liegt der Nah-/Fernwärmeanteil bei Gebäuden mit 20 und mehr Wohnungen bei knapp 80%, bei Gebäuden mit 10 bis 19 Wohnungen immer noch bei 61%. Insgesamt – alle Bauperioden betrachtet – werden heute bereits 26% aller Wohnungen in Österreich mit Nah-/Fernwärme beheizt. Bei Gebäuden mit 20 und mehr Wohnungen liegt der Nah-/Fernwärmeanteil bei rund 53%, bei Gebäuden mit 10 bis 19 Wohnungen immer noch bei etwas über 42% [110]. Der Fernwärmeabsatz lag zuletzt bei fast 25 TWh, wobei fast 15 TWh durch KWK-Anlagen erzeugt wurden (Abbildung 109). Der KWK-Anteil an der gesamten Nah-/Fernwärmeerzeugung Österreichs erreichte 1998 den historischen Höchstwert von 71%. Seit 2013 liegt der KWK-Anteil an der gesamten Nah-/Fernwärmeerzeugung unter 60% [110].



Abbildung 109  
Wärmeerzeugung gesamt und aus Kraft-Wärme-Kopplung  
1990 bis 2017 [110]

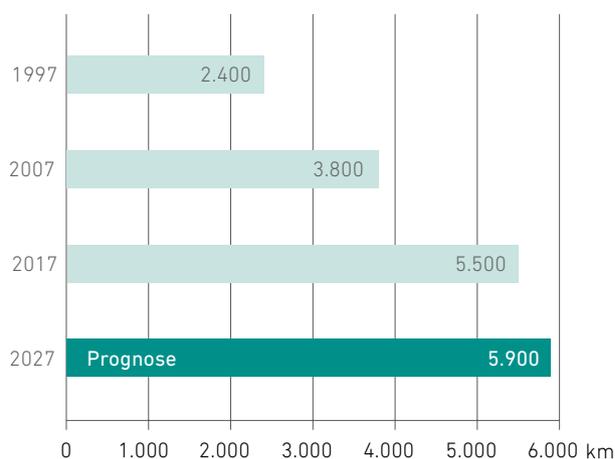


Abbildung 110  
Fernwärme-Netzlängenentwicklung 1997 bis 2027 [110]

Laut dem Fachverband FGW betreiben die Wärmeversorgungsunternehmen (WVUs) ein Netz von rd. 5.500 km Länge (Abbildung 110). Auch in Zukunft planen die WVUs in Verdichtung und den weiteren Ausbau der Flächenversorgung zu investieren. Im Zeitraum von 2018 bis 2027 ist ein jährlicher Zubau zwischen 26 und 67 km an Fernwärmeleitungen geplant. Damit liegt die durchschnittliche Zubaurate in diesem Zeitraum bei 42 km jährlich [110].

Abbildung 110 zeigt, dass die Netzdichte (Netzlänge je 1.000 Einwohner in km/1.000 Einw.) in Österreich mit rund 0,6 km/1.000 Einwohner etwa dreimal so hoch ist wie im zentral-/westeuropäischen Raum (CWE: 0,2 km/1.000 Einwohner). Die Integration von erneuerbaren Energien in der Fernwärme wird als maßgeblicher Treiber der Wärmewende gesehen. Viele Länder steigerten daher deren Erneuerbaren-Anteil an der Wärmeerzeugung in den vergangenen Jahren.

In Österreich liegt der Erneuerbaren-Anteil an der Fernwärme bei 46%. Lediglich in den skandinavischen Staaten sowie in Litauen liegt der Erneuerbaren-Anteil an der Wärmeerzeugung höher (Abbildung 112) [110].



Abbildung 111  
Fernwärme-Netzlänge und -Netzdichte  
im internationalen Vergleich [110]



Abbildung 112  
Erneuerbaren-Anteile an der Wärmeerzeugung  
im internationalen Vergleich [110]

### Gasinfrastruktur

Die österreichische Erdgasproduktion hat eine lange Tradition und ist nach wie vor ein bedeutender Wirtschaftsfaktor des Landes. Im Jahr 2017 betrug die Förderung 1,74 Mrd. m<sup>3</sup> ( $\approx$  19 TWh), womit annähernd ein Fünftel der Erdgasaufbringung Österreichs abgedeckt werden konnte. Der Rest entfällt auf Importe aus GUS-Ländern und anderen Staaten. Die OMV Austria E&P trug 52,6% und die RAG 47,4% zur Inlandsförderung bei. 31,9% des heimischen Erdgases wurden 2017 im Wiener Becken gefördert und 68,1% in der Molassezone [110].

Österreich verfügt über hohe Gasspeicherkapazitäten, um Schwankungen zwischen Gasversorgung und Gasbedarf, etwa zur Deckung der deutlich höheren Nachfrage in den Wintermonaten, auszugleichen (siehe Abbildung 113 und Tabelle 44). Nach der Stilllegung des Speichers Thann (250 Mio. m<sup>3</sup>) in Oberösterreich verfügen die in Österreich tätigen Speicherbetreiber über Speicher mit einer technischen Gesamtkapazität von 91,8 TWh (8,2 Mrd. m<sup>3</sup>) Arbeitsgasvolumen. Damit liegt die Speicherkapazität knapp unter dem jährlichen Erdgasverbrauch (95 TWh; 8,5 Mrd. m<sup>3</sup>) in Österreich [110].

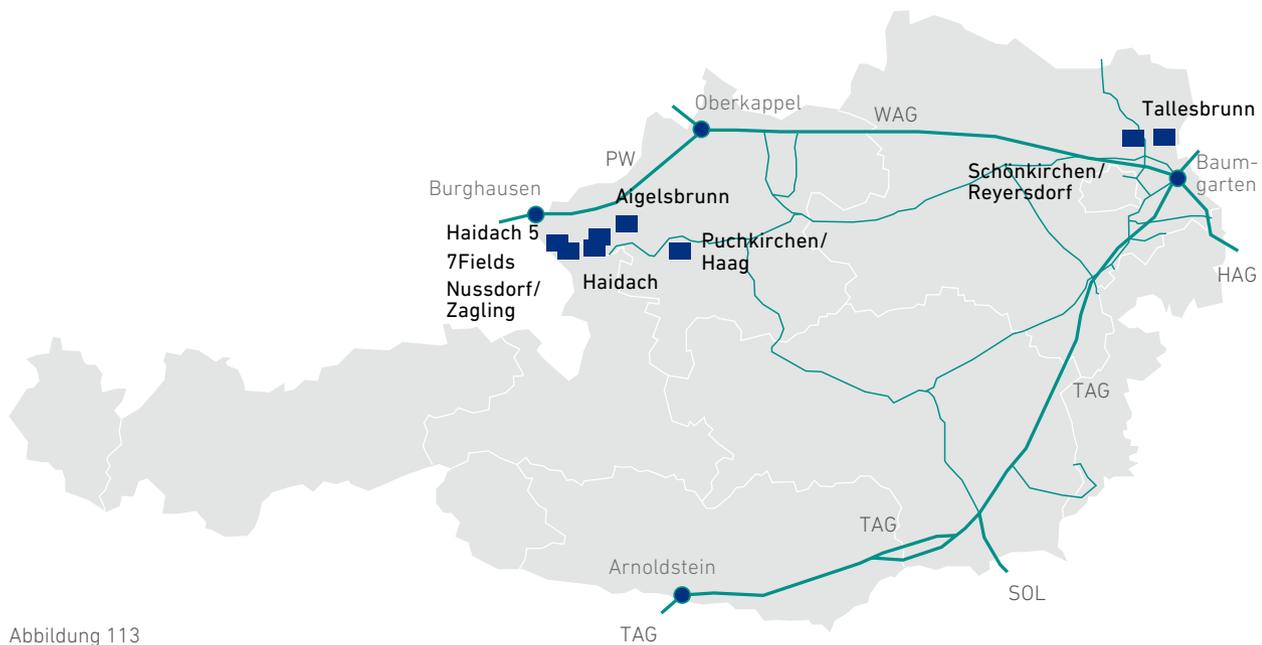


Abbildung 113  
Gasspeicheranlagen in Österreich [110]

Standort	Unternehmen	Arbeitsgasvolumen	
		[TWh]	[Mio. m <sup>3</sup> ]
Schönkirchen/Reyersdorf	OMV Gas Storage	20,7	1.834
Tallesbrunn	OMV Gas Storage	4,5	400
Puchkirchen/Haag	RAG Energy Storage	12,2	1.130
Aigelsbrunn	RAG Energy Storage	1,5	130
Haidach 5	RAG Energy Storage	0,2	16
Nussdorf/Zagling	RAG Energy Storage	3,3	117
Haidach	Astora/GSA LLC	29,8	2.640
7Fields	Uniper Energy Storage	19,6	1.733
Österreich		91,8	8.250

Tabelle 44: Speicherkapazitäten (Stand 31.12.2017) [110]

Fernleitungen im europäischen Verbund:

- HAG Hungaria-Austria-Gasleitung
- PW Penta West
- SOL Süd-Ost-Leitung
- TAG Trans-Austria-Gasleitung
- WAG West-Austria-Gasleitung

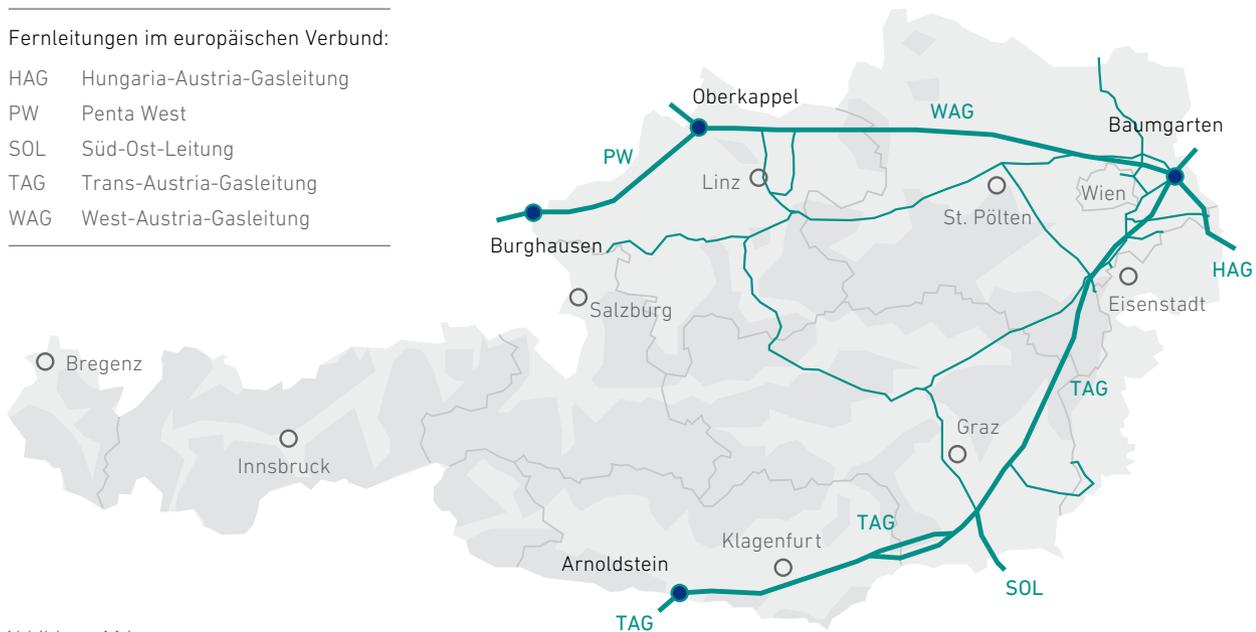


Abbildung 114  
 Transitleitungsnetz (Fernleitungen) und  
 innerösterreichische Hochdruckleitungen (modifiziert nach [110])

Die Länge des österreichischen Gasnetzes (ohne Fernleitungsanlagen) erreichte 2017 eine Gesamtlänge von etwa 44.300 Kilometern und hat sich damit gegenüber 1990 nahezu verdreifacht [110].

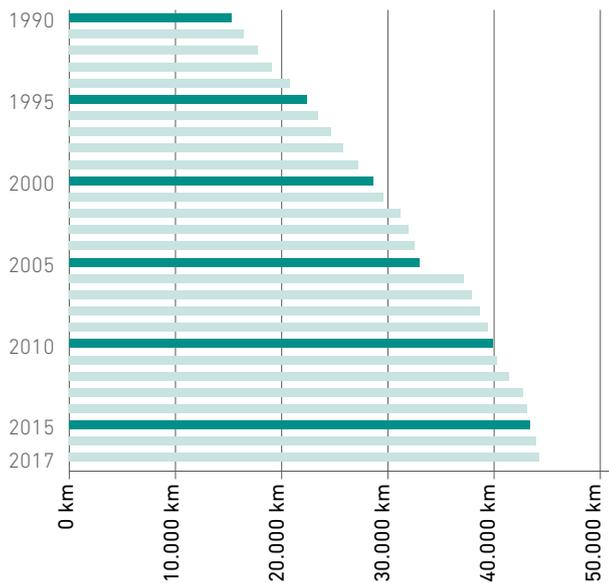
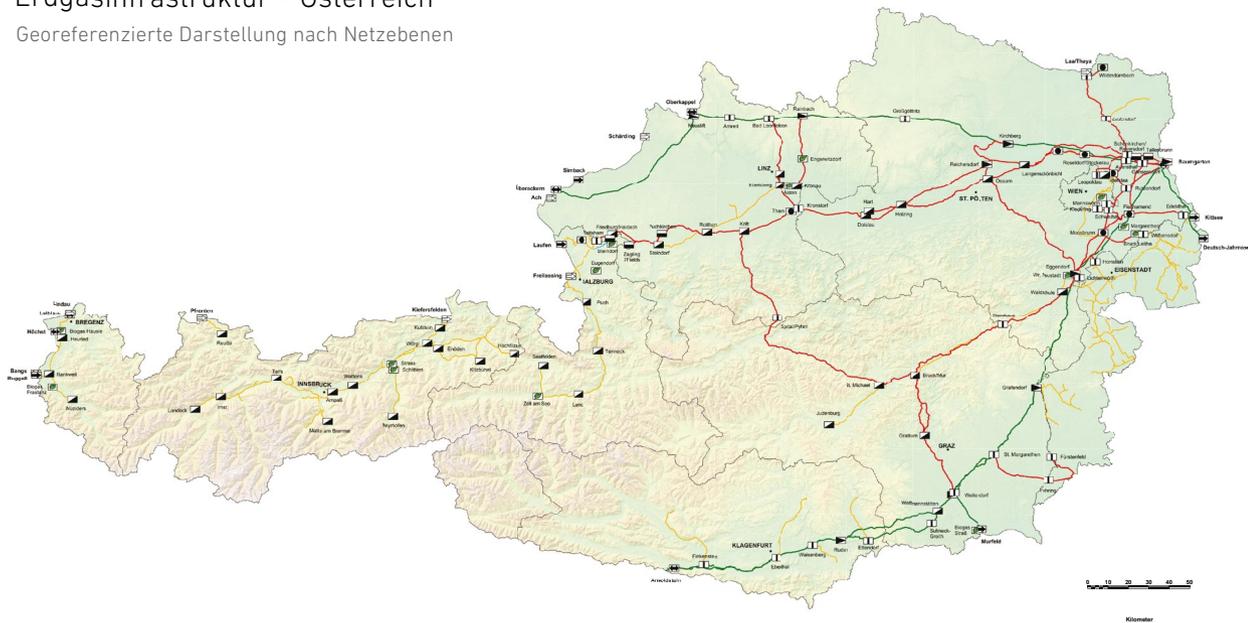


Abbildung 115  
 Entwicklung der Gasnetzlänge (ohne Fernleitungen) [110]

# Erdgasinfrastruktur – Österreich

Georeferenzierte Darstellung nach Netzebenen



**Funktionale Stationstypen**

- Grenzübergabestation Entry & Exit
- Grenzübergabestation Entry
- Grenzübergabestation Exit
- Netzkopplungspunkt
- Speicher
- Verdichter
- Produktion
- Biogas Produktion
- Abzweigpunkt

**Netztopologie**

- Verteilerleitung Ebene 1
- Verteilerleitung Ebene 2
- Fernleitung
- Sonstige Leitungen

**Topografie**

- 0 m – 800 m
- 800 m – 2.000 m
- 2.000 m – 3.750 m

**Betriebsstatus**

- In Betrieb
- Projekt
- Projekt genehmigt (ECA)
- In Bau (NAV abgeschlossen)

Abbildung 116

Erdgasinfrastruktur in Österreich – Georeferenzierte Darstellung nach Netzebenen (modifiziert nach [111])

**Herausgeber**

Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: (+43 1) 585 03 90, Fax: (+43 1) 585 03 90-11

[office@klimafonds.gv.at](mailto:office@klimafonds.gv.at)

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

**Projektbetreuung**

Elvira Lutter, Programm-Management, Klima- und Energiefonds

**AutorInnen**

Roman Geyer (Projektleitung), Sophie Knöttner, Christian Diendorfer,  
Gerwin Drexler-Schmid (AIT Austrian Institute of Technology GmbH)

**Für den Inhalt verantwortlich**

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Studie. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

**Gestaltung**

[www.angieneering.net](http://www.angieneering.net)

**Titelfoto**

Laboranlage zur Methanisierung an der Montanuniversität Leoben,  
Quelle: Montanuniversität Leoben/Lehrstuhl für Verfahrenstechnik  
des industriellen Umweltschutzes, Foto: Croce & Wir

**Herstellungsort:** Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

In Kooperation mit:

 **Bundesministerium**  
Verkehr, Innovation  
und Technologie