

Optionen und Maßnahmen



UniNETZ –
Universitäten und Nachhaltige
Entwicklungsziele

Österreichs Handlungsoptionen
zur Umsetzung
der UN-Agenda 2030
für eine lebenswerte Zukunft.

Erhöhung der Energieeffizienz mit dem Fokus auf die Industrie

Patenschaft:

*Energieinstitut an der Johannes-Kepler-Universität: (SDG-Leitung) Steinmüller, Horst; Prieler, Manuela
Montanuniversität Leoben: (SDG-Leitung) Kienberger, Thomas; Lachner, Elisabeth*

07_02

Target 7.3

Reviewer_innen:

Moser, Simon (*Energieinstitut an der Johannes-Kepler-Universität*); Rodin, Valerie (*Energieinstitut an der Johannes-Kepler-Universität*)

Inhalt

3	Abbildungsverzeichnis
4	07_02.1 Ziele der Option
4	07_02.2 Hintergrund der Option
7	07_02.3 Optionenbeschreibung
7	07_02.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen
13	07_02.3.2 Erwartete Wirkweise
14	07_02.3.3 Bisherige Erfahrungen mit dieser Option oder ähnlichen Optionen
14	07_02.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit
15	07_02.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann
15	07_02.3.6 Interaktion mit anderen SDGs
16	Literatur

Abbildungsverzeichnis

- 5 **Abb. SDG_7_1:** Energieflussdiagramm Österreich 2019 Quelle: modifiziert übernommen von (BMK, 2020).
// **Fig. SDG_7_1:** Energy flow diagram Austria 2019 Source: modified, based on (BMK, 2020).
- 7 **Abb. SDG_7_2:** Energieeffizienz in Österreich Quelle: BMK (2020).
// **Fig. SDG_7_2:** Energy efficiency in Austria Quelle: BMK (2020).
- 9 **Abb. SDG_7_3:** Gegenüberstellung Abwärmequelle und Abwärmesenken unterschiedlicher Temperaturniveaus Quelle: Schmitz, (2012).
// **Fig. SDG_7_3:** Comparison of waste heat source and waste heat sinks of different temperature levels Source: Schmitz, (2012).

07_02.1 Ziele der Option

Ein verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen ist ein Grundsatz, welcher die Wirtschaftsweise von Unternehmen und die Lebensweise von Individuen prägen sollte. Neben diesem Grundsatz ist es von Bedeutung, dass Effizienzsteigerungen und kontinuierliche Optimierung über die gesamte Wertschöpfungskette stattfinden. Nur wenn dies erreicht wird, kann eine nachhaltige Entwicklung sichergestellt werden. Insbesondere Energie und ihr effizienter Einsatz sind in diesem Zusammenhang entscheidend.

Die österreichische Bundesregierung hat sich im Rahmen der *#mission 2030* (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), 2018) und des aktuellen Regierungsprogramms (Republik Österreich, n.d.) die Dekarbonisierung des Energiesystems bis zum Jahr 2040 zum Ziel gesetzt. Die Primärenergieintensität, d. h. der Primärenergieverbrauch unter Berücksichtigung der Wirtschaftsleistung (Bruttoinlandsprodukt (BIP)), soll kontinuierlich gesenkt werden (minus 25-30 % als Ziel im Jahr 2030 gegenüber 2015). Eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs ist somit unabdingbar. In Verbindung damit müssen Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz getroffen werden, dies steht auch im Einklang mit Target 7.3.

Einen zentralen Beitrag kann hierbei eine energieeffizienzoptimierte Ausstattung von Industrie und produzierendem Gewerbe leisten (BMVIT & Klima- und Energiefonds, 2019). Damit Prozessoptimierungen und damit Steigerung der Endenergieeffizienz vollständig zur Wirkung kommen können, bedarf es allerdings eines Wandels im gesamten Energiesystem: Zur Steigerung der Energieeffizienz des Gesamtsystems – man spricht in diesem Zusammenhang von der sogenannten Primärenergieeffizienz – ist insbesondere auch eine exergieoptimierte, wirtschaftssektorenübergreifende, kaskadische Energienutzung inklusive der Reduktion von Umwandlungsverlusten notwendig (Moser et al., 2018). Ziel dieser Option ist es, im Einklang mit Option 1 und Option 3, in einem gesamtheitlichen Ansatz darzustellen, welche Adaptionen notwendig sind, um die Primärenergieeffizienz in Österreich zu erhöhen.

07_02.2 Hintergrund der Option

Der Primärenergieverbrauch in Österreich lag im Jahr 2019 bei rd. 1.362 PJ und war damit in ähnlicher Höhe angesiedelt wie die Jahre davor (2017: 1.386 PJ und 2018: 1.345 PJ). Berechnet wird der Primärenergieverbrauch als Differenz des Bruttoinlandsverbrauchs (2019: 1.451 PJ) abzüglich des nichtenergetischen Verbrauchs (2019: 89 PJ). Der Bruttoinlandsverbrauch ist das Resultat der inländischen Primärenergieerzeugung (2019: 516 PJ) zuzüglich Importe (2019: +1.376 PJ), abzüglich Exporte (-334 PJ) und unter Berücksichtigung der Veränderung der Lagerbestände (2019: -108 PJ) (Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) 2020).

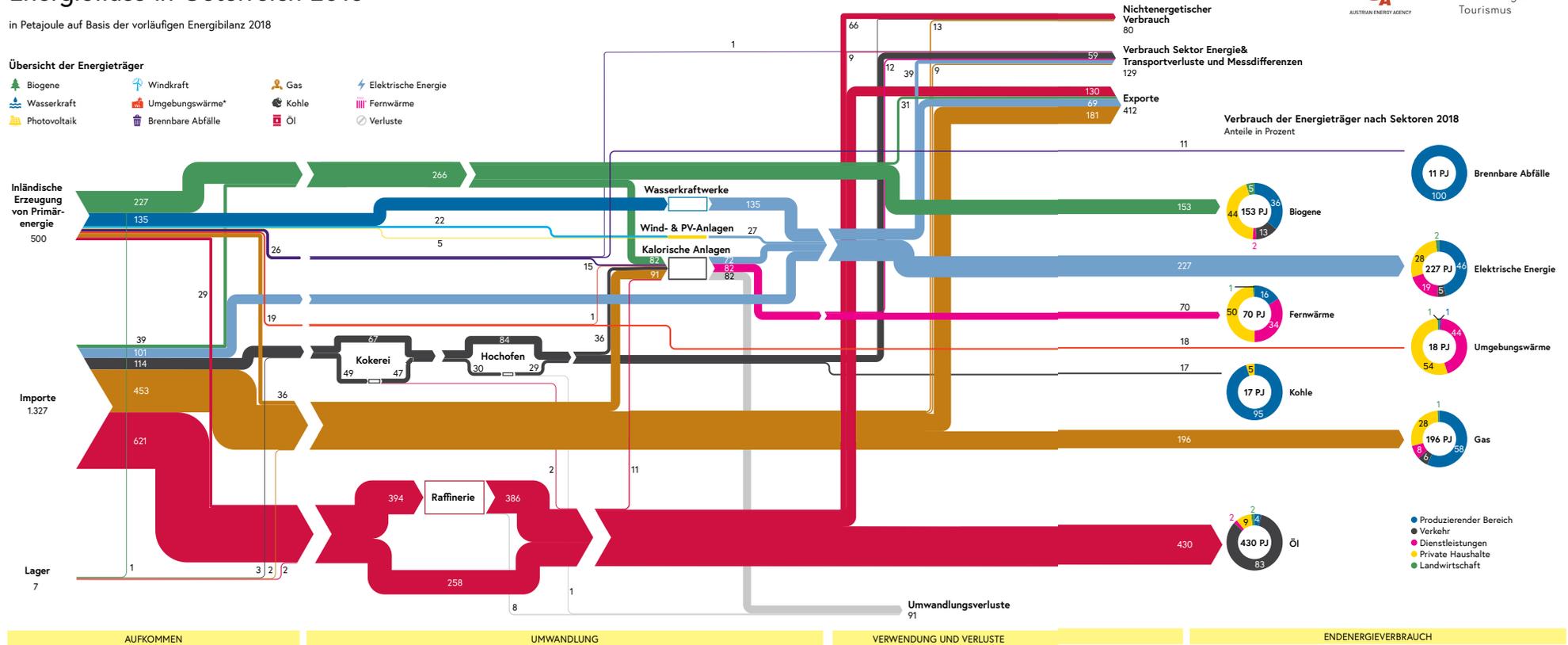
Führt man sich die genannten Zahlen vor Augen, lässt sich eine hohe Abhängigkeit Österreichs von Energieimporten erkennen. Bei über 90 % der Energieimporte handelt es sich um fossile Energieträger (BMK, 2020). Entsprechend ist diese Option nicht als ein alleiniger Lösungsweg für eine nachhaltige Entwicklung anzusehen, sondern stets in Kombination mit den beiden anderen Optionen von SDG 7 – Ausbau von Erneuerbarer Energie (Option 1) und der Energieinfrastruktur (Option 3).

In Abb. SDG_7_1 ist das Energieflussdiagramm von Österreich des Jahres 2019 dargestellt. Bei Betrachtung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren zeigt sich, dass insbesondere dem produzierenden Bereich ein erheblicher Anteil zuzuordnen ist (blauer Abschnitt, gekennzeichnet mit Pfeilen).

Energiefluss in Österreich 2018

in Petajoule auf Basis der vorläufigen Energiebilanz 2018

Übersicht der Energieträger



Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus

*) Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie
 Das Diagramm wurde auf Basis der vorläufigen Energiebilanz für 2018 (Stand: 29. Mai 2019) sowie der Nutzenergieanalyse für 2017 (Stand: 15. Dez. 2018) der Statistik Austria erstellt. Energieflüsse, die nicht in der vorläufigen Energiebilanz für 2018 ausgewiesen sind, wurden auf Basis der endgültigen Energiebilanz für 2017 abgeschätzt.

Abb. SDG_7_1: Energieflussdiagramm Österreich 2019
 Quelle: modifiziert übernommen von (BMK, 2020).

// Fig. SDG_7_1: Energy flow diagram Austria 2019
 Source: modified, based on (BMK, 2020).

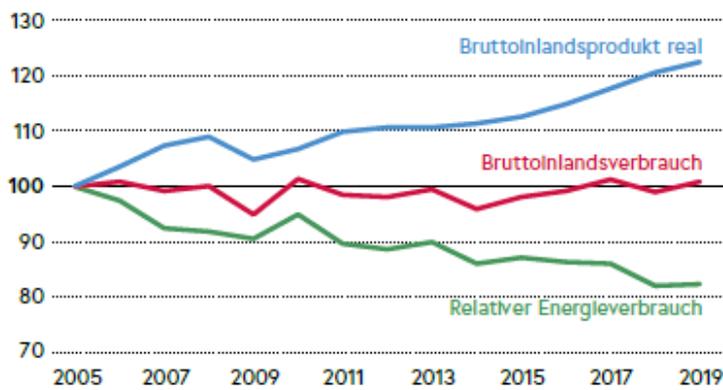
Die Energieeffizienz in Industrien mit hohem Energieverbrauch spielt eine wichtige Rolle für die nachhaltige Entwicklung eines Landes und dabei insbesondere die Wirtschafts- und Umweltleistung (Li & Tao, 2017). Nach Moser et al. (2018) entfällt ein Anteil von 34 % des gesamten Primärenergieverbrauchs in Österreich auf industrielle Anwendungen. Etwa 70 % davon sind allein der energieintensiven Industrie zuzuordnen und damit den Sektoren Eisen und Stahl, Zement, Papier und Druck, Aluminium sowie chemische und petrochemische Industrie. Es ist somit naheliegend, bezogen auf Energieeffizienzmaßnahmen einen Fokus auf den produzierten Bereich, die Industrie, zu legen.

Es ist notwendig, den Primärenergieverbrauch zu reduzieren und die Energieeffizienz der produzierenden Industrie zu erhöhen. Dies ist jedoch immer unter der Randbedingung eines gesicherten, wettbewerbsfähigen und damit attraktiven Wirtschaftsstandorts Österreich zu erreichen, weil ansonsten negative Aspekte wie Arbeitsplatzverlust, mangelnde Akzeptanz für klima- und energiepolitische Maßnahmen und *Carbon Leakage* einhergehen.

In **Abb. SDG_7_2a** ist die Entwicklung des BIP und des Bruttoinlandsverbrauchs sowie der, bei in Verhältnissetzung dieser beiden Werte, resultierende relative Energieverbrauch dargestellt. Es zeigt sich, dass das BIP seit 2005 nahezu kontinuierlich angestiegen ist, während der Bruttoinlandsverbrauch über selbigen Zeitraum näherungsweise konstant geblieben ist. Entsprechend hat sich der relative Energieverbrauch sukzessive reduziert und die Energieeffizienz erhöht. Die durchschnittliche Veränderung des relativen Energieverbrauchs während des Zeitraums 2005 bis 2019 lag bei -1,4 % jährlich. **Abb. SDG_7_2b** zeigt die Primärenergieintensität Österreichs im Vergleich zu anderen Ländern bezogen auf das Jahr 2019. Mit einem Wert von 95,2 (GJ/1000 EUR) ist Österreich besser einzustufen als eine Vielzahl anderer Länder, die durchschnittliche Primärenergieintensität der EU-Mitgliedstaaten liegt bei 111,4 (GJ/1000 EUR) (BMNT, 2018). Abgeleitet davon ist anzunehmen, dass eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Energieverbrauch möglich ist. Allerdings darf nicht außer Acht gelassen werden, dass ein zunehmender Beitrag von nicht-energieintensiven Sektoren, wie dem tertiären Sektor, an der Wertschöpfung und eine Verlagerung der energieintensiven Produktion ins Ausland, ebenfalls hierfür von Relevanz sein kann. Ziel muss es sein, die oben beschriebene Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energiebedarf so auszugestalten, dass es zu keinem Produktionsabfluss in globale Gegenden mit geringem Energieeffizienzstandards kommt, da dadurch insgesamt keine Verbesserung des Ressourcen- und Energieeinsatzes erreicht werden würde.

a)

Entkopplung: Bruttoinlandsverbrauch vom Wirtschaftswachstum Index 2005 = 100



b)

Industriequote und Primärenergieintensität

Industriequote und Primärenergieintensität 2018
(PEV/BIP In koe pro 1.000€) ausgewählter Länder 2018

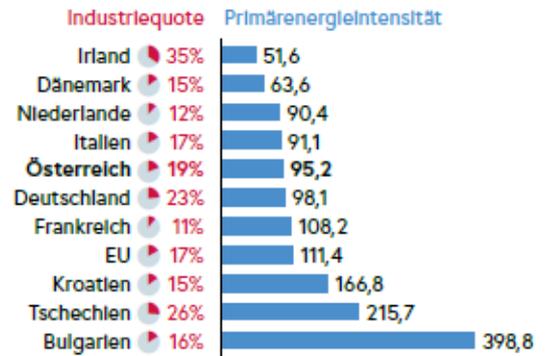


Abb. SDG 7 2: Energieeffizienz in Österreich Quelle: BMK (2020).

// Fig. SDG 7 2: Energy efficiency in Austria Quelle: BMK (2020).

07_02.3 Optionenbeschreibung

07_02.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen

Die Erhöhung der Energieeffizienz in allen Umwandlungsschritten/Nutzungsstufen ist notwendig, um den Primärenergieverbrauch zu reduzieren. Eine Steigerung der Energieeffizienz ist verbunden mit der Entwicklung und dem Einsatz neuer Technologien, der Verbesserung und Kopplung bestehender Prozesse sowie Reduktion ungenutzter Energieströme.

Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass technologische Innovationen zu *Rebound*-Effekten führen können. Beim direkten *Rebound*-Effekt ist die Verbesserung der Energieeffizienz damit verbunden, dass der implizite Energiepreis (Preis pro Nutzung) sinkt. Dies führt bei normalen Gütern zu einer höheren Nachfrage und kann zu einem höheren Gesamtverbrauch führen. Es gibt allerdings auch sekundäre oder indirekte Auswirkungen, da Verbraucher_innen möglicherweise mehr Produkte kaufen und/oder größere, leistungsstärkere und funktionsreichere Modelle wählen (Herring & Roy 2007). Von zentraler Bedeutung in diesem Zusammenhang ist ein verantwortungsvoller Konsum (SDG 12) und Bewusstseinsbildung (SDG 4).

Anzumerken ist, dass die obigen Erläuterungen zum *Rebound*-Effekt im erheblichen Ausmaß für das Verhalten von Endkonsument_innen gelten. Gerstlberger, Knudsen, Dachs und Schröter (2016) kamen in ihrer Studie über europäische Fertigungsunternehmen zum Ergebnis, dass Produkt- und Prozessinnovationen einen positiven Einfluss auf die Einführung von Energieeffizienztechnologien haben und es einen positiven Zusammenhang zwischen tatsächlichen Energieeinsparungen und Übernahme solcher neuen Technologien gibt. Jedoch gilt es zu beachten, dass solche Unternehmen im Vergleich zu anderen Unternehmen eine bestimmte überdurchschnittliche Anzahl von Energieeffizienztechnologien einsetzen, damit dieser Effekt eintritt. In selbiger Weise wie Endkonsument_innen ohne begleitende bewusstseinsbildende Maßnahmen in *Rebound*-

Effekte ableiten können, sind auch Unternehmen nicht davor gefeit. Der Einsatz einzelner energieeffizienter Technologien bei Unternehmen bedeutet somit nicht zwangsläufig, dass deren Energieverbrauch nachhaltig reduziert wird.

Wie eingangs erwähnt, entfällt ein erheblicher Anteil des Primärenergieverbrauchs in Österreich auf energieintensive Sektoren der Industrie, in welcher sich vielfach Unternehmen mit verhältnismäßig hohen Beschäftigtenzahlen wiederfinden (Wirtschaftskammer Österreich (WKO) 2017). Somit ist es zielführend, dass Großunternehmen entsprechend der technologischen Entwicklung weiterhin und weiterführende maßgeschneiderte Effizienzmaßnahmen erarbeiten und implementieren. Jedoch sollte keineswegs für die Steigerung der Energieeffizienz der Fokus alleinig nur auf große Unternehmen der Industrie gelegt werden. Das verarbeitende Gewerbe kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) ist ein ebenso vielversprechendes Feld, da KMU im Vergleich heute im Schnitt weniger energieeffizient sind als größere Unternehmen (Trianni, Cagno & Worrell, 2013). 99,6 % der österreichischen Unternehmen sind laut dem Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (BMDW) (2020) ohnehin als KMU einzustufen und für 60 % der Umsätze, Bruttowertschöpfung und Investitionen der Wirtschaft verantwortlich. Für KMU müssen strukturelle Rahmenbedingungen (Gesetze, verbindliche Standards, Förderungen, ...) geschaffen werden, die es erlauben und erleichtern, einen energieeffizienten Betrieb zu führen bzw. auf solche umzustellen.

Innovationen sind für Energieeffizienzsteigerungen unabdingbar. Forschung und Entwicklung (F&E) nimmt in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle ein. F&E-Anreizsysteme zu schaffen, welche die Innovationsfähigkeit und Innovationskraft der österreichischen Unternehmen verstärken, stellt somit eine zentrale Maßnahme in dieser Option dar. Insbesondere ist die Übertragung von Forschungsergebnissen in die großtechnische Umsetzung zu forcieren.

In Hinblick auf die Forschung muss ein Fokus auf die Weiterentwicklung, Neuentwicklung und Einführung neuer, primärenergieeffizienter Prozess- und Energiesystemtechnologien gelegt werden. Insbesondere sind letztere wesentlich, um eine Anpassung auf das zukünftig verstärkt fluktuierende Energieangebot zu gewährleisten, welches mit dem Ausbau der erneuerbaren Energie einhergeht (siehe Option 1). Ebenso bedarf es ausreichender Kapazitäten für sektorenübergreifende Energiespeicherung. In Hinblick auf Energieeffizienzmaßnahmen ist es aufgrund obiger Erklärungen somit nicht ausreichend, den spezifischen Verbrauch von einzelnen Prozessen allein zu betrachten. Eine primärenergieeffiziente, sinnvolle kaskadische Nutzung von erneuerbaren Technologien und Sektorkopplung ist unabdingbar (Wietschel et al., 2018; Moser et al., 2017).

Im Zuge einer exergiegerechten¹, kaskadischen Energienutzung gilt es, hochexergetische Energieträger für hochexergetische Bedarfe heranzuziehen. In diesem Sinne soll etwa bei der Nutzung von Abwärme Hochtemperaturabwärme für industrielle Prozesse und niederexergetische Abwärme für Nutzungszwecke mit niedrigen Temperaturniveau herangezogen werden (Moser et al., 2017, Schmitz, 2012).

¹ Energie lässt sich in zwei Anteile aufteilen: Exergie und Anergie. Unter Exergie wird jener Energieanteil verstanden, welcher ohne Einschränkungen bei einem bestimmten thermodynamischen Umgebungszustand in jede andere Form von Energie umgewandelt werden kann. Anergie entspricht jenem Energieanteil, der nicht Exergie ist (Herwig & Wenterodt 2012).

Abb. SDG_7_3 illustriert übliche Temperaturniveaus von unterschiedlichen Abwärmequellen und Abwärmesenken (Abwärmennutzung). Das reduzierte technische Abwärmepotential der Industrie in Österreich, welches für eine externe Nutzung eingesetzt werden könnte, liegt im Bereich von etwa 6 TWh/a und befindet sich zu rund 85 % auf Niedertemperaturniveau (< 35 °C) (Schmidt et al., 2018).

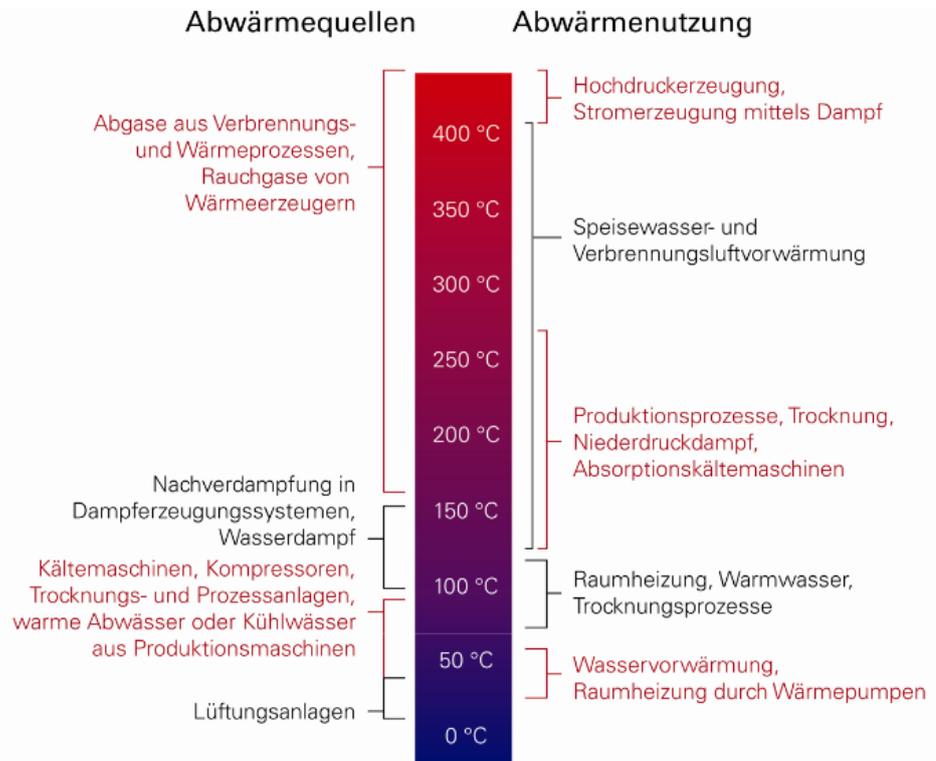


Abb. SDG_7_3: Gegenüberstellung Abwärmequellen und Abwärmesenken unterschiedlicher Temperaturniveaus Quelle: Schmitz, (2012). //

Fig. SDG_7_3: Comparison of waste heat source and waste heat sinks of different temperature levels Source: Schmitz, (2012).

Wie bereits unterschiedlich aufgezeigt (Schmidt et al., 2018), bedarf es insbesondere einer gesamtheitlichen Wärmeversorgungsstrategie (Konzept für optimale Kombination von Erzeuger_innen in Wärmenetz), Sektorkopplung, Hybridnetze, neue Geschäftsmodelle, Digitalisierung und neue Tarifsysteme, um die ungenutzten Abwärmequellen in das Energiesystem zu integrieren und damit einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion des Primärenergiebedarfs und Steigerung der Energieeffizienz zu leisten.

Allerdings erscheint eine kaskadische Nutzung nicht nur für Energie im engeren Sinne als notwendig, sondern auch vorgelagert bei der stofflichen Nutzung zweckmäßig. Dies wird nachfolgend am Beispiel von Bioenergie erläutert.

Biogene, nachwachsende Ressourcen sind nicht unbegrenzt verfügbar, daher ist es notwendig, diese einer ressourceneffizienten Nutzung zu unterziehen (Steffl, Kissler, Reinberg & Sajtos, 2018; Gärtner, Hienz, Keller & Müller-Lindenlauf, 2013). Für die kaskadische Nutzung sprechen Nutzungskonkurrenzgründe (Arnold et al., 2009). Auf Grund dessen soll Biomasse so lange, häufig und effizient als nur möglich genutzt werden, am Anfang stofflich und erst am Ende des Produktlebenszyklus energetisch (Fehrenbach et al., 2017; Böhmer, Gössl, Krutzler & Pölz, 2014). Relevant für die Bioenergiebereitstellung ist

somit insbesondere der Einsatz von organischen Reststoffen.

Bei einer rein energetischen Betrachtung wird der Fokus auf die quantitativen Verluste gelegt. Außer Acht gelassen wird dabei die optimale Ausnutzung der vorhandenen Energie im Sinne der Qualität – Exergie. Bei der Verbrennung von Biomasse wird Wärme erzeugt und damit eine Energieform niedriger Qualität/geringer Exergiegehalt. Wenn auch der energetische Wirkungsgrad bei der thermischen Verwertung von Biomasse hoch ist, ist der Exergiegehalt verhältnismäßig gering (Lindner, Bachhiesl & Stigler, 2014; Costa, Tarelho, Sobrinho, 2019). Grundlegend hierfür ist, dass der Exergie-Anteil bei Wärme begründet durch den thermodynamischen Wirkungsgrad begrenzt ist, wohingegen etwa Strom gänzlich aus Exergie besteht (Prytula, 2011).

Der exergetische Wirkungsgrad bei der thermischen Nutzung ist somit im Vergleich zur elektrischen oder mechanischen Nutzung am geringsten (Kranzl, Müller & Kalt, 2010; Lindner et al., 2014). Infolgedessen soll die alleinige thermische Nutzung von Biomasse vermieden werden, da diese für Umwandlung in eine Form höherer Energiequalität, wie etwa Elektrizität oder Methan, genutzt werden soll (Lindner et al., 2014). Im Vergleich zur Verbrennung von Biomasse in einem Heizwerk ist folglich die Verwertung dieser im Rahmen einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) unter dem Gesichtspunkt Exergie deutlich zweckmäßiger (Lindner et al., 2014, Kranzl et al., 2012). Allerdings gilt es zu beachten, dass KWK-Anlagen mit Biomasse befeuert, aber auch mit Biogas oder Gas aus *Power-to-Gas* zwar einen hohen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten können, jedoch oft mit einer zu geringen Anzahl an Volllaststunden für einen wirtschaftlichen Betrieb verbunden sind (Moser et al., 2017). Generell ist anzumerken, dass erneuerbares Gas aus *Power-to-Gas* für die Transformation im Energiesystem und insbesondere auch für die Industrie notwendig und von Bedeutung sein wird, jedoch die damit verbundenen Umwandlungsprozesse eine geringe Effizienz aufweisen. Neben den Einzeltechnologien kann auch die Prozesssteuerung zur Effizienzsteigerung beitragen, z. B. durch Prozessoptimierungen etwa mit Hilfe eines digitalen Zwillings oder eine genaue Abstimmung zwischen verschiedenen Prozessschritten.

Der Ausbau von Erneuerbaren geht mit einem fluktuierenden Energieaufkommen (Tag/Nacht und saisonale Schwankungen) einher. Im Zuge dessen ist es notwendig Flexibilisierungsoptionen einzusetzen. Von Bedeutung sind hierbei einerseits die Speicherung von Energie (siehe Option 3) aber auch Prozessumstellungen. Unter Prozessumstellungen wird die Adaption und Optimierung bestehender als auch die Entwicklung neuer, innovativer Industrieprozesse mit dem Ziel der Nutzung erneuerbarer Energien und die Integration in das gesamte Energiesystem verstanden. Von Bedeutung sind im Rahmen der Prozess-Elektrifizierung Flexibilitätsoptionen, wie etwa *Demand Response*. Ebenso soll ein Fokus auf Prozesstechnologien, welche sich zur Versorgung mit Niedertemperaturwärme bzw. fluktuierende niederenergetische Erneuerbare besser eignen, gelegt werden (Moser et al., 2017).

Um eine Adaption in der Industrie voranzutreiben, ist es notwendig, dieser eine Investitionssicherheit zu geben. In diesem Sinne ist es für Unternehmen von zentraler Bedeutung, welche Rahmenbedingungen durch den Staat geschaffen werden und dass solche politischen Entscheidungen bzw. Vorgaben klar und langfristig ausgerichtet sind. Die Unternehmen müssen wissen, was sie erwartet und in welche Richtung eine Prozessentwicklung bzw. -adaption notwendig ist, um entsprechend ihre Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten anzupassen zu können (Moser et al., 2017).

Eine integrierte Energieraumplanung sowie Informa-

tions- und Kommunikationstechnologie (IKT) nehmen ebenso eine Schlüsselrolle bei der Erhöhung der Energieeffizienz ein. Von grundlegender Bedeutung ist eine bessere Nutzung von vorhandener (Ab)-Wärme für Wohn- und Nichtwohngebäude. Dies ist mit einer überregionalen, verschränkten Energie- und Raumplanung verbunden. Von Bedeutung ist dabei die Erstellung von Wärmekatastern. Bei Betriebsansiedelungen sollen etwa bereits lokale Energiepotentiale und Potentiale zur Abwärmenutzung Berücksichtigung finden, dies bedarf einer umfangreichen Standortpolitik und -strategie (Schneider, Spitzer, Omann & Stocker, 2012; Moser et al., 2017). Bspw. Abwärme sollte nach wirtschaftlicher Abwägung (unter Beachtung volkswirtschaftlicher, externer Effekte) in das Wärmenetz eingespeist werden.

Ebenso ist stets auf eine energieeffiziente Bauweise zu achten, dies gilt für sämtliche Gebäudekategorien. In diesem Zusammenhang sollen hohe Qualitätskriterien im Neubau sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäuden festgelegt werden. Entsprechend verschärfte Rahmenbedingungen sollen in den Bauordnungen aufgenommen werden (Schneider et al., 2012). Maßnahmen zur Erhöhung der Sanierungsraten bei Bestandsgebäude erscheinen jedenfalls als äußerst bedeutend. Eine Auswertung der Energieausweise von Wohngebäuden im Bundesland Salzburg zeigt, dass sich der Heizwärmebedarf im Zuge der Sanierung im Durchschnitt halbiert hat (Prieler, Leeb & Reiter, 2017). Eine Umschichtung von Wohnbaufördermitteln vom Neubau hin zur Sanierung wäre nach Schneider et al. (2012) eine zweckmäßige Maßnahme, um die Sanierungsaktivitäten zu erhöhen, welche zu hohen Energieeinsparungen mit verhältnismäßig geringen Mehrkosten führen würde. Im Allgemeinen erscheint auch eine Vereinheitlichung der Wohnbauförderung zwischen den Bundesländern als sinnvoll. Ebenso gilt es die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern in effizienter Weise für die Warmwasserbereitung und für Heizzwecke zu forcieren.

IKT ist für eine intelligente und vernetzte Integration von *Demand-Response*-fähigen Anlagen und dezentralen, volatilen Erzeugungsanlagen notwendig. Nur mittels IKT kann eine Optimierung und Einbindung in das Gesamtenergiesystem in effizienter Weise erfolgen, z. B. durch Modellierung von Systemen und Einzelkomponenten zum Zweck von Planung, Betrieb, Instandhaltung und Dekarbonisierung. Allerdings bedarf es neben einer IKT-basierenden Vernetzung auch eine entsprechende Regulierung und Standardisierung. Es muss ein Rahmen und Anreize geschaffen werden, dass die Industrie einen Beitrag zum Ausgleich der fluktuierenden erneuerbaren Elektrizitätserzeugung leisten kann und will. Hierzu ist es bspw. notwendig, dass die Leistungsverrechnung angepasst wird und damit für die Industrie ein Anreiz geschaffen wird, auf Marktsignale (Börsenpreise) und Netzbedürfnisse (Engpässe, Frequenz- und Spannungshaltung) zu reagieren. In diesem Sinne ist es holistisch betrachtet notwendig, das Energiemarktdesign zu adaptieren. Alleinig einen Fokus auf elektrische Energie zu legen, ist jedoch zu kurz gegriffen, es geht stets um das effektive Zusammenspiel eines hybriden Strom-, Gas- und Wärmenetzes (Moser et al., 2017).

IKT spielen allerdings nicht nur im übergeordneten Kontext, sondern innerhalb der einzelnen Unternehmen eine entscheidende Rolle zur Steigerung der Energieeffizienz. Durch Digitalisierungsmaßnahmen lassen sich sowohl Produktivität und Flexibilität industrieller Prozesse erhöhen und in weiterer Folge neben Kostenreduktionen auch Energieeinsparungen und Energieeffizienzsteigerungen erzielen (Hofmann et al., 2020). Beispiele hierfür sind *predictive maintenance*, *demand forecasting* und Betriebsoptimierungen anhand eines digitalen Zwillings.

Aus unternehmerischer Perspektive ist das Thema Energieeffizienz ohnehin nicht

vernachlässigbar. Durch das Bundes-Energieeffizienzgesetz (EEffG) müssen Unternehmen in Österreich in Abhängigkeit ihrer Größe ohnehin Maßnahmen zum Thema Energieeffizienz treffen. Entsprechend EEffG §9 (2) müssen große Unternehmen entweder wiederkehrend externe Energieaudits durchführen oder ein zertifiziertes Energiemanagement- oder Umweltmanagementsystem implementiert haben und aufrechterhalten. Für KMU gibt es deutliche Erleichterungen, diese „können nach Möglichkeit: eine Energieberatung durchführen und die Durchführung einer Energieberatung in regelmäßigen Abständen, zumindest alle vier Jahre, wiederholen; 2. deren Durchführung und Ergebnisse dokumentieren; 3. die Durchführung der Energieberatung, deren Inhalte und gewonnenen Erkenntnisse der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle melden lassen“ EEffG §9 (3). Doch auch im Zuge der freiwilligen, jedoch vielfach vom Markt geforderten Übernahme sozialer Verantwortung (*Corporate Social Responsibility* (CSR)) ist Unternehmen geboten, umwelt- und energiebewusster zu agieren und damit verbunden, die Energieeffizienz zu erhöhen (Hellmann, Nehm & Grimm, 2017).

Dass diverse innerbetriebliche Energieeffizienzmaßnahmen unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit vielfach sinnvoll sein würden, steht außer Frage. Dennoch werden solche Maßnahmen nicht immer getroffen, da der Entscheidungsprozess durch strukturelle, ökonomische und sozialpsychologisch begründete Hemmnisse blockiert ist. Hauptgründe sind in diesem Zusammenhang meist fehlende Motivation, Akzeptanz und Information. Nicht vergessen werden darf auch, dass Investitionsentscheidungen in der Regel auf Grund von Amortisationsrechnungen getroffen werden und Investitionen für unterschiedliche Bereiche untereinander um begrenzte Mittel konkurrieren (Blesl & Kessler, 2013). Unternehmen sollten entsprechend das Thema Energieeffizienz strategisch mitaufnehmen und die Belegschaft dahingehend sensibilisieren (König, Löbke, Büttner & Schneider, 2019). Derzeit findet sich vielfach eine große Divergenz zwischen tatsächlichen und optimalen Energiebedarf, ein sogenanntes *Energy-efficiency-Gap* (Jaffe & Stavins, 1994).

Entscheidungen werden auch im unternehmerischen Kontext letztlich immer vom Menschen mit seinem individuellen Weltbild und seiner Werterhaltung getroffen. Entsprechend spielen Bewusstseinsbildung und Maßnahmen zur Motivation eine entscheidende Rolle. Eine Verschärfung von Vorgaben für Industrie und Gewerbe zur Steigerung der Energieeffizienz stellt eine mögliche Maßnahme dar, um Änderung zu initiieren. Dennoch ist davon auszugehen, dass dies auf Widerstand stoßen wird. In einem globalisierten Markt, welchen wir heute vorfinden, stellt sich generell die Frage, inwieweit weitere künstliche Barrieren an einzelnen Orten erzeugt werden sollen. Effektiv erscheint, ein Anreizsystem zu erschaffen, welches von der Politik langfristig getragen wird. Klare Vorgaben und Informationen bilden für Unternehmen eine Grundlage für ihre strategische Ausrichtung und geben Investitions- und Marktsicherheit. Die Eindämmung rechtlicher Barrieren und Implementierung bzw. Aufrechterhaltung von Förderinstrumenten, insbesondere im Zusammenhang mit Forschung und Entwicklung, können Motivatoren darstellen und eine Veränderung zugunsten Innovationen im Bereich der Energieeffizienz zu schaffen. Welche Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen zum Initiieren des Wandels seitens der Politik auch immer getroffen werden mögen, eine holistische Denkweise ist unabdingbar. Die COVID-19-Pandemie hat den Energiesektor wie natürlich auch viele andere Wirtschaftsbereiche stark betroffen. Jetzt ist es daran, dies als Chance für die Transformation im Energiesystem und für eine nachhaltige Entwicklung zu nutzen. Investitionen in erneuerbare Energie, Energieeffizienz und Infrastruktur sind nicht nur zentrale Schritte in Rich-

tung Dekarbonisierung, sondern auch für die Ökonomie – sie fördern Wirtschaftswachstum und schaffen Arbeitsplätze. Entsprechend ist es nun sinnvoll, dass die öffentliche Hand einerseits direkt in diesem Bereich investiert, aber auch andererseits indirekt unterstützt, bspw. mittels Schaffung von Anreizen durch Förderungen, um privates Kapital zu mobilisieren.

Von Bedeutung ist, dass Investitionen im Bereich Energieeffizienz und der Ausbau von erneuerbarer Energie auch in wachstumsschwachen Zeiten ermöglicht wird. Subventionen, die einen fossilen Energieverbrauch begünstigen, sollen gänzlich eingestellt werden (Schneider et al., 2012).

Zusammenfassend erscheinen folgende Elemente für die Erhöhung der Energieeffizienz von zentraler Bedeutung:

- Entwicklung und Einsatz neuerer Technologien sowie Verbesserung bestehender Prozesse und energieeffiziente Ausstattung von Industrie und produzierendem Gewerbe;
- kontinuierliche Optimierung über die gesamte Wertschöpfungskette anstatt Einzelmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und exergieoptimierte, wirtschaftssektorenübergreifende, kaskadische Energienutzung; Reduktion ungenutzter Energieströme;
- verantwortungsvoller Konsum und Einsatz von Energie;
- gesetzliche Rahmenbedingungen für Unternehmen schaffen, damit diesen erleichtert wird, einen energieeffizienten Betrieb zu führen bzw. zu implementieren und damit Investitionssicherheit für Unternehmen erhöhen durch klare, langfristig ausgerichtete Vorgaben der Politik;
- F&E Anreizsystem schaffen, welches die Innovationsfähigkeit und -kraft österreichischer Unternehmen verstärkt, derzeitiges Fördervolumen erhöhen;
- überregional verschränkte Energie- und Raumplanung;
- Standortpolitik und -strategie, welche lokale Energiepotentiale und Potentiale zur Abwärmenutzung berücksichtigt;
- energieeffizientere Bauweise für sämtliche Gebäudekategorien verankert in den Bauordnungen sowie Sanierungsquote erhöhen;
- Digitalisierung, IKT, neue Geschäftsmodelle und Tarifsysteme forcieren und damit die Produktivität und Flexibilität industrieller Prozesse; Bewusstseinsbildung in Unternehmen forcieren – Energieeffizienz als strategisches Element und Sensibilisierung der Belegschaft;
- direkte Investitionen im Bereich Energieeffizienz durch die öffentliche Hand und indirekt durch Schaffung von Anreizen zur Mobilisierung des privaten Kapitals.

07_02.3.2 Erwartete Wirkungsweise

Die SDG 7-Gruppe verfolgt das Ziel, einen holistischen Ansatz zur Transformation des Energiesystems einzuschlagen. Die Option „Erhöhung der Energieeffizienz mit dem Fokus auf die Industrie“ zielt dabei auf eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs und Steigerung der Energieeffizienz ab. Eine direkte Messung der Wirkung der Option wird dann möglich, wenn Maßnahmen gesetzt werden, die zu Energieverbrauchsreduktionen führen. Je umfangreicher politische Maßnahmen in diesem Zusammenhang gesetzt werden, desto größere Auswirkungen werden festgestellt werden. Denkbar wäre, die Auswirkungen ausschließlich im Bereich Prozessoptimierung und gesetzte Energieeffizienzmaßnahmen zu messen, allerdings wäre dies bei Weitem zu kurz gegriffen. Grund hierfür ist, dass es eben nicht nur um die Bemühungen eines einzelnen Unternehmens oder einer Branche geht, sondern um die Veränderung im gesamten Energiesystem.

Mit Blick auf die Industrie steht die Steigerung der Energieeffizienz im Vordergrund. Es kann durchaus erwartet werden, dass eine konkurrenzfähigere Industrie trotz einer ausgeweiteten Produktion mit weniger Primärenergieverbrauch erreicht werden kann. Durch die Einbettung in eine integrierte Strategie für das Energiesystem kann jedoch in Kombination mit Bio-ökonomie und kaskadischen Nutzungen von Energie eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs erwartet werden. Dazu wird ein gemeinsamer Steuerungs- und Ordnungsrahmen für die Entwicklung einer Standortstrategie mit Blick auf erneuerbaren Energiepotenzialen und Abwärme, Infrastrukturplanung und Raumplanung notwendig sein. Die Verbrauchsreduktion wird somit in anderen Sektoren (Raumwärme) zu erwarten sein. Die Schaffung/Entwicklung von Standorten, die an den Anforderungen von Sektorkopplung, kaskadischer Energienutzung und erneuerbaren Energiepotenzialen ausgerichtet sind, kann enorme Standortvorteile bringen und die Finanzierbarkeit der Energiewende unterstützen. Dazu notwendig ist eine gemeinsame Betrachtung der Energieinfrastruktur (Strom-, Wärme- und Gasnetz) sowie das Wissen und die Technologie zu Quellen und Senken im Energiesystem und deren Zusammenhänge. Für die Zielerreichung von SDG 7 wird es von zentraler Bedeutung sein, wie Energie künftig erzeugt, gespeichert, umgewandelt und genutzt werden wird. Es muss klar hervorgehoben werden, dass die „*Erhöhung der Energieeffizienz mit dem Fokus auf die Industrie*“ keine Einzeloption per se darstellt, sondern sich nur in Symbiose mit Option 1 (Ausbau Erneuerbarer Energie) und Option 3 (Energieinfrastruktur) entfalten kann.

13_07.3.3 Bisherige Erfahrungen mit dieser Option oder ähnlichen Optionen

Die Themen Reduktion des Primärenergieverbrauchs und Steigerung der Energieeffizienz sind nicht neuartig und wurden bereits vielfach in der Forschung beleuchtet. Die Politik hat sich bereits mit diesen Herausforderungen in vielfacher Weise beschäftigt und dazu einen rechtlichen Rahmen und Förderinstrumente geschaffen. Auch auf Unternehmensebene findet man eine Vielzahl an Aktivitäten, die mit dem Ziel der Steigerung der Energieeffizienz verbunden sind. Da bei dieser Option eine gesamtheitliche, bereichsübergreifende Betrachtung in den Fokus gerückt wurde, wäre eine Auflistung einzelner Beispiele zu kurz gegriffen. Die Bedeutung lässt sich allerdings sehr gut bei Betrachtung des Berichts über die Energieforschungsausgaben aus öffentlicher Hand in Österreich erahnen. Laut Indiger und Katzenschlager (2020) waren im Jahr 2019 rund 74,9 Mio. Euro (50,2 %) der Energieforschungsausgaben in Österreich im Themenkomplex ‚Energieeffizienz‘ angesiedelt und davon 14,0 Mio. Euro in der Subkategorie ‚Energieeffizienz in der Industrie‘. Das derzeitige Fördervolumen ist allerdings nicht ausreichend und die Mittel für Energieforschung und Innovation müssen dem nationalen Energie- und Klimaplan (BMNT, 2019) entsprechend angehoben werden.

07_02.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit

Die Veränderung des Systems hin zu einer exergieoptimierten, wirtschaftssektorenübergreifenden und kaskadischen Energienutzung ist keineswegs von heute auf morgen möglich. Dennoch können, sobald die entsprechenden Rahmenbedingungen geschaffen, Barrieren abgebaut und eine Motivation zum Wandel geschaffen wurde, erste Veränderungen wahrgenommen werden. Jedoch ist generell davon auszugehen, dass die Wirksamkeit und Wirkungsweise mit zeitlichem Verzug eintreten und sich über einen langen Zeithorizont erstrecken wird.

07_02.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann

Es ist keine Option im Rahmen des *UniNETZ*-Projektes bekannt, welche exakt dasselbe Ziel verfolgt. Allerdings finden sich Optionen, welche im engen Zusammenhang hierzu stehen. Setzt man die Eindämmung des Primärenergieverbrauchs und Steigerung der Energieeffizienz im Allgemeinen in den Mittelpunkt, finden sich Optionen und Lösungsansätze, welche dies in Bezug auf Verkehr, Gebäude und Produkte thematisieren. Bspw. steht Kreislaufwirtschaft (*Circular Economy*) und Suffizienzstrategien, behandelt im Rahmen von SDG 12, in einem engen Zusammenhang zum Primärenergieverbrauch bzw. zur Gesamtenergieeffizienz. Der zentrale Unterschied zu anderen Optionen ist, dass in dieser Option der Sektor Industrie und das Energiesystem in den Fokus gerückt werden.

07_02.3.6 Interaktion mit anderen SDGs

Eine Interaktion mit den weiteren Optionen von SDG 7, als auch mit Optionen anderer SDGs, ist jedenfalls gegeben. Ohne auf jede interagierende Option im Detail einzugehen, sollen hier nur exemplarisch einige Aspekte aufgegriffen werden. Beim Einsatz begrenzter Ressourcen (z. B. Finanzmittel in Unternehmen, Investitionen seitens des Staates oder Fördergelder) kommt es stets zu einer Konkurrenzsituation. Ebenso sind unterschiedliche technologische Entwicklungen auf unterschiedliche Ziele ausgerichtet. Technologien und Innovationen, welche zur Verringerung von Luftschadstoffen (SDG 3) und/oder Treibhausgasemissionen (SDG 13) eingesetzt werden, müssen nicht zwangsläufig energieeffizient sein. Jedoch handelt es sich nicht stets um eine Konkurrenzsituation. Maßnahmen zur Erhöhung der Primärenergieeffizienz in Kombination mit dem Einsatz von erneuerbaren Energieträgern führen etwa dazu, dass sich die Treibhausgasemissionen reduzieren. Folglich muss festgehalten werden, dass diese Option die Wirkungsweise und Umsetzbarkeit von Optionen anderer SDG sowohl mindern als auch verstärken kann.

Literatur

- Arnold, K., Bienge, K., von Geibler, J., Ritthoff, M., Targiel, T., Zeiss, C. et al. (2009). *Klimaschutz und optimierter Ausbau erneuerbarer Energien durch Kaskadennutzung von Biomasse: Potenziale, Entwicklungen und Chancen einer integrierten Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse*. Wuppertal Report Nr. 5. ISSN 1862-1953.
- Blesl, M. & Kessler, A. (2013). *Energieeffizienz in der Industrie*. Springer Vieweg Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-36514-0
- Bundesministerium Digitalisierung und Wirtschaftsstandort(BMDW). (2020). *KMU im Fokus 2019: Bericht über die Situation und Entwicklung kleiner und mittlerer Unternehmen der österreichischen Wirtschaft*. Wien
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (2020). *Energie in Österreich: Zahlen, Daten, Fakten*.
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMNT). (2019). *Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich: Periode 2021-2030 gemäß Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz*.
- BMNT (2018). *#mission 2030: Die österreichische Klima- und Energiestrategie*.
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und Klima- und Energiefonds. (2019). *Dekarbonisierung der Industrie*. energy innovation austria, Ausgabe 3/2019
- Böhmer, S., Gössl, M., Krutzler, T. & Pölz, W. (2014). *Effiziente Nutzung von Holz: Kaskade versus Verbrennung*. Wien: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REPO493.pdf> [5.7.2022]
- Costa, V., Tarelho, L. & Sobrinho, A. (2019). Mass, energy and exergy analysis of a biomass boiler: A portuguese representative case of the pulp and paper industry. *Applied Thermal Engineering*, 152, 350–361. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2019.01.033
- Fehrenbach, H., Köppen, S., Kauertz, B., Detzel, A., Wellenreuther, F., Breitmayer et al. (2017). Hrsg: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. *Biomasse-kaskaden: mehr Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung von Biomasse: von der Theorie zur Praxis*. ISSN 1862-4359.
- Gärtner, S., Hienz, G., Keller, H. & Müller-Lindenlauf, M. (2013). *Gesamtökologische Bewertung der Kaskadennutzung von Holz: Umweltauswirkungen stofflicher und energetischer Holznutzungssysteme im Vergleich*, Institut für Energie- und Umweltforschung. Heidelberg.
- Gerstlberger, W., Knudsen, M.P., Dachs, B. & Schröter, M. (2016). Closing the energy-efficiency technology gap in European firms? Innovation and adoption of energy efficiency technologies. *Journal of Engineering and Technology Management* 40, 87-100. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2016.04.004
- Hellmann, K.-U., Nehm, F. & Grimm, O., (2017). Digitalisierung, Energieeffizienz und Corporate Social Responsibility, In: Hildebrandt, A., Landhäußer, W. (Hrsg), *CSR Und Digitalisierung*, 245-256. Berlin, Springer ISBN-10 3662532018.
- Herring, H. & Roy, R. (2007). Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation* 27, 194-203. DOI: 10.1016/j.technovation.2006.11.004
- Herwig, H. & Wenterodt, T. (2012). *Entropie für Ingenieure*. Springer. DOI:10.1007/978-3-8348-8628-6
- Hofmann, R., Halmschlager, V., Knöttner, S., Pernsteiner, D., Prendl, L., Sejkora, C. et al. (2020). *Digitalization in Industry – an Austrian Perspective*.
- Indiger, A. & Katzenschlager, M. (2020). *Energieforschungserhebung 2019: Ausgaben der öffentlichen Hand in Österreich*. Erhebung für die IEA.
- Jaffe, A.B. & Stavins, R.N., 1994. The energy-efficiency gap What does it mean? *Energy policy* 22, 804810. DOI: 10.1016/0301-4215(94)90138-4
- König, W., Löbbe, S., Büttner, S. & Schneider, C. (2019). *Entscheidungen für Energieeffizienz in KMU: wie schließen wir die "energy efficiency gap"?*
- Kranzl, L., Müller, A. & Kalt, G. (2010). *Der Trade-off von Exergieoutput und Kapital-Kosten am Beispiel von Bioenergie-Nutzungspfaden*. 11. Symposium Energieinnovation, Graz.
- Kranzl, L., Müller, A., Matzenberger, J., Bayr, M., (2012). *Lo-wEx–Das Konzept der Exergie in energieökonomischen Analysen*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie BMVIT.
- Li, M.-J. & Tao, W.-Q. (2017). Review of methodologies and policies for evaluation of energy efficiency in high energy-consuming industry. *Applied Energy*, 187, 203-215. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.11.039
- Lindner, M., Bachhiesl & U., Stigler, H. (2014). *Das Exergiekonzept als Analysemethode am Beispiel Deutschlands*. Presented at the Proceedings of the 13th Symposium Energieinnovation, Graz, Austria, 12–14.
- Moser, S., Goers, S., De Bruyn, K., Steinmüller, H., Hofmann, R., Panuschka, S. et al. (2018). *Renewables4Industry: Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren*. Endberichtsteil 2 von 3. Diskussionspapier zum Projekt Renewables4Industry.
- Moser, S., Goers, S., De Bruyn, K., Steinmüller, H., Hofmann, R., Panuschka, S. et al. (2017). *Renewables4Industry: Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren*. Endberichtsteil 3 von 3. Grundlegende Aussagen und (technologie-) politische Empfehlungen.
- Prieler, M., Leeb, M. & Reiter, T. (2017). Characteristics of a database for energy performance certificates. *Energy Procedia*, 132, 1000-1005. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.704
- Prytula, M. (2011). *Ein integrales Energie- und Stoffstrommodell als Grundlage zur Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung urbaner Systeme*. Universitätsverlag der TU Berlin. Republik Österreich. (n.d.). *Aus Verantwortung für Österreich: Regierungsprogramm 2020-2024*.
- Schmidt, I.R.-R., Basciotti, D., Geyer, R., Leonie, P., Robbi, S., Litzellachner, A. et al. (2018). *Endbericht heat_portfolio (FFG-Nr. 848849): Technische Grundlagen zur signifikanten Integration dezentral vorliegender alternativer Wärmequellen in Wärmenetze*.
- Schmitz, W. Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.). (2012). *Abwärmennutzung im Betrieb: Klima schützen, Kosten senken*. Schneider, J., Spitzer, M., Omann, I. & Stocker, A. 2012. *Nachhaltiges Energiesystem: Chance für Österreich*.
- Steffl, T., Kisser, J., Reinberg, V. & Sajtos, B. (2018). *Stoffliche Nutzung von fossilen Rohstoffen mit Blick auf eine biobasierte Substitution in Österreich*.
- Trianni, A., Cagno, E. & Worrell, E. (2013). Innovation and adoption of energy efficient technologies: An exploratory analysis of Italian primary metal manufacturing SMEs. *Energy Policy* 61, 430-440. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.06.034
- Wietschel, M., Plötz, P., Pfluger, B., Klobasa, M., Eßer, A., Haendel, M. et al. (2018). *Sektorkopplung: Definition, Chancen und Herausforderungen*. Working Paper Sustainability and Innovation. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2018/WP01-2018_Sektorkopplung_Wietschel.pdf [15.7.2022]
- Wirtschaftskammer Österreich (WKO). (2017). *Österreichs Industrie Kennzahlen 2017*.