

AKTIONSPLAN

STUDIEN



Holzverarbeitung

Transform.Industry – Transformationspfade und
FTI Fahrplan für eine klimaneutrale Industrie 2040

Wien, Jänner 2024

Erstellt im Auftrag des Klima- und Energiefonds



transform.industry

Aktionsplan Branche Holzverarbeitung

Ausschreibung	Energieforschung 2020
Projektstart	01.10.2021
Projektende	31.07.2023
Auftragnehmer (Institution)	AIT Austrian Institute of Technology GmbH (Koordinator) Österreichische Energieagentur, Montanuniversität Leoben und Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz
Ansprechpartner	Christian Schützenhofer (Projektkoordinator, AIT)
E-Mail	christian.schuetzenhofer@ait.ac.at

Einleitung und Hintergrund	03
1.0 Status-Quo	04
1.1 Allgemeine Brancheninformation	04
2.0 Transformationspfade	08
2.1 Zusammenfassung der branchenspezifischen Szenarien-Ergebnisse für die eingesetzten Energieträger	09
2.2 Investitionsbedarfe und potenzielle Stranded Assets	15
2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien	16
2.4 Handlungsempfehlungen	28
Literaturverzeichnis	29
Kontaktdaten	29

Einleitung und Hintergrund

Innerhalb der kommenden zwei Jahrzehnte wird Österreich zu einem klimaneutralen Land umgebaut. Die Transformation ist eine gewaltige Herausforderung, besonders in der Industrie. Damit der Umbau erfolgreich wird, braucht es große Mengen erneuerbarer Energie, Investitionen in Produktionsprozesse, die zum Teil noch neu entwickelt werden müssen, sowie einen Innovationsvorsprung im internationalen Wettbewerb.

Das Projekt *transform.industry* liefert Antworten auf die Frage, wie diese Transformation der Industrie in Österreich gelingen kann.

transform.industry ist ein Forschungsprojekt, das den produzierenden Sektor beim Weg in die Klimaneutralität unterstützt. Das Projektteam rund um AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Österreichische Energieagentur, Montanuniversität Leoben und Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz zeigt auf, wie sich Klimaschutz, Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit in unterschiedlichen Bereichen der österreichischen Industrie miteinander vereinbaren lassen.

Eine Bestandsaufnahme in 13 Branchen und die Identifikation von Schlüsseltechnologien, mit denen Treibhausgasemissionen verhindert oder entfernt werden können, bilden das Fundament des Projekts. Anhand von Transformationsszenarien werden der Investitions- und Energiebedarf sowie volkswirtschaftliche und ökologische Effekte abgeschätzt. Auf dieser Basis entwickeln die ExpertInnen gemeinsam mit VertreterInnen der industriellen Praxis einen strategischen Forschungs-, Technologie- und Innovationsfahrplan. Weiters sprechen sie Handlungsempfehlungen aus, welche Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, um innovative Schlüsseltechnologien „Made in Austria“ entwickeln und zur Marktreife bringen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie weiter ausbauen können.

Die F&E-Dienstleistung ist im Auftrag des Klima- und Energiefonds entstanden und mit Mitteln des Energieforschungsprogramms 2020 finanziert.

1.0 Status-Quo

Im ersten Teil dieses Aktionsplans wird ein Überblick über historische Entwicklungen in der Branche Papier und Druck hinsichtlich Produktionswertes, Wertschöpfung, Unternehmen und Erwerbstätige, Energieeinsatz und Emissionen gegeben.

1.1 Allgemeine Brancheninformation

Der Produktionswert in der Branche Holzverarbeitung unterlag seit 2005 einem wachsenden Trend (Abbildung 1).

Nach 2008 und 2009 kam es jedoch zu einem Einbruch, von dem sich die Branche in den Jahren danach schnell erholte. Zwischen 2011 und 2014 kam es zu einer Stagnation bzw. leichten Abnahme des Produktionswertes, was sich auch im Produktionsindex widerspiegelt. Nach 2014 nahmen sowohl Produktionswert und Wertschöpfung als auch der Produktionsindex wieder zu.

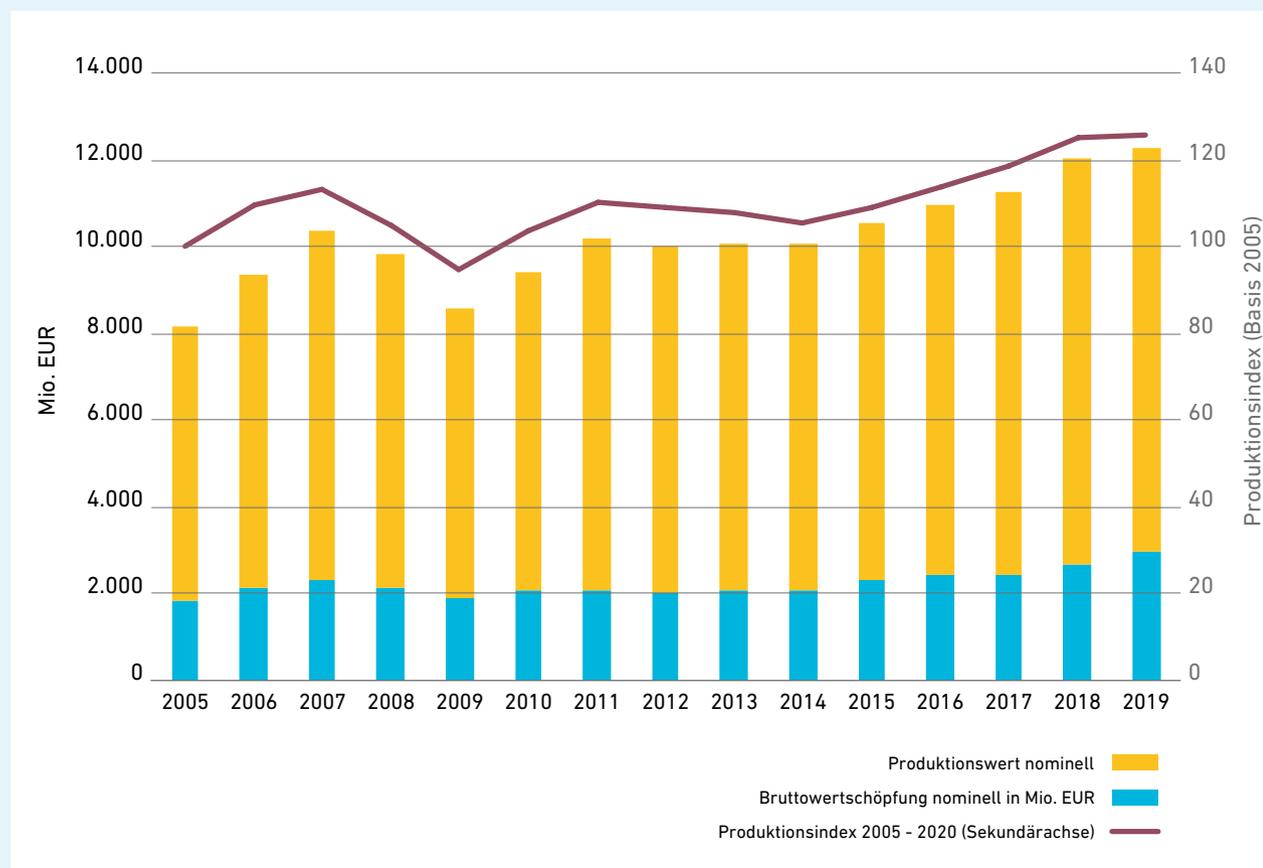


Abbildung 1

Wirtschaftliche Entwicklung Branche Holzverarbeitung;

Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Verglichen mit Abbildung 1 zeigt Abbildung 2 unterschiedliche Entwicklungen. Die Anzahl der Unternehmen folgte einem fallenden Trend zwischen 2008 und 2018. Lediglich zwischen 2012 und 2014 kam es zu einer leichten

Zunahme der Unternehmenszahl, danach nahm diese wieder ab. Die Zahl der Erwerbstätigen schwankte dabei stark über den Betrachtungszeitraum und verlief teils etwas gegenläufig zur Entwicklung der Unternehmenszahl.

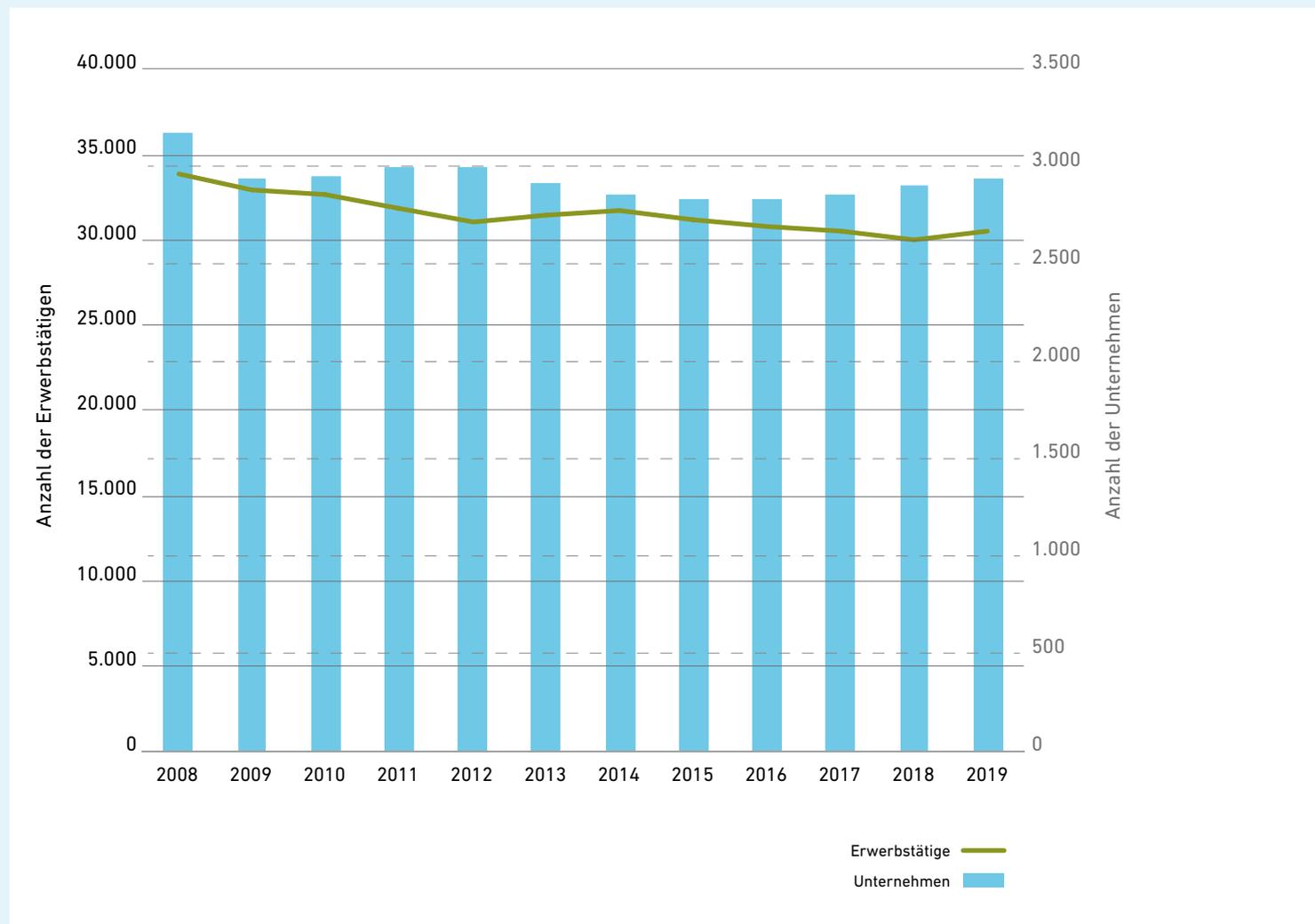


Abbildung 2
Entwicklungen Erwerbstätige & Unternehmen Branche Holzverarbeitung;
Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Die Branche Holzverarbeitung hatte zwischen 2008 und 2011 einen leicht sinkenden Energieeinsatz, der in Folge bis 2015 wieder um knapp 1 TWh anstieg (Abbildung 3). Bis 2019 fiel der Energieeinsatz wieder auf unter das Niveau von 2008. Auffallend ist besonders die Zunahme des Einsatzes an erneuerbaren Energieträgern, hierbei

spielt die Nutzung von biogenen Brenn- und Treibstoffen eine maßgebliche Rolle. Die übrigen Energieträger hatten seit 2008 weitgehend stabile Anteile. Mit dem Rückgang des gesamten Energieeinsatzes ging auch ein Rückgang der erneuerbaren Energieträger einher.

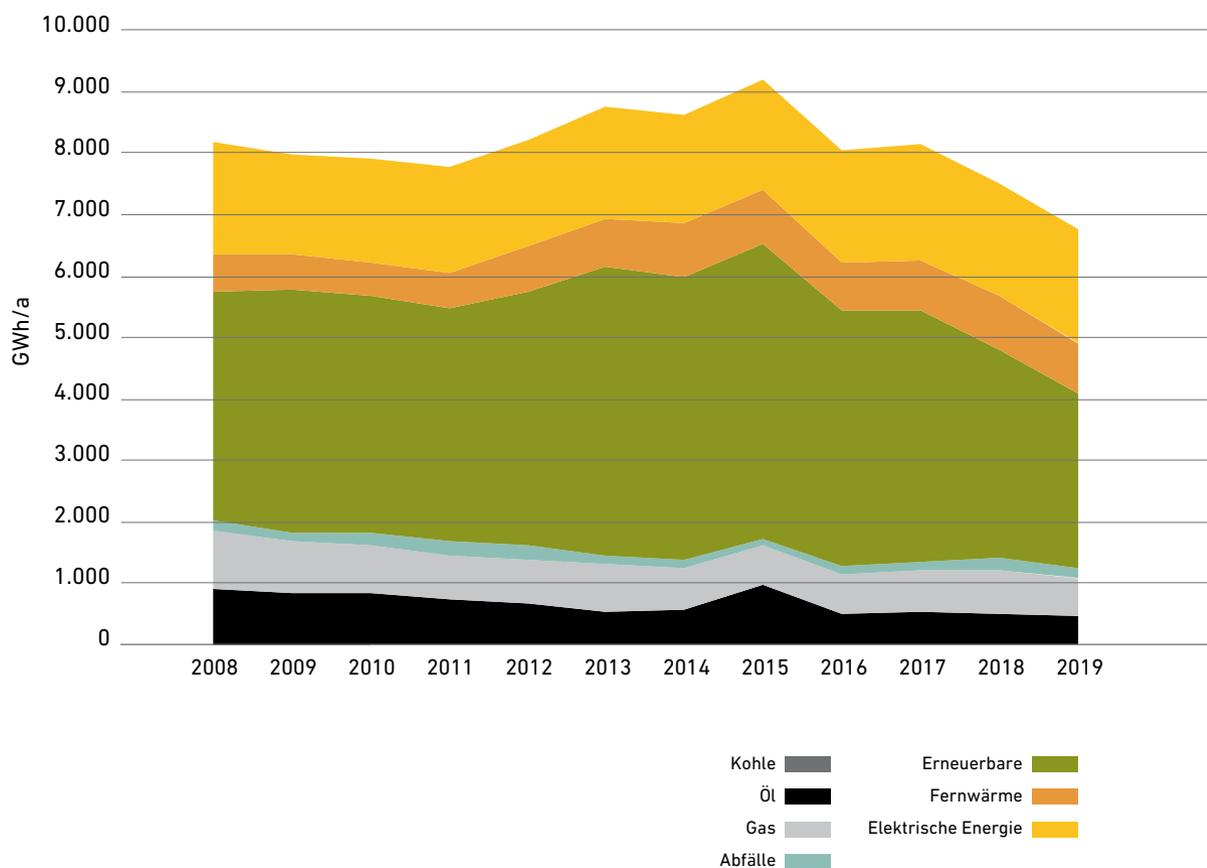


Abbildung 3
Energieeinsatz Branche Holzverarbeitung,
Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020)

Die Treibhausgasemissionen der Branche zeigen eine relativ stabile Entwicklung seit 2009 (Abbildung 4), lediglich in den Jahren 2008 und 2015 kam es zu einer merklichen Zunahme. Diese Zunahme kann auf den verstärkten Einsatz von Öl zurückgeführt werden. Die größten Anteile an den Treibhausgasemissionen auf die eingesetzte elektrische Energie zurückzuführen.

Die Branche Holzverarbeitung war 2019 für knapp 2% der gesamten Treibhausgasemissionen des produzierenden Bereichs verantwortlich, an den gesamt-österreichischen Emissionen hatte die Branche einen Anteil von unter 0,5%.

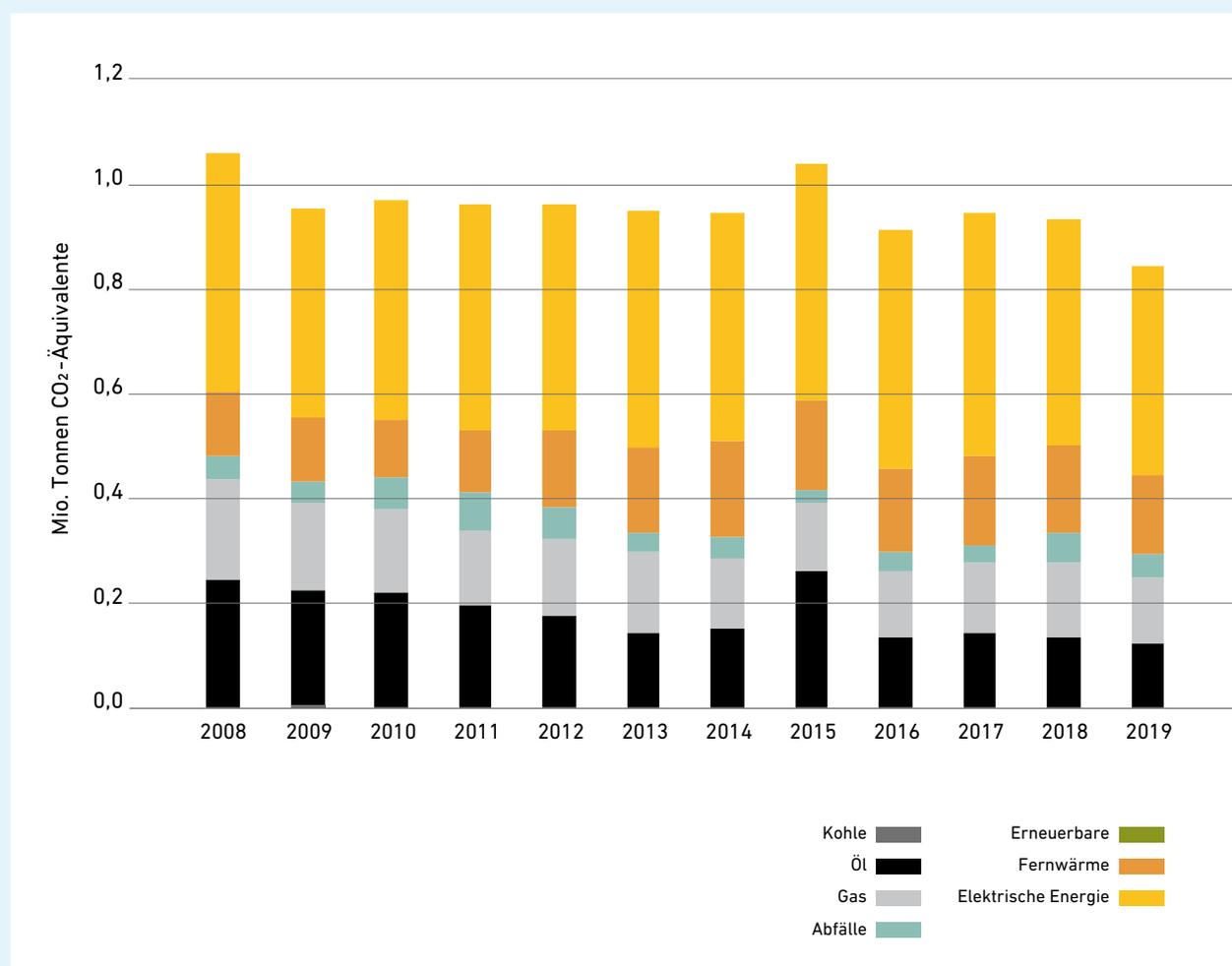


Abbildung 4

Treibhausgasemissionen Branche Holzverarbeitung,

Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020),

NEFI eigene Berechnung

2.0 Transformationspfade

Die Erkenntnisse zur Transformation vom Status Quo zur Klimaneutralität in der Branche wurden mit einem mehrstufigen Ansatz gewonnen. wurden mit einem mehrstufigen Ansatz gewonnen. Zuerst wurden ausgehend vom Energieeinsatz 2020, zukünftig eingesetzte Energieträger und -mengen für unterschiedliche Entwicklungspfade in Fünfjahresschritten bis 2040 in vier Szenarien modelliert, vgl. Abschnitt 2.1. Ein Überblick zu den Entwicklungspfaden wird im folgenden Abschnitt gegeben, Details zu den Annahmen für die ausgearbeiteten Szenarien finden sich im Gesamtbericht wieder. Auf den Ergebnissen der Szenarien aufbauend wurden volkswirtschaftliche Effekte der einzelnen Entwicklungspfade analysiert, vgl. Abschnitt 2.2. Durch die Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte wurden die branchenspezifischen Schlüsseltechnologien identifiziert und weitere innovationspolitische Handlungsempfehlungen abgeleitet, vgl. Abschnitt 2.3 bzw. 2.4.

Für die Branche Holzverarbeitung lässt sich festhalten, dass folgende Energieträger bzw. eine Teilmenge dieser, zur zukünftig klimaneutralen Energieversorgung beitragen werden:

- Biogene Energieträger (fest, flüssig und gasförmig),
- Fernwärme,
- Elektrizität sowie
- in geringem Ausmaß auch Umgebungs-/Abwärme, Abfälle und erneuerbare Gase, wie bspw. Methan aus biogenen Ressourcen oder erneuerbarer Wasserstoff.

Nach Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte der unterschiedlichen Entwicklungspfade für die gesamte Industrie, aber auch der Investitionsbedarf und Energieträger für die Branche selbst, tragen primär die folgenden Maßnahmengruppen zur Zielerreichung einer gesamtheitlich und nachhaltig positiven Transformation bei:

- **Effizienzsteigerung** zur Reduktion des Primärenergieeinsatzes bspw. durch gesteigerte Recyclingraten, Wärmerückgewinnung, Elektrifizierung und Einsatz von industriellen Wärmepumpen
- **Energieträgerwechsel** von fossilen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen zu biogenen Brennstoffen für Hochtemperaturprozesse oder Elektrifizierung von Prozessen
- **Kaskadische Nutzung und Maximierung der potenziellen Wertschöpfung von Energieträgern:** Vordergründig sind das die kaskadische Nutzung von Grundstoffen wie zum Beispiel Holz (stoffliche Nutzung vor energetischer Nutzung, Verkauf von Sekundärenergieträgern) oder aber auch der branchenübergreifende Austausch von Energieträgern, angepasst an die erzielbare Verbrennungstemperatur, bzw. Bedarf von Produktionsprozessen. Dadurch leitet sich bspw. für die Branche Holzverarbeitung die Maßnahme ab, branchen-interne biogene Reststoffe direkt oder nach Umwandlungsprozessen als gasförmige Energieträger zu verkaufen bzw. ins Netz einzuspeisen, um die Nutzung dieser in anderen Branchen mit höheren Prozesstemperaturen zu ermöglichen.

2.1 Zusammenfassung der branchenspezifischen Szenarien-Ergebnisse für die eingesetzten Energieträger

Der zukünftige Energiebedarf der Branche Holzverarbeitung wurde mit der Kombination eines Bottom-Up und Top-Down-Ansatzes berechnet. Basierend auf den bisherigen Entwicklungen der Nutzung von Energie und unter der Annahme klimaneutraler Energiebereitstellung bis 2040 wurde in vier Szenarien bzw. technologischen Entwicklungspfaden ermittelt, wie sich der Bedarf an klimaneutralen Energieträgern innerhalb der Branche entwickelt¹. Diese vier Szenarien bilden dabei verschiedene Ansätze und Trends ab, wie die Klimaneutralität in der Industrie erreicht werden kann. Allen Szenarien gemein ist die Annahme einer konstant moderaten Wirtschaftsentwicklung bei gleichbleibenden Erzeugungsmengen von Grundstoffen. Die Annahmen und Entwicklungspfade der einzelnen Szenarien werden im Folgenden in der Diskussion der Ergebnisse für die Branche kurz vorgestellt.

Die Ergebnisse für die vier ermittelten Szenarien im Vergleich zum Status Quo Basisjahr 2020 werden für die Jahre 2025, 2030, 2035 und 2040 und für die eingesetzten Energieträger in *Abbildung 5* dargestellt. Die starke Zunahme des Energieverbrauchs in der Branche Holzverarbeitung resultiert aus einer Fortschreibung der historischen Entwicklung des Produktionsindex, vgl. *Abbildung 1*. Für alle Szenarien spielen der Einsatz von Biomasse, Strom und Fernwärme relevante Rollen. Für einen kleinen, übrigen Anteil des Energiebedarfs, lassen sich langfristig für 2040, zwei Trends für die Branche erkennen: zum einen der Einsatz von erneuerbaren Gasen und Abfällen, bzw. eine Elektrifizierung der Wärmeversorgung. Die folgende Beschreibung behandelt vorrangig das betrachtete Zieljahr 2040.

¹ Die Erzeugung der eingesetzten Endenergieträger und dabei anfallende Emissionen, die dem Sektor Energie zuzuordnen sind, werden in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

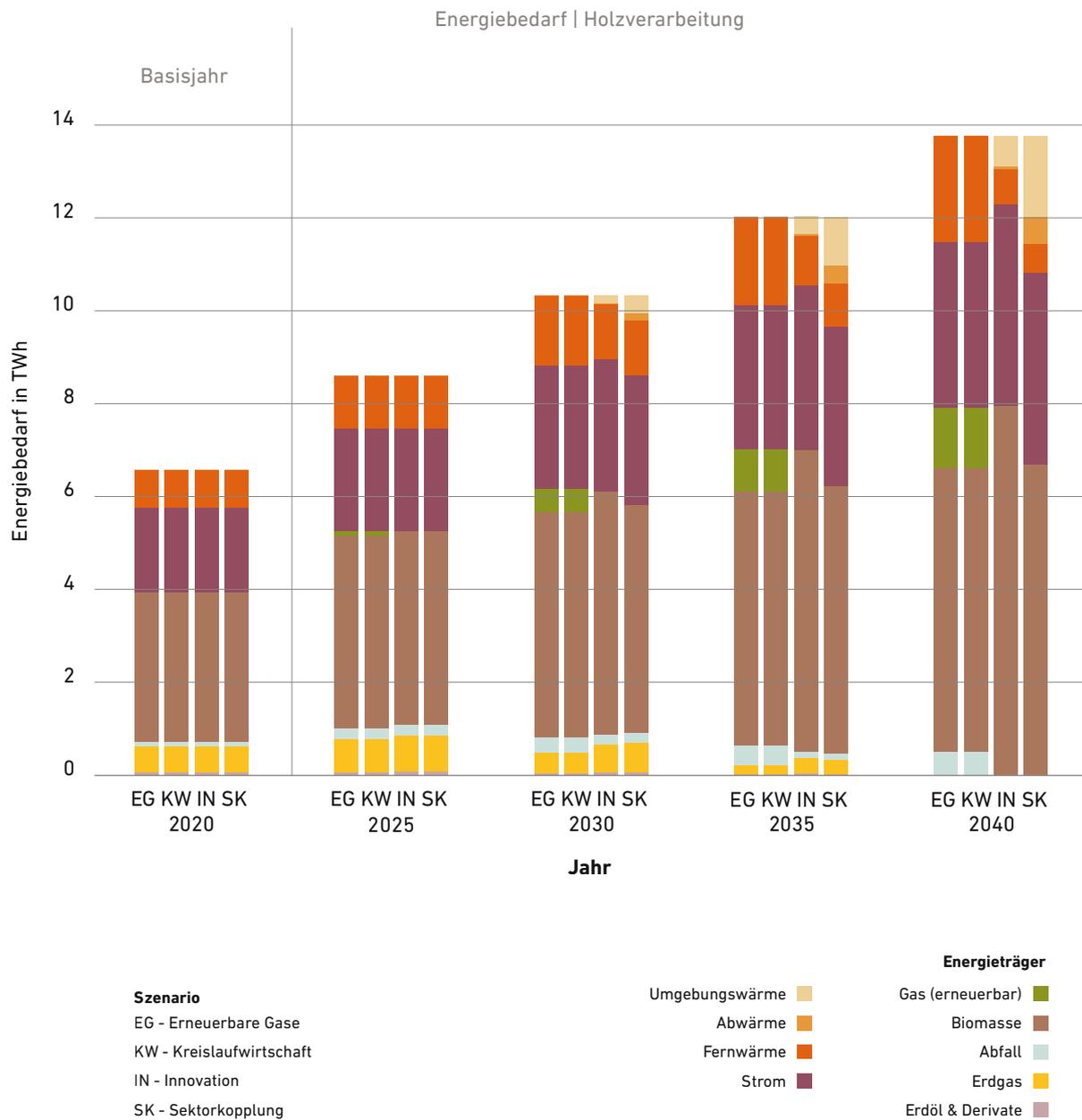


Abbildung 5
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Energieträgern für den Status Quo 2020 und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

Im Szenario Erneuerbare Gase (EG) erfolgt die Substitution fossiler Energieträger bis 2040 durch den Einsatz erneuerbarer Gase (CH₄ aus biogenen Ressourcen). Darauf aufbauend wird im Szenario Kreislaufwirtschaft (KW) angenommen, dass durch forciertes Recycling in einigen Branchen die Primärstoffherstellung effizienter wird. Für die Branche Holzverarbeitung ergeben sich keine Unterschiede zwischen diesen zwei Szenarien. Unterschiede sind hier vor allem in den Branchen Steine, Erden, Glas oder Eisen und Stahl ersichtlich.

Das Szenario Innovation (IN) nimmt an, dass statt des Einsatzes erneuerbarer Gase durch innovative Technologien die Nutzung von brancheninternen Abwärmepotenzialen verbessert und damit der Verbrauch von konventionellen Energieträgern reduziert werden kann. Für die Branche Holzverarbeitung ergibt sich dadurch ein kleiner Anteil der Wärmebereitstellung, der elektrifiziert wird, vorrangig mit Wärmepumpen. Im Szenario Sektorkopplung (SK) wird vertiefend zum Szenario Innovation zusätzlicher standort-übergreifender Austausch von Energieträgern angenommen. Abwärme aber auch hochexergetische² Energieträger werden über Standortgrenzen hinweg, gemäß optimalem exergetischen Einsatz, verwendet. Für die Branche Holzverarbeitung bedeutet das, dass weniger biogene Brennstoffe (z. B. feste Biomasse oder Abfall) am Standort eingesetzt werden. Deren Anteil wird durch Elektrifizierung ersetzt. Biomasse oder Abfall werden als kohlenstoffhaltiger Rohstoff oder hochexergetischer, erneuerbarer Energieträger, z. B. als Gas, in anderen Branchen eingesetzt.

Es lässt sich festhalten, dass in den Szenarien Innovation und Sektorkopplung steigende Elektrifizierung den bereits geringen Erdgasverbrauch substituiert. In den Szenarien Erneuerbare Gase sowie Kreislaufwirtschaft wird der Erdgasverbrauch vorrangig durch den Einsatz von Gasen aus biogenen Ressourcen substituiert. Der Energieträger Biomasse trägt in allen Entwicklungspfaden langfristig zur klimaneutralen Produktion bei.

Die Erkenntnisse aus der Modellierung zeigen, wie Abbildung 6 dargestellt, **dass zum einen für die Branche eine Zunahme des Energiebedarfs bis 2040 zugrunde gelegt ist und zum anderen große Anteile des zukünftigen Energieträgermixes unabhängig vom Entwicklungspfad sind**. Dazu wird zunächst die Schnittmenge jenes Energieträgermixes gezeigt, der für alle vier Szenarien für 2040 sowie mit der aktuellen Energiebereitstellung (Jahr 2020) ident ist. Diese Darstellung soll verdeutlichen, welche Varianzen aber auch Gemeinsamkeiten die vier Szenarien erzeugen bzw. haben. **Aus dem Anteil der Schnittmenge (die ersten zwei Balken für 2020 mit den Szenarioergebnissen 2040 bis für die Szenarioergebnisse 2040) lässt sich die Robustheit von gesetzten Maßnahmen ablesen**. Es ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass der hier dargestellte Energieträgermix in der Branche eingesetzt werden wird. Die residuale Energiemenge für 2020, deren Mix keine Überschneidung mit den weiteren Ergebnissen hat, ist in weiß dargestellt. Die Schnittmenge des Energieträgermixes, die in der ersten Säule zu sehen ist, setzt sich vorrangig aus Biomasse, Strom und Fernwärme zusammen.

² Exergie ist jener Teil der Energie der vollständig in jede andere Energieform umgewandelt werden kann, wie bspw. in technische Arbeit oder Hochtemperaturwärme beim reversiblen Übergang vom Anfangszustand in die Umgebungsbedingungen.

Über diese Schnittmenge hinaus, die ab der zweiten Säule in dunkelgrau dargestellt ist, gibt es Schnittmengen aller vier Pfade für das analysierte Zieljahr 2040. Auch diese weitere Schnittmenge setzt sich aus Biomasse und Strom zusammen. Im Vergleich zum Gesamtenergiebedarf 2040 ist sie mit mehr als 70% bereits hoch. Die residuale Energiemenge, für die keine Schnittmenge des Energieträgermixes gefunden wurde, ist auch für 2040 in weiß dargestellt. Darüber hinaus werden zusätzlich die weiteren Energieträger für die vier Szenarien dargestellt (Säule drei bis sechs). Hier werden u. a. auch durch die Tatsache das Säule zwei keine Änderung gegenüber Säule eins aufweist, wie schon in *Abbildung 5*, die zwei unterschiedliche Entwicklungstrends für die übrige Energiemenge ersichtlich, wenn auch hier weniger stark wie in anderen Branchen. Während der erste Trend auf dem Einsatz

erneuerbarer Gase, Fernwärme und Abfällen aufbaut, ist als zweiter Trend eine zunehmende Elektrifizierung ersichtlich, mitunter kombiniert mit einem gestiegenen Einsatz von Biomasse.

Im Gegensatz zur absoluten Energiemenge, die mit dem historischen Produktionsindex aus *Abbildung 1* hochskaliert wird und sich von 2020 bis 2040 unter dieser Annahme fast verdoppelt, ändern sich die relativen Anteile der Nutzenergiesegmente in der Branche Holzverarbeitung wenig. Dieses Ergebnis wird in *Abbildung 7* visualisiert. Die Anwendungskategorien mit dem größten Nutzenergieverbrauch in der Branche Holzverarbeitung sind die Prozesswärme > 200 °C gefolgt von der Raumwärme bzw. den Standmotoren.

Energiebedarf im Vergleich | Holzverarbeitung

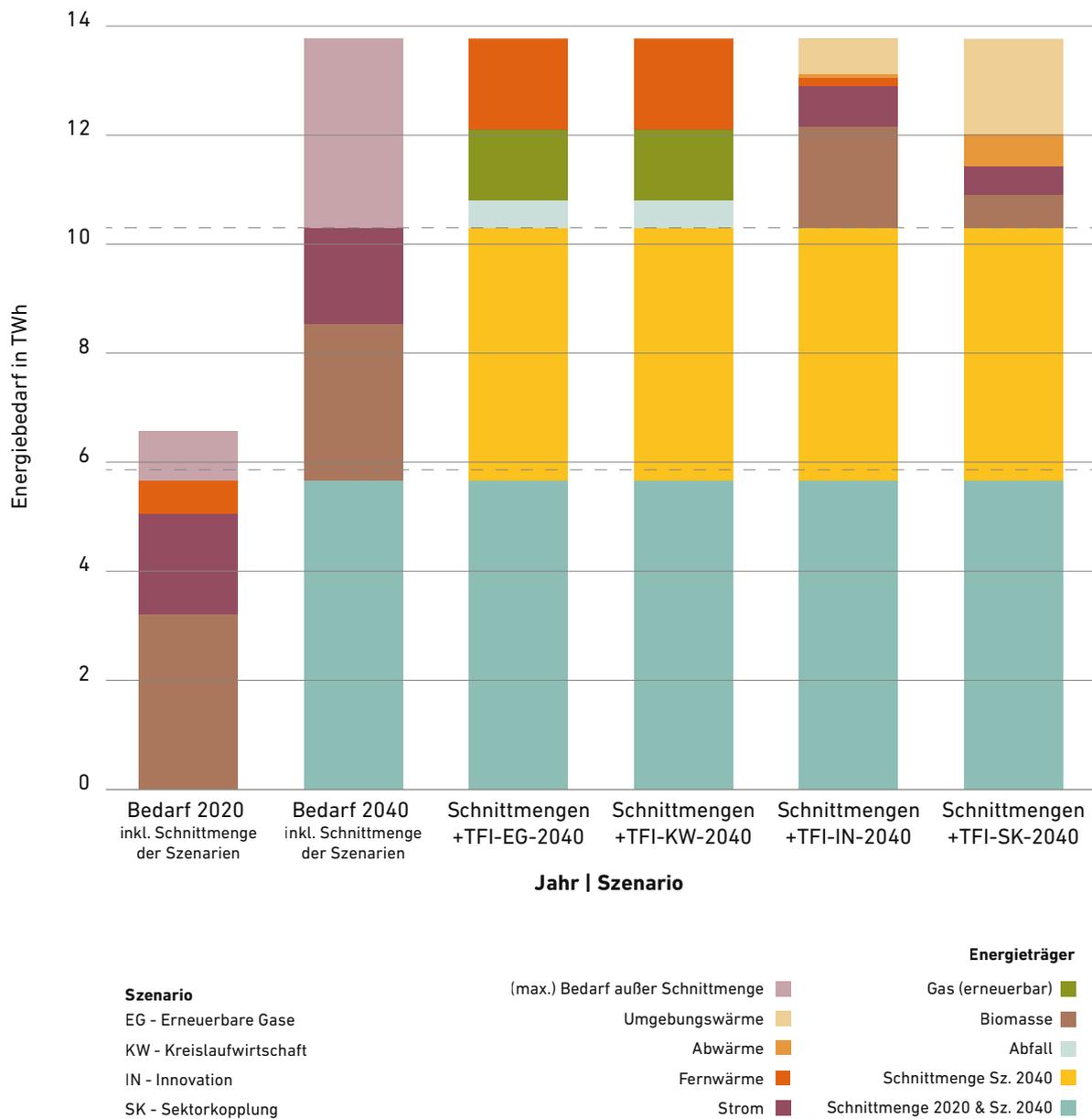


Abbildung 6
Vergleich des eingesetzten Energieträgermixes
gemäß Modellergebnis.



Abbildung 7
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Nutzenergie für den Status Quo 2020 und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

2.2 Investitionsbedarfe und potenzielle

Stranded Assets³

Die in den Leistungs- und Strukturdaten der Statistik Austria erfassten Gesamtinvestitionen in der Branche Holzverarbeitung lagen in den Jahren 2008–2019 bei durchschnittlich 319 Mio. € pro Jahr mit nahezu kontinuierlicher Zunahme nach 2014. Davon entfielen durchschnittlich 96 % auf Investitionen in Sachanlagen. Bei Beibehalten aktueller Prozessketten und entsprechender Fortschreibung dieser Investitionszyklen würde sich damit ein Gesamtvolumen an Investitionen in Sachanlagen von 2,4 Mrd. € bis 2030 bzw. 5,5 Mrd. € bis 2040 ergeben. Im Vergleich dazu betragen die ermittelten Investitionskosten für die Transformation, die in erster Linie die Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme betreffen, je nach Szenario, bis zu 106 Mio. € pro Jahr bzw. in Summe bis zu 1,1 Mrd. € bis 2040 (siehe Abbildung 8). Davon betreffen rd. 50 % direkte Investitionen für Equipment, der Rest bezieht sich auf indirekte Investition, wie z. B. Engineering, periphere Komponenten, oder Bautätigkeiten.

Ein Großteil der Branche Holzverarbeitung, die als nicht-energieintensive Branche gilt, anfallenden Emissionen entfällt auf den Einsatz elektrischer Energie für Standmotoren, Beleuchtung und EDV. Durch den bereits hohen Anteil biogener Brenn- und Treibstoffe für Prozesswärme und Raumheizungen, werden in diesem Bereich im Zuge der Transformation zur Klimaneutralität der Branche hierfür folglich keine nennenswerten Stranded Assets erwartet. Zusätzliche Investitionen in diesen Bereichen ergeben sich primär aus dem erwarteten Wirtschaftswachstum in der Branche und sind vom jeweiligen Entwicklungspfad abhängig, also ob die Nutzung von Ab-/Fernwärme, Elektrifizierung (Wärmepumpen), oder biogene Brennstoffe im Vordergrund stehen. Dies betrifft aber vor allem den sukzessiven Zubau von Kapazitäten im Zuge des Wachstums und steht daher kaum in Konkurrenz zu bestehenden Systemen.

Ein weiterer Aspekt in der Reduktion von Treibhausgas-Emissionen der Branche ist der Einsatz von Erdgas für die Bereitstellung von Raumwärme. Potenzielle Stranded Assets sind hier in erster Linie vom Transformationspfad (Elektrifizierung, erneuerbare Brennstoffe) abhängig, was auch durch die Analyse der Ergebnisse der Szenarien in 2.1 deutlich wird. Konkurrierende Trends für zukünftige Entwicklungen in dieser Branche sind der Einsatz von erneuerbarem Gas gegenüber einer (zunehmenden) Elektrifizierung der Raumwärmebereitstellung, sowie der Einsatz von Abfällen gegenüber Biomasse zur Prozesswärmebereitstellung.

Während aus Sicht des Umstellungsaufwandes vor allem der (weitere) Einsatz von gasförmigen Energieträgern eine naheliegende Lösung darstellt, relativiert die Analyse der makroökonomischen und volkswirtschaftlichen Aspekte, diese Aussage stark. Durch die Transformation im gesamten produzierenden Sektor, nimmt die Zahl der konkurrierenden Prozesse für hoch-exergetische Energieträger zu. Aus makroökonomischer Perspektive ist daher aufgrund der Empfehlung, Energieimporte und den Primärenergieeinsatz zu reduzieren, die Investition in Anlagen zur Raumwärmebereitstellung mittels gasförmiger Ressourcen ein denkbares Stranded Asset. Für erneuerbares Gas erscheint zudem ein Anstieg der Kosten durch die steigende Nachfrage als ein realistischer Entwicklungspfad. Unter diesen Voraussetzungen sind aus makroökonomischer Perspektive vor allem Investitionen in Wärmerückgewinnung und Elektrifizierung als empfehlenswert einzustufen.

³ *Stranded Assets* bezeichnen Investitionsgüter, die einen unerwartet hohen Wertverlust haben und vorzeitig abgeschrieben werden müssen

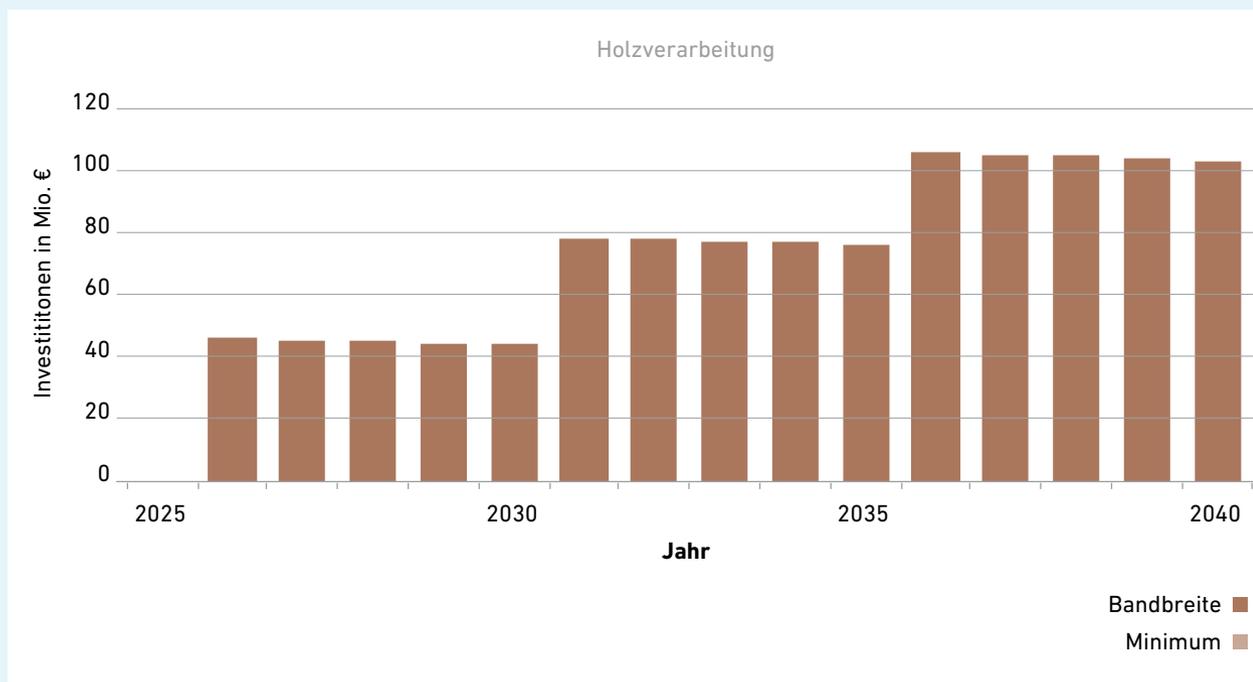


Abbildung 8
Notwendiger Investitionsbedarf für die Transformation
(Bandbreite aus den Szenarien) in der Branche Holzverarbeitung

2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien

Die in den Entwicklungspfaden berücksichtigten Maßnahmen für die unterschiedlichen Nutzenergiekategorien (Anwendungsbereiche) wurden in zusammengefasst und hinsichtlich folgender Kriterien verglichen:

- Emissionsreduktions-Potenzial in der Branche (hier werden Anwendungsgebiete mit geringem Energiebedarf als niedriger eingeschätzt im Vergleich zu Anwendungsbereich mit hohem Energiebedarf)
- Investitionsbedarf bzw. Energiekosten im Vgl. zu Alternativen für den Anwendungsbereich (hier werden die spezifischen Investitionskosten sowie Energieträgerkosten für die Technologien und Maßnahmen herangezogen),
- Primärenergiereduktions-Potenzial (hier werden Effizienzverbesserungen im Vergleich zum Status Quo berücksichtigt) und

- Reifegrad der Maßnahme (hier wird berücksichtigt, auf welchem Teil der Skala zwischen vor-marktreif (noch in Entwicklung) und etabliert (Serienprodukt) sich die Technologie oder Maßnahme befindet).

Aus diesen Kriterien wurde unter Berücksichtigung der Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte für die gesamte Industrie eine Bewertung jeder Maßnahme für die Branche vorgenommen. Die Bewertungsmöglichkeiten waren „empfehlenswert“, „bedingt empfehlenswert“ und „nicht empfehlenswert“. Maßnahmen, die für die Branche als „(bedingt) empfehlenswert“ eingestuft worden sind in den folgenden zwei Tabellen dargestellt. „Nicht empfehlenswerte“ Maßnahmen für die Branche sind im Folgenden nicht dargestellt.

Anwendungsbereich	Kurzbezeichnung Maßnahme	Emissionsreduktionspotenzial in der Branche bzw. branchenübergreifend (hoch, mittel, niedrig)	Invest-Bedarf in Relationen zu Alternativen im Anwendungsbereich (preiswert, mittel, teuer)	Energiekosten in Relation zu Alternativen im Anwendungsbereich (preiswert, mittel, teuer)	Primärenergie-reduktionspotenzial in Relation zu Alternativen im Anwendungsbereich (hoch, mittel, niedrig)	Reifegrad (vor-marktreif, marktreif, marktverfügbar, etabliert)	Klassifikation der Maßnahme (empfehlenswert, bedingt empfehlenswert, nicht empfehlenswert)
Anwendungsübergreifend	Reduktion Primärenergiebedarf (Effizienz und Kreislaufwirtschaft)	Mittel	Mittel	Preiswert	Mittel	Vor-marktreif/ Marktverfügbar	Empfehlenswert
Raumwärme	Integration Wärmepumpen – Nutzung Umgebungswärme oder industrielle Abwärme (standortintern oder -übergreifend)	Hoch	Teuer	Mittel	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert
	Direkte Wärmerückgewinnung (standortintern oder -übergreifend)	Hoch	Preiswert	Preiswert	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert
	Geothermie	Hoch	Teuer	Preiswert	Hoch	Marktreif	Bedingt empfehlenswert
	Erhalt/Ersatz der Bestandsstruktur & Energieträgerwechsel für fossile Brennstoffe (erneuerbare Gase – grüner H ₂ /erneuerbares CH ₄)	Hoch	Preiswert	Teuer	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Einsatz Fernwärme	Hoch	Mittel	Teuer	Mittel	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
Prozesswärme < 200 °C	Erhalt/Ersatz der Bestandsstruktur bzw. Neuanlagen und Energieträgerwechsel für fossile Brennstoffe (erneuerbare Gase – grüner H ₂ /erneuerbares CH ₄)	Niedrig	Preiswert	Teuer	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Erhalt Bestandsstruktur bzw. Neuanlagen für feste Brennstoffe wie Biomasse oder Ersatzbrennstoffe	Niedrig	Preiswert	Mittel	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Vergasung biogener Rohstoffe und Einsatz in anderen Branchen	Niedrig	Teuer	Mittel	Niedrig	Vor-marktreif	Bedingt empfehlenswert
	Elektrifizierung bzw. Integration Hochtemperatur-Wärmepumpe	Niedrig	Teuer	Mittel	Hoch	Vor-marktreif	Empfehlenswert
	Branchen-übergreifende direkte Abwärmenutzung	Niedrig	Teuer	Preiswert	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert



Anwendungsbereich	Kurzbezeichnung Maßnahme	Emissionsreduktionspotenzial in der Branche bzw. branchenübergreifend (hoch, mittel, niedrig)	Invest-Bedarf in Relationen zu Alternativen im Anwendungsbereich (preiswert, mittel, teuer)	Energiekosten in Relation zu Alternativen im Anwendungsbereich (preiswert, mittel, teuer)	Primärenergie-reduktionspotenzial in Relation zu Alternativen im Anwendungsbereich (hoch, mittel, niedrig)	Reifegrad (vor-marktreif, marktreif, marktverfügbar, etabliert)	Klassifikation der Maßnahme (empfehlenswert, bedingt empfehlenswert, nicht empfehlenswert)
Prozesswärme > 200 °C	Erhalt/Ersatz der Bestandsstruktur bzw. Neuanlagen und Energieträgerwechsel für fossile Brennstoffe (erneuerbare Gase – grüner H ₂ /erneuerbares CH ₄)	Hoch	Preiswert	Teuer	Niedrig	Etabliert	Empfehlenswert
	Erhalt Bestandsstruktur bzw. Neuanlagen für feste Brennstoffe wie Biomasse oder Ersatzbrennstoffe	Hoch	Preiswert	Mittel	Niedrig	Etabliert	Empfehlenswert
	Elektrifizierung der Prozesswärmebereitstellung < 1000 °C	Hoch	Mittel	Teuer	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert
Standmotoren	Selbstfahrende Arbeitsmaschinen: Ersatz von Dieselantrieben durch batteriebetriebene elektrische Antriebe	Niedrig	Teuer	Mittel	Mittel	Marktreif	Bedingt empfehlenswert
	Selbstfahrende Arbeitsmaschinen: Ersatz von Dieselantrieben durch brennstoffzellenbetriebene elektrische Antriebe	Niedrig	Teuer	Mittel	Niedrig	Vor-marktreif	Bedingt empfehlenswert

Tabelle 1
Branchenspezifische Schlüsseltechnologien
für die Branche Holzverarbeitung

Der folgende Abschnitt fokussiert auf die wichtigsten Technologien – die sogenannten **No-regret-Technologien – in der Branche**. Als solche wurden Technologien identifiziert, die mindestens zwei der folgenden drei Kriterien erfüllen:

1. Basierend auf der Analyse der Szenarien sowie gemäß den Kriterien in Tabelle 1, als empfehlenswert und somit in Summe als **volkswirtschaftlich empfehlenswert** eingestuft.
2. Die Maßnahme hat ein für die Branche hohes, **erhebliches Potenzial zur Emissionsminderung** (vgl. Spalte 3 in Tabelle 1).
3. Die Maßnahme kann durch **verbesserte (Energie-) Effizienz** einen positiven Wertschöpfungseffekt in der Branche erzielen und ist somit über mehrere Entwicklungspfade hinweg empfehlenswert (vgl. hohes Primärenergiereduktions-Potenzial Spalte 6 in Tabelle 1).

Daraus abgeleitet werden Maßnahmen wie z. B. der Einsatz erneuerbarer Brennstoffe, Elektrifizierung allgemein und Wärmepumpen bzw. Wärmerückgewinnung für Raum- und Prozesswärme, in diesem Abschnitt detailliert behandelt. Auch Anwendungsübergreifende Effizienzmaßnahmen werden beschrieben.

Über die beschriebenen Schlüsseltechnologien hinweg, muss folgende Besonderheit und daher Herausforderung bei der Dekarbonisierung der Branche hier noch erwähnt werden: der hohe Anteil an Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen kann bei Dekarbonisierung der Branche Holzverarbeitung zu neuen Anforderungen für den Sektor Energie führen. Mit den bestehenden Anlagen, geht aktuell die Kopplung von Strom- und Wärmeerzeugung sowie hohe Eigenversorgung mit elektrischer Energie und potenzielle Auskopplung von Fernwärme einher. Dekarbonisierungsmaßnahmen können zu Änderungen dieser Struktur führen, wodurch bspw. zukünftig deutlich mehr Strom durch den Sektor Energie bereitgestellt werden muss, bedingt durch zwei Effekte: die erhöhte Elektrifizierung der Wärmebereitstellung sowie die reduzierte Eigenerzeugung. Als Folgemaßnahme ist auch ein Sicherstellen entsprechender Netzanschlussleistungen notwendig. Darüber hinaus kann eine Investition Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die mit erneuerbaren bzw. biogenen Brennstoffen betrieben werden, durch die stoffliche und energetische Nutzungskonkurrenz aus anderen Branchen, als Stranded Asset enden.

Technologien zur Prozesswärmebereitstellung mit hohem Dekarbonisierungspotenzial

Feuerungen für Feststoffe für Prozesswärme > 200 °C

Kriterium	Beschreibung: Energieträgerwechsel (Feststoffe) zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	<p>In der Branche Holzverarbeitung werden große Energiemengen in diesem Temperaturbereich benötigt. Die Bereitstellung der Prozesswärme über 200 °C erfolgt bei dieser Maßnahme über die Verbrennung fester Brennstoffe in entsprechenden Feuerungsanlagen. Dazu gehören interne Reststoffe wie Rinde. Denkbar ist auch der Einsatz von (zugekaufter) Biomasse oder externen Reststoffen. Fossile feste Brennstoffe können ev. ersetzt und bestehende Kessel weiterverwendet werden.</p> <p>Eine Umrüstung und Adaption der Brennstoffe ist sowohl hinsichtlich Machbarkeit als auch Dekarbonisierungspotenzial als empfehlenswert eingeschätzt. Diese Maßnahme stellt unabhängig vom Entwicklungspfad einen relevanten Beitrag zur Dekarbonisierung in der Branche dar.</p>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Mögliche Nutzung biogener Reststoffe aus der Produktion bzw. aus externen Quellen – Nutzung bestehender Feststofffeuerungen – Geringe Brennstoffkosten im Fall von Reststoffen – Energieträger zum Teil im Inland verfügbar (abhängig von der absoluten Menge)
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Hohe initiale Investitionskosten gegenüber Alternativtechnologien – Luftschadstoffemissionen (z. B. Feinstaub) – Vergleichsweise hohe Betriebskosten für Instandhaltung und Wartung – Große räumliche Distanzen bei der Lieferung sind nicht wirtschaftlich, wodurch das Potenzial der Energieträgermenge begrenzt ist
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Verfügbarkeit nachhaltig produzierter Biomasse – Konkurrenz mit Recycling für Ersatzbrennstoffe – Logistisch herausfordernd insbesondere Anlieferung und Lagerung – Rohstoffverfügbarkeit limitiert – Strichtrocknung aktuell nicht mit Feststofffeuerung vorgenommen
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9 – Üblicherweise hohe Brennstoffleistungen im (zweistelligen) Megawattbereich – Aufbereitung Abluft kann erforderlich sein – Logistik notwendig

Tabelle 2

Schlüsseltechnologie Feststofffeuerung für Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung: Energieträgerwechsel (gasförmig) zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	Die Bereitstellung der Prozesswärme über 200 °C erfolgt hier über die Verbrennung erneuerbarer Gase (z. B. Methan biogenen Ursprungs, Wasserstoff, etc.) in entsprechenden Feuerungsanlagen. In der Branche Holzverarbeitung werden aus Prozesssicht hohe Energiemengen für diese Anwendung benötigt. Die Relevanz der Maßnahme, ist je nach Entwicklungspfad hoch oder niedrig. Bei ausreichender Verfügbarkeit biogener Brennstoffe, werden gasförmige Brennstoffe vor allem während des Transformationsprozesses benötigt.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Nutzung bestehender Anlagen und Infrastruktur, vor allem für den Einsatz von Methan biogenen Ursprungs – Energieträger zum Teil im Inland verfügbar
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Hoher Bedarf an erneuerbaren Gasen – Energieträger möglicherweise nicht in ausreichender Menge im Inland verfügbar – Vergleichsweise hohe Energieträgerkosten – Verbrennungstemperaturen steigen bei hohem Wasserstoffgehalt im Brennstoff, wodurch die Stickoxidemissionen ohne nachfolgende Reinigung zunehmen – Bei steigendem Wasserstoffgehalt nehmen die Volumina zu – Umrüstung von Bestandsanlagen bei Wasserstoffeinsatz mitunter notwendig
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Verfügbarkeit erneuerbarer Gase, inkl. Importkapazitäten – Einsetzbarkeit von Gas mit hohem Wasserstoff-Anteil bzw. reinem Wasserstoff – Ersatz der Brenner in Bestandsanlagen – Technische Rahmenbedingungen der Lieferinfrastruktur (Gasnetz) müssen gegeben sein
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9 – Bei Wasserstoffeinsatz: Abgasnachbehandlung möglicherweise erforderlich

Tabelle 3

Schlüsseltechnologie Feuerung für gasförmige Energieträger für
 Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung: Elektrifizierung zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	In der Branche Holzverarbeitung kann die Bereitstellung der Prozesswärme auch über die Elektrifizierung von Industrieöfen erfolgen. Das Dekarbonisierungspotenzial ist hoch. Die Umsetzungsbeispiele jedoch bisher gering. Die Relevanz der Elektrifizierung zur Dekarbonisierung in der Branche kann mitunter abhängig vom Entwicklungspfad steigen.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Reduktion Primärenergie – Reduktion Abgasvolumina – Keine Stickoxidzunahme
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Risiko für Produktqualität mitunter durch Sauerstoff-Atmosphäre
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Elektrische Anschlussleistung am Standort muss entsprechend gegeben sein – Bei hohen Anschlussleistungen Risiko für Ausgleichsenergiekosten – Für vollständige Dekarbonisierung ist eine dekarbonisierte elektrische Energiebereitstellung Voraussetzung – Substitution in Bestandsanlagen ist nur bedingt möglich und muss für Einzelfälle geprüft werden – Für Widerstandsheizungen kann der Flächenbedarf stark zunehmen – Zunehmende technische Herausforderungen bei höheren Temperaturen über 1000 °C
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9

Tabelle 4

Schlüsseltechnologie Elektrifizierung zur Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung: Wärmepumpe zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	Prozesswärme unter 200 °C in der Branche Holzverarbeitung liegt teilweise als Dampf vor, ist aber geringer im Vergleich zu anderen Temperaturlevels. Bei einigen Prozessen fällt Abwärme an. Hier kann sich das Nutzen von Abwärmeströmen als Quelle für Wärmepumpen anbieten. Die Kombination aus Wärmepumpen und Dampfverdichtern bietet hohes Anwendungspotenzial auch für Prozessbedarfe zwischen 150 und 200 °C. Die Technologie der Wärmepumpen kann bei entsprechender Entwicklung in den nächsten Jahren einen kleinen Beitrag zur Dekarbonisierung in der Branche liefern und ist aus Effizienz- und wperspektive als empfehlenswert eingestuft .
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Abwärmenutzung und dadurch weniger Primärenergieeinsatz bei gleichzeitiger Dekarbonisierung der Stromversorgung möglich – Erhöhung der Energieeffizienz – Kosteneinsparungen und schnelle Amortisationszeiten bei großer Abwärmemenge möglich – Weitere Leistungszahl- und Dampftemperatursteigerung durch Konfigurationen mit Dampfverdichtern möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Hohe initiale Investitionen gegenüber Alternativtechnologien – Status Quo (2023): Geringe laufende Einsparung durch aktuelles Preisverhältnis Strom vs. Erdgas (überwiegend eingesetzter Brennstoff zur Wärmeerzeugung) – Bei hohen Temperaturdifferenzen zwischen Abwärme (Quelle) und Wärmenutzung sinkt die Leistungszahl
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Komplexität gegenüber konventionellen Technologien höher – Bisher keine Pilot- und Demoanlagen für große Leistungen und Dampferzeugung – Amortisationszeit stark von Verhältnis Strom- zu Gaspreis abhängig bzw. von weiteren Energiepreisen. – Abwärme muss gleichzeitig und in ausreichender Menge vorhanden sein, wenn Prozesswärme benötigt wird. – Örtliche Nähe zwischen Wärmequelle und Prozesswärme notwendig, um Wärmeverluste und hohe Installationskosten für Verrohrung zu vermeiden.
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 6–8 für geschlossene Wärmepumpen (IEA, 2022) – Technology-Readiness-Level: 8–9 für Dampfverdichter (IEA, 2022) – Heterogene Anwendungsfälle mit starkem Einfluss der Konfiguration auf die Wirtschaftlichkeit, was eine Standardisierung für verkaufte Anlagen erschwert – Elektrische Anschlussleistung am Standort muss entsprechend gegeben sein – Anforderungsanalyse hinsichtlich Temperaturen, Verluste und Effizienz hat einen maßgeblichen Einfluss auf Wirtschaftlichkeit – Für vollständige Dekarbonisierung ist eine dekarbonisierte elektrische Energiebereitstellung Voraussetzung

Tabelle 5

Schlüsseltechnologie Wärmepumpe zur Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung: Wärmerückgewinnung zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	Prozesswärme unter 200 °C in der Branche Holzverarbeitung liegt mitunter als Dampf vor, ist jedoch generell als gering einzustufen. Das Potenzial der branchen-internen direkten Wärmerückgewinnung ist aufgrund eines hohen Anteils von Prozesswärme mit höheren Temperaturen und damit verbundenem Einsatz von Brenner als relevant einzuschätzen und wird bereits umgesetzt. Diese Technologie kann auch zukünftig einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung in der Branche liefern und ist aus Effizienz- und Exergieperspektive als empfehlenswert eingestuft .
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Betriebskosten sehr gering (hpts. für Instandhaltung und Wartung) – Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch Abwärmenutzung – Vergleichsweise niedrige Investitionskosten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Räumliche Anordnung muss beachtet werden – hohe Entfernungen erschweren die Nutzung – Gleichzeitigkeit erforderlich auf verschiedenen Zeithorizonten wie zum Beispiel Minuten, Stunden, Tage oder saisonal
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Komplexität gegenüber konventionellen Systemen höher – Risiko sowie organisatorische Hürden bei standort-übergreifender Nutzung höher als bei Alternativen – Ohne Substitutionsmöglichkeit reduzierte Flexibilität
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9 – Anforderungsanalyse hinsichtlich Temperaturen, Verluste und Effizienz hat einen maßgeblichen Einfluss auf Wirtschaftlichkeit – Für vollständige Dekarbonisierung ist die Nutzung dekarbonisierter Abwärmequellen erforderlich – Vertragliche Abstimmung bei standort-übergreifender Nutzung entscheidend

Tabelle 6

Schlüsseltechnologie Wärmerückgewinnung zur Prozesswärme-
bereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Technologien zur Raumwärmebereitstellung mit hohem Dekarbonisierungspotenzial

Kriterium	Beschreibung: Wärmepumpe zur Raumwärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	Der Raumwärmebedarf der Branche Holzverarbeitung ist im Vergleich zum Prozesswärmebedarf über 200 °C als niedriger einzustufen aber dennoch ein relevanter Verbraucher. Raumwärme wird oft durch gegebene Versorgungsanlagen mitversorgt, wodurch die Vorlauftemperaturen hoch für den Anwendungsfall sind. Die Technologie kann, insbesondere bei entsprechend adaptierten Heizungssystemen, einen Beitrag zur Dekarbonisierung liefern und ist aus Effizienz- und Exergieperspektive als empfehlenswert eingestuft .
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch Nutzung von Abwärme oder Umgebungswärme – Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung durch gleichzeitige Dekarbonisierung der Stromversorgung möglich – In dieser Anwendung übliche kleinere Temperaturdifferenzen zwischen Wärmequelle und Wärmesenke ermöglichen höhere Leistungszahlen und damit größere Energieeinsparung – Im Gebäudebereich etablierte Technologie
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Hohe initiale Investitionen gegenüber Alternativtechnologien, wie zum Beispiel Gaskessel oder Elektrokessel – Status Quo (2023): Geringe laufende Einsparung der Betriebskosten durch aktuelles Preisverhältnis Strom vs. Erdgas (überwiegend eingesetzter Brennstoff zur Wärmeerzeugung) – Bei Nutzung von Bestandssystemen: Hohe Temperaturdifferenzen zwischen Abwärme und Vorlauf- bzw. Warmwassertemperatur reduzieren die Leistungszahl, wodurch Betriebskosten steigen
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Komplexität gegenüber konventionellen Technologien erhöht – Vorteile der Technologie nehmen bei geringen Vorlauftemperaturen zu. Ein exklusiver Tausch der Wärmeerzeuger allein ist dazu jedoch oft nicht ausreichend. – Eine Substitution des gesamten Heizungssystems ist herausfordernd, kostenintensiv bzw. kann eine Limitation für diese Technologie sein. – Saisonalität, beispielsweise Abwärme aus Kühlung gegenüber Raumwärmebedarf, kann die Nutzung erschweren
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9 – Anforderungsanalyse hinsichtlich Temperaturen, Verluste und Effizienz hat einen maßgeblichen Einfluss auf Wirtschaftlichkeit – Für vollständige Dekarbonisierung ist eine dekarbonisierte elektrische Energiebereitstellung Voraussetzung

Tabelle 7

Schlüsseltechnologie Wärmepumpe zur Raumwärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung: Wärmerückgewinnung zur Raumwärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	Der Raumwärmebedarf der Branche Holzverarbeitung ist im Vergleich zum Prozesswärmebedarf über 200 °C als niedriger einzustufen aber dennoch ein relevanter Verbraucher. Raumwärme wird oft durch gegebene Versorgungsanlagen mitversorgt, wodurch die Vorlauftemperaturen hoch für den Anwendungsfall sind. Die Technologie kann, insbesondere bei entsprechend adaptierten Heizungssystemen, einen Beitrag zur Dekarbonisierung liefern und ist aus Effizienz- und Exergieperspektive als empfehlenswert eingestuft .
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Betriebskosten sehr gering, vorrangig für Instandhaltung und Wartung – Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch Abwärmenutzung – Vergleichsweise niedrige Investitionskosten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Räumliche Anordnung muss beachtet werden – hohe Entfernungen erschweren die Nutzung – Gleichzeitigkeit erforderlich auf verschiedenen Zeithorizonten wie zum Beispiel Minuten, Stunden, Tage oder saisonal
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Komplexität gegenüber konventionellen Systemen höher – Vorteile der Technologie nehmen bei geringen Vorlauftemperaturen zu. Ein exklusiver Tausch der Wärmeerzeuger allein ist dazu oft nicht ausreichend – Eine Substitution des gesamten Heizsystems ist herausfordernd bzw. oft eine Limitation für diese Technologie
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9 – Anforderungsanalyse hinsichtlich Temperaturen, Verluste und Effizienz hat einen maßgeblichen Einfluss auf Wirtschaftlichkeit# – Für vollständige Dekarbonisierung ist die Nutzung dekarbonisierter Abwärmequellen erforderlich

Tabelle 8
Schlüsseltechnologie Wärmerückgewinnung zur Raumwärme-
bereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Technologien zur Verbesserung der Effizienz

Kriterium	Beschreibung: Reduktion der Primärenergie
Relevanz für die Branche Holzverarbeitung	Bestandsstrukturen in aktuellen Prozess- aber auch Anlagen zur Raumwärme und -klimatisierung, können Verbesserungspotenzial bspw. hinsichtlich erforderlicher Temperaturen aufweisen. Darüber hinaus stellen verbesserte und z. B. geschlossene Betriebsmittelkreisläufe, bspw. für Lösemittel aber auch Wasser, Verbesserungspotenziale, die zur Reduktion des Primärenergieeinsatzes führen können, dar. Maßnahmen zur Verbesserung verschiedener Anwendungsfälle können zu einer deutlichen Reduktion des Primärenergieeinsatzes führen und sind somit als empfehlenswert eingestuft .
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Kostenreduktion – Reduktion des Primärmaterial- und -energieeinsatzes
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Reicht als Einzelmaßnahme nicht für vollständige Dekarbonisierung – Erfordert bei Prozessumstellungen (Kreislaufwirtschaft) aber auch beim Senken von Temperaturniveaus mitunter hohe Investitionen und hohen Aufwand
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Entsprechend hohe Recycling- und Rücklaufquoten sowie Qualität erforderlich – Sammlungs- und Aufbereitungsinfrastruktur erforderlich – Erhalten der Produkteigenschaften und -qualität technisch herausfordernd – Mitunter neue Produkte und Entwicklung erforderlich – Umstellung organisatorischer Abläufe erforderlich
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9 – Analyse des Produktes erforderlich – Vertragliche Abstimmung bei standort-übergreifender Nutzung entscheidend

Tabelle 9

Schlüsseltechnologien zur Reduktion der Primärenergie:

Eigenschaften der Technologie

2.4 Handlungsempfehlungen

Zusätzlich zu den allgemeinen Handlungsempfehlungen für die gesamte Industrie können für die Branche Holzverarbeitung folgende spezifische Empfehlungen definiert werden, die entlang der zentralen Handlungsfelder dargestellt werden:

Handlungsfeld	Empfehlungen
Förderung von Forschung und Entwicklung (F&E)	<p>Im Bereich direkter F&E sollte die Entwicklung folgender Technologien gefördert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Prozessoptimierung (Herausforderungen: Temperaturen senken, Primärenergieeinsparungen, Wärmepumpeneignung) – Prozessanlagenentwicklung (für optimierte und verbesserte Prozessbedingungen, z. B. Temperaturniveaus senken, Wärmepumpen-Integration, verbesserte und umweltfreundliche Lösungsmittel und Arbeitsmedien, die ohne thermische Nachverbrennung auskommen – stoffliche Nutzung bevorzugt gegenüber thermischer Verwertung, Lösemittelrückgewinnung) – Planung- und Konzepterstellung (adressiert vor allem kleine Standorte und kleine und mittlere Unternehmen für ganzheitliche, integrierte Ansätze) – Unterstützung für die Errichtung und den Betrieb von größeren Demonstrationsanlagen für Trocknung mittels Wärmepumpen – Unterstützung für die Errichtung und den Betrieb von größeren Demonstrationsanlagen
Anreize und Förderungen von Investitionen	<ul style="list-style-type: none"> – Gezielte Investitionsförderungen können helfen, die Wirtschaftlichkeit von elektrifizierten Anlagen (z. B. durch Wärmepumpen) zu erhöhen
Energieinfrastrukturen und Energiebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> – Die entsprechenden Infrastrukturanforderungen (leitungsgebunden) müssen erfüllt sein: Fernwärme, H₂ oder Bio-CH₄ oder Strom – Sicherstellen von Holz und Biomasse in entsprechender Menge und Qualität sowie von Reststoffen, sofern diese weiter verwendet werden dürfen (Standards etc.)
Gesetzliche Rahmenbedingungen, Standards und Normen	<ul style="list-style-type: none"> – Bei der Nutzung der unterschiedlichen Energieträger und Ressourcen ist eine Klarheit in Bezug auf deren Einordnung (z. B. Reststoffe) sicherzustellen – Aktuell ist der Einsatz von Kältemittel im Fall von Wärmepumpen rechtlich noch unklar und folglich sind hier rasch Handlungen notwendig (Positionierung auf europäischer Ebene), um die Rechtsunsicherheit zu reduzieren – Beim Einsatz von Wärmepumpen für die Trocknung reduzieren Normen die Unsicherheit und ermöglichen rascher den wirtschaftlichen Einsatz
Aus- und Weiterbildung sowie gesellschaftlicher Wandel	<ul style="list-style-type: none"> – Der große Mangel an Personal für die Entwicklung, Produktion und Montage von industriellen Wärmepumpen in der Industrie kann aktuell nicht gedeckt werden und entsprechende Maßnahmen sind notwendig

Tabelle 10
Handlungsempfehlungen

Literaturverzeichnis

IEA. (2022). No Title. In *Task 1: Technologies – State of the art and ongoing developments for systems and components*. heatpumpingtechnologies.org/annex58/task1

Statistik Austria, *Energiegesamtrechnung*. (2020). Statistik Austria, Nutzenergieanalyse 2020. www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energiegesamtrechnung

Statistik Austria, *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung*. (2020). Statistik Austria, Produktionsindex 2020. www.statistik.at/statistiken/volkswirtschaft-und-oeffentliche-finanzen/volkswirtschaftliche-gesamtrechnungen

Kontaktdaten

Projektleiter

Christian Schützenhofer

Center for Energy

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 6, 1210 Vienna

christian.schuetzenhofer@ait.ac.at

Herausgeber

Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung

Leopold-Ungar-Platz 2/Stiege 1/Top 142, 1190 Wien

Tel: (+43 1) 585 03 90

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

AutorInnen

Christian Schützenhofer, Verena Alton, Bernhard Gahleitner,

Sophie Knöttner, Klaus Kubeczko, Karl-Heinz Leitner

AIT Austrian Institute Of Technology

Martin Baumann, Christoph Dolna-Gruber, Bernhard Felber, Andreas Indinger

Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (AEA)

Thomas Kienberger, Maedeh Rahnama Mobarakeh, Peter Nagovnak

Lehrstuhl für Energieverbundtechnik/Montanuniversität Leoben (EVT)

Hans Böhm, Sebastian Goers, Simon Moser, Mario Reisinger

Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz (EI-JKU)

Mitwirkende

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Institut für Energietechnik und Thermodynamik der TU Wien

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 Klimaschutz,

Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) sind für die

Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung

www.angieneering.net

Titelfoto

Aleksandar Radovanovic

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





 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie