

AKTIONSPLAN

STUDIEN



Textil und Leder

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 Textil und Leder

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	08
2.2 Investitionsbedarfe und potenzielle Stranded Assets	13
2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien	14
2.4 Handlungsempfehlungen	25
Literaturverzeichnis	26
Kontaktdaten	26

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 Textil und Leder hinsichtlich Produktionswertes, Wertschöpfung, Unternehmen und Erwerbstätige, Energieeinsatz und Emissionen gegeben.

1.1 Allgemeine Brancheninformation

Die Branche Textil und Leder zeigt seit 2005 unterschiedliche Entwicklungen (Abbildung 1). Während es 2009 zu

einem Einbruch der Wertschöpfung und des Produktionswertes kam, erholten sich diese bis 2011 wieder. Einen ähnlichen Abfall gab es dann zwischen 2019 und 2020. Dabei kann hervorgehoben werden, dass der Produktionsindex nicht zwingend dem Produktionswert und der Bruttowertschöpfung gefolgt ist, zwischen 2010 und 2017 gab es hier teils gegenläufige Entwicklungen.

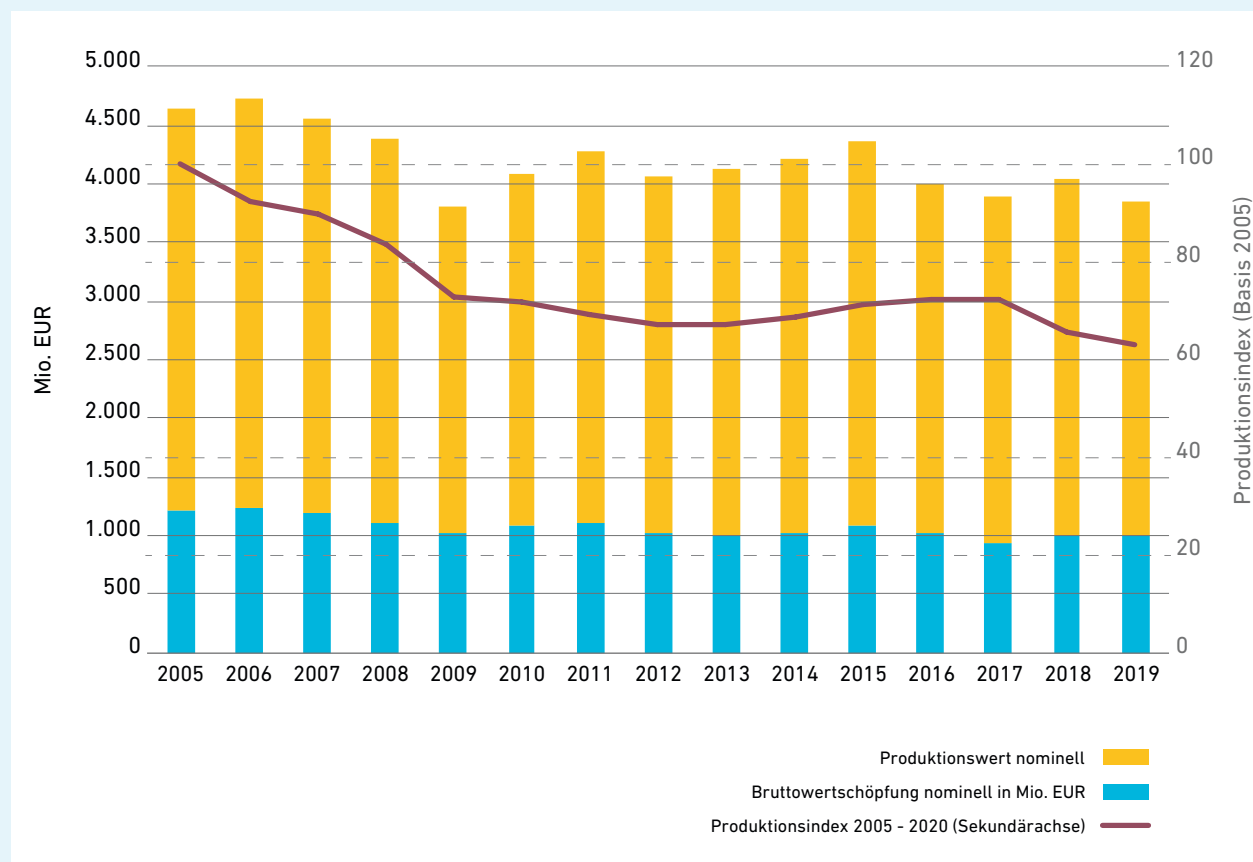


Abbildung 1

Wirtschaftliche Entwicklungen Branche Textil und Leder,

Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Abbildung 2 verdeutlicht den stetigen Rückgang an Erwerbstätigen in dieser Branche, es kam zu einer signifikanten Abnahme zwischen 2008 und 2019. Die Anzahl

der Unternehmen blieb über den Zeitraum 2010 bis 2014 weitgehend stabil. Nach einem Rückgang zwischen 2014 und 2016 folgte ein deutlicher Zuwachs bis 2019.

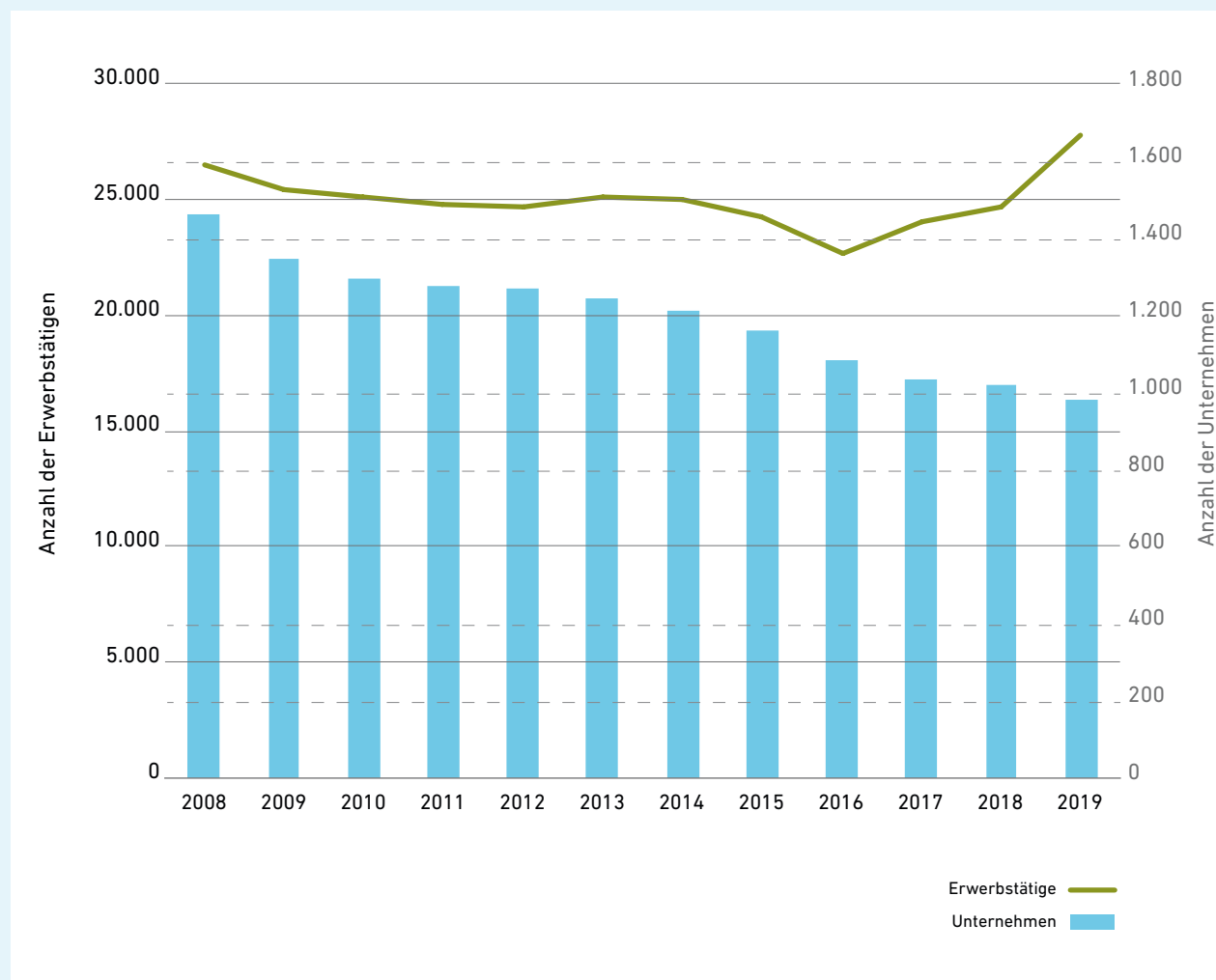


Abbildung 2
Entwicklungen Erwerbstätige & Unternehmen Branche Textil und Leder,
Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Der Energieeinsatz der Branche Textil und Leder veranschaulicht einen starken Rückgang des Energieeinsatzes zwischen 2008 und 2017, danach stabilisierte sich dieser weitgehend. Auffallend ist dabei der deutliche Rückgang

an Öl, während der Gaseinsatz weniger stark abnahm und zwischen 2017 und 2019 wieder leicht anstieg. Die Mengen an Fernwärme und erneuerbaren Energieträgern sind sehr konstant auf niedrigem Niveau geblieben.

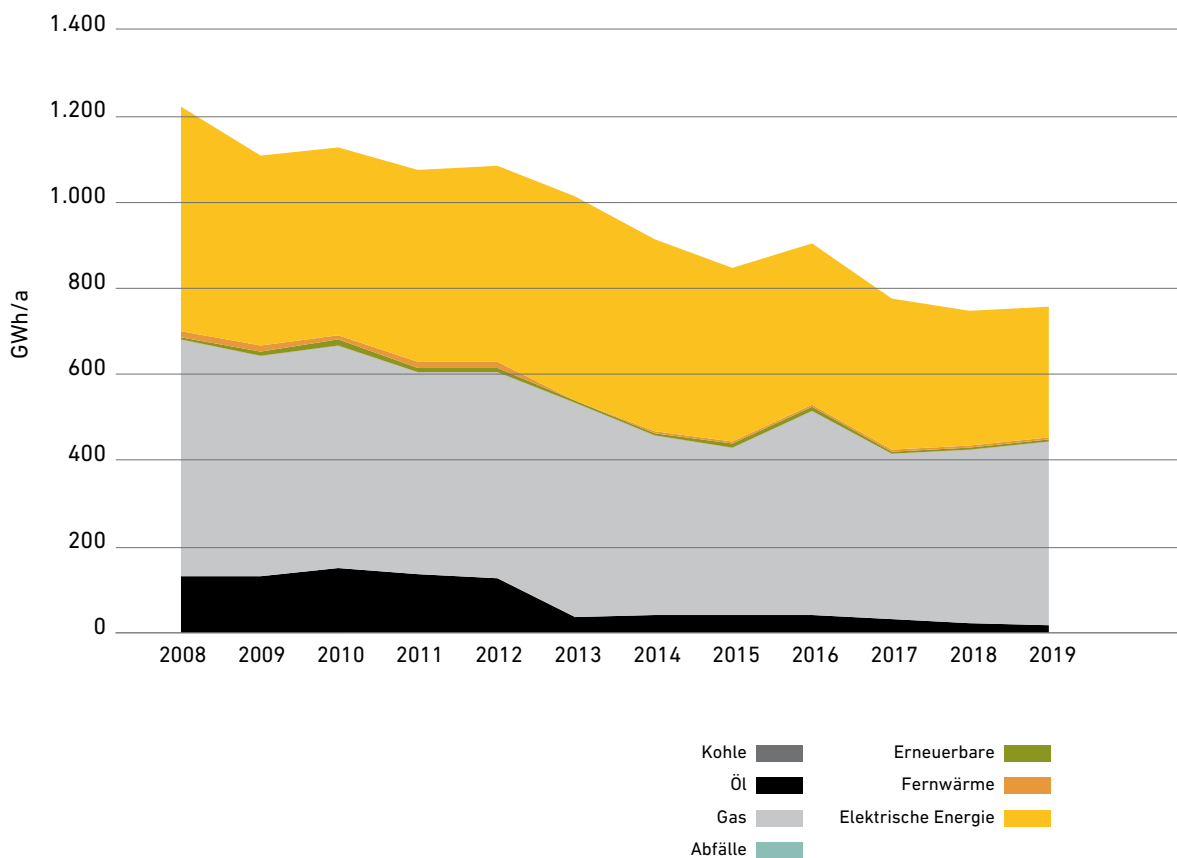


Abbildung 3

Energieeinsatz Branche Textil und Leder, Quelle:
(Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020)

Die Branche Textil und Leder hatte eine deutlich fallende Tendenz in ihren Treibhausgasen seit 2008 (Abbildung 4). Während die Emissionen aus dem eingesetzten Gas relativ stabil blieben, nahmen die Emissionen durch einen reduzierten Öleinsatz und einer Reduktion der eingesetzten elektrischen Energie zwischen 2008 und 2019 deutlich ab.

Die Branche Textil und Leder war 2019 für unter 1% der gesamten Treibhausgasemissionen des produzierenden Bereichs verantwortlich, an den gesamtösterreichischen Emissionen hatte die Branche einen Anteil von deutlich unter 1%.

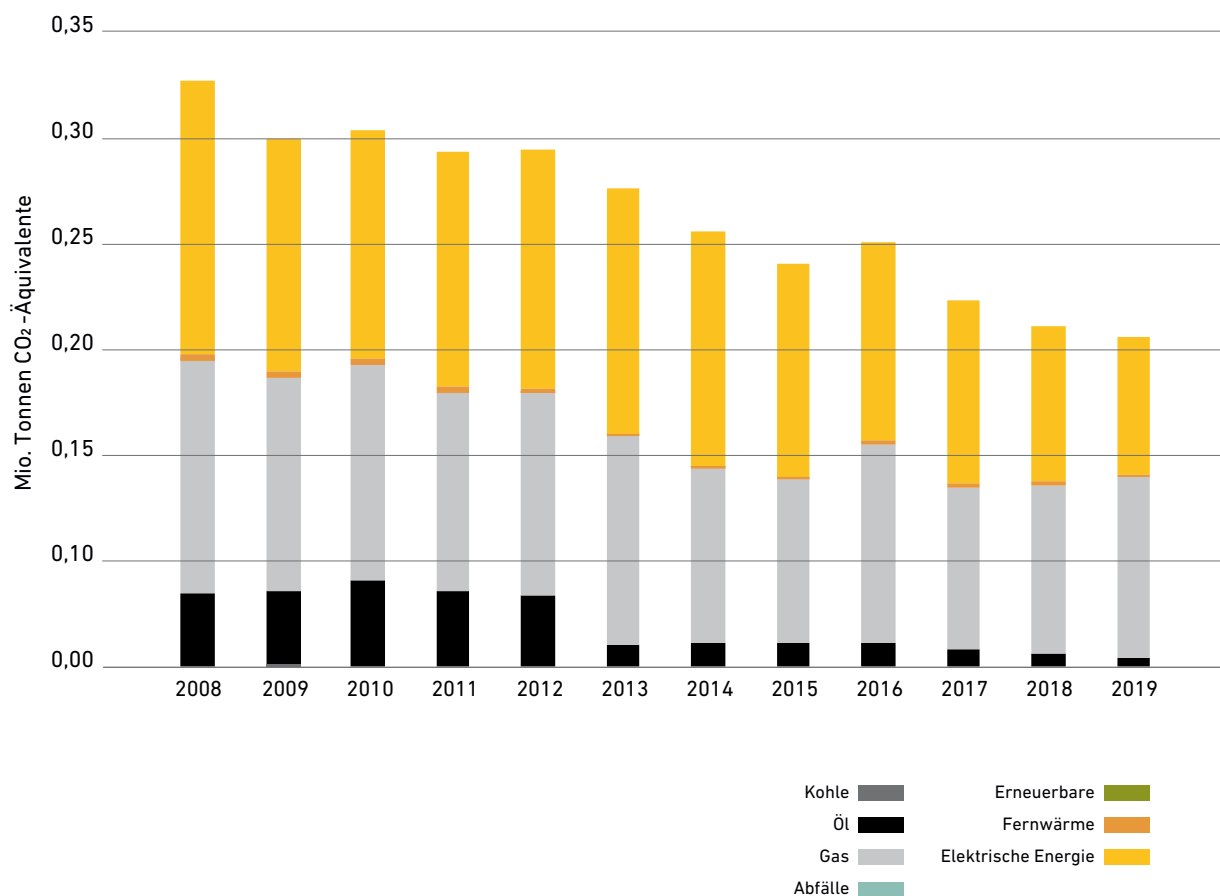


Abbildung 4
Emissionen Branche Textil und Leder, Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020), NEFI, eigene Berechnungen

2.0 Transformationspfade

Die Erkenntnisse zur Transformation vom Status Quo zur Klimaneutralität in der Branche Textil und Leder wurden mit einem mehrstufigen Ansatz gewonnen. Zuerst wurden ausgehend vom Energieeinsatz 2020, zukünftig eingesetzte Energieträger und -mengen für unterschiedliche Entwicklungspfade in Fünfjahres-schritten 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 Handlungsempfehlungen abgeleitet, vgl. Abschnitt 2.3 bzw. 2.4.

Für die Branche Textil und Leder lässt sich festhalten, dass folgende Energieträger zur zukünftig klimaneutralen Energieversorgung beitragen werden:

- Elektrizität sowie je nach Entwicklungspfad
- Umgebungs-/Abwärme,
- erneuerbare Gase, wie bspw. Methan aus biogenen Ressourcen.

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 gesamtgesellschaftlich 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.

2.1 Zusammenfassung der branchenspezifischen Szenarien-Ergebnisse

Der zukünftige Energiebedarf der Branche Textil und Leder 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 auf den folgenden Seiten in der Diskussion der Ergebnisse für die Branche kurz vorgestellt.

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

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.

Es lassen sich langfristig für 2040 zwei besonders relevante Energieträger identifizieren: erneuerbares Gas und Strom. Die folgende Beschreibung behandelt vorrangig das betrachtete Zieljahr 2040.

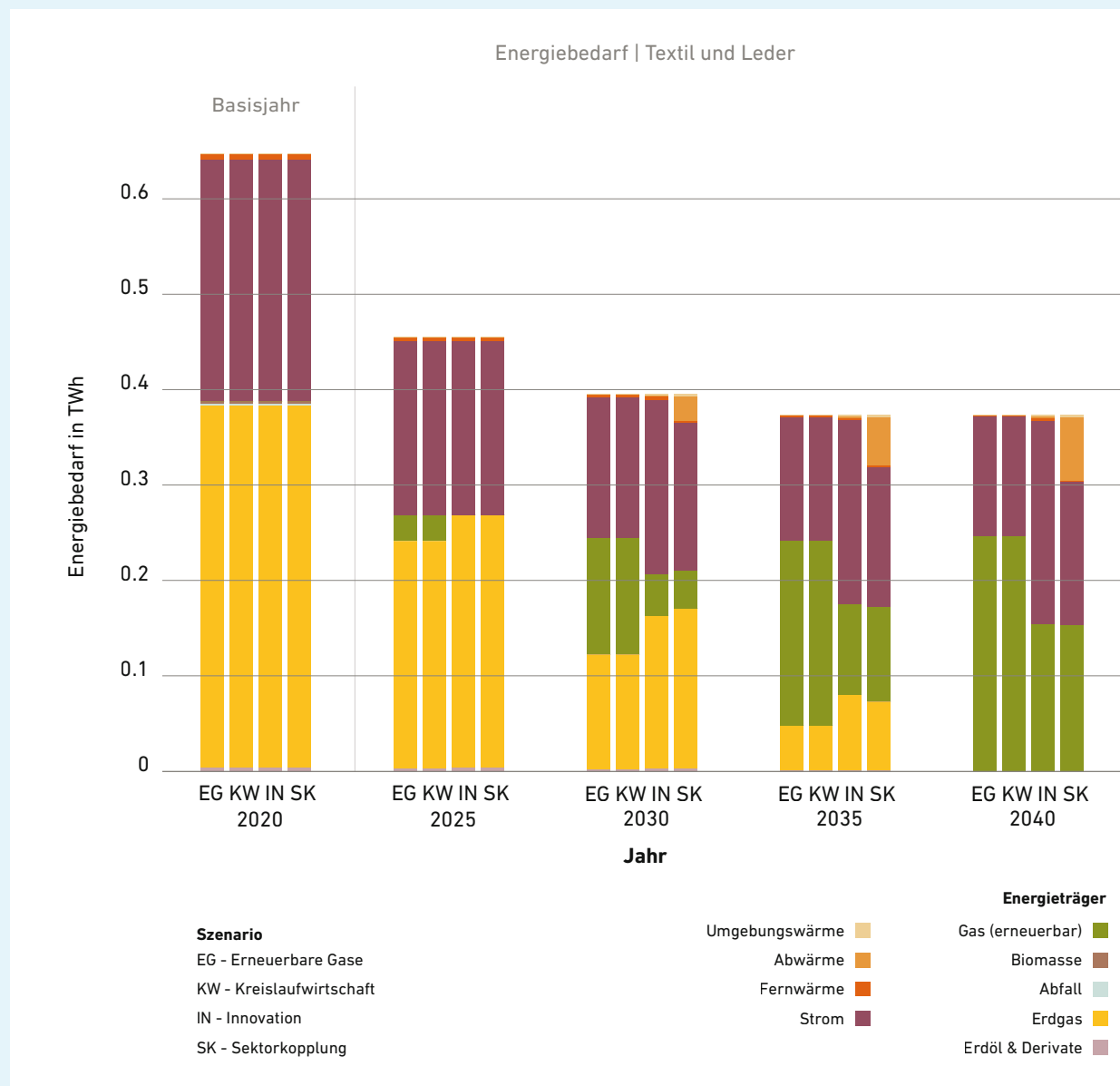


Abbildung 5
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Energieträgern für den Status Quo 2020 und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

Im Szenario Erneuerbare Gase (EG) erfolgt die Substitution fossiler Energieträger durch den Einsatz erneuerbarer Gase (z. B. 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 Textil und Leder 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 durch innovative Technologien die Nutzung von brancheninternen Abwärmepotenzialen verbessert und damit der Verbrauch von konventionellen Energieträgern reduziert werden kann. Für die Branche Textil und Leder ergibt sich dadurch eine Elektrifizierung der Wärmebereitstellung, vorrangig mit Wärmepumpen für unterschiedliche Temperaturen. Im Szenario Sektorkopplung (SK) wird vertiefend zum Szenario Innovation zusätzlicher standortübergreifender Austausch von Energieträgern angenommen. Abwärme aber auch hochexergetische² Energieträger werden über Standortgrenzen hinweg, gemäß optimalem exergetischen Einsatz, verwendet. Für die Branche Textil und Leder bedeutet das, dass mehr Abwärmequellen für Wärmepumpen, mitunter über Betriebsgrenzen hinweg erschlossen werden müssen.

Es lässt sich festhalten, dass in den Szenarien Innovation und Sektorkopplung steigende Elektrifizierung von Prozess- und Raumwärme sowie für alle Szenarien ein Brennstoffwechsel auf erneuerbares Gas zu abnehmendem Erdgasverbrauch führen. Allen Entwicklungspfaden gemein ist die Relevanz des Einsatzes von Strom in Rahmen einer klimaneutralen Produktion.

Die Erkenntnisse aus der Modellierung zeigen, wie in Abbildung 6 dargestellt, dass sich im Rahmen der analysierten Entwicklungspfade zwei verschiedene Ausprägungen für ca. 20 % des Energiebedarfs ergeben. Dazu wird in Abbildung 6 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. residuale Energiemenge, 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, besteht aus Strom zusammen. Im Vergleich zum Gesamtenergiebedarf 2020 aber auch 2040 ist sie mit circa 30 % gering. Über diese Schnittmenge hinaus, die ab der zweiten Säule in dunkelgrau dargestellt ist, gibt es auch eine weitere Schnittmenge, in diesem Fall handelt es sich um erneuerbares Gas, für alle Szenarien für das Jahr 2040, siehe Säule zwei. Der residuale Bedarf für 2040, der nur noch ca. 20 % ausmacht, ist wieder in weiß dargestellt In den weiteren Säulen werden zusätzlich die unterschiedlichen weiteren Energieträger für die vier Szenarien dargestellt (Säule drei bis sechs). Hier werden folgende Effekte ersichtlich:

- Säule drei und Säule vier sind, wie schon im Abbildung 5 gezeigt, ident.
- Es gibt zwei unterschiedliche Trends für die residuale Versorgung. Während der erste Trend auf dem Einsatz (weiterer) erneuerbarer Gase aufbaut, ist als zweiter Trend eine zunehmende Elektrifizierung ersichtlich.

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.

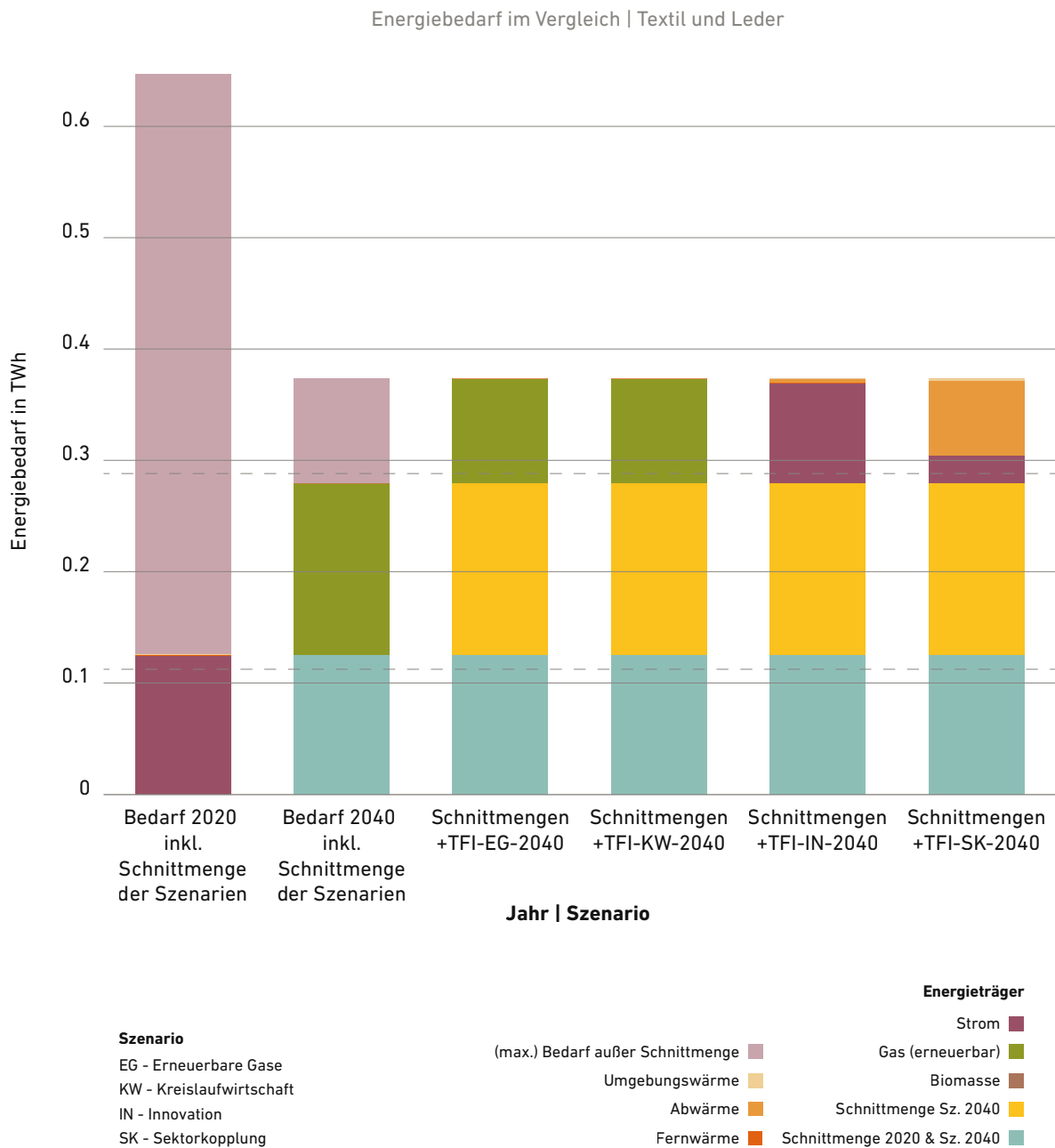


Abbildung 6
Vergleich des eingesetzten Energieträgermixes
gemäß Modellergebnis.

Im Gegensatz zur absoluten Energiemenge, die mit dem historischen Produktionsindex aus **Abbildung 1** skaliert wird und von 2020 bis 2040 mit dieser Annahme um ca. 30% sinkt, ändern sich die relativen Anteile der Nutzenergiesegmente in der Branche Textil und Leder wenig. Dieses Ergebnis wird in **Abbildung 7** visualisiert.

Die Anwendungskategorien mit dem größten Nutzenergieverbrauch in der Branche Textil und Leder sind zu ca. gleichen Anteilen Prozesswärme >200 °C und Standmotoren. Aber auch Prozesswärme <200 °C, und hier insbesondere Dampfbedarf, tragen wesentlich zum Energiebedarf der Branche bei.

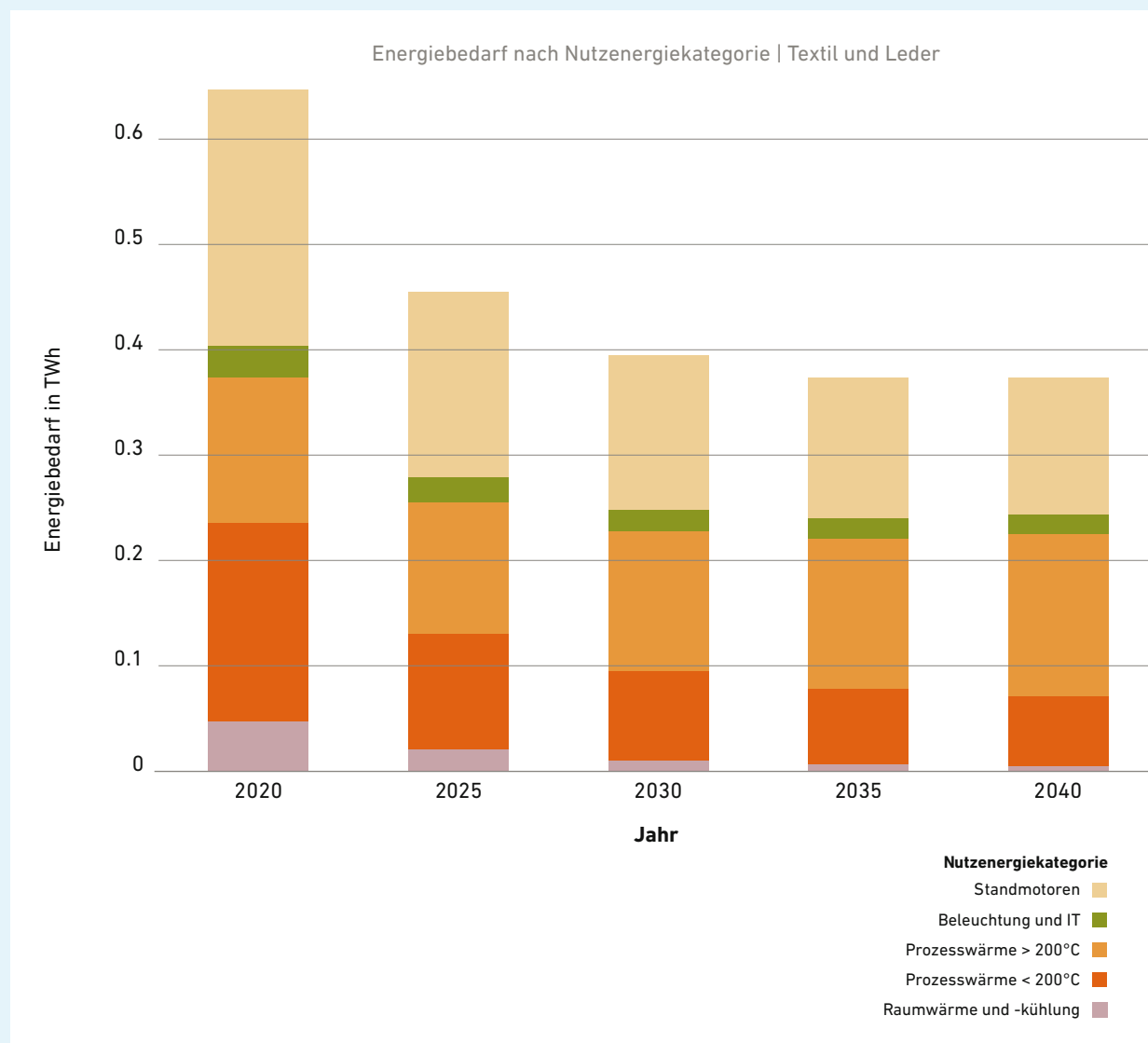


Abbildung 7
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Nutzenergie für den Status Quo 2020 und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

2.2 Investitionsbedarfe und potenzielle

Stranded Assets³

Die in den Leistungs- und Strukturdaten der Statistik Austria erfassten Gesamtinvestitionen in der Branche Textil & Leder lagen in den Jahren 2008–2019 bei durchschnittlich ca. 88 Mio. € pro Jahr. Davon entfielen durchschnittlich 92 % auf Investitionen in Sachanlagen. Bei Beibehalten aktueller Prozessketten und entsprechender Fortschreibung dieser Investitionszyklen würde sich damit ein Gesamtvolumen an Investitionen in Sachanlagen von ca. 0,6 Mrd. € bis 2030 bzw. ca. 1,4 Mrd. € bis 2040 ergeben. Im Vergleich dazu betragen die ermittelten Investitionskosten für die Transformation, die in erster Linie die Bereitstellung von Prozesswärme unterschiedlicher Temperaturniveaus betreffen, je nach Szenario, bis zu 0,4 Mio. € pro Jahr bzw. in Summe bis zu 4,4 Mio. € bis 2040 (siehe Abbildung 8). Davon betreffen rd. 35 % direkte Investitionen für Equipment, der Rest bezieht sich auf indirekte Investition, wie z. B. Engineering, periphere Komponenten, oder Bautätigkeiten.

Ein großer Teil der Treibhausgas-Emissionen in dieser Branche entfällt auf den Endenergieeinsatz für Standmotoren. Da ein überwiegender Teil dieser Standmotoren bzw. des Energieeinsatzes bereits heute elektrifiziert ist, werden im Zuge der Transformation zur Klimaneutralität der Branche Textil und Leder in diesem Bereich keine nennenswerten Stranded Assets erwartet. Zweiter wesentlicher Aspekt in der Reduktion von Treibhausgas-Emissionen der Branche ist der Einsatz von Erdgas für die Bereitstellung von Prozesswärme. Potenzielle Stranded Assets sind hier in erster Linie vom Transformationspfad abhängig, also ob bestehende Feuerungen mit erneuer-

baren Brennstoffen (erneuerbare Gase oder Biomasse) weiterbetrieben werden, oder ob diese zukünftig durch Nutzung von Ab- bzw. Fernwärme oder Elektrifizierung mit Wärmepumpen substituiert werden. Dies wird auch durch die Analyse der Ergebnisse der Szenarien in 2.1 unterstrichen. Konkurrierende Trends, wenn auch nur für einen kleinen Anteil der Energiebereitstellung, für zukünftige Entwicklungen in dieser Branche sind der Einsatz von erneuerbarem Gas vs. eine (zunehmende) Elektrifizierung der 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 hochenergetische Energieträger zu. Aus makroökonomischer Perspektive ist daher aufgrund der Empfehlung Energieimporte und den Primärenergieeinsatz zu reduzieren, die Investition in Anlagen zur Prozess- oder Raumwärmebereitstellung mittels gasförmiger Ressourcen ein potenzielles Stranded Asset. Für erneuerbares Gas erscheint zudem ein Anstieg der Energiekosten, durch vermutlich steigende Nachfrage, als realistischer Entwicklungspfad. Unter diesen Voraussetzungen sind aus makroökonomischer Perspektive vor allem Investitionen in Prozessoptimierung zusammen mit Wärmerückgewinnung und Elektrifizierung als empfehlenswert einzustufen.

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

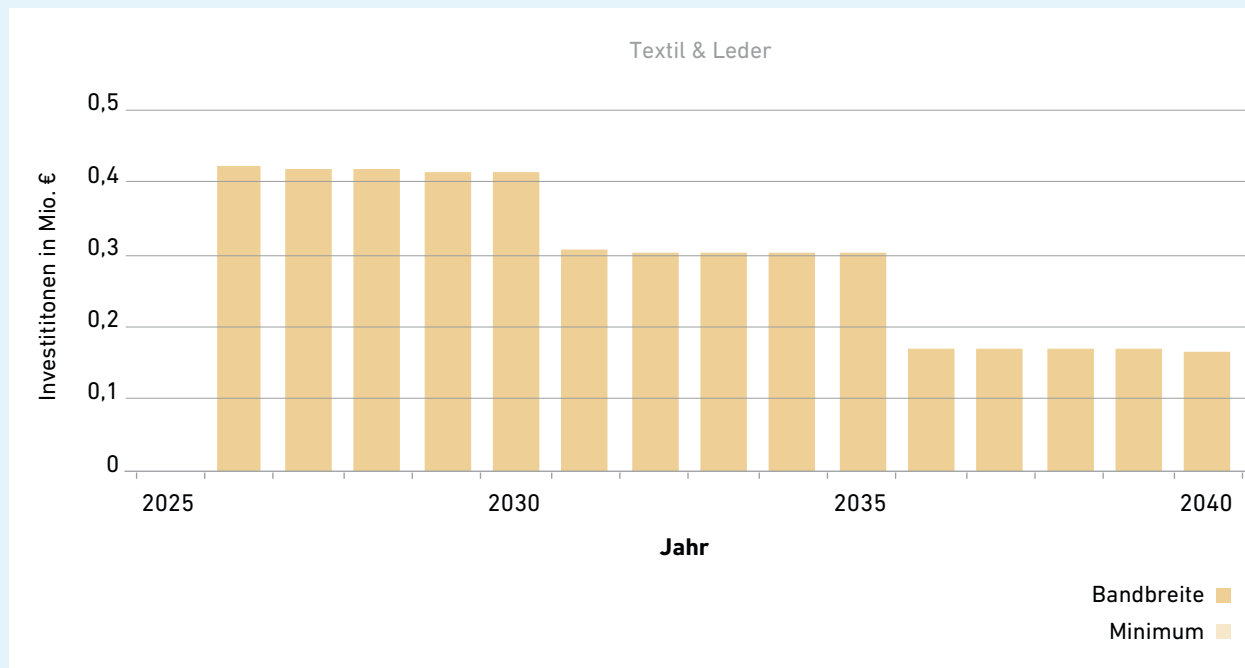


Abbildung 8

Notwendiger Investitionsbedarf für die Transformation
(Bandbreite aus den Szenarien) in der Branche Textil & Leder

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 Relation 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	Marktreif – etabliert	Empfehlenswert
Raumwärme	Integration Wärmepumpen – Nutzung Umgebungswärme oder industrielle Abwärme (standortintern oder -übergreifend)	Niedrig	Teuer	Mittel	Mittel	Marktverfügbar	Empfehlenswert
	Direkte Wärmerückgewinnung (standortintern oder -übergreifend)	Niedrig	Preiswert	Preiswert	Mittel	Marktverfügbar	Empfehlenswert
	Geothermie	Niedrig	Teuer	Preiswert	Mittel	Marktreif	Bedingt empfehlenswert
	Erhalt/Ersatz der Bestandsstruktur & Energieträgerwechsel für fossile Brennstoffe (erneuerbare Gase – grüner H ₂ /erneuerbares CH ₄)	Niedrig	Preiswert	Teuer	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Einsatz Fernwärme	Niedrig	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)	Hoch	Preiswert	Teuer	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Erhalt Bestandsstruktur bzw. Neuanlagen für feste Brennstoffe wie Biomasse oder Ersatzbrennstoffe	Hoch	Preiswert	Mittel	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Elektrifizierung bzw. Integration Hochtemperatur-Wärmepumpe	Hoch	Teuer	Mittel	Hoch	Vor-marktreif	Empfehlenswert
	Branchen-übergreifende direkte Abwärmenutzung	Hoch	Mittel	Preiswert	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert



Anwendungsbereich	Kurzbezeichnung Maßnahme	Emissionsreduktionspotenzial in der Branche bzw. branchenübergreifend (hoch, mittel, niedrig)	Invest-Bedarf in Relation 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 Textil und Leder

Die folgenden Abschnitte fokussieren auf die wichtigsten Technologien – die sogenannten **No-regret-Technologien – in der Branche**. Als solche wurden Technologien bewertet, welche 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 vorteilhaft** 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.

Technologien zur Prozesswärmebereitstellung mit hohem Dekarbonisierungspotenzial

Kriterium	Beschreibung: Wärmepumpe zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Textil und Leder	Prozesswärme unter 200 °C in der Branche Textil und Leder liegt mitunter als Dampf vor und verursacht knapp ein Viertel des Energieverbrauchs. Bei einigen Prozessen fällt Abwärme an. Das Nutzen dieser Abwärmeströme eignet sich mitunter als Quelle für Wärmepumpen. Die Kombination aus Wärmepumpen und Dampfverdichtern bietet hohes Anwendungspotenzial auch für Prozessbedarfe bis 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 Exergieperspektive 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 zur 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 2

Schlüsseltechnologie Wärmepumpe zur Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung: Wärmerückgewinnung zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Textil und Leder	Prozesswärme unter 200 °C in der Branche Textil und Leder liegt mitunter als Dampf vor und verursacht knapp ein Viertel des Energieverbrauchs. Das Potenzial der branchen-internen direkten Wärmerückgewinnung ist als gering einzuschätzen. Diese Technologie kann bei entsprechenden Voraussetzungen ev. auch standortübergreifend 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 3

Schlüsseltechnologie Wärmerückgewinnung zur Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung: Elektrifizierung zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Textil und Leder	In der Branche Textil und Leder kann die Bereitstellung der Prozesswärme auch über die Elektrifizierung von Industrieöfen oder elektrischen Heizelementen erfolgen. Das Dekarbonisierungspotenzial sowie auch die technische Machbarkeit , bspw. elektrische Heizelemente in Öfen oder zur Thermalölerwärmung sind als hoch eingestuft .
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: Energieträgerwechsel (gasförmig) zur Prozesswärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Textil und Leder	<p>In der Branche Textil und Leder werden mehr als 30 % der benötigten Energie für Prozesse zwischen 200 und 500 °C eingesetzt. Die Bereitstellung der Prozesswärme über 200 °C erfolgt bei dieser Maßnahme über die Verbrennung erneuerbarer Gase (z. B. Methan biogenen Ursprungs, Wasserstoff, etc.) in entsprechenden Feuerungsanlagen. Die Relevanz dieser Maßnahme, ist je nach Entwicklungspfad hoch bis sehr hoch. Nach Prozessoptimierungen und damit einhergehende Temperatursenkungen wird jedoch die Elektrifizierung in Kombination mit Wärmerückgewinnung als vorteilhaft eingeschätzt. Wird keine Elektrifizierung (mit oder ohne Prozessoptimierung) umgesetzt, liefern gasförmige Brennstoffe den größten Beitrag für den Transformationsprozesses.</p>
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 5

Schlüsseltechnologie Feuerung für gasförmige Energieträger
für Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Technologien zur Verbesserung der Effizienz

Kriterium	Beschreibung: Reduktion der Primärenergie
Relevanz für die Branche Textil und Leder	Bestandsstrukturen in aktuellen Prozessanlagen, wie bspw. kleine Flächen von Wärmeüberträgern, führen aktuell dazu, dass mitunter Energieträger wie Dampf bereitgestellt werden, mit deutlich höheren Temperaturen, als der Prozess erfordert. Hier kann eine Kombination von optimierten Prozessanforderungen und Temperaturprofilen sowie der Einsatz von Wärmepumpen zu einer starken Reduktion des Primärenergieeinsatzes führen.
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 aber auch beim Senken von Temperaturniveaus mitunter hohe Investitionen und hohen Aufwand
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> – Erhalten der Produkteigenschaften und -qualität technisch herausfordernd – Mitunter neue Produkte und Entwicklung erforderlich – Umstellung organisatorischer Abläufe und ev. Prozesse erforderlich
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Technology-Readiness-Level: 9 – Analyse des Produktes erforderlich

Tabelle 6

Schlüsseltechnologien zur Reduktion der Primärenergie:

Eigenschaften der Technologie

Technologien zur Raumwärmebereitstellung und damit einhergehenden Effizienzverbesserung

Kriterium	Beschreibung: Wärmepumpe zur Raumwärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Textil und Leder	Der Raumwärmebedarf in der Branche Textil und Leder ist im Vergleich zu den weiteren Anwendungsbereichen niedriger aber dennoch ein relevanter Verbraucher. Raumwärme wird oft durch gegebenen 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 Textil und Leder	Der Raumwärmebedarf in der Branche Textil und Leder ist im Vergleich zu den weiteren Anwendungsbereichen niedriger aber dennoch ein relevanter Verbraucher. Allerdings wird Raumwärme oft durch gegebenen 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 Raumwärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

2.4 Handlungsempfehlungen

Zusätzlich zu den allgemeinen Handlungsempfehlungen für die gesamte Industrie können für diese Branche folgende spezifische Empfehlungen definiert werden:

Handlungsfeld	Empfehlungen
Förderung von Forschung und Entwicklung (F&E)	<ul style="list-style-type: none"> – Reduktion der Primärenergie: Prozessoptimierung (Temperaturen senken, Primärenergieeinsparungen) – F&E für kleine Leistungen (kW-Bereich für Dampfverdichter) – Demoanlagen z. B. für Dampferzeugung mit Wärmepumpen – Förderung der Konzepterstellung für Energie v. a. für mittlere und kleinere Standorte
Anreize und Förderungen von Investitionen	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhung der nationalen Budgets für standortsichernde Transformationsinvestitionen – Verlässliche langfristige Signale der öffentlichen Hand zur Unterstützung der notwendigen Investitionssicherheit sind notwendig. Investitionsförderungen in Form von CAPEX Zuschüssen – Aktuell oft noch geringe Automatisierungsgrade bzgl. Datenerfassung und Monitoring: Investitionsförderungen dahingehend erhöhen zukünftige Einsparpotenziale
Energieinfrastrukturen und Energiebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> – Bei der standortübergreifenden Nutzung von erneuerbaren Energieträgern ist die entsprechende (Planungs-)Sicherheit zu gewähren – Rascher und umfassender Ausbau der Kapazitäten für Energiebereitstellung (Strom) aus erneuerbarer Energie (Erzeugung und Netze). Sollte es nicht gelingen, dies zu gewährleisten, sind Wasserstoff oder Biomethan als alternative Energieträger notwendig
Bereitstellung von Material und Rohstoffen	<ul style="list-style-type: none"> – Verkürzung der Zeit für die Erteilung von Genehmigungen und Einführung unterstützender Vorschriften, um den Übergang zu neuen Rohstoffen zu beschleunigen
Auf- und Ausbau von Infrastrukturen	<ul style="list-style-type: none"> – Ausbau von Logistikkösungen zur Forcierung der Kreislaufwirtschaft – Forschungsinfrastrukturen: Weiterführung und Förderung etablierter Kompetenzzentren und Plattformen
Kooperation und Vernetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Stärkung der Kooperation außerhalb Österreichs und mit der EU-Ebene (z. B. Processes4Planet Partnerschaft)
Gesetzliche Rahmenbedingungen, Standards und Normen	<ul style="list-style-type: none"> – Beschleunigte Zulassungsverfahren – Regulierungen setzen, die explizit die Energietransformation und die Kreislaufwirtschaft begünstigen – Wärmepumpen: legistischer Rahmen (bspw. im Hinblick auf eingesetzte Arbeitsmedien) muss Planungssicherheit für Anwender und Technologieentwickler garantieren – Normen für kleine Wärmepumpen und Dampfverdichter sind noch ausständig und deren Definition ist zu forcieren
Öffentliche Beschaffung und Nachfrage	<ul style="list-style-type: none"> – Produktdesignstandards zur Förderung „grüner“ Produkte – Produktpässe (Kennzeichnung usw.)
Aus- und Weiterbildung sowie gesellschaftlicher Wandel	<ul style="list-style-type: none"> – Entwicklung von Anforderungskatalogen in Bezug auf erforderliche Fertigkeiten und Tätigkeitsprofile der Gegenwart und Zukunft („skill requirements“), sowie Mitarbeit an entsprechenden Trainings- und Ausbildungsprogrammen – Identifizierung und Beschreibung der Qualifikationsanforderungen in kooperativen EU-Projekten (Horizon Europe) – Nutzung des European Social Fund + als weiteres Instrument der EU-Förderung im Anschluss an obige F&E-Projekte – Mitwirkung an EU „Industrial Skills Alliances“

Tabelle 9
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

Ethan Bodnar

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