

AKTIONSPLAN

STUBS

klima+
energie
fonds

Nichteisenmetalle

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 Nichteisenmetalle

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	09
2.1 Zusammenfassung der branchenspezifischen Szenarien-Ergebnisse	10
2.2 Investitionsbedarfe und potenzielle Stranded Assets	15
2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien	16
2.4 Handlungsempfehlungen	24
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“ zu entwickeln und zur Marktreife zu bringen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie weiter ausbauen zu können.

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

1.0 Status-Quo

1.1 Allgemeine Brancheninformation

Es wird angemerkt, dass nicht in allen öffentlich zugänglichen Statistiken die Branchen Eisen- und Stahlerzeugung sowie Nicht Eisen Metalle gesondert ausgewiesen werden. Zur Wahrung der Vergleichbarkeit werden deshalb diese zwei Branchen, im vorliegenden Abschnitt, innerhalb der Kategorie Metallerzeugung und -bearbeitung zusammengefasst.

Der Produktionswert in der Metallerzeugung und -bearbeitung zeigt seit 2005 einen sehr unstetigen Verlauf (Abbildung 1). Auf mehrjährige Wachstumsphasen folgte jeweils ein Einbruch, so z. B. 2009, 2013 und 2020. Dabei verlief der Produktionsindex zwar ähnlich zum Produktionswert, die Einbrüche fielen hier aber weniger stark aus. Deutlich ersichtlich ist der Rückgang des Produktionsindex 2009, nach 2011 kam es wieder zu einer relativ konstanten Zunahme.

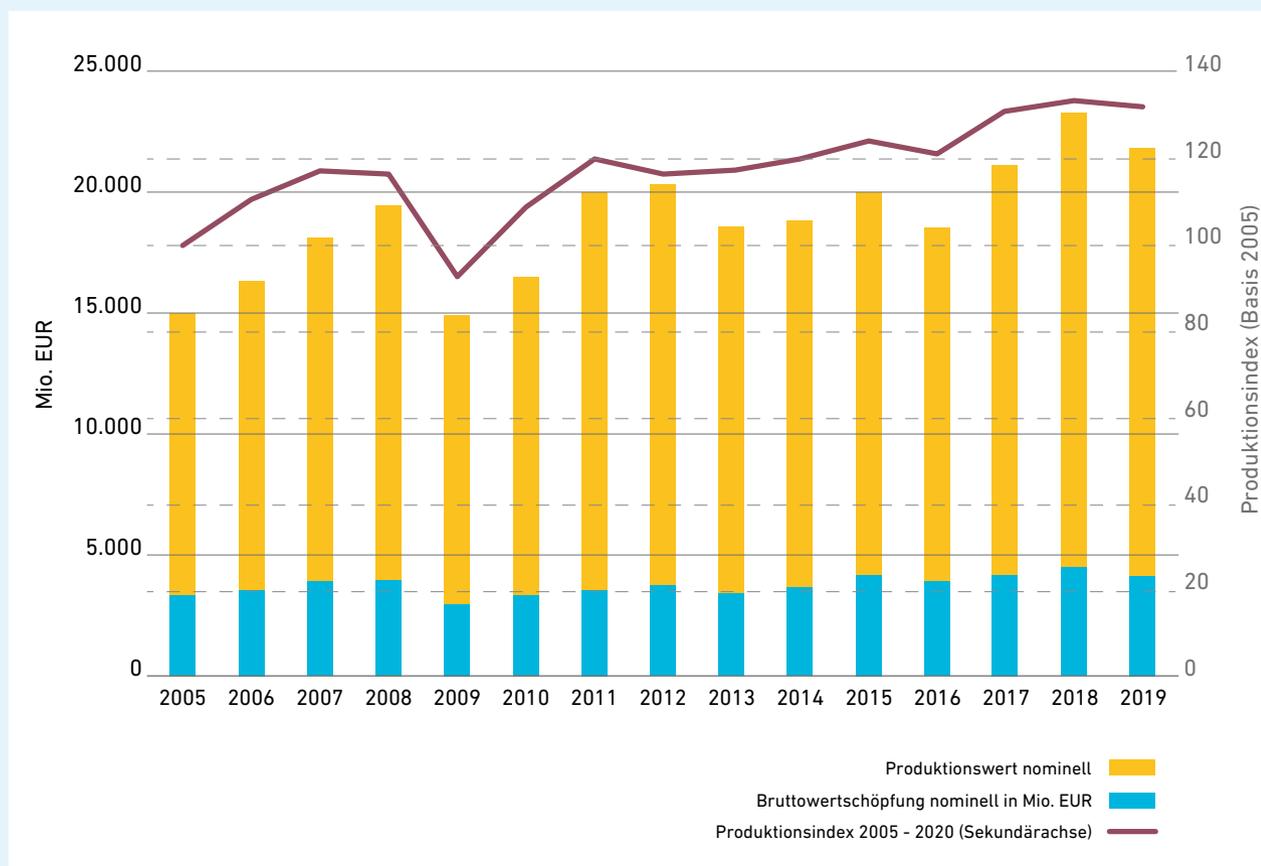


Abbildung 1
Wirtschaftliche Entwicklungen Branche Metallerzeugung und -bearbeitung,
Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Ein deutlich anderes Bild als Abbildung 1 veranschaulicht Abbildung 2. Während die Anzahl an Erwerbstätigen seit 2010 fast stetig anstieg, nahm die Anzahl an Unternehmen kontinuierlich ab. Dadurch ergab sich eine

steigende durchschnittliche Unternehmensgröße. Zwischen 2008 und 2010 verliefen die Entwicklungen bei den Erwerbstätigen und den Unternehmen ähnlich, beide unterlagen einer deutlichen Abnahme.

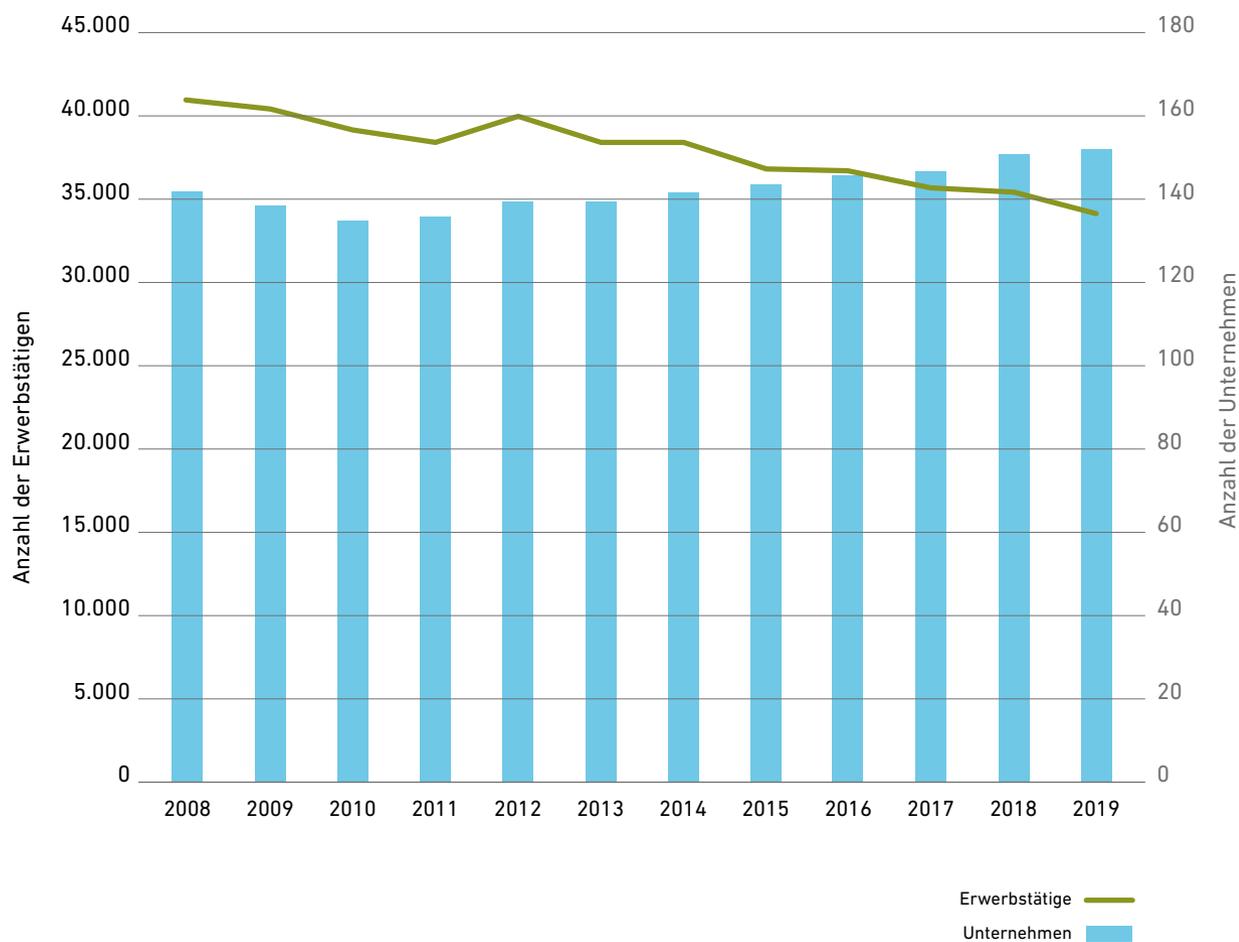


Abbildung 2
Entwicklungen Erwerbstätige & Unternehmen Metallherzeugung
und -bearbeitung, Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche
Gesamtrechnung, 2020)

Der Energieeinsatz in der Metallerzeugung und -bearbeitung ist in Abbildung 3 dargestellt. Im Zeitraum von 2009 bis 2017 kam es zu einem steigenden Trend im Energieeinsatz. Der Energieträger Kohle spielt eine wichtige Rolle in der Metallerzeugung und -bearbeitung, knapp 60–70 % des gesamten Energieeinsatzes werden durch diesen abgedeckt. Auffallend ist dabei, dass die Anteile der eingesetzten Energieträger über die Jahre relativ stabil blieben: die Veränderung von Energieträgereinsätzen war weitgehend an den Verlauf des Gesamtenergieeinsatzes der

Metallerzeugung und -bearbeitung gekoppelt. Davon ausgenommen ist der Energieträger Öl, dieser nahm zwischen 2008 und 2019 stetig ab. Im Vergleich zur Nutzenergieanalyse der Statistik Austria, welche rein den Endenergiebedarf der Metallerzeugung und -bearbeitung beschreibt, zeigen sich deutliche Unterschiede. Diese sind auf die unternehmenseigenen Anlagen (z. B. Hochöfen und Kokereien) zurückzuführen, welche in der Nutzenergieanalyse nicht berücksichtigt sind.

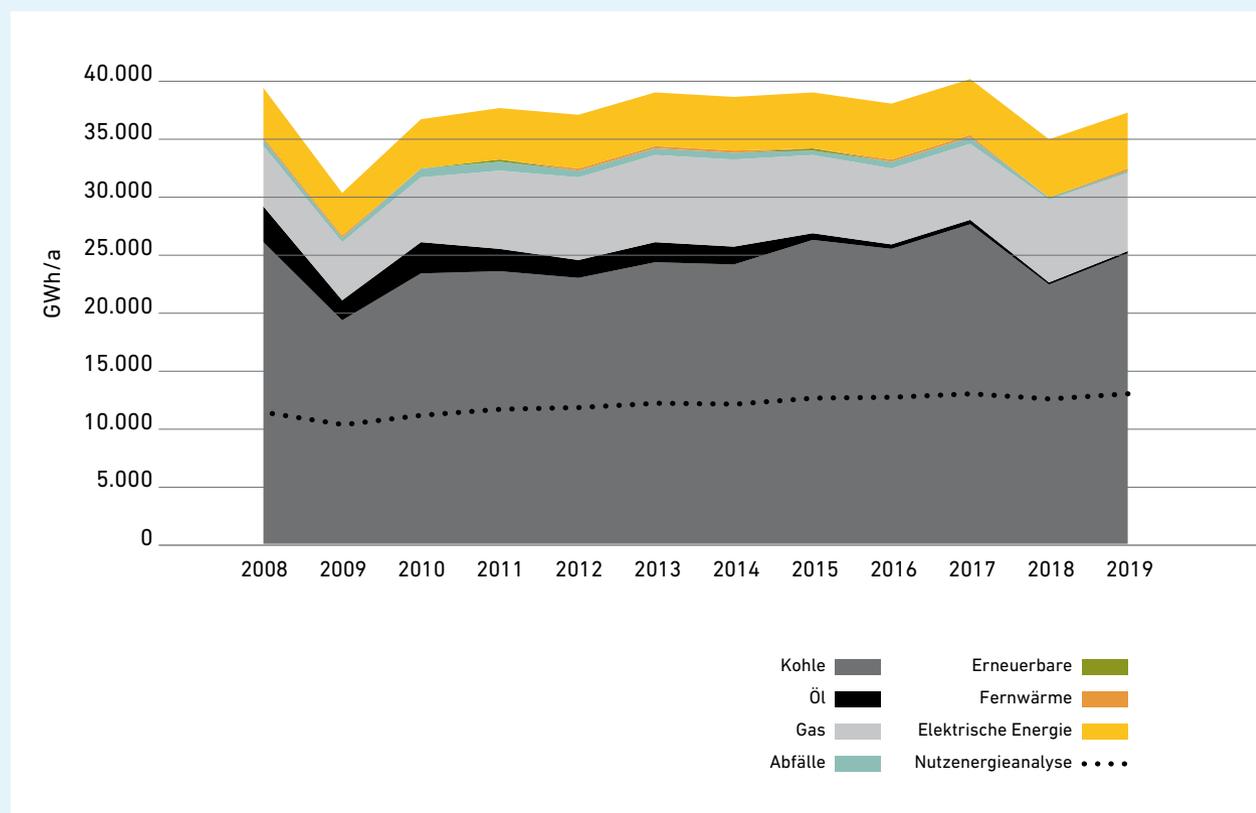


Abbildung 3

Energieeinsatz Metallerzeugung und -bearbeitung,

Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020)

Die Treibhausgasemissionen der Metallerzeugung und -bearbeitung werden maßgeblich durch die Prozessemissionen aus der Eisen- und Stahlerzeugung bestimmt (Abbildung 4). Dabei dient der Großteil der eingesetzten Kohle bzw. von Koks als Reduktionsmittel, welches innerhalb des Herstellungsprozesses von Eisen und Stahl verwendet wird. Kleinere Anteile der Treibhausgasemissionen werden durch die energetische Nutzung von Gas und

Kohle bzw. der Erzeugung des eingesetzten Stroms verursacht. Die Metallerzeugung und -bearbeitung war 2019 für rund 42% der gesamten Treibhausgasemissionen des produzierenden Bereichs verantwortlich. Gemessen an den gesamten Treibhausgasemissionen Österreichs sind ca. 16% auf die Metallerzeugung und -bearbeitung zurückzuführen.

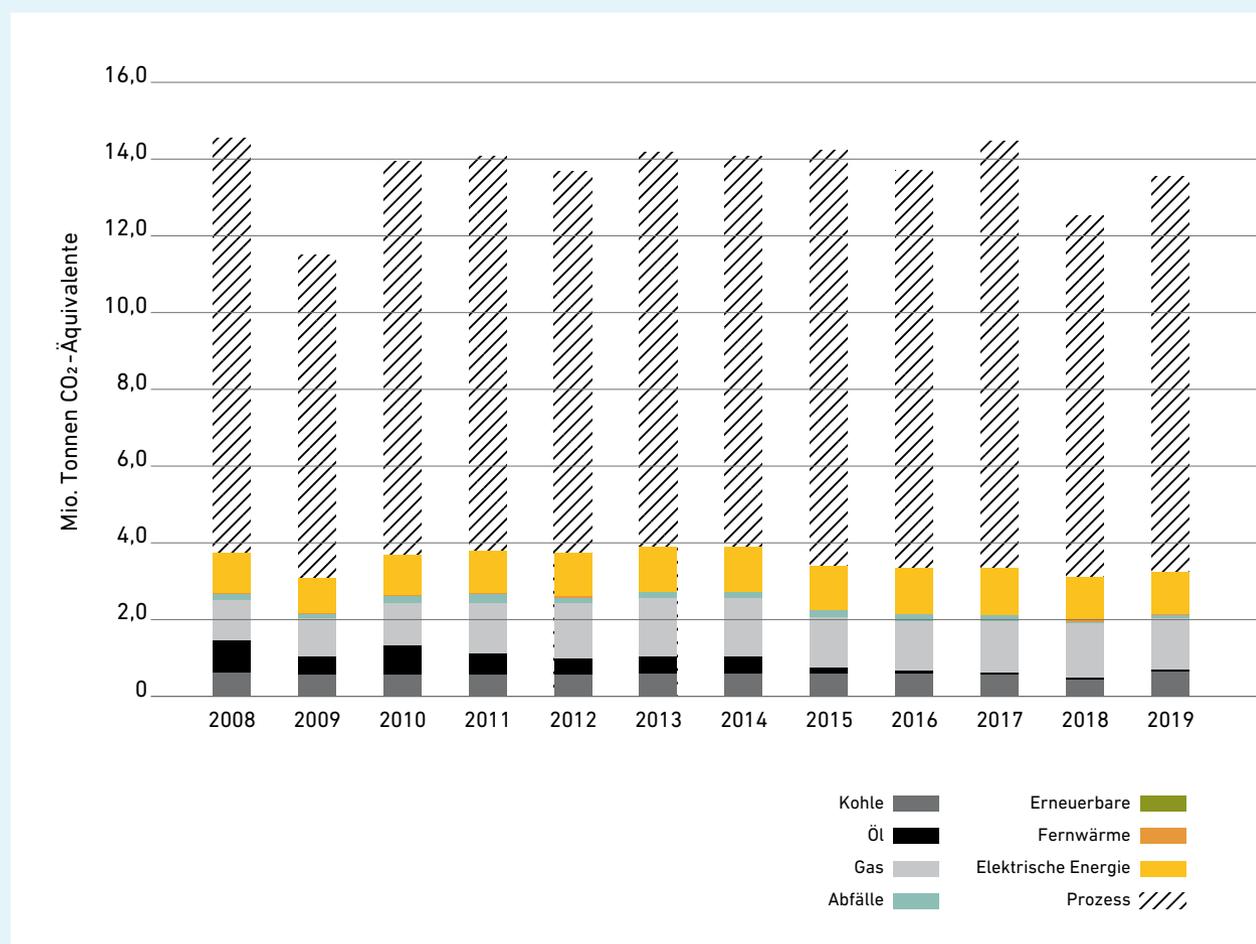


Abbildung 4

Treibhausgasemissionen Sektor Metallerzeugung und -bearbeitung,

Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020),

NEFI, eigene Berechnungen

Spezifische Brancheninformation

In diesem Abschnitt werden die Benchmarking-Daten für die Branche Nichteisenmetalle betrachtet. Die Branche Nichteisenmetalle wird in mehrere Gruppen unterteilt; „Basismetalle (Aluminium, Kupfer, Blei, Zink, Nickel und Zinn), Edelmetalle (z. B. Gold, Silber) und sogenannte Technologiemetalle (z. B. Molybdän, Kobalt, Silizium, Selen, Magnesia)“ (Cusano et al., 2017; European Commission, 2018). In Österreich entfallen rund 60% des produzierten Wertes der Branche Nichteisenmetalle auf Aluminium (und daraus hergestellte Halbzeuge), gefolgt von 17% Blei, Zink und Zinn (und deren Halbzeuge) sowie 10% Kupfer.

Gegenwärtig wird das Nichteisenmaterial in Österreich auf dem Sekundärweg hergestellt. Obwohl das Aluminium sowohl primär als auch sekundär produziert wurde, wurde die Produktion von Primäraluminium 1992 beendet, und heute wird nur noch Sekundäraluminium produziert. Schrott und rezyklierte Materialien sind die wichtigsten Inputs für Österreichs Nichteisenmaterial. Durch deren Verwendung in der Sekundärmetallurgie können 90–95% der bei der Primärproduktion benötigten Energie eingespart werden. Sekundärprodukte wie Sekundäraluminium und Sekundärkupfer sowie Gießereien und andere metallverarbeitende Betriebe verbrauchen etwa ca. 2,5 TWh an

Endenergie für die Materialverarbeitung (Statistics Austria, 2021). Die Energiequellen sind fossile Brennstoffe, hauptsächlich Erdgas, auf das 57% des Energieverbrauchs entfallen und das in großem Umfang für den Hochtemperaturwärmebedarf in Öfen verwendet wird (Statistics Austria, 2021). Diese Anwendung stellt auch die Hauptemissionsquelle der Branche dar.

Die Branche Nichteisenmetalle trägt mit rund 0,6 Mio. t CO₂ Äquivalente in Form von direkten Emissionen aus dem Verbrauch fossiler Brennstoffe und indirekten Emissionen aus der Stromerzeugung zur Emissionsbilanz der österreichischen Industrie bei. Da die Aluminiumproduktion einen großen Teil der Produktion von Nichteisenmetallen ausmacht und Informationen über die Produktion anderer Sekundärmaterialien nicht zur Verfügung stehen, beziehen sich die Benchmarking-Daten in Tabelle 1 nur auf die Aluminiumproduktion. Wie daraus ersichtlich ist, sind der Energieverbrauch und die Emissionen der österreichischen Sekundäraluminiumproduktion niedriger als im EU-Durchschnitt. Dies ist vor allem auf den Bezug von emissionsarmem Strom zurückzuführen, der überwiegend aus emissionsfreien Ressourcen bezogen wird.

Sekundäraluminium		
Europa – EU 27	Produktion (Mio. t)	4,5
	Spezifischer Energie-verbrauch (GJ/t Produkt)	4,3–5,7
	Spezifische Emissionen (t CO ₂ Äquivalente/t Produkt)	0,3–0,5
Österreich	Produktion (Mio. t)	0,8
	Spezifischer Energie-verbrauch (GJ/t Produkt)	4,35
	Spezifische Emissionen (t CO ₂ Äquivalente/t Produkt)	0,2
EU-Taxonomie	Emissions-benchmark (t CO ₂ Äquivalente/t Produkt)	-

Tabelle 1

Benchmark der Sekundäraluminiumproduktion für das Jahr 2019

2.0 Transformationspfade

Die Erkenntnisse zur Transformation vom Status Quo zur Klimaneutralität in der Branche Nichteisenmetalle wurden mit einem mehrstufigen Ansatz gewonnen. Zuerst wurden ausgehend vom Energieeinsatz 2020, der den Übergang zwischen der historischen Betrachtung in Abschnitt 1 zum zukünftigen Energieeinsatz darstellt, zukünftig eingesetzte Energieträger und -mengen für unterschiedliche Entwicklungspfade in Fünfjahresschritten bis 2040 in vier Szenarien modelliert. vgl. Abschnitt 0. 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 für den gesamten Industriesektor bzw. die erforderlichen Investitionsbedarfe in der Branche für die 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 Nichteisenmetalle lässt sich festhalten, dass folgende Energieträger zur zukünftig klimaneutralen Energieversorgung beitragen werden:

- Elektrizität,
- Erneuerbare Gase, sowie zu kleinen Anteilen
- Fernwärme und
- Abwärme bzw. Umgebungswärme.

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**, um den Importbedarf für Energie und Grundstoffe zu reduzieren. Beispiele dafür sind u. a. die kaskadische Nutzung von Grundstoffen (stoffliche Nutzung vor energetischer Nutzung) oder aber auch der branchenübergreifende Austausch von Energieträgern angepasst an die erzielbare Verbrennungstemperatur, bzw. den Bedarf von Produktionsprozessen.

2.1 Zusammenfassung der branchenspezifischen Szenarien-Ergebnisse

Der zukünftige Energiebedarf der Branche wurde mit der Kombination eines Bottom-Up und Top-Down-Ansatzes abgeschätzt. Basierend auf den bisherigen Entwicklungen der Nutzung von Energie und unter der Annahme klimaneutraler Energiebereitstellung bis 2040 wurde in vier Szenarien bzw. Entwicklungspfade 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, das den Übergang zwischen den historischen Betrachtungen und den zukünftigen Entwicklungen darstellt, werden für

die Jahre 2025, 2030, 2035 und 2040 und für die eingesetzten Energieträger in *Abbildung 5* dargestellt. Es lässt sich langfristig für 2040 ein Trend für die Branche erkennen: der Einsatz von erneuerbaren Gasen und elektrischem Strom, wird die Energiebereitstellung in der Branche maßgeblich beeinflussen. Weitere kleine Beiträge werden durch Fernwärme, Biomasse bzw. Abwärme und Umgebungswärme bereitgestellt. Die folgende Beschreibung behandelt vorrangig das betrachtete Zieljahr 2040.

Die *Abbildung* kombiniert die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Energiemengen der untersuchten Szenarien, gruppiert jeweils für die Jahre 2020, 2025, 2030, 2035 und 2040. Die in der *Abbildung* dargestellten Energiemengen und die daraus resultierenden Ableitungen sind in den folgenden Absätzen des Textes beschrieben.

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

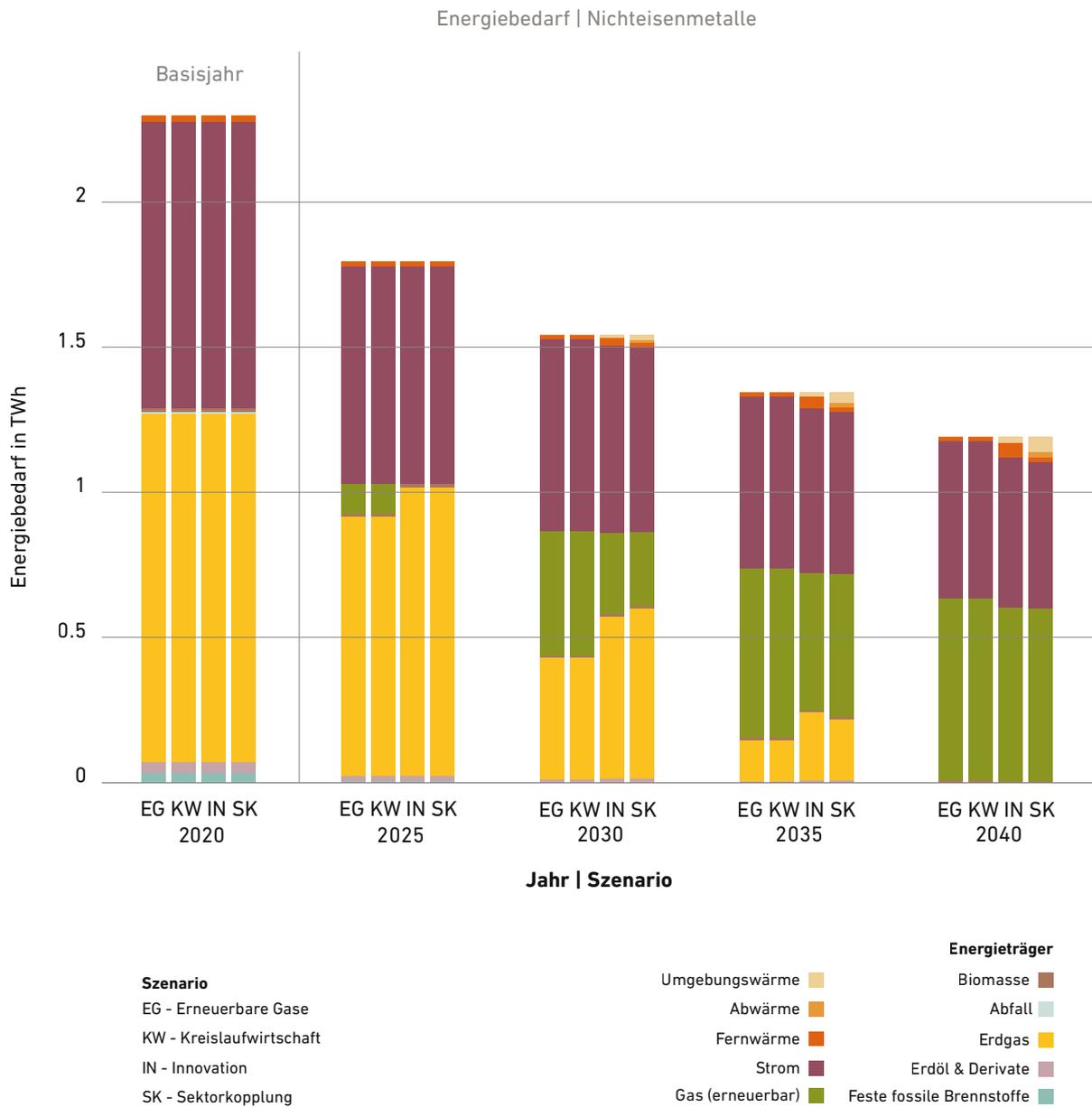


Abbildung 5
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Energieträgern für
den Status Quo und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

Im Szenario Erneuerbare Gase (EG) erfolgt die Substitution fossiler Energieträger durch den Einsatz erneuerbarer Gase (CH_4 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 Nichteisenmetalle ergeben sich keine Unterschiede zwischen diesen zwei Szenarien.

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 Nichteisenmetalle ergibt sich dadurch eine Verschiebung der Raumwärmebereitstellung von fossilen Brennstoffen zu Elektrifizierung mittels Wärmepumpen und Fernwärmenutzung. Für die Bereitstellung der Prozesswärme erfolgt bis $200\text{ }^\circ\text{C}$ ebenfalls verstärkt über Wärmepumpen, für höhere Temperaturniveaus werden fossile Brennstoffe sukzessive durch erneuerbare Gase substituiert. Im Szenario Sektorkopplung (SK) wird vertiefend zum Szenario Innovation zusätzlicher standort-übergreifender Austausch von Energieträgern angenommen. Abwärme aber auch hochexergetische Energieträger werden über Standortgrenzen hinweg, gemäß optimalem exergetischen Einsatz, verwendet. Für die Branche Nichteisenmetalle bedeutet das, dass im Vergleich zum Szenario Innovation weniger biogene Energieträger wie Biomasse und externe Wärmequellen (Fernwärme) eingesetzt werden, und mehr interne Abwärmequellen erschlossen und Umgebungswärme genutzt werden müssen.

Durch den hohen Anteil an Prozesswärme über $200\text{ }^\circ\text{C}$ in der Branche ergeben sich nur geringfügige Unterschiede zwischen den Szenarien. Allen gemein ist eine klare Reduktion des Erdgasverbrauchs bei gleichzeitig steigendem Bedarf für erneuerbare Gase. Es wird jedoch insgesamt eine deutliche Reduktion des Energiebedarfs,

auf Basis bisheriger Trends, für die Branche erwartet. Trotz des geringen Anteils am Gesamtbedarf, stellt die Nutzung von Umgebungswärme mittels Wärmepumpen und Abwärme (standort-übergreifend) eine wesentliche zusätzliche Energiequelle dar.

Die Erkenntnisse aus der Modellierung zeigen, wie in Abbildung 6 dargestellt, dass die eingesetzten Energieträger große, Szenario-unabhängige Anteile des Energieträgermixes aufweisen. 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. Die 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, setzt sich vorrangig aus Strom und einem geringen Anteil an Fernwärme zusammen. Im Vergleich zum Gesamtenergiebedarf 2020 stellt diese Schnittmenge weniger als 25 % dar, 2040 macht sie allerdings bereits rund 40 % aus. Über diese Schnittmenge hinaus, die ab der zweiten Säule in dunkelgrau dargestellt ist, gibt es Schnittmengen aller vier Pfade für das analysierte Zieljahr 2040. Diese weitere Schnittmenge setzt sich vorrangig aus erneuerbarem Gas und Strom zusammen. Der hohe Anteil dieser beiden Schnittmengen am Gesamtbedarf zeigt hier bereits deutlich die geringen Unterschiede zwischen den Szenarien für die Branche. Der residuale Energiebedarf ohne Schnittmenge des Energieträgermixes ist in weiß dargestellt. Darüber hinaus werden zusätzlich die mitunter weiteren Energieträger für die vier Szenarien dargestellt (Säule drei bis sechs). Je nach Entwicklungspfad, ergeben sich zwei unterschiedliche Optionen, den Restbedarf zu decken. Zum einen können zusätzliche Mengen an erneuerbaren Gasen und Strom eingesetzt werden. Zum anderen ist eine verstärkte Nutzung von Fernwärme bzw. Ab- und Umgebungswärme denkbar.

Energiebedarf im Vergleich | Nichteisenmetalle

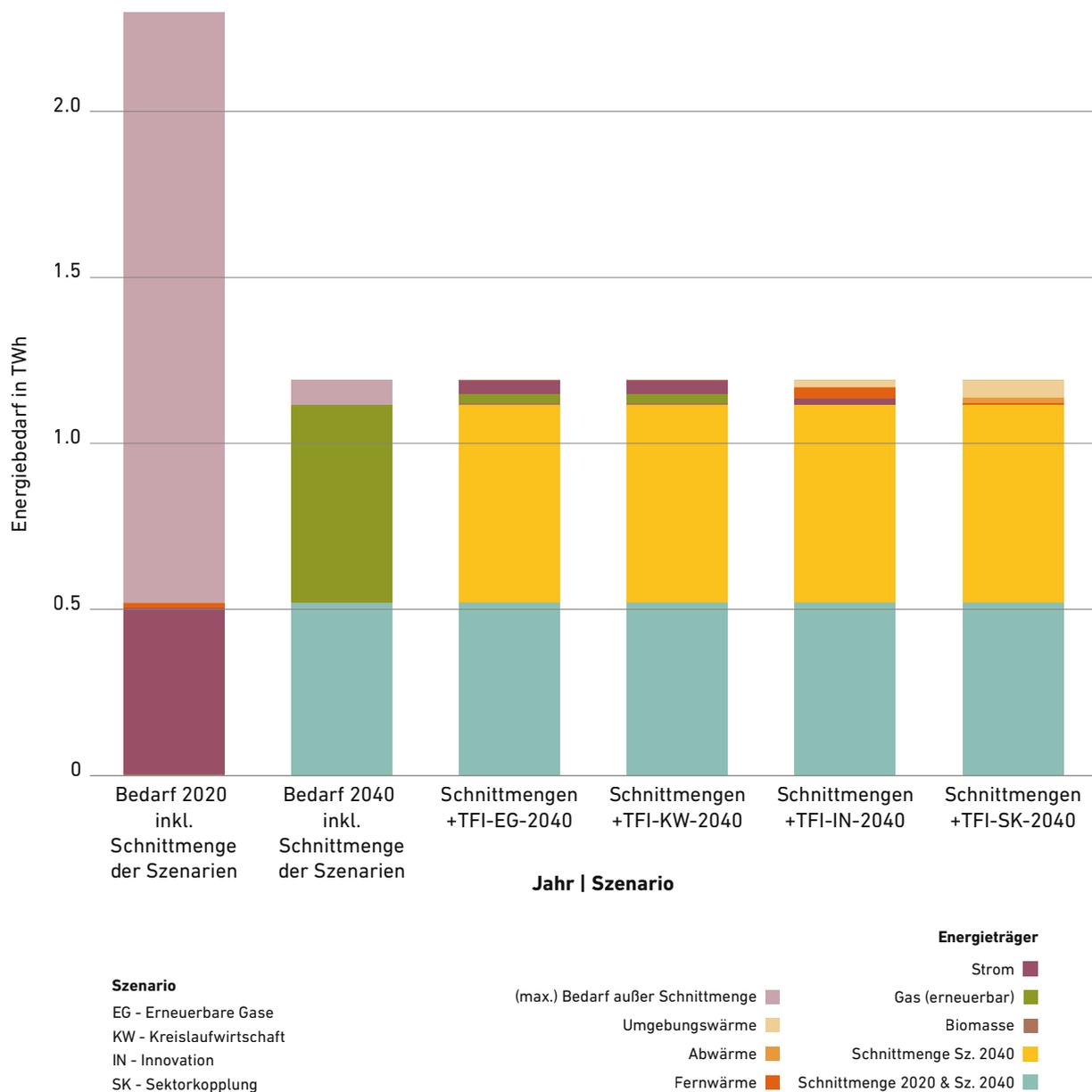


Abbildung 6

Unterschiede im Energieträgereinsatz nach Szenario, inkl.

Schnittmengen aller Szenarien mit dem Bedarf 2020 (dunkelgrau)

und der Szenarien untereinander (hellgrau).

Die relativen Anteile der Nutzenergiesegmente aber auch deren absolute Energiemengen, die proportional zum Produktionsindex, vgl. Abbildung 1 in der Branche sind, ändern sich in der Branche Nichteisenmetalle wenig. Dieses Ergebnis wird in Abbildung 7 visualisiert. Die Anwendungskategorie mit dem größten Nutzenergie-

verbrauch in der Branche Nichteisenmetalle ist klar die Prozesswärme über 200 °C gefolgt vom Verbrauch der Industrieöfen (Standmotoren). Der Anteil der Raum- und sonstigen Prozesswärme ist in dieser Branche, wie erwähnt, vergleichsweise gering.

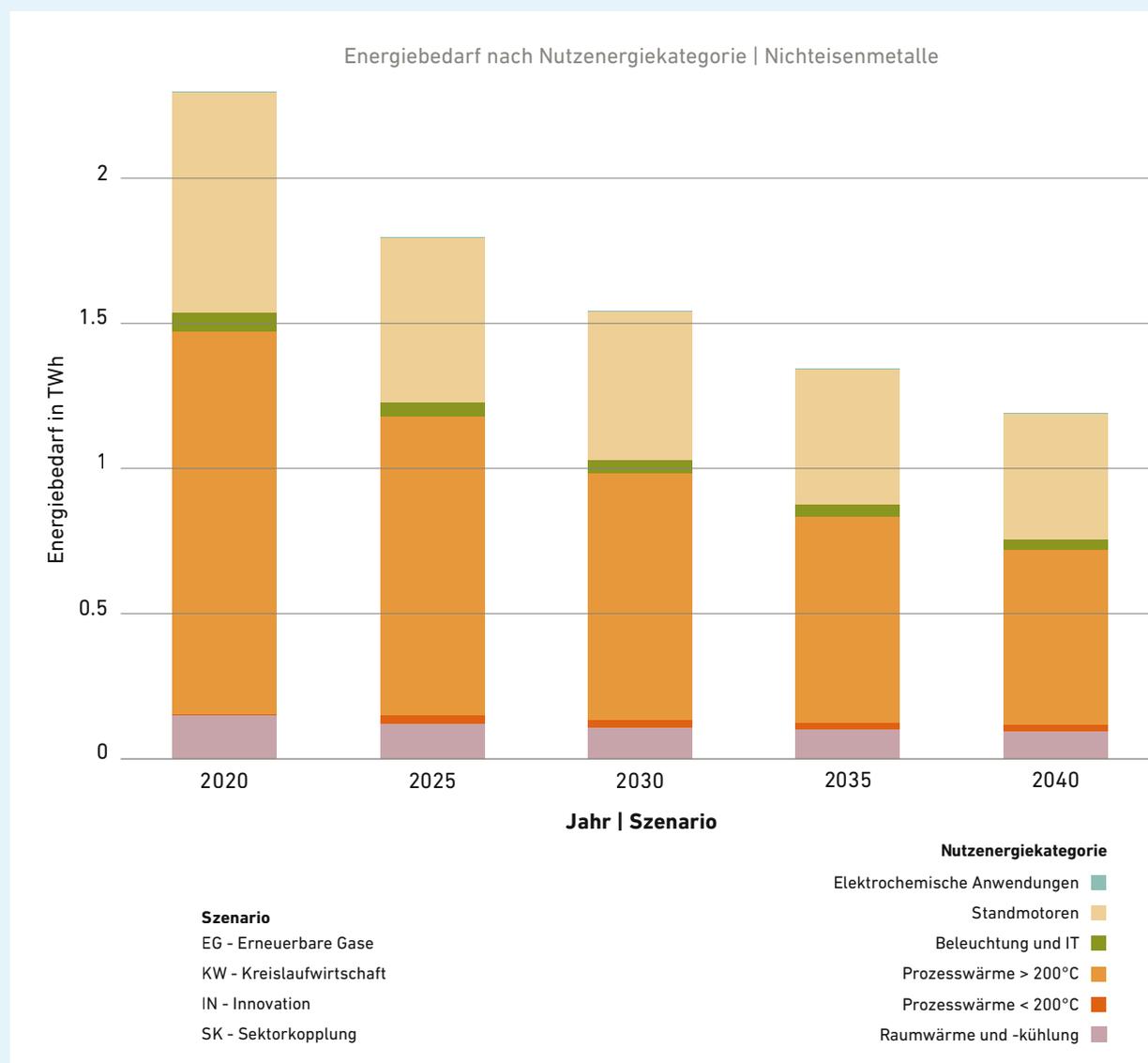


Abbildung 7

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 Assets²

Die in den Leistungs- und Strukturdaten der Statistik Austria erfassten Gesamtinvestitionen in der Branche Nichteisenmetalle lagen in den Jahren 2008–2020 bei durchschnittlich ca. 203 Mio. € pro Jahr. Davon entfielen durchschnittlich 97% auf Investitionen in Sachanlagen. Bei Beibehalten aktueller Prozessketten und entsprechender Fortschreibung dieser Investitionszyklen würde sich damit ein Gesamtvolumen an Investitionen in Sachanlagen von ca. 1,6 Mrd. € bis 2030 bzw. ca. 3,5 Mrd. € bis 2040 ergeben. Im Vergleich dazu betragen die ermittelten Investitionskosten für die Transformation, die in erster Linie die Bereitstellung von Raumwärme betreffen, je nach Szenario, bis zu 2,5 Mio. € pro Jahr bzw. in Summe bis zu 32 Mio. € bis 2040 (siehe Abbildung 8). Davon betreffen rd. 45% direkte Investitionen für Equipment, der Rest bezieht sich auf indirekte Investition, wie z. B. Engineering, periphere Komponenten, oder Bautätigkeiten.

Ein wesentlicher Teil der THG-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 in diesem Bereich keine nennenswerten Stranded Assets erwartet. Ein ähnlich großer Anteil der THG-Emissionen in dieser Branche entfällt auf den Einsatz von Erdgas für die Bereitstellung von Prozesswärme >200 °C. Wesentliche Stranded Assets sind hier nicht zu erwarten, da eine weitgehende Substitution heute genutzter Energieträger durch erneuerbare Äquivalente erwartet wird. Da in Österreich Nichteisenmetalle fast ausschließlich über Sekundärproduktion hergestellt werden, ist nicht von einer grundlegenden Änderung der Erzeugungsprozesse und -anlagen auszugehen.

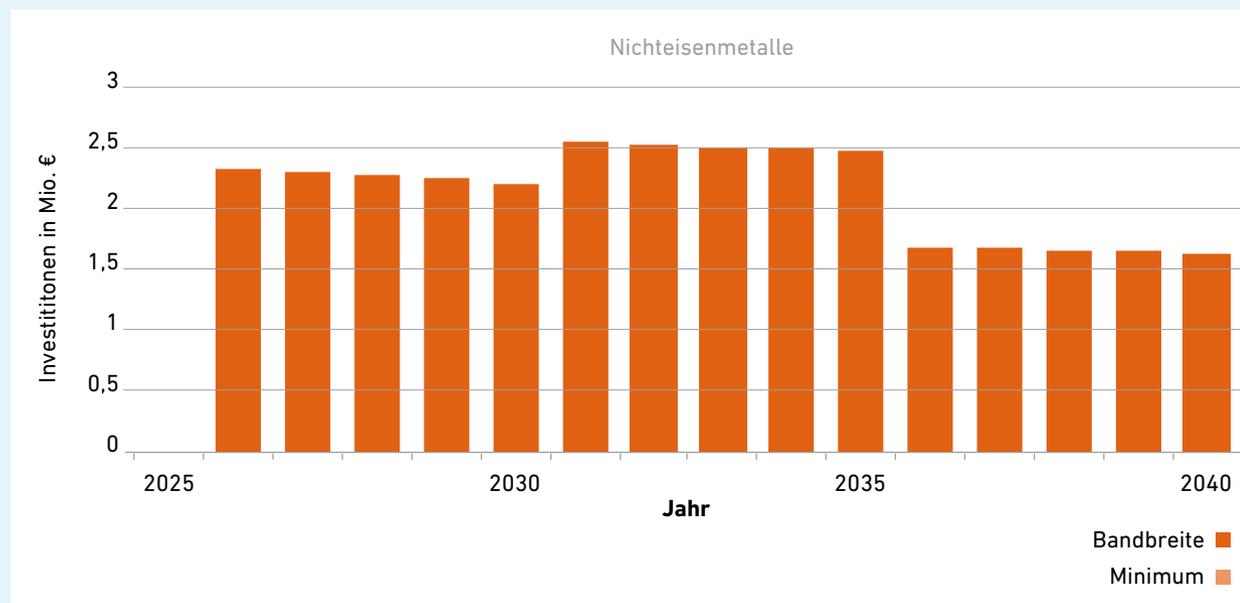


Abbildung 8
Notwendiger Investitionsbedarf für die Transformation
(Bandbreite aus den Szenarien) in der Branche Nichteisenmetalle

² Stranded Assets bezeichnen Investitionsgüter, die einen unerwartet hohen Wertverlust haben und vorzeitig abgeschrieben werden müssen

2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien

Anwendungsbereich	Kurzbezeichnung Maßnahme	Emissionsreduktionspotenzial in der Branche bzw. branchenübergreifend (hoch, mittel, niedrig)	Invest-Bedarf in Relation zu Alternativen im Anwendungsbereich (günstig, mittel, teuer)	Energiekosten in Relation zu Alternativen im Anwendungsbereich (günstig, 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	Günstig	Mittel	Etabliert	Empfehlenswert
	Effizienzverbesserung elektrisch betriebener Industrieöfen	Gering	Mittel	Mittel	Mittel	Etabliert	Empfehlenswert
	Sekundärproduktion über Recycling von Altmetallen	Hoch	Mittel	Teuer	Hoch	Etabliert	Empfehlenswert
Raumwärme	Integration Wärmepumpen – Nutzung Umgebungswärme oder industrielle Abwärme (standortintern oder -übergreifend)	Hoch	Teuer	Mittel	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert
	Direkte Wärmerückgewinnung (standortintern oder -übergreifend)	Hoch	Günstig	Günstig	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert
	Geothermie	Hoch	Teuer	Günstig	Hoch	Marktreif	Bedingt empfehlenswert
	Einsatz Fernwärme	Hoch	Mittel	Teuer	Mittel	Etabliert	Empfehlenswert
Prozesswärme < 200 °C	Erhalt/Ersatz der Bestandsstruktur bzw. Neuanlagen und Energieträgerwechsel für fossile Brennstoffe (erneuerbare Gase – grüner H ₂ /erneuerbares CH ₄)	Hoch	Günstig	Teuer	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Erhalt Bestandsstruktur bzw. Neuanlagen für feste Brennstoffe wie Biomasse oder Ersatzbrennstoffe	Hoch	Günstig	Mittel	Niedrig	Etabliert	Bedingt empfehlenswert
	Elektrifizierung bzw. Integration Hochtemperatur-Wärmepumpe	Hoch	Teuer	Mittel	Hoch	Vor-marktreif	Empfehlenswert
	Branchen-übergreifende direkte Abwärmenutzung	Hoch	Mittel	Günstig	Hoch	Marktverfügbar	Empfehlenswert



Anwendungsbereich	Kurzbezeichnung Maßnahme	Emissionsreduktionspotenzial in der Branche bzw. branchenübergreifend (hoch, mittel, niedrig)	Invest-Bedarf in Relationen zu Alternativen im Anwendungsbereich (günstig, mittel, teuer)	Energiekosten in Relation zu Alternativen im Anwendungsbereich (günstig, 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 Bestandsstruktur & Energieträgerwechsel für fossile Brennstoffe (erneuerbare Gase – grüner H ₂ oder erneuerbares CH ₄)	Hoch	Günstig	Teuer	Niedrig	Etabliert	Empfehlenswert
	Selbstfahrende Arbeitsmaschinen: Ersatz von Dieselantrieben durch batteriebetriebene elektrische Antriebe	Hoch	Teuer	Mittel	Niedrig	Vor-marktreif	Empfehlenswert
Standmotoren	Selbstfahrende Arbeitsmaschinen: Ersatz von Dieselantrieben durch brennstoffzellenbetriebene elektrische Antriebe	Hoch	Teuer	Mittel	Niedrig	Vor-marktreif	Empfehlenswert

Tabelle 2
Branchenspezifische Schlüsseltechnologien
für die Branche Nichteisenmetalle

Technologien zur Prozesswärmebereitstellung mit hohem Dekarbonisierungspotenzial

Kriterium	Beschreibung
Relevanz für die Branche Nichteisenmetalle	Prozesswärme unter 200 °C in der Branche Nichteisenmetalle ist im Vergleich zu den weiteren Anwendungsbereichen, insbesondere der Prozesswärme über 200 °C, als gering einzustufen. Dennoch kann die Technologie der Wärmepumpen bei entsprechender Entwicklung in den nächsten Jahren einen 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 Demoplanen für große Leistungen und Dampferzeugung – Amortisationszeit stark von Verhältnis Strom- zu Gaspreis abhängig. – 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 3

Schlüsseltechnologie Wärmepumpe zur Prozesswärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung
Relevanz für die Branche Nichteisenmetalle	Prozesswärme unter 200 °C in der Branche Nichteisenmetalle ist im Vergleich zu den weiteren Anwendungsbereichen, insbesondere der Prozesswärme über 200 °C, als gering einzustufen. Daher kann in vielen Fällen mittels kaskadischer Nutzung der Wärme der Räumwärmebedarf über bestehende Systeme auf höheren Temperaturniveaus mitversorgt werden. So kann die Technologie einen Beitrag zur Dekarbonisierung liefern und ist vor allem 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 4

Schlüsseltechnologie Wärmerückgewinnung zur Prozesswärme-
bereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung
Relevanz für die Branche Nichteisenmetalle	Mit der Bereitstellung der Prozesswärme über die Verbrennung erneuerbarer Gase (z. B. Methan biogenen Ursprungs, Wasserstoff, etc.) in entsprechenden Feuerungsanlagen können bestehende Brenner, die bereits heute in der Branche Nichteisenmetalle eingesetzt werden und etabliert sind, ohne hohen Investitionsaufwand weiterverwendet werden. Trotz hohem Primärenergiebedarf ist die Technologie daher, auch mangels Alternativen für den Temperaturbereich > 200 °C, insbesondere aufgrund des Emissionsreduktionspotenzials als empfehlenswert eingestuft .
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 Raumwärmebereitstellung und damit einhergehenden Effizienzverbesserung

Kriterium	Beschreibung
Relevanz für die Branche Nichteisenmetalle	Der Raumwärmebedarf der Branche Nichteisenmetalle ist im Vergleich zu den weiteren Anwendungsbereichen als gering einzustufen. Dennoch kann die Technologie einen Beitrag zur Dekarbonisierung liefern und ist vor allem 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 6

Schlüsseltechnologie Wärmepumpe zur Raumwärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung
Relevanz für die Branche Nichteisenmetalle	Der Raumwärmebedarf der Branche Nichteisenmetalle ist im Vergleich zu den weiteren Anwendungsbereichen, insbesondere der Prozesswärme, als gering einzustufen. Daher kann in vielen Fällen mittels kaskadischer Nutzung der Wärme der Raumwärmebedarf über bestehende Systeme auf höheren Temperaturniveaus mitversorgt werden. So kann die Technologie einen Beitrag zur Dekarbonisierung liefern und ist vor allem 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 7
Schlüsseltechnologie Wärmerückgewinnung zur Raumwärme-
bereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Technologien zur Verbesserung der Effizienz

Kriterium	Beschreibung
Relevanz für die Branche Nichteisenmetalle	Die Produkte der Branche Nichteisenmetalle werden heute größtenteils aus Alt- und Abfallstoffen rückgewonnen. Für die wesentlichen Produkte ist diese Sekundärproduktion mit erheblich geringerem Energieeinsatz als die Primärproduktion verbunden. Daher ist eine Beibehaltung dieser Kreislaufwirtschaft ein wesentlicher Beitrag zur Dekarbonisierung und ist vor allem aus Effizienz- und Exergieperspektive 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 8

Schlüsseltechnologien zur Reduktion der Primärenergie:
Eigenschaften der Technologie

2.4 Handlungsempfehlungen

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

Handlungsfeld	Empfehlungen
Förderung von Forschung und Entwicklung (F&E)	<p>Im Bereich der direkten F&E-Förderung sollte die Entwicklung folgender Technologien gefördert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Innovative Konzepte für die Nichteisen-Elektrolyse, die Niedertemperatur-Elektrolyse und die elektrische Beheizung zu Heizzwecken in der Produktion (z. B. Regenerativ- und Hochtemperaturbrenner); Elektroöfen – Wasserstoffverbrennung zu Heizzwecken und als Reduktionsmittel; Substitution von Erdgas durch „grünen“ Wasserstoff – Carbon Capture and Utilization (CCU) aus Abgasen zur Verwendung in anderen Prozessen – Upscaling und Integration von Hybridtechnologien; Nutzung von Biogas und Synthesegas-/ Biomethanfeuerung; Biomassevergasung – Kraft-Wärme-Kopplungsanlage vor Ort; Entwurf für energieeffiziente Öfen; Vakuum-trocknungstechnologien; Wärmerückgewinnungstechnologien (Wärmetauscher) – Prozesstechnik für energie- und ressourceneffiziente Routen – Steigerung der Prozesseffizienz (reduzierte Prozesstemperaturen, forcierte Wärmerückgewinnung und -integration) – Werkstoffentwicklung für energie- und ressourceneffiziente Prozesse – Erhöhung der Rückgewinnungsquote aus Sekundärmaterial (Recyclingeffizienz) – Effiziente physische Schrottsammlung und -sortierung von Aluminium und anderen Nichteisenmetallen; Schmelzreinigungstechnologien und Wiedereinschmelzen von Aluminiumschrott, neue Entschichtungsanlagen; Aluminium-Mini-Mühlen – Modelle zur Vorhersage der Schrottzusammensetzung – Carbothermische Herstellungsprozesse zur Reduktion des Energiebedarfs – Unternehmensinterne und -übergreifende Nutzung von Energien und Rohstoffen – Forschungsinfrastrukturen: Weiterführung etablierter Kompetenzzentren – Kaskadische F&E-Förderung: Synergien mit EU-Projekten suchen und nationale Weiterführung/F&E-Förderung erfolgsversprechender Ergebnisse aus diesen EU-Projekten
Anreize und Förderungen von Investitionen	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhung der nationalen Budgets für standortsichernde Transformationsinvestitionen (z. B. Integration von Fernwärme oder Wärmepumpen zur Raumwärmebereitstellung, Modernisierung bestehender Öfen, v. a. in Richtung verbesserter Wärmerückgewinnung) inkl. Emission Trading System (ETS)-Betriebe; Investitionsförderung durch CAPEX Zuschüsse
Energieinfrastrukturen und Energiebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> – Sicherstellung von Erneuerbare Gase-Mengen für die Prozesswärme in den Industrieöfen – Umstellung des elektrischen Energiebedarfs auf erneuerbaren Strom, d. h. rascher und umfassender Ausbau der Kapazitäten für Energiebereitstellung (Strom) aus erneuerbarer Energie (Erzeugung und Netze) – Integration in Fern- und Nahwärmenetze – Ausbau der Speicherinfrastruktur und Sektorkopplung (insbesondere Abwärmenutzung)
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 (z. B. Abfall als Rohstoff) – Beibehaltung von Recyclingquoten zur Sicherstellung des Bedarfs an Sekundärmetallen – Gewährleistung ausreichender Schrottverfügbarkeit und -qualität



Handlungsfeld	Empfehlungen
Kooperation und Vernetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Initiativen zur Standort-übergreifenden Wärmeversorgung – Engere Kooperation, Abstimmung und aktive Einbringung in EU-Aktivitäten sowie in der EU Partnerschaft Processes4Planet – Mitarbeit an Initiativen zur Kooperation von EU-Rahmenprogramm und EU-Innovationsfonds, Regionalfonds und European Social Fund + (ESF+)
Gesetzliche Rahmenbedingungen, Standards und Normen	<ul style="list-style-type: none"> – Beschleunigte Zulassungsverfahren – Regulierungen, die explizit die Energietransformation und die Kreislaufwirtschaft (z. B. für Schrott) begünstigen – EU-Ebene: vorhersehbare CO₂-Bepreisung für die Jahre 2030 bis 2050, einschließlich CBAM („Carbon Border Adjustment Mechanism“) in einigen Bereichen – Nationale Ebene: Angleichen der österr. Förderpraxis an EU-Standards betreffend Förderungen für ETS-Betriebe – Branche nur teilweise im europäischen Emissionshandel (ETS) berücksichtigt
Öffentliche Beschaffung und Nachfrage	<ul style="list-style-type: none"> – Standortsicherung durch einen neuen politisch-strategischen Zugang: „Klimaschutz als Chance zur Standortsicherung“ (vgl. Deutschland) – Schaffen von Grünen Leitmärkten durch gesetzliche Grünstahlquoten – Produktdesignstandards zur Förderung „grüner“ Produkte (z. B. Stahl) – Produktpässe (Kennzeichnung usw.) liefert wichtige nachfrageseitige Anreize und Möglichkeiten, dass sich Investitionen rascher amortisieren
Aus- und Weiterbildung sowie gesellschaftlicher Wandel	<ul style="list-style-type: none"> – Aus- und Weiterbildung branchenspezifischer ExpertInnen für unternehmensinterne Prozessoptimierung – Fachkräfte für die Implementierung der notwendigen Technologien zur internen und externen Wärmeintegration – Attraktivierung des Arbeitsplatzes „Metallerzeugung“ durch menschenzentrierte technologische Lösungen und Systeme – Aktiver Einbezug der Belegschaft (insbesondere am „Shop Floor“) in die grüne Transformation und in die damit in Zusammenhang stehenden Veränderungen und Innovationen bei der Stahlerzeugung („Co-Creation“) – Gezielte Ansprache von Frauen als potenzielle Arbeitnehmerinnen über die Themen Kreislaufwirtschaft, Nachhaltigkeit und Klimawandel – Entwicklung von Anforderungskatalogen in Bezug auf erforderliche Fertigkeiten und Tätigkeitsprofile der Gegenwart und Zukunft („skill requirements“), und Mitarbeit an entsprechenden Trainings- und Ausbildungsprogrammen – Identifizierung und Beschreibung der Qualifikationsanforderungen in kooperativen EU-Projekten (Horizon Europe) – Nutzung des ESF+ als weiteres Instrument der EU-Förderung im Anschluss an obige F&E-Projekte – Mitwirkung an EU „Industrial Skills Alliances“

Tabelle 9
Handlungsempfehlungen

Literaturverzeichnis

Cusano, G., Rodrigo Gonzalo, M., Farrell, F., Remus, R., Roudier, S., & Delgado Sancho, L. (2017). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries*.

European Commission. (2018). *IN-DEPTH ANALYSIS IN SUPPORT OF THE COMMISSION COMMUNICATION COM (2018) 773 A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and Table of Contents*. November.

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

Statistics Austria. (2021). *Nutzenergieanalyse, Nutzenergiekategorien Österreich 1993 bis 2020 (Detailinformation)*.

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, Wolfram Rhomberg

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

Mika Ruusunen

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