

AKTIONSPLAN

STUDIEN

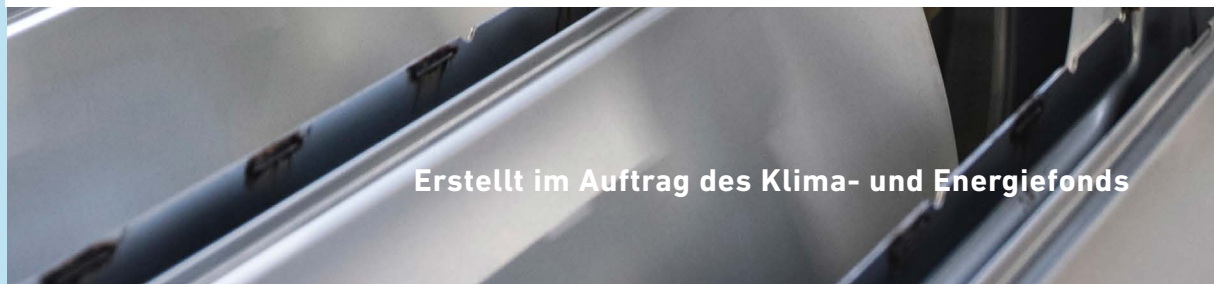


Fahrzeugbau

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 Fahrzeugbau

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 Stranded Assets	14
2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien	15
2.4 Handlungsempfehlungen	22
Literaturverzeichnis	24
Kontaktdaten	24

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 Fahrzeugbau hinsichtlich Produktionswertes, Wertschöpfung, Unternehmen und Erwerbstätige, Energieeinsatz und Emissionen gegeben.

1.1 Allgemeine Brancheninformation

Der Produktionswert der Branche Fahrzeugbau erlitt 2009 im Zuge der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise einen deutlichen Einbruch gegenüber dem Vorjahr bis er sich bis 2015 wieder schrittweise erholte (Abbildung 1). Nach 2015 kam es zu einem deutlichen Anstieg bis 2019. Der Produktionsindex und die Wertschöpfung unterlagen einer sehr ähnlichen Dynamik.

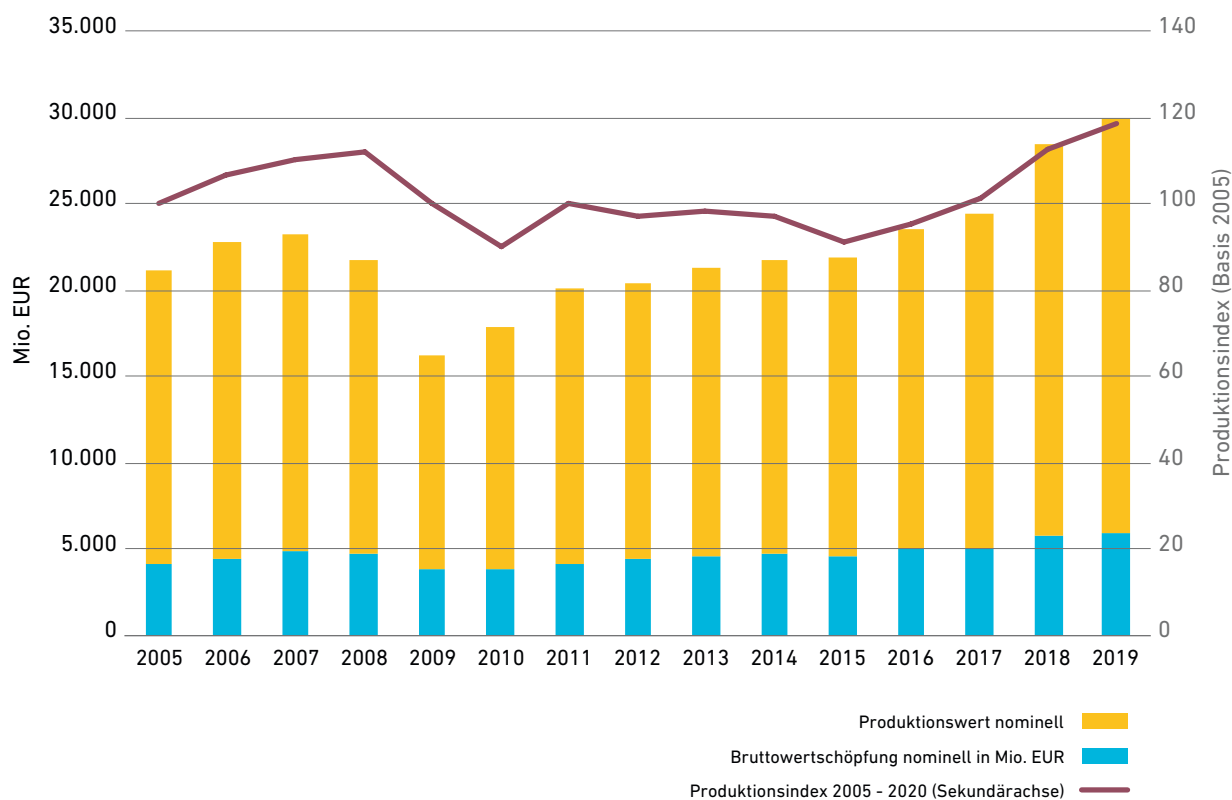


Abbildung 1

Wirtschaftliche Entwicklungen Branche Fahrzeugbau,

Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Die Branche weist seit 2010 eine wachsende Anzahl an Erwerbstätigen auf, dieses Wachstum fiel zwischen 2017 und 2018 besonders stark aus. Betrachtet man die Anzahl der Unternehmen zeigt sich ein deutlich anderes Bild. Während die Unternehmenszahl zwischen 2008 und

2014 zunahm, gab es eine sprunghafte Abnahme im Jahr 2015 obwohl es zu keiner Abnahme der Erwerbstätigen kam. Dies weist auf eine Umstrukturierung einer oder mehrerer Unternehmen in dieser Branche hin.

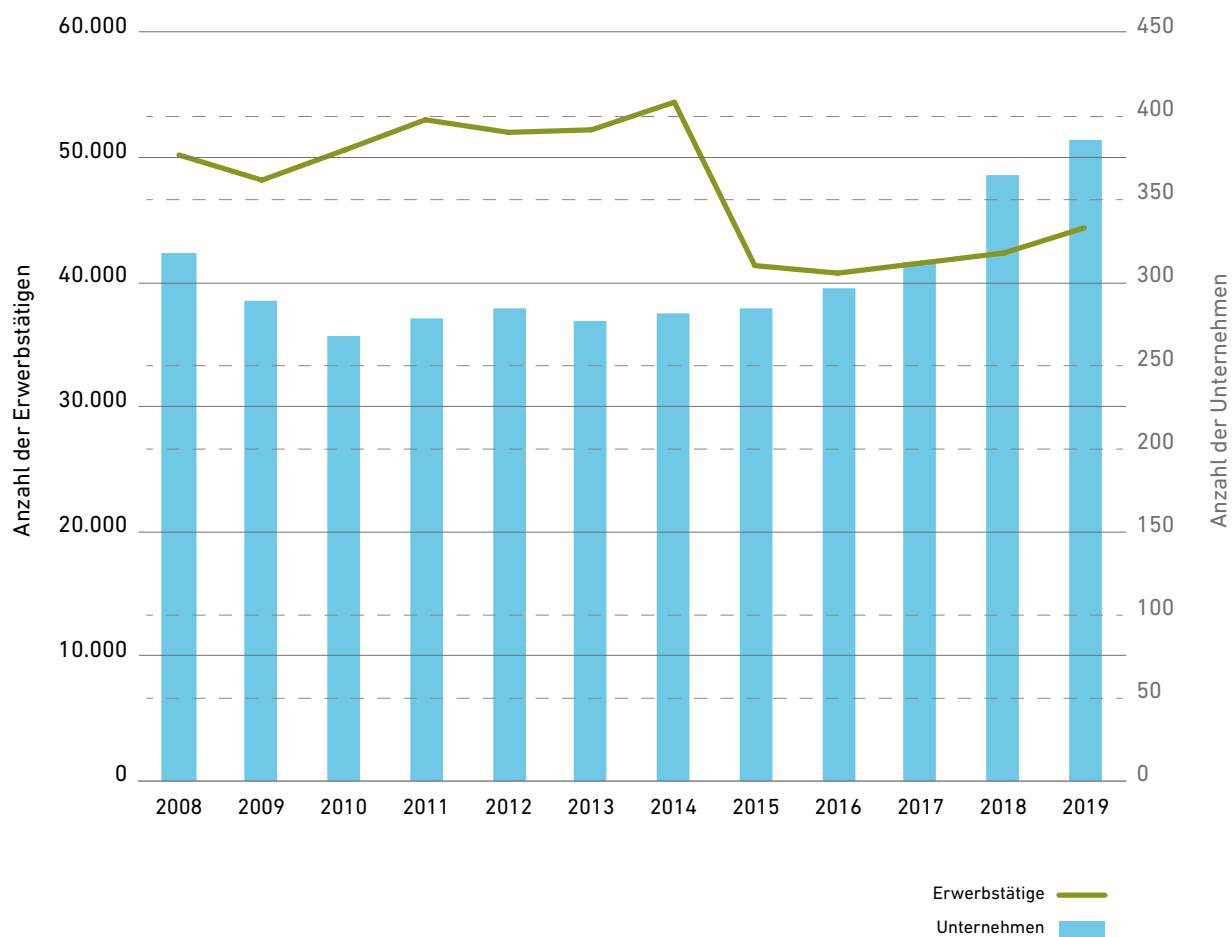


Abbildung 2

Entwicklungen Erwerbstätige & Unternehmen Branche Fahrzeugbau,

Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird, unterlag der Energieeinsatz der Branche Fahrzeugbau unterschiedlichen Schwankungen. Dies lag besonders am volatilen

Einsatz von Gas und Strom, wobei Strom den Einsatz deutlich dominierte. Der Einsatz an anderen Energieträgern blieb über die Jahre hinweg relativ stabil.

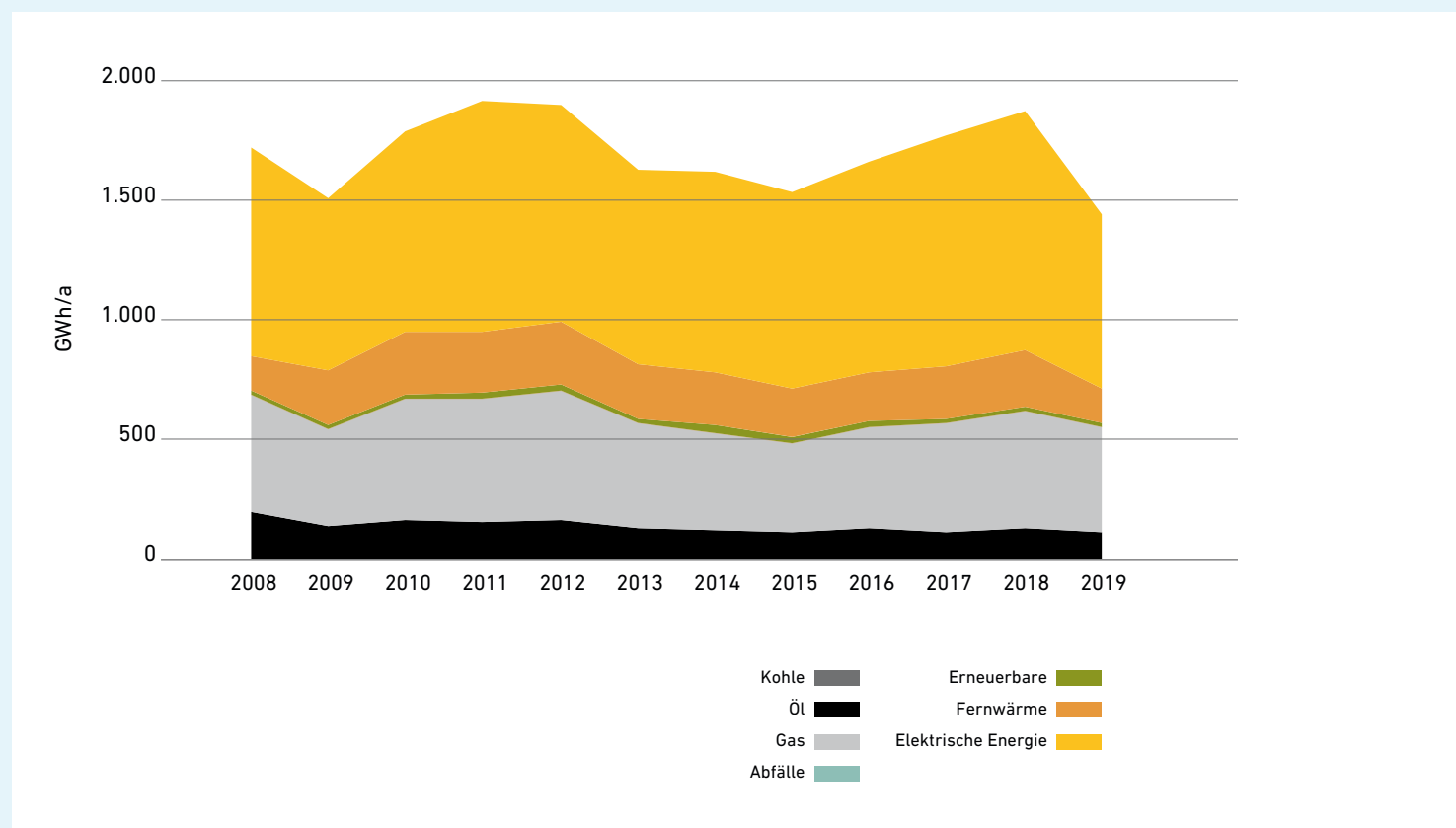


Abbildung 3
Energieeinsatz Branche Fahrzeugbau,
Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020)

Abbildung 4 veranschaulicht, dass die Treibhausgasemissionen in der Branche Fahrzeugbau vor allem der eingesetzten elektrischen Energie zuzurechnen sind. Daneben spielen auch die Emissionen aus dem Einsatz von Gas eine wichtige Rolle, die Emissionen aus Einsatz von Öl und Fernwärme haben eine untergeordnete Rolle.

Die Branche Fahrzeugbau war 2019 für unter 1% der gesamten Treibhausgasemissionen des produzierenden Bereichs verantwortlich, an den gesamtösterreichischen Emissionen hatte die Branche einen Anteil von ca. 0,1%.

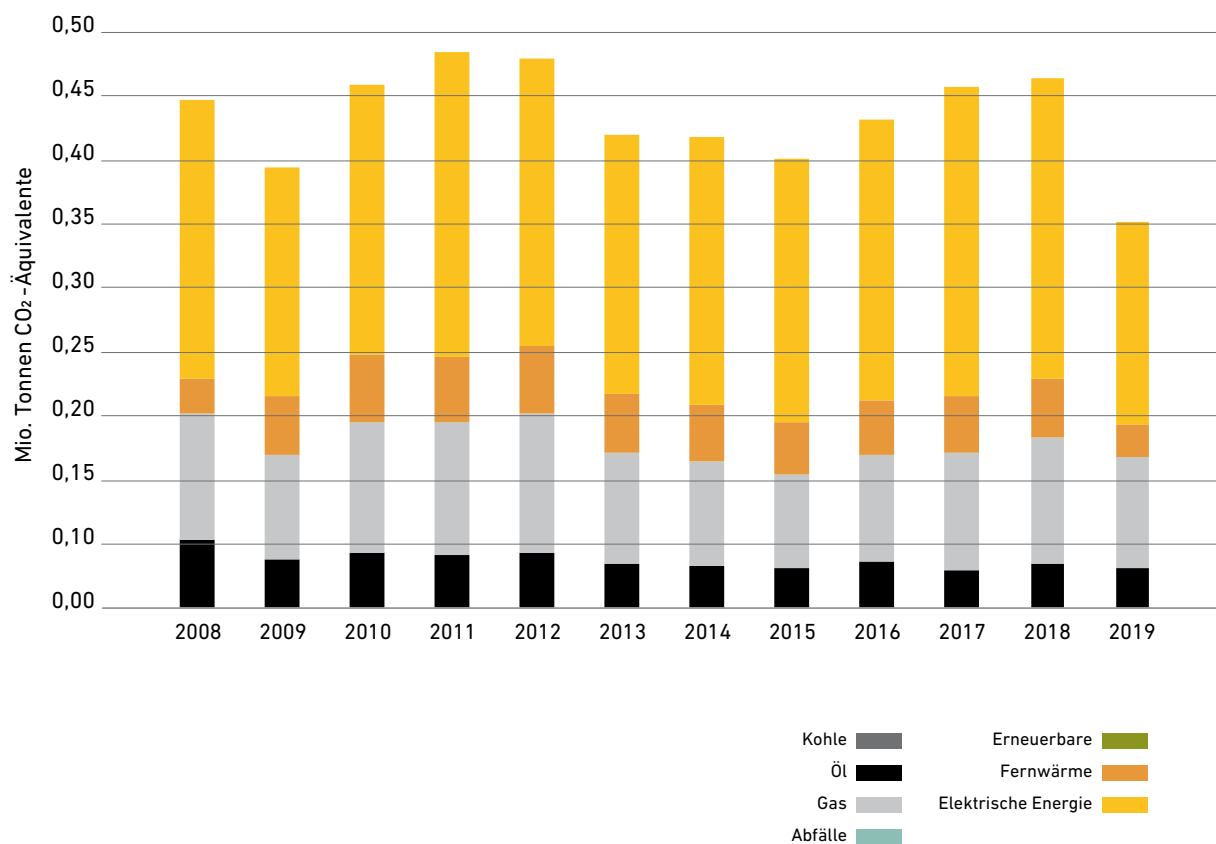


Abbildung 4

Treibhausgasemissionen Branche Fahrzeugbau,

Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020),

NEFI, eigene Berechnungen

2.0 Transformationspfade

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

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

- Elektrizität,
- Fernwärme,
- erneuerbare Gase, wie bspw. Methan aus biogenen Ressourcen, und je nach Entwicklungspfad auch
- Umgebungs- bzw. Abwärme.

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 gesamtlich 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 Fahrzeugbau 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

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

werden kann. Allen Szenarien gemein ist die Annahme einer konstant moderaten Wirtschaftsentwicklung bei gleichbleibenden Erzeugungsmengen von Grundstoffen. Die Annahmen und Entwicklungspfade der einzelnen Szenarien werden im Folgenden in der Diskussion der Ergebnisse für die Branche kurz vorgestellt.

Die Ergebnisse für die vier ermittelten Szenarien im Vergleich zum Status Quo Basisjahr 2020 werden für die Jahre 2025, 2030, 2035 und 2040 und für die eingesetzten Energieträger in *Abbildung 5* dargestellt. Es lassen sich

langfristig für 2040 zwei mögliche, zum Teil gegenläufige Trends für die Branche erkennen: zum einen der Einsatz von erneuerbarem Gas und Fernwärme zum anderen eine zunehmende Elektrifizierung und Abwärmenutzung. Für ca. 30% des Energiebedarfs konkurrieren diese Optionen gemäß den Entwicklungspfaden. Die folgende Beschreibung behandelt vorrangig das betrachtete Zieljahr 2040.

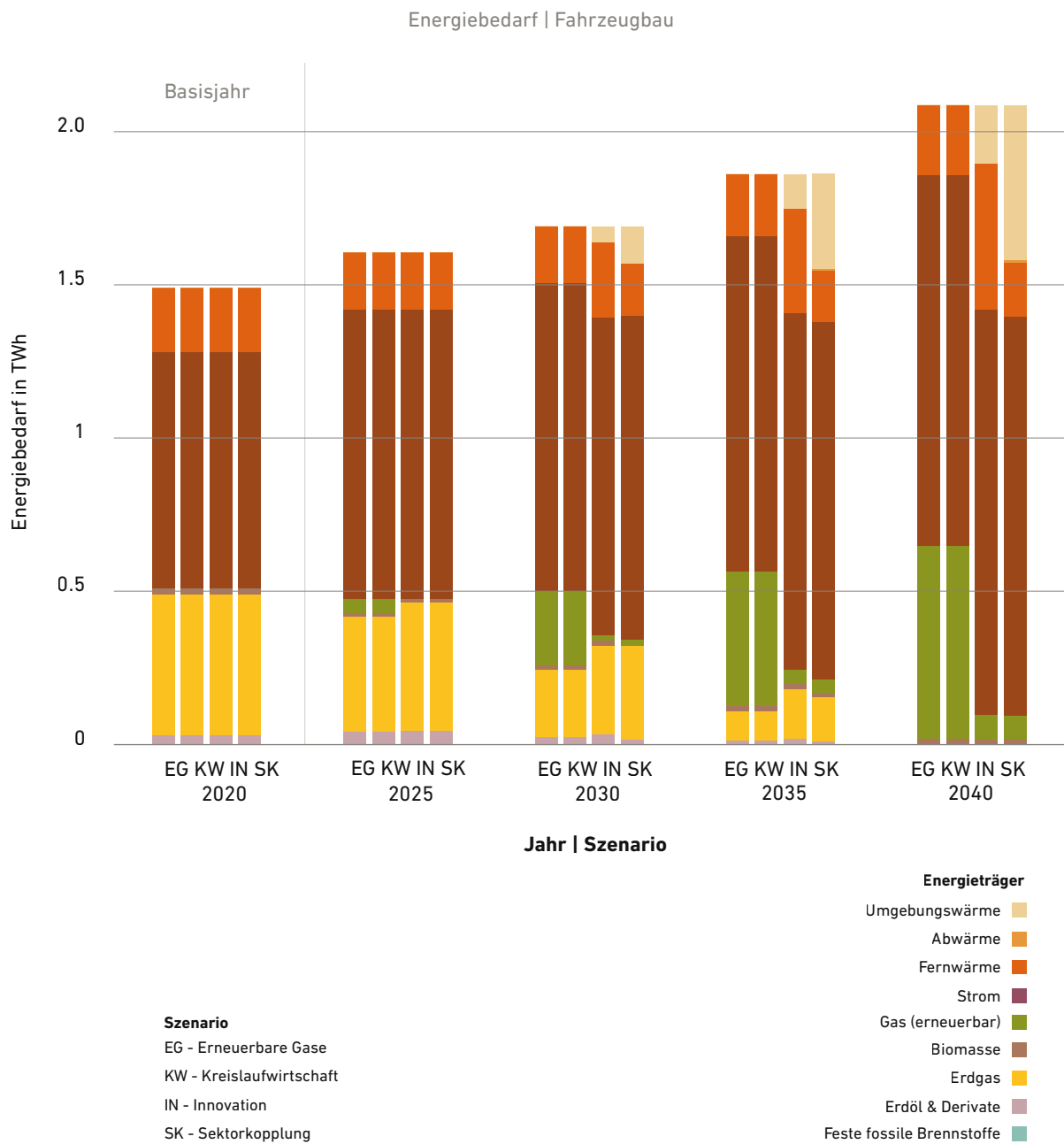


Abbildung 5
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Energieträgern für den Status Quo 2020 und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

Im Szenario Erneuerbare Gase (EG) erfolgt die Substitution fossiler Energieträger durch den Einsatz erneuerbarer Gase (CH₄ aus biogenen Ressourcen) bzw. durch Fernwärme. Darauf aufbauend wird im Szenario Kreislaufwirtschaft (KW) angenommen, dass durch forciertes Recycling in einigen Branchen die Primärstoffherstellung effizienter wird. Für die Branche Fahrzeugbau 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 Fahrzeugbau ergibt sich dadurch neben verstärkter Fernwärmenutzung eine Elektrifizierung der Wärmebereitstellung, vorrangig mit Wärmepumpen für unterschiedliche Temperaturen. Für höhere Prozesstemperaturen wird weiter erneuerbares Gas in geringen Mengen eingesetzt. 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 Fahrzeugbau bedeutet das, dass weniger Fernwärme genutzt wird und 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 zu abnehmendem Erdgasverbrauch bei gleichzeitig steigendem Strombedarf bzw. steigendem Bedarf an (industrieller) Abwärme bzw. Umgebungswärme führen. In den Szenarien Erneuerbare Gase sowie Kreislaufwirtschaft wird der Erdgasverbrauch vorrangig durch den Einsatz von Gasen aus biogenen Ressourcen substituiert. 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 unterschiedliche, stark gegenläufige Trends 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.

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 sehr geringen Anteil an Fernwärme zusammen. Im Vergleich zum Gesamtenergiebedarf 2020 beträgt sie knapp 70%. Über diese Schnittmenge hinaus, die ab der zweiten Säule in dunkelgrau dargestellt ist, gibt es auch eine kleine weitere Schnittmenge für alle Szenarien für das Jahr 2040, siehe Säule zwei. Der residuale Bedarf für 2040, der ca. 25% 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 grundsätzlich unterschiedliche Trends für ca. 25% des Energieeinsatzes 2040. Während der erste Trend auf dem Einsatz erneuerbarer Gase aufbaut, ist als zweiter Trend eine zunehmende Elektrifizierung ersichtlich, kombiniert dem Einsatz von Fernwärme sollte es zu keiner Sektorkopplung kommen.

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.

Energiebedarf im Vergleich | Fahrzeugbau

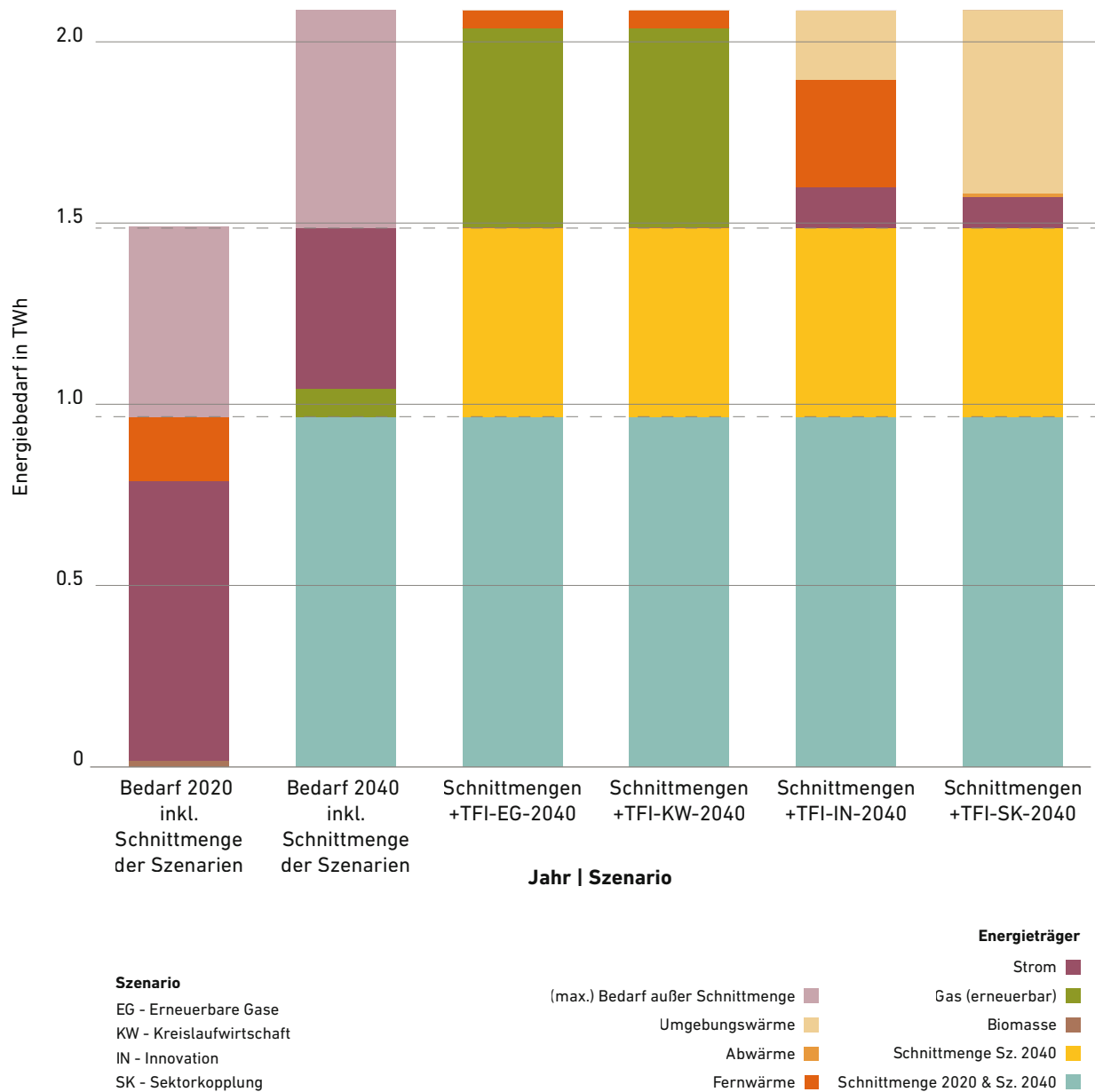


Abbildung 6
Vergleich des eingesetzten Energieträgermixes
gemäß Modellergebnis.

Im Gegensatz zur absoluten Energiemenge, die mit dem historischen Produktionsindex aus Abbildung 1 hochskaliert wird und von 2020 bis 2040 mit dieser Annahme um ca. 30% zunimmt, ändern sich die relativen Anteile der Nutzenergiesegmente in der

Branche Fahrzeugbau wenig. Dieses Ergebnis wird in Abbildung 7 visualisiert. Die Anwendungskategorien mit dem größten Nutzenergieverbrauch in der Branche Fahrzeugbau sind zu ca. gleichen Anteilen Standmotoren sowie Raumwärme und -kühlung.

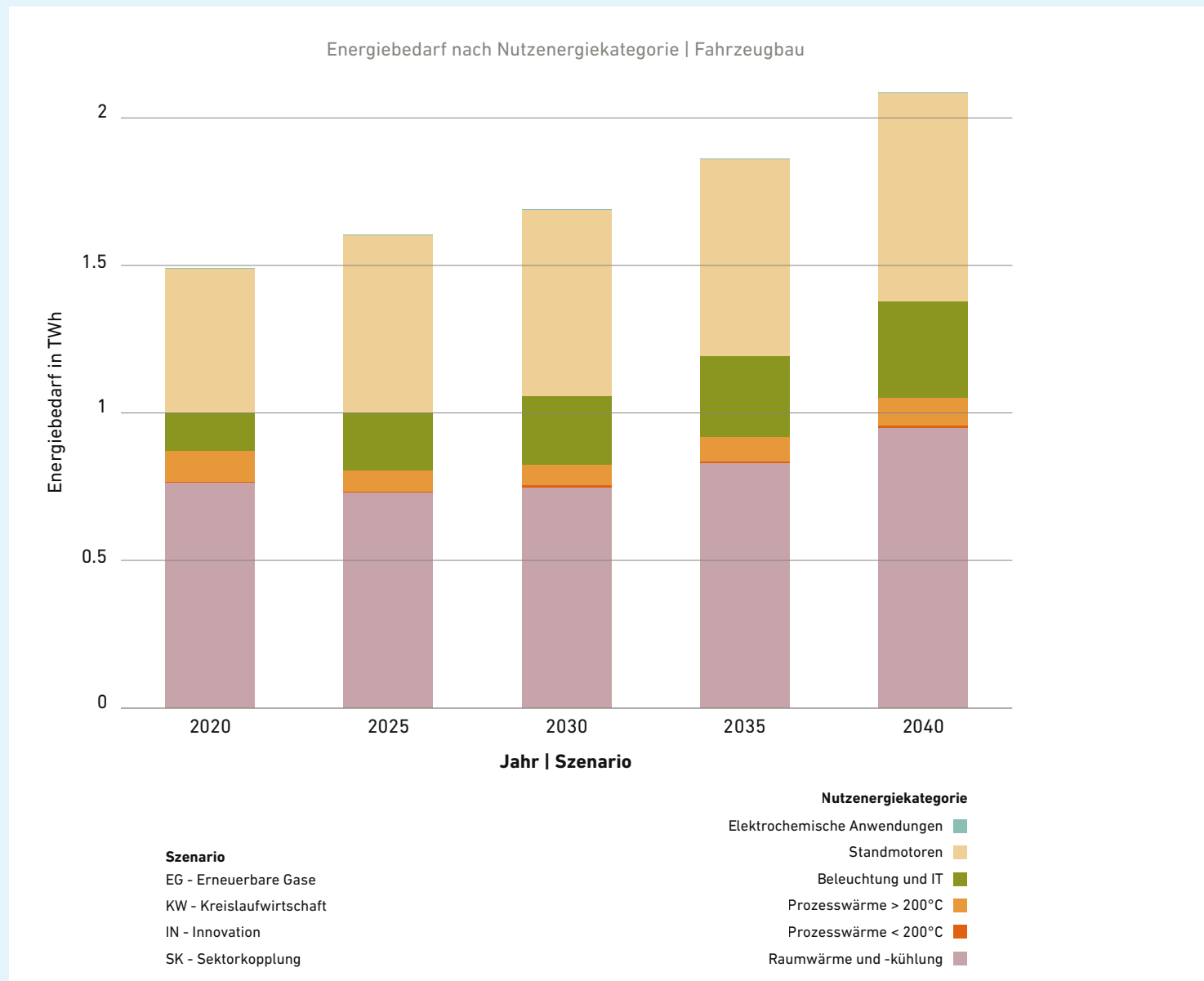


Abbildung 7
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Nutzenergie für den Status Quo 2020 und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

2.2 Investitionsbedarfe und Stranded Assets³

Die in den Leistungs- und Strukturdaten der Statistik Austria erfassten Gesamtinvestitionen in der Branche Fahrzeugbau lagen in den Jahren 2008–2019 bei durchschnittlich ca. 613 Mio. € pro Jahr mit nahezu kontinuierlicher Zunahme ab 2013. Davon entfielen durchschnittlich 93% auf Investitionen in Sachanlagen. Bei Beibehalten aktueller Prozessketten und entsprechender Fortschreibung dieser Investitionszyklen würde sich damit ein Gesamtvolumen an Investitionen in Sachanlagen von ca. 4,5 Mrd. € bis 2030 bzw. ca. 10,2 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 21 Mio. € pro Jahr bzw. in Summe bis zu 276 Mio. € bis 2040 (siehe Abbildung 8). Davon betreffen rd. 50% direkte Investitionen für Equipment, der Rest bezieht sich auf indirekte Investition, wie z. B. Engineering, periphere Komponenten, oder Bautätigkeiten.

Ein Großteil der in der Branche Fahrzeugbau, die als nicht-energieintensive Branche gilt, anfallenden Emissionen entfällt auf den Einsatz elektrischer Energie für Standmotoren, Beleuchtung und EDV, sowie Raumheizungen und Klimaanlage. Im Zuge der Transformation zur Klimaneutralität der Branche werden hierfür folglich keine nennenswerten Stranded Assets erwartet, die dem Industriesektor direkt zugeordnet werden können.

Zweiter wesentlicher Aspekt in der Reduktion von Treibhausgas-Emissionen der Branche ist der Einsatz von Erdgas für die Bereitstellung von Raumwärme. Potenzielle Stranded Assets sind hier in erster Linie

vom Transformationspfad (Elektrifizierung, erneuerbare Brennstoffe) abhängig, was auch durch die Analyse der Ergebnisse der Szenarien in Abschnitt 2.1 unterstrichen wird. Konkurrierende Trends, wenn auch nur für einen kleinen Anteil der Energiebereitstellung, für zukünftige Entwicklungen in dieser Branche sind der Einsatz von erneuerbarem Gas, Fernwärme oder eine (zunehmende) Abwärmennutzung (direkt oder via Wärmepumpe) zur der Raumwärmebereitstellung.

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 hocheffiziente Energieträger zu. Aus makroökonomischer Perspektive ist daher aufgrund der Empfehlung Energieimporte und den Primärenergieeinsatz zu reduzieren, die Investition in Anlagen zur Prozess- bzw. 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 Prozessverbesserungen sowie Verbesserungen in bestehenden Raumklimatisierungssystemen zusammen mit Wärmerückgewinnung und Elektrifizierung als empfehlenswert einzustufen.

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

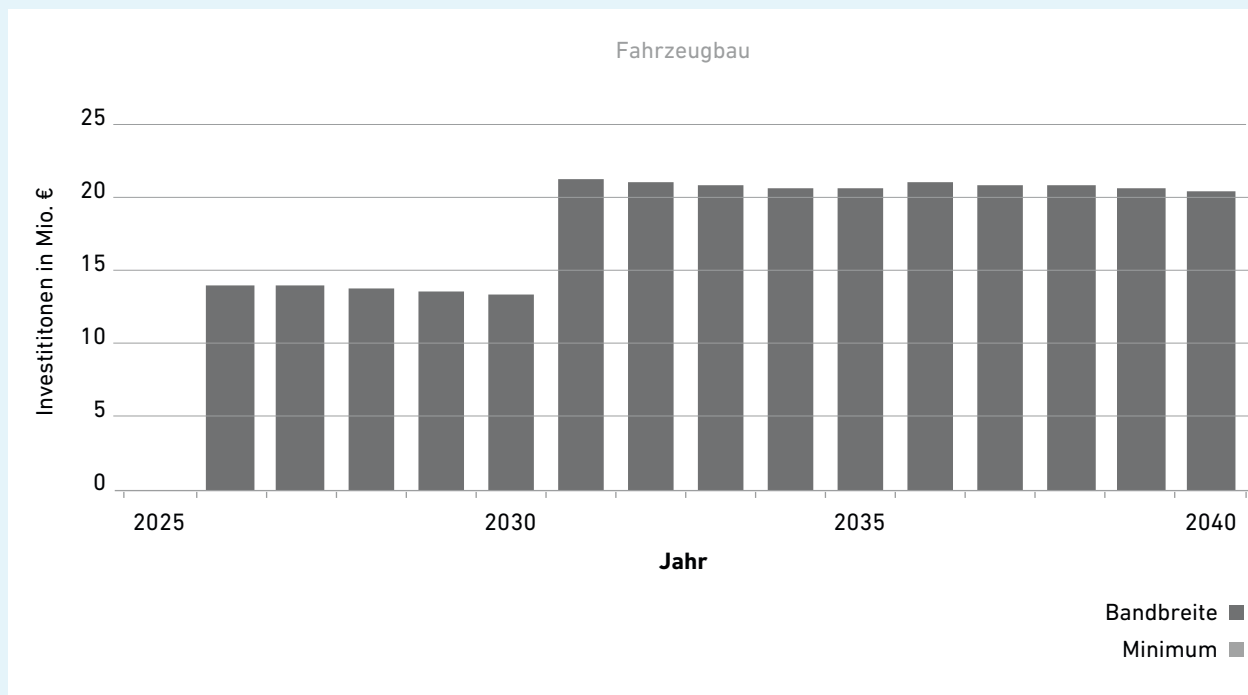


Abbildung 8
Notwendiger Investitionsbedarf für die Transformation
(Bandbreite aus den Szenarien) in der Branche Fahrzeugbau

2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien

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

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

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

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

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



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

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 Raumwärmebereitstellung und damit einhergehenden Effizienzverbesserung

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

Tabelle 2

Schlüsseltechnologie Wärmepumpe zur Raumwärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

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

Tabelle 3
Schlüsseltechnologie Wärmerückgewinnung zur
Raumwärmebereitstellung; Eigenschaften der Technologie

Technologien zur Verbesserung der Effizienz

Kriterium	Beschreibung: Reduktion der Primärenergie
Relevanz für die Branche Fahrzeugbau	Bestandsstrukturen in aktuellen Prozess- aber auch Anlagen zur Raumwärme und -klimatisierung, können Verbesserungspotenzial bspw. hinsichtlich erforderlicher Temperaturen aufweisen. Darüber hinaus stellen verbesserte und z. B. geschlossene Betriebsmittelkreisläufe, bspw. für Lösemittel aber auch Wasser, Verbesserungspotenziale, die zur Reduktion des Primärenergieeinsatzes führen können, dar. Maßnahmen zur Verbesserung verschiedener Anwendungsfälle können zu einer deutlichen Reduktion des Primärenergieeinsatzes führen und sind somit als empfehlenswert eingestuft .
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Kostenreduktion – Reduktion des Primärmaterial- und -energieeinsatzes
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Reicht als Einzelmaßnahme nicht für vollständige Dekarbonisierung – Erfordert bei Prozessumstellungen 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 4

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"> – Technologische Lösungen zur Reduktion der Primärenergie durch Prozessoptimierung (Temperaturen senken, Primärenergieeinsparungen etc.) – Förderung der Konzepterstellung für Energie v. a. für mittlere und kleinere Standorte (Kompetenz vor Ort fehlt häufig) <ul style="list-style-type: none"> - Prozessanlagenentwicklung (für optimierte und verbesserte Prozessbedingungen, z. B. Temperaturniveaus senken, Wärmepumpen-Integration, verbesserte und umweltfreundliche Lösungsmittel und Arbeitsmedien, die ohne thermische Nachverbrennung auskommen – stoffliche Nutzung bevorzugt gegenüber thermischer Verwertung, ev. Lösemittelrückgewinnung)
Anreize und Förderungen von Investitionen	<ul style="list-style-type: none"> – Investitionsförderungen können die teilweise noch geringen Automatisierungsgrade in der Branche erhöhen (inkl. Datenerfassung und -nutzung), da automatisierte Anlagen auch häufig höhere Energieeffizienzen mit sich bringen – Förderung von Anlagen zur internen Wärmerückgewinnung für Raum- und Prozesswärme – Integration von Fernwärme oder Wärmepumpen zur Raumwärmebereitstellung fördern
Energieinfrastrukturen und Energiebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> – Die längerfristige Sicherheit bei der standortübergreifenden Energiebereitstellung, wie z. B. Abwärme, ist zu gewährleisten – Rascher und umfassender Ausbau der Kapazitäten für Energiebereitstellung (Strom) aus erneuerbarer Energie (Erzeugung und Netze) – Falls Stromnetze nicht entsprechend ausgebaut sind, werden gasförmige Energieträger weiterhin notwendig, um Strom am Standort in entsprechender Menge zu substituieren
Bereitstellung von Material und Rohstoffen	<ul style="list-style-type: none"> – Verfügbarkeit nachhaltiger bzw. umweltfreundlicher Materialien und Rohstoffe (bspw. Metalle, Kunststoffe, etc.) in ausreichender Menge und Qualität, um das Zielbild einer de-karbonisierten, klimaneutralen Industrie holistisch zu realisieren – Verkürzung der Zeit für die Erteilung von Genehmigungen und Einführung unterstützender Vorschriften, um den Übergang zu neuen Rohstoffen zu beschleunigen (Stichwort: Kreislaufwirtschaft)
Auf- und Ausbau von Infrastrukturen	<ul style="list-style-type: none"> – Digitalisierung der Produktionsinfrastruktur forcieren – Ausbau von Logistiklösungen zur Forcierung der Kreislaufwirtschaft in der diskreten Fertigung
Kooperation und Vernetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Zusammenbringen der Anforderungen aus regulatorischer/politischer Perspektive (Dekarbonisierung, Effizienz, Kreislaufwirtschaft) mit den Bedürfnissen der Fahrzeugbauer, um neue „grüne“ Anlagen und Prozesstechnologien gemeinsam mit den Anlagen- und Maschinenbauern zu entwickeln – Engere Kooperation, Abstimmung und aktive Einbringung in EU-Aktivitäten, Rahmenprogramm-Projekte sowie in die EU-Partnerschaft „Made in Europe“



Handlungsfeld	Empfehlungen
Gesetzliche Rahmenbedingungen, Standards und Normen	<ul style="list-style-type: none"> – Beschleunigte Zulassungsverfahren – Regulierungen, die explizit die Energietransformation und die Kreislaufwirtschaft begünstigen – Kältemiteleinsatz, ev. wegen Wärmepumpe aktuell unklar. Regulativ/gesetzlich klären – Sektor nicht im European Trading System (ETS)-Handel und damit kaum rechtliche Vorgaben, welche Unsicherheiten erhöhen
Öffentliche Beschaffung und Nachfrage	<ul style="list-style-type: none"> – Standortsicherung durch einen neuen politisch-strategischen Zugang: „Klimaschutz als Chance zur Standortsicherung“ – Designstandards zur Förderung „grüner“ Produktions- und Prozesstechnologien – (Digitale) Produktpässe (Kennzeichnung usw.)
Aus- und Weiterbildung sowie gesellschaftlicher Wandel	<ul style="list-style-type: none"> – Übergeordnete Ziele und Zusammenhänge in Hinblick auf Dekarbonisierung in Aus- und Weiterbildung integrieren, um Gesamtverständnis zu schärfen – Externe Beratung, Support und Weiterbildungsangebote (inkl. Prozesswissen und Engineering) für Energielösungen – Ausbildung zum Energiemanager forcieren – Attraktivierung des Arbeitsplatzes „Fahrzeugbau“ 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 Anlagen- und Maschinenherstellung („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 für den Fahrzeugbau der Zukunft 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 5
Handlungsempfehlungen

Literaturverzeichnis

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

Carlos Aranda

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