

AKTIONSPLAN



# STUDIEN



## Bau

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 Bau

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

<b>Einleitung und Hintergrund</b>	<b>03</b>
<b>1.0 Status-Quo</b>	<b>04</b>
1.1 Allgemeine Brancheninformation	04
<b>2.0 Transformationspfade</b>	<b>08</b>
2.1 Zusammenfassung der branchenspezifischen Szenarienergebnisse	08
2.2 Investitionsbedarfe und potenzielle Stranded Assets	13
2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien	14
2.4 Handlungsempfehlungen	18
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>20</b>
<b>Kontaktdaten</b>	<b>20</b>

## 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 Bau hinsichtlich Produktionswertes, Wertschöpfung, Unternehmen und Erwerbstätige, Energieeinsatz und Emissionen gegeben.

### 1.1 Allgemeine Brancheninformation

Die Branche Bau hatte seit 2005 eine stetige Zunahme des Produktionswertes, lediglich 2010 kam es zu einer leichten Reduktion (Abbildung 1). Diese Entwicklung wird in ähnlichem Ausmaß auch durch die Wertschöpfung und den Produktionsindex untermauert. 2019 betrug die Wertschöpfung knapp 24 000 Mio. Euro.

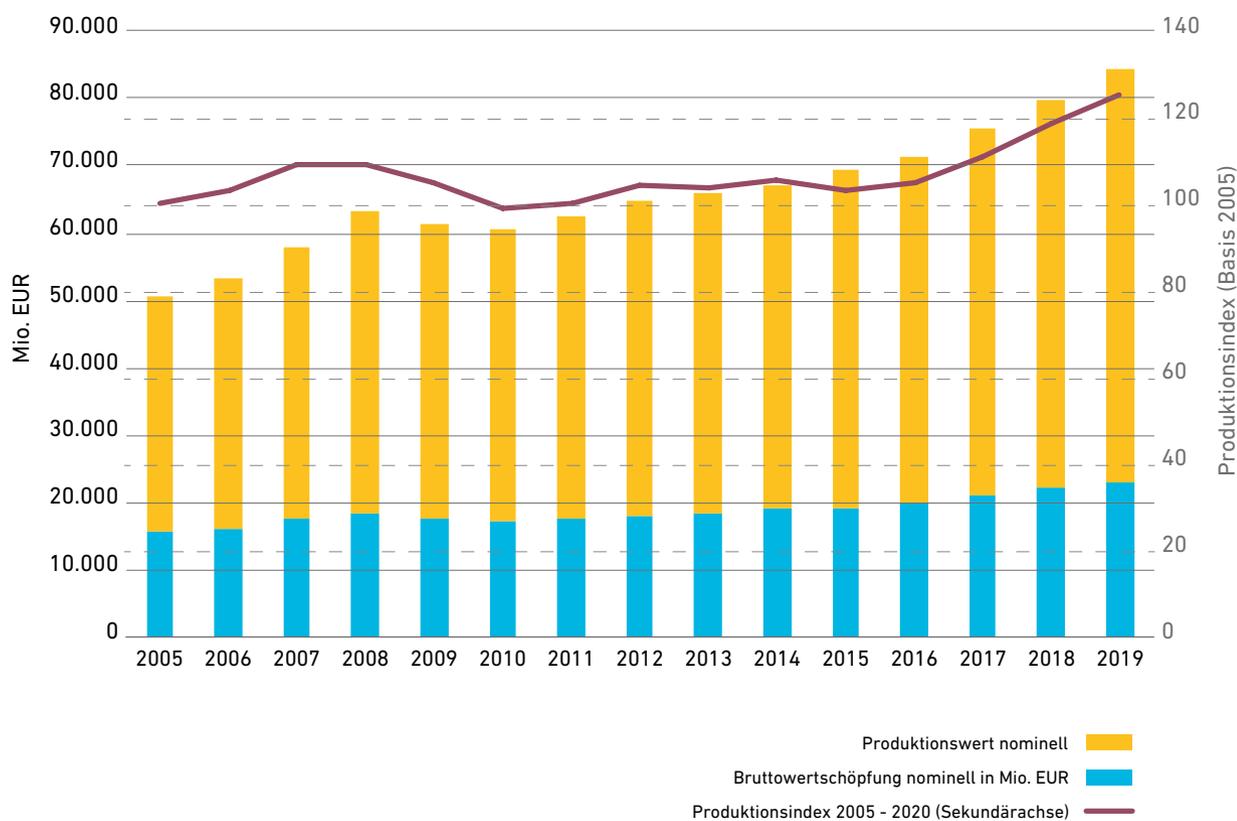


Abbildung 1  
Wirtschaftliche Entwicklungen Branche Bau,  
Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

Die Erwerbstätigen und Unternehmen in dieser Branche unterlagen einem klar wachsenden Trend in den letzten 15 Jahren: die Anzahl an Erwerbstätigen

wuchs deutlich an, das Wachstum der Unternehmen zeigt seit 2005 ein annähernd lineares Wachstum (Abbildung 2).

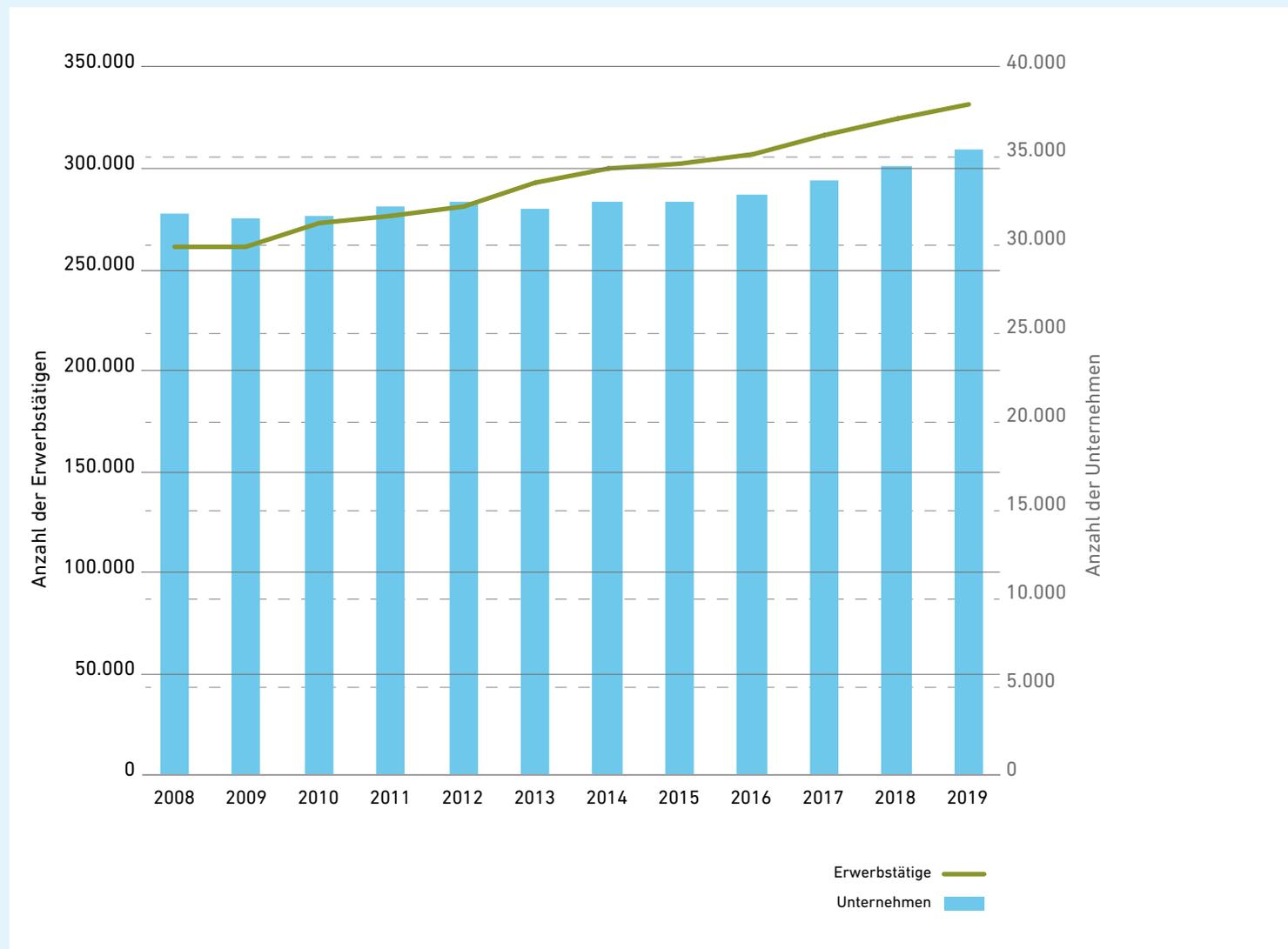


Abbildung 2

Entwicklungen Erwerbstätige & Unternehmen Branche Bau,

Quelle: (Statistik Austria, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2020)

In Abbildung 3 ist der Energieeinsatz der Branche Bau dargestellt. Dieser weist zwischen 2008 und 2016 eine fast kontinuierliche Reduktion auf. Besonders auffällig ist hier der hohe Anteil an Erdölprodukten am Energieeinsatz, Öl ist der dominierende Energieträger am

Energieeinsatz dieser Branche. Die Reduktion des Energieeinsatzes in der Branche Bau ist fast gänzlich auf den verminderten Öleinsatz zurückzuführen. Ab 2017 kam es zu einer weitgehenden Stabilisierung des Energieeinsatzes.

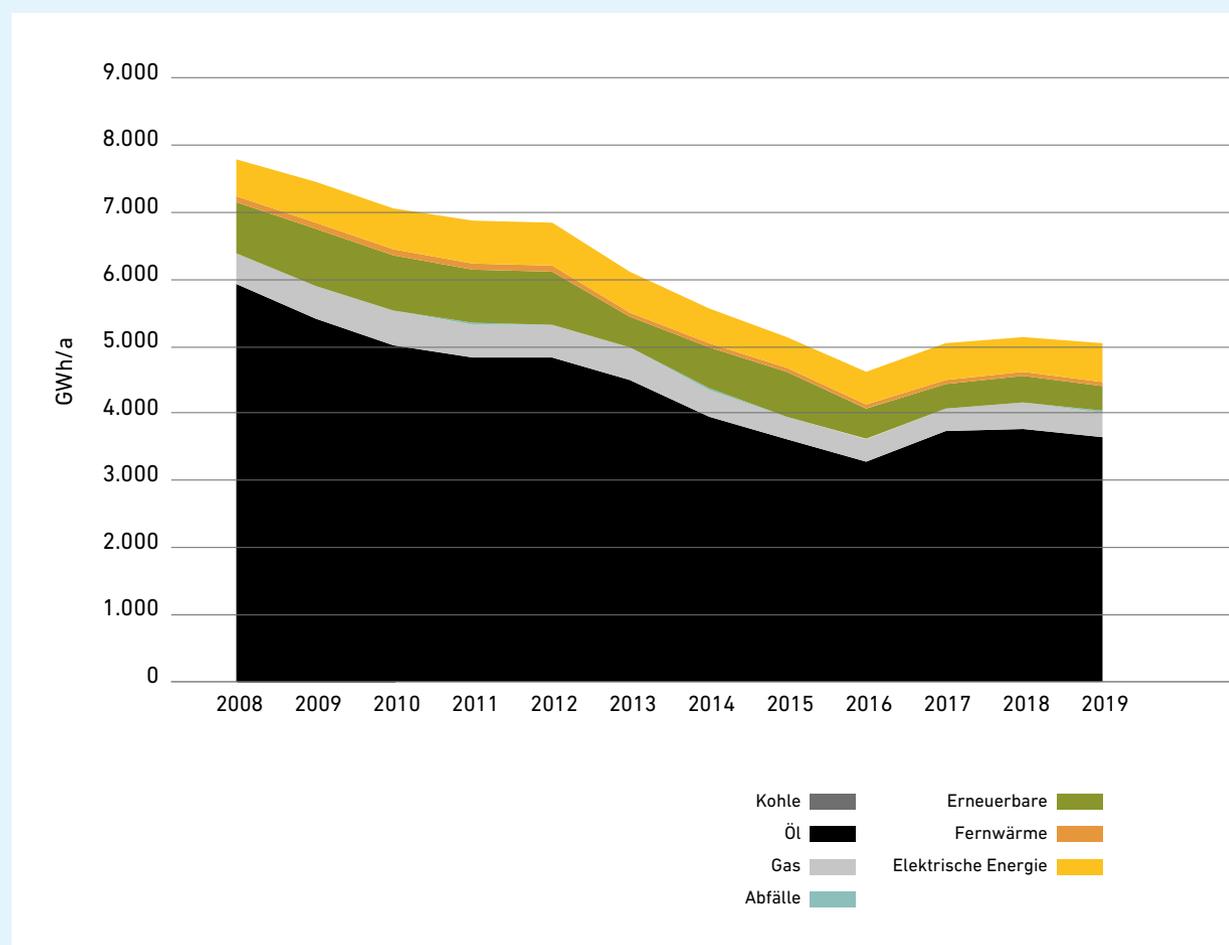


Abbildung 3

Energieeinsatz Branche Bau,

Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020)

Die Treibhausgasemissionen in der Branche Bau sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Hauptemissionsquelle ist der Einsatz von Erdölproduktion (z. B. Diesel für Fahrzeuge), die Emissionen aus anderen Energieträgern spielten eine vergleichsweise geringe Rolle. Die Branche

Bau war 2019 für rund 4% der gesamten Treibhausgasemissionen des produzierenden Bereichs verantwortlich, an den gesamtösterreichischen Emissionen hatte die Branche einen Anteil von ca. 1%.

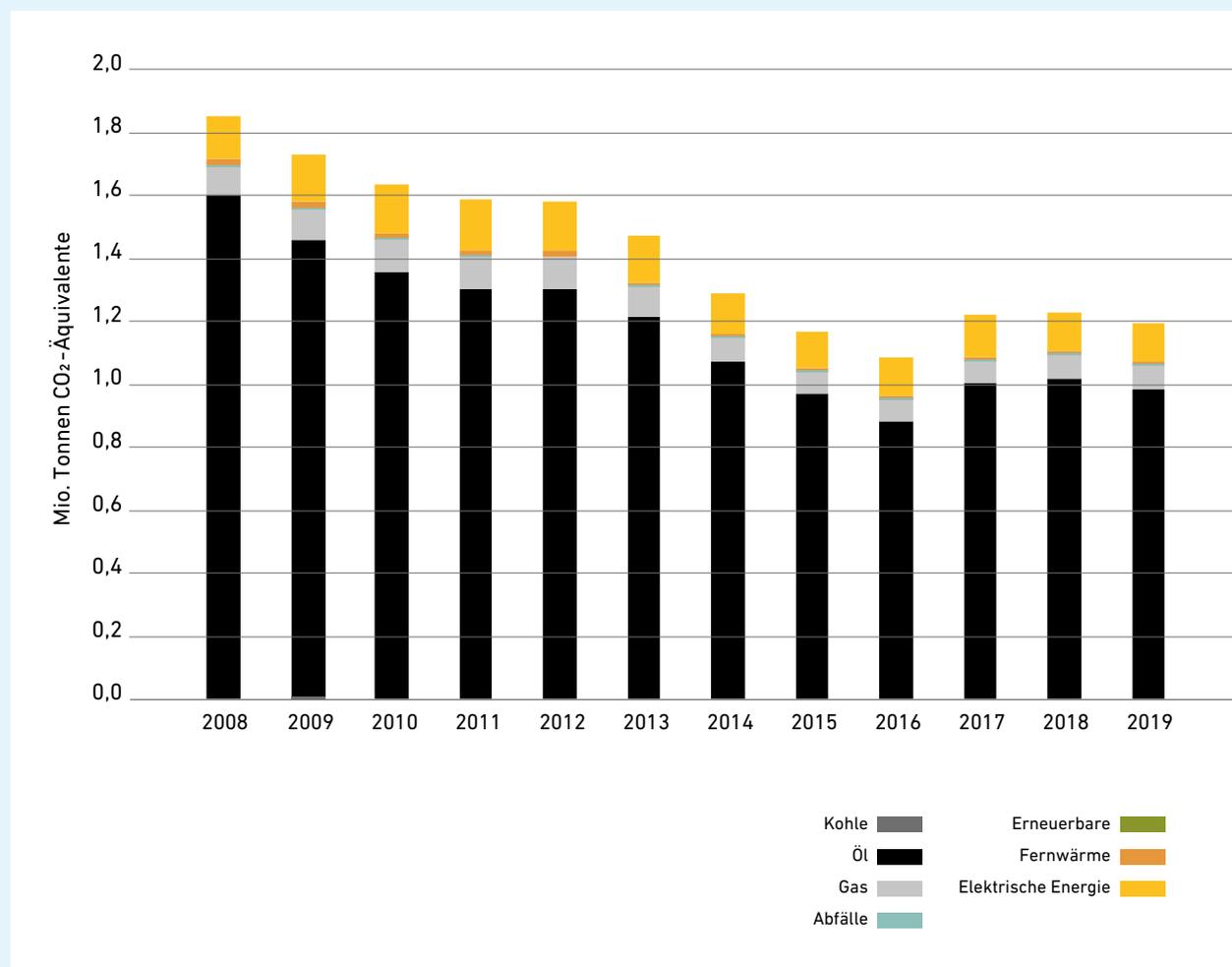


Abbildung 4

Treibhausgasemissionen Branche Bau,

Quelle: (Statistik Austria, Energiegesamtrechnung, 2020);

eigene Berechnungen, NEFI

## 2.0 Transformationspfade

---

Die Erkenntnisse zur Transformation vom Status Quo zur Klimaneutralität in der Branche Bau 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 (siehe Abschnitt 2.1; Details zu den Annahmen für die ausgearbeiteten Szenarien finden sich im Gesamtbericht). Auf den Ergebnissen der Szenarien aufbauend wurden volkswirtschaftliche Effekte der einzelnen Entwicklungspfade analysiert (Abschnitt 2.2). Durch die Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte wurden die branchenspezifischen Schlüsseltechnologien identifiziert und weitere Handlungsempfehlungen abgeleitet, (Abschnitt 2.3 bzw. 0.)

Für die Branche Bau lässt sich festhalten, dass der Energieträger Strom wesentlich zur zukünftig klimaneutralen Energieversorgung beitragen wird.

Analysiert man die volkswirtschaftlichen Effekte der unterschiedlichen Entwicklungspfade für die gesamte Industrie aber auch die Branche selbst, trägt insbesondere die **Reduktion des Primärenergieeinsatzes** bspw. durch Elektrifizierung und innovative Schlüsseltechnologien zu einem besseren Ergebnis bei.

### 2.1 Zusammenfassung der branchenspezifischen Szenarienergebnisse

Der zukünftige Energiebedarf der Branche Bau 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 entwickelt<sup>1</sup>. 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 Bau kurz vorgestellt.

Die Ergebnisse für die vier ermittelten Szenarien im Vergleich zum 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. Bis 2040 zeigt sich ein wesentlicher Trend in der Branche Bau: die Elektrifizierung zum Ersatz derzeit fossil betriebener selbstfahrender Arbeitsmaschinen. Die folgende Beschreibung behandelt vorrangig das betrachtete Zieljahr 2040.

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

Im Szenario Erneuerbare Gase (EG) erfolgt die Substitution fossiler Energieträger durch den Einsatz erneuerbarer Gase (CH<sub>4</sub> 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 Bau ergeben sich keine Unterschiede zwischen diesen zwei Szenarien.

Das Szenario Innovation (IN) nimmt für die Branche Bau an, dass durch innovative Technologien die Nutzung von brancheninternen Abwärmepotenzialen und Umgebungswärme verbessert und damit der Verbrauch von konventionellen Energieträgern reduziert werden kann. Für die Branche ergibt sich dadurch eine Elektrifizierung der Wärmebereitstellung, vorrangig mit Wärmepumpen für unterschiedliche Temperaturen. Im Szenario Sektorkopplung (SK) wird vertiefend zum Szenario Innovation zusätzlicher standort-übergreifender Austausch von Energieträgern angenommen. Abwärme aber auch hocheffiziente Energieträger werden über Standortgrenzen hinweg, gemäß optimalem exergetischen Einsatz, verwendet.

Es lässt sich festhalten, dass in den Szenarien Innovation und Sektorkopplung steigende Elektrifizierung von Prozess- und Raumwärme zu abnehmendem Verbrauch bei gleichzeitig steigendem Strombedarf bzw. steigendem Bedarf an (industrieller) Abwärme bzw. Umgebungswärme führt. In den Szenarien Erneuerbare Gase sowie Kreislaufwirtschaft wird der Erdgasverbrauch vorrangig durch den Einsatz von Gasen aus biogenen Ressourcen substituiert. Auch der Energieträger Biomasse trägt außer im Entwicklungspfad des Szenarios Sektorkopplung langfristig zur klimaneutralen Produktion bei. Allen Entwicklungspfaden gemein ist die Relevanz des Einsatzes von Strom in Rahmen einer klimaneutralen Produktion.

Abbildung 5 veranschaulicht die zuvor angeführte zentrale Rolle der Elektrifizierung. Zur Dekarbonisierung der Branche Bau ist bis 2040 eine umfassende Elektrifizierung notwendig, welche sich in allen Szenarien zeigt. Der größte Energieeinsatz in dieser Branche liegt im Bereich Standmotoren (Abbildung 7), hier müssen fossile Treibstoffe zum Betrieb von vorwiegend selbstfahrenden Arbeitsmaschinen durch elektrische Energie ersetzt werden um die Klimaneutralität 2040 zu erreichen. Elektrische Energie spielt auch bei der Dekarbonisierung des Energiebedarfs für Raumwärme und -kühlung in den Szenarien SK und IN eine zentrale Rolle, hier wird die Bereitstellung des benötigten Energieeinsatzes über Wärmepumpen angenommen. In allen errechneten Szenarien ist 2040 ein Strombedarf von rund 4 TWh gegeben, gegenüber 2020 ergibt sich dadurch ein deutlicher Zuwachs von knapp 3,5 TWh (Abbildung 6). Dazu wird 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. Es kann nochmals festgehalten werden, dass die Branche Bau einen maßgeblich höheren Strombedarf als heute haben wird.

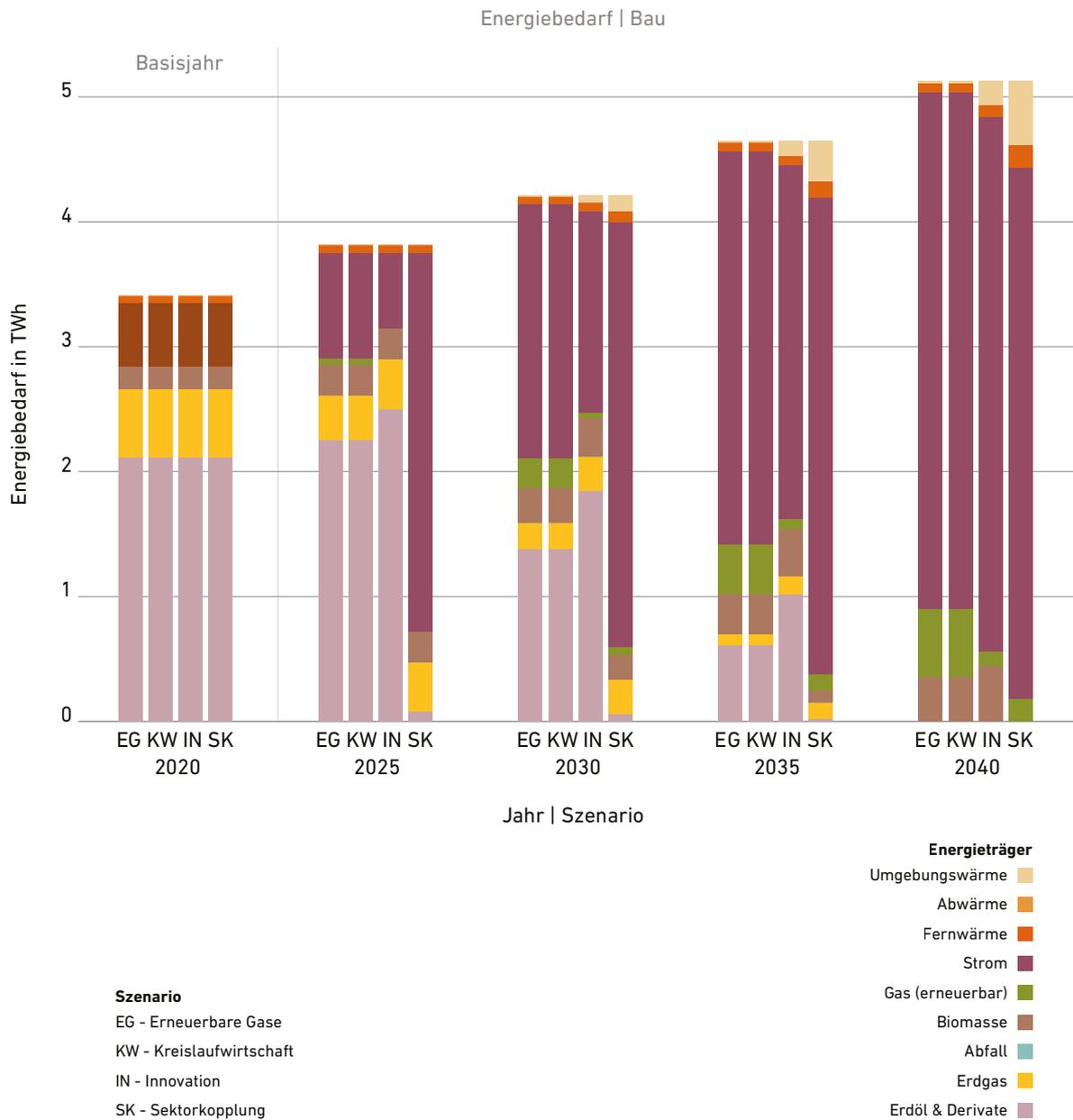


Abbildung 5  
Energieverbrauch der Branche gegliedert nach Energieträgern für den Status Quo 2020 und je Szenario für die Jahre 2025, 2030, 2035, 2040.

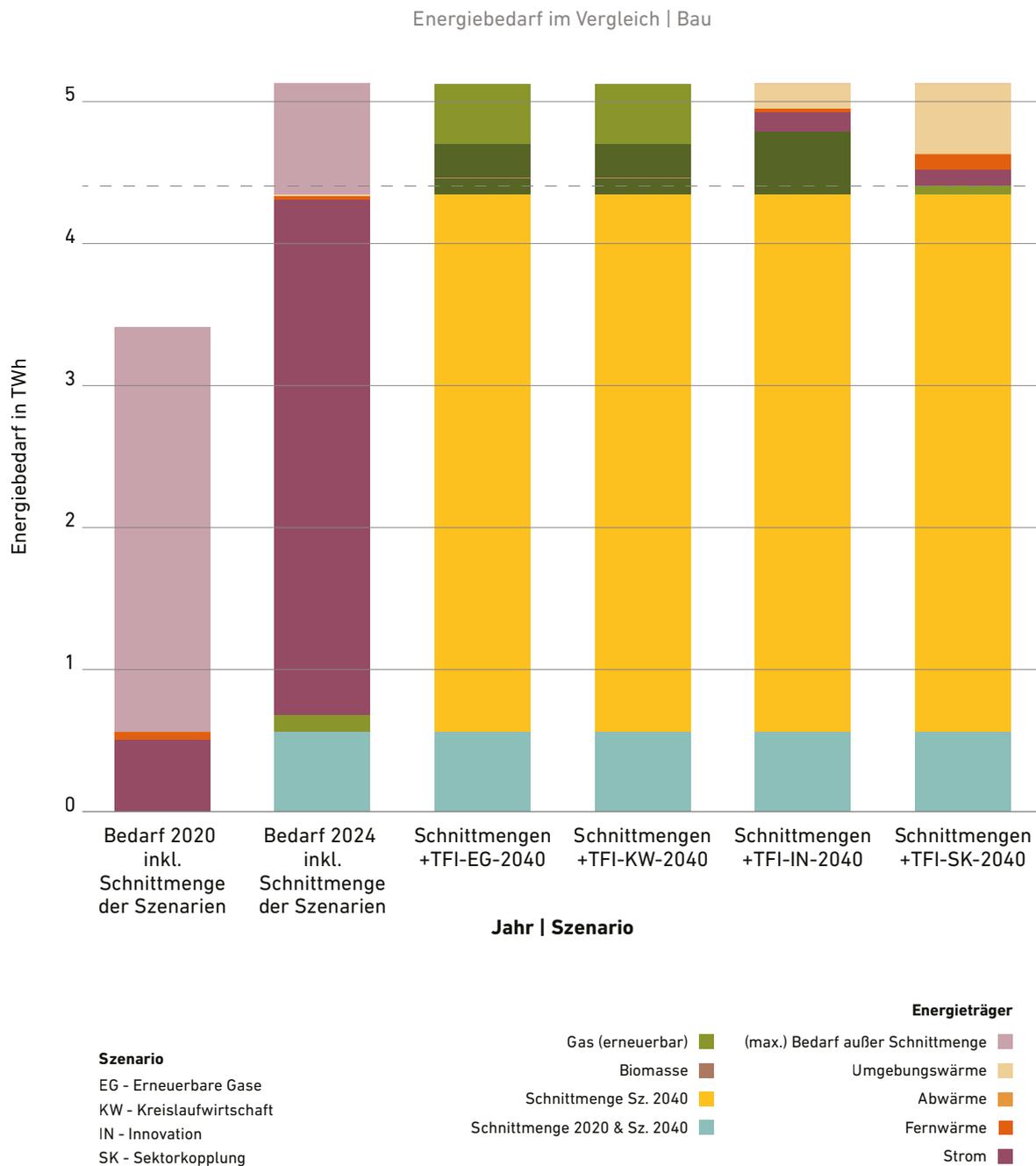


Abbildung 6  
Vergleich der Schnittmengen des eingesetzten  
Energieträgermixes gemäß Modellergebnis.



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

## 2.2 Investitionsbedarfe und potenzielle

### Stranded Assets

Die in den Leistungs- und Strukturdaten der Statistik Austria erfassten Gesamtinvestitionen in der Branche Bau lagen in den Jahren 2008–2019 bei durchschnittlich ca. 1018 Mio. € pro Jahr mit nahezu kontinuierlicher Zunahme ab 2014. Davon entfielen durchschnittlich 91% auf Investitionen in Sachanlagen. Bei Beibehalten aktueller Prozesse und Technologien und entsprechender Fortschreibung dieser Investitionszyklen würde sich damit ein Gesamtvolumen an Investitionen in Sachanlagen von ca. 7,4 Mrd. € bis 2030 bzw. ca. 16,7 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 20 Mio. € pro Jahr bzw. in Summe bis zu 277 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.

Aktuell entfällt in der Branche Bau der überwiegende Teil der Treibhausgas-Emissionen auf den Einsatz von fossilen Treibstoffen (in erster Linie Diesel) für Standmotoren. Diese Nutzenergiekategorie inkludiert dabei sowohl tatsächliche Standmotoren sowie sämtliche Baumaschinen. Aufgrund der Diversität der einzelnen Aggregate ist die Entstehung von Stranded Assets stark von den umgesetzten Transformationspfaden (Elektrifizierung, erneuerbare Treibstoffe) abhängig. Gleichzeitig wird für die Transformation und Substitution bestehender Assets allerdings nicht von einer wesentlichen Abweichung von den üblichen Reinvestitionszyklen der Branche ausgegangen aufgrund vergleichsweise kleinteiliger Assets mit kurzen Reinvestitionszyklen. Aus diesen Gründen sind die Kosten hierfür in *Abbildung 8* nicht inkludiert.

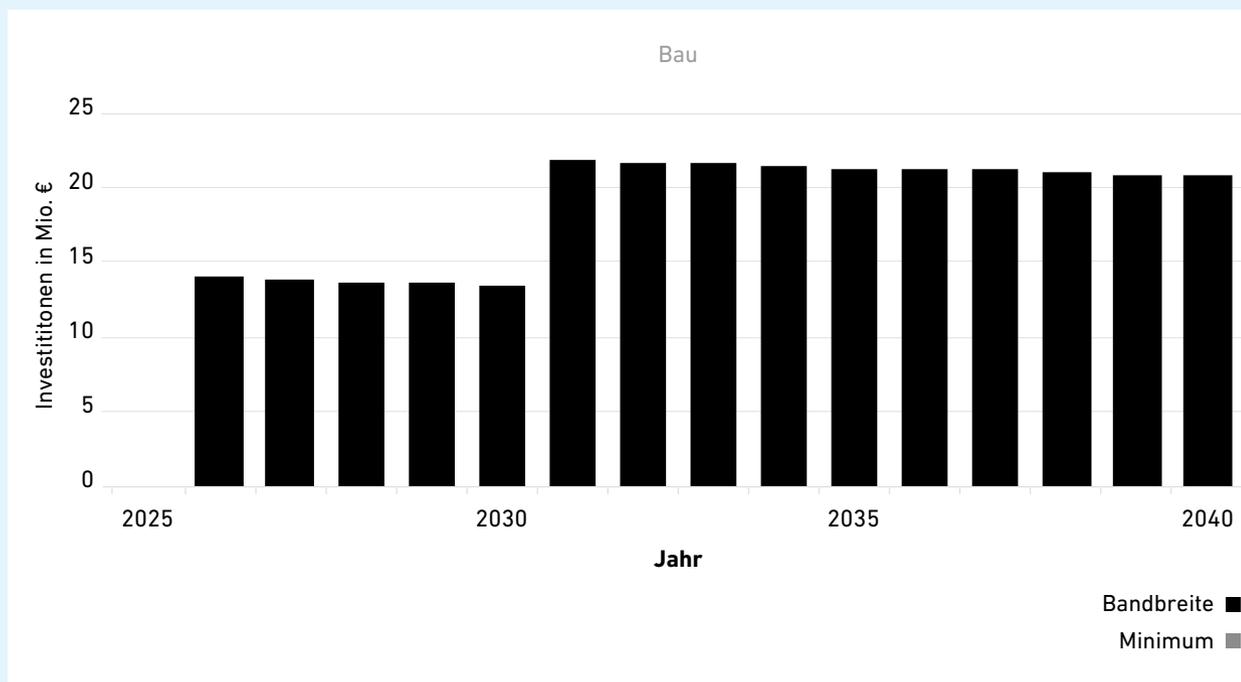


Abbildung 8  
Notwendiger Investitionsbedarf für die Transformation  
(Bandbreite aus den Szenarien) in der Branche Bau

### 2.3 Branchenspezifische Schlüsseltechnologien

Die in den Entwicklungspfaden berücksichtigten Maßnahmen für die unterschiedlichen Nutzenergiekategorien (Anwendungsbereiche) wurden in den nachfolgenden Tabellen 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 eine Bewertung jeder Maßnahme vorgenommen. Die empfehlenswerten Schlüsseltechnologien werden in Folge für die in Abbildung 7 gezeigten Bereiche Raumwärme und -kühlung sowie Standmotoren dargestellt. Auf alle anderen Kategorien wird aufgrund ihres geringen Energieeinsatzes nicht genauer eingegangen.

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 bzw. der Kriterien Tabelle 1 als **volkswirtschaftlich vorteilhaft** eingestuft worden sein.
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 Effekt 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. Elektrifizierung allgemein und Wärmepumpen bzw. Wärmerückgewinnung für Raum- und Prozesswärme, in diesem Abschnitt detailliert behandelt.

Anwendungsbereich	Kurzbezeichnung Maßnahme	Emissionsreduktionspotenzial in der Branche (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)
Raumwärme	Integration Wärmepumpen – Nutzung Umgebungswärme oder industrielle Abwärme (standortintern oder -übergreifend)	hoch	teuer	mittel	hoch	marktverfügbar	Empfehlenswert
	Einsatz Fernwärme	mittel	mittel	teuer	mittel	etabliert	Bedingt empfehlenswert
Standmotoren	Selbstfahrende Arbeitsmaschinen: Ersatz von Dieselantrieben durch batteriebetriebene elektrische Antriebe	hoch	teuer	Mittel	mittel	marktreif	Empfehlenswert
	Selbstfahrende Arbeitsmaschinen: Ersatz von Dieselantrieben durch brennstoffzellen-betriebene elektrische Antriebe	hoch	teuer	Mittel	niedrig	vor-marktreif	Bedingt empfehlenswert

Tabelle 1  
Branchenspezifische Schlüsseltechnologien  
für die Branche Bau

## Technologien zur Raumwärmebereitstellung und damit einhergehenden Effizienzverbesserung

Kriterium	Beschreibung: Wärmepumpe zur Raumwärmebereitstellung
Relevanz für die Branche Bau	Der Bedarf an Raumwärme und -kühlung ist für rund ein Fünftel des Energieeinsatzes der Branche Bau verantwortlich. Derzeit erfolgt die Deckung dieses Bedarfs zu knapp 40 % aus fossilen Energieträgern, insbesondere Erdgas. Raumwärme wird bereits 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 <b>als empfehlenswert eingestuft</b> .
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch Nutzung von Abwärme oder Umgebungswärme</li> <li>– Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung durch gleichzeitige Dekarbonisierung der Stromversorgung möglich.</li> <li>– In dieser Anwendung übliche kleinere Temperaturdifferenzen zwischen Wärmequelle und Wärmesenke ermöglichen höhere Leistungszahlen und damit größere Energieeinsparung</li> <li>– Im Gebäudebereich etablierte Technologie</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hohe initiale Investitionen gegenüber Alternativtechnologien, wie zum Beispiel Gaskessel oder Elektrokessel</li> <li>– Status Quo (2023): Geringe laufende Einsparung der Betriebskosten durch aktuelles Preisverhältnis Strom vs. Erdgas (überwiegend eingesetzter Brennstoff zur Wärmeerzeugung)</li> <li>– Bei Nutzung von Bestandssystemen: Hohe Temperaturdifferenzen zwischen Abwärme und Vorlauf- bzw. Warmwassertemperatur reduzieren die Leistungszahl, wodurch Betriebskosten steigen</li> </ul>
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Komplexität gegenüber konventionellen Technologien erhöht</li> <li>– Vorteile der Technologie nehmen bei geringen Vorlauftemperaturen zu. Ein exklusiver Tausch der Wärmeerzeuger allein ist dazu jedoch oft nicht ausreichend.</li> <li>– Eine Substitution des gesamten Heizungssystems ist herausfordernd, kostenintensiv bzw. kann eine Limitation für diese Technologie sein.</li> <li>– Saisonalität, beispielsweise Abwärme aus Kühlung gegenüber Raumwärmebedarf, kann die Nutzung erschweren</li> </ul>
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Technology-Readiness-Level: 9</li> <li>– Anforderungsanalyse hinsichtlich Temperaturen, Verluste und Effizienz hat einen maßgeblichen Einfluss auf Wirtschaftlichkeit</li> <li>– Für vollständige Dekarbonisierung ist eine dekarbonisierte elektrische Energiebereitstellung Voraussetzung</li> </ul>

Tabelle 2

Schlüsseltechnologie Wärmepumpe zur Raumwärmebereitstellung: Eigenschaften der Technologie

Kriterium	Beschreibung
Relevanz für die Branche	Im Bereich Standmotoren sind in vielen Branchen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen mit fossilen Verbrennungskraftmaschinen die letzten verbleibenden Quellen von Treibhausgasemissionen. In der Branche Bau sind Standmotoren für 70% des Energieverbrauchs der Branche verantwortlich, der wird maßgeblich durch Diesel abgedeckt. Zur Dekarbonisierung hat diese Technologie in der Branche Bau daher eine sehr hohe Relevanz und wird daher als <b>empfehlenswert</b> eingestuft.
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompakte Bauweise von Elektromotoren und Batterien erlaubt die Integration mit reduzierter Systemkomplexität und eröffnet die Möglichkeit grundlegend neuer Konstruktionsansätze.</li> <li>– Hohes Drehmoment und die einfache Regelung von Elektromotoren erleichtern und ggfs. verbessern die Funktionalität der Arbeitsmaschinen und die Integration in zunehmend digitalisierte Arbeitsabläufe</li> <li>– Vermeidung von Emissionen jeder Art erleichtert den Einsatz in geschlossenen oder schlecht durchlüfteten Innenräumen</li> <li>– Batterien werden aufgrund des Einsatzes im Personen- wie auch im Frachtverkehr auf der Straße bereits eingesetzt und beständig weiterentwickelt</li> <li>– Verzicht auf Tanksysteme mit fossilen Kraftstoffen reduziert mögliche Umweltauswirkungen von Unfällen und Defekten</li> <li>– Deutliche Effizienzgewinne durch Substitution von Verbrennungskraftmaschine</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bisherige Speicherkapazität von Batterien erfordert ggfs. die Anpassung von Arbeitsabläufen an Ladezyklen oder die Einführung von lokalen Batterietausch- und Ladesysteme.</li> </ul>
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Systemintegration von elektrischen Antrieben erfordert eine zumindest teilweise Neukonstruktion der Arbeitsmaschinen.</li> <li>– Stromversorgung am temporären Einsatzort von Arbeitsmaschinen wie z. B. Baustellen kann je nach Stromnetzverfügbarkeit herausfordernd sein</li> </ul>
Technische Rahmenbedingungen und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– TRL: 9</li> <li>– Systemintegration von Elektromotoren an den Einsatz in selbstfahrenden Arbeitsmaschinen</li> <li>– Integration und weitere Anpassung der im Verkehrsbereich bereits teilweise etablierten Technologien</li> <li>– Entwicklung von lokalen Batterietausch- und Ladesystemen</li> </ul>

Tabelle 3

Schlüsseltechnologie selbstfahrende Arbeitsmaschinen:

Eigenschaften der Technologie

## 2.4 Handlungsempfehlungen

Zusätzlich zu den allgemeinen Handlungsempfehlungen für die gesamte Industrie<sup>2</sup> können für diese Branche folgende spezifische Empfehlungen formuliert werden:

Handlungsfeld	Empfehlungen
Förderung von Forschung und Entwicklung (F&E)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Im Bereich direkter F&amp;E sollte die Entwicklung folgender Technologien bei in Österreich tätigen Baumaschinen-, Geräte- und Motorenherstellern gefördert werden:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklung von Baumaschinen, die elektrisch bzw. bei fehlenden Möglichkeiten zur Elektrifizierung mit erneuerbaren Gasen betrieben werden können</li> <li>- Elektrifizierung der der fossil betriebenen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen und von Standmotoren</li> <li>- Technologien zur Effizienzsteigerung (Rekuperation, Abschaltautomatik, Hydrauliksysteme etc.)</li> <li>- Entwicklung von Automatisierungssystemen und Robotern für zentrale Anwendungsbereiche</li> </ul> </li> <li>– Weiters sind von Bedeutung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spezifische Technologien zur Erzeugung von erneuerbaren Energien direkt auf der Baustelle (Solarzellen auf Baumaschinen etc.)</li> <li>- Intelligente Technologien und Lösungen zur Abfallentsorgung auf die Baustelle</li> <li>- Bei der Umstellung von Antrieben, der Umsetzung eines effizienten Baustellentransports, der Einführung avancierter Logistikkonzepte (z. B. Optimierung der Stoffströme auf der Baustelle) und der Realisierung der Kreislaufwirtschaft spielen digitale Technologien (z. B. Tracking- und Tracingsysteme, Künstliche Intelligenz (KI)-basierte Logistiksysteme, Internet of Things (IoT), und Maschinelles Lernen (ML)) eine große Rolle und sind zu fördern</li> <li>- Entwicklungen zur Förderung von Datentransparenz und Datensicherheit sind die Voraussetzung für den notwendigen Datenaustausch im Zuge derartiger Innovationen</li> <li>- Digitale Technologien (z. B. Predictive Maintenance, Augmented Reality (AR) Video Support, Smart Control) können zur Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz beitragen</li> <li>- Entwicklung von Systemen, die Trennung und Verwertung von Abfällen und Rohstoffen auf der Baustelle direkt ermöglichen</li> </ul> </li> </ul>
Anreize und Förderungen von Investitionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Im Zuge der Investitionsförderung sind vor allem folgende Bereiche relevant:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umstellung von Diesel- auf Elektro- bei Standmotoren und Baufahrzeugen (inkl. Kräne etc.)</li> <li>- Anschaffung von Photovoltaik- und Kleinwindkraftwerken für die Erzeugung von Erneuerbaren direkt an der Baustelle</li> </ul> </li> </ul>
Energieinfrastrukturen und Energiebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Folgende spezifische Energieinfrastrukturen sind relevant:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Infrastruktur für Batterieladung und Batteriehandlung, für Kräne und Baumaschinen</li> <li>- Bereitstellung von erneuerbaren Energien für die Heizung von Rohbauten</li> </ul> </li> </ul>
Bereitstellung von Material und Rohstoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Kreislaufwirtschaft hat großes Potential für die Bauwirtschaft und Reststoff- und Abfallentsorgung (Stoffströme auf der Baustelle) und zentrale Akteure sollten die Interessen und Spezifika bei der weiteren Definition und Umsetzung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie einbringen</li> </ul>



<sup>2</sup> Das Konzept der Kreislaufwirtschaft bietet großes Potential für die Bauwirtschaft. Auf Potentiale im Zuge der Veränderung veränderter alternativer Baumaterialien, Gebäudedämmung, Recycling von Baumaterialien, Rückbaubarkeit, Lebenszyklus-Analyse bei der Errichtung von Bauten, Konstruktionsweisen, Planung und dgl. wird im Rahmen dieser Studie nicht näher eingegangen. Der Fokus liegt in der Realisierung der CO<sub>2</sub>-freien Baustelle.

Handlungsfeld	Empfehlungen
Auf- und Ausbau von Infrastrukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bei Umstellung von Baumaschinen auf erneuerbare Antriebe sind Kooperation mit den Transportbereich relevant, um gezielt notwendige Transportinfrastrukturen auf- und auszubauen</li> </ul>
Kooperation und Vernetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Realisierung eines effizienten Baustellenverkehrs erfordert die Kooperation entlang der gesamten Lieferkette. Derartige Kooperationen ebnet auch den Weg für die Etablierung von Konzepten der Kreislaufwirtschaft und von neuen Geschäftsmodellen (z. B. Plattform für Batterieladestellen)</li> </ul>
Gesetzliche Rahmenbedingungen, Standards und Normen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rechtliche Rahmenbedingungen erschweren derzeit die Kooperation bzw. den gemeinschaftlichen Betrieb von Baustellen und damit auch der Umsetzung von Konzepten der Kreislaufwirtschaft</li> <li>– Anreize sollten geschaffen werden, damit Baustellenabfälle vor Ort getrennt werden und nicht wie vielfach in der Praxis transportintensiv zu Sortieranlagen transportiert werden</li> <li>– Anreize sind zu setzen, damit Schüttgutlagerungen aufgrund von Gebrauchsabgaben nicht unnötig transportiert werden</li> <li>– Anreize und Kontrollen sind notwendig, damit viele an Baustellen tätige Subunternehmen Abfälle und Reststoffe getrennt entsorgen</li> <li>– Mangelnde Datenschnittstellen und fehlende Datenstandards erschweren die Etablierung von Strategien zur Optimierung des Baustellenverkehrs und der Abfallentsorgung sowie der Realisierung von Konzepten der Kreislaufwirtschaft</li> <li>– Bislang fehlen Standards/Zertifizierungen im Kontext der Etablierung der Kreislaufwirtschaft</li> </ul>
Öffentliche Beschaffung und Nachfrage	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die öffentliche Hand kann bei der Beschaffung durch spezifische Ausschreibungen und Anforderungen insbesondere Anreize für den Einsatz von Maschinen setzen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden</li> <li>– In Österreich wurden in der Vergangenheit die entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen geschaffen (Innovationsfördernde öffentliche Beschaffung – IÖB)</li> <li>– Abgestimmte Vorgehensweise von Seiten der öffentlichen Hand und insbesondere zwischen Gemeinden, Ländern und Bund sollte die Bedeutung des Ziels, CO<sub>2</sub>-freie Baustelle zu realisieren, forcieren</li> </ul>
Aus- und Weiterbildung sowie gesellschaftlicher Wandel	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Der aktuelle und prognostizierte Fachkräftemangel muss durch entsprechende Aus- und Weiterbildungsprogramme (u. stärkere Verankerung von Digitalisierung in den Curricula) behoben werden</li> </ul>

Tabelle 4  
Handlungsempfehlungen

## Literaturverzeichnis

---

*Statistik Austria, Energiegesamtrechnung.* (2020). Statistik Austria, Nutzenergieanalyse 2020.  
[www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energiegesamtrechnung](http://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](http://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](mailto: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](mailto:office@klimafonds.gv.at)

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

**AutorInnen**

Christian Schützenhofer, Verena Alton, Bernhard Gahleitner, Marianne Hörlesberger,

Sophie Knöttner, Klaus Kubezcko, 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](http://www.angieneering.net)

**Titelfoto**

James Sullivan

**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](http://www.klimafonds.gv.at)





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