



Investitionen in die Digitalisierung und Dekarbonisierung in Österreich

Treiber, Hemmnisse und wirtschaftspolitische Hebel

**Klaus S. Friesenbichler, Werner Hölzl,
Angela Köppl, Birgit Meyer**

Wissenschaftliche Assistenz:
Susanne Markytan, Katharina Köberl-Schmid,
Nicole Schmidt-Padickakudy,
Anna Strauss-Kollin

Juni 2021

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Investitionen in die Digitalisierung und Dekarbonisierung in Österreich

Treiber, Hemmnisse und wirtschaftspolitische Hebel

Klaus S. Friesenbichler, Werner Hölzl, Angela Köppl, Birgit Meyer

Juni 2021

**Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
Im Auftrag der Oesterreichischen Nationalbank**

Begutachtung: Matthias Firgo, Stefan Schleicher

Wissenschaftliche Assistenz: Susanne Markytan, Katharina Köberl-Schmid,

Nicole Schmidt-Padickakudy, Anna Strauss-Kollin

In der Zeit nach COVID-19 wird sich der wirtschaftspolitische Fokus vom Strukturertalt zum Strukturwandel verlagern. Die Studie diskutiert wirtschaftspolitische Hebel zur Forcierung von Investitionen in die "Digitalisierung" und die "Dekarbonisierung" bzw. "Carbon Management" in Österreich. Basierend auf der Literatur zur Technologiediffusion werden Investitionen als Vehikel von Innovationen und Transformationen gesehen. Die "Digitalisierung" wird durch technologische Neuerungen im IKT-Bereich getrieben. Die vielschichtige Thematik wird anhand eines "Digitalisierungsradars", einem strukturierten Indikatorsystem, quantifiziert. Das Stärken-Schwächen-Profil Österreichs im internationalen Vergleich erlaubt es, die Treiber und Hemmnisse der "Digitalisierung" und wirtschaftspolitische Ansatzpunkte zu identifizieren. Im Abschnitt zur missionsorientierten "Dekarbonisierung" werden durch eine Stakeholder-Befragung drei Bereiche beleuchtet, nämlich die Kfz-Zulieferindustrie, ein Kreislaufwirtschaftsmodell der Zementindustrie sowie innovative Gebäude. Neben bereichsspezifischen Schlussfolgerungen zeigen sich auch allgemeine wirtschaftspolitische Ansätze.

2021/2/S/WIFO-Projektnummer: 11120

© 2021 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • <https://www.wifo.ac.at/> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 50 € • Kostenloser Download: <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/67181>

Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen	III
Verzeichnis der Übersichten	III
Executive Summary	1
1. Einleitung	3
1.1 Methodik und Berichtsstruktur	4
1.2 Investitionen als Instrument der Innovationsdiffusion	6
1.2.1 Diffusion versus Innovation	6
1.2.2 Diffusion in der Literatur	6
2. Die gesamtwirtschaftliche Einbettung	7
2.1 Investitionstreiber in der COVID-19-Krise	8
2.1.1 Unsicherheit	8
2.1.2 COVID-19 bedingte Unsicherheit in der Sachgütererzeugung	8
2.1.3 Investitionsmotive und Produktionshemmnisse in der Sachgütererzeugung	9
2.2 Aspekte des Übergangs von der Rezession zu einem Wachstumspfad	11
2.2.1 Die „Investitionsprämie“	11
2.2.2 Strukturert, „Zombie-Unternehmen“ und „Zombie-Lending“	12
2.2.3 Ein Monitoringsystem sollte die Abkehr vom Strukturert begleiten	13
2.2.4 Digitalisierung und Dekarbonisierung sollten den Aufschwung prägen	14
3. Digitalisierung	15
3.1 Definition und Ausgangslage	15
3.2 Eine quantitative Verortung: Das „Digitalisierungsradar“	17
3.3 Datennetze als notwendige Bedingung	21
3.3.1 Österreichs Festnetzverfügbarkeit im internationalen Vergleich	21
3.3.2 Die „Breitbandmilliarde“ und wirtschaftspolitische Zielsetzungen	25
3.3.3 Ausbaumodelle	27
3.4 Hebel zur Beschleunigung Digitalisierung	28
4. Dekarbonisierung	32
4.1 Definition und Ausgangslage	32
4.1.1 Wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen	34
4.1.2 Wettbewerbsfähigkeit als Voraussetzung für erfolgreiche Transformationen	35
4.1.3 Ansatzpunkte der Dekarbonisierung aus einer „Prozessperspektive“	37
4.1.4 Der wirtschaftspolitische Instrumentenmix	38
4.2 Drei Sektoren im Vergleich	41
4.2.1 Methodik	41
4.2.2 Kraftfahrzeug-Zulieferindustrie	43
4.2.3 Eine Kreislaufwirtschaftsmodell in der Zementindustrie	51
4.2.4 Innovative Gebäude	54

5. Wirtschaftspolitische Schlussfolgerungen	61
5.1 Dekarbonisierung	61
5.1.1 Regulatorische und steuerliche Hebel	64
5.1.2 Aktive Maßnahmen	67
5.2 Digitalisierung	68
5.2.1 Verwaltungsstrukturen und Rahmenbedingungen	68
5.2.2 Aktive Maßnahmen	69
5.3 Forschungslücken	70
Literaturverzeichnis	71
Danksagungen	79

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Technologiediffusion als Ergebnis komplexer Prozesse	7
Abbildung 2: Unsicherheit über die Sektoren im Zeitablauf	8
Abbildung 3: Produktionshemmnisse im Zeitablauf	11
Abbildung 4: Wachstumsbeiträge von IKT	17
Abbildung 5: Digitalisierungsradar: Österreichs Performance im internationalen Vergleich	19
Abbildung 6: Netzabdeckung mit fixem Breitband (NGA-Coverage mit 30 Mbit/s, 2019)	22
Abbildung 7: Netzabdeckung von ultraschnellem Breitband (Coverage mit 100 Mbit/s, 2018)	23
Abbildung 8: Netzabdeckung von fixem Breitband mit sehr hoher Kapazität (VHCN, 2019)	24
Abbildung 9: Klimabudget für Österreich	33
Abbildung 10: Österreichs Umweltindikatoren im internationalen Vergleich	36
Abbildung 11: Status Quo der gesamten Treibhausgasemissionen nach Sektoren	37
Abbildung 12: Der umweltpolitische Instrumentenmix	39
Abbildung 13: Beispiel einer sektorübergreifenden dekarbonisierten Wertschöpfungskette	53

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1: Sektorspezifische Kernergebnisse	63
---	----

Executive Summary

Die Investitionstätigkeit brach im Zuge der COVID-19-Krise im Jahr 2020 stark ein und es bleibt unklar, wann wieder ein sich selbst tragendes Innovationswachstum erreicht werden wird. Die Phase nach der COVID-19-Krise bietet der Wirtschaftspolitik die Möglichkeit auf zwei Entwicklungen zu reagieren: den Herausforderungen des *Klimawandels* und jenen der *Digitalisierung*.

Investitionen bieten ein Vehikel zur Diffusion neuer Technologien und zur Transformation wirtschaftlicher Strukturen. Das Ziel dieser Studie ist es, *wirtschaftspolitische Hebel zur Forcierung* von Investitionen in den Bereichen Digitalisierung und Bewältigung des Klimawandels bzw. der Dekarbonisierung in Österreich zu erarbeiten und *Investitionshemmnisse* zu diskutieren.

Die „*Digitalisierung*“ wird durch technologische Neuerungen im IKT-Bereich getrieben. Die Thematik ist vielschichtig und wird anhand eines „Digitalisierungsraders“, einem strukturierten Indikatorensystem, quantifiziert. Die Position Österreichs im internationalen Vergleich zeigt Schwächen bei der Qualität der IKT-Inputs (z.B. IT-Fachkräfte) und der IKT-Prozesse (z.B. Integration von Zulieferbetrieben). Aus der Diskussion ausgewählter Politikfelder leiten sich folgende wirtschaftspolitische Hebel zur Steigerung von Investitionen ab:

- Digitalisierung ist Querschnittsmaterie. Die **Kompetenzen** der Digitalisierungspolitik sollten in der öffentlichen Hand **weiter gestrafft werden**. **Quantifizierbare Ziele** und „**Monitoring und Evaluierung**“ sollten die Grundlage evidenzbasierter IKT-Politik bilden. Derzeit wird eine Vielzahl von Zielen wirtschaftspolitisch verfolgt. Eine explizite Priorisierung von Politikfeldern ist derzeit nicht erkennbar. Diese Studie schlägt, neben Aus- und Weiterbildung, zwei Ansatzpunkte vor: Breitbandnetze und Prozessinnovationen, die IKT-Investitionen begleiten.
- Die „**Breitbandmilliarde**“ hat v.a. in den ersten Umsetzungsjahren den Ausbau beschleunigt. Am aktuellen Rand scheint die Dynamik sich jedoch zu verlangsamen, v.a. im ländlichen Raum wo private Netzbetreiber trotz Förderungen an Rentabilitätsgrenzen stoßen. Die kürzlich beschlossene **Weiterführung** der Förderung ist **begrüßenswert**. **Evaluierungsergebnisse** sollten umgesetzt werden. Dennoch werden weitere öffentliche Mittel benötigt werden sofern die Wirtschaftspolitik weiterhin eine flächendeckende Versorgung anstrebt. Es zeigt sich, dass die regionale öffentliche Hand als Betreiberin passiver Infrastrukturen in **PPP-Modellen** den Ausbau deutlich forcieren kann. Quantitative Ausbauziele sollten politisch genannt werden. Der in den letzten Jahren stark verbesserte „Breitbandatlas“, die Grundlage der Festlegung förderwürdiger Gebiete, sollte auf **effektiven Übertragungsraten** fußen. Bei der Festlegung der „weißen Flecken“ sollte verstärkt die Diskrepanz zwischen regionalen Zentren und der Peripherie zum Tragen kommen. Jedenfalls soll der geförderte Ausbau anhand der tatsächlichen Netzperformance bewertet werden.
- Zudem zeigen sich Schwächen in der Nutzung bzw. **Diffusion von prozessbezogenen IKT-Diensten**, während das Niveau der IKT-Investitionen sich im internationalen Durchschnitt befindet. IKT-Investitionen werden häufig nicht von innerbetrieblichen Reorganisationen begleitet, was die spärlichen Wachstumsbeiträge von IKT-Kapital zum

Wirtschaftswachstum erklären könnte. Die IKT-Diffusion sollte durch Awareness-Programme und der Unterstützung von betrieblichen Prozessanpassungen bei IKT-Projekten gefördert werden, wie dies bereits im Programm „KMU-Digital“ geschieht.

Auch die *Dekarbonisierung*, d.h. das Erreichen der CO₂-Neutralität der Wirtschaft und Gesellschaft, stellt eine Querschnittsmaterie dar. Die Dekarbonisierung ist eine Notwendigkeit, die aus dem menschengemachten Klimawandel folgt und sich aus naturwissenschaftlichen Forschungserkenntnissen ableitet. Die wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen sollten den gesamtwirtschaftliche Technologiemit in eine Richtung lenken, die CO₂-neutrale Wirtschafts- und Gesellschaftsstrukturen anstrebt („directed technological change“). In den letzten Jahren hat sich die Evidenz und das öffentliche Bewusstsein über die Auswirkungen des Klimawandels verstärkt. Anhand von Hintergrundgesprächen mit Experten aus unterschiedlichen Fachgebieten wurden Treiber und Hemmnisse von Investitionen in die Dekarbonisierung erarbeitet.

- Ein effektiver Hebel ist die Berücksichtigung von Emissionen in einer Vielzahl sektorspezifischer **Regulierungen und Rechtsmaterien** im Sinne von Ge- und Verboten. Die Wirtschaftspolitik sollte trotz des gewünschten missionsorientierten Strukturwandels möglichst große **Planungssicherheit** schaffen. Das betrifft auch das **Förderwesen**, das missionsorientierten Kriterien folgen soll. In Frühphasen der Diffusion können auch technologische Alternativen unterstützt werden (z.B. Elektrofahrzeuge). Gefragt nach einer effektiven Dekarbonisierungspolitik haben sich die GesprächspartnerInnen meist für einen Policy-Mix aus **Regulierungen** und **CO₂-Steuern** ausgesprochen. **CO₂-Steuern** wurden meist, sofern sie europaweit und gleichzeitig mit carbon tax border adjustments eingeführt werden, **nicht abgelehnt**.
- Die öffentliche Hand sollte vermehrt als „**Lead User**“ auftreten und Demonstrationseffekte zur CO₂-Reduktion schaffen (z.B. durch innovative Gebäude oder schadstoffarme öffentliche Fahrzeugflotten). Im Bewusstsein der **öffentlichen Beschaffung** sollten CO₂-Reduktionen in die Entscheidungen stärker verankert werden. Neue Technologien sollten anhand einer integrierten, gesamtheitlichen Beurteilung der Produktions- und Nutzungsphase beurteilt werden („**from the cradle to the grave**“).
- Die Dekarbonisierung ist innovationsgetrieben und somit risikoreich. Der Adressatenkreis der **Forschungsförderung** sollte ausgeweitet werden und verstärkt Akteure aus Bereichen erfassen, die einen großen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten können (z.B. Bau- und Materialwirtschaft). Die technologische Reife unterscheidet sich stark über die untersuchten Gebiete. Oft kann mit keiner der heutigen Technologien die Emissionsziele erreicht werden, d.h. es werden **Übergangstechnologien** genutzt (z.B. in der Fahrzeugindustrie).
- Das **Bewusstsein**, dass Dekarbonisierung Strukturwandel bedeutet, ist unterschiedlich stark verankert. Während v.a. in emissionsintensiven Bereichen Dekarbonisierung als unumstrittene Zielsetzung anerkannt wird, lassen sich in anderen Bereichen Beharrungstendenzen beobachten. **Schlüsselbetriebe** treiben den Dekarbonisierungsprozess. Insbesondere **KMU** sollten auf Chancen und Risiken aufmerksam gemacht werden. Die technologische Suchbreite sollte **vermehrt sektorübergreifende Lösungen** berücksichtigen. Fachkräfte sollten entsprechend aus- und weitergebildet werden um den Strukturwandel zu bestehen.

1. Einleitung

Die historisch tiefe Rezession, die durch die gesundheitspolitischen Maßnahmen der COVID-19-Pandemie verursacht wurde, hat unter anderem zu einem massiven Investitionseinbruch geführt. Dieser schmälert den Kapitalstock und verringert das zukünftige Wachstumspotential in der Zeit nach der COVID-19-Krise. Nach der schrittweisen Aufhebung der pandemiebedingten Beschränkungen sollten Investitionen – unterstützt durch die öffentliche Hand – zum Aufholprozess beitragen und dabei den Strukturwandel in Hinblick auf die nationalen und europäischen Ziele unterstützen und zur nachhaltigen Verbesserung des Produktionspotentials beitragen. Den Investitionen kommt dabei eine zentrale Trägerfunktion zu, da sie auch die Diffusion von Innovationen stützen.

Zwei technologische Entwicklungen erfahren besondere Bedeutung in der mittelfristigen Strukturpolitik. Zum einen sind dies die Innovationen im Rahmen der letzten Welle von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die das soziale und wirtschaftliche Leben stark verändern. Zum anderen stellt die Bewältigung des Klimawandels auch wirtschaftliche Systeme vor große Herausforderungen. Innovationen und Investitionen in Technologien und veränderte Produktionsprozesse, die die Dekarbonisierung vorantreiben, sollen die Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels schmälern.

Das Ziel dieser Studie ist es, wirtschaftspolitische Hebel und Hemmnisse zur Forcierung von Investitionen in den Bereichen Digitalisierung und Dekarbonisierung zu diskutieren. Dies erlaubt eine grobe Priorisierung, was als Basis für wirtschaftspolitische Eingriffe dient. Die Analyse diskutiert die folgenden beiden Kernfragen:

1. Welchen Herausforderungen steht Investitionspolitik in einer (Post-)COVID-19-Welt gegenüber? Dieser Abschnitt diskutiert vor allem den Übergang vom Erhalt der Strukturen während der COVID-19-Krise zu einem Aufschwung, der durch zielgerichteten technologischen Wandel („directed technological change“) getrieben ist und mitunter tiefgreifenden Strukturwandel bedeutet.
2. Welches sind die dominierenden Hindernisse bzw. Hemmnisse bei der Umsetzung von Investitionsprojekten in die (i) Digitalisierung und die (ii) Dekarbonisierung? Insbesondere werden österreichspezifische Aspekte beleuchtet.

Insbesondere im Digitalisierungsteil wird auf internationale „Good-Practices“ verwiesen, die Digitalisierungsprojekte bzw. -investitionen vorangetrieben haben. Der sektor- und technologie-spezifische Charakter von Investitionen in die Dekarbonisierung ist stark kontextabhängig, weshalb hier beispielhaft eine Auswahl von Bereichen diskutiert wird.

Um trotz der Breite der Fragen konzise Schlussfolgerungen zu ziehen, erfolgt eine Schwerpunktsetzung. Die vorliegende Studie fokussiert daher auf der Erstellung eines möglichst allgemeinen Bilds über die Technologiediffusion. In diesem Zusammenhang werden v.a. die Diffusionstreiber und -hemmnisse diskutiert. Die Fragen nach dem Übergang von Konjunktur- zu Strukturpolitik oder internationale Vergleiche werden, sofern möglich, lediglich skizziert.

Zudem variiert der Stand der Forschung zu den Thematiken stark. Die erarbeiteten Forschungsergebnisse ermöglichen es, unter Umständen Forschungslücken zu identifizieren, die exemplarisch als Stoßrichtung für zukünftige Studien in der Zusammenfassung genannt werden.

1.1 Methodik und Berichtsstruktur

Methodisch stellt die Untersuchung eine konzeptionelle Arbeit dar, die bestehende Literatur aufarbeitet und diese im Kontext der Digitalisierung und Dekarbonisierung interpretiert. Die Dekarbonisierung wird in dieser Studie als Synonym und abwechselnd mit Begriffen wie Klimaneutralität, CO₂-Neutralität, Defossilisierung etc. verwendet. Es werden sowohl offizielle Berichte (EIB, 2020), Studien der angewandten Forschung (Friesenbichler, 2013; Hölzl et al., 2019; Schneider et al., 2017) als auch der akademischen Forschung (Hollenstein, 2004; Michael Peneder et al., 2017) ausgewertet. Ausgewählte Aspekte der Dekarbonisierung werden anhand einer Stakeholder-Befragung vertieft. Zudem wird auf einen vielfältigen Bestand an Mikrodaten des WIFO zurückgegriffen. Hierfür werden unter anderem Daten über die Digitalisierung und Dekarbonisierung verwendet, sowie Informationen aus den Konjunkturtest-Sonderbefragungen des WIFO oder einer Befragung von Industriebetrieben über wahrgenommene Unsicherheiten während der COVID-19-Pandemie.

Eingangs werden die allgemeine Investitionsdynamik in der COVID-19-Krise sowie einige allgemeine strukturellen Faktoren gezeigt. Das verortet die Lage der österreichischen Wirtschaft im Übergang von der kurzfristigen Krisenbekämpfung zur längerfristigen Strukturpolitik. Insbesondere dieser Teil wird durch Auswertungen von am WIFO verfügbaren Datenbeständen, wie etwa dem WIFO-Konjunkturtest oder COVID-19 Sonderbefragungen, ergänzt.

Um der Diskussion einen konzeptionellen Rahmen zu verleihen, wird auf die Literatur zur Diffusion von Innovationen zurückgegriffen. Investitionen werden als Vehikel von Innovationen betrachtet. Es wird ein sektoraler Ansatz als Ausgangspunkt gewählt, der es ermöglichen soll, die Diskussion möglichst konzise zu strukturieren. Es wird auf eine flexible Heuristik, dem Konzept der sektoralen Innovationssysteme zurückgegriffen (Malerba, 2002). Dieser Ansatz bildet einen konzeptionellen Ansatzpunkt, obgleich die Herausforderungen insbesondere der Dekarbonisierung vielschichtiger sind als eine stilisierte sektorale Analyse sie darzustellen vermag. Oft wird von einer „Multilevel-Perspective“ gesprochen, in der bestehende Technologien von neuen Technologiefeldern, die oft durch die Zusammenarbeit von Akteuren mehrerer Sektoren entstehen, abgelöst werden (Geels et al., 2017). In der Analyse werden teilweise unterschiedliche Ansätze über die beiden Thematiken gewählt, um flexibel auf die Vielschichtigkeit der Fragestellungen eingehen zu können.

Im Folgenden werden sowohl die „Digitalisierung“ als auch „Dekarbonisierung“ diskutiert. Eingangs werden jeweils die Begriffe definiert und die Position Österreichs anhand eines Benchmarks aufgearbeitet. Somit wird der jeweilige Gegenstand abgegrenzt, was auch eine Voraussetzung für die Operationalisierbarmachung wirtschaftspolitischer Maßnahmen ist. Ausgehend davon werden Investitions- bzw. Innovationshemmnisse und -treiber identifiziert.

Die Analyse des Themenfelds „Digitalisierung“ bezieht sich auf eine Gruppe von Technologien, die in zahlreichen Branchen zur Anwendung kommt und somit als technologische Querschnittsmaterie bzw. „General Purpose Technology“ gilt (Bresnahan & Trajtenberg, 1995). Es liegen umfangreiche und rezente Vorarbeiten zu Österreich vor, auf die zurückgegriffen wird. Daher werden die Leitfragen durch eine Literaturrecherche (siehe v.a. die Studie v. Hölzl et al. 2019 im Auftrag der Europäischen Kommission) behandelt.

Das Themenfeld „Dekarbonisierung“ ist eine gesellschaftliche Herausforderung, die alle wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bereiche betrifft, woraus sich eine Vielzahl von Reaktionen und unterschiedlichen Technologien und Branchenmodellen ableitet, die stark von regulatorischen Rahmenbedingungen getrieben werden und die sich zum Teil erst im Innovationsstadium finden. Dies erfordert einen anderen analytischen Ansatz. Zuerst zeigt ein kurzer Literaturüberblick die Herausforderungen hinsichtlich der CO₂-Reduktion. Die Ergebnisse der Literaturrecherche sind zudem die Grundlage für eine Serie von semistrukturierten Stakeholder-Befragungen. Die Hemmnisse und Treiber von unternehmerischen Investitionen werden im persönlichen Gespräch diskutiert. Der standardisierte Teil betrifft in der Literatur verankerte Themen (z.B. Rentabilität oder Unsicherheit). Der nicht-standardisierte Teil erlaubt es in einer explorativen Art und Weise die wirtschaftspolitisch-relevanten Spezifika des technologischen Investitionsumfelds zu diskutieren. Folgende Sektoren bzw. Technologiefelder werden näher betrachtet: (i) Kfz-Zulieferer, (ii) die Zementindustrie anhand des Beispiels der „Kreislaufwirtschaft“ in dem Lafarge gemeinsam mit Industriebetrieben den Materialfluss gestaltet und (iii) Innovative Gebäude, die eine neue Form der Planung urbaner Räume, neue Baustoffe, Gebäude und Energieversorgungsmodelle etc. vorsehen.

Die Grenzen von breiten Unternehmensbefragungen

Dieser methodische Ansatz erlaubt die Analyse der Determinanten von Investitionen und unterscheidet sich von Fragebogenbefragungen, die bei vorab feststehenden Fragestellungen implementiert werden. Die angefragten Inhalte sind jedoch zu vielschichtig für eine herkömmliche Befragung. Beispielsweise können Investitionen in die „Digitalisierung“ sich stark zwischen Unternehmen unterscheiden. Dies kann etwa von der betrieblichen Umsetzung der Datenschutzgrundverordnung über den Ankauf von Datenbanken bis hin zur Implementierung von „Industrie 4.0“ oder der Errichtung von unternehmenseigenen 5G-Netzen reichen. Dementsprechend unterschiedlich sind auch Treiber und Hemmnisse der Investitionen.

Daraus werden schließlich wirtschaftspolitische Schlussfolgerungen abgeleitet, die vom Übergang von der COVID-19-Krisenbekämpfung zu strukturpolitischen Ansätzen geprägt sind. Letztlich werden auch etwaige Lücken in der Forschung identifiziert. Der nicht-standardisierte Teil liefert wertvolle Einsichten, die aber nicht als allgemeingültige Aussagen für alle Unternehmensbereiche interpretiert werden können.

1.2 Investitionen als Instrument der Innovationsdiffusion

Um die Auswirkungen von Investitionen in den Bereichen Digitalisierung und Dekarbonisierung möglichst optimal zu nützen, muss die Technologiediffusion und -adoption gestützt werden, deren Vehikel Investitionen darstellen. Die Literatur zur Technologiediffusion und Technologieadoptionsbarrieren bzw. Investitionshemmnisse ist dabei hochgradig relevant, da sie eine breite Diskussion von Einflussfaktoren erlaubt (Rogers, 2010) diese über die ökonomische Darstellung von Investitionstätigkeiten – wie sie etwa von der EIB (2021) vorgenommen wird - hinausgeht.

1.2.1 Diffusion versus Innovation

Zu unterscheiden sind hier die Diffusion bzw. die Verbreiterung von Technologien von der Innovation an sich, d.h. der Schaffung neuer Technologien abzugrenzen ist. Die Schaffung neuer Technologien hängt von F&E-Prozessen und nationalen und sektoralen Innovationssystemen ab (Fagerberg & Sappasert, 2011; Malerba, 2004). Diese bestimmen die Durchdringung neuer Technologien über Unternehmen und (hier nicht betrachtete) Haushalte oder staatliche Akteure mit, unterliegen dennoch anderen Mechanismen als die Diffusionsprozesse. Ein Beispiel hierfür ist sind Plattform-Softwarelösungen oder Betriebssysteme aus dem Bereich der Digitalisierung. Unternehmen aus der EU hinken ihren Konkurrenten aus den USA und zunehmend auch aus China in der Technologieschaffung hinterher (EIB, 2021). Trotz der Schwächen in der Innovation und somit Kontrolle der Wertschöpfungsketten werden diese Technologien von zahlreichen Usern in der EU genutzt, sodass gesamtwirtschaftliche betrachtet die Nutzungsraten vergleichbar sein können (Hözl et al., 2019).

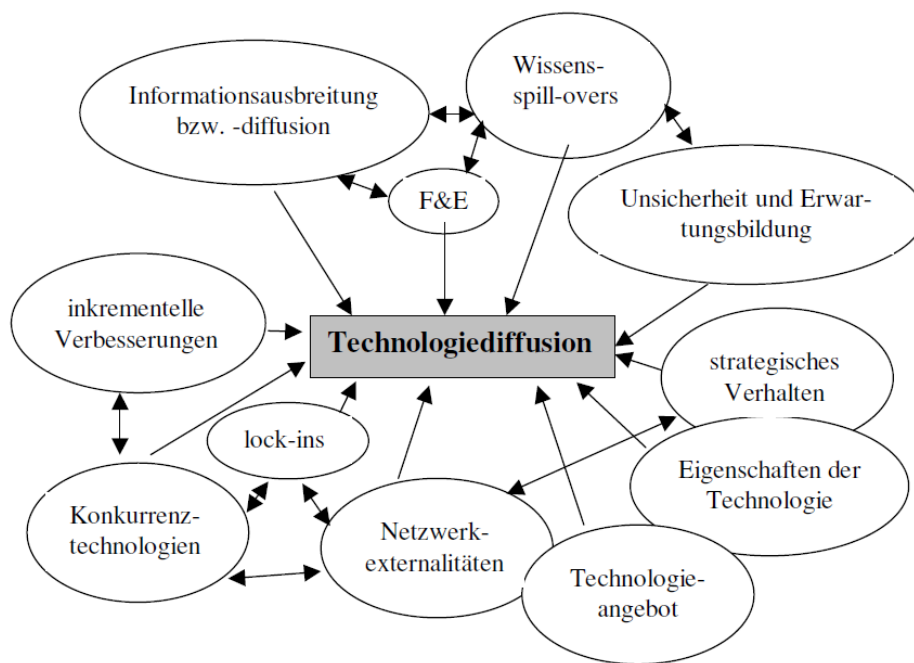
1.2.2 Diffusion in der Literatur

Diese Darstellungsform bietet einen konzeptuellen Rahmen, auch wenn die Unterscheidung zwischen Innovation und Diffusion nicht immer eindeutig ist. Die Ausgangslage bietet Schumpeter, der in einer stilisierten Darstellung technologischen Fortschritt als sequentiellen Prozess verstand: zuerst werden Ideen für Innovationen generiert, dann durch „Lead User“ erstmalig umgesetzt und letztlich erfolgt die marktweite Durchdringung durch zahlreiche Nutzer (Schumpeter, 1976; Urban & Von Hippel, 1988) in einer Art logarithmischen S-Kurve (Geroski, 2000; Rogers, 2010).

Diese schematische Sichtweise ist in der Praxis üblicherweise nicht haltbar und es zeigt sich ein Überlappen der einzelnen Phasen. Zudem kommt es in den Diffusionsprozessen zu Feedbackschleifen zwischen oft sehr unterschiedlichen Nutzern und Technologieentwicklern (Frenz & Letto-Gillies, 2009; Von Hippel, 2007), was zu Lerneffekten führt (Arrow, 1971), die wiederum durch absorptive Kapazitäten, d.h. der eigenen Fähigkeit Technologie zu verarbeiten (Cohen & Levinthal, 1990) geprägt sind. Dies findet meist in sektoralen Innovations- und Diffusionssystemen statt (Malerba, 2004) welche zeitlichen Pfadabhängigkeiten, auch geprägt durch anfängliche Strukturen und Faktorausstattungen, unterliegen (Arthur, 1994). Abbildung 1 gibt einen exemplarischen Überblick über die zahlreichen Mechanismen, die der Verbreitung von

Technologien zugrunde liegen (Holwegler, 2000) und somit das Investitionsverhalten beeinflussen.

Abbildung 1: **Technologiediffusion als Ergebnis komplexer Prozesse**



Q.: Holwegler (2000)

2. Die gesamtwirtschaftliche Einbettung

In der WIFO-Prognose vom März 2021 wird der wirtschaftliche Abschwung (gemessen an der prozentuellen Veränderung des realen BIP gegenüber dem Vorjahr) mit $-6,5\%$ beziffert. Besonders stark betroffen waren die Ausrüstungsinvestitionen (inklusive sonstiger Anlagen), die um $-6,8\%$ einbrachen. 2021 dürfte der Rebound aufgrund des dritten Lockdowns zu Jahresbeginn mit einem Wachstum des realen BIP von $+1,5\%$ eher verhalten sein. Aufgrund der Investitionsprämie, einem Investitionsförderprogramm, dürfte sich Investitionstätigkeit 2021 und 2022 robust entwickeln. Da die Prämie hat jedoch massive Vorzieheffekte induzieren dürfte, ist im Jahr 2023 mit einem neuerlichen Rückgang der Investitionstätigkeit zu rechnen.

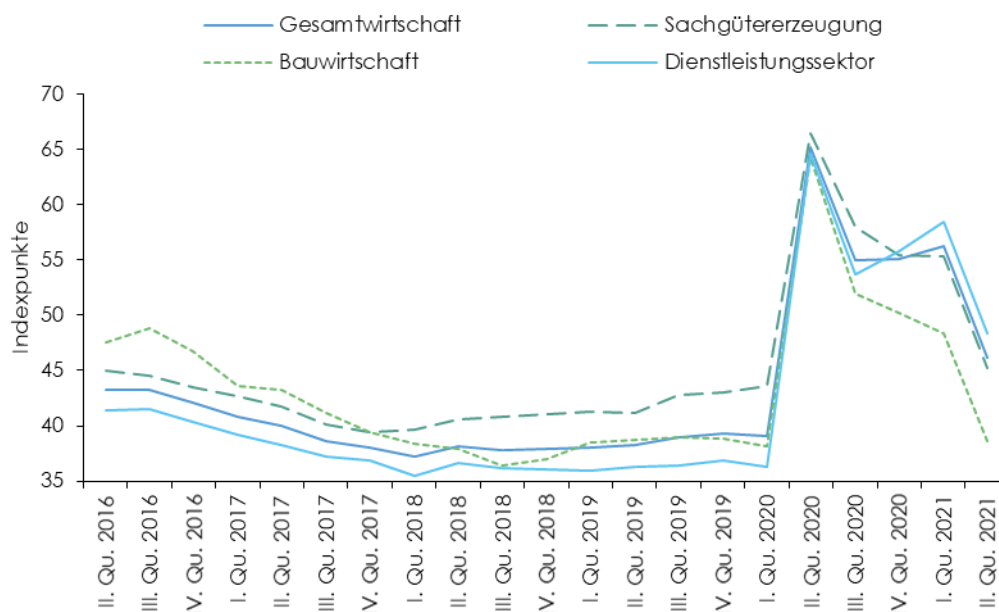
Dieses Kapitel verfolgt zwei Ziele. Zum einen werden für Investitionen relevante Aspekte im Zeitablauf gezeigt und somit die Position Österreichs im Übergang von der Krisenbewältigung zu längerfristiger Wachstumspolitik verortet. Zum anderen werden einige ausgewählte strukturpolitische Herausforderungen, wie z.B. den Umgang mit „Zombie-Unternehmen“, die diesen Übergang prägen, in einem Ausblick skizziert. Aufgrund der Datenverfügbarkeit sind einige Auswertungen wie die Investitionsmotive oder Ursachen der Unsicherheit nur für die Sachgütererzeugung möglich.

2.1 Investitionstreiber in der COVID-19-Krise

2.1.1 Unsicherheit

Ein zentraler Faktor, der das Investitionsverhalten treibt, ist die Unsicherheit, mit der sich Investoren konfrontiert sehen. Auch erlaubt der WIFO-Konjunkturtest eine Analyse im Zeitablauf, wobei die Bauwirtschaft, die Sachgütererzeuger und der Dienstleistungssektor gesondert betrachtet werden. Die Unsicherheitsindikatoren sind über alle Sektoren enorm stark in den ersten beiden Quartalen 2020 mit Beginn der COVID-19-Pandemie angestiegen. Im dritten Quartal kam es zu einer Erholung, die sich lediglich in der Bauwirtschaft auch im vierten Quartal abgeschwächt fortsetzte. In allen anderen Sektoren kam es im vierten Quartal zu einem neuerlichen Anstieg der Unsicherheit, die jedoch nicht mehr das Niveau des ersten Lockdowns im zweiten Quartal 2020 erreichte. Das suggeriert Lern- bzw. Erfahrungseffekte der berichtenden Unternehmen. Auffällig ist auch, dass die Sachgütererzeugung vor der COVID-19-Pandemie höhere Unsicherheiten berichtete als die anderen Sektoren, was durch Handelsstreitigkeiten erklärbar sein könnte. Am aktuellen Rand entspannt sich die Wahrnehmung der Unsicherheit spürbar, vor allem in der Bauwirtschaft.

Abbildung 2: **Unsicherheit über die Sektoren im Zeitablauf**



Q.: WIFO-Konjunkturtest (<https://www.wifo.ac.at/themen/wifo-konjunkturtest/wifo-konjunkturtest>)

2.1.2 COVID-19 bedingte Unsicherheit in der Sachgütererzeugung

Unternehmerische „Unsicherheit“ ist jedoch eine komplexe Materie, die unterschiedliche Ausprägungen annehmen kann. Um einen tieferen Einblick in den Zusammenhang zwischen der durch COVID-19 entstandenen Unsicherheit und Unternehmensstrategien von

Industriebetrieben zu erhalten führte das WIFO in den Monaten August und September 2020 eine weitere Sonderbefragung von Industriebetrieben durch. Die Befragung war ein Update einer Befragung zu Unternehmensstrategien und zur Standortpolitik, die zuletzt im Herbst 2019 im Feld war. Es wurden wichtige Aspekte zur unternehmerischen Unsicherheit österreichischer Industrieunternehmen in der COVID-19-Krise erhoben. Eine Stichprobe von 308 Industrieunternehmen gibt Einblicke in die unternehmerischen Reaktionen auf die stark gestiegene Unsicherheit.

Dieser Fragebogen wird im Folgenden mit einem Fokus auf die Digitalisierung und die Dekarbonisierung ausgewertet. Quasi alle befragten Unternehmen sehen Auswirkungen auf die Unsicherheit (98%). Die wichtigsten Treiber der Unsicherheit waren mögliche Auswirkungen auf die Nachfrage bzw. auf Absatzmärkte (91%). 64% sehen mögliche Lieferengpässe bzw. abbrechende Wertschöpfungsketten, 56% verorten mögliche Verunsicherungen in der Belegschaft und 55% fürchten neue gesundheitspolitische Maßnahmen. 36% sehen wirtschaftspolitische Maßnahmen und 32% den globalen Handel als Ursachen für die Unsicherheit.

Zudem wurden die Auswirkungen der unternehmerischen Unsicherheit in Folge der COVID-19-Krise abgefragt, wobei drei Antwortkategorien vorgegeben wurden: positiv, keine Auswirkung und negativ. Um den neutralen Antworten kein Gewicht zu verleihen wurde die Differenz zwischen positiven und negativen Antworten ausgewertet und in Prozent aller Antworten dargestellt. Die negativste Antwortkategorie war bei den Investitionen 2020 zu verorten (-60%), die sich im Jahr 2021 auch nur geringfügig verbessern dürfte (-50%). Die zweitschlechteste Kategorie waren mit einem Überhang der negativen Antworten von -59% die Beschäftigungsentscheidungen.

Mit einem positiven Saldo von +23% gab COVID-19 jedoch Impulse für Digitalisierungsprojekte, wie etwa der Einführung neuer Software oder Weiterbildungsmaßnahmen. 62% der befragten Unternehmen gaben zudem an, konkrete Maßnahmen zur Mechanisierung und Digitalisierung zu setzen.

Zudem wurden die Auswirkungen von wirtschaftspolitischen Unsicherheiten auf Unternehmensentscheidungen abgefragt, wobei die Optionen einer steigenden, neutralen und sinkenden Auswirkung vorgegeben waren. Es wurde wieder ein Saldo zwischen positiven und negativen Antworten als Anteil aller Antworten errechnet. Der Saldo der Ausrüstungsinvestitionen war stark negativ (-40%), wobei die Vermutung naheliegt, dass viele der antwortenden Betriebe zum Befragungszeitpunkt noch nicht von der Investitionsprämie Gebrauch gemacht haben. Digitalisierungsprojekte erfuhren abermals eine fördernde Wirkung (+38%).

2.1.3 Investitionsmotive und Produktionshemmnisse in der Sachgütererzeugung

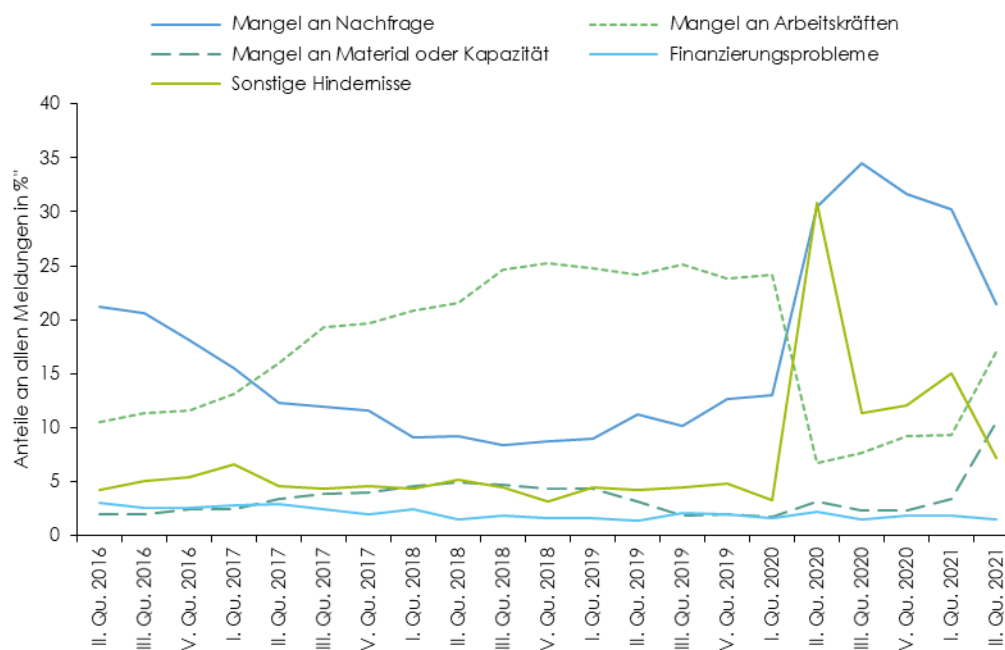
Die tiefe Rezession hat ein defensives Investitionsverhalten der Unternehmen mit sich gebracht. Die Befunde aus dem WIFO-Investitionstest vom Herbst 2020 von der Sachgütererzeugung bestätigen nicht nur den Einbruch der Investitionen 2020, sondern zeigen auch, dass dieser im Jahr 2021 nicht kompensiert werden kann. Das Hauptmotiv für Investitionen war 2020 der Ersatz alter Anlagen. Erweiterungsinvestitionen verlieren an Bedeutung, währenddem

Rationalisierungsinvestitionen zunehmen. Der wichtigste Treiber für Investitionen sind technologische Entwicklungen, währenddem die Nachfrage – dem Konjunkturbild entsprechend – an Bedeutung verliert (Friesenbichler & Hölzl, 2021).

Zeitgleich mit der Änderung des Investitionsverhaltens haben sich auch die Wahrnehmungen der Produktionshemmnisse verstärkt, die quartalsmäßig im Rahmen des WIFO-Investitionstests abgefragt werden. Fünf Kategorien werden abgefragt: Mangel an Nachfrage, Mangel an Arbeitskräften, Mangel an Material oder Kapazitäten, Finanzierungsprobleme und Sonstige Hindernisse. Die jeweils drei Antwortkategorien (positiv, neutral, negativ) werden zu einem Saldo zwischen den positiven und negativen Antworten zusammengefasst, der als Anteil aller Nennungen ausgewiesen wird.

Abbildung 3 zeigt die saisonbereinigte Entwicklung der Produktionshemmnisse im Zeitablauf seit 2016. Somit werden sowohl die Hochkonjunktur vor der Krise als auch die massive Rezession während der COVID-19-Pandemie gezeigt. Bis zum ersten Lockdown im ersten Quartal 2020 war der Mangel an Arbeitskräften das dominierende Produktionshindernis. Dieses wurde im Zuge der gesundheitspolitischen Maßnahmen von „mangelnder Nachfrage“ und von „sonstigen Hindernissen“ abgelöst. Es kann vermutet werden, dass es sich hierbei um behördliche Maßnahmen handelt. Bei den Unternehmen dieser Stichprobe spielen Finanzierungsprobleme sowie der Mangel an Material oder Kapazitäten eine untergeordnete Rolle.

Am aktuellen Rand, d.h. im zweiten Quartal 2021, zeigen sich deutliche Erholungssignale. Während sonstige Hindernisse (wie z.B. jene, die durch den Lockdown verursacht wurden) und Finanzierungsprobleme stark rückläufig waren, gewinnen die Produktionshemmnisse „Mangel an Arbeitskräften“ und „Mangel an Material oder Kapazität“ an Bedeutung.

Abbildung 3: **Produktionshemmnisse im Zeitablauf**

Q.: WIFO-Konjunkturtest (<https://www.wifo.ac.at/themen/wifo-konjunkturtest/wifo-konjunkturtest>)

2.2 Aspekte des Übergangs von der Rezession zu einem Wachstumspfad

Das konjunkturelle Bild des aktuellen ersten Quartals 2021 zeigt, dass sich Österreich weiterhin in einer tiefen Rezession befindet. Die Investitionsrückgänge haben zur Ausbreitung der Rezession auf die gesamte Wirtschaft beigetragen. Ein Rückgang der Investitionen (z.B. in der Gastronomie) kann durch die Verflechtung in den Wertschöpfungsketten auch die Wirtschaftsleistung von Unternehmen beeinträchtigen (z.B. Nahrungsmittel- und Getränkeproduzenten), die nicht direkt durch die COVID-19-Pandemie bzw. von den gesundheitspolitischen Maßnahmen zu deren Bekämpfung betroffen waren (Hölzl et al., 2020). Das bedeutet auch, dass konjunkturstabilisierende Maßnahmen die Wirtschaftspolitik weiterhin prägen.

2.2.1 Die „Investitionsprämie“

Um die unternehmerischen Investitionen in der COVID-19-Krise zu stützen, hat die österreichische Bundesregierung mit der COVID-19 Investitionsprämie ein Förderprogramm konzipiert, das nicht rückzahlbare Zuschüsse für Neuinvestitionen in das abnutzbare Anlagevermögen gewährt. Die Ergebnisse einer Unternehmensbefragung im Rahmen des WIFO-Konjunkturtests vom Oktober 2020 legen nahe, dass das Förderprogramm von Unternehmen erwartungsgemäß gut angenommen wird. Trotz beträchtlicher Mitnahmeeffekte reduziert die Investitionsprämie auch den Rückgang der gesamtwirtschaftlichen Investitionen leicht und lenkt zudem einige Investitionen in die Bereiche Digitalisierung, Ökologisierung und Gesundheit (siehe Textkasten).

Die Einschätzung der Investitionsprämie von Unternehmen

Die Bundesregierung fördert mit der Investitionsprämie zwischen September 2019 und Februar 2020 Investitionsprojekte zwischen 5.000 und 50 Mio. Euro durch einen Zuschuss von 7%. Eine erhöhte Prämie von 14% ist für Investitionen im Schwerpunktprogramm in den Bereichen Ökologisierung, Digitalisierung, Gesundheit/Life-Science vorgesehen. Nicht nur sollen Anreize für zusätzliche Investitionen gesetzt, sondern auch Verschiebungseffekte reduziert werden.

Da zum Zeitpunkt der Studiererstellung noch keine offiziellen Informationen über das Ausmaß der Inanspruchnahme vorliegen, die Antragszahlen kurz vor Ende der Frist jedoch massiv zugenommen haben dürften, wird in der WIFO-Prognose ein Gesamtvolumen der Prämie von 6,5 Mrd. € angenommen, wovon etwa ein Viertel erst 2023 bis 2025 schlagend wird. Bei einer unterstellten durchschnittlichen Förderquote von 10% würde dies für 2021 und 2022 ein Investitionsvolumen von 50 Mrd. € betreffen. Die Prämie wirkt sich in zweifacher Weise auf die Konjunktur aus: Zum einen führt sie zu Mehrinvestitionen, die ohne Prämie nicht getätigt worden wären. Zum anderen bewirkt sie, dass erst später geplante Investitionen vorgezogen werden und demnach in den Folgejahren entfallen. Wie eine Sonderbefragung im Rahmen des WIFO-Konjunkturtests vom Oktober 2020 zeigt, ist darüber hinaus mit erheblichen Mitnahmeeffekten zu rechnen, wenn die Prämie für Investitionsprojekte in Anspruch genommen wird, die ohnehin planmäßig umgesetzt würden. Für den Prognosezeitraum wird ein zusätzliches Investitionsvolumen durch die Prämie von 3,6 Mrd. € unterstellt, das sich aus vorgezogenen Investitionen in Höhe von 2,4 Mrd. € und Mehrinvestitionen von 1,2 Mrd. € zusammensetzt. Diese Einschätzungen basieren unter anderem auf einer Sonderbefragung des WIFO-Konjunkturtests, die im Oktober 2020 durchgeführt wurde. Im Fragebogen wurde die Inanspruchnahme und die Auswirkung der Prämie schwerpunktmäßig berücksichtigt (Hölzl et al., 2020). Eine Evaluierung der Investitionsprämie anhand von Mikrodaten und einer Kontrollgruppe sollte diese Annahmen verifizieren.

2.2.2 Strukturert, „Zombie-Unternehmen“ und „Zombie-Lending“

Derzeit ist die Investitionstätigkeit, trotz der staatlichen Förderungen durch die „Investitionsprämie“, weiterhin durch die COVID-19-Krise unter Druck. Die Pandemie wird enden und danach wird es zu einem Aufschwung kommen, in dem sich auch die Investitionen erholen werden. Daher ist das wirksamste wirtschaftspolitische Instrument die Verfügbarmachung von Behandlungsmethoden sowie funktionierende Vakzine mit hinreichender Impfraten, sowohl in der österreichischen Bevölkerung als auch im internationalen Umfeld.

Bis es zur gesundheitspolitischen Beruhigung kommt, bleibt wirtschaftspolitisch das vorrangige Ziel die Produktionskapazitäten durch die Vielfalt an Kriseninstrumenten aufrecht zu erhalten. Scheitert dies, kann es zu Hysterese-Effekten kommen die einen möglichen späteren Aufschwung bremsen.

Aus Gründen der fiskalischen Effizienz sind anreizkompatible Instrumente wünschenswert, die verhindern, dass Unternehmen von Unterstützungsleistungen profitieren, die diese nicht benötigen. Derzeit gibt es keinen bekannten Mechanismus, der dies voll gewährleisten kann. Somit kann man Mitnahmeeffekte nicht ausschließen. Das betrifft zum einen profitable Unternehmen, die auch ohne Förderung trotz der COVID-19-Krise zahlungsfähig bleiben würden. Hier können Zugangshürden und Prüfungen eine Selektion implementieren. Letztlich würde über die Kosten der Teilnahme die Attraktivität gesteuert werden. Zum anderen bedeutet eine großzügigere Versorgung von Unternehmen mit staatlicher Liquidität, dass nicht nur von der Krise betroffene Unternehmen unterstützt werden, sondern auch, dass der natürliche Strukturwandel zugunsten des Strukturerhalts verlangsamt wird. Eine Vielzahl an Maßnahmen wie etwa die Steuerstundungen, die Änderungen in der Insolvenzordnung oder direkte Zuschussinstrumente haben Insolvenzen im Jahr 2020 und im ersten Quartal 2021 verhindert.

Das Ziel wurde somit erreicht, das produktive Potential der Volkswirtschaft zu sichern indem bestehende Unternehmen am Leben erhalten wurden. Das kam zu den Kosten der Verlangsamung des Strukturwandels. Einerseits kann das durch die Unternehmen selbst erfolgen, deren Marktaustritt durch die Hilfen verzögert wurde. Andererseits besteht Missbrauchspotential bei der Abwicklung der staatlichen Haftungen und Garantien durch das Banksystem. Die abwickelnden Banken könnten überschuldete Unternehmen trotz fehlender positiver Fortbestandsprognose in die Liquiditätsmaßnahmen aufnehmen, um dadurch das eigene Kreditausfallsrisiko zu reduzieren. Somit erhalten Unternehmen finanzielle Mittel, ohne die sie zahlungsunfähig geworden wären („Zombie-lending“).

2.2.3 Ein Monitoringsystem sollte die Abkehr vom Strukturerhalt begleiten

Dies impliziert einen Bedarf an ein laufendes Monitoringsystem, welches die Maßnahmen begleitend beurteilt. Ein Teil des Monitorings der Förderungen sollte auf Neugründungen abgestellt werden, da diese zwar oft Träger des Strukturwandels sind, aber definitionsgemäß nicht in den Genuss von Hilfsmaßnahmen kommen können. Da Gründungen prozyklisch sind (Aghion & Howitt, 2006) wird die endgültige Einschätzung der Auswirkungen der Maßnahmen auf die Gründungsdynamik erst in Aufschwungsphasen einschätzbar sein.

Zudem werden Maßnahmen anzupassen sein, da Maßnahmen, die „in der heißen Phase“ der Krise („Lockdown“) richtig waren, zu einem späteren Zeitpunkt („Stabilisierung und (beginnender) Aufschwung“) kontraproduktiv sind. Hier würde ein Strukturwandel-verlangsamender Effekt zum Tragen kommen, indem Sach- und Humankapital in vergleichsweise unproduktiven Bereichen gebunden werden. Auf diese Weise wird die „schöpferische Zerstörung“ verzögert (Stichwort „Zombie-Firmen“), was die Innovationskraft einer Volkswirtschaft schwächt. Je mehr Unternehmen mit billigen Krediten und Zuschüssen durch die Krise geholfen wird, desto mehr Ressourcen fehlen dort, wo zukünftiges Wachstum erfolgen soll. Das Austarieren von berechtigter Stabilisierung und Mitnahmeeffekten ist eine schwierige wirtschaftspolitische Gratwanderung. Das richtige Timing beim Ausstieg aus einmal initiierten Maßnahmen stellt dabei die größte Herausforderung dar.

Sowohl die Dauer der Maßnahmen als auch die Auswahl die Generosität ist letzten Endes eine wirtschaftspolitische Entscheidung. Eine langanhaltende, großzügige Ausgestaltung der Unterstützungsmaßnahmen erhält zwar den Unternehmensbestand, birgt jedoch auch die Gefahr der unbeabsichtigten Unterstützung von Zombie- Unternehmen. Ein Restrisiko für den Staat bleibt hinsichtlich der Sozialisierung der Risiken bestehen („Moral-Hazard“) und ist größer, je mehr Unternehmen gefördert werden. Zudem sind auch geldpolitische Maßnahmen nötig, welche es dem Kreditvergabesystem erlauben, trotz gestiegenem Risiko, weiterhin die Kreditnachfrage zu befriedigen. Die europäische Geldpolitik hat dazu beigetragen die Intermediationsfähigkeit der Banken in der COVID-Krise aufrecht zu erhalten (Altavilla et al., 2020).

2.2.4 Digitalisierung und Dekarbonisierung sollten den Aufschwung prägen

Das globale wirtschaftliche System wird nach der COVID-19-Pandemie mittelfristig anders ausgestaltet sein als die heutigen Strukturen. Sollte die österreichische Volkswirtschaft, wie die europäischen Volkswirtschaften, die Implementierung von digitalen Technologien und jenen der Dekarbonisierung nicht schaffen, leidet nicht nur die Erholung von der Rezession, die durch die gesundheitspolitischen Maßnahmen gegen COVID-19 verursacht wurde.

Die Verfügbarkeit digitaler Technologien hat wirtschaftliche Prozesse fundamental verändert. Neue betriebliche und marktliche Organisationsstrukturen, Distributionskanäle und Informations- und Kommunikationskanäle prägen das wirtschaftliche Bild, was wiederum massive Auswirkungen auf die Arbeitsnachfrage mit sich bringt (Bock-Schappelwein et al., 2018; EIB, 2021; Hölzl et al., 2019). Neben der Bewältigung der breiten Auswirkungen stellt sich die Frage nach der Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen. Viele digitalen Märkte können als Netzwerkbranchen klassifiziert werden, die von starken Skalenerträgen und kritischen Massen auf der Nutzerseite geprägt sind. Solche Märkte haben eine Tendenz zur Marktkonzentration (Shy, 2001). Die EU hinkt sowohl bei den F&E-Ausgaben insgesamt als auch bei der Anzahl der „Global Player“ den USA und zunehmend auch China hinterher. Es droht ein Verlust der globalen Wettbewerbsfähigkeit zugunsten Chinas und der USA (EIB, 2021).

Ähnlich argumentiert auch die Europäische Investitionsbank, die ihren Flaggschiffbericht, dem „European Investment Report 2020/2021“ mahnt, dass die europäischen Investitionen in den Klimaschutz deutlich hinter jenen Chinas liegen, wenn auch vor jenen der Vereinigten Staaten. China investierte 2,7% des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Klimaschutzprojekte, vor 1,3% in der Europäischen Union und 0,8% in den Vereinigten Staaten.¹ Allerdings liegt die EU bei der Reduzierung der Emissionen pro BIP voran. Die EU hat gewissermaßen die einfach zu realisierenden Projekte bereits umgesetzt und muss nun die Bemühungen intensivieren, um Emissionen zu reduzieren. Die Kluft zwischen Europas Klimazielen und den realisierten Klima-Investitionen wächst. Seit 2016 sind die Investitionen in den Klimaschutz als Prozentsatz des BIP und der

¹ Die Pro-Kopf Emissionen in China sind rasant angestiegen und sind beinahe so hoch wie der OECD-Durchschnitt. China hat mittlerweile den weltweit höchsten Anteil an globalen THG Emissionen.

Gesamtinvestitionen leicht zurückgegangen. Wenn die EU ihr Ziel der Senkung der Treibhausgasemissionen um 55% bis 2030 erreichen möchte müssen die Investitionen in den Klimaschutz sich im nächsten Jahrzehnt in etwa verdoppeln. Laut der Folgenabschätzung der Europäischen Kommission müssten die Investitionen in das Energiesystem von durchschnittlich 1,3% des BIP pro Jahr in den letzten zehn Jahren auf 2,8% des BIP in den nächsten zehn Jahren steigen (EIB, 2021).

Dies führt zur wirtschaftspolitischen Frage, ob und wie man den Strukturwandel im Aufschwung nach der Krise steuern kann, um Investitionen in die neuen Technologien zu unterstützen. Die Grundvoraussetzung der Diffusionsförderung ist die Umstellung des Instrumentariums von der Krisenbekämpfung im Rahmen von COVID-19 auf Strukturpolitik. In weiterer Folge ist das wirtschaftspolitische Instrumentarium auf die jeweiligen, oft sektorspezifischen Herausforderungen anzupassen, um Investitionen in die Diffusion neuer Technologien zu fördern.

3. Digitalisierung

3.1 Definition und Ausgangslage

Informations- und Kommunikationstechnologien prägen das heutige gesellschaftliche und wirtschaftliche Leben. Statistisch wird der IKT-Sektor von der OECD, der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, definiert und in Branchen und Produkte gegliedert. Der IKT-Sektor besteht, einer Klassifikation „ISIC Revision 4“ folgend, aus den drei Teilbereichen „IKT-Herstellung“, „IKT-Handel“ sowie „IKT-Dienstleistung“. Statistisch definiert die OECD den IKT-Sektor anhand der Nace Rev. 2 Klassifikation wie folgt (2006 OECD Definitionen):

- (261) Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten
- (262) Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten
- (263) Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
- (264) Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik
- (268) Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern
- (465) Großhandel mit Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik
- (582) Verlegen von Software
- (611) Leitungsgebundene Telekommunikation
- (612) Drahtlose Telekommunikation
- (613) Satellitentelekommunikation
- (619) Sonstige Telekommunikation
- (6201) Programmierungstätigkeiten
- (6202) Erbringung von Beratungsleistungen auf dem Gebiet der Informationstechnologie
- (6203) Betrieb von Datenverarbeitungseinrichtungen für Dritte

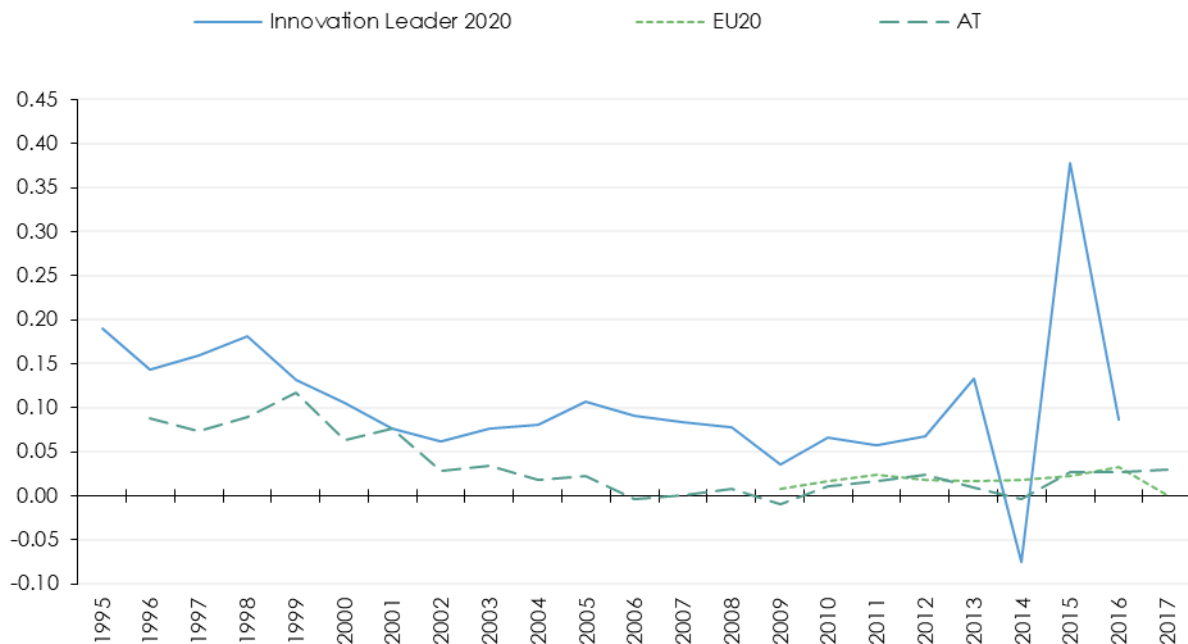
- (6209) Erbringung von sonstigen Dienstleistungen der Informationstechnologie
- (631) Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale
- (951) Reparatur von Datenverarbeitungs- und Telekommunikationsgeräten

Somit werden die IKT-Investitionen anhand technologischer Kriterien abgegrenzt, wobei diese Definition mit einigen Abgrenzungsproblemen konfrontiert ist und somit lediglich einen Näherungswert darstellen kann. Ein Graubereich ist etwa der Medienbereich, in dem Inhalte meistens auch online zur Verfügung gestellt werden, d.h. der „digitale Content“ würde Rundfunkunternehmen zu IT-Unternehmen machen. Ähnlich verhält es sich bei Produzenten von Industriegütern, die oft Maschinen mit IKT Lösungen („embedded systems“) anbieten und dennoch keine reinen IT-Unternehmen sind.

Diese Klassifizierung ermöglicht dennoch eine grobe statistische Analyse der Auswirkungen von IKT-Investitionen. Aus gesamtwirtschaftlichen Wachstumsaufspaltungen (bzw. Growth-Accounting Ansätzen) lassen sich erste internationale Vergleiche über die IKT-Performance von Österreich ziehen. Die Beiträge des IKT-Kapitals zum BIP-Wachstum liegen für die Periode nach der Finanzkrise (2009 bis 2017, aktuellste Daten) in Österreich mit 0,01 Prozentpunkten marginal unter dem negativen Wachstumsbeitrag der EU-20 von -0,02 Prozentpunkten.² Als Vergleichsgruppe werden die „innovationsführenden“ Länder aus dem „European Innovation Scoreboard“, einem Ranking von Innovationssystemen auf Länderebene der EU-Kommission, herangezogen.³ Diese Ländergruppe zeigen durchschnittliche IKT-Wachstumsbeiträge von 0,09 Prozentpunkten, was einen beträchtlichen Unterschied zu Österreich verdeutlicht.

² Die Wachstumsbeiträge sind die gesamtwirtschaftlichen „ICT-Capital-Services“ bzw. die “Contribution of tangible ICT capital services to VA growth, p.p.” für die „Total economy“ der EUKLEMS Datenbank. Siehe auch <https://euklems.eu>.

³ Siehe https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/innovation/scoreboards_en (abgerufen am 17.2.2021).

Abbildung 4: **Wachstumsbeiträge von IKT**

Q.: EUKLEMS (<https://euklems.eu/wp-content/uploads/2019/10/Methodology.pdf>), WIFO-Darstellung.

Anm.: Diese Grafik zeigt die „Tangible ICT Capital Services“ in Prozentpunkten. Die Gruppe der Innovationsführenden Länder (Innovation Leader) setzt sich aus den Ländern FI, SE, LU, NL, DK zusammen. EU20 ist AT, BE, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, HU, IT, LT, LU, LV, NL, RO, SE, SI, SK and UK.

3.2 Eine quantitative Verortung: Das „Digitalisierungsradar“

Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und somit das Wachstum wird durch Innovationen und technologischen Fortschritt bestimmt (Fagerberg, 2000, 2003; Krüger, 2008). Seit den 2000er Jahren hat sich die IKT rasant weiterentwickelt: Mit schnelleren Verbindungsgeschwindigkeiten sind vermehrt Cloud- und mobile Plattformen entstanden, die die Art und Weise verändert haben, wie Unternehmen Rechenressourcen nutzen und Daten auswerten. Die mit der Digitalisierung verbundenen Technologien haben das Potenzial, die Effizienz und Effektivität von Unternehmensprozessen zu steigern (Hölzl et al., 2019). Im internationalen Vergleich der Verbreitung und Nutzung von digitalen Technologien liegt Österreich, trotz der Ambitionen europäischer Innovationsführer zu werde, hinter vergleichbaren europäischen Ländern (Hölzl et al., 2019; Peneder et al., 2016).

Der IKT-Sektor produziert Güter und Dienstleistungen, die der „Digitalisierung“ bzw. der „digitalen Transformation“ zugrunde liegen. Hiermit ist die Nutzung digitaler Technologien gemeint, die soziale und vor allem wirtschaftliche Auswirkungen hat (Friesenbichler, 2015; Hölzl et al., 2019). Diese Intensität der Digitalisierung unterscheidet sich stark über Firmen und Branchen hinweg (Calvino et al., 2018; Michael Peneder et al., 2019).

Um die Vielschichtigkeit der Digitalisierungsprozesse abzubilden wurde ein „Digitalisierungsradar“ erstellt. Dieser Indicatorsatz basiert auf mehrere Vorarbeiten, unter anderem auf

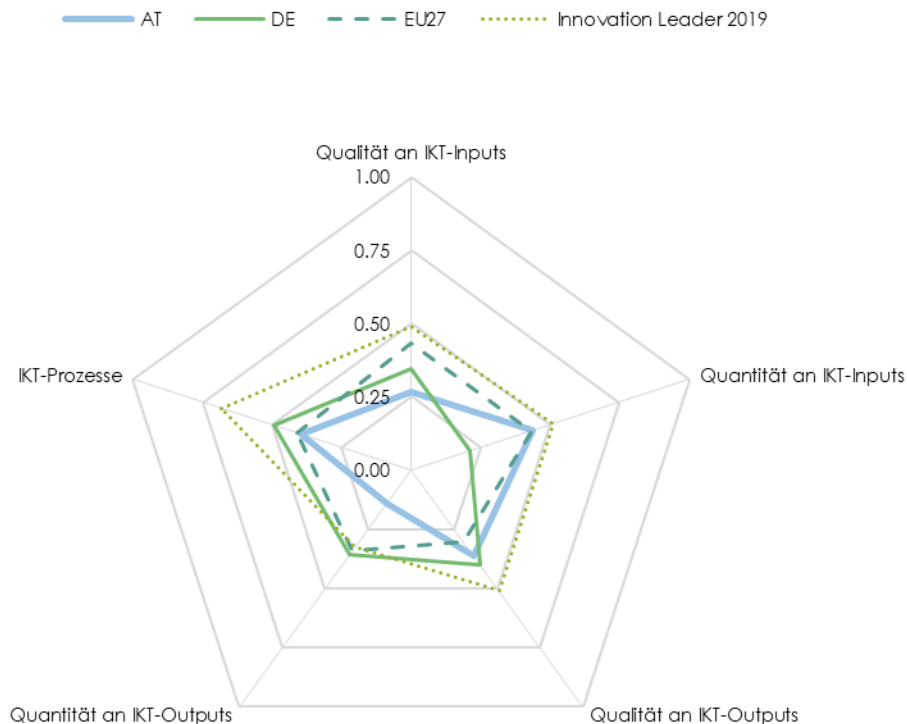
WIFO-Studien im Auftrag der Wirtschaftskammer Österreich (Kügler et al., 2020), der Europäischen Kommission (Hözl et al., 2019; Kügler et al., 2019) und einer Studie der Wirtschaftskammer Österreich (WKO, 2017). Der „Digitalisierungsradar“ berücksichtigt sowohl die zur Verfügung stehenden und verwendeten Ressourcen der Unternehmen als auch den Digitalisierungsprozess und den IKT Output, um den digitalen Wandel in Österreichs Unternehmenssektor abzubilden. So sind etwa Mittel wie gut ausgebildete Fachkräfte und eine verfügbare Infrastruktur, um Unternehmensprozesse zu automatisieren und in Echtzeit zu verfolgen zu können Voraussetzung für den Einsatz digitaler Technologien. Digitale Technologien können sämtliche Prozesse in und zwischen verschiedenen Funktionsbereichen eines Unternehmens wie der Fertigung, den Vertrieb oder die Buchhaltung unterstützen. Ein erfolgreicher Einsatz von neuen Technologien bietet die Möglichkeit von Kosten- und Zeitersparnissen, zuverlässigen Dienstleistungsangeboten und kürzen Reaktions- und Lieferzeiten zu profitieren. Die Qualität und Quantität an IKT Output zeigt daher, wie erfolgreich österreichische Unternehmen Inputs und digitale Prozesse einsetzen können.

Die Leistungsfähigkeit der österreichischen digitalen Wirtschaft kann somit anhand

- (1) der **Qualität an IKT Inputs** (Beschäftigung IKT Fachkräfte, IKT Kapitalleistungen, IKT Bruttoanlageinvestitionen, MINT Absolventen, IKT Neugründungen)
- (2) der **Quantität an IKT Inputs** (F&E-Beschäftigte im IKT Sektor, F&E Ausgaben im IKT Sektor, Problemlose Einstellung von IKT-Fachkräften, schnellwachsende Unternehmen im IKT Sektor),
- (3) der **IKT Prozesse** (Big Data Analysis, Cloud Computing, E-Commerce, Enterprise Resource Planning, Integration Zulieferer, Radiofrequenz-Identifikationssysteme, Soziale Medien),
- (4) der **Quantität an IKT Outputs** (Wertschöpfung IKT Sektor, Wertschöpfung IKT-Vielnutzer, Exportanteil IKT-intensive Produkte, E-Commerce Umsätze) und
- (5) der **Qualität an IKT Outputs** (Komplexität IKT-intensiver Produkte, Triadische IKT Patente, IKT Patentzitationen von IKT-Technologien und Nicht-IKT-Technologien)

gemessen und in der jeweiligen Dimension mit anderen EU-Ländern verglichen werden. Über alle Dimensionen hinweg bilden Nordeuropa und Teile Westeuropas, wie etwa die Niederlande, Irland, Luxemburg, Schweden und Finnland die Spitzengruppe. Schweden, Finnland, Dänemark und Niederlande sind die Innovation Leaders innerhalb Europas.

Die querschnittlichen normalisierten Indikatoren der einzelnen Dimensionen des „Digitalisierungsradar“ sind im Ländervergleich in Abbildung 5 dargestellt. Die Indikatoren schwanken zwischen Null und Eins, wobei ein höherer Wert einen Vorteil in der jeweiligen Dimension relativ zu anderen Ländern darstellt.

Abbildung 5: **Digitalisierungsradar: Österreichs Performance im internationalen Vergleich**

Q.: WIFO-Berechnung, Digitalisierungsradar, Innovation Leader 2019: Schweden, Finnland, Dänemark, Niederlande.

Österreich schneidet in der Dimension Quantität an IKT-Inputs am besten ab, liegt dabei knapp über dem Durchschnitt der EU27, jedoch hinter der Gruppe der Innovation Leader. In der Dimension „Qualität der IKT-Inputs“ liegt Österreich an letzter Stelle, weit hinter den Innovation Leaders. Die Qualität der IKT-Inputs ist maßgeblich, um international wettbewerbsfähig zu bleiben und weist darauf hin, dass die Qualität der zur Verfügung stehenden Infrastruktur um digitale Lösungen und Anwendungen einsetzen und effizient nutzen zu können im internationalen Vergleich ausbaufähig ist. Dieser Indikator zeigt ebenfalls die Dynamik im Wirtschaftsbereich auf. Gründungen und schnell wachsende Unternehmen sind Ausdruck von ökonomischen Reallokationsprozessen, die auch für die Diffusion von Technologien relevant sind, weil neue Unternehmen oft Träger neuer Technologien und neuer Geschäftsmodelle sind.

Die Gründungs- und die Fluktuationsrate von Unternehmen, aber auch der Anteil der schnellwachsenden Unternehmen im IKT-Sektor bleiben in Österreich hinter den Vergleichsländern zurück. Österreichs Anteil an schnellwachsenden Unternehmen im IKT-Sektor liegt mit 14% unter dem europäischen Durchschnitt. Zudem berichteten im Jahr 2018 mehr als drei Viertel der Unternehmen in Österreich, dass sie Schwierigkeiten hatten IKT-Fachkräfte einzustellen. Im

Vergleich zu anderen EU Ländern, hatten nur Unternehmen in Tschechien und Malta ähnlich große Schwierigkeiten bei der Einstellung von passenden IKT-Fachkräften.

Die Verbreitung des Einsatzes von neuen Technologien, Software und Dienstleistungen, die Fähigkeit die Effizienz und Produktivität von Unternehmen zu steigern und die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern werden mit der IKT-Prozessdimension gemessen. Bei der Adoption von IKT-Prozessen liegt Österreich knapp hinter dem EU Durchschnitt, aber weit hinter den Innovation Leaders und auch Deutschland. Der Einsatz von Unternehmenssystemen zum Management und Automatisierung von Geschäftsprozessen und dem Lieferkettenmanagement (z.B. durch Enterprise Resource Planning Systems) erleichtert die Integration verschiedenster Funktionen in ein Gesamtsystem und erleichtert die effiziente Nutzung von Geschäftsressourcen und steigert so die Produktivität eines Unternehmens. Österreich liegt bei dem Einsatz von solchen Unternehmenssystemen im europäischen Spitzenfeld, gleichauf mit den Innovation Leaders. So nutzen z.B. 40% österreichischen Unternehmen Enterprise Resource Planning Systeme. Das „Digitalisierungsradar“ zeigt auf, dass die gute österreichische Platzierung auf den verbreiteten Einsatz an digitalen Managementsystemen sowohl bei kleinen als auch großen Unternehmen im Bereich der Herstellung von Computern, elektronischen und optischen Erzeugnissen und Maschinenbau, sowie in der Mineralölverarbeitung und der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen zurückgeführt werden kann.

Die geringe Größe des IKT-Sektors in Österreich führt zu einer insgesamt geringeren Quantität an IKT-Outputs im Vergleich zu anderen EU-Staaten. Die Wertschöpfung des IKT-Sektors in Österreich beträgt lediglich 5,7%, einer der niedrigsten Anteile EU-weit (EU Durchschnitt 7,8%). Auch der Anteil an IKT-intensiven Produkten an den gesamten österreichischen Exporten liegt mit 4,2% weit unter dem Durchschnitt der EU-Mitgliedsstaaten (6,4%).

In der Dimension der Qualität an IKT-Outputs steht Österreich hingegen besser da als der EU Durchschnitt, dennoch deutlich hinter den Innovation Leaders und auch hinter Deutschland. Auch wenn der Anteil an IKT-intensiven Produkte relativ niedrig ist, so weisen die IKT-Exporte eine hohe Komplexität und Qualität auf. Österreich ist hier Spitzenreiter in der EU. Die Diffusion von IKT kann anhand von IKT-Patentzitationen gemessen werden. Österreich meldete weniger triadische Patente an als der EU-Durchschnitt⁴. Jedoch liegt die Zahl der IKT-Patentzitationen von anderen IKT-Patenten mit 0,9 Zitationen pro Mio. EinwohnerInnen als auch von anderen Technologieklassen mit 0,8 pro Mio. EinwohnerInnen Zitationen knapp über dem EU-Durchschnitt bzw. im EU-Durchschnitt. Die Gruppe der Innovation Leader kommt jedoch durchschnittlich auf fast doppelte so viele IKT-Patente (1,5 pro Mio. EinwohnerInnen), die außerhalb von IKT-Technologieklassen zitiert werden.

⁴ Die bevölkerungsbereinigte Zahl der triadischen Patentanmeldungen in Österreich liegt 1,3 Anmeldungen pro eine Millionen EinwohnerInnen unter dem EU-Durchschnitt von 3,3 Anmeldungen pro Millionen EinwohnerInnen.

3.3 Datennetze als notwendige Bedingung

Die Grundlage für zahlreiche Aspekte der Digitalisierung bildet ein breitbandiger Internetzugang mit hinreichenden Übertragungsgeschwindigkeiten, ohne den man zahlreiche Anwendungen nicht nutzen könnte. Somit werden Breitbandnetze zu einem Kernstück der Infrastruktur, die von einer digitalisierten Gesellschaft benötigt wird.

Der Wunsch, möglichst gute Netze zur Verfügung zu stellen findet in der europäischen Wirtschaftspolitik ihren Widerhall. So werden, um Wachstum und Beschäftigung zu forcieren, in Wirtschaftsstrategien häufig politisch gesetzte Ausbauziele verlautbart. Zum Beispiel wurde in „Europa 2020“, einer Wachstumsstrategie der Europäischen Union, oder der damit verbundenen „digitalen Agenda“, der IKT-Strategie der EU, unter anderem eine Breitbandversorgung aller EU-Bürger mit 30 Mbit/s oder mehr bis 2020 anvisiert. Die Hälfte aller Haushalte sollte bis dahin Zugriff auf eine „ultraschnelle“ Breitbandversorgung mit mindestens 100 Mbit/s haben (Europäische Kommission, 2010).

Diese wirtschaftspolitische Dynamik wurde auch seitens der österreichischen Entscheidungsträger widerspiegelt. Die Ziele wurden ambitionierter gesetzt als jene der EU. Das Ziel war, bis 2020 eine nahezu flächendeckende Versorgung der Bevölkerung Österreichs mit ultraschnellem Breitband zur Verfügung zu stellen. Darunter wird eine Verbindungsgeschwindigkeit von 100 Mbit/s verstanden (damit kann z.B. der Inhalt einer DVD in rund 7 Minuten heruntergeladen werden).⁵

3.3.1 Österreichs Festnetzverfügbarkeit im internationalen Vergleich

Im Frühjahr 2021, dem Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Studie, zeigen Statistiken zur Netzabdeckung, ob die wirtschaftspolitische Zielsetzung erreicht werden konnte. Hierfür werden Informationen zur Verfügbarkeit des leitungsgebundenen Datennetzes herangezogen. Auf die Darstellung des Mobilfunksektors (inkl. einer separaten 5G-Aufarbeitung) wird verzichtet, da auch mobile Technologien die leitungsgebundenen Netze als Grundlage benötigen.

Drei Indikatoren werden aufgearbeitet:

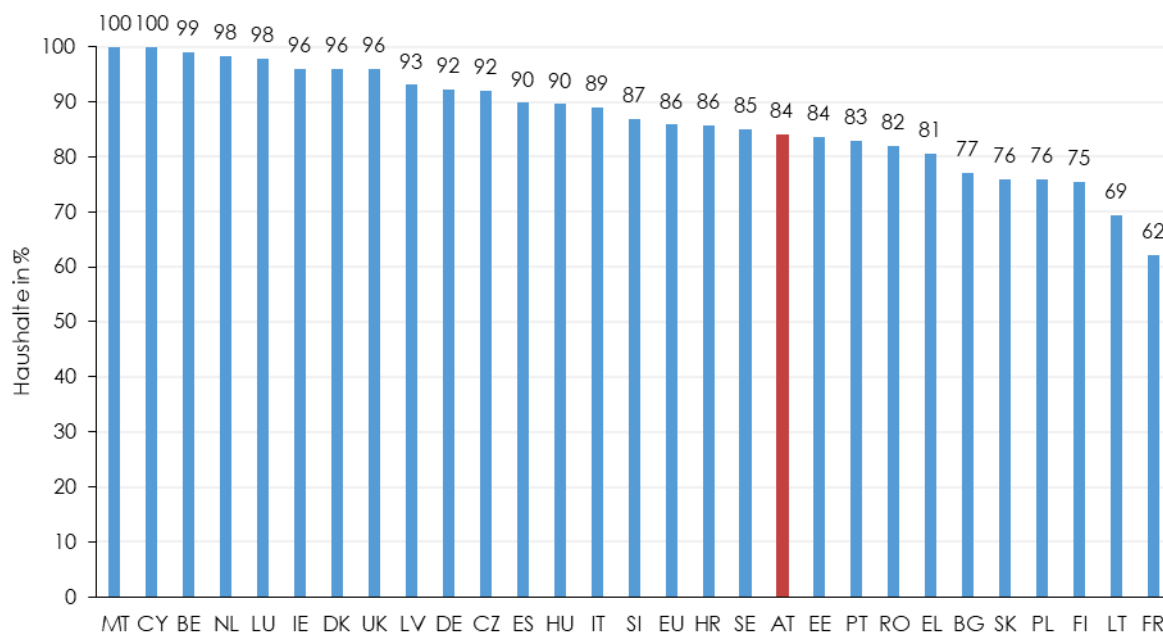
- Die Verfügbarkeit von Breitbandnetzen mit einer Übertragungsrate von mind. 30 Mbit/s
- Die Verfügbarkeit von Breitbandnetzen mit einer Übertragungsrate von mind. 100 Mbit/s
- Die Verfügbarkeit von sogenannten „Very High Capacity Networks“

84% aller Haushalte in Österreichs hatten 2019 einen Zugang zu einer Breitbandverbindung von mindestens 30 mbit/s. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass etwa jeder zehnte Haushalt weiterhin keine „Basisversorgung“ mit Breitband hat. Im EU-Vergleich liegt Österreich an 18. Stelle. Die Reihung wird von jenen Ländern angeführt, die eine hohe Bevölkerungsdichte haben bzw. wo sich die Bevölkerung in Ballungszentren konzentriert. Dies sind Malta, Zypern, Belgien,

⁵ Siehe <https://www.ffg.at/content/breitband-austria-2020-0> (abgerufen am 22.2.2021).

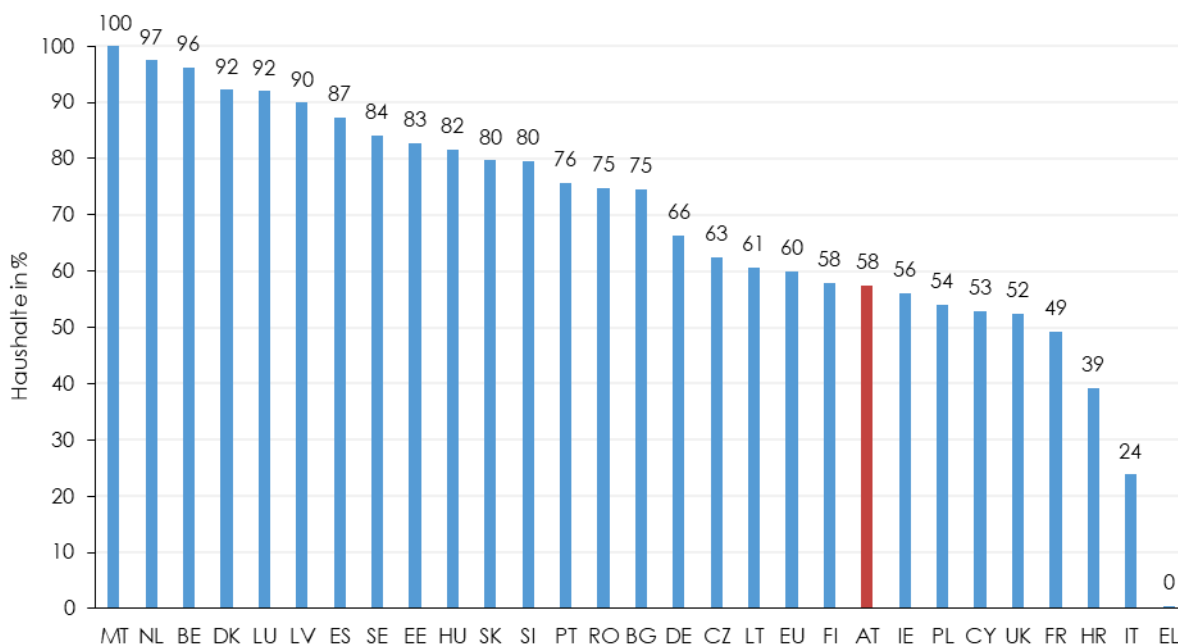
Niederlande und Luxemburg. Frankreich und Lettland sind die Länder mit der niedrigsten Versorgungsrate (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: **Netzabdeckung mit fixem Breitband (NGA-Coverage mit 30 Mbit/s, 2019)**



Q.: DESI 2020 (EK, Eurostat), WIFO-Darstellung. Anm.: Fixe Breitbandabdeckung mit mind. 30 Mbit/s im Download (FTTH, FTTB, Cable Docsis 3.0 und VDSL).

Eine Analyse des Ausbauziels von 100 mbit/s wird durch die Datenverfügbarkeit erschwert. Die relevanten Zeitreihen sind nur bis 2018 verfügbar. 58% der österreichischen Haushalte waren 2018 mit Leitungen versorgt, die Übertragungsraten vom mindestens 100 mbit/s zulassen. Somit wurde das wirtschaftspolitische Ziel der flächendeckenden Versorgung klar verfehlt. Das internationale Ranking wird von Malta, den Niederlanden, Belgien, Dänemark und Luxemburg angeführt. Auffällig ist auch, dass die vor allem osteuropäische, insbesondere die baltischen Staaten gut abschneiden. Hier wurde im Zuge der Erneuerung der Infrastruktur die neueste Übertragungstechnologie ausgerollt. Technologisch wurde somit die langsamere, auf Kupferkabel basierende Übertragungstechnologie übersprungen („Leapfrogging“). Deutlich abgeschlagen ist vor allem Griechenland, aber auch Italien und Kroatien hinken hinterher (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7: **Netzabdeckung von ultraschnellem Breitband (Coverage mit 100 Mbit/s, 2018)**

Q.: DESI 2019 (EK, Eurostat), WIFO-Darstellung. Anm.: Fixe Breitbandabdeckung von mind. 100 Mbit/s im Download (FTTH, FTTB und Cable Docsis 3.0).

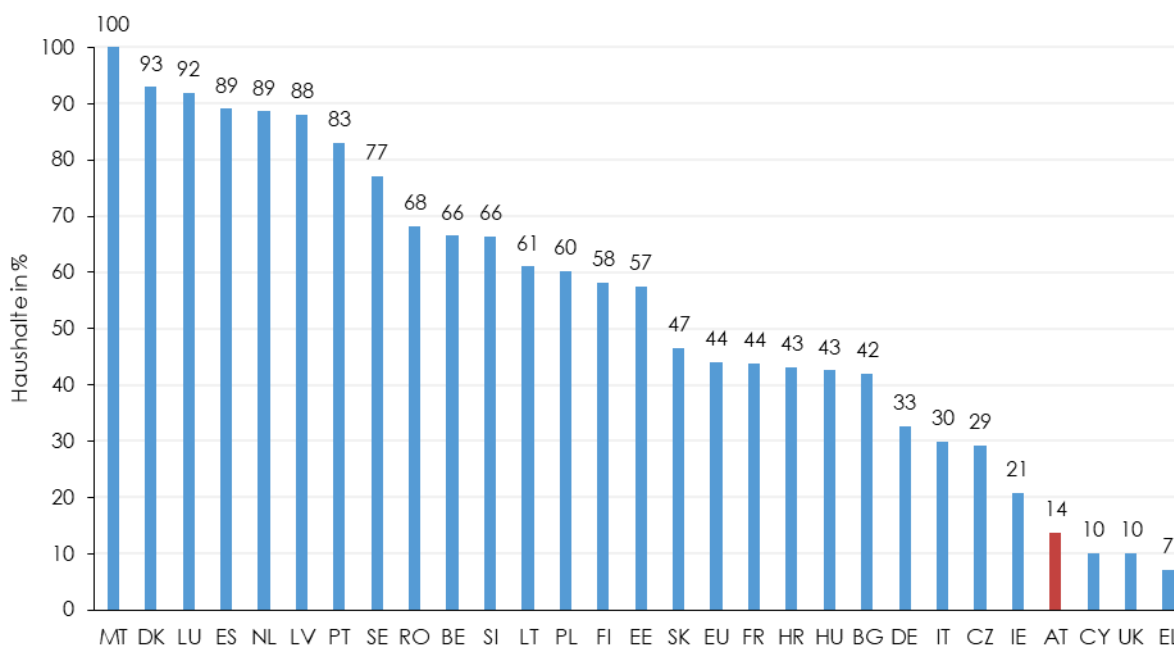
Die statistische Messung tatsächlicher Übertragungsraten

Die verfügbaren Statistiken über die Übertragungsgeschwindigkeit basieren auf Meldungen von Telekomaniern über bereitgestellte maximale Übertragungsgeschwindigkeiten. Dies betrifft auch die räumliche Verteilung der Übertragungsraten in Österreich, die im „Breitbandatlas“ berichtet werden, welcher Daten auf Basis von 100×100 Meter-Rasterzellen ausweist. Es werden hier sowohl die aktuellen festen und mobilen Breitbandversorgungsraten als auch all jene Gebiete ersichtlich, in denen der Ausbau gefördert wird im Rahmen der Initiative Breitband Austria 2020 (BBA2020). Diese gemeldeten Werte stellen eine Obergrenze dar und weichen üblicherweise von den tatsächlichen Übertragungsraten ab. Diese können aufgrund technischer Gegebenheiten deutlich unter der Kapazitätsgrenze liegen, aber auch, weil die maximale Download-Geschwindigkeit durch die Tarifwahl der Konsumenten nicht ausgeschöpft wird. Beispielsweise wird in einer WIFO-Studie im Auftrag der Verbindungsstelle für die Bundesländer illustriert, dass die Korrelation zwischen den Geschwindigkeiten, die im Breitbandatlas ausgewiesen werden und den Geschwindigkeiten, die sich aus dem RTR-Netztest ergeben, lediglich niedrig ist.

Die öffentliche Hand sammelt mit dem RTR-Netztests Informationen über die tatsächlichen Übertragungsgeschwindigkeiten.⁶ Eine Nutzung der über einen längeren Zeitraum durchschnittlichen effektiven Übertragungsraten für die Versorgungskarte wäre wünschenswert um die Abweichungen der gemeldeten von den technisch umgesetzten Netzen zu berücksichtigen.

Die Europäische Kommission weist im „Digital Economy and Society Index“ einen Indikator zur Verfügbarkeit der schnellsten Übertragungstechnologien aus, den Very High Capacity Networks, VHCN. Hier ist Österreich an viertletzter Stelle im Ranking, nur Zypern, Griechenland und das aus der EU ausgetretene Vereinigte Königreich liegen schlechter. Geführt wird das Ranking wieder von Malta, Dänemark und Luxemburg (Abbildung 8).

Abbildung 8: **Netzabdeckung von fixem Breitband mit sehr hoher Kapazität (VHCN, 2019)**



Q.: DESI 2020 (EK, Eurostat), WIFO-Darstellung. Anm.: Fixe Breitbandabdeckung mit einem beliebigen VHCN (FTTH und FTTB für 2015-2018; FTTH, FTTB und Cable Docsis 3.1 für 2019). Die Werte sind Punkte. VHCN is either an electronic communications network which either consists wholly of optical fibre elements at least up to the distribution point at the serving location or an electronic communications network which is capable of delivering under usual peak-time conditions similar network performance in terms of available down and uplink bandwidth, resilience, error-related parameters, and latency and its variation (https://www.deep-in-network/deepin/wp-content/uploads/2019/06/TALEVI_Fastweb-1.pdf, abgerufen am 22.2.2021).

⁶ Siehe <https://breitbandatlas.gv.at/> und <https://www.bmlrt.gv.at/telekommunikation-post/breitband/breitbandatlas.html> (abgerufen am 17.3.2021).

3.3.2 Die „Breitbandmilliarde“ und wirtschaftspolitische Zielsetzungen

Es lässt sich festhalten, dass das Ziel der Breitbandstrategie 2020 (annähernd) alle unversorgten Wohnsitze per Jahresende 2020 mit schnellen Breitbandanschlüssen von mindestens 100 Mbp/s zu versorgen (bmvit, 2014) nicht realisiert werden konnte. Dennoch hat die Wirtschaftspolitik mit der „Breitbandmilliarde“ auch finanzielle Impulse gesetzt, die den Ausbau beschleunigt haben (siehe Textkasten).

Die „Breitbandmilliarde“: Programmübersicht und Evaluierungsergebnisse

Um den Netzausbau zu beschleunigen wurde das Förderprogramm Breitband Austria 2020 (BBA 2020) umgesetzt. Gefördert wurde der Netzausbau durch Telekommunikationsunternehmen und Gemeinden durch Bundesmitteln. Die Förderung war für den Zeitraum 2016 bis 2020 anberaumt. Die Abwicklung erfolgte in drei Phasen, wobei die ersten beiden Phasen (2015/16 und 2017/18) bereits evaluiert wurden (Neumann et al., 2020).

Insgesamt stand für BBA 2020 ein Budgetvolumen von 980 Mio. Euro („Breitbandmilliarde“) zur Verfügung. In den ersten beiden Förderphasen, die mit 2018 endeten, wurde erst knapp die Hälfte der Fördermittel vergeben. Damit liegt Breitband Austria 2020 deutlich unter dem Zielwert von 70%. Dieser deutliche Rückstand ist einerseits im verspäteten Start der Programme und andererseits in der nicht vollständigen Ausschöpfung aller jeweils ausgeschriebenen Fördermittel begründet (Böheim & Bärenthaler-Sieber, 2021).

Trotz der Nichterreicherung der ambitionierten wirtschaftspolitischen Vorgaben zeigen die Evaluierungsergebnisse, dass die Förderung wesentlich zum Abbau von Versorgungslücken mit schnellem Breitband beigetragen haben. Vor Beginn der Umsetzung des Masterplans (Referenzzeitpunkt 01.01.2014) waren von den 9,68 Mio. Wohnsitzen (Haupt- und Nebenwohnsitze) österreichweit 1,843 Mio. Wohnsitze (bzw. 19%) mit „unversorgt“. Durch die an Förderungsnehmer in den Phasen 1 und 2 vergebenen Förderungsmittel werden insgesamt 951.654 Wohnsitze neu versorgt, davon 385.959 in Phase 2 und 565.695 in Phase 1. Damit werden insgesamt ca. 52% der bisher unversorgten Wohnsitze neu versorgt (Böheim & Bärenthaler-Sieber, 2021).

Verbesserungspotential sehen die Evaluatoren vor allem in drei Punkten. Erstens ist der Masterplan aus politischen Gründen etwa ein Jahr später als ursprünglich geplant zur Umsetzung gelangt. Zweitens dauerte die Umsetzung der Förderungsprojekte, d.h. die effektiven Investitionen, länger als geplant. Drittens leisten nicht alle bereits geförderten FTTC-Technologien eine Verfügbarkeit von mehr als 100 Mbp/s. Anfangs garantierten manche Projekte nur eine Download-Geschwindigkeit mind. 30 Mbp/s. Eine entsprechende Forcierung von FTTH in der dritten Phase erscheint zur Zielerreichung dringend geboten (Böheim & Bärenthaler-Sieber, 2021).⁷

⁷ FTTC steht für „Fibre to the curb“ und FTTH für „Fibre to the home“.

Auch wenn es zu Verbesserungen der Netzkapazitäten kam, ist der Ruf nach einem weiteren Ausbau, insbesondere in ruralen Gebieten, nicht verhallt. Es zeichnet sich ein weiterer Anstieg datenintensiver Dienste ab. Beispielsweise sind dies die „intelligente Produktion“ bzw. „Industrie 4.0“, Ambient-Assisted-Living (z.B. intelligentes Wohnen, Telemedizin und -pflege), dem weiteren Erschließen neuer Distributionskanäle (z.B. Video-on-Demand) oder den vermehrten Einsatz von Cloud-Computing (Friesenbichler, 2015).

Die „Breitbandstrategie 2030“ des BMLRT greift die Thematik auf und nennt folgendes Ziel (BMVIT, 2019): *„Bis 2030 ist Österreich flächendeckend mit symmetrischen Gigabit-fähigen Zugangsnetzen versorgt. Ein engmaschiges Glasfasernetz in Verbindung mit einer universell verfügbaren mobilen Versorgung ermöglichen jeder Bürgerin und jedem Bürger, jedem Unternehmen und allen öffentlichen Einrichtungen die Chancen und technischen Möglichkeiten der Digitalisierung überall im Land zu gleichen Bedingungen zu nutzen. Österreich wird dadurch eine Vorreiterstellung in der Digitalisierung Europas einnehmen und seine Position im europäischen und internationalen Wettbewerb absichern bzw. weiter ausbauen.“*

Eine Umsetzung der flächendeckenden Verfügbarmachung der EU-weiten Ziele würde nach älteren Schätzungen der Europäischen Kommission Investitionen in der Größenordnung von 250 Mrd. € erfordern (European Commission, 2013). Während die Zielfestlegung auf europäischer Ebene erfolgt, obliegt die Zielerreichung den einzelnen Mitgliedstaaten. Aktuellere Schätzungen für Österreich gehen von einem Investitionsbedarf von 5 bis 8 Mrd. € aus. Für die Schaffung einer flächendeckenden Glasfaserinfrastruktur in einem die Obergrenze darstellenden Greenfield-Ansatz⁸ wird der Investitionsbedarf auf 10 bis 12 Mrd. € geschätzt (BMVIT, 2019). Alternative Schätzungen, die stärker die marktliche Situation in Österreich berücksichtigen, gehen von einem Investitionsbedarf für flächendeckende Glasfaser von 7 bis 9 Mrd. € in Österreich aus (Neumann et al., 2020).

Die jährlichen Investitionen in die technische Infrastruktur betragen 2019 samt Förderung circa 683 Mio. €. Im Jahr 2018 lag dieser Wert bei 667 Mio. € (RTR, 2020). Die Umsetzung des Vollausbaus würde etwa 800 Mio. € erfordern. Bei einer aus der Vergangenheit fortgeschriebenen Förderung der öffentlichen Hand von 300 Mio. € pro Jahr (Bund: 200 Mio. €, Länder: 100 Mio. €) würde ein privatwirtschaftlicher Investitionsbedarf von 500 Mio. p.a. verbleiben. Bei derzeitigen Investitionen der Telekommunikationsbetreiber in die passive Infrastruktur in der Größenordnung von 300 Mio. € p.a. müssten die Investitionen um etwa 200 Mio. p.a. gesteigert werden. Das bedeutet eine Erhöhung der Investitionen der Telekommunikationsindustrie um ein Drittel (Böheim & Bärenthaler-Sieber, 2021; Neumann et al., 2020).

⁸ Gemäß dem sog. Greenfield-Ansatz wird in alle Netzelemente neu investiert. Berücksichtigt man dagegen, dass es bereits einen bestimmten Ausbaustand mit Glasfasernetzen und Glasfaser-Netzelementen gibt und bezieht man weiterhin die durch Mitverlegung und Mitnutzung realisierbaren Investitionskostenersparnisse ein, ist von einem deutlich niedrigeren noch darzustellenden Investitionsbedarf auszugehen. In diesem Sinn markiert der Greenfield-Ansatz eine absolute Obergrenze der notwendigen Investitionen (Böheim & Bärenthaler-Sieber, 2021).

3.3.3 Ausbaumodelle

Wie bei Infrastrukturausbauten üblich handelt es sich bei Telekomnetzen um einen „Supply Push“, das heißt zuerst werden Netze errichtet und die Nachfrage folgt, teils stark zeitverzögert mit der Verfügbarkeit von Applikationen (Friesenbichler, 2012; Rappoport et al., 2003). Dies erweitert den Planungshorizont und erhöht das Risiko privatwirtschaftlicher Investitionen, was sich wiederum negativ auf die Investitionsneigung privater Unternehmen auswirkt. Die öffentliche Hand nennt in rezenten Dokumenten die Nachfrageförderung als einen expliziten Ansatzpunkt (BMLRT, 2020). Demgegenüber stehen die wirtschaftspolitischen Ausbauziele, weshalb der Ruf nach staatlicher Intervention laut wird. Der Beihilfenrahmen der EU setzt diesem keine Grenzen und erlaubt neben den in Österreich bereits umgesetzten Förderungen auch diverse Public-Private-Partnership (PPP) Modelle im engeren Sinne (Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau, 2013). Das Aufweichen des privaten Versorgungsmodells spiegelt auch den Zielwiderspruch zwischen den einstigen Liberalisierungszielen von niedrigen Preisen einerseits und investitionsgetriebenen Investitionen andererseits wider (Friesenbichler, 2007).

In PPP-Modellen kommt es zum gemeinsamen Bau bzw. Betrieb der Netze durch öffentliche und private Akteure. Zuerst muss, meist auf regionaler Ebene, entschieden werden ob ein PPP-Modell tragbar ist. Das hängt von der Bereitschaft von staatlichen Akteuren ab, Risiken mit privaten Unternehmen zu teilen und eventuell auch am Netzbetrieb teilzuhaben. Fällt die Entscheidung für ein PPP-Modell, richtet sich die Wahl des Ausbaumodells neben der Risikobereitschaft des öffentlichen Sektors nach den Anforderungen an die Infrastruktur. PPP-Modelle wurden in unterschiedlichen Ausprägungen sowohl in urbanen als auch ruralen Regionen der EU umgesetzt (European PPP Expertise Centre, 2012; Friesenbichler, 2015).

Für ländliche Regionen in Österreich bietet sich ein Modell mit hohem staatlichem Engagement an, in dem der Staat die Netze errichtet und über ein eigens dafür gegründetes Unternehmen die Netze betreibt. Breitbandanbietern wird ein diskriminierungsfreier Netzzugang auf Vorleistungsebene zur Verfügung gestellt. Denkbar wäre auch ein Modell, in dem die Breitbandnetze von einem Konzessionär verwaltet werde. Das Netz bleibt somit im öffentlichen Eigentum und der Betrieb wird im Rahmen einer wettbewerblichen Ausschreibung einem kommerziellen Betreiber übertragen wird. Dieser betreibt es auf Vorleistungsebene.

Die Umsetzung von PPP-Modellen stellt jedoch hohe Anforderungen an die öffentliche Hand. Etwa werden beträchtliche Investitionsvolumina trotz knapper öffentlicher Haushalte benötigt, um Skalenerträge zu lukrieren und die Transaktionskosten auf größere Projekte zu verteilen. Daher sind größere Projekte sind zu bevorzugen, auch um fragmentierte, kleinteilige Lösungen der Netzarchitektur zu vermeiden. Zudem muss in der öffentlichen Hand das Know-how gebildet werden, damit der öffentliche Vertragspartner das Wissen besitzt um mögliche Informationsasymmetrien dem privaten Partner gegenüber auszugleichen, sowie den Ansprüchen des Beihilfenrechts, der sektorspezifischen Regulierung und einer guten Förderpraxis gerecht zu werden (Friesenbichler, 2015).

Design, Bau und Betrieb in öffentlicher Hand: Asturcon und österreichische Initiativen

In diesem PPP-Modell behält der Staat weitestgehend die Kontrolle. Der Staat bzw. ein Staatsbetrieb errichtet das Netz indem Verträge mit Vorleistungsbetrieben abgeschlossen werden. Das Netzdesign und die operative Umsetzung obliegen dem Staat. Das Netz befindet sich im Staatseigentum und wird von einer separat gegründeten Vermarktungsgesellschaft privaten Anbietern von Telekommunikationsdiensten zur Verfügung gestellt. Dieses Modell ist insbesondere dann attraktiv, wenn beträchtliche Gelder aus Kohäsionsfonds zur Verfügung stehen. Dieses Modell wird auch im Leitfaden der Europäischen Kommission für Breitband-Investition (Three Layer Open Model) empfohlen.⁹

Zum Beispiel errichtete Asturcon Ende der 2000er Jahre ein modernes Breitbandnetz in Asturia, einer strukturschwachen, ehemaligen Bergbauregion Spaniens. Das Investitionsvolumen von 55 Millionen Euro wurde aus nationalen und europäischen Fördergeldern aufgebracht. Die Investitionskosten wurden durch Kooperationen im öffentlichen Bereich verringert. Die Übertragungsraten sind nach Nutzern differenziert und sehen 100/100 mbit/s (d.h. Download / Upload) für Unternehmen und 100/20 Mbit/s für Privatpersonen vor. Vor der Intervention bestand der Netzplan in Asturia aus zahlreichen weißen Flecken. Zudem beschränkt sich das Projekt auf Gegenden mit relativ hoher Bevölkerungsdichte und geringer Wettbewerbsintensität auf den Konsumentenmärkten. Eine Vermarktungsgesellschaft (GIT) wurde eigens gegründet um NGA-Vorleistungen privaten Anbietern von Telekomdiensten zugänglich zu machen (EPEC, 2012; Friesenbichler, 2015; Friesenbichler & Strauss, 2014).

In den letzten Jahren sind ähnlich strukturierte österreichische Initiativen entstanden. Beispielsweise werden durch die niederösterreichische nÖGIG passive Infrastrukturen in vier Modellregionen errichtet. Passive Infrastrukturen sind die physikalischen Anbindungen der Gebäude an die überregionalen Internet-Netzübergabepunkte. Die Infrastruktur bleibt im Eigentum der öffentlichen Hand des Landes Niederösterreich. Die Infrastruktur wird an einen neutralen Netzbetreiber verpachtet und die Leitungen werden diskriminierungsfrei für Internet Service Provider (ISP) geöffnet.¹⁰ Die nÖGIG errichtet nicht nur Infrastruktur, sondern stellt auch „Best Practices“ für Gemeinden zur Verfügung.

3.4 Hebel zur Beschleunigung Digitalisierung

Aus diesen Überlegungen lassen sich mehrere Schlussfolgerungen für die österreichische Digitalisierungspolitik ableiten. Diese lassen sich grob in drei Blöcke gliedern: (1) der Priorisierung von IKT-Politiken, (2) der Prozessbegleitung von Firmen bei der Umsetzung von IKT-Projekten (3), die allgemeine Verfügbarkeit von IKT-Qualifikationen, und (4) der Forcierung des Netzausbaus.

⁹ Siehe <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/broadband-investment-guide> (abgerufen am 17.3.2021).

¹⁰ Siehe <https://www.noegig.at> (abgerufen am 17.3.2021).

Straffung der Kompetenzen, Priorisierung der IKT-Politikfelder, quantifizierbare Ziele

Digitalisierung ist Querschnittsmaterie. Die Kompetenzen der Digitalisierungspolitik wurden in der Vergangenheit gestrafft, etwa mit der Gründung des Bundesministeriums für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort oder der Einführung von Ansprechpartnern in den Ministerien, den Chief Digitalisation Officers. Diese Bemühungen seitens der öffentlichen Hand sollten weitergeführt werden.

Ein Beispiel einer gebündelten Plattform befindet sich in Litauen, wo mit „Digital Lithuania – A Hub for Innovation“ eine Plattform für Cyber-Security, E-Business und E-Government inklusiver einiger „Best Practices“ umgesetzt wurde.¹¹

„Digital Austria“, die Initiative der Bundesregierung für die Digitalisierung in Österreich, hat sich zum Ziel gesetzt, *„Österreich zu einer führenden Digitalnation weiterzuentwickeln, um Wohlstand, Arbeitsplätze und Lebensqualität langfristig zu sichern und auszubauen. Digital Austria informiert über Chancen und Erfolgsprojekte, vernetzt Akteure und setzt Schwerpunkte für die Zukunft.“*¹² Die Initiative untergliedert sich in die Aktionsfelder Wirtschaft; Staat; Bildung, Forschung und Innovation; Gesundheit und Pflege; sowie Sicherheit und Infrastruktur. Derzeit wird eine Vielzahl von Zielen wirtschaftspolitisch verfolgt, was dem Naturell des Themas als Querschnittsmaterie entspricht. Dennoch sollte die IKT-Politik eine explizite Priorisierung von Politikfeldern vornehmen, die derzeit nicht erkennbar ist. Diese Studie schlägt drei Hauptansatzpunkte vor: Breitbandnetze, Aus- und Weiterbildung und Prozessinnovationen, die IKT-Investitionen begleiten.

Die Veröffentlichung quantifizierbarer Ziele und „Monitoring und Evaluierung“ Maßnahmen sollten die Grundlage einer evidenzbasierten IKT-Politik bilden.

IKT-Prozesse und Managementkapazitäten in KMU forcieren

Zudem zeigen sich Schwächen in der Nutzung von prozessbezogenen IKT-Diensten, während das Niveau der IKT-Investitionen sich im internationalen Durchschnitt befindet. IKT-Investitionen werden somit häufig nicht von innerbetrieblichen Reorganisationen begleitet, was die spärlichen Wachstumsbeiträge von IKT-Kapital zum Wirtschaftswachstum erklären könnte. Die Risiken von Investitionen in Digitalisierungsprojekte liegen primär in der Reorganisation von Unternehmensprozessen und der Auswahl geeigneter digitaler Lösungen. Die IKT-Diffusion sollte durch Awareness-Programme („know that“) und der Unterstützung von betrieblichen Prozessanpassungen bei IKT-Projekten („know-how“) gefördert werden, wie dies bereits im Programm „KMU-Digital“ geschieht.

Aufgrund der Reallokationswirkung kann eine geringere Unternehmensdynamik als indirekte Barriere für die Adoption digitaler Technologien betrachtet werden. Der Vorteil der organisatorischen Flexibilität von KMU (kleine, mittlere und Kleinstunternehmen) wird bei der Adoption

¹¹ Siehe <https://digital-lithuania.eu/> (abgerufen am 28.5.2021).

¹² Siehe <https://www.bmdw.gv.at/Themen/Digitalisierung/Strategien/Digital-Austria.html> (abgerufen am 3.5.2021).

von digitalen Technologien durch das Fehlen von Managementkapazitäten behindert. Managementkapazitäten sind oft notwendig, um ambitionierte Digitalisierungsprojekte umzusetzen, die wegen der erheblichen Komplementarität zwischen IKT-Investitionen, Organisation, Humankapital und Fähigkeiten der Beschäftigten häufig organisatorische Änderungen erfordern. Die hohen Investitions- und Reorganisationskosten, die durch die digitale Transformation auf Unternehmensseite entstehen, sowie das Fehlen von Know-how werden deswegen als wichtige Hemmnisse für die Digitalisierung kleinerer Unternehmen genannt. Dies kommt vor allem in peripheren Regionen zum Tragen, in denen häufig komplementäre Dienstleistungen nicht regional verfügbar sind (Firgo & Mayerhofer, 2016).

Allgemeine Verfügbarkeit von IKT-Qualifikationen

Zudem fordert die Digitalisierung eine Verbreitung der Wissensbasis und Produktionsanpassungen. Die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften und die Qualität der Ausbildung sichert langfristige die Wettbewerbsfähigkeit und fördert die Innovationskraft eines Landes. In diesem Zusammenhang ist auch die Attraktivität des österreichischen Standorts für internationale Fachkräfte zu nennen.

Die Vermehrte Nachfrage nach IKT-Qualifikationen stellt auch massive Anforderungen an das Bildungssystem (Details werden in Hölzl et al., 2019 diskutiert). Gerade die Maßnahmen im Rahmen der COVID-19 Pandemie haben Potential bei den Adressaten und den Lehrenden offengelegt. Zudem wird erwartet, dass mit voranschreitender Automatisierung, die oft mit der Digitalisierung einher geht und durch diese ermöglicht wird, der Druck am Arbeitsmarkt durch eine sich ändernde Arbeitsnachfrage weiterhin hoch bleibt. Hinreichende IKT-Kenntnisse sind ein wichtiger Bestandteil des Humankapitals, die das individuelle Risiko der Arbeitslosigkeit verringern.

Forcierung des Netzausbaus

Zudem ergeben sich mehrere Schlussfolgerungen bezüglich des Ausbaus der Datennetze. Diese betreffen das benötigte Budget, mögliche Ausbaumodelle und einige Anforderungen an die statistische Erfassung.

Ersten ist die notwendige Steigerung der Investitionen erheblich und realistischerweise von privaten Unternehmen nicht immer betriebswirtschaftlich darstellbar. Regulatorische Anreize zum Netzausbau wurden bereits mit der Novelle des Telekommunikationsgesetzes gesetzt.¹³ Die Weiterführung der Breitbandinitiative ist zu begrüßen. Diese weitergeführte Förderschiene sollte die Empfehlungen, die sich aus der Evaluierung der Breitbandinitiative ergaben, umsetzen (Neumann et al., 2020).

Unter anderem sind folgende Forderungen enthalten: Eine Neuausrichtung der Förderung, die Gigabit-fähige Anschlüsse möglichst flächendeckend schafft; das Programm muss sich auf die

¹³ Siehe <https://www.bmlrt.gv.at/telekommunikation-post/breitband/publikationen/strategie/Breitbandstrategie-2030.html> (abgerufen am 22.2.2021).

Förderung von „grauen“ Flecken erstrecken (d.h. neue Förderung sollten prioritär in Ausbaugebieten erfolgen, die noch nicht über eine Versorgung mit Breitband-Anschlüssen von über 100Mbps verfügen); 5G sollte die möglichst volle Leistungsfähigkeit erreichen, weshalb die Glasfaseranbindung aller Basisstationen ein operatives Programmziel sein sollte. Zudem kam es in zahlreichen Ausbaugebieten nicht zu einer flächendeckenden Vollversorgung. Regionale Zentren wurden eher angebunden als die Peripherie, da es aus Effizienzgründen sinnvoll ist, die Verdichtung in periphereren Regionen zu fördern. In einem weiteren Schritt sollte man die Peripherie stärker berücksichtigen und Fördersätze anpassen. Etwa könnten Fördernehmer, die beispielsweise mehr als 90% der Anschlüsse einer Gemeinde zur Verfügung stellen, einen höheren Fördersatz im Vergleich zum Standardfördersatz erhalten.¹⁴

Zweitens hat sich in den ersten Phasen der Umsetzung der „Breitbandmilliarde“ gezeigt, dass einige NUTS-3 Regionen¹⁵ trotz Förderungen von privaten Betreibern nicht versorgt wurden, etwa weil kein Bieterwettbewerb zustande kam, oder dass andere Regionen trotz Investitionen die zugesicherten Übertragungsraten nicht erreichen.¹⁶ Dem kann man wirtschaftspolitisch entgegenreten indem man die Einschätzung der Versorgung auf „effektive Übertragungsraten“ umstellt und den Netzausbau durch alternative PPP-Finanzierungsmodelle vorantreibt. Es gibt bereits vielversprechende Pilotprojekte, wie etwa die Kooperation der nÖGIG und der Allianz Capital Partners (Neumann et al., 2020). Dies zeigt eine Intensivierung des Spannungsfelds zwischen staatlichen Ansprüchen an die Infrastruktur und Eingriffe in marktliche Ergebnisse einerseits und der Funktionsweise eines liberalisierten Markts andererseits.

Drittens sollte die Verbesserung der Datenbasis weitergeführt werden und auch im Breitbandatlas, der Landkarte, in der die räumliche Versorgung festgelegt wird, verwendet werden. Das Fehlen von Statistiken nach Übertragungsraten (>30 mbit/s, >100 mbit/s etc.) erschwert die Überprüfung der Erreichung wirtschaftspolitischer Ziele. Die Feststellung der Netzqualität im Breitbandatlas sollte auf effektiven Übertragungsraten fußen. Da es zu zeitlichen Schwankungen der Übertragungsraten kommen kann sollten zeitgemäße Mindestübertragungsgeschwindigkeiten verankert werden.

¹⁴ Für die vollständige Liste der vorgeschlagenen Maßnahmen, siehe https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=66807&mime_type=application/pdf (abgerufen am 31.3.2021).

¹⁵ Die *Nomenclature des unités territoriales statistiques* (NUTS) ist eine Systematik zur Identifizierung und Klassifizierung räumlichen Bezugsseinheiten in der EU. NUTS-3 entspricht dabei Gruppen von Bezirken in Österreich.

¹⁶ Zit. Neumann et al. (2020, S. 224 f.): „Nicht unerwähnt bleiben darf an dieser Stelle, dass die Telekommunikationsunternehmen selbst zur schwachen Nachfrage nach schnellen Breitbandverbindungen durch ihr Geschäftsgebaren in der Vergangenheit beigetragen haben. Wer jahrelang hohe Bandbreite verspricht und dieses Versprechen unter realen Nutzungsbedingungen nicht durchgängig einlösen kann, darf sich nicht wundern, wenn die Kundschaft ihm keinen Glauben mehr schenkt. Produkte mit einer versprochenen hohen Bandbreite werden von mündigen Konsumentinnen und Konsumenten deshalb (durchaus zurecht) kritisch gesehen, weil in der Vergangenheit diesbezügliche Versprechen nicht eingelöst wurden. Ein hoher Anteil der potentiellen Nachfrager wurde so systematisch frustriert. Das verloren gegangene Vertrauen, einen wirklich leistungsfähigen Anschluss geliefert zu bekommen, wird nicht einfach und schnell zurückzugewinnen sein. Diesbezüglich stehen vorrangig die Telekommunikationsunternehmen auch selbst in der Verantwortung.“

4. Dekarbonisierung

4.1 Definition und Ausgangslage

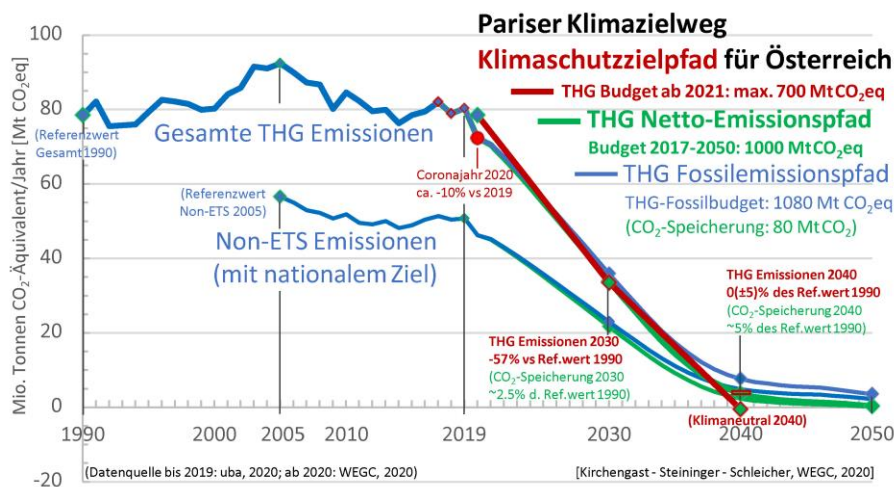
Der Klimawandel und die damit verbundenen bereits spürbaren Auswirkungen und Risiken stellen einen gewichtigen Grund für tiefgreifenden Veränderungen vorherrschender Wirtschafts- und Gesellschaftsstrukturen dar. In der Literatur wird auch von einer dualen Herausforderung gesprochen, da es einerseits darum geht den Strukturwandel in eine Richtung voranzutreiben, der mit einer drastischen Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen (THG) einhergeht, andererseits aber den Wohlstand nicht gefährdet (Altenburg & Rodrik, 2017). Nicht nur die Klimapolitik ist in diesem Umfeld gefordert, sondern vielmehr ein climate mainstreaming in allen Politikbereichen, da es sich bei der Zielsetzung einer dekarbonisierten Wirtschaft um eine typische Querschnittsmaterie handelt.

Fossile Energieträger prägen die Konsum- und Produktionsprozesse seit der industriellen Revolution. Der damit verbundene wirtschaftliche Fortschritt ist jedoch verbunden mit der Emission von Treibhausgasen und den dramatischen Auswirkungen des Klimawandels. Die Evidenz zum Effekt der Treibhausgasemissionen auf die Klimaerwärmung ist in einer Vielzahl von wissenschaftlichen Arbeiten belegt. Daher erfordert eine Eindämmung des Klimawandels und damit eine Reduktion der wirtschaftlichen Risiken durch den Klimawandel eine massive Reduktion der Treibhausgasemissionen und des Einsatzes fossiler Energie. Die Dekarbonisierung ist als Prozess zu verstehen. Während die Zielsetzung der Dekarbonisierung bzw. CO₂-Neutralität naturwissenschaftlichen Vorgaben folgt, ist die Zielerreichung eine Frage der Verteilung eines noch verfügbaren „Emissionsbudgets“, weshalb mitunter auch von „Carbon Management“ gesprochen wird.

Das Bestreben der Dekarbonisierung schlägt sich in politischen Zielsetzungen, wie dem Pariser Klimaziel die globale Erwärmung deutlich unter 2° gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen, dem Ziel der EU bis 2030 55% der THG Emissionen zu reduzieren, oder wirtschaftspolitischen Strategien wie dem Green Deal, Kreislaufwirtschaft - „EU Circular Economy Action Plan“ (Europäische Kommission, 2020) und der Zielsetzung bis zur Mitte des Jahrhunderts Klimaneutralität zu erreichen, nieder.

Das beträchtliche Ausmaß der Herausforderungen, das mit dem Ziel Klimaneutralität verbunden ist, wird durch die Berechnungen des Wegener Center an der Universität Graz zum verbleibenden österreichischen Klimabudget verdeutlicht.

Abbildung 9: Klimabudget für Österreich



Q.:(Kirchengast et al., 2020).

Der Bestand an Technologien, der die derzeitigen Treibhausgasemissionen verursacht, lässt es unwahrscheinlich erscheinen, in Teilen unmöglich, dass inkrementelle technologische Verbesserungen entlang der bestehenden Entwicklungsmuster den Herausforderungen gerecht werden können. Vielmehr setzt ein solcher Prozess einen tiefgreifenden Strukturwandel und ein Aufbrechen von fossilen Stoffen basierenden technologischen und ökonomischen Pfadabhängigkeiten voraus. Der Weg zu einer dekarbonisierten, also fossilfreien, Wirtschaft und Gesellschaft ist somit ein transformativer Prozess. Die heute gesetzten gesellschaftlichen und technologischen Aktionen entfalten ihre Wirkungen im Klimasystem erst zeitverzögert.

In diesem Beitrag wird die Betrachtung des Transformationsprozesses aus ökonomischer Perspektive gewählt, obgleich etwa Svensson et al. (2020) betonen, dass es sich dabei um eine komplexe Transformation handelt, für die eine disziplinenübergreifende Zusammenarbeit und komplementäres Wissen notwendig sind. Dieser Beitrag informiert sich auch aus vergangenen Kooperationen mit technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen und erweitert die rein ökonomische Perspektive auch anhand der Befragungspartner.

Das Ausmaß der avisierten Veränderungen ist nicht gleichverteilt, sondern unterscheidet sich über Technologiefelder und Branchen. Während einige Branchen wie etwa die mineralölverarbeitende Industrie naturgemäß stark von der Dekarbonisierung betroffen ist, scheint es denkbar, dass andere Sektoren wie etwa die Bauwirtschaft im engeren Sinn durch eine Veränderung der Vorleistungen bzw. eingesetzten Materialien die Emissionsreduktionen insbesondere in einer integrierten Betrachtung der Investitions- und Nutzungsphase, erreichen können. Die „Radikalität“ des Strukturwandels hängt somit von der heutigen CO₂-Intensität der derzeitigen technologischen Basis ab.

Bei der Einordnung des Begriffs „radikaler Strukturwandel“ ist die zeitliche Komponente zu berücksichtigen. In der jüngeren Geschichte Österreichs unterlagen zahlreiche Branchen tiefen

Transformationsprozessen. Diese wurden etwa durch die Digitalisierung getrieben, die nicht nur Elektronikunternehmen, sondern als Querschnittstechnologie vielschichtig operative und organisatorische Abläufe verändert hat. Dies zeigt, dass die österreichische Wirtschaft durchaus imstande war mit fundamentalen Veränderungen bei weiterhin steigendem, durchschnittlicher Wirtschaftskraft – gemessen in BIP pro Kopf – umzugehen (Peneder et al., 2006, 2016). Auch die Dekarbonisierung ist eine Querschnittsmaterie, die oft eng mit der Digitalisierung verbunden ist (Friesenbichler, 2013; Friesenbichler, 2015; Köppl & Schleicher, 2018; Lange et al., 2020; Schleicher et al., 2018) und gemeinsam den Strukturwandel prägen.

4.1.1 Wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen

Anders als die primär technologiegetriebene Digitalisierung stellen sich die Herausforderungen des Klimawandels auf gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Ebene durch den bestehenden Technologiestock, der weiterhin stark auf fossile Energieträger zurückgreift. Die Wirtschaftspolitik versucht Rahmenbedingungen zu schaffen, die den strukturellen Wandel in Richtung Dekarbonisierung vorantreiben und Unsicherheiten des Marktes über die Richtung des technologischen Wandels verringern, etwa durch eine missionsorientierte Innovationspolitik (Acemoglu et al., 2012; Mazzucato, 2018).

Der von der EU präsentierte Green Deal stellt einen Fahrplan für die Transformation der Wirtschaft der EU in Richtung Klimaneutralität dar, der neue Chancen für die wirtschaftlichen Akteure entfalten soll. Betont wird insbesondere die Rolle von Innovationen. Neben dem Green Deal hat die EU Kommission auch eine neue Industriestrategie vorgelegt, die ebenfalls die Industrie in Richtung Klimaneutralität unterstützen und die Wettbewerbsfähigkeit sichern soll.

Relevant für die österreichische Wirtschaft ist darüber hinaus das im Regierungsübereinkommen festgeschriebene Ziel der Klimaneutralität bis 2040, das im Vergleich zur EU ambitionierter ist. Ebenfalls im Regierungsprogramm festgehalten ist ein „Green Deal für Österreichs Wirtschaft“. Diese Zielsetzung orientiert sich am Pariser Klimaabkommen und den europäischen Klimazielen sowie der Strategie einer „Circular Economy“ der EU. Die Leitidee der Kreislaufwirtschaft besteht darin, Materialien und Ressourcen möglichst langfristig in Wirtschaftskreisläufen zu verwenden und eine ineffiziente Ressourcennutzung durch vorzeitiges Wegwerfen und übermäßige Primärproduktion zu vermeiden. Auch wenn es keine allgemein gültige Definition der Kreislaufwirtschaft gibt, wird auf eine Differenzierung zur sogenannten linearen Ökonomie hingewiesen, bei der natürliche Ressourcen gewonnen, in Investitions- und Konsumgüter umgewandelt und schließlich auf Deponien oder in Entsorgungsanlagen entsorgt werden (Köppl et al. 2019). Wesentliche Zielsetzungen sind Technologieentwicklung und die Überleitung zur industriellen Anwendung.

Die zuvor erwähnten grundlegenden Veränderungen im Rahmen der Digitalisierung sind auch im klimarelevanten Bereich zu beobachten. Mehrere potentiell disruptive technologischen Veränderungen sind, wenn auch in Frühphasen der Diffusion, erkennbar, etwa bei der Automatisierung, der additiven Fertigung (wie 3D printing), integrierter Netze im Energiesystem oder digitale Kommunikationstechnologien (Köppl & Schleicher, 2018; Schleicher et al., 2018).

Aber auch die Entwicklung neuer Materialien spielt zunehmend für die Dekarbonisierung eine Rolle (Hertwich et al., 2020; IRP, 2020; Köppl & Schleicher, 2019). Der kritische Punkt, um eine Dekarbonisierung zu erreichen, ist eine Beschleunigung dieser Schritte und eine systemische Betrachtung des gesamten Energiesystems.

4.1.2 Wettbewerbsfähigkeit als Voraussetzung für erfolgreiche Transformationen

Vor dem Hintergrund einer hohen wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und gleichzeitiger Bewältigung der Risiken des Klimawandels spielt eine wettbewerbsfähige Wirtschaft eine Rolle. Eine breit gefasste Interpretation von Wettbewerbsfähigkeit die Wandlungsfähigkeit eines Wirtschaftssystems, das nachhaltig hohe reale Einkommen schafft und die sozialen und ökologischen Lebensverhältnisse unter fortlaufender Veränderung und Gestaltung der Rahmenbedingungen zu verbessern.

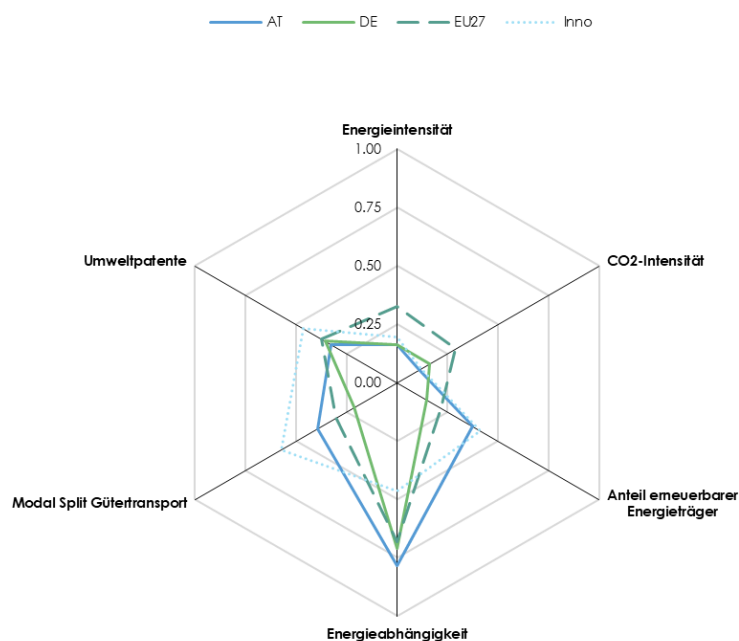
Zwischen diesen Dimensionen der Wettbewerbsfähigkeit können Synergien oder Zielkonflikte auftreten. Um zu verdeutlichen, dass langfristige Ziele mit kurzfristigen Aspekten konkurrieren (und vice versa), berücksichtigt die Analyse stilisierte unterschiedliche Zeithorizonte:

- Kurzfristig steht die Fähigkeit zur Anpassung an sich verändernde Rahmenbedingungen im Vordergrund. Ungleichgewichte sollen vermieden und die makroökonomische Stabilität gewahrt werden.
- Mittelfristig geht es um die Dynamik des Wirtschaftssystems, die sowohl in der Steigerung der Produktivität als auch in einer hohen bzw. steigenden Beschäftigung, hohen Marktanteilen im Export oder einer Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz zum Ausdruck kommt. Zu den wichtigsten Bestimmungsfaktoren gehören Investitionen, Innovationen, Internationalisierung sowie Wettbewerb und Regulierung.
- Langfristig rückt die Lebensqualität in den Mittelpunkt, denn Wettbewerbsfähigkeit kann nicht allein unter ökonomischen Gesichtspunkten betrachtet werden. Vorrangige Ziele sind nachhaltig hohe reale Einkommen, Inklusion und soziale Teilhabe sowie die Verbesserung der natürlichen Umwelt und Vermeidung irreversibler Klimaveränderungen.

Eine besondere Herausforderung für die Wirtschaftspolitik besteht darin, trotz dieser unterschiedlichen Zeithorizonte und Zielkonflikte die Umsetzung der genannten Ziele gleichzeitig voranzutreiben.

Basierend auf dieser breit angelegten Definition von Wettbewerbsfähigkeit wurde das WIFO-Radar der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft entwickelt, das unter anderem auch für Umweltindikatoren die relative Position Österreichs im Vergleich mit 31 europäischen Ländern als Prozentrang abbildet. Dieser entspricht dem Anteil der Länder mit gleichen oder ungünstigeren Werten als Österreich an der Grundgesamtheit der Vergleichsländer (Peneder et al., 2021)

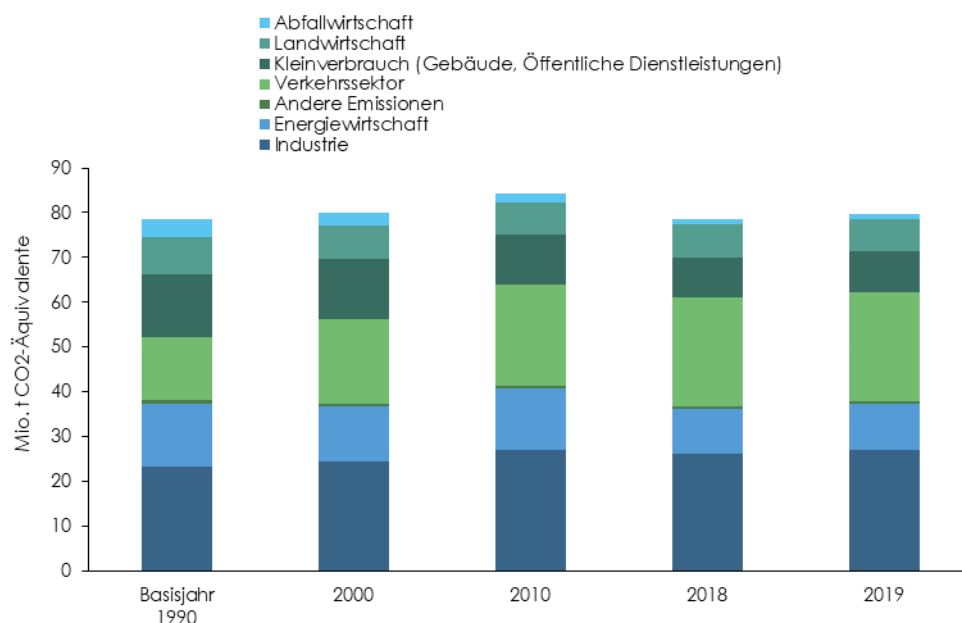
Abbildung 10: Österreichs Umweltindikatoren im internationalen Vergleich



Q: IEA World Energy Balances, UNFCCC GHG Data Interface, Eurostat, OECD.

Bei den Umweltindikatoren erreichte Österreich insgesamt einen Prozentrang von 62,3. Die hohe Abhängigkeit von Energieimporten und der geringe Anteil der Umwelttechnologiepatenten belasten diesen Durchschnitt, während der relativ hohe Anteil erneuerbarer Energieträger und des Schienengütertransports die CO₂-Bilanz verbessern (siehe Abbildung 10).

Einerseits sind es die emissionsintensiven Wirtschaftszweige, die einen hohen Emissionsausstoß in ihrem Produktionsprozess aufweisen (z.B. die Stahl-, Zement oder Papierindustrie), die durch die Dekarbonisierung besonders gefordert sind. Andererseits sind es Branchen, deren Produkte vor allem in der Nutzungsphase mit hohen Emissionen verbunden sind, wie z.B. Verbrennungsmotoren (siehe Abbildung 11).

Abbildung 11: **Status Quo der gesamten Treibhausgasemissionen nach Sektoren**

Q.: WIFO, Umweltbundesamt.

4.1.3 Ansatzpunkte der Dekarbonisierung aus einer „Prozessperspektive“

Dekarbonisierung bedeutet Sachgüter und Dienstleistungen mit Technologien, Werkstoffen und Wertschöpfungsketten bereitzustellen, die möglichst CO₂-neutral sind. Prioritär geht es dabei um Sektoren, die besonders emissionsintensiv sind, wie Stahl, Zement und Aluminium bzw. Bereiche, die in der Nutzung mit hohen Emissionen verbunden sind. In der Literatur erwähnte Potentiale für eine Reduktion von THG-Emissionen reichen beispielsweise von neuen Designs, wie extremen Leichtbau bei Fahrzeugen oder materialeffiziente Betonkonstruktionen, einer emissionsärmeren Produktion und der Substitution von Werkstoffen, wie Polymere oder Zement/Beton, bis zu kreislauforientierten Wertschöpfungsketten, wie die Verwendung von CO₂ als Input in anderen Sektoren (de Pee et al., 2018).

Operative Schritte von CO₂-Reduktionen

In der Literatur werden unterschiedliche Optionen für CO₂-Reduktion diskutiert, wovon vielfach genannte im Folgenden zusammengefasst werden können:

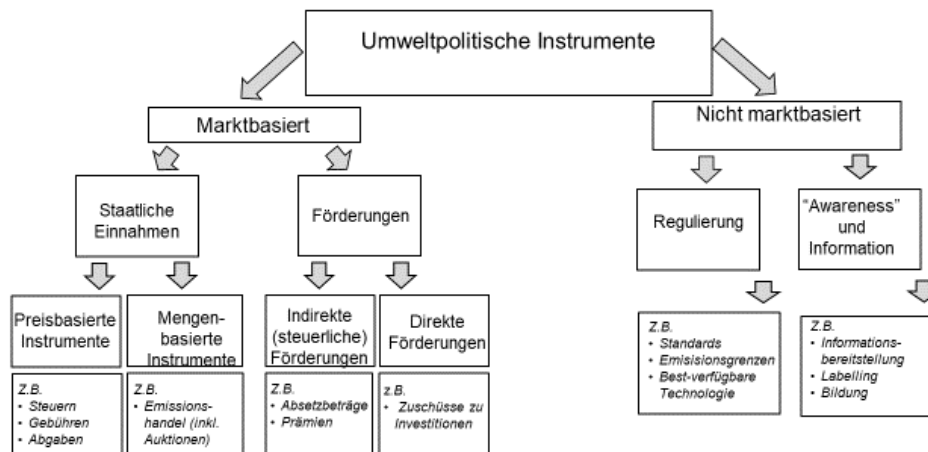
- Energieeffizienz in der Produktion oder der Nutzung bei vorhandenen Technologien
- Materialeffizienz und -substitution entlang der Wertschöpfungskette (v.a. Vorleistungen)
- Carbon capture and utilisation
- Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare, etwa Elektrifizierung von bestehenden Prozessen mit „grünem Strom“ („elektrische Kompressoren und Hochöfen“)

- Ersatz von fossilen Stoffen als Input (Substituierbarkeit der CO₂-intensiven Inputs bzw. des „Feedstock“)
- Prozessinnovationen (z.B. chemische Hochtemperaturprozesse durch elektromechanische Prozesse ersetzen)
- Rekombination von bestehenden Technologien

Unternehmen designen Produkte oder Dienstleistungen zur Bedürfnisbefriedigung, wobei die technologische Suchbreite sich nicht nur auf das angestammte Branchenumfeld beziehen sollte. Innovationspotentiale können nicht nur in bestehenden vertikalen oder horizontalen Wertschöpfungsketten entstehen, sondern auch lateral, d.h. in Kooperation mit technologie- oder branchenfremden Akteuren. Die wirtschaftspolitische Perspektive muss eine breitere Perspektive einnehmen und systemische Prozesse mitbetrachten. Die Dekarbonisierung ganzer Wertschöpfungsketten setzt eine integrierte Betrachtung der Investitions-, Produktions- und Betriebsphase voraus. Das schließt etwa neben dem Materialeinsatz auch Prozesse, Dienstleistungen und neue Geschäftsmodelle aus der Perspektive von Funktionalitäten ein (Köppl & Schleicher, 2019, 2018; Schleicher et al., 2018).

4.1.4 Der wirtschaftspolitische Instrumentenmix

Die Umwelt- bzw. Dekarbonisierungspolitik kann auf einen breiten Instrumentenmix zurückgreifen. Dieser besteht aus markt- als auch aus nicht-marktbasierten Instrumenten die einerseits die Angebots- andererseits die Nachfrageseite beeinflussen (Rissman et al., 2020). Die marktbasier- ten Instrumente lassen sich wiederum in Förderungen emissionsparender Aktivitäten und Preis- und Mengeninstrumente auf den Einsatz fossiler Ressourcen unterteilen. Demgegenüber stehen nicht-marktbasierte Instrumente, wie Regulierungen oder Awareness-bildende Maßnahmen (Köppl & Schratzenstaller, 2021; siehe Abbildung 12).

Abbildung 12: **Der umweltpolitische Instrumentenmix**

Q.: WIFO-Darstellung.

Ein besonderes Augenmerk erfährt in der öffentlichen Diskussion eine CO₂-Steuer bzw. Kohlenstoffsteuer. Besteuert wird der Ausstoß von Kohlendioxid, weil durch den Verbrauch von fossilen Energieträgern Kosten für die Gesellschaft entstehen, die nicht im Preis enthalten sind. Eine Besteuerung dieser externen Kosten soll einen Lenkungseffekt als Folge von Marktmechanismen initiieren. Angesichts der großen Herausforderungen durch den Klimawandel reicht eine Steuer nicht aus, um die Klimaziele zu erreichen, vielmehr gilt es diese in einen breiteren Maßnahmenmix einzubetten. Es besteht eine umfangreiche Literatur zu den Ausprägungen, Wirkungen und operativen Umsetzungsformen von CO₂-Steuern, die sich über die Länder hinweg unterscheiden (siehe Kasten).

CO₂-Steuern als ein Regulierungsinstrument

CO₂-Steuern sind eines von zahlreichen verfügbaren klimapolitischen Instrumenten. Diese lassen sich in zwei grundlegende Kategorien unterscheiden: Marktbasierte Instrumente und nicht-marktbasierte Instrumente. Zur letzteren Gruppe gehören ordnungspolitische Instrumente, wie Standards und Normen, sowie Bewusstseinsbildung oder Informationsmaßnahmen. Fiskalische Instrumente wiederum lassen sich unterscheiden in Anreize, die unerwünschtes Verhalten verteuern (Steuern, Emissionshandel) oder erwünschtes Verhalten fördern (Steueranreize für umweltschonendes Verhalten, Subventionen, Zuschüsse). Auch der Abbau umweltschädlicher Subventionen oder die Bemühungen des „Greening the finance sector“ spielen in der Klimapolitik eine Rolle.

Der Grundgedanke für CO₂-Steuern ist Pigous (Pigou, 1920) bahnbrechende Einsicht einer potenziellen Diskrepanz zwischen privaten und sozialen Kosten wirtschaftlicher Aktivitäten, die mit Hilfe von Steuern beseitigt werden kann. Unter Umweltökonominnen (EAERE, 2019; Stiglitz, 2019; World Bank, 2017) besteht weitgehend Einigkeit, dass Steuern ein unverzichtbares Instrument für eine wirksame Dekarbonisierungsstrategie sind (World Bank, 2019). Die Komplexität des Klimawandels erfordert aufgrund der Langfristigkeit, den damit Unsicherheiten und der Irreversibilität jedoch eine breitere Politikperspektive, die CO₂-Steuern nicht als ein mögliches Element einer Gesamtlösung für eine Begrenzung des Klimawandels begreift (Rosenbloom et al., 2020).

Um die Effektivität einer CO₂-Steuer bewerten zu können, gilt es verschiedene Aspekte bei ihrem Design zu beachten. Zentrale Größen sind (1) die Festlegung der Bemessungsgrundlage, also welche bzw. welches Ausmaß an Emissionen durch die Steuer erfasst werden, (2) der Preis je Emissionseinheit, also die Höhe des Steuersatzes, und (3) wofür die Steuererträge verwendet werden. Der dritte Punkt hängt auch mit der Literatur zu Umweltsteuern und „Double Dividend“ Diskussion zusammen und spricht somit die Einnahmen- und Verwendungsseite gemeinsam an (Köppl, et al., 2019; A. Köppl & Schratzenstaller, 2021). Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass die Einnahmen einer CO₂-Steuer an sich zwar nicht zweckgebunden sind (Non-Affektationsprinzip der Steuern), aber aus den allgemeinen Budgetmitteln für die Zwecke einer Dekarbonisierung verwendet werden können (für eine Diskussion von Umweltsteuern im österreichischen Kontext siehe Statistik Austria, 2012).

In der operationalen Umsetzung einer Bepreisung von Treibhausgasen bietet sich aufgrund ihrer guten Erfassbarkeit eine Steuer auf CO₂-Emissionen an. Eine CO₂-Steuer ist ein unmittelbarer Preis auf klimaschädigende Emissionen. Die OECD (OECD, 2019) berechnet darüber hinaus auch effektive CO₂-Preise, die neben direkten (expliziten) CO₂-Steuern auch spezifische Energiesteuern (implizite CO₂-Steuern wie z.B. die Möst, Kohleabgabe, Erdgasabgabe) in die effektive Bepreisung von CO₂ miteinbezieht.

Für Österreich beispielweise wären das ungefähr 4,5 Mrd. € Ökosteuereinnahmen aus der Mineralölsteuer oder der Anteil von Erdgas und Kohle aus den Einnahmen der Energiebesteuerung. Zusätzlich gilt es bei der Festlegung der Bemessungsgrundlage zu entscheiden, wie Emissionen, die bereits einem mengenorientierten Bepreisungsregime wie dem EU-Emissionshandel unterliegen, behandelt werden. Und letztlich ist von entscheidender Bedeutung, welche Verteilungswirkungen oder Wettbewerbseffekte von einer CO₂-Steuer ausgehen, wofür die Steuererträge verwendet werden und ob die Mittelverwendung potentiell negative Verteilungseffekte abmildern kann.

Der "optimale" Steuersatz im Kontext des Klimawandels ist mit hohen Unsicherheiten konfrontiert, die mit der Komplexität des Klimasystems zusammenhängen. Die Besonderheiten des Klimawandels erfordern eine Erweiterung der Perspektive auf CO₂-Steuern nicht zuletzt aufgrund der Bedeutung von Stock-Flow-Beziehungen oder Marktbarrieren wie dem Principal-Agent-Problem zwischen Hausbesitzern und Mietern. Entscheidend für die CO₂-Bepreisung ist die konkrete Ausgestaltung, insbesondere im Hinblick auf die Verteilungswirkungen, die die öffentliche Akzeptanz erheblich beeinflussen. Obwohl weitgehend Einigkeit über die Nützlichkeit von CO₂-Steuern besteht, gibt es auch einen Konsens darüber, dass sie in einen breiteren Policy-Mix eingebettet werden müssen (Köppl & Schratzenstaller, 2021).

4.2 Drei Sektoren im Vergleich

4.2.1 Methodik

Mit der Umsetzung der Klimaziele sowie der entsprechenden EU Strategien sind hohe Investitionsanforderungen verbunden, die auch Auswirkungen auf den bestehenden Kapitalstock haben. Das Investitionsumfeld ist somit kontextspezifisch, weshalb in der Diskussion über den technologischen Wandel auf eine analytische Struktur aus der Innovationsliteratur zurückgegriffen wird. Verwendet wird das von Malerba (2002) vorgeschlagene Konzept der „sektoralen Innovationssysteme“. Ein Sektor wird durch Produkte und Akteure definiert, die durch marktliche und nicht-marktliche Prozesse miteinander agieren. Dadurch entstehen Produkte, die produziert und verkauft werden. Jeder Sektor hat eine spezifische Wissensbasis, Technologien, Vorleistungen und Nachfragegegebenheiten. Die Akteure sind Individuen oder Organisationen, die sich auf unterschiedlichen Ebenen der Aggregation finden. Die Interaktionen können wettbewerblich, kommunizierend, kooperierend oder durch Mischformen erfolgen, wobei die Zusammenarbeit durch Institutionen und staatliche Regulierungen vorgegeben wird. Dieser sektorale Ansatz dient als grober Analyserahmen, auch wenn dieser bei branchen- und technologiefeldübergreifenden Analysen, wie sie bei Studien zur Dekarbonisierung üblich sind, an seine Grenzen stößt (siehe Textkassen zur Abgrenzungsproblematik).

Abgrenzungsproblematik: Branchen und Technologiefelder

Die unterschiedlichen Aspekte der Dekarbonisierung zeigen, dass eine Analyse der Dekarbonisierung sich nicht nur an Technologien orientiert. In manchen Fällen lassen sich diese Prozesse durch bestehenden Branchenklassifizierungen (z.B. Nace Rev. 2) abdecken. Beispielsweise sind KFZ-Zulieferer und auch ihre Vorleistungserbringer statistisch eindeutig zugeordnet. In anderen Fällen kann es zu neuen branchenübergreifenden Strukturen kommen, die teilweise schwer abgrenzbare Bereiche umfassen, da nur einige Aspekte von mehreren Teilbranchen betroffen sind (z.B. in Kreislaufwirtschaft).

Methodisch wird eine Stakeholderbefragung vorgenommen. Die Kernfragen betreffen den Strukturwandel, den die Dekarbonisierung mit sich bringt und die wirtschaftspolitische Steuerung:

- Was sind die drei größten Hemmnisse und Treiber von unternehmerischen Investitionen in die Dekarbonisierung in ihrem Sektor?
- Wie schätzen Sie das Verhältnis einer allgemeinen CO₂-Steuer zur Regulierung ein?

Diese Fragen werden im persönlichen Gespräch anhand eines semistandardisierten Fragebogens mit ausgewählten Experten aus unterschiedlichen Bereichen diskutiert (eine Liste der GesprächspartnerInnen befindet sich in den „Danksagungen“). Der standardisierte Teil des Gesprächs betrifft in der Literatur verankerte Themen (z.B. Rentabilität oder Unsicherheit). Der nicht-standardisierte Teil erlaubt es in einer explorativen Art und Weise die wirtschaftspolitisch-relevanten Spezifika des österreichischen Investitionsumfelds zu diskutieren. Sowohl der Inhalt des Fragebogens als auch die Liste der GesprächspartnerInnen wurden mit dem Auftraggeber akkordiert. Eine Liste der GesprächspartnerInnen befindet sich im Anhang.

Drei Sektoren bzw. Technologiefelder wurden hinsichtlich ihres Potentials zur Dekarbonisierung untersucht:

1. Die Automobilzulieferindustrie
2. Ein Kreislaufwirtschaftskonzept in der Zementindustrie
3. Innovative Gebäudekonzepte für Ballungszentren

Diese Auswahl ist das Ergebnis einer vielschichtigen Herangehensweise. Alle Bereiche sind für die Dekarbonisierung bedeutend, sei es in der Nutzung (z.B. Verbrennungsmotorenbetriebene KFZ oder der dem Energiebedarf für die Bereitstellung und Klimatisierung von Gebäuden), der Produktion (z.B. ist die Herstellung von Zement) oder durch Vorleistungen (umweltbelastende Ressourcengewinnung für die Batterieerzeugung) oder durch die notwendige Infrastruktur (z.B. benötigt E-Mobilität Ladestationen die durch das allgemeine Stromnetz gespeist werden). Diese Auswahl deckt einen beträchtlichen Anteil des CO₂-Ausstosses ab. Im Jahr 2018 machte der Transportsektor weltweit 25%, die Industrie 15% und Gebäude 6% der CO₂-Emissionen aus. Der größte Emittent ist die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung (42%), die jedoch auch zu einem beträchtlichen Teil die ausgewählten Sektoren beliefert.¹⁷ Zudem spielen die Bereiche durch die Beschäftigung und Wertschöpfung wirtschaftlich für den Standort eine Rolle.

Aufgrund dieser Spezifika ergibt sich somit eine Vorauswahl an möglichen Sektoren. Zudem wurden unterschiedliche Aspekte entlang ökonomischer Kriterien berücksichtigt um die Einbettung der Wirtschaftspolitik in den jeweiligen Kontext jenseits technologischer und regulatorischer Charakteristika abzubilden. Dies ist beispielsweise die Betrachtung eines Technologiefelds, „Gebäude“, das in einigen Teilen nicht international handelbar ist (Friesenbichler & Glocker, 2019; Sachs & Lorraine, 1993). Während nicht-handelbare Güter und Dienstleistungen

¹⁷ Siehe <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167957/umfrage/verteilung-der-co-emissionen-weltweit-nach-bereich/> (abgerufen am 3.5.2021).

weniger zum Produktivitätswachstum beitragen als handelbare hat die Wirtschaftspolitik aufgrund der ebenso heimischen Nachfrage tendenziell mehr Handlungsoptionen. Ein weiterer Aspekt bietet die Verflechtung der Akteure. Vor allem die zirkulären Produktionssysteme der Zementindustrie gemeinsam mit anderen Sektoren erfordern tiefere Kooperationen als die marktlichen Auswahlprozesse von Zulieferern (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Auch unterscheiden sich die technologischen Stadien. Während in der Autoindustrie mehrere Technologien in unterschiedlichen Reifestadien - mit teils überlappenden Produktionsnetzwerken - konkurrieren, entsteht in der kreislauforientierten, sektorübergreifenden Lösung für die Emissionen der Zementindustrie ein neuer technologischer Ansatz.

4.2.2 Kraftfahrzeug-Zulieferindustrie

Ausgangslage

In Österreich ist der Verkehr einer der größten CO₂-Emittenten. Im Jahr 2019 generierte der Verkehrssektor 31% des gesamten Treibhausgas-Ausstoßes (36% an den gesamten CO₂-Emissionen). Hauptemittent ist dabei der Straßenverkehr. Aufgrund von steigenden Straßenverkehrsleistungen (gefahrte Kilometer) innerhalb Österreichs sowohl im Güter- als auch Personenverkehr sind die Emissionen des Verkehrssektor stark angestiegen und heute 76% höher als 1990 (Umweltbundesamt, 2021).

Um den CO₂-Fußabdruck von Fahrzeugen im Verkehr zu reduzieren, verständigten sich Vertreter des Rates und EU-Abgeordneten auf einen CO₂-Grenzwert von durchschnittlich 95g/km für 95% aller Neufahrzeuge bis 2020.¹⁸ Diese Maßnahmen wurden Anfang 2014 beschlossen und 2019 angepasst und verschärft. Stufenweise sollen bis 2030 nicht mehr als 59,4g/km CO₂ im Flottendurchschnitt ausgestoßen werden. Für Fahrzeughersteller, welche die CO₂-Ziele nicht erreichen sind Strafzahlungen in Höhe von 95€ pro Gramm CO₂ Zielüberschreitung pro verkauftem PKW in der EU vorgesehen mit Übergangsregelungen bis 2023, der Möglichkeiten von CO₂-Pooling innerhalb von Konzernflotten¹⁹ und reduzierten Zielen für kleinere Hersteller. Die EU diskutiert derzeit noch die Feinheiten der Euro-7-Abgasnorm, die 2025 in Kraft treten soll. Die Euro-7-Abgasnorm soll die bisherige Euro-6-Abgasnorm, die die zulässigen CO₂-Limits sowie eine strenge Limitierung gesundheitsschädlicher Abgase (HC, NO_x, ...) gesetzlich reguliert, ablösen. Zwar stehen die Grenzwerte für CO₂ und andere Schadstoffe bereits fest, jedoch stehen Feinheiten wie Messgenauigkeiten und Toleranzen noch zur Diskussion. Das Ziel der Maßnahmen inklusive der Strafzahlungen ist die Schaffung von Anreizen zur Beschleunigung der technologischen Entwicklung bzw. der Dekarbonisierung.

Diese Zielsetzungen setzen die Automobilindustrie weltweit unter Druck. Die Autozuliefererbranche ist geprägt von einem sich stark verändernden technologischen Umfeld. Weltweit befindet

¹⁸ Diese Maßnahme ist in den EU Verordnungen (EU) 333/2014 und (EU) 253/2014 festgeschrieben. Die Verordnung (EU) 2019/631 legt die CO₂-Ziele für Neuwagen für das Jahr 2025 und 2030 fest.

¹⁹ Rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen haben eine Sonderrolle in den Berechnungen: Sie fließen mit einem fiktiven CO₂-Ausstoß von 0 g/km in die Durchschnittsrechnung der Flottenemissionen ein.

sich die Automobilindustrie in einem transformierenden Prozess getrieben durch einen Umstieg von konventionellen Antrieben, die auf dem Verbrennen fossiler Brennstoffe basieren, auf elektrische Fahrzeuge. In Österreich gehört die Automobilindustrie zu einer der wichtigsten Branchen der Wirtschaft. Die Automobilindustrie ist sehr diversifiziert und weist einen hohen Spezialisierungsgrad auf. Die Fahrzeugindustrie beschäftigte 2020 35.700 Beschäftigte und trug mit einer Bruttowertschöpfung von rund 8% zur Bruttowertschöpfung der Industrie bei. Rechnet man indirekte Effekte hinzu, sind die Werte deutlich höher.²⁰ Die Branche ist international ausgerichtet und stark eingebunden in internationale Lieferketten. Wichtige Auftraggeber/OEMs sind vor allem aus Deutschland, Kanada, USA und China. Weltweite Transformationsprozesse in der Automobilindustrie haben daher auch massive Auswirkungen auf die Produktion, die Wertschöpfung und Beschäftigung in der österreichischen Kraftfahrzeug-Zulieferindustrie. Falck et al. (2021) zeigen für die deutsche Automobilbranche, dass bereits eine deutliche transformierende Entwicklung weg von traditionellen Verbrennungsmotoren in der Wertschöpfung und den Produktionswerten zu beobachten ist und ein Innovationsdruck²¹ in der Branche zu verzeichnen ist.

Strategien zur Dekarbonisierung

Zur Erreichung der Zielwerte vorgeschrieben in den gesetzlichen EU-Rahmenbedingungen hat die Fahrzeugindustrie versucht kurzfristig die Verbrennungsmotoren zu verbessern und die Elektrifizierung von Fahrzeugen (Hybrid-Fahrzeuge) voranzutreiben. Mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren können die von der EU verlautbarten Flottenemissionslimits bis 2030 nicht erreicht werden. Hybrid Fahrzeuge, insbesondere Plug-in Hybridfahrzeuge werden als Übergangslösung gesehen. Mittel- und langfristig ist ein Wandel hin zu Elektrofahrzeugen, Fahrzeugen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen und Fahrzeugen mit synthetischen Kraftstoffen unerlässlich (Siskos et al., 2015). Herkömmlichen Verbrennungsmotoren stehen Elektrofahrzeugen gegenüber, die sich in ihrer Produktion und ihrem CO₂-Ausstoß unterscheiden. Die CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen ist, sofern man die gesamte Lebensdauer betrachtet, niedriger bzw. klimafreundlicher als die von Fahrzeugen mit einem Verbrennungsmotor (siehe Textkasten). So sind Fahrzeuge mit elektrischen Antrieben weniger komplex im Antriebsstrang, benötigen aber komplexe elektrische Energiespeichersysteme. Die wissenschaftliche Diskussion über die „Umweltfreundlichkeit“ von Elektroautos dreht sich daher nicht ausschließlich um den CO₂-Ausstoß, sondern auch um die Entsorgung alter Akkus sowie um seltene Rohstoffe wie etwa Nickel, Lithium oder Kobalt, für deren Abbau große Mengen an Grundwasser in wasserarmen Regionen benötigt werden.

Vollelektrische Fahrzeuge sind derzeit insbesondere für den innerstädtischen PKW und Nutzfahrzeugen auf Kurzstrecken energieeffizient. Fahrzeuge, die mit Wasserstoff betrieben werden,

²⁰ Laut Berechnungen des Industriewissenschaftlichen Institut im Auftrag der WKO (Schneider et al., 2020), waren im Jahr 2019 81.737 Beschäftigte in der KFZ-Zuliefererindustrie direkt Beschäftigte und etwa 212.262 indirekt Beschäftigte. Die direkte Wertschöpfung betrug etwa 9,2 Mio EUR, einschließlich der indirekten Effekte im Vorleistungsverbund sogar 19,4 Mio EUR.

werden zukünftig im Bereich der Nutzfahrzeuge auf Langstrecke und im Schiffverkehr gesehen. Wasserstofffahrzeuge sind für mobile Anwendungen mittlerweile voll funktionsfähig. Insbesondere im Nutzfahrzeugbereich sind die ersten Fahrzeuge bereits in Betrieb. In Österreich und in Deutschland gibt es teils große Initiativen die Antriebstechnologien auf Wasserstoff umzustellen. So plant die Stadt Graz erste Wasserstoffbusse in Betrieb zunehmen²². Derzeit sind die Kosten für Wasserstofffahrzeuge noch vergleichsweise hoch und die Skalenerträge fehlen derzeit noch aufgrund der bisher nicht vorhandenen breiten Infrastruktur für die Bereitstellung von Wasserstoff.

Als weitere Alternative zeigen synthetische Kraftstoffe mit hohen Energiedichten ebenso Potential die Dekarbonisierung voran zu treiben. Synthetische Kraftstoffe befinden sich noch in der Entwicklung für eine breitere Anwendung. Sie werden z.B. aus Methan, Biomasse oder aus CO₂ und Wasserstoff gewonnen, wobei die Kohlenwasserstoffe aus industriellen Prozessen wie der Stahlerzeugung („power to liquid“) stammen könnten. Da synthetischer Kraftstoff momentan noch als wenig energieeffizient gilt, wird der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen momentan hauptsächlich für einige Branchen mit schweren Nutzfahrzeugen wie der Landwirtschaft oder der Luftfahrt diskutiert.

Der Zulassung von Fahrzeugen mit einem geringem CO₂-Austoss ist in den letzten Jahren stetig gestiegen, der Anteil an Elektrofahrzeugen an Pkw-Neuzulassungen betrug im Jahr 2020 knapp 14% in Österreich. Laut Schätzungen einer Fraunhofer Studie (Sala et al., 2020) werden im Jahr 2030 rein elektrische Antriebe etwa einen Anteil von 24% aller Fahrzeuge ausmachen, während teil-elektrifizierte Antriebe rund 40% und Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor etwa 36% ausmachen werden²³. Wasserstofffahrzeuge werden voraussichtlich 2030 noch eine untergeordnete Rolle spielen, aber bis 2050 an Relevanz insbesondere im Nutzfahrzeugbereich gewinnen. Die langsame Umstellung auf E-Fahrzeuge kann unter anderem durch eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 7 Jahren bei Fahrzeugen, das Kundenverhalten, einer geringen km-Reichweite und einen bisher unzureichenden Ausbau von Ladeinfrastruktur erklärt werden.

²² Die öffentliche Hand übernimmt somit eine Vorbildfunktion bei der Umstellung der öffentlichen Fahrzeugflotten. Dieses Pilotprojekt wird von einer Kooperation von Unternehmen und TU Graz gestützt, siehe <https://www.holding-graz.at/de/mobilitaet/move2zero/#brennstoffzellenbusse> (abgerufen am 14.05.2021).

²³ Zu ähnlichen Schätzungen kommt auch eine Studie des Chemnitz Automotive Institute (Olle et al., 2021).

Die CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen im Vergleich mit Verbrennungsmotoren

Eine Vielzahl von Studien vergleicht die CO₂-Intensität von Elektroautos mit Autos, die mit Verbrennungsmotoren betrieben werden. Grundsätzlich unterscheidet man die Produktionsphase, in der vor allem die Herstellung von Energiespeichern für Elektrofahrzeuge CO₂-intensiver ist, und die Betriebsphase, in der Verbrennungsmotoren mehr CO₂ ausstoßen. Die Unterschiede zwischen den Studienergebnissen lassen sich anhand einiger Parameter festmachen, die im akademischen Diskurs herangezogen werden. Beispielsweise treibt der angenommene Energiemix in der Produktion die Ergebnisse. Ein Akku, der in der EU hergestellt wird, hat einen – mitunter deutlich - niedrigeren CO₂-Ausstoß als ein Akku aus den USA oder aus China. Die verfügbaren Produktionstechnologien von Energiespeichern unterscheiden sich (und wurden in der Herstellung in den letzten Jahren weniger energieintensiv). Die Annahmen über den Betrieb oder die Haltbarkeit des Fahrzeugs sowie die Frage welche Vergleichsfahrzeuge herangezogen werden treiben das Ergebnis ebenso wie die Berücksichtigung der CO₂-Intensität von Vorleistungsketten oder der benötigten Lade- bzw. Tankstelleninfrastruktur.

Eine Studie des Fraunhofer Instituts (Wietschel et al., 2019) argumentiert, dass die Treibhausgasemissionen bei der Produktion von E-Fahrzeugen um 70 und bis 130 Prozent höher sind als bei der Produktion von Diesel- oder Benzinfahrzeugen. Im Betrieb kompensieren Elektrofahrzeuge jedoch diesen Nachteil, wodurch sich der CO₂-Ausstoß von Elektrofahrzeugen über die gesamte Produktlebensdauer um etwa 15 bis 30 Prozent niedriger darstellt als bei Verbrennungsmotoren. Beim Vergleich kleineren Fahrzeuge, die für den Nahverkehr geeigneter sind, sind die CO₂-Werte von Elektroautos deutlich niedriger als von jenen, die mit Verbrennungsmotoren betrieben werden. Elektrofahrzeuge mit größeren Akkus, die weitere Strecken pro Akkuladung zulassen, schneiden deutlich schlechter ab. Hier ist der Vorteil zu Verbrennungsmotoren lediglich marginal (Wietschel et al., 2019). Ähnliche Ergebnisse werden vom Institut für Energie und Umweltforschung in einem Bericht im Auftrag von „AGORA Verkehrswende“ berichtet (Helms et al., 2018) oder die Technische Universität Eindhoven (Hoekstra & Steinbuch, 2020).

Während die Mehrheit der Ergebnisse Elektrofahrzeugen einen niedrigeren CO₂-Ausstoß zuordnet, wird dieser Befund vom ifo Institut in Zweifel gezogen (Buchal et al., 2019). Laut dieser Studie liegt der CO₂-Ausstoß des Elektromotors im günstigen Fall um ca. 10% und im ungünstigen Fall um mehr als 25% über dem Ausstoß des Dieselmotors eines vergleichbaren Modells. Am günstigsten ist der mit Wasserstoff-Methan betriebene Verbrennungsmotor. Der Ausstoß läge auch bei Berücksichtigung erheblicher Vorkettenverschmutzung um etwa ein Drittel unter dem Dieselmotor.

Hebel: Regulierungsrahmen

Neben zahlreichen F&E-Initiativen treibt die Wirtschaftspolitik derzeit vor allem die Diffusion von Elektromotoren voran. In Österreich werden im Jahr 2021 Kaufkosten von elektrischen Privatfahrzeugen sowie die Ladeinfrastruktur durch das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie in Zusammenarbeit mit Automobilimporteuren, Zweiradimporteuren und dem österreichischen Sportfachhandel gefördert.²⁴ Auch die EU geht tendenziell in Richtung E-Mobilität und hat einen neuen Regulierungsrahmen für die zugrundeliegenden Akkus vorgeschlagen. Dessen Ziele sind technische Mindeststandards und u.a. die umweltschonende Herstellung und eine längere Lebensdauer von Energiespeichern. In den Vorleistungsketten sollen soziale und ökologische Standards bei der Gewinnung wichtiger Rohstoffe eingehalten werden. Am Ende des Batterielebens sollen Batterien verstärkt Recyclingkreisläufe zugeführt werden (European Parliament, 2021).

Diese Förderungen und Regulierungen kritisierten einige Branchenvertreter. Zwar sprachen sich alle GesprächspartnerInnen der Automobilindustrie für eine Technologieneutralität in den Regulierungen aus, jedoch mit unterschiedlichem Verständnis der Technologieneutralität. Technologieneutralität bedeutet ursächlich, dass die Zielsetzung der Emissionsreduktion keine Technologie vorgibt, mit der diese zu erreichen ist. Die Rahmenbedingungen in den EU-Normen z.B. zur Regelung der Flottenemissionen sind somit technologieneutral aufgesetzt. Fördermittel werden für den von der Industrie eingeschlagenen Weg, vor allem der E-Mobilität, vergeben und sind damit technologiestützend. Bei der Einordnung des Wunsches nach Technologieneutralität ist zu beachten, dass nicht alle GesprächspartnerInnen gleichermaßen an einer Dekarbonisierung interessiert sind. Technologieneutralität fordern einige Akteure, für die die Aufrechterhaltung derzeitiger Geschäftsmodelle im Vordergrund steht und die Verlangsamung der Diffusion alternativer Technologien die derzeitige Stellung begünstigt. Somit agieren diese Akteure im Rahmen ihres ureigenen Interesses, wenn sie Regularien wie die Abgasverordnung mit Zielvorgaben als Technologieverzerrend bezeichnen. Die heimische Industrie ist sehr gut in der herkömmlichen Technologie der Verbrennungsmotoren verankert und die Unternehmen wollen weiter profitieren. Wie einige GesprächspartnerInnen schildern, würden sich einige Unternehmen teils träge verhalten und versuchten den Markt mit den bestehenden Fahrzeugen abzuschöpfen, solange dies noch möglich sei. So sei es in vielen Bereichen in der Automobilbranche zu Unterinvestitionen in F&E&I gekommen, was allerdings nicht nur in der EU, sondern auch in anderen Märkten beobachtbar sei. Innovatoren in der Fahrzeugindustrie sehen die Schadstoffemissionsgesetzgebung (Euro 0 bis zur Euro 7) als Erfolg, da diese der Industrie und Forschung Freiraum lässt die Zielsetzung der Dekarbonisierung unter fairen Bedingungen und fairem Wettbewerb mit unterschiedlichen Technologien zu erreichen. Eine Komplettumstellung der gesamten Fahrzeugflotte ist ein langfristiges Projekt, zu dem sich einige Fahrzeughersteller strategisch bereits entschieden haben.

²⁴ Siehe https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/elektroautos_und_e_mobilitaet/Seite.4320020.html (abgerufen am 9.4.2021).

Das diskutierte Verbot von Verbrennungsmotoren in manchen Ländern wie z.B. in Norwegen ab 2025, Dänemark, Niederlande oder Großbritannien ab 2030 wird von vielen Gesprächspartnern als kritisch gesehen, da dies die Entwicklung von alternativen Lösungsansätzen wie z.B. die Entwicklung von CO₂-neutralen Kraftstoffen unterbinden könnte. Ebenso werden teils Förderung der E-Mobilität kritisiert, da diese die Diffusion einer Technologie fördere, die zwar mit weniger CO₂-Ausstoß verbunden sei, aber bislang ebenso wenig das Ziel der Dekarbonisierung vollständig erreiche. Andererseits betonten andere Stakeholder, dass sich ohne Förderung der E-Mobilität (inklusive der dafür notwendigen Infrastruktur) keine wettbewerbsfähige Alternative zum herkömmlichen Verbrennungsmotor am Markt etablieren hätte können. Förderung von elektrischen und Wasserstofffahrzeugen werden daher von Innovatoren gewürdigt, aber ein Verbot bestimmter Technologien wird auch von Ihnen als einschränkend bei der Entwicklung von Lösungsansätzen empfunden. Mit Hilfe von z.B. CO₂-neutralen, synthetischen Kraftstoffen könne laut Ihnen auch mit angepassten herkömmlichen Verbrennungstechnologien dekarbonisiert werden.

Hebel: Planungssicherheit schaffen

Das Investitionsumfeld der Branche ist stark von Regulierungen, der COVID-19-Krise und Lieferkettenabhängigkeiten bestimmt. In Österreich wie auch in anderen EU-Ländern herrscht momentan eine große Unsicherheit bezüglich zukünftiger Entwicklungen der Branche. Diskussionen über mögliche Verbote von Verbrennungsmotoren in einigen Ländern schüren die Unsicherheit in der Branche laut den Gesprächspartnern zusätzlich. Alle GesprächspartnerInnen sprachen sich daher für klare Regularien mit Zielsetzungen mit einem gewissen Planungshorizont aus. In der EU sollten technologieneutrale Zielsetzungen implementiert werden, wie etwa die EU-Abgasnormen, die zwar ambitioniert, aber umsetzbar sind. So benötige etwa eine neue Produktgeneration ca. 5 Jahre Vorlaufzeit in der Entwicklung. Ein Planungshorizont von etwa 10 Jahren sei laut den Experten im Innovationsbereich für eine Umstellung somit realistisch.

Die derzeit in der Automobilbranche vorherrschende Investitionspause sei laut der GesprächspartnerInnen teils auf fehlende klare regulatorische, umsetzbare Rahmenbedingungen zurückzuführen. Die GesprächspartnerInnen führten an, dass viele OEMs zögerlich auf die EU-Regularien reagiert haben²⁵, sodass eine große Unsicherheit insbesondere in der Zuliefererindustrie bestehe. Eine schnelle zielgerichtete Ausgestaltung der Regularien wie der derzeit noch diskutierten Euro-7-Abgasnorm, die 2025 in Kraft treten soll, könne sogar zu einem Standortvorteil innerhalb der EU führen, wenn schnell kreative Lösungen gefunden werden, da die Nachfrage und der Bedarf an CO₂-neutraleren Fahrzeugen weltweit steigt. Das Risiko-Exposure einiger Unternehmen ist beträchtlich und diese sollten rasch reagieren, da der technologische Wandel zügig stattfinden wird. Die „Klimafolgekosten“ (z.B. Strafzahlungen bei Nichterreichung

²⁵ Ein System, das zunächst auf Freiwilligkeit in der Dekarbonisierung basiert hat, hat sich als wenig effizient im Mobilitätssektor gezeigt und zu zu geringen Investitionen im Bereich der alternativen Antriebe bei großen OEMs geführt, sodass eine mangelnde transformative Ausrichtung der KMUs entlang der Wertschöpfungskette in Österreich besteht (Frauenhofer, Studie, 2021).

der gesetzten Emissionsziele) steigen schnell an, was den Druck auf Emittenten erhöhen wird. Eine schnelle Reaktion und Awareness der Unternehmen erhöht deren Überlebenswahrscheinlichkeit und kann später ein Wettbewerbsvorteil sein.

Kurzfristig könnten die Regularien in der EU laut der Einschätzung von einigen Gesprächspartnern jedoch zu möglichen Wettbewerbsnachteilen der Automobilzulieferindustrie in EU-Ländern gegenüber Ländern wie China führen.

Ferner nannten GesprächspartnerInnen Unsicherheiten geschürt durch geringe Absätze von E-Autos. Konsumenten fehle eine ausreichende Ladeinfrastruktur. Zur Unterstützung des von der Industrie eingeschlagenen Pfades der E-Mobilität, solle der Staat zusätzlich den Aufbau einer geeigneten und großflächig gestalteten Ladeinfrastruktur fördern.

Hebel: Diversifizierung

Die österreichische Branche ist stark auf Verbrennungsmotoren ausgerichtet, daher zeigt sich auch in der E-Mobilität eine Querschnittsmaterie unter den Gesprächspartnern. Eine vermehrte Diffusion von Elektrofahrzeugen zieht einen steigenden Energiebedarf nach sich und erhöht den Druck, die Dekarbonisierung der Elektrizitätsproduktion voranzutreiben, was mit dem Ziel bis 2030 Elektrizität zu 100% aus Erneuerbaren zu erzeugen, verfolgt wird. Hat die heimische Industrie zu wenig entwickelt, um rentable Geschäftsmodelle nicht zu gefährden? Eine Umstellung auf eine alternative Antriebstechnologie ist aufgrund der Unterschiede und des redundant werdenden kumulativen Wissens nicht ohne weiteres möglich. Falck et al., (2021) gehen in einer Studie für den Verband der Automobilindustrie von etwa einem Drittel weniger manueller Arbeitskraft in der Produktion bei Elektroautos aus. Einige Segmente werden in der heutigen Form nicht mehr nachgefragt werden, einige andere Segmente (wie z.B. das heutige Tankstellennetz) werden in der bisherigen Form kein Wachstum generieren können. Die Dringlichkeit einer Umstellung auf alternative Antriebstechnologien und der damit verbundenen Änderung der Produktion und Wertschöpfungsketten wird dennoch laut den Experten von vielen Unternehmen unterschätzt.

Ferner berichteten die Gesprächspartner, dass insbesondere kleine Unternehmen aufgrund des vorherrschenden Preisdrucks zum größten Teil nur den technologischen Trends, vorgegeben von den OEMs, folgen, was eine Umstellung der Produktion und der Zwischenprodukte für kleinere und mittlere Unternehmen schwierig gestaltet. Diversifizierung hilft den Unternehmen. Aber vielfach geht die Weiterentwicklung nur durch Kooperationen, da dies Synergien bündelt und Effizienzen erhöht. Kooperationen bestehen derzeit zwischen einigen Unternehmen und mit F&E Einrichtungen wie der Technischen Universität Wien, der Technischen Universität Graz und der Montanuniversität Leoben. In Österreich wird eine Vernetzung von Unternehmen vielfach durch die Automobilcluster in Oberösterreich oder der Steiermark unterstützt. Die Bildung von Transformationsnetzwerken und Kooperationen finden oft auch außerhalb der Industrie statt um neue Technologien mit innovative Konzepte in der Automobilzulieferindustrie einzubringen. Unternehmen versuchen sich so auf den zukünftigen Markt einzustellen, denn die Elektrifizierung der Fahrzeuge verändert grundlegend die Produktion der Unternehmen entlang der

kompletten Wertschöpfungskette eines Fahrzeugs. Der Aufbau neuer Lieferketten, die Gestaltung von komplexen Produktionssystemen und Vertriebskanälen benötigt entsprechende Fachkompetenzen, die einen entscheidenden, zukunftsichernden Standortfaktor darstellen. Wie einige GesprächspartnerInnen betonten, biete eine Vernetzung unter Unternehmen und mit der Forschung zudem eine Möglichkeit das Produktportfolio zu diversifizieren und das Risiko des transformierenden Prozesses der Dekarbonisierung zu streuen. Diversifizierung kann sowohl im Produktportfolio (z.B. Batteriegehäuse statt Tankgehäuse) als auch in neue Geschäftsmodellen (z.B. Sensorsysteme für autonomes Fahren) geschehen.

Unterstützung bei der Bildung von Knowhow und der Erkennung von Geschäftsfeldern ist insbesondere bei kleineren Unternehmen wichtig, sodass sie langfristig ihr Bestehen sichern können. Das Förderwesen sollte laut einiger GesprächspartnerInnen daher genau hier ansetzen. Zum einen sollte technologie-neutral mit spezifischen Zielsetzungen die Mobilität der Zukunft gefördert werden²⁶. Zum anderen sollten KMUs, die bisher wenig zentral gestützt sind, Unterstützung für den Wandel von traditionellen hin zu digitalen Technologien erhalten. Auf der KMU Management Ebene müssten Entscheidungsträger weitergebildet werden, um eine Änderung von Produktionsnetzwerken zu mehr Diversifizierung mit Zukunftstechnologien einzuläuten. Diversifizierung erfordert zudem Mitarbeiterschulungen und die Entwicklung von Know-how, einschließlich der Ausbildung von Ingenieuren, die mit den neuen Technologien vertraut sind.

Hebel: Digitalisierung, Aus- und Weiterbildung

Das Fahrzeug selbst wird in der Fahrzeugindustrie als mechatronisches System verstanden, das Digitalisierung und Dekarbonisierung, zwei separate Prozesse, miteinander verbindet. Die Digitalisierung hat in den letzten Jahren dazu beigetragen, das Zusammenspiel der Fahrzeugsysteme effizienter zu gestalten und so den Wirkungsgrad der Dekarbonisierungsprozesse zu erhöhen. Die Verlagerung von realen Prozessen in digitale Simulationen ermöglicht z.B. wesentlich effizientere Entwicklungen, die bereits weniger Emissionen in der Entwicklung eines Fahrzeuges verursachen und effizientere Entwicklungen erlauben. Die Transformation in der Automobilindustrie ist somit auch eng verbunden mit der Digitalisierung in der Krafftfahrzeugzulieferindustrie. So werden laut der Branchenauskunft z.B. Steuergeräte und deren Standards zur Einbettung von elektronischen Komponenten ins Fahrzeug stärker von OEMs nachgefragt. Die Komplexität des Zusammenspiels von Sensoren, Aktoren und Steuerelementen nimmt dabei stetig zu, was eine entsprechende Qualifikation und sektorübergreifende Zusammenarbeit voraussetzt.

Zwar wird Österreich von einigen Gesprächspartnern als kostenintensiver Standort eingeschätzt, es verfüge jedoch über ein hohes Expertenwissen. Dieses Expertenwissen könne entsprechend richtig in den Transformationsprozessen eingesetzt einen Standortvorteil ergeben. Durch Investitionen in Know-how und in das Bildungssystem könne ein Qualitätsvorteil bei Spezialisierung auf Komponenten in der E-Mobilität gegenüber anderen Ländern realisiert werden. Technologiekzyklen haben sich bereits verkürzt, was ein life-long-learning mit Aus- und

²⁶ In der Forschungsförderung z.B. beim FWF ist das Thema der Dekarbonisierung bisher wenig adressiert.

Weiterbildung unerlässlich mache und vor allem für traditionelle Betriebe gefordert wird. Die Verfügbarkeit gut ausgebildeter Fachkräfte ist eine Grundvoraussetzung, um im globalen Standortwettbewerb zu bestehen.

Zudem wird von vielen Gesprächspartnern die Industrie 4.0 als Möglichkeit gesehen, mit passendem Wissen und Technologien, z.B. mit Hilfe eines vollautomatisierten Lagerverwaltungs- und Produktionsprozesses, Kostenvorteile gegenüber Niedriglohnländern geltend zu machen. Bei entsprechendem Einsatz von digitalen Technologien könnten Produktionsvorteile durchaus wieder in Ländern wie Österreich liegen. Je schneller Kosten sich anpassen, desto mehr könnte das Produktivitätsdifferential schmelzen.

Digitalisierung kann auch im weiteren Kreis interpretiert werden und etwa autonomes Fahren oder Mobilitätssysteme einschließen. Dies stellt zwar eine Verbesserung des Verkehrsmanagements dar, betrifft den CO₂-Ausstoß allerdings nur indirekt. Nichtsdestoweniger, eröffnet auch diese Interpretation neue Geschäftsmöglichkeiten und eine Chance für Unternehmen.

4.2.3 Eine Kreislaufwirtschaftsmodell in der Zementindustrie

Ausgangslage

Die Zementindustrie ist eine CO₂-intensive Branche (de Pee et al., 2018). Sie zählt zu den emissionsintensiven Grundstoffindustrien, wie die Eisen- und Stahlindustrie, andere nicht-metallische Mineralien, die chemische Industrie oder die Papierindustrie. Insgesamt machen diese Industrien in der EU27 im Jahr 2017 drei Viertel der Emissionen (544 Mio.t CO_{2e}_{qu}) des produzierenden Bereichs aus. Von den Emissionen der Grundstoffindustrie entfällt rund ein Fünftel (112 Mio.t CO_{2e}_{qu}) auf die Zementindustrie (AGORA Energiewende, 2021). Etwa zwei Drittel der Emissionen der Zementindustrie sind prozessbedingte Emissionen, die in Hinblick auf eine Dekarbonisierung des Sektors eine besondere Herausforderung darstellen. Als Herausforderung für die Emissionsvermeidung in der Zementindustrie stellt sich auch die lange Lebensdauer der Anlagen dar, d.h. zu einem bestimmten Zeitpunkt getätigte Investitionen bestimmen weitgehend die Emissionen über Jahrzehnte hinweg. Dies erhöht den Druck bei anstehenden Re-Investitionen in die Zementindustrie schon heute die bis zur Mitte des Jahrhunderts angestrebte Klimaneutralität in der Planung zu berücksichtigen um mögliche technologische lock-in Effekte und „stranded investments“ zu vermeiden. Mit der Klimaneutralität kompatible Technologien in der Zementindustrie finden sich zu einem guten Teil erst im Entwicklungsstadium und haben die Phase der Skalierung der Technologie und breiten Adoption noch nicht erreicht. Entsprechend ist für eine Dekarbonisierung der Zementindustrie als Prozess zu sehen, der über zwei bis vier Jahrzehnte laufen wird. Gleichzeitig werden die technologischen Innovationen und Weichenstellungen in den nächsten Jahren gesetzt, woraus auch die Chance entsteht Technologieführerschaft in diesem Strukturprozess zu erlangen.

Grundsätzlich sind unterschiedliche Strategien zur Reduktion der Emissionen aus der Zementindustrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette denkbar: In der Verwendung von Zement können etwa neue Betonkonstruktionen, die die gleiche Funktionalität bereitstellen, aber einen

geringere Zementeinsatz erfordern, eingesetzt werden (siehe NEST zur angewandten Forschung zu diesem Thema in der Schweiz)²⁷, der Klinkeranteil im Zement kann durch Zugabe anderer Bindemittel reduziert werden, oder es werden Materialkreisläufe geführt, die Primärrohstoffe zumindest zum Teil substituieren. Die bei der Primärerzeugung von Zement entstehenden Emissionen werden mit diesen Strategien jedoch nicht vermieden und brauchen andere Lösungszugänge. Überlegungen gibt es zum Drittel energetisch verursachten CO₂-Emissionen, für die der Einsatz von Biomasse oder der Elektrifizierung im Brennofen in der Klinkerproduktion als Emissionsminderungsoptionen gesehen werden.

In Zusammenhang mit einer weitreichenden Emissionsreduktion werden zwei Technologieoptionen, Carbon Capture and Storage (CCS) und Carbon Capture and Utilization (CCU), als low-carbon Technologien diskutiert. Carbon Capture and Storage bedeutet, dass CO₂-Emissionen, die beim industriellen Prozess entstehen, abgeschieden werden und in permanente Lagerstätten verfrachtet werden. Die Realisierung von CCS benötigt dazu die entsprechende Transportinfrastruktur, um das abgeschiedene CO₂ von der Zementproduktionsstätte zur Lagerung zu verbringen. Das Grundprinzip von CCU beschreibt eine Technologie, bei der ebenfalls das CO₂ abgeschieden wird und als Rohstoff in anderen Sektoren eingesetzt wird. Wie bei CCS ist auch für CCU eine entsprechende Transportinfrastruktur für das abgeschiedene CO₂ erforderlich. CCU in der Zementindustrie setzt sektorübergreifende Zusammenarbeit voraus und stellt ein Beispiel für eine kreislaforientierte Lösung dar, die den Fokus auf Carbon-Management legt. Ein kritischer Punkt solcher Lösungen ist aber, für welche Zwecke das abgeschiedene CO₂ verwendet wird und wie lange es damit einen Emissionseintrag in die Atmosphäre verhindert.

Agora Energiewende und Wuppertal Institute (2021) führen für die Grundstoffindustrie insgesamt und damit auch die Zementindustrie drei Ebenen entlang der Wertschöpfungskette aus, um Investitionen in low-carbon Technologien zu ermöglichen:

- Upstream (Vorgelagerte Wertschöpfungsbereiche): auf dieser Ebene muss die Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen an erneuerbarer Energie zu wettbewerbsfähigen Preisen sichergestellt sein. Darüber hinaus ist die entsprechende Infrastruktur, wie Elektrizitätsnetze oder Transportinfrastruktur für CO₂, sowie gegebenenfalls Lagerinfrastruktur für die CO₂-Lagerung notwendig.
- Midstream: für den Industriesektor sind die entsprechenden ökonomischen und finanziellen Rahmenbedingungen ausschlaggebend um entsprechende low-carbon Technologien zu entwickeln und anzuwenden.
- Downstream (nachgelagerte Wertschöpfungsbereiche): Eine entsprechende Nachfrage für skalierbare Märkte für dekarbonisierte und kreislaufgeführte Prozesse. Dies setzt u.a. die Bereitschaft der Übernahme von Zusatzkosten voraus.

Diese drei Punkte illustrieren die Relevanz gesamter Wertschöpfungsketten, letztlich unabhängig davon, welche low-carbon Technologie zum Einsatz kommt.

²⁷ Siehe <https://www.empa.ch/web/nest/overview> (abgerufen am 20.5.2021).

Kooperationsprojekt C2PAT - Carbon2ProductAustria

Im Folgenden wird ein in Österreich viel diskutiertes Kooperationsprojekt, nämlich die sektorübergreifende Zusammenarbeit zwischen Lafarge, Verbund, OMV und Borealis hinsichtlich Abscheidung und Nutzung von CO₂ dargestellt. Es handelt sich dabei um ein CCU Innovationsprojekt mit dem Ziel das in der Zementindustrie in Mannersdorf abgeschiedene CO₂ als Input in der chemischen Industrie (Borealis) zu nutzen, um auf diese Weise primäre fossile Inputs zu substituieren. Neben dem sektorübergreifenden Denken der Projektpartner wurde die Entwicklung des Projekts auch durch wissenschaftliche Partner unterstützt. Das Projekt beleuchtet zwei Aspekte der Entwicklung der jüngeren Vergangenheit. Zum einen drückt sich darin das Problembewusstsein der Zementindustrie (und auch anderer emissionsintensiver Industrien) in Hinblick auf den Klimawandel aus und zum anderen demonstriert dieser Lösungsansatz ein Systemverständnis, das über die eigenen Sektorgrenzen hinweg innovative Wertschöpfungsketten in einem Kreislaufverständnis umsetzen will und im Folgenden schematisch dargestellt ist.

Abbildung 13: **Beispiel einer sektorübergreifenden dekarbonisierten Wertschöpfungskette**



Q: https://www.lafarge.at/fileadmin/Bibliothek/1_Ueber_Uns/Presseaussendungen/C2PAT_Infografik_Dekarbonisierung_062020_DE_cf.pdf

Für die Erfolgsaussichten innovativer Projekte wie C2PAT ist ein regulatorischer Rahmen (auf EU Ebene), der die Planungssicherheit erhöht, von Wichtigkeit, da hohe Investitionskosten mit entsprechenden technologischen Unsicherheiten verbunden sind. Im konkreten Fall bemühen sich die Betreiber des Projekts um eine finanzielle Unterstützung durch den EU-Innovationsfonds. Der EU Innovationsfonds speist sich aus einem Teil der Auktionserlöse aus dem EU Emissionshandel und hat zum Ziel innovative Demonstrationsprojekte in low-carbon Technologien mit realistischen Erfolgchancen auf ihrem Weg zur Marktreife zu unterstützen.

Das Projekt umfasst mehrere Phasen. Neben der gemeinsamen Planungsphase betrifft dies die Entwicklung der Verfahrenstechnik, Kostenschätzungen, Einholen von Genehmigungen bis zu den Investitionsentscheidungen der einzelnen Partner und Errichtung einer Demonstrationsanlage. Mit einer Skalierung des Projekts und einem neuen Geschäftsmodell wird frühestens 2028 gerechnet. Die sektorübergreifende Lösungsstrategie wird von Lafarge als Sicherung für die Zementindustrie gesehen, deren Erfolg aber von einer Reihe von Faktoren abhängig ist.

Kritisch ist etwa die Schaffung der Infrastruktur (upstream), zum einen für den Transport von CO₂, zum anderen die Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen an grünem Wasserstoff. Der Innovationscharakter hat auch die Erprobung von Technologieketten erfordert. Begrenzte finanzielle Unterstützungen sind ein weiterer kritischer Punkt, ebenso wie planbare regulatorische Rahmenbedingungen und das politische Verständnis für die zeitliche Dimension grundlegender industrieller Prozessumstellungen.

Das Bewusstsein in Bezug auf die Notwendigkeit der Begrenzung des Klimawandels hat sich in letzten Jahren einerseits in der Industrie, insbesondere bei den großen Unternehmen, und andererseits in der Öffentlichkeit verfestigt und schlägt sich als treibender Faktor für low-carbon Lösungen nieder. Politische Unterstützung gibt es auf unterschiedlichen politischen Ebenen, national etwa durch das Klimaministerium, auf EU-Ebene durch industriepolitische Initiativen wie die IPCEIs (Important Projects of Common European Interest), wovon eines die Skalierung von grünem Wasserstoff zum Ziel hat. Auch die klimapolitischen Zielsetzungen und Regulierungen der EU unterstützen den strukturellen Wandel.

4.2.4 Innovative Gebäude

Ausgangslage

Die Wertschöpfungskette des Gebäudebaus verursacht über die gesamte Nutzungsdauer einen beträchtlichen CO₂-Ausstoß. Nicht nur der Produktion von Vorleistungen (z.B. Zement oder Stahl, wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt), sondern auch dem Gebäudebetrieb werden erhebliche CO₂-Emissionen zugerechnet. Statistisch werden die CO₂-Emissionen des Gebäudebereichs jedoch nicht eindeutig erfasst. Für den Bau zentrale Zulieferbranchen (z.B. Metallprodukte) beliefern nicht ausschließlich die Baubranche, weshalb die hier gemessenen CO₂-Emissionen nicht klar zuordenbar sind. Zudem unterscheiden sich die Treibhausgas-Emissionen nach der sektoralen Einteilung des Klimaschutzgesetzes von den in der Ökonomie

verwendeten Nomenklatur der Wirtschaftstätigkeiten (NACE), der europäischen Klassifikation der Wirtschaftstätigkeiten.²⁸

Nur ein Teil der Emissionen des Betriebs der Wohngebäude wird statistisch dem Haushaltssektor zugeteilt, der 2019 insgesamt etwa 10% der gesamten CO₂-Emissionen ausmachte. Der Großteil dieser Emissionen ist auf die Raumwärme und die Raumkühlung zurückzuführen.²⁹ Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Emissionen der Fernwärme hier nicht berücksichtigt sind und somit der CO₂-Ausstoß des Sektors deutlich unterschätzt ist. Betrachtet man nur den ausgewiesenen Haushaltssektor im Zeitablauf, dann wird ersichtlich, dass die direkten CO₂-Emissionen fallend waren – der Rückgang betrug zwischen 2000 und 2019 etwa 30%. Dieser Rückgang hatte mehrere Gründe, wie etwa der verstärkte Einsatz von Fernwärme und erneuerbaren Energieträgern, der Rückgang des Erdgas- und Heizöleinsatzes, der besseren thermischen Qualität der Gebäude, aber auch die merklich niedrigere Zahl der Heizgradtage (Umweltbundesamt, 2020).³⁰

Grundsätzlich gliedert sich der Gebäudebereich in zwei Teile:

- dem Neubau i.S.v. neu errichteten Gebäuden, der eine hohe Gesamtenergieeffizienz der Gebäude aufweist, sowie
- dem Gebäudebestand, der hinsichtlich des Endenergieverbrauchs pro Flächeneinheit deutlich unter dem Neubau (v.a. jenem der vor 1970 erbaut wurde) liegt, wobei eine große Streuung besteht.

Dies reflektiert die beiden Ansatzpunkte für eine Dekarbonisierungspolitik, bzw. einer Emissionsreduktion durch die Erhöhung der thermisch-energetischen Gebäudeeffizienz. Es kann der Neubau forciert bzw. auch der Gebäudeumschlag erhöht werden. Zudem kann der Gebäudebestand thermisch saniert werden (Conci et al., 2019). Das Zusammenspiel von Sanierung und Neubau führt letztlich zur Frage, wie sich die CO₂-Emissionen über den Lebenszyklus eines Gebäudes verhalten (siehe Textkasten).

Gesamtheitliche Sichtweise über den Lebenszyklus

Um politisches Handeln konsistenter zu gestalten haben sich alle GesprächspartnerInnen für eine verstärkte gesamtheitliche Betrachtung des CO₂-Ausstoßes ausgesprochen, die den gesamten Lebenszyklus beinhaltet („Von der Wiege bis zur Bahre“ bzw. „from the cradle to the grave“). Diese Sichtweise schließt den CO₂-Ausstoß der Produktion von Baumaterialien gleichermaßen ein wie die Errichtungsphase, den späteren Betrieb und letztlich die Entsorgung. Hier würden sich Paritäten zwischen den Baumaterialien ergeben. Etwa würde sich der CO₂-Ausstoß von Holz und Beton nach einer Nutzungsdauer von etwa 50 Jahren die Waage halten, was einer üblicherweise buchhalterisch angesetzten Nutzungsdauer von Gebäuden entspricht.

²⁸ Die Details der Zurechnungsunterschiede lassen sich aus den Datendokumentationen ableiten (Eurostat, 2008; IEA, 2020), sind jedoch für die Kernaussagen dieser Studie nicht relevant.

²⁹ Quelle: UNFCCC, National Inventory Reporting.

³⁰ Siehe Kettner-Marx et al. (2020) für eine detaillierte Beobachtung der Indikatoren am aktuellen Rand.

Die ganzheitliche Betrachtung betrifft auch Sanierung von Bestandsbauten. Etwa ist die Herstellung von Wärmedämmverbundsystem CO₂-intensiv sind und bringt bislang ungelöste Entsorgungsprobleme mit sich. Bislang werden alternative Lösungen (z.B. aus Wollen oder Hanf) aufgrund der Kostenunterschiede nicht angestrebt.

Die Quantifizierung von Gebäude in Österreich ist nicht trivial. Im Gebäuderegister von Statistik Austria aktualisieren Gemeinden und Bezirkshauptmannschaften laufend den Bestand an Gebäuden, Wohnungen und sonstigen Nutzungseinheiten. Zudem werden Neuerrichtungen von ganzen Gebäuden, Abbrüche sowie An-, Auf- und Umbauten erfasst. Nach Fertigstellung dieser Baumaßnahmen gehen die Daten in den Gebäudebestand über.³¹ Die letzte Registerzählung des Bestands erfolgte im Jahr 2011 durch Statistik Austria, bei der insgesamt 1,98 Mio. Gebäude gezählt wurden. Der aktuelle Wohnungsbestand per 1.1.2020 betrug etwa 2,07 Mio.

Die Sanierungsrate, die auf Zahlen der Wohnbauförderung beruht, beträgt zwischen 1,5 und 2,0 Prozent, was jedoch eine Schätzung ist, die auf Einzelmaßnahmen beruht und die effektive Verbesserung der thermischen Qualität oft unklar bleibt. Die Rate einer umfassenden thermisch-energetischen Sanierung liegt bei etwa 0,7%. Eine umfassende Sanierung benötigt die Kombination von mehreren Maßnahmen: ein Fenstertausch, eine Fassadenerrichtung, eine Wärmedämmung der obersten Geschoßdecke (thermische Maßnahmen) sowie einen Heizkesseltausch (energetische Maßnahme) (Umweltbundesamt, 2020).

Die Hintergrundgespräche der vorliegenden Studie konzentrierten sich inhaltlich auf den Neubau, was dem Fokus „innovative Gebäude“ entspricht. Der Neubau bietet größere Gestaltungsfreiheiten als der Gebäudebestand. Auch wurde festgehalten, dass innovative Lösungen in Ballungszentren aufgrund der höheren Siedlungsdichte und der damit verbundenen Skalenerträge leichter durchzusetzen wären als in ländlichen Gebieten.

Hebel: Bewusstsein bezüglich der Dekarbonisierung und des Strukturwandels unter den Stakeholdern

Gemäß der marktwirtschaftlichen Organisation gibt es keine einheitliche Vorstellung darüber, in welche Richtung sich der Sektor technologisch wie strukturell bewegt. Die zentralen Akteure, die die Dekarbonisierung des Sektors vorantreiben können, gliedern sich grob in drei Gruppen: (1) die Hersteller von Baumaterialien, die Vorleistungen bereitstellen, (2) die Bauunternehmen, die die Gebäude errichten und somit auch die spätere Nutzung planen, und (3) die Endkunden, deren Nachfrage sich grob in ein höher- und ein niedrigpreisiges Segment aufgliedert, wobei die GesprächspartnerInnen beim höherpreisigen Segment eine größere Bereitschaft sehen CO₂-neutrale Gebäude errichten zu lassen. Zudem wurde von einem starken gesellschaftlichen Wandel in den letzten Jahren berichtet, der auch die Nachfrage verändert und ein Umfeld geschaffen habe, der das Forcieren der Dekarbonisierung des Gebäudesektors begünstigen würde. Eine Streuung des Bewusstseins der Bedeutung der Dekarbonisierung wird auch bei

³¹ Siehe https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/wohnen/gebäude_und_wohnungsregister/bestandsdaten/index.html (abgerufen am 19.5.2021).

den Bauträgern verortet. Die Einschätzungen der Stakeholder sehen vor allem mittelgroße Bau-träger als aufgeschlossener bezüglich innovativen Baukonzepten. Die Hersteller von Baumaterialien folgen der Nachfrage. Generell wird attestiert, dass der Sektor einem starken Preiswettbewerb und somit Kostendruck unterliegt.

Auch habe sich die grundsätzliche Art und Weise zu Bauen über die letzten Jahrzehnte hinweg nur wenig verändert, was im Gegensatz zur Forschung und zu den Fortschritten in der Gebäudetechnologie steht. Der Sektor gilt, im Vergleich zu anderen Sektoren wie etwa der Fahrzeugindustrie, daher als weniger innovativ.

Uneins waren die Meinungen der GesprächspartnerInnen ob ein „radikaler Strukturwandel“ ansteht. Einerseits wurde die Meinung geäußert, dass der Sektor einem steten technologischen Wandel unterliegt Wohnen ein Grundbedürfnis erfüllt“, was die Nachfrage sichert. Beispielsweise kam es in den letzten Jahren zu einer Verschiebung zu vorgefertigten Bauweisen. Fertigbauteile sind nicht nur weniger CO₂-intensiv, da die Produktionsprozesse standardisierter ablaufen als bei idiosynkratisch errichteten Gebäuden, sondern tendenziell auch materialeffizienter und kostengünstiger, weshalb sie an Wettbewerbsfähigkeit gewonnen haben. Andererseits wurde ein mitunter beträchtlicher Strukturwandel erwartet, der sich nicht nur durch die Dekarbonisierung ergibt (z.B. durch deutlich verringertem Baumaterialeinsatz oder innovativen Baumaterialien, welche zwar die erforderlichen technische Eigenschaften erfüllen jedoch sich von herkömmlichen Materialien unterscheiden). Auch wurde die „Digitalisierung“ genannt, konkret könnten der 3D-Druck von Gebäudegrundrissen die bisherige schrittweise Anpassung der Bau-prozesse und die Nachfrage nach Vorleistungen und Qualifikationen abrupt verändern.

Damit im Zusammenhang steht auch die Einschätzung der meisten Gesprächsteilnehmer, dass lange Zeit bei der Dekarbonisierung der Betrieb der Häuser im Vordergrund stand und nun der Fokus auf Baumaterialien schwenkt. In der Fertigteilherstellung sieht man Einsparungen des CO₂-Ausstoßes von etwa drei Viertel innerhalb eines 10-15 Jahre Zeithorizonts als operabel an, der durch ein Maßnahmenbündel von neuen Produkten, effizienteren Prozesse (z.B. weniger Zement in Rohmischung) etc. erreicht werden könne. Das bedeutet jedoch auch, dass selbst bei einer erfolgreichen Dekarbonisierung die CO₂-Emissionen nicht auf Null fallen.

Daraus ergibt sich ein erster Hebel zur Dekarbonisierung der Branche. Bewusstseinskampagnen sollten über technologische und regulatorische Entwicklungen informieren und mögliche Implikationen auf bestehende Geschäftsmodelle aufzeigen. Insbesondere KMU sollten informiert werden. Auch im Bewusstsein der Endnachfrage sahen die GesprächspartnerInnen Hebel. Etwa würde für Einzelhausbesitzer eine Energieberatung in manchen Bundesländern nicht vorhanden sein oder Demonstrationsprojekte fehlen (siehe unten).

Hebel: Regulatorische Ansatzpunkte

Als effektiver Hebel der öffentlichen Hand wurde durchgehend die Regulierung genannt, die letztlich die Nachfrage steuert und den Strukturwandel stark beschleunigen kann. Die Branche wird durch eine Vielzahl unterschiedlicher Rechtsmaterien reguliert, die neben den länderspezifischen Bauordnungen auch Finanzierungen und Flächenwidmungspläne erschließen.

Einige GesprächspartnerInnen haben kritisiert, dass die CO₂-Bilanz der „Baustuktur“ regulatorisch unzureichend verankert wäre. Beispielsweise gibt das Bauklassensystem die Tiefe, Höhe, Breite und Form von Gebäuden vor, jedoch nicht die CO₂-Intensität. Somit würde die Bauplanung primär die legitimen Ziele der Kosten- und Leistungsoptimierung verfolgen, sich jedoch nicht über die Dekarbonisierung erstrecken.

Ein Aspekt der praktischen Umsetzung von CO₂-Zielen in der Gebäudeerrichtung kann die Nutzung digitaler Lösungen sein, wie etwa des BIM („Building Information Modelling“) womit digitale Gebäude geplant und Werkvertragsnormen, Gebäudeeigenschaften etc. sichtbar gemacht werden. Ein Vorschlag erstreckt sich über die verpflichtende Bereitstellung eines digitalen Bauplans bei der Baubewilligung, wodurch vorab definierte Klimaziele bereits in der Planung berücksichtigt werden könnten.

Ein weiterer regulatorischer Ansatzpunkt erstreckt sich auf die Regulierungen des Finanzwesens. Es wurde vorgeschlagen sämtliche Aspekte der Wohnbauförderung auf die CO₂-Neutralität abzustimmen. Auch könnten steuerliche Vorteile für Investoren in CO₂-neutrale Projekte gewährt werden (z.B. in der Refinanzierung Green Bonds oder durch die Nutzung der „Sustainable Finance Taxonomy“ der EU).

Ein weiterer regulatorischer Aspekt betrifft die „Quartierplanung“, d.h. die ganzheitliche Planung eines gesamten Areals (wie das Beispiel Sonderborg im Textkasten zeigt). Errichtet man CO₂-freie Siedlungsgebiete, muss dies mit der Raumplanung verquickt werden. Unterschiede im Baurecht können gesamtheitliche Lösungen erschweren, was in Österreich durch die unterschiedlichen Bauordnungen bzw. dem fehlenden einheitlichen Regulierungsrahmen ein Problem zu sein scheint. Grundsätzlich harmonisiert das Österreichische Institut für Bautechnik (OIB) die bautechnischen Vorschriften in Österreich. Die Regelungen werden vom OIB publiziert und stehen den Bundesländern zur Verfügung. Die Bundesländer können die OIB-Richtlinien in ihren Bauordnungen für verbindlich erklären. Von den OIB-Richtlinien kann jedoch gemäß den Bestimmungen in den diesbezüglichen Verordnungen der Bundesländer abgewichen werden, wenn der Bauwerber nachweist, dass ein gleichwertiges Schutzniveau erreicht wird, wie bei Einhaltung der OIB-Richtlinien.³² Die GesprächspartnerInnen haben hier Kritik an der in einigen Bundesländern verspäteten Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie geäußert, die für Neubauten u.a. vorsieht, dass diese ab 2021 nur mehr als Niedrigstenergiegebäude ausgeführt werden dürfen. Die OIB-Richtlinie 6 legt die Heizwärmebedarfs-Anforderungen individuell nach Gebäude fest. Diese beziehen sich auf das Verhältnis von Volumen zu Oberfläche. Je größer die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen wird, desto wichtiger wird der Aspekt Dämmung.³³

Hebel: Innovative Gebäude in der Forschungsförderung verankern

Vor allem die industriellen Hersteller von Baumaterialien erkunden neue technologische Lösungen. In der Umsetzung von Produktinnovation werden Prozessänderungen benötigt, die

³² Siehe <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien> (abgerufen am 18.5.2021).

³³ Siehe https://www.oib.or.at/sites/default/files/oib-ltrs_maerz_2020.pdf (abgerufen am 18.5.2021).

naturgemäß großes Risiko in sich bergen, weshalb Investoren tendenziell, im Vergleich zu einem sozialen Optimum an Innovationen, unterinvestieren. Das ist die klassische Rechtfertigung der Förderung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten.

Kritisiert wurde die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), welche die Bauforschung nicht hinreichend berücksichtigen würde. Die Ausweitung des Adressatenkreises der Forschungsförderung auf innovative Gebäude bzw. Smart City Entwickler wurde als wünschenswert erachtet. Mögliche Konsortien an Fördernehmern gäbe es und der Hebel für die Dekarbonisierung wird als groß eingeschätzt. Insgesamt beläuft sich ein Produktzyklus, von der F&E bis zur Umsetzung, auf gut ein Jahrzehnt.

Ein weiterer Vorschlag eines Gesprächspartners war die Eröffnung eines Seitenkanals in der FFG, der eine Art „Klima-Bypass“ darstellt und alle Technologien, die in den nächsten fünf Jahren die CO₂-Emissionen glaubhaft reduzieren, fördert. Die Förderungen sollten dabei technologie-neutral und zielorientiert sein.

Hebel: Demonstrationseffekte und Lead User

Im Zusammenhang mit Innovationen wurden von einigen Gesprächspartnern auch die in Österreich fehlenden Demonstrationsprojekte erwähnt, wie etwa ein modular aufgebautes Forschungsgebäude in Dübendorf bei Zürich (NEST, Next Evolution in Sustainable Building Technologies). Das Ziel von NEST ist die Weiterentwicklung von innovativen Baustoffen und Systemen, aber auch die Testung, Weiterentwicklung und Validierung zukünftiger Wohn- und Arbeitsformen unter realen Bedingungen.³⁴ Ein weiteres Beispiel – ebenso in der Schweiz – ist das Areal Suurstoffi in Risch Rotkreuz, in dem ein integriertes und verkehrsfreies Quartier entstand, in dem Wohnen, Arbeiten und Freizeitaktivitäten miteinander verbunden sind. Unter anderem beherbergt das Areal ein Holzhochhaus, das als Demonstrationsobjekt dient.³⁵

Die GesprächspartnerInnen haben auch erwähnt, dass die öffentliche Hand als „Lead User“ auftreten und somit den Anforderungen eines breiteren Markts vorauslaufen sollte. Dies kann durch die Errichtung innovativer Gebäude geschehen, wodurch Demonstrationseffekte entstehen, die zur breiteren Problemlösung beitragen. Es wird von Bauherren berichtet, die grundsätzliches Interesse an Beratung hätten, jedoch fehlt das Wissen über Dekarbonisierungspotentiale, oft auch bei den Bauträgern. Demonstrationsprojekte können diese Informationsasymmetrien reduzieren. Ähnlich gelagert sind auch Architekturpreise, in denen die Leistungserbringung in Bezug auf mögliche CO₂-Reduktionen ausgelotet werden kann.

³⁴ Siehe <https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/objekte/sonderbauten/forschungsgebaeude-nest-in-du-bendorf-4929786> (abgerufen am 18.5.2021).

³⁵ Siehe <https://www.suurstoffi.ch/bau-projekte> (abgerufen am 28.5.2021).

Ein Beispiel einer CO₂-neutralen „Smart City“: Sonderborg in Dänemark

Die GesprächspartnerInnen erwähnten oft eine gesamtheitliche Betrachtung, in der urbane Gebiete dahingehend ganzheitlich konzipiert sind, dass sie zahlreiche Technologien der Dekarbonisierung umsetzen. In einem ersten Schritt wurde die Errichtung von Pilotregionen angeregt. Das können emissionsfreie städtische Inseln mit digitalisierter und integrierter Infrastruktur (z.B. Fernwärme und -kälte, erneuerbaren Energien, Zu- und Abwassersysteme) und CO₂-neutralen Mobilitätskonzepten aufweisen. In Österreich wird beispielsweise eine Smart City im Wiener Stadtteil Aspern Seestadt umgesetzt.³⁶

Ein internationales Beispiel einer Smart City ist Sonderborg, eine dänische Gemeinde mit 76.000 Einwohnern, die sich verpflichtet hat, bis 2029 eine kohlenstofffreie Gemeinde zu werden.³⁷ Energieeffizienz und Energie aus eigenen erneuerbaren Quellen (z.B. Thermokollektoren und Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern) sind Mittel um das Ziel zu realisieren. Dieses Konzept benötigt bauliche Sanierungsmaßnahmen. Insgesamt werden 45 mehrstöckige Gebäude mit 880 Wohnungen und ca. 66.000 m² Nutzfläche saniert. Um den Rückhalt in der Bevölkerung zu sichern erfolgt die Nachrüstung bestehender Gebäude in enger Zusammenarbeit mit den Mietern, wobei drei Wohnungsbaugesellschaften der Erstansprechpartner sind. Unterschiedliche Aspekte der Digitalisierung spielen im operativen Betrieb dieser Konzepte eine Rolle. Dies betrifft z.B. ein digitalisiertes Energiesystem, das sich auch auf den Verkehr erstreckt, etwa durch intelligente Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Zudem sollen die Stadtbusflotten durch lokal produziertes Biomethan erweitert werden (Urrutia Azcona et al., 2019).

Hebel: Aus- und Weiterbildung

Die GesprächspartnerInnen berichten von Verbesserungen der Ausbildung im Zeitablauf, sowohl im nicht-akademischen als im akademischen Segment. Die Anforderungen werden sich weiter verändern und die Nachfrage nach qualifizierten Fachkräften wird stetig zunehmen. Hier wird von einer Tendenz zur Zweiteilung berichtet. Während vor allem im verarbeitenden Zuliefererbereich von einem „Fachkräftemangel“ gesprochen wird, wird im Baubereich die Vorfertigung einfacher zu verbauenden Fertigteilen forciert, was Personalengpässe abfedert.

Einige GesprächspartnerInnen weisen auch darauf hin, dass radikale Änderungen in der Qualifikationsnachfrage durch die „Digitalisierung“ entstehen könnten, nämlich durch den 3D-Druck von Gebäudegrundrissen. Dies würde nicht nur die Planungs- und Vorleistungskette, sondern auch die Gebäudeerrichtung selbst betreffen.

³⁶ Siehe <https://www.klimafonds.gv.at/press/seestadt-aspern-gelebte-forschung-im-smart-city-demoprojekt-des-klima-und-energiefonds/> (abgerufen am 18.5.2021)

³⁷ Siehe <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/projects-and-sites/projects/smartcity/smartcity-site-sonderborg> (abgerufen am 18.5.2021).

5. Wirtschaftspolitische Schlussfolgerungen

Nach der Bewältigung der COVID-19 Krise steht die Wirtschaftspolitik vor Herausforderungen, die bereits vor der Pandemie vorhanden waren, nämlich der voranschreitenden Digitalisierung und Dekarbonisierung. Mittel- und langfristig müssen die Investitionspolitik und das Investitionsverhalten der Unternehmen darauf abgestimmt werden. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von COVID-19 Impfungen und einem kontrollierten Zurückfahren der Hilfsmaßnahmen wird Österreichs Wirtschaft in eine Aufschwungs- bzw. Erholungsphase übergehen. Die strukturellen Herausforderungen, die vor der Krise bestanden, werden wieder schlagend. Die Wirtschaftspolitik sieht sich mit zweierlei technologischen Entwicklungen konfrontiert. Zum einen, stellt die Dekarbonisierung, zu der sich Österreich in multilateralen Abkommen verpflichtet hat, massive Anforderungen an einen tiefgreifenden Strukturwandel, der alle Bereiche betrifft und eine Perspektive der Wirtschaftssektoren auf „CO₂-neutrale“ Produktionsprozesse entlang der Wertschöpfungskette erfordert. Zum anderen werden stets weiterentwickelnde Informations- und Kommunikationstechnologien genutzt, die Auswirkungen auf soziale und wirtschaftliche Prozesse haben, aber auch einen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten können. Diese Änderungen werden unter dem Begriff „Digitalisierung“ zusammengefasst.

Diese Studie erarbeitet Treiber und Hemmnisse der Diffusion der Technologien der Dekarbonisierung und die Digitalisierung. Die hier diskutierten Überlegungen zur Dekarbonisierung basieren auf einer Befragung von ausgewählten Stakeholdern aus unterschiedlichen Bereichen. Diese Studie diskutiert die Treiber der Diffusion von Technologien, die die Digitalisierung und die Dekarbonisierung beschleunigen. Fehlen diese „Treiber“ oder sind sie suboptimal ausgestaltet werden diese zu Hemmnissen. Methodisch wurde, neben einer umfangreichen Literaturrecherche, auf eine Stakeholder-Befragung zurückgegriffen Dekarbonisierung und Digitalisierung unterscheiden sich hinsichtlich der Technologiereife. Die Digitalisierung wird durch am Markt verfügbare Technologien getrieben, während die Dekarbonisierung durch die klimapolitischen Rahmenbedingungen und die festgelegte CO₂-Reduktion missionsorientiert ist und durch die Wirtschaftspolitik forciert wird („directed technological change“). Im Bereich der für eine Dekarbonisierung notwendigen Technologien sind manche Lösungen bislang im Forschungsstadium und noch nicht diffusionsstauglich bzw. skalierbar.

5.1 Dekarbonisierung

In den letzten Jahren kam es zu einer Änderung des Bewusstseins hinsichtlich der Unausweichlichkeit Maßnahmen gegen den Klimawandel treffen zu müssen. Das Erreichen der Emissionsziele wird beträchtliche Investitionen benötigen, die durch Investitionsumschichtungen und durch Mehrinvestitionen zustande kommen können. Die Bewusstseinsänderung hinsichtlich der Rolle der Dekarbonisierung spiegelte sich den Hintergrundgesprächen wider, wobei die Akteure in der FTEI optimistischer sind als jene in den Bereichen der Umsetzung, wo versunkene Kosten und Unsicherheit relevant sind und das Risiko von „gestrandeten Investitionen“ stark betont wird. Generell wird das Erreichen der Emissionsziele von den GesprächspartnerInnen mit

beträchtlichen Investitionen verknüpft, wobei diese entweder zusätzliche Investitionen sind oder durch Umschichtungen von Investitionen zustande kommen.

Die CO₂-Reduktion ist ein Prozess, der rasch beginnen sollte. In für die CO₂-Neutralität wichtigen Branchen sind Investitionshorizonte sehr lang. Ein CO₂-neutrales Wirtschafts- und Gesellschaftssystem ist ein Ziel, das sich aus naturwissenschaftlichen Forschungsergebnissen ableitet. Die Dekarbonisierung selbst ist ein Prozess, in dem ein kleiner werdendes Emissionsbudgets verteilt wird, was Auswirkungen auf die Kapitalstöcke und Investitionen hat. Die GesprächspartnerInnen berichten von stark unterschiedlichen Kapitalintensitäten und somit auch versunkenen Kosten. Während etwa ein Zementwerk einen Investitionshorizont von 30 Jahren hat, erfolgt im Baumaterialsektor ein gesamter Produktzyklus, d.h. von F&E zur Umsetzung, in einem Zeitraum von etwa zehn Jahren. Das bedeutet, dass die CO₂-Neutralität im Jahr 2050 durch heutige Investitionen bestimmt wird. Vor allem innovative Unternehmen haben das Gefühl, dass „die Zeit abläuft“ und rasches Handeln nötig ist.

Die Herausforderungen der Dekarbonisierung sind stärker kontextabhängig als jene der Digitalisierung, weshalb die Wirtschaftspolitik auch auf das jeweilige Umfeld eingehen sollte. Das gesamtwirtschaftliche nationale und EU CO₂-Reduktionsziel wird als vorgegeben akzeptiert. Die technologische und regulatorische Basis in der CO₂-Neutralität erreicht werden soll, unterscheidet sich stark zwischen den wirtschaftlichen Aktivitäten. Aufgrund der Kontextabhängigkeit der Dekarbonisierung wurden exemplarisch drei Branchen bzw. Technologiefelder näher betrachtet, die aufgrund ihres CO₂-Austosses und ihrer wirtschaftlichen Bedeutung wirtschaftspolitisch für Österreich eine große Rolle spielen: die KFZ-Zulieferer, die Zementherstellung als Beispiel eines emissionsintensiven Sektors und innovatives Bauen, das insbesondere über die gesamte Nutzungsdauer von Gebäuden einen wesentlichen Einfluss auf die Emissionsentwicklung hat. Die Kernergebnisse dieser Analysen werden in Übersicht 1 zusammengefasst. Zudem lassen sich allgemeine Schlussfolgerungen ableiten, die durch die Hintergrundgespräche im Folgenden erläutert werden.

„Dekarbonisierung“ ist in den letzten zwei bis drei Jahren in vielen Bereichen ein Bestandteil der Nachfrage geworden und zahlreiche Unternehmen, v.a. in der Industrie, arbeiten mittlerweile an einer technologischen Umstellung. Beinahe alle GesprächspartnerInnen haben von einer sich stark ändernden, allgemeinen Nachfrage gesprochen. Die Gründe für diese Bewusstseinsänderung liegen in der Sichtbarwerdung der Auswirkungen des voranschreitenden Klimawandels, wie etwa extreme Wetterereignisse, die auch zunehmend in Österreich auftreten, Medienberichten und -kampagnen sowie BürgerInnenbewegungen (z.B. „Fridays for Future“). Diese Nachfrageänderung spiegelt sich auch im strategischen Verhalten von Unternehmen, v.a. im industriellen Sektor, wider. Neue Technologien und dazugehörige Geschäftsmodelle werden erarbeitet und die Umsetzung ist für die nächsten 10 bis 15 Jahre realistisch.

Übersicht 1: Sektorspezifische Kernergebnisse

Technologiefeld	Ansatzpunkt	Erläuterungen
KFZ-Zulieferindustrie	Planungssicherheit	Klar formulierte Regularien schaffen feste Rahmenbedingungen für Investitionen; zielgerichtete Ausgestaltung mit ambitionierten, aber machbaren Zielen mit Vorlaufzeit für Entwicklung (Euro-7-Abgasnorm).
	Technologieneutralität in den Rahmenbedingungen	„Technologieneutralität“ in gesetzlichen Rahmenbedingungen (z.B. EU-Abgasnormen) schaffen missionsorientierte Zielvorgaben und Anreize zur Entwicklung alternativer Technologien; Diffusionsförderung einer kritischen Masse von marktreifen Technologien um wettbewerbsfähige Alternativen zu schaffen (z.B. E-Fahrzeuge inkl. Ladeinfrastruktur). Technologieneutralität ist keine Rechtfertigung für die Beibehaltung CO ₂ -intensiver Technologien
	Diversifikation	KMUs stehen oft in Abhängigkeiten von internationalen Fahrzeugherstellern; insbesondere KMUs sollten Risikostreuungs- und Diversifizierungspotential erkennen und erhöhen; Aufbau neuer Lieferketten, Netzwerken und Kooperationen
	Aus- und Weiterbildung	Digitalisierung der Kfz-industrie und gestiegene Komplexität des Fahrzeugs ändern die Qualifikationsanforderungen, die ein life-long-learning notwendig machen
Kreislaufwirtschaft i.d. Zementindustrie	Sektorübergreifendes Denken	Schlüsselunternehmen und KMU mehrerer Branchen kooperieren mit wissenschaftlichen Einrichtungen zur Problemlösung; neue Technologieketten werden erprobt und die Skalierbarkeit wird ausgelotet
	Planungssicherheit	Klimapolitische Zielsetzungen und der regulatorische Rahmen auf der EU-Ebene unterstützen die Umsetzung
	Finanzierung	Ein EU-weites Demonstrationsprojekt, das Milliarden benötigt. Nicht nur (EU-)Förderfonds, sondern auch private Investoren werden benötigt
	Unterstützende Infrastruktur	z.B. Upstream müssen Transportleitungen für grünen Wasserstoff geschaffen werden
Innovative Gebäude	Bewusstsein schaffen	Stark unterschiedliche Innovationsneigung innerhalb d. Branche. Dekarbonisierung bedeutet auch Strukturwandel mit Gewinnern und Verlierern. V.a. jene KMU, die weniger innovativ sind benötigen Information
	Regulierung	z.B. CO ₂ -Bilanz d. Gebäudestruktur ist nicht regulatorisch verankert; digitale Baupläne mit CO ₂ -Abschätzung bei der Baubewilligung; Finanzierung und CO ₂ ; Quartierplanung
	Forschungsförderung und Lead User	Bau- und Materialwirtschaft ist kaum i.d. Forschungsförderung verankert, Adressatenkreis ausweiten; Demonstrationsprojekte d. öfftl. Hand
	Aus- und Weiterbildung	Innovationen (z.B. 3D-Druck v. Gebäuden) können Qualifikationsanforderungen fundamental ändern, Humankapitalbildende Maßnahmen

Das Bewusstsein, dass Dekarbonisierung auch Strukturwandel inklusive mitunter beträchtlicher Anpassungskosten bedeutet unterscheidet sich stark zwischen Branchen. Das im Rahmen der Feldarbeit dieser Studie entstandene Bild zeigt eine starke Streuung im Bewusstsein über den anstehenden Strukturwandel. Eng damit verwoben ist die variierende Bereitschaft die eigenen Wertschöpfungsketten und Produktionsprozesse CO₂-neutral zu gestalten. Dies hängt zum Teil mit ureigenen Interessen der Akteure zusammen („vested interests“), zum Teil mit regulatorischen Rahmenbedingungen, die von der Politik vorgegeben werden. Während einige Branchen (z.B. insbesondere die emissionsintensive Industrie, die im EU Emissionshandel reguliert wird, und zum Teil die Kfz-Industrie, die die Umsetzung von Emissionsobergrenzen ihrer Flotten erfüllen muss) bereits heute stark mit der Umstellung auf die Dekarbonisierung konfrontiert sind, ist das Bewusstsein in anderen Branchen (z.B. der Bauwirtschaft im weiteren Sinn) insgesamt geringer.

Dekarbonisierung verändert die Nachfrage nach Technologien, stellt Geschäftskonzepte infrage, bietet aber auch Chancen. Die Wahrnehmung darüber unterscheidet sich tendenziell nach Unternehmenstypen. Schlüsselbetrieben fällt auch bei der Dekarbonisierung eine zentrale Rolle zu. Die Wahrnehmung über die Bedeutung des „geleiteten technologischen Wandels“ für bestehende Geschäftskonzepte unterscheidet sich nicht nur zwischen Branchen, sondern ist auch innerhalb der Branchen gemischt. Es zeichnet sich ab, dass unterschiedliche Firmentypen die Herausforderungen unterschiedlich wahrnehmen. Naturgemäß ist die Innovationsbereitschaft am höchsten bei Forschungsbetrieben und Technologieentwicklern. In der Umsetzung scheint die Bereitschaft bei international agierenden Unternehmen bzw. bei Unternehmen mit Diversifizierungsoptionen hoch zu sein, wo gerade die regulierungsgetriebene Dekarbonisierung mitunter auch als langfristiger Vorteil im internationalen Wettbewerb verstanden wird. Diese Unternehmen können nicht nur auf internationale Wissens- und Produktionsnetzwerke zurückgreifen, sondern haben auch häufig hohe versunkene Kosten. Tendenziell geringer ist die Bereitschaft Projekte zur Dekarbonisierung bei lokal tätigen KMU. Der Strukturwandel, der durch die Dekarbonisierung entsteht, wird zum Marktaustritt einiger Unternehmen führen. Befragte Vertreter von Unternehmen, die an dieser Schwelle operieren, warnen heute bereits vor für sie nicht umsetzbaren Vorgaben. Es bleibt für sie jedoch unklar welche CO₂-Reduktionspfade für diese Unternehmen denkbar sind. Auch bleibt offen wie stark die Akzeptanz dieser Akteure hinsichtlich klimapolitischer Zielsetzungen ausgeprägt ist.

5.1.1 Regulatorische und steuerliche Hebel

Die Abgrenzung zwischen CO₂-Steuern, dem EU ETS und durch die Regulierung vorgeschriebene Emissionsreduktionspfade ist fließend. Angewandte Instrumente sollten konsistent sein. Sowohl CO₂-Steuern, das EU Emissions Trading System (ETS)¹ verfolgen das Ziel, CO₂ zu bepreisen. Auch sektorspezifische Regulierungen, wie etwa der Anpassungspfad der CO₂-Emissionen bei Kfz-Flotten, haben einen Effekt auf Kosten und Preise. Hinreichend hohe Preise sollen den

¹ Siehe https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en (abgerufen am 10.5.2021)

CO₂-Ausstoß verteuern und über Preisanreize eine Verringerung der Emissionen induzieren. All diese Instrumente sind in unterschiedlichem Ausmaß implementiert. Während von den in dieser Studie untersuchten Aktivitäten die Vorleistungen der Baubranche sowie das Kreislaufwirtschaftsmodell dem EU ETS unterliegen, gilt dies für die KFZ-Zulieferindustrie nicht, in der ein Pönalsystem implementiert wurde, das an der CO₂-Intensität der Flotte ansetzt. Die Instrumente haben unterschiedliche Mechanismen zur Zielerreichung. Setzt man Instrumente gleichzeitig ein, können sie miteinander in Konflikt stehen oder sich gegenseitig unterstützen. Die bettet sich in die lange Diskussion über die Konsistenz von Policy-Instrumenten ein (del Rio & Howlett, 2013; Dopfer, 1991; Knudson, 2009).

CO₂-Steuern sind ein Instrument, dessen Verbreiterung tendenziell begrüßt wird. Das Verhältnis von CO₂-Steuern und Regulierung zur CO₂-Reduktion wird als komplementär gesehen.

CO₂-Steuern sind ein in der Ökonomie etabliertes Instrument, um unerwünschte externe Effekte dem verursachenden Individuum zuzurechnen. Es gibt zahlreiche Ausprägungen. Die Weltbank zählt insgesamt 64 implementierende Länder.² Angesprochen auf das Verhältnis zwischen CO₂-Steuern einerseits und Regulierungen andererseits sehen alle Gesprächspartner, die sich dazu äußern wollten, ein komplementäres Verhältnis. Dies entspricht durchwegs der Literatur zur CO₂-Besteuerung (Acemoglu et al., 2012; Aghion et al., 2016), in der eine temporäre Besteuerung von CO₂-intensiven Technologien sinnvoll ist sofern CO₂-intensive und CO₂-neutrale Technologien hinreichend substituierbar sind. Ist die Substituierbarkeit nicht gegeben – etwa weil technologische Alternativen unzureichend vorhanden sind – benötigt die „optimale Politik“ einen breiteren Mix an Instrumenten, der sowohl F&E-Förderungen und (sektorspezifische) Regularien berücksichtigt, als auch CO₂-Steuern setzt um F&E-Anreize zu erhöhen.

Eine Vielzahl an branchenspezifischen Regulierungsänderungen kann Investitionen kanalisieren, die die Dekarbonisierung beschleunigen. In der öffentlichen Beschaffung sollte das Bewusstsein für CO₂-Neutralität bzw. die Gewichtung von CO₂-Intensität in der Entscheidungsfindung gestärkt werden. Angebot und Nachfrage nach Technologien wird durch Regulierungen geprägt. Die GesprächspartnerInnen berichten in Summe von zahlreichen, sehr spezifischen Regulierungsänderungen, die einen Hebel bieten, um Investitionen in die Dekarbonisierung zu lenken. Zahlreiche Rechtsmaterien sind davon betroffen, wie etwa das Baurecht, die Wasserordnung, das Steuer- und Förderrecht u.v.m. (Christian et al., 2016). Diese regulatorischen Anpassungen sollten missionsorientiert und möglichst technologieneutral und an der Emissionszielvorgabe gehalten werden, wie etwa von der OECD kürzlich argumentiert (Larrue, 2021). Verpflichtende Maßnahmen bzw. Förderungen sind naturgemäß ein effektiveres Instrument als die derzeit in vielen Sektoren auf Freiwilligkeit basierende Dekarbonisierung. In der öffentlichen Vergabe ist die Zielsetzung, dass man Funktionalitäten möglichst kostengünstig beschafft. CO₂-Ziele sollten bei der öffentlichen Vergabestelle als „Soft-Ziele“ berücksichtigt werden. Schulungen und andere bewusstseinsbildenden Maßnahmen sollten ebenso gleichzeitig umgesetzt werden.

² Siehe <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/> (abgerufen am 10.5.2021).

Die CO₂-Bilanz eines Produkts sollte gesamtheitlich betrachtet werden, sowohl hinsichtlich des Lebenszyklus als auch hinsichtlich der benötigten Infrastruktur. Das von den Gesprächspartnern häufig genannte Stichwort lautet: "Von der Wiege bis zur Bahre" (bzw. „from the cradle to the grave“). Die CO₂-Bilanz sollte sowohl die Emissionen der Produktion als auch des Betriebs und der Recyclings- oder Entsorgungsprozesse berücksichtigen. Die gesamtheitliche Betrachtung relativiert die CO₂-Bilanz einiger Produkte, insbesondere da der zugrundeliegende Strommix einfließt (z.B. werden in China Elektrofahrzeuge in Fabriken produziert, die ihre Elektrizität aus Kohlekraftwerken beziehen; die CO₂-Intensität der Elektrizitätsproduktion geht auch über das Aufladen der Akkus in die Gesamtbilanz ein).

Die Wirtschaftspolitik sollte trotz des gewünschten missionsorientierten Strukturwandels möglichst regulatorische Planungssicherheit schaffen. Jede Politik zur Dekarbonisierung beschleunigt den Strukturwandel in die gewünschte Richtung und schafft somit naturgemäß auch Unsicherheit bzw. innovatorische Herausforderungen. Dennoch wird es als zentral erachtet, einen vorhersehbaren regulatorischen Rahmen zu setzen, um zumindest regulatorische Unsicherheit auszuschließen. Als „good Practice“ für einen klaren regulatorischen Rahmen wurde beispielsweise seitens einiger Vertretern der Autoindustrie die Vorschriften für die unterschiedlichen Schadstoffklassen genannt. Das Absenken der Schadstoffgrenzen war als langfristig anbeurteilt und absehbar. Ähnlich gelagert ist auch der Begriff der „Technologieneutralität“. Die Missionsorientierung sollte auf CO₂-Grenzen fußen, jedoch ansonsten nicht verzerrend in den Markt eingreifen, wie dies häufig über Förderungen geschieht. In der Stakeholder-Befragung wurde beispielsweise die Förderung der E-Mobilität kritisiert, die die Diffusion einer Technologie fördert, die zwar mit weniger CO₂-Ausstoß verbunden ist, aber ebenso wenig dekarbonisiert ist und ebenso andere Umweltprobleme verursacht. Andererseits wurde von anderen Gesprächspartnern erwähnt, dass ohne Förderung der E-Mobilität (inklusive der dafür notwendigen Infrastruktur) keine wettbewerbsfähige technologische Alternative zum herkömmlichen Verbrennungsmotor sich am Markt etabliert hätte. Mehrere GesprächspartnerInnen haben darauf hingewiesen, dass die E-Mobilität als alternativer Technologiepfad auch seitens der Autoindustrie vorangetrieben wurde.

CO₂-Neutralität erfordert eine neue technologische Basis. Heute verfügbare Lösungen können eine völlige Dekarbonisierung nicht erreichen, weshalb der langfristige Technologiepfad „Übergangstechnologien“ benötigt. Viele der heute verfügbaren Technologien, die in der Dekarbonisierung ausgerollt werden, benötigen weniger CO₂, sind selbst aber nicht CO₂-neutral, weshalb sie als Übergangstechnologien angesehen werden müssen. Beispielsweise wird Wasserstoff in energieintensiven Prozessen hergestellt. Die heutigen Anlagen werden mit Gas betrieben, weshalb Wasserstoff heute nicht CO₂-neutral ist. Werden sogenannte Übergangstechnologien ins Treffen geführt, besteht aber immer auch die Gefahr, dass neue technologische lock-in über lange Zeithorizonte geschaffen werden. Biomasse wäre zwar ein CO₂-neutraler Energieträger, jedoch kennt dessen Produktion physische Grenzen, die in Mitteleuropa beinahe ausgereizt sind (Osterhage, 2019).

5.1.2 Aktive Maßnahmen

Öffentliche Beschaffung sollte als „Lead User“ auftreten und dadurch Demonstrationseffekte schaffen. Einige GesprächspartnerInnen haben auf die bislang in Österreich nur unzureichend erfüllte Rolle des öffentlichen Sektors als „Lead User“ hingewiesen. Lead User sind Nutzer, deren Bedürfnisse den Anforderungen des breiteren Markts vorauslaufen. Durch Demonstrationseffekte versprechen sie sich einen besonders Beitrag zur Problemlösung (Urban & Von Hippel, 1988). In den hier untersuchten Technologiefeldern sind dies etwa innovative öffentliche Gebäude oder alternative emissionsarme Antriebe sofern die öffentliche Hand Flottenbetreiberin ist.

Dekarbonisierung wird durch einen Mix an Technologien erreicht werden, von denen sich viele noch im Entwicklungsstadium befinden und für die eine Skalierung noch dauert. Dies stellt weiterhin Anforderungen an die Forschungsförderung, ohne die schon bisherige CO₂-Reduktionen nicht erreicht worden wären. Angesichts der technologischen Herausforderungen wird eine Vielzahl an Technologien benötigt werden. Im Umkehrschluss heißt das, dass ein und nur ein großes Technologieprojekt („Mondmission“) ungeeignet ist, um den Herausforderungen gerecht zu werden (Mowery et al., 2010). Somit ist eine Aufstockung der Forschungsmittel im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes als sinnvoll zu erachten. Dabei sollten nicht bestehende Mittel umgewidmet, sondern neue Mittel in spezifischen missionsorientierten Programmen aufgebracht werden, die möglichst rasch und unbürokratisch vergeben werden sollen. Derartige Programme müssten aus Kombinationen unterschiedlicher bottom-up und top-down Instrumenten sein und breite gesellschaftliche Ziele verfolgen (Reinstaller, 2021). Die „neue“ Missionorientierung ist von klassischen thematischen Programmen zu unterscheiden. Aus der Literatur kristallisieren sich einige Gestaltungsprinzipien heraus, wie etwa Technologieneutralität, wettbewerbliche Vergabeelemente, Technologietransfer und Demonstrationseffekte. Grundsätzlich sollten Top-Down Programme technologisch breit gehalten werden und bottom-up Programme den Vorzug erhalten (Howell et al., 2021; Larrue, 2021; Mowery et al., 2010; Reinstaller, 2021). Dies wird durch die Gesprächspartner, die in der Technologieentwicklung tätig sind, bestätigt. Insbesondere wurde die Wichtigkeit der Verbreiterung der Fördernehmer („extensiver Rand“) betont.

Eine Möglichkeit die Diffusion klimafreundlicher Technologien zu forcieren bietet das Fördermodell „Carbon Contracts for Difference“. In den Hintergrundgesprächen wurden „Carbon Contracts for Difference“ als eine Option erwähnt, wie man die Diffusion von klimafreundlichen Technologien fördern kann. Hierbei werden Mehrkosten klimafreundlicher Technologien im Vergleich zu herkömmlichen Technologien gefördert, d.h. der Staat schießt die sogenannten CO₂-Vermeidungskosten zu. Die Bepreisung kann etwa über das EU-ETS geschehen. Gerade bei den energieintensiven Industrien, die auch die österreichische Industriestruktur prägen, liegen die Vermeidungskosten oft deutlich über dem Preis für Emissionszertifikate. In diesem Fall

sorgt dieses Modell dafür, dass klimafreundliche Technologien gegenüber herkömmlichen Technologien wettbewerbsfähig werden.³

In sich geschlossene Kohlenstoffkreisläufe können einen großen Beitrag zur CO₂-Neutralität liefern. Ein häufig erwähntes Konzept ist die „Kreislaufwirtschaft“, womit ein regeneratives System gemeint ist, das möglichst wenig zusätzliche Ressourcen beansprucht. Es wird der Ressourceneinsatz durch das Verlangsamen, Verringern und Schließen von Energie- und Materialkreisläufen minimiert (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Vor dem Hintergrund der Dekarbonisierung bedeutet das, dass CO₂ wieder in einen Kohlenstoffkreislauf zurückgeführt wird. Dies geschieht durch das Filtern von CO₂ aus Produktionsprozessen („carbon capture“), etwa in Zementwerken oder Müllverbrennungsanlagen, um dies entweder für synthetische Treibstoffe oder in der Kunststoffproduktion wieder zu verwenden. Eine Alternative, die nicht der Kreislaufwirtschaft zuzuordnen ist, ist die Wiedereinlagerung von CO₂ ins Erdreich („carbon storage“). Insbesondere Technologien und Investitionen in kreislaforientierte Strukturen sind noch im Forschungsstadium, wobei der „Proof of Concept“ erbracht ist und die kosteneffiziente Skalierbarkeit im Entstehen ist.

5.2 Digitalisierung

Digitalisierung ist ein anderer Prozess als die Dekarbonisierung, der aber durch seine effizienzsteigernden Auswirkungen auch Auswirkungen auf die Dekarbonisierung hat. Die Digitalisierung, d.h. die sozio-ökonomischen Auswirkungen der Nutzung von IKT, ist ein parallellaufender Prozess, der ebenso den Strukturwandel treibt. Die Effizienzsteigerungen, die durch die Digitalisierung ermöglicht werden, erleichtern die Dekarbonisierung (z.B. durch effizientere Prozesse im Rahmen von Industrie 4.0). Zudem können durch Remote-Working Konzepte (Work from Home oder Teleworking) einige verkehrsbedingte CO₂-Emissionen reduziert werden.

5.2.1 Verwaltungsstrukturen und Rahmenbedingungen

Die Digitalisierungspolitik sollte die bereits begonnene Straffung der Kompetenzen fortsetzen. Bislang werden zahlreiche wirtschaftspolitische Ziele verfolgt. Eine Priorisierung sollte vorgenommen, quantifizierbare Ziele verlaubar und Monitoring und Evaluationsmechanismen institutionalisiert werden. Digitalisierung ist eine Querschnittsmaterie. Die Kompetenzen der Digitalisierungspolitik wurden in der Vergangenheit gestrafft, etwa mit der Gründung des Bundesministeriums für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort oder der Einführung von Ansprechpartnern in den Ministerien, den Chief Digitalisation Officers. Diese Bemühungen seitens der öffentlichen Hand sollten weitergeführt werden. „Digital Austria“, die Initiative der Bundesregierung für die Digitalisierung in Österreich, untergliedert sich in die Aktionsfelder Wirtschaft; Staat; Bildung, Forschung und Innovation; Gesundheit und Pflege; sowie Sicherheit und Infrastruktur. Derzeit wird eine Vielzahl von Zielen wirtschaftspolitisch verfolgt, was dem Naturell des Themas als

³ Eine detaillierte Erläuterung bietet das deutsche Bundesministerium für Umwelt und Energie (<https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2020/12/Meldung/direkt-erklart.html>; abgerufen am 28.5.2021).

Querschnittsmaterie entspricht. Dennoch sollte die IKT-Politik eine explizite Priorisierung von Politikfeldern vornehmen, die derzeit nicht erkennbar ist. Diese Studie schlägt drei Hauptansatzpunkte vor: Breitbandnetze, Aus- und Weiterbildung und Prozessinnovationen, die IKT-Investitionen begleiten. Beide ergeben sich aus einem Indikatorsystem, das die Stärken und Schwächen der österreichischen IKT-Landschaft quantifiziert und einem internationalen Vergleich unterzieht. Zudem folgt diese Studie einer kürzlich veröffentlichten Arbeit zur „Digitalisierung“ in Österreich (Hözl et al., 2019) und empfiehlt die Veröffentlichung quantifizierbarer Ziele und die Einrichtung eines Systems von „Monitoring und Evaluierung“ als Grundlage einer evidenzbasierten IKT-Politik.

Eine Priorität ist die Verbesserung der allgemeinen Verfügbarkeit von IKT-Qualifikationen. Das betrifft das gesamte Aus- und Weiterbildungssystem. Zudem fordert die Digitalisierung eine Verbreitung der Wissensbasis und Produktionsanpassungen. Die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitskräften und die Qualität der Ausbildung sichert langfristige die Wettbewerbsfähigkeit und fördert die Innovationskraft eines Landes. Auch sollte die Attraktivität des Standorts für qualifizierte Arbeitskräfte aus dem Ausland gewährleistet werden, v.a. in einem so stark internationalisierten Sektor wie IKT. Dies stellt auch umfassende Anforderungen an das Bildungssystem, in dem sowohl bei den Adressaten als auch bei den Lehrenden Verbesserungspotential besteht. IKT-Kenntnisse sind ein zentraler Bestandteil des Humankapitals.

5.2.2 Aktive Maßnahmen

Eine Priorität ist die Forcierung des Netzausbaus. Zudem ergeben sich mehrere Schlussfolgerungen bezüglich des Ausbaus der Datennetze. Diese betreffen das benötigte Budget, mögliche Ausbaumodelle und einige Anforderungen an die statistische Erfassung. Die Weiterführung der Breitbandinitiative ist zu begrüßen. Die Empfehlungen, die sich aus vergangener Evaluierung ergaben, sollten umgesetzt werden (Neumann et al., 2020). Unter anderem sollten neue Förderung prioritär in Ausbaugebieten erfolgen, die noch nicht über eine Versorgung mit Breitband-Anschlüssen von über 100Mbps verfügen. 5G sollte die möglichst volle Leistungsfähigkeit erreichen, weshalb die Glasfaseranbindung aller Basisstationen ein operatives Programmziel sein sollte. Zudem kam es in zahlreichen Ausbaugebieten nicht zu einer flächendeckenden Vollversorgung. Regionale Zentren wurden eher angebunden als die Peripherie, was aus Effizienz- und klimapolitischen Gründen sinnvoll ist, da die Verdichtung in periphereren Regionen zu fördern. In einem weiteren Schritt sollte man die Peripherie stärker berücksichtigen und Fördersätze anpassen. Etwa könnten Fördernehmer, die beispielsweise mehr als 90% der Anschlüsse einer Gemeinde zur Verfügung stellen, einen höheren Fördersatz im Vergleich zum Standardfördersatz erhalten.

Breitband-Ausbaumodelle sollten umgesetzt werden, bei denen die öffentliche Hand die passive Infrastruktur hält. Es hat sich in den ersten Phasen der Umsetzung der „Breitbandmilliarde“ gezeigt, dass einige NUTS-3 Regionen trotz Förderungen von privaten Betreibern nicht versorgt wurden, etwa weil kein Bieterwettbewerb zustande kam, oder dass andere Regionen trotz Investitionen die zugesicherten Übertragungsraten nicht erreichen. Dem kann wirtschaftspolitisch

entgegengetreten werden indem die Einschätzung der Versorgung auf „effektive Übertragungsraten“ umgestellt wird und der Netzausbau durch alternative PPP-Finanzierungsmodelle vorangetrieben wird. Es gibt bereits vielversprechende Pilotprojekte, wie etwa die Kooperation der nÖGIG und der Allianz Capital Partners (Neumann et al., 2020). Dies zeigt eine Intensivierung des Spannungsfelds zwischen staatlichen Ansprüchen an die Infrastruktur und Eingriffe in marktliche Ergebnisse einerseits und der Funktionsweise eines liberalisierten Markts andererseits.

Die Datenbasis zum Monitoring der Netzverfügbarkeit sollte weiter verbessert werden. Die Datenbasis, die über die Netzverfügbarkeit berichtet, hat sich mit der Einführung des „Breitbandatlas“ massiv verbessert. Der Breitbandatlas ist die Landkarte, in der die räumliche Versorgung festgelegt wird. Die Verbesserung der Datenlage sollte weitergeführt werden. Das Fehlen von Statistiken nach Übertragungsraten (>30 mbit/s, >100 mbit/s etc.) erschwert die Überprüfung der Erreichung wirtschaftspolitischer Ziele. Die Feststellung der Netzqualität im Breitbandatlas sollte auf effektiven Übertragungsraten fußen. Da es zu zeitlichen Schwankungen der Übertragungsraten kommen kann sollten zeitgemäße Mindestübertragungsgeschwindigkeiten verankert werden.

Eine Priorität sollte die Umsetzung von IKT-Prozessen und Managementkapazitäten in KMU sein. Cyber Security gewinnt an Bedeutung und benötigt präventive Investitionen. Es zeigen sich Schwächen in der Nutzung von prozessbezogenen IKT-Diensten, während das Niveau der IKT-Investitionen sich im internationalen Durchschnitt befindet. IKT-Investitionen werden somit oft nicht von innerbetrieblichen Reorganisationen begleitet, was die spärlichen Wachstumsbeiträge von IKT-Kapital zum Wirtschaftswachstum erklären könnte. Die Risiken von Investitionen in Digitalisierungsprojekte liegen primär in der Reorganisation von Unternehmensprozessen und der Auswahl geeigneter digitaler Lösungen. Die IKT-Diffusion sollte durch Awareness-Programme („know that“) und der Unterstützung von betrieblichen Prozessanpassungen bei IKT-Projekten („know-how“) gefördert werden, wie dies bereits im Programm „KMU-Digital“ geschieht. Zudem zeigt sich, dass das Thema „Cyber-Security“ an Bedeutung gewinnt. Dies betrifft nicht nur Minimierung des Risikos hinsichtlich Industriespionage oder Malware, sondern auch die Verringerung der Verletzbarkeit kritischer Infrastruktur durch Cyber-Angriffe. Um diesen Problemen vorzubeugen werden beträchtliche präventive Investitionen und hinreichend qualifizierte IT-ExpertInnen benötigt.

5.3 Forschungslücken

Daraus ergeben sich mehrere Forschungslücken, die für die österreichische Wirtschaftspolitik relevant sind. Sowohl die Digitalisierung als auch die Dekarbonisierung sind vor dem Hintergrund der technologischen Änderung und strukturellen Transformation zu sehen. Hieraus leiten sich einige Fragen ab, deren Beantwortung das Ausmaß dieser Studie weit überschreiten würde. Wie könnten sich die Wirtschaftsstrukturen (d.h. jenseits der genutzten Technologien) nach der Bewältigung der COVID-19-Krise durch eine Politik, die zielorientierte Investitionen fördert, verändern? Die hier dargestellten Ergebnisse verdeutlichen bestehende Zielkonflikte, was zur Frage der Gewichtung der wirtschaftspolitischen Prioritäten führt (Wohlstandssicherung,

Wettbewerbsfähigkeit, Resilienz, Ressourceneffizienz). Die hier dargestellten Zusammenhänge, insbesondere im Abschnitt zur Dekarbonisierung, ergeben sich durch eine Stakeholder-Befragung ausgewählter Bereiche. Die hier vertretenen Eindrücke eine weitere Quantifizierung, um die Ergebnisse auf eine breitere Basis zu stellen (z.B. wie groß ist die „Awareness-Lücke“ in unterschiedlichen Branchen, oder wie hoch ist das Risiko-Exposure bzw. sind mögliche „gestrandeten Investments“). Hierfür sollten auch die Mikrodaten der Statistik Austria nutzbar gemacht werden. Im Bereich der Digitalisierung stellen sich neue Herausforderungen, beispielsweise wie sich Plattformökonomien im Zusammenspiel mit dem europäischen Wettbewerbsrecht auf die Performance österreichischer Unternehmen auswirken.

Literaturverzeichnis

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hemous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), 131–166. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hemous, D., Martin, R., & Reenen, J. V. (2016). Carbon Taxes, Path Dependency and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry. *Journal of Political Economy*, 124(1), 1–51.
- Aghion, P., & Howitt, P. (2006). Appropriate growth policy: A unifying framework. *Journal of the European Economic Association*, 4(2–3), 269–314.
- AGORA Energiewende. (2021). *Breakthrough Strategies for Climate-Neutral Industry in Europe. Policy and Technology Pathways for Raising EU Climate Ambition*. AGORA Energiewende. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020_10_Clean_Industry_Package/A-EW_208_Strategies-Climate-Neutral-Industry-EU_Study_WEB.pdf
- Altavilla, C., Barbiero, F., Boucinha, M., & Burlon, L. (2020). The great lockdown: Pandemic response policies and bank lending conditions. *ECB Working Paper Series, No 2465*. <https://pdfs.semanticscholar.org/792d/f0a540f7263fccf7a061e059bc92a3c4dd76.pdf>
- Altenburg, T., & Rodrik, D. (2017). Chapter 1: Green industrial policy: Accelerating structural change towards wealthy green economies. In *Green Industrial Policy: Concept, Policies, Country Experiences*. UN Environment; German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE). https://www.die-gdi.de/uploads/media/GREEN_INDUSTRIAL_POLICY.Endf.pdf#page=17
- Arrow, K. J. (1971). The economic implications of learning by doing. In *In: Hahn F.H. „Readings in the Theory of Growth“* (S. 131–149). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-15430-2_11
- Arthur, W. B. (1994). *Increasing returns and path dependence in the economy*. University of Michigan Press.
- BMLRT. (2020). *Breitband in Österreich: Evaluierungsbericht 2019* (S. 107). Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.
- bmvit. (2014). *Breitbandstrategie 2020* (2. Aufl.). Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. <https://www.bmvit.gv.at/telekommunikation/publikationen/downloads/breitbandstrategie2020.pdf>
- BMVIT. (2019). *Breitbandstrategie 2030 – Österreichs Weg in die Gigabit-Gesellschaft*. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

- https://www.bmlrt.gv.at/dam/jcr:8ee598ba-0172-4773-945f-73932957fc55/breitband-strategie2030_ua.pdf
- Bock-Schappelwein, J., Böheim, M., Christen, E., Ederer, S., Firgo, M., Friesenbichler, K. S., Hölzl, W., Kirchner, M., Köppl, A., Kügler, A., Mayrhuber, C., Piribauer, P., & Schratzenstaller, M. (2018). *Politischer Handlungsspielraum zur optimalen Nutzung der Vorteile der Digitalisierung für Wirtschaftswachstum, Beschäftigung und Wohlstand*. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/61256>
- Böheim, M., & Bärenthaler-Sieber, S. (2021). Das quantitative Bild der Breitbandförderung des Bundes im Zeitraum 2015-2018. *WIFO Monatsberichte, im Druck*.
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies 'Engines of growth'? *Journal of econometrics*, 65(1), 83–108.
- Buchal, C., Karl, H.-D., & Sinn, H.-W. (2019). Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO₂-Bilanz? *ifo Schnelldienst*, 72(8/2019), 15.
- Calvino, F., Criscuolo, C., Marcolin, L., & Squicciarni, M. (2018). *A taxonomy of digital intensive sectors* (OECD Science, Technology and Industry Working Papers Nr. 2018/14). OECD. <https://doi.org/10.1787/f404736a-en>
- Christian, R., Kerschner, F., & Wagner, E. M. (2016). *Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs*. MANZ Verlag Wien.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Conci, M., Konstantinou, T., van den Dobbelsteen, A., & Schneider, J. (2019). Trade-off between the economic and environmental impact of different decarbonisation strategies for residential buildings. *Building and Environment*, 155, 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.051>
- de Pee, A., Pinner, D., Roelofsen, O., Somers, K., Speelman, E., & Witteveen, M. (2018). *Decarbonization of industrial sectors: The next frontier* (S. 68). McKinsey. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>
- del Rio, P., & Howlett, M. P. (2013). Beyond the „Tinbergen Rule“ in Policy Design: Matching Tools and Goals in Policy Portfolios. *Annual Review of Policy Design*, 1, 1–16. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2247238>
- Dopfer, K. (1991). The Complexity of Economic Phenomena: Reply to Tinbergen and Beyond. *Journal of Economic Issues*, 25(1), 39–76.
- EAERE. (2019). *Economists' Statement on Carbon Pricing*. <https://www.eaere.org/wp-content/uploads/2019/06/statement.pdf>
- EIB. (2020). *EIB Investment Report 2019/2020. Accelerating europe's transformation* (S. 440). European Investment Bank. https://www.eib.org/attachments/efs/economic_investment_report_2019_en.pdf
- EIB. (2021). *EIB Investment Report 2020/2021: Building a smart and green Europe in the COVID-19 era* (S. 420) [EIB Investment Report]. European Investment Bank. https://www.eib.org/attachments/efs/economic_investment_report_2020_2021_en.pdf
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards a Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation. http://circularfoundation.org/sites/default/files/tce_report1_2012.pdf

- EPEC. (2012). *Broadband—Delivering next generation access through PPP*. EIB, European PPP Expertise Centre.
- Europäische Kommission. (2010). *Eine Strategie für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum*. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:DE:PDF>
- Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau, (2013/C 25/01) (2013).
- Europäische Kommission. (2020). *Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft—Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa* (COM(2020) 98 final). European Commission.
- European Commission. (2013). *The socio-economic impact of bandwidth* (S. 319) [Study carried out for the EC by Analysys Mason Limited and Tech4i2 Limited]. Publications Office of the European Union. http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=1809
- European Parliament. (2021). *New EU regulatory framework for batteries. Setting sustainability requirements* [Briefing]. EU. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS_BRI\(2021\)689337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS_BRI(2021)689337_EN.pdf)
- European PPP Expertise Centre. (2012). *Broadband—Delivering next generation access through PPP*. http://www.eib.org/epec/resources/epec_broadband_en.pdf
- Eurostat. (2008). *NACE Rev. 2. Statistical classification of economic activities in the European Community*. Office for Official Publications of the European Communities.
- Fagerberg, J. (2000). Technological progress, structural change and productivity growth: A comparative study. *Structural Change and Economic Dynamics*, 19.
- Fagerberg, J. (2003). Schumpeter and the revival of evolutionary economics: An appraisal of the literature. *Journal of evolutionary economics*, 13(2), 125–159.
- Fagerberg, J., & Sappasert, K. (2011). National innovation systems: The emergence of a new approach. *Science and public policy*, 38(9), 669–679.
- Falck, O., Czernich, N., & Koenen, J. (2021). *Auswirkungen der vermehrten Produktion elektrisch betriebener Pkw auf die Beschäftigung in Deutschland* (S. 38) [Studie im Auftrag des Verbands der Automobilindustrie (VDA)]. ifo Institut. https://www.ifo.de/DocDL/ifoStudie-2021_Elektromobilitaet-Beschaeftigung.pdf
- Firgo, M., & Mayerhofer, P. (2016). *Wissensintensive Unternehmensdienste, Wissens-Spillovers und regionales Wachstum. Teilprojekt 3: Zur Standortstruktur von wissensintensiven Unternehmensdiensten – Fakten, Bestimmungsgründe, regionalpolitische Herausforderungen* (WIFO Studie im Auftrag der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien und des Magistrats der Stadt Wien 2016/446-2/S/WIFO-Projektnummer: 5414; S. 136). WIFO. https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/main.jart?rel=de&reserve-mode=reserve&content-id=1528640199418&publikation_id=59427&detail-view=yes
- Frenz, M., & Letto-Gillies, G. (2009). The impact on innovation performance of different sources of knowledge: Evidence from the UK Community Innovation Survey. *Research Policy*, 38(7), 1125–1135. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.05.002>
- Friesenbichler, K. S. (2007). Innovation and Market Concentration in Europe's Mobile Phone Industries. Evidence from the Transition from 2G to 3G. *WIFO Working Papers*, 306. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/30482>
- Friesenbichler, K. S. (2012). *Wirtschaftspolitische Aspekte des Glasfaserausbaus in Österreich*. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/44135>

- Friesenbichler, K. S. (2013). Innovation in the Energy Sector. *WWW for Europe Working Paper*, 31.
- Friesenbichler, K. S., & Glocker, C. (2019). Tradability and productivity growth differentials across EU member states. *Structural Change and Economic Dynamics*, 50, 1–13.
- Friesenbichler, K. S., & Hölzl, W. (2021). 2020 Einbruch der Investitionen der Sachgütererzeugung – 2021 leichte Erholung erwartet. Ergebnisse des WIFO-Investitionstests vom Herbst 2020. *WIFO Monatsberichte*, 94(1), 41–51.
- Friesenbichler, K. S., & Strauss, A. (2014). *Die Anwendbarkeit von Public-Private-Partnership-Modellen für den NGA-Ausbau in Österreich* (WIFO Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft 2014/377/A/WIFO-Projekt Nummer: 6014; S. 27). Österr. Inst. für Wirtschaftsforschung.
- Friesenbichler, Klaus. (2015). Wirtschaftspolitische Ansätze zur Forcierung des Breitbandausbaus. In J. Lempp, G. van der Beek, & T. Korn (Hrsg.), *Aktuelle Herausforderungen in der Wirtschaftsförderung* (S. 93–102). Springer Fachmedien Wiesbaden. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-08960-3_11
- Friesenbichler, Klaus. (2015). Policy interaction and the integration of volatile renewable energy. *Environmental Economics and Policy Studies*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10018-015-0130-5>
- Geels, F. W., Sovacool, B. K., Schwanen, T., & Sorrell, S. (2017). Accelerating sociotechnical transitions for deep decarbonization. *Science*, 357(6357), 1242–1244.
- Geroski, P. A. (2000). Models of technology diffusion. *Research Policy*, 29, 603–625.
- Helms, H., Kämper, C., Biemann, K., Lambrecht, U., Jöhrens, J., & Meyer, K. (2018). *Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial*. AGORA Verkehrswende, IFEU Institut für Energie und Umweltforschung. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf
- Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N., Ali, S., Tu, Q., Ardente, F., Berrill, P., Fishman, T., Kanaoka, K., & others. (2020). *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future* [A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme].
- Hoekstra, A., & Steinbuch, M. (2020). Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel. *Eindhoven University of Technology*, 30.
- Hollenstein, H. (2004). Determinants of the adoption of Information and Communication Technologies (ICT). *Structural Change and Economic Dynamics*, 15(3), 315–342. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2004.01.003>
- Holwegler, B. (2000). *Implikationen der Technologiediffusion für technologische Arbeitslosigkeit* (Working Paper Nr. 13; Schriftenreihe des Promotionsschwerpunkts Makroökonomische Diagnosen und Therapien der Arbeitslosigkeit, S. 48). University of Hohenheim, Carl von Ossietzky University Oldenburg, Evangelisches Studienwerk.
- Hölzl, W., Bärenthaler-Sieber, S., Bock-Schappelwein, J., Friesenbichler, K., Kügler, A., Reinstaller, A., Reschenhofer, P., Dachs, B., & Risak, M. (2019). *Digitalisation in Austria: State of Play and Reform Needs*. European Union. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/37267/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- Hölzl, W., Klien, M., Kügler, A., & Friesenbichler, K. S. (2020). *Umsatzentwicklung, Investitionsverhalten und Erwartungen bezüglich der Normalisierung. Ergebnisse der vierten Sonderbefragung zur COVID-19-Krise im Rahmen des WIFO-Konjunkturtests vom Oktober 2020*

- (Nr. 4/2020; WIFO-Konjunkturtest Sonderausgabe). https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=66612&mime_type=application/pdf
- Howell, S. T., Rathje, J., van Reenen, J., & Wong, J. (2021). Opening up military innovation: Causal effects of „bottom-up“ reforms to U.S. defense research. *NBER Working Paper Series, Working Paper 28700*. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w28700/w28700.pdf
- IEA. (2020). *CO2 Emissions from fuel compustion. 2020 Edition. Database description*. International Energy Agency. http://wds.iea.org/wds/pdf/Worldco2_Documentation.pdf
- IRP. (2020). *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future* [United Nations International Resource Panel (IRP): Nairobi, Kenya].
- Kettner-Marx, C., Kletzan-Slamang, D., Köppl, A., Meyer, I., Sinabell, F., & Sommer, M. (2020). Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2020. Sonderthema: COVID-19, CO2-Emissionen und Konjunkturpakete als Chance für strukturorientierten Klimaschutz (Key Indicators of Climate Change and the Energy Sector in 2020. Special Topic: COVID-19, CO2 Emissions and Economic Stimulus Packages as Opportunity for Structural Climate Mitigation). *WIFO Monatsberichte*, 93(7), 539–555.
- Kirchgengast, G., Steininger, K., & Schleicher, S. (2020). *Wegener Center Statement: Treibhausgasbudget für Österreich auf dem Weg zur Klimaneutralität 2040*. Universität Graz, WegenerCenter.
- Knudson, W. A. (2009). The environment, energy, and the Tinbergen rule. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 29(4), 308–312.
- Köppl, A., Schleicher, S., & Schratzenstaller, M. (2019). *Policy Brief mit Fragen und Fakten von Bepreisung von Treibhausgasemissionen—WIFO*. WIFO - Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. <https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/main.jart?rel=de&reserve-mode=active&content-id=1487278189573&j-cc-node=news&j-cc-id=1573627186919>
- Köppl, A., & Schratzenstaller, M. (2021). *Aspects of Environmentally Beneficial Tax Incentives. A Literature Review—WIFO* (Nr. 621; WIFO Working Papers). WIFO - Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/main.jart?rel=de&reserve-mode=active&content-id=1528640199418&publikation_id=66860&detail-view=yes
- Köppl, Angela, & Schleicher, S. (2019). Material Use: The Next Challenge to Climate Policy. *Intereconomics*, 54(6), 338–341. <https://doi.org/10.1007/s10272-019-0850-z>
- Köppl, Angela, & Schleicher, S. P. (2018). What Will Make Energy Systems Sustainable? *Sustainability*, 10(7), 2537. <https://doi.org/10.3390/su10072537>
- Krüger, J. J. (2008). Productivity and structural change: A review of the literature. *Journal of Economic Surveys*, 22(2), 330–363.
- Kügler, A., Firgo, M., Peneder, Michael, & Schmidt, N. (2020). *Digitalisierungsradar 2020* (WIFO Studie im Auftrag der Wirtschaftskammer Österreich 2020/030/A/WIFO-Projektnummer: 10519; S. 60). Österr. Inst. für Wirtschaftsforschung. Unveröffentlicht.
- Kügler, A., Reinstaller, A., & Dachs, B. (2019). Digitalisierung der österreichischen Wirtschaft im internationalen Vergleich. *WIFO Monatsberichte*, 92(9), 663–673.
- Lange, S., Pohl, J., & Santarius, T. (2020). Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand? *Ecological Economics*, 176(106760), 14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106760>

- Larrue, P. (2021). *The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges*.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research policy*, 31 (2), 247–264.
- Malerba, F. (2004). *Sectoral systems of innovation: Concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe*. Cambridge University Press.
- Mazzucato, M. (2018). *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*. European Commission.
- Mowery, D. C., Nelson, R. R., & Martin, B. R. (2010). Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). *Research Policy*, 39(8), 1011–1023.
- Neumann, K.-H., Plückebaum, T., Böheim, M., & Bärenthaler-Sieber, S. (2020). *Evaluierung der Breitbandinitiative BMLRT2017/2018* [Studie im Auftrag des Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus]. wik Consult, WIFO. https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=66807&mime_type=application/pdf
- OECD. (2019). *Taxing Energy Use 2019*. OECD.
- Olle, W., Plorin, D., & Chmelik, R. (2021). *Wachstumsmarkt Elektromobilität bei leichten Nutzfahrzeugen – Chancen für die Zulieferindustrie*. automotive thüringen e. V. <https://www.automotive-thueringen.de/documents/5004146/5082862/Nfz-Studie+2021-final.pdf/666307f8-424e-7adb-4902-7f301959eb06>
- Osterhage, W. (2019). *Chancen und Grenzen der Energieverwertung*. Springer.
- Peneder, M., Köppl, A., Leoni, T., Mayerhofer, P., & Url, T. (2021). *Das WIFO-Radar der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Wirtschaft*. WIFO - Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/main.jart?rel=de&reserve-mode=active&content-id=1454619331110&publikation_id=66732&detail-view=yes
- Peneder, Michael, Arvanitis, S., Rammer, C., Stucki, T., & Wörter, M. (2017). Competitiveness and Ecological Impacts of Green Energy Technologies Firm-level Evidence for the DACH Region. *WIFO Working Papers*, 544/2017, 34.
- Peneder, Michael, Bock-Schappelwein, J., Firgo, M., Fritz, O., & Streicher, G. (2016). *Österreich im Wandel der Digitalisierung*. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/58979>
- Peneder, Michael, Falk, M., Hözl, W., Kaniovski, S., & Kratena, K. (2006). Teilstudie 3: Wachstum, Strukturwandel und Produktivität. Disaggregierte Wachstumsbeiträge für Österreich von 1990 bis 2004. In K. Aiginger, G. Tichy, & E. Walterskirchen (Hrsg.), *WIFO-Weißbuch: Mehr Beschäftigung durch Wachstum auf Basis von Innovation und Qualifikation*. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/27442>
- Peneder, Michael, Firgo, M., & Streicher, G. (2019). *Stand der Digitalisierung in Österreich*. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/61654>
- Pigou, A., C. (1920). *The economics of welfare*. Macmillan and CO, Limited. http://files.libertyfund.org/files/1410/Pigou_0316.pdf
- Rappoport, P., Kridel, D. J., Taylor, L., Alleman, J., & Duffy-Deno, K. T. (2003). Residential demand for access to the Internet. *Emerging telecommunications networks: The international handbook of telecommunications economics*, 1, 55–72.
- Reinstaller, A. (2021). *Umweltinnovationen und Beschäftigung* [Studie im Auftrag der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG)]. WIFO - Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.

- Rissman, J., Bataille, C., Masanet, E., Aden, N., Morrow III, W. R., Zhou, N., Elliott, N., Dell, R., Heeren, N., Huckestein, B., & others. (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. *Applied Energy*, 266, 114848.
- Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of innovations* (Fourth Edition). The Free Press, Simon and Schuster.
- Rosenbloom, D., Markard, J., Geels, F. W., & Fuenfschilling, L. (2020). Opinion: Why carbon pricing is not sufficient to mitigate climate change—and how “sustainability transition policy” can help. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(16), 8664–8668. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004093117>
- RTR. (2020). *RTR Telekom Monitor: Jahresbericht 2019*. Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH.
- Sachs, J., & Larraine, F. B. (1993). Chapter 21: Tradable and Nontradable Goods. In *Macroeconomics in the Global Economy* (S. 657–688). Prentice Hall.
- Sala, A., Lütkemeyer, M., Birkmaier, A., Martineau, S., Bruckmüller, T., Tober, W., Schieder, P., Aichmeier, H., & Heinrich, N. (2020). *E-MAPP2 E-Mobility – Austrian Production Potential, Qualification and Training needs* (S. 98) [Studie finanziert aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms »Zero Emission Mobility«]. Fraunhofer Austria, TU Wien, Smart Mobility Power. https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/2020_E-MAPP2_-FhA_TU_SMP_v2.3.pdf
- Schleicher, S., Köppl, A., Sommer, M., Lienin, S., Treberspurg, M., Österreicher, D., Grünner, R., Lang, R., Mühlberger, M., Steininger, K. W., & others. (2018). Welche Zukunft für Energie und Klima? Folgenabschätzungen für Energie- und Klimastrategien–Zusammenfassende Projektaussagen. *WIFO Studies*.
- Schneider, H., Demirel, D., Fuchsreiter, K., & Luptáčik, P. (2020). *Internationaler Wettbewerb der Wirtschaftsstandorte in der Automotiven Zulieferindustrie. Berichtsjahr 2020* (S. 27) [Kurzstudie des IWO im Auftrag der ARGE Automotive Zulieferindustrie]. IWI.
- Schneider, H. W., Pöchlhammer-Tröscher, G., Luptáčik, P., Popko, J., Schmidl, M., Lengauer, S. D., & Koller, W. (2017). *Österreichische Umwelttechnik – Motor für Wachstum, Beschäftigung und Export* (Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft und der Wirtschaftskammer Österreich Nr. 17/2017; Berichte aus Energie- und Umweltforschung, S. 210). bmvit.
- Schumpeter, J. A. (1976). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. Routledge.
- Shy, O. (2001). *The economics of network industries*. Cambridge university press.
- Siskos, P., Capros, P., & De Vita, A. (2015). CO 2 and energy efficiency car standards in the EU in the context of a decarbonisation strategy: A model-based policy assessment. *Energy Policy*, 84, 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.04.024>
- Statistik Austria. (2012). *Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu Öko-Steuern* (S. 21). Statistik Austria. http://pic.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=011976
- Stiglitz, J. E. (2019). Addressing climate change through price and non-price interventions. *European Economic Review*, 119, 594–612. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2019.05.007>

- Umweltbundesamt. (2020). *Klimaschutzbericht 2020*. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0738.pdf>
- Umweltbundesamt. (2021). *Austria's National Inventory Report 2021. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol*. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0761.pdf>
- Urban, G. L., & Von Hippel, E. (1988). Lead user analyses for the development of new industrial products. *Management science*, 34(5), 569–582.
- Urrutia Azcona, K., Stendorf Sorensen, S., Molina Costa, P., & Flores Abascal, I. (2019). Smart Zero Carbon City: Key factors towards smart urban decarbonisation. *DYNA*, 94(1), 676–683. <https://doi.org/10.6036/9273>
- Von Hippel, E. (2007). Horizontal innovation networks—By and for users. *Industrial and corporate change*, 16(2), 293–315.
- Wietschel, M., Kühnbach, M., & Rüdiger, D. (2019). Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland. *Fraunhofer ISI Working Paper Sustainability and Innovation*, No. S 02/2019, 49.
- WKO. (2017). *Digitalisierungsradar 2017* (wko analyse, S. 36). Wirtschaftskammer Österreich. https://news.wko.at/news/oesterreich/WKO-Analyse_Digitalisierungsradar-2017.pdf
- World Bank. (2017). *State and Trends of Carbon Pricing 2017*. World Bank.
- World Bank. (2019). *State and Trends of Carbon Pricing 2019*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1435-8>

Danksagungen

Das Autorenteam dankt für die wertvolle Zeit und Hintergrundinformationen den folgenden GesprächspartnerInnen:

Barbara Banfi (Stainz Digital)

Mario Hirz (TU Graz)

Marion Jaros (Umweltanwaltschaft Wien)

Heinz Kalcher (Tri-Ring ZXY GmbH)

Johann Kislönger (Innovative Gebäude)

Joseph Kitzweger (Lafarge Zementwerke GmbH)

Reinhold W. Lang (Universität Linz)

Stefan Peters (TU-Graz)

Andreas Pfeiler (WKO, Fachverband der Stein- und keramischen Industrie)

Peter Prenninger (AVL List)

David Reinberger (Umweltanwaltschaft Wien)

Johann Schmid (Gemeinde Hirschegg-Pack)

Andrea Schnattinger (Umweltanwaltschaft Wien)

Henriette Spyra (Umweltbundesamt)

Christian Tödöling (PURPUR. ARCHITEKTUR)

Andreas Trummer (TU-Graz)

Clemens Zinkl (WKO, ARGE Automotive Zulieferindustrie)