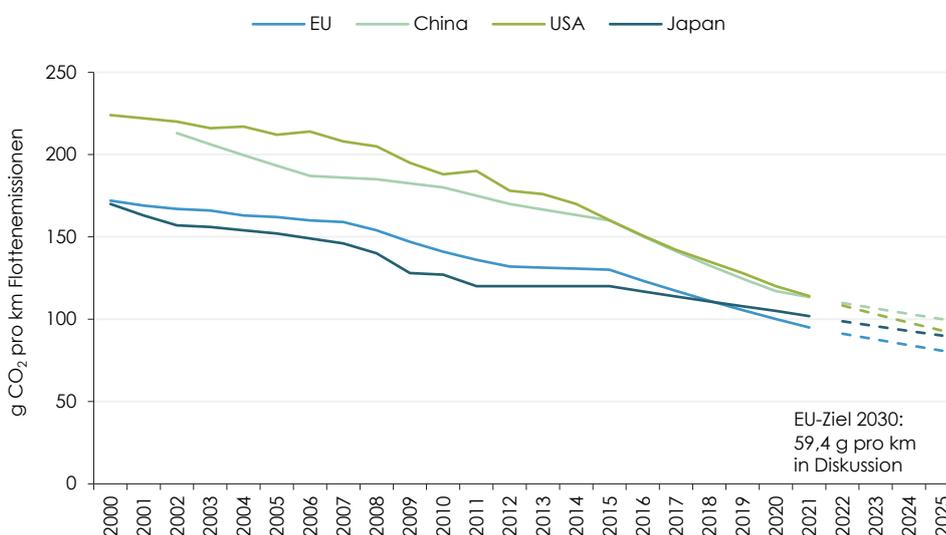


# Dekarbonisierung als ein Treiber des Wandels der österreichischen Kfz-Zulieferindustrie

Birgit Meyer, Klaus S. Friesenbichler (WIFO), Mario Hirz (TU Graz)

- Die österreichische Kfz-Branche liefert international tätigen Fahrzeugherstellern zu, die sich zur Dekarbonisierung bekannt haben.
- Die Dekarbonisierung beschleunigt den Strukturwandel und hat somit starke Auswirkungen auf die heimische Kfz-Zulieferindustrie. Darauf sollten insbesondere Regionen reagieren, in denen diesem Industriezweig hohe Bedeutung zukommt.
- Erfolgreiche Unternehmen nützen bestehende Kompetenzen für Anpassungs- und Diversifizierungsstrategien, die die Abhängigkeit vom Weltmarkt reduzieren sollten.
- Aus- und Weiterbildung sind weiterhin zentral, um die erforderliche Anpassungsfähigkeit sicherzustellen.
- Wirtschaftspolitische Hebel sollten auf Planungssicherheit und die Konsistenz des Maßnahmenmix achten. Der Strukturwandel eröffnet zwar neue Märkte, er birgt aber auch Risiken und wird zu gestrandeten Investitionen führen.

## Reduktionspfad für die CO<sub>2</sub>-Flottenemissionen von Neuwagen (Pkw)



**"Der Strukturwandel der heimischen Kfz-Zulieferindustrie wird durch die Dekarbonisierung der Produkte und Produktionsnetzwerke internationaler Fahrzeughersteller beschleunigt. Das stellt die österreichischen Unternehmen vor Herausforderungen, eröffnet ihnen aber auch Wachstumschancen."**

Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Emissionsreduktion setzen die Produzenten konventioneller Antriebe weltweit unter Druck. Die EU beschloss 2014 eine schrittweise Senkung des Grenzwertes auf 95 g CO<sub>2</sub> pro km für 95% aller Neufahrzeuge im Jahr 2020/21. 2030 soll der Grenzwert bei 59,4 g liegen. Auch die USA, Japan und China verfolgen ähnliche Reduktionspfade (Q: International Council on Clean Transportation, WIFO-Darstellung).

# Dekarbonisierung als ein Treiber des Wandels der österreichischen Kfz-Zulieferindustrie

Birgit Meyer, Klaus S. Friesenbichler (WIFO), Mario Hirz (TU Graz)

## Dekarbonisierung als ein Treiber des Wandels der österreichischen Kfz-Zulieferindustrie

Die Dekarbonisierung der Fahrzeugflotten stellt die Kfz-Zulieferindustrie und somit auch den Produktionsstandort Österreich vor Herausforderungen. Das Bestreben, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern, ist mittlerweile ein zentraler Treiber des Strukturwandels in der Kfz-Branche. Dieser Strukturwandel eröffnet zwar neue Märkte und Absatzchancen. Er birgt jedoch auch Risiken und wird zu gestrandeten Investitionen führen. Um unerwünschte Folgen hintanzuhalten, empfiehlt der vorliegende Beitrag wirtschaftspolitische Ansätze, die um Planungssicherheit, die Konsistenz des Maßnahmenmix, Diversifizierung sowie Aus- und Weiterbildung kreisen.

## Decarbonisation as a Driver of Change in the Austrian Automotive Supply Industry

The decarbonisation of vehicle fleets challenges the automotive industry and hence also for Austria as a production location. The objective to reduce CO<sub>2</sub> emissions has become a key driver of structural change in the vehicle industry. This structural change generates new markets and sales opportunities. However, it also entails risks and will lead to stranded investments. To prevent undesirable consequences, this article recommends economic policy approaches that revolve around planning security, the consistency of the mix of measures, diversification and education and training.

**JEL-Codes:** K32, L62, P18, P48 • **Keywords:** Investitionen, Dekarbonisierung, Automobilindustrie, Österreich

Der vorliegende Beitrag basiert in weiten Teilen auf einer WIFO-Studie im Auftrag der Oesterreichischen Nationalbank: Klaus S. Friesenbichler, Werner Hölzl, Angela Köppl, Birgit Meyer, Investitionen in die Digitalisierung und Dekarbonisierung in Österreich. Treiber, Hemmnisse und wirtschaftspolitische Hebel (Juni 2021, 85 Seiten, 50 €, kostenloser Download: <https://www.wifo.ac.at/www/pubid/67181>). Methodisch wird insbesondere auf die im Rahmen der Studie durchgeführten Experteninterviews zurückgegriffen.

**Begutachtung:** Stefan Schleicher • **Wissenschaftliche Assistenz:** Anna Strauss-Kollin ([anna.strauss-kollin@wifo.ac.at](mailto:anna.strauss-kollin@wifo.ac.at)), Nicole Schmidt-Padickakudy ([nicole.schmidt-padickakudy@wifo.ac.at](mailto:nicole.schmidt-padickakudy@wifo.ac.at)) • Abgeschlossen am 29. 10. 2021

**Kontakt:** Dr. Birgit Meyer, MSc ([birgit.meyer@wifo.ac.at](mailto:birgit.meyer@wifo.ac.at)), Mag. Dr. Klaus S. Friesenbichler ([klaus.friesenbichler@wifo.ac.at](mailto:klaus.friesenbichler@wifo.ac.at)), Prof. Dr. Mario Hirz ([mario.hirz@tugraz.at](mailto:mario.hirz@tugraz.at))

**Gesetzliche Rahmenbedingungen treiben weltweit die Transformation in der Automobilindustrie.**

**2014 wurde eine schrittweise Absenkung der Grenzwerte für die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Kfz-Neuzulassungen beschlossen.**

## 1. Einleitung

Einer der größten CO<sub>2</sub>-Emittenten in Österreich ist der Verkehrssektor. Er verursachte im Jahr 2019 31% des gesamten Treibhausgas-Ausstoßes, was 36% der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen entspricht. Der Straßenverkehr ist dabei der Hauptemittent. Seine Emissionen stiegen aufgrund der Zunahme der Straßenverkehrsleistung (gemessen an den gefahrenen Kilometern) innerhalb Österreichs sowohl im Güter- als auch Personenverkehr stark an und waren 2020 um 76% höher als vor 30 Jahren (Umweltbundesamt, 2021). Vor diesem Hintergrund skizziert der vorliegende Beitrag den Wandel der Automobilindustrie und diskutiert wirtschaftspolitische Ansätze zur Steigerung von Investitionen, um die Dekarbonisierung dieses Sektors zu bewältigen.

Weltweit setzen gesetzliche Rahmenbedingungen zur Reduktion von Emissionen die

Produzenten konventioneller Antriebe, die sich auf fossile Brennstoffe stützen, unter Druck. Dies beschleunigt den bereits heute intensiven technologischen Wandel, der durch zahlreiche Faktoren wie etwa die Digitalisierung und Automatisierung von Produktionsprozessen oder die Elektrifizierung von Fahrzeugen getrieben wird. Die EU schlägt zur Erreichung der Emissionsziele vor, verstärkt auf Technologien zur "grünen", CO<sub>2</sub>-armen Stromerzeugung und auf alternative Fahrzeugantriebe, die auf Elektrizität, Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen basieren, zu setzen.

Um die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs zu verringern, beschlossen der Europäische Rat und das Europäische Parlament 2014 einen CO<sub>2</sub>-Grenzwert von durchschnittlich 95 g

pro km, der ab 2020 (2021)<sup>1)</sup> für 95% aller Neufahrzeuge gelten sollte. Im Rahmen des "Green Deal" wurde dieser Grenzwert im Jahr 2019 angepasst. Zugleich wurden die Reduktionsziele für gesundheitsschädliche Emissionen für das Jahr 2025 und 2030 verschärft. Derzeit wird im Rahmen des "Fit for 55"-Paketes<sup>2)</sup> der EU eine weitere Verschärfung diskutiert: im Flottendurchschnitt sollen bis 2030 nicht mehr als 59,4 g CO<sub>2</sub> pro km ausgestoßen werden. Fahrzeughersteller, die diese Ziele nicht erreichen, müssen für jeden in der EU verkauften Pkw Strafzahlungen in Höhe von 95 € je Gramm CO<sub>2</sub>-Zielüberschreitung leisten. Stufenweise Übergangsregelungen bis 2023, die Möglichkeit zum CO<sub>2</sub>-Pooling innerhalb von Konzernmarken, Boni für besonders umweltfreundliche Innovationen und reduzierte Ziele für kleinere Produzenten sollen Fahrzeugherstellern kurzfristig helfen, solche Strafzahlungen zu vermeiden.

Die Euro-7-Abgasnorm, die neben den zulässigen CO<sub>2</sub>-Grenzwerten auch eine strenge Limitierung gesundheitsschädlicher Abgase (z. B. unverbrannte Kohlenwasserstoffe – HC, Stickoxide – NO<sub>x</sub>) sowie anderer Emissionen (Feinstaub, Lärm u. a.) beinhaltet, wird 2025 in Kraft treten und die bisherigen Abgas-

normen ersetzen. Diese Maßnahmen, einschließlich der Strafzahlungen, sollen die Entwicklung umweltfreundlicher Verkehrstechnologien und die Dekarbonisierung beschleunigen.

Diese technologische Neuordnung der Automobilindustrie bringt tiefgreifende Veränderungen in einer der wichtigsten Branchen der österreichischen Wirtschaft mit sich. Im Jahr 2019 zählte die heimische Fahrzeugindustrie rund 35.700 Beschäftigte und stellte mit 9,2 Mio. € etwa 8% der gesamten Bruttowertschöpfung der Industrie. Zuzüglich der indirekten Beschäftigung im Vorleistungverbund der Zulieferindustrie waren etwa 212.000 Personen im Kfz-Sektor beschäftigt<sup>3)</sup>. Die österreichische Automobilindustrie ist stark internationalisiert: die Exportquote beträgt etwa 90%<sup>4)</sup>. Insbesondere für die europäischen Partnerländer hat sich Österreich als hochqualifizierter Zulieferstandort und Spezialist für automotivische Entwicklungen, Konzepte und Produkte etabliert. Weltweite Transformationsprozesse in der Automobilindustrie haben daher auch massive Auswirkungen auf Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung in der österreichischen Kfz-Zulieferindustrie.

## 2. Antriebstechnologien zur Dekarbonisierung

Um die in den gesetzlichen Regelwerken der EU festgeschriebenen Emissionsziele zu erreichen, versucht die Fahrzeugindustrie kurzfristig, die Verbrennungsmotoren zu verbessern und die Elektrifizierung von Fahrzeugen (Hybrid-Fahrzeuge) voranzutreiben. Die ab 2021 und insbesondere ab 2030 vorgeschriebenen Grenzwerte für die Flottenemissionen können mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren allein nicht erreicht werden. Hybridfahrzeuge, insbesondere Plug-in-Hybride, werden als Übergangslösung angesehen. Mittel- und langfristige ist jedoch ein Wandel hin zu Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen, die mittels Wasserstoff-Brennstoffzellen oder mit synthetischen Kraftstoffen angetrieben werden, unerlässlich (Siskos et al., 2015). Elektrofahrzeuge unterscheiden sich in ihrer Produktion und ihrem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von herkömmlichen Verbrennungsmotoren. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Elektrofahrzeugen ist, sofern man die gesamte Lebensdauer betrachtet, niedriger bzw. klimaverträglicher als jene von Fahrzeugen mit einem Verbrennungsmotor. Fahrzeuge mit elektrischen Antrieben sind weniger komplex, was den Antriebsstrang betrifft, benötigen aber komplexere

elektrische Energiespeichersysteme (Abbildung 1).

Die wissenschaftliche Diskussion über die Umweltfreundlichkeit von Elektroautos kreist daher nicht ausschließlich um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß, sondern auch um die Entsorgung alter Akkus sowie um Rohstoffe wie etwa Nickel, Lithium oder Kobalt, für deren Abbau etwa in wasserarmen Regionen große Mengen an Grundwasser benötigt werden.

Vollelektrische Fahrzeuge sind derzeit insbesondere im innerstädtischen Pkw-Verkehr und im Bereich der Nutzfahrzeuge auf Kurzstrecken energieeffizient. Der Wasserstoffantrieb gilt dagegen vor allem für den Langstreckentransport mit Nutzfahrzeugen sowie den Schiffsverkehr als zukunftsträchtig. Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge sind mittlerweile voll funktionsfähig; insbesondere im Nutzfahrzeugbereich sind bereits die ersten derartigen Fahrzeuge in Betrieb. In Österreich und in Deutschland gibt es starke Bestrebungen, die Antriebstechnologien auf Wasserstoff umzustellen. So plant etwa die Stadt Graz, erste Wasserstoffbusse in Betrieb

**In der Automobilindustrie konkurrieren mehrere Technologien in unterschiedlichen Reifestadien, wobei sich die Produktionsnetzwerke teils überlappen.**

**Der Anteil von Elektrofahrzeugen wird ansteigen und vor allem im Nahverkehr eine Rolle spielen. Wasserstofffahrzeuge haben insbesondere im Nutzfahrzeugbereich Potential.**

<sup>1)</sup> Diese Maßnahme ist in den EU-Verordnungen (EU) 333/2014 und (EU) 253/2014 festgeschrieben. Im Jahr 2019 wurde die Einführung der Emissionsgrenzwerte auf 2021 verschoben. Die Verordnung (EU) 2019/631 legt die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für Neuwagen für das Jahr 2025 und 2030 fest.

<sup>2)</sup> Siehe dazu den WIFO-Monatsbericht von Kettner-Marx und Feichtinger (2021).

<sup>3)</sup> Laut Berechnungen des Industriewissenschaftlichen Institutes im Auftrag der Wirtschaftskammer Österreich

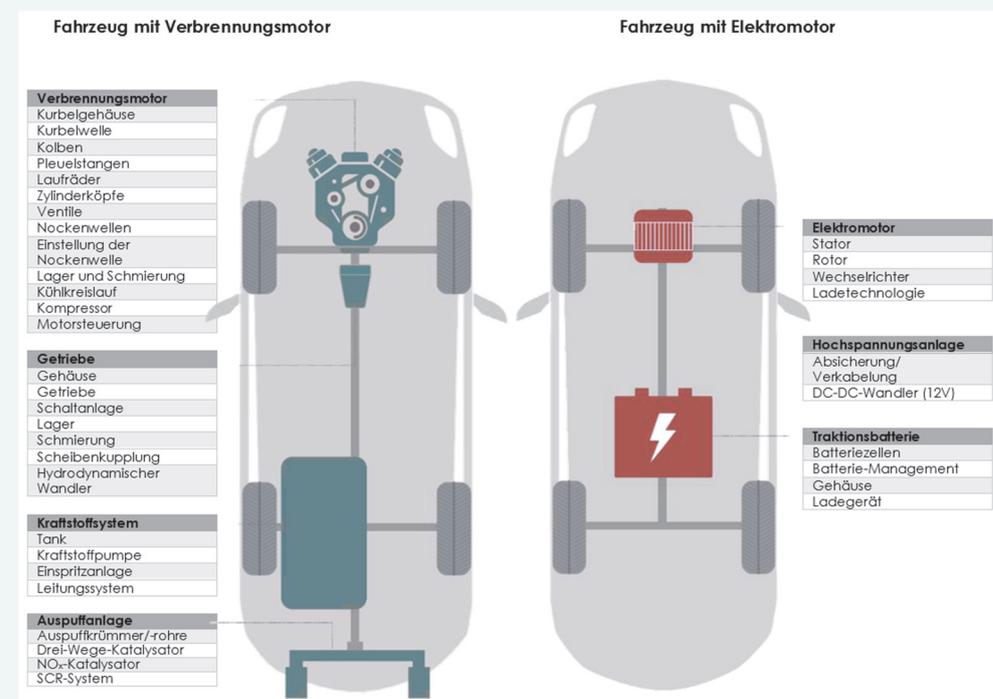
(Schneider et al., 2020) waren im Jahr 2019 81.737 Personen direkt in der Kfz-Zulieferindustrie beschäftigt; einschließlich der indirekt Beschäftigten waren es 212.262. Die direkte Wertschöpfung der österreichischen Fahrzeugindustrie betrug etwa 9,2 Mio. €, einschließlich der indirekten Effekte im Vorleistungverbund sogar 19,4 Mio. €.

<sup>4)</sup> Siehe <https://news.wko.at/news/oesterreich/ARGE-Automotive-Zulieferindustrie:-Jetzt-klug-agieren-und.html> (abgerufen am 19. 10. 2021).

zu nehmen<sup>5)</sup>. Derzeit sind die Kosten für Wasserstofffahrzeuge noch vergleichsweise hoch und die Skalenerträge fehlen noch, da

es bisher an der breiten Infrastruktur für die Bereitstellung von Wasserstoff mangelt.

Abbildung 1: Vergleich der Komplexität von Fahrzeugen mit traditionellen Verbrennungs- bzw. Elektromotoren



Q: Kleebinder et al. (2019), WIFO-Darstellung.

**Die Produktion und die Nutzung von Elektrofahrzeugen verursachen CO<sub>2</sub>-Emissionen und werden daher bislang dem Ziel der Dekarbonisierung nicht gerecht.**

Als eine Alternative haben auch synthetische Kraftstoffe mit hoher Energiedichte Potential, die Dekarbonisierung voran zu treiben. Synthetische Kraftstoffe ("Power to Liquid") für eine breitere Anwendung befinden sich noch in der Entwicklung. Sie werden z. B. aus Methan, Biomasse oder aus CO<sub>2</sub> und Wasserstoff gewonnen, wobei das CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre oder aus industriellen Prozessen wie der Stahlerzeugung stammen könnte. Da synthetische Kraftstoffe derzeit noch als wenig energieeffizient gelten, wird ihr Einsatz für jene Anwendungen diskutiert, für die sich batterieelektrische oder auf Wasserstoff basierende Antriebe weniger eignen, z. B. in der Luftfahrt oder zum Antrieb schwerer Nutzfahrzeuge im Bauwesen oder in der Landwirtschaft.

Die Zahl der Zulassungen von Fahrzeugen mit einem geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß nahm in den letzten Jahren stetig zu. In Österreich

betrug der Anteil der Elektrofahrzeuge an den Pkw-Neuzulassungen 2020 knapp 14%. Laut Schätzungen einer Fraunhofer-Studie (Sala et al., 2020) werden im Jahr 2030 etwa 24% aller verkauften Fahrzeuge rein elektrisch angetrieben sein, während teil-elektrifizierte Antriebe rund 40% und Verbrennungsmotoren etwa 36% ausmachen werden<sup>6)</sup>. Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge werden 2030 voraussichtlich noch eine untergeordnete Rolle spielen, aber bis 2050 insbesondere im Nutzfahrzeugbereich an Bedeutung gewinnen. Die relativ langsame Umstellung der gesamten Pkw-Flotte auf Elektrofahrzeuge kann u. a. durch die durchschnittliche Nutzungsdauer von Fahrzeugen (etwa 7 bis 10 Jahre), das Verbraucherverhalten, die eingeschränkte Reichweite von Elektrofahrzeugen und einen noch unzureichenden Ausbau der Ladeinfrastruktur erklärt werden.

<sup>5)</sup> Die öffentliche Hand übernimmt mit der Umstellung der öffentlichen Fahrzeugflotten somit eine Vorbildfunktion. Dieses Pilotprojekt wird durch eine Kooperation von Unternehmen mit der Technischen Universität Graz gestützt, siehe [https://www.holding-graz.at/de/](https://www.holding-graz.at/de/mobilitaet/move2zero/#brennstoffzellenbusse)

[mobilitaet/move2zero/#brennstoffzellenbusse](https://www.holding-graz.at/de/mobilitaet/move2zero/#brennstoffzellenbusse) (abgerufen am 19. 10. 2021).

<sup>6)</sup> Zu ähnlichen Schätzungen kommt auch eine Studie des Chemnitz Automotive Institute (Olle et al., 2021).

## Die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Elektrofahrzeugen im Vergleich mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor

Zahlreiche Studien vergleichen die CO<sub>2</sub>-Intensität von Elektroautos mit jener von Pkw mit Verbrennungsmotoren. Dabei wird zwischen der Produktionsphase und der Betriebsphase unterschieden. Im Fall der Elektrofahrzeuge ist vor allem die Herstellung von Akkus CO<sub>2</sub>-intensiv. In der Betriebsphase stoßen dagegen Verbrennungsmotoren mehr CO<sub>2</sub> aus. Die Unterschiede in den Studienergebnissen lassen sich etwa auf einen länderspezifisch unterschiedlichen Energiemix in der Produktion, in den Vorleistungsketten und in der benötigten Lade- bzw. Tankstelleninfrastruktur zurückführen. Ein Akku, der in der EU hergestellt wird, verursacht beispielsweise einen niedrigeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß als ein Akku aus China oder den USA. Ebenso von Bedeutung sind Fortschritte in den Produktionstechnologien von Akkusystemen, wodurch deren Herstellung in den letzten Jahren weniger energieintensiv wurden. Weitere ergebnisrelevante Annahmen beziehen sich auf die Betriebsintensität oder die Haltbarkeit der verglichenen Fahrzeuge.

Das Fraunhofer Institut (Wietschel et al., 2019) argumentiert, dass die Treibhausgasemissionen bei der Produktion von Elektrofahrzeugen um 70% bis 130% höher seien als bei der Produktion von Diesel- oder Benzinfahrzeugen. Im Betrieb würden Elektrofahrzeuge diesen Nachteil kompensieren; der Grad der Kompensation hängt allerdings davon ab, wie der Ladestrom erzeugt wurde. Im Durchschnitt sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Elektrofahrzeugen über die gesamte Produktlebensdauer um etwa 15% bis 30% geringer als jene von Pkw mit Verbrennungsmotoren. Insbesondere bei kleineren, besser für den Nahverkehr geeigneten Fahrzeuge ist der CO<sub>2</sub>-Verbrauch niedriger. Elektrofahrzeuge mit größeren Akkus, die weitere Strecken pro Akkuladung zulassen, schneiden dagegen deutlich schlechter ab, wodurch sich der Vorteil gegenüber den Verbrennungsmotoren verringert. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Studien des Institutes für Energie und Umweltforschung (Helms et al., 2018) oder der Technischen Universität Eindhoven (Hoekstra und Steinbuch, 2020).

Diese Befunde werden in einer Studie des ifo Institutes für Wirtschaftsforschung (Buchal et al., 2019) angezweifelt. Laut dieser ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Elektrofahrzeuges im günstigen Fall um etwa 10% und im ungünstigen Fall um mehr als 25% höher als jener eines vergleichbaren Pkw mit Dieselmotor. Am besten schneidet ein Vergleichsfahrzeug mit Wasserstoff-Methan-betriebem Verbrennungsmotor ab, dessen Ausstoß auch bei Berücksichtigung der erheblichen Vorkettenemissionen um etwa ein Drittel unter jenem des Dieselmotors liegt.

## 3. Trends in der Automobilbranche

Wie Falck et al. (2021) zeigen, verlieren traditionelle Verbrennungsmotoren in der deutschen Automobilbranche zunehmend an Bedeutung, was auch mit einem Anstieg des Innovationsdrucks verbunden ist. Der Übergang zu neuen Antriebstechnologien geht Hand in Hand mit weiteren Entwicklungen, wie etwa technologischen Trends (z. B. Industrie 4.0) oder Veränderungen in der geografischen Verteilung der Liefernetzwerke vor dem Hintergrund der strategischen Industriepolitik.

### 3.1 Internationale Produktionsnetzwerke

Die Branchentrends sind in die derzeitigen Produktionsstrukturen eingebettet. Die österreichische Kfz-Zulieferindustrie ist in europäische Produktionsnetzwerke eingebunden, die von weltweit tätigen Fahrzeugherstellern (Original Equipment Manufacturers – OEM) bestimmt werden. Deren Firmensitze befinden sich vor allem in Deutschland, Kanada, den USA oder China. Die Abhängigkeit von diesen Auftraggebern beschränkt vielfach den Handlungsspielraum der österreichischen Produzenten. Dies betrifft etwa den Zeithorizont für die Anpassung des Produktportfolios, die Wahl des Antriebsmix und der Produktionsstandorte vor allem von Elektrofahrzeugen sowie die damit verbundenen Änderungen in den Lieferketten.

Vor dem Hintergrund von Lieferengpässen, die gegenwärtig insbesondere Computerchips betreffen, werden derzeit die Vor- und Nachteile der Internationalisierung diskutiert. Die Frage, welche geografischen Strukturen entlang internationalisierter Produktions-

netzwerke adäquat sind, muss im Fall der Fahrzeugindustrie jedoch vor dem Hintergrund der benötigten hochspezialisierten Vorleistungen und der internationalen Absatzmärkte erörtert werden. Rezente Entwicklungen haben jedoch Schwächen internationaler Liefernetzwerke offengelegt. So zwang bzw. zwingt etwa der Mangel an Mikrochips als kritische Systemkomponenten viele Fahrzeughersteller, ihre Produktion zeitweise stillzulegen, was sich wiederum negativ auf die Zulieferindustrie auswirkt. Dies hat Fragen über die Stabilität der Wertschöpfungsketten aufgeworfen. Um in Krisenzeiten möglichst flexibel reagieren zu können, werden vermehrt Maßnahmen ergriffen, welche die Resilienz der globalen Wertschöpfungsketten erhöhen, Produktionsnetzwerke diversifizieren und Transparenz entlang der Lieferketten schaffen.

### 3.2 Digitalisierung und Automatisierung

Die Transformation in der Automobilindustrie ist eng verbunden mit der Digitalisierung in der Kfz-Zulieferindustrie. Die Anforderungen an Fahrzeuge steigen stetig. Das schlägt sich einerseits in der fortschreitenden digitalen Vernetzung von Produzenten nieder (Industrie 4.0) und spiegelt sich andererseits in zunehmenden Herausforderungen hinsichtlich der Fahrzeugfunktionalitäten (z. B. in den Bereichen Sicherheit, Automatisierung von Funktionen, Lebensdauer, Systemintegration oder System-Testing). Dies erhöht die Komplexität von Elektrik- bzw. Elektroniksystemen, was mit einem Anstieg der Anzahl der benötigten Steuergeräte und Bus-Systeme einhergeht.

**Die österreichische Kfz-Zulieferindustrie beliefert international tätige Fahrzeughersteller, deren technologische Entscheidungen die Architektur der Produktionsnetzwerke definieren.**

**Industrie 4.0 und elektronisch komplexe Fahrzeuge verändern Prozesse und nachgefragte Arbeitsprofile.**

**Regulierung, neue Mobilitätskonzepte und ein Wandel der Kundenpräferenzen prägen die Veränderungen in der Nachfrage.**

Die Anforderungen an die Software nehmen ebenfalls zu, da auf unterschiedliche Systeme verteilte Funktionen über kritische Schnittstellen gesteuert werden müssen. Gerade die Automatisierung der Antriebsregelungs- und Fahrassistenzsysteme – mit der Vision des autonomen Fahrens – erfordert in diesem Zusammenhang eine enorme Anpassungsleistung. Mit der Veränderung der verwendeten Technologien geht auch ein radikaler Wandel der nachgefragten Arbeitsprofile und Qualifikationsanforderungen einher.

### 3.3 Entwicklung der Nachfrage

Die Nachfrage nach Fahrzeugen wird einerseits durch Regulierung (z. B. Schadstoff-

Grenzwerte) und andererseits durch neue Mobilitätskonzepte beeinflusst. Die Veränderung der Mobilitätsstrukturen unterscheidet sich stark nach Marktsegmenten. So hält etwa der Trend zu größeren Fahrzeugen an. Dazu zählen z. B. SUVs mit höheren Antriebsleistungen, gesteigertem Komfort und verbesserten Sicherheitslösungen (z. B. Fahr-Assistenzfunktionen). Durch solche Ausstattungsmerkmale steigt allerdings der Energieverbrauch. Gleichzeitig nimmt jedoch auch das Umweltbewusstsein der Endverbraucher zu und es kommt vor allem in urbanen Gebieten zu Änderungen des Nutzungsverhaltens, etwa durch Car-Sharing oder die Nutzung von Video-Kommunikation, um nicht unbedingt erforderliche Fahrten zu vermeiden.

## 4. Wirtschaftspolitische Hebel

Im Folgenden werden verschiedene wirtschaftspolitische Maßnahmen skizziert. Diese können dazu beitragen, den strukturellen Wandel, dem die österreichische Automobilindustrie im Zuge der Dekarbonisierung unterliegt, zu begleiten und unerwünschte Folgen des Strukturwandels hintanzuhalten.

### 4.1 Konsistenz des Policy-Mix

Die Wirtschaftspolitik unterstützt die Dekarbonisierung des Automobilsektors durch zahlreiche F&E-Initiativen. Zudem wird vor allem die Diffusion von elektrifizierten Fahrzeugen gefördert. In Österreich werden derzeit der Kauf von elektrischen Privatfahrzeugen sowie der Ausbau der Ladeinfrastruktur finanziell unterstützt. Dabei kooperiert das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie mit Automobil- und Zweiradimporteuren sowie dem Sportfachhandel<sup>7)</sup>.

Auch die EU fördert die E-Mobilität. Neben den Emissionsgrenzwerten schlug sie einen Regulierungsrahmen für die der E-Mobilität zugrundeliegenden Energiespeichersysteme vor. Dieser zielt auf die Einführung technischer Mindeststandards, eine umweltschonende Herstellung, die Verlängerung der Lebensdauer von Energiespeichern und deren verstärkte Zuführung in Recyclingkreisläufe am Ende des Akkulebens ab. In den Wertschöpfungsketten sollen zudem bei der Gewinnung wichtiger Rohstoffe soziale und ökologische Standards eingehalten werden (Europäisches Parlament, 2021).

Die Diskussion kreist oft um die "Technologie-neutralität" von Regulierungen, jedoch variiert das Verständnis dieses Begriffs. Technologie-neutralität bedeutet ursächlich, dass die Zielsetzung der Emissionsreduktion keine

Vorgabe dazu enthält, mit welcher Technologie dieses Ziel erreicht werden soll. Die Rahmenbedingungen in den EU-Normen, z. B. zu den Flottenemissionsgrenzwerten, sind grundsätzlich technologie-neutral gestaltet. Die Fördermittel werden für den von der Industrie eingeschlagenen Weg vergeben und wirken damit innovationsfördernd. Ein Großteil der Mittel fließt in die Förderung der E-Mobilität einschließlich der dafür notwendigen Infrastruktur. Dies dient der Schaffung einer wettbewerbsfähigen Alternative zum herkömmlichen Verbrennungsmotor, kann jedoch kritisiert werden, da damit die Verbreitung einer spezifischen Technologie unterstützt wird und die Förderungen somit nicht mehr "technologie-neutral" sind.

Die österreichische Kfz-Zulieferindustrie ist sehr gut in der herkömmlichen Technologie der Verbrennungsmotoren verankert. Eine Aufrechterhaltung der bestehenden Geschäftsmodelle steht daher bei vielen Unternehmen im Vordergrund, was die Diffusion alternativer Technologien verlangsamt. Insbesondere einige große Automobilhersteller verhalten sich teils träge und versuchen, den Markt mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen zu versorgen, solange dies noch möglich ist. Dies führte in vielen Bereichen der Automobilbranche zu Unterinvestitionen in Forschung, Entwicklung und Innovation<sup>8)</sup>.

Innovatoren in der Fahrzeugindustrie sehen die Schadstoffemissionsgesetzgebung (Abgasnormen Euro 0 bis Euro 7) als Erfolg, da diese der Industrie und Forschung ausreichend Freiraum lässt, um die Zielsetzung der Dekarbonisierung unter fairen Bedingungen und fairem Wettbewerb mit unterschiedlichen Technologien zu erreichen. Die voll-

**Der Begriff Technologie-neutralität bezieht sich auf die freie Technologiewahl vor dem Hintergrund des CO<sub>2</sub>-Einsparungspfades.**

**Der Policy-Mix sollte technologieneutrale Regularien und innovationsstimulierende Förderungen beinhalten.**

<sup>7)</sup> Siehe [https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen\\_wohnen\\_und\\_umwelt/elektroautos\\_und\\_e\\_mobilitaet/Seite.4320020.html](https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/elektroautos_und_e_mobilitaet/Seite.4320020.html) (abgerufen am 19. 10. 2021).

<sup>8)</sup> Dies ist nicht nur in Österreich und der EU, sondern auch in anderen Ländern beobachtbar.

ständige Umstellung der gesamten Fahrzeugflotte ist ein langfristiges Projekt, zu dem

sich viele Fahrzeughersteller strategisch bereits entschieden haben (Übersicht 1).

### Übersicht 1: Ankündigungen von OEM zum Stopp der Produktion von Verbrennungsmotoren

Produktionsstopp angekündigt für . . .	
Jaguar	2025
Volvo	2025 (50%), 2030 (100%)
Volkswagen	2026 (Ausrollen der letzten Generation von Verbrennungsmotoren, deren Produktion in der EU 2040 auslaufen soll)
Audi	2030
Porsche	2030 (mit Ausnahmen, Produktion von Dieselmotoren endete bereits 2020)
Ford	2030
Renault	2030 bis 2035
Mini	2031
General Motors	2035
Daimler	2039 (Ziel: CO <sub>2</sub> -neutrale Flotte)

Q: WIFO-Darstellung. OEM . . . Original Equipment Manufacturer.

### Übersicht 2: Politisch diskutierte Verbote von Verbrennungsmotoren

Diskutierter Termin für das Inkrafttreten des Verbotes	
Norwegen	2025
Schweden	2030
Dänemark	2030
Niederlande	2030
Vereinigtes Königreich	2030
Israel	2030
Indien	2030
Deutschland	2035
USA	2035 (Unterschiede in den einzelnen Bundesstaaten)
Taiwan	2040
Frankreich	2040
Spanien	2040
Kanada	2050
China	2060 (in manchen Regionen früher, z. B. in Hainan bereits 2030)

Q: WIFO-Darstellung.

Einige Länder wie Norwegen (ab 2025), Dänemark, die Niederlande oder das Vereinigte Königreich (ab 2030) erwägen bereits ein Verbot von Verbrennungsmotoren (Übersicht 2). Da ein solches Verbot jedoch die Entwicklung von alternativen Lösungsansätzen wie etwa von CO<sub>2</sub>-neutralen Kraftstoffen bremsen und das technologische Spektrum einengen könnte, kann diese Dynamik auch sehr kritisch gesehen werden.

#### 4.2 Regulatorische Planungssicherheit

Das Investitionsumfeld der Automobilbranche ist stark von Regulierungen, der COVID-19-Krise und der Abhängigkeit von Lieferketten bestimmt. In Österreich wie auch in anderen EU-Ländern herrscht derzeit große Unsicherheit darüber, wie sich der Automobilssektor künftig entwickeln wird. Diskussionen über mögliche Verbote von

Verbrennungsmotoren in einigen Ländern verstärken diese Unsicherheit in der Branche zusätzlich.

Die EU sollte auf die Implementierung technologieneutraler Zielsetzungen achten, wie etwa der EU-Abgasnormen, die zwar ambitioniert, aber umsetzbar erscheinen. Viele OEM reagierten zunächst zögerlich auf die EU-Regularien<sup>9)</sup>, sodass insbesondere in der Zuliefererindustrie große Unsicherheit herrscht. Laut Branchenfachleuten könnten diese Regularien daher kurzfristig zu Wettbewerbsnachteilen für die in EU-Ländern ansässigen Kfz-Zulieferer führen, etwa gegenüber der chinesischen Konkurrenz.

Die Planungsunsicherheit spiegelt sich auch in den Investitionskennzahlen: In der heimischen Automobilindustrie erholten sich die Investitionen deutlich schwächer von der COVID-19-Krise als jene in der Sachgüter-

aus. Die transformative Ausrichtung der KMU entlang der Wertschöpfungskette in Österreich ist daher mangelhaft (Sala et al., 2020).

**Verbote spezifischer Technologien könnten das technologische Spektrum einengen und den langfristigen technologischen Wandel bremsen.**

**Klare Regularien mit eindeutigen Zielsetzungen schaffen einen Planungshorizont und gewährleisten Planungssicherheit.**

<sup>9)</sup> Ein System, das zur Dekarbonisierung zunächst auf Freiwilligkeit setzte, erwies sich im Mobilitätssektor als wenig effizient und löste bei großen OEM nur geringe Investitionen in die Entwicklung alternativer Antriebe

**Eine rasche technologische Anpassung an neue Regularien kann der heimischen Kfz-Branche einen Standortvorteil sichern.**

**Die Diversifizierung von Kompetenz- und Produktportfolios reduziert die mit der Dekarbonisierung verbundenen Risiken.**

**Vor allem kleine und mittlere Unternehmen können von Kooperationen und Vernetzungen untereinander und mit F&E-Einrichtungen profitieren.**

**Der Aufbau neuer Lieferketten sowie die Gestaltung komplexer Produktionssysteme und Vertriebskanäle erfordert Vernetzung und die Weiterentwicklung der Kompetenzbasis.**

**Das Know-how in der Kfz-Zulieferindustrie muss durch Aus- und Weiterbildung gestärkt werden, um die Innovationskraft zu erhöhen.**

erzeugung insgesamt (Friesenbichler und Hölzl, 2021).

Eine schnelle und zielgerichtete Ausgestaltung der Regularien – wie etwa der derzeit diskutierten Euro-7-Abgasnorm, die 2025 in Kraft treten soll – und eine rasche technologische Anpassung an diese kann der österreichischen Kfz-Branche einen Standortvorteil innerhalb der EU und weltweit sichern, wenn rasch und effektiv innovative Lösungen gefunden werden, da die Nachfrage und der Bedarf an CO<sub>2</sub>-neutralen Fahrzeugen weltweit steigen. Die "Klimafolgekosten" (z. B. Strafzahlungen bei Nichterreichung der gesetzten Emissionsziele) nehmen laufend zu, was den Druck auf Emittenten erhöhen wird. Eine schnelle Reaktion und eine hohe Awareness der Unternehmen erhöhen deren Überlebenswahrscheinlichkeit und können in weiterer Folge einen Wettbewerbsvorteil begründen. Daran knüpft sich die Frage nach der Dauer des Innovationszyklus. Neue Produktgenerationen in der Automobilindustrie benötigen etwa 3 bis 5 Jahre Vorlaufzeit in der Entwicklung. Ein Planungshorizont von etwa 10 Jahren erscheint für eine Umstellung der Produktion somit realistisch.

### 4.3 Diversifizierung

Die Umstellung auf alternative Antriebstechnologien verändert die Produktionsprozesse sowie die gesamte Kfz-Wertschöpfungskette grundlegend. Diese Veränderung ist aufgrund der Unterschiede in der Herstellung und des redundant werdenden kumulativen Wissens nicht ohne weiteres möglich. In einer Studie für den Verband der Automobilindustrie schätzen Falck et al. (2021), dass der Bedarf an manueller Arbeitskraft in der Produktion von Elektroautos etwa um ein Drittel geringer sein wird als in der Herstellung von konventionell angetriebenen Kfz. Einige Produktionsschritte werden in der heutigen Form nicht mehr benötigt werden, andere Segmente (wie z. B. das heutige Tankstellennetz) werden in der derzeitigen Form kein Wachstum erzeugen können.

Dies verdeutlicht die Dringlichkeit einer Umstellung auf alternative Antriebstechnologien und der damit verbundenen Anpassung der Produktion und der Wertschöpfungsketten. Neben der Änderung der Antriebsstränge werden zunehmend Leichtbauweisen vorangetrieben, die z. B. Stahl und Aluminium durch Polymere substituieren. Diversifizierung kann den Unternehmen dabei helfen, sich weiterzuentwickeln und den Standort nachhaltig zu sichern. Mit entsprechenden Fachkenntnissen kann Diversifizierung sowohl im Produktportfolio stattfinden (z. B. Batteriegehäuse statt Tanksysteme), als auch dazu dienen, neue Geschäftsbereiche

zu erschließen (z. B. Sensorsysteme für automatisiertes Fahren).

Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) folgen aufgrund des Kostendrucks oft den von den OEM vorgegebenen technologischen Trends. Dies erschwert den KMU eine rasche Umstellung ihrer Produktionsprozesse und Zwischenprodukte. Durch Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette und mit Forschungsinstitutionen ist es allerdings möglich, Synergien zu bündeln, Effizienzen technologischer Anpassungen zu erhöhen und die Eigenständigkeit der KMU gegenüber den OEM zu fördern.

Kooperationen prägen in Österreich bereits heute das Branchenbild. So arbeiten Unternehmen aus dem Automobilsektor etwa mit F&E-Einrichtungen wie der Technischen Universität Wien, der Technischen Universität Graz und der Montanuniversität Leoben zusammen. Die Automobilcluster in Oberösterreich oder in der Steiermark unterstützen die Vernetzung von Unternehmen innerhalb der Automobilbranche. Die Bildung von Transformationsnetzwerken und Kooperationen ist jedoch auch industrieübergreifend wichtig, um neue Technologien und innovative Konzepte in die Kfz-Zulieferindustrie einzubringen.

Unterstützung beim Aufbau von Know-how und bei der Erschließung neuer Geschäftsfelder ist insbesondere für KMU von Bedeutung, um ihr langfristiges Bestehen zu sichern. Das Förderwesen sollte hier anknüpfen. Einerseits sollte technologieneutral und mit spezifischen Zielsetzungen die Mobilität der Zukunft gefördert werden<sup>10</sup>). Andererseits sollten KMU, die bisher wenig zentral gefördert werden, Unterstützung erhalten, um den Wandel in der Automobilbranche bewältigen zu können. Eine Vernetzung und Weiterbildung der Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger auf KMU-Ebene erleichtert die Anpassung von Produktionsnetzwerken und -technologien sowie die Zukunftssicherung durch verstärkte Diversifizierung. Diversifizierung erfordert zudem Mitarbeiterschulungen und die Entwicklung von Know-how, einschließlich der Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren, die mit den neuen Technologien vertraut sind.

### 4.4 Aus- und Weiterbildung

Die Komplexität des Zusammenspiels von Sensoren, Aktoren und Steuerelementen im Fahrzeugbau nimmt stetig zu, was eine entsprechende Qualifikation und sektorübergreifende Zusammenarbeit voraussetzt. Österreich ist im internationalen Vergleich ein kostenintensiver Standort, der jedoch über ein hohes Fachwissen verfügt, das für einen erfolgreichen Transformationsprozess be-

<sup>10</sup>) In der Förderung von Grundlagenforschung, z. B. durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen

Forschung (FWF), wird das Thema der gesamtheitlichen Dekarbonisierung bisher wenig adressiert.

nötigt wird. Investitionen in Know-how und in das Bildungssystem können bei der Spezialisierung auf Komponenten der E-Mobilität somit Wettbewerbsvorteile gegenüber anderen Ländern darstellen. Verkürzte Technologiekonzepte erfordern einen kontinuierlichen Lernprozess (Lifelong Learning) sowie Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten, vor allem innerhalb traditioneller Betriebe. Die Verfügbarkeit gut ausgebildeter Fachkräfte ist eine Grundvoraussetzung, um im globalen Standortwettbewerb zu bestehen.

#### 4.5 Digitalisierung

Das Fahrzeug selbst wird in der Fahrzeugindustrie als mechatronisches System verstanden, das Digitalisierung und Dekarbonisierung, zwei separate Prozesse, miteinander

### 5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Dekarbonisierung von Kraftfahrzeugen beschleunigt den Wandel der österreichischen Kfz-Zulieferindustrie. Dies stellt den Produktionsstandort Österreich vor große Herausforderungen. Die Dekarbonisierung trifft hierzulande auf eine Zulieferbranche, deren Ausrichtung von weltweit tätigen Fahrzeugherstellern dominiert wird, die zunehmend hoch komplexe und digitalisierte Fahrzeuge produzieren. Zudem spielt die Industrie 4.0 im Automobilssektor eine immer größere Rolle und die Präferenzen der Konsumentinnen und Konsumenten entwickeln sich rasch und in unterschiedliche Richtungen.

#### 5.1 Ansätze für die Dekarbonisierung

Die Wirtschaftspolitik sollte weiterhin den Rahmen für die Eindämmung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes vorgeben. Hierfür ist ein regulatorischer Pfad ein geeignetes, transparentes Instrument, das Planungssicherheit gewährleistet. Dabei sollte auf die Ausgewogenheit des Instrumentenmix geachtet und zumindest mittelfristig auf technologische Lösungen gesetzt werden, die von den Unternehmen selbst selektiert werden und hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes den regulatorischen Anforderungen entsprechen.

Ausgehend von bestehenden Kompetenzen sollten Unternehmen versuchen, ihre Produkte und Märkte zu diversifizieren, um das Risiko zu streuen und neue Absatzmärkte zu erschließen. Derartige Diversifizierungsprozesse gelten als Treiber des langfristigen Wachstums (Hidalgo et al., 2007; Reinstaller und Reschenhofer, 2019). Diversifizierung schließt auch mittelfristige Prozesse ein. Die nächsten Jahre erfordern nicht nur die Bereitstellung von Komponenten und Systemen der "alten" Technologien, sondern auch Investitionen in neue, derzeit in Entwicklung befindliche Technologien sowie verstärkt in Systeme elektrifizierter Antriebe. Letztlich bedeutet die Dekarbonisierung auch Strukturwandel, wodurch sich nicht nur Chancen

verbindet. Die Verlagerung von realen Prozessen in digitale Simulationen ermöglicht z. B. wesentlich effizientere Entwicklungen. Dadurch fallen bereits in der Entwicklungsphase eines Fahrzeugs weniger Emissionen an. Industrie 4.0 erlaubt es mit passendem Wissen und entsprechenden Technologien auch, Kostenvorteile gegenüber Niedriglohnländern zu schaffen, z. B. durch einen vollautomatisierten Lagerverwaltungs- und Produktionsprozess. Durch einen entsprechenden Einsatz von digitalen Technologien könnten sich Produktionsvorteile wieder in Länder wie Österreich verlagern. Je schneller die Kosten international konvergieren, desto schneller könnte das Produktivitätsdifferential schmelzen.

ergeben werden, sondern auch ein Teil der heutigen Investitionen stranden wird.

Veränderungen in Antriebssträngen, Materialien, Verkehrskonzepten, Technologien sowie im Nachfrageverhalten führen zu Umgestaltungen und Wandel der Lieferketten, worauf sich die Kfz-Zulieferindustrie frühzeitig einstellen sollte. Aus- und Weiterbildung, beginnend bei den Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern, spielen hierfür ebenso eine zentrale Rolle wie die Umsetzung von Industrie-4.0-Lösungen. Daneben können die Unternehmen durch Innovationen und Kooperationen eine aktivere Rolle in der Mitgestaltung der zukünftigen Mobilität und Mobilitätssysteme einnehmen.

#### 5.2 Weitere Ausblicke zum Wandel der Kfz-Zulieferindustrie

Mit der Umsetzung der Dekarbonisierungsstrategien wird sich die Diskussion über die Kfz-Antriebstechnologien verbreitern. So dürften darin auch übergreifende Aspekte wie die zugrundeliegende Energiebereitstellung (Kraftstoff- und Stromerzeugung) verstärkt Berücksichtigung finden. Dies beinhaltet eine umfassende Lebenszyklus-Betrachtung, die auch Produktions- und Recyclingprozesse miteinschließt.

Die Produktionsstrukturen der Kfz-Zulieferindustrie in Österreich sind stark regional konzentriert. Sollte es zu einem disruptiven Strukturwandel kommen, würde dies einige Regionen vor große Herausforderungen stellen. Regional bestehen große Unterschiede, nicht nur in der Exponiertheit, sondern auch hinsichtlich der wirtschaftlichen Strukturen, die wiederum die Rahmenbedingungen für neuerliches Wirtschaftswachstum schaffen (Friesenbichler und Hölzl, 2020). Das Ziel der Regionalpolitik ist es, die wirtschaftlichen Nachteile schwächer entwickelter Regionen auszugleichen. Hierfür wurde beispielsweise in Deutschland ein einheitliches Förder-

**Die Digitalisierung erhöht die Effizienz von Fahrzeugsystemen und somit den Wirkungsgrad von Dekarbonisierungsprozessen.**

**Dekarbonisierung bedeutet Strukturwandel. Dieser eröffnet den Unternehmen nicht nur neue Märkte und unternehmerische Chancen, sondern führt auch zu gestrandeten Investitionen.**

**Neue Mobilitätskonzepte können disruptive Veränderungen der Technologien und der Anforderungen an Lieferketten bedeuten.**

**Neben zentralen Zulieferbranchen wie der Elektrizitätserzeugung wird die Produktlebenszyklus-Perspektive verstärkt in den Fokus der Debatten rücken.**

**Regionale Konzepte zur Dämpfung der negativen Folgen des Strukturwandels sollten entwickelt werden.**

Die Stabilität von Lieferketten rückt auf EU-Ebene verstärkt in den Fokus.

system für strukturschwache Regionen entworfen<sup>11)</sup>. Ein solches Konzept könnte auch in Österreich für Regionen angedacht werden, die einem raschen Strukturwandel ausgesetzt sein könnten. Wie insbesondere Österreicher Erfahrungen mit der verstaatlichten Industrie zeigen, ist eine Diversifizierung ökonomischer Aktivitäten und somit eine Erneuerung der Industriestrukturen durchaus möglich (Friesenbichler, 2018).

Im Jahr 2021 kam es zu Lieferengpässen bei kritischen Vorleistungen, vor allem bei Mikrochips, die in der Produktion von Fahrzeugen eine wichtige Rolle spielen. Dieser Mangel an Vorprodukten befeuerte die Debatte über stabile, regionale Wertschöpfungsketten. Neben Maßnahmen zur Erhöhung der

Resilienz werden EU-weit Außenhandels- und Industriestrategien zur Förderung des Binnenmarktes diskutiert. Dabei wird vor allem die Vereinbarkeit von einzelstaatlichen Beihilfen zur Förderung wichtiger Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse ("Important Projects of Common European Interest" – IPCEI) mit dem Binnenmarkt erwogen<sup>12)</sup>. Damit hängt z. B. auch der "European Chip Act" zusammen, der von der Präsidentin der Europäischen Kommission Mitte September 2021 angekündigt wurde. Ziel dieses Vorhabens ist der Aufbau eines hochmodernen europäischen "Chip-Ökosystems", um die europäische Beschaffungssicherheit zu gewährleisten und neue Märkte für europäische Technologien zu erschließen.

## 6. Literaturhinweise

- Buchal, C., Karl, H.-D., & Sinn, H.-W. (2019). Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO<sub>2</sub>-Bilanz? *ifo Schnelldienst*, 72(08), 15.
- Europäisches Parlament (2021). *New EU regulatory framework for batteries. Setting sustainability requirements*. [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).
- Falck, O., Czernich, N., & Koenen, J. (2021). *Auswirkungen der vermehrten Produktion elektrisch betriebener Pkw auf die Beschäftigung in Deutschland*. ifo Institut, 38. [https://www.ifo.de/DocDL/ifoStudie-2021\\_Elektromobilitaet-Beschaefigung.pdf](https://www.ifo.de/DocDL/ifoStudie-2021_Elektromobilitaet-Beschaefigung.pdf).
- Friesenbichler, K. S. (2018). 13 Regional structural policies and industrial evolution. *Strategic Approaches to Regional Development: Smart Experimentation in Less-Favoured Regions*, 227.
- Friesenbichler, K., & Hözl, W. (2020). High-growth firm shares in Austrian regions: The role of economic structures. *Regional Studies*, 54(11), 1585-1595. <https://doi.org/10.1080/00343404.2020.1742316>.
- Friesenbichler, K. S., Hözl, W., Köppl, A., & Meyer, B. (2021). *Investitionen in die Digitalisierung und Dekarbonisierung in Österreich. Treiber, Hemmnisse und wirtschaftspolitische Hebel*. WIFO. <https://www.wifo.ac.at/www/pubid/67181>.
- 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](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf).
- Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A.-L., & Hausmann, R. (2007). The product space conditions the development of nations. *Science*, 317(5837), 482-487.
- 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.
- Kettner-Marx, C., & Feichtinger, G. (2021). Fit for 55? Das neue Klima- und Energiepaket der EU. *WIFO-Monatsberichte*, 94(9), 665-677. <https://monatsberichte.wifo.ac.at/67993>.
- Kleebinder, H. P., Kleissner, A., & Semmer, M. (2019). *Auf der Siegerstraße bleiben. Automotive Cluster der Zukunft bauen*. Council4 GmbH.
- 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>.
- Reinstaller, A., & Reschenhofer, P. (2019). The impact of the scope of technological search on path-dependence in export specialization: Evidence for European countries. *Industrial and Corporate Change*, 28(6), 1611-1635. <https://doi.org/10.1093/icc/dtz026>.
- 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*. Fraunhofer Austria, TU Wien, Smart Mobility Power, 98. [https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/2020\\_E-MAPP2\\_FhA\\_TU\\_SMP\\_v2.3.pdf](https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/2020_E-MAPP2_FhA_TU_SMP_v2.3.pdf).
- Schneider, H., Demiroglu, D., Fuchsreiter, K., & Luptáčík, P. (2020). *Internationaler Wettbewerb der Wirtschaftsstandorte in der Automotiven Zulieferindustrie. Berichtsjahr 2020*. Industriewissenschaftliches Institut.

<sup>11)</sup> Siehe [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/erster-bericht-der-bundesregierung-zum-gesamtdeutschen-foerdersystem-fuer-strukturschwache-regionen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=12](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/erster-bericht-der-bundesregierung-zum-gesamtdeutschen-foerdersystem-fuer-strukturschwache-regionen.pdf?__blob=publicationFile&v=12) (abgerufen am 19. 10. 2021).

<sup>12)</sup> Siehe [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014XC0620\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014XC0620(01)&from=EN) (abgerufen am 19. 10. 2021).

Siskos, P., Capros, P., & De Vita, A. (2015). CO<sub>2</sub> 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>.

Umweltbundesamt (2021). *Austria's National Inventory Report 2021. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol*. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0761.pdf>.

Wietschel, M., Kühnrich, M., & Rüdiger, D. (2019). Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland. *Fraunhofer ISI Working Paper Sustainability and Innovation*, (S 02/2019).