Universität Zürich[UZH]

SWISS CAR

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Institut für Betriebswirtschaftslehre

Automobilindustrie Schweiz
Branchenanalyse 2018/19

Aktuelle Bestandsaufnahme von Struktur, Trends, Herausforderungen und Chancen

Dank

Wir bedanken uns bei zahlreichen Mitwirkenden, die zur Entstehung der Studie beigetragen haben, insbesondere bei:

unseren Studienpartnern Business Monitor und Swissmem,

allen Firmenvertretern, für ihre Teilnahme an unserer schriftlichen Befragung, welche die Basis für diese Studie bildet und ohne die die Erstellung dieser Studie nicht möglich gewesen wäre,

allen Firmenvertretern, die für Interviews zur Verfügung standen und uns tiefere Einblicke in ihre Firmentätigkeit gegeben haben.

Herausgeber	Universität Zürich swiss Center for Automotive Research (swiss CAR)
Gesamtleitung	Prof. Dr. Anja Schulze
Bearbeitung	Dr. Georg Windisch Mirjam Haab Sebastian Niederberger Svetlana Tikhonenko Tobias Wyder
Gestaltung	Tschirren und Grimm
Lektorat	Pascal Suter
Produktion	Swissmem

Partner

© Copyright 2019

Die urheberrechtlichen Verwertungsrechte liegen beim Herausgeber. Nachdruck, Übersetzung oder Vervielfältigung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers möglich. Für Satz- oder Druckfehler, für unrichtige Angaben sowie Marken- oder Urheberrechte wird jeglicher Schadenersatz ausgeschlossen.

Vorwort

Im Jahr 2008 erschien die erste Studie zur Automobilindustrie der Schweiz und zeigte die Bedeutung und Vielfalt dieser damals eher unbekannten Branche in der Schweiz auf. Zum Zeitpunkt der letzten Studie im Jahr 2013 stand die Branche unter dem Eindruck der Krise von 2009 und des sehr starken Schweizer Frankens bis zur Festsetzung des Mindestkurses.

Inzwischen sind diese Schwierigkeiten überwunden. Heute ist der technologische Wandel das dominierende Thema in der weltweiten und damit auch in der schweizerischen Automobilindustrie. Zentrale Themen dieses Wandels sind alternative Antriebe, autonomes Fahren und Digitalisierung. Damit drängen sich folgenden Fragen auf: Welche Chancen und Gefahren sind mit diese Veränderungen verbunden? Wie gehen die Firmen damit um? und Was bedeuten diese Entwicklungen für den Standort Schweiz? Die vorliegende Studie hat zum Ziel, diese Fragen zu beantworten. Sie analysiert neben der wirtschaftlichen und strukturellen Lage der Branche auch die Innovationskraft der Firmen dieser Industrie und zeigt ihre Strategien im Umgang mit dem technologischen Wandel auf.

Wir hoffen, Ihnen mit dieser Studie eine interessante Lektüre zu bieten und damit zahlreiche spannende Aspekte und Erkenntnisse aufzuzeigen.

Mit besten Grüssen,

Prof. Dr. Anja Schulze

Leiterin swiss CAR

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 8

2 Studienziel, -design und Datenbasis 10

3 Die Automobilindustrie der Schweiz 12

3.1 Die Branche im Überblick **12**

3.1.1 Grösse der Schweizer Automobilindustrie 12

3.1.2 Umsatz und Beschäftigungsstruktur 13

3.1.3 Unternehmensstandorte (national) und Unternehmensalter 16

3.2 Wertschöpfung **17**

3.2.1 Forschung und Entwicklung 18

3.2.2 Produktion 20

3.2.3 Wertschöpfungstiefe 24

3.3 Wertschöpfungskette **25**

3.3.1 Beschaffungsmärkte 25

3.3.2 Absatzmärkte 26

3.3.3 Interaktion zwischen Schweizer Zulieferern und ihren Kunden 28

3.3.4 Schweizer Zulieferer und Fahrzeughersteller 30

3.4 Produkte und Dienstleistungen **32**

3.4.1 Produktspektrum 32

3.4.2 Charakteristika der Produkte 33

3.4.3 Verwendung der Produkte 35

3.4.4 Dienstleistungen 38

3.5 Zukunftstrends **39**

3.5.1 Allgemeine Einschätzung Trendentwicklungen 39

3.5.2 Einschätzung Entwicklung alternativer Antriebe und des autonomen Fahrens 41

3.5.3 Mit den Zukunftstrends verbundene Geschäftsaussichten 43

3.6 Innovationskraft **46**

3.6.1 Innovation in den vergangenen Jahren 46

3.6.2 Vorbereitung auf anstehende Veränderungen 49

4 Exkurs – Alternative Antriebe 52

4.1 Einleitung **52**

4.2 Energetische Ausgangslage **55**

4.3 Elektro-Mobilität **58**

4.3.1 Batterietechnologie als Schlüsselelement für reine Batterieelektrofahrzeuge 58

4.3.2 Ladeinfrastruktur 61

4.3.3 E-Mobilität als Bestandteil des elektrischen Energiesystems 63

4.4 Synthetische Treibstoffe **64**

4.4.1 Was sind synthetische Treibstoffe? 64

4.4.2 Wirtschaftlichkeit 65

4.5 Wasserstoff-Mobilität **66**

4.6 Ökologische Bewertung **67**

Anhang 69

A. Relevante Unternehmen der Schweizer Automobilindustrie 69

B. Referenzen 85

C. Herausgeber und Partner 87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtumsatz 13
Abbildung 2: Firmengrösse (lokal) 14
Abbildung 3: Firmengrösse (global) 14
Abbildung 4: Mitarbeiteranteil Schweiz 15
Abbildung 5: Mitarbeiteranteil Automobilbereich in der Schweiz 15
Abbildung 6: Produktkategorien 16
Abbildung 7: Kantonale Verteilung 17
Abbildung 8: Firmenalter 17
Abbildung 9: Ausgaben für F&E bezogen auf Gesamtumsatz 18
Abbildung 10: Beschäftigte in F&E 19
Abbildung 11: Entwicklungsstandorte 19
Abbildung 12: Geplante Veränderung nationaler und internationaler F&E Kapazitäten 20
Abbildung 13: Beschäftigte in Produktion 21
Abbildung 14: Produktionsstandorte 21
Abbildung 15: Geplante Veränderung von Produktionsstandorten 22
Abbildung 16: Automatisierungsgrad 23
Abbildung 17: Geplante Veränderung des Automatisierungsgrades 24
Abbildung 18: Wertschöpfungstiefe 25
Abbildung 19: Importvolumen 26
Abbildung 20: Beschaffungsmärkte 26
Abbildung 21: Exportvolumen 27
Abbildung 22: Umsatzanteile weltweit 28
Abbildung 23: Fahrzeugabsatzmärkte 28
Abbildung 24: Interaktion der Zulieferer mit den Kunden 29
Abbildung 25: Design- und Produktionsvorgaben 29
Abbildung 26: Kontakt zu Kunden bei verschiedenen Vorgaben 30
Abbildung 27: Abnehmer der Schweizer Zulieferindustrie 31
Abbildung 28: Kontakt zum Fahrzeughersteller 31
Abbildung 29: Wichtigste Produkte 33
Abbildung 30: Anteil Software und Elektronik 34
Abbildung 31: Anzahl Teile 34
Abbildung 32: Preis 35
Abbildung 33: Anzahl Varianten 35
Abbildung 34: Segmente 36
Abbildung 35: Antriebsarten 37
Abbildung 36: Anteil Dienstleistungen 38
Abbildung 37: Trends in der Zukunft und Veränderungen 40
Abbildung 38: Analyse des Trends "Neue Technologien" 40
Abbildung 39: Trendbewertung 41
Abbildung 40: Etablierung alternativer Antriebe und autonomes Fahren – Zeitraum 42
Abbildung 41: Etablierung alternativer Antriebe und autonomes Fahren – Grössenordnung 42
Abbildung 42: Neue Technologien und Geschäftsaussichten bei Beibehaltung des Status quo 43
Abbildung 43: Neue Technologien und damit verbundene Geschäftsaussichten bei Vorbereitung 45
Abbildung 44: Umsatzerwartungen in den nächsten 5 Jahren 46
Abbildung 45: Innovativität der letzten drei Jahre 47
Abbildung 46: Umsatzanteil innovative Produkte 47

Abbildung 47: Innovation und Produkte 48
Abbildung 48: Fokus von Entwicklungsprojekten 49
Abbildung 49: Strategische Unternehmensplanung 50
Abbildung 50: Vorbereitung auf zukünftige Trends 51
Abbildung 51: Technologische und sozioökonomische Entwicklung der CO2-Emissionen der neu inverkehrgesetzten Personenwagen von 1990 bis 2015 53
Abbildung 52: Technologische und sozioökonomische Entwicklung der CO2-Emissionen der neu inverkehrgesetzten Personenwagen von 1990 bis 2015 sowie Perspektive bis 2030 mit ausschliesslich benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeugen 54
Abbildung 53: Abgeregelte erneuerbare Elektrizität 56
Abbildung 54: Abgeregelte Windenergie in China 57
Abbildung 55: Hypothetisches Elektrizitätsprofil Schweiz 57
Abbildung 56: Jährlicher weltweiter Verkauf von leichten Nutzfahrzeugen 58
Abbildung 57: Technology Roadmap für Lithium-Ionen- und "Post-Lithium"-Technologien . 59
Abbildung 58: Lithium-Ionen-Zellenpreis, historisch und in Zukunft 60
Abbildung 59: Belastungsdaten einer Lithium-Ionen-Batterie in einem Fahrzeugeinsatz 60
Abbildung 60: Bestehendes EU-Schnellladenetz 62
Abbildung 61: Geplante jährliche Investitionen in die öffentliche EU-Ladeinfrastruktur 62
Abbildung 62: Verknüpfung von Verkehrs- und Energiesektor 64
Abbildung 63: "Total Cost of Ownership" eines Kompaktfahrzeugs 66
Abbildung 64: CO_2-Lebenszyklusemissionen 67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grösse der Schweizer Automobilbranche 2018 12
Tabelle 2: Grösse der Schweizer Automobilbranche – Vergleich mit 2013 13
Tabelle 3: Umsatz mit alternativen Antriebsarten 37
Tabelle 4: Verbrauchsminderungspotenziale verbrennungsmotorischer Fahrzeuge 54

Abkürzungsverzeichnis

BEV	Battery electric vehicle (Batterie-Elektrofahrzeug)
CNG vehicle	compressed Natural Gas vehicle (Erdgasfahrzeug)
FCEV	fuel cell electric vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
F&E	Forschung und Entwicklung
GW / GWh	Gigawatt / Gigawattstunde
kWh	Kilowattstunde
LIB	Lithium-ionen Batterie
LKW	Lastkraftwagen
OEM	Original Equipment Manufacturer (Fahrzeughersteller)
PtG	Power to Gas
TWh	Terawattstunde
TWh / a	Terawattstunde pro Jahr
Wh	Wattstunde

1 Einleitung

Die vorliegende Branchenanalyse "Automobilindustrie Schweiz 2018/19" knüpft an die Studien von 2008 und 2013 an und zeigt zum dritten Mal fundiert die Bedeutung, Vielfalt und Vernetzung dieser Industrie auf. Durch das Vorhandensein der Daten aus den beiden vorgängigen Studien wird es möglich, nicht nur eine Momentaufnahme der Branche zu präsentieren, sondern auch die Entwicklung der Branche über die Jahre hinweg aufzuzeigen. Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Branche stabil entwickelt hat und dass es den Firmen der Schweizer Automobilindustrie gut geht. Ein grosser Teil der Firmen plant sogar den Ausbau von Produktions- und Entwicklungskapazitäten. Dieser Ausbau ist im Aus-, vor allem aber im Inland vorgesehen. Die Branche bekennt sich damit klar zum Standort Schweiz.

Die Schweizer Automobilindustrie ist eine Exportindustrie, die Schweiz ein rohstoffarmes und kleines Land. Daher ist die Industrie unweigerlich mit Beschaffung und Absatz in das globale Wertschöpfungsnetz eingebettet. Die engste Beziehung besteht zu Deutschland, gefolgt von den Regionen Westeuropa und Osteuropa sowie China und den USA. Seit 2013 hat sich die internationale Orientierung verschoben. So wurde u. a. der Ausbau von Aktivitäten in Brasilien geplant. Jedoch war die Wirtschaftslage dort in den letzten Jahren schwierig und die Ausbaupläne wurden nicht umgesetzt. Hat man vor einigen Jahren noch ein grosses Wachstumspotenzial in den BRIC-Ländern gesehen, so ist davon derzeit nur China von grosser Bedeutung.

Darüber hinaus setzt sich die Internationalisierung fort. Schweizer Firmen der Automobilindustrie haben teilweise ihre Produktionsstandorte, vor allem aber ihre Entwicklungsstandorte im Ausland ausgebaut und planen, diesen Ausbau in der Zukunft fortzusetzen. Hierbei ist anzumerken, dass dieser Ausbau meist nicht auf Kosten, sondern in Ergänzung zu den Unternehmensaktivitäten am Standort Schweiz erfolgt. Um den Produktionsstandort Schweiz trotz der im internationalen Vergleich sehr hohen Löhne zu halten, erhöhen viele Firmen kontinuierlich die Automatisierung ihrer Fertigung.

Die Firmen der Branche bieten nach wie vor in erster Linie physische Produkte an. Dies sind vor allem Teile und Investitionsgüter, wobei sich die Anbieter dieser Produkte vermehrt auch in den Bereichen Software und Elektronik positionieren. Darüber hinaus bieten die Firmen vermehrt Dienstleistungen in Ergänzung zu ihren physischen Produkten an, wie z. B. kundenindividuelle Produktentwicklungen oder Beratungstätigkeiten.

In der vorliegenden Studie wird deutlich, dass derzeit der technologische Wandel die Branche am stärksten beschäftigt. Dieser ist u.a. gekennzeichnet von alternativen Antrieben, autonomem Fahren und der Digitalisierung. Für die Firmen der Schweizer Automobilindustrie steht hierbei die Elektro-Mobilität an erster Stelle. Das erstaunt nicht, denn über 40% aller Firmen sind unmittelbar von diesem Wandel betroffen. Sie liefern ihre Produkte in den Bereich Motor/Getriebe/Antriebsstrang. Noch generieren die meisten Firmen den Grossteil ihres Umsatzes traditionell, d. h. mit Fahrzeugen bzw. Produkten für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Sie erwarten jedoch eine kontinuierliche Zunahme des Anteils elektrisch betriebener Fahrzeuge auf dem Markt. Die Hälfte aller Firmen bewertet denn auch die Geschäftsaussichten kritisch für den Fall, dass sie ihr Geschäft unverändert fortsetzen und sich nicht auf den Wandel vorbereiten. Wiederum die Hälfte davon bewertet die Geschäftsaussichten auch dann als kritisch, wenn sie sich vorbereiten. D. h., diese Firmen sehen keine oder nur bedingt Möglichkeiten zur Neuausrichtung ihres Geschäftes auf die Elektro-Mobilität. Demgegenüber stehen über 40% aller Firmen, die in der Elektro-Mobilität Chancen für ihre Geschäftstätigkeit sehen unter der Voraussetzung, sich darauf entsprechend vorzubereiten und zu investieren. Interessant ist die Beobachtung, dass das autonome Fahren kaum das aktuelle Geschäft gefährdet.

Von über 35% aller Firmen wird jedoch eine Vorbereitung darauf mit positiven Auswirkungen auf das zukünftige Geschäft verbunden. Gesamthaft betrachtet stellen die neuen Technologien, wenn auch nicht uneingeschränkt, ein bedeutendes Zukunftspotenzial für Unternehmen der Schweizer Automobilindustrie dar.

Aktuell bewegt der Technologiewandel vom Verbrennungsmotor hin zu alternativen Antriebstechnologien die Branche am meisten. Daher widmet sich der Exkurs dieser Studie den alternativen Antriebstechnologien. Er betrachtet u. a. Batterieelektrofahrzeuge, synthetische Treibstoffe und die Wasserstoff-Mobilität mit ihren ökologischen und wirtschaftlichen Implikationen sowie das Zusammenspiel zwischen dem Verkehrs- und dem Energiesektor der Schweiz.

2 Studienziel, -design und Datenbasis

Wie schon in den Jahren 2008 und 2013 hat auch die dritte Ausgabe der Automobilstudie das Ziel, die aktuelle Situation, Trends, Herausforderungen und Chancen der Industrie darzustellen. Diese Bestandsaufnahme, verbunden mit den Resultaten der vorherigen Jahre, ermöglicht es, Einsichten über den Stand sowie über bisherige und zukünftige Entwicklungen der Branche zu gewinnen. Die Studie fokussiert dabei auf folgende zentrale Eigenschaften der Schweizer Automobil- und Automobilzulieferindustrie: Branchenstruktur, Wertschöpfung und Wertschöpfungskette, Produkte und Dienstleistungen, Zukunftstrends und die Innovationskraft der Branche.

Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Studie "Automobilindustrie Schweiz" sind alle Firmen, die in der Schweiz und Liechtenstein[1] tätig sind und mindestens eine der folgenden Voraussetzungen erfüllen:

- Herstellung von motorisierten *Fahrzeugen* für den Strassenverkehr. Dazu gehören Personen- ebenso wie Nutzfahrzeuge (z. B. Lastwagen oder Kommunalfahrzeuge), aber auch Busse oder Rennfahrzeuge.
- Herstellung von *Teilen* oder *Materialien*, welche in der Produktion von neuen Fahrzeugen Verwendung finden.
- Herstellung von *Maschinen* oder *Werkzeugen*, welche für die Produktion von Fahrzeugen oder Fahrzeugkomponenten verwendet werden.
- Erbringen von *Entwicklungs*- oder *Produktionsdienstleistungen* für Hersteller oder Lieferanten der Automobilindustrie.

Firmen, die in angrenzenden Feldern wie Handel, Finanzierung, Werkstätten oder Aftersales tätig sind, wurden nicht berücksichtigt. Des Weiteren werden im Rahmen der Studie alle von Firmen erbrachten Leistungen als *Produkt* bezeichnet. Dazu gehören komplette Fahrzeuge ebenso wie Teile, Materialien oder Dienstleistungen.

Die Grundgesamtheit der Studie, und damit der Automobilsektor der Schweiz in seiner Gesamtheit, wurde ermittelt durch die Überprüfung des Fortbestandes der in der letzten Studie von 2013 erfassten Firmen, das Eliminieren der Firmen, die ihre Geschäftstätigkeit generell bzw. ihre Geschäftstätigkeit im Automobilsektor (weltweit oder in der Schweiz) aufgegeben haben, und durch Ergänzung weiterer Firmen mittels intensiver Recherchen. Das Ergebnis umfasste 419 Firmen, darunter 47 Neugründungen seit 2013.

Darüber hinaus wurde in Zusammenarbeit mit Business Monitor (business-monitor.ch) ein neues Verfahren angewendet, um systematisch weitere, bislang nicht bekannte Firmen des Sektors zu identifizieren. Hierbei erfasste Business Monitor zunächst die Handelsregisterdaten aller aktiven, in der Schweiz registrierten Unternehmen in einer Datenbank. Für die erfassten 650‘000 Firmen wurden alle Websites, die mit den Firmen in Verbindung stehen, mithilfe eines Webcrawlers identifiziert und mittels NLP-Technik (Natural Language Processing) analysiert. Basierend darauf wurde für jedes Unternehmen ein mehrsprachiges semantisches Profil erstellt. Um nun die Unternehmen des Automobilsektors identifizieren zu können, wurden von den Autoren der Studie Business Monitor die oben genannte Liste mit 419 Firmen zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden Schlüsselwörter definiert und strukturiert auf-

[1] Dies entspricht dem sogenannten Frankenraum.

gelistet, die eine Zugehörigkeit zur Automobilindustrie indizieren. Mithilfe von Suchalgorithmen verknüpfte Business Monitor die semantischen Profile der Unternehmen der Datenbank mit den definierten Schlüsselwörtern und lieferte eine Liste mit 1‘185 Firmen, und damit neben den bekannten 419 Firmen weitere 766 Firmen, die potenziell der Automobilindustrie angehören. Die Liste beinhaltete neben Informationen wie Gründungsdatum, Rechtsform oder Firmengrösse auch Adresse, Website und eine kurze Beschreibung der Kerntätigkeit der Firma. Für das Zusammenstellen dieser Informationen nutzte Business Monitor Machine-Learning-Techniken. Durch die Autoren der Studie erfolgte im nächsten Schritt eine sorgfältige Überprüfung jeder einzelnen Firma auf ihre tatsächliche Zugehörigkeit zur Automobilindustrie. Während viele der 766 Firmen keine der oben genannten Voraussetzungen erfüllte, konnte für 155 Firmen die Zugehörigkeit bestätigt werden. In der Gesamtheit konnten insgesamt 574 Firmen als Schweizer Automobilfirmen identifiziert werden. Eine Auflistung aller Firmen findet sich im Anhang.

Um Aussagen über den Automobilsektor in der Schweiz treffen zu können, wurden unterschiedliche Quellen genutzt. Einerseits wurden alle Firmen angefragt, einen umfassenden Fragebogen auszufüllen. 157 haben diesen beantwortet. Weitere 146 Firmen haben einen gekürzten Fragebogen beantwortet. Gesamthaft haben damit 303 Firmen mit ihren Angaben zur Studie beigetragen. Darüber hinaus wurden in umfassender Weise öffentlich verfügbare Sekundärdaten genutzt. Und schliesslich wurden im Rahmen von zwei Masterarbeiten vertiefende Interviews mit 16 ausgewählten Firmen geführt.

3 Die Automobilindustrie der Schweiz

3.1 Die Branche im Überblick

Das vorliegende Kapitel gibt einen Überblick über Grösse und Struktur der Schweizer Automobilindustrie. Hier wie auch in den nachfolgenden Kapiteln werden die Daten von 2018 vereinzelt mit denjenigen von 2008 und 2013 verglichen und zeigen so die Entwicklung über die letzten zehn Jahre auf.

3.1.1 Grösse der Schweizer Automobilindustrie

Nachfolgend wird die volkswirtschaftliche Bedeutung der Branche aufgezeigt. Dafür wurden Umsatzvolumina und Mitarbeiterzahlen aller Unternehmen aggregiert. Die als relevant identifizierten 574 Firmen der Schweizer Automobilindustrie erwirtschafteten mit in der Schweiz erbrachten Leistungen einen jährlichen Umsatz von 12.3 Mrd[2]. CHF. 34'000 Beschäftigte werden dazu in der Schweiz eingesetzt. Das im Vergleich zu 2013 grössere Umsatzvolumen resultiert daraus, dass 259 Firmen mehr der Industrie angehören, als bisher bekannt war. Die Grösse der Branche wurde wiederum basierend auf den Angaben der befragten Unternehmen ermittelt, ergänzt durch Sekundärdaten wie z. B. Geschäftsberichte, Unternehmensdatenbanken, Zeitungsberichte, Firmenwebseiten etc. Diese Datenbasis diente als Grundlage zur Berechnung der Umsatzerlöse und der Beschäftigten für die gesamte Industrie.

Relevante Unternehmen	**574**
Umsatzvolumen	**12.3 Mrd. CHF**
Beschäftigte	**34'000**

Tabelle 1: Grösse der Schweizer Automobilbranche 2018

Die Anzahl Unternehmen, für die in der aktuellen Studie explizite Umsatz- und Mitarbeiterzahlen vorliegen, ist mit 313 Firmen nahezu identisch mit der Gesamtzahl der erfassten Firmen im Jahr 2013. Vergleicht man jeweils die Umsatzvolumina und die Beschäftigtenzahlen, so lässt sich eine ausserordentlich hohe Übereinstimmung feststellen (Tabelle 2), was auf eine hohe Stabilität der Branche hinweist.

[2] Hierfür liegt, wie bereits bei unseren Studien von 2008 und 2013, dem Wert des Umsatzvolumens folgendes Verständnis zugrunde: Er generiert sich aus der Bruttowertschöpfung aller in der Schweiz ansässigen Unternehmen (mit Hauptsitz im In- und Ausland), die z. B. als Teilezulieferfirmen oder als Produktionsmittelhersteller in der Automobilindustrie tätig sind. Entscheidend für das Verständnis des ermittelten Wertes ist also das Prinzip "Made in Switzerland" und nicht "Made by Swiss companies". Eine im Ausland generierte Wertschöpfung eines Schweizer Unternehmens fliesst entsprechend nicht in die Berechnung ein. Folgendes Beispiel sei zur Verdeutlichung angeführt: Es interessiert hier weniger, wie viel Umsatz Autoneum mit den weltweit hergestellten Automotive-Produkten erwirtschaftet, als vielmehr, wie viel Umsatz Autoneum auf dem weltweiten Markt mit den in der Schweiz erbrachten Leistungen (d. h. hergestellten Automotive-Produkten) generiert. Analog umfassen die Beschäftigtenzahlen alle Mitarbeiter, die am Standort Schweiz Leistungen für die Automobilindustrie im oben aufgezeigten Verständnis erbringen.

	2013 (Gesamt)	**2018** (Unternehmen, für die konkrete Umsatz- und Mitarbeiterzahlen vorliegen)
Relevante Unternehmen	315	313
Umsatzvolumen	9 Mrd. CHF	9.3 Mrd. CHF
Beschäftigte	24'000	24'300

Tabelle 2: Grösse der Schweizer Automobilbranche – Vergleich mit 2013

3.1.2 Umsatz und Beschäftigungsstruktur

Die Betrachtung von Umsatz und Firmengrösse verdeutlicht den mittelständischen Charakter der Branche. 80% aller Firmen erwirtschaften am Standort Schweiz einen Umsatz von bis zu 50 Mio. CHF. Im Vergleich zu 2008 lässt sich feststellen, dass der Anteil der Firmen mit 16 Mio. CHF Umsatz und mehr abgenommen hat zugunsten des Anteils an Firmen mit 15 Mio. CHF und weniger.

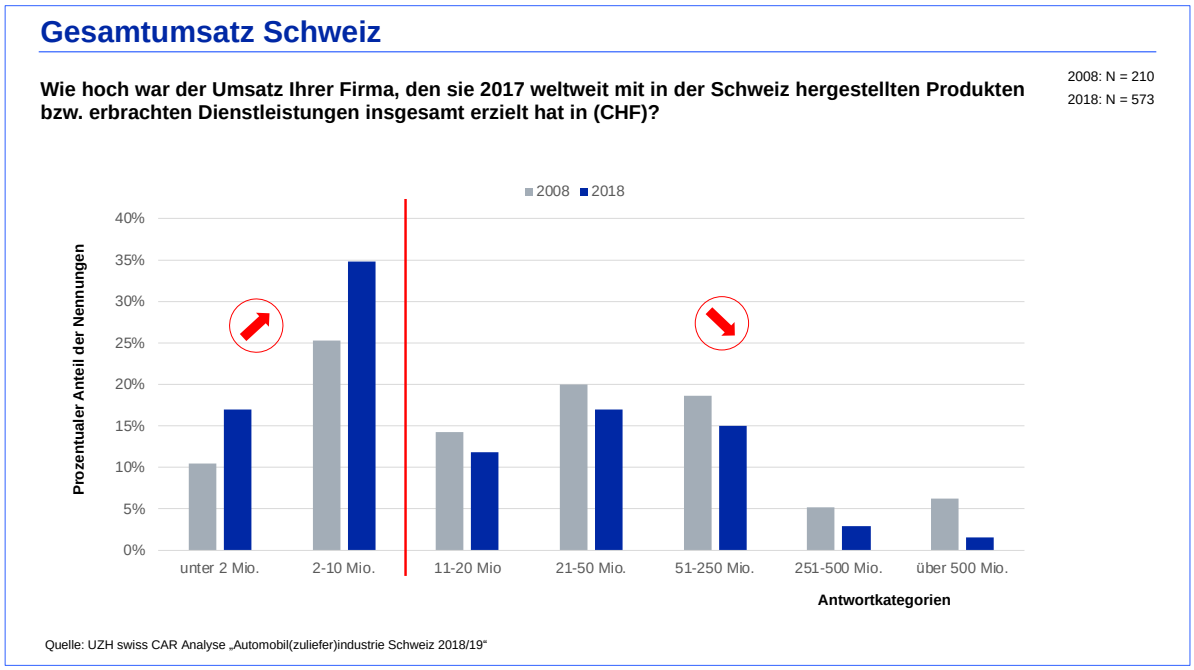


Abbildung 1: Gesamtumsatz

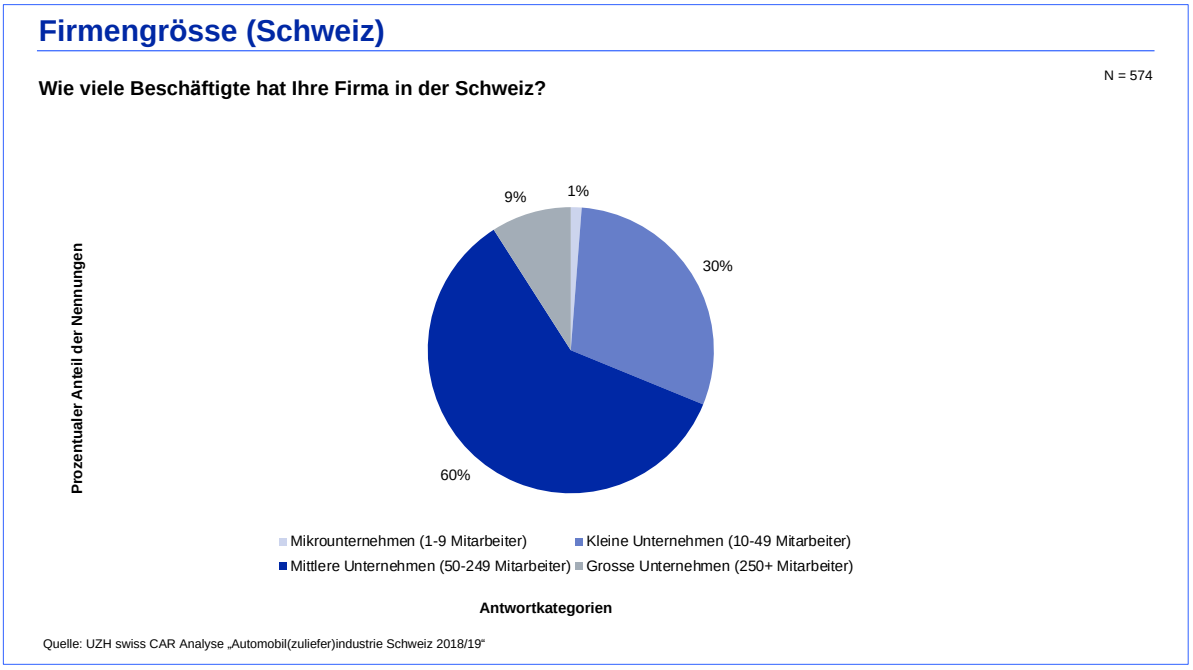


Abbildung 2: Firmengrösse (lokal)

Wie in Abbildung 2 ersichtlich wird, ist mit 90% die vorherrschende Grösse der Firmen am Standort Schweiz den Klein- und mittelständischen Unternehmen zuzuordnen. Dies spiegelt sich auch in der folgenden Grafik (Abbildung 3). Darin wird deutlich, dass die Mehrheit der Firmen nicht nur am Standort Schweiz, sondern generell klein (fast die Hälfte aller Firmen) oder von mittlerer Grösse (30% aller Firmen) sind. Dennoch gibt es auch fast 20% grosse Firmen mit mehr als 1'000 Mitarbeitern. In erster Linie sind dies Firmen, die einen grossen Teil ihrer Mitarbeiter ausserhalb der Schweiz beschäftigen.

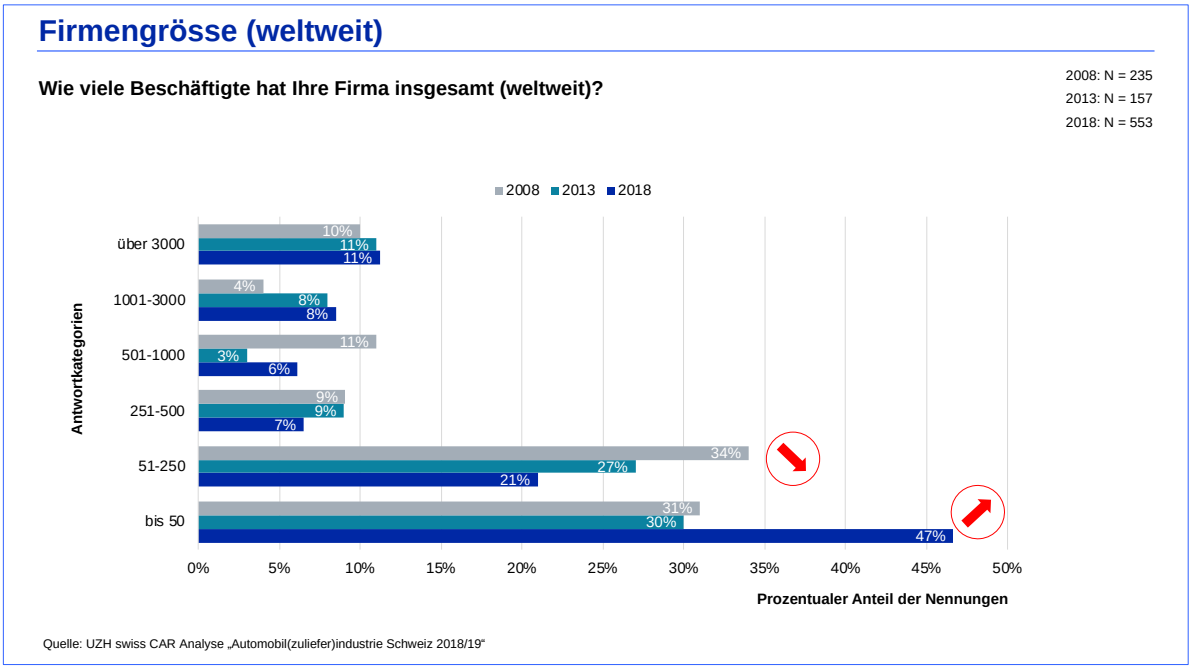


Abbildung 3: Firmengrösse (global)

Hinsichtlich der internationalen Ausrichtung lässt sich feststellen, dass mit 59% die Firmen überwiegen, die ausschliesslich in der Schweiz aktiv sind.

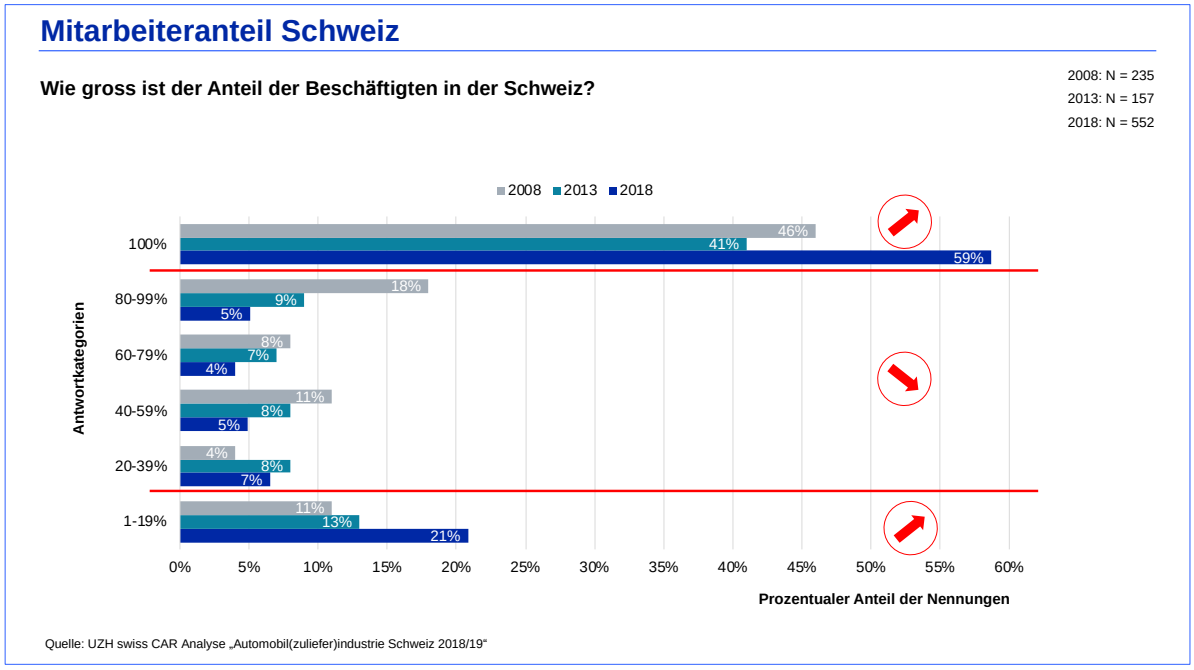


Abbildung 4: Mitarbeiteranteil Schweiz

Betrachtet man die industrielle Ausrichtung der Firmen, so fokussieren sich inzwischen fast 40% der Firmen ganz auf das Automobilgeschäft (Abbildung 5). Im Vergleich zu den vergangenen Jahren ist dieser Anteil deutlich gestiegen. Dennoch ist die Mehrheit der Firmen diversifiziert und erbringt damit auch Leistungen für andere Industriezweige, d. h., diese Firmen sind mit ihren Produkten oder Dienstleistungen auch in anderen Industrien aktiv. Ein Viertel aller Firmen ist mit weniger als 20% im Bereich Automobil tätig. Trotz des geringen Anteils legen diese Firmen hohen Wert auf dieses für sie eher kleine Segment. Sie nutzen die hohen Anforderungen der Automobilindustrie hinsichtlich Effizienz und auch Produktentwicklung, um ihre Kompetenzen auch in den Unternehmensbereichen zu stärken, die für andere Industrien arbeiten.

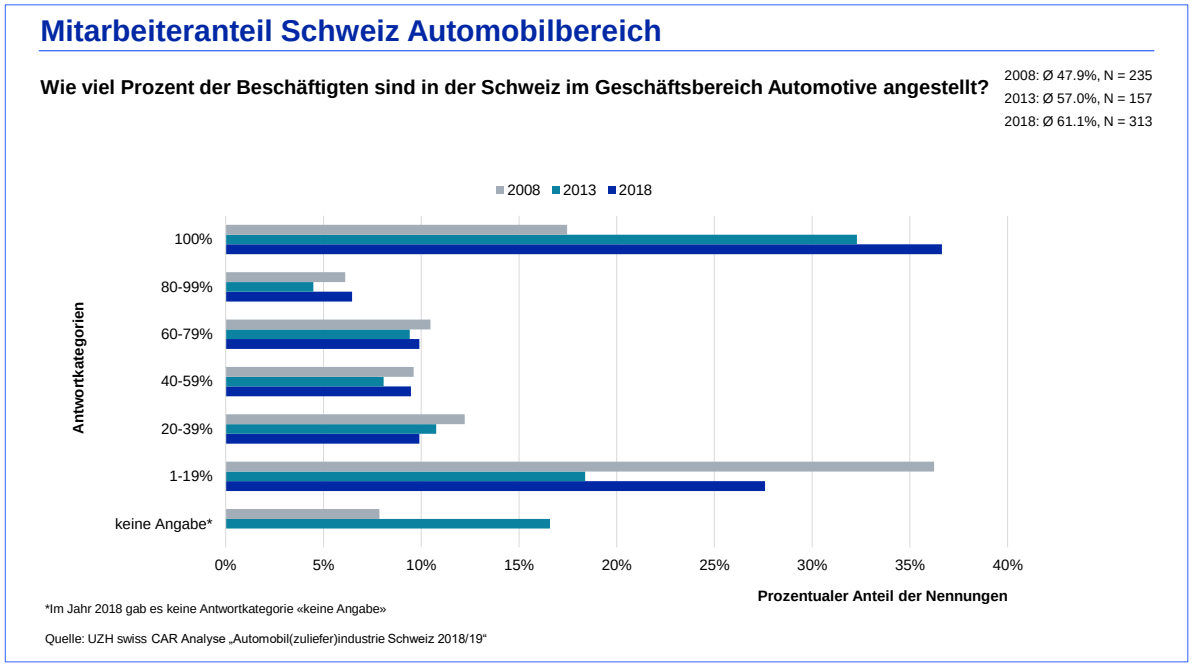


Abbildung 5: Mitarbeiteranteil Automobilbereich in der Schweiz

Bei der Betrachtung der angebotenen Produkte aller als zur Automobilindustrie zugehörig identifizierten Firmen erkennt man in Abbildung 6, dass Schweizer Firmen in erster Linie Teile oder Komponenten herstellen. Diesen folgt die Gruppe, welche Investitionsgüter herstellt. Darunter fallen Anlagen, Maschinen, aber auch Werkzeuge oder Messgeräte, die bei der Produktion von Teilen oder Fahrzeugen zum Einsatz kommen.

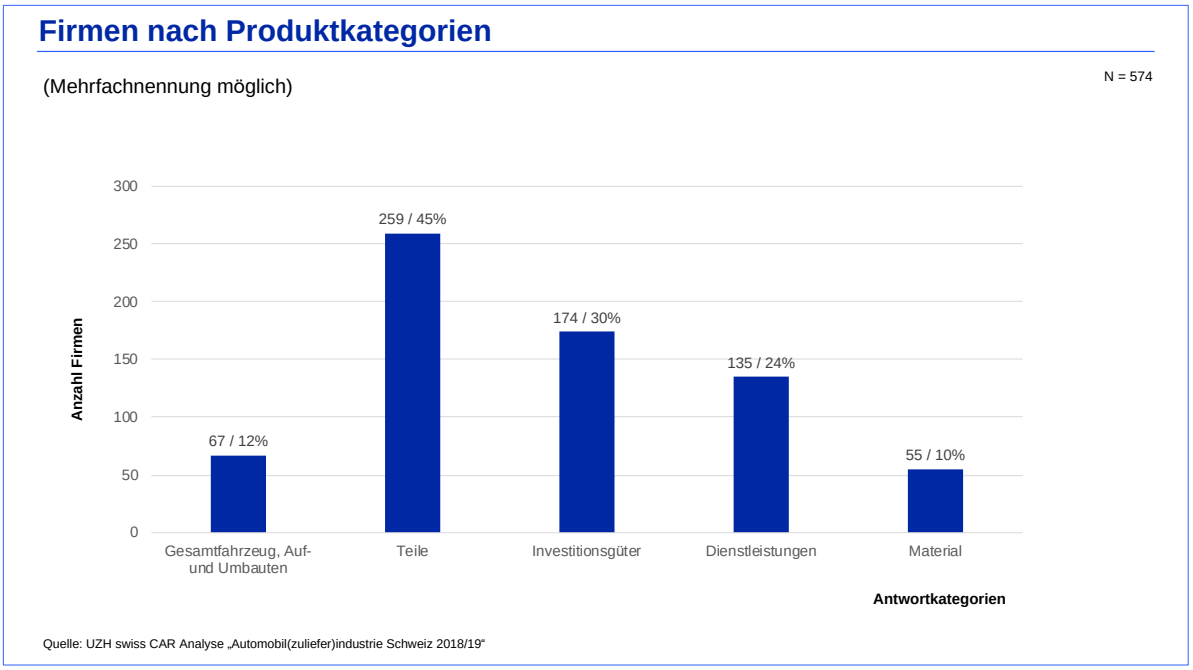


Abbildung 6: Produktkategorien

Über 130 Firmen erbringen Entwicklungs-, aber auch Produktionsdienstleistungen, wobei erstere die Mehrheit bilden. Häufig bieten Firmen diese Dienstleistungen in Ergänzung zu ihren physischen Produkten an. Sie stellen z. B. in erster Linie Teile oder Materialien her und bieten in diesem Zusammenhang auch Dienstleistungen an. Zur Gruppe der Materialhersteller gehören Firmen wie die EMS Chemie oder die Sika, welche Kunststoffgranulate bzw. Klebstoffe für den Einsatz im Fahrzeugbau herstellen. Andere Firmen liefern Lacke oder Öle. Schliesslich sind mit 67 Firmen in der Schweiz auch Firmen angesiedelt, die im Gesamtfahrzeug tätig sind oder auch Auf- und Umbauten an Fahrzeugen vornehmen. Sie sind oft im Nutzfahrzeugbereich tätig. Auf die Produkte der Schweizer Automobilindustrie wird im Kapitel 3.4 Produkte und Dienstleistungen noch näher eingegangen.

3.1.3 Unternehmensstandorte (national) und Unternehmensalter

Geografisch lässt sich die schweizerische Automobilbranche hauptsächlich auf der Alpennordseite lokalisieren. Die Konzentration auf die Nordseite lässt sich einerseits durch die höhere Bevölkerungsdichte oberhalb der Alpen erklären. Andererseits erkennt man daran die starke Orientierung der Firmen zu den Nachbarländern, insbesondere zu Deutschland.

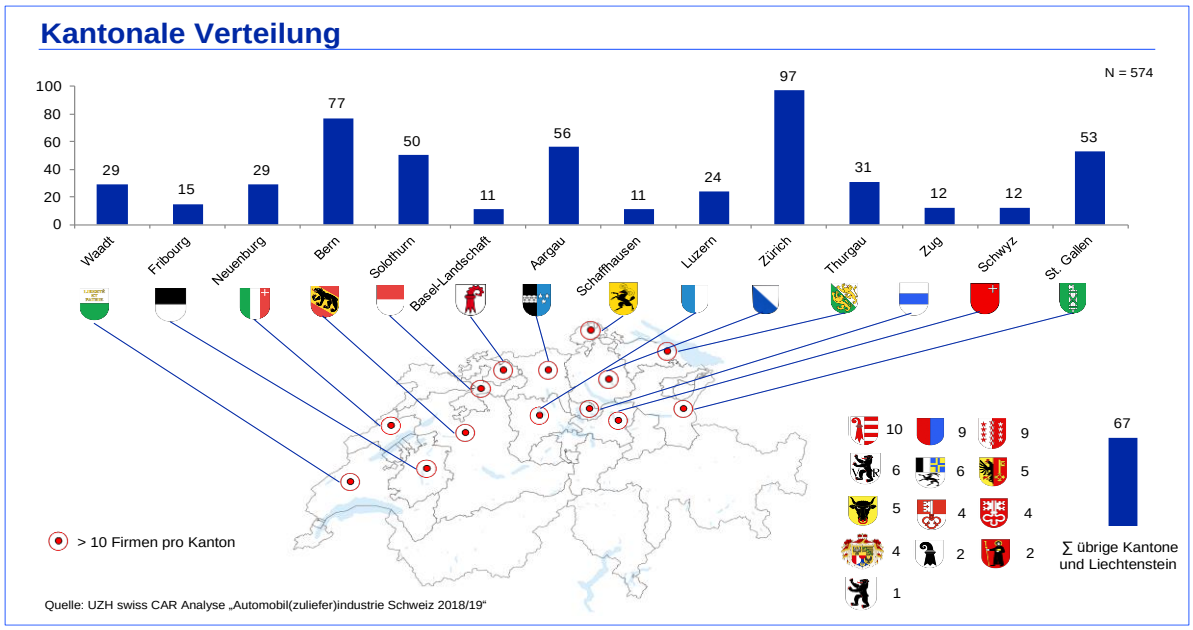


Abbildung 7: Kantonale Verteilung

Mehr als die Hälfte der Firmen ist zwischen 10 und 50 Jahre alt (Abbildung 8). Knapp 20% aller Firmen aus der Schweizer Automobilindustrie können als Traditionsfirmen bezeichnet werden und waren zu dem Zeitpunkt der Befragung über 50 Jahre alt. Weitere rund 20% sind junge Firmen mit einer aktiven Geschäftstätigkeit von weniger als 10 Jahren.

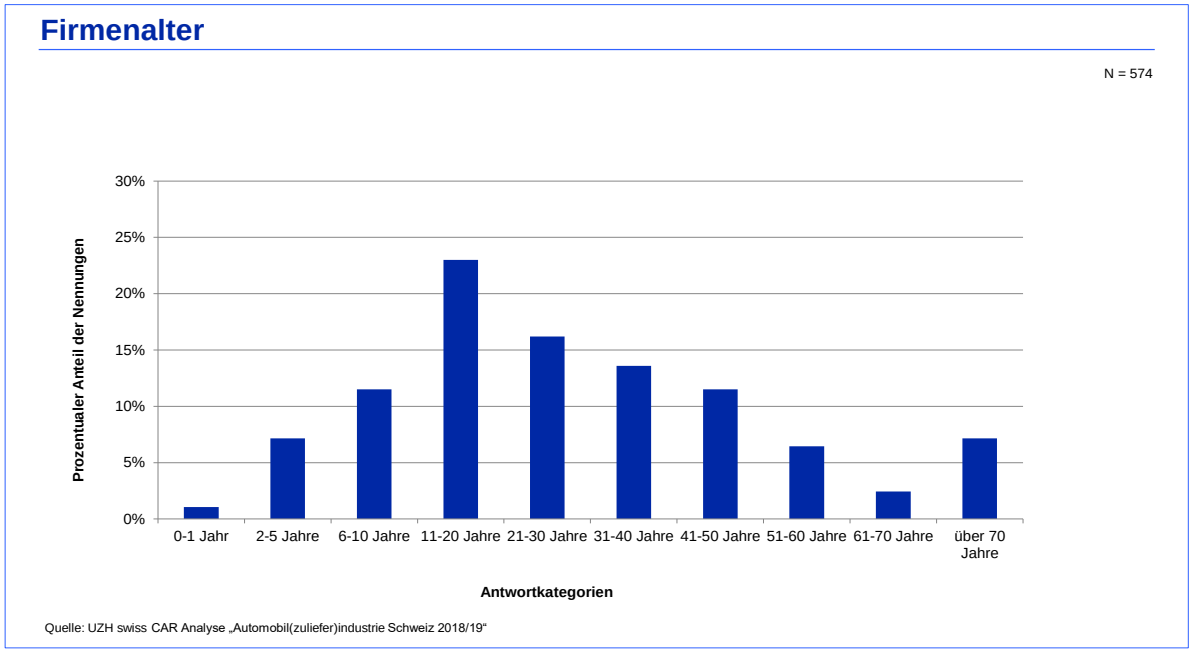


Abbildung 8: Firmenalter

3.2 Wertschöpfung

Das nachfolgende Kapitel gibt Aufschluss über Forschungs-, Entwicklungs- und Fertigungsaktivitäten ebenso wie über die Wertschöpfungstiefe. Unternehmen am Standort Schweiz agieren in einem Hochlohnland. Um ihre Position auf dem Weltmarkt behaupten zu können, ist eine kontinuierliche Investition in die Entwicklung neuer und innovativer Produkte ebenso

wie in Produktionsprozesse notwendig. Letztere sind von besonderer Bedeutung. Schliesslich wird in der Schweiz viel produziert, darunter zu einem Vielfachen auch grosse Volumina von Teilen mit geringer Komplexität (siehe Abbildung 31). Der Produktionsstandort Schweiz lässt sich dabei nur halten, wenn der Wettbewerbsvorteil, nämlich die ausserordentlichen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsstandards im Produktionsbereich, gehalten und ausgebaut werden können. Daher spielt nicht nur die Produktinnovation, sondern insbesondere auch die Innovation von Produktionstechnologien und -prozessen eine wesentliche Rolle. Insgesamt gilt es, Forschung, Entwicklung und Produktion aufeinander abzustimmen und bei der Wahl der Investitionen und der Standorte die optimale Strategie zu wählen. Betrachtet man die nachfolgenden Daten zur Standortentwicklung in der Zusammenschau, so lässt sich ein klares Bekenntnis zum Produktions-, aber auch Entwicklungsstandort Schweiz erkennen, verbunden mit einer zunehmenden Internationalisierung. Letzteres steht im Einklang mit den Aussagen der Schweizer Unternehmen aus den Jahren 2008 und 2013, wonach jeweils weit mehr als die Hälfte aller Firmen den Ausbau der globalen Präsenz des jeweiligen Unternehmens als notwendig erachteten.

3.2.1 Forschung und Entwicklung

Im Durchschnitt wenden die befragten Firmen 6.3% des Umsatzes für Forschung und Entwicklung auf. Damit haben sie wieder das Niveau von 2008 erreicht, das im Jahr 2013 auf 4.7% gesunken war (Abbildung 9). Damit liegen Firmen der Automobilzulieferindustrie zwar knapp unter dem Schweizer Gesamtdurchschnitt von 6.6% (EY, 2018), jedoch ist zu berücksichtigen, dass die Schweiz zahlreiche Industrien hat (z. B. Pharma), welche sehr forschungsintensiv sind und daher die F&E-Quote des Landes anheben. In der Regel beträgt der durchschnittliche Anteil Ausgaben für Forschung und Entwicklung für Firmen aus der Automobilindustrie rund 4% (EY, 2018). Im Vergleich dazu hat ein Grossteil der befragten Firmen aus der Schweiz einen höheren Anteil. Bemerkenswert für den Standort Schweiz ist auch die Zunahme der Firmen mit einem F&E-Anteil am Umsatz von über 10%.

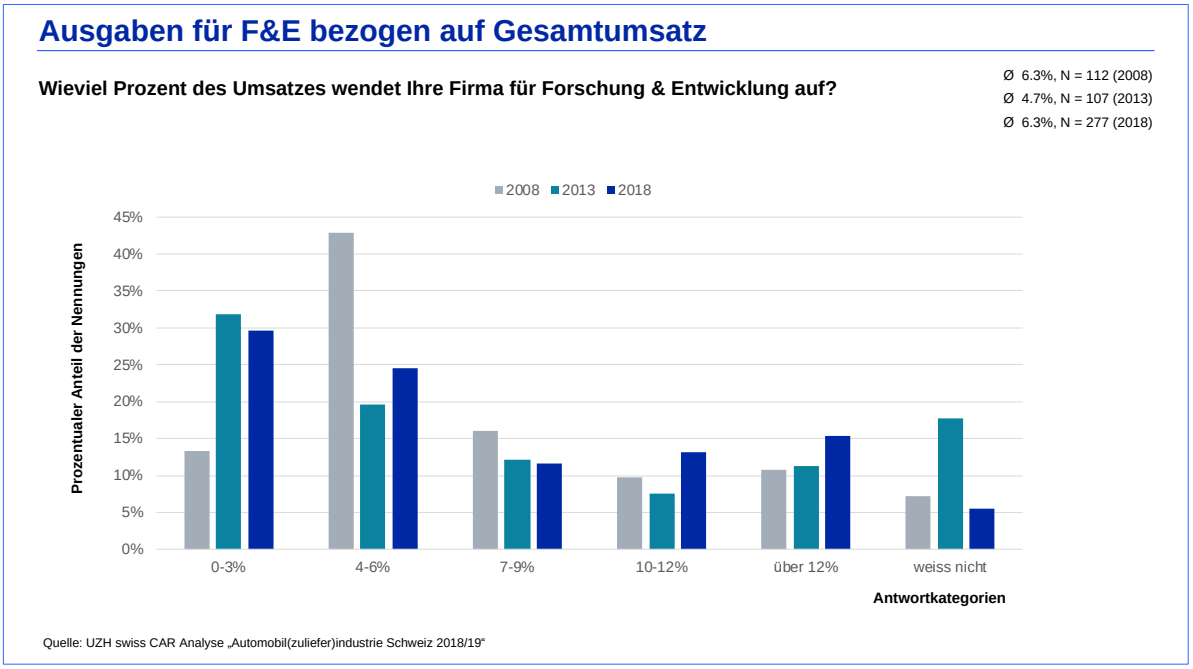


Abbildung 9: Ausgaben für F&E bezogen auf Gesamtumsatz

In der Forschung und Entwicklung sind bei über der Hälfte aller Firmen unter 10% aller Mitarbeiter beschäftigt. Nur rund jede 20ste Firma kann als F&E-Dienstleistungsunternehmen bezeichnet werden, mit einem Anteil der Angestellten und Forschung und Entwicklung von über 80%.

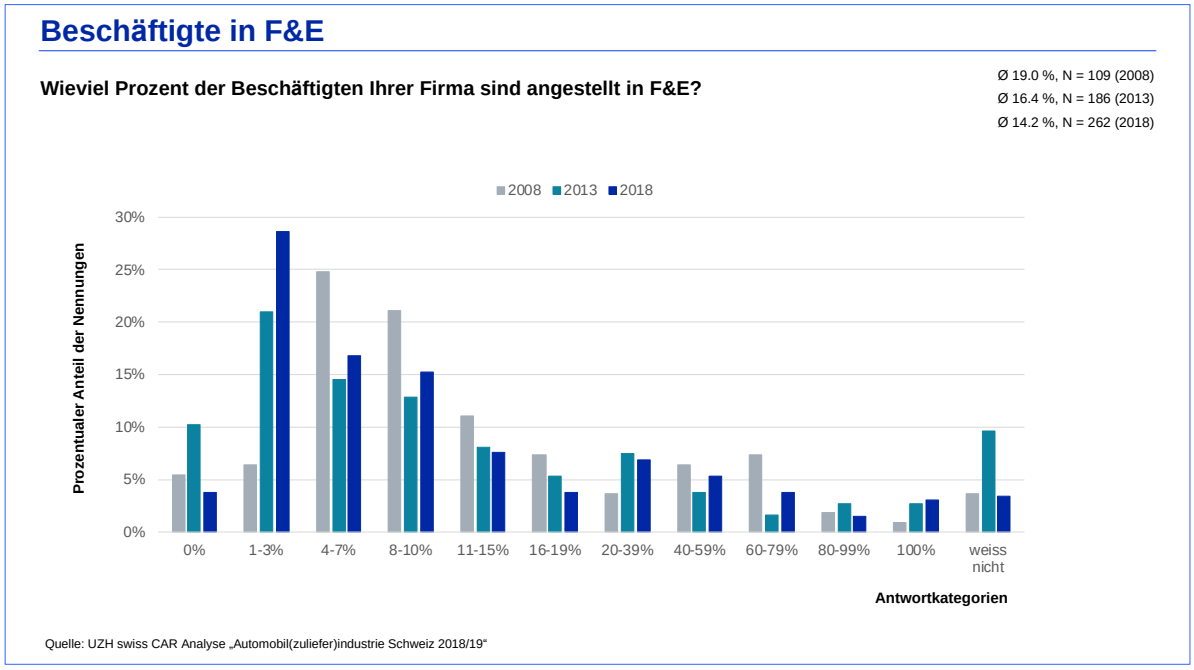


Abbildung 10: Beschäftigte in F&E

Das Bild der F&E-Standorte zeigt eine positive Dynamik (Abbildung 11). Es lässt sich in nahezu allen Regionen ein Ausbau von Entwicklungsstandorten erkennen. Interessant ist, dass dieser Ausbau seit 2008 kontinuierlich erfolgt. Die Nachwirkungen der Krise schlagen sich in diesem Bild nicht nieder. Des Weiteren zeigt der Ausbau der Entwicklungsstandorte eine zunehmende und anhaltende Internationalisierung der Entwicklungsaktivitäten, und zwar nicht auf Kosten, sondern in Ergänzung zu den F&E-Aktivitäten am Standort Schweiz.

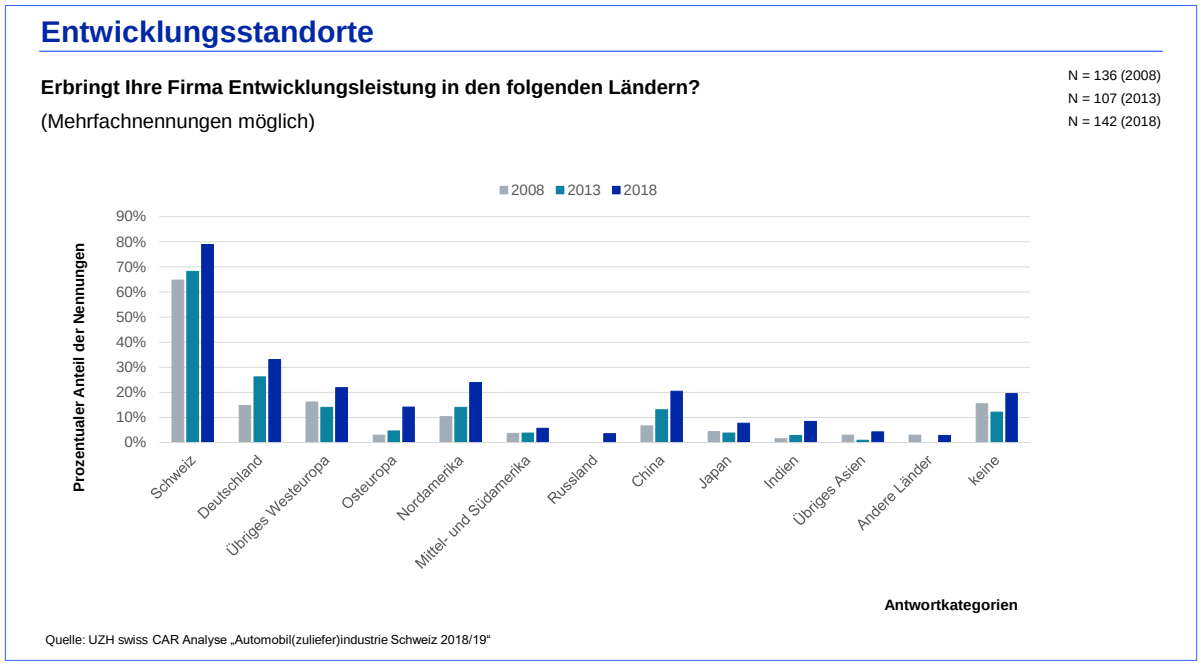


Abbildung 11: Entwicklungsstandorte

Und der Blick in die Zukunft zeigt eine Fortsetzung dieses Trends. So ist die Schweiz der favorisierte Standort für einen Ausbau von Forschung und Entwicklung (Abbildung 12). Als Beispiel kann hier die Bühler AG genannt werden. Sie investiert derzeit über 50 Mio. in den Bau eines Innovations-Campus in Uzwil (SG) (Tagblatt, 2017).

Mit 3% ist der Anteil an Firmen, die eine Reduktion von F&E am Standort Schweiz planen, sehr tief. Diese Firmen planen alle, bis auf eine Ausnahme, gleichzeitig den Ausbau von F&E in Europa und Asien. Hingegen planen knapp 50% der Firmen einen Ausbau der Forschungs- und Entwicklungsleistungen am Standort Schweiz. Förderlich für den F&E-Zuwachs am Standort Schweiz sind sicherlich u. a. die gute Ausbildung der Mitarbeiter, ein stabiles regulatorisches Umfeld und hohe Qualitätsstandards im Land. Diese wurden auch im Rahmen der Studie von 2013 als zentrale Standortvorteile der Schweiz genannt. Exemplarisch für ein solches forschungsintensives Unternehmen kann das Start-up WayRay genannt werden. Als zentrale Gründe für den Standort in der Schweiz nennt CEO Vitaly Ponomarev Rechtssicherheit und stabile politische Verhältnisse und betont die Bedeutung eines sicheren Ortes (z. B. im Hinblick auf Intellectual Property Rights) für die Weiterentwicklung neuer Technologien (Bürgi, 2017).

Beim geplanten Ausbau von Entwicklungskapazitäten in anderen Ländern wird China, gefolgt von Deutschland, favorisiert. Im Vergleich dazu sind Osteuropa und die USA (beide mit rund 10%) deutlich weniger relevant für den Ausbau von Forschung- und Entwicklungsleistungen und im Gegenzug eher relevant für den zukünftigen Ausbau von Produktionsstandorten (siehe Abbildung 14). Über alle Länder gesehen, lässt sich nur sehr marginal eine geplante Reduktion von F&E-Kapazitäten erkennen.

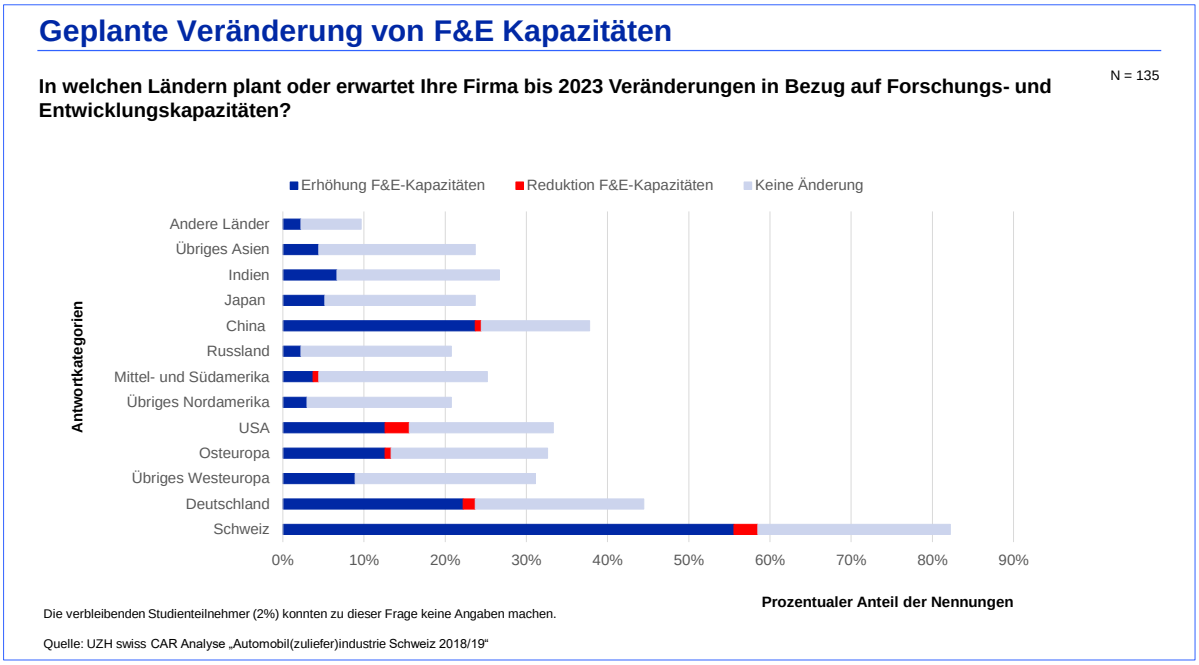


Abbildung 12: Geplante Veränderung nationaler und internationaler F&E Kapazitäten

3.2.2 Produktion

Die Betrachtung der Beschäftigung in der Produktion zeigt, dass sich die Antwortkategorie mit den meisten Nennungen zum Anteil der Beschäftigten in der Produktion von sehr hohen Anteilen (>80%) kontinuierlich hin zu kleineren Anteilen verschiebt (Abbildung 13). So verschob sich der grösste Anteil der Nennungen von 2008 aus der Kategorie 80–99% zur Kategorie

60–79% im Jahr 2013 hin zur Kategorie 40–59% im Jahr 2018. Zwar kann nicht konkret beantwortet werden, in welchen anderen Unternehmensbereichen (wie z. B. Marketing oder Administration) die Beschäftigung zunimmt. Auch konnte in gleichem Masse keine Zunahme in der F&E verzeichnet werden. Allerdings kann aufgrund des zunehmenden Dienstleistungsangebotes von Produktionsfirmen (siehe Abbildung 36) angenommen werden, dass diese Unternehmen vermehrt Mitarbeiter im Dienstleistungsbereich beschäftigen.

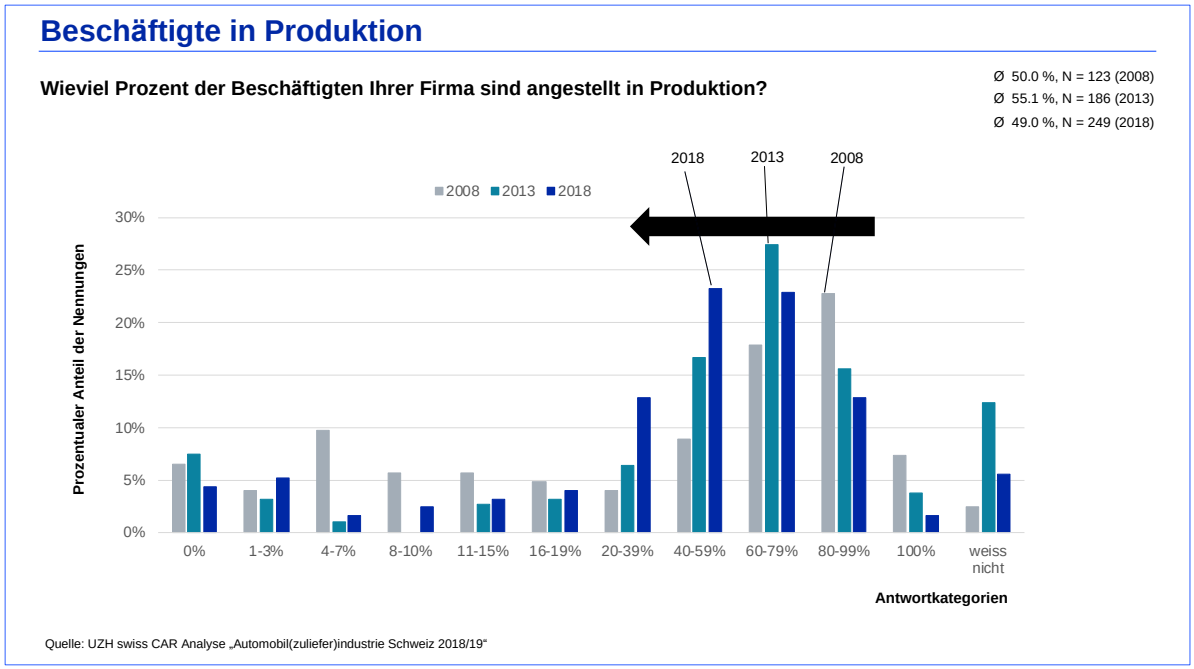


Abbildung 13: Beschäftigte in Produktion

In Bezug auf Produktionsstandorte hat man sich vermehrt auf die Schweiz, Osteuropa und Nordamerika ausgerichtet. Den stärksten Rückgang als Produktionsstandort verzeichnet Westeuropa. In Deutschland und China haben rund ein Viertel der befragten Firmen Produktionsstandorte.

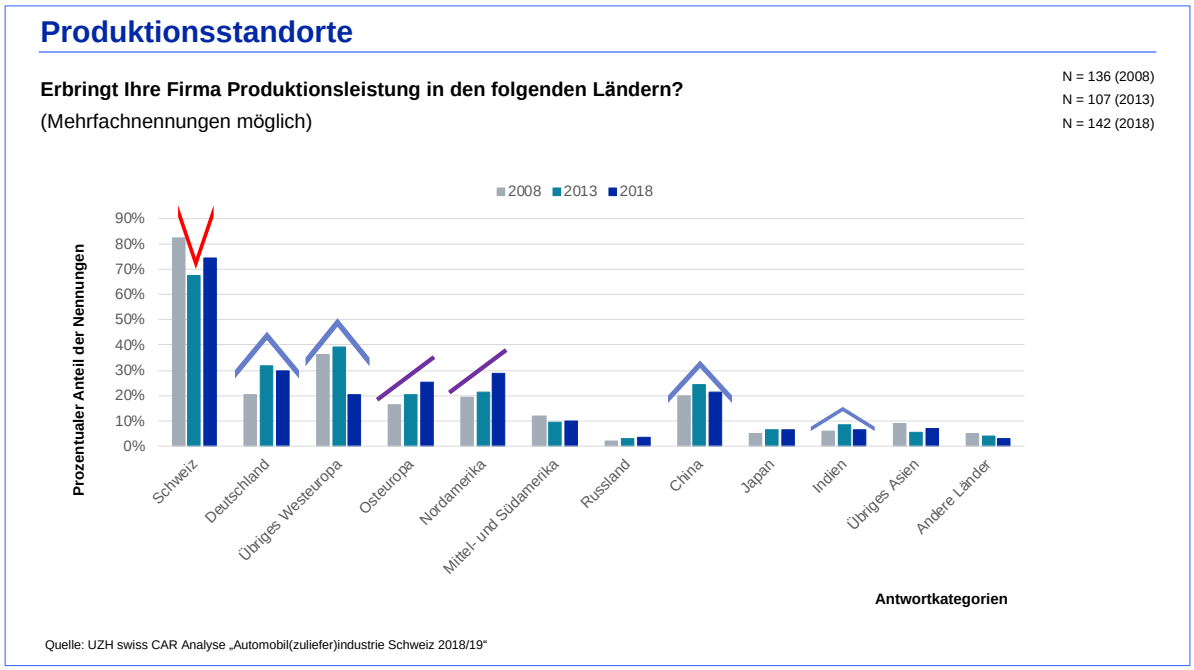


Abbildung 14: Produktionsstandorte

Bei Betrachtung der geplanten Produktionskapazitäten zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Forschungs- und Entwicklungskapazitäten. Über 40% der befragten Firmen planen in den nächsten fünf Jahren einen Ausbau der Produktion in der Schweiz (Abbildung 15). So plant z. B. die Reishauer AG für 2019 den Ausbau des Produktionsstandortes Wallisellen (Geissler, 2018). Ein Ausbau lässt sich auch bei der KOMAX AG beobachten. Das Unternehmen stellt Kabelverarbeitungsmaschinen her. Die Nachfrage nach diesen ist gross, da die automatisierte Kabelproduktion weiterhin günstiger ist, als die von Hand. Das Unternehmen stösst mittlerweile an seine Kapazitätsgrenzen. In den kommenden Jahren rechnet man mit 2-3% Volumenzuwachs. Als Reaktion darauf wurden CHF 100 Mio. für Neu- und Ausbauten (in der Schweiz) budgetiert, um den neuen Herausforderungen standzuhalten (Handelszeitung, 2018; Rontaler.ch, 2018).

Der hohe Anteil an Firmen, welche nach wie vor am Standort Schweiz produzieren (Abbildung 14), zusammen mit dem hohen Anteil an Firmen, die einen Ausbau der Produktion in der Schweiz planen, signalisieren ein starkes Bekenntnis zum Produktionsstandort Schweiz. Von den knapp 10% Firmen, welche eine Reduktion der Produktionskapazität in der Schweiz planen, streben gleichzeitig alle Firmen dieser Gruppe eine Produktionserhöhung in Deutschland, Osteuropa oder Westeuropa an. Dies lässt die Vermutung zu, dass der Abbau der Schweizer Produktionsstandorte infolge von Auslagerungen in Länder mit tieferen Lohnkosten erfolgt. Insgesamt plant jeweils rund ein Viertel aller Firmen einen Ausbau der Produktion in Deutschland, Osteuropa und China. Wobei von den Firmen der grösste Ausbau der Produktion in China angestrebt wird, während keines der Unternehmen in China eine Reduktion der Produktionskapazitäten plant. Auch in allen anderen Ländern planen Firmen den Ausbau der Kapazität und nur sehr wenige eine Reduktion der Produktion. Insgesamt skizziert dies ein sehr positives Zukunftsbild der Schweizer Produktionsunternehmen der Branche. Zusammenfassend deutet der beträchtliche Anteil an Firmen, welche keine Änderung der Produktionskapazitäten planen, in Verbindung mit dem relativ hohen Anteil an Firmen, die eine Erhöhung der Produktionskapazitäten in der Schweiz planen, auf die Attraktivität und Stabilität des Werkplatzes Schweiz hin.

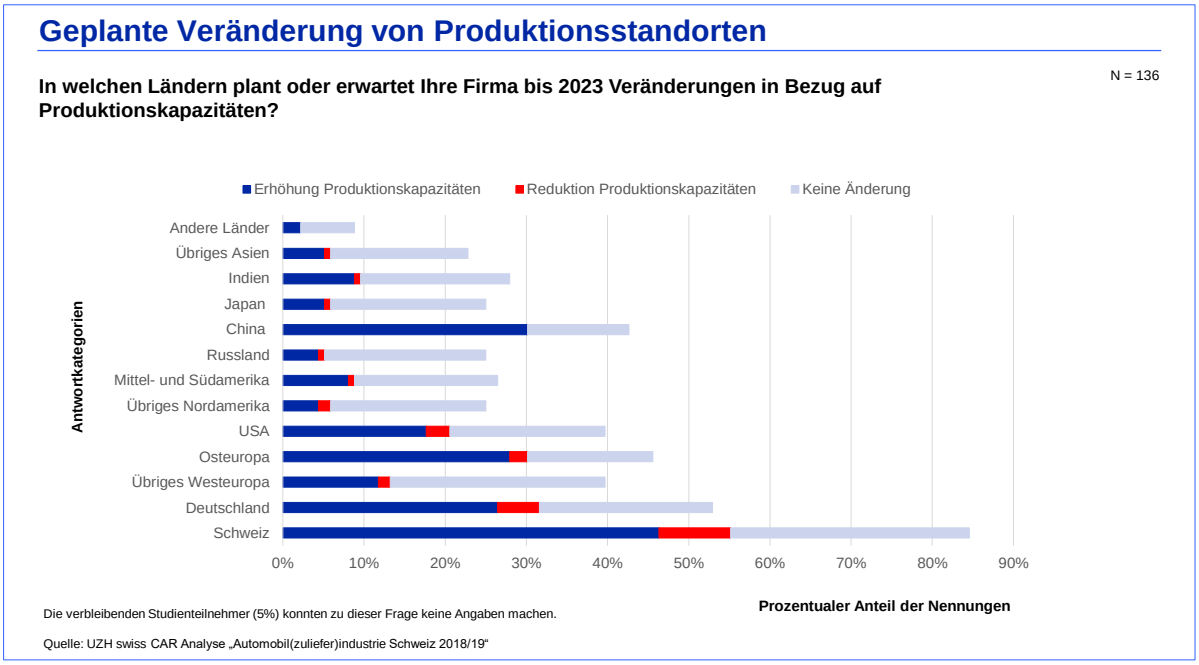


Abbildung 15: Geplante Veränderung von Produktionsstandorten

Als Hochlohnland stehen die Schweizer Firmen der Automobilindustrie unter einem permanenten Kostendruck. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, besteht die Möglichkeit, Teile der Produktion, insbesondere arbeitsintensive Schritte, ins kostengünstigere Ausland zu verlagern. Allerdings lässt sich ein klares Bekenntnis zum Produktionsstandort Schweiz feststellen (siehe vorherige Abschnitte). Dies ist oft verbunden mit einer Erhöhung des Automatisierungsgrades. Wie aus Abbildung 16 ersichtlich ist, hat die Mehrzahl der befragten Firmen einen relativ geringen Automatisierungsgrad von unter 50%, d. h., die Mehrheit der Fertigungsschritte wird manuell durchgeführt.

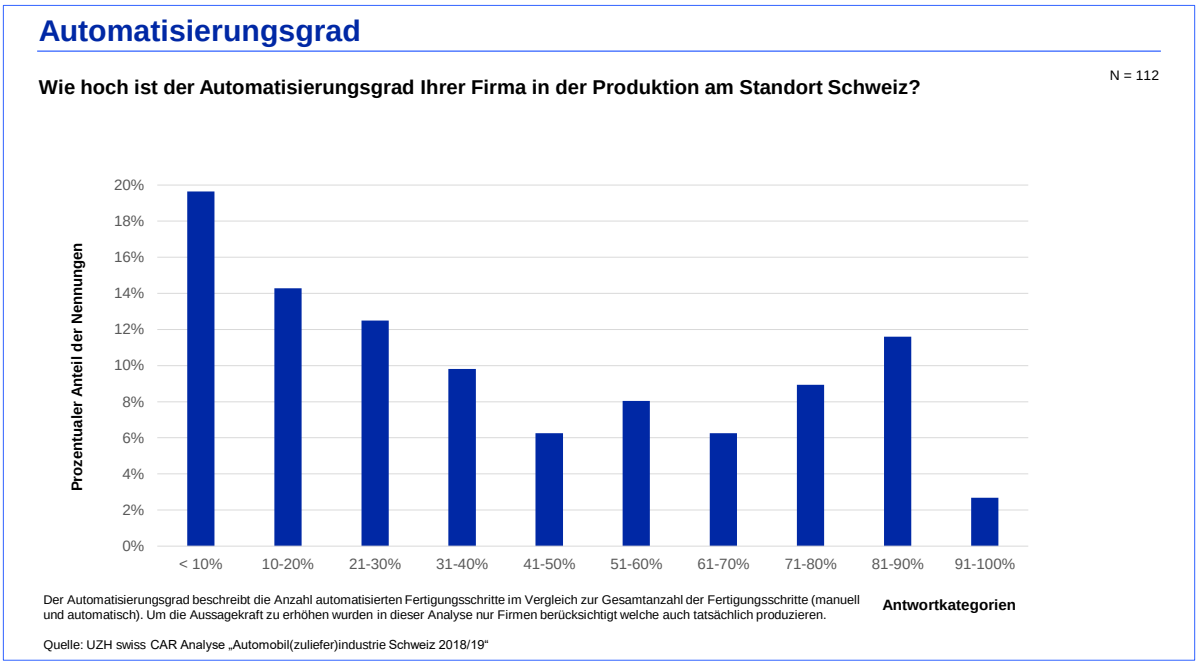


Abbildung 16: Automatisierungsgrad

Weltweit lässt sich ein Trend zu verstärkter Automatisierung beobachten. So betrug das Wachstum an Robotern 2017 weltweit rund 30% (IFR, 2018) – ein neuer Höchststand eines anhaltenden Wachstums. Zwischen 2012 und 2017 wurden jährlich durchschnittlich 19% mehr Roboter verkauft. Treibende Kraft hinter dem wachsenden Einsatz von Robotern sind dabei die Automobilindustrie und die Elektro-/Elektronikindustrie, welche 2017 für rund $^{2}/_{3}$ des weltweiten Wachstums verantwortlich waren. Im internationalen Vergleich hat die Schweiz einen hohen Automatisierungsgrad. So beträgt im produzierenden Gewerbe die Anzahl Roboter pro 10‘000 Mitarbeiter 126 Einheiten, wobei der Grossteil der Roboter von der metallverarbeitenden Industrie eingesetzt wird. Damit liegt die Schweiz über dem weltweiten Durchschnitt von 85 Einheiten und aktuell auf Platz 19. Im Vergleich dazu belegen Südkorea mit 710 Einheiten und Singapur mit 658 Einheiten die Plätze eins und zwei (Loos, 2018).

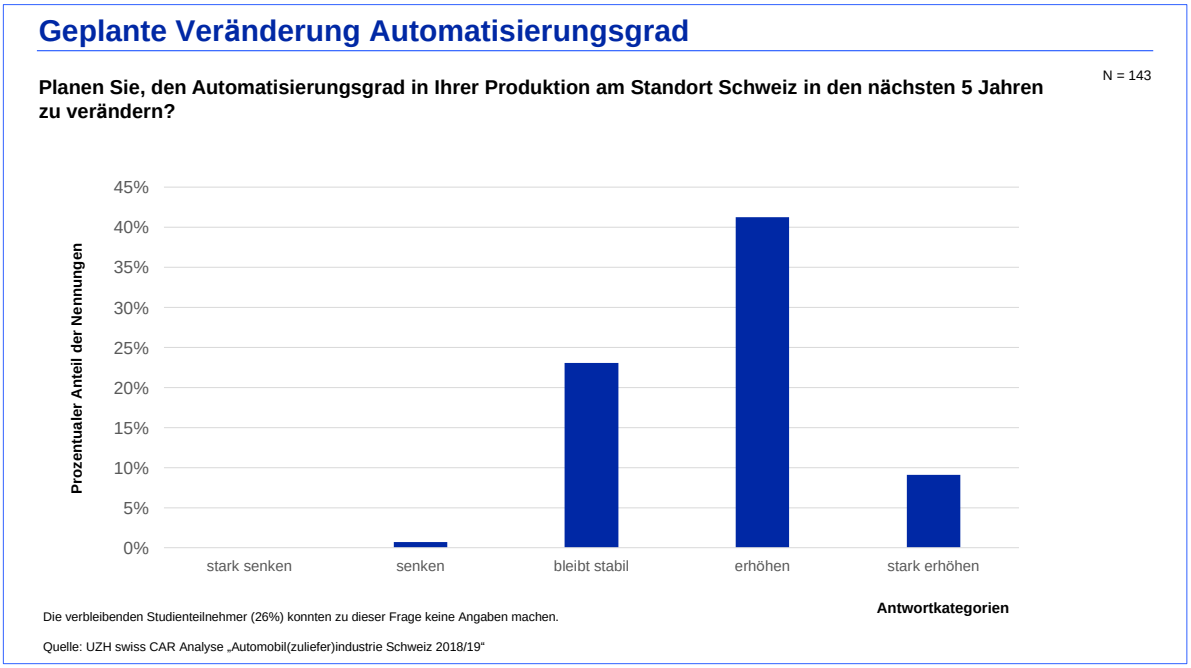


Abbildung 17: Geplante Veränderung des Automatisierungsgrades

Knapp 50% der befragten Firmen der vorliegenden Studie planen in den nächsten fünf Jahren, den Automatisierungsgrad am Standort Schweiz zu erhöhen. Interessant sind die Ergebnisse einer vertieften Datenanalyse, die ergibt, dass Firmen, welche eine Erhöhung planen, bereits jetzt einen höheren Automatisierungsgrad haben als Firmen, die keine Änderung des Automatisierungsgrades anstreben. Mit einer einzigen Ausnahme plant kein Unternehmen am Standort Schweiz, den Automatisierungsgrad zu senken. Die vorgängig erwähnte Dynamik hinsichtlich des verstärkten Einsatzes von Robotern und anderen Massnahmen zur Erhöhung der Automatisierung spiegeln sich in den Antworten der befragten Unternehmen wider. Auch Eugen Elmiger, CEO von Maxon Motors, bestätigt diese Entwicklung und nennt die Industrieautomation und Robotik als zwei der grössten Wachstumstreiber und zusätzlich 3-D-Druck als weiteres Mittel, um die eigene Flexibilität und Schnelligkeit zu erhöhen (Back, 2015).

3.2.3 Wertschöpfungstiefe

Die Betrachtung der Wertschöpfungstiefe über die vergangenen Erhebungen hinweg zeigt jeweils eine Kurve nahe der Normalverteilung mit der Kategorie 40–59% durchschnittlichem Wertschöpfungsanteil (Abbildung 18). Auffällig ist, dass die Kurven von 2008 und 2018 sehr ähnlich positioniert sind, während die Kurve von 2013 steiler ist. Zu Zwecken der Kapazitätsauslastung war während und unmittelbar nach der Krise beobachtbar, dass Firmen vermehrt Wertschöpfungsschritte (zurück) inhouse geholt haben. Eine ähnliche Entwicklung lässt sich auch in den vorliegenden Daten erkennen, wobei Anteile der ersten beiden Kategorien (1–19% und 20–39%) in die nächsten beiden Kategorien (40–59% und 60–79%) und gleichermassen von der vorletzten in die letzte Kategorie verschoben wurden, die sich nach Überwindung der Krise wieder zurückbewegt haben. Damit ist die Wertschöpfungstiefe seit der letzten Erhebung im Jahr 2013 tendenziell gesunken, im 10-Jahres-Vergleich jedoch sehr stabil geblieben.

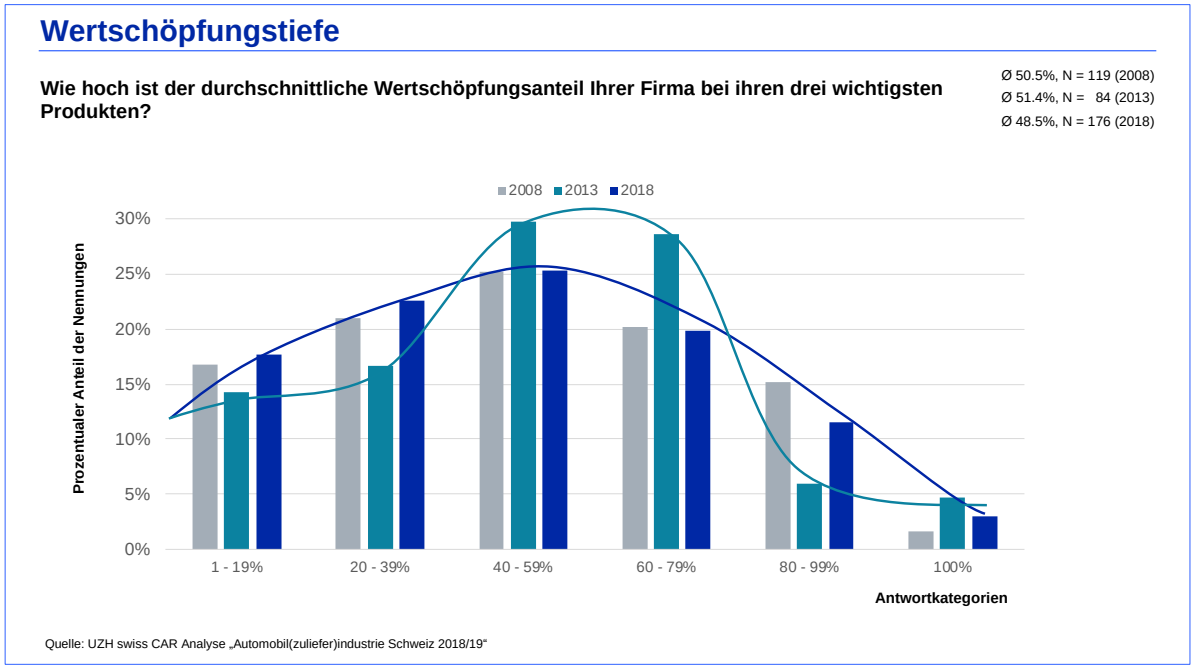


Abbildung 18: Wertschöpfungstiefe

3.3 Wertschöpfungskette

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit der Einordnung der Schweizer Firmen in die globale Wertschöpfungsketten der Automobilbranche. Es werden Import und Export sowie Absatz- und Beschaffungsmärkte analysiert. Dabei wird die enge internationale Verzahnung deutlich, d. h., die Unternehmen der Schweizer Automobilindustrie beziehen einen grossen Teil ihres Materials aus dem Ausland und verkaufen ihre Produkte auch zu einem grossen Teil wieder ins Ausland. Besonders augenfällig ist dabei die Beziehung zu Deutschland, das mit Abstand die grösste Rolle sowohl bei der Beschaffung als auch beim Absatz spielt. Zudem werden die Kundenbeziehungen und die Interaktion mit den Fahrzeugherstellern betrachtet. Während letztere für die Tier-1-Unternehmen oder auch für einige Dienstleister und Produktionsmittelhersteller gleichzusetzen sind mit den direkten Kunden, unterscheiden sich die direkten Kunden der Tier-2- oder einer höheren Tier-Stufe von den Fahrzeugherstellern. Dies ist gleichermassen der Fall für die in der Schweiz ansässigen Fahrzeughersteller wie z. B. Hess oder Viktor Meili. Aus diesem Grund unterscheidet die Studie direkte Kunden und Fahrzeughersteller.

3.3.1 Beschaffungsmärkte

Für Schweizer Firmen der Automobilbranche ist das Einkaufen auf ausländischen Beschaffungsmärkten zentral (Abbildung 19). Nahezu alle Firmen beziehen ihr Material im Ausland, 4% davon ausschliesslich, während 5% aller Firmen ausschliesslich im Inland einkaufen. Alle anderen präsentieren sich als breites Spektrum, welches von einem kleinen Anteil (1–19%) bis hin zu einem sehr hohen Anteil (80–99%) an Importen reicht. Ein Vergleich mit den Resultaten der letzten beiden Studien zeigt, dass die Firmen der Schweizer Automobilindustrie verstärkt im Ausland einkaufen.

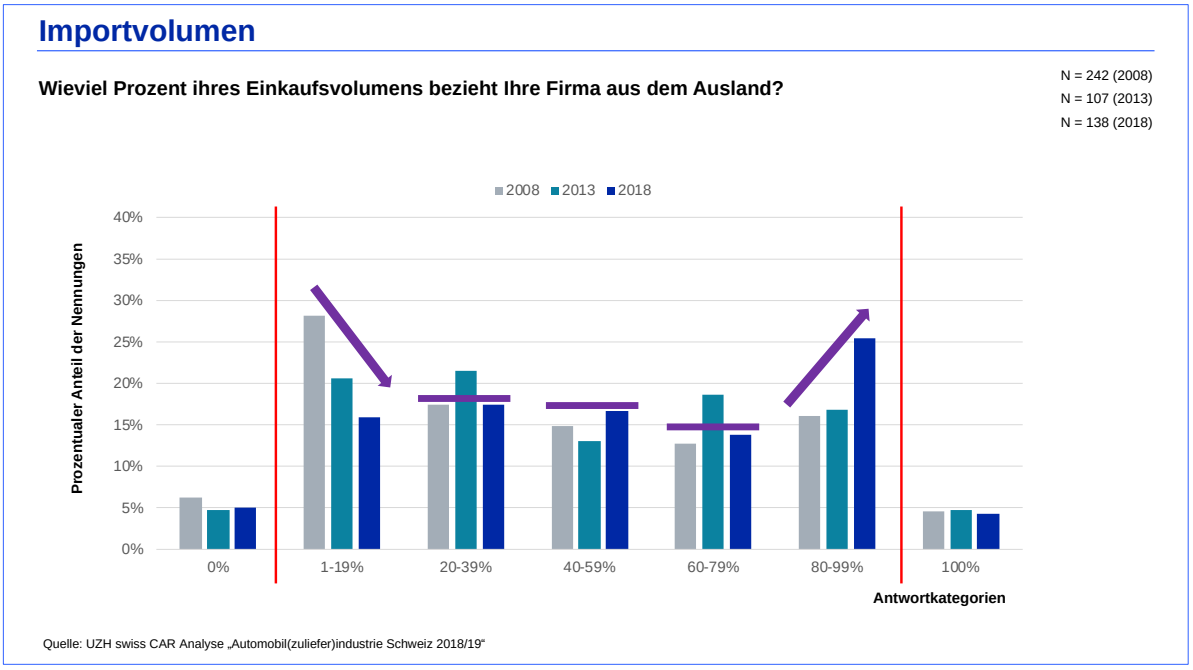


Abbildung 19: Importvolumen

Befragt nach den Ländern und Regionen, in denen man einkauft, nannten knapp 80% aller Firmen Deutschland. Auch inländische Anbieter haben eine hohe Relevanz. Rund zwei Drittel aller Firmen beziehen einen Teil ihres Materials auf dem heimischen Markt. Drittwichtigste Bezugsquelle sind alle übrigen Länder aus Westeuropa, gefolgt von Osteuropa und China.

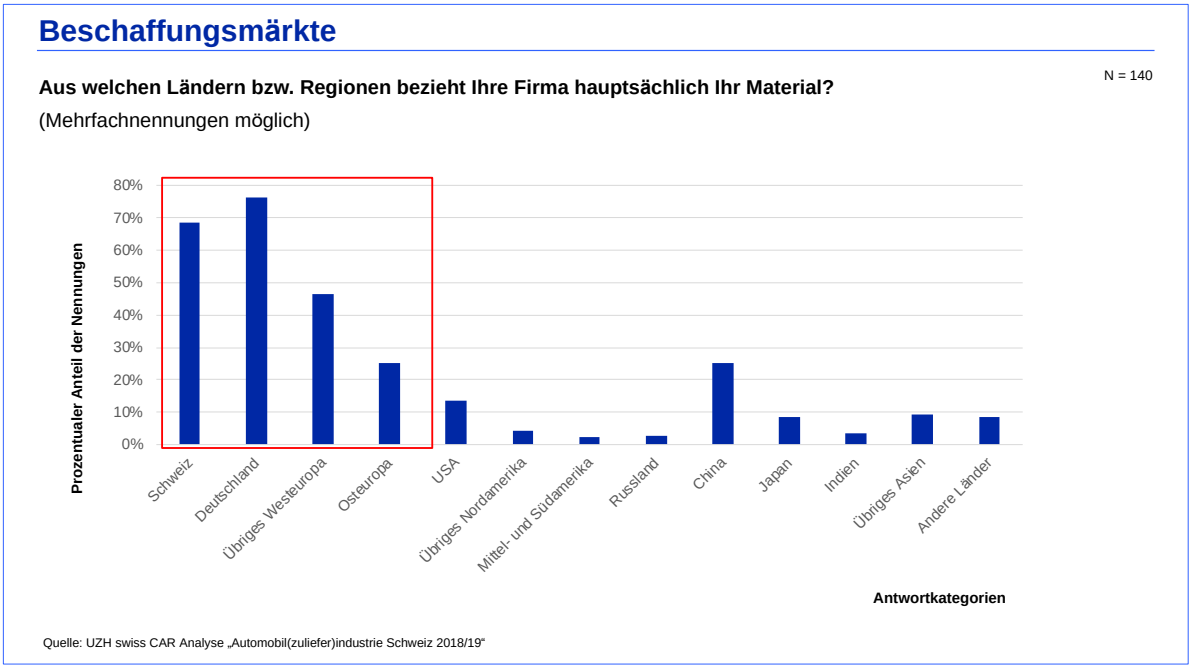


Abbildung 20: Beschaffungsmärkte

3.3.2 Absatzmärkte

Die Schweiz ist ein Exportland und viele Firmen aus dem produzierenden Gewerbe verkaufen einen Grossteil ihrer Produkte ausserhalb des inländischen Marktes (Abbildung 21). Weniger als 10% der Firmen setzen ihre Produkte ausschliesslich im Inland ab. Hingegen setzen mehr als 40% aller Firmen den überwiegenden Teil (≥80%) ihres Umsatzes im Ausland um.

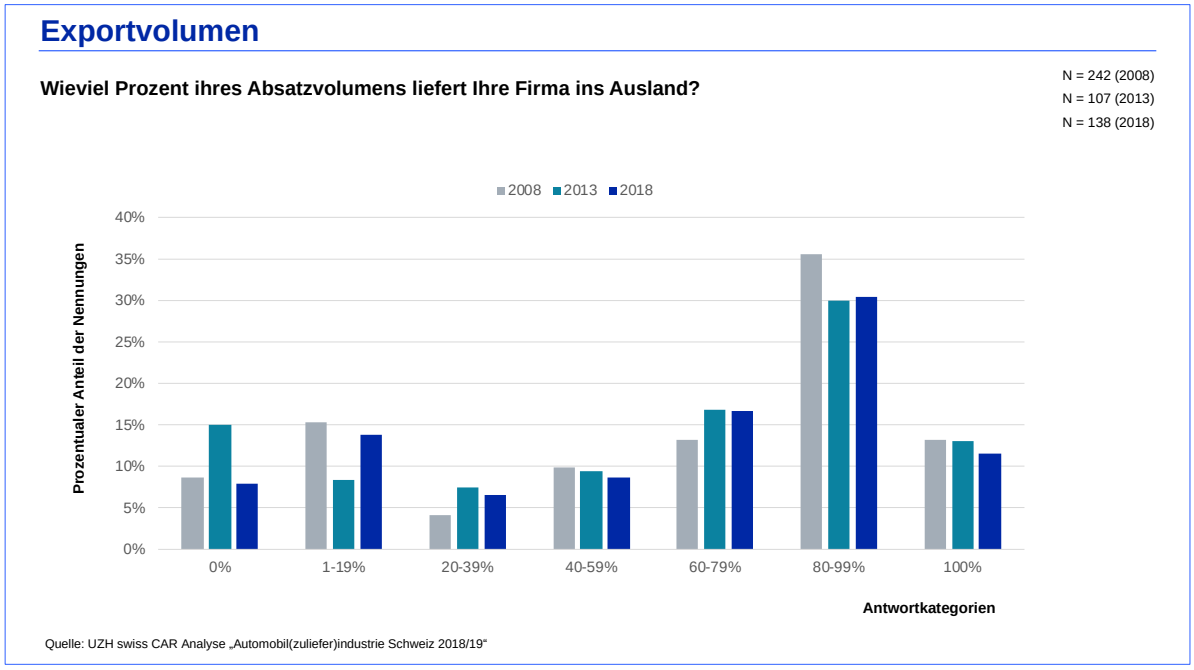


Abbildung 21: Exportvolumen

Im Weiteren wurde analysiert, in welchen geografischen Regionen die Firmenumsätze generiert werden. Die beiden wichtigsten Absatzmärkte sind dabei die Schweiz und Deutschland (Abbildung 22). Nur knapp 30% aller befragten Firmen erwirtschaften gar keinen Umsatz in der Schweiz. In Deutschland erwirtschaften sogar nur rund ein Viertel aller befragten Firmen keinen Umsatz. Auch die übrigen Länder in Westeuropa sind wichtige Absatzmärkte für Schweizer Firmen aus der Automobilindustrie und über die Hälfte aller Teilnehmer erwirtschaftet einen nennenswerten Teil ihres Umsatzes in diesen Ländern. Von der Relevanz fast gleichauf sind als nächstes die USA und China zu nennen, dort erwirtschaften in beiden Fällen über 40% aller Firmen einen bedeutenden Teil ihres Umsatzes. Darüber hinaus zeigt eine vergleichende Analyse der Absatzmärkte mit 2013, dass keine nennenswerten Verschiebungen stattgefunden haben.

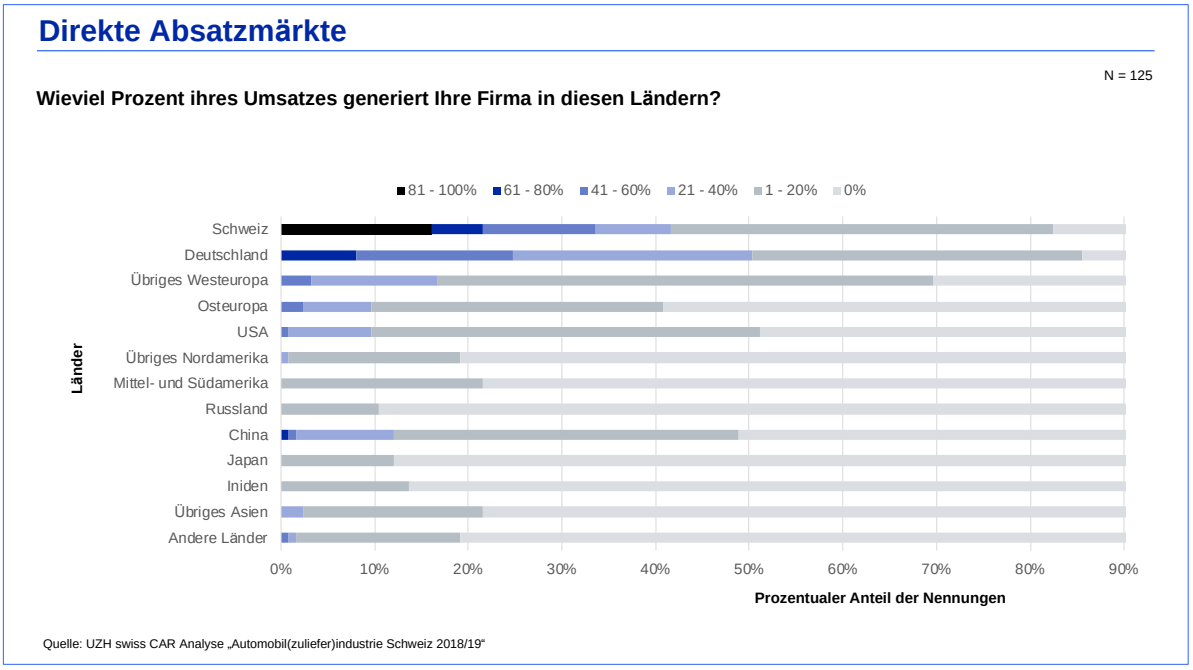


Abbildung 22: Umsatzanteile weltweit

Märkte, in denen Fahrzeuge abgesetzt werden, die Schweizer Produkte sind oder beinhalten, sind global. Wie schon bei Beschaffung und Absatz lässt sich auch hier eine hohe Bedeutung der Märkte in unmittelbarer geografischer Nähe feststellen (Deutschland, Westeuropa, Osteuropa), gefolgt von den USA und China, beides Länder von signifikanter Marktgrösse.

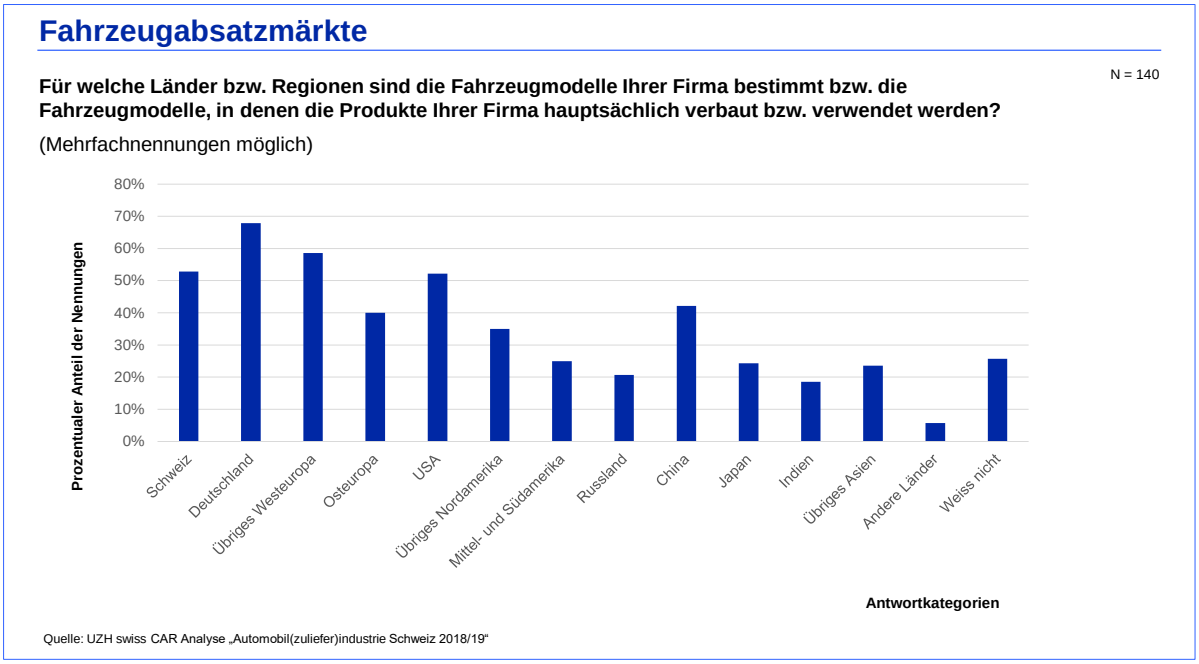


Abbildung 23: Fahrzeugabsatzmärkte

3.3.3 Interaktion zwischen Schweizer Zulieferern und ihren Kunden

In diesem Abschnitt wird der Informationsaustausch zwischen Schweizer Zulieferunternehmen der Automobilindustrie und ihren Kunden sowie die Frequenz und der Zeitpunkt der Interaktion untersucht. Zudem erfolgt eine Analyse zu den unterschiedlichen Produktionsvorga-

ben und der damit zusammenhängenden Kommunikation zwischen Auftraggeber und -nehmer. Die Gruppe der Gesamtfahrzeughersteller sowie die Gruppe der Firmen, die Um- und Aufbauten anbieten, wurden in diesem Abschnitt nicht berücksichtigt.

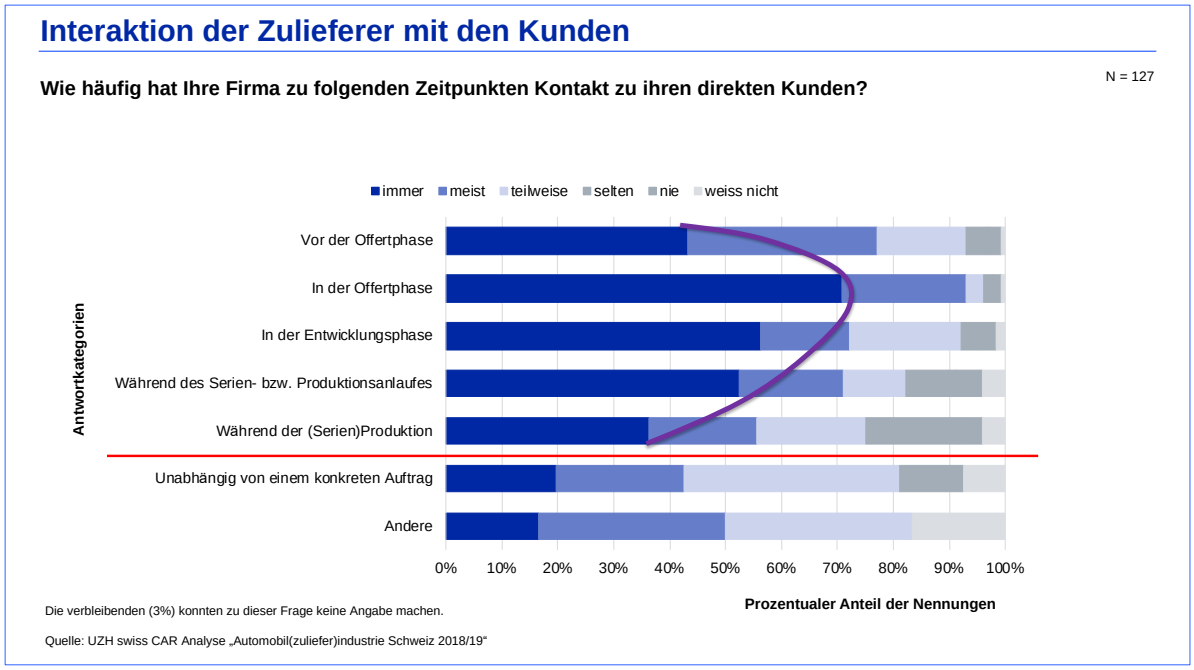


Abbildung 24: Interaktion der Zulieferer mit den Kunden

Die Beziehungen zwischen den Schweizer Zulieferern und ihren Kunden sind über weite Teile des Produktionsprozesses hinweg sehr eng. Über die Hälfte aller Firmen steht ab der Offertphase bis zum Produktionsanlauf stets im Kontakt mit dem Kunden. Ungefähr die Hälfte der Firmen pflegt sogar unabhängig von der aktuellen Auftragslage eine nahe Beziehung.

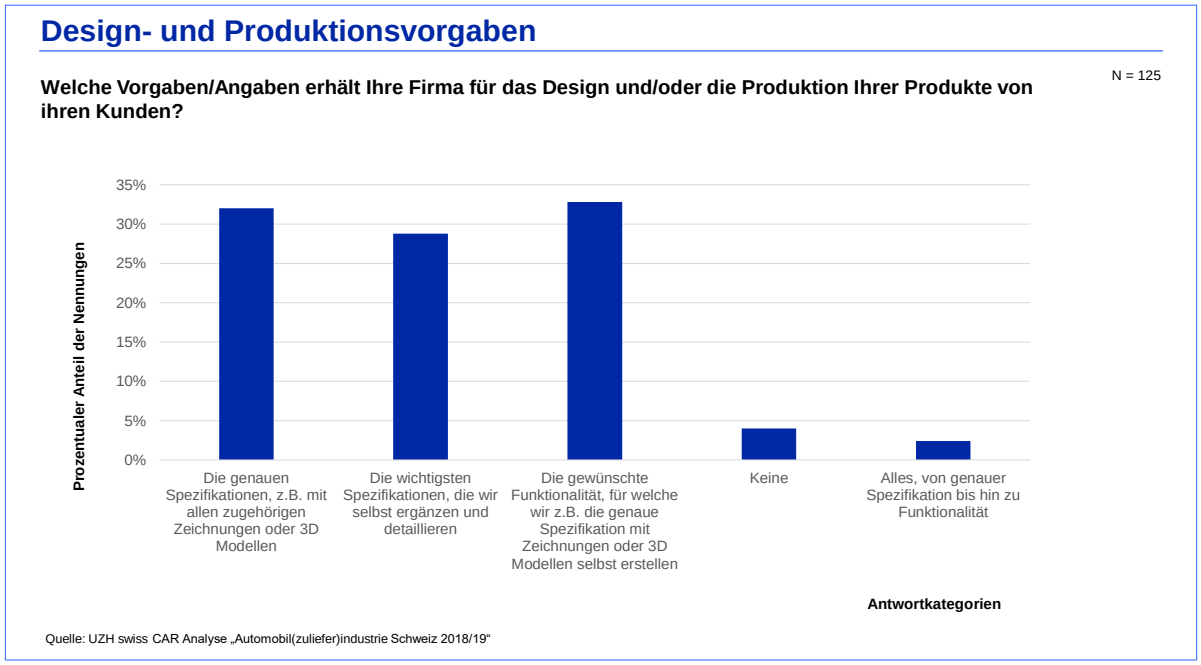


Abbildung 25: Design- und Produktionsvorgaben

In dieser Studie wurden die Unternehmen gefragt, welche Vorgaben sie von ihren Kunden erhalten (Abbildung 25). Kunden mit genauen Vorstellungen und solche, die dem Schweizer

Produzenten mehr Freiraum in der Gestaltung gewähren, halten sich die Waage. Ein Drittel der Unternehmen erhält exakte Spezifikationen zum Produkt und übernimmt lediglich die Herstellung. Damit treten diese Unternehmen als Lohnfertiger auf. Dies ist bemerkenswert, da die Schweiz ein Hochpreisland ist. Fertigungs-Know-how und hohe Qualitätsstandards, verbunden mit hoher Zuverlässigkeit, stellen Wettbewerbsvorteile dar, die diesen Wettbewerbsnachteil überwiegen. Schliesslich gibt es einen kleinen Teil an Firmen, die ihre Produkte kundenunabhängig entwickeln und dann am Markt anbieten.

Wie Abbildung 26 zeigt, haben die Firmen, unabhängig von den Kundenvorgaben, ähnliche Kontaktmuster. Obwohl man annehmen könnte, dass es bei genauen Spezifikationen zu weniger frequenten Interaktionen kommt, ist dies weit gefehlt. Der Grossteil der befragten Firmen und ihre Kunden tauschen sich sehr regelmässig aus. Aus einer weiterführenden Analyse geht hervor, dass Firmen, die genaue Spezifikationen erhalten, vor allem in der Offert- und Entwicklungsphase viel mit dem Kunden zu tun haben, dies sich aber spätestens ab dem Produktionsanlauf vermindert. Falls den Firmen hingegen mehr Freiraum gelassen wird, wird sowohl vor der Offertphase als auch während der Produktion mehr interagiert.

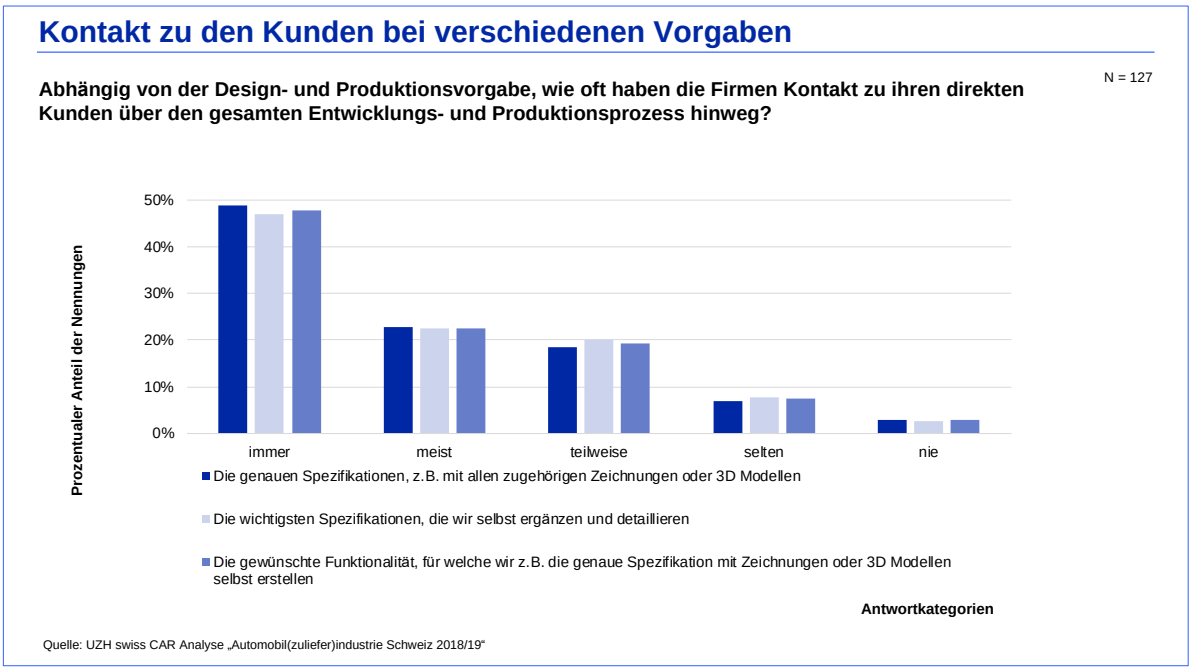


Abbildung 26: Kontakt zu Kunden bei verschiedenen Vorgaben

3.3.4 Schweizer Zulieferer und Fahrzeughersteller

Nur zum Teil sind die Kunden der Schweizer Zulieferer die Fahrzeughersteller selber. Viele Zulieferer befinden sich auf der Stufe Tier-2 oder Tier-3 und beliefern die Fahrzeughersteller indirekt. Beispielsweise verarbeitet ein Tier-3-Unternehmen Rohstoffe und -materialien zu Teilen (Halbfabrikate) und liefert diese an ein Tier-2-Unternehmen. Dieses stellt aus den Teilen und Materialien Komponenten her und beliefert damit (meist diverse) Tier-1-Unternehmen. Letztere verarbeiten solche Komponenten weiter zu Systemen und Modulen, die dann direkt an die Fahrzeughersteller geliefert werden.

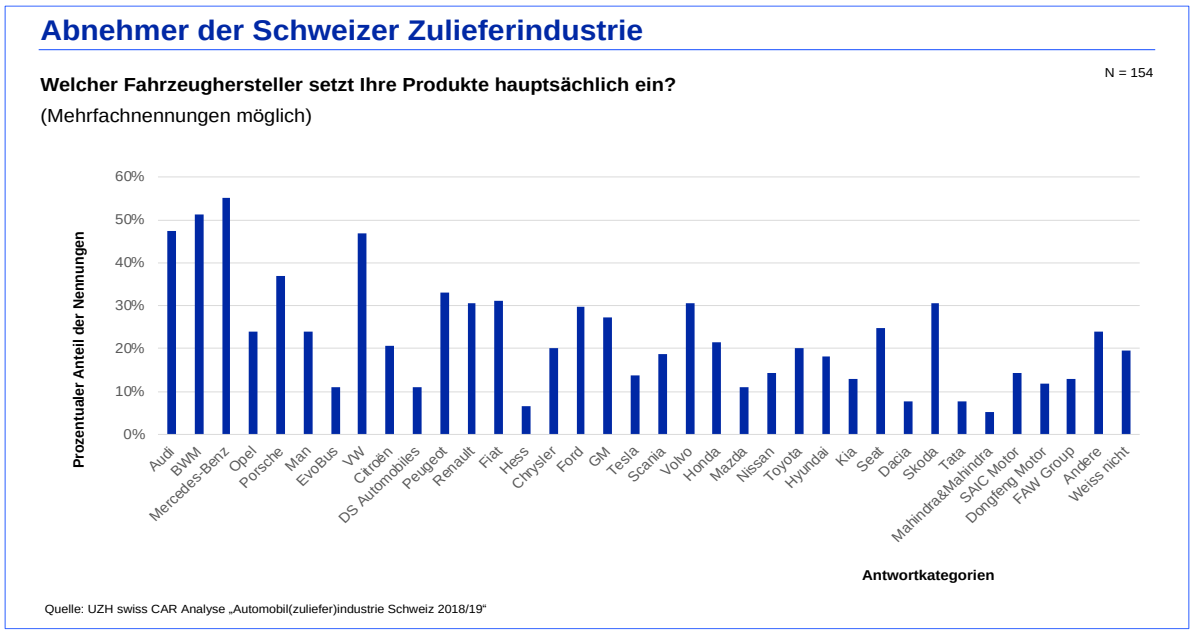


Abbildung 27: Abnehmer der Schweizer Zulieferindustrie

Deutsche Premiummarken und VW sind nach wie vor die bedeutendsten Abnehmer für die Schweizer Zulieferer, wie aus Abbildung 27 hervorgeht. Dies erstaunt nicht, da die schweizerische Qualität international einen hervorragenden Ruf geniesst und die geografische Nähe ebenfalls zu diesem Resultat beiträgt. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der letzten Studie. Auf den ersten Blick dürfte erstaunen, dass knapp ein Fünftel der Firmen angegeben hat, nicht zu wissen, bei welchem Fahrzeughersteller ihre Produkte verbaut bzw. eingesetzt werden. Meist handelt es sich hierbei um Unternehmen der Tier-2- oder Tier-3-Stufen, welche den Fahrzeughersteller indirekt über die nächsthöhere Wertschöpfungsstufe beliefern. Darüber hinaus zeigt sich in weiterführenden Analysen, dass die Produkte nahezu aller Zulieferer jeweils bei vielen (im Durchschnitt 9.6) verschiedenen Herstellern zum Einsatz kommen. In der Regel sind die Unternehmen daher nur begrenzt von einem einzigen Hersteller abhängig.

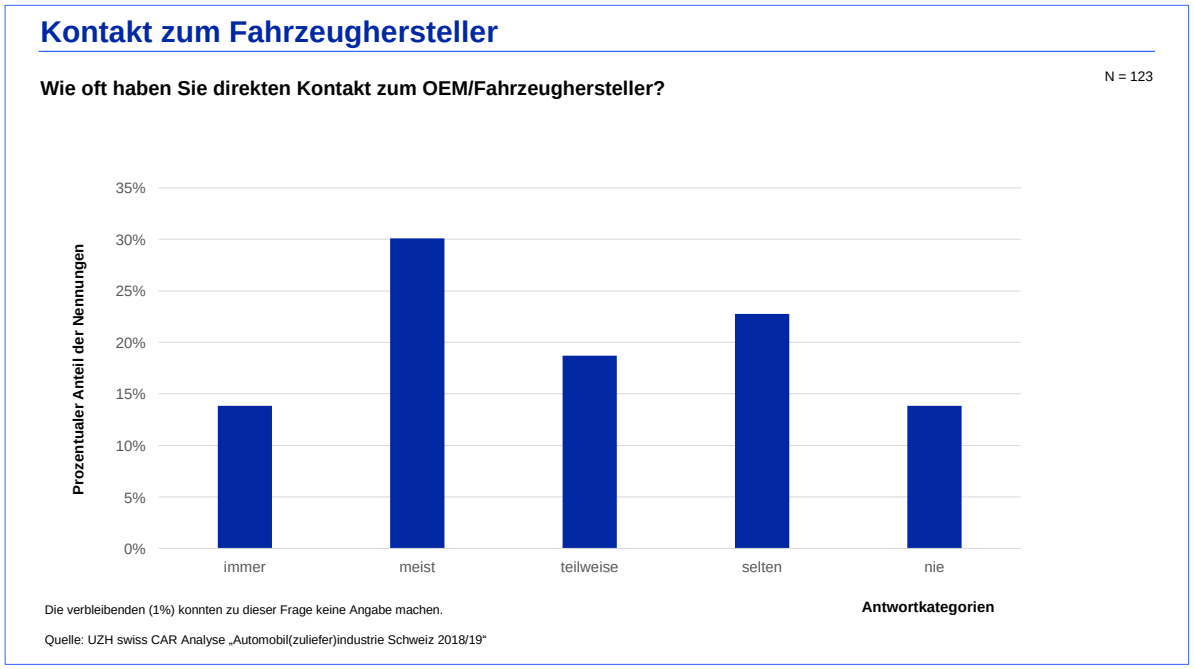


Abbildung 28: Kontakt zum Fahrzeughersteller

Schliesslich zeigt sich in Abbildung 28, dass ein Grossteil aller Firmen einen direkten Kontakt zum Fahrzeughersteller pflegt, wenn auch in unterschiedlicher Intensität. Lediglich für 14% ist dies nicht der Fall.

3.4 Produkte und Dienstleistungen

Im nachfolgenden Kapitel werden die angebotenen Produkte näher beleuchtet. Die Darstellung der Produktvielfalt und ihrer Eigenschaften bietet ein umfassendes Bild des Angebotes der Schweizer Firmen der Automobilindustrie. Zusätzlich werden die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten näher beschrieben, und es wird aufgezeigt, in welchen Fahrzeugtypen die Produkte verwendet werden.

3.4.1 Produktspektrum

Die Leistungen der Schweizer Automobilindustrie sind vielfältig (siehe Abbildung 6 in Kapitel 3.1.2). Erkennbar sind die Kategorien Gesamtfahrzeuge und Umbauten (12%), Teile (45%), Investitionsgüter (30%), Dienstleistungen (24%) und Material (10%). Nachfolgend werden diese Kategorien in Verbindung mit Abbildung 29 näher beleuchtet.

Gesamtfahrzeuge und Umbauten: Es gibt in der Schweiz keinen Hersteller, der Gesamtfahrzeuge in grossen Volumina herstellt, insbesondere nicht im Personenwagenbereich. Die Gesamtfahrzeughersteller sind mehrheitlich im Nutzfahrzeugbereich tätig. Mit der Carrosserie Hess AG, Sauber Motorsport AG oder Rinspeed AG befinden sich auch Bus-, Rennfahrzeug- oder Klein- und Sonderserienhersteller darunter. Ähnlich stellt sich das Bild der Anbieter von Auf- und Umbauten dar. Auch diese sind in erster Linie im Bereich Nutzfahrzeuge tätig. Allerdings finden sich auch hier einige Firmen wie zum Beispiel die Kamoo AG, die Personenwagen mit elektrischem Antrieb ausrüsten.

Teile: Diese Produktkategorie ist die grösste. Fast die Hälfte aller Firmen stellt Teile, Komponenten oder Module für die Automobilindustrie her, wobei 42% aller Firmen in den Bereich Motor/Getriebe/Antriebsstrang liefern (Abbildung 29). Aufgrund der zunehmenden Entwicklungen im Bereich der Elektro-Mobilität ist dieser Bereich nicht nur einer der grössten, sondern auch einer, der am stärksten vom Wandel hin zu neuen Antriebstechnologien betroffen ist. Tiefer gehende Analysen zeigen, dass 27% aller Firmen ihre wichtigsten Produkte dem Verbrennungsmotor und seinen Anbauteilen zuordnen und 19% dem elektrischen Antrieb. Während 2013 nur 7% der Firmen für den elektrischen Antrieb produzierten (als Beispiel kann die BRUSA Elektronik AG genannt werden, welche sich seit Langem auf die Entwicklung von Leistungselektronik für Elektrofahrzeuge spezialisiert hat), ist diese Zahl knapp um das 3-fache gestiegen. Diese Entwicklung zeigt klar die in den letzten Jahren stark gestiegene Bedeutung der Elektro-Mobilität, welche auch in der Studie von 2013 bereits prognostiziert wurde. Im Weiteren lassen sich Firmen, welche im Bereich "Elektrischer Antrieb" tätig sind, tendenziell als jüngere und als spezialisierte KMU charakterisieren, oft sind es auch Entwicklungsfirmen. Zudem zeigt sich bei einer genaueren Betrachtung der Firmen, welche eines oder mehrere ihrer drei wichtigsten Produkte der Kategorie "Elektrischer Antrieb" zugeordnet haben, dass nur fünf Firmen (=2%) ihre Kernprodukte ausschliesslich dieser Kategorie zuordnen. Dies, während mehr als die Hälfte der Firmen aus der Gruppe "Elektrischer Antrieb" auch eines oder mehrere Produkte aus der Kategorie Elektrik/Elektronik/Software angegeben hat. Neben dem elektrischen Antrieb ist dies die Kategorie, die seit 2013 die höchste Zunahme zu verzeichnen hat. Wichtig ist dabei anzumerken, dass die wichtigsten Produkte von gerade 20

Firmen (=6%) ausschliesslich dem Bereich Elektrik/Elektronik/Software zuzuordnen sind. Die verbleibenden 22% bieten Software oder Elektronikleistungen neben oder in Ergänzung zu Produkten an, die sie anderen Produktkategorien zuordnen. Sichtbar wird hier der zunehmende Trend zur Elektrifizierung und zur Digitalisierung, bei dem physische Produkte nur teilweise ersetzt, sehr häufig aber mit verschiedenen Elektronik- oder Softwareapplikationen ergänzt werden.

Investitionsgüter: In diese Kategorie fallen Maschinen-, Anlagen- und Werkzeugbauer. Interessant ist hierbei, dass diese Firmen im Durchschnitt zu 47% in die Automobilindustrie liefern (Abbildung 5). Damit liegen sie zwar unter dem Durchschnitt der gesamten Schweizer Automobilindustrie, der 57% beträgt. Dennoch ist der Anteil überraschend hoch.

Dienstleistungen: Diese Kategorie hat neben der erwähnten Unterkategorie "Elektrischer Antrieb" am stärksten zugenommen. Sie umfasst sowohl Entwicklungs- als auch Produktionsdienstleistungen, wobei erstere stark dominieren. Darüber hinaus zeigen vertiefte Analysen, dass die überwiegende Mehrheit Dienstleistungen und Produkte bzw. Materialien anbietet. Nur zehn Firmen (=3%) sind reine Dienstleister.

Material: Materialhersteller der Schweiz liefern beispielsweise Kunststoffe (EMS-Chemie) oder Klebstoffe (Sika AG).

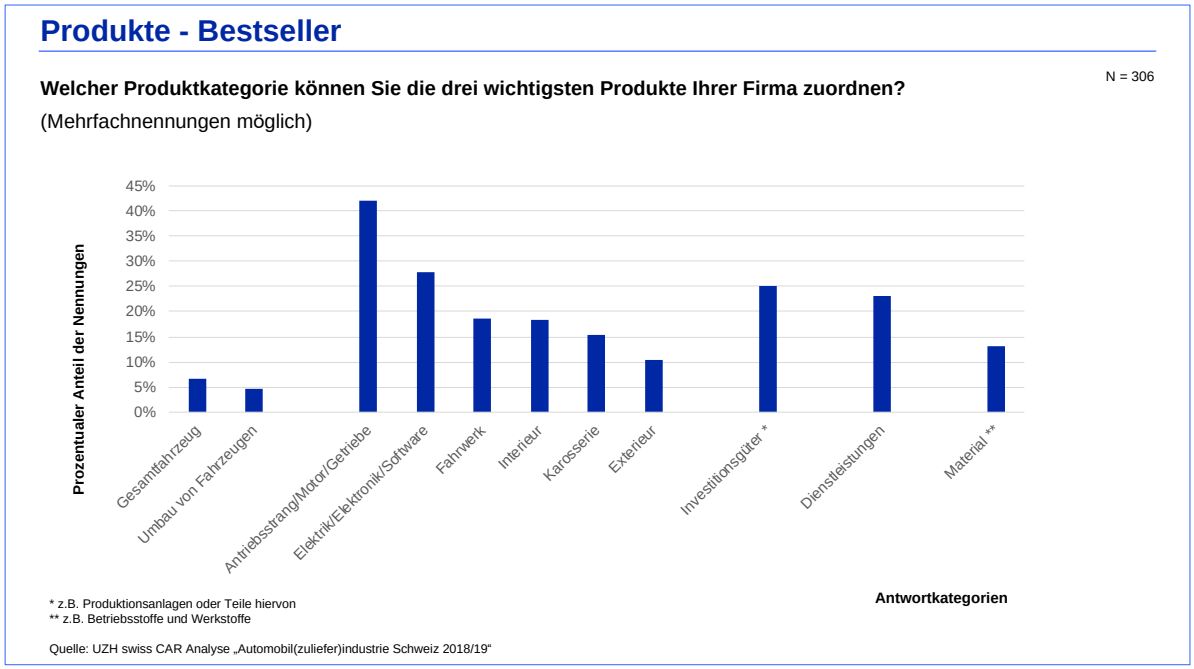


Abbildung 29: Wichtigste Produkte

3.4.2 Charakteristika der Produkte

In diesem Abschnitt wird näher auf die Eigenschaften der Produkte eingegangen wie dem Anteil von Software und Elektronik, die Variantenvielfalt, die Komplexität oder die Preislage.

Während die Unternehmen der Schweizer Automobilindustrie zunehmende Präsenz im Bereich Elektrik/Elektronik/Software zeigen, bieten dennoch knapp 40% aller Firmen software und elektronikfreie Teile oder Produktionsmittel an (Abbildung 30). Vertiefende Subgruppenanalysen zeigen, dass diese Firmen keiner bestimmten Gruppe angehören. Vielmehr sind sie vielfältig in Bezug auf die Art der Produkte, den Preis oder die Verwendung. Hingegen ist klar erkennbar, dass Firmen mit Produkten, welche einen Anteil von Elektronik und Software

von 100% haben, mehrheitlich einen Fokus auf den Bereich Sensorik haben.

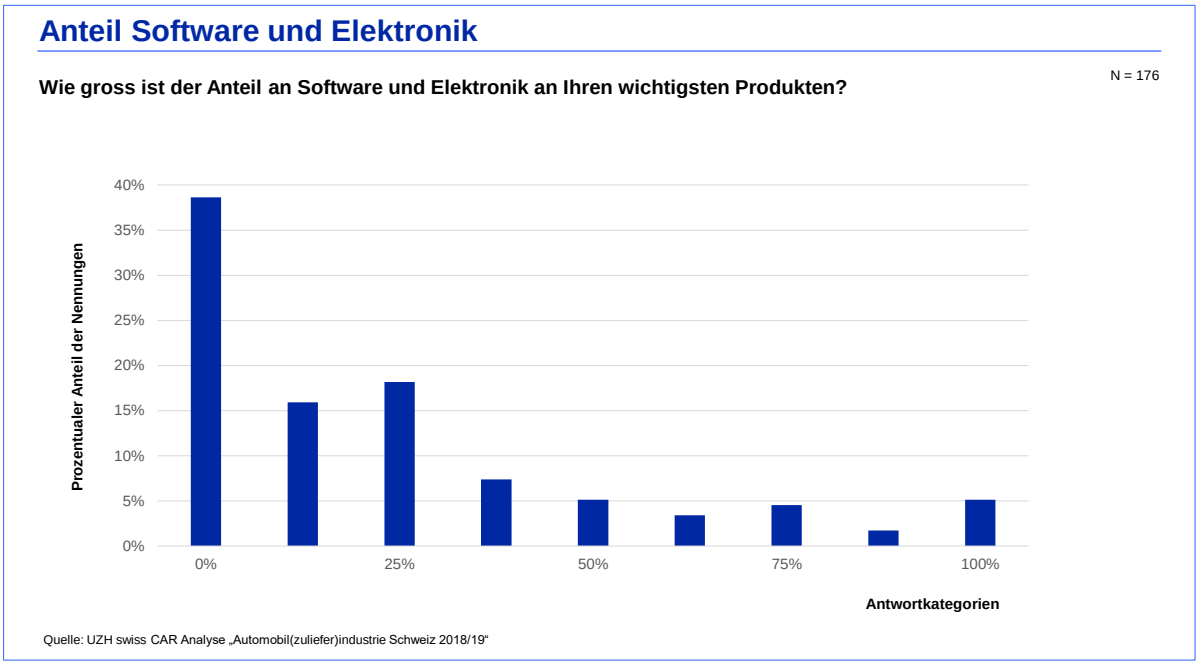


Abbildung 30: Anteil Software und Elektronik

Betrachtet man die nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 31–Abbildung 33), so wird ersichtlich, dass sich die Produkte der Industrie über die letzten zehn Jahre hinweg tendenziell zu komplexeren und höherpreisigen Produkten hin verschieben, welche zusätzlich mit einer etwas grösseren Variantenvielfalt angeboten werden. Trotz dieser Entwicklung bleibt festzuhalten, dass die Kategorien mit den meisten Nennungen die folgenden Charakteristika aufweisen: ein Teil (Produktkomplexität), <10 CHF (Preis) und 1–10 Varianten. Dies unterstreicht die Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz im Hinblick auf innovative und zuverlässige Fertigungstechnologien.

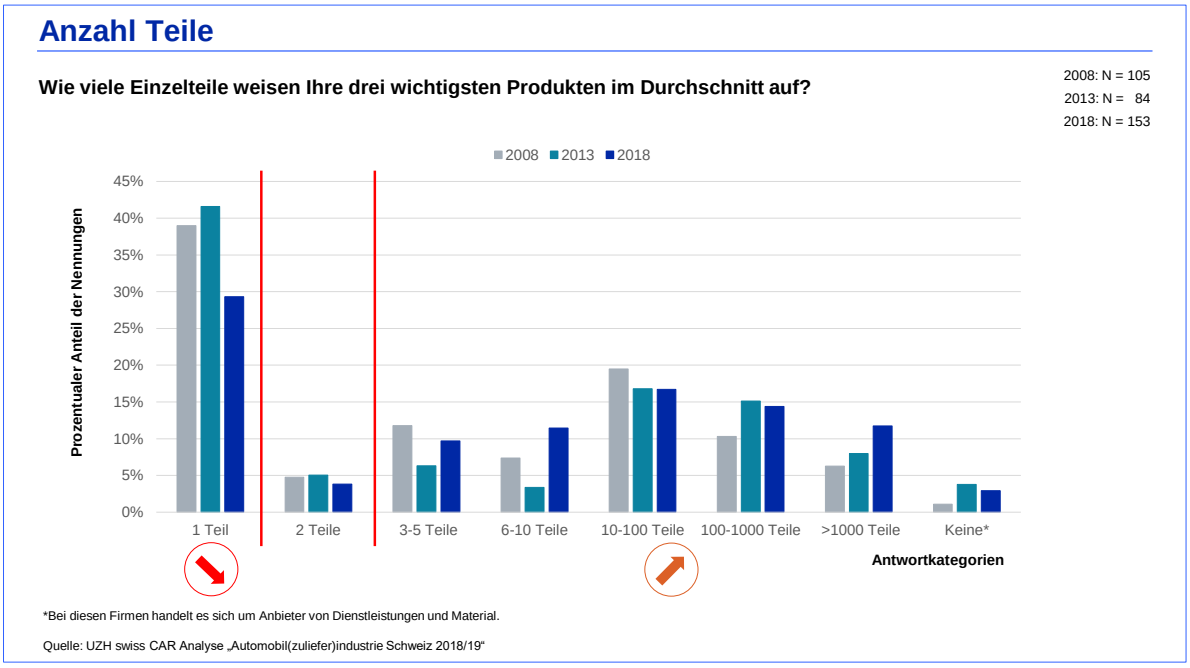


Abbildung 31: Anzahl Teile

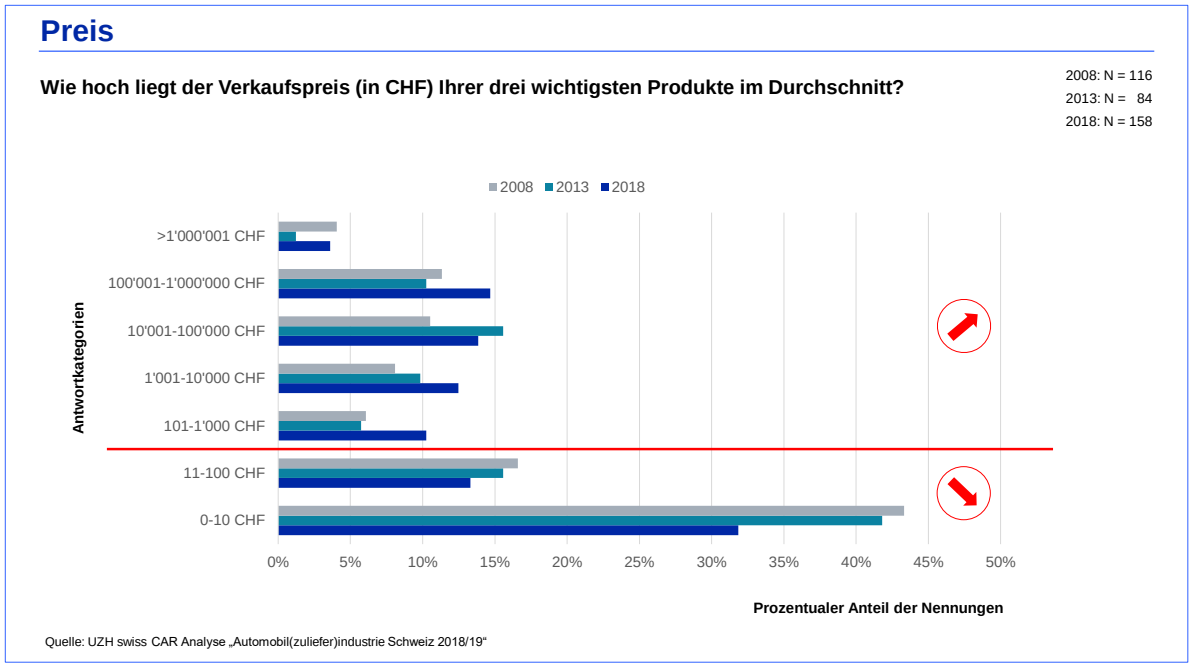


Abbildung 32: Preis

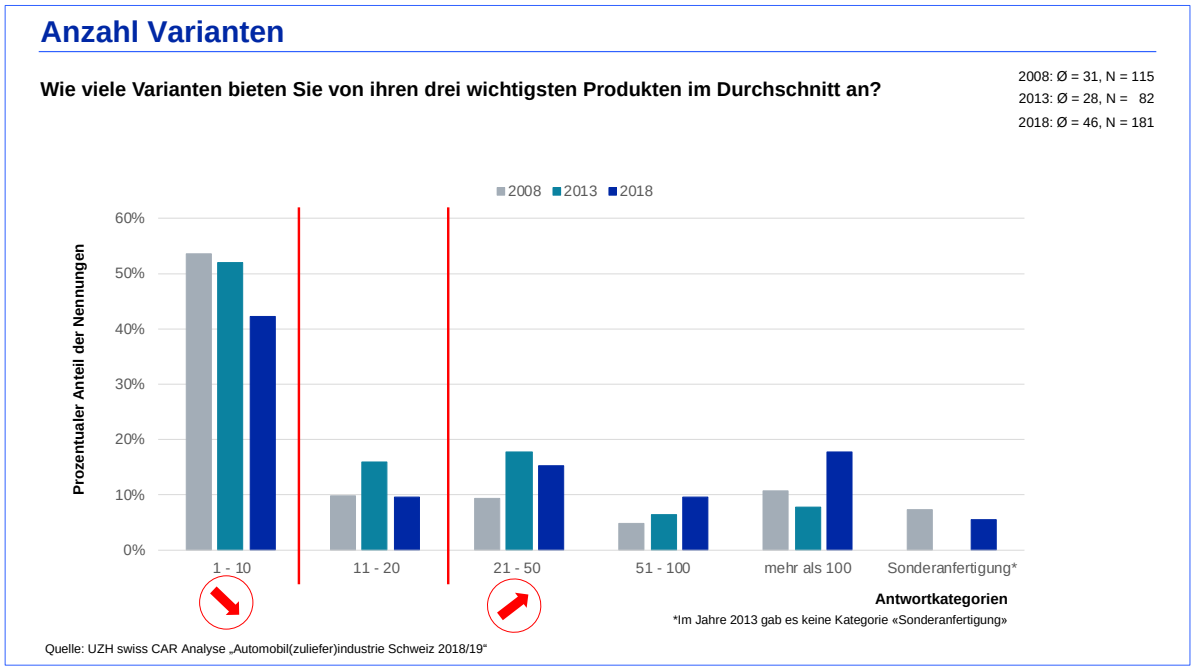


Abbildung 33: Anzahl Varianten

3.4.3 Verwendung der Produkte

Ein Grossteil der Produkte findet wenig überraschend Verwendung in Personenwagen. Über 70% aller Firmen verkaufen Produkte, welche in Personenwagen verbaut werden (Abbildung 34). Jeweils über 40% der Produkte finden Verwendung in Lastwagen oder anderen Nutzfahrzeugen. Bei einer genaueren Analyse lässt sich erkennen, dass knapp 30% aller Firmen ausschliesslich auf das Segment Personenwagen fokussieren. Über alle Firmen hinweg gesehen, stellen nur 12% aller Firmen Produkte her, welche mehrheitlich in Lastwagen und Nutzfahrzeugen zu Anwendung kommen. Darunter finden sich vor allem Firmen, welche sich auf Umbauten oder Aufbauten für verschiedene Nutzfahrzeugsegmente spezialisiert haben.

Kenntnisse über die finale Verwendung der eigenen Produkte sind von grosser Bedeutung. Das Wissen, in welchem Endfahrzeug das Produkt verwendet wird, kann hilfreich sein, um Anpassungen oder neue Produkte gezielt darauf auszurichten. Knapp 10% der Firmen haben jedoch keine Kenntnisse darüber, wo ihre Produkte mehrheitlich verwendet werden, darunter Maschinenbauer, Materialhersteller oder Teilehersteller auf Stufe Tier-2 oder Tier-3.

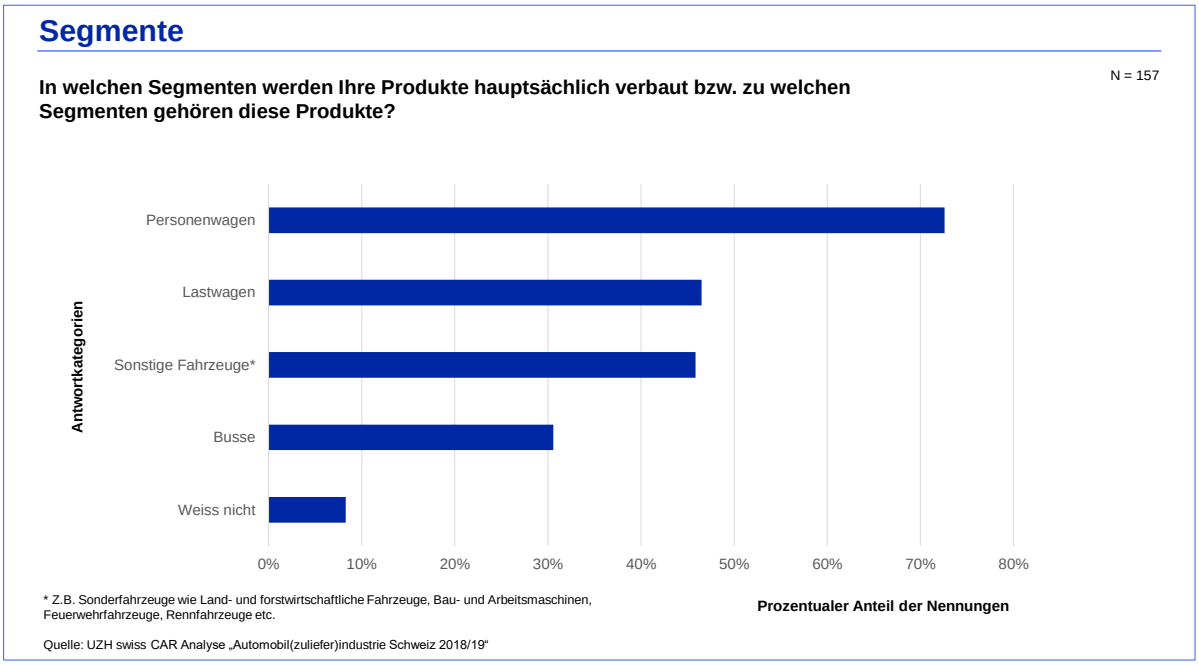


Abbildung 34: Segmente

Vor allem im Bereich des Antriebs ist der technologische Wandel der Industrie bereits merklich spürbar. Daher betrachtet die Studie auch die Angebotsstruktur der Schweizer Automobilindustrie in dieser Hinsicht und die damit verbundenen Veränderungen über die letzten Jahre hinweg. Abbildung 35 zeigt hier deutlich, dass die befragten Firmen nach wie vor in erster Linie (Produkte für) Fahrzeuge mit klassischem Verbrennungsmotor anbieten. Allerdings ist eine Verschiebung hin zu alternativen Antriebsformen deutlich sichtbar. Eine Ausnahme bildet der Verbrennungsmotor mit alternativen Kraftstoffen. Hier ist ein Rückgang zu verzeichnen.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Zahlen in Abbildung 35 die mit den angebotenen Produkten verbundene Antriebstechnologie aufzeigen, jedoch keinen Aufschluss über die tatsächlichen Volumina geben. In der Regel sind das Absatz- und Umsatzvolumen, das mit (Produkten für) Fahrzeuge mit klassischem Verbrennungsmotor generiert wird, um ein Vielfaches höher als das Volumen von (Produkten für) Fahrzeuge mit alternativen Antriebsarten, denn der Markt für alternativ betriebene Fahrzeuge ist nach wie vor relativ klein. So beträgt der Anteil an Neuzulassungen für Fahrzeuge mit keinem klassischen Verbrennungsmotor in der Schweiz aktuell (3. Quartal 2018) weniger als 8% (BFE, 2018). Davon entfallen rund 6% auf hybride Antriebsformen.

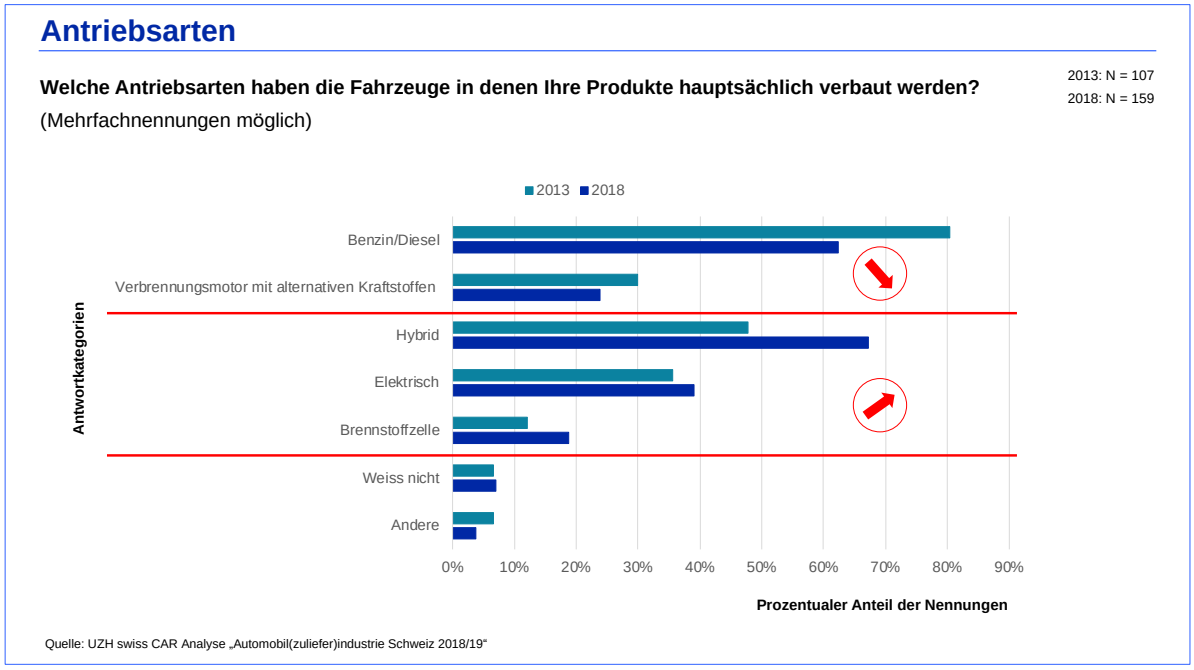


Abbildung 35: Antriebsarten

Eine weiterführende Analyse zeigt, dass bisher nur wenige der befragten Firmen einen nennenswerten Umsatzanteil mit (Produkten für) alternativ betriebene Fahrzeuge erwirtschaften (siehe Tabelle 3: Umsatz mit alternativen Antriebsarten). Für Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb gibt es kaum Firmen, die einen Umsatz ≥20% in diesem Bereich erwirtschaften, allerdings gibt es 19 Firmen mit 5% oder mehr Umsatzanteil in diesem Bereich.

	Anzahl Firmen, die einen Umsatz von ≥20% mit dieser Antriebsform erwirtschaften
Verbrennungsmotor mit alternativen Kraftstoffen (z. B. Wasserstoffdirekteinspritzung, synthetische Kraftstoffe)	8
Vollhybrid (mit Verbrennungsmotor)	8
Vollelektrisch (rein batteriebetrieben)	23
Brennstoffzelle	19 (Umsatz von ≥5%)

Tabelle 3: Umsatz mit alternativen Antriebsarten

Im Hinblick auf das Produktportfolio der Firmen (Abbildung 35) liefern weiterführende Analysen interessante Erkenntnisse. Dreiviertel aller Firmen, die (Produkte für) reine Elektrofahrzeuge herstellen, bieten auch (Produkte für) Fahrzeuge mit klassischem Verbrennungsmotor an. Mehr als die Hälfte dieser Firmen bietet zudem (Produkte für) Hybridfahrzeuge an. Noch stärker zeigt sich diese Angebotsbreite bei Firmen, die (Produkte für) Fahrzeuge mit Brennstoffzellen anbieten. Fast alle dieser Firmen die auch (Produkte für) Fahrzeuge mit Brennstoffzellen liefern, bieten auch Produkte für Fahrzeuge mit anderen Antriebsarten an. Umgekehrt bedienen nicht alle Firmen, die (Produkte für) Fahrzeuge mit klassischem Verbrennungsmotor herstellen, auch den Markt für Fahrzeuge mit alternativem Antrieb. Weniger als die Hälfte dieser Firmen bietet auch Produkte für hybride Antriebsformen an, und nur rund ein

Drittel dieser Firmen bietet zudem Produkte an, welche in Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb verwendet werden können. Es verbleiben knapp 20% aller Firmen, für deren Produkte die Antriebsart eine Rolle spielt, die bisher jedoch keine Produkte ausserhalb des Verbrennungsmotorspektrums anbieten. Weitere 27% aller Firmen gaben an, dass für den Einsatz ihrer Produkte die Antriebsart keine Rolle spielt. So stellt z. B. die KOMAX AG Kabelsysteme her. Diese kommen bei allen Autos, unabhängig von der Antriebsart zum Einsatz (Rontaler.ch, 2018).

3.4.4 Dienstleistungen

Bei der Betrachtung des Anteils von Serviceleistungen am Gesamtumsatz, dargestellt in Abbildung 36, lässt sich die Bedeutung von materiellen Produkten hervorheben. Dabei haben nur rund 10% aller befragten Firmen Umsatzanteile von mehr als 50% mit Serviceleistungen erwirtschaftet. Auch wenn die Bedeutung von Dienstleistungen für die Befragten zugenommen hat, so erwirtschaften die Firmen nach wie vor den überwiegenden Teil ihres Umsatzes mit materiellen Produkten. Die Schweizer Firmen in der Automobilindustrie sind somit klar mehrheitlich Produktionsbetriebe. Mischformen mit Serviceanteilen zwischen 30% und 70% sind selten.

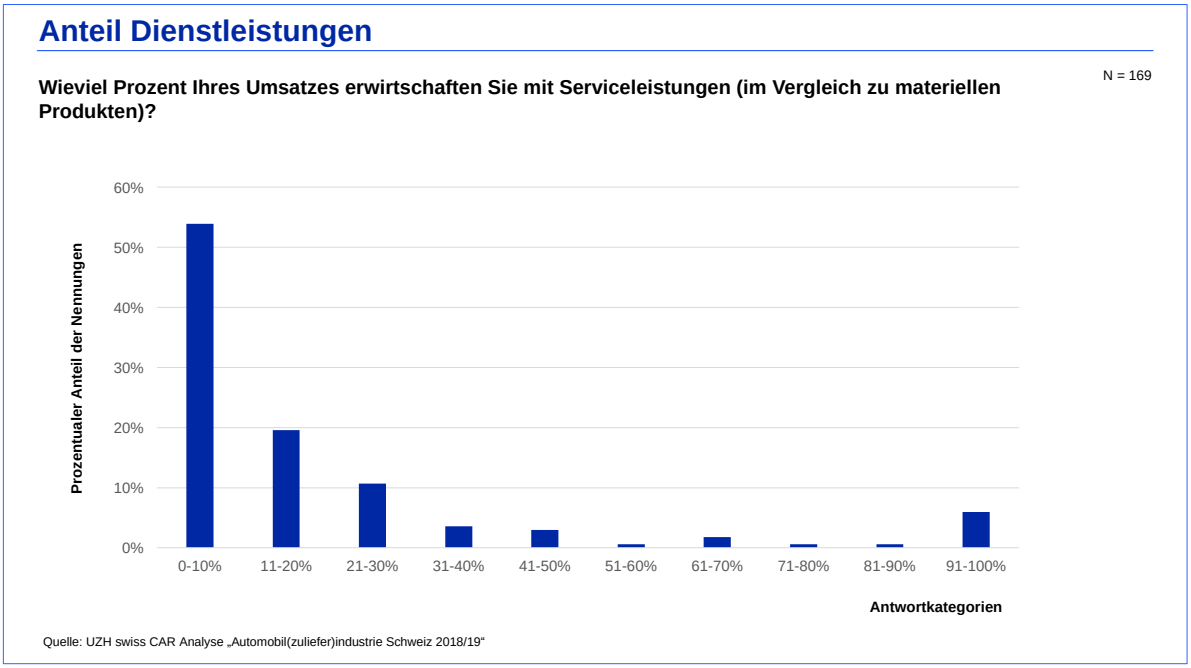


Abbildung 36: Anteil Dienstleistungen

3.5 Zukunftstrends

Die weltweite Automobilindustrie unterliegt einem technologischen Wandel und Themen wie Elektro-Mobilität, autonomes Fahren, Digitalisierung und Vernetzung oder Carsharing spielen eine zentrale Rolle. Dieser Wandel ist mit Gefahren, aber auch mit Chancen verbunden. Zum Beispiel entfallen bei der Entwicklung und Herstellung von Elektrofahrzeugen ganze für den Verbrennungsmotor wesentliche Komponenten und Module. Dies kann bei Zulieferern dieser Komponenten zu Umsatzverlusten führen. Andererseits bietet der Wandel zu einer neuen Technologie immer auch Innovationspotenzial und damit neue Geschäftsmöglichkeiten.

Das folgende Kapitel befasst sich mit den globalen Trends und Herausforderungen innerhalb der Automobilindustrie. Dabei wird zunächst die Einschätzung der Trends durch die befragten Firmen aufgezeigt und eingeordnet, wobei insbesondere die Trends "alternative Antriebe" und "autonomes Fahren" einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Danach werden mögliche, mit den Zukunftstrends verbundene Geschäftsaussichten der Schweizer Automobilindustrie diskutiert.

3.5.1 Allgemeine Einschätzung Trendentwicklungen

In einem ersten Teil werden die Einschätzungen zu den wichtigsten Trends und Entwicklungen in der Automobilindustrie erläutert. Dazu wurden die Firmen befragt, welche Trends sich ihrer Meinung nach am ehesten durchsetzen werden, und zusätzlich, welche Trends die grössten Veränderungen für die Firmen mit sich bringen. In beiden Fällen konnten die Firmen frei antworten, d. h., es wurden keine Beispiele aufgezeigt oder Antworten zum Ankreuzen präsentiert. Die freien, individuellen Antworten der befragten Firmen liessen sich in Kategorien zusammenfassen (siehe Abbildung 37). Es zeigt sich, dass der Trend zu neuen Technologien als grösster Veränderungstreiber wahrgenommen wird. Mit grossem Abstand folgen weitere Trends wie die Digitalisierung oder die Anpassung an neue und veränderte Kundenbedürfnisse. Weiter ist auch sichtbar, dass alle Trends gleichzeitig als Treiber für Veränderungen innerhalb der Firmen betrachtet werden.

Thematisch lässt sich im Vergleich zur letzten Studie eine Verschiebung feststellen. 2013 wurde nach den Trends und Aspekten, welche in den vergangenen fünf Jahren (2008–2013) zunehmend an Bedeutung für die Geschäftstätigkeit gewonnen haben, gefragt, und nur 3% der Unternehmen nannten damals die Elektro-Mobilität. Meistgenannte Trends und Aspekte waren der zunehmende Preisdruck durch globale Konkurrenz und die Flexibilität bezüglich der Auftragslage; Themen, die eher der wirtschaftlichen und weniger der technologischen Ebene angehören.

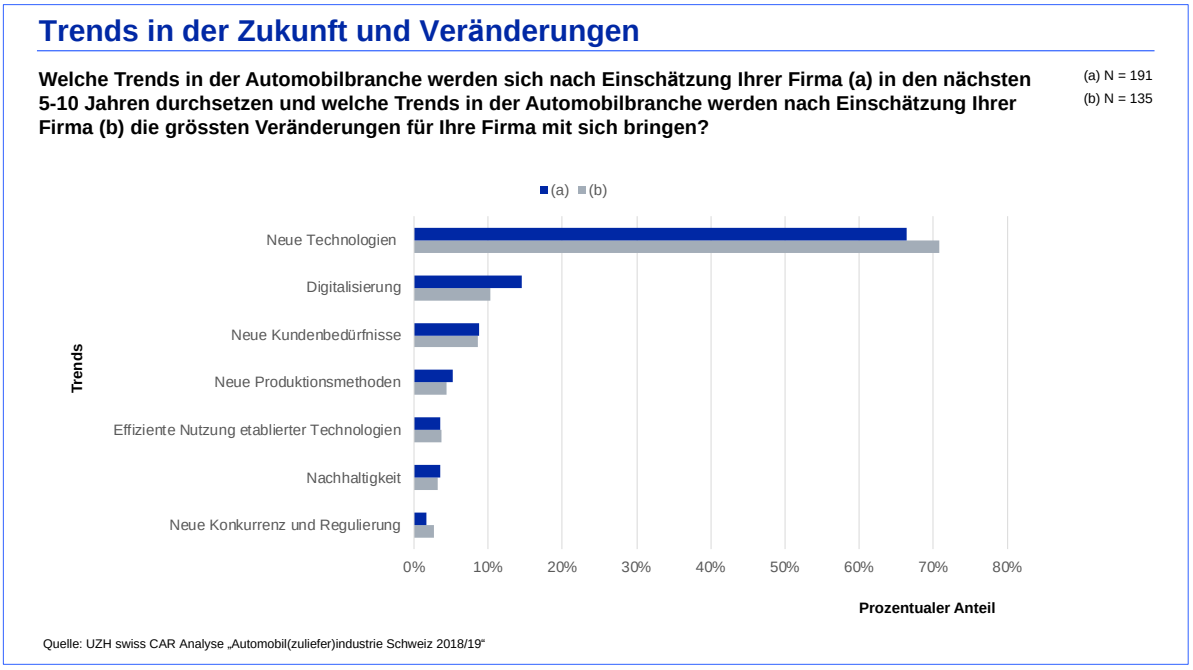


Abbildung 37: Trends in der Zukunft und Veränderungen

Im Folgenden wird der dominierende Trend "neue Technologien" näher betrachtet. Abbildung 38 zeigt dazu die Unterkategorien dieses Trends auf. Vorherrschend sind Themen, die alternative Antriebstechnologien betreffen, mit der Elektro-Mobilität an oberster Stelle, gefolgt vom autonomen Fahren, aber auch andere Themen wurden genannt, wie z. B. der Leichtbau. Dabei rechnen die meisten Firmen damit, dass die Elektro-Mobilität und das autonome Fahren Veränderungen für ihre Firmentätigkeit mit sich bringen.

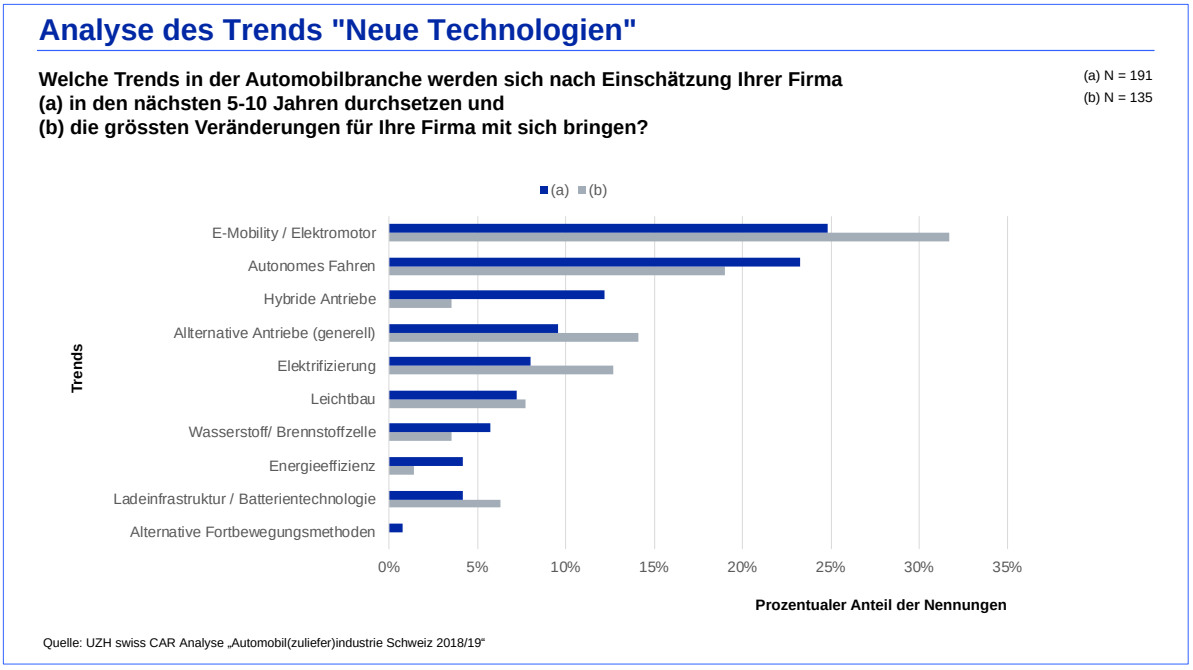


Abbildung 38: Analyse des Trends "Neue Technologien"

Des Weiteren wurden die Firmen direkt nach der Wahrscheinlichkeit der Durchsetzung von alternativen Antrieben, autonomem Fahren und Carsharing befragt (Abbildung 39). Für die nächsten 5–10 Jahre schätzen die Firmen lediglich die Durchsetzung der alternativen An-

triebe als wahrscheinlich ein. Der Veränderungsdruck wird jedoch für alle drei Trends als gering eingestuft. Weiterführende Analysen auf Ebene der Produktkategorien zeigen ein sehr einheitliches Bild. Mit einer Ausnahme schätzen die Firmen aller Produktkategorien (siehe Abbildung 39., z. B. Material, Karosserie, Investitionsgüter) alternative Antriebe sowie autonomes Fahren im Hinblick auf die Durchsetzung ebenso wie im Hinblick auf den Veränderungsdruck sehr ähnlich ein. Das überrascht etwas. Man hätte annehmen können, dass aufgrund des Einsatzfeldes der angebotenen Produkte (z. B. für den Antriebsstrang auf der einen Seite und das Exterieur auf der anderen Seite) der Veränderungsdruck signifikant unterschiedlich eingeschätzt wird. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die erwähnte Ausnahme bilden die Anbieter von Auf- und Umbauten. Sie schätzen die Durchsetzung des autonomen Fahrens in den kommenden 5–10 Jahren als hoch bis sehr hoch ein. Eine mögliche Erklärung könnte in der Fokussierung dieser Betriebe auf Nutzfahrzeuge liegen. Denn Firmenflotten zählen zusammen mit Premiumfahrzeugen zu den beiden Gruppen, bei denen eine Etablierung autonomer Fahrzeuge zuerst erwartet wird (Lazard & Roland Berger, 2017).

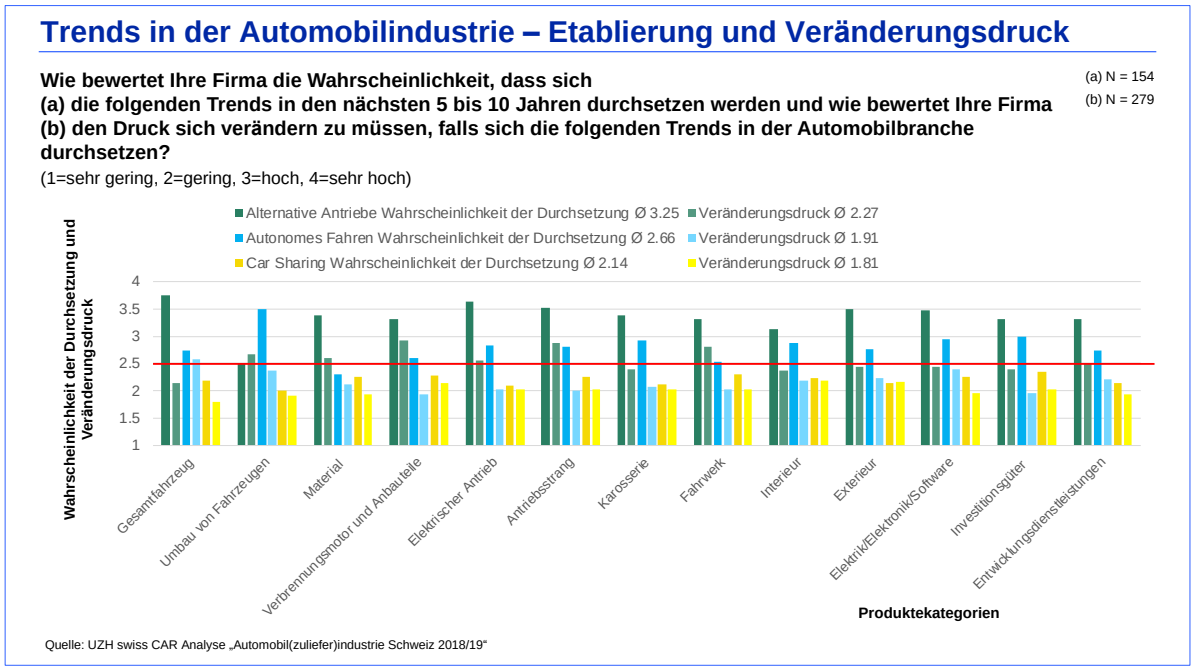


Abbildung 39: Trendbewertung

3.5.2 Einschätzung Entwicklung alternativer Antriebe und des autonomen Fahrens

Im nachfolgenden Abschnitt wird auf die Einschätzung der befragten Firmen bez. der Entwicklung alternativer Antriebe und autonom fahrender Fahrzeuge eingegangen. Bei der Frage nach dem Zeithorizont bis zur Etablierung von alternativen Antrieben auf dem Markt nennt die Mehrheit der Firmen den Zeitraum von zehn Jahren. Die Durchsetzung des autonomen Fahrens erwarten die befragten Firmen tendenziell etwas später, und zwar ca. im Jahre 2030 (Abbildung 40). Diese Einschätzung deckt sich mit einer Vielzahl verschiedener Analysen und Studien welche alle eine Etablierung von alternativ betriebenen Fahrzeugen zwischen 2025 und 2030 prognostizieren (Lazard & Roland Berger, 2017; Spath et al., 2012; UBS, 2017). Dabei sehen rund 15% der Befragten keine Durchsetzung von autonomem Fahren in absehbarer Zeit. Dieser Wert ist um ein Vielfaches höher als bei der Einschätzung der Durchsetzung von alternativen Antrieben.

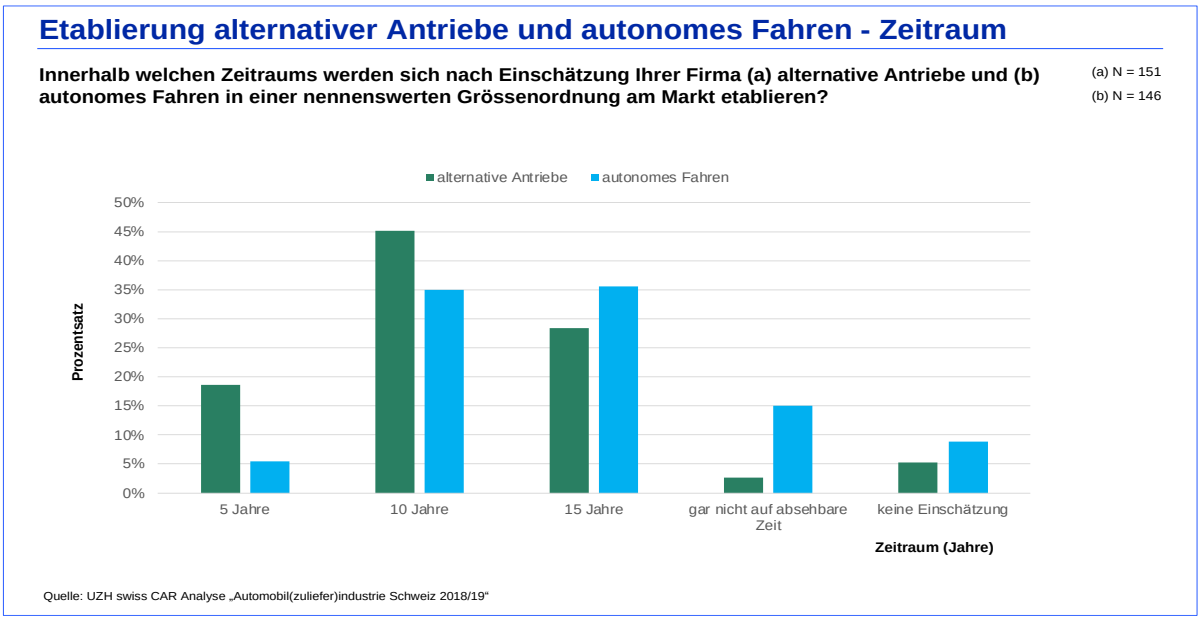


Abbildung 40: Etablierung alternativer Antriebe und autonomes Fahren – Zeitraum

Die Interpretation dessen, was Durchsetzung einer Technologie oder ihr nennenswerter Anteil am Markt bedeutet, lässt grossen Spielraum. Gefragt nach dem Prozentsatz, den Firmen als nennenswert erachten, geben die Firmen im Durchschnitt 26% an für die alternativen Antriebe und 23% für das autonome Fahren (Abbildung 41).

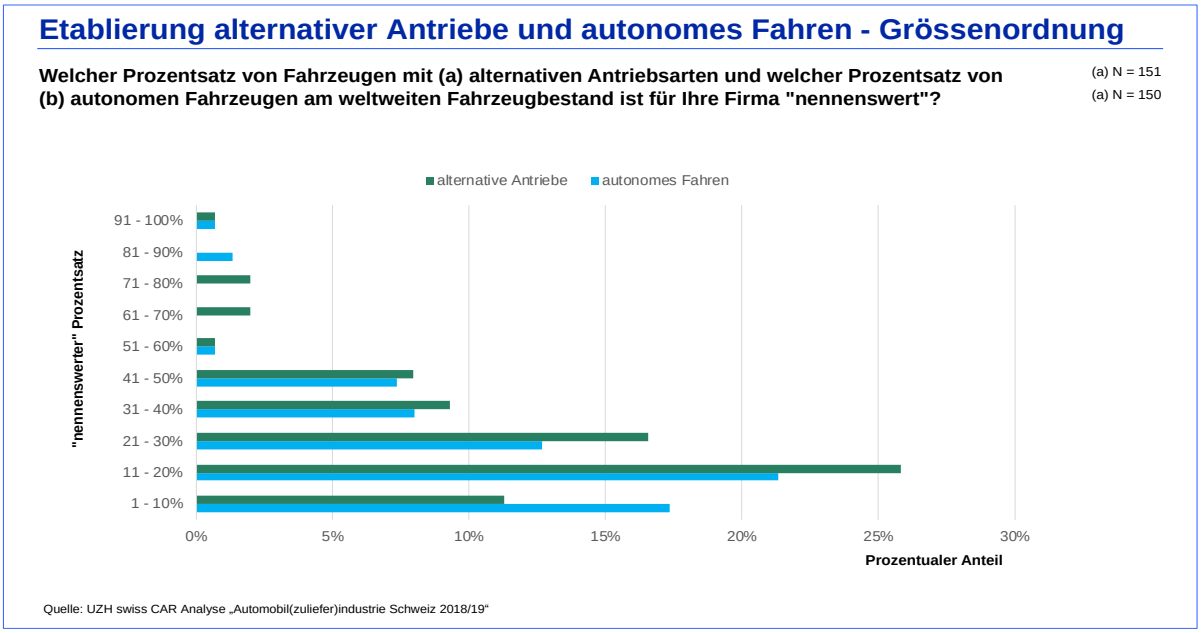


Abbildung 41: Etablierung alternativer Antriebe und autonomes Fahren – Grössenordnung

In einer weiterführenden Analyse wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen dem erwarteten Zeitraum der Durchsetzung alternativer Antriebe und des autonomen Fahrens und dem als nennenswert erachteten Prozentsatz der neuen Fahrzeuge am Gesamtbestand gibt. So hätte man annehmen können, dass die Erwartung der Durchsetzung einer Technologie zu einem späteren Zeitpunkt verbunden ist mit der Annahme einer breiteren Durchsetzung (höherer Prozentsatz am Fahrzeugbestand). Ein solcher Zusammenhang konnte jedoch nicht festgestellt werden.

3.5.3 Mit den Zukunftstrends verbundene Geschäftsaussichten

Dieser Abschnitt beleuchtet die mit den Zukunftstrends verbundenen Geschäftsaussichten und unterscheidet hierbei zwischen den Geschäftsaussichten bei Fortführung der heutigen Unternehmensaktivitäten einerseits und den Geschäftsaussichten, wenn Firmen ihre Aktivitäten gemäss den Trends neu ausrichten andererseits.

Abbildung 42 macht deutlich, dass die technologischen Veränderungen die Schweizer Automobilindustrie spürbar negativ beeinflussen werden, sofern die Firmen ihre Geschäftstätigkeit *nicht* anpassen. Den grössten Einfluss hätte dabei der vollelektrische Antrieb, dessen Durchsetzung am Markt für mehr als 50% aller Firmen mit negativen oder sehr negativen Konsequenzen verbunden wäre, gefolgt vom Brennstoffzellenantrieb (32%) und den hybriden Antrieben (29% und 24%), d. h., diese Firmen bieten Produkte an, die bei der Durchsetzung der genannten Technologien in ihrer heutigen Form nicht mehr bzw. markant weniger benötigt würden. Dies überrascht nicht, denn über 40% der Schweizer Teilezulieferer liefern seit Jahren in den Bereich Motor/Getriebe/Antriebsstrang (Abbildung 29), wobei dort der Verbrennungsmotor die vorherrschende Antriebstechnologie war und auch noch immer ist.

Demgegenüber erwarten 21% aller Firmen eine positive Geschäftsentwicklung bei der Durchsetzung des Verbrennungsmotors mit alternativen Kraftstoffen oder der hybriden Antriebe (15% bzw. 16%), und zwar ohne eine Anpassung ihrer Aktivitäten, d. h., sie bieten bereits Produkte an, die bei der jeweiligen Antriebsart Verwendung finden. Am wenigsten Nennungen auf der positiven Seite hat das autonome Fahren. Das deutet darauf hin, dass zum derzeitigen Zeitpunkt nur wenige Firmen der Schweizer Automobilindustrie Produkte für diesen Bereich anbieten (Abbildung 42).

Schliesslich schätzt der überwiegende Anteil aller Befragten die Geschäftsaussichten vor dem Hintergrund der aktuellen technologischen Entwicklungen als neutral ein, auch wenn die betreffenden Firmen keine Anpassungen ihrer Aktivitäten vornehmen. Dies trifft insbesondere beim autonomen Fahren zu.

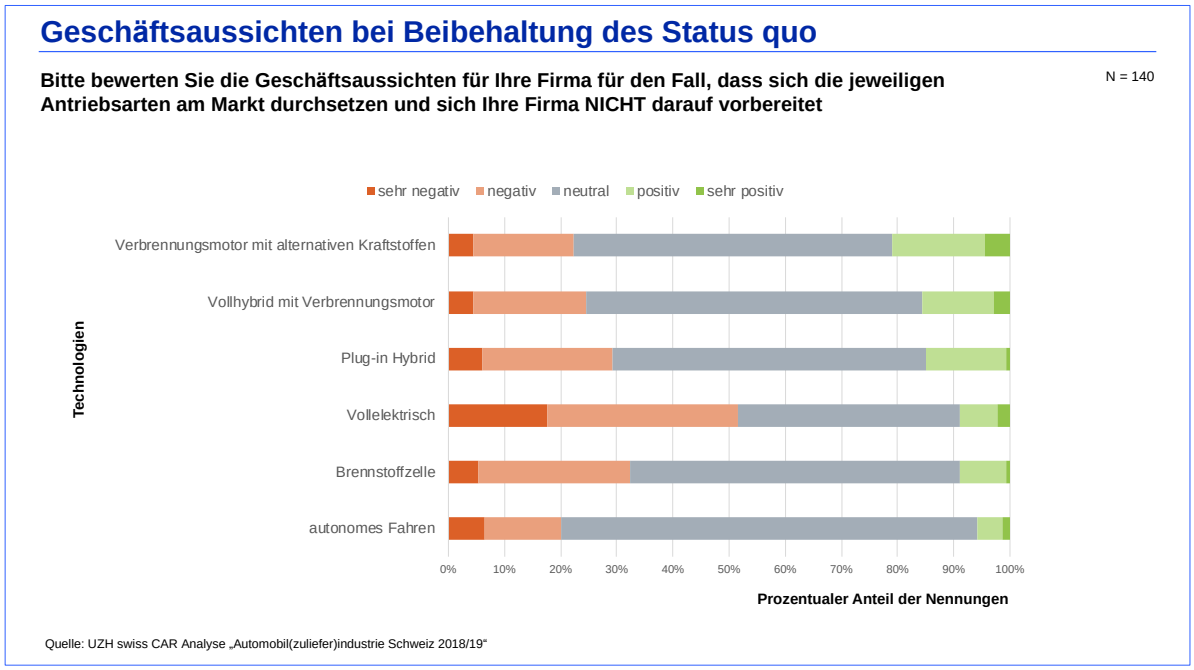


Abbildung 42: Neue Technologien und Geschäftsaussichten bei Beibehaltung des Status quo

Die Ergebnisse zeichnen ein positives Bild im Hinblick auf die Geschäftsaussichten der Firmen im Fall einer Anpassung der Unternehmensaktivitäten an die neuen technologischen Trends. Wie Abbildung 43 zeigt, sehen deutlich mehr Firmen eine positive Entwicklung und damit eine Chance. Viele Firmen sehen die Möglichkeit, ihre Aktivitäten so anzupassen, dass sie von den technologischen Änderungen profitieren können. Nachfolgend werden Schweizer Firmen der Automobilindustrie aufgezeigt, und wie sie sich für die Elektromobilität aufstellen. Sie gehören ganz unterschiedlichen Produktkategorien an und stehen beispielhaft für viele andere.

- Gesamtfahrzeughersteller: Die Carrosserie Hess AG, der einzige Schweizer Bus- und Trolleybushersteller, investiert sehr intensiv in F&E für Elektromobilität und entwickelt nachhaltige Transportlösungen mit Elektro- oder Hybridantrieb für die städtischen Agglomerationen wie den "Swiss Trolley Plus" (Hybrid-Trolleybus mit Batterien für autonomes Fahren ohne Oberleitungsanschluss) oder der E-Bus TOSA, der in enger Zusammenarbeit mit ABB AG entwickelt wurde und der keine Fahrleitungen braucht. Er lädt stattdessen seine Batterien an ausgewählten Haltestationen innert Sekunden auf (AZ, 12.01.2018; Niederberger, 2018; Schaible, 2017; Solothurner Zeitung, 2017).
- Teilehersteller: Die Autoneum AG ist im Bereich Akustik und Wärmemanagement für Fahrzeuge tätig. Die Firma stellt Wärme- und Lärmverkapselungen für Verbrennungsmotoren her und neu auch Produkte für die Elektromobilität. Im Hinblick auf die Akustik sind Elektromotoren zwar viel ruhiger als Verbrennungsmotoren, allerdings bleiben Anforderungen an das Akustikmanagement bestehen. Statt Motorengeräusche müssten Wind- und Vibrationsgeräusche gedämpft werden. Statt wie beim Verbrennungsmotor die Abwärme von der Fahrgastzelle fernzuhalten, muss in Elektrofahrzeugen die Wärme in der Kabine behalten werden. Ein schlecht isolierter Innenraum verschwendet unnötig Batterieleistung, was unweigerlich zu einer Verkürzung der Reichweite des Fahrzeugs führt (Müller, 2.11.2017).
- Materialhersteller: Die Produkte der Sika AG umfassen Klebstoffe und Verstärkungen für Leichtgewichtskarosserien. Für den Bereich der Elektromobilität hat Sika Produkte entwickelt, die beim Zusammenbau von Batterien oder bei der Versiegelung und Isolierung von Elektrobauteilen zum Einsatz kommen (Sika, 2018).
- Investitionsgüterhersteller: Die Reishauer AG stellt Wälzschleifmaschinen zur Bearbeitung von Zahnrädern her. Zahnräder kommen zwar bei allen Antriebstechnologien zum Einsatz. Bei den elektrischen Antrieben sind die Anforderungen jedoch höher, da die Drehzahl und das konstante Drehmoment eine grössere Belastung für Zahnräder darstellen. Felsomat, ein Tochterunternehmen von Reishauer, ist hier spezialisiert. Es fertigt Wälzfräsmaschinen, mit welchen Teile gefertigt werden können, die diesen Anforderungen gerecht werden (Geissler, 2018).

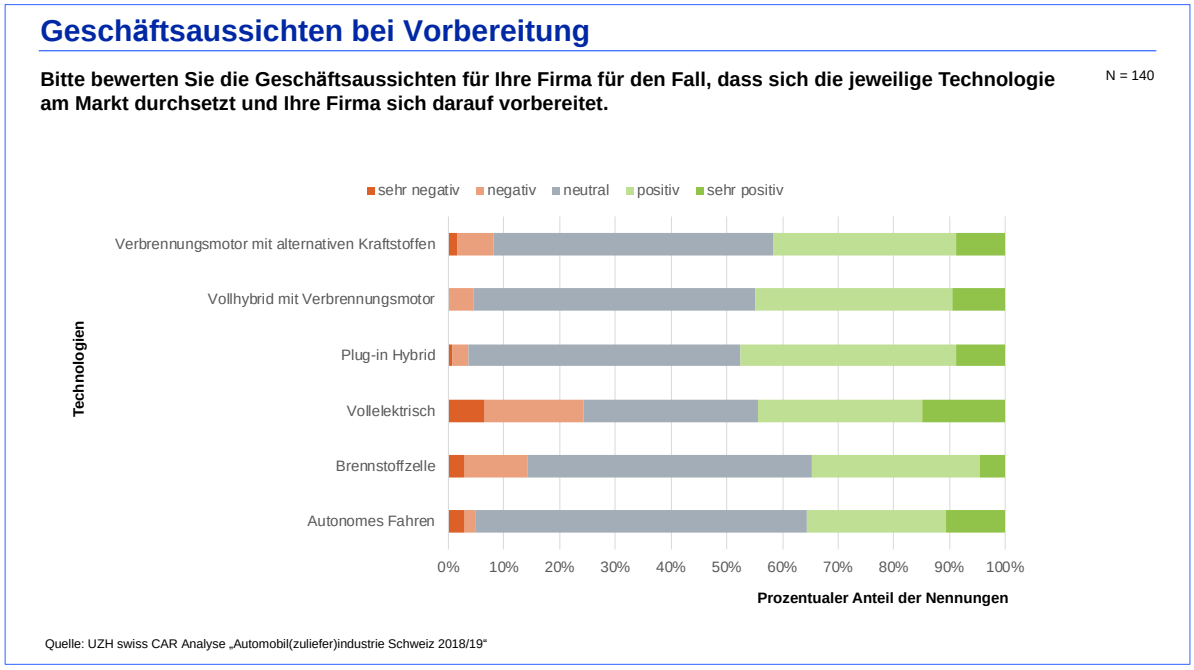


Abbildung 43: Neue Technologien und damit verbundene Geschäftsaussichten bei Vorbereitung

Demgegenüber gibt es erwartete negative Auswirkungen in den Bereichen Vollelektrisch (24%) und Brennstoffzelle (13%), die die Firmen bei der Durchsetzung der jeweiligen Technologie erwarten, und dies auch dann, wenn sie sich auf die Etablierung dieser vorbereiten, d. h., das aktuelle Geschäft dieser Firmen lässt sich nicht oder nur zu einem unzureichenden Teil auf die neuen Technologien ausrichten, oder es wären tiefgreifende Veränderungen nötig, zu denen Firmen aus unterschiedlichen Gründen (noch) nicht bereit sind. Ein Beispiel für eine Firma, die einen solche Veränderung nicht sofort, sondern erst nach reiflicher Überlegung umgesetzt hat ist die Feintool AG. Noch 2015 man skeptisch gegenüber Elektromobilität und wollte sich auf die bestehenden Geschäftsfelder Feinschneiden und Umformen konzentrieren. 2017 dann erweiterte das Unternehmen durch die Übernahme der deutschen "Stanz und LaserTechnik Jassen GmbH" sein Portfolio um ein das strategische Geschäftsfeld "Elektromotorkomponenten" (Feldges, 2018).

Betrachtet man das autonome Fahren, so ist interessant, dass es aus Sicht der Schweizer Unternehmen kaum das aktuelle Geschäft gefährdet, wie aus Abbildung 42 hervorgeht. Von über 35% aller Firmen wird jedoch eine Vorbereitung darauf mit positiven Auswirkungen auf das zukünftige Geschäft verbunden, d. h., sie sehen, teilweise vielversprechende, Geschäftsmöglichkeiten für ihre Firma in diesem Bereich.

Gesamthaft spiegelt sich das grundsätzlich positive Zukunftsbild in den Umsatzerwartungen für die nächsten Jahre (Abbildung 44). Über 50% der Firmen erwarten ein Wachstum von bis zu 10%, jede fünfte Firma sogar ein höheres Wachstum. Demgegenüber stehen 8%, die kein Wachstum, und 6%, die einen Umsatzrückgang erwarten.

Insgesamt sind die Erwartungen der Firmen im Hinblick auf den Umsatz deutlich positiver als noch vor fünf Jahren, als die Branche noch unter dem Eindruck der Krise von 2009 sowie dem starken Franken in den Jahren 2010 und 2011 stand, mit dem eine geschwächte Wettbewerbssituation der exportorientierten Firmen einherging. Allerdings bleibt auch festzuhalten, dass die Umsatzerwartungen im Jahr 2018 nicht ganz das Niveau von 2008 erreicht haben. Dies mag an einer, im Nachgang zur Krise, vorsichtigeren Einschätzung liegen und/oder an

den zuvor aufgezeigten, tief greifenden technologischen Veränderungen der Branche und den damit verbundenen Herausforderungen.

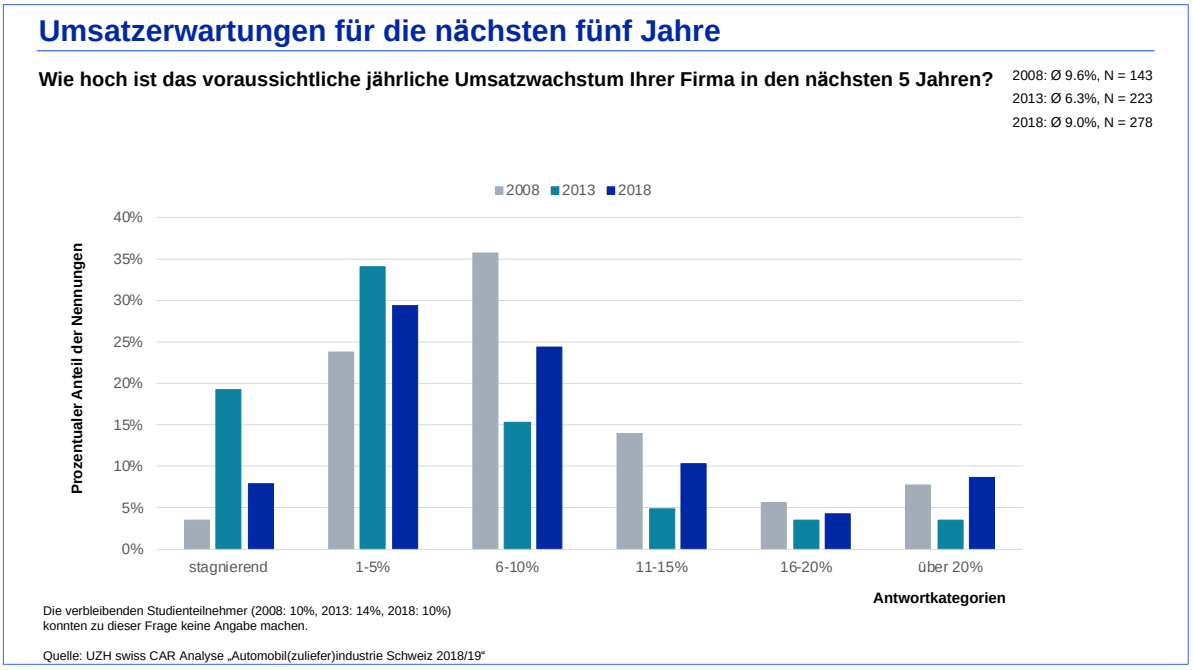


Abbildung 44: Umsatzerwartungen in den nächsten 5 Jahren

3.6 Innovationskraft

Die diesjährige Studie legt ein besonderes Augenmerk auf die Innovationskraft des Schweizer Automobilsektors sowie die Massnahmen zur Handhabung der neuen Trends und Entwicklungen. Der erste Teil des vorliegenden Kapitels analysiert die Umsatzentwicklung allgemein und spezifisch in Bezug auf innovative Produkte. Zusätzlich werden die Innovationsaktivitäten der letzten drei Jahre aufgezeigt, ebenso wie die Themen, welche die Firmen dabei fokussierten. Der zweite Teil beschäftigt sich mit den Massnahmen der Schweizer Automobilindustrie zur Vorbereitung auf die bevorstehenden Veränderungen.

3.6.1 Innovation in den vergangenen Jahren

Um die Innovationskraft der Unternehmen zu erfassen, wurden die Firmen befragt, ob sie in den letzten drei Jahren regelmässig innovative Produkte lanciert haben und ob sie mehr innovative Produkte eingeführt haben als die Hauptwettbewerber. Hierbei wurde zwischen hoch und moderat innovativen Produkten unterschieden mit den folgenden Definitionen:

> *Hoch innovative* Produkte sind Produkte, die entweder Weltneuheiten oder Produkte, die neu für die jeweilige Firma und gleichzeitig neu für die Märkte sind, welche die Firma hauptsächlich bedient.
>
> *Moderat innovative* Produkten sind Produkte, die zwar keine Weltneuheit darstellen, aber neu für die innovierende Firma sind, wie bspw. Ergänzungen zu bestehenden Produktlinien oder Produkt-Relaunches.

Das Ergebnis zeigt Abbildung 45. Ein grosser Teil aller Firmen bewegt sich hier im Mittelfeld, wobei sich der Wert mit den meisten Nennungen ebenso wie etwas weniger als die Hälfte aller Firmen der Schweizer Automobilindustrie in einem Bereich befinden, der als tendenziell

wenig innovativ bezeichnet werden kann.

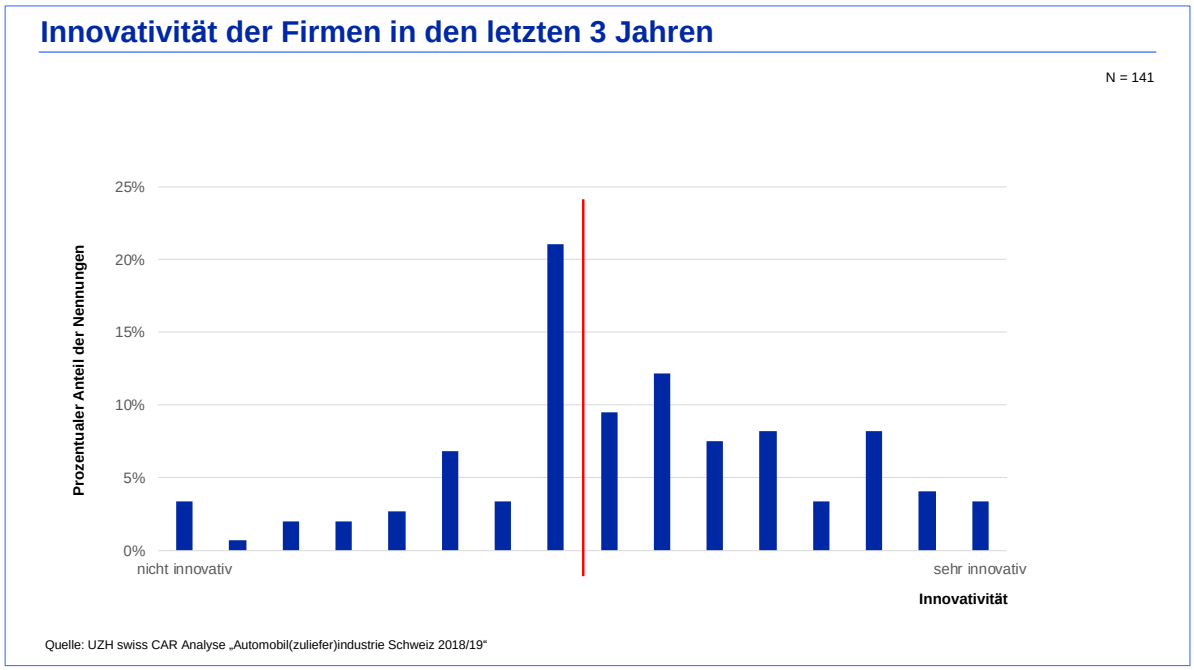


Abbildung 45: Innovativität der letzten drei Jahre

Zudem wurde betrachtet, inwiefern sich die Einführung innovativer Produkte im Umsatz der Firmen niederschlägt (Abbildung 46). Der grösste Anteil der Nennungen findet sich bei einem Umsatzanteil von unter 5% für hoch innovative Produkte und bei einem vergleichsweise höheren Umsatzanteil von 5–10% für moderat innovative Produkte. Im Vergleich zu anderen Industrien ist dieser Wert niedrig.

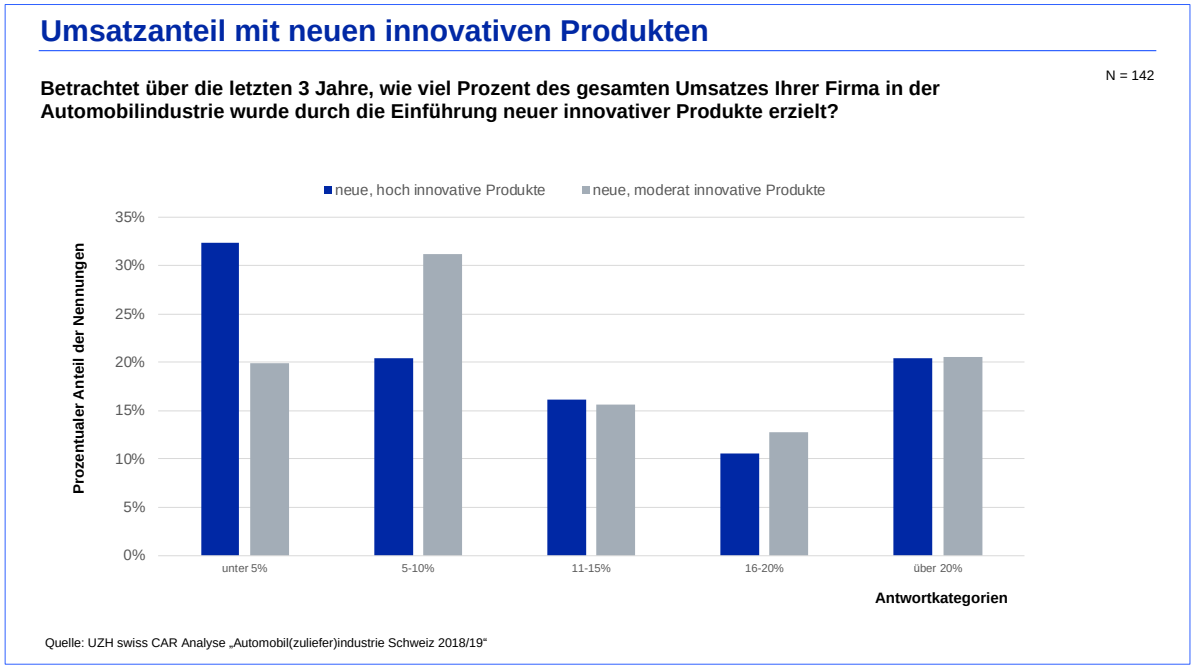


Abbildung 46: Umsatzanteil innovative Produkte

Weiterführende Analysen zeigen zudem (wenig überraschend), dass je höher die Innovativität einer Firma im Sinne der kontinuierlichen Einführung innovativer Produkte am Markt ist, desto stärker ist auch der Beitrag innovativer Produkte zum Gesamtumsatz der Firma. Ausserdem

wurden die Unternehmen befragt, ob sie in den letzten drei Jahren eher explorative oder exploitative Strategien verfolgt haben.

> *Explorativ* sind beispielsweise Tätigkeiten, bei denen Firmen neue Technologien erforschen oder bei denen sie nach neuen technischen Ideen gesucht haben, indem sie "über den Tellerrand" schauen (thinking outside the box).
>
> *Exploitative* Ansätze hingegen beinhalten die Verbesserung bestehender Produkte und Dienstleistungen, die Verbesserung der Kundenzufriedenheit sowie qualitätssteigernde und kostensenkende Massnahmen.

Nur ein kleiner Teil der Firmen gab an, weder exploitativ noch explorativ zu sein. Der Grossteil der Firmen hingegen verfolgt beide Ansätze in einem hohen Masse und gleichzeitig. In der Regel führt dies zu einer hohen Innovationskraft, die allerdings nicht in dem Masse umsatzrelevante Innovationen hervorbringt, wie in anderen Industrien.

Im nächsten Schritt wurde analysiert, ob es Unterschiede in der Innovationstätigkeit der Firmen gab, in Abhängigkeit davon, in welchen Produktkategorien sie aktiv waren. Dahinter stand die Frage: In welchen Produktbereichen sind eher wenig innovative und in welchen sind eher hoch innovative Firmen zu finden? Mittels einer kombinierten Analyse der vorherigen Fragen wurden die Firmen aller Produktkategorien den drei Gruppen tief, moderat und hoch innovativ zugeordnet (Abbildung 47).

Der grösste Anteil an hoch innovativen Firmen findet sich in den Kategorien Interieur, Entwicklungsdienstleistung und Elektrik/Elektronik/Software. Die Produktkategorien Umbau von Fahrzeugen, Materialien und Verbrennungsmotor weisen die am wenigsten innovativen Firmen auf. Als moderat innovativ eingestufte Firmen sind am verhältnismässig stärksten vertreten in den Kategorien Investitionsgüter und elektrischer Antrieb.

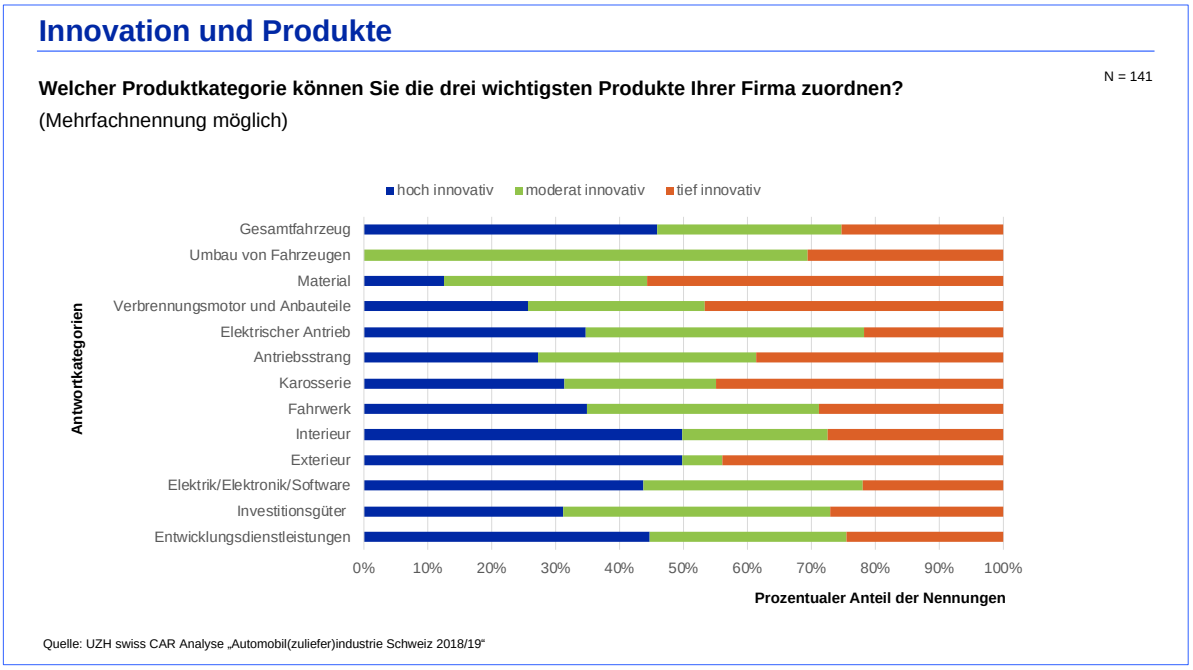


Abbildung 47: Innovation und Produkte

Aus Abbildung 48 lässt sich erkennen, in welchen Technologiebereichen die Unternehmen der Branche in den letzten drei Jahren Entwicklungsprojekte vorangetrieben haben. Viele sahen bzw. sehen grosses Potenzial beim elektrischen Antrieb und haben eigenständig oder in Kooperation mit externen Partnern spezifische Produktentwicklungen in diesem Bereich

durchgeführt. Neben Elektromotoren haben sich diverse Entwicklungsprojekte mit der Entwicklung von Batterien beschäftigt. Betrachtet man die Projektaktivitäten genauer, so stellt man fest, dass Firmen gleichzeitig Projekte zu Elektromotoren als auch zu Batterien verfolgt haben.

Häufig wurden Entwicklungsprojekte zum Thema "neue Materialien" durchgeführt; dies vielfach von Firmen, die entweder in den Bereichen Verbrennungsmotor, Antriebsstrang und Elektromotoren oder aber Exterieur und Karosserie tätig sind. Projekte im Bereich "autonomes Fahren" und Internet- und Kommunikationstechnologie halten sich in etwa die Waage und sind von mittlerer Bedeutung, wenn man die Gesamtheit der befragten Unternehmen betrachtet.

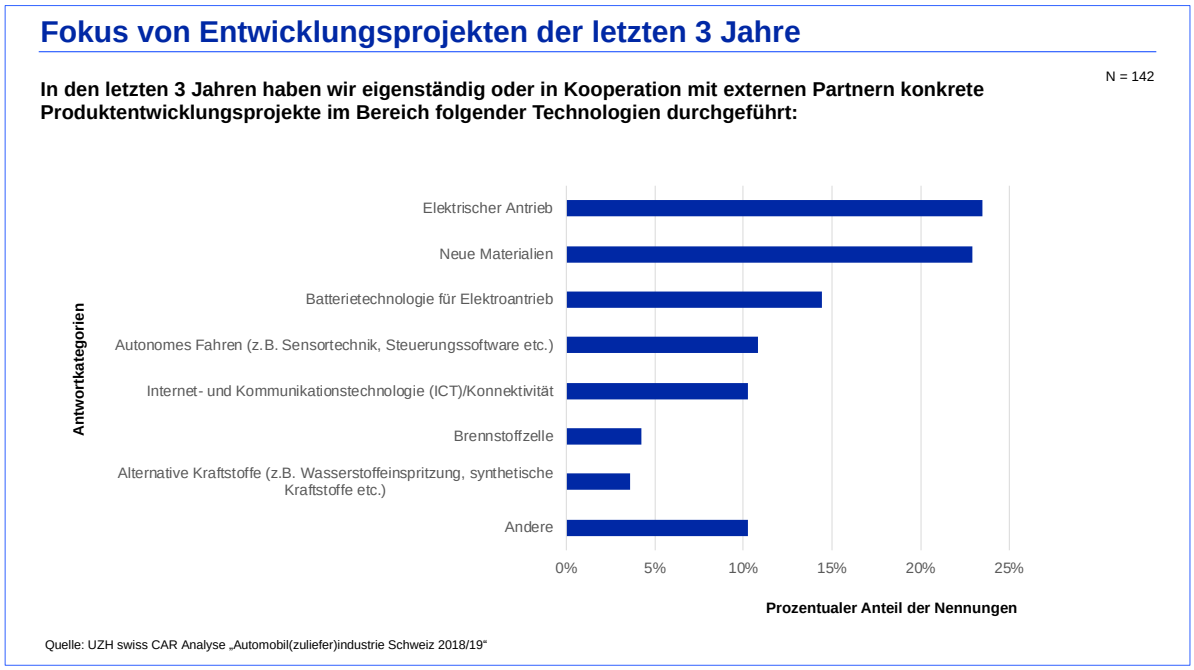


Abbildung 48: Fokus von Entwicklungsprojekten

3.6.2 Vorbereitung auf anstehende Veränderungen

In Zeiten neuer Technologien, die oftmals Veränderung und Unsicherheit mit sich bringen, ist es elementar, dass sich Unternehmen auf die bevorstehende Entwicklung vorbereiten. Die Automobilbranche erlebt derzeit einen Technologiewandel. Auch wenn z. B. die Elektro-Mobilität in aller Munde ist, so hat sich die Technologie bisher nicht durchgesetzt, und es sind – verglichen mit konventionellen Fahrzeugen – nur wenige Elektroautos auf den Strassen. In den nächsten Jahren wird sich zeigen, ob bzw. wie die Elektro-Mobilität den Verbrennungsmotor ablöst oder ergänzt, ob weitere Technologien in nennenswertem Ausmass in den Markt eintreten (z. B. Brennstoffzellen) oder ob ihr Potenzial überschätzt wurde. Gerade darum ist es für die Branche wichtig, sich mit den verschiedenen Möglichkeiten zu befassen und sich auf die Trends vorzubereiten. Nachdem der letzte Abschnitt auf die vergangenen Jahre fokussiert hat, befasst sich der folgende Abschnitt damit, wie sich der Schweizer Automobilsektor auf die Zukunft vorbereitet.

Bei den meisten Unternehmen ist diese Vorbereitung etwas Firmeninternes (Abbildung 49). In Meetings, Workshops und strategischen Besprechungen findet ein Wissens- und Erfahrungsaustauch innerhalb des Unternehmens statt. Auch branchenübergreifende Wissens-

transfers erfolgen relativ häufig, oftmals über Branchennetzwerke, Kongresse und dergleichen. Die Zusammenarbeit zwischen Forschungsinstituten und der Akademie hingegen ist ausbaufähig und wird innerhalb der Kategorie Wissensaustausch am wenigsten genannt. Eine symbiotische Beziehung zwischen dem Automobilsektor und solchen Instituten wäre sicherlich vorteilhaft für beide Seiten, da neuste Forschungsergebnisse und profunde Industriekenntnisse kombiniert werden könnten.

Indes finden sogenannte SWOT[3]- und PESTEL[4]-Analysen wie auch Szenariotechniken relativ breite Verwendung. Zudem werden Markt- und Trendanalysen, wie beispielsweise Kundenbefragungen, ebenso als wichtiges Instrument eingestuft, um sich strategisch auf die Zukunft vorzubereiten.

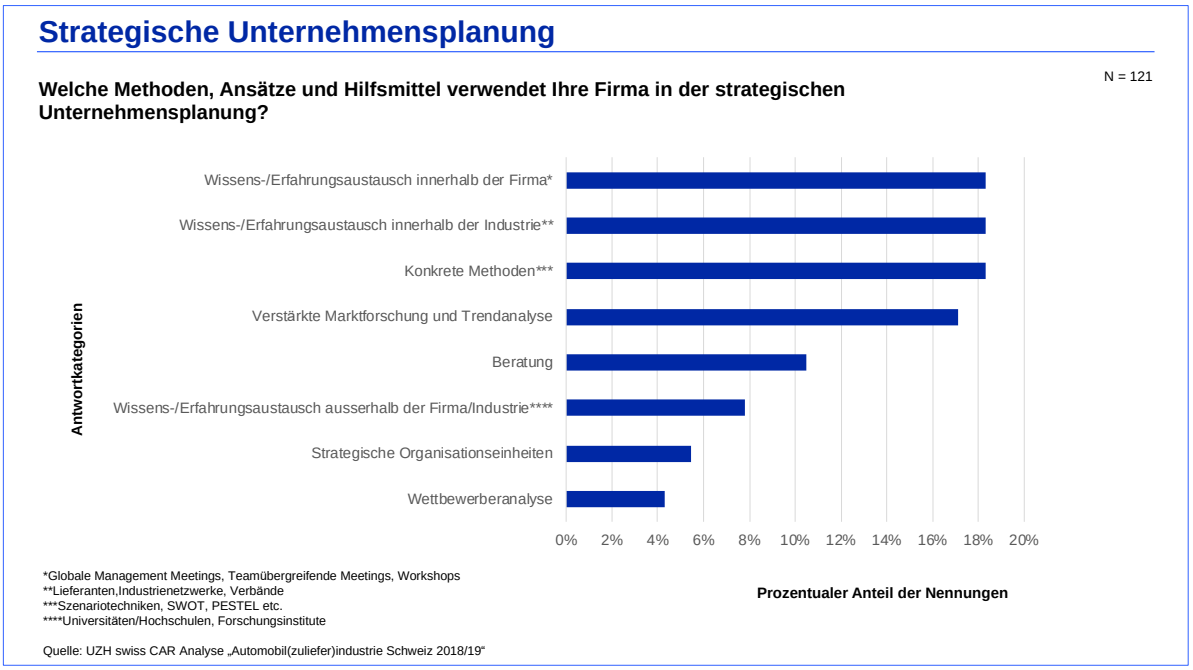


Abbildung 49: Strategische Unternehmensplanung

Gefragt, welche Aktivitäten Firmen bereits umsetzen oder planen, um sich für potenziell bevorstehende Veränderungen zu wappnen, nannten Unternehmen u. a. die Gründung neuer Organisationseinheiten (Abbildung 50). Des Weiteren planen Unternehmen, zukünftig ihr Produktportfolio zu verändern und den Fokus stärker auf F&E-Aktivitäten zu legen. Andere Firmen gehen vermehrt neue Partnerschaften ein und partizipieren an internationalen Netzwerken. Auch gaben Firmen an, überhaupt keine Vorbereitungen auf zukünftige Trendentwicklungen zu treffen. Nicht alle, aber ein grosser Teil dieser Firmen bietet Produkte an, deren Einsatz unabhängig der behandelten Trends ist wie Kunststoffspritzgusswerkzeuge, Prototypenfertigung oder Beschichtungen.

[3] Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats = Stärken, Schwächen, Möglichkeiten und Bedrohungen

[4] Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal = Politisch, ökonomisch, sozial, technologisch, ökologisch und rechtlich

Vorbereitung auf zukünftige Trends

Welche konkreten Aktivitäten plant und setzt Ihre Firma bereits um, um sich für zukünftige Veränderungen in der Automobilbranche zu wappnen?

N = 122

Quelle: UZH swiss CAR Analyse „Automobil(zuliefer)industrie Schweiz 2018/19“

Abbildung 50: Vorbereitung auf zukünftige Trends

4 Exkurs – Alternative Antriebe

Fahrzeugkonzepte der Zukunft – Ein Ausblick in CO_2-arme Technologien

(Christian Bach, EMPA; Prof. Dr. Andrea Vezzini, Berner Fachhochschule)

4.1 Einleitung

Die Mobilität befindet sich in einem enormen Wandel: neue Antriebstechnologien, CO_2-arme Treibstoffe, automatisiertes Fahren, neue Sharing- und Businesskonzepte, Roadpricing und die Digitalisierung der Fahrzeuge und Fahrten werden einiges verändern. Diese neue Vielfalt bietet für den Automobilmarkt gleichermassen grosse Herausforderungen wie auch neue, interessante Chancen. Während sich die Automobilbranche in technologischer Hinsicht bisher primär mit der Entwicklung, Herstellung und dem Vertrieb von Fahrzeugen auseinandersetzen musste, rücken zunehmend Fragen aus den Energie-, Umwelt- und Rohstoffsektoren sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie in den Vordergrund.

Im Folgenden wird der Wechsel auf eine CO_2-arme individuelle Mobilität aufgezeigt. Die dafür erforderlichen Technologien sind bereit, das Interesse daran steigt weltweit, die Schweiz ist technologisch in einer Poleposition. Elektrofahrzeuge, synthetische Treibstoffe und die Wasserstoff-Mobilität werden eine wichtige Rolle spielen, und zwar nebeneinander, je nach Anwendungsbereich mit unterschiedlicher Ausprägung und teilweise mit einem Marktwachstum in schnellem Tempo. Die Risiken für Marktteilnehmer liegen hauptsächlich in einer Unter- oder Überschätzung dieser Technologien.

Um die CO_2-Emissionen im Strassenverkehr signifikant senken zu können, muss man deren Ursprung detailliert kennen. Nur so kann sichergestellt werden, dass effektive Massnahmen ergriffen werden, die ihre geplante Wirkung dann auch erzeugen. Die Entwicklung der CO_2-Emissionen der Personenwagen in der Schweiz, die für über 70% der strassenverkehrsbedingten Emissionen verantwortlich ist, kann nach dem japanischen Ökonomen Kaya (Kaya, 1990) in einer einfachen Formel mit vier Termen dargestellt werden:

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{pkm} \times \frac{pkm}{P} \times P$$

wobei: $\frac{CO_2}{E}$: Energiemix

$\frac{E}{pkm}$: Fahrzeugverbrauch

$\frac{pkm}{P}$: Laufleistung pro Einwohner

P : Anzahl Einwohner

Die beiden ersten Terme ($\frac{CO_2}{E}$, $\frac{E}{pkm}$) stellen „technologische Faktoren“ dar. Steigt beispielsweise der Anteil an erneuerbarer Energie (1. Term) und/oder sinkt der energetische Verbrauch (2. Term), sinken die technologiebasierten CO_2-Emissionen. Der dritte und vierte Term ($\frac{pkm}{P}$, P) stellen „sozioökonomische Faktoren“ dar. Steigende Verkehrs- und Reisedistanzen auf der Strasse (3. Term) korrelieren oft mit dem Wirtschaftswachstum und der gesellschaftlichen Entwicklung, indem beispielsweise der Freizeitverkehr zunimmt oder häufigere Ferienreisen

resultieren. Der 4. Term schliesslich stellt das Bevölkerungswachstum dar.

Trägt man die technologischen und sozioökonomischen Faktoren in einem Diagramm gegeneinander auf, resultiert – rückwärts betrachtet – folgende Entwicklung der realen CO_2-Emissionen der neu inverkehrgesetzten Personenwagen (Abbildung 51):

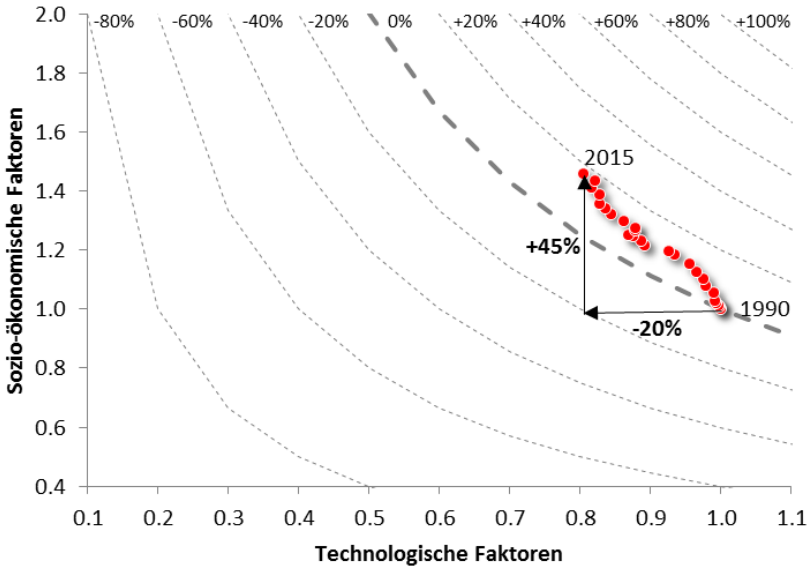


Abbildung 51: Technologische und sozioökonomische Entwicklung der CO2-Emissionen der neu inverkehrgesetzten Personenwagen von 1990 bis 2015

Abbildung 51 zeigt, dass bei den neu inverkehrgesetzten Personenwagen seit 1990 eine CO_2-Minderung aufgrund „technologischer Faktoren“ um 20% resultierte, obwohl die Fahrzeuge in diesem Zeitraum grösser, schwerer, besser ausgestattet und leistungsfähiger wurden (CO_2-Kompensationsmassnahmen sind dabei nicht berücksichtigt). Diese Fortschritte wurden allerdings durch um 45% gestiegene sozioökonomische Faktoren (Mehrkilometer) überkompensiert, was insgesamt zu 20% gestiegenen CO_2-Emissionen führte.

Die Reduktion der CO_2-Emissionen bei Personenwagen ist bisher ausschliesslich auf Effizienzmassnahmen im Antriebsbereich zurückzuführen, denn der Energiemix (der 2. technologische Term in o. g. Kaya-Gleichung) verschob sich zwar etwas von Benzin in Richtung Diesel, allerdings mit konstanter CO_2-Belastung pro Energieeinheit. Analysiert man die künftigen Verbrauchsreduktionspotenziale verbrennungsmotorischer Fahrzeuge, zeigt sich bis 2030 nochmals ein Reduktionspotenzial im Bereich 30–35% (konstanter Mix der Segmente angenommen) (Zapf, Pengg, Bütler, Bach, & Weindl, 2019).

Die nachstehende Tabelle listet die entsprechenden Potenziale für Kompaktfahrzeuge mit einer Antriebsleistung von 80 bis 110 kW auf, gegliedert nach Kriterien, die den Verbrauch massgeblich beeinflussen.

	2030		
	Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE)	Hybridfahrzeug (HEV) mild (ohne rein elektrischen Betrieb)	Hybridfahrzeug (HEV) voll 2–5 km elektrische Reichweite
Fahrwiderstände	–4 … –9%		
Innermotorisch	–5 … –20%		
Aussermotorisch	–3 … –5%	–10 … –20%	–15 …–25%
Total Mittelwert	–12 … –31% –22%	–15 … –42% –29%	–24 … –45% –35%

Tabelle 4: Verbrauchsminderungspotenziale verbrennungsmotorischer Fahrzeuge bis 2030

Dies bedeutet konkret, dass der Realverbrauch eines benzinbetriebenen Kompaktfahrzeugs, der 1990 noch bei gut 9 l/100 km lag und heute bei 6,3 l/100 km liegt, bis 2030 auf gegen 4 l/100 km sinken könnte. Nimmt man diese Werte als generelle Verbrauchsminderung bei Personenwagen an, würde in Verbindung mit dem bis 2030 erwarteten PW-Verkehrswachstum um 8% (ARE, 2016) eine CO_2-Minderung im Personenwagensektor gegenüber 1990 um 20% resultieren, wenn man ausschliesslich bei benzin- und dieselbetriebenen verbrennungsmotorischen Antrieben bleiben würde.

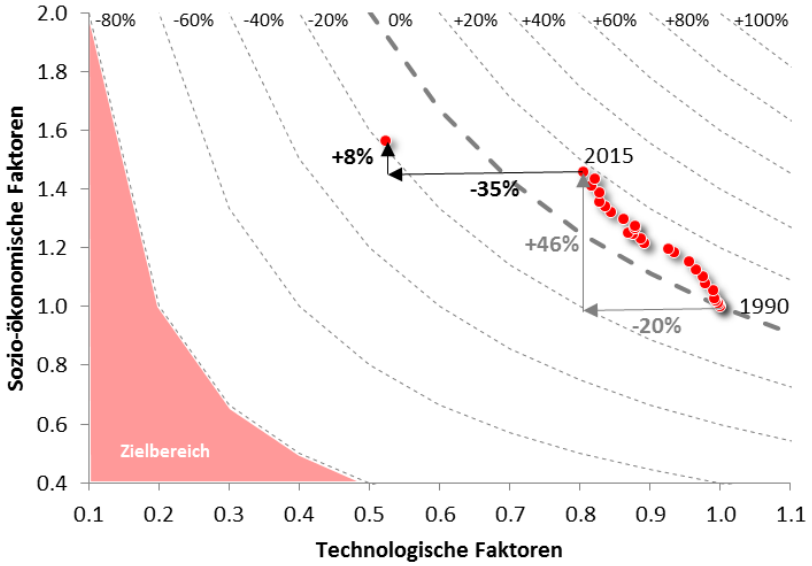


Abbildung 52: Technologische und sozioökonomische Entwicklung der CO2-Emissionen der neu inverkehrgesetzten Personenwagen von 1990 bis 2015 sowie Perspektive bis 2030 mit ausschliesslich benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeugen

Diese Reduktion reicht bei Weitem nicht aus, um die Ziele des Pariser Klimaabkommens einhalten zu können. Dies ist nur möglich, wenn die CO_2-Emissionen bis 2050 weitgehend eliminiert werden, was wiederum nur erreichbar ist, wenn ab dem Zeitraum von 2030 bis 2035 nur noch Fahrzeuge mit sehr niedrigen CO_2-Emissionen in Verkehr gebracht werden. Es sind deshalb zwingend weitergehende Effizienzmassnahmen erforderlich (2. Term in o. g. Kaya-Gleichung) sowie ein praktisch flächendeckender Umstieg auf erneuerbare Energie bzw. die „Aktivierung“ des bisher in Strassenfahrzeugen noch praktisch nicht genutzten 1. Terms der Kaya-Gleichung. Das Ziel ist, die Personenwagen-Mobilität in den in Abbildung 2 markierten „Zielbereich“ mit >80% reduzierten CO_2-Emissionen zu bringen. Im Folgenden werden die

oben genannten Technologien zur Erreichung dieser Ziele ausgeführt.

4.2 Energetische Ausgangslage

Die CO_2-Minderung hängt nicht primär vom Antriebskonzept, sondern von der Herkunft der für den Antrieb benötigten Energie ab. Beim Wechsel auf neue Antriebskonzepte ist deshalb der gleichzeitige Umstieg auf erneuerbare Energie notwendig, um eine CO_2-Minderung zu bewirken. Dies ist aber in mindestens zweierlei Hinsicht schwieriger, als auf den ersten Blick angenommen: Erstens besteht die Gefahr, dass die erneuerbare Energie für die Mobilität einfach einem anderen Energiesektor entzogen wird und dann aufgrund ihrer Mengenbeschränkung dort fossil „nachgefüttert" werden muss. Dies führt lediglich zu einer Verschiebung von CO_2-Emissionen und wird das Klimaproblem nicht lösen können. Zweitens kann erneuerbare Energie nicht – wie dies bei fossiler Energie der Fall ist – nach Bedarf bereitgestellt werden, sondern sie fällt dann an, wenn die Sonne scheint, der Wind weht oder Wasser für Wasserkraftwerke zur Verfügung steht, was eben nicht immer oder nicht immer in ausreichendem Masse der Fall ist.

Die höchste CO_2-Einsparung wird erreicht, wenn für die Mobilität erneuerbare Energie eingesetzt wird, die anderswo nicht nutzbar ist. Im Falle von elektrischer Energie, die hier im Vordergrund steht, wird diese oft als „Überschuss-Elektrizität" bezeichnet, was physikalisch unpräzis ist, da Stromproduktion und Stromverbrauch zu jedem Zeitpunkt exakt ausgeglichen sein müssen. Korrekter wäre der Begriff „Überschuss-Kapazität", was bedeutet, dass Anlagen zur Produktion von erneuerbarer Elektrizität nicht jederzeit voll ausgelastet werden können. Da die CO_2-Emissionen erneuerbarer Elektrizität praktisch ausschliesslich mit der Herstellung der Anlagen und nicht mit dem Betrieb verbunden sind, führt eine höhere Auslastung der Anlagen nicht zu einer Erhöhung der CO_2-Emissionen, wohl aber zu einer Verbesserung ihrer Wirtschaftlichkeit. Beim Umstieg auf erneuerbare Elektrizität besteht deshalb ein grosses ökologisches und wirtschaftliches Interesse, Anlagen zur Produktion von erneuerbarer Elektrizität jederzeit voll auszulasten.

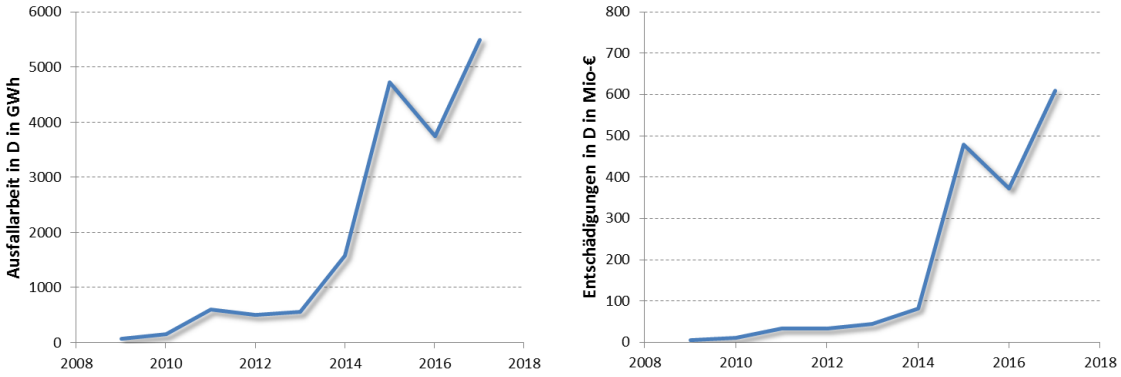
Stromüberschüsse als Folge der neuen Energiestrategie wurden erstmals 2012 von Prognos quantifiziert (BFE & Prognos AG, 2012). Für das „neue Energiepolitik-Szenario" im Jahr 2050 wurden diese in einem generischen Modell auf 9 TWh_{el}/a geschätzt, basierend u. a. auf einem Photovoltaik-Ausbau von 10 bis 11 GW_{el} (ca. 20% Photovoltaik-Potenzial). Im Jahr 2015 wurden die Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr von Swissgrid im „Sun2035"-Szenario auf rund 10 TWh_{el}/a geschätzt, basierend auf einem Photovoltaik-Ausbau auf 15,6 GW_{el} (von Kupsch, 2015) (ca. 30% Photovoltaik-Potenzial). Eine Untersuchung der Empa im Jahr 2018 schliesslich kommt zum Schluss, dass die Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr nach vollständigem Tag-Nacht-Ausgleich im Bereich 4–11 TWh_{el}/a liegen werden, je nach Ausbau der Photovoltaik von 25 bis 50% der dafür geeigneten Dachflächen (entspricht einer Stromproduktion von 12,5 bis 25 TWh_{el}). Unter Berücksichtigung der verschiedenen Berechnungsmethoden resultiert somit ein durchaus konsistentes Bild, das zeigt, dass der Photovoltaik-Ausbau in der Schweiz zu grossen Mengen an im Strommarkt nicht nutzbarer Überschuss-Elektrizität führen wird.

Stromüberschüsse im Sommerhalbjahr sind für die Schweiz gang und gäbe. Diese können heute noch in Nachbarländer exportiert werden, wo zu diesen Zeiten fossile Kraftwerke entsprechend zurückgefahren werden können. Im Winterhalbjahr, wo die Schweiz nicht genü-

gend eigene Energie produzieren kann, wird Strom aus dem Ausland in die Schweiz importiert. Das Ausland stellt für die Schweiz somit so etwas wie einen „saisonalen Stromspeicher“ dar. Da die Nachbarländer die Photovoltaik ebenfalls stark ausbauen, ist zumindest unklar, ob Stromexporte im Sommerhalbjahr künftig noch im gleichen Masse möglich sind bzw. zu welchen Preisen. Die Erhöhung einheimischer Potenziale zur Speicherung von Strom (beispielsweise mittels Elektrofahrzeugen, siehe Abschnitt 3) ist deshalb ein zentrales Element der Energiewende.

Sind die Kapazitäten in Pumpspeicherkraftwerken und Batterien oder anderen Stromspeichersystemen ausgeschöpft, musste Überschuss-Elektrizität zumindest bisher abgeregelt oder vernichtet werden. Beides führt entweder zu Entschädigungskosten der Allgemeinheit oder Wirtschaftlichkeitsverlusten für die Betreiber entsprechender Anlagen. Daten der deutschen Netzagentur (Bundesnetzagentur, 2017) für Deutschland und von Agora Energiewende für China (Energy Brainpool, 2017) zeigen dieses Grundproblem auf, auch wenn dieses nicht eins zu eins auf die Schweiz übertragen werden kann.

In Deutschland wird abgeregelte elektrische Energie als „Ausfallarbeit“ bezeichnet. Diese Daten werden veröffentlicht (Abbildung 53).



(Quelle: dena, 2018)

Abbildung 53: Abgeregelte erneuerbare Elektrizität
(in Deutschland als „Ausfallarbeit“ bezeichnet)

Abbildung 53 zeigt, dass die „Ausfallarbeit“ in Deutschland stark zunimmt und dass 2017 rund 5‘500 GWh erneuerbare Elektrizität abgeregelt wurden, was alleine im Jahr 2017 zu Entschädigungszahlungen im Umfang von 600 Mio. EUR führte (entspricht ca. 0.11 EUR/kWh_{el}).

Ein ähnliches Bild zeigt sich in China, wo 2016 bereits 17% oder 49,7 TWh der Windenergie abgeregelt wurden (Abbildung 54, linkes Diagramm) und die Volllaststunden der Photovoltaik seit 2012 um rund 25% zurückgingen (Abbildung 54, rechtes Diagramm), weil auch die Photovoltaik zunehmend im Strommarkt nicht mehr nutzbare Elektrizität produziert.

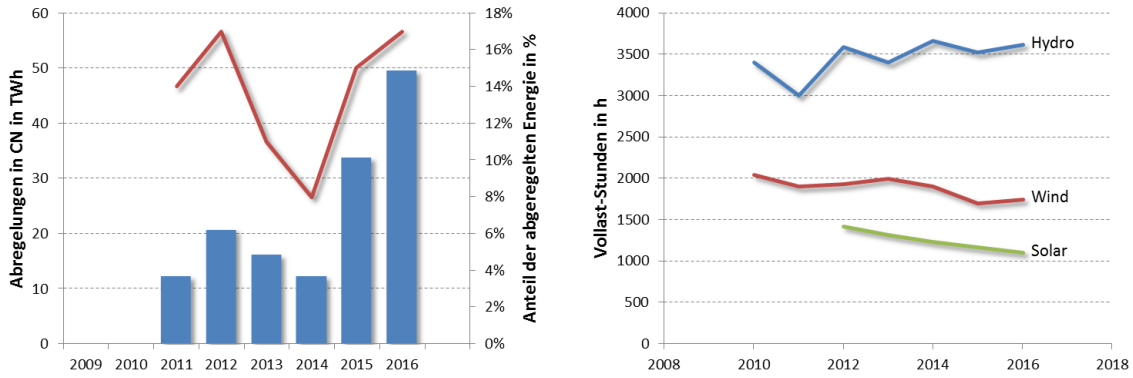
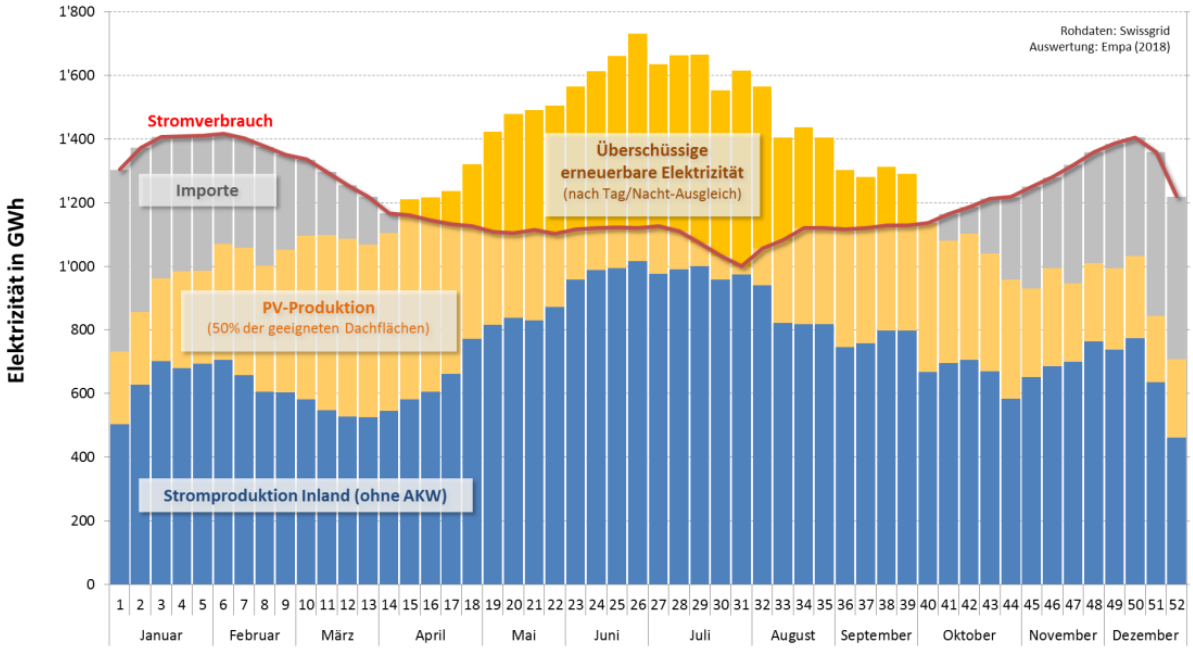


Diagramm links: Balken = absolut; Linie = Anteil in % – Volllaststunden der Wasserkraft-, Windkraft- und Photovoltaik-Energie in China

Abbildung 54: Abgeregelte Windenergie in China

Um den Umstieg auf erneuerbare Elektrizitätsproduktion im grossen Stil zu ermöglichen, müssen deshalb Konzepte entwickelt werden, die das Abregeln von über der Stromspeicherkapazität liegenden Überschuss-Elektrizität weitgehend verhindern. Das nun ist die energetische Grundlage synthetischer Treibstoffe.

Wie Abbildung 55 zeigt, resultieren bei einem Photovoltaik-Ausbau von 50% der geeigneten Dachflächen in der Schweiz bei vollständigem Ausgleich der Tag-Nacht-Unterschiede über ganze Wochen hohe Stromüberschüsse, die 30–50% der Photovoltaik-Produktion ausmachen (Abbildung 55, dunkelgelbe Säulenabschnitte).



Hypothetisches Elektrizitätsprofil Schweiz mit der mittleren Stromproduktion 2010–2016 abzüglich Atomkraftwerkstrom (ca. 25 TWh; blau), zuzüglich 25 TWh Photovoltaik gemäss sonnendach.ch (gelb), dem resultierenden Bedarf an Importstrom (grau) als Differenz zum mittleren Stromverbrauch 2010–2016 (rote Linie)

Abbildung 55: Hypothetisches Elektrizitätsprofil Schweiz

Synthetische Treibstoffe sind in der Schweiz aufgrund der saisonalen Unterschiede in der erneuerbaren Stromproduktion interessant. In anderen Ländern können es auch regionale

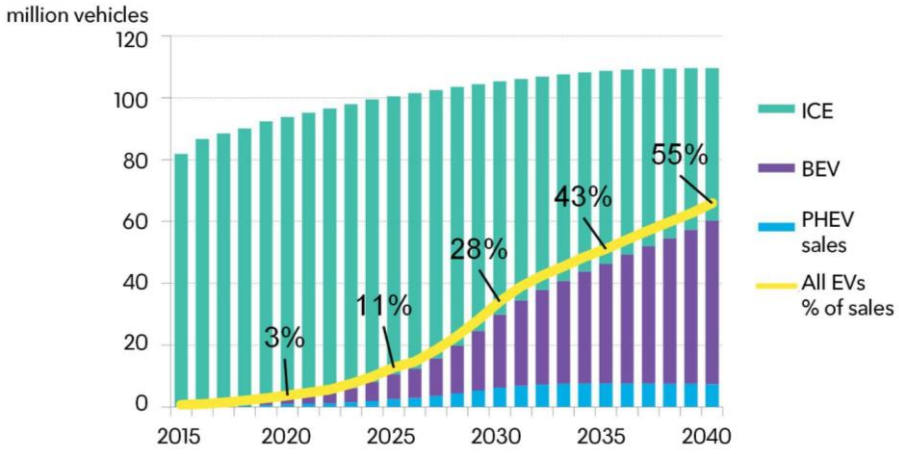
Potenziale sein (z. B. Windparks im Norden von Deutschland) oder nicht ausgeschöpfte erneuerbare Ressourcen (Wasserkraft in Island, Sonnenenergie auf der Südhalbkugel). Erfolgt der Ausbau erneuerbarer Elektrizitätsproduktion ohne den gleichzeitigen Aufbau von Anlagen zur Produktion synthetischer Treibstoffe, besteht die Gefahr, dass dieser ins Stocken gerät, weil zunehmend Überschüsse produziert werden, die im Strommarkt alleine nicht nutzbar sind.

4.3 Elektro-Mobilität

Reine Elektrofahrzeuge weisen einige wichtige Vorteile auf: So fallen lokal keine Emissionen an, was besonders in Ballungsgebieten ein Vorteil ist. Die Energie für den Antrieb kann mehrheitlich, wenigstens im Sommerhalbjahr, aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen werden, und der Endenergiebedarf ist zudem durch den hohen Wirkungsgrad des elektrischen Antriebs deutlich kleiner als beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.

Demgegenüber stehen die bei der Produktion von elektrofahrzeugspezifischen Komponenten (Batterie, Elektromotor) anfallenden CO_2-Emissionen und die Emissionen bei der Bereitstellung der elektrischen Energie aus nicht erneuerbaren Quellen. Für den nachhaltigen Erfolg und für die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen spielen jedoch auch nicht mit den Emissionsfragen gekoppelte Faktoren eine Schlüsselrolle.

Trotz der Diskussionen rund um die Gefahren eines solch radikalen Technologiewechsels gehen Marktbeobachter von einem raschen Wachstum des Anteils elektrifizierter Fahrzeuge am Gesamtfahrzeugmarkt aus, der bis 2025 einen Anteil von 11% erreichen kann.



Quelle: Bloomberg New Energy Finance: Electric Vehicle Outlook 2018

Abbildung 56: Jährlicher weltweiter Verkauf von leichten Nutzfahrzeugen

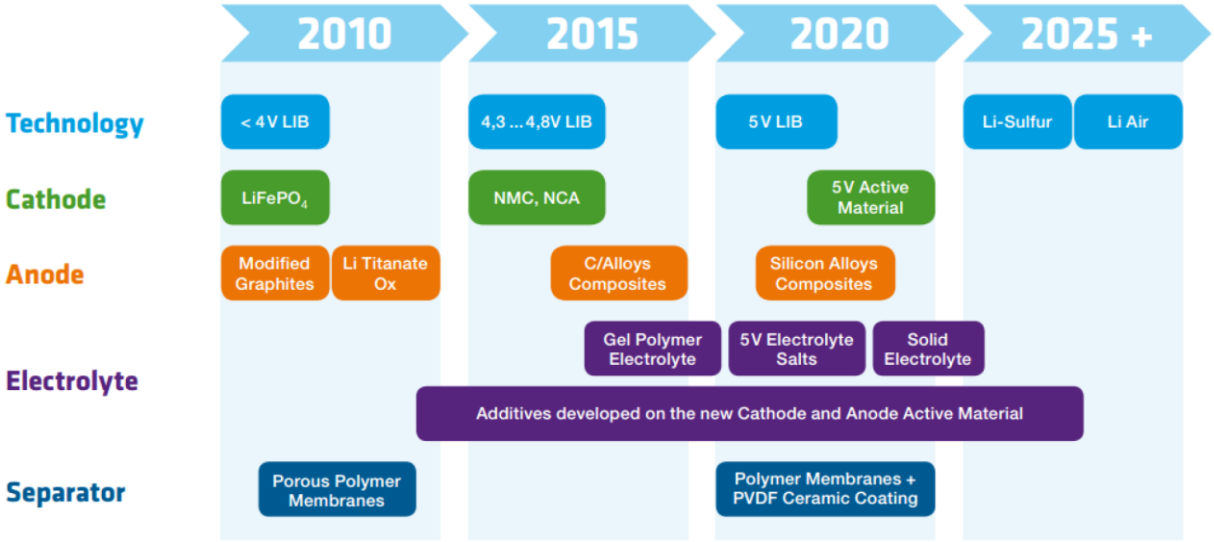
4.3.1 Batterietechnologie als Schlüsselelement für reine Batterieelektrofahrzeuge

Der Fokus bei der Forschung für die Elektro-Mobilität liegt bei der Batterietechnologie. Dabei wird oft unterschieden zwischen den Möglichkeiten der Lithium-Ionen-Technologie und etwas weiter in der Zukunft zu erwartenden "Post-Lithium"-Lösungen. Meist werden sowohl für die Zelle als auch für das komplette Batteriepaket die gleichen Schlüsselmetriken verwendet: Der Energieinhalt pro Masse (kWh/kg) und der Preis pro gespeicherter Energieeinheit (CHF/kWh). Das Verhältnis zwischen der gravimetrischen Energiedichte von Zellen zu Batteriepaketen hat

sich dabei in den letzten Jahren aufgrund der Anstrengungen in der Batteriekonstruktion massiv verbessert und dürfte bei neuesten Entwicklungen etwa 80% betragen. Die Entwicklungsgeschwindigkeit sieht man im Vergleich des Batteriepakets des Chevrolets Bolt (435 kg für 57 kWh, entspricht einer Energiedichte von 131 Wh/kg) und des Model 3 von Tesla (480 kg für 80 kWh, davon 75 kWh nutzbar, entspricht einer Energiedichte von 167 Wh/kg bzw. 156 Wh/kg). Zwischen der Markteinführung der beiden Modelle liegt knapp ein halbes Jahr. Die Verbesserung ist auf eine Veränderung der Zusammensetzung des Mischmetalls in der Kathode und auf die Einführung einer neuen Zellgeometrie zurückzuführen.

Aufgrund weiterer Verbesserungen der Lithium-Ionen-Technologie bis ins Jahr 2025 kann mit einer Verdoppelung der Energiedichte zum Stand 2016 gerechnet werden. Dies dürfte vor allem dazu führen, dass die Fahrzeuge leichter werden und damit noch effizienter.

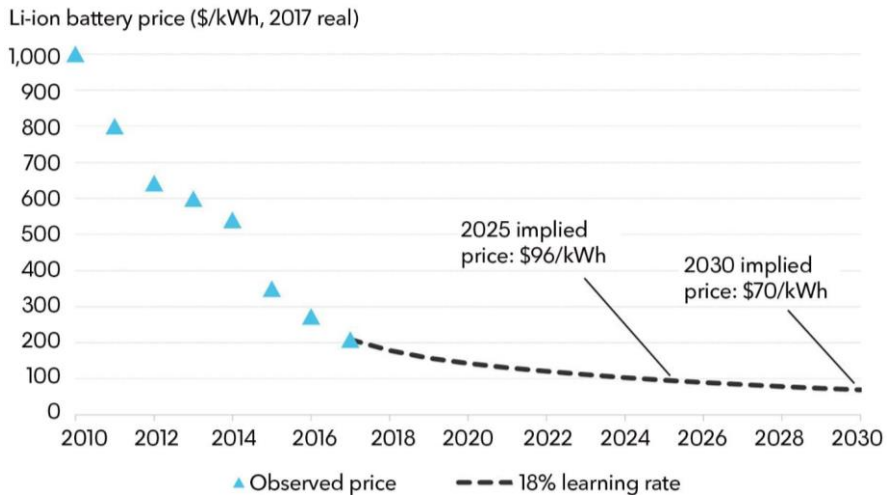
Ab 2025 dürfte dann mit sogenannten "Post-Lithium"-Lösungen nochmals ein weiterer Schritt getan werden. An vorderster Front stehen hier Vanadium-Pentoxid-, Magnesium-Ionen-, Lithium-Schwefel, Raumtemperatur-Fluorid-Ionen- oder gar Lithium-Luft-Batterien. Dabei sind spezifische Energiedichten möglich, die die heutigen Technologien bis um das Zehnfache übertreffen. Gleichzeitig gehen erhebliche Forschungsbestrebungen in Richtung Feststoffelektrolyt, um auch die Sicherheit dieser Hochenergiebatterien zu gewährleisten.



Quelle: Solvay / European Battery Cell R&I Workshop, Final Report 2018

Abbildung 57: Technology Roadmap für Lithium-Ionen- und "Post-Lithium"-Technologien
Fortschritte werden von Hochleistungs-/Hochspannungskonfigurationen und von Festkörperzellen erwartet.

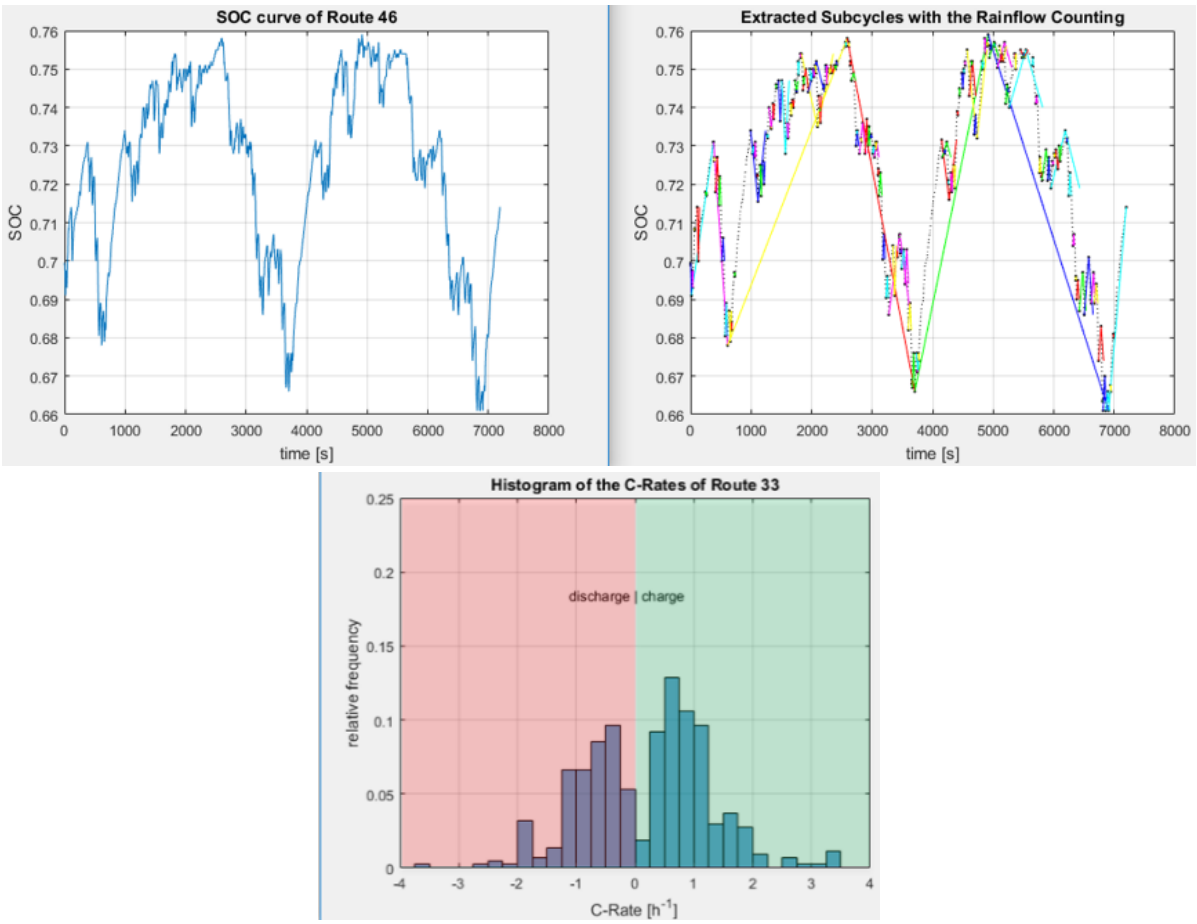
Aufgrund des massiv gestiegenen Bedarfs an Lithium-Ionen-Batterien und dem damit verbundenen Produktionsaufbau weltweit fallen die Gestehungspreise für Lithium-Ionen-Zellen zurzeit mit einer Geschwindigkeit von ca. –18% pro Jahr (siehe Abbildung 58). Dies ist eine ähnliche Entwicklung, wie sie seinerzeit bei der Preisentwicklung von Solarmodulen beobachtet werden konnte.



Quelle: Bloomberg New Energy Finance: Electric Vehicle Outlook 2018

Abbildung 58: Lithium-Ionen-Zellenpreis, historisch und in Zukunft

Gleichzeitig gelingt es den Forschern, immer bessere Aussagen über die lebensdauerbestimmenden Einflussfaktoren von Lithium-Ionen-Batterien und aus der Analyse der Lade- und Entladeströme auch belastbare Vorhersagen zum noch verbleibenden Restwert der Batterie zu machen. Dies erlaubt es, einerseits optimierte Betriebsstrategien während des Fahrzeugbetriebs anzuwenden, andererseits kann bei einem Weiterverkauf der Restwert der Batterien besser bestimmt werden. Dies ist eine wichtige Entscheidungshilfe bei jedem Investitionsentscheid für ein gebrauchtes Fahrzeug.



Quelle: Berner Fachhochschule, Zentrum für Energiespeicherung, 2018

Abbildung 59: Belastungsdaten einer Lithium-Ionen-Batterie in einem Fahrzeugeinsatz

4.3.2 Ladeinfrastruktur

Die Voraussetzung für die Verbreitung der Batterieelektrofahrzeuge (BEV) ist die Verfügbarkeit einer geeigneten Ladeinfrastruktur. Dabei wird zwischen folgenden Ladeszenarien unterschieden:

- Charge at Home (H&C) und Charge at Work (W&C): meist mit geringen Leistungen (<11 kW) und über längere Zeit (5–8 Stunden). Dies dürfte das häufigste Szenario darstellen. Man schätzt, dass selbst bei einer grösseren Verbreitung der batterieelektrischen Fahrzeuge ab 2025 über 70% der Ladevorgänge zu Hause oder am Arbeitsplatz erfolgen. Dabei nutzt man den Umstand, dass bei häufigem Laden nach kurzen Fahrstrecken sowohl die Ladezeit als auch die Ladeleistung nicht besonders relevant sind. Ausserdem kommen solche kleinen Lade-/Entladezyklen der Lebensdauer der Batterie entgegen, da die Energie, die in einer Batterie umgesetzt werden kann, überproportional zunimmt, je kleiner die Entladetiefe ist. Im Privathaushalt dürften sich langfristig aus Gründen der Bequemlichkeit auch kontaktlose Ladesysteme durchsetzen, sodass man sich nach dem wohl automatischen Parkieren auch nicht mehr um das Einstecken des Ladekabels kümmern muss. Öffentliche Parkplätze dürften aus Kosten- und Kompatibilitätsgründen vorläufig weiterhin noch mit Steckerladegeräten ausgerüstet werden.
- Öffentliche Schnellladestationen: Dies sind Ladestationen an öffentlichen Parkplätzen mit kurzer und mittlerer Verweildauer (<1 Stunde) und einer Ladeleistung von 22 bis 50 kW. Dies sind typischerweise Parkplätze in Parkhäusern von Einkaufszentren oder in der Innenstadt. Diese dürften in der Anfangsphase in kleiner Stückzahl als Werbemittel für die Einkaufszentren gratis angeboten werden, langfristig müssen aber die Zusatzkosten über die Parkplatzgebühren abgewälzt werden.
- Fast- und Ultrafast-Ladestationen: Ein Netz von Ladestationen mit Leistungen zwischen 50 und 350 kW entlang den wichtigsten Schnellstrassen soll es den Reisenden mit Fahrleistungen über 400 km pro Tag erlauben, mittels geplanter, kurzer Ladungen (Verweildauer 10–30 Minuten) auch Fernreisen zu unternehmen. Eine solche Ladeinfrastruktur dient vor allem dazu, den Elektrofahrzeugfahrern die sogenannte Reichweitenangst zu nehmen.

Viele Fragen beim Ausbau der Ladeinfrastruktur sind technischer Natur und betreffen zum Beispiel den Einfluss der Schnellladung auf die Lebensdauer der Batterien und die Auswirkungen der Ladeleistung auf die Stabilität des Versorgungsnetzes. Für die schnelle Zunahme der Elektro-Mobilität spielt aber vor allem der gleichzeitige Aufbau der Ladeinfrastruktur eine wichtige Rolle. Dabei spielen Ladestationen in Tiefgaragen von Mehrfamilienmietshäusern eine ebenso wichtige Rolle wie ein Netz von Schnellladestationen. Eine Studie der European Federation for Transport and Environment kommt zum Schluss, dass die begrenzte Anzahl von Ladestationen heute keine nennenswerten Auswirkungen auf den derzeitigen EU-Markt als Ganzes hat. Die EU plant jedoch, zukünftig den Infrastrukturausbau zu unterstützen, dabei sollen insbesondere Städte Zugang zu diesen Geldern haben. Die Unterstützung des Netzausbaus sollte ebenso vorrangig behandelt werden wie die Unterstützung von Start-ups mit neuen Lösungen für Geschäftsmodelle für öffentliche Ladeinfrastruktur.

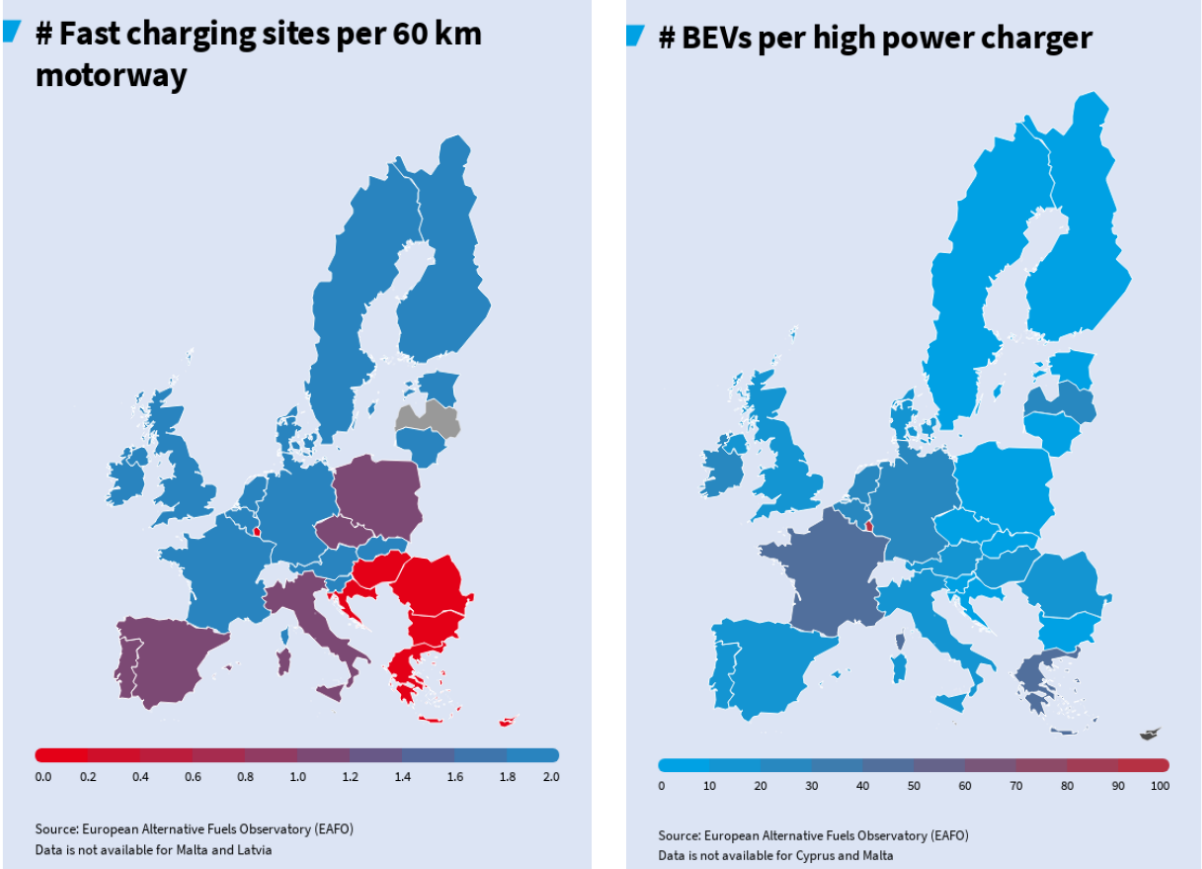


Abbildung 60: Bestehendes EU-Schnellladenetz

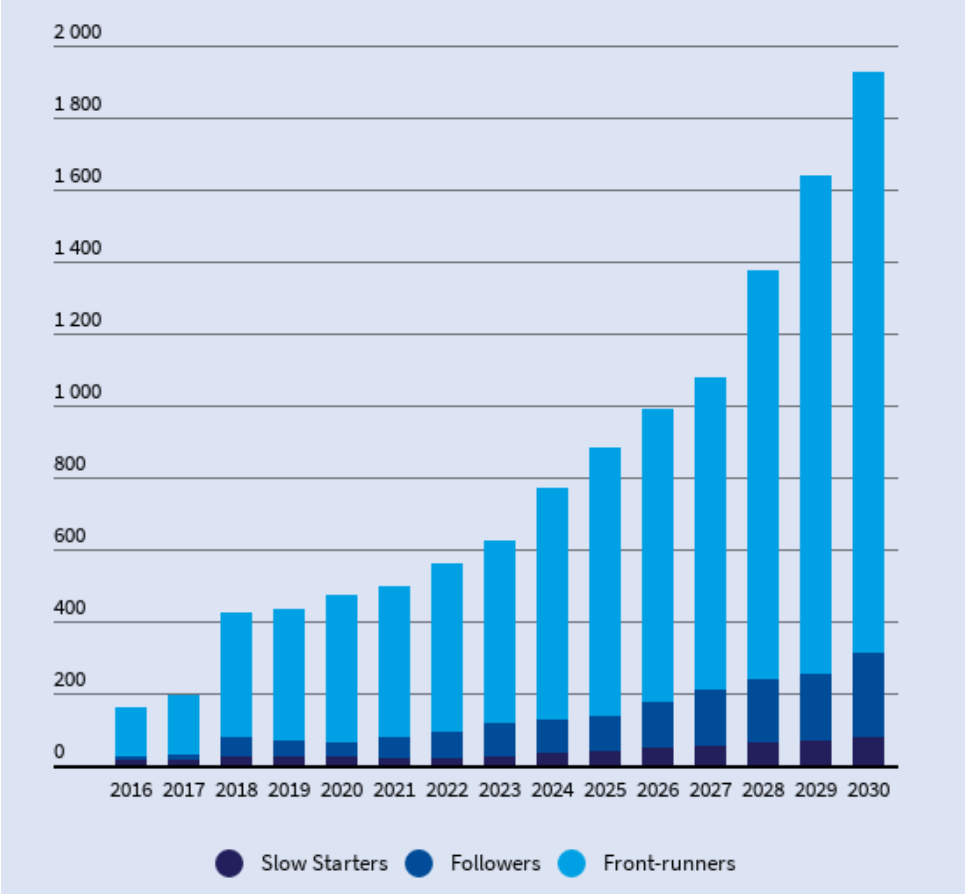


Abbildung 61: Geplante jährliche Investitionen in die öffentliche EU-Ladeinfrastruktur in Mio. EUR

Die Gesamtkosten für öffentliche Ladeinfrastrukturen werden auf 12 Mrd. EUR geschätzt, wobei bis 2030 noch rund 20 Mrd. EUR für private Ladestationen benötigt werden[5].

Es ist anzumerken, dass der Ausbau der Ladeinfrastruktur in der Schweiz zurzeit massiv vorangetrieben wird. Dies gilt insbesondere für die Fast- und Ultrafast-Ladestationen entlang den Hauptverkehrsachsen. Es ist abzusehen, dass sich spätestens Ende 2019 neben dem Tesla-Supercharger-Netzwerk auch das europäische Ionity-Netzwerk mit Ladesteckern nach europäischem CCS-Standard fest in der Schweiz etabliert. Da Tesla mit der Einführung des Tesla Model 3 seine Ladestationen auch für den CCS-Standard umrüstet, entsteht so kurz- bis mittelfristig ein flächendeckendes Schnellladenetzwerk, das mit nahezu allen aktuellen und zukünftigen Elektrofahrzeugen kompatibel ist.

Das Bundesamt für Strassen hat Mitte 2018 eine Ausschreibung für Schnellladestationen (50 kW) auf den 100 Rastplätzen entlang dem Schweizer Nationalstrassennetz gestartet. Der Entscheid dürfte Anfang 2019 fallen und damit der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur weiter vorangetrieben werden. Die Anstrengungen für die öffentliche Ladeinfrastruktur werden somit sowohl von öffentlicher als auch privater Hand vorangetrieben und dürften eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg und die Akzeptanz der Elektro-Mobilität in den nächsten Jahren sein.

4.3.3 E-Mobilität als Bestandteil des elektrischen Energiesystems

Der elektrische Antrieb hat einen Wirkungsgrad (gemessen Tank zum Rad, Batterie zum Rad), der um ein Vielfaches höher ist als der eines Verbrennungsmotors (80–90% gegenüber 30–40%). Dies trifft insbesondere auf den Teillastbereich zu. Da der elektrische Antrieb auch noch einen Teil der Bremsenergie zurückgewinnen kann, ist der Verbrauchsvorteil insbesondere im innerstädtischen Bereich sehr hoch.

Ein klarer Nachteil ist jedoch, dass sich die Klimatisierung des Innenraums, insbesondere die Heizung, stark auf den Verbrauch auswirkt. Somit variiert die Reichweite des Elektrofahrzeugs je nach Jahreszeit bis 40% (De Gennaro et al., 2014). Eine Aussage, wie stark der Elektrizitätsverbrauch bei einem zunehmenden Anteil von Batterieelektrofahrzeugen ansteigt, ist deshalb äusserst schwierig und unterliegt ähnlichen Schwankungen.

Das White Paper "Auf dem Weg zu einem energieeffizienten und klimafreundlichen Schweizer Mobilitätssystem" des SCCER Mobility (September 2017) kommt zum Schluss, dass sich eine weitere Entkarbonisierung der Mobilität (mittel- und langfristig) nur noch durch Technologieentwicklungen, basierend auf einer Antriebselektrifizierung, erreichen lassen. Die beiden konkurrierenden Elektrifizierungspfade für die Zukunft sind einerseits batterieelektrische Fahrzeuge und andererseits Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV), die mit Wasserstoff als Energieträger betrieben werden. Die dazu erforderliche Elektrizität beträgt für batterieelektrische Fahrzeuge schätzungsweise etwa 20% des aktuellen Strombedarfs der Schweiz und etwa 50% für FCEV (bei heutiger Verkehrsleistung).

Es ist offensichtlich, dass die Bereitstellung so grosser neuer Elektrizitätsmengen gemäss Schweizer Strommix illusorisch ist; es wird in Zukunft nicht viel mehr Wasserkraft geben als heute, und neue erneuerbare Energiequellen müssen so weit wie möglich prioritär die mittelfristig abzuschaffenden Kernkraftwerke ersetzen.

[5] Lucien Mathieu, Transport & Environment: “Roll-out of public EV charging infrastructure in the EU”, September 2018

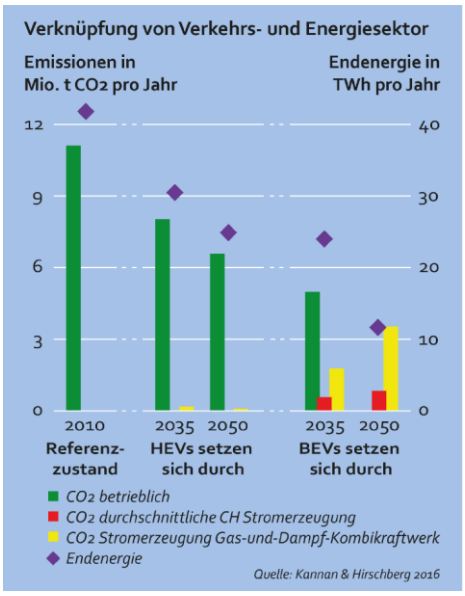


Abbildung 62: Verknüpfung von Verkehrs- und Energiesektor

Der zusätzliche Elektrizitätsbedarf der Mobilität kann gemäss diversen Szenarien im Rahmen der Energiestrategie 2050 auf unterschiedliche Art und Weise abgedeckt werden. Langfristig sinken der betriebliche CO_2-Ausstoss und der Endenergiebedarf nur bei flächendeckendem Einsatz von batterieelektrischen Fahrzeugen.

4.4 Synthetische Treibstoffe

4.4.1 Was sind synthetische Treibstoffe?

Synthetische Treibstoffe oder „eFuels“, wie sie auch genannt werden, sind aus erneuerbarer Elektrizität und CO_2 erzeugte, gasförmige Kohlenwasserstoffe, die in verbrennungsmotorischen Fahrzeugen genutzt werden können. Das für die Herstellung benötigte CO_2 wird einer Quelle oder der Atmosphäre entzogen und bei der Nutzung wieder ausgestossen; es wird also in einem klimaneutralen Kreislauf bewegt. Nicht so das mit der verwendeten Elektrizität verbundene CO_2. Zentral für die Ökobilanz synthetischer Treibstoffe ist deshalb die CO_2-Belastung der genutzten Elektrizität. Ist diese gering (erneuerbare Elektrizität), weisen synthetische Treibstoffe ein hohes CO_2-Reduktionspotenzial auf; ist sie hoch (fossile Elektrizität), weisen sie im Vergleich zu fossilen Treibstoffen kein CO_2-Reduktionspotenzial auf.

Synthetische Energieträger werden mittel-/längerfristig als saisonale Stromspeicher gebraucht. Anders wird es nicht gelingen, ganz auf fossile Stromerzeugungsanlagen zu verzichten. Dies wird aus wirtschaftlichen Gründen allerdings erst machbar sein, wenn diese Technologie in einem anderen Marktsegment wachsen, entsprechende Skaleneffekte erzielen und insgesamt deutlich billiger werden konnte. Die Mobilität bietet sich aufgrund der geringen Energiekostenanteile dafür an (siehe Abschnitt "Wirtschaftlichkeit" weiter unten).

Die Herstellung synthetischer Treibstoffe weist heute noch hohe Verluste auf. Die Wirkungsgradkette für die Bereitstellung von 700 Bar Wasserstoff liegt bei ca. 65%, für 200 Bar Methan bei ca. 50% und bei flüssigen Kohlenwasserstoffen bei ca. 47%. Es wird erwartet, dass diese Wirkungsgrade durch Technologieentwicklungen, Anlagenoptimierungen und Skaleneffekte auf ca. 70% (700 Bar Wasserstoff) bzw. 60–65% (flüssige Kohlenwasserstoffe – Methan) ansteigen werden.

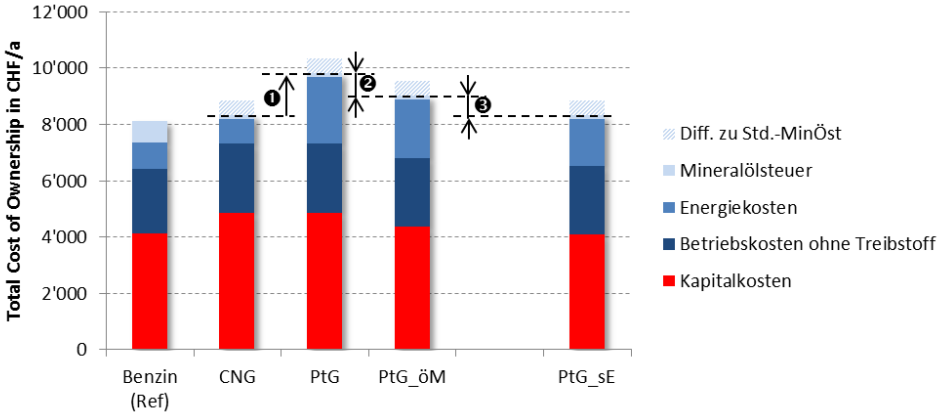
Die höchste Marktreife weist heute die Herstellung von synthetischem Methan auf. Es gibt bereits industrielle Anlagen im Megawattbereich, und 2018 haben alleine in Deutschland zwei Konsortien den Bau von Power-to-Gas-Anlagen im 100-Megawatt-Massstab angekündigt. Im Bereich der Nutzfahrzeuge wie auch bei PW-Flottenbetreibern könnten deshalb mit synthetischem Methan betriebene Fahrzeuge relativ schnell an Bedeutung gewinnen. Synthetische flüssige Treibstoffe brauchen für eine Marktverbreitung voraussichtlich etwas mehr Zeit. Diese werden aber insbesondere für den Langstrecken-Strassengüterverkehr oder Flugzeuganwendungen zwingend gebraucht. In der Schweiz gibt es eine gut vernetzte und breit abgestützte Szene von Forschungsstellen und Industrieunternehmungen, die diese noch junge Technologie massgeblich voranbringen will.

4.4.2 Wirtschaftlichkeit

Synthetische Treibstoffe sind deutlich teurer als fossile Energieträger, weisen aber einen ökologischen Mehrwert auf. Die zentrale Frage ist, ob dieser Mehrwert entsprechend „monetarisiert“ werden kann oder nicht. In der aktuellen CO_2-Gesetzesrevision ist eine solche „Monetarisierung“ in Form einer Anrechnung der CO_2-Minderung bei den Flottenemissionen vorgesehen. Wie sich dieser ökologische Mehrwert auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt, ist in Abbildung 63 dargestellt.

Grundsätzlich sind synthetische Energieträger in allen Energiesektoren zur Substitution fossiler Treib- und Brennstoffe einsetzbar. Wirtschaftlich geeignet sind jedoch primär Anwendungen mit einem niedrigen Energiekostenanteil, da allfällige Energiemehrkosten nur geringe Auswirkungen auf die Gesamtkosten haben. Strassenfahrzeuge und dabei insbesondere Personenwagen weisen niedrige Energiekostenanteile und in gewissen Anwendungen (v. a. Betriebsflotten) hohe CO_2-Minderungsauflagen auf, weshalb in diesem Bereich ein Erstmarkt erwartet werden kann. Die reinen Energiekosten eines konventionellen Kompaktwagens liegen heute für Erstnutzer (4 Jahre, 60‘000 km) bei ca. 10% (Gasfahrzeuge) bis ca. 15% (Benzinfahrzeug), siehe Abbildung 63 (mittelblauer Anteil), während diese im Bereich von Wärmeerzeugern oder Stromgeneratoren typischerweise wesentlich höher liegen.

Die Empa hat Wirtschaftlichkeitsabschätzungen für mit synthetischen Treibstoffen betriebene Fahrzeuge durchgeführt. Da die Herstellung von synthetischem Methan den höchsten Reifegrad aufweist, sind im Folgenden diese Ergebnisse dargestellt.



❶ = PtG-Mehrkosten; ❷ = ökologischer Mehrwert; ❸ = Skaleneffekte

Zusammensetzung der "Total Cost of Ownership" (TCO) eines Kompaktfahrzeugs mit Benzin-, CNG- und PtG-Antrieb mit und ohne Berücksichtigung des ökologischen Mehrwerts (öM) und Skaleneffekte (sE).
(Quelle: Empa)

Abbildung 63: "Total Cost of Ownership" eines Kompaktfahrzeugs

Die Abschätzungen in Abbildung 63 zeigen, dass ein aktuelles CNG-Kompaktfahrzeug für Erstnutzer vergleichbare Gesamtkosten, ausgedrückt als „Total Cost of Ownership“, aufweist wie ein Benzinfahrzeug (Abbildung 63; 1. und 2. Säule); nicht zuletzt aufgrund einer Mineralölsteuerentlastung (schraffierter Bereich oberhalb der gestrichelten Linie). Wird das Gasfahrzeug mit synthetischem Methan (PtG) betrieben, erhöhen sich die Kosten um 1‘500 CHF/a (Abbildung 63; 3. Säule) bzw. 1‘600 CHF/a, wenn PtG wie CNG der Mineralölsteuer unterliegt (Annahmen: Verbrauch 4,0 kg/100 km, Mehrkosten von synthetischem Methan gegenüber CNG: 0.20 CHF/kWh_{LHV}).

Unter der Annahme einer CO_2-Reduktion des PtG-Fahrzeugs um 70% gegenüber dem Benzinfahrzeug (Referenzfall) resultiert für den Fahrzeugimporteur im Rahmen der CO_2-Gesetzgebung ein ökologischer Mehrwert, sofern dieser im Rahmen der Flottenemissionsgesetzgebung anrechenbar ist. Wird der ökologische Mehrwert vollständig an den Kunden weitergegeben, reduzieren sich die PtG-Fahrzeugmehrkosten für den Erstnutzer um ca. 800 CHF/a (Abbildung 63; 4. Säule). Dieser Kostenvergleich basiert allerdings auf einem vollständig ausgebildeten und hochkompetitiven Benzinfahrzeugmarkt und einem Gasfahrzeugnischenmarkt mit aufgrund geringer Stückzahlen vergleichsweise hohen Herstellungskosten und teurer, weil schlecht ausgelasteter Tankstelleninfrastruktur. Entwickelt sich der Gasfahrzeugmarkt auch nur leicht, sinken die verbleibenden Differenzkosten der PtG-Mobilität zur Benzin-Mobilität weiter (Skaleneffekte sE).

Berücksichtigt man den ökologischen Mehrwert und Skaleneffekte, zeigen die Abschätzungen (Abbildung 63, 5. Säule), dass die PtG-Mobilität mit 70% verminderter CO_2-Emission am Beispiel eines Kompaktfahrzeugs vergleichbare „Total Cost of Ownership“ wie Benzinfahrzeuge erreicht, wenn die Produktionszahlen in etwa vervierfacht und die Anzahl Fahrzeuge pro Tankstelle mindestens verdoppelt werden können (was immer noch einem Nischenmarkt entsprechen würde).

4.5 Wasserstoff-Mobilität

Während Wasserstoff in industriellen Prozessen seit Langem im grossen Massstab im Einsatz ist, konnte sich eine energetische Nutzung bisher nicht etablieren. Es spricht allerdings einiges dafür, dass sich dies in Zukunft ändert – der Weg wird aber voraussichtlich noch etwas Zeit brauchen, da es zurzeit weder mit erneuerbarer Energie betriebene Wasserstofferzeugungsanlagen noch ein effizientes Verteilsystem und auch noch kaum Tankstellen gibt. An diesen Punkten wird aber intensiv gearbeitet.

Die Wasserstoff-Mobilität basiert auf den gleichen energetischen Überlegungen wie synthetische Treibstoffe, allerdings ohne den CO_2-Kreislauf, was die Herstellungskosten positiv beeinflusst. Anstelle des verbrennungsmotorischen Antriebs wird eine Brennstoffzelle mit Elektroantrieb eingesetzt. Gegenüber dem batterieelektrischen Antrieb nimmt man damit zwar Wirkungsgradeinbussen in Kauf, ist aber bei Langstrecken- oder Lastanwendungen nicht auf hohe Ladeleistungen oder teure Batteriewechselsysteme angewiesen.

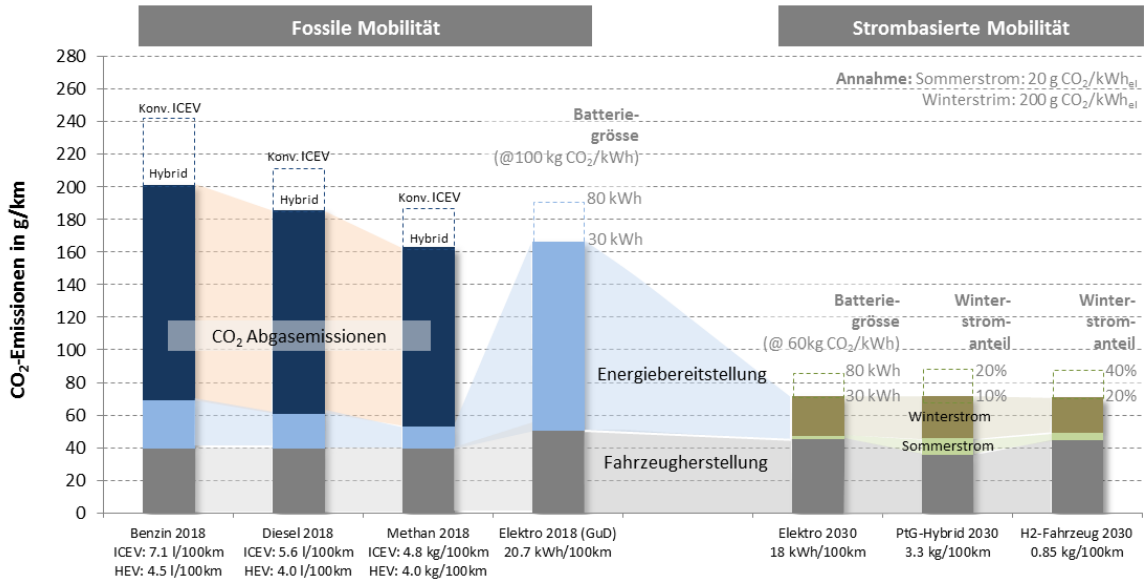
In der Schweiz hat sich ein Konsortium aus Wirtschaftsvertretern zu einem Wasserstoff-Förderverein zusammengeschlossen. Ziel ist, im Lkw-Bereich starke Akzente zu setzen und ein Wasserstoff-Tankstellennetz aufzubauen. Dank der Leistungsabhängigen-Schwerverkehrsabgabe-Befreiung ist der Lkw-Bereich aktuell für diesen Antrieb sehr prädestiniert. Die Fokussierung auf den Lkw-Bereich ist im resultierenden hohen Umsatz an den Tankstellen begründet. Während für den wirtschaftlichen Betrieb einer Wasserstofftankstelle „nur“ 10–20 Lkw

benötigt werden, würde dies 300–600 Personenwagen erfordern. Der Aufbau der Wasserstoff-Tankstelleninfrastruktur muss deshalb koordiniert mit dem Aufbau von Lkw-Flotten erfolgen.

4.6 Ökologische Bewertung

Die Ökobilanz der Elektro-Mobilität, mit synthetischen Treibstoffen betriebene verbrennungsmotorische Fahrzeuge, oder der Wasserstoff-Mobilität, zusammengefasst als „strombasierte Mobilität“ bezeichnet, hängt massgeblich von der CO_2-Belastung des verwendeten Stroms ab. Insgesamt kann erwartet werden, dass der Strommix im Sommerhalbjahr aufgrund der grossen Mengen an erneuerbarer Elektrizität in Mitteleuropa erstens sehr sauber und zweitens, aufgrund der niedrigen Grenzkosten erneuerbarer Elektrizität, sehr kostengünstig sein wird, während der Strommix im Winterhalbjahr auch künftig eine deutlich höhere CO_2-Belastung aufweisen und aufgrund zunehmender CO_2-Abgaben auch deutlich teurer sein wird als der Sommerstrom. In Abbildung 64 wird angenommen, dass die Elektrizität im Sommerhalbjahr mit 20 g CO_2/kWh_{el} und im Winter mit 200 g CO_2/kWh_{el} belastet ist.

Untersucht man die CO_2-Lebenszyklusemissionen für ein Kompaktfahrzeug über eine Laufleistung von 200‘000 km über das ganze Jahr für aktuelle Fahrzeuge und Fahrzeuge, wie sie 2030 in Betrieb kommen könnten, resultieren folgende Ergebnisse:



CO_2-Lebenszyklusemissionen verschiedener Kompaktfahrzeuge über eine Laufleistung von 200‘000 km im Betrieb mit fossiler Energie (linke Diagrammseite) und mit Elektrizität (rechte Diagrammseite).
ICEV = Internal Combustion Engine Vehicle; HEV = Hybrid Electric Vehicle, GuD = Gaskombikraftwerk

Abbildung 64: CO_2-Lebenszyklusemissionen

Mit fossiler Energie betriebene aktuelle Benzin-, Diesel-, Gas- und Elektro-Kompaktfahrzeuge sind in Abbildung 64 auf der linken Seite abgebildet, wobei die Emissionen für die Herstellung der Fahrzeuge, die Bereitstellung der Energie und der Abgasemissionen aufgeteilt sind. Die Hybridisierung verbrennungsmotorischer Antriebe ermöglicht insgesamt eine Reduktion um

10–25%. Für das Elektroauto wurden zwei verschiedene Batteriegrössen angenommen. Dieser rein „Antriebskonzept-orientierte“ Umstieg ohne hohe Anteile erneuerbarer Energie ermöglicht insgesamt eine CO_2-Reduktion um nur 20–30%.

Der Wechsel auf strombasierte Mobilität ermöglicht demgegenüber eine deutlich höhere CO_2-Reduktion (Abbildung 64, rechte Seite). Die verschiedenen Antriebskonzepte weisen unter den angegebenen Annahmen vergleichbar niedrige CO_2-Emissionen auf. Die Darstellung zeigt zudem, dass der ökologische Vorteil vermindert wird, wenn Elektrofahrzeuge mit grossen Batterien ausgerüstet werden oder wenn für die Herstellung synthetischer Treibstoffe und Wasserstoff nicht sehr hohe Anteile an Sommerstrom verwendet werden.

Die Laufleistungen im Bereich der Personenwagen-Mobilität sind sehr unterschiedlich (BFS, 2017). Dabei zeigt sich, dass ein kleiner Anteil der Fahrten (30%) für einen grossen Anteil der Laufleistung (70%) – und damit auch der CO_2-Emissionen – verantwortlich ist. Denkbar ist, dass sich Elektrofahrzeuge hauptsächlich im Bereich von Anwendungen mit kürzeren Distanzen und mit synthetischen Treibstoffen und wasserstoffbetriebene Fahrzeuge bei Anwendungen mit hohen Laufleistungen ausbreiten werden. Es ist dabei durchaus vorstellbar, dass sich der Anteil Elektrofahrzeuge auf 70% der Fahrzeuge ausweitet, und es ist ebenso gut vorstellbar, dass die restlichen 30% der mit synthetischen Treibstoffen und mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeuge 70% der Laufleistung abdecken werden. Insgesamt zeigt sich, dass es für eine CO_2-arme Mobilität alle Konzepte braucht. Richtig gemacht, kann die Mobilität damit nicht nur die eigenen CO_2-Emissionen massiv senken, sondern über die Bereitstellung von Speicherkapazitäten (Batterien) und die Nutzbarmachung überschüssiger Elektrizität und Wegbereitung saisonaler Stromspeicher zudem einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende leisten.

A. Relevante Unternehmen der Schweizer Automobilindustrie

(Kursiv: Neu in der Studie seit 2013)

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
1.	*3A Composites Holding AG*		X		X	
2.	*3db Access AG*		X			
3.	*3M (Schweiz) GmbH*			X		
4.	*ABB Schweiz AG*					X
5.	Ackermann Fahrzeugbau AG	X				
6.	*ADATIS S.A.*			X		
7.	Adax S.A.		X			
8.	*admantec ag*				X	
9.	*Admotec Precision AG*		X			X
10.	Adval Tech (Switzerland) AG		X			
11.	*Advanced Adhesive Coatings Technology AG*			X		
12.	*ae2s GmbH*		X			
13.	Aebi Schmidt Holding AG	X				
14.	*AEDS Sàrl*				X	
15.	Aeschlimann AG, Décolletages		X			
16.	*Affolter Technologies SA*					X
17.	*Agro AG*		X			
18.	*AIC Systems AG*		X			X
19.	*Airvent AG*		X			
20.	*Aktiengesellschaft Cilander*		X			
21.	Akzo Nobel Car Refinishes AG			X	X	X
22.	*Alcar Ruote SA*		X			
23.	Alducto AG		X		X	
24.	Alex Neher AG, Metallwaren- und Werkzeugfabrik		X			
25.	*Aliancys AG*			X		
26.	Allega GmbH			X		X
27.	*ALME AG*					X
28.	Alois Birrer AG	X				
29.	*Aluminium - Laufen AG Lies-berg*		X			
30.	ALUWAG AG		X			
31.	*ALWO-SMA Spezialmechanik Amriswil AG*					X
32.	*AMS Holding AG*		X			
33.	Amsler Laeppfinish AG				X	
34.	*ANB Boumi AG*					X
35.	ANDRITZ SOUTEC AG		X			X
36.	*Anton Paar Switzerland AG*			X		

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
37.	*ANTRIMON Motion AG*		X		X	
38.	AOS Technologies AG					X
39.	AP Apron Technologies AG	X				
40.	APAG Elektronik AG		X			
41.	*APM Technica AG*				X	
42.	*ARBOR Fluidtec AG*				*X*	*X*
43.	*Argotec AG*		X			
44.	*ARO TECHNOLOGIES AG*					X
45.	Asetronics AG		X			
46.	ASSAG		X		X	
47.	ASSA ABLOY (Schweiz) AG		X			
48.	*Atela SA*		X			
49.	*ATP adhesive systems AG*		X			
50.	*Attolight SA*		X			
51.	AutoForm Development GmbH				X	
52.	Autoneum Switzerland AG		X			
53.	*Avery Dennison Materials Europe GmbH*			X		
54.	*AZU AG*		X			
55.	*Bachofen AG*					X
56.	Bader + Co.	X				
57.	*Balluff AG*					X
58.	*BalTec Maschinenbau AG*					X
59.	*Bangerter Microtechnik AG*					X
60.	Baoshida Swissmetal AG		X			
61.	BASF Schweiz AG			X	X	
62.	*BAUD INDUSTRIES SUISSE SA*					X
63.	Baumann Federn AG		X			
64.	*Baumüller Swiss AG*		X			
65.	*Baur SA Sauges*					X
66.	*Bcomp AG*			X		
67.	Benteler Rothrist AG		X			
68.	Berger technologie GmbH					X
69.	*Berghoff Mechanical Engineering AG*					X
70.	Berlac AG		X			
71.	*Bernex Bimetall AG*					X
72.	*Bestmile SA*				X	
73.	Beutler Nova AG					X
74.	*BIMU S.A.*					X
75.	Blattner Werkzeugbau AG					X

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
76.	*BlueBotics SA*		X			
77.	Bodycote Rheintal Wärmebe-handlung AG			X		
78.	*Bolleter Composites AG*			X		
79.	*Bollhoff Attexor SA*					X
80.	Bomatec Holding AG		X		X	
81.	Bosch Automotive Service So-lutions AG				X	
82.	Bossard AG		X			
83.	*Bosshard + Co AG Rümlang*			X		
84.	*Bozzio AG*		X			
85.	*Branson Ultrasonic SA*					X
86.	*Breu Diamantwerkzeug GmbH*					X
87.	Brönnimann AG			X		X
88.	Bruderer AG					X
89.	*Brugg Kabel AG*		X			
90.	*Bruker BioSpin AG*					X
91.	BRUSA Elektronik AG		X		X	
92.	*Brütsch Elektronik AG*					X
93.	*BSR Eltec AG*				X	
94.	Bucher Hydraulics AG		X			
95.	*Bucher Municipal AG*	X				
96.	*Büchler Reinli + Spitzli AG*		X		X	
97.	Bühler AG					X
98.	*BWB - Betschart AG*		X			
99.	*Bystronic Maschinen AG*					X
100.	*Cadese GmbH*				X	
101.	*CADFEM (Suisse) AG*		X			
102.	Calag Carrosserie Langenthal AG	X				
103.	*Calcom ESI SA*		X			
104.	*Camille Bauer Metrawatt AG*		X			
105.	Carrosserie Hess AG	X				
106.	Carrosserie Rölli AG	X				
107.	Carrosserie Rusterholz AG	X				
108.	*Catecar SA*	X				
109.	*Cebi Micromotors Switzerland SA*		X			
110.	*ceekon AG*	X				
111.	*Celi Präzisionsmechanik GmbH*		X			
112.	*Ceramaret SA*		X			

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
113.	*Chevillat S.A.*					X
114.	*Chromwerk AG*			X		
115.	Cicor Technologies Ltd.		X			
116.	Clariant Produkte (Schweiz) AG			X		
117.	*Cleantec One AG*					X
118.	*Clément Technique SA*	X				
119.	*CNC DYNAMIX AG*		X			
120.	cobrax system engineering Felix Aschwanden dipl. Ing. FH		X			
121.	*Codec SA*					X
122.	*Coldex AG*		X			
123.	*Collano AG*			X		
124.	*Color Technik AG*			X		
125.	Composite Protect Idpub Sàrl			X		
126.	COMVAT AG		X			
127.	*Concable AG*		X			
128.	Connex AG					X
129.	Conrad AG	X				
130.	*Contelec SA*		X			
131.	*Coperion K-Tron (Schweiz) GmbH*			X		
132.	CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA - Recherche et Développement				X	
133.	*CYMAX AG*					X
134.	Dätwyler Schweiz AG		X		X	
135.	*de Leeuw Automobiles Électriques, LEA SA*	X				
136.	Décolletages A. Häni AG		X			
137.	Delion AG				X	
138.	*Delmeco S.A.*		X			
139.	*Deltacarb SA*		X			
140.	*Denios AG*					X
141.	*Designwerk GmbH*	X			X	
142.	DGS Druckguss Systeme AG St. Gallen		X			
143.	Distec AG, Metalltechnik		X			
144.	Dixi Cylindre SA		X			
145.	Dolder AG		X		X	
146.	*Domteknika S.A.*	X			X	

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
147.	*DOPAG Dosiertechnik und Pneumatik AG*					X
148.	*Dorsch Elektronik AG*		X		X	
149.	*drivetek ag*		X		X	
150.	*Dual Tech SARL*					X
151.	*Duralloy AG Schweiz*		X		X	
152.	Duresco GmbH			X		
153.	*Durot Electric GmbH*	X			X	
154.	*e+a Elektromaschinen und Antriebe AG*					X
155.	*E-FORCE ONE AG*	X				
156.	EAO AG		X			
157.	Eaton Industries Manufacturing GmbH	X				
158.	*Ehrat & Partner GmbH*				X	X
159.	*Eichenberger Gewinde AG*		X			
160.	EJOT Schweiz AG		X			
161.	*Elag Elektronik AG*					X
162.	*ElectricFeel AG*		X			
163.	*Elfo AG*		X			
164.	ElringKlinger Abschirmtechnik (Schweiz) AG		X			
165.	*EM Microelectronic-Marin SA*		X		X	
166.	*Emil Forster AG*					X
167.	EMS-CHEMIE AG		X	X		
168.	*EMSODUR AG*			X		
169.	EnDes Engineering und Design AG				X	
170.	Eram AG					X
171.	*Erich Schwegler AG*				X	
172.	*ERNI Electronics AG*		X			
173.	*Ernst Grob AG*					X
174.	*Ernst Hänni AG*					X
175.	*Erocarb S.A.*		X			
176.	Esoro AG				X	
177.	*Essor Rossé et Affolter S.A.*					X
178.	*ESTECH Group AG*					X
179.	Etampa AG		X			
180.	*Ewag AG*					X
181.	*Extramet AG*			X		
182.	*Eyeware Tech SA*				X	
183.	FAB Design AG	X				

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
184.	FABA Fahrzeugbau AG	X				
185.	*Fabru GmbH*			X		
186.	Fahrzeug Bächli AG	X				
187.	*Fahrzeugbau Hager AG*	X				
188.	FANKHAUSER AG HUTTWIL	X				
189.	*Farald AG*	X			X	
190.	*Fastree3D SA*				X	
191.	FBT Fahrzeug und Maschinen-bau AG		X			
192.	Federtechnik Group		X			
193.	*Fehlmann AG*					X
194.	Feintool International Holding AG		X			X
195.	Felss Rotaform AG					X
196.	*Femec AG*				X	
197.	*FERAG AG*					X
198.	*Filinox AG*		X			
199.	*Fischer AG Präzisionsspindeln*					X
200.	Fischer Reinach AG		X			
201.	*Fischer Söhne AG*					X
202.	*FlexFactory AG*		X			
203.	Fortatech AG, Seil- und Hebe-technik		X		X	
204.	forteq Derendingen AG		X			
205.	FPT Motorenforschung AG		X		X	
206.	*Fraisa AG*					X
207.	*Frech-Hoch Nutzfahrzeuge AG*	X				
208.	*Friro AG*	X			X	
209.	*Fritz Nauer AG*		X			
210.	Fritz Schiess AG		X			
211.	Fritz Studer AG					X
212.	FTS-Altstätten AG	X				
213.	*FZSONICK SA*		X			
214.	*Galvano Wullimann AG*			X		
215.	*Galvotec GmbH*				X	X
216.	Ganser CRS AG		X			X
217.	*General Dynamics European Land Systems – Mowag GmbH*	X				
218.	Georg Fischer Automotive AG		X		X	
219.	Georg Kaufmann Formenbau AG					X

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
220.	*Georg Utz AG*			X		
221.	GESER FAHRZEUGBAU AG	X				
222.	Gewinde - Ziegler AG		X			
223.	Glas Trösch AG		X			
224.	Glutz AG		X			
225.	*GMB-Technik AG*		X			
226.	*GreenGT SA*	X			X	
227.	Güdel AG					X
228.	Gurit Holding AG		X	X		
229.	*H2 ENERGY AG*				X	
230.	*Hadimec AG*		X			
231.	*Haeusler AG Duggingen*					X
232.	Häni & Co. AG, Arch		X			
233.	Hans Christen AG		X			
234.	Hans Oetiker Holding AG		X			
235.	Härterei Gerster AG			X		
236.	*Härterei Schmid AG*					X
237.	*HARTING AG*		X			
238.	Hartmetall Estech AG			X		
239.	*Hatebur Umformmaschinen AG*					X
240.	Heinz Hänggi GmbH, Stanz-technik		X			X
241.	*Helbling Technik AG*				X	
242.	HELIOS A. Charpilloz SA					X
243.	HEMMANN Schleiftechnik GmbH		X			
244.	*Hepro Production AG*				X	X
245.	*Herbert Wirz AG*					X
246.	Hermann Andres AG	X				
247.	*Heule Werkzeug AG*					X
248.	*Hirschi AG*		X			
249.	HOELZLE AG		X			
250.	Högg AG		X			
251.	Honex AG		X			
252.	Honeywell Technologies Sàrl		X			
253.	HORAG Hotz Racing AG	X			X	
254.	*Horlacher AG*			X		
255.	Huber+Suhner AG		X		X	
256.	Hugentobler Fahrzeugbau AG	X				
257.	*Humard Automation S.A.*					X
258.	Humbel Zahnräder AG		X			

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
259.	HYDAC Engineering AG		X		X	
260.	Hydrel AG		X		X	
261.	*Hyten SA*		X		X	
262.	*IBAG Switzerland AG*		X			
263.	*IBS Sensor & Systemtechnik GmbH*				X	
264.	*Imbach + Cie. AG*					X
265.	Imoberdorf AG				X	X
266.	Impreglon Coatings AG			X		
267.	InduLaser AG für Induktions- und Lasertechnologie		X		X	
268.	*Industrielack AG*			X		
269.	*Injector SA*					X
270.	*INSYS Industriesysteme AG*					X
271.	Intercarbide S.A.		X			
272.	Intervalves Technologies AG		X			
273.	*Iprova Sàrl*				X	
274.	*Irpd AG*				X	
275.	*Ismeca Europe Semiconductor SA*					X
276.	*Isoma AG*					X
277.	Jacques Allemann SA		X			
278.	Jansen AG		X			
279.	JCEM GmbH					X
280.	*JDC Electronic S.A.*		X			
281.	Jehle Werkzeug- + Formenbau AG		X			
282.	*Jenoptik Industrial Metrology Switzerland SA*					X
283.	JESA SA		X			
284.	*Jet Cut Power GmbH*					X
285.	Johnson Electric Switzerland AG		X			
286.	Juken Swiss Technology AG		X			
287.	*K-Profile AG*					X
288.	K.R. Pfiffner AG					X
289.	*KA Group AG*		X		X	
290.	Kaiser AG	X				
291.	*Kälin und Fischer AG*		X			
292.	Kaltbrunner AG			X		
293.	Kamoo AG	X			X	
294.	*Käser Biberist AG*					X

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
295.	*KISSsoft AG*		X			
296.	Kistler Instrumente AG		X		X	X
297.	*KL Locher AG*				X	X
298.	KLÄSI Fahrzeugbau AG		X			
299.	Klingelnberg AG					X
300.	Klingler Fahrzeugtechnik AG	X				
301.	*KLS Kunststofftechnik und Formenbau AG*		X			
302.	*Knoepfel AG, Walzenhausen*		X		X	
303.	Komax AG					X
304.	*Koscon Industrial SA*			X		
305.	*Kugler Bimetal SA*		X			X
306.	Kunststoff Schwanden IM AG		X			
307.	*Kyburz Switzerland AG*	X				
308.	*L. Kellenberger & Co. AG*					X
309.	*L.E.S.S. SA*		X			
310.	*LAN Pro AG*		X			
311.	LANZ+MARTI AG	X				
312.	*Laser Automation Gekatronic S.A.*					X
313.	Laubscher Präzision AG		X			
314.	*LCA Automation AG*				X	X
315.	*Legic Identsystems AG*				X	
316.	Leica Geosystems AG					X
317.	LEM Switzerland SA		X			
318.	Lemco Précision SA		X			X
319.	*LENR Cars SA*		X			
320.	LEONI Studer AG		X		X	
321.	*Levo-Batterien AG*			X		
322.	Liebherr Maschinen Bulle AG		X			X
323.	*Lindenberg Technics AG*					X
324.	Lithium Storage GmbH		X		X	
325.	*Lithopol AG*				X	
326.	LKS AG					X
327.	*Louis Zurfluh AG*				X	X
328.	*Luxhous SA*			X		
329.	*MADAG Printing Systems AG*					X
330.	Mägerle AG Maschinenfabrik					X
331.	Marcel Boschung AG	X	X		X	
332.	*Marxer Novotech AG*		X			
333.	maxon motor ag		X			
334.	Mecanor SA		X			

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
335.	*Mecatech AG*					X
336.	*Meister Abrasives AG*					X
337.	*Melexis Technologies SA*		X			
338.	*Messtechnik AG*		X			
339.	*Metal Improvement Company GmbH*			X		
340.	*Metallveredlung Kopp AG*				X	
341.	Metaltec AG		X			X
342.	Meyrat SA		X			
343.	*mf-technik AG*		X		X	
344.	Michelin Recherche et Technique SA			X	X	
345.	*Micro Mobility Systems AG*	X			X	
346.	*MicroContact AG*		X			X
347.	*Microcut AG*					X
348.	Mikron SA Boudry		X			X
349.	M.E.C. Millenium Engine Concept SA		X			
350.	*MIROPOL AG*				X	
351.	*mobil Kunststoffprofile AG*		X		X	
352.	*Monnier & Zahner AG*					X
353.	*Monopol AG*			X		
354.	*Monosuisse AG*		X			
355.	Montech AG					X
356.	Motorex AG Langenthal			X		
357.	*MPS Tech Switzerland Sàrl*		X			
358.	*MSR Electronics GmbH*		X			
359.	*Mubea Präzisionsstahlrohr AG*		X			
360.	*Mühlebach Formen AG*		X		X	
361.	*Multiple Dimensions AG*					X
362.	*MYCRONEX AG*				X	
363.	*Nagravision S.A.*				X	
364.	*NanoFLOWCELL Management AG*				X	
365.	*NCI - Swissnanocoat SA*					X
366.	Neida Bärtschi AG		X			
367.	Nencki AG	X				
368.	Netstal-Maschinen AG					X
369.	Niederhauser Fahrzeugbau AG	X				
370.	nolax AG			X		
371.	Notterkran AG	X				

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
372.	NOTZ group		X	X		
373.	Novelis Switzerland SA		X	X		
374.	*nViso SA*				X	
375.	Nüssli Fahrzeugbau AG	X				
376.	OC OERLIKON BALZERS AG		X			
377.	*Oelhydraulik Hagenbuch AG*					X
378.	*Omniroll AG*					X
379.	*Optische Messtechnik Stein GmbH*				X	X
380.	*Orolia Switzerland SA*				X	
381.	*Ortlinghaus AG*					X
382.	Oskar Rüegg AG		X			
383.	*OSR Enterprises AG*				X	
384.	OWT AG Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik			X		
385.	*Oxyphen AG*		X			
386.	Panolin AG			X		
387.	*Parmaco Metal Injection Mold-ing AG*		X		X	
388.	Paro AG					X
389.	*Pestalozzi + Co AG*			X		X
390.	*PFL Antralux SA*				X	X
391.	*Phoenix Mecano Technologies AG*					X
392.	*pinta industry SA*		X		X	
393.	*Plastechnik AG*		X		X	
394.	Polycontact AG		X			
395.	*Polyfil AG*		X		X	
396.	Polyplex AG, Neunkirch, Kunststoffwerk		X			
397.	*Pomtava S.A.*		X			
398.	Posalux SA					X
399.	*POSIC S.A.*		X			
400.	*Precitrame Machines SA*					X
401.	Probst AG	X				
402.	*prodartis AG*				X	
403.	*Produ-Plast AG*				X	X
404.	*PROFORM AG*				X	X
405.	*Promatec Automation AG*				X	X
406.	Promec Automation AG				X	X
407.	Protoscar SA				X	
408.	*PROTOTECH FL AG*		X		X	

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
409.	*PWP S.A.*		X			
410.	Pyrodur AG				X	
411.	Quadrant AG			X		
412.	*Qualicut AG*				X	
413.	*R. Gysi AG*		X			
414.	*Racemark Industries S.A.*		X			
415.	RB-Cema AG		X			X
416.	Rechsteiner racing SA	X			X	
417.	Reishauer AG					X
418.	RIGITRAC Traktorenbau AG	X	X			
419.	Rinspeed AG	X			X	
420.	Robatech AG					X
421.	*Robert Laminage S.A.*			X	X	
422.	*Robert Renaud SA*		X			
423.	*Röhm-Tool GmbH*					X
424.	*Rollomatic SA*					X
425.	Roman Weber GmbH	X				X
426.	Ronal AG		X			
427.	*Rösler Schweiz AG*					X
428.	ROVET AG		X			
429.	*RUAG Holding AG*					X
430.	*Ruetschi Technology AG*		X			
431.	*Rüfenacht AG*				X	X
432.	SAK Auto Kabel AG		X			
433.	*Sateco AG*		X			
434.	Satrotec AG		X			
435.	Sauber Motorsport AG	X			X	
436.	Sauter Engineering + Design				X	
437.	Saxonia-Franke AG		X			
438.	*Schaeffler Schweiz GmbH*		X		X	
439.	Schaffner Holding AG		X			
440.	*Schaublin Machines SA*					X
441.	*Schaublin SA*		X			
442.	Schleuniger AG					X
443.	Schmidhauser AG		X			
444.	*Schnyder SA*		X			
445.	Schranz CNC-Fertigung AG					X
446.	*Schurter AG*		X			
447.	*SCR Crevoiserat S.A.*					X
448.	SECKLER AG					X
449.	Sefar AG		X			
450.	*SENIS AG*		X			

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
451.	Sensirion AG		X			
452.	*Sercalo Microtechnology Limited*		X			
453.	SFS intec AG		X			
454.	SGX Sensortech SA		X			
455.	sia Abrasives Industries AG		X			
456.	Siemens Schweiz AG				X	
457.	Sika Schweiz AG		X			
458.	Sinterwerke Grenchen AG		X			
459.	Sintron-Polymec AG		X			
460.	*SkAD Labs Sàrl*				X	
461.	*SKF (Schweiz) AG*					X
462.	*Sonceboz Microtechnique Boncourt SA*		X			
463.	*Sontec AG*				X	X
464.	*SOTEFIN SA*		X			
465.	Springfix AG		X			
466.	*STABITEC AG*		X			
467.	*Stäger & Co AG*			X		
468.	*Stähli Läpp Technik AG*					X
469.	*Stanzwerk AG*					X
470.	Steeltec AG			X		
471.	*Stefan Kälin AG*		X			
472.	Step-Tec AG					X
473.	Stiftung altra schaffhausen		X			
474.	*STIMBO Elektrofahrzeuge, Imboden Bruno*	X				
475.	*Storopack Schweiz AG*		X			
476.	*StratMa International Sàrl*				X	
477.	*Streamwise GmbH*				X	
478.	*StreetScooter Schweiz AG*		X			
479.	*STREIT DECOLLETAGE SA*					X
480.	*STS Systemtechnik Schänis GmbH*					X
481.	Studer Innotec SA			X		
482.	Studer-Biennaform AG		X	X		
483.	Stuker Reisemobile GmbH	X				
484.	*Suhner Transmission Aktiengesellschaft*		X			X
485.	*Sunnen AG*					X
486.	*Suter Industries AG*	X			X	
487.	Sutter AG Lungern	X				

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
488.	*SWD AG*		X		X	
489.	*Swiss 3D Tec AG*				X	
490.	SwissFlock AG		X			
491.	*Swisslog Holding AG*				X	
492.	*Swisstec 3D Akus AG*					X
493.	swisstulle AG			X		
494.	*Sylvac S.A.*					X
495.	*Synova S.A.*					X
496.	*Sytrel International Sàrl*	X				
497.	Tanner AG Langnau i.E.	X				
498.	Taracell AG		X		X	
499.	TE Connectivity Solutions GmbH		X		X	
500.	*TECHNOMEX2 GmbH*				X	X
501.	*Tedec AG*		X			
502.	Telsonic AG		X		X	X
503.	Teltronic AG		X		X	
504.	*TEPROS GmbH*		X			
505.	*tesa tape Schweiz AG*		X			
506.	Tezet Technik AG				X	
507.	thyssenkrupp Presta AG		X			
508.	Tisel Lackiertechnik AG				X	
509.	Tony Brändle AG	X				
510.	TopCoat GmbH				X	
511.	*TopSyst Ost AG*		X			
512.	*Tornos SA*					X
513.	*TQ-Systems International GmbH & Co KG.*		X			
514.	*Trafag AG*		X			
515.	*Trapeze Switzerland GmbH*		X		X	
516.	Trelleborg Sealing Solutions Stein am Rhein AG		X			
517.	*Trinseo Europe GmbH*			X		
518.	Trösch AG	X				
519.	*Trygonal Schweiz AG*					X
520.	TSCHUDIN AG				X	X
521.	Tschudin + Heid AG		X			
522.	*TUNAP AG*		X			
523.	*Tyrolit Hydrostress AG*					X
524.	*u-blox AG*		X			
525.	*UCM AG*					X
526.	*UIKER Antriebselemente AG*					X

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
527.	*Unipress AG*		X		X	
528.	*Urben & Kyburz AG*		X			
529.	*Urma AG Werkzeugfabrik*					X
530.	Vallotech SA		X			
531.	*Vardeco SA*		X			
532.	*Varioprint AG*		X			
533.	VEBO Genossenschaft		X			
534.	Veith AG		X			
535.	*VEM Tools SA*					X
536.	*Veralit AG*		X			
537.	*Vereinigte Pignons Fabriken AG*		X			
538.	VIGNAL C.E.A. SA		X			
539.	Viktor Meili AG	X				
540.	*Vir2sense GmbH*				X	
541.	Vogt AG Lostorf		X			
542.	VOGT AG Oberdiessbach	X	X		X	
543.	*vonRoll casting ag*			X		X
544.	*vRbikes AG*	X				
545.	*W. Buschor Präzisionsmecha-nik AG*				X	X
546.	Wagner AG		X			
547.	*WAGO Contact AG*		X			
548.	Walde AG	X				
549.	Walser Schweiz AG	X				
550.	*Wartmann Technologie AG*	X				
551.	*Wayray SA*		X			
552.	Wecotech AG					X
553.	*WEFASwiss AG*		X			X
554.	WEIDPLAS GmbH		X			
555.	*Wenger Automation & Engine-ering AG*				X	X
556.	Wenko AG, Burgdorf	X			X	
557.	*Werner Gloor Maschinenbau AG*					X
558.	*Werner Mathis AG*					X
559.	*Wernli AG Kunststoffwerk*		X			
560.	*Wicon AG*		X		X	
561.	Willi Frehner AG				X	X
562.	*Winterthur Instruments AG*					X
563.	*WITTENSTEIN AG*		X		X	
564.	*Wolfensberger AG*		X		X	

	Unternehmen	Gesamt-fahrzeug, Auf-/Um-bauten	Teile	Mate-rial	Dienst-leis-tungen	Investi-tions-güter
565.	*WYLER AG, Neigungsmess-systeme*					X
566.	*X-Rite Switzerland GmbH*					X
567.	*Young Guns GmbH*	X				
568.	*Ypsotec AG*		X			
569.	*ZB-Laser AG*				X	
570.	*zedax SA*				X	
571.	*Zehnder & Sommer AG*					X
572.	Zimmer GmbH		X			
573.	*ZiPTUBE GmbH*		X			
574.	*Zumbach Electronic AG*		X			

B. Referenzen

ARE (2016). Verkehrsperspektiven 2040, Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz. Retrieved from https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/publikationen/Verkehrsperspektiven_2040_Broschuere.pdf.download.pdf/Verkehrsperspektiven_2040_Broschuere_de.pdf

AZ (12.01.2018). Bellacher Hess AG gewinnt Energiepreis für ihren zu 100 Prozent elektrischen Bus. *Solothurner Zeitung*.

Back, M. (2015). Interview mit CEO Eugen Elmiger von Maxon Motor: «Ich bin vom 3D-Druck total fasziniert». Retrieved from https://www.smarttech-online.ch/artikel/ich-bin-vom-3d-druck-total-fasziniert

BFE (2018). Kennzahlen alternative Antriebe Neuwagen: Neuzulassungen Modelle mit alternativem Antrieb und energieeffizienter Personenwagen in der Schweiz. Retrieved from http://www.bfe.admin.ch/energieetikette/00886/06772/index.html?lang=de

BFE, & Prognos AG (2012). Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Retrieved from http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_474377265.pdf&endung=Die%20Energieperspektiven%20f%FCr%20die%20Schweiz%20bis%202050

BFS (2017). Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015. Retrieved from https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/aktuell/neue-veroeffentlichungen.gnpdetail.2017-0076.html

Bundesnetzagentur (2017). Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen. Viertes Quartal und Gesamtjahresbetrachtung 2016. Retrieved from https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2017/Quartalsbericht_Q4_Gesamt_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Bürgi, M. (2017). Alibabas Schweizer Hoffnung zieht nach Schaffhausen. Retrieved from https://www.handelszeitung.ch/digital-switzerland/alibabas-schweizer-hoffnung-zieht-nach-schaffhausen#

De Gennaro, M., Paffumi, E., Martini, G., Manfredi, U., Scholz, H., Lacher, H., . . . Simic, D. (2014). *Experimental Investigation of the Energy Efficiency of an Electric Vehicle in Different Driving Conditions*. https://doi.org/10.4271/2014-01-1817

Energy Brainpool (2017). Energy Transition in the Power Sector in China: State of Affairs in 2016. Review on the Developments in 2016 and an Outlook. Retrieved from https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/JAW_China_2016/Agora_Energy-Transition-China-2016-EN_WEB.pdf

EY (2018). Top 500 F&E: Wer investiert am meisten in Innovationen?: Die 500 Unternehmen weltweit mit den höchsten Forschungs-und Entwicklungsausgaben (Kurzfassung). Retrieved from https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-top-500-f-and-e-wer-investiert-am-meisten-in-innovationen/$File/ey-top-500-f-and-e-wer-investiert-am-meisten-in-innovationen.pdf

Feldges, D. (2018). Feintool stellt sich der Herausforderung Elektromobilität. Retrieved from https://www.nzz.ch/wirtschaft/feintool-stellt-sich-der-herausforderung-elektromobilitaet-ld.1398958

Geissler, H. (2018). Reishauer: Maschinenbauer plant Investitionen und Neubau am Standort Wallisellen. Retrieved from https://www.schweizeraktien.net/blog/2018/06/29/reishauer-maschinenbauer-plant-grosse-investitionen-und-neubau-am-standort-wallisellen-22757/

Handelszeitung (2018). Komax profitiert von steigender Nachfrage. Retrieved from https://www.handelszeitung.ch/unternehmen/komax-profitiert-von-steigender-nachfrage

IFR (2018). Executive Summary World Robotics 2018 Industrial Robots. Retrieved from https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_2018_Industrial_Robots.pdf

Kaya, Y. (1990). *Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios*. Paper presented at the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group.

Lazard & Roland Berger (2017). Global Automotive Supplier Study 2018: Transformation in light of automotive disruption. Retrieved from https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_global_automotive_supplier_study_2018.pdf

Loos, M. (2018). Schweizer Industrie ordert 40 Prozent mehr Roboter. Retrieved from https://www.handelszeitung.ch/unternehmen/schweizer-industrie-ordert-40-prozent-mehr-roboter#

Müller, G. (2.11.2017). Der Autozulieferer Autoneum hat keine Angst vor dem Batterie-Zeitalter. *Neue Zürcher Zeitung*. Retrieved from https://www.nzz.ch/wirtschaft/autoneum-hat-keine-angst-vor-der-batterie-ld.1325700

Niederberger, B. (2018). Hess E-Bus--System startet auch in Nantes. Retrieved from https://www.tir-transnews.ch/hess-e-bus-%C2%ADsystem-startet-auch-in-nantes/

Rontaler.ch (2018). Komax bleibt Pionier, Markt- und Technologieführer. Retrieved from https://www.rontaler.ch/wirtschaftsnachrichten/47-39-komax-bleibt-pionier-markt-und-technologiefuehrer/

Schaible, F. (2017). Weiterer Prestigeauftrag: Hess AG liefert Elektrobusse für Bern. Retrieved from https://www.solothurnerzeitung.ch/solothurn/kanton-solothurn/weiterer-prestigeauftrag-hess-ag-liefert-elektrobusse-fuer-bern-131288605

Sika (2018). Elektrofahrzeuge- auf der Überholspur. Jahresbericht 2017. Retrieved from https://www.sika.com/content/corp/annualreport/de/index_2017/topics/electric-vehicles.html

Solothurner Zeitung (2017). Busbauer Hess erhält Grossauftrag aus Frankreich. Retrieved from https://www.solothurnerzeitung.ch/solothurn/lebern-bucheggberg-wasseramt/busbauer-hess-erhaelt-grossauftrag-aus-frankreich-131512087

Spath, D., Bauer, W., Voigt, S., Borrmann, D., Herrmann, F., Brand, M., . . . Frieske, B. (2012). Elektromobilität und Beschäftigung-Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB). *Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, IMU Institut und das Institut für Fahrzeugkonzepte des Deutschen Zentrums für Luft-und Raumfahrt. Studie beauftragt von der Daimler AG und der Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung*.

Tagblatt (2017). Uzwil: Der Bau des Bühler Innovation Campus beginnt. Retrieved from https://www.tagblatt.ch/wirtschaft/uzwil-der-bau-des-buehler-innovation-campus-beginnt-ld.759276

UBS (2017). *Q-Series: UBS Evidence Lab Teardown—Disruption Ahead?* Retrieved from http://www.advantagelithium.com/_resources/pdf/UBS-Article.pdf

von Kupsch, B. (2015). Bericht zum strategischen Netz 2025 Retrieved from https://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/projects/strategic-grid/sg2025-technical-report-de.pdf

Zapf, M., Pengg, H., Bütler, T., Bach, C., & Weindl, C. (2019). Kosteneffiziente und nachhaltige Automobilantriebe – Bewertung der realen Klimabelastung und der Gesamtkosten, Heute und in Zukunft. *Springer Verlag*.

C. Herausgeber und Partner

Herausgeber

swiss CAR

Das Swiss Center for Automotive Research (swiss CAR) erstellt fundierte empirische Studien im Bereich des Technologie- und Innovationsmanagements und fokussiert dabei besonders auf die Automobilindustrie. Im 5-jährigen Rhythmus gibt swiss CAR die Branchenanalyse zur Automobilindustrie der Schweiz heraus (swiss-car.ch). swiss CAR ist Teil des *Program on Vehicle and Mobility Innovation* (pvmi.wharton.upenn.edu), dem grössten und ältesten internationalen Forschungskonsortium, das sich mit den Herausforderungen der globalen Automobilindustrie beschäftigt. swiss CAR verfügt über umfassende, branchenspezifische Kompetenzen ebenso wie Zugang zu empirischen Daten.

Partner

Swissmem – Fachgruppe Automotive

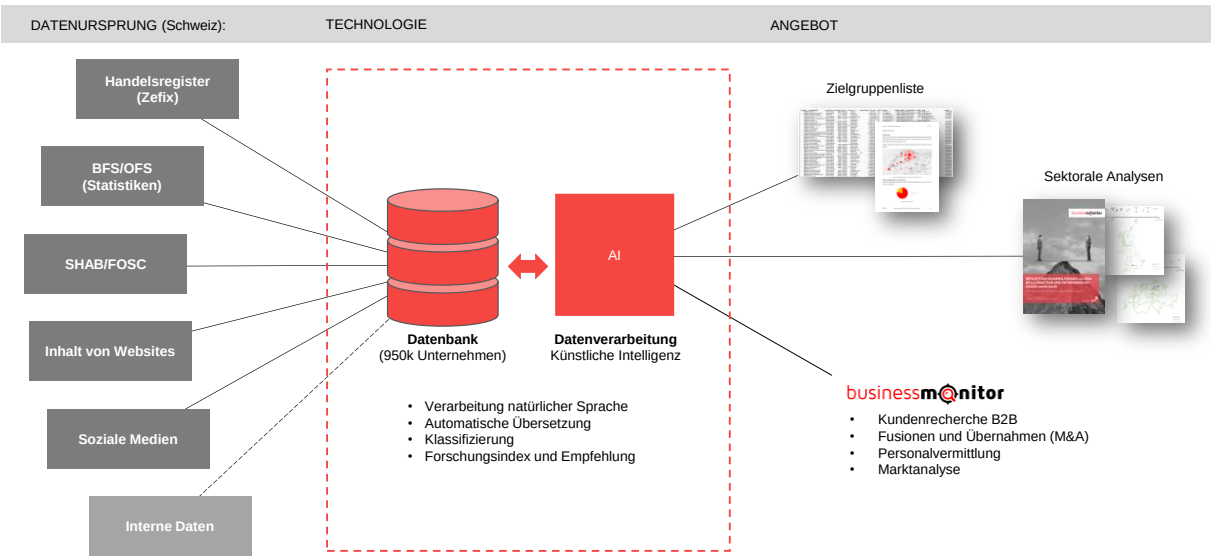
Die Fachgruppe Automotive ist eine Gruppierung innerhalb des Verbandes Swissmem. Dieser Fachgruppe kann jede Firma aus der Schweiz oder Liechtenstein beitreten, die Mitglied von Swissmem und auf dem Gebiet Automobiltechnik in Entwicklung, Planung, Engineering, als Zulieferer oder Ausrüster, oder als Dienstleister tätig ist. Sie vereint Schweizer und Liechtensteiner Firmen, welche Einzelteile, Komponenten und Systeme für den Fahrzeugbau entwickeln und herstellen, Automobilhersteller mit Produkten und Produktionsmittel beliefern, sowie spezifische Fertigungstechnologien entwickeln und anbieten.

Unsere Aktivitäten zielen darauf ab, die Wettbewerbsfähigkeit der Mitglieder nachhaltig zu stützen. Wir:

- pflegen den Informationsaustausch unter den Mitgliedern.
- unterstützen innovative Massnahmen und setzen uns für eine zukunftsorientierte Aus- und Weiterbildung ein.
- pflegen und fördern das Ansehen unserer Branche.
- nehmen Einfluss auf einschlägige nationale und internationale Gesetze, Vorschriften und Normen.
- kooperieren mit Hochschulen, Forschungsinstituten und verschiedenen Gremien.
- nutzen Netzwerke und profitieren von Markt- und Trendinformationen.

Partner

Business Monitor

Im Jahr 2016 wurde die Website www.business-monitor.ch vom waadtländischen Jungunternehmen Novertur International SA ins Leben gerufen. Novertur International SA ist ein Anbieter von Wirtschaftsinformationen und in Morges angesiedelt. Business Monitor sammelt, organisiert und bereinigt Daten aus mehr als zehn unterschiedlichen Datenquellen, darunter auch diejenigen des Schweizer Handelsregisters. Die Daten werden dann mit proprietären Technologien – insbesondere Big Data und künstlicher Intelligenz – angereichert. Diese proprietären Technologien wurden im Rahmen von Forschungsprojekten, die die Kommission für Innovation und Technologie unterstützte, entwickelt. Zu den Kunden von Business Monitor gehören sowohl Regierungsstellen als auch Schweizer KMUs, Grossbanken und Treuhandgesellschaften. Business Monitor unterstützt u.a. bei der Suche nach gewerblichen Kunden oder Führungskräften, bei der Vermittlung von Personal, bei Unternehmensübernahmen oder bei Ermittlungen.

Die Technologie von Business Monitor