

Gesellschaftliche Trends und technologische Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr bis 2040

Schlussbericht zum Projekt im Kontext der Schweizerischen Verkehrsperspektiven 2040



IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Autoren: Prognos AG, www.prognos.com

Tobias Dennisen (Projektleitung)

Stephan Kritzingler

Sven Altenburg

Alex Auf der Maur

Natalie Mayer

Projektbegleitung ARE

Andreas Justen (Projektleitung)

Nicole Mathys

Matthias Kowald

Produktion

Rudolf Menzi, Leiter Kommunikation ARE

Zitierweise

Prognos (2016), Gesellschaftliche Trends und technologische Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr bis 2040, im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung, Bern.

Bezugsquelle

www.are.admin.ch

Inhalt

1	Abstract	5
2	Zusammenfassung	7
3	Ausgangslage und Zielsetzung	16
4	Einordnung der Ergebnisse	18
5	Synthese zum Thema I: Technologien und gesellschaftliche Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr: Autonome Fahrzeuge und Sharing-Modelle	19
5.1	Autonome Fahrzeuge in den Verkehrsperspektiven 2040	19
5.1.1	Ausgangslage	19
5.1.2	Abgrenzung in den Verkehrsperspektiven 2040	20
5.2	Marktrelevanz autonomer Fahrzeuge	20
5.2.1	Hemmnisse und Marktdiffusion des autonomen Fahrens	20
5.2.2	Sharing: Besitzen vs. Nutzen	23
5.2.3	Relevanz für die Schweiz	24
5.2.4	Kapazitätseffekte autonomer Fahrzeuge	26
5.3	Wirkungshypothesen des autonomen Fahrens in den Szenarien	30
5.3.1	Szenario Referenz	30
5.3.2	Szenario Balance	31
5.3.3	Szenario Sprawl	31
5.3.4	Szenario Fokus	31
5.3.5	„Technik-Sensitivität“	32
5.3.6	Exkurs: Methodik zu den Diffusionsgraden in den Szenarien	33
5.4	Übersicht der Effekte in den Szenarien	34
6	Synthese zum Thema II: Veränderung des Mobilitätsverhaltens der jungen und älteren Generation	36
6.1	Hintergrund und Zielsetzung	36
6.2	Trends im Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation bezüglich spezifischer Wegezwecke bis 2040	37
6.2.1	Generationenübergreifende Trends mit Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten	37
6.2.2	Trends im Mobilitätsverhalten der jungen Generation	39
6.2.3	Trends im Mobilitätsverhalten der älteren Generation	40
6.2.4	Zusammenfassung der Mobilitätstrends	41
6.3	Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation	42
6.3.1	Referenz	42
6.3.2	Balance	44
6.3.3	Sprawl	46

6.3.4	Fokus	47
7	Synthese zum Thema III: Veränderungen der Produktionsweisen und Wirkungen auf logistische Prozesse	49
7.1	Hintergrund und Zielsetzung	49
7.2	Veränderungen der Produktionsweisen – Industrie 4.0	49
7.2.1	Die 4. Industrielle Revolution	49
7.2.2	Wesentliche Veränderung des Produktionsprozesses in der 4. Industriellen Revolution	52
7.3	Veränderungen der Produktionsweisen und Wirkungen auf logistische Prozesse	55
7.3.1	Outsourcing der Produktion als Resultat der verstärkten Komplexität der Produktionsprozesse	55
7.3.2	Just-in-Time / Just-in-Sequence Lieferungen	56
7.3.3	Individualisierung der Produktion	57
7.3.4	Veränderungen der Produktionsweisen und relevante Megatrends in der Logistik	57
7.4	Wirkungen auf den Güterverkehr	58
7.4.1	Relevante Branchen in der Schweiz	59
7.4.2	Veränderungen im Güterverkehr durch Arbeitsteilung und Outsourcing	62
7.4.3	Veränderungen im Güterverkehr durch zeitgenaue Anlieferung von Produktionsinputs	63
7.4.4	Veränderungen im Güterverkehr aufgrund der Individualisierung von Produkten	63
7.5	Wirkungen auf den Güterverkehr in den Szenarien	65
7.5.1	Referenz	65
7.5.2	Wirkungen auf den Güterverkehr in den Alternativszenarien	67
	Quellenverzeichnis Thema I	69
	Quellenverzeichnis Thema II	71
	Quellenverzeichnis Thema III	72
	Anhang 1: Umfassende Literaturliste zum Thema II	74

1 Abstract

Deutsch

Im Kontext der Schweizerischen Verkehrsperspektiven 2040 wurden mit der vorliegenden Studie ausgewählte gesellschaftliche Trends und technologische Entwicklungen vertieft analysiert. Die Ergebnisse in Form von qualitativen und quantitativen Empfehlungen dienen der Unterstützung der in den Verkehrsperspektiven durchgeführten Abstimmungen und Festlegung der Szenarien. Folgende Themen werden behandelt: a) Verbreitung von autonomen Fahrzeugen und Sharing-Modellen im Personen- und Güterverkehr, b) Trends im Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation hinsichtlich spezifischer Wegezwecke und c) Veränderungen von Produktionsweisen und deren Wirkungen auf logistische Prozesse und den Transportbedarf im Güterverkehr. Zu diesen Themen werden mögliche Entwicklungen entlang eines Referenz- und drei Alternativszenarien beschrieben.

Für das Thema autonomes Fahren werden vor dem Hintergrund technologischer und rechtlicher Rahmenbedingungen sowie der Nutzerakzeptanz potenzielle Entwicklungspfade abgeleitet. Je nach Szenario erreicht die Durchdringung des Fahrzeugbestands mit autonomen Fahrzeugen bis zu 20% (im Personenverkehr) bzw. bis zu 40% (im Strassengüterverkehr) in 2040. In Anlehnung daran werden Kapazitätssteigerungen für das Schweizer Nationalstrassennetz abgeleitet. Im Bereich des Mobilitätsverhaltens der jungen und älteren Generation kommt die Studie zum Schluss, dass generell mit einem höheren Mobilitätsbedarf bei Einkaufs- und Freizeitwegen zu rechnen ist. Je nach Szenario wird dabei von einer unterschiedlichen Dynamik ausgegangen. Die höchste Zunahme an zurückgelegten Wegen wird bei der Generation der 60-79 Jährigen angenommen. Im Güterverkehr leiten sich aus der zunehmenden Digitalisierung der Produktion Effekte auf logistische Prozesse und den Transportbedarf ab. Allgemein wird von einer moderaten Abnahme der Auslastungsgrade und steigenden Fahrleistungen im Strassengüterverkehr ausgegangen.

Français

Dans le cadre de la préparation des perspectives suisses des transports 2040, la présente étude analyse de plus près certaines tendances sociales et évolutions technologiques. Elle aboutit à des recommandations qualitatives et quantitatives utiles pour la coordination et la définition de scénarios en lien avec l'élaboration des perspectives des transports. Les thèmes traités sont les suivants : a) diffusion de véhicules autonomes et de modèles d'auto-partage dans le transport voyageurs et marchandises, b) tendances de comportement des jeunes et des plus âgés en matière de mobilité selon des finalités de trajet spécifiques, c) modifications des modes de production et leurs incidences sur les processus logistiques et les besoins en transport marchandises. Les évolutions pouvant survenir autour de ces thèmes sont décrites au fil d'un scénario de référence et de trois scénarios alternatives.

Sur le thème des véhicules autonome, des voies de développement possibles sont envisagées en tenant compte des conditions technologiques et juridiques ainsi que du degré d'acceptation par les utilisateurs. Selon les scénarios, le taux de pénétration du parc automobile par des véhicules autonomes peut atteindre 20 pour cent (transport voyageurs) voire 40 pour cent (transport marchandises sur route) en 2040. Sur la base de ces prévisions, des augmentations de capacité du réseau des routes nationales suisses sont estimées. Dans le domaine du comportement des jeunes et des plus âgés en matière de mobilité, l'étude conclut qu'il faut escompter en général un besoin de mobilité plus élevé pour les trajets

d'achats et de loisirs. On s'attend à une dynamique différente en fonction de chaque scénario. C'est chez les 60-79 ans que l'augmentation des trajets parcourus serait supposément la plus forte. Pour le trafic marchandises, la numérisation croissante de la production laisse entrevoir des effets sur les processus logistiques et les besoins de transport. De manière générale, un recul modéré du taux d'utilisation et une hausse des kilomètres parcourus sont prévisibles pour le trafic routier marchandises.

2 Zusammenfassung

Ausgangslage und Zielsetzung

In Zusammenarbeit mit weiteren UVEK-Ämtern veröffentlicht das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) periodisch die Perspektiven der zukünftigen Entwicklung des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs („Schweizerische Verkehrsperspektiven des Personen- und Güterverkehrs“ kurz: Verkehrsperspektiven). Die aktuell gültigen Verkehrsperspektiven wurden im Jahr 2004/2006 publiziert und 2012 aktualisiert. Zwischenzeitlich haben sich wesentliche Rahmenbedingungen verändert (Aktualisierung verschiedener Grundlagendaten). Daher aktualisiert das ARE die Verkehrsperspektiven mit dem neuen Zeithorizont 2040.

Das hier vorliegende Projekt liefert Grundlagen für die Verkehrsperspektiven, indem es den Stand des Wissens zu drei der zukünftig als besonders relevant erachteten Themen darstellt, welche die Entwicklung und den Einfluss auf den Personen- als auch Güterverkehr bis zum Jahr 2040 bestimmen.

Das Projekt konzentrierte sich auf folgende drei Themen:

1. Technologien und gesellschaftliche Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr: Autonome Fahrzeuge und Sharing-Modelle;
2. Trends im Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation bezüglich spezifischer Wegezwecke bis 2040;
3. Veränderungen der Produktionsweisen und Wirkungen auf logistische Prozesse;

Es handelt sich hier um eine Studie, die auf einer Literaturrecherche aufbaut. Die Folgen für die Verkehrsnachfrage in der Schweiz wurden mit einer ex-ante Wirkungsanalyse zu den drei Themen ermittelt. Die Wirkungsanalysen stützten sich im Wesentlichen auf aus den Quellen basierenden Annahmen, die nachvollziehbar herzuleiten und mit den Eigenschaften der Szenarien der Verkehrsperspektiven 2040 in Einklang zu bringen waren.

Grundlegend war die Schweiz der Bezugsraum für jegliche Analysen und Bewertungen. Soweit möglich und unter Gesichtspunkten des Aufwands und der Erkenntnisverbesserung vertretbar, wurden die Ergebnisse räumlich (bspw. übergeordnetes / untergeordnetes Strassennetz) differenziert. Das Prognosejahr ist 2040, die Veränderungsraten beziehen sich auf den Zeitraum von 2010 bis 2040.

Der Analyseumfang bestimmte sich durch:

- die Beschreibung der künftigen Entwicklung (bis 2040);
- die Identifizierung des Einflusses jedes einzelnen Themas auf Mobilität und Verkehr in der Schweiz und
- die Quantifizierung des Einflusses für ein Referenz- und drei Alternativszenarien anhand einer vorgegebenen Analysestruktur.

Die Richtschnur für die Analysen war, dass alle aktuellen und für die Situation in der Schweiz relevanten Quellen einzubeziehen waren. Dabei zielte eine erste Analysestufe darauf ab in der notwendigen Breite Informationen zusammenzuführen, die sich mit den

Themen und ihren Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage befassen, unabhängig von den Anwendungsräumen.

In der zweiten Stufe wurde die Übertragbarkeit auf die Schweiz geprüft, die sich aufgrund zahlreicher Faktoren durchaus anders als im benachbarten Ausland oder in anderen Ländern darstellen kann. Dies war v. a. bei den Themen „(teil-)autonomes Fahren“ und „Industrie 4.0“ der Fall, da diese Techniken derzeit stärker im Ausland entwickelt und erforscht werden. Der zweite Schritt stellt damit eine Relevanzprüfung im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf die Schweiz dar.

Die Auswirkungen werden für folgende Szenarien (Szenario Referenz, drei Alternativszenarien und ein Technikszenario) bestimmt:

- **Referenz**
Trendentwicklung – Fortschreibung aktuell beobachtbarer politischer und technischer Trends.
- **Balance**
Nachhaltigkeit, Ressourcenschutz und Priorisierung des ÖV als wichtige gesellschaftliche Ziele.
- **Sprawl**
Fortschreitende Zersiedlung und moderate Preisentwicklung im MIV stärken die Attraktivität individueller Mobilität.
- **Fokus**
Entwicklung hin zu einer „urbanen Schweiz“; Infrastruktur- und Angebotsentwicklung konzentrieren sich auf die Städte und die Achsen zwischen den Städten.
- Zusätzlich wird zum Thema 1 eine **Technik-Sensitivität** eingeführt, in der ein ausgesprochen technologie-freundliches regulatorisches Umfeld unterstellt wird, das einen beschleunigten Einsatz autonomer Fahrzeuge vorsieht.

Insgesamt wurden in diesem Projekt Aussagen zu zwölf verschiedenen Themen-Szenario-Kombinationen erarbeitet (Thema 1 bis 3, vier Szenarien). Die Analyse- und Ergebnistiefe ist durch die Aussagekraft und Plausibilität des Ausgangsmaterials (Literatur) begrenzt, wodurch Quantifizierungen nicht streng statistisch-mathematisch hergeleitet wurden, sondern auf plausiblen, nachvollziehbaren Annahmen beruhen.

Kernergebnisse der Analysen

Thema I: Technologien und gesellschaftliche Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr: Autonome Fahrzeuge und Sharing-Modelle

Im **Personenverkehr** sind aus technologischer Sicht bis 2040 sowohl teilautonome als auch vollautonome Fahrzeuge denkbar. Zudem bieten sich zwei verschiedene Geschäftsmodelle an: Entweder als Fahrzeuge im Privatbesitz oder im Rahmen von Mobilitätsdienstleistungen wie z.B. Car-Sharing.

Im **Strassengüterverkehr** stellen teilautonome Strassengüterfahrzeuge bei langlaufenden Verkehren einen vielversprechenden Anwendungsfall dar, da sie hier die Lenkzeiten deutlich verringern und/oder Fahrer über längere Zeit in die Lage versetzen, andere Aufgaben zu übernehmen.

Dabei hängt die Markteinführung autonomer Fahrzeuge von drei wesentlichen Faktoren ab:

- Technologische Aspekte;
- Rechtliche Rahmenbedingungen und
- Nutzerakzeptanz.

Die Schweiz bietet dabei grundsätzlich gute Rahmenbedingungen für eine frühzeitige Verbreitung autonomer Fahrzeuge:

- Eine im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohe Kaufkraft;
- eine hohe Akzeptanz und Nutzung von Car-Sharing Angeboten;
- eine gut ausgebaute Infrastruktur, die eine weitgehend standardisierte Anwendung autonomer Fahrzeuge unterstützt (ein erstes Einsatzgebiet für das autonome Fahren stellt generell das Nationalstrassennetz dar. Von Interesse könnten die hochbelasteten Abschnitte zwischen den Agglomerationen sein, wie z. B. Basel – Zürich, Bern – Zürich oder Lausanne – Genf) und
- der hohe Anteil langlaufender Strassengüterverkehre auf dem schweizerischen (National-)Strassennetz.

Infrastruktureffekte greifen naturgemäss umso stärker, je höher der Anteil teilautonomer (haben nur Effekte auf den Nationalstrassen) und vollautonomer Fahrzeuge (wirken im gesamten Strassennetz) am Gesamtverkehr ist. Daher stellt der Diffusionsgrad dieser Fahrzeuge eine entscheidende Stellschraube in der Szenariobildung dar. Die Analyse zeigt, dass eine signifikante Durchdringung mit autonomen Fahrzeugen für den Zeithorizont 2040 aus technologischer Sicht durchaus denkbar ist.

Nachfolgend wird für die verschiedenen Szenarien die Marktdurchdringung autonomer Fahrzeuge, ihre Attraktivität und Auswirkung auf den Personenwagen (Pw)-Besitz und das Mobilitätsverhalten (z.B. Wegeaufkommen), Nutzungsformen und die Auswirkungen auf die Kapazität im Strassenraum dargestellt. Der Grad der Auswirkungen hängt dabei von den rechtlichen Rahmenbedingungen und der Entwicklung der Nutzerpräferenzen ab. Bei der Technik-Sensitivität wird unterstellt, dass ein ausgesprochen technologie-freundliches, regulatorisches Umfeld den Einsatz autonomer Fahrzeuge stark beschleunigt.

Tabelle Z1: Übersicht der Effekte autonomer Fahrzeuge in den Szenarien im Jahr 2040

	REF	BAL	SPR	FOK	TEC
Anteil am Fahrzeugbestand	0 %	20 % Lkw 10 % Pw	40 % Lkw 20 % Pw	30 % Lkw 15 % Pw	80 % Lkw 40 % Pw
Besetzungsgrad Pw	0	0	bis – 5 %	bis – 5 %	bis – 10 %
Pw-Besitz	0	0	0	0	bis – 10 %
Wegeaufkommen	0	0	0	bis + 5 %	bis + 5 %
Kapazität Nationalstrasse	0	+ 6.7 %	+ 14.5 %	+ 10.5 %	+ 33.8 %
Kapazität Netz im ländlichen Raum	0	0	0	0	0
Kapazität Netz im urbanen Raum	0	0	0	0	+ ca. 30 %

Quelle: Prognos, Lkw: Lastkraftwagen, Pw: Personenwagen

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen den Szenarien ist der erreichte Diffusionsgrad autonomer Fahrzeuge. Die Kapazitätseffekte auf dem Nationalstrassennetz ergeben sich unmittelbar aus dem Anteil autonomer Fahrzeuge am Gesamtverkehr.

In den Agglomerationen sind die Zusammenhänge vielschichtiger. Im fließenden Verkehr können nur dann spürbare Effekte erwartet werden, wenn sehr hohe Anteile autonomer Fahrzeuge erreicht werden. Zudem ist von Bedeutung, ob diese privat oder im Rahmen von Mobilitätsdienstleistungen genutzt werden. Eine ausschliessliche Nutzung gemeinschaftlicher Fahrzeuge würde zudem den Fahrzeugbestand signifikant reduzieren und damit auch die Anforderungen an den ruhenden Verkehr.

Thema II: Trends im Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation bezüglich spezifischer Wegezwecke bis 2040

Das Mobilitätsverhalten ist unter anderem sehr stark vom Alter bzw. der jeweiligen Lebensphase abhängig und hat sich im Laufe der Zeit in den einzelnen Altersgruppen verändert. Generell wird die Mobilität weiter zunehmen. In ihr spiegeln sich viele, zumeist positiv besetzte Eigenschaften wie Unabhängigkeit, soziale Kontakte, Beweglichkeit, Flexibilität und Wohlstand wieder. Auch eine Ausweitung der Mobilitätsdienstleistungen wirkt dabei aufkommenssteigernd.

Für die Verkehrsperspektiven 2040 werden aktuelle Trends im Mobilitätsverhalten zweier Generationen dargestellt und die daraus resultierenden Wirkungen auf die zurückgelegten Wege eingeschätzt:

- Zur Altersgruppe der „**jungen Generation**“ zählt die Bevölkerung im Alter von 0 bis 24 Jahren, unterschieden in 0-14 Jahre und 15-24 Jahre.

- Menschen ab einem Alter von 60 Jahren zählen zur Altersgruppe der „**älteren Generation**“, unterschieden in die Gruppen der 60-79-jährigen und der über 80-jährigen.

Die Einteilung der Altersgruppen wurde durch das ARE vorgegeben und orientiert sich an der entsprechenden Gliederung im Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM). Gemessen wird das Mobilitätsverhalten an der Anzahl der pro Person und Tag zurückgelegten Wege, die üblicherweise nach Fahrtzwecken unterschieden werden. Es werden **vier Fahrtzwecke** betrachtet:

- **Einkauf**
Heimgebundene Einkaufs- und Besorgungswege; Ausgangs- oder Endpunkt des Weges ist die eigene Wohnung
- **Sonstiges** (nachfolgend gleichbedeutend mit Freizeit)
Heimgebundene Freizeitwege; Ausgangs- oder Endpunkt des Weges ist die eigene Wohnung
- **Einkauf – Sonstiges**
Nicht-heimgebundene Wege von einem Einkauf (Aktivität 1) zu einer Freizeitaktivität (Aktivität 2) oder umgekehrt
- **Sonstiges – Sonstiges**
Nicht-heimgebundene Wege von einer Freizeitaktivität (Aktivität 1) zu einer zweiten Freizeitaktivität (Aktivität 2)

Zunehmen werden insbesondere Freizeit- und Einkaufswege mit Bezug zur Wohnung. Hinsichtlich der Einkaufswege unterscheiden sich die Trends der jungen und älteren Generation voneinander. Bei der jungen Generation wird E-Commerce einen Teil der stationären Einkäufe ersetzen, was andererseits zu mehr Lieferdienstverkehren führt. Die ältere Generation wird die Möglichkeit des Einkaufs über das Internet im Vergleich mit der jungen Generation weniger stark nutzen. Die Anzahl der Einkaufswege der älteren Generation wird tendenziell stärker zunehmen, da diese Gruppe sehr viel mobiler sein wird als dies heute der Fall ist.

Bei der älteren Generation wird die Bedeutung von Car-Sharing geringer bleiben als bei der jungen Generation, die das Angebot vergleichsweise rege nutzen wird. Daraus ergeben sich gegensätzliche Effekte mit Blick auf die Pw-Besitz-quote in der Schweiz: Für die junge Generation kann von tendenziell abnehmenden Besitzquoten ausgegangen werden, während die ältere Generation eher an dem Pw-Besitz bis ins höhere Alter festhalten wird.

Für das Szenario Referenz werden folgende Veränderungen im Mobilitätsverhalten für die Altersklassen und die Wegezwecke abgeleitet¹:

¹ Die Tabelle stellt das Ergebnis der vorliegenden Studie dar und dient der Orientierung für die im Projekt Verkehrsperspektiven realisierten Abstimmungen mit der Szenariogruppe. Die Resultate entsprechen nicht den in den Verkehrsperspektiven abschliessend untersuchten Annahmen (siehe Kapitel 4, Einordnung der Ergebnisse).

Tabelle Z2: Referenz: Veränderungen der Mobilitätsraten 2010 – 2040 nach Altersgruppen und Wegezwecke

Wegezweck	Altersgruppen				
	0 - 14	15 - 24	25-59	60 – 79	>80
Einkauf	+ 1.0 %	+ 2.0 %	+ 2.0 %	+ 3.0 %	+ 1.5 %
Sonstiges	+ 1.0 %	+ 4.0 %	+ 2.0 %	+ 5.0 %	+ 2.5 %
Einkauf – Sonstiges	+ 0.5 %	+ 3.0 %	+ 2.5 %	+ 2.0 %	+ 1.0 %
Sonstiges - Sonstiges	+ 0.5 %	+ 5.0 %	+ 2.5 %	+ 4.0 %	+ 2.0 %
Insgesamt	+ 0.9 %	+ 3.6 %		+ 3.9 %	+ 1.9 %

Quelle: Prognos

Thema III: Veränderungen der Produktionsweisen und Wirkungen auf logistische Prozesse

Ziel ist es, die Änderungen der Produktionsweisen im Zusammenhang mit der sogenannten „4. Industriellen Revolution“ im Hinblick auf die verkehrliche Bedeutung zu spezifizieren. Darauf aufbauend sind die Veränderungen des Transportbedarfs im Güterverkehr, speziell im B2B (business-to-business) - Verkehr aufgrund des Wandels in der industriellen Produktion qualitativ, wenn möglich auch quantitativ, abzuschätzen. Dies bezieht sich auf mögliche Veränderungen der Strassenkapazitäten und der Beladungsgrade von Lastkraftwagen (Lkw).

Bis zum Jahr 2040 wird sich die industrielle Produktion gegenüber heute verändern. Nach der Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung zeichnet sich eine „4. Industrielle Revolution“ (=digitale Transformation) ab. Diese ist durch Digitalisierung und Vernetzung entlang der Wertschöpfungsketten gekennzeichnet. Ermöglicht wird der Wandel durch die Einbindung neuer Technologien aus der Kommunikations- und Informationstechnik.

Der wesentliche Kern der Veränderung ist der Übergang von relativ starren Produktions- und Wertschöpfungsstrukturen zu einem flexiblen System, das infolge dessen Produkte und Abläufe in Echtzeit verändern und anpassen wird, dies z.B. wenn Nachfrageänderungen eintreten. Die Verknüpfung digitaler Informationen entlang der Wertschöpfungskette betrifft beispielsweise das Arbeitsumfeld von „Original Equipment Manufacturer“ (OEM), im speziellen den Erstausrüstern in der Automobilindustrie. In der Schweiz sehen vor allem Unternehmen der chemischen Industrie, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik grosses Potenzial in der digitalen Transformation.

Die Veränderungen der Produktionsweisen / -prozesse werden zwangsläufig Auswirkungen auf logistische Prozesse im Güterverkehr im business-to-consumer (B2C) und business-to-business (B2B)-Bereich haben. In diesem Zusammenhang sind drei Entwicklungstrends von besonderer Bedeutung, die auf logistische Prozesse, den Güterverkehr in der Schweiz und z.T. auch auf die globale Arbeitsteilung der Schweiz wirken.

- Outsourcing der Produktion als Resultat einer verstärkten Komplexität und Arbeitsteilung;
- Just-in-Time (JiT) / Just-in-Sequence Lieferungen (JiS);
- Individualisierung der Produktion (Losgrösse 1).

Grundsätzlich und zusammenfassend wirken die Veränderungen der Produktionsweisen im Zuge einer Umsetzung der 4. Industriellen Revolution in Produktion und Logistik auf den Strassengüterverkehr und auf die Strassenkapazitäten wie folgt:

- Steigende Fahrleistungen im nationalen wie grenzüberschreitenden Strassengüterverkehr der Schweiz, v. a. bei den betroffenen Branchen.
- Sinkender durchschnittlicher Beladungsgrad von schweren Sachtransportfahrzeugen und vermehrter Einsatz leichter Sachtransportfahrzeuge.
- Steigende Verkehrsleistung im nationalen wie grenzüberschreitenden Güterverkehr, v. a. innerhalb der betroffenen Branchen.

Im Gegensatz zu den Änderungen im Strassengüterverkehr ist davon auszugehen, dass die Veränderungen in den Produktionsweisen in äusserst geringem Mass im Schienengüterverkehr wirken. Der Schienengüterverkehr verfügt v. a. über (Kosten-)Vorteile beim Transport von Massengütern bzw. bündelbaren Güterverkehrsströmen (dies v. a. im kombinierten Verkehr) die zudem zeitunkritische Verfügbarkeiten aufweisen. Denkbar ist, dass die zunehmende Arbeitsteilung auch eine räumlich konzentrierte Zulieferstruktur unterstützt. Da aber die digitale Transformation vor allem in hochtechnisierten Branchen mit zeitlich stark aufeinander abgestimmten Produktionsabläufen stattfinden wird, d.h. dort wo der Strassenverkehr seine Stärken hat, sind für den Schienengüterverkehr (Fahr-/Verkehrsleistung) in diesen Bereichen kaum Wachstumseffekte zu erwarten.

Im Pfad bis 2040 ergibt sich folgendes Bild:

Der Digitalisierungsgrad in der Produktion wird im Jahr 2040 deutlich höher sein als heute. Diese Tendenz wird auch notwendigerweise in der Logistik zu erkennen sein, innerhalb derer viele Prozesse weiter automatisiert werden. Einen hohen Automatisierungsgrad weisen insbesondere Umschlags- und Lagertechniken auf.

Der Güterverkehr wird darüber hinaus verstärkt in Logistik- und Produktionsprozesse eingebunden. Ebenfalls wird der Grad der globalen Arbeitsteilung weiter ansteigen, was unter anderem in der zunehmenden räumlichen Entflechtung einzelner Produktionsschritte zu spüren ist.

Tabelle Z3: Veränderungen der Produktionsweisen im Zuge der 4. Industriellen Revolution

Digitalisierung / Industrie 4.0 innerhalb der Produktion und Logistik	++
Komplexität der Produktion / Logistik	++
Arbeitsteilung	
<i>Outsourcing</i>	++
<i>Offshoring (Far-/Nearshoring)</i>	++
<i>Onshoring</i>	+
Just-in-Time/Just-in-Sequence -Produktion und – Logistik	+
Individualisierung der Produktion	0

Anmerkung: +++ sehr starke / ++ starke / + moderate Zunahme / 0 keine Wirkung / - moderate / - -starke / - - - sehr starke Abnahme

In der Referenz ist davon auszugehen, dass die Komplexität der Produktion und der Logistik grundsätzlich zunimmt. Im Zuge der räumlichen Entflechtung der einzelnen Produktionsschritte und der globalen Arbeitsteilung kommt es zu einem verstärkten Outsourcing sowie einer Zunahme des Offshoring, währenddessen das zeitliche Ineinandergreifen von Produktion und Logistik (JiT / JiS) moderat zunimmt, da die Automatisierung vor allem in der Umschlags- und Lagertechnik wirkt.

Tabelle Z4: Abschätzung der Wirkungsrichtung und –stärke aufgrund der sich ändernden Produktionsweisen auf die Fahrleistung und den Beladungsgrad schwerer Sachentransportfahrzeuge sowie auf die Strassenkapazität.

Fahrleistungen auf der Strasse	++
<i>im Binnenverkehr</i>	+
<i>im grenzüberschreitenden Verkehr</i>	++
Beladungsgrad	--
Kapazitätsreserve des Strassennetzes	-

Anmerkung: +++ sehr starke / ++ starke / + moderate Zunahme / 0 keine Wirkung / - moderate / - -starke / - - - sehr starke Abnahme

Die Wirkung im Strassengüterverkehr wird vor allem durch die starke Zunahme der grenzüberschreitenden Fahrleistungen geprägt sein.

3 Ausgangslage und Zielsetzung

In Zusammenarbeit mit weiteren UVEK-Ämtern veröffentlicht das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) periodisch die Perspektiven der zukünftigen Entwicklung des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs („Schweizerische Verkehrsperspektiven des Personen- und Güterverkehrs“ kurz: Verkehrsperspektiven). Die aktuell gültigen Verkehrsperspektiven wurden im Jahr 2004/2006 publiziert und 2012 aktualisiert. Zwischenzeitlich haben sich wesentliche Rahmenbedingungen verändert (Aktualisierung verschiedener Grundlagendaten). Daher aktualisiert das ARE die Verkehrsperspektiven mit dem neuen Zeithorizont 2040.

Perspektiven basieren auf Szenarien, die wiederum die Bandbreiten einer zukünftigen Entwicklung abbilden. Eine besondere Herausforderung in der Erstellung der Verkehrsperspektiven besteht darin, geeignete Annahmen für eine grosse Bandbreite möglicher Entwicklungen mit Konsequenzen für den Verkehr zu definieren. Soweit die klassischen erklärenden Variablen der Verkehrsnachfrage verwendet werden (Bevölkerung, Wirtschaft, Raum, jeweils in ihren Differenzierungen), lässt sich mit ihnen und verfügbaren Methoden die künftige Verkehrsnachfrage prognostizieren.

Im Gegensatz hierzu entziehen sich neuere gesellschaftliche, technologische und logistische Trends den klassischen Ansätzen der Prognostik. Zum einen liegt dies daran, dass konkrete Erfahrungen im Hinblick auf die Verkehrsnachfragewirkungen noch nicht vorliegen, zum anderen sind die Trends in ihrer konkreten Ausgestaltung allenfalls bereits ansatzweise erkennbar.

Im Kontext der Erarbeitung der Verkehrsperspektiven 2040 zeigte sich, dass zu ausgewählten Themen ein erhöhter Analysebedarf besteht. Das vorliegende Projekt fasst den Stand des Wissens zu drei der zukünftig als besonders relevant erachteten Themen zusammen, welche die Entwicklung auf den Personen- und den Güterverkehr bis zum Jahr 2040 bestimmen werden. Das Projekt konzentriert sich auf folgende drei **Themen**:

1. Technologien und gesellschaftliche Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr: Autonome Fahrzeuge und Sharing-Modelle;
2. Trends im Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation bezüglich spezifischer Wegezwecke bis 2040;
3. Veränderungen der Produktionsweisen und Wirkungen auf logistische Prozesse.

Der **Analyseumfang** bestimmt sich durch:

- die Beschreibung der künftigen Entwicklung (bis 2040);
- die Identifizierung des Einflusses jedes einzelnen Themas auf Mobilität und Verkehr in der Schweiz und
- die Quantifizierung des Einflusses für ein Referenz- und drei Alternativszenarien anhand einer vorgegebenen Analysestruktur.

Die Auswirkungen werden überwiegend qualitativ dargestellt und soweit möglich für die Szenarien quantifiziert. Zeithorizont ist 2040, die Veränderungsdaten beziehen sich auf den Zeitraum von 2010 bis 2040:

- **Referenz**
Trendentwicklung – Fortschreibung aktuell beobachtbarer politischer und technischer Trends

- **Balance**
Nachhaltigkeit, Ressourcenschutz und Priorisierung des ÖV als wichtige gesellschaftliche Ziele
- **Sprawl**
Fortschreitende Zersiedlung und moderate Preisentwicklung im MIV stärken die Attraktivität individueller Mobilität
- **Fokus**
Entwicklung hin zu einer „urbanen Schweiz“; Infrastruktur- und Angebotsentwicklung konzentrieren sich auf die Städte und die Achsen zwischen den Städten

Zusätzlich wird zum Thema 1 eine **Technik-Sensitivität** eingeführt, in der ein ausgesprochen technologie-freundliches regulatorisches Umfeld unterstellt wird, das einen beschleunigten Einsatz autonomer Fahrzeuge vorsieht.

4 Einordnung der Ergebnisse

Im Rahmen der Verkehrsperspektiven 2040 tagte eine bundesinterne Szenariogruppe. In Abstimmung mit der Szenariogruppe erfolgte die Festlegung über die Annahmen zu zukünftigen Trends und Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr bis 2040. Zu diesen Annahmen gehören auch die in diesem Bericht behandelten Trends im Bereich des Verkehrsverhaltens, der Technologie und der Produktionsweisen im Güterverkehr.

Die im vorliegenden Bericht dargestellten Ergebnisse stellen einen Input für die Festlegung der Annahmen dar und dienen damit der Unterstützung und Orientierung der im Projekt durchgeführten Analysen und Abstimmungen. **Die vorliegenden Ergebnisse sind aber nicht bindend für die Verkehrsperspektiven 2040.** Dies bedeutet, dass die nachfolgend dargestellten Annahmen über Trends und Entwicklungen einen Ausgangspunkt für die Abstimmungen im Projekt bilden und nicht den abschliessend getroffenen Annahmen entsprechen (müssen).

5 Synthese zum Thema I: Technologien und gesellschaftliche Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr: Autonome Fahrzeuge und Sharing-Modelle

5.1 Autonome Fahrzeuge in den Verkehrsperspektiven 2040

5.1.1 Ausgangslage

Zwischen dem völlig fahrerbasierten und dem komplett autonomen Fahren bestehen diverse Zwischenstufen, die nicht nur aus technologischer, sondern auch aus organisatorischer und rechtlicher Perspektive substantielle Unterschiede aufweisen. In der internationalen Diskussion ist zur technischen Klassifizierung der verschiedenen Automatisierungsstufen die Einteilung der Society of Automotive Engineers (SAE)² gebräuchlich.

Abbildung 1: Automatisierungsgrade nach SAE

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Quelle: SAE 2014

Betrachtet werden sowohl „teilautonome“ als auch „vollautonome“ Fahrzeuge. Dazu werden gemäss der SAE-Klassifikation die folgenden Präzisierungen gewählt:

² SAE (2014)

*„**Teilautonome Fahrzeuge**“ entsprechen der SAE-Stufe 3. Sie übernehmen in bestimmten Fahrsituationen die kompletten Fahraufgaben. Die Anwendungsfälle beschränken sich auf besonders stark standardisierte, weniger komplexe Fahrsituationen, wie sie z.B. auf dem Nationalstrassennetz zu finden sind. Beim Verlassen dieses übergeordneten Netzes wird unter Wahrung eines angemessenen Vorlaufes der Fahrer zur Übernahme der Aufgaben aufgefordert. Die Anwesenheit und Ansprechbarkeit eines fahrtüchtigen Menschen ist jederzeit erforderlich. Ein „Wegschicken“ und „Anfordern“ der Fahrzeuge ist demnach ausgeschlossen. Teilautonome Fahrzeuge bieten in diesem Kontext vor allem in Fahrzeug-„Platoons“ positive Potenziale in Bezug auf Verkehrssicherheit und optimierter Auslastung der Infrastrukturkapazitäten, die sich jedoch ausschliesslich auf das Nationalstrassennetz beschränken. Abseits der Nationalstrassen verhalten sich teilautonome Fahrzeuge wie herkömmliche Autos.*

*„**Vollautonome Fahrzeuge**“ lassen sich durch die SAE-Stufen 4 und 5 beschreiben. Die Fahrzeuge können sich vollumfänglich autonom im Raum bewegen und übernehmen alle Fahraufgaben unabhängig von Fahrsituation und äusseren Einflüssen. Dies ermöglicht auch einen Einsatz in städtischen Kontexten und macht die Anwesenheit eines fahrtüchtigen Menschen überflüssig. Somit können auch nicht fahrtüchtige Menschen (Kinder, alte, beeinträchtigte und sogar schlafende Menschen) befördert werden. Da die Fahrzeuge zu keinem Zeitpunkt durch einen Fahrer überwacht werden müssen, können sie durch die Nutzer „weggeschickt“ und „angefordert“ werden. Dies ermöglicht auch innovative Konzepte autonomer Mobilitätsdienstleistungen (z.B. „Robotertaxis“).*

5.1.2 Abgrenzung in den Verkehrsperspektiven 2040

Im motorisierten **Personenverkehr** bis 2040 sind grundsätzlich sowohl teilautonome als auch vollautonome Fahrzeuge denkbar, zudem bieten sich zwei verschiedene Geschäftsmodelle an: Entweder als Fahrzeuge im Privatbesitz oder im Rahmen von Mobilitätsdienstleistungen wie z.B. Car-Sharing (s. Kapitel 5.2.2).

Im **Strassengüterverkehr** stellen teilautonome Strassengüterfahrzeuge bei langlaufenden Verkehren einen vielversprechenden Anwendungsfall dar, da sie hier die Lenkzeiten deutlich verringern und/oder Fahrer über längere Zeit in die Lage versetzen, andere Aufgaben zu übernehmen. Dabei ist grundsätzlich davon auszugehen, dass teilautonome Fahrzeuge früher in den Markt kommen (z.B. wie in diesem Projekt angenommen ab 2030) und sukzessive von vollautonomen Fahrzeugen abgelöst werden.

Weiterhin wird nur der Strassenverkehr betrachtet, andere autonome Verkehrsmodi (schienegebunden oder Drohnen) werden hier nicht weiter behandelt.

5.2 Marktrelevanz autonomer Fahrzeuge

5.2.1 Hemmnisse und Marktdiffusion des autonomen Fahrens

Die Markteinführung autonomer Fahrzeuge hängt von drei Faktoren ab:

Technologische Aspekte

Zahlreiche Teilsysteme eines autonomen Fahrzeugs sind bereits technologisch ausgereift und zum Teil serienmässig im Bereich der Fahrerassistenzsysteme verfügbar. Die Weiter-

entwicklung zu einem ohne Eingriffe des Menschen operierenden Gesamtsystem ist jedoch erst auf Basis von Prototypen (z.B. Google Driverless Car, Mercedes Future Truck) geschehen, die bislang vor allem in weniger komplexen Umfeldern (Highways bzw. Autobahnen) und unter ständiger menschlicher Überwachung operieren. Es erscheint durchaus realistisch, dass autonome Fahrzeuge stufenweise technologisch realisiert werden können. Führende Automobilhersteller rechnen, je nach Komplexitätsgrad der Fahrsituation bzw. des Fahrzeugumfelds, mit verbleibenden Entwicklungszeiträumen von 5 bis 25 Jahren³. In einer rein technologisch bedingten Evolution könnte 2040 eine spürbare Marktdurchdringung autonomer Fahrzeuge bestehen.⁴

Abbildung 2: Mögliche technologische Evolution automatisierter Fahrzeuge



Quelle: Eigene Darstellung

Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Diffusion der Technologie hängt grundsätzlich davon ab, ob es in Zukunft rechtlich möglich sein wird, autonome Fahrzeuge zuzulassen und zu betreiben. Dazu müssten grundlegende Regeln des Verkehrsrechts novelliert werden. Die Regelungen des Artikels 8 des von der Mehrheit der Staaten anerkannten Wiener Abkommens⁵ fordern, dass Fahrzeuge permanent der Kontrolle und Verantwortung eines Fahrers unterliegen müssen. In der Schweiz finden diese Regeln ihre Entsprechung im Strassenverkehrsgesetz.

Darüber hinaus werfen automatisierte Fahrzeuge Fragestellungen des Haftungsrechts auf. Bei Unfällen verschiebt sich mit steigendem Automatisierungsgrad der Fahrzeuge die Verantwortung von den Fahrern hin zu den Fahrzeugherstellern oder den Betreibern auto-

³ Daimler (2014); Die Welt (08.09.2014); Bitkom Research (08.09.2015); Beiker, S. (2015)

⁴ vgl. dazu auch die Einschätzung der Firma Enterprise Rent-A-Car (ERAC), die von „fully automated trucks“ ab 2026 und „fully automated private vehicles“ ab 2028 ausgeht.

⁵ „Übereinkommen über den Strassenverkehr“. Abgeschlossen in Wien am 8. November 1968, von der Bundesversammlung genehmigt am 15. Dezember 1978. Schweizerische Ratifikationsurkunde hinterlegt am 11. Dezember 1991, in Kraft getreten für die Schweiz am 11. Dezember 1992.

nomer Flotten. Die Regulierung von Schäden kann nur durch die Schaffung neuer Instrumente bei Versicherungen und entsprechender rechtlicher Rahmenbedingungen geleistet werden.

Nach derzeitigem Stand sind Schäden durch Fahrerassistenzsysteme u. ä. zwar durch die normale Haftpflicht abgedeckt und Versicherer haben bislang nie mit höheren Prämien auf eine steigende Technisierung der Autos reagiert. Das Hauptproblem könnte in Zukunft vor allem aber darin bestehen, dass die Haftpflichtversicherer das Recht haben, die Hersteller in Regress zu nehmen. Die Schwierigkeit dabei wird sein, dass die Versicherer den Mangel nachweisen müssen, was bei derart komplexen technischen Systemen kaum zu leisten sein dürfte⁶.

Dieses Problem erfordert neue Wege bei der Produkthaftung. Ein denkbare Instrument dazu wäre die „Marktanteilshaftung“ (z.T. auch „Branchenhaftung“ genannt), die die Anbieter als Risikogemeinschaft behandelt und die Schäden auf Basis der Marktanteile abwälzt. Derartige Verfahren werden in den USA durchaus praktiziert, um Nutzer von der Haftung frei zu halten („Market Share Liability“).⁷

Nutzerakzeptanz

In erheblichem Masse hängt die Zahlungsbereitschaft der Kunden davon ab, welcher zusätzliche Nutzen mit den höheren Anschaffungskosten verbunden ist. Der zu erwartende Verkaufspreis der Fahrzeuge ist zum jetzigen Zeitpunkt schwer abzuschätzen, da dieser unmittelbar mit der letztlich verwendeten Technik zusammenhängt. Die LIDAR-Systeme des GoogleCars z.B. sind ausgesprochen teuer und kosten heute etwa 75'000 \$ pro Fahrzeug, für das Gesamtfahrzeug fällt bislang ungefähr der doppelte Preis an⁸.

Auch wenn bei einer Massenproduktion diese Preise erheblich fallen werden, so bleiben zweifelsohne substantielle Mehrkosten. Vor allem deutsche Hersteller setzen hingegen deutlich weniger auf derart kostenintensive Sensorik, sondern auf wesentlich kostengünstigere Vernetzungstechnologien mit Infrastruktur und anderen Fahrzeugen. Hier sind Kosteneinsparungen durchaus vorstellbar. Schätzungen von Bosch sehen z.B. letzte Mehrkosten von unter 5.000 € für autonome Fahrzeuge bis zum Jahr 2020 vor⁹. Diese Mehrkosten würden ungefähr der von Schoettle und Sivak (2014) identifizierten „willingness to pay“ entsprechen¹⁰, so dass preisliche Barrieren ausgeschlossen werden könnten.

Erste internationale Studien zu autonomen Fahrzeugen¹¹ ergeben noch kein eindeutiges Bild zur Nachfrage und damit zur erwarteten Geschwindigkeit der Marktdurchdringung. Dabei bestehen erhebliche Unterschiede zwischen teilautonomen und vollautonomen Fahrzeugen. Während bei niedrigeren Automatisierungsgraden für Menschen, die sich am

⁶ Gasser, T. et al. (2012)

⁷ Jackson, J. (2007)

⁸ <http://googlesautonomousvehicle.weebly.com/technology-and-costs.html>

⁹ Automobilwoche vom 10.07.2015: <http://www.automobilwoche.de/article/20150710/AGENTURMELDUNGEN/307109930/kosten-des-autonomen-fahrens-preis-der-technik-wird-sinken#.VounLkZQ0ug>

¹⁰ Schoettle, B. & Sivak, M. (2014)

¹¹ Cisco Systems (2013); Berylls (2013); Continental (2015); Ernst & Young (2012); Telefonica (2014)

Steuer unsicher fühlen, mit zunehmender Kontrolle durch das Fahrzeug eine positive Wirkung entsteht, dürften vollautonome Fahrzeuge bei vielen Fahrern Vorbehalte aufgrund des Verlustes von Kontrolle und Fahrspass auslösen.

Aber selbst unter der Annahme einer breiten Akzeptanz und hoher Anschaffungsneigung muss davon ausgegangen werden, dass vollautonome Fahrzeuge erst nach einigen Jahren im gesamten Fahrzeugbestand der Schweiz spürbare Marktanteile erreichen werden. Dies bedeutet, dass es selbst unter optimistischen Rahmenannahmen nach Start der serienmässigen Produktion ca. 10 bis 15 Jahre dauern kann, bis autonome Fahrzeuge Bestandsanteile von über 30 % erreichen¹².

Bei der Marktdiffusion erscheinen unterschiedliche Geschwindigkeiten im Personen- und Güterverkehr wahrscheinlich. Im Güterverkehr ist aufgrund von Kostenargumenten eine potenziell stärkere Nachfrage nach autonomen Fahrzeugen zu erwarten, wenn sich das Fahrpersonal während der Fahrt zunehmend anderen Aufgaben widmen kann und Lenkzeitenbeschränkungen an Bedeutung verlieren. Diese Möglichkeiten verleihen auch teilautonomen Systemen im Güterverkehr eine Attraktivität, die im Personenverkehr fraglich ist: Selbst wenn Fahrzeuge nur im übergeordneten Strassennetz autonom fahren werden, entstehen im Güterverkehr (GV) unmittelbare Kostenvorteile. Ob nur auf Teilnetzen verfügbare autonome Funktionen im PV ein allgemeines Kaufargument darstellen, ist hingegen diskutabel. Daher ist davon auszugehen, dass die Diffusion im GV aufgrund der höheren Investitionsneigung und der höheren Nachfrage auch nach niedrigeren Automatisierungsgraden etwas schneller verläuft als im PV. Schon ab 2025 könnten sich in der Schweiz im GV teilautonome Fahrzeuge im Bestand etablieren. Diese grundlegende Annahme einer im GV schnelleren Diffusion wird in den Szenarien aufgegriffen und weiter differenziert.

5.2.2 Sharing: Besitzen vs. Nutzen

Bei der Einführung autonomer Fahrzeuge sollte im PV grundsätzlich nach zwei Ansätzen unterschieden werden: Pw im klassischen Privatbesitz und die Einführung im Rahmen angebotener Mobilitätsdienstleistungen (Car Sharing oder sogenannte „Robotertaxis“). Das Verhältnis dieser Ansätze zueinander wird einerseits von den anfallenden Fixkosten autonomer Fahrzeuge, andererseits aber auch von den Nutzerpräferenzen in der Zukunft abhängen.

Bei vollautonomen Fahrzeugen erhöhen sich die Möglichkeiten zur Nutzung ohne eigenen Führerausweis- und Fahrzeugbesitz. Dies hängt insbesondere mit der Erschliessung nicht fahrtüchtiger Nutzergruppen zusammen: Vollautonome Fahrzeuge können auch von Menschen genutzt werden, die derzeit aus rechtlichen (Minderjährige, Menschen ohne Führerschein) oder gesundheitlichen (alte und beeinträchtigte Menschen) Gründen von der Pw-Nutzung ausgeschlossen sind.

Car-Sharing funktioniert bislang nach folgenden Modellen:

¹² Analogie zu den Ausführungen zur Diffusion der Elektromobilität in den Shell Pkw-Szenarien 2040.

Stationsbasierte Modelle stellen Fahrzeuge an fest vereinbarten Punkten zur Verfügung, wo sie von den Nutzern abgeholt werden können. Die Rückgabe erfolgt ebenfalls an definierten Stationen. Somit ähnelt die Nutzung klassischen Mietwagenmodellen, auch wenn sich die Entgeltregelungen unterscheiden. Durch die Fokussierung auf fest zugeordnete Parkflächen sind die Effekte auf das regionale Parkplatzangebot gering. Nach Schätzungen des deutschen Bundesverbands Car-Sharing kann jedes derart genutzte Fahrzeug bis zu acht private Autos ersetzen. (vgl. <http://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/faq>)

„**Free-Floating-Systeme**“ hingegen sind nicht stationsgebunden, sondern sind wie private Fahrzeuge Teil des regulären ruhenden Verkehrs in Städten. Auffindung und Buchung der Fahrzeuge werden in der Regel durch digitale Apps abgewickelt. Nach der Fahrt kann das Fahrzeug überall im öffentlichen Bereich wieder abgestellt werden. Somit entsteht für Nutzer ein erheblicher Komfort-Gewinn, bei dem der öffentliche Parkraum jedoch nicht entlastet wird. Ein Funktionieren dieser Systeme ist auf eine gewisse Siedlungsdichte angewiesen und somit auf urbane Räume limitiert.

„**Ride-Sharing**“ stellt eine Weiterentwicklung traditioneller Mitfahrzentralen dar, bei der private Fahrzeuge gemeinschaftlich genutzt und Fahrwünsche per App miteinander gekoppelt werden. Dadurch wird der Besetzungsgrad entscheidend erhöht und die benötigte Flotte reduziert. Allerdings ist der Koordinierungsaufwand erheblich.

Durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge könnten sich diese Modelle wie folgt weiter entwickeln:

Stationsbasierte Modelle mit vollautonomen Fahrzeugen entbinden Nutzer vom Weg zu den vereinbarten Stationen. Die Autos werden zentral vorgehalten und können angefordert werden. Den Weg zum Kunden übernehmen sie selbständig, ebenso die Fahrt zurück zum Stützpunkt.

„**Free-Floating-Systeme**“ könnten durch vollautonome Fahrzeuge insofern weiter entwickelt werden, dass sich die Fahrzeuge frei im Raum bewegen und selbständig von Auftrag zu Auftrag fahren. Der Annahme einer höheren Auftragsfrequenz folgend dürfte diese Variante wirtschaftlich dem stationsbasierten System überlegen sein. Eine ausreichende Auslastung vorausgesetzt, könnte der Parkbedarf reduziert werden.

„**Ride-Sharing**“ ist ebenfalls mit autonomen Fahrzeugen denkbar. Dabei würden die Fahrzeuge ihre Aufträge so kombinieren, dass sie möglichst viele Beförderungen gleichzeitig abwickeln könnten.

Es erscheint durchaus plausibel, dass autonome Fahrzeuge gerade im urbanen Umfeld im Rahmen von Sharing-Modellen in den Markt kommen werden¹³. Dabei dürften vor allem weiter entwickelte Free-Floating-Systeme im Sinne autonomer Taxis Potenziale aufweisen.

5.2.3 Relevanz für die Schweiz

Die technologische Entwicklung autonomer Fahrzeuge wird vor allem in den Ländern vorangetrieben, die über eine ausgeprägte Automobil- oder IT-Industrie verfügen (v.a. USA und Deutschland). Die Schweiz bietet aber trotzdem ein attraktives Umfeld zur

¹³ e-mobil BW GmbH (2015)

Erprobung und Einführung autonomer Fahrzeuge. So fuhr im Mai 2015 zum ersten Mal ein autonom betriebenes Fahrzeug im Rahmen einer Testfahrt durch Zürich.¹⁴ Ab Dezember 2015 erprobt das „Mobility Lab Sion-Valais“ zwei vollautonome Kleinbusse im urbanen Umfeld.¹⁵

Im Rahmen des EU-Projekts CityMobil2 werden Pilotanwendungen gefördert, in denen autonome Fahrzeuge gemeinschaftlich in Form von Fahrdiensten als Teil des ÖV genutzt werden. Eines dieser Pilotprojekte befindet sich auch in der Schweiz: Auf dem Campus der EPFL in Lausanne wird ein autonomes Fahrzeug getestet, das von Nutzern per App angefordert werden kann.¹⁶

Die Schweiz bietet grundsätzlich gute Rahmenbedingungen, die eine frühzeitige Verbreitung autonomer Fahrzeuge positiv beeinflussen können:

- Von der im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohen Kaufkraft in der Schweiz profitieren auch höherpreisige Fahrzeuge. Es ist wahrscheinlich, dass sich eine zunehmende Automatisierung zuerst im hochpreisigen Fahrzeugsegment etablieren wird, bevor sie im Mittelklassensegment oder in niedrigen Preissektoren eingeführt wird. Für diese Segmente besteht in der Schweiz potenziell eine relativ grosse Nachfrage.
- Gleichzeitig ist Car-Sharing in der Schweiz vergleichsweise weit verbreitet. Allein der grösste Anbieter Mobility konnte 2014 etwa 112'000 Kunden verzeichnen. Damit gibt es bezogen auf die Gesamtbevölkerung nirgendwo sonst so viele Car-Sharing-Nutzer wie in der Schweiz¹⁷. Aufgrund dessen stellt das Sharing ein Geschäftsmodell mit grundsätzlich günstiger Ausgangslage dar, da auch in diesem Nutzersegment autonome Fahrzeuge im Personenverkehr integriert werden könnten.
- Wie in Kapitel 5.1 erläutert, sind teilautonome Fahrzeuge auf klar definierte, vergleichsweise wenig komplexe Fahrsituationen angewiesen. Aber auch vollautonome Fahrzeuge werden voraussichtlich besonders schnell dort am Markt erscheinen, wo eine gut ausgebaute Infrastruktur eine weitgehend standardisierte Anwendung unterstützt. Das schweizerische Nationalstrassennetz stellt prinzipiell solch ideale Anwendungsbedingungen dar. Zudem können die besonderen Voraussetzungen auf dem schweizerischen Strassennetz (Tunnel, Witterungsverhältnisse) den Einsatz teilautonomer Fahrzeuge zusätzlich erleichtern, wenn für solche Situationen der Einsatz entsprechender Fahrerassistenzsysteme verpflichtend würde, um die Sicherheitsrisiken widriger Sicht- oder Strassenverhältnisse durch technische Unterstützung zu minimieren.

Ein erstes Einsatzgebiet für das **autonome Fahren** stellt generell das gesamte Nationalstrassennetz dar. Von Interesse könnten die hochbelasteten Abschnitte zwischen den Agglomerationen sein, wie z. B. Basel – Zürich, Bern – Zürich oder Lausanne – Genf. Letztendlich wird es von den technischen, administrativen und verkehrspolitischen Voraussetzungen abhängen, in welchen Städten oder Kantonen autonome Fahrzeuge zugelassen werden.

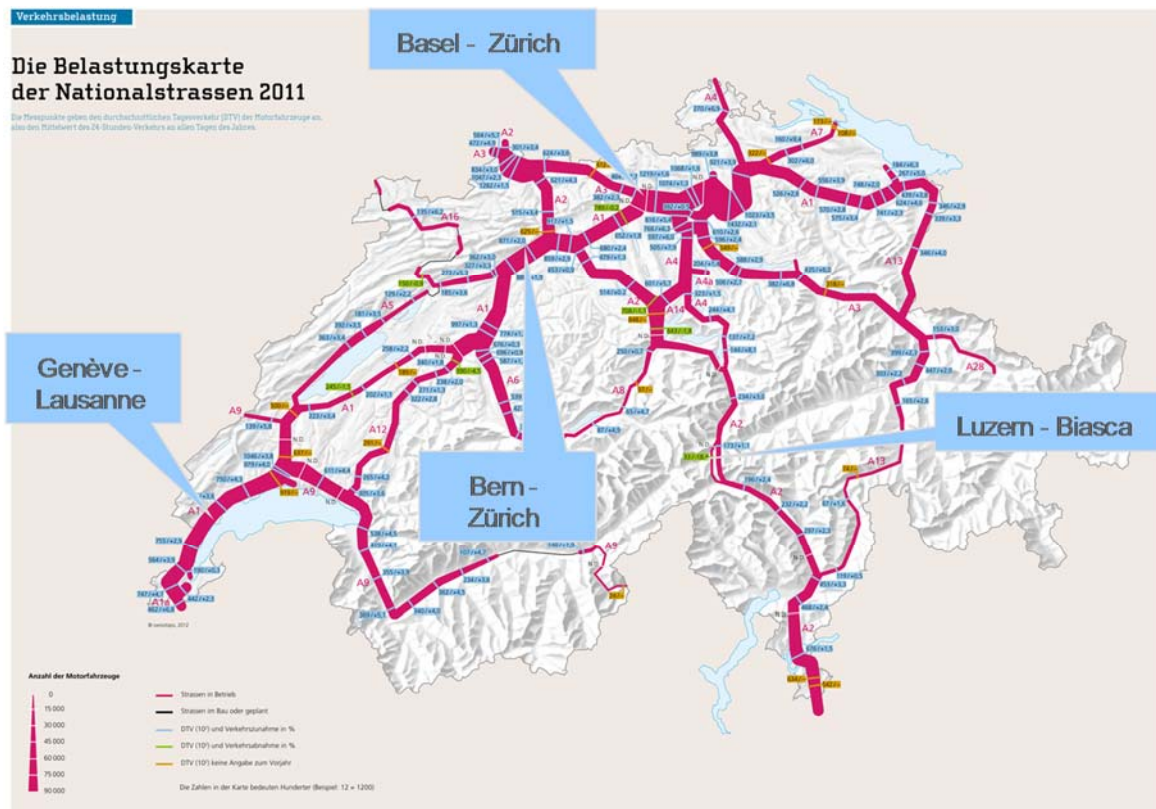
¹⁴ NZZ (12.5.2015): „Grösstes Sicherheitsproblem ist der Mensch“

¹⁵ www.busplaner.de (11.11.2015): „Autonomes Fahren: Pilotprojekt im Schweizer ÖPNV“

¹⁶ EPFL Lausanne – CityMobil2 (07.02.2015) <http://easymile.com/project/epfl-lausanne>

¹⁷ Zeit Online (15.04.2014): „Die Schweizer, ein Volk von Carsharern“

Abbildung 3: Potenzielle Abschnitte für hochautomatisiertes Fahren auf dem Nationalstrassennetz



Quelle: ASTRA / Eigene Darstellung

- Die Schweiz ist ein bedeutendes Transitland europäischer Güterströme, da viele langlaufende Verkehre das schweizerische Strassennetz nutzen. Lkw-Verkehre über grosse Distanzen auf übergeordneten Strassennetzen stellen einen besonders vielversprechenden Anwendungsfall für teilautonome Fahrzeuge dar. Auch im Güterverkehr bietet sich die Schweiz also als ein Pionierland an, in dem autonome Lkw relativ frühzeitig eingesetzt werden könnten.

5.2.4 Kapazitätseffekte autonomer Fahrzeuge

Übergeordnetes Netz

Bereits mit teilautonomen Fahrzeugen kann die vorhandene Strasseninfrastruktur deutlich besser ausgenutzt werden. Dies gelingt dadurch, dass insbesondere durch die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander (vehicle-to-vehicle, V2V) geringere Abstände zulässig und die Geschwindigkeiten aufeinander angepasst werden. Die in Kolonnen („Platoons“) operierenden Fahrzeuge erzeugen als „Schwarm“ einen insgesamt gleichmässigeren Verkehrsfluss und verringern die Staufahrt. Inwieweit die technisch möglichen, extrem engen Abstände auch bei höheren Geschwindigkeiten zwischen Fahrzeugen in Zukunft tatsächlich realisiert werden, hängt auch von der künftigen Ausgestaltung des Verkehrsrechts ab. Aktuell gelten Abstände unterhalb der „Halbe-Tacho-Regelung“ als Verstoß gegen das Verkehrsrecht nach SVG 92 Ziff. 1.

Beim „Platooning“¹⁸ finden sich Fahrzeuge selbständig zu Kolonnen zusammen und orientieren sich bei der Fahrweise an dem Fahrzeug an der Spitze. Durch diese Vernetzung untereinander können die Sicherheitsabstände signifikant verringert werden.

Abbildung 4: Beispielhaftes Platooning-Konzept



Quelle: <http://www.driverlesstransportation.com/platooning-1157>

Für die Schweiz ist vorstellbar, dass Fahrzeugverbände als solche kenntlich auf festgelegten Spuren und Nationalstrassenabschnitten verkehren dürfen. Weitere Fahrzeuge mit entsprechender Ausstattung können sich den Verbänden anschliessen. Konventionelle Fahrzeuge behandeln die Platoons, als ob sie ein eigenständiges Fahrzeug seien.

Es muss davon ausgegangen werden, dass in absehbarer Zeit eine zunehmende Anzahl automatisierter Fahrzeuge die Strassen zunächst im Mischbetrieb gemeinsam mit einer langsam abnehmenden Anzahl konventioneller Fahrzeuge benutzen wird. Mischverkehre machen das System komplexer und verhindern eine Realisierung der maximalen Kapazitätseffekte. Mit zunehmenden Anteilen autonomer Fahrzeuge steigen die Kapazitätseffekte jedoch exponentiell an.¹⁹

Die positiven Auswirkungen automatisierter Fahrzeuge lassen sich umso schneller realisieren, desto konsequenter sie von konventionellen Fahrzeugen separiert werden können. Eine Reservierung bestimmter Spuren für solche Fahrzeuge kann jedoch als nicht realistisch angesehen werden, da zumindest im Bereich von Ein- und Ausfahrten ein Mischbetrieb nicht verhindert werden kann. Zudem kann ein Ausweichen der gesamten Kolonne auf eine andere Spur (beim Überholen langsamerer Fahrzeuge oder beim Umfahren von Hindernissen) erforderlich sein. Auch in diesen Fällen ist eine Eingliederung in den Mischbetrieb unvermeidlich.

Ein möglichst konfliktfreier Betrieb der Kolonnen könnte so aussehen, dass sich die Platoons lediglich auf dem rechten Fahrstreifen bewegen und nur in Ausnahmefällen auf die linke Spur wechseln. Die Abstände der Platoon-Fahrzeuge werden dabei so eng gestaltet, dass konventionelle Fahrzeuge nicht zwischen die Kolonne gelangen können. Ausnahmen könnten an Ein- und Ausfahrten gemacht werden: Konventionelle Fahrzeuge könnten sich kurzzeitig einfädeln, was aber zu einem „Abkoppeln“ der automatisierten Fahrzeuge und einem zeitweisen „Zerreißen“ des Platoons führt. Daher wäre zu diskutieren, ob ein Einfädeln nicht doch generell ausgeschlossen werden sollte. Dies ist aber nur dann praktikabel, wenn die Länge der einzelnen Platoons auf ein Mass begrenzt wird, das ein

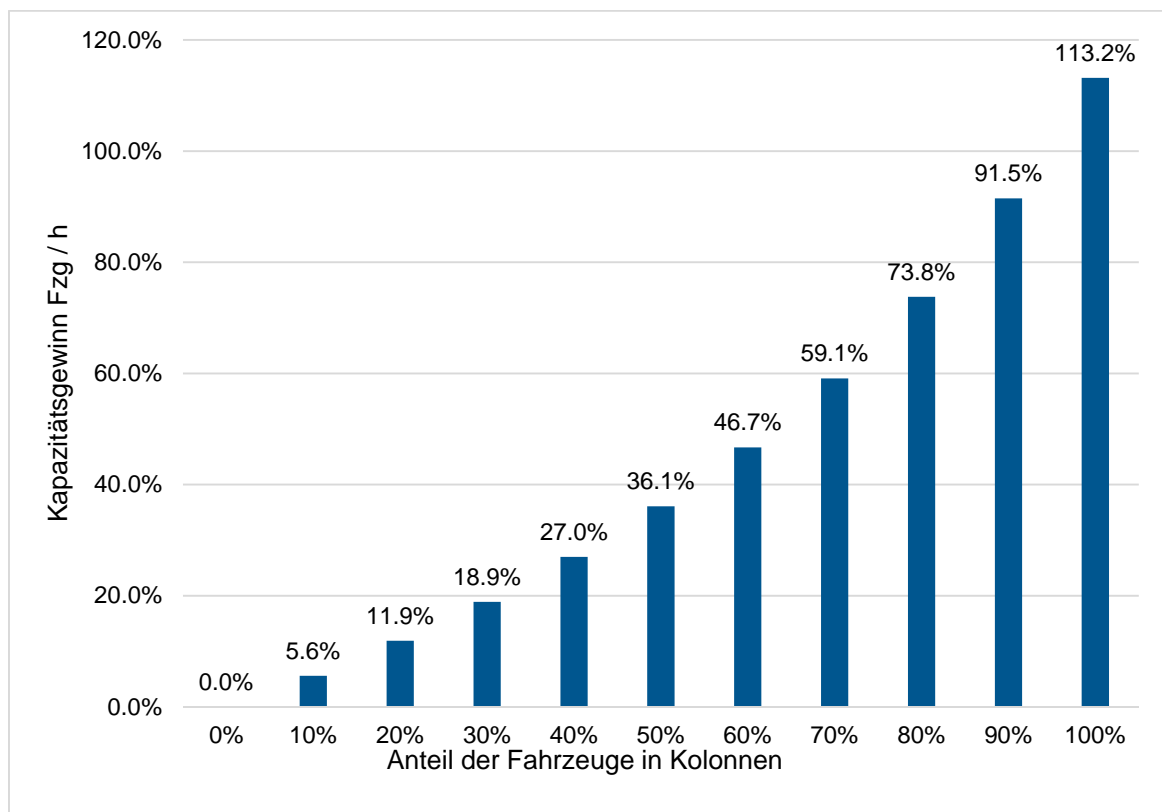
¹⁸ Robinson et al. (2010)

¹⁹ Friedrich, B. (2015)

gefahrloses Auf- und Abfahren auch konventioneller Fahrzeuge erlaubt.²⁰ Bei automatisierten Fahrzeugen besteht diese Notwendigkeit auch nicht an Auffahrten, da sie sich problemlos in ein bestehendes Platoon integrieren lassen.

Im EU-Projekt SARTRE (2009-2012) wurde gezeigt, dass bei Geschwindigkeiten von bis zu 90 km/h die Abstände zwischen den Fahrzeugen auf etwa 6 m verkürzt werden können.²¹ In Beispielsimulationen gehen KLAUSSNER und IRTENKAUF²² von durchschnittlichen Abständen von 10 m in inhomogenen Kolonnen aus (d.h. Personen- und Güterverkehr gemischt) und errechnen für Geschwindigkeiten von 80 km/h auf 2-streifigen Autobahnen, je nach Anteil der Fahrzeuge in Platoons, einen leicht exponentiell verlaufenden Kapazitätsgewinn bis hin zu einem Wert von +113.2%, wenn alle Fahrzeuge in Kolonnen organisiert sind.

Abbildung 5: Kapazitätsgewinne durch Kolonnenfahrten



Quelle: Eigene Darstellung nach Klausner / Irtenkauf 2013

Aufgrund der baulichen Ähnlichkeit vieler Nationalstrassen zu der in den Simulationen angenommenen Umgebung wird in den Alternativszenarien auf die Studie, bzw. die dort ausgewiesenen Werte, abgestellt. Auf- und Abfahrten von Nationalstrassen sind kritische Bereiche, da hier verstärkt Mischverkehre mit konventionellen Fahrzeugen auftreten. Dadurch können die Platoons „zerrissen“ werden und die geringen Abstände der Fahrzeuge untereinander sind nicht mehr einzuhalten. Die Schweiz weist mit ihrer hohen Dichte von Auf- und Abfahrten auf den Nationalstrassen daher besonders viele Stellen auf, die ein ideales Funktionieren der Platoons beeinträchtigen können. Die Bedeutung

²⁰ Klausner / Irtenkauf empfehlen in Anlehnung an Robinson et al. (2010) daher Platoons von maximal 15 Fahrzeugen im Mischbetrieb.

²¹ SARTRE (2013) S.6

²² Klausner / Irtenkauf (2013)

dieser Bereiche sinkt jedoch mit steigendem Anteil automatisierter Fahrzeuge und dementsprechend abnehmendem Mischverkehr.

Nachgeordnetes Netz im urbanen Raum

In allen Szenarien gehen wir nicht davon aus, dass teilautonome Fahrzeuge auf dem nachgeordneten Strassennetz im urbanen Raum betrieben werden können. Im urbanen Umfeld ergeben sich kaum Möglichkeiten des „Platooning“, so dass aufgrund der geringeren Geschwindigkeiten und der damit verbundenen geringeren Potenziale Abstände zu verkürzen, die kapazitativen Netzeffekte deutlich geringer ausfallen werden. So geht beispielsweise Friedrich (2015) von Kapazitätsgewinnen von 40% in urbanen Räumen aus, allerdings erst dann, wenn ausnahmslos alle im urbanen Raum betriebenen Fahrzeuge autonom fahren.²³ Es besteht zudem die Gefahr, dass durch zusätzliche Leerfahrten vollautonomer Fahrzeuge der urbane Verkehr zunimmt und erreichte Kapazitätsgewinne wieder kompensiert werden.

Kapazitätsgewinne im urbanen Raum dürften vor allem beim ruhenden Verkehr zu finden sein, da vollautonome Fahrzeuge durch kombinierte Fahraufträge deutlich geringere Standzeiten aufweisen werden. Dies gilt umso mehr, wenn sie nicht als private Fahrzeuge, sondern im Rahmen von Mobilitätsdienstleistungen betrieben werden und dadurch sogar den Fahrzeugbestand insgesamt senken. In Beispielrechnungen für Zürich gehen z.B. BOESCH et al. (2015) davon aus, dass eine konsequente Einführung eines solchen Konzepts 90% der privaten Fahrzeuge ersetzen kann.²⁴

Eine weitere im Folgenden verwendete Quelle für Hinweise zur Quantifizierung der Kapazitätseffekte von autonomen Fahrzeugen in Metropolitanräumen und Agglomerationen stellen Modellrechnungen des International Transport Forum dar.²⁵ Am Beispiel von Lissabon werden die Effekte für eine europäische Metropolregion bei einer starken Verbreitung autonomer Fahrzeuge bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen (mit und ohne ergänzenden Öffentlichen Verkehr (ÖV), Car-Sharing oder Ride-Sharing) simuliert. Lissabon weist 565'000 Einwohner und ein gut ausgebautes ÖV-Netz (v.a. U-Bahn) auf. Die Pw-Dichte ist mit 217 Fahrzeugen pro Einwohner vergleichsweise niedrig.

Die Darstellung der „Technik-Sensitivität“ lehnt sich an ein Szenario des International Transport Forum für Lissabon an. Hier wird davon ausgegangen, dass 100% der Fahrzeuge durch einen vollautonomen Taxidienst betrieben werden, privat betriebene Autos existieren in den Agglomerationen dementsprechend nicht mehr. Zudem wird im Lissabon-Szenario der Modal Split nicht zu Gunsten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) verändert, da unterstellt wird, dass ein gut ausgebautes ÖV weiter existiert. Für das Szenario Fokus gehen wir von einer gewissen Durchdringung vollautonomer Fahrzeuge im urbanen Raum aus. In allen anderen Szenarien gehen wir davon aus, dass die vollautonomen Fahrzeuge noch nicht über ein Nischendasein hinauskommen und faktisch keine Relevanz auf die Verkehrssysteme im urbanen Raum erlangen.

Nachgeordnetes Netz im ländlichen Raum

Während im ländlichen Raum teilautonome Fahrzeuge nicht auf dem nachgeordneten Strassennetz betrachtet werden, spielen vollautonome auch hier potenziell eine Rolle (z.B. im Szenario Fokus). Autonome Mobilitätsdienstleistungen könnten insbesondere im dispersen Raum eine Mindestversorgung mit öffentlichem Verkehr leisten, wo linienge-

²³ Friedrich, B. (2015) in: Maurer, M. et al. (2015)

²⁴ Boesch, P. et al. (2015)

²⁵ International Transport Forum (2015)

bundene Konzepte nicht wirtschaftlich zu betreiben sind. Gerade in diesen Gebieten bestehen aber weder im fliessenden noch im ruhenden Verkehr Kapazitätsengpässe. Positive Effekte autonomer Fahrzeuge sind daher zu vernachlässigen.

Unter der Prämisse, dass in peripheren Räumen der klassische ÖV durch autonome Fahrdienste ergänzt bis ersetzt wird, könnte der Fahrzeugbestand leicht zunehmen, im weiteren Verlauf tendenziell aber auch wieder auf das ursprüngliche Niveau zurückgehen, wenn konventionell genutzte Pw durch autonome Fahrzeuge ersetzt werden.

5.3 Wirkungshypothesen des autonomen Fahrens in den Szenarien

Die zuvor beschriebenen Infrastruktureffekte greifen naturgemäss umso stärker, je höher der Anteil teilautonomer (haben nur Effekte auf den Nationalstrassen) und vollautonomer Fahrzeuge (wirken im gesamten Strassennetz) am Gesamtverkehr ist (vgl. Abbildung 5). Daher stellt der Diffusionsgrad dieser Fahrzeuge eine entscheidende Stellschraube der Szenariobildung dar.

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass eine signifikante Durchdringung mit autonomen Fahrzeugen für den Zeithorizont 2040 aus technologischer Sicht durchaus denkbar ist. Nachfolgend wird für die weiter oben vorgestellten Szenarien (Referenz, Balance, Sprawl, Fokus) und eine Sensitivität (Technik-Sensitivität) die Marktdurchdringung autonomer Fahrzeuge, ihre Attraktivität und Auswirkung auf den Pw-Besitz und das Mobilitätsverhalten (z.B. Wegeaufkommen), Nutzungsformen und die Auswirkungen auf die Kapazität im Strassenraum beschrieben. Der Grad der Auswirkungen hängt dabei von den rechtlichen Rahmenbedingungen und der Entwicklung der Nutzerpräferenzen ab.

Bei der Technik-Sensitivität wird unterstellt, dass ein ausgesprochen technologie-freundliches regulatorisches Umfeld den Einsatz autonomer Fahrzeuge stark beschleunigt.

5.3.1 Szenario Referenz

Es ist der Charakter des Szenarios Referenz, ausgehend vom Status-Quo eine wahrscheinliche und gemäss der gegebenen Rahmenbedingungen zulässige Entwicklung abzubilden. Grundlegende Änderungen des Strassenverkehrsrechts zu Gunsten vollautonomer Systeme sind also nicht zu unterstellen. Daher wird im Szenario Referenz von der aktuellen Schweizer Gesetzeslage ausgegangen. Diese schliesst autonomes Fahren im engeren Sinne (auch auf Nationalstrassen) aus.

Zwar wurde Ende März 2014 das Wiener Übereinkommen über den Strassenverkehr insofern überarbeitet, dass automatisiertes Fahren erlaubt ist, soweit der Fahrer jederzeit seine Entscheidung umsetzen kann, selbst zu fahren. Dies gibt teilautonomen Systemen in gewissen Grenzen eine rechtliche Legitimität, vollautonomes Fahren ist juristisch nach wie vor in weiter Ferne. Es ist noch sehr ungewiss, ob ohne weitere rechtliche Änderungen (z.B. Versicherungsboni) teilautonome Fahrzeuge von Nutzern als so attraktiv angesehen werden, dass sie eine spürbare Verbreitung erfahren.

Aus diesem Grund ist es plausibel, die Verbreitung dieser Technologien im Szenario Referenz sowohl für den Güter- als auch den Personenverkehr komplett auszublenken. Effekte auf die Infrastrukturkapazität entstehen daher nicht.

5.3.2 Szenario Balance

Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz sind massnahmenleitend für die Verkehrspolitik der Schweiz – diese Ziele werden von einem breiten Konsens der Bevölkerung getragen. Durch eine verstärkte Internalisierung externer Kosten verteuert sich der MIV gegenüber dem ÖV. In Innenstädten wird der MIV über steigende Parkkosten etwas zurückgedrängt, um der Nahmobilität mit öffentlichen Verkehrsmitteln Vorrang zu gewähren. Aufgrund von Sicherheitsbedenken und der Unsicherheit darüber, ob autonome Fahrzeuge nicht auch Mehrverkehr erzeugen werden (und damit dem Gedanken ressourceneffizienter Mobilität eher widersprechen), wird autonomes Fahren nur in engen Grenzen zugelassen und zurückhaltend durch die Nutzer nachgefragt. Die zunehmende Automatisierung der Fahrzeuge schreitet zwar voran, **aufgrund der bestehenden Vorbehalte fahren aber 2040 erst 10% der Pw auf den Hochleistungsstrassen (HLS) autonom (d.h. in Kolonnen).**

Im **Güterverkehr** auf dem übergeordneten Strassennetz spielen die teilautonomen Fahrzeuge eine grössere Rolle und **erreichen 2040 einen Anteil von 20%. Auf den Nationalstrassen betragen die dadurch generierten Kapazitätsgewinne 6,7% (vgl. Klaussner/Irtenkauf 2013).**

5.3.3 Szenario Sprawl

Im Szenario Sprawl werden alle rechtlichen Voraussetzungen geschaffen, um sowohl teilautonomes als auch vollautonomes Fahren zu erlauben.

Die Mobilitätskosten im MIV werden bis zum Jahr 2040 auf einem sehr moderaten Niveau bleiben, der MIV ist für die Bevölkerung nach wie vor die erste Wahl unter den Verkehrsmodi. Die akzentuierte Zersiedelung führt dazu, dass in schwach erschlossenen Gebieten erste autonome Sharing-Angebote und Taxidienste erprobt werden, der Pw im Privatbesitz dominiert aber nach wie vor. In den Metropolitanräumen führen die Systeme aufgrund der weiterhin sehr fordernden, komplexen Verkehrssituationen nur ein Nischendasein. Eine Nachfragereduktion der benötigten innerstädtischen Parkplätze ist daher nicht eingetreten. **Der Anteil der vollautonomen Fahrzeuge ist im urbanen Raum noch zu gering, um spürbare Effekte im Strassenraum zu erzeugen.**

Ein grösseres Nutzungspotenzial besteht für Fahrzeuge, die einen relevanten Anteil der Distanz auf den HLS zurücklegen. Im Szenario wird angenommen, dass in 2040 im Schweizer Fahrzeugbestand **der Anteil autonomer Fahrzeuge etwa 40% bei den Lkw und 20% bei den Pw erreicht. Deren Einsatz auf den Nationalstrassen erhöht dort die Kapazität um 14,5 % (vgl. Klaussner/Irtenkauf 2013).**

5.3.4 Szenario Fokus

Wie im Szenario Sprawl, werden im Szenario Fokus alle rechtlichen Voraussetzungen geschaffen, um sowohl teilautonomes als auch vollautonomes Fahren zu erlauben.

Die Stärkung der Metropolitanräume und Agglomerationen entspringt im Szenario Fokus weniger einer gezielten verkehrs- und raumpolitischen Agenda, sondern den finanziellen Grenzen, ausserhalb der Agglomerationen die Mobilitätsangebote zu verbessern. Es wird von einer stärkeren Orientierung der Bevölkerung auf die Zentren und Agglomerationen ausgegangen. Zudem wird die Annahme getroffen, dass das öffentliche Verkehrsangebot

im ländlichen Raum gegenüber Referenz und Balance zurückgenommen wird, so dass der Pw als Mobilitätsoption zusätzlich an Bedeutung gewinnt.

Autonome Fahrdienste (als Taxi- oder Rufbussysteme) ergänzen bis ersetzen das reduzierte ÖV-Angebot und erhöhen die Bedeutung autonomer Fahrzeuge auf dem Land. Autonome Taxidienste können sich in den Agglomerationen etablieren, aber mehrheitlich werden Fahrten immer noch mit konventionellen Pw unternommen.

Im Ergebnis ist mit einer etwas stärkeren Durchdringung zu rechnen als im Szenario Balance. Dieser Annahme folgend, wird davon ausgegangen, dass **auf dem Nationalstrassennetz etwa 30% der Lkw und 15% der Pw autonom fahren, was zu Kapazitätsgewinnen von 10,5% auf dem Nationalstrassennetz führt (Klaussner/Irtenkauf 2013).**

5.3.5 „Technik-Sensitivität“²⁶

Die Technik-Sensitivität greift explizit die Verbreitung autonomer Fahrzeuge auf und stellt somit eine extreme Annahme bezüglich der Marktdurchdringung dar, in der sich diese Technologie ausgesprochen rasch am Markt durchsetzt. Folgende Gründe könnten dabei eine entsprechende Entwicklung begünstigen:

- Begründet durch ihre höhere Energieeffizienz und Fahrsicherheit werden sie finanziell (Steuern, Versicherungsprämien) so begünstigt, dass sie trotz höherer Anschaffungskosten herkömmlichen Fahrzeugen auch in wirtschaftlicher Hinsicht überlegen sind.
- Verkehrsrechtlich könnten die Fahrzeuge zusätzliche Privilegien erlangen. Dazu gehören z.B. eigene Fahrspuren auf Nationalstrassen oder Fahrverbote herkömmlicher Fahrzeuge in Innenstädten.
- Flächendeckend operierende, autonome Taxidienste bieten Mobilität zu Taxi-Konditionen an (d.h. breite Verfügbarkeit und entfernungsabhängige Kosten). Über Apps ist die Organisation und Bezahlung der Dienste unkompliziert möglich. Durch eigens geschaffene Fahrzeugkonzepte mit umfangreichen Multimedia- und Entertainmentangeboten wird ein Komfort geboten, der eine breite Kundenbasis erschliesst.
- Die Einbindung dieser Dienste in intermodale Knoten (Bahnhöfe, Flughäfen) eröffnet auch Potenziale für Intermodalität (z. B. Bahn / autonome Fahrzeuge, Flugzeug / autonome Fahrzeuge).
- Im Zuge der Digitalisierung entwickeln die Menschen aller Altersgruppen und sozialer Schichten eine ausgesprochene Technik-Affinität und die Vorbehalte gegenüber autonomen Fahrzeugen fallen.

In der Technik-Sensitivität wird davon ausgegangen, dass sich das autonome Fahrzeug zum dominierenden Verkehrsmittel im MIV entwickelt und herkömmliche Fahrzeuge schneller als im Szenario Sprawl unterstellt aus dem Markt verdrängt werden. Zudem folgt die Sensitivität der Annahme, dass sich der bereits im Szenario Balance unterstellte Trend hin zu Mobilitätsdienstleistungen (v.a. Car-Sharing) realisiert und davon prioritär autonom funktionierende, Pw-basierte Mobilitätsdienstleistungen profitieren.

²⁶ Im Projekt Verkehrsperspektiven werden die Szenarien Referenz, Balance, Sprawl und Fokus untersucht. Die Annahmen zur „Technik-Sensitivität“ dienen allein dazu eine sehr dynamische Entwicklung zu durchdenken und sind als Beitrag zur laufenden Diskussion zum Thema zu verstehen.

In der Konsequenz wird die Annahme getroffen, dass **autonome Fahrzeuge auf dem Nationalstrassennetz 2040 bereits Anteile von über 80% bei Lkw bzw. 40% bei Pw erreichen und erhöhen die Kapazität somit um 33,8% (Klaussner/Irtenkauf 2013). In den Agglomerationen sind 75% des Pw-Bestands autonome Fahrzeuge, die aufgrund des Einsatzes in zahlreichen autonomen Fahrdiensten einen Kapazitätsgewinn von 30% auf dem Strassennetz generieren.²⁷ Gleichzeitig sinkt die absolute Anzahl an Pw in den Städten.²⁸**

5.3.6 Exkurs: Methodik zu den Diffusionsgraden in den Szenarien

Die Szenarien unterscheiden sich vor allem dadurch, in welchem Masse sich autonome Fahrzeuge im Bestand bis 2040 durchsetzen werden. Unter Berücksichtigung der Annahmen aus Kapitel 5.1.2 wird davon ausgegangen, dass ab 2025 teilautonome Lkw verfügbar sein werden, die sich auf den Nationalstrassen ohne Eingriff eines Fahrers bewegen können. Ab 2030 gehen wir von der Markteinführung vollautonomer Pw aus (vgl. Abbildung 2).

Der angenommene Diffusionsgrad ergibt sich aus der Annahme, dass autonome Fahrzeuge ab ihrer Verfügbarkeit 2030 über Neuzulassungen sukzessive in den Markt finden. Aufbauend auf den Zulassungsstatistiken der Schweiz kann davon ausgegangen werden, dass jährlich 0,3 Mio. Pw neu zugelassen werden. Da ein substanzielles Wachstum des Bestands (insbesondere im Technik-Szenario) eher unwahrscheinlich erscheint, wird von einer vergleichbaren Zahl an Abgängen aus dem Bestand in den Beispielrechnungen ausgegangen. Dabei handelt es sich um ältere und somit nicht-autonome Fahrzeuge. Für die Verbreitungsgeschwindigkeit autonomer Fahrzeuge im Bestand ist deren Anteil an den Neuzulassungen entscheidend. Diese Quote wird bei den Szenarien variiert. Bei Sprawl wird beispielsweise davon ausgegangen, dass im ersten Jahr der Verfügbarkeit, d.h. im Jahr 2030, 20% der Pw-Neuzulassungen autonome Fahrzeuge sein werden. Diese Quote steigert sich in den folgenden Jahren kontinuierlich und erreicht 2036 einen Maximalwert von 50%. Demgegenüber wird in der „Technik-Sensitivität“ von einer steileren Diffusionskurve ausgegangen; d.h. der Anteil autonomer Fahrzeuge an den Neuzulassungen ist mit 20% im Jahr 2030 zunächst gleich, nimmt dann aber mit jährlich 10%-Punkten stark zu. Ab 2038 sind demnach alle neu zugelassenen Fahrzeuge autonom, ihr Anteil im Gesamtbestand erreicht bis zum Jahr 2040 nahezu 40%.

²⁷ Eigene Schätzung auf Basis von Friedrich, B. (2015) in: Maurer, M. et al. (2015)

²⁸ Modellrechnungen von Boesch et al. (2015); International Transport Forum (2015)

5.4 Übersicht der Effekte in den Szenarien

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Effekte, die jeweils durch autonome Fahrzeuge in den Bezugsjahren 2030 und 2040 ausgelöst werden könnten.

Tabelle 1: Übersicht der Effekte autonomer Fahrzeuge in den Szenarien im Jahr 2030

	REF	BAL	SPR	FOK	TEC
Anteil am Fahrzeugbestand	0 %	10 % Lkw 0 % Pw	30 % Lkw 0 % Pw	20 % Lkw 0 % Pw	40 % Lkw 0 % Pw
Besetzungsgrad Pw	0	0	0	0	0
Pw-Besitz	0	0	0	0	0
Wegeaufkommen	0	0	0	0	0
Kapazität Nationalstrasse	0	+ 1.0 %	+ 3.1 %	+ 2.1 %	+ 4.2 %
Kapazität Netz im ländlichen Raum	0	0	0	0	0
Kapazität Netz im urbanen Raum	0	0	0	0	0

Anmerkungen: 0 = Keine Veränderung

Quelle: Eigene Annahmen nach Klaussner / Irtenkauf 2013

Tabelle 2: Übersicht der Effekte autonomer Fahrzeuge in den Szenarien im Jahr 2040

	REF	BAL	SPR	FOK	TEC
Anteil am Fahrzeugbestand	0 %	20 % Lkw 10 % Pw	40 % Lkw 20 % Pw	30 % Lkw 15 % Pw	80 % Lkw 40 % Pw
Besetzungsgrad Pw	0	0	bis – 5 %	bis – 5 %	bis – 10 %
Pw-Besitz	0	0	0	0	bis – 10 %
Wegeaufkommen	0	0	0	bis + 5 %	bis + 5 %
Kapazität Nationalstrasse	0	+ 6.7 %	+ 14.5 %	+ 10.5 %	+ 33.8 %
Kapazität Netz im ländlichen Raum	0	0	0	0	0
Kapazität Netz im urbanen Raum	0	0	0	0	+ ca. 30 %

Quelle: Eigene Annahmen nach Klaussner / Irtenkauf 2013 und in Anlehnung an Friedrich 2015 und International Transport Forum 2015

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen den Szenarien ist demnach der erreichte Diffusionsgrad autonomer Fahrzeuge. Die Kapazitätseffekte auf dem Nationalstrassennetz ergeben sich unmittelbar aus dem Anteil autonomer Fahrzeuge am Gesamtverkehr.

In den Agglomerationen sind die Zusammenhänge vielschichtiger. Im fließenden Verkehr können nur dann spürbare Effekte erwartet werden, wenn sehr hohe Anteile autonomer Fahrzeuge erreicht werden. Zudem ist von Bedeutung, ob diese privat oder im Rahmen von Mobilitätsdienstleistungen genutzt werden. Eine ausschliessliche Nutzung gemeinschaftlicher Fahrzeuge hätte zudem starke Auswirkungen auf den Fahrzeugbestand und damit auf den Parkplatzbedarf. Entsprechende Wirkungen auf den Parkplatzbedarf werden in den Szenarien als unwahrscheinlich erachtet und somit nicht unterstellt.

6 Synthese zum Thema II: Veränderung des Mobilitätsverhaltens der jungen und älteren Generation

6.1 Hintergrund und Zielsetzung

Das Mobilitätsverhalten ist unter anderem sehr stark vom Alter bzw. der jeweiligen Lebensphase abhängig und hat sich im Laufe der Zeit in den einzelnen Altersgruppen verändert. Für die Verkehrsperspektiven 2040 werden hier aktuelle Trends im Mobilitätsverhalten zweier Generationen dargestellt und die daraus resultierenden Wirkungen auf die zurückgelegten Wege eingeschätzt:

- Zur Altersgruppe der „**jungen Generation**“ zählt die Bevölkerung im Alter von 0 bis 24 Jahren, unterschieden in 0-14 Jahre und 15-24 Jahre.
- Menschen ab einem Alter von 60 Jahren zählen zur Altersgruppe der „**älteren Generation**“, unterschieden in die Gruppen 60-79-jährigen und die über 80-jährigen.²⁹

Gemessen wird das Mobilitätsverhalten in der Anzahl der pro Person und Tag zurückgelegten Wege, die üblicherweise nach Fahrtzwecken unterschieden werden. Hier werden insgesamt **vier Fahrtzwecke** betrachtet:

- **Einkauf**
Heimgebundene Einkaufs- und Besorgungswege; Ausgangs- oder Endpunkt des Weges ist die eigene Wohnung
- **Sonstiges** (nachfolgend gleichbedeutend mit Freizeit)
Heimgebundene Freizeitwege; Ausgangs- oder Endpunkt des Weges ist die eigene Wohnung
- **Einkauf – Sonstiges**
Nicht-heimgebundene Wege von einem Einkauf (Aktivität 1) zu einer Freizeitaktivität (Aktivität 2) oder umgekehrt
- **Sonstiges – Sonstiges**
Nicht-heimgebundene Wege von einer Freizeitaktivität (Aktivität 1) zu einer zweiten Freizeitaktivität (Aktivität 2)

Nicht explizit einbezogen werden alle übrigen Wegezwecke, die in diesen Altersgruppen mehrheitlich eine untergeordnete Rolle spielen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Arbeits- und Ausbildungswege, die grösstenteils im Alterssegment der 25-59-jährigen stattfinden. Diese Altersgruppe ist kein expliziter Untersuchungsgegenstand, es werden jedoch vereinfacht Analogien für diese Gruppe aus den Annahmen für die weiteren Altersgruppen gezogen.³⁰

Die Mobilitätsraten werden für **das Szenario Referenz** und **drei Alternativ-Szenarien** ausgewiesen. Das Szenario Referenz geht auch im Bereich des Verkehrsverhaltens verschiedener Altersgruppe von einer Fortsetzung der in der Vergangenheit beobachteten

²⁹ Die Altersgruppen folgen einer entsprechenden Festlegung im Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM).

³⁰ In den Verkehrsperspektiven 2040 werden separate Annahmen zur Entwicklung der Wegeaufkommen im Fahrtzweck Arbeit getroffen. Diese dienen dazu, die Effekte unterschiedlicher Akzeptanz von Homeoffice in den Szenarien auf die Wegeaufkommen abzubilden.

Entwicklungen aus – ohne grosse Trendbrüche. Die drei Alternativ-Szenarien unterstellen eine hiervon abweichende Entwicklung:

- **Balance**
Die Bevölkerung strebt einen nachhaltigen Lebensstil an und richtet ihre Mobilität dementsprechend aus. Die Angebote insbesondere beim Car-Sharing werden weiter ausgebaut.
- **Sprawl**
Die Mobilitätsentwicklung folgt hier dem Bedürfnis einer weiterhin stark individuell orientierten Mobilität. Der Personenwagen bleibt das dominante Verkehrsmittel. Alternative Mobilitätsangebote wie Car-Sharing bleiben ein Nischensegment.
- **Fokus**
In den Agglomerationen verstärkt sich die Nutzung von Car-Sharing-Angeboten bei gleichzeitigem Ausbau des öffentlichen Verkehrs. Im ländlichen Raum kann das ÖV-Angebot nicht wie bisher aufrechterhalten werden.

Ausgangspunkt für die einzelnen Mobilitätsraten sind Annahmen für das Szenario Referenz, die teilweise (d.h. insbesondere für die ältere Generation) vom Auftraggeber vorgegeben wurden: Demnach wird davon ausgegangen, dass bis 2040 die Anzahl der freizeitgebundenen Wege bei der älteren Bevölkerung zunimmt: um 5 % (60-79-jährige) bzw. 2.5 % (ab 80 Jahre). Zudem wird angenommen, dass für diese Altersgruppen die Mobilität bei Einkaufswegen um 2.5 % (60-79-jährigen) bzw. 1.25 % (ab 80 Jahre) steigt. Diese übergeordneten Annahmen bilden die Leitplanken für die differenzierten Ausprägungen nach den übrigen oben genannten Wegetypen.

Quantitativ bauen die Betrachtungen auf den Mobilitätsraten des Nationalen Personenverkehrsmodells (NPVM) auf. Ausserdem wurden die im Anhang aufgeführten Quellen verwendet. Eine Erkenntnis der Mobilitätsforschung ist, dass im langfristigen Zeitablauf die Anzahl der Wege pro Person und Tag (entspricht den Aktivitäten pro Tag) weitgehend unverändert geblieben ist, wohl aber die dabei zurückgelegten Distanzen sehr stark angestiegen sind. Vor diesem Hintergrund retrospektiv stabiler Aufkommensraten fallen die angenommenen Veränderungen im Mobilitätsverhalten bis 2040 – gemessen in der Anzahl der Wege – eher bescheiden aus.

Dieses Kapitel dokumentiert die Ergebnisse und die dahinter liegenden Annahmen, die, sofern nicht anders vermerkt, von den Autoren ermittelt wurden. Hierbei liefern Vergangenheitsentwicklungen, Rahmenannahmen aus den Szenarien sowie die Experteneinschätzung zum zukünftigen Mobilitätsverhalten die Leitplanken für die Veränderungsdaten in den einzelnen Segmenten.

6.2 Trends im Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation bezüglich spezifischer Wegezwecke bis 2040

6.2.1 Generationenübergreifende Trends mit Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten

Allgemeine Trends im Mobilitätsverhalten

Das Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation wird von Entwicklungen und Trends beeinflusst, die alle Generationen betreffen. Im Trend zeichnet sich ab, dass die

Schweizer Bevölkerung insgesamt mobiler wird, vor allem bei den zurückgelegten Distanzen.

Auslöser hierfür sind die Flexibilisierung auf dem Arbeitsmarkt und eine höhere Gewichtung der Freizeitaktivitäten. Ausserdem wird das Mobilitätsangebot weiter ausgebaut; der Wohlstand bleibt auf einem international sehr hohen Niveau. Eine steigende Lebenserwartung sorgt ausserdem dafür, dass die Fortführung der Lebens- und Mobilitätsstile weit in die Phase der Zeit nach dem Ausstieg aus dem Berufsleben ermöglicht werden. Für das Szenario Referenz und die drei Alternativszenarien ergeben sich folgende Veränderungen bei der Gesamtmobilität der hier berücksichtigten vier Altersklassen (Veränderungsraten der Wege pro Tag gegenüber Basisjahr 2010) und vier Wegetypen.

Tabelle 3: Veränderungen der Mobilitätsraten 2010-2040

Altersgruppen	Junge Generation		Ältere Generation	
	0 - 14	15 - 24	60 - 79	über 80
Referenz	+ 0.9 %	+ 3.6 %	+ 3.9 %	+ 1.9 %
Balance	+ 0.0 %	+ 2.2 %	+ 2.6 %	+1.1 %
Sprawl	+ 2.4 %	+ 6.5%	+ 7.0 %	+ 2.4 %
Fokus	+ 1.4 %	+ 5.5 %	+ 5.8 %	+ 2.2 %

Anmerkung: Veränderungen der Mobilitätsraten der Altersgruppe 25-59 (für die jeweiligen Szenarien insgesamt) sind nicht im Berechnungsmodell enthalten.

Quelle: Annahmen Prognos (unter Berücksichtigung der ARE-Vorgaben bzgl. der älteren Generation im Referenzszenario).

Die wesentlichen Gründe für die veränderten Mobilitätsraten werden nachfolgend je Szenario beschrieben:

- **Referenz**
In der jungen Generation wird die Anzahl der Wege insgesamt nur leicht zunehmen. Bei der älteren Generation steigen die Einkaufs- und Freizeitwege an, weil die Mobilitätsniveaus aus dem Berufsleben beibehalten werden. Dies gilt mit Einschränkungen auch für die zukünftig über 80-jährigen, deren Wegeaufkommen ebenfalls leicht zunehmen wird im Vergleich zu den heute über 80-jährigen – aufgrund der höheren Lebenserwartung bleiben sie länger mobil.
- **Balance**
Mit einem nachhaltigeren Lebensstil, zu dem auch weniger Mobilität gehört, werden sich die Mobilitätsraten der vier Altersgruppen gegenüber 2010 kaum verändern. Die mobilitätserhöhenden Ursachen bei der älteren Generation führen dennoch zu einer leichten Zunahme gegenüber 2010, bleiben aber hinter den Zuwächsen im Szenario Referenz zurück. Bei den 15-24-jährigen zeigen sich die Wirkungen einer nachhalti-

gen Mobilität am stärksten – mit einem leichten Rückgang der Mobilitätsraten gegenüber 2010: Car-Sharing, Car-Pooling und Fahrgemeinschaften sind dabei wichtige Bestandteile einer nachhaltigen Mobilität.

- **Sprawl**

Im Szenario Sprawl werden dem Mobilitäts- und Verkehrswachstum vergleichsweise geringe regulative Grenzen aufgezeigt. Angetrieben von neuen Formen der Mobilität, einer preislich günstigen Mobilität und einer hochmobilen Gesellschaft werden die Mobilitätsraten in allen betrachteten Altersgruppen stärker als im Szenario Referenz zunehmen, vor allem bei freizeitbezogenen Wegen.

- **Fokus**

Die altersgruppenspezifische Ausgestaltung der Mobilitätsangebote finden im Szenario Fokus seinen Ausdruck in einer stärkeren Pw-Mobilität bei der älteren Generation und einer intensiveren Intermodalität bei der jungen Generation. Beide Altersgruppen verhalten sich 2040 mobiler als 2010 und auch im Vergleich zum Szenario Referenz 2040.

Die nachfolgenden Ausführungen zu den Trends im Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation beziehen sich nicht nur auf die Situation in der Schweiz, sondern sind das Ergebnis der Auswertung der hier verwendeten Quellen, die sich auch auf andere Länder, insbesondere Deutschland, beziehen.

6.2.2 Trends im Mobilitätsverhalten der jungen Generation

Bei der jungen Generation werden die Mobilität und die dabei zurückgelegten Wege leicht zunehmen.³¹ Hinter diesem Trend verbergen sich Tendenzen, die sich bezogen auf die Summe der zurückgelegten Wege weitgehend gegenseitig aufheben:

- Bezüglich der zukünftigen Bedeutung der einzelnen Wegzwecke kann davon ausgegangen werden, dass Wege von und zur Wohnung in einem ähnlichen Umfang zunehmen werden wie nicht-heimgebundene Wege wie z.B. zwischen Einkaufs- und Freizeitzielen oder zwischen zwei Freizeitzielen. Überdies ist die Annahme plausibel, dass die junge Generation das Angebot von Car-Sharing im Vergleich zur älteren Generation stärker nutzen wird.
- Die aus Freizeitanlässen zurückgelegten Wege werden ansteigen, da E-Commerce dem stationären Verkauf weitere Marktanteile entziehen wird und damit die relative Bedeutung der Einkaufswege abnimmt.³²

Altersgruppe 0 bis 14 Jahre

Die Mobilität dieser Altersgruppe ist stark an die Mobilität der Eltern und Erwachsenen geknüpft, mit denen die Kinder unterwegs sind. Neben den Ausbildungswegen werden vor allem Freizeitwege zunehmen, wobei hierzu Aktivitäten zählen, die zwar einen Ausbildungscharakter haben können, aber nicht zur schulischen Ausbildung zählen (z. B. Sport, Musik).

Altersgruppe 15 bis 24 Jahre

Kennzeichnend für die Altersgruppe der 15 bis 24-jährigen ist eine rationale Haltung gegenüber Verkehrsmitteln, die in Teilen erziehungs- und umfeldbedingt ist. Mit zunehmender Autonomie vom Elternhaus treten die finanziellen Möglichkeiten der 15-24-Jährigen bei

³¹ Lenz B. (2011), Folie 17

³² bmvit (2015), S. 44

den Mobilitätsstilen in den Vordergrund. Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien und alternativen Mobilitätsangeboten sind weitere Voraussetzungen für eine pragmatische Multimodalität, die für Angehörige der Altersgruppe im städtischen Umfeld gilt. Dort wird die zunehmende Mobilität unter anderem durch das wachsende Angebot an Car- und Bike-Sharing³³ sowie Car-Pooling induziert.

Das „Nutzen“ von Verkehrsmitteln steht stärker im Vordergrund als der „Besitz“ – wie z.B. beim Pw, wie es sich bei den rückläufigen Motorisierungsgraden bei den 18 bis 30-jährigen in Deutschland zeigt. Nutzen bietet auch mehr Optionen als der Besitz eines eigenen Autos, dessen Gebrauch im städtischen Umfeld schwierig und kostspielig geworden ist. Diese Mobilitätspräferenzen gelten jedoch nicht im ländlichen Raum: Dort wird auch in Zukunft der eigene Pw die Alltagsmobilität sichern und Alternativen weit weniger attraktiv sein. Insgesamt wird auch das Wegeaufkommen dieser Altersgruppe leicht zunehmen, vor allem im Ausbildungs- und Freizeitverkehr, unabhängig von den einzelnen Verkehrsmitteln.³⁴

6.2.3 Trends im Mobilitätsverhalten der älteren Generation

Steigende Lebenserwartung, eine bessere Gesundheitsversorgung und körperliche Fitness der älteren Generation werden auch im Mobilitätsverhalten ihren Niederschlag finden. Ein weiterer Mobilitätstreiber ist der wirtschaftliche Wohlstand nach dem Austritt aus dem Arbeitsleben. Andererseits werden einzelne Berufsgruppen ihre berufliche Tätigkeit über das gesetzliche Renteneintrittsalter hinaus verlängern, was ebenfalls Auswirkungen auf die Mobilität haben wird.

In Zahlen ausgedrückt wird angenommen, dass die Verkehrsleistung der Senioren (über 65-jährige), also die Summe der zurückgelegten Distanzen, im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2008 bei Männern 2.6 Mal, bei Frauen 2.8 mal höher sein wird, wenn sich die derzeit beobachtbaren Trends weiter fortsetzen. Dabei wird die Mobilitätzunahme insbesondere auf einen starken Anstieg der mit dem Auto zurückgelegten Wege zurückzuführen sein (Frauen Faktor 3.7, Männer Faktor 2.9).³⁵

Herausragendes Merkmal ist die deutliche Zunahme der Freizeitwege, die stärker ausfällt als die Anzahl der Einkaufswege, die auch ansteigen, aber weniger deutlich. Im Gegensatz zu der jüngeren Generation, wo die Bildung von Wegekettten mit zum Teil wechselnden Verkehrsmitteln mobilitätsprägend ist, bleiben bei den älteren Menschen die eigene Wohnung oder das eigene Haus eher der Ausgangs- und Zielpunkt der Wege. Die Wege fallen zudem weniger multimodal aus, sondern sind auf wenige Verkehrsmittel beschränkt.

Altersgruppe 60 bis 79 Jahre

Die Generation der 60 bis 79-jährigen wird künftig mehr Wege zurücklegen als aktuell – und sich dabei in ihrem Mobilitätsverhalten von den über 80-jährigen signifikant absetzen. Auslöser sind körperliche Fitness, Wohlstand, soziale Beziehungen nicht nur im Nahbereich und ein im Vergleich zu den vorherigen Altersgruppen nahezu unveränderter Pw-

³³ Bundesamt für Energie (2006), S. 61

³⁴ Bundesamt für Statistik (2012) S. 94

³⁵ Bundesamt für Raumentwicklung (2008), S. 11

und Führerscheinbesitz.³⁶ Gleiches gilt für die weiteren Mobilitätswerkzeuge.³⁷ Die mittlere Anzahl aller Wege zukünftiger Senioren im Alter von über 65 Jahren mit Führerschein könnte bis im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2000 deutlich zunehmen (Männer bis zu 20%, Frauen bis zu 25%).³⁸

Altersgruppe über 80-jährige

Wir gehen davon aus, dass die Mobilität der über 80-jährigen aufgrund der in diesem Alter zunehmenden Immobilität weniger stark ansteigen wird als dies in der Altersgruppe der 60 bis 79-jährigen der Fall ist. Die Differenz zwischen Männern und Frauen resultiert aus der weiterhin etwas höheren Lebenserwartung der Frauen gekoppelt mit dem bereits genannten erhöhten Fahrausweis- und Pw-Besitz.

6.2.4 Zusammenfassung der Mobilitätstrends

Generell wird die Mobilität weiter zunehmen. In ihr spiegeln sich viele, zumeist positiv besetzte Eigenschaften wie Unabhängigkeit, soziale Kontakte, Beweglichkeit, Flexibilität und Wohlstand wieder. Die Ausweitung der Mobilitätsdienstleistungen wirkt dabei ebenfalls aufkommenssteigernd. Angesprochen sind praktisch alle Altersgruppen, vor allem aber die über 60-jährigen. Studien gehen davon aus, dass sich die Summe der von allen Verkehrsteilnehmern zurückgelegten Wege (alle Verkehrsmittel) zwischen 2000 und 2030 um bis zu ca. 20 % erhöhen könnte.³⁹

Zunehmen werden insbesondere die Wege mit Bezug zur Wohnung. Die Mobilität wird aber auch aufgrund zunehmender Freizeitaktivitäten wachsen. Hinsichtlich der Einkaufswege unterscheiden sich die Trends der jungen und älteren Generation voneinander. Bei der jungen Generation wird E-Commerce einen Teil der stationären Einkäufe ersetzen, so dass Einkaufswege weniger stark zunehmen. Die ältere Generation wird die Möglichkeit des Einkaufs über das Internet im Vergleich mit der jungen Generation weniger stark nutzen. Vielmehr wird die Anzahl Einkaufswege der älteren Generation tendenziell stärker zunehmen, da diese sehr viel mobiler sein wird als dies heute der Fall ist.

*Beim Electronic Commerce (**E-Commerce**) (deutsch: elektronischer Handel) wählt der Kunde das Produkt über die Website des Verkäufers aus und bestellt dieses direkt online. Dabei findet die gesamte Auftragsabwicklung elektronisch statt. Ein weiteres charakteristisches Merkmal ist eine direkte Belieferung zum Kunden.*

Quelle: Klaus, P. et al. (2012): S. 139

Bei der älteren Generation wird die Bedeutung von Car-Sharing trotz steigender Mobilität geringer bleiben als bei der jungen Generation, die das Angebot vergleichsweise rege nutzen wird. Daraus ergeben sich gegensätzliche Effekte mit Blick auf die Pw-Besitzquote in der Schweiz: Für die junge Generation kann von tendenziell abnehmenden Besitzquoten ausgegangen werden, während die ältere Generation eher am Pw-Besitz festhalten wird.

³⁶ Bundesamt für Raumentwicklung (2013), S. 11

³⁷ Bundesamt für Statistik (2012) S. 94

³⁸ Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (2008), S. 5

³⁹ Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (2008), S. 5

Des Weiteren sollen an dieser Stelle noch nachfolgende generationenübergreifende Trends mit Wirkungen auf das Mobilitätsverhalten genannt werden:

- Die beruflich bedingte Mobilität wird an Bedeutung gewinnen. Gründe dafür sind unter anderem ein Strukturwandel in der Arbeitswelt und eine steigende Bildung breiter Schichten.⁴⁰
- Die fortschreitende Digitalisierung in der Arbeitswelt wirkt tendenziell mobilitätshemmend.⁴¹
- Aufgrund der zunehmenden Bedeutung des E-Commerce gegenüber dem stationären Verkauf werden die mit dem Pw zurückgelegten Einkaufswege zukünftig abnehmen.⁴² E-Commerce hat aber auch eine andere Wirkung: Eine Zunahme der Lieferverkehre, die Teil des Güter- bzw. Warenverkehrs sind.

6.3 Mobilitätsverhalten der jungen und älteren Generation

Im Folgenden werden die wegetypspezifischen Entwicklungen der vier Szenarien („Referenz“, „Balance“, „Sprawl“ und „Fokus“) aufgezeigt. Die Annahmen bzw. Wirkungen in den Szenarien sind dabei immer vor dem Hintergrund des sich ändernden Mobilitätsverhaltens der Altersgruppen, wie in Kap. 6.2 beschrieben, zu interpretieren.

Zusätzlich werden noch die Arbeitswege der 25-59-jährigen erwähnt, die auf Grundlage der beobachteten Trends in den anderen Altersgruppen und auch in Abhängigkeit zu diesen abgeschätzt werden. Sie werden aus Gründen der Vollständigkeit hier mitbehandelt.

6.3.1 Referenz

Generell wirkt im Szenario Referenz (und allen Alternativszenarien) der Effekt von steigenden Einkommen, bei unterproportional steigenden Mobilitätskosten, mobilitätsfördernd. Dies hat einen – wenn auch geringen – Effekt auf das Mobilitätsbudget zur Folge: Aus zusätzlich zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln für Mobilität kann eine Tendenz zu einem allgemein leicht steigendem „Mobilitätskonsum“ abgeleitet werden.

Bei der jungen Generation sinkt die Bedeutung des Führerschein- und Pw-Besitz. Im Gegensatz dazu steigt die Pw-Besitzquote bei der älteren Generation an.⁴³ Dies trägt dazu bei, dass die Mobilität der älteren Bevölkerung im Zeitablauf zunimmt und sich den Mobilitätsmustern angleicht, die im Berufsleben praktiziert wurden.

In den Agglomerationen könnte die Pw-Besitzquote sinken, wenn Car-Sharing und Car-Pooling an Bedeutung gewinnen. Beim öffentlichen Verkehr (ÖV) wird von einem leichten Anstieg ausgegangen. Dies ist einerseits angebotsgetrieben, wobei auch die im Berufsleben erworbenen Mobilitätswerkzeuge (GA, Halbtax) verstärkt in die Pensionsphase übernommen werden.

⁴⁰ Institut für Mobilitätsforschung (2014), S. 23

⁴¹ Institut für Mobilitätsforschung (2014), S. 23

⁴² bmvit (2015), S. 44

⁴³ SHELL (2014), S. 29

Arbeit

Das Arbeitswegeaufkommen wird durch Telearbeit reduziert, wodurch die Anzahl der Arbeitswege um 3% sinkt. Im Szenario Referenz wird davon ausgegangen, dass die weggefallenen Fahrten durch Wege mit anderen Fahrtzwecken zumindest teilweise kompensiert werden.

*Beim Modell der **Telearbeit** befindet sich der Arbeitsplatz des Arbeitnehmers nicht beim Standort des Arbeit- oder Auftraggebers sondern räumlich davon entfernt (beispielsweise zu Hause oder bei Kunden). Die organisatorisch dezentrale Telearbeit wird durch die Ausstattung des Arbeitsplatzes mit Computern oder anderen Informatikgeräten ermöglicht.*

Quelle: Harabi, N.; Schoch, R. (2001), S. 37.

Einkauf

Bei den **Einkaufswegen** machen sich die altersgruppenspezifischen Mobilitätsformen am stärksten bemerkbar: Im Allgemeinen steigt die Anzahl der Einkaufswegen, aufgrund der günstigen Entwicklung des Einkommens- bzw. Mobilitätsbudgets. Gerade die junge Generation und deren Eltern werden mehr einkaufen und dabei einen Teil der physischen Einkaufswegen durch Internet-Käufe ersetzen. In Summe ist allenfalls ein leichter Anstieg der Anzahl an Einkaufswegen denkbar. Anders wird dies bei der älteren Generation sein, die – mit mehr verfügbarem Einkommen ausgestattet – neben einem kleinen Anteil Internet-Einkauf einen bedeutenden Teil ihres Einkaufs selbst erledigen werden, weil sie hierfür die Zeit und die Möglichkeiten haben.

Sonstiges / Freizeit

Die **Sonstigen Wegetypen** (Freizeit) nehmen in der Altersgruppe der älteren aus denselben Gründen wie oben genannt zu. Hier handelt es sich um einen gesellschaftlichen Trend, der auch die hier nicht explizit behandelte Altersgruppe (25-59-jährige) betrifft.

Bei den **Wegezwecken Einkauf – Sonstiges** handelt es sich um Wege, die Teil einer Wegekette sind, ohne Rückkehr nach Hause. Wegeketten werden gebildet, wenn die Zielorte weit auseinander liegen und/oder eine Hauptaktivität (z. B. Arbeit, Ausbildung) verfolgt wird, die relativ viel Tageszeit beansprucht und deshalb weitere Aktivitäten wie Einkaufen und Freizeit „unterwegs“ erledigt werden. Wegeketten nehmen in allen Altersgruppen tendenziell zu, allerdings fällt die Zunahme bei den älteren etwas geringer als bei der jungen Generation aus: Sie sind – wegen ihres flexibleren Zeitbudgets weniger auf Wegeketten angewiesen. Es kommt hinzu, dass die stärkere Neigung der jungen Generation zur Intermodalität für die Bildung von Wegeketten vorteilhaft ist.⁴⁴

Dieser Sachverhalt gilt auch analog für die Wege, die zwischen zwei Freizeitaktivitäten unternommen werden (**Sonstige – Sonstige**).

⁴⁴ Die Einschätzungen zur Entwicklung von Wegeketten nach Altersgruppen folgen eigenen Annahmen.

Tabelle 4: Referenz: Veränderungen der Mobilitätsraten 2010 – 2040 nach Altersgruppen und Wegezwecke

Wegezweck	Altersgruppen				
	0 - 14	15 - 24	25-59	60 – 79	>80
Einkauf	+ 1.0 %	+ 2.0 %	+ 2.0 %	+ 3.0 %	+ 1.5 %
Sonstiges	+ 1.0 %	+ 4.0 %	+ 2.0 %	+ 5.0 %	+ 2.5 %
Einkauf – Sonstiges	+ 0.5 %	+ 3.0 %	+ 2.5 %	+ 2.0 %	+ 1.0 %
Sonstiges - Sonstiges	+ 0.5 %	+ 5.0 %	+ 2.5 %	+ 4.0 %	+ 2.0 %
Insgesamt	+ 0.9 %	+ 3.6 %		+ 3.9 %	+ 1.9 %

Quelle: eigene Abschätzung (unter Berücksichtigung der ARE-Vorgaben bzgl. der älteren Generation).

Die ältere Generation wird bis im Jahr 2040 deutlich mobiler sein, was auch eine z.T. deutliche Erhöhung der Wegeanzahl mit sich bringt. In der Altersgruppe der 60-79-jährigen wird die Mobilitätsrate bei den Freizeitwegen um 5% ansteigen, bei den über 80-jährigen um 2.5%. Der gesamte Anstieg resultiert dabei sowohl aus der Zunahme der Einkaufs- als auch Freizeitwege.

Die junge Generation folgt grundsätzlich diesem Trend, jedoch in abgeschwächter Form (gleichzeitige Reduktion von Wegen aufgrund der Digitalisierung, hier: E-Commerce). Mit der steigenden Wegeanzahl bei Einkaufs- und Freizeitwegen der 25-59-jährigen werden (lediglich) die im Arbeitsbereich eingesparten Wege teilweise kompensiert. Eine Zunahme der Mobilität in dieser Gruppe erscheint aufgrund der stärker limitierten Zeitbudgets (Erwerbstätigkeit, Phase der Familienbildung etc.) weniger wahrscheinlich.

6.3.2 Balance

Die Bevölkerung strebt einen nachhaltigeren Lebensstil als im Szenario Referenz an und richtet ihre Mobilität dementsprechend aus. Car-Sharing, Car-Pooling und Fahrgemeinschaften sind wichtige Bestandteile der nachhaltigen Mobilität. Das Bewusstsein einen nachhaltigen Lebensstil zu pflegen findet v.a. Anklang bei der jungen Generation der 15-24-jährigen aber nur z.T. bei der älteren Generation.

Arbeit

Die meisten Arbeitsplätze befinden sich an gut erschlossenen Lagen in Zentren, die gut an den ÖV angebunden sind. Möglichkeiten des Homeoffice werden gegenüber der Referenz verstärkt genutzt, da dadurch Verkehr in den Spitzenstunden vermieden werden kann. Im Szenario Balance reduzieren sich deshalb die Anzahl der Arbeitswege der Erwerbstätigen um 5 %.

Einkauf

In diesem nachhaltigen Szenario hat die Aktivität „Konsum“ allgemein eine geringere Bedeutung. Es wird bewusster eingekauft, Qualität und Regionalität stehen im Vordergrund. Deshalb nehmen die Einkaufswege tendenziell weniger stark zu als die Freizeitwege. Die Entwicklungen sind jedoch in den Altersgruppen unterschiedlich: In der Altersgruppe 0-14 verändert sich wenig, da Einkaufswege in dieser Altersgruppe eine sehr geringe Relevanz haben. Die 15-24-jährigen haben ein sehr knappes Zeitbudget und nutzen deshalb auch verstärkt E-Commerce-Angebote. Die junge Generation optimiert so ihre Einkaufswege, dies geht auch mit dem ökologischeren Bewusstsein einher, welches gerade in dieser Gruppe stark ausgeprägt ist. Dementsprechend sinken die Mobilitätsraten gegenüber dem Szenario Referenz.

Obwohl das Internet bei der älteren Generation oftmals zu Recherchezwecken eingesetzt wird, erfreut sich insbesondere die lokale und regionale Versorgung mit Gütern wachsender Beliebtheit. Ältere Leute leben in multifunktionalen Räumen mit guter Erschließung für Fußgänger und einem gut funktionierenden ÖV. Einkaufswege werden somit gerne unternommen und haben gleichzeitig einen sozialen Charakter. Daher ist davon auszugehen, dass die Mobilitätsraten im Einkaufsverkehr in dieser Altersgruppe moderat ansteigen.

Sonstiges / Freizeit

In diesem Szenario wird Verkehr bewusster konsumiert und die Mobilitätskosten liegen allgemein höher als in der Referenz. Der Mobilitätsbedarf speziell bei der älteren Generation ist jedoch hoch. Dies begründet sich auch mit dem qualitativ hochwertigen Kultur- und Freizeitangebot in den gut durchmischten Quartieren in denen sie mehrheitlich wohnen.

In der Zwischenzeit hat die Digitalisierung definitiv auch den Verkehrsbereich erfasst. Per Handy lassen sich bequem Taxis bestellen und Free-Floating Car-Sharing hat substantielle Anteile erlangt. Dies hat auch zur Folge, dass der Pw-Besitz, speziell bei den Jungen und in verdichteten Räumen, abgenommen hat.

Tabelle 5: Balance: Wirkungsabschätzung der sich verändernden Mobilitätsraten innerhalb der Altersklassen und für die Fahrtzwecke Einkauf und Freizeit

Wegezweck	Altersgruppen				
	0 - 14	15 - 24	25-59	60 – 79	>80
Einkauf	0.00 %	+ 1.50 %	+ 1.75 %	+ 2.00 %	+ 1.00 %
Sonstiges	0.00 %	+ 2.25 %	+ 1.75 %	+ 3.50 %	+ 1.25 %
Einkauf – Sonstiges	0.00 %	+ 2.50 %	+ 2.00 %	+ 1.50 %	+ 0.75 %
Sonstiges - Sonstiges	0.00 %	+ 3.00 %	+ 2.00 %	+ 2.00 %	+ 1.00 %
Insgesamt	0.0 %	+ 2.2 %		+ 2.5 %	+ 1.1 %

Quelle: eigene Abschätzung

Der Besetzungsgrad von Pw steigt an, da Car-Sharing, Car-Pooling und Fahrgemeinschaften an Beliebtheit gewinnen.

6.3.3 Sprawl

Die Gesellschaft setzt grossen Wert auf Unabhängigkeit. Die individuelle Mobilität ist in diesem Szenario sehr wichtig. Dies wirkt sich auch auf den Pw-Besitz und die Pw-Fahrleistungen aus. Die Nachfrage nach alternativen Mobilitätsangeboten wie Car-Sharing und Car-Pooling ist marginal. Dies hat auch zur Folge, dass der Pw-Besetzungsgrad tiefer liegt als im Basisjahr 2010 und auch als in der Referenz 2040. Beim ÖV nimmt die Anzahl der Abonnenten ab.

Die Mobilitätsraten der vier Altersgruppen steigen bis zum Jahr 2040 z. T. stärker an als in den anderen Szenarien. Die geringeren Kosten im MIV fördern diese Entwicklung und begünstigen Mobilität für breite Teile der Bevölkerung. Dabei nehmen die Freizeitwege tendenziell stärker zu als die Einkaufswege. Arbeitswege nehmen aufgrund der Nutzung von Homeoffice-Möglichkeiten analog zur Referenz ab (- 3%).

Arbeit

Teleworking und flexible Arbeitszeiten sind bei vielen Arbeitgebern Standard. Dies reduziert die Arbeitswege und hilft somit die Verkehrsspitzen zu glätten. Pendlerwege führen in diesem Szenario oft von peripheren Gegenden in verkehrsgünstige Lagen, wo sich Unternehmen bevorzugt ansiedeln. Somit ergeben sich relativ lange Pendlerdistanzen. Durch Teleworking eingesparte Pendlerfahrten werden durch Einkaufs- und Freizeitfahrten kompensiert.

Einkauf

In diesem Szenario verliert der nachhaltige und lokale Konsum an Bedeutung. Die Konsumneigung ist grundsätzlich in allen Altersklassen spürbar, die Mobilitätsraten in der Altersklasse 60-79 steigt am stärksten, da dieser Generation im Vergleich zu den anderen Altersklassen mehr Geld zur Verfügung steht und die Gruppe über mehr Zeit als die jüngeren Altersgruppen verfügt. Bei der jungen Generation dämpft hingegen Internetshopping die Entwicklung der Einkaufswege etwas ab. Die Altersgruppe bis 25 nutzt rege die Angebote im E-Commerce und bestellt Lebensmittel, Kleider und andere Güter des täglichen Bedarfs vermehrt im Internet.

Sonstiges / Freizeit

Aufgrund des hohen zeitlichen und monetären Budgets nimmt der Freizeitverkehr vor allem bei der älteren Altersklasse (60-79-jährige) stark zu. Pensionierte bleiben lange aktiv und wollen individuell mobil bleiben.

Tabelle 6: Sprawl: Wirkungsabschätzung der sich verändernden Mobilitätsraten innerhalb der Altersklassen und für die Fahrtzwecke Einkauf und Freizeit

Wegezweck	Altersgruppen				
	0 - 14	15 - 24	25 - 59	60 - 79	>80
Einkauf	+ 2.5 %	+ 5.0 %	+ 2.5 %	+ 6.5 %	+ 2.0 %
Sonstiges	+ 2.5 %	+ 7.0 %	+ 2.5 %	+ 8.0 %	+ 3.0 %
Einkauf – Sonstiges	+ 2.0 %	+ 6.0 %	+ 3.0 %	+ 5.0 %	+ 1.5 %
Sonstiges - Sonstiges	+ 2.0 %	+ 7.5 %	+ 3.0 %	+ 6.0 %	+ 2.5 %
Insgesamt	+ 2.4 %	+6.5 %		+ 7.0 %	+ 2.4 %

Quelle: eigene Abschätzung

Da die Bevölkerung Wert auf eine unabhängige Mobilität legt, sinkt der Pw-Besetzungsgrad in diesem Szenario vergleichsweise stark.

6.3.4 Fokus

Das Szenario Fokus ist geprägt durch eine siedlungsräumliche Konzentration des Lebens und Arbeitens in den Mittel- und Grossstädten bzw. Agglomerationen. Durch Konzentration der Investitionen in die Infrastruktur der Verdichtungsgebiete zieht es auch die Arbeitsplätze und die Bevölkerung in diese Räume, mit entsprechend nachteiligen Effekten für den ländlichen Raum. Ein entsprechendes Angebot an Freizeitanlagen, Kultur, Bildung, Betreuung, Einkauf wird in den Zentren zur Verfügung gestellt.

Die Führerscheinbesitzquote der älteren Generation steigt an. Mit diesem Anstieg nimmt auch der Besitz von Pw zu. Insbesondere gilt dies für Senioren, die im erweiterten Umland von Städten oder im ländlichen Raum wohnhaft sind. In den Städten erfreuen sich hingegen Car-Sharing-Angebote grosser Beliebtheit, wodurch die Pw-Besitzquote im urbanen Raum sinkt. Neben Car-Sharing gewinnt in den Städten auch der gut ausgebaute ÖV (inkl. Park & Ride) an Bedeutung, da ein Ausbau des Verkehrsangebots Hand in Hand geht mit einer steigenden, urbanen, multimodalen Mobilitätsnachfrage. GA und Halbtax werden weiterhin stark nachgefragt werden. Im peripheren ländlichen Raum etablieren sich als Reaktion des reduzierten ÖV Angebots vermehrt Car-Pooling Konzepte. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass ein reduziertes Mobilitätsangebot im ländlichen Raum die gesamte Mobilitätsrate etwas dämpfen wird.

Arbeit

Aus jeweils unterschiedlichen Beweggründen reduzieren sich die Arbeitswege sowohl in der Stadt als auch im ländlichen Raum. Während in den Städten v.a. die hohe Verkehrsdichte dazu führt, dass Telearbeit als Modell zur Verkehrsvermeidung beliebt ist, bietet es sich im ländlichen Raum an, aufgrund der reduzierten Angebotsqualitäten, insbesondere im ÖV. Insgesamt führt dies zu einer Reduktion der Arbeitswege in der Stadt (-5 %) und

im ländlichen Raum (-3 %). Die durch Telearbeit eingesparten Arbeitswege werden teilweise durch zusätzliche Freizeitwege kompensiert. Dabei steht das Erlebnis im Vordergrund der Freizeitaktivitäten.

Einkauf

Die zusätzliche Zeit, die dank dem Wegfall eines Teils der Arbeitswege zur Verfügung steht, wird für Freizeitaktivitäten und zusätzliche Einkaufsaktivitäten eingesetzt. Dadurch steigt die Anzahl der Einkaufswege. Langlebige Güter wie beispielsweise Elektronik, Möbel oder Sportartikel werden immer häufiger auch über das Internet eingekauft. Dadurch steigen v. a. die Mobilitätsraten in den Altersklassen der 15-24-jährigen und auch der 60-79-jährigen im Einkauf weniger stark als im Szenario Sprawl.

Sonstiges / Freizeit

Ein vielfältiges Angebot an Freizeit- und Kulturaktivitäten in den agglomerationsnahen Wohngebieten ist ausschlaggebend für eine Erhöhung der Freizeitwege, welche im Vergleich mit den anderen Wegetypen am stärksten zunehmen.

Tabelle 7: Fokus: Wirkungsabschätzung der sich verändernden Mobilitätsraten innerhalb der Altersklassen und für die Fahrtzwecke Einkauf und Freizeit

Wegezweck	Altersgruppen				
	0 - 14	15 - 24	25-59	60 – 79	>80
Einkauf	+ 1.5 %	+ 4.0 %	+ 2.0 %	+ 5.0 %	+ 1.75 %
Sonstiges	+ 1.5 %	+ 6.0 %	+ 2.0 %	+ 7.0 %	+ 2.75 %
Einkauf – Sonstiges	+ 1.0 %	+ 5.0 %	+ 2.5 %	+ 4.0 %	+ 1.75 %
Sonstiges - Sonstiges	+ 1.0 %	+ 6.0 %	+ 2.5 %	+ 5.5 %	+ 2.25 %
Insgesamt	+ 1.4 %	+ 5.5%		+ 5.8 %	+ 2.2 %

Quelle: eigene Abschätzung

In den Städten steigt der Pw-Besetzungsgrad aufgrund einer sinkenden Pw-Besitzquote und neuen Verkehrsangeboten. Im ländlichen Raum wird eine gegenteilige Entwicklung angenommen, da eine Pw-basierte Mobilität oft ohne Alternative ist und ein reduziertes ÖV-Angebot auch zu höheren Pw-Besitzquoten führt.

7 Synthese zum Thema III: Veränderungen der Produktionsweisen und Wirkungen auf logistische Prozesse

7.1 Hintergrund und Zielsetzung

Ziel ist es, die Änderungen der Produktionsweisen im Zusammenhang mit der sogenannten „4. Industriellen Revolution“ zu spezifizieren. Darauf aufbauend sind die Veränderungen des Transportbedarfs im Güterverkehr, speziell im B2B (business-to-business) - Verkehr aufgrund des Wandels in der industriellen Produktion qualitativ, wenn möglich auch quantitativ, abzuschätzen. Dies bezieht sich auf mögliche Veränderungen der Strassenkapazitäten und der Beladungsgrade von Lkw.

Bei der verkehrlichen Analyse stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Wie entwickelt sich die Transportnachfrage (Transportbedarf) im Güterverkehr bis im Jahr 2040 aufgrund der sich ändernden Produktionsweisen?
- Welche Verkehrsmittel (und Ladungsträger) profitieren von den Entwicklungen und welche erfahren Nachteile?
- Wie wirken sich die Effekte im Binnenverkehr und beim grenzüberschreitenden Güterverkehr aus?

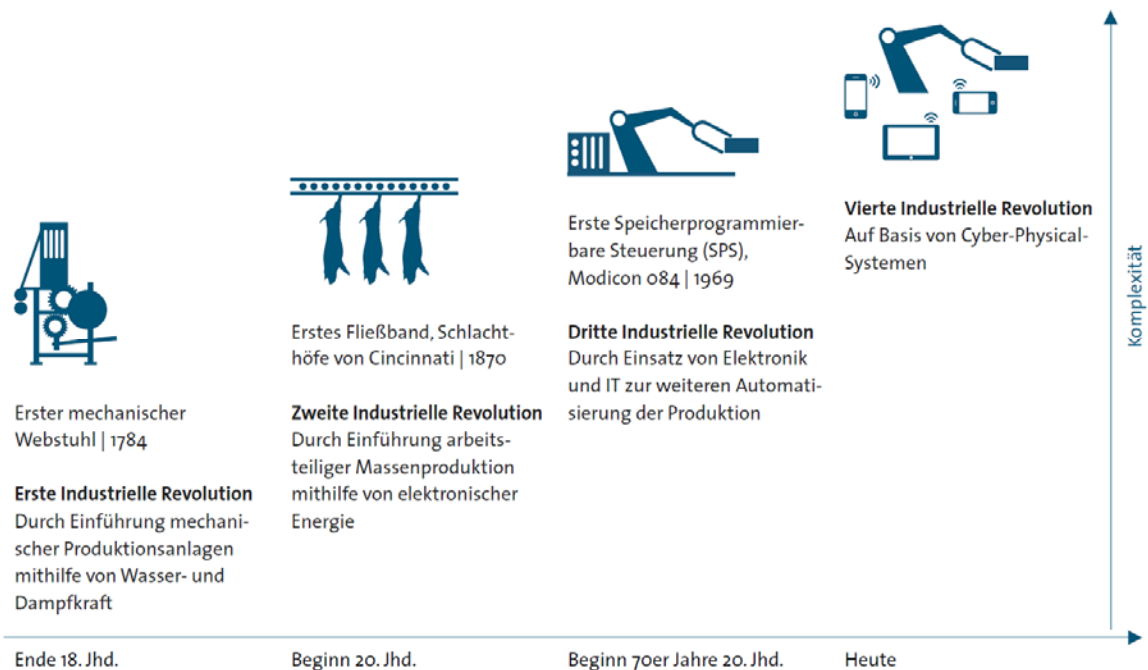
7.2 Veränderungen der Produktionsweisen – Industrie 4.0

7.2.1 Die 4. Industrielle Revolution

Bis zum Jahr 2040 wird sich die industrielle Produktion gegenüber heute deutlich verändern. Nach der Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung zeichnet sich eine „4. Industrielle Revolution“ (=digitale Transformation) ab. Diese ist durch Digitalisierung und Vernetzung entlang der Wertschöpfungsketten gekennzeichnet. Ermöglicht wird der

Wandel durch die Einbindung neuer Technologien aus der Kommunikations- und Informationstechnik.⁴⁵

Abbildung 6: Die vier Stufen industrieller Revolutionen



Quelle: Bitkom; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (2014), S. 10

Schauplätze der neuartigen Produktionsprozesse werden sogenannte „**Smart Factories**“ sein.⁴⁶

Die sogenannte „**Smart Factory**“ ist eine vernetzte, sich selbstorganisierende Produktionsumgebung, in der Produktionsanlagen und Produkte miteinander kommunizieren. In der Smart Factory wird der Produktionsablauf dank dieser Vernetzung weitgehend ohne menschliche Eingriffe gesteuert.

Quelle: <http://www.industrie2025.ch/themen/definitionen.html>

In der Industrie 4.0 werden sogenannte **Cyber-Physische Systeme** (CPS) in die Produktion und die Logistik eingebunden sein.⁴⁷

„**Cyber-Physische Systeme**“ (CPS, engl. Cyber-Physical Systems) sind intelligente Objekte, die über eine eigene dezentrale Steuerung verfügen. Durch die Erfassung physikalischer Daten mittels Sensoren verknüpfen CPS die reale (physische) und virtuelle Welt miteinander und erlauben damit deren Interaktion.

Quelle: Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (2013), S. 23; agiplan (2015), S. 9

⁴⁵ <http://www.industrie2025.ch/themen/definitionen.html>

⁴⁶ <http://www.industrie2025.ch/themen/definitionen.html>

⁴⁷ Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (Hrsg.) (2013), S. 23

Durch die Ausstattung mit Sensoren können Cyber-Physische-Systeme Informationen über den Standort und den Zustand der Produkte oder auch über den Prozessfortschritt generieren.⁴⁸

So wird der Einsatz von CPS zu transparenteren Lieferketten in der Logistik führen. Sie erlauben eine genauere Überwachung und Sendungsverfolgung durch den automatischen Abgleich der Realität mit dem Datenbestand.⁴⁹

Intelligente Objekte (CPS) werden in der Industrie 4.0 über das sogenannte „**Internet der Dinge**“ sowohl miteinander als auch mit Personen und Maschinen vernetzt sein (vgl. Abbildung 7). Grundlage der digitalen Vernetzung, die in der Industrie 4.0 allgegenwärtig sein wird, ist die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien.⁵⁰

*Das „**Internet der Dinge**“ bildet die Infrastruktur, die für die Vernetzung Cyber-Physischer-Systeme benötigt wird. Grundsätze des Internets der Dinge sind die Speicherung individueller Information am Objekt, Vernetzung von Objekten, Auswertung von Information für die Entscheidungsfindung und die echtzeitnahe Steuerung von Prozessen.*

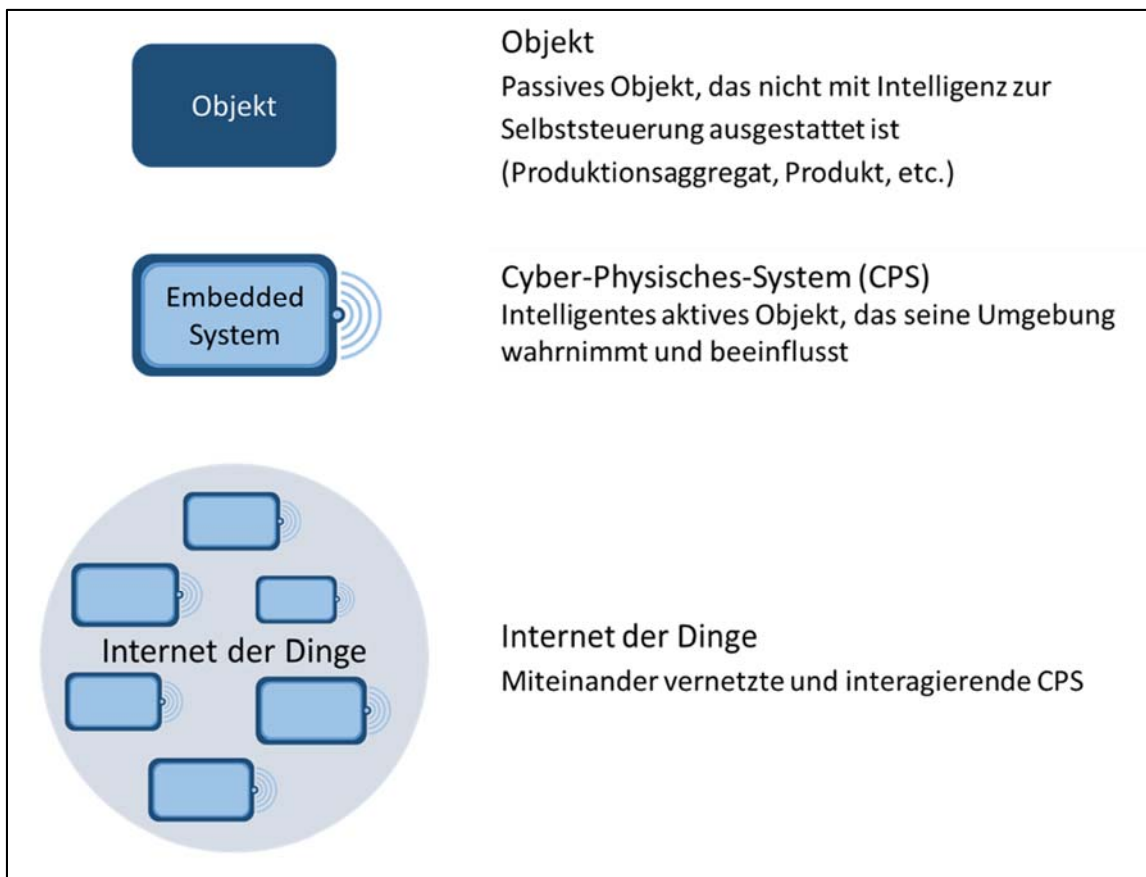
Quelle: *agiplan* (2015), S. 10

⁴⁸ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015b), S. 8

⁴⁹ Fraunhofer-Institut für integrierte Schaltungen (2014), S. 5

⁵⁰ Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (Hrsg.) (2013), S. 22

Abbildung 7: Cyber-Physisches-Systeme im Internet der Dinge



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an agiplan (2015), S.10

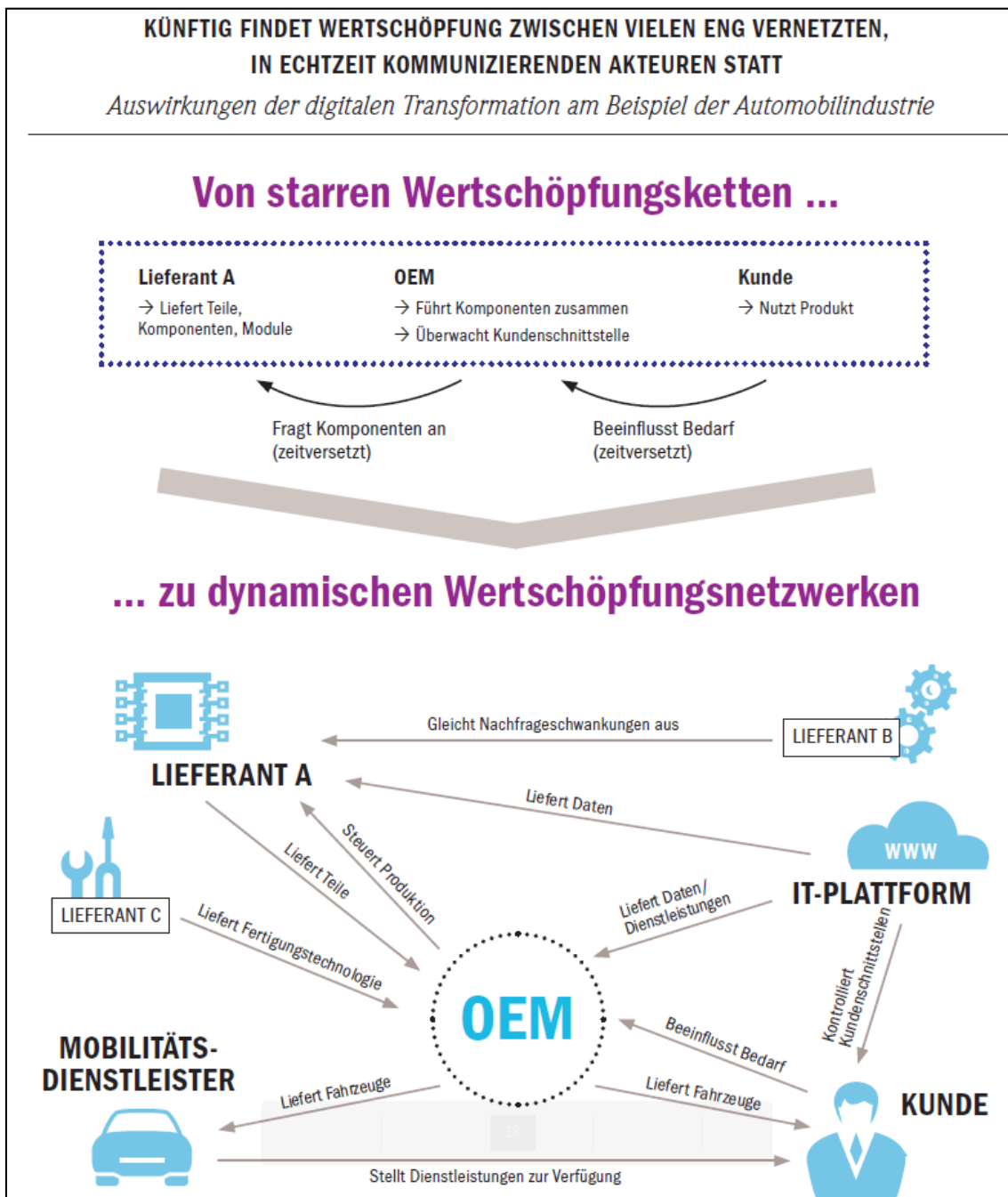
7.2.2 Wesentliche Veränderung des Produktionsprozesses in der 4. Industriellen Revolution

Die 4. Industrielle Revolution wird grundlegende Veränderungen in den Produktionsweisen und –prozessen herbeiführen. Dazu gehört die Verknüpfung der digitalen Welt mit maschinellen sowie personellen Ressourcen von Unternehmen und Produkten („**digitale Transformation**“). Der wesentliche Kern der Veränderung ist der Übergang von relativ starren Produktions- und Wertschöpfungsstrukturen zu einem flexiblen System, das infolge dessen Produkte und Abläufe in Echtzeit verändern und anpassen wird, dies z.B. wenn Nachfrageänderungen eintreten.⁵¹ Die Verknüpfung aktueller Marktdaten mit der Produktion betrifft beispielsweise das Arbeitsumfeld von „Original Equipment Manufacturer“ (OEM), im speziellen der Erstausrüster in der Automobilindustrie (vgl. Abbildung 8). In der Schweiz sehen vor allem Unternehmen der chemischen Industrie, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik grosses Potenzial in der digitalen Transformation.⁵²

⁵¹ agiplan (2015), S. 7

⁵² Deloitte (2014) S. 10

Abbildung 8: Auswirkungen der digitalen Transformation am Beispiel der Automobilindustrie



Quelle: Roland Berger Strategy Consultants und Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2015), S. 18

Am Beispiel der OEM in der Automobilindustrie (vgl. Abbildung 8) wird deutlich, wie die digitale Transformation in einer beispielhaften Wertschöpfungskette wirkt. Die derzeit z.T. noch starren Wertschöpfungsketten, die jeweils durch eine klare (zeitliche) Abfolge von Angebot - Nachfrage - Produktion gekennzeichnet sind, werden sich zunehmend in dynamische Netzwerke wandeln. In solchen Wertschöpfungsnetzwerken kommunizieren die einzelnen Einheiten miteinander und reagieren auf gegenseitige Veränderungen, was eine eigenständige Steuerung ermöglicht. Dabei finden die gesamte Kommunikation und die gegebenenfalls damit verbundenen Veränderungen in Echtzeit statt. So beeinflusst der OEM beispielsweise direkt die Produktion seiner Lieferanten anstatt Komponenten zeitversetzt bei ihnen zu bestellen. Auf der anderen Seite reagiert die Produktion des

OEM auf den Kundenbedarf, der dem OEM direkt vermittelt wird. Im Vergleich zur starren Wertschöpfungskette passt sich die Produktion dadurch flexibler an die Nachfrage an, was positive Wirkungen auf z.T. begrenzte Ressourcen hat.

Dies hat verschiedene grundlegende Veränderungen innerhalb der Produktion und ihrer Prozesse zur Folge:

1. Generell ist davon auszugehen, dass die Automatisierung der Produktion zu einer **Beschleunigung des Produktionsprozesses** führt.⁵³
2. Ferner erleichtert bzw. forciert ein weitgehend automatisierter Produktionsablauf die **24-stündige Produktion**. Diese ist bereits heute in der chemischen Industrie üblich und weit verbreitet. Die Chemie- und die Ihr angelagerte Pharmabranche sind für die Schweiz vergleichsweise bedeutsam. Der Anteil dieser Branchen an der Bruttowertschöpfung lag im Jahr 2013 bei insgesamt rund 5%.⁵⁴
3. Im Zuge der steigenden Automatisierung der Produktion wird auch die **Komplexität der Produktionstechnologien** zunehmen. Es ist davon auszugehen, dass dies wiederum eine Abnahme der Fertigungstiefe innerhalb der einzelnen Produktionsstätten zur Folge hat.⁵⁵ Durch die Auslagerung bestimmter Produktionsschritte (**Outsourcing**) wird die Zunahme der Komplexität somit auch eine Zunahme der einzelnen Produktionsstätten bewirken.
4. In der Industrie 4.0 wird die **Kunden- und Bedarfsorientierung** gegenüber heute von noch grösserer Bedeutung sein. Eine verstärkte Anpassung der Produktion an den tatsächlichen Bedarf ermöglicht einen **nachfragegerechteren Ressourceneinsatz**.
5. Eine weitere Veränderung der Produktion wird die **Individualisierung der Produkte** sein. Die Massenproduktion geht tendenziell zurück – vor allem bei höherwertigen Produkten – zugunsten einer Produktion, die der Kunde mit seiner Bestellung vorgibt und die Teil des gesamten Produktionsprozesses wird. Ähnlich der heutzutage in vielen Bereichen verfügbaren Sendungsverfolgung wird der Auftraggeber die Möglichkeit haben den Bearbeitungsablauf in Echtzeit zu verfolgen und darüber hinaus kurzfristig in den Produktionsprozess einzugreifen.⁵⁶

Resultat der zunehmend individualisierten Bestellungen werden schrumpfende Auftragsgrößen sein. In der Industrie 4.0 kann selbst die Produktion mit **Losgrösse 1** (im Produktionsprozess wird nur 1 Produkt hergestellt) rentabel werden.⁵⁷ Darüber hinaus wird der Trend zur Individualisierung von Produkten die sogenannte „**On Demand**“-Produktion begünstigen, bei welcher die Produktion erst als Reaktion auf die Bestellung erfolgt.

Eine aktuelle Studie / Umfrage der Schweizer Wirtschaft beschäftigte sich mit der Frage, welche Sensibilität und Bereitschaft der Unternehmensbereich Einkauf zum Thema Industrie 4.0 aufweist. Es zeigt sich, dass mehr als 2/3 der befragten 254 Unternehmen durch Industrie 4.0 und die Möglichkeit der Digitalisierung eine starke bis sehr starke Ver-

⁵³ Roland Berger Strategy Consultants und Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2015), S. 17/19

⁵⁴ Bundesamt für Statistik (BFS) (2015a)

⁵⁵ Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (2013), S. 43

⁵⁶ agiplan (2015), S. 7

⁵⁷ Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft und acatech (2013), S. 19

änderung Ihrer Branche und dem direkten Marktumfeld erwarten. In diesem Zusammenhang besonders relevante Aspekte werden in der verstärkten Nachfrage nach individualisierten Produkten (74 %), der kurzfristigen Anpassung der Auslieferung (72 %) sowie der Verkleinerung der Aufträge (62 %) gesehen. Grundsätzlich beurteilt über 80 % der Unternehmen die Digitalisierung als (sehr) relevant für die Zukunftsfähigkeit ihres eigenen Unternehmens.⁵⁸

7.3 Veränderungen der Produktionsweisen und Wirkungen auf logistische Prozesse

Die im vorherigen Kapitel konkretisierten Veränderungen der Produktionsweisen / -prozesse im Zuge einer Zunahme der Industrie 4.0 werden zwangsläufig Auswirkungen auf logistische Prozesse im Güterverkehr im B2C- und B2B-Bereich haben.

„Business-to-Consumer“ (**B2C**); bezogen auf den Güterverkehr, ist dies der Transport vom Produzenten zum Kunden. Entsprechend wird der Verkehr zwischen Produktionsstätten als „Business-to-Business“ (**B2B**), bezeichnet.

Quelle: Eigene Definition auf Grundlage Springer Gabler Verlag: Gabler Wirtschaftslexikon (abrufbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/>)

In diesem Zusammenhang sind drei Entwicklungstrends von besonderer Bedeutung, die auf logistische Prozesse, den Güterverkehr in der Schweiz und z.T. auch auf die globale Arbeitsteilung der Schweiz wirken.

7.3.1 Outsourcing der Produktion als Resultat der verstärkten Komplexität der Produktionsprozesse

Die Abnahme der Fertigungstiefe aufgrund einer steigenden **Komplexität der Produktion** und die Konzentration auf produktionstechnische Kernkompetenzen wird eine Zunahme des **Outsourcings** zur Folge haben. Dabei kann Outsourcing in Form einer Verlagerung der Produktion ins weit entfernte Ausland (Farshoring), aber auch auf europäischer sowie inter- und intraregionaler Ebene (Nearshoring), stattfinden.⁵⁹

⁵⁸ Verein Netzwerk Logistik Schweiz e.V.-VNL (2015), S.18

⁵⁹ Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (2009), S. 105

Outsourcing bezeichnet die Verlagerung von Wertschöpfungsaktivitäten (v. a. organisatorischer Art) eines Unternehmens ins Ausland. „Outsourcing stellt eine Verkürzung der Wertschöpfungskette bzw. der Leistungstiefe des Unternehmens dar. Durch die Inanspruchnahme qualifizierter, spezialisierter Vorlieferanten für Komponenten und Dienstleistungen werden die Produktions-, Entwicklungs-, aber auch Dienstleistungsgemeinkosten des Unternehmens häufig reduziert. Durch Konzentration auf die Kernaktivitäten werden Kostenvorteile realisiert und die eigene operative und eigene strategische Marktposition verbessert. Strategisch wichtig ist, dass im Rahmen des Outsourcings Schlüsseltechnologien und -kompetenzen nicht aufgegeben werden.“

Offshoring ist der Oberbegriff der Verlagerung betrieblicher Aktivitäten ins nahegelegene Ausland (**Nearshoring**, bspw. Osteuropa) oder ins weiter entfernte Ausland (**Farshoring**, bspw. Asien).

Während Offshoring die Verlagerung in Ausland umschreibt, wird unter dem Begriff **Onshoring** eine Verlagerung ins Inland verstanden.

Quelle: Springer Gabler Verlag: Gabler Wirtschaftslexikon (abrufbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/>)

Dabei setzt ein erfolgreiches Outsourcing und Off- bzw. Onshoring den Einsatz moderner Produktions- und Logistikkonzepte voraus, um die Zulieferer konzeptionell in die Wertschöpfungskette einzubinden (Supply Chain Management).

Der Austausch von Daten zwischen Betrieben wird dabei aufgrund der stark zunehmenden Digitalisierung vereinfacht, wodurch die Vernetzung der Produktion bzw. Arbeitsteilung noch weiter vorangetrieben werden wird, als dies bereits bisher der Fall ist. Es ist davon auszugehen, dass einige Länder, in denen bisher vor allem Offshoring betrieben wurde, wie bspw. China, aufgrund ihres zunehmenden technologischen Know-Hows als Outsourcing-Standorte weiter an Bedeutung gewinnen werden.^{60, 61}

Es kommt zu einer verstärkten internationalen (Export/Import/Transit) sowie intra- und interregionalen Produktionsverflechtung bzw. Arbeitsteilung.

7.3.2 Just-in-Time / Just-in-Sequence Lieferungen

Bisher ist das Just-in-Time (JiT) Konzept in der Automobilindustrie weit verbreitet und wird dort immer häufiger durch das Just-in-Sequence (JiS) Konzept erweitert.⁶²

Mit „**Just-in-Time Lieferung**“ ist die punktgenaue Anlieferung von Produktionsinputs zum Verarbeitungszeitpunkt gemeint. Bei dieser Form der Anlieferung existiert keine Lagerhaltung. Beim „**Just-in-Sequence-Konzept**“ erfolgt die Anlieferung von Produktionsinputs ebenfalls zeitgenau. Darüber hinaus wird die Anlieferung entsprechend der Reihenfolge der Produktion getaktet.

Quelle: Klaus, Peter / Krieger, Winfried/Krupp, Michael (Hrsg.) (2012), S. 253

⁶⁰ Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (2009), S. 30

⁶¹ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015a), S. 7

⁶² <http://www.automotiveit.eu/just-in-sequence-verfahren-der-platz-am-band-wird-eng/blickpunkt/id-0033493>

In der Industrie 4.0 werden die beiden Konzepte aufgrund ihrer Flexibilitätsgewinne auch in anderen Branchen (vgl. Kap.7.4) an Bedeutung zunehmen.⁶³ Durch die zeitgenaue Taktung werden Anlieferungen zu Produktionsstätten in kürzeren Zeitabständen erfolgen und Lagerkapazitäten innerhalb der Produktionsstätten reduziert.

Nicht zu vernachlässigen ist aber auch, dass durch die Zunahme zeitlich genauer Anlieferungsprozesse die Systemrelevanz / -anfälligkeit steigt.

7.3.3 Individualisierung der Produktion

Die stärkere zeitliche Vernetzung von Angebot und Nachfrage wird die Massenproduktion tendenziell zurückdrängen – vor allem bei höherwertigen Produkten – zugunsten einer Produktion, die der Kunde mit seiner Bestellung vorgibt und welche dann ein Teil im gesamten Produktionsprozess wird.

Die zunehmende Individualisierung von Produkten erhöht die Anzahl der Warenlieferungen und der Zulieferer / Produzenten⁶⁴, was folgende Veränderungen für die logistischen Prozesse mit sich bringt:

- Zunahme der Produzenten und Warensendungen;
- Sinkende Sendungsgrößen;
- Geringere Bündelungsmöglichkeiten von Lieferungen und mehr einzelfallbezogene Organisation.

7.3.4 Veränderungen der Produktionsweisen und relevante Megatrends in der Logistik

Zu vergleichbaren (Teil-)Ergebnissen kommt auch die im Jahr 2013 abgeschlossene Studie „Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends“ (Forschungsauftrag SVI 2010/005), die im Rahmen des Forschungspakets zu Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt B2 im Auftrag des UVEK/ASTRA erstellt wurde.

Die Studie hatte zum Ziel, heutige und zukünftige branchenspezifische Logistikkonzepte und deren Auswirkungen auf die Verkehrsträgerwahl und das Transportaufkommen zu analysieren. Dazu wurden in einem ersten Schritt zukünftige logistikrelevante Megatrends identifiziert, daran anschliessend Fallstudien für Schlüsselbranchen der Schweizer Wirtschaft und deren logistische Anforderungen erstellt und zuletzt mit einer Prognose des Güterverkehrs in der Schweiz abgeglichen.⁶⁵

Folgende Auswahl „logistischer Megatrends“ als Teil des Studienergebnisses, ergänzt um einzelne andere logistische Trends⁶⁶, bestätigen die bereits zuvor erläuterten Veränderungen der Produktionsweisen im Zuge der Industrie 4.0:

⁶³ Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (2009), S. 29

⁶⁴ Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (2009), S. 105

⁶⁵ UVEK (2013), S.13 ff.

⁶⁶ EU Kommission (2015), S. 126ff.

- **Globalisierung**
Spezialisierung und Fokussierung auf unternehmensspezifische Kernkompetenzen und Verlagerungsstrategien auf Seiten der Produktion (On-/Offshoring) oder auch der Organisation/Administration (Outsourcing).
- **Individualisierung** der Kundenbedürfnisse.
- **Logistisches „postponement“**
Dieser Aspekt beinhaltet einerseits die terminliche Verschiebung logistischer Aktivitäten (time postponement) bis zum Auftragseingang sowie die Verschiebung des Transportvorgangs (place postponement) bis zum Auftragseingang.
- **Flexibilisierung der Zulieferstrukturen** in Form einer Ausweitung der Anzahl an Zulieferunternehmen mit dem Ziel der Risikominimierung.
- **Sektorale Verschiebungen und Güterstruktureffekt**
Dieser logistische Megatrend beinhaltet die Veränderung der gesamtwirtschaftlichen Produktionsstruktur mit zunehmendem Anteil der hochwertigen Konsum- und Investitionsgüter zulasten der Grundstoff- und Massengüter, mit dem Trend zu kleineren Sendungsgrößen, höheren Wertdichten, höherer Eilbedürftigkeit der Transporte, einer zunehmenden Direktbelieferung zulasten dezentraler Lagerhaltung und der Bündelung von Transporten. Das führt letztlich zu reduzierten Potenzialen für den Schienengüterverkehr.
- **Abbau von Lagerbeständen**
Vor dem Hintergrund des trade-off zwischen Lagerkosten und Transportkosten führen sinkende Transportkosten zur Abnahme dezentraler Lagerstrukturen und –bestände sowie der Zunahme von just-in-time Anlieferungen und einer Reduktion von Sendungsgrößen.
- **Technologische Innovationen**, insbesondere neue Informations- und Kommunikationssysteme, welche in der gesamten Wertschöpfungskette Anwendung finden.
- **E-Commerce** Elektronische Bestellung von Konsumgütern jeglicher Art (B2C).
- **Prozessoptimierung** Optimierung der Ressourcenverbräuche durch betriebsübergreifende Steuerung der logistischen Netzwerkstruktur (supply chain management).

7.4 Wirkungen auf den Güterverkehr

Auf Grundlage der zuvor erläuterten Veränderungen der Produktionsweisen und –prozesse sowie deren Wirkungen auf die Logistik im Zuge der 4. Industriellen Revolution wird davon ausgegangen, dass die Anzahl der Warenlieferungen und Fahrleistungen vor allem im Strassengüterverkehr bis ins Jahr 2040 zunehmen werden.

Die nachfolgenden Erläuterungen zeigen die grundlegend erwarteten Entwicklungen des Güterverkehrs in der Schweiz auf. Die Detailanalyse der Güterverkehrsentwicklung erfolgt im Projekt der Verkehrsperspektiven 2040. Zudem wird kurz dargelegt, auf welche Güterverkehrssträger die Effekte der Industrie 4.0 wirken:

- Die Güterverkehrsleistung wird in der Schweiz bis zum Jahr 2040 zunehmen. Der Anteil des Strassengüterverkehrs⁶⁷ (2013: 61 %) wird im Vergleich zum Schienengüterverkehr, gemessen an der gesamten Güterverkehrsleistung (2013: 26.7 Mrd. tkm), auch im Jahr 2040 weiterhin dominieren. Dabei ist der Binnenverkehr auf der Strasse von deutlich grösserer Bedeutung als im Schienengüterverkehr, bei dem die internationalen Verkehre, allen voran der Transit, eine wesentlich grössere Rolle spielen.
- Die Verkehrsleistung des Strassengüterverkehrs mit schweren Sachtransportfahrzeugen wird bis zum Jahr 2040 steigen. Es wird erwartet, dass der Binnenverkehr und vor allem der internationale Strassengüterverkehr zunehmen werden.
- Im Vergleich der Fahrleistungen auf der Strasse und Schiene zeigt sich zwangsläufig, dass der Strassengüterverkehr (schwere Güterfahrzeuge) im Jahr 2014 mit 2.2 Mrd. Fzg.km. signifikant höhere Fahrleistungen als die Schiene (28.5 Mio. Zug.km.) ausweist.⁶⁸ Es ist absehbar, dass beide Kennwerte bis zum Jahr 2040 ansteigen werden.⁶⁹
- Massengüter mit geringer Wertdichte, wie bspw. landwirtschaftliche Produkte, Baustoffe, standardisierte chemische Produkte (Eingang) werden typischerweise von der Bahn oder dem Binnenschiff transportiert. Da die oben dargestellten Veränderungen in den Produktionsprozessen vor allem höherwertige Investitions- und Konsumgüter betreffen, ist davon auszugehen, dass der Schienengüterverkehr und der Güterverkehr auf der Binnenwasserstrasse (d.h. auf dem Rhein) weniger von den Entwicklungen profitieren werden und der überwiegende Marktanteil durch den Strassengüterverkehr bedient wird. Der Gütertransport auf der Schiene und der Binnenwasserstrasse ist zeitlich als auch räumlich zu wenig flexibel, um eine Relevanz für die sich verändernden Produktions- und Logistikprozesse im Zuge der Industrie 4.0 aufzuweisen.

Aus der Analyse des derzeitigen Güterverkehrs der Schweiz zeigt sich, dass der Strassengüterverkehr auch in Zukunft eine bedeutende Rolle spielen wird. Es ist weiterhin davon auszugehen, dass die Veränderungen in den Produktionsweisen mit der digitalen Transformation fast ausschliesslich auf und im Strassengüterverkehr wirken. Dementsprechend spielen das übergeordnete (HLS) als auch das nachgeordnete Strassennetz zukünftig eine zunehmend wichtige Rolle in der Produktion und im Absatz.

7.4.1 Relevante Branchen in der Schweiz

Bereits im Teilprojekt B1 des Forschungspakets zu Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz wurden acht Schlüsselbranchen der Schweiz identifiziert und hinsichtlich ihrer branchenspezifischen Logistikkonzepte analysiert. Die Identifikation der Schlüsselbranchen basierte auf dem Ziel, Branchenaggregate mit einer gewissen Homogenität der Logistiksysteme und -strukturen sowie einer hohen Güterverkehrsintensität hinsichtlich Transportmenge, -leistung und -wert zu bestimmen.

⁶⁷ schwere Güterfahrzeuge

⁶⁸ Bundesamt für Statistik (2015b)

⁶⁹ Prognos (2015): Prognos World Transport Report 2015/2016

men. Vor dem Hintergrund der zu bestimmenden Wirkungen im Güterverkehr von Industrie 4.0 werden jedoch nur ganz spezifische Schlüsselbranchen⁷⁰ – mit entsprechend spezifischen zukünftigen Anforderungen an die Logistik (vgl. Kap. 7.3.4) – beeinflusst.⁷¹

Detail- und Grosshandel

Im Detail- und Grosshandel ist die Logistik von grosser Bedeutung, vor allem hinsichtlich der Kriterien Qualität und Zuverlässigkeit. In Zukunft wird insbesondere der Bereich B2C eine zunehmende, wichtige Rolle innerhalb dieser Schlüsselbranche spielen.

*Tabelle 8: Anteil der Strasse im Modal Split auf Grundlage des Güteraufkommens in der Schlüsselbranche **Detail- und Grosshandel**; Einschätzungen von befragten Unternehmen im Rahmen des Projekts SVI 2010/005*

Hauptverkehrsträger	Strasse	85 % (2010)
Internationalisierungsgrad	Eingang	Gering
	Ausgang	Gering
Aussenhandeltrend	Import	Leicht steigend
	Export	Leicht steigend

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage UVEK (2013)

Diese und die nachfolgenden Tabellen zeigen die branchenspezifische Struktur und Einschätzung zur Verkehrsentwicklung. Zum einen zeigen diese den Modal Split innerhalb der Schlüsselbranche auf Basis des Güteraufkommens (Verkehrsarten Binnenverkehr, Import, Export). Zum anderen zeigen diese den bestehenden und falls angegeben zukünftig erwarteten Grad der Internationalisierung sowie den Aussenhandeltrend bis 2020. Dabei gibt der Internationalisierungsgrad den räumlichen Bezug der für die Produktion relevanten Eingangsgüter bzw. die räumliche Verteilung der Produkte auf grenzüberschreitender Betrachtungsebene wieder. Der Aussenhandeltrend gibt einen Überblick zur Aufkommensentwicklung der Branche. Die Abschätzungen der zukünftigen Entwicklung basieren jedoch auf Einzelaussagen befragter Unternehmen⁷² und können daher nicht zwangsläufig auf die gesamte Schlüsselbranche übertragen werden.

Chemie- und Kunststoffindustrie

Innerhalb der Schweizerischen Schlüsselbranche Chemie- und Kunststoffindustrie ist insbesondere die Kunststoffindustrie mit Stückgutverkehren und Teilladungen auf der Strasse von Bedeutung. Relevante Logistiktrends sind die zunehmende Globalisierung, die weitere Prozessoptimierung und erhöhte Anforderungen an Flexibilität und Sicherheit der Logistikkette.

⁷⁰ UVEK (2013 a), S.43ff.

⁷¹ UVEK (2013b), S.91 ff.

⁷² Für die detaillierte Fallstudienanalyse wurden bei insgesamt 24 Unternehmen Befragungen durchgeführt. Somit wurden je Schlüsselbranche 2-3 bedeutende Unternehmen in persönlichen Vor-Ort Gesprächen befragt.

*Tabelle 9: Anteil der Strasse im Modal Split auf Grundlage des Güteraufkommens in der Schlüsselbranche **Chemie- und Kunststoffindustrie**; Einschätzungen von befragten Unternehmen im Rahmen des Projekts SVI 2010/005*

Hauptverkehrsträger	Strasse	85 % (2010)
Internationalisierungsgrad	Eingang	Hoch und zunehmend
	Ausgang	Hoch und zunehmend
Aussenhandelstrend	Import	Steigend, (EU) supply chain
	Export	Steigend, (EU) supply chain

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage UVEK (2013)

Metallindustrie

In der Metallindustrie wird erwartet, dass die digitale Transformation v.a. in der Produktion hochwertiger Stähle für die Automobil-, Bau-, Maschinen- und Apparateindustrie eine wichtige Rolle spielen wird. Es wird ein Anstieg des Transportaufkommens sowie eine zunehmende Internationalität durch steigende Exportorientierung erwartet. Aufgrund sinkender Sendungsgrößen wird auch mit einem überproportionalen Anstieg der Fahrleistungen gerechnet, wobei der Anstieg auch von der mittel- bis langfristigen Entwicklung der Transportpreise bzw. deren Einfluss auf den gesamten Produktionspreis abhängt. Zentrale Trends der Schlüsselbranche sind die zunehmende Globalisierung, eine Fokussierung auf Kernkompetenzen und Outsourcing sowie weitere Technologieinnovationen und Prozessoptimierungen.

*Tabelle 10: Anteil der Strasse im Modal Split auf Grundlage des Güteraufkommens in der Schlüsselbranche **Metallindustrie**; Einschätzungen von befragten Unternehmen im Rahmen des Projekts SVI 2010/005*

Hauptverkehrsträger	Strasse	75 % (2010), v.a. Ausgang
Internationalisierungsgrad	Eingang	Gering
	Ausgang	Hoch
Aussenhandelstrend	Import	Stagnierend
	Export	Stagnierend

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage UVEK (2013)

Fahrzeug-, Maschinenbau, Elektro- und Feinmechanik

Die Struktur und die Trends der Schlüsselbranche Fahrzeug-, Maschinenbau, Elektro- und Feinmechanik sind im Zusammenhang mit Veränderungen der Produktionsweisen im Zuge der Industrie 4.0 von herausragender Bedeutung. Diese recht heterogene Branche ist charakterisiert durch vergleichsweise komplexe Logistikprozesse bei denen die Mehr-

heit der Wareneingänge aus der Schweiz stammen und der hoch exportorientierte Waren-
ausgang über segment- und regionalspezifische Speditionen erfolgt, wobei auch ein we-
sentlicher Teil Ersatzteiltransporte (meist Stückgut) sind.

Die Zuverlässigkeit und Planbarkeit logistischer Prozesse sind wichtige Kriterien bei der
Transportmittelwahl. Es zeigt sich, dass der Produktionsstandort Schweiz aufgrund des
Währungseffekts bereits in der Vergangenheit unter Druck geraten ist, wodurch die Verla-
gerung ins Ausland (Outsourcing) dem zentralen Trend der Globalisierung folgt. Weitere
Entwicklungstrends dieser Schlüsselbranche sind eine sinkende Fertigungstiefe, die Ab-
nahme der Transportgewichte (Güterstruktureffekt) sowie die weiter steigende Import-
(Zulieferer) und Exportorientierung.

*Tabelle 11: Anteil der Strasse im Modal Split auf Grundlage des Güteraufkommens in der
Schlüsselbranche **Fahrzeug-, Maschinenbau, Elektro- und Feinmechanik**; Einschät-
zungen von befragten Unternehmen im Rahmen des Projekts SVI 2010/005*

Hauptverkehrsträger	Strasse	83 % (2010)
Internationalisierungsgrad	Eingang	Steigend (Zulieferimporte)
	Ausgang	Steigend
Aussenhandeltrend	Import	Leicht steigend
	Export	Leicht steigend

Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage UVEK (2013)

Die wesentlichen Wirkungen auf den Güterverkehr im Zuge der sich ändernden Produkti-
ons- und Logistikprozesse werden nachfolgend näher dargestellt.

7.4.2 Veränderungen im Güterverkehr durch Arbeitsteilung und Outsourcing

Wie bereits erläutert wurde ist davon auszugehen, dass Produzenten ihre Fertigungstiefe
im Zuge der 4. Industriellen Revolution reduzieren werden, um die Zunahme der Komple-
xität des Produktionsprozesses zu begrenzen (vgl. Kap. 7.3.1) und sich auf die Kernpro-
zesskompetenzen zu konzentrieren. Die mit dem Outsourcing (inkl. der Prozesse des Off-
und Onshoring) einhergehende Ausweitung der Anzahl der Zulieferer und der zunehmen-
den Arbeitsteilung werden zu einer steigenden Fahrleistung als auch zu einer steigenden
Verkehrsleistung im Strassengüterverkehr führen. Da die Zulieferer sowohl in der Schweiz
als auch im benachbarten Ausland ansässig sein werden und die digitale Transformation
im gesamten europäischen Raum stattfindet, wird auch zwangsläufig der schweizerische
Binnenverkehr und der grenzüberschreitende Import-, Export- und Transitverkehr zuneh-
men. Hiervon wird aufgrund der geringeren Sendungsgrössen und der wenig bündelbaren
Transporte vornehmlich der Strassengüterverkehr für bestimmte Warengruppen bzw.
Schlüsselbranchen (vgl. Kapitel 7.4.1) betroffen sein.

7.4.3 Veränderungen im Güterverkehr durch zeitgenaue Anlieferung von Produktionsinputs

Der Trend hin zum vermehrten Einsatz des JiT bzw. JiS-Konzeptes wird mit einer Abnahme der Lagerkapazitäten innerhalb der Produktionsstätten einhergehen. Lieferanten werden Produktionsinputs folglich in kürzeren Zeitabständen anliefern. Dies hat jedoch auch zur Folge, dass die Lieferzeiten sich nicht mehr wie bisher an Tageszeiten konzentrieren, sondern der Strassengüterverkehr permanent und in stärkerer Ausprägung betrieben wird. Die Fahrleistung wird daher ansteigen, während die Beladungsgrade der Lkw abnehmen. Es ist davon auszugehen, dass diese Entwicklung nicht nur zu einer Zunahme des Schweizerischen Binnenverkehrs, sondern auch zu einem Anstieg der internationalen Verkehre der Schweiz und Transit-Verkehre durch die Schweiz beitragen wird. Grundsätzlich basiert diese Wirkung jedoch auf der Annahme, dass die produktionsseitigen Kosteneinsparungen durch JiT/JiS signifikant sind und der Anteil der Transportkosten an den Produktionskosten weiterhin gering bleibt.

7.4.4 Veränderungen im Güterverkehr aufgrund der Individualisierung von Produkten

Die steigende Nachfrage nach individuellen Produkten der Losgrösse 1 reduziert Produktionsprozesse mit standardisierten Abläufen und stärkt Strukturen, die einer Einzelanfertigung gleichen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Industrie 4.0 mit einem Manufakturwesen gleichgesetzt werden kann, zumindest nicht mehrheitlich.

Die Folge ist, dass neben der Variantenvielfalt der Produkte auch die Anzahl der Zulieferer bzw. Produzenten infolge einer zunehmenden Spezialisierung steigen wird.

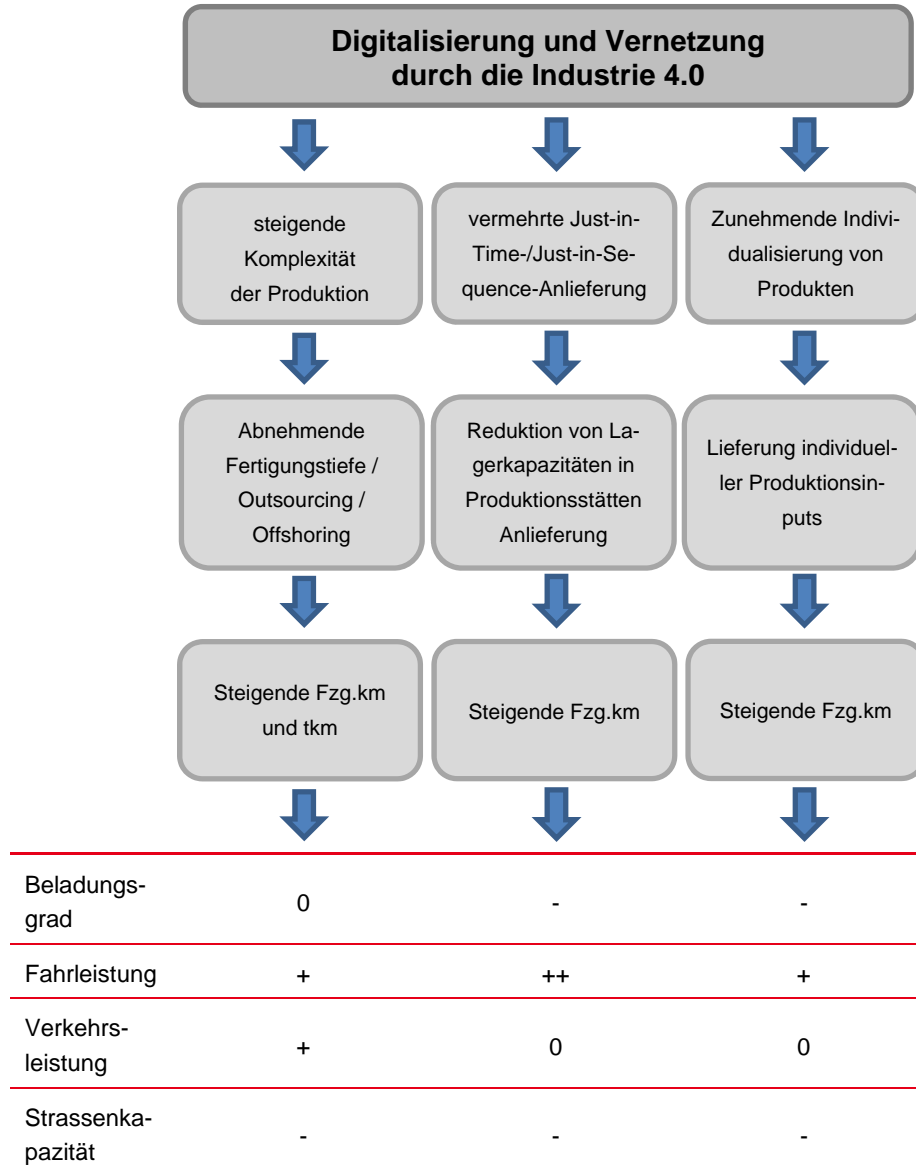
- Im B2B Geschäft wird diese Entwicklung zu einer Zunahme der Fahrleistungen aufgrund vermehrter Fahrten zwischen Produktionsstätten (mit sinkenden Umschlagshäufigkeiten⁷³) der schweren Lkw (mit geringeren Beladungsgraden bzw. sinkender Auslastung von Transportgefässen aufgrund geringerer Sendungsgrössen) oder mit leichteren Sachentransportfahrzeugen führen.
- Im B2C Geschäft ist es wahrscheinlich, dass die individuelle Produktion bzw. Nachfrage zu vermehrten Fahrten zwischen Produktionsstätten und Kunden (steigende Fahrleistung) mit jeweils tieferen Beladungsgraden der Lkw bzw. dem vermehrten Einsatz leichter Sachentransportfahrzeugen führt. So ist nachvollziehbar, dass durch die vermehrte und individualisierte Nachfrage der Losgrösse 1 die direkten Lieferfahrten zwischen Produzent und Kunde zunehmen. Grundsätzlich ist daher auch mit einer Zunahme der KEP-Dienste bzw. -Fahrten zu rechnen. Jedoch wird dadurch auch der Handel „umgangen“, was wiederum die Anzahl der entsprechenden (An-)Lieferfahrten reduzieren dürfte. Es ist davon auszugehen, dass sich die daraus neu ergebenden Ineffizienzen, aufgrund der Zunahme direkter Lieferfahrten zwischen Produzent und Kunde, durch die Bündelung von Transporten z.T. zumindest verringern lassen.

Insgesamt gehen wir jedoch davon aus, dass es aufgrund der Zunahme der Zulieferer und der Individualisierung der Produktion bzw. der Nachfrage sowohl zu mehr

⁷³ UVEK (2013b), S.30

Binnenverkehr, einem intensiveren Gütertausch Schweizer Unternehmen mit dem Ausland und einem steigenden Transit durch die Schweiz führen wird.

Abbildung 9: Effekte der Digitalisierung und Vernetzung durch die Industrie 4.0 und Wirkungen auf den schweren Strassengüterverkehr



Anmerkung: +++ sehr starke / ++ starke / + moderate Zunahme / 0 keine Wirkung / - moderate / -- starke / --- sehr starke Abnahme, Quelle: Eigene Analyseergebnisse und Darstellung

Grundsätzlich und zusammenfassend wirken die Veränderungen der Produktionsweisen im Zuge einer Umsetzung der 4. Industriellen Revolution in Produktion und Logistik auf den Strassengüterverkehr und auf die Strassenkapazitäten wie folgt:

- Stark steigende Fahrleistung im nationalen wie grenzüberschreitenden Güterverkehr der Schweiz, v. a. innerhalb der relevanten Branchen.
- Sinkender durchschnittlicher Beladungsgrad von schweren Sachtransportfahrzeugen und vermehrter Einsatz leichter Sachtransportfahrzeuge.

- Moderat steigende Verkehrsleistung im nationalen wie grenzüberschreitenden Güterverkehr, v. a. innerhalb der relevanten Branchen.

Der Schienengüterverkehr verfügt v. a. über (Kosten-)Vorteile beim Transport von Massengütern bzw. bündelbaren Güterverkehrsströmen (dies v. a. im kombinierten Verkehr) die zudem zeitunkritische Verfügbarkeiten aufweisen. Denkbar ist, dass die zunehmende Arbeitsteilung auch eine räumlich konzentrierte Zulieferstruktur unterstützt. Da aber die 4. Industrielle Revolution bzw. die digitale Transformation vor allem in hochtechnisierten Branchen mit zeitlich stark aufeinander abgestimmten Produktionsabläufen stattfinden wird, sind die Wirkungen auf den Schienengüterverkehr (Fahr-/Verkehrsleistung) voraussichtlich geringfügig.

7.5 Wirkungen auf den Güterverkehr in den Szenarien

Für alle Szenarien gilt grundsätzlich die Annahme, dass sich die Produktionsweisen im Zuge der 4. Industriellen Revolution nicht unterscheiden, d.h. dass die Digitalisierung / Industrie 4.0 innerhalb der Produktion und Logistik bis zum Jahr 2040 in gleicher Weise und Stärke umgesetzt wird. Das führt zur Folgeannahme, dass die Komplexität der Produktion / Logistik, die Just-in-Time (JiT) / Just-in-Sequence (JiS) Produktion und Logistik als auch Individualisierung der Produktion in allen Alternativszenarien in ähnlicher Ausprägung zunimmt oder zumindest stagniert.

Wesentliche Unterschiede zwischen den Szenarien betreffen die räumliche Ausprägung der Arbeitsteilung, welche wiederum stark durch unterschiedliche sozio-ökonomische Entwicklungen bis 2040 beeinflusst ist. Innerhalb der Szenarien kann zudem die Variation der verkehrspolitischen (De-)Regulierung auf den Güterverkehr wirken.

7.5.1 Referenz

Der Digitalisierungsgrad in der Produktion wird im Jahr 2040 deutlich höher sein als heute. Diese Tendenz wird auch notwendigerweise in der Logistik zu erkennen sein, innerhalb derer viele Prozesse weiter automatisiert werden. Einen hohen Automatisierungsgrad weisen insbesondere Umschlags- und Lagertechniken auf.

Ebenfalls wird der Grad der globalen Arbeitsteilung weiter stark ansteigen, was unter anderem in der zunehmenden räumlichen Entflechtung einzelner Produktionsschritte zu spüren ist. Auch wird der Güterverkehr darüber hinaus verstärkt in Logistik- und Produktionsprozesse eingebunden.

Tabelle 12: Referenz: Veränderungen der Produktionsweisen im Zuge der 4. Industriellen Revolution

Digitalisierung / Industrie 4.0 innerhalb der Produktion und Logistik	++
Komplexität der Produktion / Logistik	++
<i>Arbeitsteilung</i>	
<i>Outsourcing</i>	++
<i>Offshoring (Far-/Nearshoring)</i>	++
<i>Onshoring</i>	+
Just-in-Time/Just-in-Sequence -Produktion und – Logistik	+
Individualisierung der Produktion	0

Anmerkung: +++ sehr starke / ++ starke / + moderate Zunahme / 0 keine Wirkung / - moderate / - - starke / - - - sehr starke Abnahme

Somit wird im Szenario Referenz die Komplexität der Produktion und Logistik aufgrund des hohen Digitalisierungsgrades grundsätzlich stark zunehmen. Im Zuge einer weitergehenden, räumlichen Entflechtung der einzelnen Produktionsschritte und der globalen Arbeitsteilung kommt es zu einem verstärkten Outsourcing sowie einer deutlichen Zunahme des Offshoring, währenddessen das zeitliche Ineinandergreifen von Produktion und Logistik (JiT / JiS) moderat zunimmt, da die Automatisierung vor allem in der Umschlags- und Lagertechnik wirkt.

Tabelle 13: Referenz: Abschätzung der Wirkungsrichtung und –stärke aufgrund der sich ändernden Produktionsweisen auf die Fahrleistung und den Beladungsgrad schwerer Sachentransportfahrzeuge sowie auf die Strassenkapazität

Fahrleistungen auf der Strasse	++
<i>im Binnenverkehr</i>	+
<i>im grenzüberschreitenden Verkehr</i>	++
Beladungsgrad	--
Kapazitätsreserve des Strassennetzes	-

Anmerkung: +++ sehr starke / ++ starke / + moderate Zunahme / 0 keine Wirkung / - moderate / -- starke / - - - sehr starke Abnahme

Daher wird die Wirkung im Strassengüterverkehr vor allem durch die starke Zunahme der grenzüberschreitenden Fahrleistungen geprägt sein. Aufgrund dessen wird der Beladungsgrad abnehmen, während die Kapazitätsreserven in geringem Masse beeinflusst sind.

7.5.2 Wirkungen auf den Güterverkehr in den Alternativszenarien

Wie eingangs des Kapitels 7.5 aufgezeigt, wird die 4. Industrielle Revolution bzw. Industrie 4.0 in den Alternativszenarien in ähnlicher Form wie im Szenario Referenz wirken. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich die Alternativszenarien voneinander hinsichtlich ihrer räumlichen Ausprägung der Arbeitsteilung unterscheiden, was wiederum unterschiedliche Effekte auf die relevanten verkehrlichen Kenngrössen Fahrleistung, Beladungsgrad und Kapazität hat. Zudem ergeben sich Abstufungen bei den Wirkungen auf die Verkehrsträger aufgrund der szenarien-spezifischen Ausgestaltung der Verkehrspolitik. Allen Szenarien gemein ist aber, dass diese Effekte nicht grundlegend und signifikant voneinander abweichen.

Im **Szenario Balance** intensiviert der Bund seine Massnahmen zur Verlagerung des Güterverkehrs von der Strasse auf die Schiene. So wird die Förderung des Schienengüterverkehrs unter anderem durch die Erhöhung von Investitionshilfen verstärkt. Gleichzeitig bestehen für den Strassengüterverkehr härtere Regulierungen. Der Grad der Arbeitsteilung verharrt in der räumlich entflochtenen Wirtschaft auf hohem Niveau.

Die Komplexität der Produktion, die Arbeitsteilung sowie die JiT / JiS-Produktion und –Logistik nehmen im Szenario Balance weniger stark zu als im Szenario Referenz, da das steigende Bewusstsein zum nachhaltigen Konsum auch die Produktion und letztlich die Anwendung von Industrie 4.0 drosselt. Durch die Verstetigung (intra-)regionaler Wirtschaftskreisläufe als auch der verstärkten Kostentragung des Strassengüterverkehrs werden Outsourcing, Off- und Onshoring nur moderat zunehmen. Die Logistik wird keine wesentliche Änderung der Just-in-Time Umläufe verzeichnen; diese Stagnation wird auch in der Individualisierung der Produktion („Losgrösse 1“) zu beobachten sein. Letzteres resultiert wieder aus der Zunahme eines nachhaltigen Konsumverhaltens bzw. Lebensstils und dem Bewusstsein eines ressourcenschonenden Handelns.

Im **Szenario Sprawl**, dem eine eher deregulierende Politik zugrunde liegt, wird die internationale Arbeitsteilung und somit der grenzüberschreitende Güteraustausch vergleichsweise stark zunehmen. Dabei findet eine Spezialisierung einzelner Regionen zu Ungunsten des intraregionalen Handels statt. Die verschiedenen Güterverkehrsträger sind alle stärker in Logistik- und Produktionsprozesse eingebunden und haben eine gesamthafte Digitalisierung hinter sich, wobei die Bedeutung der Strasse für den Güterverkehr am grössten sein wird.

Da mehr Stückgut produziert wird und die Losgrössen geringer werden, sinken die Chancen, dass der Schienengüterverkehr seine Marktanteile halten oder gar vergrössern kann. Zudem verringert der Bund die Förderung des Schienengüterverkehrs und reduziert diesbezügliche finanzielle Unterstützungen. Der kombinierte Verkehr und der Wagenladungsverkehr verlieren dadurch Verkehr an die Strasse. Die Folgen sind eine sehr starke Zunahme der Produktionskomplexität, der internationalen Arbeitsteilung sowie der Produktindividualisierung, einhergehend mit einer starken Zunahme der Just-in-Time Prozesse. Das Resultat kann sein, dass vor allem die grenzüberschreitenden Fahrleistungen im Strassengüterverkehr zunehmen sowie der Beladungsgrad und die Kapazitätsreserven der Strassen abnehmen.

Im **Szenario Fokus** geht die weiterhin wachsende internationale Arbeitsteilung mit einer räumlichen Konzentration der Wirtschaft in den Zentren einher. Der ländliche Raum wird infolgedessen immer stärker von den Metropolregionen abhängig. Es steigt daher nicht nur der Aussenhandel, sondern auch der interregionale Handel in der Schweiz.

Aufgrund der stark steigende Komplexität sowie der internationalen wie auch interregionalen Arbeitsteilung, kommt es zu starken Zunahmen im Off- sowie Onshoring. Währenddessen bleibt die v. a. urbane Nachfrage nach einer Individualisierung von Produkten moderat. Die Wirtschaft nutzt dennoch andere Industrie 4.0-Prozesse intensiver, wodurch die Komplexität und JiT / JiS Logistik zunimmt.

Quellenverzeichnis Thema I

- BEIKER, S. (2015): Einführungsszenarien für höher automatisierte Fahrzeuge
- BERYLLS (2013): Presseinformation Endkunden-Studie zum vernetzten Fahrzeug
- BITKOM RESEARCH (2015): Jedes zweite Automobilunternehmen erwartet Durchbruch für autonomes Fahren bis 2030
- BOESCH, P. et al. (2015): Required Autonomous Vehicle Fleet Sizes to Serve Different Levels of Demand
- CISCO SYSTEMS (2013): Cisco Customer Experience Research
- CONTINENTAL (2015): Mobility Study
- DAIMLER (2014): Rechtliche Voraussetzungen und Zeithorizont für autonomes Fahren
- DIE WELT (08.09.2014): 2030 haben wir alle einen Chauffeur
- E-MOBIL BW (2015): Automatisiert. Vernetzt. Elektrisch. Potenziale innovativer Mobilitätslösungen für Baden-Württemberg
- ERNST & YOUNG 2012: Verbraucherumfrage März 2012
- FRIEDRICH, B. (2015): Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge. In: Maurer, M. et al.: Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte
- GASSER, T. et al. (2012): Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen
- INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM (2015): Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic
- JACKSON, J. (2007): Products Liability: Market-Share Liability. In: The National Law Journal
- KLAUSSNER, S.; IRTENKAUF, P. (2013): Autonome Kolonnenfahrt auf Autobahnen. Stand der Technik, Umsetzung, Auswirkungen auf den Verkehrsfluss.
- PAVONE, M. (2015): Autonomous Mobility-on-Demand Systems for Future Urban Mobility. In: Maurer, M. et al.: Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte
- Robinson et al. (2010): Operating Platoons on Public Motorways: An Introduction to the SARTRE Platooning Programme
- SAE INTERNATIONAL (2014): Automated Driving
- SARTRE (2012): Project Final Report

- SCHOETTLE, B. & SIVAK, M. (2014): Public Opinion about Self-Driving Vehicles in China, India, Japan, the U.S., the U.K. and Australia
- SHELL (2014): Pkw-Szenarien bis 2040. Fakten, Trends und Perspektiven für die Auto-Mobilität
- STÖLZLE, W. et al. (2015): Vision Mobilität Schweiz 2050
- TELEFONICA (2014): Connected Car Industry Report Text

Quellenverzeichnis Thema II

- BUNDESAMT FÜR ENERGIE - BFE (2006): Evaluation Car-Sharing. Schlussbericht, Bern.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG - ARE (2008) Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Mobilität. Das Verkehrsverhalten der heutigen und zukünftigen Senioren, Bern.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG - ARE (2013): Verkehrsverhalten spezifischer Gesellschaftsgruppen. Entwicklung seit 1994 bis 2010, Bern.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK - BFS (2012): Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010, Neuchâtel.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE – BMVIT (2015). eComTraf. Auswirkungen von E-Commerce auf das Gesamtverkehrssystem, Wien.
- INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG – ifmo (2014): Langstreckenmobilität. Aktuelle Trends und Zukunftsperspektiven, München.
- KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE – KIT (2011): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen. Bericht 2013/2014: Alltagsmobilität und Fahrleistung, Karlsruhe.
- KLAUS, P.; KRIEGER, W; KRUPP, MICHAEL (2012): Gabler Lexikon Logistik. Management logistischer Netzwerke und Flüsse. 5. Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler.
- LENZ, B. (2011) :Leitvortrag zum Thema Mobilität im Umbruch: Entwicklungen, Trends, Prognosen, Berlin.
- MOBILITY (2015): Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2014, Luzern.
- VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER VERKEHRSSINGENIEURE - SVI (2008): Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030? Zusammenfassung d, f, e, Bern.

Quellenverzeichnis Thema III

- AGIPLAN (2015): Erschliessen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand: Kurzfassung der Studie, Mülheim an der Ruhr. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin.
- BITKOM; FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ARBEITSWURTSCHAFT UND ORGANISATION – IAO (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland,
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2015a): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung - Produktionskonto nach Branchen, Neuchâtel.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (2015b): Leistungen im Güterverkehr, Neuchâtel.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2015a): Industrie 4.0: Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland, Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2015b): Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft, Berlin.
- DELOITTE (2015): Werkplatz 4.0: Herausforderungen und Lösungsansätze zur digitalen Transformation und Nutzung exponentieller Technologien, Zürich.
- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT FÜR UMWELT; VERKEHR; ENERGIE UND KOMMUNIKATION – UVEK (2013a): Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA – Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B1. Forschungsauftrag 2009/003 auf Antrag der SVI, St. Gallen.
- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT FÜR UMWELT; VERKEHR; ENERGIE UND KOMMUNIKATION – UVEK (2013b): Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends. Forschungspaket UVEK/ASTRA – Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2. Forschungsauftrag 2010/005 auf Antrag der SVI, St. Gallen.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION – DG MOVE (2015): Fact-finding studies in support of the development of an EU strategy for freight transport logistics, Lot 1: Analysis of the EU logistics sector, Brüssel.
- FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ARBEITSWURTSCHAFT UND ORGANISATION – IAO (2013), Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Autoren: Spath, Dieter / Ganschar, Oliver / Gerlach, Stefan / Hämmerle, Moritz / Krause, Tobias / Schlund, Sebastian, Stuttgart.
- FRAUNHOFERINSTITUT FÜR INTEGRIERE SCHALTUNGEN – IIS (2014): Cyber-Physical Systems@Fraunhofer IIS, Erlangen.
- KLAUS, P.; KRIEGER, W; KRUPP, MICHAEL (2012): Gabler Lexikon Logistik. Management logistischer Netzwerke und Flüsse. 5. Auflage, Wiesbaden.
- PROGNOSE (2015): Prognos World Transport Report 2015/2016. Basel.

- PROMOTOREN GRUPPE KOMMUNIKATION DER FORSCHUNGSUNION WIRTSCHAFT – WISSENSCHAFT; ACATECH (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Frankfurt/Main.
- ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS; BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE E.V. (2015): Die Digitale Transformation der Industrie, München/Berlin.
- SPRINGER GABLER VERLAG (2015): Gabler Wirtschaftslexikon. *Abrufbar unter:* <http://wirtschaftslexikon.gabler.de>
- VEREIN NETZWERK LOGISTIK SCHWEIZ E.V. – VNL (2015): Logistics Innovation. Von der Technologie zum Geschäftsmodell – Evolutionäre Lösungen durch Digitalisierung der Wertschöpfungskette. VNL Ausgabe 02/2015.
- ZUKÜNFTIGE TECHNOLOGIEN CONSULTING DER VDI TECHNOLOGIEZENTRUM GMBH (2009): Internet der Dinge - Perspektiven für die Logistik. Im Auftrag des VDI e. V., Düsseldorf.

Anhang 1: Umfassende Literaturliste zum Thema II

- ARTHUR D. LITTLE (2009): Zukunft der Mobilität 2020. Die Automobilindustrie im Umbruch?
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE – BFE (2006): Evaluation Car-Sharing. Schlussbericht, Bern.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG – ARE (2006) Perspektiven des schweizerischen Personenverkehrs bis 2030, Bern.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG – ARE (2008) Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Mobilität. Das Verkehrsverhalten der heutigen und zukünftigen Senioren, Bern.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG – ARE (2013): Verkehrsverhalten spezifischer Gesellschaftsgruppen. Entwicklung seit 1994 bis 2010, Bern.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK – BFS (2012): Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010, Neuchâtel.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK – BFS (2015): Pendlermobilität in der Schweiz 2013, Neuchâtel.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE – BMVIT (2015). eComTraf. Auswirkungen von E-Commerce auf das Gesamtverkehrssystem, Wien.
- GOTTLIEB DUTTWEILER INSTITUTE (2013): Mobilität 2025 – Unterwegs in der Zukunft, Rüslikon.
- HARABI, N.; SCHOCH, R. (2011): Die Diffusion von Telearbeit. Wo steht die Schweiz heute im internationalen Vergleich?
- INNOVATIONSZENTRUM FÜR MOBILITÄT UND GESELLSCHAFTLICHEN WANDEL (2012): Trends 2030. Mobilität und Logistik, Berlin
- INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG – ifmo (2010): Zukunft der Mobilität Szenarien für das Jahr 2030. Zweite Fortschreibung, München.
- INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG – ifmo (2011): Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher, München.
- INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG – ifmo (2013): ‘MobilityY’ – The Emerging Travel Patterns of Generation Y, München.
- INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG – ifmo (2014): Langstreckenmobilität. Aktuelle Trends und Zukunftsperspektiven, München.
- INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG – ifmo (2015): Die Zukunft der Mobilität. Szenarien für Deutschland in 2035, München.

- INSTITUT FÜR VERKEHRSPLANUNG UND TRANSPORTSYSTEME, EIDGENÖSSISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE ZÜRICH – ETH IVT (2004): Grundlagenbericht für die Perspektiven des Schweizer Personenverkehrs bis 2030. Prognose über Besitz und Nutzenintensität von Mobilitätswerkzeugen im Personenverkehr, Zürich.
- KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE – KIT (2011): Deutsches Mobilitätspanel (MOP) Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen. Bericht 2013/2014: Alltagsmobilität und Fahrleistung, Karlsruhe.
- KLUG, P. (2015): Mobilität unter den Vorzeichen des demographischen Wandels. Der Nahverkehr, 4/2015.
- KUNERT, U.; RADKE, S.; CLOND, B.; KAGERBAUER, M. (2012): Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter. DIW Wochenbericht 47/2012.
- LENZ, B. (2011): Leitvortrag zum Thema Mobilität im Umbruch: Entwicklungen, Trends, Prognosen, Berlin.
- LENZ, B.; KÖHLER, K.; KRAUSE, W. (2015): Änderungen im Einkaufsverhalten durch E-Commerce? Eine empirische Untersuchung auf Grundlage von Paneldaten.
- MOBILITY (2015): Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2014, Luzern.
- SHELL DEUTSCHLAND (2014): Shell PKW-Szenarien bis 2040. Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität, Hamburg.
- TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (2011): Zukunft von Mobilität und Verkehr. Kurzfassung, Dresden.
- TULLY, C. (2011): Mobilisierung des Mobilen Trends in der Jugendmobilität. Der Nahverkehr, 7-8/2011.
- VERBAND E'MOBILE (2015): Markt der Eco-Mobile. Aktualitäten und Trends, Bern.
- VERBAND ÖFFENTLICHER VERKEHR – VÖV (2010): Mobilitätszenarien für die Schweiz 2030. Visionen – Chancen – Finanzierung, Bern.
- VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER VERKEHRSSINGENIEURE – SVI (2008): Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030? Zusammenfassung d, f, e.
- WISSENSFABRIK, NELLEN UND PARTNER (2012): Die Zukunft des Arbeitsmarkts. 12 Diskussionsthese zur Entwicklung der Arbeitsmärkte für Hochqualifizierte, St. Gallen.
- WÖLFLE, R.; LEIMSTOFFL, U. (2015): E-Commerce-Report Schweiz 2015. Der Schweizer Onlinehandel aus Anbietersicht, Basel.