



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 6: Räumliche Auswirkungen

**Effets de la conduite automatisée; Projet partiel 6: Effets
territoriaux**

Impacts of automated driving; Subproject 6: Spatial impacts

**ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Dr. Andrea Del Duce
Thomas Trachsel
Raphael Hoerler**

**Forschungsprojekt ASTRA 2018/006 auf Antrag des Bundesamtes für
Strassen (ASTRA)**

August 2020

1680

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 6: Räumliche Auswirkungen

**Effets de la conduite automatisée; Projet partiel 6: Effets
territoriaux**

Impacts of automated driving; Subproject 6: Spatial impacts

**ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Dr. Andrea Del Duce
Thomas Trachsel
Raphael Hoerler**

**Forschungsprojekt ASTRA 2018/006 auf Antrag des Bundesamtes für
Strassen (ASTRA)**

August 2020

1680

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Dr. Andrea Del Duce

Mitglieder

Thomas Trachsel

Raphael Hoerler

Mit der Unterstützung von:

Dr. Maïke Scherrer

Joel Meier

Vera Pfeiffer

Lukas Plüss

Begleitkommission

Präsident

Erwin Wieland

Mitglieder

Annette Antz

Thierry Chanard

Christian Egeler

Denis Gillet

Burkhard Horn

Arnd König

Alexander Lehrmann

Markus Liechi

Martina Müggler

René Neuenschwander

Thomas Sauter-Servaes

Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	11
Summary	15
1 ASTRA-Forschungspaket Auswirkungen des automatisierten Fahrens	19
1.1 Ausgangslage	19
1.2 Ziel und Struktur.....	19
1.3 Grundsätzliches Vorgehen der Teilprojekte	20
2 Einleitung	21
2.1 Problemstellung	21
2.2 Aufbau des Projektes	24
3 Fahrer-/ Nutzungsebene	25
3.1 Komfort und Zeitwahrnehmung	25
3.1.1 Komfort und automatisiertes Fahren	26
3.1.2 Zeitznutzung beim automatisierten Fahren	27
3.1.3 Komfort und Zeitznutzungsaspekte beim automatisierten Fahren	31
3.2 Analyse der Schweizer Mobilität im Kontext des automatisierten und vernetzten Fahrens	33
3.2.1 Länge und Dauer typischer Schweizer Pendlerstrecken	33
3.2.2 Einfluss vom Arbeitstyp der Nutzer	35
3.2.3 Gehalt, Ausgaben für die Mobilität und Zahlungsbereitschaft	37
3.2.4 Clusteranalyse: Nutzergruppen und automatisiertes Fahren in Hinblick auf Raumeffekte	41
3.3 Weitere Trends und Einflussfaktoren	45
3.4 Potentialabschätzung und Schlussfolgerungen.....	46
4 Freizeitverkehr	49
4.1 Freizeitverkehr in der Schweiz	50
4.1.1 Definition und Abgrenzung Freizeitverkehr	50
4.1.2 Räumliche Verteilung des Freizeitverkehrs	51
4.1.3 Modalsplit der Freizeitwege.....	52
4.1.4 Freizeitaktivitäten und Hauptverkehrsmittel.....	53
4.1.5 Nutzergruppen im Freizeitverkehr	54
4.1.6 Prognostizierte Entwicklungen im Personenverkehr	56
4.2 Megatrends mit Relevanz für automatisiertes Fahren	57
4.3 Automatisiertes Fahren in Freizeit und Tourismus	59
4.3.1 Die Zukunft des urbanen Tourismus	59
4.3.2 Einstellungen gegenüber selbstfahrenden Taxidiensten	61
4.4 Potentialabschätzung	61
4.5 Resultate Experteninterviews	63
4.5.1 Mögliche zukünftige Anwendungsformen	63
4.5.2 Individuelle vs. kollektive Mobilität im Freizeit- und Tourismusverkehr	63
4.5.3 Freizeitaktivitäten und Nutzergruppen.....	64
4.5.4 Potentielle Raumwirkungen durch den Freizeit- und Tourismusverkehr	65
4.5.5 Auswirkungen auf die Freizeit- und Tourismusindustrie	66
4.6 Schlussfolgerungen.....	66
5 Standortentscheidungen im Güterverkehr durch automatisiertes Fahren	69
5.1 Literaturanalyse, Möglichkeiten und Trends im automatisierten Güterverkehr.....	69
5.2 Hypothesen	71

5.3	Experten und Interviewvorgang.....	72
5.4	Zusammenfassung der Expertenmeinungen und Prüfung der Hypothesen.....	72
5.5	Schlussfolgerungen.....	75
6	Räumliche Entwicklung: Instrumente, Stakeholder und Herausforderungen	77
6.1	Wechselwirkungen im System «Raum und Verkehr»	77
6.1.1	Wirkung der Verkehrsinfrastruktur auf den Raum	77
6.1.2	Wirkung der Raumstrukturen auf den Verkehr	78
6.1.3	Überlagerung mit weiteren Determinanten.....	78
6.2	Instrumentarium der Raumplanung.....	78
6.2.1	Instrumente auf Bundesebene	79
6.2.2	Instrumente auf kantonaler Ebene	80
6.2.3	Instrumente auf kommunaler Ebene	81
6.3	Experteneinschätzung zu möglichen Herausforderungen und Konsequenzen durch automatisiertes Fahren.....	81
6.3.1	Herausforderungen im Szenario Automatisierter Individualverkehr	82
6.3.2	Herausforderungen im Szenario Kollektive, multimodale Mobilität.....	82
6.3.3	Szenario-übergreifende Herausforderungen	83
6.3.4	Massnahmen und Lösungsansätze aus der Sicht relevanter Stakeholder.....	84
6.4	Diskussion der Ergebnisse aus dem Expertenworkshop und Schlussfolgerungen	85
7	Gesamtbetrachtung der Szenarien und Zeitabschnitte und Schlussfolgerungen ...	87
7.1	Gesamtbetrachtung der Szenarien und Zeitabschnitte	87
7.1.1	Monomodale-individuelle Mobilität	87
7.1.2	Multimodale-kollektive Mobilität.....	88
7.2	Wirkungsanalyse.....	90
7.3	Schlussfolgerungen.....	91
	Anhänge.....	95
	Literaturverzeichnis	99
	Projektabschluss	103
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	106

Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es zu analysieren, inwiefern automatisiertes Fahren Raumeffekte und insbesondere Zersiedlungseffekte verursachen könnte und welche Massnahmen in der Schweiz diesbezüglich getroffen werden könnten. Eine der Haupthypothesen hinter dieser Fragestellung ist, dass die aktive Zeitnutzung beim automatisierten Fahren die Zeitwahrnehmung von Nutzern verändern könnte. Dadurch könnten Nutzer zukünftig längere Wege in Kauf nehmen und den Wohnort vermehrt in den ländlichen Raum verlegen, wo typischerweise die Preise von Wohnungen und Häusern günstiger sind.

Um diese Frage zu beantworten, wurden zuerst allgemeine Komfort- und Zeitnutzungsaspekte des automatisierten Fahrens analysiert. Die Ergebnisse dieser Analyse wurden dann im Rahmen des Schweizer Kontexts näher betrachtet. Dazu wurden die Länge und Dauer der typischen Arbeitswege von Autopendlern in der Schweiz betrachtet, um zu eruieren, wie gross das Potential einer aktiven Zeitnutzung auf den Schweizer Strassen ist. Zusätzlich wurden andere sozioökonomische Aspekte wie die Berufe der Pendler sowie das durchschnittliche Haushaltseinkommen und -budget in Betracht gezogen. Ziel dieser Betrachtung war es, ein Gefühl zu erhalten, welcher Teil der Bevölkerung aus beruflicher und wirtschaftlicher Perspektive vom automatisierten Fahren profitieren könnte. Die Analyse von Komfort- und Zeitnutzungsaspekten hat gezeigt, dass für eine Änderung der Zeitwahrnehmung längere Wege mit langen Autobahnstrecken nötig sind. Ansonsten besteht die Gefahr, dass bei Tätigkeiten wie dem Lesen oder dem Arbeiten an einem Bildschirm (inklusive Filme anschauen) bei einem Grossteil der Nutzer Reiseübelkeit auftreten könnte. Die Analyse der Pendlerwege in der Schweiz hat aber gezeigt, dass die typische Länge, Dauer und Autobahnanteile der Strecken zwischen allen Räumen (Stadt, Agglomeration und Land) relativ kurz sind und sich für eine aktive Zeitnutzung nicht eignen würden. Entsprechend scheint auch die These, dass Nutzer dank dem automatisierten Fahren längere Wege in Kauf nehmen würden und zum Beispiel von der Stadt oder Agglomeration weiter hinaus auf das Land ziehen würden, weil dort das Wohnen günstiger ist, nicht wirklich belastbar zu sein. Dazu sind die Unterschiede in Länge und Dauer der typischen Wege zwischen Stadt und Agglomeration im Vergleich zu denen zwischen Stadt und Land zu klein. Es bräuchte sehr radikale Änderungen in den Standortentscheidungen der Bevölkerung, damit Situationen entstehen würden, in welchen diese aktive Zeitnutzung und Änderung in der Zeitwahrnehmung stattfinden kann. Dies würde heissen, dass man zum Beispiel nicht mehr von der Stadt oder Agglomeration in benachbarte ländliche Räume zieht, sondern im Vergleich zum Arbeitsplatz und zum ursprünglichen Wohnort in erheblich weiter entfernte Gegenden. Hier gilt es aber zu beachten, dass bei Standortentscheidungen nicht nur der Preis von Wohnungen und Häusern eine Rolle spielt, sondern dass auch soziale Aspekte wie die Nähe zur Familie, zu Bekannten oder generell zum Heimatort einen grossen Einfluss haben. Entsprechend wird hier das Potential von Zersiedlung aufgrund von automatisierten Fahrzeugen als sehr klein eingeschätzt.

Des Weiteren muss noch berücksichtigt werden, dass nicht alle Berufe Tätigkeiten beinhalten, welche in einem automatisierten Fahrzeug durchgeführt werden können. Eine erste Abschätzung zeigt, dass ungefähr ein Drittel der Pendler nicht von einer aktiven Zeitnutzung für Arbeitszwecke profitieren würde. Bei der Betrachtung von wirtschaftlichen Aspekten hängen die Ergebnisse stark vom tatsächlichen Preis von automatisierten Fahrzeugen ab. Die Bandbreite der Abschätzung ist diesbezüglich heute recht gross. Sollten sich längerfristig die tieferen Abschätzungen als richtig erweisen, so würde der Kauf eines automatisierten Fahrzeuges für den grössten Teil der Bevölkerung möglich sein. Im Falle der teureren Abschätzungen würde dagegen die Investition für ein automatisiertes Fahrzeug nur für die höchsten Einkommensklassen in der Schweiz attraktiv werden. Betrachtet man dagegen erste Abschätzungen der Kosten von automatisierten Taxis, so deuten die Werte darauf hin, dass längerfristig insbesondere in der Stadt und in der Agglomeration dieser Service für den Grossteil der Haushalte billiger als die heutigen Kosten des Autofahrens sein würde. Auf dem Land wären die Preise etwas höher, sodass ein kleinerer Teil der Bevölkerung wirklich von automatisierten Taxis profitieren würden. Insbesondere in der Stadt scheint also für Nutzer aus wirtschaftlicher Perspektive (ohne

Berücksichtigung von zusätzlichen Policy-Making und Pricing Massnahmen) ein Mobilitätssystem attraktiver zu sein, welches mehr auf automatisierten Taxis und weniger auf dem Eigenbesitz privater Fahrzeuge basiert.

Der Fokus dieser ersten Analysen lag auf dem Pendlerverkehr. Doch da der Freizeitverkehr eine grosse Rolle in der Schweizer Mobilität spielt, wurden auch die neuen Möglichkeiten, die sich durch Automatisierung im Tourismus- und Freizeitverkehr ergeben könnten, näher betrachtet. Einblicke dazu wurden durch eine Literaturanalyse und Experteninterviews erhalten. Aus den Interviews wird ersichtlich, dass insbesondere das Wandern durch die neu gewonnene Flexibilität bei der Wahl der Start- und Zielpunkte von automatisiertem Fahren profitieren könnte, einhergehend mit einer entsprechenden Zunahme von Freizeitwegen in periphere, mit dem ÖV schlecht erschlossene Gebiete. Weiter haben die Interviews gezeigt, dass die Wohnortwahl vermutlich auch in Zukunft mehr von beruflichen Faktoren wie der Nähe zum Arbeitsort als von Freizeitfaktoren abhängig sein wird und eine zunehmende Zersiedelung aufgrund von automatisiertem Fahren im Freizeitverkehr daher ausgeschlossen werden kann. Letztlich wird das grösste Potential für die Nutzung automatisierter Fahrzeuge im Freizeit- und Tourismusverkehr bei ausländischen Touristen gesehen - primär aufgrund der neuen Möglichkeiten, die sich bei der individuellen Reise- und Tourenplanung ergeben könnten. Bei Schweizer Freizeitreisenden wird hingegen ein geringes Potential gesehen, da in dieser Gruppe seit mehreren Jahren eine Zunahme von Flugreisen ins Ausland beobachtet werden kann, welche wohl nur schwer durch automatisierte Fahrzeuge kompensiert werden können.

Des Weiteren wurde auch die Rolle von Automatisierung im Güterverkehr analysiert. Das Hauptziel dieser Analyse war, mittels Experteninterviews abzuschätzen, inwiefern die Verfügbarkeit von automatisierten LKWs, welche durch das Wegfallen des Fahrers zu deutlich tieferen Preisen im Strassengüterverkehr führen könnten, Standortentscheidungen von Logistikunternehmen zukünftig beeinflussen könnte. Allgemein gehen die Experten davon aus, dass keine radikalen Änderungen in den Standortentscheidungen der Logistikunternehmen zu erwarten sind. Im Zentrum der Dienstleistung von Logistikunternehmen für Kunden steht die schnelle und kostengünstige Lieferung der gewünschten Ware. Dazu eignet sich ein System, welches auf grossen, zentralen Umschlagsanlagen, stadtnahen Verteilzentren und Verteilstationen innerhalb der Stadt basiert. So ist grösstenteils das heutige System aufgebaut und es wird daher nicht erwartet, dass die tieferen Kosten einer LKW-Fahrt aufgrund des fehlenden Fahrers zum Beispiel zu einer Änderung der Lage der Verteilzentren führen würde. Denn das führt zu längeren Fahrten, was die zeitliche Dimension der Dienstleistung negativ beeinträchtigen würde. Wichtig in diesem Aspekt ist auch, dass diese Umschlaganlagen und Verteilzentren grössere Investitionen benötigen, typischerweise eine lange Lebensdauer haben und dadurch grössere Änderungen im System erschweren. Eher könnte man erwarten, dass bezüglich Verteilstationen in der Stadt sich das Angebot für Kunden zum Beispiel durch automatisierte Abholstationen erweitern könnte, was eine grössere Flexibilität in das System bringen würde.

Gleichzeitig spürt man aus den Expertenmeinungen auch eine gewisse Spannung im Hinblick auf die Eigenschaften der traditionellen Logistik, in welcher Bündelung eine wichtige Rolle spielt, und den neuen Bedürfnissen der Kunden, welche durch online Handel und «just-in-time»-Erwartungen Bündelungseffekte erschweren. Hier ist aber eher zu erwarten, dass dies einen kleineren Anteil der Waren betreffen wird und daher keinen grossen Einfluss auf die Standortentscheidungen von Logistikunternehmen haben sollte, sondern mehr auf die Art und Weise, wie die Ware direkt von einem Unternehmen oder von einer Umschlagsanlage zum Kunde transportiert wird. Für solche «just-in-time» Lieferungen bei Privatkunden könnten neue Formen von automatisierten Fahrzeugen (Pods oder Drohnen) eine wichtige Rolle spielen.

Der letzte Teil des Projektes fokussierte auf die raumplanerische Ebene. Hier wurde mittels Literaturanalyse und einem Expertenworkshop eruiert, welche Herausforderungen der zukünftigen und automatisierten Mobilität und der Raumplanung bevorstehen und mögliche Lösungsansätze diskutiert. Im Rahmen des Expertenworkshops wurde als zentrale Herausforderung das Fehlen einer Vision resp. eines Leitbildes für die zukünftige Entwicklung des automatisierten Fahrens in der Schweiz und den damit einhergehenden

spezifischen Wirkungen auf den Raum angesehen. Es braucht daher eine klare Vision/Zielvorgabe auf Bundesebene, an denen sich Kantone und Gemeinden in Zukunft orientieren können. Allgemein lässt sich aus der Analyse der raumplanerischen Ziele und Instrumente der Schweiz, der Expertenmeinungen aus dem Workshop und aus den Ergebnissen dieses Projektes schliessen, dass obwohl nicht erwartet wird, dass automatisiertes Fahren per se ein dominanter Treiber von Zersiedlung sein wird, die Zersiedlungsproblematik und damit einhergehend die Siedlungsentwicklung nach innen zentrale Herausforderungen der nächsten Jahre innerhalb der Raumplanung bleiben werden. Die strikte Anwendung und Umsetzung der Raumplanungsgesetzgebung muss also auch in Zukunft weiterverfolgt werden.

Zusammenfassend lässt sich also aus der Analyse der Komfort- und Zeitnutzungsaspekte in der Schweizer Mobilität schliessen, dass die Gefahr von Zersiedlung in der Schweiz aufgrund einer höheren Akzeptanz von längeren Reisezeiten beim automatisierten Fahren als sehr klein betrachtet werden kann. Das soll nicht heissen, dass die Attraktivität vom automatisierten Fahren in Frage gestellt wird. Die Möglichkeit vor der Tür abgeholt zu werden, sich nicht um das Parkieren kümmern zu müssen und somit schneller unterwegs oder schneller mit dem ÖV angeschlossen zu sein, sind auf jeden Fall Aspekte, die das automatisierte Fahren äusserst attraktiv machen könnten. In erster Linie deutet dies aber mehr auf ein höheres Verkehrsaufkommen auf der Strasse, als auf Raumeffekte hin. Sollte sich die Schweizer Mobilität weiter in Richtung eines monomodalen, MIV-zentrierten Modells entwickeln (was durch die Bequemlichkeit autonomer Personenwagen gefördert werden könnte), dann könnte es in Anbetracht des zukünftigen Bevölkerungswachstums zu massivem Mehrverkehr auf den Strassen und insbesondere in den Städten kommen, was die Lebensqualität im urbanen Raum negativ beeinträchtigen könnte. Darüber hinaus, ist auch aus Umweltperspektive ein solches Bild nicht erwünscht, da ein monomodales System, in welchem die Mehrheit der Nutzer ein eigenes Fahrzeug besitzt und nutzt, zu einem höheren Energieverbrauch in der Nutzungsphase und Verbrauch von Ressourcen wie Metalle für den Bau der Fahrzeuge führen würde, als Modelle, welche auf Fahrzeugen mit einem höheren Besetzungsgrad basieren. Auch im Hinblick auf die Herausforderungen des Klimawandels scheinen multimodale, ÖV-zentrierte Systeme eine passendere Lösung zu sein. Diesbezüglich muss berücksichtigt werden, dass grosse Erreichbarkeitsgewinne in der letzten Meile durch ein flexibles, effizientes und multimodales ÖV-System die Attraktivität von urbanen Randgebieten und der Agglomeration erhöhen könnte. Wie oben bereits erwähnt, ist die strikte Umsetzung der Raumplanungsgesetzgebung nötig, um im diesen Falle Zersiedlungseffekte zu vermeiden.

Es braucht also innovative Mobilitätskonzepte, welche den Fussgänger- und Langsamverkehr, die Mikromobilität, sowie automatisierte Fahrzeuge und den öffentlichen Verkehr in einer Art und Weise verknüpfen, dass ein rasches und komfortables Umsteigen ermöglicht und die Offenheit der Schweizer Bevölkerung bezüglich multimodaler, kollektiver und ÖV-zentrierter Systeme gestärkt wird. Hierbei handelt es sich um eine Transformation, die von einer stärkeren Entwicklung in Richtung verdichteter Siedlungsstrukturen profitieren würde.

Résumé

Le but de ce projet était d'analyser à quel point la conduite automatique peut avoir des effets territoriaux, en particulier par rapport au mitage du territoire, ainsi que de chercher des mesures appropriées en Suisse. Cette question découle de l'hypothèse selon laquelle l'emploi actif du temps lors de la conduite automatique modifie la perception du temps par les utilisateurs. Par conséquent, les utilisateurs pourraient accepter des trajets plus longs à l'avenir, et de plus en plus de personnes pourraient choisir d'habiter dans les espaces ruraux, où les prix d'appartements et de maisons sont typiquement plus bas.

Pour répondre à cette question, les aspects de la conduite automatique se rapportant au confort et à l'emploi du temps ont d'abord été analysés. Ensuite, les résultats de cette analyse ont été considérés de plus près dans le contexte suisse. A cette fin, longueur et durée des trajets de travail typiques des pendulaires automobilistes suisses ont été déterminés, afin d'estimer le potentiel pour un emploi actif du temps sur les routes suisses. De plus, d'autres aspects socio-économiques, tels que la profession des pendulaires et le revenu et budget moyens des ménages ont été considérés. Le but de ces recherches était d'estimer quelles parties de la population pourraient profiter de la conduite automatique sur le plan professionnel et économique. L'analyse du confort et de l'emploi du temps a révélé que des trajets avec de longs segments sur l'autoroute sont nécessaires pour un changement de la perception du temps. Autrement, des activités telles que la lecture et le travail sur écran (y compris regarder des vidéos) risquent de provoquer la nausée chez un grand nombre d'utilisateurs. Cependant, l'analyse des trajets de travail en Suisse a démontré que la durée, longueur et part d'autoroute typiques des trajets entre tous types d'espaces (ville, agglomération et campagne) sont relativement courtes et ne se prêtent pas à un emploi actif du temps. Par conséquent, la thèse selon laquelle les utilisateurs accepteraient des trajets plus longs et choisiraient d'habiter à la campagne plutôt qu'en ville ou dans les agglomérations pour profiter des coûts d'habitation plus bas apparaît peu probable. En effet, la longueur et la durée des trajets entre la ville et l'agglomération sont trop similaires à celles des trajets entre la ville et la campagne. Pour observer des situations où l'emploi actif du temps et un changement de la perception du temps seraient possibles, il faudrait un changement radical dans le choix du lieu de domicile au sein de la population. Cela signifierait, par exemple, que l'on ne quitterait plus la ville ou la campagne pour s'installer dans la campagne avoisinante, mais dans des régions nettement plus éloignées de la place de travail ou du domicile d'origine. Cependant, il faut considérer que le choix du lieu de domicile ne se base pas uniquement sur le prix des habitations, mais aussi sur des aspects sociaux tels que la proximité de la famille, d'amis et, de manière générale, du lieu d'origine. Par conséquent, le potentiel de mitage du territoire dû à la conduite automatique est considéré comme très faible.

En outre, il faut tenir compte du fait que certaines professions de comportent pas d'activités pouvant être effectuées dans un véhicule automatique. Une première estimation démontre qu'environ un tiers des pendulaires ne profiterait pas d'un emploi actif du temps à des fins professionnelles. Pour ce qui est des aspects économiques, les résultats dépendent fortement du prix effectif des véhicules automatiques. La fourchette des estimations est actuellement assez large. Si les estimations les plus basses s'avèrent correctes, l'achat d'un véhicule automatique serait possible pour la plus grande partie de la population. Dans le cas des estimations les plus hautes, investir dans un véhicule automatique ne serait attractif que pour les catégories de revenus supérieures en Suisse. Si l'on considère toutefois les premières estimations du coût de taxis automatiques, les chiffres suggèrent qu'à long terme, ce service serait moins cher que les coûts actuels de l'automobile pour la majorité des ménages, en particulier dans les villes et les agglomérations. A la campagne, les prix seraient un peu plus élevés, et seule une minorité de la population profiterait de taxis automatiques. En particulier dans les villes, un système de mobilité basé sur les taxis automatiques semble plus attractif pour les utilisateurs que la possession de véhicules privés d'un point de vue économique (sans considérer d'autres mesures politiques et de tarification).

Ces premières analyses portaient sur les pendulaires. Comme le trafic de loisirs joue un grand rôle en Suisse, les possibilités de l'automatisation du trafic de tourisme et de loisirs ont aussi été considérées. Une vue d'ensemble a été obtenue par le biais d'une analyse de la littérature et d'interviews d'experts. Les interviews ont révélé que la randonnée en particulier pourrait profiter de la flexibilité accrue du choix de points de départ et d'arrivée due à la conduite automatique. Ceci s'accompagnerait d'une hausse du nombre de trajets de loisir dans des régions périphériques et mal desservies par les transports en commun. De plus, les interviews ont démontré que le choix du lieu de domicile dépendra aussi à l'avenir de facteurs professionnels, comme la proximité du lieu de travail, plutôt que de facteurs de loisirs. Par conséquent, une hausse du mitage du territoire due à l'automatisation du trafic de loisirs semble exclue. Finalement, le plus grand potentiel pour l'utilisation de véhicules automatiques pour le trafic de loisirs et de tourisme semble être chez les touristes étrangers – principalement à cause des nouvelles possibilités qui s'offrent lors de la planification individuelle de voyages et d'excursions. Chez les touristes suisses, en revanche, le potentiel semble assez faible, car on observe depuis quelques années chez ce groupe une augmentation du nombre de voyages par avion à l'étranger, ce qui ne pourra guère être compensé par les véhicules automatiques.

Le rôle de l'automatisation dans le transport de marchandises a également été analysé. Le but principal de cette analyse était d'estimer, au moyen d'interviews d'experts, à quel point la disponibilité de camions automatiques, menant à des coûts nettement inférieurs du transport routier de marchandises car un chauffeur n'est plus nécessaire, pourraient influencer les décisions d'implantation d'entreprises de logistiques. De manière générale, les experts ne s'attendent pas à des changements radicaux des décisions d'implantation des entreprises de logistique. La livraison rapide et à bas prix est essentielle au service qu'offrent les entreprises de logistique à leurs clients. Ceci est garanti par un système basé sur de grands centres de transbordement, des centres de distribution à proximité des villes, et des stations de distribution à l'intérieur des villes. Le système actuel est en grande partie constitué ainsi, et il apparaît peu probable que la réduction des coûts de trajets de camions due à la conduite automatique mène à un changement de l'emplacement des centres de distribution. Cela entraînerait en effet une augmentation de la durée des trajets, ce qui aurait un impact négatif sur la qualité du service. Un autre aspect important est que les centres d'échange et centres de distribution représentent d'importants investissements et ont typiquement une longue durée de vie, ce qui rend difficile de grands changements du système. Il est cependant plus probable qu'à l'intérieur des villes, l'offre aux clients soit étendue, par exemple par des stations de livraison mobiles, ce qui augmenterait la flexibilité du système.

En même temps, les avis d'experts montrent une certaine divergence entre les caractéristiques de la logistique traditionnelle, où le regroupement joue un grand rôle, et les nouveaux besoins des clients, où le commerce en ligne et les attentes de livraison « juste-à-temps » rendent plus difficiles les effets de regroupement. Il faut cependant s'attendre à ce que cela ne concerne qu'une petite partie des marchandises et n'aura guère d'influence sur les décisions d'implantation des entreprises de logistique. En revanche, cela pourrait avoir une influence sur la façon dont les marchandises seront acheminées chez le client depuis un centre d'échange. Pour ces types de livraison « juste-à-temps », de nouvelles formes de véhicules automatiques (pods ou drones) pourraient avoir un rôle important.

La dernière partie du projet portait sur l'aménagement du territoire. Au moyen d'une analyse de la littérature et d'un atelier d'experts, les défis de l'aménagement du territoire et de la mobilité future et automatique ont été identifiés, et des solutions possibles ont été discutées. Dans le cadre de l'atelier d'experts, le manque d'une vision et d'un principe directeur pour le développement futur de la conduite automatique en Suisse et de ses effets sur le territoire était perçu comme le plus grand défi actuel. Il faut donc une vision et un objectif clairs au niveau fédéral, auxquels cantons et communes pourront s'orienter à l'avenir. De manière générale, l'on peut conclure de l'analyse des objectifs et instruments de l'aménagement du territoire en Suisse, de l'avis émis par les experts de l'atelier et des résultats de ce projet que même si la conduite automatique en soi ne sera pas un facteur dominant du mitage du territoire, la problématique du mitage et, par conséquent, le développement vers l'intérieur resteront les défis centraux de l'aménagement du territoire.

dans les années à venir. Il est donc essentiel de continuer à appliquer à la lettre les lois sur l'aménagement du territoire.

Pour résumer, l'analyse du confort et de l'emploi actif du temps dans les transports en Suisse a démontré que le risque de mitage dû à l'acceptance de trajets plus longs peut être considéré comme très faible en Suisse. Cela ne remet pas en question l'attractivité de la conduite automatique. La possibilité de se déplacer depuis la porte de son domicile, de ne pas devoir chercher une place de parc, de réduire ainsi le temps des trajets ou d'être mieux connecté aux transports en commun sont en tout cas des aspects pouvant rendre la conduite automatique très attractive. Cela entraînerait toutefois une augmentation de la circulation sur les routes plutôt que des effets territoriaux. Si la mobilité en Suisse continue à se développer dans le sens d'un modèle monomodal centré sur le transport individuel motorisé (ce qui pourrait être promu par le confort de voitures autonomes), dans un contexte de croissance de la population, le trafic pourrait augmenter de façon massive sur les routes et en particulier dans les villes, ce qui aurait un effet négatif sur la qualité de vie en milieu urbain. De plus, cette vision est également indésirable d'un point de vue écologique, car un modèle monomodal, où chacun possède et utilise son propre véhicule, mène à une consommation d'énergie (pendant la phase d'utilisation) et de ressources (comme les métaux pour la construction des véhicules) accrue, par rapport à un modèle basé sur des véhicules avec un degré d'utilisation plus élevé. Aussi par rapport aux défis du changement climatique, les systèmes multimodaux centrés sur les transports en commun semblent plus adaptés. Dans ce contexte, l'accessibilité accrue sur le dernier kilomètre pourrait rendre les agglomérations plus attractives. Comme relevé plus haut, il est alors nécessaire d'appliquer de façon stricte les lois sur l'aménagement du territoire pour éviter des effets de mitage.

Il faut donc des concepts de mobilité novateurs, combinant la mobilité lente et pédestre, la micromobilité, les véhicules automatiques et les transports en commun de façon à simplifier les trajets et renforcer l'ouverture de la population suisse aux systèmes multimodaux, collectifs et basés sur les transports en commun. Il s'agit ici d'une transformation qui profiterait d'une densification accrue des structures du milieu bâti.

Summary

The aim of the project was to analyse to what extent automated driving may cause spatial effects, in particular urban sprawl, and what measures could be taken in Switzerland in this context. One of the main hypotheses behind this question is that the possibility of the active use of time while driving in an automated vehicle could change users' perception of time. This might encourage users to travel on longer distances in the future and to consider living in rural areas, where the prices of apartments and houses are typically lower.

In order to answer this question, general comfort and time use aspects of automated driving were first analysed. The results of this analysis were then examined more specifically within the Swiss context. The length and duration of the typical working routes of car commuters in Switzerland were examined in order to assess the potential for the active use of time on Swiss roads. In addition, other socio-economic aspects such as the types of jobs performed by commuters and the average household income and budget were taken into account. The aim of this analysis was to get a sense of what part of the population may benefit from automated driving in terms of using travel time for professional purposes and from an economic perspective. The analysis of comfort and time use aspects has shown that a change in time perception requires long commuting distances with long highway stretches. Otherwise, there is a high risk that travellers might experience travel sickness while reading or working at a monitor (including watching films). However, the analysis of commuter routes in Switzerland has shown that the typical length, duration and highway sections of commuter routes between urban spaces, the agglomeration and rural areas are relatively short and would not be suitable for active time use. The thesis that users would accept longer travel distances thanks to automated driving and would, for example, move further out from the city or agglomeration to the nearby countryside for economic reasons does, therefore, not seem to find a solid validation. The differences in length and duration of the typical routes between cities and agglomeration are too small compared to those between cities and rural areas. It would require very radical changes in the housing location choices of the population to obtain situations in which the active use of time and a change in perception of time may take place. This would mean, for example, that one would no longer move from the city or agglomeration to neighbouring rural areas, but to much more distant areas in comparison to the working place and the original place of residence. It should however be noted in this context that it is not only the price of apartments and houses that plays a role in housing location choices, also social aspects such as the proximity to family and friends as well as bonds with the town of origin have a major influence. Accordingly, the potential of urban sprawl due to automated vehicles is estimated to be very small in this context.

Furthermore, it must be taken into account that not all jobs require tasks that can be carried out in an automated vehicle. A first estimation shows that approximately one third of commuters would not benefit from an active use of time for work purposes. When considering economic aspects, the results strongly depend on the price of automated vehicles in the future. The range of estimates is quite broad today. Should the lower estimates prove to be correct in the longer term, then the purchase of an automated vehicle should be possible for a large part of the population. For the case of the more expensive estimates, the investment in an automated vehicle would only be attractive for the higher income groups in Switzerland. Looking instead at initial estimates of the costs of automated taxis, the values indicate that in the long term, especially in cities and the agglomeration, this service would be cheaper for the majority of households than the current costs of owning and driving a car. Prices would be somewhat higher in rural areas, so that a smaller part of the population would really benefit from automated taxis in this case. Particularly in urban areas, a mobility system based more on automated taxis and less on owning private vehicles seems therefore to be more attractive for users from an economic perspective, at least when additional policy making and pricing measures are neglected.

The focus of this initial analysis was on commuter traffic. However, since leisure traffic demand plays a major role in Swiss mobility, the new challenges and opportunities that could arise from automation in tourism and leisure traffic were also examined more closely

through a literature analysis and interviews with experts. From the interviews it becomes clear that hiking in particular could benefit from automated driving due to the newly gained flexibility in the choice of departure and arrival points. This would be accompanied by a corresponding increase in leisure routes to peripheral areas typically poorly served by public transport. Furthermore, the interviews show that it is expected that also in the future the choice of residence will probably continue to depend more on other aspects such as, for example, proximity to the working place than on leisure factors. Increasing urban sprawl due to automated driving in leisure traffic seems therefore to be unlikely to occur. Overall, the greatest potential for the use of automated vehicles in leisure and tourism transport may be with foreign tourists - primarily due to the new possibilities that could arise in individual travel and tour planning. Swiss leisure travellers, on the other hand, may have less potential to be strongly affected. For this group, an increase in air travel abroad has been observed for several years – a trend which is not likely to be inverted by automated vehicles.

Further, the role of automation in freight transport was also analysed. The main objective of this analysis was to assess through experts' interviews, to what extent the availability of automated trucks, which could lead to significantly lower prices in road freight transport due to the absence of the driver, could influence the location choices of logistics companies in the future. Overall, the experts assume that no radical changes in the major location choices of logistics companies are to be expected. The fast and cost-effective delivery of the desired goods is at the centre of the service provided to customers by logistics companies. A system based on large, central terminals, distribution centres close to cities and distribution stations within the city is suitable for this purpose. The current system already follows these principles and it is therefore not expected that the lower costs of a truck journey due to the lack of a driver would lead to a change in the locations of the terminals or distribution centres. This would lead to longer journeys, which would negatively affect the time dimension of the distribution service. Another important aspect in this context is that terminal facilities and distribution centres require major investments and typically are designed to have a long service life, which makes major changes to the system more difficult to implement. Rather, it could be expected that concerning distribution stations in the city, the offer for customers could be extended, for example, by automated collection stations, which would bring greater flexibility into the system.

At the same time, the interviews with the experts indicate a certain tension with respect to the characteristics of traditional logistics, in which bundling plays a key role, and the new needs of customers, which make bundling effects through online trading and just-in-time expectations more difficult. However, this is likely to affect a smaller part of the goods and should therefore not have a strong impact on the major location choices of logistics companies, but rather on the way the goods are transported directly from a company or from a terminal to the customer. New forms of automated vehicles (pods or drones) could play an important role for such "just-in-time" deliveries to private customers.

The last part of the project focused more specifically on spatial planning. Here, a literature review and an experts' workshop were used to determine the challenges of future and automated mobility and spatial planning and to discuss possible solutions. In the context of the experts' workshop, the lack of a vision for the future development of automated driving in Switzerland and the associated spatial transformation was regarded as a central challenge. A clear vision at federal level is therefore needed to guide cantons and municipalities in this context in the future. Overall, the analysis of Switzerland's spatial planning goals and instruments, the experts' opinions from the workshop and the results of this project lead to the conclusion that, although automated driving per se is not expected to be a dominant driver of urban sprawl, the problem of urban sprawl while aiming at an overall densification in Switzerland, will remain a central challenge within spatial planning in the coming years. The strict application and enforcement of spatial planning legislation must therefore continue to be pursued in the future.

In summary, the analysis of the comfort and time-use aspects of Swiss mobility suggests that the risk of urban sprawl in Switzerland due to the greater acceptance of longer travel times when driving automated vehicles can be regarded as very small. This does not mean that the attractiveness of automated driving is questioned. The possibility of being picked

up in front of the house, of not having to worry about parking and thus of traveling faster and of a faster connection with public transports are in any case aspects that could make automated driving extremely attractive. However, this mostly indicates a higher volume of traffic on the road rather than spatial effects. If Swiss mobility continues to evolve towards a monomodal, individual and car-centred model (which could be strengthened by the convenience of autonomous cars), the future and expected growth in population could lead to a massive increase in traffic on the roads and especially in the cities, which could have a negative impact on the quality of life in urban areas. Moreover, such a scenario is also undesirable from an environmental point of view, since a monomodal system, in which the majority of users own and use their own vehicle, would lead to a higher energy consumption in the use phase and to a higher consumption of resources like metals for the construction of vehicles than models based on vehicles with a higher occupancy rate. Multimodal and public transport centred systems also appear to be a more appropriate solution with respect to the challenges of climate change. At the same time, it has to be considered that large accessibility gains in the last mile through a flexible, efficient and multimodal public transport system could increase the attractiveness of the agglomeration. As mentioned above, the strict enforcement of spatial planning legislation is necessary to avoid urban sprawl in this case.

Innovative mobility concepts that link pedestrian and non-motorized traffic, micromobility, automated vehicles and public transport through rapid and comfortable transfer are needed to increase the openness of the Swiss population towards multimodal, collective and public transport-centred systems. This transformation would also benefit from a stronger development towards urbanisation.

1 ASTRA-Forschungspaket Auswirkungen des automatisierten Fahrens

1.1 Ausgangslage

Das Initialprojekt "Automatisiertes Fahren: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs" (ASTRA 2015/004) hat die im Bericht des Bundesrates "Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen" vom Dezember 2016 gestellten Fragen aufgenommen, sie vertieft und den daraus folgenden Forschungsbedarf benannt. Diese aus schweizerischer Sicht wesentlichen Wissenslücken sollen z.T. mit dem vom ASTRA geführten Forschungspaket "Auswirkungen des automatisierten Fahrens" geschlossen werden.

1.2 Ziel und Struktur

Paketziel ist es, Aspekte des automatisierten Fahrens zu klären, die kurz- und mittelfristig wesentlichen Einfluss auf die Anforderungen an Strassen und strassenseitige Infrastruktur haben können. Verschiedene Aspekte wie z.B. die verkehrlichen Auswirkungen, den Umgang mit Daten, die Organisation des Mischverkehrs, den Einfluss neuer Mobilitätsangebote oder die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Raumstruktur werden dazu geklärt. Für Politik, Behörden und relevante Stakeholder werden so Grundlagen geschaffen, um sich auf die absehbare Entwicklung in der Schweiz vorzubereiten und diese bei Bedarf auch proaktiv beeinflussen zu können.

Das Forschungspaket ist so strukturiert, dass durch das Zusammenspiel verschiedener miteinander in Beziehung stehender Forschungsarbeiten ein zusätzlicher Mehrwert generiert wird (Abb. 1). In der Synthese der einzelnen Forschungsvorhaben ergibt sich, bezogen auf die Schweiz, eine differenzierte Betrachtung von Chancen und Risiken automatisierter Fahrzeuge für die Gesellschaft und spezielle Gruppen, sowie Handlungsoptionen für die Politik und Behörden.

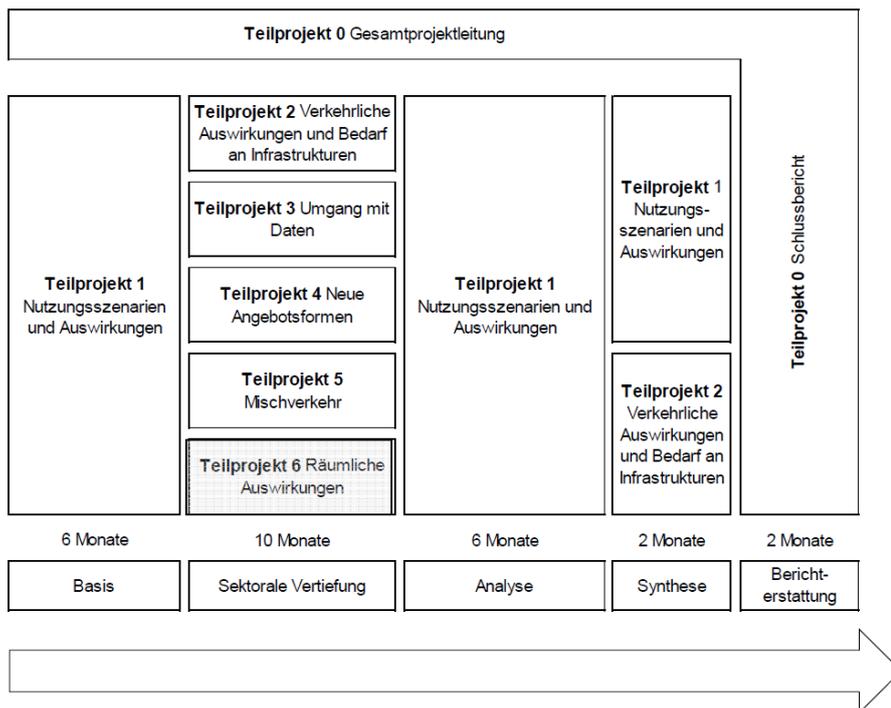


Abb. 1 Struktur des Forschungsprojekts

Das Forschungspaket umfasst insgesamt sechs Teilprojekte (TP), welche zu einzelnen thematischen Schwerpunkten Forschungsergebnisse erarbeiten. Dabei ist das TP1 als

Basis den sektoralen Vertiefungen vor- und nachgelagert. Zudem kommt das TP2 mit einem im Nachgang zu den sektoralen Vertiefungen nachgelagerten, zu definierenden Zielszenario nochmals zum Einsatz.

1.3 Grundsätzliches Vorgehen der Teilprojekte

Alle Teilprojekte legen die in einem gemeinsamen Workshop konkretisierten Nutzungsszenarien ihren Vertiefungsarbeiten zugrunde. Sie führen eine Analyse der Wirkungen des automatisierten Fahrens gemäss Szenarien auf ihren Themenbereich bzw. dessen Umfeld durch, bewerten die Auswirkungen und beurteilen die Szenarien aus ihrer Themensicht. Für die Überarbeitung der Szenarien schlagen sie entsprechende Anpassungen (weitere Differenzierungen und Verfeinerungen) vor und geben aufgrund ihrer Erkenntnisse Empfehlungen für die Stakeholder ab.

2 Einleitung

2.1 Problemstellung

Die räumliche Entwicklung der Schweiz war in der Vergangenheit bestimmt von den Rahmenbedingungen einer starken Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung und der damit verbundenen Einwanderung – aber auch der Regional- und Steuerpolitik sowie der Entwicklung des Verkehrssystems. Die verkehrstechnische Erreichbarkeit ist ausschlaggebend für die Standortqualität und ist damit ein Schlüsselfaktor für die Siedlungs- und Wirtschaftsentwicklung. In den letzten Jahrzehnten war diese Entwicklung durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, insbesondere der Bahn, und vor allem von der Verbreitung des Privatautos getrieben. Mit der Einführung automatisierten Fahrens könnten sich die Verhältnisse grundlegend ändern – eine automobiler Revolution wäre denkbar. In der öffentlichen Wahrnehmung und in der Marketingkommunikation vieler Automobilhersteller verbreitet sich die These, dass automatisiertes und vernetztes Fahren unser Fahrerlebnis und unseren Umgang mit der Mobilität längerfristig radikal und positiv verändern könnte. Dank der Möglichkeit kostengünstig gefahren zu werden, soll zukünftig aktive Fahrzeit zu Arbeits- oder Freizeit werden, während die Vernetzung und Koordination der Fahrzeuge auf der Strasse zu höherer Sicherheit, weniger Stau und höheren Strassenkapazitäten führen könnte. Doch welche Auswirkungen wären bezüglich der Raumentwicklung und der damit verbundenen Mobilitätsnachfrage zu erwarten? Das Auto und der Ausbau des ÖV haben eine erhöhte Erreichbarkeit gebracht, gleichzeitig aber Agglomerationswachstum und Zersiedlung forciert. Auch für automatisiertes Fahren gilt es, mögliche Effekte auf Mobilitätsverhalten und –nachfrage sowie räumliche Auswirkungen zu hinterfragen.

Hoch-automatisierte Fahrzeuge werden in einer Zeit eingeführt, in der für die Schweiz Herausforderungen infolge anderer Entwicklungen zu erwarten sind. In einem Bericht des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE) wird im Grundszenario der Bevölkerungsentwicklung bis 2040 mit ca. 10 Millionen Einwohnern in der Schweiz und einem Zuwachs des motorisierten Individualverkehrs (MIV) von 18% gerechnet (ARE 2016). Dieser Verkehrszuwachs würde voraussichtlich das Einhalten der Nachhaltigkeitsziele wie die Senkung der CO₂-Emissionen des Verkehrs gefährden, da in der Schweiz ungefähr 30% der CO₂-Emissionen aus dem Verkehr stammen (Pousse, Sara 2017) und etwa 70% davon dem Strassenverkehr zugeschrieben werden können (Boulouchos u. a. 2017). Zudem besteht grosse Unsicherheit, wo und wie sich die zusätzliche Bevölkerung verteilen und zu Siedlungswachstum führen würde. Die Möglichkeit automatisierten Fahrens könnte hierauf entscheidenden Einfluss haben.

Hinsichtlich der Klimaziele fokussieren heute viele Studien auf technologische Lösungen durch alternative (insbesondere elektrische) Antriebe, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden könnten. Dies würde CO₂-Emissionen in der Nutzungsphase verringern (siehe zum Beispiel Van Mierlo, Messagie, und Rangaraju 2017; Hawkins u. a. 2013). Wie schnell sich elektrische Fahrzeuge durchsetzen werden und welche weiteren kritischen Umweltaspekte aus einer Massenproduktion von elektrischen Fahrzeugen entstehen würden, ist aber noch nicht klar.

Neben rein technologischen Entwicklungen gibt es eine Reihe von Ansätzen zur Steuerung und Reduktion der Mobilitätsnachfrage. Ein Wandel vom heutigen, auf Personenwagen ausgerichtete Mobilitätssystem zu einem multimodalen System, in dem Personenwagen (als Sharing-Angebot) mit öffentlichen Verkehrsmitteln, Langsamverkehr und nachhaltigen Raumplanungskonzepten integriert sind, könnte zu effizienten und nachhaltigen Mobilitätslösungen führen (Creutzig u. a. 2016; Banister und Hickman 2013). Ein zentraler Aspekt solcher Ansätze ist bauliche Verdichtung, da allgemein gezeigt wurde, dass in dichteren Siedlungen allgemein kürzere Strecken gefahren werden (Ewing und Cervero 2010; Stevens 2017). Auch in der Schweiz zeigen die Erhebungen aus dem Mikrozensus den gleichen Trend (BFS und ARE 2017; Bubenhofer, Jonas u. a. 2018). In diesem Kontext kann automatisiertes und vernetztes Fahren wichtige Lücken füllen und ein intermodales, für individuelle Bedürfnisse flexibles öffentliches Verkehrssystem ermöglichen.

Bezüglich der räumlichen Entwicklung in der Schweiz (Raumplanungsgesetz 1979, «Raumkonzept Schweiz»(Schweizerischer Bundesrat u. a. 2012)) ist die Siedlungsentwicklung nach Innen durch Verdichtung ein definiertes Ziel, um die limitierte Ressource Boden zu schützen, wodurch auch die Mobilitätsnachfrage gesenkt werden könnte.

Kann aber durch automatisiertes Fahren die Fahrzeit als Teil eines produktiven Arbeitstages genutzt werden, könnten zentrumsferne Wohnorte attraktiver werden und eine Siedlungsentwicklung weit ausserhalb von Zentren fördern. Eine Erhöhung der gefahrenen Kilometer wäre die Folge. Aber auch in peripheren Stadtgebieten (die heute typischerweise weniger gut durch den öffentlichen Verkehr angebunden sind) könnte automatisiertes Fahren die Mobilität verändern. Geteilte Sammeltaxis könnten Bewohner effizient und schnell zu naheliegenden Transporthubs bringen, was die Attraktivität solcher Wohnorte steigern würde.

Um in diesem Kontext potentielle Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die räumliche Entwicklung der Schweiz zu analysieren, müssen unterschiedliche, miteinander verknüpfte Einflussebenen berücksichtigt werden:

1. Fahrer-/ Nutzungsebene
2. Verkehrssystem-Ebene
3. Räumliche Entwicklung

Bezüglich **Fahrer- und Nutzungsebene** werden verschiedene Herausforderungen hinsichtlich des Einflusses auf die Schweizer Raumentwicklung identifiziert.

Durch automatisiertes Fahren und die Möglichkeit im Auto arbeiten zu können, könnte die Fahrzeit einen Bedeutungswandel erfahren; fernere Orte und längere Pendeldistanzen könnten dadurch attraktiver werden. Wie stark dies die Mobilität und die raumplanerischen Ziele der Schweiz beeinflussen könnte, hängt aber von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren ab:

- Nicht alle beruflichen Tätigkeiten können in einem Fahrzeug erledigt werden; dies beschränkt sich auf Büroarbeiten wie Lesen, Text- und Datenverarbeitung oder Telefonieren. Das reduziert den Anteil der Bevölkerung, der von einem solchen Modell wirklich profitieren könnte.
- Es gibt Unsicherheiten, welche Fahrstrecken effektiv für Aufgaben wie Lesen an einem Monitor genutzt werden können. In einem Szenario mit längeren Pendeldistanzen würden Land- und Bergstrassen, auf denen Lesen oder Bearbeiten von Daten oder Text an einem Monitor problematisch sein könnte, einen Teil der Strecke ausmachen. Nur ein Teil der Fahrzeit käme für produktive Arbeit in Frage, was wiederum Mobilitätsentscheidungen beeinflussen würde.
- Es ist nicht klar, ob durch automatisiertes Fahren der Faktor Zeit wirklich eine geringere Rolle spielen würde. Studien zeigen, dass Menschen unabhängig vom Verkehrsmittel bereit sind, einen gewissen Teil des Tages für Mobilitätszwecke zu nutzen (Milakis und van Wee 2018; Stopher, Ahmed, und Liu 2017). In der Schweiz variiert diese Fahrdistanz nach Siedlungsgebiet, die Fahrzeit bleibt jedoch recht konstant (Bubenhofer, Jonas u. a. 2018).
- Komfortable Fahrzeuge bieten die Möglichkeit, bequemer unterwegs zu sein und zu arbeiten oder sich bestimmten Freizeitaktivitäten zu widmen; die Zeit für Sport und aktivere Tätigkeiten geht aber bei längeren Fahrzeiten verloren.
- Der Arbeitskomfort wird vom Fahrzeugtyp und vom Nutzungsmodell abhängen. Geteilte Fahrten bieten ein anderes Komfortniveau und Privacy im Vergleich zum Alleinreisen; im Sharing-Modell wären bestimmte Tätigkeiten wie Telefonieren oder Videokonferenzen nur beschränkt möglich. Gemäss einiger Studien wären innerhalb von kostengünstigeren Sharing-Angeboten aus Pflege- und Sicherheitsgründen automatisierte Fahrzeuge zudem minimal ausgestattet (Litman 2018). Ob tägliches, längeres Pendeln mit begrenztem Komfort attraktiv wäre, ist fraglich. Eine komfortable, produktive Fahrsituation wäre dann eher im Rahmen von Nutzungsszenarien denkbar, in denen der Fahrer auch Besitzer eines Fahrzeugs ist oder exklusivere Sharing-Konzepte nutzen kann, was finanziell nicht für die gesamte Bevölkerung möglich wäre.

- Zusätzlich ist nicht bekannt, ob vom automatisierten Fahren bedingte Änderungen im Freizeitverkehr wiederum Auswirkungen auf den Raum einführen könnten. Da heutzutage der Freizeitverkehr ungefähr 40% der durchschnittlichen Tagesdistanz ausmacht (ARE 2013), können Änderungen in diesem Bereich einen relevanten Einfluss haben. Hier ist zu beachten, dass allgemein ein Wachstum in der Verkehrsnachfrage für die Freizeit erwartet wird (UVEK 2017). Nutzergruppen wie Kinder und ältere oder kranke Personen, die heute keinen Führerschein besitzen oder sich keine längere Fahrten mehr zutrauen, könnten in einem automatisierten Fahrzeug zukünftig selbständig unterwegs sein. Inwiefern dies Auswirkungen auf den Raum haben würde, ist heute ungewiss.

Bezüglich der **Verkehrssystem-Ebene** ist zu berücksichtigen, dass automatisierte und vernetzte Fahrzeuge in Verkehrssystemen unter Auflagen und bestimmten Rahmenbedingungen unterwegs sein werden, die auf politischen und technischen Entscheidungen basieren und die Nutzung von automatisierten Fahrzeugen für längere Pendlerstrecken fördern oder beschränken werden. Diesbezüglich stehen unterschiedliche Instrumente zur Verfügung, welche fahrzeugunabhängig zur Steuerung von monomodalen Verkehrssystemen vorgeschlagen werden. Beispiele sind Pricing-Massnahmen, sowie andere Interventionen, die den Wandel zu einem multimodalen Mobilitätssystem fördern können (Anderson und Larco 2017). Welche konkreten Massnahmen für die Schweiz besonders effektiv sein könnten, gilt es zu klären.

Auf Ebene der **räumlichen Entwicklung** ist die Bandbreite der möglichen Auswirkungen des automatisierten Fahrens gross. Ebenso gross ist die Unsicherheit bezüglich der effektivsten Ansätze zur Einschränkung unerwünschter Rebound-Effekte bzw. der Förderung gewünschter Raumeffekte. Eine frühzeitige und zukunftsorientierte Einschätzung ist entsprechend wichtig für die Festlegung von Strategien in Politik und Planung. Ein proaktiver Umgang mit den neuen Technologien ist vor allem dann gefragt, wenn es darum geht, die Einführung zu unterstützen (oder nicht) bzw. die rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Anforderungen an die Raumplanungsinstrumente neu zu definieren.

Direkten regulatorischen Einfluss auf die Raumentwicklung im Rahmen zukünftiger Mobilitätsszenarien haben raumplanerische Instrumente. Das Raumplanungsgesetz und dessen Revisionen haben bestimmte Ziele im Sinne eines Verdichtungsbedarfs definiert, deren Erreichen von der Mobilitätsnachfrage und den Instrumenten zur Durchsetzung der Ziele abhängen.

Zuletzt ist noch zu berücksichtigen, dass sich auch im Rahmen des Güterverkehrs neue Möglichkeiten aus der Fahrzeugautomatisierung ergeben werden. Auch in diesem Zusammenhang ist es unklar, ob diese zu Raumeffekten zum Beispiel bezüglich Standortentscheidungen von Logistikunternehmen führen könnten.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Initialprojekts «Automatisiertes Fahren: Klärung des Forschungs- und Handlungsbedarfs» beabsichtigt das Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» nun, in sechs verschiedenen Teilprojekten relevante Aspekte des automatisierten Fahrens, welche mittel- bis langfristig das Verkehrssystem verändern und insbesondere die Anforderungen an Strassen und strassenseitige Infrastrukturanlagen substantiell prägen könnten, zu untersuchen.

Die Auswirkungen automatisierten Fahrens auf die räumliche Entwicklung der Schweiz wurden im Teilprojekt 6 (TP6) eruiert. Ziel des Teilprojektes war es, Empfehlungen für Stakeholder und Massnahmen zur Unterstützung raumplanerischer Ziele der Schweiz zu entwickeln. Dies geschah in enger Zusammenarbeit mit den anderen Teilpaketen. Insbesondere wurden relevante Ergebnisse im Laufe des Projektes zwischen den Teilprojekten ausgetauscht, Feedback gegeben und Ergebnisse kritisch reflektiert.

2.2 Aufbau des Projektes

TP6 ist in vier Arbeitspakete (AP) aufgeteilt:

- AP1: Fahrer-/ Nutzungsebene
- AP2: Verkehrssysteme Ebene
- AP3: Raumplanerische Ebene
- AP4: Standortentscheidungen im Güterverkehr

In AP1 wurden zuerst allgemeine Komfort- und Zeitnutzungsaspekte des automatisierten Fahrens analysiert. Die Ergebnisse dieser Analyse wurden dann im Rahmen des Schweizer Kontexts näher betrachtet. Dazu wurden die Länge und Dauer der typischen Arbeitswege von Autopendlern in der Schweiz betrachtet, um zu eruieren, wie gross das Potential einer aktiven Zeitnutzung auf den Schweizer Strassen ist. Zusätzlich wurden andere sozioökonomische Aspekte wie die Berufe der Pendler sowie das durchschnittliche Haushaltseinkommen und -budget in Betracht gezogen. Ziel dieser Betrachtung war es, eine erste Einschätzung zu ermöglichen, welcher Teil der Bevölkerung aus beruflicher und wirtschaftlicher Perspektive von einer aktiven Zeitnutzung durch Automatisierung profitieren könnte. Der Fokus lag hier auf dem Pendlerverkehr. Da auch der Freizeitverkehr eine grosse Rolle in der Schweizer Mobilität spielt, wurden auch die neuen Möglichkeiten, die sich durch Automatisierung im Tourismus- und Freizeitverkehr ergeben könnten, näher betrachtet. Einblicke dazu wurden durch eine Literaturanalyse und Experteninterviews erhalten.

AP2 und AP3 fokussierten stärker auf Massnahmen und Ansätze zur Steuerung der Effekte des automatisierten Fahrens. In AP2 wurde mittels Experteninterviews analysiert, welche Policy-Making Ansätze auf der Verkehrsebene für den Schweizer Kontext besonders geeignet sein könnten, um die Schweizer Mobilität stärker Richtung Multimodalität im Rahmen einer nachhaltigen Raumentwicklung mit verdichteten Siedlungsstrukturen zu steuern. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets umfassten vor allem Massnahmen des Verkehrsmanagements. Da der Schwerpunkt dieses Projekts auf räumliche Aspekte liegt, wurde beschlossen, diese Ergebnisse nicht im Abschlussbericht aufzunehmen. AP3 fokussierte auf die raumplanerische Ebene. Hier wurde ein Expertenworkshop organisiert, in welchem Herausforderungen der zukünftigen Mobilität und Raumentwicklung sowie mögliche Lösungsansätze diskutiert wurden.

Zuletzt wurde in AP4 auch die Rolle von Automatisierung im Güterverkehr analysiert. Hauptziel dieser Analyse war es, mittels Experteninterviews abzuschätzen, inwiefern die Verfügbarkeit von automatisierten LKWs, welche durch das Wegfallen des Fahrers zu deutlich tieferen Kosten im Strassengüterverkehr führen könnten, Standortentscheidungen von Logistikunternehmen zukünftig beeinflussen könnte.

3 Fahrer-/ Nutzungsebene

Eine Kernthese des automatisierten Fahrens lautet, dass es das Fahrerlebnis revolutionieren wird und dass der Faktor Zeit anders bewertet werden wird. Dank der Möglichkeit beim Fahren arbeiten zu können, könnten daraus räumliche Effekte entstehen. Das erste Ziel der Forschung zur Fahrer-/Nutzungsebene ist, diese These erstmals kritisch zu hinterfragen bzw. zu quantifizieren, welcher Teil der Pendlerbevölkerung Veränderungen erfahren würde. Es geht darum, zu verstehen, welcher Teil der zukünftigen Bevölkerung unter Berücksichtigung von Komfort und Zeitwahrnehmung, sozioökonomische Aspekte wie Beschäftigung, Wirtschaftlichkeit und weiteren gesellschaftlichen Trends sowie neue Potentiale innerhalb des Freizeitverkehrs wirklich vom automatisierten Fahren profitieren könnte.

3.1 Komfort und Zeitwahrnehmung

Die heutige Mobilität basiert grösstenteils auf dem motorisierten Individualverkehr (MIV) (BFS 2017a), bei dem die Personenwagen Eigentum der Nutzer sind. Automatisiertes und vernetztes (AV) Fahren und die Verbreitung von Digitalisierung und Sharingkonzepten haben das Potential, die zukünftige Mobilität radikal zu verändern. Auf der einen Seite erlaubt AV Fahren, dass sich ein Nutzer beim Transport von A nach B in einem Personenwagen nicht mehr auf das Lenken des Fahrzeugs konzentrieren muss. Dadurch könnte dieser sich anderen Aktivitäten wie beispielsweise dem Ausruhen, Lesen, Arbeiten oder Telefonieren widmen. Durch Digitalisierung und der Verbreitung von geteilten AV Fahrzeugen, die zum Beispiel per Smartphone auf Verlangen («on-demand») bestellt werden können und den Nutzer direkt an seinem momentanen Standort abholen und ihn von da aus weitertransportieren, bietet sich ausserdem die Möglichkeit einer praktischen und kostengünstigen Mobilität (Bösch u. a. 2018). Diese könnte ausserdem den Mobilitätsbedarf der Bevölkerung mit deutlich weniger Fahrzeugen im Vergleich zum heutigen Stand befriedigen (Boulouchos u. a. 2017). Gleichzeitig wird erwartet, dass durch die Vernetzung und Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und der Strasseninfrastruktur bedeutende Kapazitätsgewinne möglich sein werden (Milakis, van Arem, und van Wee 2017; Meyer u. a. 2017).

Diese Veränderungen in der Mobilität könnten gleichzeitig auch Raumeffekte bewirken. Allgemein werden diesbezüglich in der Literatur folgende zwei Hauptszenarien erwähnt (Heinrichs 2016; Gelauff, Ossokina, und Teulings 2017):

A) Wenn Fahrzeit (oder besser Transportzeit) in einem AV Fahrzeug für produktive Tätigkeiten eingesetzt werden kann, so könnte es zu einer Veränderung der Zeitwahrnehmung und zu einer höheren Akzeptanz von längeren Fahrzeiten kommen, was letztlich zu Zersiedlungseffekten führen könnte.

B) Auf der anderen Seite könnten geteilte Flotten von AV Fahrzeugen wichtige Lücken - zum Beispiel im Angebot auf der letzten Meile - füllen und somit ein flexibles und öffentliches Verkehrssystem und schlussendlich auch den vorherrschenden Urbanisierungstrend weiter fördern.

Wie stark jedoch solche Effekte tatsächlich in Zukunft den Schweizer Raum prägen könnten, ist heute noch ungewiss. Insbesondere ist nicht klar, ob und in welchem Ausmass eine Veränderung der Zeitwahrnehmung wirklich stattfinden würde. Komfort ist in diesem Zusammenhang ein zentraler Aspekt. Denn damit die Fahrzeit zu produktiver Zeit werden kann und Tätigkeiten aus dem Büro oder dem Alltag wirklich im Fahrzeug durchgeführt werden können, müssen Passagiere im Stande sein, sich diesen wie in einer entsprechenden stationären Umgebung zu widmen.

3.1.1 Komfort und automatisiertes Fahren

Erkenntnisse aus der Literatur

Wie oben beschrieben, wird in der Literatur zum AV Fahren oft erwähnt, dass Nutzer in einem AV Personenwagen sich anderen Aktivitäten widmen werden können (siehe z.B. (Pudāne u. a. 2018; Milakis, van Arem, und van Wee 2017)).

Gleichzeitig warnt aber ein Teil der Forschungsgemeinschaft davor, dass Symptome von Reisekrankheit die Durchführung von Aktivitäten wie Lesen, Schreiben, auf einem Laptop arbeiten oder Filme anschauen stark erschweren und somit eine Veränderung der Zeitwahrnehmung deutlich einschränken könnten (Diels u. a. 2016b; 2025AD 2017). In der Literatur wird zumeist folgender Mechanismus zur Erklärung dieses Phänomens gegeben. Beim aktiven Steuern erhält der Fahrer kongruente Informationen auf der visuellen und auf der körperlichen Ebene: die vom ganzen Körper gespürten Beschleunigungen stimmen dabei mit den Erwartungen aus der Betrachtung der Strasse und des Verkehrs überein. Die Wahrnehmung der Strasse und des Verkehrs erlaubt dem Fahrer ausserdem, sich auf bevorstehende und abrupte Veränderungen in der Streckenführung vorzubereiten. Diese Kongruenz der Informationen und die Möglichkeit, sich auf bevorstehende Stimuli vorbereiten zu können, führt dazu, dass aktive Fahrer sehr selten Symptome von Reisekrankheit verspüren. Beim AV Fahren gibt der Nutzer jedoch die Kontrolle an das Fahrzeug weiter. Bei Aktivitäten wie Lesen, am Laptop Arbeiten oder das Betrachten eines Bildschirms entsteht dadurch eine Diskrepanz zwischen der vorwiegend statischen visuellen Information (da sich der Nutzer nicht mehr auf die Strasse, sondern typischerweise auf ein Objekt innerhalb des Fahrzeugs konzentriert) und den Stimuli, denen der Körper durch die Fahrdynamik ausgesetzt ist. Darüber hinaus kann sich der Nutzer durch die fehlende Betrachtung der Strasse und des Verkehrs nicht auf kurzfristige Veränderungen in der Fahrdynamik einstellen. Diese Diskrepanz auf der visuellen und körperlichen Ebene ist der Auslöser von Symptomen der Reisekrankheit und erklärt, warum Passagiere in Personenwagen typischerweise nach draussen schauen, anstatt zu lesen oder an einem Laptop zu arbeiten (Diels u. a. 2016b). In Zügen ist dieses Phänomen hingegen aufgrund der mildernden Fahrdynamik deutlich schwächer ausgeprägt.

Genau einzuschätzen, wie stark und in welchem Ausmass Reisekrankheit die Durchführung beim automatisierten Fahren von Aktivitäten wie Lesen, an einem Laptop Arbeiten oder einen Film anschauen einschränken könnte, ist basierend auf der heutigen Datenverfügbarkeit schwierig. Da es heutzutage noch keine Flotte gibt, die einem breiten Publikum das AV-Fahrerlebnis ermöglicht, sind diesbezüglich Daten aus der alltäglichen Nutzung nicht verfügbar. Erste Erfahrungen und Erkenntnisse zu diesem Thema wurden aber anhand von verschiedenen Studien und Experimenten von (Schoettle u. a. 2009), (Diels u. a. 2016a), (Isu u. a. 2014) und (Kuiper, Bos, und Diels 2018), gesammelt. Hierbei wurde beispielsweise das Auftreten von Reisekrankheitssymptomen bei den Testpersonen untersucht, während sie bestimmte Aktivitäten in einem fremdgesteuerten Fahrzeug durchführen mussten.

Das Erscheinen der Symptome von Reisekrankheit beim Durchführen bestimmter Aktivitäten scheint in allen Experimenten einen bedeutenden Teil der Beteiligten zu betreffen. In allen Experimenten wurden Betroffenheitsquoten zwischen 13% und 75% beim Lesen oder Filmeschauen berichtet. (Diels u. a. 2016a), (Isu u. a. 2014) und (Kuiper, Bos, und Diels 2018) beschreiben eine Zunahme der Symptome in Frequenz und Stärke bei zunehmender Fahrzeit. Bei (Isu u. a. 2014) meldeten die Beteiligten schon nach durchschnittlich 15 Minuten Symptome mit einer Stärke etwa gleich und teilweise grösser als 5 auf einer Skala von 10 Stufen, in welcher der Wert 0 das Fehlen von Symptomen beschreibt. Alle Studien beschreiben grössere Effekte (sowohl in der Frequenz als auch in der Stärke) beim Lesen im Vergleich zum Filmeschauen. (Diels u. a. 2016a) und (Kuiper, Bos, und Diels 2018) beobachten eine gewisse Milderung der Symptome beim Filmeschauen bei hoher Lage des Bildschirms, wobei aber weiterhin relevante Effekte von den Beteiligten gemeldet werden. In den oben erwähnten Studien wurde leider keine systematische Analyse der Strassentypen durchgeführt, auf welchen die Experimente durchgeführt wurden. Die experimentellen Bedingungen sind aber eher mit urbanem und periurbanem Umfeld vergleichbar. Nur in einer Studie (Diels u. a. 2016a) wird erwähnt,

dass während des Experiments auch Autobahnen befahren wurden. Es ist jedoch nicht bekannt, welchen Anteil an der Gesamtstrecke die Autobahn dabei ausmachte.

Katalog von Annahmen zu Komfort und Zeitwahrnehmung beim automatisierten Fahren

Basierend auf den Erkenntnissen oben zur Reisekrankheit, wurde eine Reihe von Annahmen bezüglich einer positiven Zeitwahrnehmung beim Durchführen bestimmter Tätigkeiten beim AV Fahren abgeleitet. Aufgrund der heutigen noch bescheidenen Datengrundlage ging es dabei nicht darum, absolute Kriterien zu definieren, sondern darum, durch eine gewisse Vereinfachung, plausible Anhaltspunkte für weitere Analysen im Projekt festzusetzen:

-Das Lesen oder Betrachten eines Bildschirms bzw. Arbeiten an einem Laptop wird allgemein auf urbanen und periurbanen Strassen als inkompatibel mit einer komfortablen und positiven Zeitwahrnehmung eingeschätzt.

-Für das Fahren im urbanen und periurbanen Raum sind Aktivitäten wie Telefonieren, Musik hören oder Reflektieren denkbar. Ruhen ist grundsätzlich als Tätigkeit denkbar, wobei dessen Erholsamkeit bei der Fahrdynamik im urbanem und periurbanem Raum schwer einzuschätzen ist.

-Das Fahren auf der Autobahn wird mit einer Zugfahrt gleichgesetzt. Es wird angenommen, dass dabei alle typischen Aktivitäten von Zugpendlern möglich sind – z.B. Lesen, Ruhen, an einem Laptop arbeiten, Essen, usw. (Lyons, Jain, und Weir 2016).

Diese Annahmen sind in *Abb. 2* zusammengefasst.

Tätigkeit	Urbane / periurbane Strasse	Autobahn
Lesen	X	●
PC Arbeit/ Video	X	●
Reflektieren	●	●
Musik hören	●	●
Telefonieren	●	●
Ruhen	●	●

Abb. 2 Annahmen bezüglich der komfortablen Durchführung von Tätigkeiten beim automatisierten Fahren

3.1.2 Zeitnutzung beim automatisierten Fahren

Wie oben beschrieben, wird in der Literatur zum AV Fahren oft erwähnt, dass Nutzer in einem AV Personenwagen sich anderen Aktivitäten widmen können (siehe z.B. (Pudāne u. a. 2018; Milakis, van Arem, und van Wee 2017)). Somit könnten bestimmte Aktivitäten, die typischerweise im Büro oder zuhause erledigt werden, neu im Fahrzeug durchgeführt werden.

Doch ob die Nutzer letztendlich wirklich ihre Zeit für diese Aktivitäten einsetzen werden, ist zurzeit noch ungewiss. Da heute nur ein minimaler Anteil der Bevölkerung die Möglichkeit hat, erste Erfahrungen mit dem AV Fahren zu machen, gibt es dazu keine praxisbasierte Datengrundlage. Ansonsten gibt es zwei wesentliche Quellen, die sich mit dieser Fragestellung befassen. Die erste beinhaltet Beobachtungen und Zeitmodelle, die sich auf die heutigen Erwartungen zum AV Fahren der Bevölkerung stützen. Die Datengrundlage

dazu besteht aus Umfragen zum möglichen Verhalten von Nutzern, wenn diese ein AV Fahrzeug zur Verfügung hätten. (Schoettle und Sivak 2014b) haben zum Beispiel unter anderem die Einstellung zur Nutzung von AV Fahrzeugen in unterschiedlichen Ländern erhoben. Ein Auszug der Ergebnisse ist in *Abb. 3* dargestellt:

Response	China	India	Japan	U.S.	U.K.	Australia
Watch the road even though I would not be driving	36.1	30.7	33.2	35.5	44.0	43.4
I would not ride in a self-driving vehicle	3.1	7.8	33.0	23.0	23.0	21.2
Read	10.5	10.2	5.6	10.8	7.6	6.5
Text or talk with friends/family	20.8	15.0	7.4	9.8	5.5	7.9
Sleep	10.8	4.7	12.6	6.8	7.2	7.1
Watch movies/TV	11.3	12.3	6.2	6.0	4.2	5.7
Work	5.4	16.3	0.7	4.8	4.9	5.1
Play games	1.3	2.1	1.2	2.0	1.9	2.0
Other	0.7	0.8	0.2	1.4	1.7	1.0

Abb. 3 Teilergebnisse aus (Schoettle und Sivak 2014b) zur Anwendung von AV Fahren

Aus diesen Teilergebnissen kann man entnehmen, dass im Rahmen der Erwartungen in allen befragten Ländern mehr als 30% der Nutzer angegeben haben, dass sie beim AV Fahren weiterhin die Strasse beobachten würden. Mit Ausnahme der Befragten in Indien, liegt der Anteil der Nutzer, die sich vorstellen könnten im AV Fahren zu arbeiten, nur gerade um die 5%. Ansonsten sind die restlichen Ergebnisse mit mehr oder weniger Streuung auf Lesen, einen Film anschauen resp. Fernsehen und Ruhen verteilt. Ein Grossteil der Befragten stellt sich also beim AV Fahren eine Tätigkeit vor (die Strasse betrachten), die auf den ersten Blick keine Aktivitäten aus dem Büro oder dem sonstigen Alltag ersetzt. Interessant in der Erhebung von (Schoettle und Sivak 2014b) ist aber auch die Tatsache, dass in Australien, den Vereinigten Staaten, Grossbritannien und Japan ungefähr zwischen 20% und 33% der Befragten geantwortet haben, dass sie nicht in einem AV Fahrzeug fahren würden, was zu einem gewissen Grad auf ein generelles Misstrauen dieser Technologie gegenüber deutet. Da aber der Fokus des Projektes darauf liegt, die längerfristigen Auswirkungen des AV Fahrens abzuschätzen, stellt sich die Frage, wie belastbar in diesem Zusammenhang Ergebnisse wie die hier präsentierten von (Schoettle und Sivak 2014b) sein können, wenn die konkrete Praxiserfahrung mit einer Technologie, die unser Verhalten im Fahrzeug und unseren Umgang mit Mobilität im Allgemeinen radikal verändern könnte, fehlt. Entsprechend wird hier versucht, Erkenntnisse aus einer zweiten Quelle - und zwar die Beobachtung des Verhaltens von Passagieren in öffentlichen Verkehrsmitteln und insbesondere in Zügen – in die Analyse miteinzubringen. Die Überlegung dabei ist, dass Zugpassagiere sich keine Gedanken über das Lenken des Fahrzeugs machen müssen, typischerweise auf einen gewissen Grad an Komfort zählen können und somit eine Bandbreite an Möglichkeiten der Zeitnutzung (Aktivitäten wie Lesen, Arbeiten, etc.) zur Verfügung haben - eine Situation also, die derjenigen mit einem AV Fahren relativ nahekommt.

In den vergangenen Jahren wurden eine Vielzahl von Erhebungen oder Analysen zur Zeitnutzung von Pendlern durchgeführt (siehe zum Beispiel (Russell u. a. 2011; Keseru und Macharis 2018; Etema u. a. 2012)). Die grösste und systematischste Analyse ist jedoch die von (Lyons, Jain, und Weir 2016). Diese Studie analysierte in den Jahren 2004, 2010 und 2014 das Verhalten von mehr als 25'000 Zugpassagieren (in jeder Erhebung) in Grossbritannien. In diesen Erhebungen wurden die Zugpassagiere nach den Aktivitäten, mit denen sie am häufigsten die Zeit im Zug verbringen, sowie zu gewissen soziologischen Daten und Streckeneigenschaften (u.a. Länge der Reise und Reisezweck) befragt. Hier betrachten wir vorerst die Daten aus der Erhebung 2014, in der ungefähr 45% der Befragten Pendler, 40% im Rahmen einer Freizeitaktivität unterwegs und nur 15% auf

Geschäftsreise waren. *Abb. 4* beschreibt die Reisedauer für die unterschiedlichen Reisezwecke. Auf diese Zahlen werden wir im Zusammenhang mit den Ergebnissen zu den Aktivitäten später noch zurückkommen.

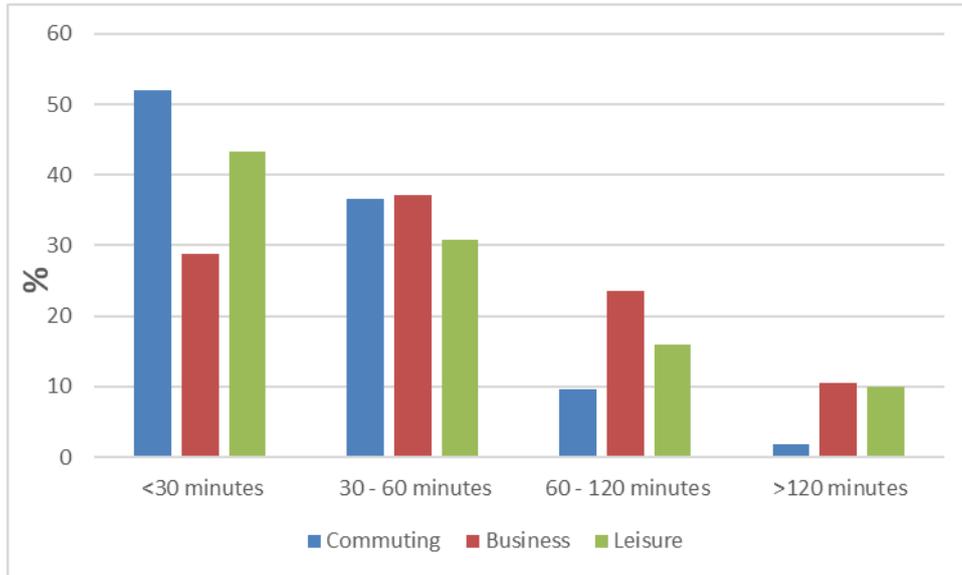


Abb. 4 Reisedauer nach Reisezweck – Eigene Darstellung der Zahlen aus (Lyons, Jain, und Weir 2016)

In *Abb. 5* und *Abb. 6* sind die Ergebnisse zu den Aktivitäten im Zug, jeweils für Pendler und Freizeitreisende aufgezeigt. Die Abbildungen zeigen, mit welcher Tätigkeit Reisende den grössten Teil der Zeit bei unterschiedlicher Reisedauer verbringen. In den Abbildungen wurden zur Vereinfachung nur die meistersprochenen Aktivitäten aufgelistet. Andere Möglichkeiten, wie beispielsweise einen Film anschauen oder im Internet surfen, wurden aufgrund der tieferen Werte hier nicht abgebildet.

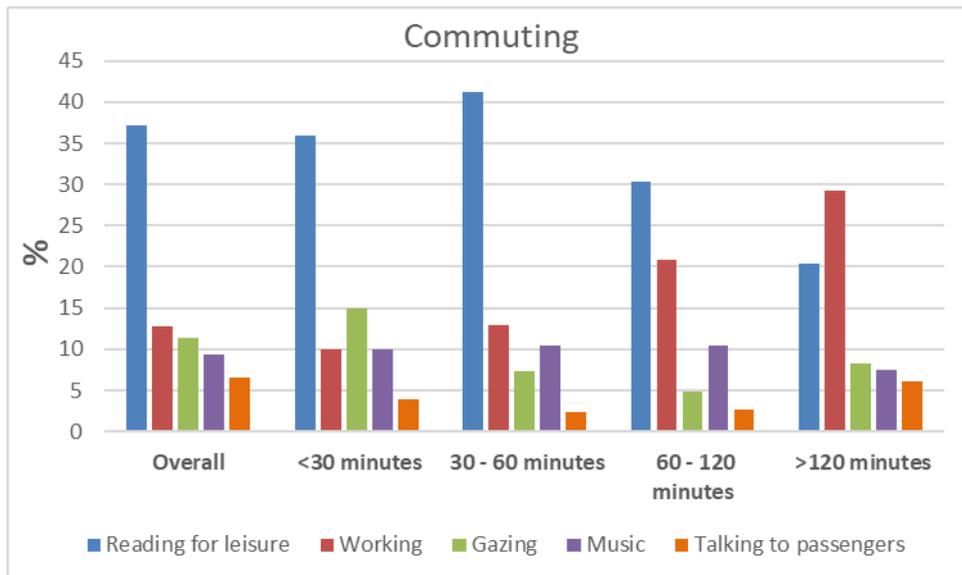


Abb. 5 Aktivitäten von Zugpendlern für steigende Reisezeit – Eigene Darstellung der Zahlen aus (Lyons, Jain, und Weir 2016)

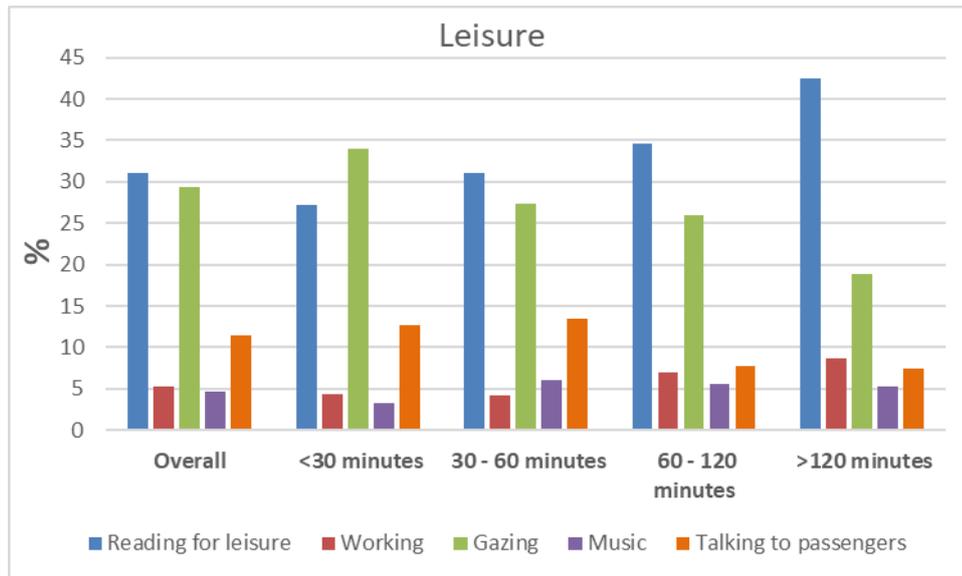


Abb. 6 Aktivitäten von Freizeitreisenden mit sich steigender Reisezeit – Eigene Darstellung der Zahlen aus (Lyons, Jain, und Weir 2016)

Die Ergebnisse zeigen, wie sich Pendler bei Fahrten von bis zu 60 Minuten vorwiegend mit Freizeitaktivitäten beschäftigen. Weniger als 15% der Reisenden beschreiben «Arbeiten» als die Tätigkeit, mit welcher sie den grössten Teil der Reisezeit verbracht haben. Lesen zum eigenen Vergnügen (inklusive Zeitungen) ist hier die vorherrschende Antwort. Für Reisen, die länger als 60 Minuten dauern, ändert sich der Trend, sodass bei 60 bis 120 Minuten 20% der Pendler und bei mehr als 120 Minuten fast 30% der Pendler den grössten Teil der Reisezeit mit Arbeiten verbringen. Wobei hier zu beachten ist, dass nur knapp mehr als 10% der Pendler eine Reisezeit von mehr als 60 Minuten hatten (Lyons, Jain, und Weir 2016). Ohne weiter ins Detail zu gehen, ist dagegen bei Nutzern, die auf Geschäftsreise sind, «Arbeiten» mit Werten zwischen 25% und fast 39% immer die relevanteste Tätigkeit. Reisende, die in der Freizeit unterwegs sind, beschäftigen sich vorwiegend mit Lesen und dem Betrachten der Umgebung. Des Weiteren beschreibt fast 27% der Pendler, die Fahrzeit sehr gut genutzt zu haben (very worthwhile use), 57.7% die Zeit zum Teil genutzt zu haben (some use) und 15.5% die Fahrzeit als verschwendete Zeit (wasted time). Mehr als 70% aller Befragten antwortete bei Reisezeiten bis zu 120 Minuten, dass die Zeitverfügbarkeit beim Reisen nicht ausschlaggebend bei der Wahl der Eisenbahn als Transportmittel war. Nur bei Fahrten von über 120 Minuten reduziert sich hier die Quote auf 63%.

(Lyons, Jain, und Weir 2016) fassen ihre Beobachtungen wie folgt zusammen:

- Pendler scheinen Freizeitaktivitäten für die Reisezeit zu bevorzugen und setzen den Fokus der von der Routine charakterisierten Fahrt auf das Zeitvertreiben.
- Nutzer auf Geschäftsreise fokussieren auf die Arbeit.
- Reisende in der Freizeit geniessen die spontane Seite der Reise.

Des Weiteren konnten (Lyons, Jain, und Weir 2016) über die Jahre eine Zunahme der Internet- oder ICT-basierten Aktivitäten (dank der Verfügbarkeit von Smartphones) auf Kosten von Aktivitäten wie Lesen oder Arbeiten beobachten. Die Verfügbarkeit von ICT wird als Hilfsmittel gegen ein Gefühl von Langeweile identifiziert.

Diese Beobachtungen stimmen mit den mehr qualitativen Analysen von (Russell u. a. 2011; Schoettle und Sivak 2014b; Keseru und Macharis 2018; Singleton 2019) überein.

3.1.3 Komfort und Zeitnutzungsaspekte beim automatisierten Fahren

Zuerst ist es interessant, einige Daten aus dem oberen Abschnitt mit Daten aus dem Schweizer Pendlerverkehr (BFS 2018) zu vergleichen. Laut dieser Statistik war in 2016 für nur 9% der Pendler in der Schweiz der Arbeitsweg länger als 60 Minuten. Zusammen mit den Daten aus (Lyons, Jain, und Weir 2016) ergibt sich ein Bild, in dem nur ein kleiner Teil der Bevölkerung das Leben so organisiert, dass ein Arbeitsweg von mehr als 60 Minuten zu bewältigen ist. Da die Zahlen aus Grossbritannien (in welchen den Zugpendlern die Möglichkeit der Zeitnutzung komplett zur Verfügung stand) und aus der Schweiz (wo bei Fahrten von mehr als 50km immer noch mehr als 40% der Befragten mit dem Auto unterwegs waren und sich somit mit dem Lenken des Fahrzeugs beschäftigen mussten) sehr vergleichbar sind, scheint die Möglichkeit der Zeitnutzung keinen relevanten Einfluss auf die Organisation der Tagesmobilität zu haben.

Bezüglich der Frage, inwiefern automatisiertes Fahren Raumeffekte aufgrund einer höheren Akzeptanz längerer Fahrten verursachen könnte, sind in den Erhebungen von (Lyons, Jain, und Weir 2016) insbesondere die Daten für die längeren Reisezeiten relevant. Bei Fahrten zwischen 60 und 120 Minuten ist die Mehrheit der angegebenen Tätigkeiten vorwiegend mit dem Zeitvertreiben verbunden (Lesen (30.3%), Musikhören (10%), einen Film anschauen (5.3%), die Umgebung betrachten (4.8%)) und weniger mit Aktivitäten, welche eventuell Zeitabschnitte aus der Bürozeit oder Zeit in der Wohnung ersetzen könnten (Arbeiten (20.9%), Schlafen (8.3%), E-Mails kontrollieren (5.4%), im Internet surfen (2%), Telefonieren (1.7%)). Es wird hier angenommen, dass die Substitution von Zeitabschnitten aus anderen Alltagssituationen ein zentraler Aspekt der Akzeptanz längerer Fahrten ist, da längere Reisezeiten mit der Tagesroutine kompatibel sind, wenn dadurch alle Tagesaufgaben erledigt und alle Bedürfnisse (z.B. Schlafen, Essen, Freizeit) befriedigt werden können.

Im Rahmen dieser ersten Beobachtungen scheint eher ein kleiner Teil der Pendlerbevölkerung Reisegewohnheiten zu haben, die kompatibel mit verlängerten Reisezeiten sind. Darüber hinaus ist zu beachten, dass beim AV Fahren in einem Personenwagen der Nutzer einer deutlich aggressiveren Fahrdynamik im Vergleich zum Zugfahren ausgesetzt wäre. Die Schlussfolgerungen und Annahmen aus dem ersten Meilenstein «Automatisiertes Fahren: Bedeutung von Komfort und Zeitwahrnehmung im Kontext von Raumeffekten» können nun mit den Ergebnissen von (Lyons, Jain, und Weir 2016) zu den Pendleraktivitäten zu einer semiquantitativen Betrachtung bezüglich Relevanz und Komfort zusammengefasst werden (*Abb. 7*). In der Abbildung wird aufgezeigt, wie relevant (basierend auf den Ergebnissen von (Lyons, Jain, und Weir 2016)) bestimmte Aktivitäten für Pendler sind und wie komfortabel diese beim Fahren in einem Fahrzeug wären, wenn man die Gefahr des Auftretens von Reisekrankheitssymptomen berücksichtigt.

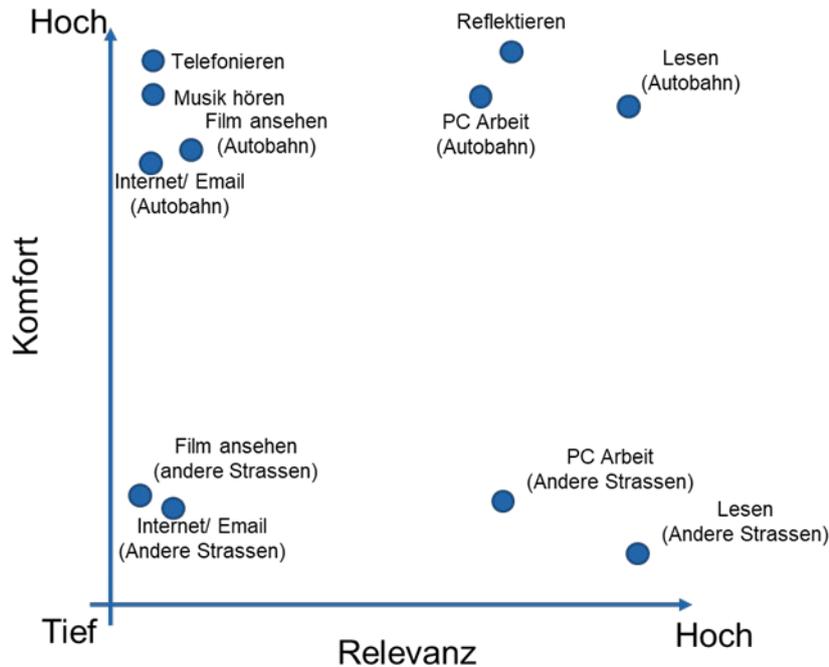


Abb. 7 Relevanz und Komfort unterschiedlicher Aktivitäten

Von den typischen Pendleraktivitäten, die bei einem Grossteil der Nutzer relevant sind und bestimmte Aktivitäten aus der Zeit im Büro oder in der Wohnung substituieren könnten, ist das Arbeiten am PC, sowie das Lesen - in beiden Fällen beim Fahren auf einer Autobahn - mit einer positiven Zeitwahrnehmung kompatibel. Auf anderen Strassen mit mehr unregelmässiger Fahrdynamik besteht ein höheres Risiko, dass Symptome von Reisekrankheit auftreten könnten. Aktivitäten wie Telefonieren, Musikhören oder Reflektieren erlauben ein komfortables Zeitempfinden, scheinen jedoch entweder nicht relevant für die meisten Nutzer zu sein, oder es ist schwer zu sagen (im Falle des Reflektierens) in welchem Ausmass dadurch Zeit im Büro oder der Wohnung ersetzt werden könnte. Ein Film anzuschauen oder sich mit Surfen im Internet oder der Beantwortung von E-Mails zu beschäftigen, scheint generell nicht besonders relevant für die Pendlerbevölkerung zu sein. Ausserdem handelt es sich dabei um Aktivitäten, die auf Strassen mit unregelmässiger Fahrdynamik zu Reisekrankheit führen könnten. Aus diesen Ergebnissen lässt sich folgern, dass eine radikale Veränderung der Zeitwahrnehmung und Akzeptanz längerer Reisezeiten eher zu erwarten ist, wenn die Fahrtstrecke zum grössten Teil auf der Autobahn verläuft. Auf Strassen mit unregelmässiger Fahrdynamik kommen aus Komfortgründen die gleichen Aktivitäten in Frage, die schon heutzutage mit der üblichen ICT Infrastruktur der Fahrzeuge und Nutzer in konventionellen Fahrzeugen möglich sind: Telefonieren, Musikhören und Reflektieren. Auf Pendelstrecken, welche Räume verbinden, ohne dass das Fahren auf Autobahnen nötig ist, scheint entsprechend eine Veränderung der Zeitwahrnehmung weniger plausibel zu sein.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine radikale Änderung der Zeitwahrnehmung, welche zu einer höheren Akzeptanz längerer Reisedrecken führen könnte, eher unwahrscheinlich ist. Das heisst nicht, dass grundsätzlich AV Fahren keine positiven Effekte auf den Nutzer haben kann. Die Auszeit für sich selber im Fahrzeug und die Möglichkeit, sich nicht um den Verkehr kümmern zu müssen, sind Aspekte, die das AV Fahren für viele Nutzer attraktiv machen könnten, ohne dass aber dadurch eine Veränderung der Zeitwahrnehmung und Akzeptanz längerer Fahrten entstehen muss (Singleton 2019). In diesem Kontext scheint allgemein die Gefahr von Mehrverkehr grösser als die von Raumeffekten und insbesondere Zersiedlung zu sein.

3.2 Analyse der Schweizer Mobilität im Kontext des automatisierten und vernetzten Fahrens

Die Analyse von Komfort und Zeitnutzung beim AV Fahren hat gezeigt, dass geographische und soziotechnische Aspekte einen relevanten Einfluss auf eine Veränderung der Zeitwahrnehmung haben könnten, weil zum Beispiel Fahrten auf langen Autobahnstrecken nötig sind, um mit hohem Komfort Tätigkeiten wie das Arbeiten an einem PC durchführen zu können oder weil nicht alle Berufe Tätigkeiten beinhalten, welche in einem Fahrzeug erledigt werden können und somit von einer aktiven Zeitnutzung profitieren würden. Im Folgenden werden deshalb unterschiedliche soziotechnische Aspekte der Schweizer Mobilität analysiert, um zu verstehen, welchen Einfluss diese auf die Zeitnutzung der Pendler im Zusammenhang mit der Nutzung von AV Fahrzeugen haben könnten. Wenn nicht anders vermerkt, basieren die nachfolgenden Ergebnisse auf der Analyse der Mikrozensusdaten 2015 (BFS 2017b). Dazu wurde die Software SPSS Statistik benutzt. Wenn sinnvoll wird diese Analyse auf die im Gesamtprojekt betrachteten Räume «Stadt», «Agglomeration» und «Land» bezogen, da die Mikrozensusdatenerhebung auch die räumliche Verteilung des Wohn- und Arbeitsortes abdeckt. Weil das Pendeln für einen grossen Teil der Bevölkerung ein relevanter Teil der täglichen Routine ist und knapp mehr als 50% der Pendler mit dem Auto unterwegs ist (BFS 2018) und somit von einer aktiven Zeitnutzung in AV Fahrzeugen profitieren könnte, fokussiert die Analyse zuerst auf den Pendlerverkehr. Später im Bericht wird auch der Einfluss im Freizeitverkehr berücksichtigt.

3.2.1 Länge und Dauer typischer Schweizer Pendlerstrecken

Abb. 8 beschreibt für Schweizer Autopendler die durchschnittliche Länge in km (blau) und gibt den Anteil der auf Autobahn (orange) gefahrenen Entfernung vom Wohn- zum Arbeitsort an. In der Abbildung sind auf der linken Seite die Ergebnisse für Nutzer zusammengefasst, die in der Stadt wohnen (und jeweils in der Stadt, Agglomeration oder Land arbeiten), im Zentrum für Einwohner der Agglomeration und rechts für ländliche Einwohner.

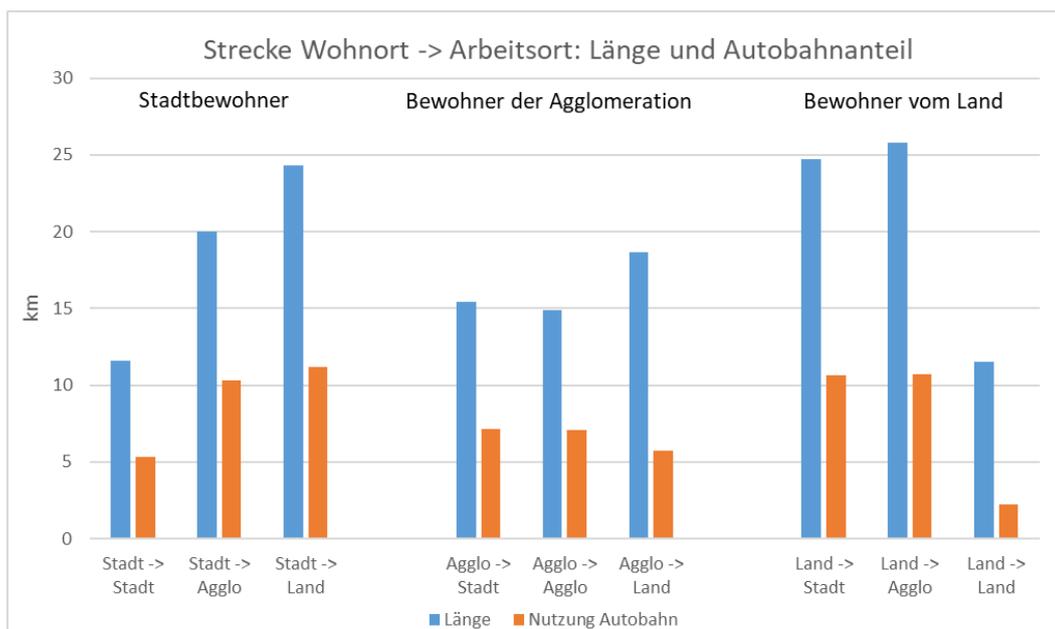


Abb. 8 Durchschnittliche Länge (gesamt - blau - und Autobahnanteil - orange) der Schweizer Pendlerstrecken mit Auto

Die Abbildung zeigt, dass in allen Räumen die durchschnittliche Fahrtlänge zum Arbeitsort zwischen 10 bis 25 km beträgt. Davon verlaufen nur ungefähr 5 bis 10 km über eine Autobahn, was bei einer Höchstgeschwindigkeit von 120km/h etwa 3 bis 6 Minuten

ausmacht. Die kürzesten Strecken fahren (wie zu erwarten war) Nutzer, die in der Stadt leben und arbeiten, während die längsten Strecken von den Einwohnern der Stadt und auf dem Land, deren Arbeitsort sich aber in einem anderen Raum befindet, gefahren werden.

Abb. 9 fasst zusätzlich die durchschnittliche Dauer der Fahrt mit Auto zum Arbeitsort zusammen.

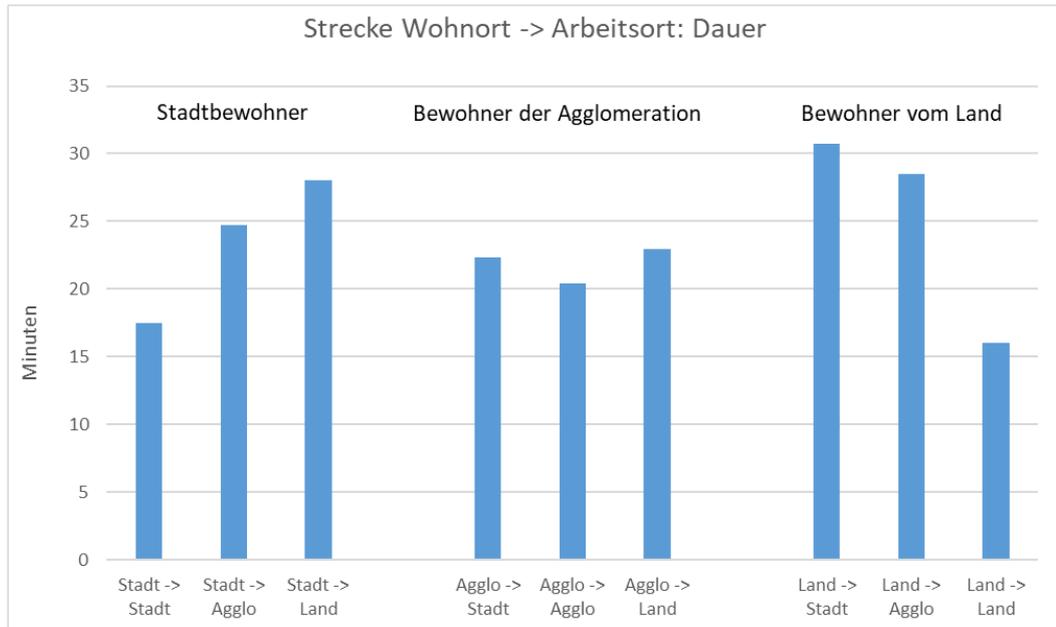


Abb. 9 Durchschnittliche Dauer der Schweizer Pendlerstrecken mit Auto

Im Durchschnitt dauert der typische Arbeitsweg zwischen knapp 15 und 30 Minuten, mit einem ähnlichen Muster, wie für die durchschnittliche Länge.

In Bezug auf AV Fahren lassen sich aus diesen und den Ergebnissen zum Komfort und der Zeitnutzung folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Im Rahmen von Raumeffekten des automatisierten Fahrens ist wie schon erwähnt eine Hauptthese, dass automatisiertes Fahren eine aktive Zeitnutzung ermöglicht und dass dadurch längere Fahrzeiten in Kauf genommen werden könnten. Das könnte dazu führen, dass sich Nutzer zukünftig weniger für einen Wohnsitz in Stadtnähe entscheiden, sondern eher auf dem Land wohnen, wo die Preise von Häuser und Wohnungen geringer sind oder wo man näher an Erholungszentren ist, was schlussendlich zu Zersiedlungseffekten führen könnte. Die Ergebnisse in Abb. 8 zeigen aber, dass aufgrund der geographischen Eigenschaften der Schweiz auch die längsten Pendlerstrecken (zum Beispiel zwischen Land und Agglomeration oder Land und Stadt, welche repräsentativ für diese Zersiedlungssituationen wären) einen recht kurzen Autobahnweg benötigen und somit das komfortable Arbeiten und eine aktive Zeitnutzung für den grössten Teil der Strecke nicht möglich wären. Darüber hinaus ist die Dauer dieser Strecken bei Weitem unter dieser Schwelle von einer Stunde, in welcher Nutzer typischerweise vorwiegend an das Zeitvertreiben denken. Die These, dass automatisiertes Fahren aufgrund der aktiven Zeitnutzung und einer Änderung der Zeitwahrnehmung zu einer Veränderung der Wohnortsentscheidungen und dadurch zu einer stärkeren Zersiedlung führen könnte, scheint aus diesen Ergebnissen nicht belastbar zu sein. Die zeitlichen Unterschiede zwischen den typischen Verkehrsflüssen der unterschiedlichen Räume sind nicht so gross, dass die Zeitnutzung (wenn überhaupt aus Komfortgründen möglich) hier eine dominante Rolle spielen sollte. Es bräuchte wirklich eine radikale Änderung in den typischen Standortentscheidungen der Schweizer Bevölkerung, um relevante Zersiedlungseffekte durch solche Aspekte zu beobachten. Dazu müssten Nutzer, die zum Beispiel heute im Stadtraum Zürich wohnen und arbeiten sich nicht entschliessen, auf dem Land in der Nähe von Zürich zu ziehen, sondern im ländlichen Raum von St Gallen. In einer solchen Situation

würden sich die längeren Zeitdauern und Autobahnstrecken ergeben, welche zu einer Änderung der Zeitwahrnehmung führen könnten. Dass aber ein Grossteil der Bevölkerung sich solchen Änderungen aussetzen würde, um die Zeit beim Fahren aktiv nutzen zu können, wird hier als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt. Insbesondere muss hier auch berücksichtigt werden, dass in Standortentscheidungen auch kulturelle und soziologische Aspekte eine wichtige Rolle spielen. Auch die Nähe zur Familie und der Bezug zum Heimatsort sind kritische Faktoren bei der Wahl des Wohnsitzes (Thomas, Serwicka, und Swinney 2015). Aufgrund dieser Erkenntnisse wird also hier davon ausgegangen, dass zukünftig soziale und wirtschaftliche Faktoren einen grösseren Einfluss auf Zersiedlungseffekte als automatisiertes Fahren haben werden.

3.2.2 Einfluss vom Arbeitstyp der Nutzer

Wie mehrmals erwähnt, wird oft davon ausgegangen, dass das AV Fahren eine aktive Zeitnutzung erlauben wird und somit die Fahrzeit zum Beispiel als Arbeitszeit benutzt werden könnte. Das könnte wiederum zu Raumeffekten führen, wenn dadurch Nutzer bereit wären, längere Fahrten in Anspruch zu nehmen. Abgesehen von den Ergebnissen des vorigen Abschnitts, ist hierbei noch zu beachten, dass nicht alle Berufe auf Tätigkeiten basieren, die in einem mit IT-Infrastruktur ausgestatteten Fahrzeug ausgeübt werden können. Es wird hier also davon ausgegangen, dass nur Berufe, die zum grössten Teil Tätigkeiten benötigen, die in einem Büro durchgeführt werden können (PC Arbeit, Texte lesen und verarbeiten, Reflektieren, konzeptionelle Arbeit), von AV Fahren profitieren würden. Um einen ersten Einblick in diese Dimension zu erhalten, wurden die im Mikrozensus erhobenen Berufe der Pendler analysiert. Dazu wurde die im Mikrozensus berücksichtigte «Schweizer Berufsnomenklatur 2000» Kategorisierung (BFS 2017c) benutzt, da dessen Kategorien eine Einschätzung des dahinterliegenden Arbeitsmodus ermöglichen.

Die Schweizer Berufsnomenklatur 2000 unterteilt Berufe in folgende Hauptkategorien¹:

1. Land- und forstwirtschaftliche Berufe, Berufe der Tierzucht
2. Produktionsberufe in der Industrie und im Gewerbe (ohne Bau)
3. Technische Berufe sowie Informatikberufe
4. Berufe des Bau- und Ausbaugewerbes und des Bergbaus
5. Handels- und Verkehrsberufe
6. Berufe des Gastgewerbes und Berufe zur Erbringung persönlicher Dienstleistungen
7. Berufe des Managements und der Administration, des Bank- und Versicherungsgewerbes und des Rechtswesens
8. Gesundheits-, Lehr- und Kulturberufe, Wissenschaftler

Für die weitere Analyse wird angenommen, dass Berufe in den Kategorien 5, 7 und 8 von einer aktiven Zeitnutzung in einem automatisierten Fahrzeug besonders profitieren könnten, während in den Kategorien 1, 2, 3, 4 und 6 eher das handwerkliche oder zumindest eine Labor-/ Werkstattumgebung im Vordergrund steht, sodass klassische Büroarbeiten hier für die meisten Mitarbeiter weniger relevant wären. Hier muss berücksichtigt werden, dass die Berufsnomenklatur keine exakte Trennung von AF profitierenden und AF nicht profitierenden Berufen erlaubt. Es wird durchaus in der einen oder anderen Unterkategorie Berufe geben, die von AF profitieren (bzw. nicht profitieren) könnten. Da das aber sowohl für Berufe gilt, die von AF profitieren könnten, als auch für

¹ Diese Kategorien sind in weitere Unterkategorien aufgeteilt, die hier aus Platzgründen nicht aufgezeigt werden können.

jene, die nicht profitieren würden, wird davon ausgegangen, dass diese Aufteilung insgesamt erlauben sollte, ein Gefühl für die richtige Grössenordnung zu erhalten.

Abb. 10 zeigt insgesamt auf, welchen Teil der Pendler durch AV Fahren von einer aktiven Zeitnutzung aus beruflicher Perspektive profitieren würde.

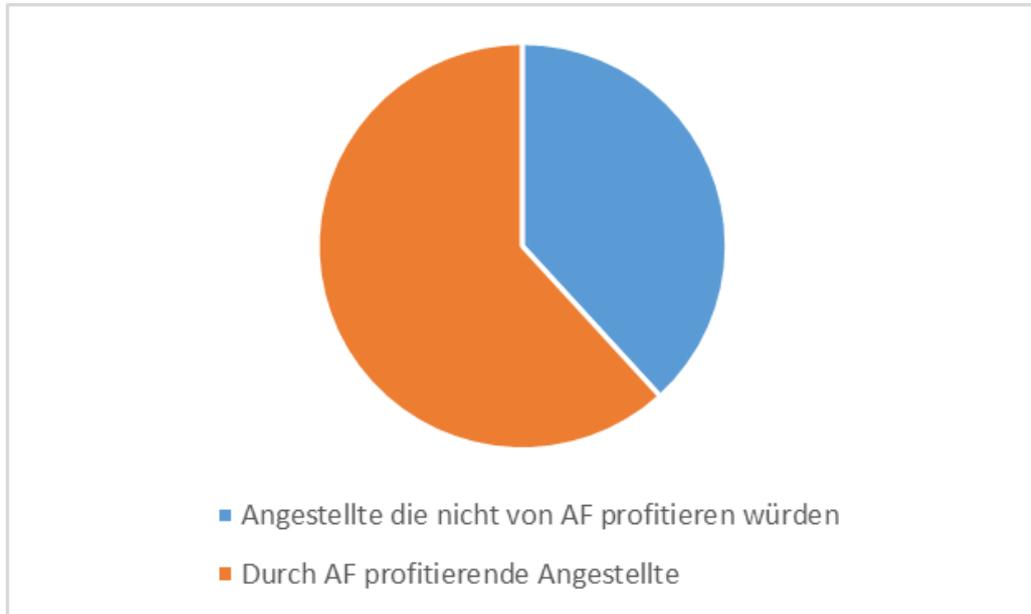


Abb. 10 Anteil an Angestellten (bzw. Pendlern) deren Berufe mehrheitlich auf Tätigkeiten basieren, welche beim automatisierten Fahren durchgeführt werden könnten

Der Abbildung kann entnommen werden, dass ungefähr ein Drittel der Pendler Berufe ausübt, die nicht wirklich von einer aktiven Zeitnutzung beim automatisierten Fahren profitieren würden. Abb. 11 zeigt dagegen die räumliche Verteilung, jeweils links für Pendler, die in der Stadt wohnen (und in der Stadt, Agglomeration oder Land arbeiten), im Zentrum für Einwohner der Agglomeration und rechts für ländliche Einwohner.

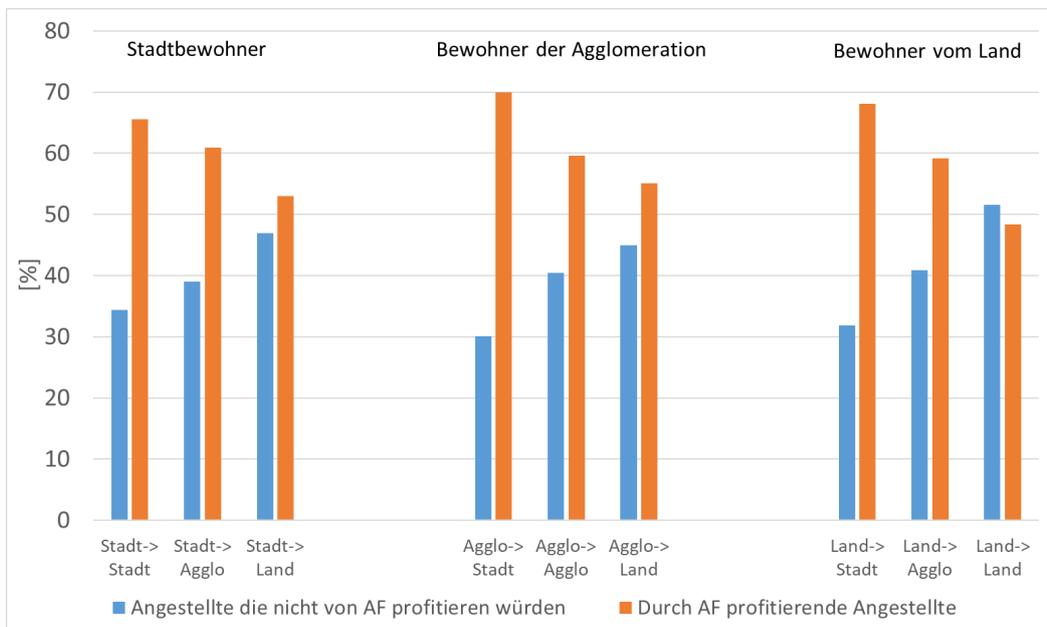


Abb. 11 Räumliche Verteilung von Angestellten (Pendler), die aus beruflicher Perspektive von einer aktiven Zeitnutzung beim automatisierten Fahren profitieren würden

Die Abbildung zeigt, dass allgemein Pendler, die in der Stadt arbeiten, Berufe ausüben, die eine aktivere Zeitnutzung beim automatisierten Fahren erlauben würden. Nutzer, die auf dem Land arbeiten, üben Berufe aus, welche weniger passend für eine aktive Zeitnutzung sind. Diese Trends scheinen relativ unabhängig vom Wohnort zu sein. Es ist die Raumkategorie des Arbeitsortes, welche den grössten Einfluss auf den Arbeitsmodus (und somit auf das Potential einer aktiven Zeitnutzung) hat. Ob ein Pendler, der in der Stadt arbeitet, in der Stadt, in der Agglomeration oder auf dem Land lebt, hat diesbezüglich einen kleineren Einfluss. Während man daraus keine Schlussfolgerung über die zukünftige räumliche Verteilung der Bevölkerung ziehen kann, deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass im Rahmen der aktiven Zeitnutzung und der Veränderung der Zeitwahrnehmung, Pendler, die zum Arbeiten in die Stadt fahren müssen, aufgrund der typischen Arbeitstätigkeiten eine Nutzergruppe darstellt, welche ein höheres Nutzungspotential von AF aufweisen könnte.

3.2.3 Gehalt, Ausgaben für die Mobilität und Zahlungsbereitschaft

Um zu verstehen, in welchem Masse automatisiertes Fahren Raumeffekte verursachen könnte, wurde des Weiteren analysiert, wie stark die Kosten dieser Technologie das Haushaltsbudget der Nutzer beeinträchtigen würde. Dadurch soll abgeschätzt werden, für welchen Teil der Bevölkerung diese Technologie aus wirtschaftlicher Perspektive erschwinglich wäre.

Dazu wurden zuerst die durchschnittlichen Ausgaben in Schweizer Haushaltsbudgets analysiert. Aus Erhebungen des Bundesamts für Statistik (BFS 2016) ergeben sich folgende Angaben zu den Ausgaben pro Monat für das Autofahren für unterschiedliche Einkommensklassen:

Tab. 1 Durchschnittliche Kosten (CHF) des Autofahrens pro Monat und Einkommensklasse

	Unter 5021	5021 - 7336	7337 - 9978	9979 - 13687	ab 13 688
Kosten Fahrzeug	97.39	196.66	284.24	326.17	546.62
Benzin	75.25	130.24	171.80	203.95	235.23
Übrige Dienstleistungen	59.95	106.05	150.96	205.15	319.19
Versicherung	54.12	87.28	111.46	135.69	170.70
Gesamt	286.72	520.22	718.47	870.96	1'271.74

Bei einer jährlichen Laufleistung von 15'000km und einer Lebenserwartung von ungefähr 11 Jahren (TCS 2019) ergeben sich folgende Ausgaben für ein Fahrzeug und pro km:

Tab. 2 Durchschnittskosten (CHF) für ein Fahrzeug (Anschaffungskosten) und Gesamtkosten pro km für unterschiedliche Einkommensklassen

	Unter 5021	5021 - 7336	7337 - 9978	9979 - 13687	ab 13 688	
Anschaffungskosten Fahrzeug	7'546	17'183	25'784	29'230	56'034	CHF
Kosten pro km	0.229	0.416	0.575	0.697	1.017	CHF/km

Die Werte in Tab. 2 beschreiben, was im Durchschnitt in den unterschiedlichen Einkommensklassen für ein Fahrzeug (nur Anschaffungskosten) und pro km (bezogen auf die Gesamtkosten) ausgegeben wird. Diese Werte können nun mit Abschätzungen zur Zahlungsbereitschaft und zu den Kosten der Technologie verglichen werden.

Bezüglich Zahlungsbereitschaft sind in der Literatur folgenden Werte (in US Dollar) für Teil- (TA) und Vollautomatisierung (VA) zu finden:

Tab. 3 Literaturwerte zur Zahlungsbereitschaft für Teil- und Vollautomatisierung

Quelle	Zahlungsbereitschaft für Teilautomatisierung [\$]	Zahlungsbereitschaft für Vollautomatisierung [\$]
(Bansal und Kockelman 2018)	4'607	7'589
(Becker und Axhausen 2017) Literaturanalyse		3'000 – 7'253 ²
(Bansal und Kockelman 2017)	2'438	5'470

Zusätzlich schlagen einige Studien folgende Abschätzungen (in US Dollar) für die zusätzlichen Kosten dieser Technologien vor (in Klammern werden die jeweiligen Referenzjahre angegeben):

Tab. 4 Literaturwerte zur Abschätzung der zusätzlichen Kosten für Automatisierungstechnologien. In Klammern wird das Referenzjahr für die Abschätzung angegeben

Quelle	Preisabschätzung Teilautomatisierung [\$]	Preisabschätzung Vollautomatisierung [\$]
(Becker und Axhausen 2017) Literaturanalyse		7'000 – 10'000 (2025) 3'000 (2035)
(Bansal und Kockelman 2017)	11'607 (2020) 3'220 (2045)	30'951 (2020) 8'586 (2045)
(Jain 2018)		8'000 (2030)

Zuerst ist interessant zu beobachten - wie schon in (Becker und Axhausen 2017) aufgezeigt - dass die zeitnäheren Preisabschätzungen immer unter der durchschnittlichen Zahlungsbereitschaft liegen. Somit ist zu erwarten, dass in der Anfangsphase die Mehrheit der Bevölkerung eher zurückhaltend bezüglich des Kaufs eines automatisierten Fahrzeugs sein wird. Es werden eher automatisierungsaffine Personen (welche laut (Bansal und Kockelman 2017) Zahlungsbereitschaften für die zwei Automatisierungsgrade von jeweils \$5'470 und \$14'196 aufweisen) sein, die offen für den Kauf eines automatisierten Fahrzeuges sein werden. Längerfristig sind die Preisabschätzungen so, dass mehrere der verfügbaren Abschätzungen zu den Preisen der Automatisierungstechnologie unter den erhobenen Zahlungsbereitschaften liegen. Es wird also erwartet, dass die Technologie genügend Fortschritte machen wird, dass die Mehrheit der Bevölkerung sich diese leisten würde.

Des Weiteren kann aus *Tab. 4* entnommen werden, dass Abschätzungen zum zusätzlichen Preis für eine Vollautomatisierung folgende Bandbreiten aufweisen:

7'000 – 30'951\$ (kurzfristig)

3'000 – 8'586\$ (langfristig)

² Eine Publikation (Schoettle und Sivak 2014a) beschreibt auch eine Zahlungsbereitschaft von 0. Das wird hier jedoch als zu streng angenommen.

Vergleicht man diese Werte mit den durchschnittlichen Anschaffungskosten eines Fahrzeuges in den unterschiedlichen Einkommensklassen erhält man³:

Tab. 5 Relativer Preiszuschlag (%) für vollautomatisierte Technologie im Vergleich zu den typischen Anschaffungskosten eines Fahrzeuges in den unterschiedlichen Einkommensklassen

	Unter 5021	5021 - 7336	7337 - 9978	9979 - 13687	ab 13 688	CHF
Relativer Preiszuschlag (%) für Vollautomatisierung (kurzfristig - preisgünstigere Abschätzung)	93	41	27	24	12	%
Relativer Preiszuschlag (%) für Vollautomatisierung (kurzfristig - teurere Abschätzung)	410	180	120	106	55	%
Relativer Preiszuschlag (%) für Vollautomatisierung (langfristig - preisgünstigere Abschätzung)	40	17	12	10	5	%
Relativer Preiszuschlag (%) für Vollautomatisierung (langfristig - teurere Abschätzung)	114	50	33	29	15	%

Bevor diese Werte diskutiert werden, ist in *Abb. 12* die Verteilung der Einkommensklassen der Bevölkerung in den betrachteten Räumen zusammengefasst.

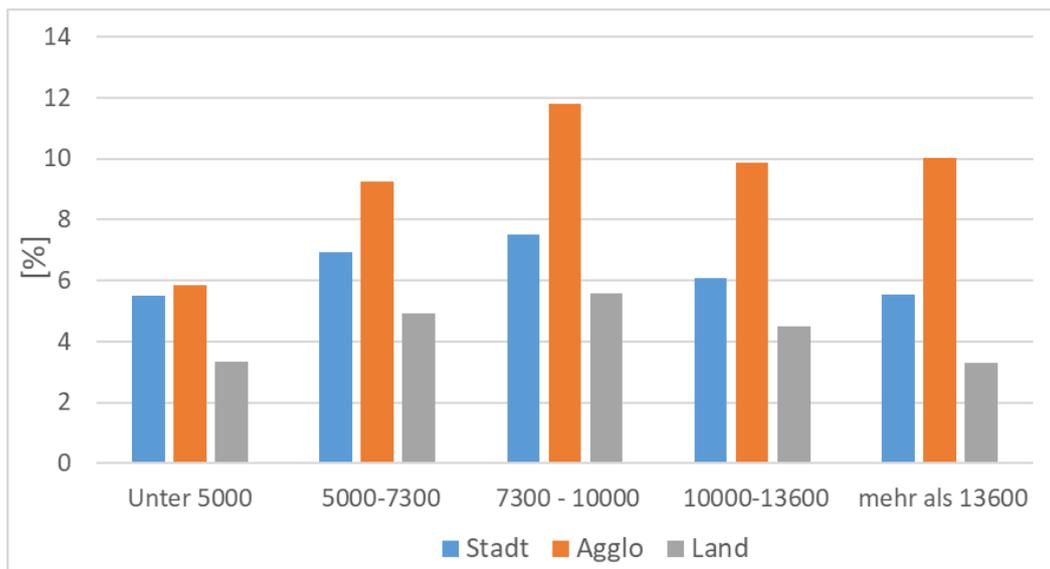


Abb. 12 Verteilung der Einkommensklassen in den betrachteten Räumen

Aus *Tab. 5* kann entnommen werden, dass im Bereich der tieferen Abschätzung der Preise für automatisierter Technologie in der nahen Zukunft für die tiefste Einkommensklasse ein Wechsel auf ein vollautomatisiertes Fahrzeug fast einer Verdopplung des

³ Aufgrund der in den letzten 5 Jahren durchschnittlichen Tauschrate USD zu CHF von 0.978 (www.macrotrends.net) und der relativ hohen Unsicherheiten in den preislichen Abschätzungen, wurden hier Preisabschätzungen in USD und Anschaffungskosten in CHF direkt (also mit einer Tauschrate von 1) verglichen.

Anschaffungspreises entsprechen würde. Für die zweittiefste Einkommensklasse entspricht die Abschätzung einem Zuschlag von ungefähr 40%. Für die restlichen Klassen erhält man dagegen einen Zuschlag von weniger als 30%. Bei der teureren Abschätzung entspricht der Zuschlag auch für die höchste Einkommensklasse etwas mehr als 50% des typischen Anschaffungspreises eines konventionellen Fahrzeuges. Betrachtet man die Verteilung der Einkommensklassen auf die Bevölkerung, so zeigt sich, dass bei der preisgünstigeren Abschätzung für ungefähr 35% der Haushalte (i.e. die zwei tiefsten Einkommensklassen) das Anschaffen einer vollautomatisierten Technologie einen sehr hohen Zuschlag im Vergleich zu den typischen Anschaffungskosten einer konventionellen Technologie entsprechen würde. Für etwas mehr als 40% der Bevölkerung entspricht dies einem Zuschlag zwischen 20 und 30% während für etwas weniger als 20% der Bevölkerung dieser 12% beträgt und somit durchaus in einen finanzierbaren Bereich kommt. Bei der teureren Preisabschätzung scheint sogar für das knappe 20% der Bevölkerung in der höheren Einkommensklasse der Wechsel auf die vollautomatisierte Technologie eine beträchtliche Investition zu sein. Hier kann vermutet werden, dass wirklich nur ein kleiner Teil der Bevölkerung bereit für solch einen Wechsel sein wird bzw. sich diesen leisten werden kann.

Bei der Betrachtung der Abschätzungen für die weitere Zukunft sehen die Zahlen deutlich anders aus. Bei der preisgünstigeren Abschätzung liegt der relative Zuschlag für die tiefste Einkommensklasse immer noch bei einem recht relevanten 40%, dafür aber für alle anderen Einkommensklassen unter 20%. Bei der teureren Abschätzung kommt man bei der tieferen Einkommensklasse wiederum in etwa auf einer Verdoppelung des Anschaffungspreises, während bei der zweittiefsten Klasse der Zuschlag bei ungefähr 50% liegt. Für die nächsten zwei Einkommensklassen erhält man einen Zuschlag von ungefähr ein Drittel des Anschaffungspreises eines konventionellen Fahrzeuges. Nur für die höchste Einkommensklasse wäre dieser unter 20%.

Geht man zurück auf die Verteilung der Einkommensklassen, so zeigt sich, dass längerfristig bei tieferen Preisen für Automatisierung für ungefähr 15% der Bevölkerung (die tiefste Einkommensklasse) der Zuschlag noch 40% des Anschaffungspreises eines konventionellen Fahrzeuges darstellt, während, für alle anderen Klassen dieser unter 20% liegt und für ungefähr 40% der Bevölkerung (die zwei höchsten Einkommensklassen) man auf und unter 10% kommt. Hier könnte man sagen, dass für einen Grossteil der Bevölkerung die Investition für eine Vollautomatisierung in einem zugänglichen Bereich kommt.

Im höheren Preisbereich scheint auch längerfristig der Umstieg auf Vollautomatisierung wirtschaftlich für den Grossteil der Bevölkerung eine Herausforderung zu sein. Nur für ungefähr 20% der Bevölkerung (die höchste Einkommensklasse) liegt der Zuschlag für Vollautomatisierung in einem wirtschaftlich attraktiven Bereich.

Zuletzt werden noch Abschätzungen zu den Preisen für das Fahren in einem automatisierten Taxi mit den Gesamtkosten pro km des konventionellen Autofahrens verglichen. Dazu werden die provisorischen Ergebnisse aus Teilprojekt 2 (TP2) «Verkehrliche Auswirkungen und Infrastrukturbedarf» in Betracht gezogen. In (Livingston, Hörl, und Axhausen 2019) werden Grafiken zu den dynamischen Preisen des automatisierten Taxifahrens im städtischen, agglomerations- und ländlichen Bereich vorgestellt. In Absprache mit TP2 wurden dazu folgende provisorische Preise als passend für eine erste Gesamtbetrachtung eingeschätzt:

- 0.35 CHF/km Stadt-Agglomeration
- 0.45 CHF/km ländlich-gerichteter Raum
- 0.5 CHF/km ländlich-ungerichteter Raum

Die Preise ändern sich in den Räumen, da bei unterschiedlichen Dichten der Bevölkerung ein Taxisystem anderen Auslastungen ausgesetzt ist. Da in TP6 nicht zwischen gerichtetem und ungerichtetem Raum unterschieden und nur generell der ländliche Raum betrachtet wird, wird für das Fahren in einem automatisierten Taxi auf dem Land der Mittelwert 0.475 CHF/km angenommen.

In der folgenden Tabelle werden diese Werte mit den Gesamtkosten des Autofahrens aus Tab. 2 verglichen:

Tab. 6 Verhältnis (in %) des Preises einer automatisierten Taxifahrt und der Gesamtkosten des Autofahrens in den Räumen Stadt/Agglo und Land

	Unter 5021	5021 - 7336	7337 - 9978	9979 - 13687	ab 13 688	CHF
Automatisiertes Taxi (Stadt und Agglo) vs Gesamtkosten des konventionellen Autofahrens.	152.59	84.10	60.89	50.23	34.40	%
Automatisiertes Taxi (Land) vs Gesamtkosten des konventionellen Autofahrens.	207.08	114.13	82.64	68.17	46.69	%

Die Ergebnisse zeigen, dass im städtischem und Agglomerations-Bereich nur für die unterste Einkommensklasse (insgesamt ungefähr 10% der Bevölkerung) das Fahren in einem automatisierten Taxi bedeutend teurer sein würde, als das Fahren in einem konventionellen Fahrzeug. Für alle anderen Einkommensklassen wäre dagegen im Durchschnitt das Fahren in einem automatisierten Taxi billiger. Auf dem Land ist für die tiefste Einkommensklasse das Fahren in einem automatisierten Taxi etwa doppelt so teuer im Vergleich zu einem konventionellen Fahrzeug, während für die zweitiefste Einkommensklasse das Fahren in einem automatisierten Taxi etwas teurer als ein konventionelles Fahrzeug wäre. Die zwei tiefsten Einkommensklassen auf dem Land entsprechen ungefähr 8% der Bevölkerung. Das Fahren in einem automatisierten Taxi würde also bei den angenommenen Preisen für den Grossteil der Haushalte und insbesondere in der Stadt und Agglomeration billiger (und für die höheren Einkommensklassen deutlich billiger) sein, als das Fahren mit einem konventionellen Fahrzeug.

3.2.4 Clusteranalyse: Nutzergruppen und automatisiertes Fahren in Hinblick auf Raumeffekte

In den vorigen Abschnitten wurde die These der aktiven Zeitnutzung beim automatisierten Fahren bezüglich Aspekten wie Pendelzeiten, Strassen und Tätigkeiten analysiert. In diesem Abschnitt wird zusammenfassend eine gesamtheitliche Analyse dieser Aspekte durchgeführt.

Dazu wurden die Mikrozensusdaten anhand einer Two-Step Clusteranalyse, welche die Vorzüge von hierarchischen und k-Mittelwert-Methoden vereinen, analysiert (Gelbard, Goldman, und Spiegler 2007). Die im Mikrozensus erhobenen und vier häufigsten und relevantesten Kategorien, inklusive der durchschnittlichen Distanz, sind nachfolgend aufgelistet:

- Autobahn (Ø 8.9km)
- Andere Hauptstrassen (Ø 4.2km)
- Sekundärstrassen (Ø 1.8km)
- Lokale Verbindungsstrassen (Ø 4.1km)

In der weiteren Analyse wird, gleich wie im Kapitel 3.2.2, davon ausgegangen, dass die Eignung zum Arbeiten während des Pendelns auf Autobahnen am höchsten ist. Da jedoch die Analyse in Kapitel 3.2.2 aufgezeigt hat, dass dadurch das Potential für eine aktive Zeitnutzung sehr klein ist, wird hier das Spektrum erweitert und angenommen, dass auch auf Hauptstrassen eine aktive Zeitnutzung möglich wäre. Sekundärstrassen und lokale Verbindungsstrassen werden jedoch als ungeeignet betrachtet. Die zurückgelegten

Strecken auf der Autobahn sowie auf anderen Hauptstrassen⁴ und das Alter dienten als Input-Variablen, mit welchen der Clusteralgorithmus von SPSS die Daten gruppierte. Nur diejenigen Personen, welche das Auto (als Fahrer oder Mitfahrer) als Hauptverkehrsmittel zum Pendeln verwendeten, wurden für das Clustering und nachfolgende Analyse verwendet.

Abb. 13 zeigt die Eigenschaften der Cluster aus der Clusteranalyse, wobei 5 Cluster oder Gruppen generiert wurden. Diese sind mit einem Verhältnis des grössten zum kleinsten Cluster von unter 2 sehr gleichmässig verteilt, was die späteren Vergleiche vereinfacht.

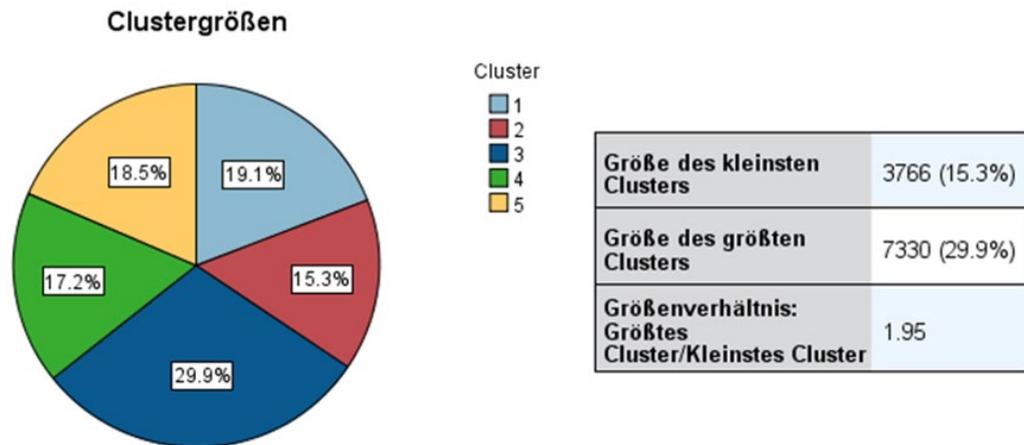


Abb. 13 Eigenschaften der Cluster aus der Clusteranalyse

Tab. 7 ermöglicht einen Überblick über die Ausprägung der drei Input-Variablen sowie weiteren, in die Untersuchung miteinbezogenen, Variablen. Anhand dieser Informationen können die Gruppen detaillierter beschrieben und charakterisiert werden.

Tab. 7 Relevante Variablen der Clusteranalyse

Variable	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
Gefahrene Kilometer auf Autobahnen	1.2	4.6	1.1	32.1	1.3
Gefahrene Kilometer auf anderen Hauptstrassen	1.0	11.9	1.1	6.5	1.8
Gefahrene Kilometer auf Sekundärstrassen	1.1	2.2	1.9	2.6	1.8
Gefahrene Kilometer auf lokalen Verbindungsstrassen	2.8	5.4	4.4	5.0	4.0
Pendeldauer in Minuten (für die Summe der oben genannten Strecken)	22.2	48.7	29.8	61.6	29.1
Alter in Jahren	70.9	53.2	47.7	38.0	18.6
Haushaltsgrösse	1.9	2.7	3.1	3.0	3.6
Anteil der Berufskategorien 5,7 und 8 aus dem Mikrozensus am Total aller Kategorien (vgl. Kapitel 2.2.2)	14%	48%	54%	54%	44%
Anteil an Teilzeit-Arbeitende (ohne Pensionierte)	44%	31%	38%	25%	23%
Anteil Frauen	49%	46%	53%	42%	48%

⁴ Im Gegensatz zum Kapitel 3.2.1, bei welchem nur der Hinweg betrachtet wird, beziehen sich die gefahrenen Kilometer auf den Hin- und Rückweg.

Die erste Gruppe ist mit einem Durchschnittsalter von knapp über 70 Jahren deutlich über dem mittleren Alter aller Gruppen (46 Jahre). Des Weiteren legt diese Gruppe, auch wenn das Auto das Hauptverkehrsmittel ist, sehr kleine Strecken zurück, weisen die kleinste Haushaltsgrösse auf und sind zum grössten Teil erwerbslos (über 75%). Zusammenfassend kann diese Gruppe als die Auto-affinen Rentner bezeichnet werden.

Die zweite Gruppe ist durchschnittlich 53 Jahre alt, ist vor allem auf Hauptstrassen mit dem Auto unterwegs (\emptyset 12km) und weist, verglichen mit den übrigen Gruppen, eine überdurchschnittliche Anzahl RentnerInnen auf. Bezüglich weiteren Variablen bewegt sich diese Gruppe vorwiegend im Mittelfeld. Diese Gruppe wurde als die Regional-Aktiven bezeichnet.

Die dritte Gruppe zeigt mit 53% den höchsten Frauenanteil, überdurchschnittlich viele Teilzeit-Arbeitende und auch am meisten Hausfrauen/Hausmänner. Die zurückgelegten Strecken auf den verschiedenen Strassenkategorien sind tief, jedoch hauptsächlich auf lokalen Verbindungsstrassen (\emptyset 4.4km). Somit wurde diese Gruppe als die Teilzeit-Lokalen bezeichnet.

Die vierte Gruppe hebt sich vor allem durch die grossen Distanzen, welche auf der Autobahn zurückgelegt werden, von den übrigen Gruppen ab. Mit über insgesamt (Hin- und Rückweg) 30km auf der Autobahn sowie zusätzlich weiteren 6.5km auf anderen Hauptstrassen, verbringen Personen in dieser Gruppe bis zu 60 Minuten pro Tag im Auto für das Pendeln. Das Durchschnittsalter der Gruppe ist 38 Jahre und mehr als 50% der Nutzer darin hat eine Beschäftigung, die auf bürokompatible Tätigkeiten basiert. Diese Gruppe wird deshalb überzeugte Autopendler genannt.

In der fünften und letzten Gruppe befinden sich vorwiegend Schüler, Studierende und Arbeiter aus der Landwirtschaft und dem Baugewerbe. Entsprechend ist das Durchschnittsalter mit 19 Jahren deutlich tiefer als bei den übrigen Gruppen. Zudem weist diese Gruppe die grösste Haushaltsgrösse auf, da ein Grossteil beim Elternhaus leben, sowie Personen aus dem Baugewerbe und der Landwirtschaft generell eine höhere Haushaltsgrösse ausweisen im Vergleich zu den übrigen Berufsfeldern. Ähnlich wie Gruppe 3 bewegen sich Personen in dieser Gruppe hauptsächlich auf lokalen Verbindungsstrassen (\emptyset 4.0km). Im nachfolgenden wird diese Gruppe als lokale Junglenker bezeichnet.

Abb. 14 fasst die fünf Gruppen in einem Spinnendiagramm zusammen. Der Höchste Wert pro Gruppe entspricht dabei 100%, wobei die übrigen Gruppen relativ zum höchsten Wert visualisiert wurden.

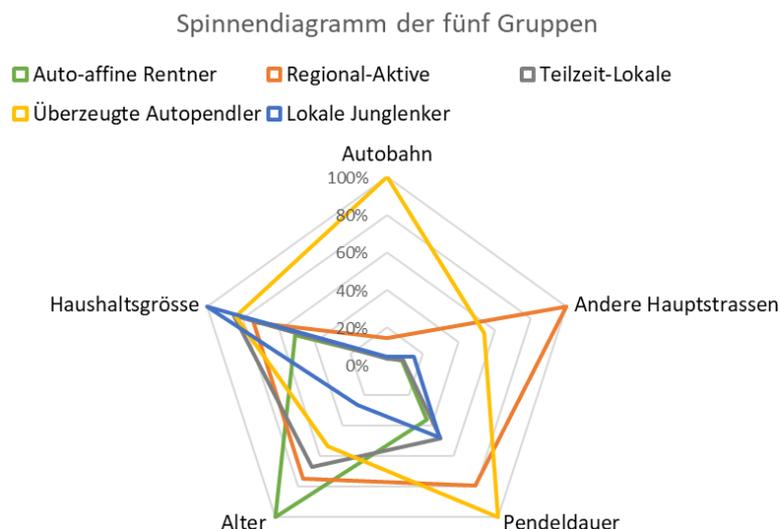


Abb. 14 Spinnendiagramm der fünf Gruppen bezüglich Nutzung von Autobahn, andere Hauptstrassen, Alter, Haushaltsgrösse und Pendeldauer

Im nachfolgenden können nun die Gruppen bezüglich Eignung für eine aktive Zeitnutzung beim automatisierten Fahren untersucht werden. Dabei werden die folgenden Parameter betrachtet:

- Prozentualer Anteil der Gruppe an der Gesamtbevölkerung, welche das Auto als Hauptverkehrsmittel benutzt
- Anteil der Branchen, bei welchen Tätigkeiten vorgesehen sind, die beim automatisierten Fahren möglich wären (siehe Kapitel 3.2.2)
- Zeit, welche man durchschnittlich fürs Pendeln aufwendet
- Prozentualer Anteil der auf der Autobahn und anderen Hauptstrassen zurückgelegte Strecke

Gruppe1: Auto-affine Rentner

Gemessen am Anteil der Bevölkerung, welche das Auto als Hauptverkehrsmittel benutzt, beträgt der Anteil Auto-affiner RentnerInnen 19 Prozent. Lehrberufe, Wissenschaftler, Management, Administration sowie Bank- und Versicherungswesen und Handels- und Verkehrsberufe machen nur gerade 14 Prozent der Berufe in Gruppe 1 aus (da vorwiegend RentnerInnen). Da diese Gruppe grösstenteils pensioniert ist, weist sie auch eine sehr geringe Pendeldauer aus und eine entsprechend tiefe Anzahl gefahrener Kilometer auf der Autobahn. Arbeiten während des Pendelns dank automatisierten Fahrzeugen ist also nicht relevant für diese Gruppe.

Gruppe2: Regional-Aktive

Die nächste Gruppe macht 15 Prozent aller Gruppen aus und ist somit relativ klein. Im Vergleich zur ersten Gruppe machen dafür die Branchen, bei welchen das Arbeiten während dem Pendeln möglich wäre 48 Prozent aus. Mit 49 min Gesamtpendelzeit im Durchschnitt, weisst diese Gruppe ein etwas höheres Potential für das Arbeiten während der Fahrt. Zusätzlich werden 68 Prozent der zurückgelegten Kilometer anderen Hauptstrassen und Autobahnen (ungefähr ein Drittel davon) gefahren. Die Regional-Aktiven könnten von einer Automatisierung und somit der Möglichkeit zum Arbeiten während der Fahrt profitieren.

Gruppe 3: Teilzeit-Lokale

Die Teilzeit-Lokalen sind mit knapp 30 Prozent Anteil an der Gesamtstichprobe die grösste Gruppe. Rund 54 Prozent der Berufe würden sich für Arbeiten während der Fahrt eignen. Die Gesamtpendeldauer beträgt jedoch nur knapp 30 Minuten (Hin- und Rückweg) und die Anzahl Kilometer auf der Autobahn sowie anderen Hauptstrassen entsprechen bloss 25 Prozent der Tagesdistanz. Insgesamt erfüllt diese Gruppe eher wenig die Voraussetzung für das Arbeiten während der Fahrt.

Gruppe 4: Überzeugte Autopendler

Mit 17.2 Prozent Anteil an der Gesamtstichprobe sind die überzeugten Autopendler eine kleinere Gruppe. Doch auch in dieser Gruppe sind 54 Prozent der Berufe für das automatisierte Pendeln geeignet. Des Weiteren ist die Gesamtpendeldauer von 62 Minuten deutlich höher als bei den übrigen Gruppen. Schlussendlich verbringen die überzeugten Autopendler 84 Prozent der Distanzen auf Autobahnen und anderen Hauptstrassen. Somit erfüllt diese Gruppe am ehesten die Voraussetzung für das Arbeiten während des Pendelns.

Gruppe 5: Lokale Junglenker

Die letzte Gruppe, die lokalen Junglenker, macht 19 Prozent der Gesamtstichprobe aus. 44 Prozent der ausgeübten Berufe würden sich für das Arbeiten während des Pendelns eignen. Mit 29 Minuten Gesamtpendelzeit liegt diese Gruppe jedoch unter dem Durchschnitt der fünf Gruppen. Zudem werden mit einem Anteil von 35 Prozent

Autobahnen und Hauptstrassen nur kurz befahren. Auch diese Gruppe erfüllt die Voraussetzung für das Arbeiten während der Fahrt aus den oben genannten Gründen nur sehr begrenzt.

3.3 Weitere Trends und Einflussfaktoren

In der Erarbeitung der oben vorgestellten Ergebnisse wurde versucht, die Bandbreite der in der Literatur vorgeschlagenen Möglichkeiten des automatisierten Fahrens durch konkrete Daten und Beobachtungen kritisch zu hinterfragen. Zusätzlich gibt es eine Reihe von weiteren Trends und Einflussfaktoren, welche eine gewisse Rolle in der Nutzung von automatisierten Fahrzeugen und in der Ausprägung räumlicher Effekte spielen könnten. Die nähere Betrachtung dieser Faktoren liegt ausserhalb des Rahmens des Projektes. Die Bedeutung dieser Aspekte wird im Folgenden kurz beschrieben:

Fahrzeugwahl und Zeitnutzung: Vergleicht man die Zahlen von (Lyons, Jain, und Weir 2016) zur Aufteilung der Zugpendler bezüglich Reisedauer (*Abb. 4*) und Daten aus der Pendlermobilität in der Schweiz (BFS 2018), so wird ersichtlich, dass bei weitem der grösste Teil der Pendler (mehr als 80%) das Leben so organisiert, dass der Arbeitsweg unter einer Stunde liegt. In beiden Fällen liegt die Reisezeit für mehr als 50% der Pendler sogar unter 30 Minuten. Allgemein sind die Zahlen von Lyons u.a. und aus (BFS 2018) sehr vergleichbar. Doch während die Zahlen von Lyons u.a. nur auf Zugpendler basieren, beruhen die Zahlen vom BFS auf einer Pendlerbevölkerung von ungefähr 50% Autofahrer, 15-20% Zugfahrer und dann in noch kleineren Anteilen Pendler aus dem öffentlichen Strassenverkehr, dem Langsamverkehr sowie Nutzer motorisierter Zweiräder. Aus dieser Pendlerbevölkerung können aber nur die Zugpendler (also 15-20%) die Zeit aktiv nutzen und trotzdem sind die Ergebnisse zur Aufteilung bezüglich Reisedauer sehr ähnlich mit denen von Lyons u.a. (2016). Die Möglichkeit der aktiven Zeitnutzung scheint also keinen grossen Einfluss auf die tolerierte Reisedauer zu haben. Darüber hinaus beschreiben viele Autofahrer das Fahren als eine Tätigkeit, die auch beim Reflektieren und kreativen Denken hilft (ScienceDaily 2017; Widrich 2018). Dieses Element würde beim AF zum Teil entfallen, wodurch das Zeitvertreiben in den Fokus rücken würde. Zuletzt ist noch zu berücksichtigen, dass ein Tag 24 Stunden dauert und dass innerhalb dieser Zeit bestimmte Tätigkeiten durchgeführt werden müssen. Sporttreiben, Kochen oder bestimmte Haushaltstätigkeiten können nicht beim AF durchgeführt werden. Kann dann beim Fahren nicht Zeit aus anderen Aktivitäten eingespart werden (zum Beispiel Arbeiten), dann würden längere Fahrten dazu führen, dass Zeit für Freizeit- und Alltagsaktivitäten verloren geht, was wiederum ein relevanter Grund für die Unzufriedenheit mit längeren Arbeitswegen sein kann (Milakis und van Wee 2018).

Urbanisierung: Grundsätzlich beobachtet man einen Urbanisierungstrend und es wird damit gerechnet, dass dieser weiter anhalten wird (UN 2018). Die These der Zersiedlung aufgrund der veränderten Zeitwahrnehmung und der Akzeptanz für längere Fahrten stösst also auf ein Phänomen, welches heutzutage allgemein beobachtet werden kann. Darüber hinaus hat die Wahl von Standorten nicht nur mit der Flexibilität des Arbeitswegs zu tun, sondern hängt auch von anderen kulturellen und soziologischen Aspekten ab. Allgemein zeigen Studien, dass Standortentscheidungen von vielen unterschiedlichen Aspekten und von der aktuellen Lebenssituation eines Individuums und dessen Familie abhängig sind (Beige und Axhausen 2017; Thomas, Serwicka, und Swinney 2015). Entsprechend könnte es durchaus sein, dass – genauso wie heute – für ein Teil der Bevölkerung (insbesondere Familien mit kleinen Kindern) der Wunsch des Einfamilienhauses in eher zersiedelten oder zumindest naturnahen Regionen weiterhin bestehen bleiben wird. Es gibt jedoch bis anhin keinen Beweis dafür, dass sich durch die zunehmende Automatisierung dieser Wunsch bei anderen Nutzertypen verstärken könnte. In Anbetracht dieses Urbanisierungstrends ist es durchaus vorstellbar, dass AV Fahren eine wichtige Rolle in der Entwicklung einer effizienten und praktischen Mobilität spielen könnte. Ergebnisse von Erreichbarkeitsberechnungen mit AV Fahren im Rahmen von MIV-dominierten Szenarien haben jedoch gezeigt (Meyer u. a. 2017), dass in der Schweiz im städtischen Bereich (zumindest in Grossstädten) eher mit Erreichbarkeitsverlusten zu rechnen ist. AV-Fahrzeuge wären dann besonders geeignet, um die Bewohner auf der letzten Meile zum Beispiel innerhalb der Städte durch Flotten von TwoPods (Jermann u. a. 2019) oder in

Randstadtvierteln durch automatisierte Sammeltaxis effizient zu den nächstgelegenen ÖV-Anschlusspunkten zu bringen. Ein solches Szenario wäre zum Beispiel mit MaaS-Konzepten und einer kollektiven und multimodalen Mobilität kompatibel. Diesbezüglich beobachten einige Experten, dass relevante Erreichbarkeitsgewinne im ÖV dank automatisiertem Fahren auf der letzten Meile in urbanen Randgebieten und der Agglomeration auch ein Treiber für Zersiedlung sein könnte. In diesem Kontext muss auf der raumplanerischen Ebene so gehandelt werden, dass die Ziele des Raumplanungsgesetzes eingehalten werden.

Die Rolle von Social Media und Internet in der Zeitnutzung: Die Zeit, die täglich für Social Media und Internet benutzt wird, steigt kontinuierlich an (GlobalWebindex 2018). Gleichzeitig besteht die Wahrnehmung, dass zum Beispiel auf Zügen Passagiere vermehrt die Zeit mit dem Verbrauch von Videomaterial aus Plattformen wie Netflix verbringen. Es stellt sich die Frage, ob die Verfügbarkeit und der vermehrte Verbrauch von unterhaltendem Videomaterial auf mobilen IT-Geräten zu einer Akzeptanz längerer Fahrten und entsprechend zu Raumeffekten führen könnte. Hier ist aber wieder zu beachten, dass wie oben besprochen gerade das Betrachten von Videomaterial ein relevanter Trigger von Reiseübelkeit im Auto sein kann. Das in Zügen mit genügend Komfort Filme angeschaut werden können, heisst nicht, dass Nutzer das auch in Personenwagen werden machen können. Auch hier gilt ausserdem die Beobachtung, dass wenn die Zeit nur für das Zeitvertreiben eingesetzt werden kann und die Reisezeit sich verlängert, schlussendlich die Zeit für andere Aktivitäten wie das Sporttreiben oder andere Alltagstätigkeiten reduziert wird. Das kann wiederum ein Grund für Unzufriedenheit von Pendlern sein (Milakis und van Wee 2018). Zuletzt ist noch zu berücksichtigen, dass auch in diesem Kontext Gegentrends zu beobachten sind, weil einige Nutzer die negativen Aspekte einer Übernutzung von Plattformen wie Netflix resp. generell der digitalen Medien spüren und neue Verhaltensweisen dazu entwickeln wollen (HEC 2019).

Einstellung von Unternehmen und neue Arbeitsformen: Damit Arbeitnehmer, die die Reisezeit für das Arbeiten nutzen könnten, das auch machen, muss die Reisezeit (oder zumindest ein Teil davon) vom Arbeitgeber als Arbeitszeit anerkannt werden. Heute wird die Reisezeit zum und vom Arbeitsplatz nicht von allen Arbeitgebern als Arbeitszeit betrachtet, auch wenn die Möglichkeit einer aktiven Zeitnutzung besteht. Wenn das Arbeiten in einem automatisierten Fahrzeug mit Hinblick auf Komfortaspekte möglich sein sollte, so bräuchte es aber auch eine Änderung der Einstellung von Unternehmen und Institutionen, damit die Reisezeit tatsächlich als Arbeitszeit betrachtet wird.

Gleichzeitig ist aber auch zu beachten, dass Teilzeitarbeit und Home-Office einen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten haben könnten. Die These ist hier, dass wenn der Arbeitsweg nicht jeden Tag zurückgelegt werden muss, man auch längere Fahrzeiten in Kauf nehmen könnte. Hier könnte die Möglichkeit der aktiven Zeitnutzung (wenn aus Komfortaspekten möglich) Vorteile bringen. Das gilt aber wiederum für alle Räume und es ist nicht gesagt, dass daraus Raumeffekte entstehen müssen. Bewohner der Stadt, Agglomeration und des Landes könnten sich also zukünftig bei wachsender Teilzeitarbeit und Home-Office für Arbeitgeber entscheiden, die im Vergleich zur Vergangenheit entfernter liegen. Das heisst aber nicht zwingend, dass es einen Einfluss auf Standortentscheidungen des Wohnsitzes haben wird, da diese (wie bereits früher erwähnt) von unterschiedlichen sozialen Faktoren abhängen (Thomas, Serwicka, und Swinney 2015).

3.4 Potentialabschätzung und Schlussfolgerungen

In der Literatur wird oft davon ausgegangen, dass zukünftig automatisiertes Fahren Zersiedlungseffekte verursachen könnte, weil Nutzer, dank der Möglichkeit Zeit beim Fahren aktiv nutzen zu können, längere Fahrten in Kauf nehmen würden. Diese Änderung in der Zeitwahrnehmung könnte schlussendlich auch zu Änderungen in den Standortentscheidungen führen.

Um die Relevanz dieser These für die Schweiz zu prüfen, wurden unterschiedliche Aspekte untersucht. Zuerst wurde analysiert, inwiefern Komfortaspekte und insbesondere die Gefahr von Reiseübelkeit kompatibel mit einer aktiven Zeitnutzung sind. Danach wurden

die typischen Aktivitäten von Zugpendlern in Betracht gezogen, um zu verstehen, wie Passagiere, die sich nicht auf das Lenken konzentrieren müssen, ihre Zeit verbringen. Zuletzt wurden typische Schweizer Arbeitswege analysiert sowie andere sozioökonomische Aspekte wie Haushaltseinkommen und -Budget und berufliche Tätigkeiten, um Hinweise darauf zu erlangen, welcher Teil der Bevölkerung vom automatisierten Fahren und einer aktiven Zeitnutzung besonders profitieren könnte und somit als Treiber für Zersiedlungseffekte wirken könnte. Insgesamt ergibt sich folgendes Bild:

Studien zeigen, dass das Ausüben von Tätigkeiten wie Lesen, an einem PC zu arbeiten oder Filme zu sehen, ein starker Auslöser von Reiseübelkeit bei einem relevanten Teil der Passagiere in einem Fahrzeug ist. Um solche Aktivitäten durchführen zu können, braucht es entsprechend eine sanfte Fahrdynamik wie sie zum Beispiel auf Autobahnen vorherrscht. Die Analyse des Verhaltens von Zugpassagieren zeigt ausserdem, dass wichtige Tätigkeiten das Lesen und das Arbeiten an einem PC sind. Doch genau diese Aktivitäten sind durch ein höheres Risiko für Reiseübelkeit charakterisiert. Eine weitere wichtige Tätigkeit für den Zeitvertreib von Pendlern ist das Reflektieren. Diese Tätigkeit profitiert jedoch nicht von der Automatisierung. Andere Aktivitäten wie das Musikhören oder das Surfen im Internet sind auf der einen Seite nicht so relevant für den Grossteil der Pendler und können auch schon heute mit verfügbarer IT-Infrastruktur durchgeführt werden (zum Beispiel telefonieren oder Musik hören). Zuletzt ist noch zu erwähnen, dass für die meisten Zugpendler die Reisezeit als «Zeit, die vertrieben werden muss» beschrieben wird und nur bei sehr langen Fahrzeiten (länger als eine Stunde), die Zeit vermehrt für Tätigkeiten wie das Arbeiten benutzt wird. Hier ist aber zu beachten, dass nur der kleinste Teil der Zugpendler trotz der Möglichkeit der aktiven Zeitnutzung das Leben so organisiert, dass längere Pendelzeiten resultieren. Aus diesen Punkten lässt sich schliessen, dass für eine aktive Zeitnutzung in einem automatisierten Fahrzeug lange Pendelwege mit längeren Autobahnstrecken nötig wären, um eine sanfte Dynamik für das Lesen oder das Arbeiten an einem Bildschirm zu haben und in diesem Zeitbereich zu kommen, in dem die Zeit aktiv genutzt und nicht nur vertrieben wird.

Die Analyse der typischen Arbeitswege zeigt aber, dass die Schweiz weit weg von einem solchen Szenario liegt. Das gilt für alle durchschnittlichen Arbeitswege zwischen den Räumen Stadt, Agglomeration und Land. Zwar sind die typischen Längen und Dauern von Wegen zwischen Stadt und Land etwas länger, doch insgesamt noch relativ kurz und im Durchschnitt mit eher kurzen Autobahnstrecken. Eine aktive Zeitnutzung scheint also in der Schweiz eher begrenzt möglich zu sein. Entsprechend scheint auch die These, dass Nutzer dank dem automatisierten Fahren längere Wege in Kauf nehmen würden und zum Beispiel von der Stadt oder Agglomeration etwas weiter Weg auf das Land ziehen würden, weil dort das Wohnen günstiger ist, nicht wirklich belastbar zu sein. Dazu sind die Unterschiede der Länge und Dauer typischer Wege zwischen Stadt und Agglomeration im Vergleich zu denen zwischen Stadt und Land zu klein. Es bräuchte sehr radikale Änderungen in den Standortentscheidungen der Bevölkerung, damit Situationen entstehen, in welchen diese aktive Zeitnutzung und Änderung in der Zeitwahrnehmung stattfinden kann. Dies würde heissen, dass man nicht mehr zum Beispiel von der Stadt oder Agglomeration zu nahen liegenden ländlichen Räumen zieht, sondern im Vergleich zum Arbeitsplatz und zum ursprünglichen Wohnort in extrem abliegenden Gegenden. Hier ist aber zu beachten, dass in Standortentscheidungen nicht nur der Preis von Wohnungen und Häuser eine Rolle spielt, sondern dass auch soziale Aspekte wie die Nähe zur Familie, zu Bekannten oder generell zum Heimatsort einen grossen Einfluss haben. Entsprechend wird hier das Potential einer Zersiedlung aufgrund der Nutzung von automatisierten Fahrzeugen als sehr gering eingeschätzt. Auf ähnliche Schlussfolgerungen kommen auch die Studien von (Rotermund, Bodenmann, und Axhausen 2018) und (Bruns u. a. 2019), welche auf Simulationsansätze basieren, die keine Komfortaspekte berücksichtigen. Die Betrachtung von Komfortaspekten führt also eine neue Perspektive ein, die im Einklang mit den Thesen anderer Forschungsergebnisse steht.

Das bedeutet nicht, dass die Attraktivität vom automatisierten Fahren in Frage gestellt wird. Die Möglichkeit vor der Tür abgeholt zu werden, sich nicht um das Parkieren kümmern zu müssen und somit schneller unterwegs oder schneller mit dem ÖV angeschlossen zu sein, sind auf jeden Fall Aspekte, die das automatisierte Fahren extrem attraktiv machen

könnten. In erster Linie deutet das aber mehr auf einem höheren Verkehrsaufkommen auf der Strasse, als auf Raumeffekte hin. Die Clusteranalyse hat zum Beispiel gezeigt, dass eine Nutzergruppe, welche von einem Durchschnittsalter von ungefähr 40 Jahren und Berufen, welche grösstenteils auf Büroarbeit basieren, charakterisiert ist, Arbeitswege mit längeren Autobahnstrecken aufweist. Pendler dieser Nutzergruppe könnten zukünftig weiter weg liegende (aber gut über die Autobahn angebundene) Arbeitsplätze wählen und von einer aktiven Zeitnutzung profitieren. Doch das betrifft auch Nutzer, die heute in der Stadt wohnen und weiterhin in diesem Raum wohnen würden.

Generell hat die Analyse der Berufe der Pendler gezeigt, dass nicht alle mit dem Auto pendelnde Personen von einer aktiven Zeitnutzung für die Arbeit durch das automatisierte Fahren profitieren könnten. Im Durchschnitt üben ungefähr ein Drittel der Pendler Berufe aus, deren Tätigkeiten grösstenteils nicht in einem automatisierten Fahrzeug durchgeführt werden können. Hier wäre wiederum das Zeitvertreiben die einzige Option. Bei längeren Wegen würde in diesem Falle die Zeit für andere Aktivitäten (zum Beispiel für Sport oder bestimmte Haushaltstätigkeiten) fehlen.

Bei der Betrachtung von wirtschaftlichen Aspekten hängen die Ergebnisse stark vom tatsächlichen Preis automatisierter Fahrzeuge ab. Die Bandbreite der Abschätzung ist diesbezüglich heute recht gross. Sollten sich längerfristig die geringeren Zusatzkosten für automatisierte Funktionen als richtig erweisen, so würde der Kauf eines automatisierten Fahrzeuges für den grössten Teil der Bevölkerung möglich sein. Im Falle der höheren Zusatzkosten würde dagegen die Investition für ein automatisiertes Fahrzeug nur für die höchsten Einkommensklassen in der Schweiz attraktiv werden. Betrachtet man dagegen erste Abschätzungen der Kosten von automatisierten Taxis, so deuten die Werte darauf hin, dass längerfristig insbesondere in der Stadt und in der Agglomeration dieser Service für den Grossteil der Haushalte billiger sein könnte als die heutigen Kosten des Autofahrens. Auf dem Land wären die Preise etwas höher, sodass 3 von 5 Einkommensklassen wirklich von automatisierten Taxis profitieren würden. Insbesondere in der Stadt scheint also für Nutzer aus wirtschaftlicher Perspektive (ohne Berücksichtigung von zusätzlichen Policy-Making und Pricing Massnahmen) ein Mobilitätssystem attraktiver zu sein, welches mehr auf automatisierte Taxis und weniger auf den Besitz privater Fahrzeuge basiert.

Zuletzt könnte in der Betrachtung der These der Zersiedlungsgefahr durch automatisiertes Fahren in der Schweiz folgender Aspekt bedeutend sein: Automatisiertes Fahren ist ein Thema, welches heutzutage global betrachtet und verfolgt wird. Viele der Thesen und Anwendungsbeispiele sind von einem konkreten geographischen Kontext gelöst oder entstehen zum Beispiel in Ländern wie den Vereinigten Staaten oder China, welche im Vergleich zur Schweiz deutlich andere geographische Eigenschaften haben. Ein sehr relevanter Unterschied könnte aus der Betrachtung von Megastädten stammen. Städte wie Shanghai oder der Grossraum Los Angeles könnten andere Zeitnutzungsmöglichkeiten beim automatisierten Fahren bieten, als in der Schweiz. So könnte es sein, dass die These der Zersiedlungsgefahr durch automatisiertes Fahren in anderen Kontexten entstanden ist und dort auch andere Konsequenzen haben könnte.

4 Freizeitverkehr

Freizeitaktivitäten spielen in der heutigen Gesellschaft eine immer wichtigere Rolle. Wesentliche Treiber für diese Entwicklung sind u.a. die zunehmend frei verfügbare Zeit, sich verändernde Arbeitsformen (z.B. Homeoffice oder Teilzeitarbeit), das wachsende Angebot an Freizeitaktivitäten ausserhalb der eigenen Wohnung und generell sich verändernde Lebensstile, welche zum Entstehen einer sog. Freizeitgesellschaft geführt haben (H. Müller 2008). Mittlerweile nimmt die Freizeitmobilität in der Schweiz den grössten Anteil am Gesamtverkehr ein (noch vor Arbeit und Ausbildung) und eine Umkehr dieses Trends ist aktuell nicht in Sicht. Kritisch ist dabei insbesondere, dass der Grossteil der Fahrten und Wege im Freizeitverkehr mit dem MIV zurückgelegt wird und der ÖV dabei nur einen unterdurchschnittlichen Anteil am Freizeitverkehr ausmacht (BFS 2017a). Dementsprechend trägt auch der Freizeitverkehr einen wesentlichen Beitrag zum CO₂-Ausstoss im Verkehrssektor bei. Dieser Trend könnte sich zudem weiter verstärken, wenn mit zunehmender Automatisierung der Fahrzeuge das Reisen in der Freizeit noch bequemer gestaltet werden kann und sich neue Möglichkeiten für Freizeitaktivitäten und die Freizeitgestaltung eröffnen.

Was das Konzept des automatisierten Fahrens im Freizeit- und Tourismusverkehr anbelangt, findet sich aktuell noch sehr wenig Literatur zum Thema. Dies ist einerseits der Aktualität der Thematik geschuldet, auf der anderen Seite fokussieren aktuelle Forschungsprojekte primär auf zukünftige Anwendungen des automatisierten Fahrens generell, aber nicht spezifisch auf veränderte Anwendungsmöglichkeiten in Freizeit und Tourismus. Aus diesem Grund soll in diesem Kapitel auf Grundlage der verfügbaren Literatur abgeschätzt werden, welches Potential automatisiertes Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr in der Schweiz in Zukunft haben könnte und welche räumlichen Wirkungen sich diesbezüglich ergeben könnten. Zusätzlich wird in Leitfadeninterviews mit Experten aus dem Freizeit- und Tourismusbereich abgeschätzt, ob die potentiell grössere Flexibilität des automatisierten Fahrens für gewisse Aktivitäten und in bestimmten Räumen ein höheres Nutzerpotential aufweist und welchen Einfluss potentielle Veränderungen im Reiseverhalten durch Megatrends auf die Nutzung automatisierter Fahrzeuge haben könnten. Folgende Experten wurden in den Leitfadeninterviews beigezogen:

Tab. 8 Expertenliste für die Interviews im Freizeitverkehr

Name	Organisation
Aurelio Vigani	ARE Bundesamt für Raumentwicklung, Sektion Verkehr
Therese Lehmann	Universität Bern, Forschungsstelle Tourismus (CRED-T)
Dominik Siegrist	HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Abteilung Landschaftsarchitektur
Patrick Dreher	Graubünden Ferien, Innovation & Research
Alexander Bücheli	Bar- und Clubkommission Zürich
Reto Solèr	solerworks

Um die definierte Zielsetzung zu erreichen sind die folgenden Forschungsfragen leitend:

1. In welchen Räumen findet Freizeitverkehr heute vorwiegend statt und welche Verkehrsmittel werden dabei eingesetzt?
2. Welche Nutzergruppen gibt es im Freizeitverkehr und welche besitzen dabei potentiell die grösste Affinität zum automatisierten Fahren?
3. Gibt es Synergien zwischen dem Freizeit- und Pendlerverkehr und sind Freizeit- resp. Arbeitsfaktoren relevant für die Wohnortwahl?
4. Welche gesellschaftlichen Veränderungen der nächsten Jahrzehnte (Megatrends) sind für das automatisierte Fahren relevant und welche potentiellen Auswirkungen könnten diese auf das Verkehrsaufkommen im Freizeit- und Tourismusverkehr haben?

5. Welche zukünftigen Anwendungen von automatisiertem Fahren im Freizeitverkehr sind in der Schweiz denkbar und welche räumlichen Effekte könnten sich daraus ergeben?

4.1 Freizeitverkehr in der Schweiz

Mit rund durchschnittlich 40% aller Fahrten in der Schweiz ist der Freizeitverkehr dominierend auf Schweizer Strassen und Schienen. Das dominierende Verkehrsmittel ist dabei das Auto – der öffentliche Verkehr und der Langsamverkehr spielen eine untergeordnete Rolle (Schweizerischer Bundesrat 2009). 2015 legte eine Person im Inland für Freizeitwecke im Durchschnitt täglich 14.8 km zurück, wovon 9.7 km auf den motorisierten Individualverkehr, 3.4 km auf den öffentlichen Verkehr, 1.3 km auf den Langsamverkehr und 0.4 km auf andere Verkehrsarten entfallen (ARE 2018).



Abb. 15 Mittlere Tagesdistanz (in km) pro Person im Freizeitverkehr (ARE 2018; Grundlage: BFS-ARE, Mikrozensus 2005-2010-2015 zum Verkehrsverhalten)

4.1.1 Definition und Abgrenzung Freizeitverkehr

Als Freizeitverkehr wird in der Literatur derjenige Verkehr bezeichnet, der unabhängig vom benutzten Verkehrsmittel in Zusammenhang mit Freizeittätigkeiten (Tätigkeiten des Menschen für Erholung und Abwechslung) entsteht. Verkehr, der beispielsweise für unbezahlte Arbeit wie Hausarbeit, Betreuen und Begleiten von Kindern und älteren Menschen, unbezahlte Mitarbeit in Vereinen und politischen Organisationen oder Einkaufen entsteht, wird in der Regel nicht als Freizeitverkehr eingestuft (Schweizerischer Bundesrat 2009).

Zusätzlich kann der Freizeitverkehr in Alltags-Freizeitverkehr und Tourismusverkehr unterteilt werden. Laut (Ohnmacht u. a. 2008) werden diesbezüglich in der Regel Zeit- und Distanzkriterien angewendet. Sämtliche Wege, die im Raum des alltäglichen Umfelds zurückgelegt werden, werden dabei dem alltäglichen Freizeitverkehr zugeordnet. Die Wege ausserhalb des alltäglichen Umfelds (z.B. Tagesausflüge aus der Stadt in Tourismusdestinationen in den Bergen) sind demgegenüber dem Tourismusverkehr resp. dem touristischen Freizeitverkehr zuzuordnen. Dabei gilt es laut (Ohnmacht u. a. 2008) jedoch auch zu bedenken, dass, in Abhängigkeit spezifischer Lebenssituationen, für bestimmte Personengruppen durchaus auch nicht-alltägliche Freizeitwege aufgrund einer gewissen Routine in der Durchführung (z.B. Langstrecken bei Wochenendbeziehungen) zu alltäglichem Freizeitverkehr werden können. In der Studie von (Ohnmacht u. a. 2008) wurde daher ein aktivitätenbasierter Ansatz gewählt, in dem initial festgelegt wurde, welche Aktivitätstypen Gewohnheitselemente oder Routinecharakter enthalten und welche nicht, um letztlich eine Unterscheidung zwischen alltäglichem und nicht-alltäglichem Freizeitverkehr festzulegen.

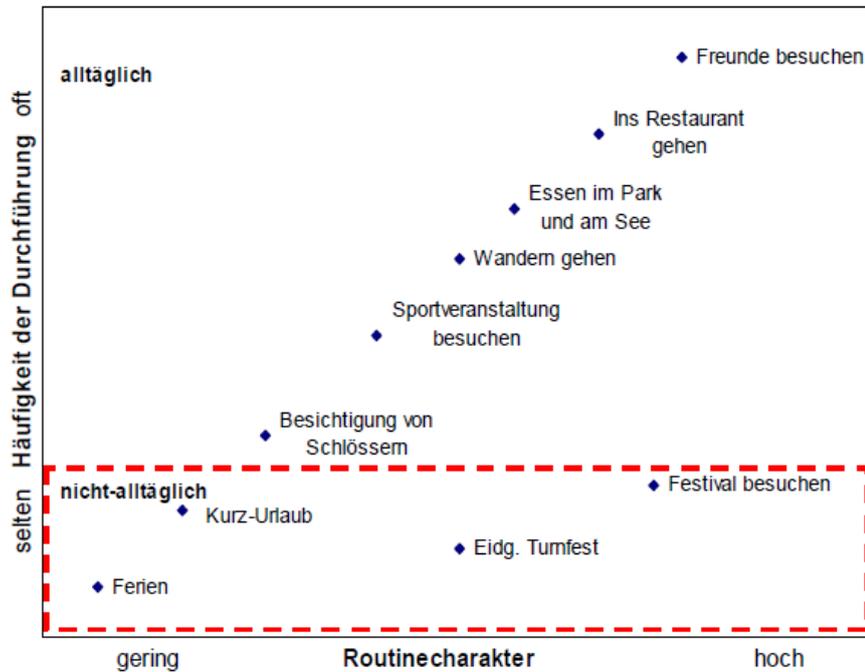


Abb. 16 Alltäglicher und nicht-alltäglicher Freizeitverkehr (Ohnmacht u. a. 2008)

4.1.2 Räumliche Verteilung des Freizeitverkehrs

Das Verhalten in der Freizeitmobilität wird durch eine Kombination verschiedener Faktoren beeinflusst, zu denen der Wohnort, der soziale und berufliche Status, das Alter, das Geschlecht sowie die Verfügbarkeit beziehungsweise der Zugang zu bestimmten Verkehrsmitteln gehören. Die in Abhängigkeit vom Wohnort beobachteten Unterschiede können dabei wahrscheinlich darauf zurückgeführt werden, dass die Bewohnerinnen und Bewohner der verschiedenen Raumtypen sich durch unterschiedliche Lebensstile charakterisieren. Die in den städtischen Gemeinden der Schweiz wohnhaften Personen legen dabei pro Tag im Durchschnitt rund zwei Kilometer weniger für ihre täglichen Freizeitwege zurück als die übrigen (ARE 2018).

Weiter zeigt sich, dass rund 62 % aller Freizeitwege ihren Start- resp. Zielort in zusammenhängenden Agglomerationsgebieten haben, d.h. Quelle und Ziel liegen innerhalb von (zusammenhängenden) Agglomerationen (Abb. 17). Hiervon haben 66 % Start und Ziel in derselben Agglomeration. Die restlichen 34 % enden in einer anderen, aber räumlich anschliessenden Agglomeration. Freizeitwege zwischen räumlich nicht zusammenhängenden Agglomerationen machen mit einem Anteil von 4 % einen weitaus geringeren Prozentanteil an allen Wegen in der Freizeit aus. Die Agglomerationsverkehre, welche eine Agglomerationsgrenze überqueren, belaufen sich in Richtung der Agglomeration auf 5 % und in Richtung des ländlichen Raums auf 6 %. Die Wege, die im ländlichen Raum bleiben, haben einen Anteil von 20 % an allen Wegen in der Freizeit. Freizeitverkehr findet also vor allem in Kernstädten und Agglomerationen statt, in geringerem Umfang auch im ländlichen Raum (Schweizerischer Bundesrat 2009). Insgesamt wird rund 23% des gesamten Verkehrsaufwands in der Schweiz durch Verkehr mit Start und Ziel innerhalb von Agglomerationsgebieten in der Freizeit erzeugt (Ohnmacht u. a. 2008).

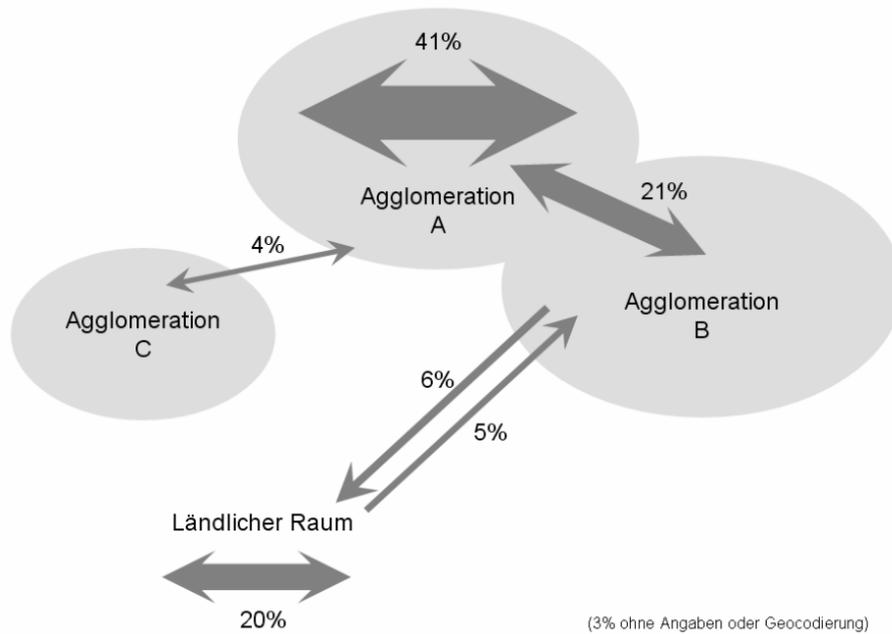


Abb. 17 Räumliche Verteilung des Freizeitverkehrs innerhalb und zwischen (zusammenhängenden) Agglomerationen sowie dem ländlichen Raum (Schweizerischer Bundesrat, 2009; Grundlage: Ohnmacht et al., 2008)

4.1.3 Modalsplit der Freizeitwege

Der motorisierte Individualverkehr dominiert im Freizeitverkehr bei nahezu sämtlichen Aktivitäten, trotz eines zwischenzeitlichen Rückgangs in den Jahren 2005 bis 2015. Dabei lässt sich beobachten, dass eine Person, welche nur nach Absprache über ein Auto verfügt (z.B. Car Sharing, Automiete, Ausleihe bei Bekannten, etc.) im Durchschnitt die gleichen Distanzen für Freizeitwecke zurücklegt, wie eine Person, die ein eigenes Auto besitzt. Erstere weisen jedoch im Vergleich einen bedeutend ÖV-freundlicheren Modalsplit auf (ARE 2018).

Aus Abb. 18 wird ersichtlich, dass der überwiegende Teil der Distanzen im motorisierten Individualverkehr im Privatauto (63,8 %) zurückgelegt wird. Im öffentlichen Verkehr werden die meisten Distanzen im Zug (19,3 %) zurückgelegt und im Langsamverkehr zu Fuss (5,6 %) oder mit dem Fahrrad (3,0 %). Analysiert man den Modalsplit der Freizeitwege im Inland weiter nach Wochentagen, so erreicht der Anteil MIV an den Wochenenden gar 70 % der zurückgelegten Distanzen, dies hauptsächlich auf Kosten des öffentlichen Verkehrs (ARE 2018).

Benutzerinnen und Benutzer des motorisierten Individualverkehrs begründeten ihre Verkehrsmittelwahl 2015 zu 58% damit, dass der MIV die einfachste oder bequemste Lösung dargestellt habe. Bei 21% der Tagesreisen wurde die Reisezeit und bei 17% die mangelnden Alternativen als Hauptgrund für die Wahl des MIVs angegeben. Ähnliches ergab sich bei den Freizeitreisen mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Auch hier wurde von den Benutzerinnen und Benutzern das Argument der einfachsten oder bequemsten Lösung am häufigsten genannt (Anteil von 42%). Weitere wichtige Gründe für die Wahl des ÖVs stellten die mangelnden Alternativen (25%) sowie der Abobesitz (14%) dar. Der Umweltschutz war hingegen nur gerade bei 3% der Tagesreisen mit dem öffentlichen Verkehr Motiv für dessen Bevorzugung vor dem MIV. Der Langsamverkehr wurde in der Regel gewählt, um einen Spaziergang zu machen (29%), aus Gesundheitsgründen (20%) oder wegen des Reisegenusses (18%) (BFS und ARE 2017).

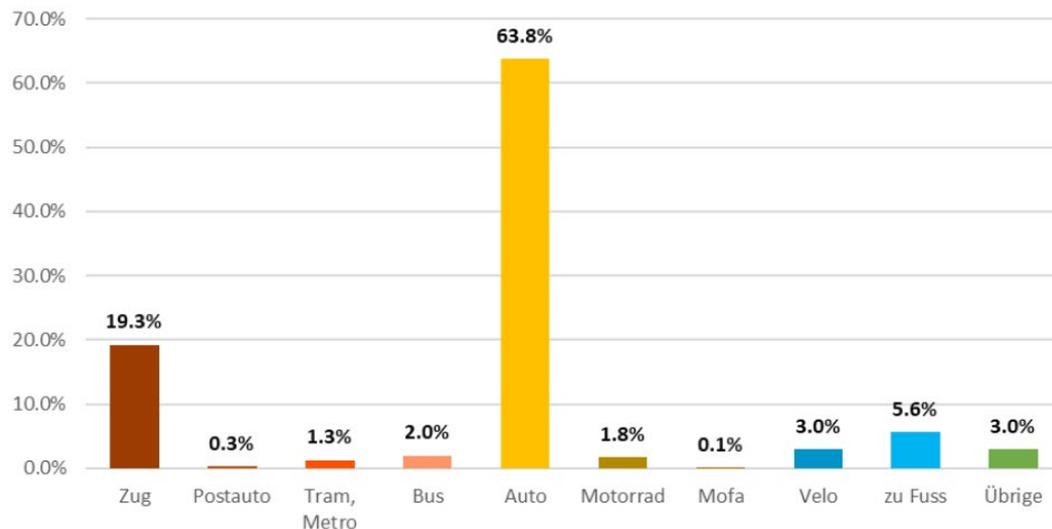


Abb. 18 Modalsplit der Freizeitwege, in Prozent der zurückgelegten Distanzen im Jahr 2015 (ARE, 2018; Grundlage: BFS-ARE, Mikrozensus 2015 zum Verkehrsverhalten)

4.1.4 Freizeitaktivitäten und Hauptverkehrsmittel

Untersucht man die Freizeitwege nach Freizeitaktivität, stellt man fest, dass drei Viertel der alltäglichen Freizeitwege auf nicht-sportliche Aussenaktivitäten (z. B. Spaziergänge), Gastronomiebesuche, Verwandtschafts- oder Freundesbesuche und aktive Sportaktivitäten entfallen (Abb. 19).

Freizeitaktivität	Mo–Fr	Sa	So	Total
Besuche	17,7	21,5	22,4	19,2
Gastronomiebesuch	24,8	20,7	13,5	22,2
Aktiver Sport	13,0	8,6	8,8	11,5
Wanderung	2,7	3,1	4,6	3,1
Velofahrt	0,6	0,7	1,1	0,7
Passiver Sport	1,0	2,2	1,8	1,3
Nicht-sportliche Aussenaktivität	19,2	17,2	26,0	20,0
Medizin/Wellness/Fitness	1,2	0,6	0,4	1,0
Kulturveranstaltungen, Freizeitanlagen	4,1	8,0	5,8	5,1
Unbezahlte Arbeit	2,0	2,0	1,0	1,8
Vereinstätigkeit	1,8	1,3	0,7	1,6
Ausflug, Ferien	0,4	1,0	1,0	0,6
Religion (Kirche, Friedhof, Pilgerfahrt)	1,1	1,8	4,6	1,8
Auswärtige Freizeitaktivitäten im Haus	1,1	1,1	1,0	1,1
Essen ohne Gastronomiebesuch	0,6	0,6	0,6	0,6
Einkaufsbummel / Shopping	1,8	2,1	0,3	1,6
Rundreise	0,2	0,4	0,3	0,3
Anderes	3,6	3,8	2,2	3,4
Mehrere Aktivitäten	3,0	3,4	3,9	3,2

Abb. 19 Anteil der Freizeitaktivitäten (in % aller Freizeitwege im Inland) (BFS und ARE 2012)

Betrachtet man weiter die Verkehrsmittelwahl für die verschiedenen Freizeitaktivitäten (Abb. 20), dann sind insbesondere die Besuche von Verwandten und Bekannten und die Gastronomiebesuche von besonderer Bedeutung. Beide Kategorien nehmen (wie in Abb. 19 dargestellt) einen hohen Anteil am gesamten Freizeitverkehr ein und weisen zusätzlich einen hohen Anteil am MIV auf. Bei beiden Kategorien hat der Bund daher in seiner Strategie Freizeitverkehr einen besonderen Handlungsbedarf ausgewiesen.

Bei den nicht-sportlichen Aussenaktivitäten hingegen ist nur wenig Handlungsbedarf gegeben, da diese (trotz dem hohen Anteil am gesamten Freizeitverkehr) einen sehr tiefen Anteil MIV aufweisen. Die restlichen Freizeitaktivitäten weisen zwar z.T. einen hohen MIV-Anteil auf, sind jedoch mengenmässig von sekundärer Bedeutung, da sie nur gerade zw. 1 % bis ca. 2 % am Freizeitverkehr ausmachen (z.B. Vereinstätigkeit, Medizin/Wellness/Fitness, Religion, etc.). Aufgrund des relativ hohen Anteils MIV und des relevanten Anteils am gesamten Freizeitverkehr sind zudem auch die Kategorien aktiver Sport sowie Besuche von Kulturveranstaltungen und Freizeitanlagen relevant. Letztere zudem auch, weil hier i.d.R. vergleichsweise höhere Distanzen zurückgelegt werden als bei den anderen Freizeitaktivitäten.

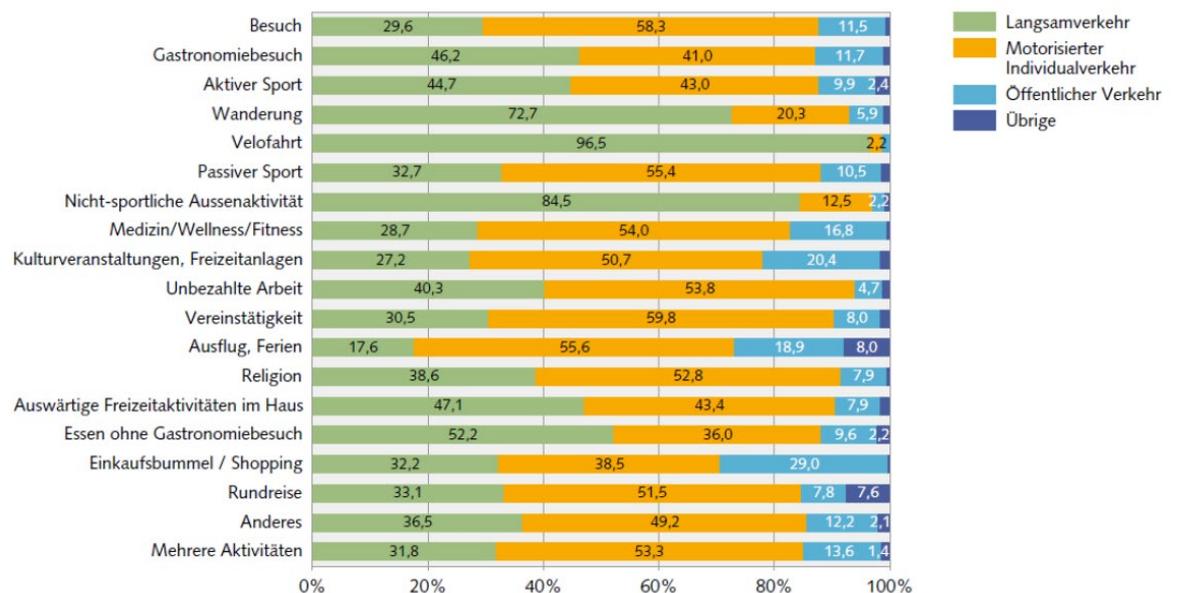


Abb. 20 Verkehrsmittelwahl nach Freizeitaktivitäten (in % der Freizeitwege) (BFS und ARE 2012)

4.1.5 Nutzergruppen im Freizeitverkehr

In der Vergangenheit konnte bereits in mehreren Studien⁵ nachgewiesen werden, dass persönliche Einstellungen zu Verkehrsmitteln das Verkehrsverhalten und insbesondere die Verkehrsmittelwahl stark beeinflussen. In Ihrer 2008 publizierte Studie *Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen* haben Ohnmacht et al. erstmals Freizeitmobilitätsstile – also ein typologischer Zusammenhang aus Freizeitpräferenzen, Mobilitätsorientierungen und Verkehrsverhalten – für die Schweiz erhoben und analysiert. Folgende vier Mobilitätsstile in der Freizeit wurden in der Studie identifiziert (übernommen aus Ohnmacht et al., 2008):

- **Sportlich-Aktive (Velo-affine):** Es handelt sich um einen modernen Typus, der (in seiner Freizeit) überdurchschnittlich das Internet nutzt, und auch sportlich sehr aktiv ist, z.B. gerne Velo und Mountainbike fährt und im Winter viel Wintersport betreibt. Passive Formen die freie Zeit zu verbringen (z.B. Faulenzen) schätzt dieser Typus überhaupt

⁵ siehe z.B. Mäder (1990), Lamprecht und Stamm (1994), Meier-Dallach et al. (1991)

- nicht. Was die Fortbewegung angeht, so ist er zwar ein grosser Velo-Fan, nutzt aber für seine vielfältigen Freizeitaktivitäten und langen Strecken auch häufig das Auto - weniger gern geht er zu Fuss, weil dies nicht zu seinem dynamischen Lebensstil passt. Da die Gruppe insgesamt am meisten aller Kilometer mit dem Auto zurücklegt und den ÖV relativ wenig nutzt, wird ein hoher Anteil sowohl der Freizeitkilometer allgemein als insbesondere auch der Freizeitkilometer innerhalb von (zusammenhängenden) Agglomeration mit dem Auto zurückgelegt. Überdurchschnittlich vertreten sind in dieser Gruppe Vollzeitwerbende, Männer sowie Haushalte mit zwei und mehr Kindern.
- **Unterhaltungs- und Ablenkungssuchende (Auto-affine):** Hierbei handelt es sich um einen jugendlichen Typus, der gerne mit verschiedenen Formen des Medienkonsums und mit Computerspielen in andere Welten abtaucht und der auch gerne mal passiv "rumhängt". Seine Freundesgruppe ist diesem Typ äusserst wichtig - mit ihr feiert er gerne Feste, geht in die Disco oder in die Beiz. Freizeitaktivitäten, die eher mit Entspannung und Eskapismus zu tun haben, sind dieser Gruppe also besonders wichtig. Dieser Typus ist durch und durch ein Autofan, der andere Verkehrsmittel und Fortbewegungsformen ablehnt. In seiner Freizeit fährt er gerne zum Spass mit dem Auto durch die Gegend - tatsächlich ist das Auto nicht nur Fahrzeug, sondern auch Mittel der sozialen Anerkennung, der Integration und des Dabeiseins (sozialpsychologische Fixierung auf das Auto). Überrepräsentiert sind Ledige und Männer jüngerer Altersgruppen sowie Personen, die noch in Ausbildung sind.
 - **Kulturbewusste (Autokritische und Multimodale):** Bei dieser Gruppe handelt es sich um einen gebildeten Typus, der ein sehr breites Spektrum an Freizeitaktivitäten ausübt: Musik nicht nur hören, sondern auch selbst musizieren, gute Bücher lesen, ins Theater, in die Oper, ins Museum gehen gehört ebenso dazu wie Weiterbildung oder gemeinnützige Aktivitäten. Die wichtigen Orte der Freizeit werden bevorzugt zu Fuss, mit dem Velo und dem ÖV, möglichst also nicht mit dem Auto aufgesucht. Dieses wird aus ökologischen Gründen kritisiert, der ÖV und das Zufussgehen dagegen sehr geschätzt (überdurchschnittlich hoch ist die Zahl der ÖV-Abos). Dieser Typus ist der Einzige, der für die Mehrzahl aller zurückgelegten Distanzen umweltfreundliche Fortbewegungsformen bzw. Verkehrsmittel wählt und daher in hohem Mass ein nachhaltiges Mobilitätsverhalten aufweist. Frauen, hohe Bildungsabschlüsse und Personen in Teilzeitstellen sind überrepräsentiert.
 - **Häuslich-Gesellige (Auto- und ÖV-affine):** Es handelt sich um einen Typus, der in den Milieubeschreibungen für die Schweiz als „traditionell“ bezeichnet wird. Die Repräsentanten dieser Gruppe halten sich gerne in Haus und Garten auf, wo die Männer als begeisterte Heimwerker basteln und reparieren. Die Frauen gehen gerne zum Einkaufsbummel oder verbinden Freizeiterlebnis und Einkauf. Dieser Typus ist sehr gesellig - überdurchschnittlich häufig wird mit Freunden Karten gespielt und werden Feste gefeiert. Die Zahl der Freizeitwege ist insgesamt unterdurchschnittlich, dasselbe gilt für die Jahresfahrleistung der Autos. Die vergleichsweise wenigen und eher kürzeren Freizeitwege werden aber zu fast zwei Dritteln mit dem Auto zurückgelegt, insbesondere durch die Männer, welche damit gerne in der Freizeit Umherfahren und das Auto als Symbol der sozialen Integration schätzen. Die Affinität gegenüber dem ÖV liegt in dieser Gruppe über dem Durchschnitt – insbesondere aufgrund der Frauen, welche den ÖV eher bevorzugen als die Männer. Das Velofahren gilt als anstrengend, unbequem und gefährlich und wird daher in dieser Gruppe gar nicht genutzt. Die Älteren und damit auch Rentnerinnen und Rentner sind in dieser Gruppe überrepräsentiert.

Weiter haben (Ohnmacht u. a. 2008) eingeschätzt, in welcher Relation die vier Freizeit-Mobilitätsstile zu den Aktivitäten *Besuche (Soziale Netze)*, *Gastronomie*, *Draussen zu Fuss unterwegs sein*, *Aktiver Sport* und *Kulturveranstaltungen* stehen und mit welchen Strategien eine Verkehrsverlagerung in den einzelnen Aktivitätentypen bewirkt werden könnte. Diese machen laut (Ohnmacht u. a. 2008) zusammen mehr als 80 % des Verkehrsaufwands aller Freizeitaktivitäten innerhalb von Agglomerationen aus und werden oftmals mit dem MIV zurückgelegt. Anzusetzen ist dabei laut (Ohnmacht u. a. 2008) weniger bei einer Strategie der Verkehrsvermeidung, als bei einer Strategie der Verkehrsverlagerung unter Einbezug der Verkehrsmittel-Optimierung und der Verkehrsablauf-Optimierung. Mögliche Massnahmen könnten dabei z.B. den Ausbau und die Attraktivierung des abendlichen ÖVs (z.B. Party-Lines oder Theaterbusse), oder die

flexible Übernahme von nächtlicher ÖV-Bedienung durch Taxis (Rufbusse & Nachtangebot) umfassen – dies insbesondere bei den Aktivitätentypen *Besuche (Soziale Netze)*, *Gastronomie* und *Kulturveranstaltungen*.

4.1.6 Prognostizierte Entwicklungen im Personenverkehr

Gemäss Prognosen wird der Verkehr in den nächsten Jahrzehnten weiterwachsen, allerdings mit geringeren Raten im Vergleich zu den letzten 20 Jahren. Betrug das jährliche Wachstum des Gesamtverkehrs zwischen 2000 und 2010 noch 1.6%, wird es sich gemäss Prognosen bis 2020 auf 1% pro Jahr reduzieren und sinkt danach weiter auf unter 1%. Dies primär aufgrund der im Referenzszenario erwarteten Strukturentwicklung, welche von sinkenden jährlichen Zuwachsraten im Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum, einer Abnahme im Ausbau des Verkehrsangebots und einer Sättigungstendenz im Besitz von Personenwagen und ÖV-Abonnementen ausgeht (UVEK 2016).

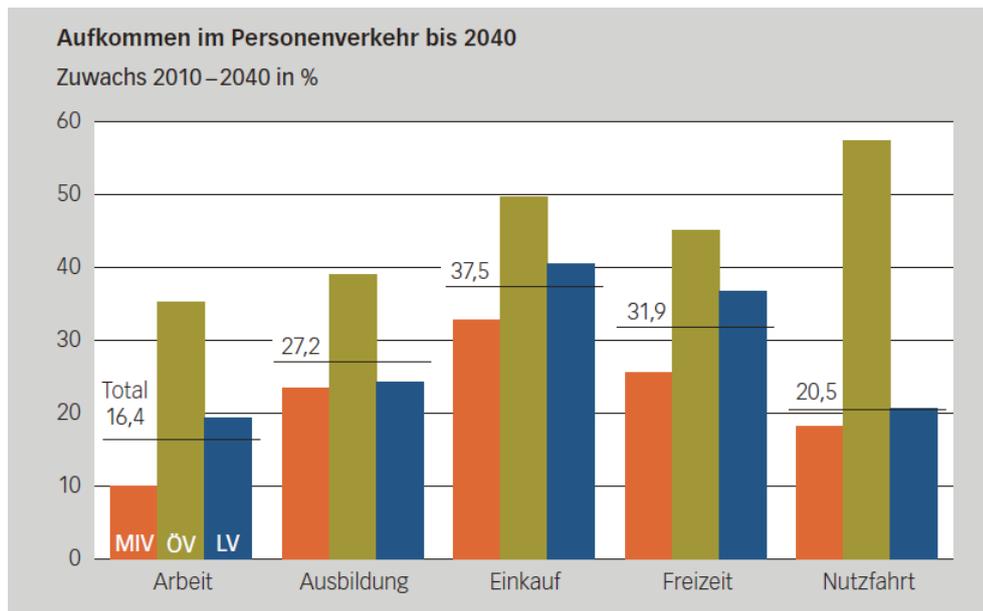


Abb. 21 Zuwachs im werktäglichen Aufkommen des Personenverkehrs in %, differenziert nach Verkehrszwecken und Verkehrsmitteln, 2010 bis 2040 - Das Aufkommen entspricht der Anzahl Wege (UVEK 2016)

Wie in *Abb. 21* dargestellt, weist der Arbeitsverkehr mit +16% das geringste Aufkommenswachstum auf, der Einkaufsverkehr mit +38% das höchste, gefolgt von +32% im Freizeitverkehr. Die Hauptgründe für diese Unterschiede liegen in der demografischen Entwicklung. Der Anteil der erwerbstätigen Bevölkerung nimmt kontinuierlich ab, der Anteil der Rentner/-innen hingegen zu. Letztere bewegen sich primär im Einkaufs- und Freizeitverkehr. Zudem werden die älteren Menschen infolge verbesserter Gesundheit und optimierter Verkehrsangebote mehr Wege pro Tag absolvieren als heute. Dass der Freizeitverkehr nicht noch stärker wächst, ist primär mit der abflachenden Einkommensentwicklung und den steigenden Mobilitätskosten zu erklären. Auf der anderen Seite vermindern in Zukunft der Trend zu flexiblen Arbeitszeiten und neue Kommunikationstechnologien die Relevanz des Arbeitsverkehrs zusätzlich (UVEK 2016).

Exkurs Strategie Freizeitverkehr:

Seit 2009 verfügt der Bund über eine Strategie für eine nachhaltige Freizeitmobilität. Dabei soll im Freizeitverkehr die Stossrichtung vermehrt in Richtung attraktiver Alternativen zum motorisierten Individualverkehr gehen, um letztlich der Vision einer nachhaltigeren Abdeckung der Freizeitmobilitätsbedürfnisse und einer Verschiebung des Modalsplit im Freizeitverkehr zu Gunsten des öffentlichen Verkehrs und des Langsamverkehrs näher zu kommen. Die folgenden Ziele wurden in der Strategie Freizeitverkehr des Bundes (2009) festgehalten:

- Auch im Freizeitverkehr sollen diejenigen Verkehrsmittel zum Einsatz kommen, welche die grössten komparativen Vorteile besitzen. Aus Sicht einer nachhaltigen Verkehrspolitik ist eine Verlagerung vom MIV auf den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr anzustreben.
- Reduktion des MIV-Wachstums im Freizeitverkehr, ohne dass ein allgemeines Wirtschaftswachstum in Frage gestellt wird.
- Kürzere Wege (attraktive Ziele in Wohnortsnähe, kombinierte Mobilität).
- Attraktive, konkurrenz- und marktfähige Angebote im Freizeitverkehr.
- Es soll hauptsächlich mit Anreizen und attraktiven Angeboten gearbeitet werden und weniger mit Geboten und Verboten.
- Der Bund spielt eine aktive Rolle in einem Netzwerk von Schlüsselakteuren aus Kantonen und Gemeinden, von Verbänden und Interessenorganisationen und der privaten Wirtschaft.

4.2 Megatrends mit Relevanz für automatisiertes Fahren

Die Verkehrsnachfrage wird von einer Vielzahl von übergeordneten Faktoren (sog. Megatrends) beeinflusst. Megatrends umfassen langfristige Entwicklungen, welche eine bedeutende Wirkung auf sämtliche Lebensbereiche wie Gesellschaft, Wirtschaft, Politik oder Umwelt haben und eine Halbwertszeit von mindestens 25 bis 30 Jahren aufweisen. Ein weiteres Merkmal von Megatrends ist der globale Charakter, wobei die Auswirkungen i.d.R. nicht überall gleich stark ausgeprägt sind (Tanner u. a. 2018).



Abb. 22 Megatrends (Linden und Wittmer 2018)

Daraus lässt sich ableiten, dass auch der Freizeit- und Tourismusverkehr massgeblich durch Megatrends beeinflusst wird resp. durch die daraus resultierenden Veränderungen im Reiseverhalten (Tanner u. a. 2018). Aus diesem Grund fokussieren wir für die weiterführende Analyse primär auf gesellschaftliche Megatrends, die nach unserer Einschätzung einen zentralen Einfluss auf die Nutzung von automatisiertem Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr haben könnten (Beschreibungen übernommen aus (Linden und Wittmer 2018)⁶:

- **Individualisierung:** Die Individualisierung beschreibt grundsätzlich einen Prozess der Ablösung von industrie-gesellschaftlichen Lebensformen durch postindustrielle Werte der Selbstbestimmung und Selbstverwirklichung. Konstituierende Faktoren, welche diese neue Art der «Selbstbestimmung» definieren, sind beispielsweise ein verändertes Sozialbewusstsein, Open Source, das Teilen von Dingen, Unabhängigkeit und Verzicht sowie Bescheidenheit, Einfachheit, Freiwilligkeit, Hoffnung und Langsamkeit. Der Trend

⁶ Auf eine Charakterisierung des Megatrends «Mobilität» wird an dieser Stelle verzichtet, da diese als Bedingung für die anderen Megatrends angesehen wird.

des Sharing ist beispielsweise eng mit dem Megatrend der Individualisierung verbunden. In Zukunft kann die Individualisierung deshalb einen wichtigen Beitrag zu mehr Achtsamkeit leisten - auch in der Mobilität. Insbesondere durch die Digitalisierung werden neue Formen der Individualisierung ermöglicht, indem beispielsweise Mobilitätsangebote auf die individuellen Bedürfnisse abgestimmt werden können (z.B. durch mobility as a service (MaaS) Ansätze). Etablierte Geschäftsmodelle müssen sich daher diesem Trend anpassen und das Matching zwischen ihrem Angebot und der Nachfrage des Kunden noch stärker in den Fokus der Angebotsgestaltung rücken.

- **Urbanisierung:** Es ist damit zu rechnen, dass 2050 rund zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten wohnen wird. Schon heute ist der Trend zur Urbanisierung stark ausgeprägt - besonders in den weniger entwickelten Ländern. Aber selbst in weiter entwickelten Ländern ist dieser Megatrend ungebrochen. Die Städte der Zukunft werden dabei vielfältiger, vernetzter, lebenswerter und in jeder Hinsicht „grüner“ sein als dies heute noch der Fall ist. Durch die Digitalisierung werden sie zudem zu Smart Cities. Die Städte der Zukunft werden durch Urban Farming „essbar“ oder durch Freizeitaktivitäten, welche neu auch in der Stadt möglich sein werden (z.B. Citygolf), attraktiver. Urbane Räume verändern somit die Beziehung zu ihren Bewohnern, was sich (insbesondere bei der jüngeren Generation) in veränderten Lebensstilen (inkl. einem veränderten Mobilitätsverhalten) niederschlagen wird. Ausserdem wird sich durch neue Technologien der Unterschied zwischen urbanem und ländlichem Raum weiter verstärken. Letztlich gilt es, effiziente Infrastrukturen und Mobilitätskonzepte zu etablieren, um ein nachhaltiges Stadtleben zu gewährleisten.
- **Ökologie:** Die fortschreitende Erderwärmung, ein zu beobachtender Wandel Richtung erneuerbaren Energien, Schadstoffausstoss von Produkten und deren Produktionsprozessen, Rohstoffknappheit und die zunehmende Sensibilisierung der Menschen für Themen der Umwelt führen zu einer Dynamisierung dieses Megatrends. Trotz des zunehmenden Umwelt- und Verantwortungsbewusstseins der Menschen, ist in ihrem Entscheidungsverhalten aktuell noch wenig Veränderung zu beobachten, da sie diese i.d.R. nicht aufgrund von ethischen Werten, sondern meistens im Kontext von ökonomischen Faktoren treffen. Beispielsweise spielt die Nachhaltigkeit bei der Wahl eines Mobilitätsangebots immer noch eine minimale Rolle, da restriktive Faktoren wie Zeit und Geld nach wie vor überwiegen. Trotzdem bietet dieser Megatrend eine grosse Chance, insbesondere in der Mobilität, z.B. bei neuen Antriebstechnologien und Verkehrskonzepten. Für Länder wie die Schweiz wird es in Zukunft klimapolitisch wichtig sein, alternative und umweltfreundlichere Antriebstechnologien und Mobilitätskonzepte dementsprechend zu fördern.
- **Globalisierung:** Gefördert durch die Digitalisierung bzw. der zunehmenden Automatisierung, nimmt die Dynamik der Fortbewegung stark zu und wird zunehmend globaler. Es sind weltweit Wanderungsbewegungen von Bevölkerungsgruppen und Individuen zu beobachten. Viele Experten sprechen bereits von einer Multipolaren Welt aufgrund des Megatrends Globalisierung. Die Rolle des Staates und staatlicher Organisationen verändert sich. Die Autonomie wird aufgrund von globalen Interessen sowie Forderungen nach Transparenz und Beteiligung abgegeben. Neben den ökonomischen Faktoren spielen zunehmend aber auch gesellschaftlichen Faktoren bei diesem Megatrend eine bedeutende Rolle. Durch den Megatrend verändern sich Bildungssysteme und der Konsum. Über globale Massenmedien werden private Lebens- und Beziehungswelten verändert und Kulturen verändern sich resp. nähern sich an.
- **Neues Leben⁷:** Die Globalisierung, medizinische Fortschritte und der Trend zu einer gesünderen Lebensweise lassen insbesondere in westlichen Ländern einen demografischen Wandel beobachten, der sich in einem Anstieg der Lebenserwartung und in einer zunehmenden Alterung der Gesellschaft äussert. Sinkende Geburtenraten und ein Bevölkerungsrückgang im Allgemeinen akzentuieren diesen Megatrend zusätzlich. Weiter gilt es zu berücksichtigen, dass die Menschen nicht nur älter werden, sondern auch ihr Verhalten generationenübergreifend verändern und aus ihren traditionellen Altersrollen und Verhaltensmustern ausbrechen (sog. Downaging). Dabei

⁷ Weitere beobachtbare Sub-Trends im Megatrend «Neues Leben» stellen neben dem demographischen Wandel der Gender Shift, die Gesundheit, und die Wissenskultur dar. Diese wurden im Zusammenhang mit automatisiertem Fahren jedoch als weniger relevant eingestuft und fehlen daher in der Beschreibung.

- geben sich ältere Generationen nicht mehr mit klassischen Alltagstätigkeiten zufrieden, sondern wollen sich im Alter noch einmal neu erfinden und verwirklichen und ihre Zeit aktiv und mit sinnstiftenden Tätigkeiten nutzen.
- **Neues Arbeiten:** Insbesondere die Generation Y und die kommenden Millennials setzen vermehrt auf eine ausgewogene Balance zwischen Arbeit und Freizeit. In Folge dessen entwickeln sich neue, offenere Arbeitsstrukturen und Managementkonzepte, welche flexibel auf die unterschiedlichen Anforderungen der Mitarbeiter eingehen. Mobiles Arbeiten, Autodidaktik, neue Gestaltungen der Arbeitsplätze sowie Teilzeitarbeit, Telearbeit und sogenannte „Third Places“ sind die Ausprägungen dieser neuen Arbeit. Kreativität und Identität sind die geforderten Schlüsselfähigkeiten, um die Polarisierung der Arbeitsinhalte und –mengen zu bewerkstelligen. Neue Formen der Mobilität ermöglichen es den Arbeitnehmer/-innen von unterwegs zu arbeiten und eliminieren den Zwang zu einem fixen Arbeitsplatz. Die Grenzen zwischen Arbeit, Wohnen und Mobilität werden dadurch weiter aufgeweicht, was sich in einem generellen Verschwimmen von Freizeit- und Arbeitsleben akzentuiert - an sogenannten «dritten Orten» wird gar beides zusammen vereinbar (z.B. Co-Workingspaces in alpinen Tourismusdestinationen).
 - **Sicherheit:** Aufgrund der Verunsicherung der Gesellschaft bezüglich ungewisser Ereignisse, neuer Technologien und der Nutzbarkeit von Daten sowie der grossen Ansprüche an den Staat existiert ein zunehmendes Bedürfnis nach Sicherheit. Vermehrte Bedrohung durch Cyberterrorismus, Naturkatastrophen, Datenklau und Fälschungen verunsichern Individuen zusätzlich. Auch durch neue Technologien stellen sich veränderte Fragen an die Sicherheit, wie z.B. beim autonomen Fahren (Fahrzeugsicherheit und Haftung). Aber auch bei der Betriebs- und Datensicherheit stellen sich durch veränderte Endprodukte und unterschiedliche Schnittstellen neue Fragen im Kontext der Sicherheit. Menschen und Unternehmen sind in dieser neuen Sicherheitswelt vermehrt Sicherheits- und nicht mehr nur Risikoträger, da in dieser nichts mehr «privat» sein wird.

4.3 Automatisiertes Fahren in Freizeit und Tourismus

Wie bereits einleitend erwähnt, findet sich zum Konzept des automatisierten Fahrens im Themenbereich Freizeit und Tourismus aktuell noch wenig Literatur. Es gibt jedoch einige Studien, welche relativ breit abzuschätzen versucht haben, welche Auswirkungen das automatisierte Fahren auf den städtischen Tourismus haben könnte und welche Veränderungen dies in benachbarten Sektoren zum Transport bewirken könnte. Zusätzlich wurde in einer Studie der Einfluss von Einstellung und Vertrauen in neue Technologien auf die Absicht, selbstfahrende Taxis zu benutzen untersucht – mit interessanten Erkenntnissen für die Reiseindustrie. Die Hauptideen aus diesen Studien werden in den folgenden Absätzen kurz dargelegt.

4.3.1 Die Zukunft des urbanen Tourismus

Während manche Experten eine verkehrliche Entlastung von Städten durch automatisiertes Fahren erwarten, könnte laut (Cohen und Hopkins 2019) aufgrund des gesteigerten Komforts für Freizeitreisende und Touristen gerade das Gegenteil eintreten. Insbesondere für ausländische Touristen könnte die Nutzung kostengünstiger, automatisierter Fahrzeuge im Vergleich zu bisherigen Mietwagen bedeutende Sicherheitsvorteile mit sich bringen, da Risiken wie die Übermüdung aufgrund des Jetlag oder die Unkenntnis der lokalen Verkehrsregeln wegfallen würden. Die Fahrtzeit könnte dabei aktiv genutzt werden, z.B. für die Reisevorbereitung, für das Sortieren und Bearbeiten von Fotos oder einfach für die Erholung. Zudem könnten auch ältere oder behinderte Freizeitreisende und Touristen einen besseren Zugang zu einem individuellen Transportmittel bekommen.

Auch wenn vieles davon zurzeit noch Spekulation ist, könnten laut (Cohen und Hopkins 2019) die Folgen von automatisiertem Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr weit über den eigentlichen Transportsektor hinausgehen. So könnten beispielsweise Hotels am Stadtrand oder gar auf dem Land wieder attraktiver werden, da sich Touristen mit dem

automatisierten Fahrzeug bequem und zu niedrigeren Preisen im Vergleich zu heutigen Taxis ins Stadtzentrum zu den touristischen Attraktionen chauffieren lassen könnten. Und selbst die Parkplatzsuche könnte mit dieser neuen Technologie wegfallen, da das Fahrzeug von alleine ins Hotel zurückfahren würde. Ausserdem könnte die Nutzung von automatisierten Fahrzeugen in Freizeit und Tourismus dazu führen, dass sich die Touristen und Freizeitreisenden in der Nacht zu ihrem Reiseziel fahren lassen und eine Übernachtung im Hotel dadurch überflüssig wird. Daneben könnte das automatisierte Fahren aber auch negative Folgen für die Städte mit sich bringen. So könnte die bequeme Nutzung der automatisierten Fahrzeuge z.B. dazu führen, dass die Strassen eher zusätzlich verstopft als entlastet würden. Dazu könnten insbesondere individuelle Stadtrundfahrten beitragen, welche anstelle eines kollektiven Angebots (z.B. Sightseeing-Busse) neu in den automatisierten Fahrzeugen durchgeführt würden. Viele Beschäftigte im Transportsektor könnten dadurch ihre Arbeit verlieren, vor allem Bus- und Taxifahrer. Ausserdem könnte der Alkoholkonsum der Touristen stark steigen und Partys würden sich vermutlich nicht mehr nur auf bestimmte Ausgehmeilen, welche gut mit den öffentlichen Verkehrsmitteln erschlossen sind, konzentrieren.

Abschliessend halten (Cohen und Hopkins 2019) fest, dass die Auswirkungen von automatisiertem Fahren auf den Tourismus stark davon abhängig sein werden, welche Geschäftsmodelle die Anbieter von automatisierten Fahrzeugen verfolgen werden. Sollten die Fahrzeuge vor allem von Mitfahrdiensten genutzt werden, könnte damit der Verkehr eher reduziert werden. Allerdings ist gemäss den Autoren unklar, ob der enge Kontakt zwischen Touristen und Einheimischen denn auch gewünscht sei. Für Freizeit- und Tourismusreisen auf dem Land kämen automatisierte Fahrzeuge zudem vermutlich weniger in Frage, da es bei vielen Reisenden noch immer eine wichtige Rolle spiele, selbst am Steuer eines Fahrzeugs das Land zu erkunden. Daher sei noch weitere Forschung nötig, inwiefern der nicht-rationale Spaß am Fahren den automatisierten Fahrzeugen im Freizeit- und Tourismusverkehr im Weg stehen könnte.

Ähnliche Veränderungen erwartet auch (Bainbridge 2018), der in seiner Studie mögliche Veränderungen für touristische Fahrdienste (Flughafentransfers, Autovermietung, Taxis und Sightseeing-Busse) durch automatisiertes Fahren aufzeigt. Neben den klassischen Fahrdiensten werden nach (Bainbridge 2018) auch touristische Leistungserbringer, welche mit diesen bestehenden Diensten zusammenarbeiten resp. interagieren (z.B. Hotels, Flughäfen, Attraktionen, etc.), in Zukunft von grundlegenden Veränderungen durch das automatisierte Fahren betroffen sein. Folgende Herausforderungen und Möglichkeiten könnten sich durch automatisiertes Fahren potentiell für die Tourismusindustrie ergeben:

- **Individualisierte Stadtrundfahrten:** Reisende werden in automatisierten Fahrzeugen individuelle, nach ihren Vorlieben geplante Sightseeing-Touren unternehmen können. Diese werden jedoch eine erhebliche Konkurrenz für die bestehenden Angebote im Bereich der (kollektiven) Sightseeing-Touren darstellen. Künstliche Intelligenz bietet zudem die Möglichkeit, die Route gem. den persönlichen Präferenzen (erkennbar über Schnittstellen zu Social Media Plattformen, Fotogalerien, etc.) individuell zu planen. Anstatt in einer Stadt mehrmals dieselbe Stadtrundfahrt zu machen, bietet das automatisierte Reisen das Potenzial, sein eigenes, einzigartiges Erlebnis zu schaffen, zugeschnitten auf die jeweiligen Interessen und Präferenzen des Touristen.
- **Mehrtagestouren:** Reisende werden vermehrt von A über B nach C auf einer individualisierten Mehrtagestour (fernab von stark frequentierten Hauptstrassen) reisen. Eine solche Tour zu buchen wird dabei so einfach sein, wie heutzutage die Buchung einer eintägigen Ausflugsstour. Diese «Renaissance» der Road Trips wird zudem zur Erschliessung neuer Kundengruppen (z.B. alte und gebrechliche Menschen oder Junge ohne Führerausweis) führen.
- **Private Rückzugsorte und Reisen durch die Nacht:** Automatisierte Fahrzeuge können als private Rückzugsorte fungieren und daher mit bestehenden Angeboten (z.B. Ruhezonen in Flughäfen, Stunden-Hotels, etc.) konkurrieren. Vermehrtes Reisen durch die Nacht wird möglicherweise dazu führen, dass Hotels u.U. Übernachtungen an automatisierte Fahrzeuge einbüßen werden.
- **Neue Freiflächen bei Freizeiteinrichtungen:** Parkplätze werden an Bedeutung verlieren, da automatisierte Fahrzeuge permanent in Bewegung sein werden resp.

- abseits der touristischen Attraktionen und Freizeiteinrichtungen parkiert werden können. Stattdessen werden in Zukunft neue Drop-off/Pick-up-Zonen außerhalb der Eingangsbereiche von touristischen Anlagen und Freizeiteinrichtungen nötig sein.
- **Neue Standortfaktoren:** Wenn z.B. Hotelgäste während ihrem gesamten Trip im bequem bestellbaren automatisierten Fahrzeug chauffiert werden, spielt die Lage des Hotels keine Rolle mehr (Zentralität von Hotels als Standortfaktor geht verloren). Periphere Lagen (z.B. am Stadtrand) könnten daher von Bedeutung für den Städtetourismus werden. Hinzu kommt, dass an diesen Lagen Flächen für den Bau von zusätzlichen touristischen Attraktionen (z.B. Freibäder) vorhanden ist, was bei den «traditionellen» Hotels an guter Lage im Stadtzentrum nicht der Fall ist.

4.3.2 Einstellungen gegenüber selbstfahrenden Taxidiensten

In ihrer 2017 veröffentlichten Arbeit untersuchten (Tussyadiah, Zach, und Wang 2017) den Einfluss der persönlichen Einstellung zu technologischen Innovationen auf die Absicht, selbstfahrende Taxis im Alltag und auf Reisen zu benutzen, da es trotz der bevorstehenden Inbetriebnahme erster automatisierter Taxidienste immer noch in weiten Teilen der Bevölkerung an der Akzeptanz für neue Technologien fehle. Die Bedenken seien dabei oftmals in der Angst verwurzelt, dass die Technologie unberechenbar sei und die Autonomie und Kontrolle über einen wichtigen Aspekt des menschlichen Lebens an Maschinen übergeben wird. Zusätzlich führe der Einsatz autonomer Fahrzeuge zu einer sinkenden Nachfrage nach Berufskraftfahrern, weshalb technologische Innovationen oftmals als «Jobkiller» gesehen werden. Um die potentielle zukünftige Akzeptanz von selbstfahrenden Taxidiensten zu ermitteln, untersuchte die Studie daher die allgemeine Einstellung der Verbraucher in neue Technologien und wie diese die Wahrscheinlichkeit der Nutzung von selbstfahrenden Taxidiensten **(1) zu Hause (als Anwohner)** und **(2) auf Reisen (als Touristen)** beeinflussen könnte.

Die Studie ergab, dass die Nutzungsabsicht von selbstfahrenden Taxis stark durch aktuelle Mobilitätsmuster beeinflusst wird. Personen, die häufig ein Taxi benutzen resp. schon intensive Erfahrungen mit neuen Transportdiensten wie z.B. Uber gemacht haben, zeigten eher positive Nutzungsabsichten für die Benutzung selbstfahrender Taxis im Alltag, während auf Reisen vor allem die persönliche Affinität zu technologischen Innovationen und bisherige Erfahrungen mit Taxidiensten an fremden Orten ausschlaggebend für die Nutzungsabsicht von selbstfahrenden Taxis sind. Die generell höhere Absicht, selbstfahrende Taxis auf Reisen und in weniger vertrauten Orten zu benutzen als im Alltag, deutet auf einen großen Einfluss dieser technologischen Innovation für die Reise- und Tourismusbranche hin.

4.4 Potentialabschätzung

Aus der Literaturanalyse zum Freizeitverkehr in der Schweiz wurde ersichtlich, dass der Freizeitverkehr mit rund durchschnittlich 40 % aller Fahrten der dominierende Verkehrszweck auf Schweizer Strassen ist. Dabei stellt der Freizeitverkehr zwischen zusammenhängenden aber v.a. auch innerhalb von Städten und Agglomerationen einen relevanten Teil des Freizeitverkehrs insgesamt dar. Der ländliche Raum hingegen ist für den Freizeitverkehr eher weniger relevant. Vor diesem Hintergrund und der Annahme, dass automatisiertes Fahren aufgrund der technischen und infrastrukturellen Voraussetzungen wohl als erstes in Städten und Agglomerationen implementiert wird, bietet sich in diesen Räumen ein besonders grosses Potential für das automatisierte Fahren im Freizeitverkehr, mit möglicherweise entsprechenden (negativen) Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen. Weiter liegt durch die ungebrochene Dominanz des motorisierten Individualverkehrs im Freizeitverkehr die Vermutung nahe, dass auch mit der Implementierung automatisierter Fahrzeuge keine Verbesserung im Transportsektor bezüglich dem Verkehrsaufkommen im Freizeitverkehr bewirkt werden kann, sofern diese nicht in kollektive Mobilitätsdienstleistungen eingebunden werden. Verstärkend zu dieser Annahme kommt hinzu, dass bereits heute Personen, welche nur nach Absprache über ein Auto verfügen (z.B. über Car Sharing, Autovermietung oder Ausleihe bei Bekannten) und daher grundsätzlich bereits mehrheitlich mit kollektiven Mobilitätsangeboten unterwegs sind, im Durchschnitt die gleichen Distanzen für Freizeitzwecke zurücklegen,

wie Personen mit einem eigenen Auto. Durch die neu gewonnene Flexibilität welche automatisierte Fahrzeugangebote diesen Nutzergruppen bieten könnten, wäre auch hier ein Mehrverkehr durch automatisiertes Fahren im Freizeitverkehr zu erwarten. Letztlich hat die Analyse der Freizeitaktivitäten aufgezeigt, dass drei Viertel der alltäglichen Freizeitwege auf nicht-sportliche Aussenaktivitäten wie Gastronomiebesuche oder Besuche bei Freunden entfallen. Wenn man bedenkt, dass durch automatisiertes Fahren diese bereits heute sehr beliebten Aktivitäten noch intensiver und unbeschwerter genossen werden könnten (Alkoholkonsum → kein Fahrer mehr nötig), ergibt sich auch hier ein grosses Potential für eine Zunahme im Verkehrsaufkommen durch automatisiertes Fahren. Bei den Nutzergruppen kann erwartet werden, dass insbesondere die Gruppe der Unterhaltungs- und Ablenkungssuchenden und die Sportlich-Aktiven potentiell einen grossen Anteil beim Verkehrsaufkommen durch automatisiertes Fahren im Freizeitverkehr ausmachen werden.

Aus der Trendanalyse wurde ersichtlich, dass der Anteil der erwerbstätigen Bevölkerung kontinuierlich abnimmt, der Anteil der Rentnerinnen und Rentner hingegen zunimmt. Letztere bewegen sich primär im Einkaufs- und Freizeitverkehr. Zudem kann erwartet werden, dass die zukünftigen älteren Menschen infolge verbesserter Gesundheit und optimierter Verkehrsangebote mehr Wege pro Tag zurücklegen werden als heute. Die neu gewonnene Flexibilität durch automatisiertes Fahren bietet hier ein grosses Potenzial, dass in Zukunft neue Nutzergruppen im Freizeitverkehr unterwegs sein werden, mit entsprechenden Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen. Weitere Megatrends, welche diesen Umstand weiter verstärken könnten, sind die Individualisierung (z.B. durch massgeschneiderte Mobilitätsdienstleistungen) und neue Arbeits- und Freizeitformen, welche im Zuge der Entwicklung zu einer Freizeitgesellschaft mehr Zeit für Freizeitreisen zulassen werden.

Die Studien zum automatisierten Fahren in Freizeit und Tourismus haben letztlich aufgezeigt, dass durch neue Mobilitätsdienstleistungen (z.B. individualisierte Stadtrundfahrten) insbesondere auf urbane Räume zukünftig ein grosser Druck entstehen könnte (Verkehrsüberlastung vor touristischen Attraktionen, etc.). Gleichzeitig könnten sich durch freiwerdende Parkierungsflächen (sofern automatisierte Fahrzeuge stets in Bewegung sein werden) jedoch auch alternative Nutzungsmöglichkeiten von Flächen an zentralen Lagen (z.B. Parks, Ladenflächen, Langsamverkehr, etc.) ergeben. Weitere Raumwirkungen, welche durch das automatisierte Fahren in Freizeit und Tourismus möglich werden könnten, sind ein zunehmender Druck auf touristische Ziele in peripheren ländlichen Regionen durch die bessere Erreichbarkeit (z.B. Fahrt durch die Nacht) oder die Flächenkonkurrenz am Stadtrand mit anderen Branchen wie bspw. der Logistik (periphere Güterumschlags-Hubs). Abschliessend hat die Studie von (Tussyadiah, Zach, und Wang 2017) gezeigt, dass die Offenheit der Nutzer bezüglich selbstfahrenden Autos möglicherweise eher auf Reisen besonders gross sein könnte und daher im Freizeit- und Tourismusverkehr zukünftig von besonderer Relevanz sein könnten.

Zusammenfassend stellen wir folgende drei Thesen für das automatisierte Fahren im Freizeitverkehr in den Raum, die es in einem nächsten Schritt durch Experteninterviews zu verifizieren gilt:

H1: *Automatisiertes Fahren wird den Komfort und die Flexibilität von Freizeitreisen stark verbessern, was in einer Zunahme von Freizeitreisen in periphere, ländliche Räume aus den Agglomerationen heraus resultieren wird (Zeit-Raum-Kompression).*

H2: *Megatrends wie die Überalterung der Gesellschaft oder die Etablierung neuer Arbeits- und Freizeitformen werden zu einer erhöhten Nachfrage nach Freizeitreisen in automatisierten Fahrzeugen führen.*

H3: *Automatisiertes Fahren eröffnet vielfältige Möglichkeiten für die Schaffung neuer und innovativer touristischer Leistungsangebote und wird daher den Schweizer Tourismus nachhaltig stärken.*

4.5 Resultate Experteninterviews

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die wichtigsten Erkenntnisse aus den Experteninterviews zum automatisierten Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr dargelegt.

4.5.1 Mögliche zukünftige Anwendungsformen

Aus den Experteninterviews wurde ersichtlich, dass automatisiertes Fahren im Freizeitverkehr in Zukunft primär als ergänzendes Angebot zum öffentlichen Verkehr gesehen wird und insbesondere für die Feinerschliessung von touristisch attraktiven Randregionen von zunehmender Bedeutung sein könnte. Dies vor allem auch deshalb, weil die peripheren Gebiete durch die zunehmende Abwanderung und Überalterung der ortsansässigen Bevölkerung möglicherweise vermehrt mit dem Abbau von öffentlichen Verkehrsangeboten konfrontiert sein werden. Hier könnten flexible und bedarfsorientierte automatisierte Mobilitätsangebote die entstehende Lücke im Verkehrsangebot möglicherweise relativ kosteneffizient schliessen und zusätzlich zur Feinerschliessung für den Freizeitverkehr die Grunderschliessung für die ständige Wohnbevölkerung in den Randregionen sichern. Denkbar sind dabei Anwendungsformen wie z.B. autonome Klein-Shuttles oder Busse. Automatisierte Mobilitätsangebote würden daher in Zukunft eher für kleinere Distanzen vor Ort (lokal) relevant werden, jedoch nicht für die gesamte Mobilitätskette. Nach Einschätzung der Experten müsste der ÖV auf den Hauptachsen mit den Schnellzuglinien zwingend das Rückgrat im Verkehrsangebot bleiben, insbesondere auch deshalb, um in den saisonalen Spitzen (z.B. Ferienzeit oder an Wochenenden) auf die gesteigerte Transportnachfrage mit entsprechenden Kapazitätserweiterungen reagieren zu können. Im Regionalverkehr könnte es jedoch potentiell zu einer neuen Konkurrenzsituation kommen, weil mit automatisierten Fahrzeugen ein bequemerer Mobilitätsangebot verfügbar sein könnte, welches sich insbesondere durch eine reduzierte Anzahl an Umsteigevorgängen auszeichnet (sofern das Angebot entsprechend ausgestaltet wird).

In Städten und Agglomerationen gehen die meisten Experten davon aus, dass sich das grösste Veränderungspotential bei den traditionellen Transportdiensten (Taxidienste, etc.) ergeben wird. Ähnlich der heute bereits beobachtbaren Konkurrenzsituationen beim Markteintritt von neuen Mobilitätsdienstleistern (z.B. Uber) könnten automatisierte Mobilitätsangebote die traditionellen Mobilitätsdienstleister in Zukunft herausfordern/konkurrieren. Die heutzutage oftmals schlechte Servicequalität der traditionellen Branchen (Unfreundlichkeit, schlechtes Preis-/Leistungsverhältnis, etc.) sowie die Möglichkeit zur Einsparung von Personalkosten durch das Wegfallen des Fahrers sind zwei der am häufigsten genannten Vorzüge, welche automatisierte Mobilitätsangebote gegenüber den aktuell bestehenden Angeboten auszeichnen könnten.

4.5.2 Individuelle vs. kollektive Mobilität im Freizeit- und Tourismusverkehr

Nach Einschätzung der Experten wird der Freizeitverkehr auch in Zukunft den grössten Anteil am Verkehrsaufkommen ausmachen. Trends wie die wachsende Wohnbevölkerung und die Entwicklung neuer Arbeits- und Freizeitmodelle könnten hier zusätzlich verstärkend wirken. Die Auswirkungen des Freizeitverkehrs auf das Verkehrsaufkommen werden daher höchstwahrscheinlich stark davon abhängig sein, ob automatisierte Fahrzeuge auch in Zukunft im Privateigentum verbleiben und mehrheitlich individuell genutzt werden oder ob sich kollektive Mobilitätsdienstleistungen durchsetzen werden, wo z.B. höchstens auf der letzten Meile resp. für die Feinerschliessung in peripheren Gebieten die Verkehrsnachfrage im Individualverkehr abgewickelt wird. Insgesamt sehen die Experten mit Blick auf die Transportkapazität der bestehenden Verkehrsinfrastrukturen und der Nachhaltigkeit im Transportsektor eine grössere Chance in der Nutzung automatisierter Fahrzeuge als kollektive Mobilitätsdienstleistungen im Sinne von ÖV-ähnlichen Angeboten, welche das bestehende ÖV-Angebot auf den Hauptverkehrsachsen ergänzen (z.B. autonome Bürgerbusse). Würde die Nutzung automatisierter Fahrzeuge im Individualverkehr verbleiben, so steigt gemäss den Experten das Risiko einer massiven Zunahme von individuellen Fahrten und dem Verkehrsaufkommen insgesamt.

In diesem Zusammenhang wird von den Experten die Entwicklung einer «Sharing Economy» als zentraler Megatrend für das automatisierte Fahren innerhalb der Mobilität angesehen, da sich nur so kollektive Mobilitätsangebote gegenüber dem Individualverkehr durchsetzen werden. Dies sei jedoch ein Trend, der sich heute schon abzeichne, indem immer wie mehr Dinge innerhalb der Gesellschaft geteilt werden resp. die Menschen sich mehr und mehr daran gewöhnen, nicht mehr Besitzer, sondern nur noch Nutzer von Dingen zu sein (vgl. Airbnb, Velo- und Trottnettverleih, etc).

Trotz diesen Entwicklungen wird aber weiterhin auch die Möglichkeit gesehen, dass einzelne Akteure - insbesondere aus der Dienstleistungsbranche – individualisierte Mobilitätsdienstleistungen anbieten könnten. Im Restaurant- und Gastronomiebereich zum Beispiel könnten Restaurant-, Bar- oder Clubbetreiber ihren Stammgästen individuelle, automatisierte (Abhol-) Services anbieten. Sollte zukünftig ein Szenario eintreten, in dem die Anwendung von automatisierten Fahrzeugen mehrheitlich im Individualverkehr bestehen bleibt, könnten zudem automatisierte Fahrzeuge im Zusammenhang mit individuellen Gepäcktransportdienstleistungen genutzt werden. Dabei würde das Fahrzeug während den Freizeitreisen als eine Art «mobiler Schrank» fungieren, der einem auf Schritt und Tritt begleitet und stets die erforderlichen Gepäck- und Ausrüstungsgegenstände für unterschiedliche Freizeitaktivitäten und Beschäftigungen griffbereit hält. Da ein solches Konzept jedoch mit einem starken Wachstum im Verkehrsaufkommen verbunden wäre, scheint eine Umsetzung in die Praxis nur wenig wahrscheinlich.

4.5.3 Freizeitaktivitäten und Nutzergruppen

Nach Einschätzung der Experten könnte das automatisierte Fahren vor allem Bergsportarten wie dem Wandern oder dem Skitourengehen neue Potentiale eröffnen. Flexible und bedarfsorientierte automatisierte Mobilitätsangebote würden es dabei ermöglichen, dass in der Tourenplanung Start- und Zielpunkte einer Tour voneinander abweichen (beispielsweise über verschiedene Täler hinweg) und man von beliebigen Orten bequem wieder zum Ausgangspunkt zurücktransportiert werden kann. Automatisiertes Fahren könnte hier zu einer Vereinfachung resp. zu mehr Flexibilität für Freizeitreisende führen. Dies könnte insbesondere auch in Regionen attraktiv werden, wo es bereits heute kein oder nur ein unzureichendes ÖV-Angebot gibt resp. wo das ÖV-Angebot durch die zunehmende Abwanderung weiter abgebaut werden könnte. Durch die eingeschränkte Transportkapazität, welche ein solches Konzept insb. im Kollektivverkehr (z.B. mit autonomen Shuttlebussen) mit sich bringen würde, wären solche Angebote denn auch eher für den langsamen, naturnahen Tourismus als für den Massentourismus geeignet.

Wie in Kapitel 4.1.4 aufgezeigt, gehen rund drei Viertel der alltäglichen Freizeitwege auf nicht-sportliche Aussenaktivitäten, Gastronomiebesuche, Verwandtschafts- oder Freundesbesuche und Sportaktivitäten zurück. Nach Einschätzung der Experten werden bei diesen Aktivitäten jedoch keine grösseren Effekte durch die Automatisierung der Fahrzeuge erwartet. Bei Aktivitäten wie Gastronomiebesuchen werde es sich in Städten und Agglomerationen nach wie vor anbieten mit dem ÖV oder zu Fuss unterwegs zu sein und es bestünde von Seiten der Städte wohl nur wenig Anreiz, dass diese Fahrten mit einem automatisierten Fahrzeug abgewickelt werden. Attraktive ÖV-Angebote und ggf. ergänzende neue Dienstleistungen aus dem Bereich der Mikromobilität dürften sich hier eher anbieten – auch im Sinne der potentiellen verkehrlichen Überlastung durch eine Zunahme des (automatisierten) Individualverkehrs in urbanen Räumen.

Die weitaus grössten Effekte durch automatisiertes Fahren im Freizeitverkehr sind nach Einschätzung der Experten bei ausländischen Touristen zu erwarten, welche durch die individuell gestalt- und planbaren Touren sich ihre Reise auf Ihre Bedürfnisse zuschneiden können. Die Experten sehen hier insb. bei Touristen aus dem arabischen oder asiatischen Raum ein grosses Potential. Asiaten reisen heutzutage tendenziell noch in Gruppen. Hier könnte sich durch das automatisierte Fahren in Zukunft ein Wechsel hin zu Individualreisen einstellen, was neben den bereits bekannten touristischen Hotspots (Luzern, Interlaken, Zermatt, etc.) zunehmend auch Druck auf touristisch noch «unbekannte» Regionen ausüben könnte.

Insgesamt ist es nach Einschätzung der Experten schwierig, eine auf Freizeitaktivitäten basierte Abschätzung zu möglichen Effekten automatisierter Fahrzeuge vorzunehmen, ausser wie eingangs beschrieben für klassische Bergsportarten wie dem Wandern oder Skitourengehen oder für individuell gestaltbare Touren von Touristen aus dem Ausland, wo die Vorteile automatisierten Fahrens durch die gesteigerte Flexibilität und die individuelle Planbarkeit überwiegen dürften. Abschliessend sehen gewisse Experten auch Vorteile für bestimmte Nutzergruppen wie z.B. Alte, die nicht mehr Autofahren können resp. dürfen oder Jugendliche, welche per se eine Affinität für digitalisierte Anwendungen mit sich bringen. Hier sprechen wir jedoch von Vorteilen durch automatisiertes Fahren im Allgemeinen, können jedoch keine direkten Schlüsse aus den Interviews auf mögliche Effekte durch das automatisierte Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr ziehen.

4.5.4 Potentielle Raumwirkungen durch den Freizeit- und Tourismusverkehr

Insgesamt gehen die Experten davon aus, dass sich die Zeitwahrnehmung von Freizeitreisenden durch automatisiertes Fahren nicht merklich verändern wird. Da die Fahrzeit im Freizeitverkehr i.d.R. nicht aktiv genutzt wird, bedeuten längere Anfahrtswege zusätzlichen (Frei-) Zeitverlust der nicht mit anderen Beschäftigungen und Aktivitäten kompensiert werden kann. Die Experten gehen daher aktuell nicht davon aus, dass Freizeitreisende aufgrund von automatisierten Fahrzeugen längere Anfahrtswege zu ihren Freizeitaktivitäten in Kauf nehmen werden oder automatisierte Fahrzeuge wie von Bainbridge (2018) erwartet vermehrt als private Rückzugsorte fungieren werden, in denen man auch durch die Nacht Reisen wird. Die Erreichbarkeit von Freizeitaktivitäten resp. touristischen Destinationen und die Reisezeit werden daher sehr wahrscheinlich auch in Zukunft die entscheidenden Faktoren in der Freizeitgestaltung von Freizeitreisenden bleiben.

Wie in Kapitel 4.5.1 aufgezeigt, könnten flexible und bedarfsorientierte automatisierte Mobilitätsangebote eine positive Wirkung auf periphere, ländliche Gebiete entfalten, indem sie zusätzlich zur Feinerschliessung für den Freizeitverkehr die Grunderschliessung für die ständige Wohnbevölkerung in den Randregionen sichern. Abgelegene Alpentäler, welche stark auf die Einnahmen aus dem Tourismus angewiesen sind, könnten daher zu den Gewinnern einer solchen Entwicklung gehören. Entsprechend könnte der alpine Raum auch wieder attraktiver zum Bewohnen werden und im Idealfall die Disparitäten zwischen Stadt und Land ein wenig glätten resp. die zunehmende Abwanderung aus peripheren Regionen bremsen. Deshalb sei es wichtig, die ländlichen Gebiete frühzeitig und proaktiv in die bevorstehende Transformation des Mobilitätssystems miteinzubeziehen, damit diese in ihrer (technologischen) Entwicklung nicht von den urbanen Räumen «abgehängt» werden. Letztlich haben gemäss den Experten jedoch andere Faktoren wie das touristische Leistungsangebot, die Entwicklung der Bodenpreise oder raumplanerische Entscheidungen von Bund und Kantonen (z.B. wie stark eine dezentrale Entwicklung gefördert resp. zugelassen werden soll) einen grösseren Einfluss auf die Attraktivität von peripheren Gebieten als Lebensraum (und damit einhergehend auf potentielle Raumeffekte), als das automatisierte Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr selbst.

Auch bei den Wohnortentscheidungen der urbanen Bevölkerung dürften nach Einschätzung der Experten keine merklichen Veränderungen aufgrund neuer Möglichkeiten durch automatisiertes Fahren im Freizeitverkehr zu erwarten sein. Städte und Agglomerationen werden nach wie vor aufgrund besserer Erreichbarkeiten und kürzerer Wege zu einer Vielzahl an Freizeit- und Dienstleistungsangeboten auf kleinem Raum als Wohnstandorte attraktiv bleiben. Im Zuge der Entwicklung flexiblerer Arbeits- und Freizeitmodelle könnte es jedoch durchaus möglich sein, dass ein gewisser Teil der Arbeitnehmer/-innen ihren Wohnort vermehrt an ihre Freizeitgestaltung ausrichten werden und zum Beispiel in die Nähe ihrer bevorzugten Freizeitgebiete ziehen werden (z.B. könnte ein Bergsteiger seinen Wohnsitz von der Stadt näher an den Alpenraum heran verschieben). Dieser Anteil dürfte jedoch nach Einschätzung der Experten marginal bleiben und eine zunehmende Zersiedelung aufgrund von automatisiertem Fahren im Freizeitverkehr dürfte daher nicht erwartet werden. Letztlich sind gerade die eingangs erwähnten Vorzüge einer Stadt mitverantwortlich dafür, warum der Städtetourismus aktuell derart boomt: Den Touristen wird auf kleinstem Raum eine Vielzahl an unterschiedlichen

Aktivitäten und Attraktionen geboten (z.T. in Gehdistanz). Dadurch verlieren sie beim Transfer von der einen zur nächsten Attraktion sehr wenig Zeit und können dementsprechend mehrere Aktivitäten pro Tag einplanen und erleben. Und genau diese Vorzüge geniesst nach Einschätzung der Experten neben den Touristen im Prinzip ja auch die Stadtbevölkerung selbst, weshalb diese Räume als attraktive Wohnstandorte auch in Zukunft bestehen bleiben werden.

4.5.5 Auswirkungen auf die Freizeit- und Tourismusindustrie

Die Digitalisierung in Kombination mit einer flexibleren Arbeits- und Freizeitgestaltung (mobiles Arbeiten, Teilzeitarbeitsmodelle, Arbeiten in «Third Places», etc.) werden gemäss den Experten einen wesentlichen Einfluss auf den Freizeitverkehr der Zukunft haben. Die zunehmende Vermischung von Arbeits- und Privatleben wird dazu führen, dass berufstätige Menschen immer mehr aus ihrer frei verfügbaren Zeit herauszuholen versuchen werden und auch an Arbeitstagen resp. während der Arbeitszeit vermehrt kleinere Auszeiten zu Freizeit- und Erholungszwecken einplanen werden. Dies wird jedoch erfordern, dass die Freizeit- und Tourismusindustrie entsprechende Angebote kreiert und bereitstellt. Dementsprechend ist gemäss den Experten zu erwarten, dass insbesondere im Zuge der Megatrends Neues Leben resp. Arbeiten auch die gesamte Freizeitindustrie einem substantiellen Wandel unterworfen sein wird um auf diese neuen Anforderungen zu reagieren.

Letztlich gilt es nach Einschätzung der Experten jedoch auch zu beachten, dass in den vergangenen Jahren die Freizeitreisen innerhalb der Schweiz tendenziell abgenommen haben. Dagegen haben primär die Flugreisen ins Ausland deutlich zugenommen. Diese werden jedoch mit automatisierten Fahrzeugen nur schwer zu kompensieren sein, weshalb insgesamt keine grösseren Umwälzungen der bestehenden Trends im Freizeitverkehr durch automatisiertes Fahren erwartet werden. Offen bleibt jedoch, ob automatisierte Mobilitätsangebote ev. eine Konkurrenz zu bestehenden Nachtzug- und Flugangeboten für Reisen ins grenznahe Ausland darstellen könnten. Hier werde es gemäss den Experten entscheidend sein, wie attraktiv solche Angebote ausgestaltet sein werden und ob sie in Preis, Zeit und Komfort eine Alternative zum Flugzeug resp. zum Nachtzug darstellen können.

4.6 Schlussfolgerungen

Ziel der Untersuchungen im Freizeitverkehr war es abzuschätzen, ob die potentiell grössere Flexibilität des automatisierten Fahrens für gewisse Aktivitäten und in bestimmten Räumen ein höheres Nutzungspotenzial aufweist und sich daraus räumlich differenzierte Effekte ergeben könnten. Zusätzlich sollte abgeschätzt werden, welchen Einfluss potentielle Veränderungen im Reiseverhalten (z.B. impliziert durch Megatrends) auf die Nutzung automatisierter Fahrzeuge haben könnten.

Komfort und Flexibilität von Freizeitreisen durch automatisiertes Fahren

H1: *Automatisiertes Fahren wird den Komfort und die Flexibilität von Freizeitreisen stark verbessern, was in einer Zunahme von Freizeitreisen in periphere, ländliche Räume aus den Agglomerationen heraus resultieren wird (Zeit-Raum-Kompression).*

Die Resultate aus den Experteninterviews haben gezeigt, dass insbesondere der alpine Raum durch automatisierte Mobilitätsangebote attraktiver werden könnte – einerseits durch die bessere Erreichbarkeit, aber auch weil sich die Touristen (insb. Wanderer) nicht mehr nach fixen Fahrplänen des ÖV richten müssen (mehr Flexibilität). Die Verkehrseffekte dürften dabei weniger problematisch ausfallen, da sich die Wege des Freizeitverkehrs (im Vergleich zum Pendlerverkehr) besser über den Tag verteilen (keine Spitzenstunden) und eine Anwendung dieser neuen Mobilitätsangebote primär als Ergänzung zum bestehenden ÖV-Angebot resp. für die Feinerschliessung peripherer Regionen gesehen wird. Erreichbarkeit und Reisezeit werden auch nach wie vor die dominanten Faktoren für die Planung von Freizeitaktivitäten bleiben, weil im Freizeitverkehr (im Vergleich zum Pendlerverkehr), die Reisezeit generell nicht aktiv genutzt wird. Es wird daher nicht

erwartet, dass wegen dem automatisierten Fahren in Zukunft längere Distanzen für Freizeitwecke zurückgelegt werden (z.B. RoadTrip von Genf ins Bündnerland zum Skifahren) als heute. Entgegen den weitläufigen Erwartungen wird automatisiertes Fahren daher höchstwahrscheinlich zu keiner Zeit-Raum-Kompression führen und die erste Arbeitshypothese wäre damit zu wiederlegen.

Megatrends und ihr Einfluss auf automatisiertes Fahren in Freizeit und Tourismus

H2: Megatrends wie die Überalterung der Gesellschaft oder die Etablierung neuer Arbeits- und Freizeitformen werden zu einer erhöhten Nachfrage nach Freizeitreisen in automatisierten Fahrzeugen führen.

Die Entwicklung einer «Sharing Economy» wird von den Experten als relevantester Megatrend für automatisiertes Fahren angesehen, da sich nur so kollektive Mobilitätsangebote gegenüber dem Individualverkehr durchsetzen werden. Dies wird als zwingende Voraussetzung für eine nachhaltige Implementierung von automatisiertem Fahren im Transportsystem der Zukunft angesehen, insbesondere auch im Freizeitverkehr. Dieser Megatrend wird jedoch keinen Einfluss darauf haben, ob in Zukunft die Nachfrage nach Freizeitreisen steigen wird oder nicht. Eventuell könnte die Digitalisierung in Kombination mit flexiblen Arbeits- und Freizeitmodellen zu einer leichten Zunahme in der Nachfrage nach touristischen Dienstleistungen führen. Dies wird jedoch in erheblichem Masse von der Schaffung der entsprechenden Angebote durch die Tourismusindustrie abhängig sein. Ob hingegen durch die Überalterung der Gesellschaft resp. aus der zunehmenden Anzahl an potentiellen Freizeitreisenden aus älteren Generationen eine erhöhte Nachfrage nach Freizeitreisen resultieren wird, kann derzeit nicht abschliessend beantwortet werden. Entscheidend wird es hier sein, wie schnell sich die älteren Generationen den neuen Technologien annehmen und zielgerichtet für die Befriedigung ihrer Freizeitinteressen einsetzen werden.

Auswirkungen von automatisiertem Fahren auf den Schweizer Tourismus

H3: Automatisiertes Fahren eröffnet vielfältige Möglichkeiten für die Schaffung neuer und innovativer touristischer Leistungsangebote und wird daher den Schweizer Tourismus nachhaltig stärken.

Bei den Freizeitaktivitäten wird primär das Wandern durch das automatisierte Fahren profitieren, weil dies neue Möglichkeiten eröffnen wird wie z.B. eine Wanderung von einem Tal ins andere, mit anschliessendem Abholservice (flexible Start- und Zielorte). Die Experteninterviews haben jedoch auch gezeigt, dass Freizeitreisen innerhalb der Schweiz in den letzten Jahren tendenziell abgenommen haben, hingegen vor allem die Flugreisen ins Ausland stark zugenommen haben. Da sich dieser Trend gemäss den Experten auch in Zukunft wohl fortsetzen wird, bleibt es fraglich, wie stark die Freizeit- und Tourismusindustrie durch automatisiertes Fahren im Freizeitverkehr letztlich profitieren wird. Das grösste Potential für die Schaffung neuer und innovativer Angebote besteht deshalb sehr wahrscheinlich bei ausländischen Touristen, welche durch automatisierte Mobilitätsangeboten ihre Reisen individuell und gemäss ihren persönlichen Präferenzen planen und gestalten können (z.B. individuelle automatisierte Stadtrundfahrten). Letztlich gilt es jedoch auch zu beachten, dass automatisiertes Fahren resp. der Transport nur ein Glied in der gesamten touristischen Leistungskette darstellt. Ob und wie viele Gäste die Schweiz letztlich besuchen werden, hängt auch in Zukunft primär vom Preisniveau (resp. Wechselkurs) und der Attraktivität des touristischen Leistungsangebotes in der Schweiz ab und kann höchstwahrscheinlich kaum durch das automatisierte Fahren radikal beeinflusst werden.

Fazit automatisiertes Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr

Abschliessend bleibt aus den Untersuchungen zum automatisierten Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr also festzuhalten, dass die Haupttreiber in Freizeit und Tourismus nach wie vor das touristische Leistungsangebot und die Preise bleiben werden und nicht das automatisierte Fahren. Entscheidend wird jedoch sein, wie automatisiertes Fahren in

den verschiedenen Raumtypen für den Freizeitverkehr in Zukunft eingesetzt wird. In peripheren Gebieten könnten automatisierte Fahrzeuge eine sinnvolle Ergänzung für die Feinerschliessung abgelegener Gebiete darstellen wodurch diese Räume besonders stark durch das automatisierte Fahren im Freizeit- und Tourismusverkehr profitieren könnten. Hier gilt es entsprechende Konzepte und Angebote mit den etablierten Anbietern im ÖV zu planen und zu entwickeln.

Sofern sich der Trend des wachsenden Städtetourismus weiter fortsetzen wird, wird dies immer wie mehr auch die Städte und Agglomerationen vor grosse verkehrliche und infrastrukturelle Herausforderungen stellen. Hier könnten automatisierte Mobilitätskonzepte im Kollektivverkehr eine alternative zu den «traditionellen» Transportdienstleistern darstellen. Zusätzlich besteht eine gewisse Gefahr, dass vermehrt ausländische Touristen auf individuell geplanten Routen mit automatisierten Fahrzeugen in der Schweiz unterwegs sein werden. Gerade in touristisch attraktiven Städten, welche eine hohe Dichte an Sehenswürdigkeiten aufweisen, könnte diese Situation zu zusätzlichen Überlastungen des Verkehrssystems führen. Hier werden insbesondere die Städte in der Pflicht sein, die für ihre Voraussetzungen verträglichen Konzepte und Geschäftsmodelle zu fördern und umzusetzen resp. ungewünschte Entwicklungen mit entsprechenden Massnahmen frühzeitig zu verhindern oder in geordnete Bahnen zu lenken.

Letztlich wird in der weiteren Diskussion zum automatisierten Fahren auch der jeweilige Kontext von besonderer Bedeutung sein. Grossstädte, wie sie in den USA oder China zu finden sind, weisen komplett andere Voraussetzungen für die Implementierung automatisierter Mobilitätskonzepte auf als die Städte in der Schweiz. Es sind daher zwingend massgeschneiderte Lösungen erforderlich, welche auf den jeweiligen Kontext angepasst sind und sämtliche externen Gegebenheiten (im direkten Umfeld von Verkehr und Transport) mitberücksichtigen. Es wird daher auch im Freizeitverkehr nicht das allgemeingültige Patentrezept für automatisiertes Fahren geben, sondern diese müssen stets den jeweiligen Gegebenheiten und Erfordernissen der unterschiedlichen Raumtypen angepasst und entsprechend ausgestaltet werden - im kontinuierlichen Dialog mit sämtlichen betroffenen Akteuren.

5 Standortentscheidungen im Güterverkehr durch automatisiertes Fahren

Automatisiertes Fahren betrifft nicht nur den Personenverkehr. Automatisierte Lastkraftwagen (LKW) oder Paketabholstationen, die automatisiert bestimmte Ortschaften erreichen können, sind Beispiele für Technologien, die auch den Güterverkehr zukünftig beeinflussen werden. Auch hier stellt sich die Frage, ob diese Technologien den Güterverkehr so verändern werden, dass Raumeffekte daraus entstehen könnten. Aufgrund der grossen Bandbreite an Möglichkeiten und der mangelnden Literatur zu diesem Thema, wurde beschlossen, in diesem Projekt den Fokus erstmals auf Standortentscheidungen zu setzen. Insbesondere war das Ziel der Arbeiten zu verstehen, inwiefern Automatisierung im Güterverkehr die Standortentscheidungen von Logistikunternehmen beeinflussen könnte. Dazu wurde zuerst eine Literaturanalyse durchgeführt, um Möglichkeiten und Trends des automatisierten Güterverkehrs zu identifizieren. Daraus wurden Hypothesen entwickelt, die im Rahmen von telefonischen Interviews mit Experten diskutiert wurden.

5.1 Literaturanalyse, Möglichkeiten und Trends im automatisierten Güterverkehr

Automatisierte LKWs und generische Trends

Automatisierte und teilweise autonome Fahrzeuge sind für den Transport von Gütern bereits heute im Einsatz. Dies beschränkt sich meist auf den Produktionsstandort oder die Lagerung. Entsprechend stellt sich die Frage, zu welchen Vorteilen und Herausforderungen vollautomatisches Fahren im Strassengüterverkehr auf öffentlicher Infrastruktur führen könnte.

Die Nutzfahrzeuge aus der Logistik eignen sich aufgrund ihrer hohen Fahrleistung für das automatisierte Fahren. LKWs legen jährlich im Durchschnitt 100'000 Kilometer und PKW's gerade einmal 14'000 Kilometer zurück. Aufgrund der hohen Fahrleistung ist eine Amortisation viel schneller zu erreichen (VDA 2015). Damit das automatisierte Fahren in der Logistikkette implementiert werden kann, müssen noch verschiedene infrastrukturelle und rechtliche Änderungen eingeführt werden. Dies wären bisher nicht in Betracht gezogene Kosten für Infrastrukturerstellung und -finanzierung, welche grösstenteils dem Staat zufallen würden (S. Müller 2018). Gleichzeitig ist aber zu beachten, dass durch Automatisierung in vielen Fällen die Anwesenheit eines Fahrers im Fahrzeug nicht mehr nötig sein könnte (wenn dieser zum Beispiel beim Ein- und Ausladen nicht unterstützen muss), was die Transportkosten pro Tonne deutlich senken würde.

Die Logistik wird heutzutage stark von Trends wie Digitalisierung, Citylogistik, Individualisierung und Klimaschutz beeinflusst. Durch die Digitalisierung und Individualisierung gibt es eine Zunahme im Bereich „Just-In-Time“ und „Logistics-on-demand“. Einerseits können damit Lagerbestände verringert und besser auf Kundenwünsche eingegangen werden. Andererseits bedeutet dies, dass Güter kurzfristiger bestellt werden und die Waren rascher ausgeliefert werden müssen. Diese Kombination führt zu kleineren Stückzahlen, einer Zunahme der Anzahl Sendungen und somit zu einer Verkehrszunahme. Da bereits heute die Strassenkapazität im städtischen Raum an ihre Grenzen stösst und der Ausbau der Infrastruktur eher schwierig ist, benötigt es neue Citylogistik-Konzepte (Abegg u. a. 2018).

Relevante Vorteile eines automatisierten Güterverkehrs könnten sich in der Verkehrssicherheit und für Unternehmen im Bereich der Kosteneffizienz ergeben.

Citylogistik

Zum Begriff „Citylogistik“ gibt es keine eindeutige Definition. Allgemein werden darunter Konzepte, welche die Bündelung des städtischen Güterverkehrs zum Ziel haben, verstanden. Dadurch soll erreicht werden, dass die Anzahl Güterverkehrsfahrten und die Belastung der Verkehrsräume reduziert werden (Abegg u. a. 2018).

Ein typisches Beispiel ist die City-Logistik aus dem Cargo Sous Terrain Ansatz (CST 2016), in dem die Verteilung von Gütern in der Stadt nicht mehr durch die einzelnen Detailhändler (zum Beispiel Coop oder Migros) durchgeführt werden soll, sondern durch ein von CST koordiniertes System, welches es für alle durchführt und somit optimierte Routen suchen und schlussendlich eine höhere Effizienz erreichen könnte. Auch solche Systeme könnten zum Beispiel rein kostenmässig von automatisierten Lieferfahrzeugen profitieren.

Ein weiteres Citylogistik-Konzept wäre der vermehrte Einsatz von Paketstationen. Paketstationen sind nicht an die Lieferdienstzeiten gebunden und man kann das Paket abholen, sobald sich Zeit findet. Die Schweizerische Post beispielsweise bietet dieses Angebot unter dem Namen PickPost bereits an. Mit automatisierten Fahrzeugen könnten in Zukunft mobile Paketstationen eingesetzt werden. Die Paketstationen könnten von einem Verteilzentrum an strategisch sinnvolle Orte (Bushaltestelle, grosse Überbauungen) fahren und dort verweilen, bis alle Pakete abgeholt wurden (Abegg u. a. 2018).

Neue Logistiktrends

Einer der neueren Trends in der Logistik ist die Permalogistik. Mit Permalogistik ist ein Logistikkonzept gemeint, in dem die traditionelle Bündelung der Sendungen aufgehoben wird. Der Transport und die Verteilung vom Hersteller zum Kunden/Geschäft funktioniert nicht mehr über die übliche Kette: gebündelter LKW Transport zum Verteiler und dann gebündelte Verteilung auf kleineren Transportern zum Kunden oder Geschäft. Die Permalogistik basiert auf sehr kleinen, automatisierten Fahrzeugen (z.B. kleine Pods) die direkt vom Hersteller oder grösseren Umschlaganlagen zum Endverbraucher fahren. Dadurch wäre eine 24h Stunden Logistik mit sehr kurzen Lieferzeiten möglich. Hier besteht jedoch die Gefahr eines Wachstums im Verkehrsaufkommen.

Ein weiterer neuer Trend könnte die Mobile-Lagerhaltung sein. Durch automatisierte LKWs könnten Container kostengünstig transportiert werden. Für Unternehmen könnte es in Zukunft kostengünstiger sein, anstelle eines physischen Lagers am Unternehmensstandort, die Güter direkt in den Container als mobiles Lager zu laden. Diese Container könnten an Standorten zwischengelagert werden, wo der Raum günstiger ist und nicht mit anderen Aktivitäten in Konkurrenz steht. Sobald die Güter wieder gebraucht werden, können sie weiter transportiert werden. Zum Teil wird dieses Konzept bereits bei der Bahn verwendet, wobei Container ein Teil der Zeit auf Abstellgleisen überbrücken.

Zuletzt herrscht zum Teil die These, dass, da durch automatisierte Fahrzeuge der Fahrer nicht mehr Lenken muss, diese Person trotzdem weiterhin gebraucht werden könnte, um beispielsweise die Umladungen zu koordinieren, oder auch während der Fahrt bestimmte Fertigungsschritte auszuführen (z.B. Verpackung). Somit könnten einige Fertigungsschritte auf den LKW verlagert werden.

Platooning

Unter Platooning versteht man im Allgemeinen das elektronische Verbinden mehrerer Fahrzeuge zu einem «Platoon»⁸. Das vorderste Fahrzeug führt dabei die in kurzen Abständen die nachfolgenden Fahrzeuge. Dadurch verringert sich der Platzbedarf auf der Strasse und das Fahren im Windschatten führt zu einem geringeren Treibstoffverbrauch. Im Bereich des Güterverkehrs würde die vorhandene Strasseninfrastrukturkapazität wegen

⁸ dt.: Zug, Trupp oder Einheit

geringerem Platzbedarf und gleichmässigerer Geschwindigkeit bezüglich Flächeneffizienz deutlich profitieren (Flämig 2015).

Platooning in der Schweiz wird aber zum Teil in Frage gestellt, da es auf den Autobahnen in der Schweiz angesichts der relativ kurzen Transportwege, des im Allgemeinen dichten Verkehrsflusses und der relativ kurzen Abstände von Ein- und Ausfahrten eher weniger Vorteile bringen könnte (Jermann u. a. 2017). Für eine Implementierung wären zudem infrastrukturelle Anpassungen wie beispielsweise die Schaffung von separaten Fahrspuren oder separate Ein- und Ausfahrten nötig (Abegg u. a. 2018).

Schienen- und Strassengüterverkehr

Die Automatisierung des Güterverkehrs würde in erster Linie einen Kostenvorteil für den Strassengüterverkehr mit sich bringen. Besonders im Langstreckenverkehr in Folge sinkender Betriebskosten würde ein Wettbewerbsvorteil entstehen. Somit hätte eine Automatisierung des Straßengüterverkehrs vor allem negative Auswirkungen auf den Schienengüterverkehr (Oehry u. a. 2018).

Eine mögliche Alternative dazu, wäre der vermehrte Einsatz von multimodalen Transportsystemen. Dabei wird eine optimale Kombination von Schienensystemen und dem Strassentransport angestrebt.

5.2 Hypothesen

Aus den Trends und Möglichkeiten des automatisierten Güterverkehrs wurden folgende Hypothesen entwickelt, welche weiter als Grundlage für die Diskussion mit den Experten zum Einfluss des automatisierten Güterverkehrs auf Standortentscheidungen von Logistikunternehmen dienen:

H1: *Durch Platooning auf Hochleistungsstrassen können mehr Fahrzeuge auf der gleichen Fläche fahren. Dies würde zu weniger Stau und besserer Raumausnutzung führen.*

H2: *Durch das Wegfallen des Fahrers bei autonomen Fahrzeugen würden die Kosten pro Tonnenkilometer (tkm) im Strassengüterverkehr stark sinken. Dadurch würde die Attraktivität des Strassengüterverkehrs gegenüber dem Schienengüterverkehr zunehmen. Dies könnte zu einer Verlagerung von der Schiene auf die Strasse führen.*

H3: *Eine Verlagerung von der Schiene auf die Strasse, könnte durch den vermehrten Einsatz multimodaler Transporte (Kombination von Schienen und Strassen) vermieden werden. Dafür wäre die Entwicklung massenleistungsfähiger Umschlagsanlagen zur Verknüpfung unterschiedlicher Arten von Transportmitteln notwendig.*

H4: *Automatisierung könnte ein Treiber für Urban Sprawl sein. Sollten Suburbanisierungsprozesse einsetzen, könnte das auch bedeuten, dass Güter verstärkt online bestellt werden, wegen der schlechteren Versorgungslage vor Ort. Durch Automatisierung sinkende Transportkosten könnten solch eine Tendenz zum Online-Handel verstärken und den Einzelhandel vor Ort schwächen. Die Automatisierung von Personen- und Güterverkehr könnte somit zusammenwirken und Zersiedlungsprozesse verstärken.*

H5: *Eine Entlastung des städtischen Strassennetzes vom Güterverkehr und eine effiziente Verteilung kann dann erreicht werden, wenn Warenströme stärker gebündelt werden und Fahrzeuge auf der Hin- und Rückfahrt ausgelastet sind.*

H6: *Durch den automatisierten Güterverkehr wären auch neue Logistikkonzepte, wie beispielsweise die Permalogistik möglich. Dabei sollen kleine, automatisierte Fahrzeuge (z.B. Pods) direkt vom Hersteller oder von grösseren Umschlaganlagen zum Endverbraucher fahren. Dadurch wäre eine 24h «on-demand» Logistik mit sehr kurzen Lieferzeiten möglich. Dies würde die Verteilzentren überflüssig machen, jedoch ein erhöhtes Verkehrsaufkommen durch die fehlende Bündelung verursachen.*

H7: Durch das Wegfallen der Fahrer könnte es für Unternehmer kostengünstiger werden, anstelle eines physischen Lagers, mittels Container ein mobiles Lager zu halten. Diese Container können dann an Standorten mit guter Erreichbarkeit (nähe Autobahn), wo der Raum günstiger ist und nicht mit anderen Aktivitäten in Konkurrenz steht, zwischengelagert werden, bis sie wieder gebraucht werden. Somit wären keine Lager im Unternehmen mehr nötig, sondern man hätte die Lagerhaltung direkt in den Containern.

5.3 Experten und Interviewvorgang

Die Hypothesen wurden in Form eines telefonischen Interviews mit folgenden Experten diskutiert:

- Mathias Hofer, EBP
- Arnold Berndt, Bundesamt für Verkehr BAV
- Thomas Schmid, Rapp Trans AG
- Barbara Zollinger, Verband öffentlicher Verkehr
- Alexander Viehl, Leiter Testfeld autonomes Fahren Baden-Württemberg
- Stephan Müller, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR und Forscher an der Atlas Studie⁹

Bei der Wahl der Experten wurde versucht, ein überschaubares Ensemble von Vertreter der Bundesämter, Forschung und Logistikexperten zusammenzustellen. Typischerweise ein oder zwei Tage vor dem telefonischen Interview wurden den Experten die Hypothesen weitergeleitet. Die Interviews dauerten in der Regel ungefähr eine Stunde.

5.4 Zusammenfassung der Expertenmeinungen und Prüfung der Hypothesen

H1: Durch Platooning auf Hochleistungsstrassen können mehr Fahrzeuge auf der gleichen Fläche fahren. Dies würde zu weniger Stau und besserer Raumausnutzung führen.

Aus den Interviews ging hervor, dass eigentlich nicht erwartet wird, dass Platoons in grösserem Rahmen zum Einsatz kommen werden. Verschiedene Experten haben dazu bereits Umfragen bei den Logistikunternehmen gemacht. Dabei hat sich herausgestellt, dass Platooning für die Logistik, so wie das Konzept aktuell in den Medien beschrieben wird, nicht attraktiv zu sein scheint. Ein Problem dabei ist, dass aufgrund veränderter Bedürfnisse der Kunden (z.B. Same Day Delivery¹⁰), die zeitliche Koordination mit anderen Unternehmen als Hindernis gesehen wird, weil die eigene Flexibilität im Transport dadurch stark beeinträchtigt wird. Darüber hinaus scheint die Einführung von Platooning gerade in der Schweiz, wegen den relativ kurzen Transportwegen, des im Allgemeinen dichten Verkehrsflusses und den relativ kurzen Abständen zwischen Ein- und Ausfahrten eher unattraktiv. Zudem scheint die theoretische Idee aus der Literatur zwar vielversprechend, jedoch ist die technische Machbarkeit noch zu überdenken. Ein Experte betonte, es gäbe grössere Herausforderungen, wenn LKWs mit sehr unterschiedlichen Waren (zum Beispiel Kies im Gegensatz zu Schuhen) mit sehr kleinen (möglicherweise fixen) Abständen fahren. Damit Platooning in der Schweiz möglich wäre, müssten grosse Investitionen in die Infrastruktur getätigt werden und es ist nicht klar, inwiefern der Bund bereit wäre, solche Investitionen wirtschaftlich zu unterstützen. Zusammenfassend wird das Potential von

⁹ Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik <https://www2.tuhh.de/atlas/>

¹⁰ Form eines Kurier-Express-Paket-Dienstes, der Pakete innerhalb desselben Kalendertages zustellt.

Platooning in der Schweiz als gering eingeschätzt und somit die erste Hypothese widerlegt.

H2: *Durch das Wegfallen des Fahrers bei autonomen Fahrzeugen würden die Kosten pro Tonnenkilometer (tkm) im Strassengüterverkehr stark sinken. Dadurch würde die Attraktivität des Strassengüterverkehrs gegenüber dem Schienengüterverkehr zunehmen. Dies könnte zu einer Verlagerung von der Schiene auf die Strasse führen.*

Alle Experten waren sich einig, dass durch das Wegfallen des Fahrers durch Automatisierung, sich die Kosten des Strassengüterverkehrs reduzieren werden und es dadurch in Zukunft zu einem Kostenvorteil der Strasse gegenüber des Schienenverkehrs kommen könnte. Die Bandbreite der Einsparungen ist jedoch unklar und hängt neben dem Automatisierungsgrad zusätzlich davon ab, ob aus anderen Gründen (zum Beispiel Unterstützung bei Ladevorgängen) trotzdem noch eine Person im Fahrzeug nötig sein wird. Einige Experten sehen Einsparungen zwischen 30% bis 60% als plausibel.

Inwiefern sich dadurch eine massgebende Verlagerung des Güterverkehrs von der Schiene auf die Strasse ergeben könnte, waren sich die Experten hingegen uneinig. Denn neben den Kosten gibt es noch andere Aspekte, die hier einen relevanten Einfluss haben könnten. Durch die Digitalisierung und die neuen Logistiktrends spielt beispielsweise vermehrt die Flexibilität, Verfügbarkeit und Vorhersehbarkeit eine wichtige Rolle im Güterverkehr. Solche Aspekte könnten einen kostengünstigen Strassentransport zusätzlich fördern. Gleichzeitig gilt es aber zu beachten, dass Automatisierung auch im Schienenverkehr gewisse Kosteneinsparungen mit sich bringen wird und die Möglichkeit einer Regulierung durch die Gesellschaft nicht zu vernachlässigen ist. Beispielsweise wird durch das Nachtfahrverbot bereits heute ein künstlicher Vorteil für die Schiene geschaffen. Es wird ausserdem weiterhin Schlüsselfaktoren geben, die für einen Wettbewerbsvorteil auf der Schiene sorgen. Gerade im Bereich Spezialtransporte oder bei der Massentauglichkeit von Massengut-, Silo- und Komplett-Ladungslogistik wird auch weiterhin die Schiene einen Vorteil gegenüber dem Strassentransport aufweisen. Alle Experten geben jedoch an, dass eine Entwicklung in Richtung Verlagerung auf die Strasse nicht wünschenswert wäre. Einerseits ist die Infrastruktur der Schiene bereits vorhanden und andererseits würde eine Verlagerung auf die Strasse zu einem erhöhten Verkehrsaufkommen führen. Um diese Verkehrsmenge zu steuern, müssten entsprechende Regulierungen bzw. Anreizsysteme eingeführt werden. Bezüglich der Arbeitshypothese H2 besteht also die Möglichkeit, dass der Schienenverkehr gewisse Marktanteile an den Strassengüterverkehr verlieren könnte, jedoch eher in einem bescheidenen Masse. Der Strassengüterverkehr wird vermutlich vor allem die durch das Wachstum in der Güterlogistik entstehende neue Menge an Güterverkehr aufnehmen. Jedoch gibt es auch auf der Schiene ein gewisses Wachstumspotential.

H3: *Eine Verlagerung von der Schiene auf die Strasse, könnte durch den vermehrten Einsatz multimodaler Transporte (Kombination von Schienen und Strassen) vermieden werden. Dafür wäre die Entwicklung massenleistungsfähiger Umschlagsanlagen zur Verknüpfung unterschiedlicher Arten von Transportmitteln notwendig.*

Der multimodale Güterverkehr wird bereits heute praktiziert. Da man dafür nicht zwingend automatisierte Fahrzeuge braucht, könnten solche Konzepte in Zukunft viel schneller implementiert werden als das automatisierte Fahren. Der kombinierte Güterverkehr stellt dabei den (situationsbezogen) passenden Transportmitteleinsatz in den Vordergrund. Dies könnte insbesondere für die Bündelung der Waren und Sendungen Vorteile mit sich bringen. Jedoch erfordert ein solches Konzept den Einsatz (und den Bau) von Umschlagsanlagen. Für eine Durchsetzung in der Zukunft mit automatisierten Fahrzeugen spielt daher die Raumplanung eine zentrale Rolle, da nicht nur der bewegliche Verkehr, sondern auch die genauen Standorte für den Güter- und Warenumschlag mitberücksichtigt werden müssen.

Bezüglich der Betrachtung von disruptiven multimodalen Transportsystem wie z.B. Cargo Sous Terrain (CST) gehen die Meinungen der Experten auseinander. Viele Logistikunternehmen investieren heute viel in Umschlagsanlagen und die bestehende

Infrastruktur. Dieser Trend wird sich wohl fortsetzen und es wird auch in Zukunft mit immer stärker automatisierten Umschlagsanlagen gerechnet. Bis diese Investitionen amortisiert sein werden und sich ein Wechsel auf eine dritte Infrastruktur (im Untergrund) lohnen würde, könnte der für CST definierte Zeithorizont unattraktiv sein. Der Bund ist ausserdem aktuell nicht bereit, das Projekt mitzufinanzieren. Jedoch bringt dieses neue System auch verschiedene Vorteile mit sich. Die heutigen Verkehrsprobleme (insb. durch die Verkehrsüberlastung) könnten mit einem solchen Konzept in Zukunft gelöst oder zumindest entscheidend abgeschwächt werden.

Das Potential von Multimodalität und von massenleistungsfähigen Umschlagsanlagen wird also generell als relevant betrachtet und somit die Hypothese bestätigt. Welche Rolle dabei neuartige Systeme wie z.B. CST spielen könnten, bleibt jedoch offen.

***H4:** Automatisierung könnte ein Treiber für Urban Sprawl sein. Sollten Suburbanisierungsprozesse einsetzen, könnte das auch bedeuten, dass Güter verstärkt online bestellt werden, wegen der schlechteren Versorgungslage vor Ort. Durch Automatisierung sinkende Transportkosten könnten solch eine Tendenz zum Online-Handel verstärken und den Einzelhandel vor Ort schwächen. Die Automatisierung von Personen- und Güterverkehr könnte somit zusammenwirken und Zersiedlungsprozesse verstärken.*

In der Schweiz gibt es den Trend zum vermehrten Online-Handel bereits heute und es wird eher eine Urbanisierung in vielen Regionen der Schweiz festgestellt. Grundsätzlich ist das automatisierte Fahren eine Möglichkeit, um die heute eher schlechte Versorgungslage in der Peripherie zu verbessern. Die Experten gehen aber allgemein nicht davon aus, dass das Zusammenspiel von Online Handel und Automatisierung im Güterverkehr einen direkten Einfluss auf Suburbanisierungsprozesse haben wird.

***H5:** Eine Entlastung des städtischen Strassennetzes vom Güterverkehr und eine effiziente Verteilung kann dann erreicht werden, wenn Warenströme stärker gebündelt werden und Fahrzeuge auf der Hin- und Rückfahrt ausgelastet sind.*

Die Bündelung von Gütern könnte in Zukunft durch die neuen Trends für die letzte Meile von den Logistikunternehmen gar nicht mehr angestrebt werden und steht bei den Experten als offene Frage. Die bestehende Verteilungsinfrastruktur ist in den meisten Bereichen auf eine Bündelung ausgelegt. Zumeist besitzen Logistikunternehmen grosse (und immer mehr automatisierte) zentrale Umschlagsanlagen, welche dann die Waren an stadtnahe Verteilzentren weiterleiten, um näher am Kunden zu sein und diesen schneller beliefern zu können. Wahrscheinlich wird es weiterhin grosse Player geben, welche diesen Ansatz verfolgen werden. Zudem gibt es auch in der City-Logistik innovative Konzepte (z.B. Paketboxen), welche auch weiterhin eine Bündelung anstreben und von der Automatisierung profitieren könnten.

Andererseits führen die Trends zur Individualisierung, Urbanisierung und Digitalisierung dazu, dass in Zukunft immer kleinere Losgrößen über den Online Handel und in einem «just-in-time» Ansatz nachgefragt werden, was gewisse Aspekte der konventionellen Logistik in Frage stellen würde. Einige Experten gehen jedoch davon aus, dass für den Grossteil der Waren auch in Zukunft die üblichen Bündelungsmechanismen dominant sein werden und dadurch die Ware relativ kostengünstig ausgeliefert werden kann. Auch für Privatpersonen könnte ein «just-in-time» Ansatz mehr und mehr verfügbar werden, aber in einem Nischenmarkt und preislich teurer als die konventionellen Versandarten. Heutzutage besteht bereits so ein «Same-Day-Delivery» Markt und wird insbesondere in Situationen wie z.B. der Weihnachtszeit gefragt, wenn man z.B. am Morgen noch etwas bestellt und dies am selben Tag bis am Abend noch geliefert haben möchte.

Die Möglichkeit private Fahrzeuge Leerfahrten ausführen zu lassen, um vermehrt Pakete und kleine Stückgüter abholen zu lassen, sehen die Experten nicht zwingend als problematisch. Ob man nun mit dem Auto zur Post oder zum Einkaufen fährt oder Zuhause bleibt und das Fahrzeug selbständig die Waren abholt, führt wahrscheinlich nicht zu einer signifikanten Zunahme der Fahrten auf der letzten Meile. Ausschlaggebend wird

diesbezüglich sein, ob sich durch diese Möglichkeit mehr Fahrten ergeben werden, oder ob einfach grösstenteils diese Abhol- oder Einkaufsfahrten, welche heute noch mit konventionellen Fahrzeugen durchgeführt werden, zukünftig durch automatisierte Fahrten ohne Fahrer ersetzt werden. Bezüglich der Hypothese **H5** deuten also grundsätzlich die Expertenmeinungen darauf hin, dass Bündelung auch in der Zukunft eine dominante Rolle in der effizienten Durchführung der Verteilungsdienstleistung spielen wird, dass sich aber Nischenmärkte für kleinere Losgrössen etablieren werden.

H6: *Durch den automatisierten Güterverkehr wären auch neue Logistikkonzepte, wie beispielsweise die Permalogistik möglich. Dabei sollen kleine, automatisierte Fahrzeuge (z.B. Pods) direkt vom Hersteller oder von grösseren Umschlaganlagen zum Endverbraucher fahren. Dadurch wäre eine 24h «on-demand» Logistik mit sehr kurzen Lieferzeiten möglich. Dies würde die Verteilzentren überflüssig machen, jedoch ein erhöhtes Verkehrsaufkommen durch die fehlende Bündelung verursachen.*

Durch Permalogistik-Ansätze könnten sich zukünftig solche Angebote vermehrt durchsetzen, wegen der preislichen Differenzierung wohl aber nur für besonders dringende Lieferungen. Hier könnten solche neuen Konzepte mit disruptiven Innovationen, wie beispielsweise Drohnen oder kleine Pods, zum Einsatz kommen. Aber auch in diesem Fall ist die Rolle der Automatisierung auf der letzten Meile bis anhin noch unklar. Einige Experten meinen, dass die höheren Profite in der finalen Verteilung liegen, wo auch die Dienstleistung finalisiert wird und der Kundenkontakt im Zentrum der Dienstleistung steht. Inwiefern es sich lohnen wird, hier komplett auf die Anwesenheit einer Person zu verzichten, bleibt daher aktuell noch offen. Ähnlich wie für die Hypothese **H5** ergibt sich auch hier ein Bild, in welchem Permalogistikangebote und -konzepte durchaus denkbar sind, jedoch primär für einen kleinen Teil der Warenflüsse.

H7: *Durch das Wegfallen der Fahrer könnte es für Unternehmer kostengünstiger werden, anstelle eines physischen Lagers, mittels Container ein mobiles Lager zu halten. Diese Container können dann an Standorten mit guter Erreichbarkeit (nähe Autobahn), wo der Raum günstiger ist und nicht mit anderen Aktivitäten in Konkurrenz steht, zwischengelagert werden, bis sie wieder gebraucht werden. Somit wären keine Lager im Unternehmen mehr nötig, sondern man hätte die Lagerhaltung direkt in den Containern.*

Eine Entwicklung Richtung mobiler Lagerhaltung sehen die meisten Experten als eher unwahrscheinlich, womit grundsätzlich die Hypothese widerlegt wird. Dies weil die Umsetzung sehr schwierig wäre, da die Frage aufkommt, wer darauf Zugriff hätte und wieso anstelle eines Zwischenlagers die Güter in einem Container gelagert werden sollen. Lagerhaltung ist für die meisten Unternehmen sozusagen eine Versicherung und ob die Unternehmen dann ihre Güter einfach ungesichert stehen lassen ist eher fraglich.

5.5 Schlussfolgerungen

Aus den Experteninterviews lässt sich schliessen, dass keine radikale Änderungen in den Standortentscheidungen der Logistikunternehmen zu erwarten sind. Im Zentrum der Dienstleistung von Logistikunternehmen für Kunden steht auch in Zukunft die schnelle und kostengünstige Lieferung der gewünschten Ware. Dazu eignet sich ein System, das auf grosse, zentrale Umschlaganlagen, stadtnahe Verteilzentren und Verteilstationen innerhalb der Stadt basiert – im Prinzip so, wie das heutige System grösstenteils aufgebaut ist. Es wird daher nicht erwartet, dass die tieferen Kosten einer LKW-Fahrt aufgrund des überflüssig gewordenen Fahrers zum Beispiel zu einer Änderung der Lage der Verteilzentren (z.B. weiter in die Peripherie) führen wird. Denn dies würde zu längeren Fahrten führen, was die zeitliche Dimension der Dienstleistung negativ beeinträchtigt. Wichtig in diesem Kontext ist auch, dass Umschlaganlagen und Verteilzentren grössere Investitionen benötigen, typischerweise eine lange Lebensdauer haben und dadurch grössere Änderungen im System erschweren. Eher könnte man erwarten, dass bezüglich Verteilstationen in der Stadt sich das Angebot für Kunden durch automatisierte Abholstationen zusätzlich erweitern könnte, was eine grössere Flexibilität in das System hineinbringen würde.

Gleichzeitig spürt man aus den Expertenmeinungen auch eine gewisse Spannung bezüglich der Eigenschaften der traditionellen Logistik, in welcher Bündelung eine wichtige Rolle spielt, und den neuen Bedürfnissen der Kunden, welche durch Online Handel und «just-in-time» Erwartungen Bündelungsbestrebungen der Logistikunternehmen erschweren. Hier ist aber zu erwarten, dass dies eher einen kleineren Anteil der Waren betreffen wird und dass es keinen allzu grossen Einfluss auf die Standortentscheidungen von Logistikunternehmen haben sollte, sondern mehr auf die Art und Weise, wie die Ware letztlich vom Unternehmen oder von einer Umschlagsanlage zum Kunden transportiert wird. Für solche «just-in-time» Lieferungen könnten neue Formen von automatisierten Fahrzeugen (Pods oder Drohnen) in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

6 Räumliche Entwicklung: Instrumente, Stakeholder und Herausforderungen

Das Zusammenspiel von Raum und automatisierter Mobilität wird unter anderem von der Interaktion unterschiedlicher Stakeholder geprägt sein. Insbesondere gilt es zu verstehen, welche Interessen relevante Stakeholder an der Schnittstelle Raumentwicklung/Mobilität in Bezug auf automatisierte Fahrzeuge verfolgen werden, welche Erwartungen aktuell herrschen und welche Herausforderungen daraus auf der raumplanerischen Ebene entstehen könnten.

Um diese Aspekte genauer zu betrachten, wurde nach einer Analyse der Wechselwirkungen im System «Raum und Verkehr» und des Schweizer Instrumentariums der Raumplanung ein Workshop durchgeführt, in welchem die Interessen, Erwartungen und Herausforderungen unterschiedlicher Stakeholder bezüglich automatisierter Mobilität und Raumentwicklung gesammelt und mögliche Lösungsansätze erwägt wurden.

6.1 Wechselwirkungen im System «Raum und Verkehr»

Die Wirkungsketten zwischen Verkehrs- und Raumentwicklung sind gegenläufig d.h. Verkehrsinfrastruktur und Raumentwicklung beeinflussen einander gegenseitig. Diese wechselseitigen Beziehungen werden in *Abb. 23* aufgezeigt. Die nachfolgenden Ausführungen zu den verschiedenen Wechselwirkungen im Wirkungsgefüge «Raum und Verkehr» orientieren sich dabei größtenteils an (Schweizerischer Bundesrat 2018) und (EBP 2019).

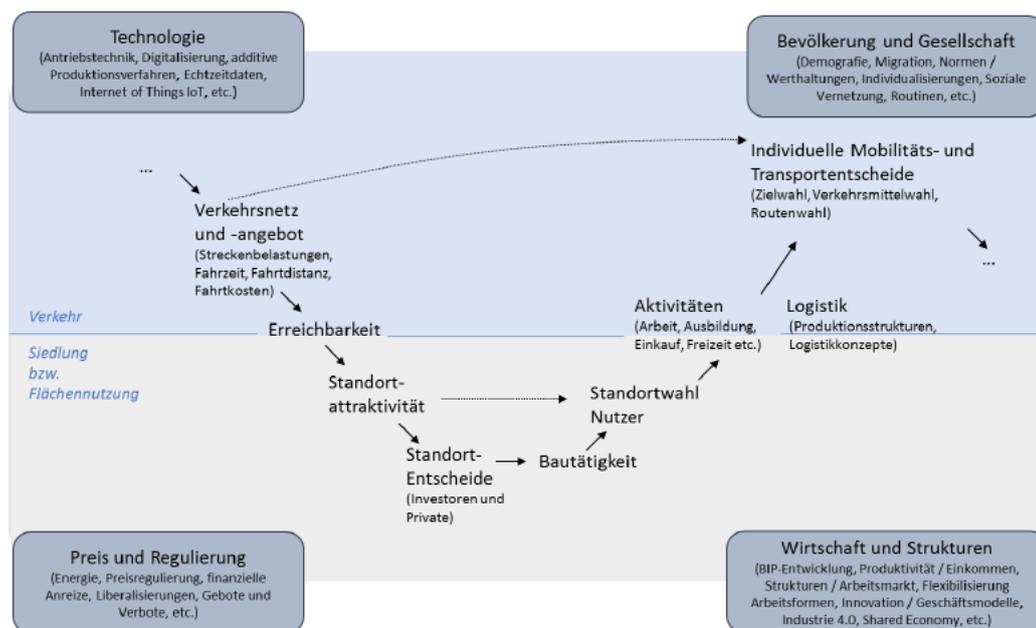


Abb. 23 Wirkungsgefüge Raum und Verkehr (nach Wegener und Fürst, 1999; angepasst durch EBP, 2019 (unveröffentlicht))

6.1.1 Wirkung der Verkehrsinfrastruktur auf den Raum

Die Verkehrsinfrastruktur hat einen wesentlichen Einfluss auf die Erschließung von Regionen, Städten und Dörfern und ist damit hauptverantwortlich für eine gute oder schlechte Erreichbarkeit. Eine gute Erreichbarkeit stellt dabei ein wesentlicher Faktor für eine hohe Standortattraktivität dar und hat daher einen direkten Einfluss auf die Wohnortwahl von Menschen resp. Standortentscheidungen von Unternehmen. Dies

wiederum wirkt sich direkt auf die Immobiliennachfrage, die Grundstückspreise, die Bautätigkeit und die wirtschaftliche Entwicklung einer Region aus. Die Art und Weise, wie die Menschen im Alltag ihre Wege bewältigen (Arbeit, Freizeit, etc.) hängt stark von der Ausgestaltung der Verkehrsnetze und den zur Verfügung stehenden Verkehrsmitteln ab (Individuelle Mobilitäts- und Transportentscheide). Der Bau von neuen Infrastruktureinrichtungen hat deshalb einen wesentlichen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten der Menschen und damit einhergehend auch auf die räumlichen Strukturen, welche für einen langen Zeitraum geprägt resp. verändert werden können.

6.1.2 Wirkung der Raumstrukturen auf den Verkehr

Die räumliche Verteilung der Wohn-, Arbeits- und Freizeitstandorte hat einen wesentlichen Einfluss auf die Verkehrsnachfrage. Das Verkehrsverhalten der Bevölkerung ist zudem je nach Dichteniveau der Siedlungsstrukturen unterschiedlich ausgeprägt. Allgemein gilt, dass je dichter bebaut und besser erschlossen ein Gebiet ist, umso kürzer sind die Wege und umso eher können diese mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder zu Fuss resp. mit dem Velo zurückgelegt werden (Bubenhofer, Jonas u. a. 2018). Wenig dicht bebaute Gebiete (insb. an peripheren Lagen) erhöhen hingegen tendenziell die Länge der Wege und die Wahrscheinlichkeit, dass diese mit dem MIV zurückgelegt werden - insbesondere deshalb, weil Einkaufsmöglichkeiten, Freizeiteinrichtungen, etc. zum Teil nicht im nahen Umkreis des Wohnorts liegen.

6.1.3 Überlagerung mit weiteren Determinanten

Alle diese Prozesse im Wirkungsfeld «Raum und Verkehr» werden durch eine Vielzahl von übergeordneten Determinanten kontinuierlich beeinflusst:

- **Technologie:** Neue Technologien wie z.B. automatisierte Fahrzeuge verändern das Verkehrsnetz und die angebotenen Mobilitätsdienstleistungen und könnten durch eine veränderte Zeitwahrnehmung einen massgeblichen Einfluss auf die Wohnortwahl der Menschen haben.
- **Preis und Regulierungen:** Regulierungen haben einen direkten Einfluss auf den Preis und die Verfügbarkeit von Verkehrsangeboten und können diese entsprechend steuern. Dies kann sich wiederum auf Standortentscheide von Unternehmen resp. die Wohnortwahl der Menschen auswirken.
- **Wirtschaft und Strukturen:** Die wirtschaftliche Entwicklung bestimmt das Einkommen von Menschen und Unternehmen und definiert damit den finanziellen Spielraum für den Konsum von Mobilitätsangeboten resp. die Standort- und Wohnortwahl.
- **Bevölkerung und Gesellschaft:** Die demographische Entwicklung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Standortwahl und das Mobilitätsverhalten und stellt neue Anforderungen an die verkehrliche Grundversorgung - insb. in peripheren Gebieten.

Es gilt zu beachten, dass sämtliche Prozesse im Wirkungsfeld «Raum und Verkehr» nicht gleichzeitig oder in Form eines Kreises, sondern sukzessive ablaufen und dabei auch unterschiedliche Dynamiken aufweisen können. So hat zum Beispiel der Bau resp. die Inbetriebnahme von neuen Verkehrsinfrastrukturen einen direkten und zeitlich relativ schnell spürbaren Einfluss auf die individuellen Mobilitätsentscheidungen der Menschen. Auf Standortentscheide von Unternehmen hat dies jedoch eher langfristig einen Einfluss. Ausserdem können diese Entscheide in der Zwischenzeit durch übergeordnete Dynamiken wie z.B. neue Technologien, Regulierungen oder strukturelle Veränderungen beeinflusst und dadurch wiederum verändert resp. in eine neue Richtung gelenkt werden.

6.2 Instrumentarium der Raumplanung

Mit dem 1969 neu in die Bundesverfassung aufgenommenen Raumplanungsartikel wurde dem Bund die Kompetenz zur Grundsatzgesetzgebung in der Raumplanung übertragen. Die konkrete Umsetzung in Pläne soll dagegen im Wesentlichen Sache der Kantone bleiben, die wiederum einen Teil der Aufgaben an die Gemeinden delegieren können (VLP-ASPAN 2012). Diesbezüglich stehen den unterschiedlichen Behördenebenen

verschiedene Instrumente zur Verfügung, mit denen Sie die räumliche Entwicklung lenken können – entsprechend dem Verfassungsartikel über die Raumplanung. Nachfolgend werden die wichtigsten Instrumente der Raumplanung und solche, die zur Koordination von Raum und Verkehr in der Schweiz beitragen, kurz erläutert. Auf diese wird in den Resultaten aus dem Workshop z.T. zurückgegriffen. Die nachfolgenden Ausführungen orientieren sich dabei im Wesentlichen (wo nichts anderes angegeben ist) an (Schweizerischer Bundesrat 2018).

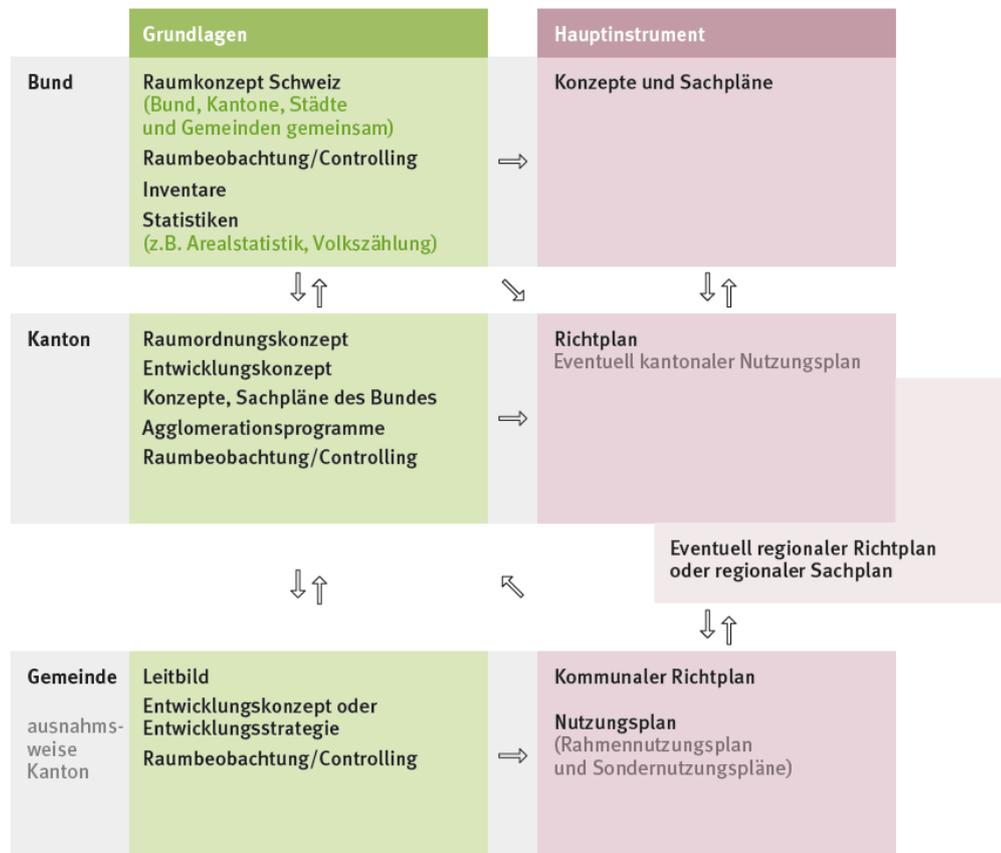


Abb. 24 Instrumentarium der Raumplanung (aus Grét-Regamey u.a. 2018; nach VLP-ASPAN 2012)

6.2.1 Instrumente auf Bundesebene

Das **Raumplanungsgesetz (RPG)** gibt Ziele und Planungsgrundsätze vor, welche die Behörden bei der Ausübung ihrer Tätigkeiten zu berücksichtigen haben und regelt die Instrumente & Verfahren für die Raumplanung auf Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene. Das RPG wurde 1979 geschaffen, um einen haushälterischen Umgang mit dem Boden und eine geordnete Besiedelung zu gewährleisten. Seither kam es mehrmals zu Anpassungen:

- Das Hauptanliegen der *ersten Etappe der Teilrevision (RPG 1)* war die Siedlungsentwicklung nach innen. Neu verlangt das Gesetz, dass die Potenziale zur Siedlungsentwicklung nach innen «mobilisiert» werden, indem Baulücken gefüllt, Siedlungen verdichtet und Industriebrachen umgenutzt werden. Gleichzeitig sind überdimensionierte Bauzonen zu verkleinern und Bauzonen dorthin zu verschieben, wo sie gebraucht werden. Mit diesen Massnahmen sollen der Verschleiss von Kulturland eingedämmt und die Kosten für die Erschliessung der Bauzonen mit Infrastruktureinrichtungen (Strassen, Wasser, Abwasser, etc.) tief gehalten werden (EspaceSuisse^{web} 2019).

- Die *zweite Etappe der Revision des Bundesgesetzes (RPG 2)* konzentriert sich auf die vier Bereiche (1) Bauen ausserhalb der Bauzonen, (2) die Raumplanung im Untergrund, (3) die Raumplanung in funktionalen Räumen und (4) die Interessenabwägung (EspaceSuisse^{web} 2019).

Das **Raumkonzept Schweiz** ist ein Orientierungsrahmen und eine Entscheidungshilfe für die raumwirksamen Tätigkeiten in der Schweiz. Es ist das erste Strategiedokument in der Schweizer Raumentwicklung, das von allen Staatsebenen gemeinsam entwickelt und getragen wird, jedoch auf keiner dieser Ebenen eine unmittelbare Verbindlichkeit entfaltet. Kern des Raumkonzeptes bilden die folgenden drei Strategien:

1. Bildung von Handlungsräumen und Stärkung der polyzentrischen Städte- und Gemeindefnetze
2. Aufwertung von Siedlung und Landschaft
3. Abstimmung von Verkehr, Energie und Raumentwicklung

Die **Sachpläne** sind für den Bund das wichtigste Planungsinstrument, um seine raumwirksamen Tätigkeiten aufeinander abzustimmen. In den Sachplänen wird aufgezeigt, wie der Bund seine raumwirksamen Aufgaben in einem bestimmten Sach- oder Themenbereich wahrnimmt, welche Ziele er verfolgt und wie er zu handeln gedenkt (ARE^{web} 2019b). Beim **Sachplan Verkehr** handelt es sich um ein behördenverbindliches Instrument, welches neben Zielen und Grundsätzen für die Planung auch konkrete Festlegungen für die Ausgestaltung einzelner Vorhaben beinhaltet. Er befindet sich deshalb an der Schnittstelle zwischen strategischen Zielsetzungen und der Umsetzungsebene. Der Sachplan unterteilt sich in einen strategischen Programmteil und in räumlich konkrete Umsetzungsteile für die Verkehrsträger Nationalstrasse, Schiene, Luft und Wasser. Eine zentrale Aufgabe des Sachplans stellt beispielsweise die Reservierung von Raum für die Linienführung von Verkehrswegen dar. Die Erarbeitung der Sachplaninhalte erfolgt in enger Koordination mit den übrigen Bundestätigkeiten und der Richtplanung in den Kantonen. Entsprechend kann der Sachplan Verkehr als Koordinations-, Planungs- und Informationsinstrument bezeichnet werden, welches sich auf übergeordnete Leitbilder und Grundlagen (z.B. Raumkonzept Schweiz oder Verkehrsperspektiven 2040) stützt.

Mit dem **Programm Agglomerationsverkehr** beteiligt sich der Bund finanziell an Verkehrsprojekten von Städten und Agglomerationen. Dabei profitieren diejenigen Agglomerationen von Bundesbeiträgen, die mit ihren Agglomerationsprogrammen die Verkehrs- und Siedlungsentwicklung wirkungsvoll aufeinander abstimmen (mit entsprechenden Strategien und Massnahmen). Es handelt sich dementsprechend um ein Planungs-, Koordinations- und Umsetzungsinstrument, durch das in den Agglomerationen eine gesamtverkehrliche Abstimmung mit der Siedlungsentwicklung nach innen angestrebt wird (basierend auf Zukunftsbildern zur Entwicklung der jeweiligen Agglomeration). Die Agglomerationsprogramme können insgesamt als wichtiger Pfeiler der Agglomerationspolitik des Bundes und einer nachhaltigen Raumentwicklung der Schweiz betrachtet werden (ARE^{web} 2019a).

6.2.2 Instrumente auf kantonaler Ebene

Der **Richtplan** ist das zentrale Planungsinstrument der Kantone. Im behördenverbindlichen Richtplan zeigen die Kantone auf, wie in ihrem Gebiet die zahlreichen raumwirksamen Tätigkeiten aufeinander abgestimmt werden. Der Planungshorizont beträgt dabei in der Regel 20-25 Jahre. Im Richtplan findet zudem die Abstimmung aller relevanten raumwirksamen Tätigkeiten vertikal zwischen allen Staatsebenen und horizontal mit den Nachbarkantonen sowie den Einzugsgebieten des grenznahen Auslandes statt. Die kantonalen Richtpläne werden durch den Bund geprüft und vom Bundesrat genehmigt, was die Koordination der Bundesinteressen fördert. Mit der Revision des Raumplanungsgesetzes kommt dem Richtplan eine besondere Aufgabe zu, indem er das Siedlungsgebiet für die nächsten 20 bis 25 Jahre sowie eine darauf ausgelegte Bauzonendimensionierung für 15 Jahre sicherzustellen hat. Zu grosse

Bauzonen müssen zudem verkleinert und brachliegende oder ungenügend genutzte Flächen in den bestehenden Bauzonen besser genutzt werden (ARE^{web} 2019c).

Neben der Richtplanung nehmen die Kantone auch mit ihrer **Infrastrukturplanung** und der **Angebotsbestellung** im öffentlichen Verkehr wesentlichen Einfluss auf die Raumentwicklung. Wie bereits bei den Wechselwirkungen im System «Raum und Verkehr» aufgezeigt, beeinflussen Investitionen in die Infrastruktur (und zusätzlich die Bestellung von Regionalverkehrsangeboten) direkt die Erschliessung und somit die Erreichbarkeit einer Region, was sich wiederum auf das Mobilitätsverhalten der Menschen auswirkt.

6.2.3 Instrumente auf kommunaler Ebene

Das Hauptinstrument der kommunalen Planung ist der **Nutzungsplan**. Dieser legt die zulässige Nutzung des Bodens für alle und damit insbesondere für die Grundeigentümerinnen und -eigentümer verbindlich fest. Zweck und Mass der Bodennutzung werden für ein bestimmtes Gebiet parzellenscharf definiert, und jedes Grundstück wird einer bestimmten Nutzungszone zugewiesen. Eine zentrale Funktion des Nutzungsplans besteht in der Trennung von Siedlungs- und Nichtsiedlungsgebiet beziehungsweise der Ausscheidung von Bau- und Nichtbauzonen. Der Nutzungsplan dient damit der haushälterischen Bodennutzung und geordneten Siedlungsentwicklung (Grêt-Regamey u. a. 2018).

6.3 Experteneinschätzung zu möglichen Herausforderungen und Konsequenzen durch automatisiertes Fahren

Verschiedene Akteure beeinflussen mit ihren spezifischen Interessen und Entscheidungen die Raumentwicklung in der Schweiz. In einem Expertenworkshop wurden daher mit relevanten Experten aus der Schnittstelle «Raum und Verkehr» zwei mögliche Zukunftsszenarien zum automatisierten Fahren in der Schweiz diskutiert, um mögliche Herausforderungen aus den beiden vorgegebenen Szenarien zu identifizieren und potentielle Massnahmen resp. Lösungsansätze zu erarbeiten. Die im Workshop vorgegebenen Zielszenarien basieren in ihrer Ausprägung auf den von TP1 vorgegebenen Szenarien für dieses Forschungspaket:

- **Szenario 1 – Automatisierter Individualverkehr:** Dieses Szenario ist geprägt von einer hohen Individualisierung in der Mobilität. Nach wie vor dominiert der private Fahrzeugbesitz und die Entwicklung von ÖV und MIV erfolgt entkoppelt voneinander.
- **Szenario 2 – Kollektive, multimodale Mobilität:** Dieses Szenario ist geprägt von einer hohen Kollektivierung der Mobilität und einer Abkehr vom Individualverkehr. Automatisiertes Fahren wird sich primär in neuen Mobilitätskonzepten (z.B. Sharing) als Teil von ganzheitlich geplanten, multimodalen Verkehrssystemen etablieren und den ÖV auf der ersten und letzten Meile unterstützen resp. ergänzen.

Zur Vorbereitung des Workshops wurden in einer initialen Analyse die Stakeholder an der Schnittstelle «Raum und Verkehr» identifiziert und nach ihren möglichen Interessen und Rollen bezüglich automatisiertem Fahren charakterisiert. Basierend auf dieser initialen Stakeholder Analyse wurden in einem nächsten Schritt die für unsere Fragestellung relevantesten Stakeholder Kategorien abgeleitet und potentielle Teilnehmer aus unterschiedlichen Organisationen für den Expertenworkshop eingeladen. Aufgrund der Komplexität der Thematik war es das erklärte Ziel der Forschungsstelle, im Workshop die Diskussion zwischen den verschiedenen Stakeholdern in den Vordergrund zu stellen. Deshalb wurde für den Expertenworkshop bewusst auf eine kleine Gruppe mit den relevantesten Akteuren aus unterschiedlichen Stakeholder Kategorien fokussiert. Folgende Vertreter/-innen aus den jeweiligen Stakeholder Kategorien und Organisationen haben am Workshop teilgenommen:

Tab. 9 Teilnehmer Expertenworkshop

Stakeholder Kategorie	Name	Organisation
Planungsbehörden	Martin Tschopp	Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Planungsbehörden	Jörg Häberli	Bundesamt für Strassen (ASTRA)
Planer (Raum/Verkehr)	Jonas Bubenhofer	Metron Verkehrsplanung AG
Unternehmen des öffentlichen Verkehrs	Annette Antz	Schweizerische Bundesbahnen (SBB)
Automobilverbände	Markus Schwab	Auto Gewerbe Verband Schweiz (AGVS)
Immobilienbranche	Dominik Matter	Fahrländer Partner Raumentwicklung

In einem ersten Teil des Workshops wurden in einer Gruppenarbeit zu den eingangs beschriebenen Szenarien mögliche Herausforderungen und Konsequenzen für die jeweiligen Stakeholder erarbeitet. Im Anschluss wurden daraus in der Plenumsdiskussion durch die Workshop-Leitung generelle Schnittstellen und Berührungspunkte aus den erarbeiteten Herausforderungen und Konsequenzen identifiziert. Die wichtigsten Herausforderungen aus den beiden vorgegebenen Szenarien werden in den nachfolgenden Unterkapiteln im Sinne einer Gedankensammlung aus dem Workshop kurz dargelegt.

6.3.1 Herausforderungen im Szenario Automatisierter Individualverkehr

Die Experten identifizierten im Workshop die folgenden Herausforderungen für das Szenario 1 «*Automatisierter Individualverkehr*»:

- Durch die Möglichkeit, die (Reise-) Zeit im automatisierten Fahrzeug aktiv zu nutzen (z.B. Arbeiten), sinkt das subjektive Empfinden der Distanz zwischen Wohn- und Arbeitsort¹¹. Dadurch könnten Wohnstandorte im ländlichen Raum wieder attraktiver werden und die Zersiedelung weiter antreiben.
- Weil sich automatisierte Fahrzeuge in diesem Szenario nach wie vor mehrheitlich im Privatbesitz befinden (das eigene Auto bleibt ein Statussymbol) führt dies sehr wahrscheinlich zu einem erhöhten Verkehrsaufkommen auf der bestehenden Verkehrsinfrastruktur. Zusätzlich könnten sich durch automatisiertes Fahren Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern (insb. mit dem Langsamverkehr und im Mischverkehr mit konventionell gesteuerten Fahrzeugen) ergeben. Dadurch könnte ein Ausbau der Verkehrsinfrastruktur unumgänglich werden (z.B. «Eigentrasses» resp. Spurtrennung für automatisierte Fahrzeuge), was letztlich in einem zusätzlichen Flächenbedarf und -verbrauch resultieren würde. Da Boden jedoch ein knappes Gut ist und verschiedene Nutzergruppen unterschiedliche Interessen und Ansprüche daran besitzen, könnten sich dadurch vermehrt Konflikte zwischen den verschiedenen Nutzergruppen resp. Akteuren ergeben.
- Sinnvolle Lenkungs- und Steuerungsmassnahmen aufzubauen, welche den unterschiedlichen Interessen und Ansprüchen der verschiedenen Stakeholder resp. Verkehrsteilnehmer gerecht werden, könnte zu einer zentralen Herausforderung der Zukunft werden (z.B. Langsamverkehr, welcher durch die Priorisierung von automatisierten Fahrzeugen stark eingeschränkt werden könnte).

6.3.2 Herausforderungen im Szenario Kollektive, multimodale Mobilität

Die Experten identifizierten im Workshop die folgenden Herausforderungen für das Szenario 2 «*Kollektive, multimodale Mobilität*»:

¹¹ Die Workshopteilnehmer sind über die Ergebnisse aus diesem Projekt zum Thema Zeitnutzung und Zeitwahrnehmung nicht informiert worden, um die aktuelle Wahrnehmung der Thematik innerhalb der eingeladenen Institutionen abholen zu können.

- Eine zentrale Herausforderung in diesem Szenario stellt die Akzeptanz für Sharing-Konzepte in der Bevölkerung dar. Es braucht einen Wandel in der Mobilitätskultur weg von der Individualität hin zu einer kollektiven Denkweise, bei der das Teilen von Fahrzeugen zur Normalität wird. Dies geschieht jedoch nicht zwingend von selbst resp. durch die technologische Entwicklung von automatisiertem Fahren alleine. Daher müssen hier ggf. entsprechende Anreize durch das Regulativ oder durch die spezifische Ausgestaltung der Mobilitätsangebote gesetzt werden.
- Die Integration sämtlicher Mobilitätsanbieter in ein schweizweites MaaS-Angebot wird als grosse Herausforderung gesehen. Insbesondere neu in den Markt eintretende Mobilitätsdienstleister könnten hier für die traditionellen Verkehrsbetriebe zu einer Konkurrenz werden (Verlust von Marktanteilen). MaaS kann jedoch nur dann seine vollumfängliche Wirkung erzielen, wenn sämtliche Mobilitätsanbieter über entsprechende Schnittstellen darin integriert sind. In der Konzeption von MaaS-Angeboten müssen daher die einzelnen Interessen sämtlicher Mobilitätsanbieter berücksichtigt und ggf. auch Kompromisslösungen gefunden werden. Dies erfordert eine verkehrsträgerübergreifende Planung und eine frühzeitige Klärung der unterschiedlichen Rollen der einzelnen Akteure.
- Die Digitalisierung im Transportsektor erfordert eine länderübergreifende Vernetzung der Dateninfrastruktur. Hier ergeben sich möglicherweise datenschutzrechtliche Fragen (welche Daten dürfen ausgetauscht werden?). Zusätzlich stellt sich die Frage nach der Datenhoheit resp. wer Eigentümer dieses Systems sein wird (Nationale Regierungen oder ausländische Technologie-Riesen wie z.B. Google). Daraus können Machtverhältnisse und (einseitige) Abhängigkeiten resultieren, welche frühzeitig antizipiert werden müssen.
- Durch die Kollektivierung des Transportsektors verändern sich die Fahrzeuge in Aufbau und Funktion wesentlich im Vergleich zu den heutigen Modellen. Dies führt dazu, dass sich insbesondere die Automobilbranche (und von der Automobilbranche abhängige Branchen) den veränderten Gegebenheiten anpassen müssen (z.B. neue Job-Profile, neue Service-Dienstleistungen, etc.).

6.3.3 Szenario-übergreifende Herausforderungen

Die Experten identifizierten im Workshop die folgenden Herausforderungen, welche für beide Szenarien von Relevanz werden könnten:

- Grundsätzlich fehlt gemäss den Experten eine klare Vision der Zukunft des automatisierten Fahrens als Leitlinie an der sich die unterschiedlichen Behördenstufen in ihrer Planungstätigkeit orientieren können. Dies wird als eine zwingende Voraussetzung für zukünftige Entscheidungen in der Raumentwicklung angesehen, da es ein gemeinsames Verständnis der angestrebten Ziele schaffe und so zur Stärkung der Raumplanung beitrage. Zusätzlich wird angemerkt, dass dem RPG in der Umsetzung eine gewisse Trägheit anhafte, weshalb es hier gelte, durch Anpassungen im vorhandenen Instrumentarium mehr Wirkung in der Umsetzung zu erzielen.
- Die fehlende Akzeptanz zum Teilen von Fahrzeugen (Sharing) wird in beiden Szenarien als eine grosse Herausforderung angesehen (wobei diese für das Szenario *Kollektive, multimodale Mobilität* zentraler scheint). Ein höherer Besetzungsgrad würde wesentlich dazu beitragen, die Anzahl Fahrzeuge auf den Strassen zu reduzieren und sollte daher mit entsprechenden Massnahmen angestrebt werden. Es stellt sich die Frage, ob eine «laissez-faire» Strategie hier der richtige Weg ist, oder ob das Regulativ mit entsprechenden Massnahmen resp. Anreizen aktiv eingreifen müsste. Es muss dabei zwingend mitberücksichtigt werden, dass automatisiertes Fahren nicht per se mit Sharing gleichzusetzen ist.
- Neue Arbeits- und Freizeitformen (Veränderung der Lebensstile) und Megatrends wie die zunehmende Überalterung der Gesellschaft («Silver Society») führen dazu, dass der Freizeitverkehr in Zukunft stark wachsen wird. Die Umsetzung von Sharing-Konzepten könnten diesbezüglich zu einer Herausforderung werden, da der Freizeitverkehr schlechter gebündelt werden kann als beispielsweise der Pendlerverkehr.

- Durch das prognostizierte Bevölkerungswachstum ist in Zukunft (unabhängig von den beiden Szenarien) mit einem erhöhten Verkehrsaufkommen in der Schweiz zu rechnen. Zusätzlich befindet sich der Transportsektor vor einer grundlegenden Transformation durch die Elektrifizierung der Antriebsstränge. Es stellt sich daher die Frage, wie dieser (erhöhte) Energiebedarf in Zukunft durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden kann und wie sich der Energiesektor insgesamt auf diese Veränderungen vorzubereiten hat.

6.3.4 Massnahmen und Lösungsansätze aus der Sicht relevanter Stakeholder

In einem nächsten Schritt wurden im Plenum mögliche Massnahmen und Lösungsansätze erarbeitet, mit denen in Zukunft auf die identifizierten Herausforderungen reagiert werden könnte. Wie die vorangehenden Abschnitte jedoch bereits aufgezeigt haben, werden durch die Experten in beiden Szenarien eine Vielzahl an Herausforderungen erwartet, welche nicht ausschliesslich die Raumplanung adressieren. Entsprechend zielten mehrere der im Workshop aufgezeigten (möglichen) Massnahmen und Lösungsansätze auf die Steuerung und Lenkung des Verkehrs resp. auf Anreize zur Verhaltensänderung der Verkehrsteilnehmenden ab. Da der Fokus in dieser Arbeit jedoch auf den räumlichen Auswirkungen des automatisierten Fahrens liegt, beschränken wir uns in der Folge auf die im Workshop diskutierten «raumrelevanten» Massnahmen und Lösungsansätze. Folgende Massnahmen wurden dabei von den Experten vorgeschlagen:

- **Erhöhung der Ausnützungsziffer:** Eine effektive Siedlungsentwicklung nach Innen kann nur durch die Erhöhung der Ausnützungsziffer auf den bestehenden Flächen (z.B. über eine Erhöhung der Geschosszahl) oder durch strikte Vorgaben bei der Errichtung von Neubauten (Ausnützungsziffer, etc.) erreicht werden, damit letztendlich mehr Köpfe auf der verfügbaren Siedlungsfläche wohnhaft sein werden. Hier ergeben sich jedoch immer wieder Hürden, insb. durch das Beschwerderecht, welches benachbarten Grundeigentümern die Möglichkeit gibt, Einsprache gegen das geplante Bauvorhaben einzureichen (NIMBY¹²-Mentalität). Dies kann geplante Projekte zeitlich stark verzögern. Daher müssten im Kontext der Siedlungsentwicklung nach Innen die verfügbaren raumplanerischen Instrumente entsprechend angepasst werden, damit sie in Zukunft noch wirkungsvoller eingesetzt werden können.
- **Agglomerationsprogramme und verkehrsträgerübergreifendes Denken:** Durch das Bevölkerungswachstum und die zunehmende Urbanisierung wird insbesondere in Agglomerationen das Verkehrsaufkommen in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Das Agglomerationsprogramm stellt hier ein wirkungsvolles Instrument für die Abstimmung von Siedlung und Verkehr und für eine nachhaltige Raumentwicklung dar. Diesbezüglich müssten in der Verkehrs- und Siedlungsplanung in den Agglomerationen vermehrt auch verkehrsträgerübergreifende Mobilitätskonzepte integriert werden, um dem prognostizierten Verkehrswachstum mit effizienten und nachhaltigen Lösungen begegnen zu können. Ausserdem sollten die Probleme der einzelnen Agglomerationen in einem ganzheitlichen Kontext (interkantonal) angegangen werden. Hier könnte ein national konsolidiertes Agglomerationsprogramm ein sinnvolles neues Instrument in der Raumplanung darstellen.
- **Umfassender Fokus bei Planungsaufgaben:** Ein zu enger resp. eingeschränkter Fokus bei Planungsaufgaben (z.B. bei Infrastrukturplanungen) kann dazu führen, dass Massnahmen zwar ein Problem beseitigen, dafür aber ein neues erschaffen. Im Verkehrswesen liegt der Fokus z.B. oftmals auf einer Engpassbeseitigung, was letztlich in einem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und einem zunehmenden Flächenverbrauch resultiert und daher zusätzlichen Druck auf den Raum ausübt. Es empfiehlt sich daher, stets einen breiteren Fokus zu wählen und sich insbesondere auch der neuen Möglichkeiten bewusst zu werden, welche sich mit der Digitalisierung innerhalb der Mobilität ergeben könnten.

¹² Englischsprachiges Akronym für «Not in my backyard». Es steht für eine Position, die darauf bedacht ist, Probleme nicht in seinem unmittelbaren Umfeld ertragen zu wollen (dt.: «Nicht in meinem Hinterhof»).

- **Visionen und Leitbilder für eine «gemeinsame Idee»:** Eine Vision resp. ein Leitbild zum automatisierten Fahren in der Schweiz könnte ein wirksames Instrument darstellen, um ein gemeinsames Verständnis der angestrebten Ziele zu schaffen und daher zu einer kohärenten Raumentwicklung (über sämtliche Behördenebenen hinweg) beizutragen. An dieser könnten sich Kantone und Gemeinden aber auch Interessengruppen aus Verkehrs- und Raumplanung orientieren, was neben abgestimmten Entscheidungen auf den unteren Behördenebenen zu einer Stärkung der Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden führen kann.

Abschliessend wurde in einer Wirkungsanalyse beurteilt, wie sich die verschiedenen Massnahmen und Lösungsansätze gegenseitig beeinflussen und welchen Wirkungscharakter sie besitzen. Zusätzlich wurden potentielle Verzerrungseffekte innerhalb der gegenseitigen Wirkungen über eine Sensitivitätsanalyse geglättet und grafisch aufbereitet. Dabei hat sich gezeigt, dass die Entwicklung einer Vision resp. eines Leitbildes des automatisierten Fahrens die übrigen (am Workshop erarbeiteten) Massnahmen am stärksten beeinflusst und selber von diesen nur wenig beeinflusst wird. Eine detaillierte Darstellung der Resultate aus der Wirkungs- und Sensitivitätsanalyse sowie ein kurzer methodischer Abriss finden sich im Anhang dieses Berichts.

6.4 Diskussion der Ergebnisse aus dem Expertenworkshop und Schlussfolgerungen

Die Resultate aus dem Workshop mit Experten aus der Schnittstelle «Raum und Verkehr» zeigen auf, dass im Kontext möglicher zukünftiger Herausforderungen durch das automatisierte Fahren aktuell primär verkehrliche Wirkungen (erhöhtes Verkehrsaufkommen und Mehrverkehr) im Fokus der Diskussion stehen und nicht räumliche Wirkungen. Entsprechend fokussierte ein Grossteil der im Workshop vorgeschlagenen Massnahmen auf Massnahmen des Verkehrsmanagements wie z.B. Mobility Pricing, dem Verbot des MIV in Innenstädten, der Priorisierung von Verkehrsflächen für Verkehrsmittel mit einem hohen Besetzungsgrad oder der Regulation der Parkzeit. Es ist interessant zu sehen, dass in der ganzen Thematik rund um das automatisierte Fahren primär das Verkehrsaufkommen und ein möglicher Mehrverkehr die Erwartungen heutiger Mobilitätsexperten prägen. Da es jedoch nicht Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist, sich mit Fragen des Verkehrsmanagements im Detail zu befassen, werden diese hier nicht weiter diskutiert.

Neben der gegenwärtig vorherrschenden Besorgnis vor einem wachsenden Verkehrsaufkommen durch automatisiertes Fahren ist ausserdem zu sehen, dass auch bei den eingeladenen Stakeholdern die These der aktiven Zeitnutzung beim automatisierten Fahren und der dadurch längeren Fahrten eine gewisse Zersiedelungsangst weckt. Aus den Untersuchungen zu Komfort, Zeitnutzung und Zeitwahrnehmung des automatisierten Fahrens (vgl. Kapitel 3) wird jedoch nicht davon ausgegangen, dass automatisiertes Fahren als Treiber für Zersiedelung fungieren wird, sondern dass primär die heute bereits wirksamen Dynamiken bei Standortentscheidungen der Bevölkerung auch in Zukunft den entscheidenden Einfluss auf die Siedlungsstruktur und die Zersiedelung haben werden. Zersiedelung wird vermutlich weiterhin eine Herausforderung für die Schweizer Raumplanung bleiben, sodass eine effektive Umsetzung der raumplanerischen Ziele weiterverfolgt werden muss. Insofern betrifft die Massnahme zu der Ausnützungsziffer ein generischer Aspekt des Instrumentariums, was heute aktuell ist und nicht direkt mit dem automatisierten Fahren verbunden ist. Es besteht deswegen nach Einschätzung der Forschungsstelle aktuell keine Notwendigkeit, das vorhandene raumplanerische Instrumentarium aufgrund der erwarteten Auswirkungen des automatisierten Fahrens grundlegend zu verändern.

Letztlich wird es entscheidend sein, welches Szenario zum automatisierten Fahren in der Schweiz sich in Zukunft durchsetzen bzw. gefördert wird. Diesbezüglich werden die restlichen im Workshop vorgeschlagenen Massnahmen (Agglomerationsprogramme und verkehrsträgerübergreifendes Denken, Umfassender Fokus bei Planungsaufgaben und Visionen und Leitbilder für eine «gemeinsame Idee») von der Forschungsstelle als relevante Vorschläge eingeschätzt, die einen Beitrag im Wandel zu einer nachhaltigen

Mobilität und Raumentwicklung in der Schweiz leisten können und somit zukünftig in Betracht gezogen werden sollten. Eine gesamthafte Betrachtung der Vor- und Nachteile der zwei im Projekt betrachteten Mobilitätsszenarien erfolgt in Kapitel 7.

7 Gesamtbetrachtung der Szenarien und Zeitabschnitte und Schlussfolgerungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus dem gesamten Projekt zusammengeführt. Zuerst wird eine Gesamtbetrachtung der zwei Hauptszenarien (Monomodale-individuelle vs. Multimodale-kollektive Mobilität) in der zeitlichen Entwicklung von heute bis in das Jahr 2050 abgeleitet. Danach werden die allgemeinen Schlussfolgerungen vorgestellt.

7.1 Gesamtbetrachtung der Szenarien und Zeitabschnitte

7.1.1 Monomodale-individuelle Mobilität

Bei der Analyse dieses Szenarios ist zu berücksichtigen, dass es sich letztlich um eine Weiterentwicklung der heutigen MIV-zentrierten Mobilität handelt, mit dem Unterschied, dass längerfristig konventionell gesteuerte mit automatisierten Fahrzeugen ersetzt werden. Bezüglich Raumeffekte gilt die These, dass die aktive Zeitnutzung in automatisierten Fahrzeugen zu einer höheren Akzeptanz von längeren Fahrten und dementsprechend zu einer zunehmenden Zersiedlung führen könnte.

Entgegen dieser These zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie ein anderes Bild. Aufgrund von Komfortaspekten und der geographischen Eigenschaften der Schweiz wird nicht erwartet, dass das automatisierte Fahren zu einer aktiven und produktiven Zeitnutzung und einer radikalen Änderung der Zeitwahrnehmung im Fahrzeug führt. In Konsequenz ist es unwahrscheinlich, dass das automatisierte Fahren zu einer höheren Akzeptanz von längeren Fahrten führen könnte. Das automatisierte Fahren an sich wird deshalb in diesem Szenario nicht als ein relevanter Treiber für Zersiedlung gesehen. Es sind die heute schon wirkenden Dynamiken bei Standortentscheidungen der Bevölkerung, die eine zersiedelte Siedlungsstruktur in der Agglomeration und auf dem Land weiter fördern könnten.

Im Falle eines extremen MIV-zentrierten Szenarios muss aber folgendes berücksichtigt werden: Betrachtet man die Ergebnisse aus (Meyer u. a. 2017), wird ersichtlich, dass das automatisierte Fahren die Mobilität in den Städten zukünftig durch die zunehmende Verkehrsbelastung und Staus besonders (negativ) beeinflussen könnte. Sollte sich in Zukunft die Verkehrssituation in den Städten radikal verschlechtern, so stellt sich die Frage, inwiefern sich der Arbeitsmarkt der Zukunft im Rahmen einer MIV-zentrierten Mobilität weiter in den Städten entwickeln kann oder sich zumindest teilweise, in die Peripherie der Städte verlagern muss. Gleichzeitig ist zu beachten, dass der Druck auf Agglomerationen steigen könnte, wenn sich aufgrund des hohen Stauaufkommens in einem stark monomodal-individuell geprägten System die Lebensqualität in den Städten deutlich reduzieren sollte, was wiederum die Gefahr von Zersiedlung mit sich bringen könnte. Der Treiber für Zersiedlung wäre aber in diesem Fall die reduzierte Lebensqualität in der Stadt auf Grund des Stauaufkommens einer MIV-zentrierten Mobilität und nicht die Vorteile eines automatisierten Fahrerlebnisses. In Anbetracht dieser Punkte lässt sich schliessen, dass eine hohe Durchdringung des automatisierten Fahrens im Rahmen eines extremen monomodal-individuellen Szenarios eine grosse Herausforderung für die Realisierung der raumplanerischen Ziele der Schweiz und einer nachhaltigen und hochwertigen Mobilität darstellen könnte.

Für eine Abschätzung der zeitlichen Entwicklung können insbesondere die Ergebnisse aus Kapitel 3.2.3 und Teilprojekt 5 (TP5) «Mischverkehr» (Busch u. a. 2019) in Betracht gezogen werden:

Kurzfristige Entwicklung (bis 2025)

Sowohl aus den Ergebnissen von TP5, als auch mit Blick auf die preisliche Entwicklung aus Kapitel 3.2.3 ist zu erwarten, dass kurzfristig die Auswirkungen des automatisierten

Fahrens im monomodal-individuellen und MIV-zentrierten Szenario in der Schweiz allgemein vernachlässigbar sein werden. Der Bestand an automatisierten Fahrzeugen ist so klein, dass nicht erwartet wird, dass diese einen spürbaren Einfluss auf die verkehrliche und räumliche Entwicklung haben dürften. Das heisst aber auch, dass die Vorteile des automatisierten Fahrens (höhere Kapazitäten auf den Strassen und höhere Erreichbarkeiten) noch nicht zum Vorschein kommen werden. Die Technologie ist für einen Grossteil der Bevölkerung noch zu teuer. Unter den potentiellen Nutzern mit Zahlungsbereitschaft für die neue Technologie wird erwartet, dass Technologie-Affine und Begeisterte sich für ein automatisiertes Fahrzeug entscheiden werden.

Mittelfristige Entwicklung (bis 2035)

Bis 2035 wächst der Bestand an privaten automatisierten Fahrzeugen, dieser bleibt aber im Vergleich zur konventionellen Technologie marginal. Ähnlich wie bei der kurzfristigen Entwicklung wird nicht erwartet, dass automatisierte Fahrzeuge spürbare Auswirkungen auf die Mobilität in der Schweiz verursachen werden.

Langfristige Entwicklung (bis 2050)

Der Anteil von privaten automatisierten Fahrzeugen wächst beträchtlich, überholt aber den Bestand an konventionellen Fahrzeugen nicht. Voraussetzung für dieses Wachstum ist eine drastische Preissenkung für automatisierte Fahrzeuge. Es entsteht ein starker Mischverkehr, dessen Auswirkungen stark von der Interaktion zwischen automatisierten und konventionellen Fahrzeugen abhängig sein wird. Allgemein sind dadurch jedoch keine grösseren Vorteile bezüglich Erreichbarkeiten und Kapazitäten zu erwarten. Automatisiertes Fahren an sich führt nicht zur Akzeptanz von längeren Fahrzeiten und ist diesbezüglich kein primärer Treiber für Zersiedlung. Sollte es jedoch zu einer deutlich höheren Durchdringung von automatisierten Fahrzeugen und zu vermehrtem Stauaufkommen in den Städten kommen, so besteht die Gefahr, dass die Lebensqualität im urbanen Raum sinkt und der Druck auf die Agglomerationen und ländlichen Regionen steigen wird. Eine konsequente Umsetzung der raumplanerischen Zielsetzungen ist daher nötig, um Zersiedlungseffekte zu vermeiden.

7.1.2 Multimodale-kollektive Mobilität

Die Anwendung des automatisierten Fahrens im Rahmen eines multimodalen und kollektiven Szenarios stellt eine Situation dar, die stark vom heutigen Verkehrsverständnis abweicht und relevante Änderungen im System Mobilität und Raum wie auch im Verhalten der Nutzer erfordern würde. Hier wird davon ausgegangen, dass neben der Automatisierung des konventionellen ÖVs neue Anbieter in den Markt eintreten werden. Sharing- und Flottenanbieter werden mit innovativen Fahrzeugen wie TwoPods, YourCar oder CityTaxis (Jermann u. a. 2019) dynamische Lösungen insbesondere auf der letzten Meile anbieten, mit welchen Fahrzeuge mit höherer Kapazität (Busse, Trams, Züge) effizient verbunden werden können. Dazu werden digitale Plattformen benötigt, die durch Mobility-as-a-Service (MaaS) Ansätze dem Nutzer die unterschiedlichen Verbindungsmöglichkeiten und Angebote zur Verfügung stellen. Da mehrheitlich Sharing-Angebote genutzt werden, könnte sich die Anzahl der auf den Strassen verkehrenden Fahrzeuge stark reduzieren (Boulouchos u. a. 2017), sodass in der Stadt neue Räume zur Verfügung stehen würden. Diese könnten für den Langsamverkehr oder für einen hochwertigen Stadtraum (zum Beispiel für Grün- und Freizeitflächen) genutzt werden, was die Lebensqualität in den Städten insgesamt erhöhen könnte. Besonders effektiv wäre ein solches Szenario innerhalb von verdichteten Siedlungsstrukturen, in denen der Mobilitätsbedarf eher multimodal und mit öffentlichen Verkehrsmitteln abgewickelt wird (Bubenhof, Jonas u. a. 2018). Wichtig ist, dass ein solches Modell tatsächlich multimodal und nicht nur kollektiv ist. Denn wenn in diesem Ansatz weiterhin mehrheitlich in individuellen Personenwagen gefahren wird, bleibt trotz genutztem Sharing-Angebot die Gefahr von grossem Stauaufkommen in den Städten bestehen (Meyer u. a. 2017). Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass in einem multimodal-kollektiven Modell insbesondere in urbanen Randgebieten und in der Agglomeration Erreichbarkeitsgewinne erzielt werden könnten. Dies z.B. durch den Einsatz von on-demand Sammeltaxis, welche

Bewohner rasch zu naheliegenden Mobilitätshubs bringen. Diese Räume, die heute tendenziell schlechtere ÖV-Verbindungen aufweisen, könnten dann an Attraktivität gewinnen. Entsprechend ist auch in diesem Falle die stricte Umsetzung der raumplanerischen Ziele mit den entsprechenden Instrumenten notwendig, um potentielle Zersiedlungseffekte zu vermeiden.

Basierend auf den Ergebnissen aus Kapitel 3.2.3 und TP5 werden wiederum mögliche Pfade zur zeitlichen Entwicklung vorgestellt:

Kurzfristige Entwicklung (bis 2025):

Auch im multimodalen-kollektiven Szenario sind die erwarteten Durchdringungsraten von automatisierten Fahrzeugen kurzfristig sehr niedrig. Im Rahmen einer multimodalen-kollektiven Mobilität ist die Nutzung der neuen Angebote im städtischen Bereich besonders interessant. Wichtig ist die Frage, wann automatisierte Nutzungsformen wie TwoPods, YourCar und CityTaxis in der Stadt zugelassen werden. Allgemein wird wie im MIV-Szenario erwartet, dass aufgrund der minimalen Präsenz von automatisierten Fahrzeugen die räumlichen und verkehrlichen Auswirkungen vernachlässigbar sein werden. In dieser kollektiven Perspektive können aber mehr Nutzer im Rahmen von Pilotprojekten erste Einblicke in die automatisierte Mobilität erhalten, was ein wichtiger Test für die Akzeptanz darstellen wird.

Mittelfristige Entwicklung (bis 2035)

Mittelfristig steigt die Verfügbarkeit von geteilten, automatisierten Flotten, die Zahlen bleiben aber auch im multimodalen-kollektiven Fall bescheiden. In Gebieten, in denen kollektive Nutzungsformen insbesondere auf der letzten Meile angeboten werden, können aber betroffenen Nutzer schon von Erreichbarkeitsgewinne profitieren. Auch wenn es sich um isolierte Situationen handeln sollte, würden die lokalen Nutzer zumindest auf einem Teil der Strecke die Effekte einer multimodalen und kollektiven Mobilität zu spüren bekommen. In diesen Gebieten könnten sich Änderungen in der Attraktivität ergeben.

Langfristige Entwicklung (bis 2050)

Die Verfügbarkeit von kollektiven Angebotsformen steigt erheblich. Konventionelle Fahrzeuge bleiben jedoch weiterhin ein relevanter Teil der Mobilität. Es entsteht ein Mischverkehr. Anders als im monomodalen-individuellen Szenario könnten die potentiellen Vorteile einer automatisierten Mobilität für die effiziente Verbindung von multimodalen Systemen trotzdem zum Vorschein kommen. Denn wenn die Vorteile des automatisierten Fahrens im monomodalen und individuellen Szenario insbesondere auf die höhere Kapazität auf den Strassen fokussieren, welche aber vom Mischverkehr stark beeinträchtigt werden, liegt der Fokus im multimodalen Szenario stärker auf dem Einsatz automatisierter Taxis oder Pods für die Verbindung über kürzere Strecken mit Transportmittel höherer Personenkapazität. Dadurch das in diesem Falle automatisierte Taxis und Pods auf eher kürzere Strecken eingesetzt werden, würde das System vom Mischverkehr zwar beeinträchtigt sein, aber nicht so stark wie im monomodalen Fall, wo die Beeinträchtigung Fahrten über längere Strecken betreffen würde. Erste Abschätzungen deuten darauf hin, dass aus preislicher Perspektive für einen Grossteil der Bevölkerung (insbesondere in den Städten) kollektive Angebotsformen sehr attraktiv sein werden.

Wie bereits erwähnt muss bei der Betrachtung der zwei Szenarien ein relevanter Unterschied berücksichtigt werden. Während der monomodale-individuelle Fall grundsätzlich eine Weiterentwicklung des jetzigen Systems darstellt und somit Pfade in diese Richtung mit dem heutigen Mobilitätsverhalten erklärt werden können, ist für eine kollektive und multimodale Mobilität eine radikale Verhaltensänderung nötig. Das Konzept des Fahrzeugbesitzes muss an Bedeutung verlieren. Gleichzeitig braucht es Systeme, die dem Nutzer eine praktische Mobilität anbieten, auch wenn dieser nicht mehr auf die Verfügbarkeit eines eigenen Fahrzeuges zählen kann. Während erste Trends zeigen, dass die neuen Generationen weniger Wert auf den Besitz eines Fahrzeuges legen, bleibt zu sehen, inwiefern zukünftige Mobilitätsplattformen, welche Bedingung für die

Durchdringung und das Funktionieren der neuen Mobilitätsformen sind, das Vertrauen der Nutzer gewinnen werden.

In Anbetracht der wachsenden Bevölkerung besteht die Gefahr, dass eine monomodal-individuelle Mobilität das Schweizer Verkehrssystem an seine Belastungsgrenze führen würde. Ein kollektiv-multimodales System bietet grösseres Potential, eine effiziente Mobilität zu implementieren. Auch aus Nachhaltigkeitsperspektive könnten grössere Umweltvorteile durch solche Systeme innerhalb verdichteter Siedlungsstrukturen gewonnen werden. Auf der einen Seite, weil durch automatisierte Sharing-Angebote die Anzahl an Fahrzeugen auf der Strasse deutlich kleiner sein könnte (Boulouchos u. a. 2017) und auf der anderen Seite, weil innerhalb verdichteter Siedlungsstrukturen kürzere Wege gefahren und mehr öffentliche Verkehrsmitteln genutzt würden (Bubenhofer, Jonas u. a. 2018). Hierdurch kann grundsätzlich der Energieverbrauch und der CO₂-Ausstoss der Mobilität reduziert und somit ein Beitrag an die Klimaziele der Schweiz geleistet werden.

Wie ein radikaler Wandel zu einer multimodalen und kollektiven Mobilität bewirkt werden kann, ist jedoch noch offen. Es bedarf auf jeden Fall innovativer und praktischer Angebote, die eine wirksame und komfortable Alternative zum heutigen System bieten können. Aber auch andere starke externe Faktoren wie zum Beispiel Mobility-Pricing Konzepte oder das Beschränken von Zufahrten in bestimmten Räumen sollten berücksichtigt werden, um einen solch radikalen Wandel im Verhalten der Mobilitätsnutzer zu fördern.

7.2 Wirkungsanalyse

In *Tab. 10* werden die Ergebnisse des Projektes mit Bezug auf eine Reihe von Wirkungskriterien zusammengefasst. In der Tabelle wird das monomodal-individuelle Szenario mit MIS und das multimodale-kollektive mit MKS abgekürzt

Tab. 10 Wirkungsanalyse

Wirkungskriterium	Erwartete Wirkung
Modale Verkehrsverteilung	<ul style="list-style-type: none"> • MIS: laut Definition – Weiterentwicklung der monomodalen, autozentrischen Mobilität mit automatisierten Fahrzeugen. • MKS: laut Definition – Einsatz von automatisierten Kleinfahrzeugen und Personenwagen zur Stärkung des klassischen ÖVs insbesondere auf der letzten Meile. • Freizeitverkehr: ÖV für die Grundversorgung auf den Hauptachsen und ergänzende flexible und bedarfsorientierte automatisierte Angebote für die Feinerschliessung (insb. in abgelegene Alpentäler)
Räumliche Verkehrsverteilung	<ul style="list-style-type: none"> • MIS: Weiterentwicklung der heutigen Trends. • MKS: Dynamisches und flexibleres Angebot auf der letzten Meile. • Druck auf Städte und Agglomerationen durch zunehmende Urbanisierung (insb. im MaaS-Szenario)
Raumstruktur, Städtebau und Ressourcenverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> • MIS: automatisierte Fahrzeuge sind kein dominanter Treiber für Zersiedlung. Die üblichen Zersiedlungstreiber bleiben weiterhin erhalten. • MKS: eine effiziente und wirksame multimodale Mobilität durch automatisierte Fahrzeuge führt zu Erreichbarkeitsgewinnen in allen Räumen, aber insbesondere in urbanen Randgebieten und in der Agglomeration, da diese traditionell schlechter mit dem ÖV verbunden sind. Hier könnte es zu einer stärkeren Steigung der Attraktivität kommen. Durch die reduzierte Anzahl an Fahrzeugen könnte Fläche in den urbanen Räumen frei werden. • Sollte es zu massivem Mehrverkehr in den Städten kommen, so könnte der urbane Raum an Attraktivität verlieren. Güterverkehr: es wird nicht angenommen, dass Automatisierung im Strassengüterverkehr zu radikalen Änderungen in den Standortentscheidungen von Logistikunternehmen führen wird
Gesellschaftliche Akzeptanz und Mobilitätszugang	<ul style="list-style-type: none"> • Akzeptanz ist heute sehr schwer einzuschätzen. Automatisierte Technologie braucht Vertrauen. Ergebnisse von heutigen Befragungen, die sich nicht auf

	<p>die konkrete Erfahrung stützen können, haben eine beschränkte Aussagekraft. Im MKS ist ausserdem unklar, inwiefern Nutzer bereit sein werden, auf den Besitz eines Fahrzeuges zu verzichten.</p> <ul style="list-style-type: none"> • MKS bietet einem grösseren Publikum die Möglichkeit, Erfahrungen mit automatisierter Mobilität zu sammeln und, falls diese positiv sein sollten, die Akzeptanz davon zu erhöhen. • Allgemein könnte sich der Mobilitätszugang für Personen ohne Führerschein verbessern. • MIS: Mit Ausnahme des Anschlusses von neuen Nutzern ohne Führerschein folgt der Mobilitätszugang den gleichen Trends der heutigen Mobilität.
Erreichbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> • MIS: Erreichbarkeit folgt den heutigen Trends. • MKS: Automatisiertes Fahren auf der letzten Meile kann den ÖV stärken und zu Erreichbarkeitsgewinnen führen.
Kosteneffizienz und wirtschaftliche Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • MIS: Bei einer teureren Preisentwicklung besteht die Gefahr, dass die Technologie nur für hohe Einkommensklassen erschwinglich sein wird. • MKS: Insbesondere in den Städten könnten die Preise für autonome Taxis für einen Grossteil der Nutzer sehr attraktiv sein. • Güterverkehr: die Automatisierung könnte im Strassengüterverkehr durch den Wegfall der Notwendigkeit von Fahrern zu einer Reduktion der Preise führen.

7.3 Schlussfolgerungen

Ziel des Projektes war es zu analysieren, inwiefern automatisiertes Fahren Raumeffekte und insbesondere Zersiedlungseffekte verursachen könnte und welche Massnahmen in der Schweiz diesbezüglich getroffen werden könnten. Eine der Haupthypothesen hinter dieser Fragestellung ist, dass die aktive Zeitnutzung beim automatisierten Fahren die Zeitwahrnehmung von Nutzern verändern könnte. Dadurch könnten zukünftig Nutzer längere Wege in Kauf nehmen und den Wohnort in ländliche Regionen verlegen, wo typischerweise die Preise von Wohnungen und Häusern günstiger sind. Darüber hinaus wurden auch mögliche Auswirkungen im Freizeit- und Güterverkehr analysiert.

Die Ergebnisse des Projektes zeigen, dass aufgrund von Komfortaspekten und der typischen Länge, Dauer und Autobahnanteile der Schweizer Strecken eine radikale Änderung der Zeitwahrnehmung durch die aktive Zeitnutzung beim automatisierten Fahren unwahrscheinlich ist. Somit wird automatisiertes Fahren, welches in dieser Hauptthese im Rahmen einer Weiterführung des heutigen monomodalen und autozentrischen Systems eingesetzt wird, nicht als ein dominanter Treiber für Zersiedlung betrachtet. Das soll nicht heissen, dass die Attraktivität vom automatisierten Fahren in Frage gestellt wird. Die Möglichkeit am Wunschort abgeholt zu werden und sich zum Beispiel nicht um das Parken kümmern zu müssen, sind auf jeden Fall Aspekte, die das automatisierte Fahren extrem attraktiv machen könnten. In erster Linie deutet dies aber mehr auf ein höheres Verkehrsaufkommen auf der Strasse als auf Raumeffekte hin.

Auch die Analyse aus dem Freizeit- und Güterverkehr kommt zu ähnlichen Schlussfolgerungen. Bezüglich Freizeitverkehr wird ersichtlich, dass das automatisierte Fahren neue spannende Nutzungsformen bieten könnte. Beispiele hierfür sind preisgünstige automatisierte Taxis, welche flexiblere Ausflugsmöglichkeiten zu abgelegenen Zielorten zum Wandern ermöglichen oder individuell gestaltete Stadtrundfahrten für Touristen. Es wird aber nicht erwartet, dass solche Aspekte einen dominanten Einfluss auf die Wohnortsentscheidungen der Bevölkerung haben werden. Im Güterverkehr sind die grösseren Knoten der Verteilungskette schon heute für eine effiziente Abwicklung der vom Kunden gewünschten Dienstleistung ausgerichtet. Es ist entsprechend auch unwahrscheinlich, dass das automatisierte Fahren im Strassengüterverkehr zu einer Änderung in den grossen Standortentscheidungen von Logistikunternehmen (zum Beispiel bezüglich der Lage der Umschlag- und Verteilungszentren) führen wird.

Empfehlungen

Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie wird nicht erwartet, dass automatisiertes Fahren als solches ein Treiber für Zersiedelung sein wird. Nichts desto trotz werden aufgrund der heute bereits bekannten Dynamiken (z.B. Bodenpreisgefälle zwischen Zentrum und Peripherie, Wunsch vom eigenen Einfamilienhaus, Wohnen in der Nähe von Naherholungsgebieten, etc.) die Zersiedelungsproblematik und damit einhergehend die Siedlungsentwicklung nach innen in den nächsten Jahren weiterhin zentrale Herausforderungen in der Raumplanung bleiben. Diese Herausforderungen sollten jedoch nach Einschätzung der Forschungsstelle mit den gängigen Instrumenten der Raumplanung zu bewältigen sein. Eine konkrete Anpassung des raumplanerischen Instrumentariums aufgrund der möglichen Entwicklungen durch automatisiertes Fahren wird daher nicht als notwendig erachtet. Eine strikte Anwendung und Umsetzung der Raumplanungsgesetzgebung und des verfügbaren Instrumentariums (insb. zum verdichteten Bauen im bestehenden Siedlungsgebiet) ist aber auch in Zukunft notwendig, um einen schonenden Umgang mit der knappen Ressource Boden i.S. einer nachhaltigen Raumentwicklung sicherzustellen.

Automatisiertes Fahren im Personenverkehr könnte letztlich auch im Rahmen von einem anderen Mobilitätsmodell eingesetzt werden. Wenn neben der Automatisierung des konventionellen ÖVs automatisierte Kleinfahrzeuge (TwoPods oder Taxis) insbesondere in der letzten Meile zur raschen und bequemen Anknüpfung mit Fahrzeugen mit höherer Kapazität wie Busse, Trams und Züge dienen würden, so könnte daraus ein multimodales und kollektives Mobilitätssystem entstehen. Ein solches System würde zu Erreichbarkeitsgewinnen in allen Räumen führen. Im Vergleich zum urbanen Raum könnten aber insbesondere urbane Randgebiete und Agglomerationen, die traditionell schlechter im ÖV eingebunden sind, profitieren und an Attraktivität gewinnen. In Anbetracht der Schweizer Raumplanungsziele und der Tatsache, dass eine multimodale und kollektive Mobilität besonders effizient in verdichteten Siedlungsstrukturen ist, müsste auch ein solcher Wandel von der strikten Umsetzung der raumplanerischen Gesetzgebung begleitet werden. Betrachtet man ausserdem das prognostizierte Bevölkerungswachstum, dann besteht die Gefahr, dass eine Weiterführung des heutigen monomodal-individuellen Mobilitätssystems mit automatisierten Fahrzeugen das Verkehrssystem an die Kapazitätsgrenzen führen und zum Beispiel durch ein höheres Stauaufkommen die Lebensqualität insbesondere in den Städten negativ beeinträchtigen könnte. Ein multimodal-kollektives und ÖV-zentriertes System, welches in verdichteten Siedlungsstrukturen besonders attraktiv ist und in diesem Rahmen die Schweizer Raumplanungsziele unterstützen kann, scheint dagegen eher mit einer effizienten und nachhaltigen Mobilität kompatibel zu sein und sollte entsprechend gefördert werden.

Einen solchen Wandel durchzusetzen ist eine grosse Herausforderung, die grosse Verhaltens- und Werteänderungen benötigen wird. Nutzer müssen sich vom Modell des Besitzes eines Fahrzeugs und einer monomodalen Verkehrskultur entfernen, ohne dass das Gefühl der effizienten Abwicklung ihres Mobilitätsbedarfs beeinträchtigt wird. Dazu muss aber ein komfortables, vielfältiges, dynamisches und multimodales Angebotsspektrum, welches durch eine benutzerfreundliche digitale Plattform benutzt werden kann, bereitgestellt werden. Um eine Umstellung der Mobilitätsnutzer zu fördern, gilt es sowohl auf Forschungs- als auch auf der Implementierungsebene zu verstehen, wie die Offenheit zu einer multimodalen und auf Sharing basierten Mobilität und das Vertrauen in digitale Plattformen zum Management des eigenen Mobilitätsbedarfs erhöht werden kann. Auf Forschungsebene können zum Beispiel wichtige Erkenntnisse durch die Analyse des Verhaltens unterschiedlicher Nutzergruppen eruiert werden, welche erlauben, Angebotsformen zu entwickeln und anzubieten, die stärker auf die Bedürfnisse der Bevölkerung eingehen. Des Weiteren besteht Forschungsbedarf bezüglich wie Verhaltensmuster und Routinen der heutigen Mobilität durchbrochen und hin zu multimodalen Mobilitätsformen überführt werden könnten. Auf der Implementierungsseite kann die Förderung von Pilotprojekten zu innovativen Mobilitätskonzepten einen Wechsel in der Akzeptanz alternativer Mobilitätsformen bewirken. Doch um sich vom heutigen monomodalen und autozentrischen System zu entfernen, sollten auch Möglichkeiten wie zum Beispiel Pricing-Ansätze oder das Einschränken der Zufahrt in bestimmten Räumen mit privaten und tiefbesetzten Fahrzeugen berücksichtigt werden. Gleichzeitig kann aber

auch das Erstellen und die proaktive und öffentliche Kommunikation einer Vision über die zukünftige Entwicklung einer automatisierten, multimodalen und kollektiven Mobilität in den unterschiedlichen Räumen (Stadt, Agglomeration und Land) die Bevölkerung auf diesen Wandel vorbereiten und Behörden und Gemeinden in der Umsetzung der raumplanerischen Ziele der Schweiz unterstützen.

Anhänge

I	Wirkungsanalyse	96
I.1	Wirkungen der Massnahmen und Lösungsansätze	96
I.2	Sensitivitätsanalyse der Wirkungen	98

I Wirkungsanalyse

I.1 Wirkungen der Massnahmen und Lösungsansätze

Für die Auswertung der gegenseitigen Wirkung (resp. Beeinflussung) der Massnahmen und Lösungsansätze wurde die Software GAMMA verwendet. Mit dieser können Wirkungen, welche verschiedene Grössen innerhalb eines Beziehungsgeflechtes aufeinander ausüben, analytisch dargestellt werden. Dabei wird zwischen aktiver und passiver Wirkung differenziert. Die jeweiligen Summen der einzelnen Wirkungen einer Grösse innerhalb einer Matrix (Zeilen- und Spaltensummen) bilden dabei die Aktiv- resp. Passivsummen. Diese geben an, wie stark eine Grösse die anderen beeinflusst resp. von anderen beeinflusst wird.

- **Aktivsumme:** Wie stark beeinflusst eine Grösse die anderen → je grösser die Zahl, desto stärker beeinflusst sie die anderen.
- **Passivsumme:** Wie stark wird eine Grösse von anderen beeinflusst → je grösser die Zahl, desto stärker wird sie von anderen beeinflusst.

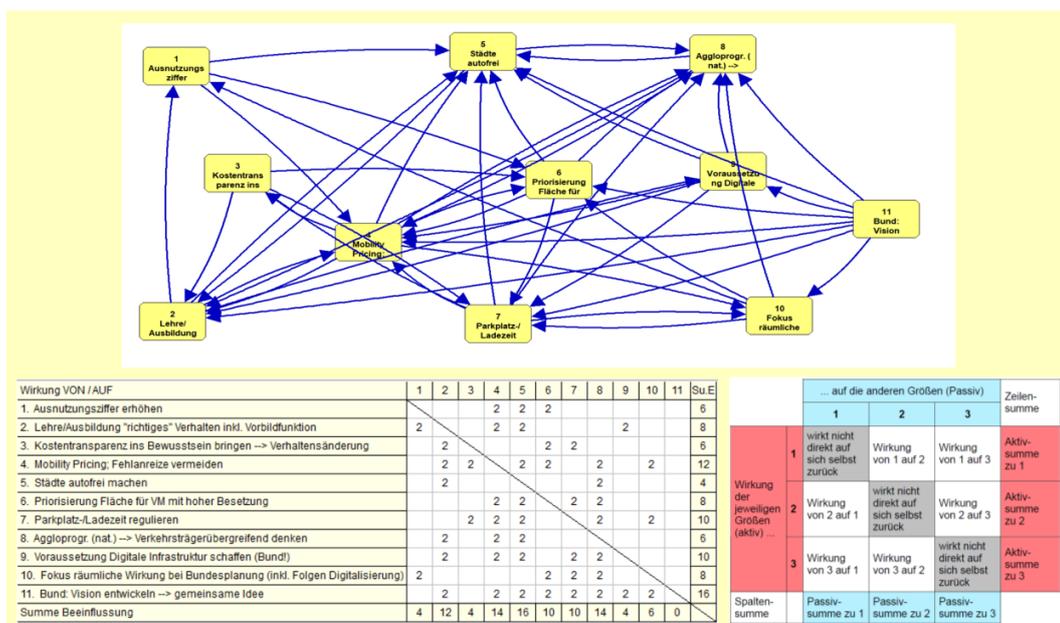


Abb. 25: Wirkungszusammenhänge der Massnahmen und Lösungsansätze (Quelle: ZHAW).

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass insbesondere Massnahme 11 (Entwicklung einer Vision auf Bundesebene), Massnahme 4 (Mobility Pricing), Massnahme 7 (Regulation Parkplatz-/Ladezeit) und Massnahme 9 (Digitale Infrastruktur) eine hohe Aktivsumme aufweisen und dementsprechend stark auf andere Massnahmen wirken resp. diese beeinflussen (**aktive Wirkung**).

Auf der anderen Seite weisen Massnahme 5 (Städte autofrei machen), Massnahme 4 (Mobility Pricing), Massnahme 8 (national konsolidiertes Agglomerationsprogramm), Massnahme 2 (Lehre/Ausbildung), Massnahme 6 (Priorisierung von Verkehrsmitteln mit hoher Auslastung) und Massnahme 7 (Regulation Parkplatz-/Ladezeit) Passivsummen grösser oder gleich 10 auf und werden entsprechend stark von anderen Massnahmen beeinflusst (**passive Wirkung**).

Massnahme 4 (Mobility Pricing) und 7 (Regulation Parkplatz-/Ladezeit) weisen sowohl eine hohe Aktiv- als auch Passivsumme auf. Dieser Umstand verdeutlicht, dass eine Beurteilung der einzelnen Massnahmen nur nach deren aktiver resp. passiver Wirkung

nicht ausreichend ist, um sämtliche Wirkungs-Charakteristika einer Massnahme beschreiben zu können. Es sind deshalb zwei weitere Dimensionen nötig, welche die Fälle abdecken, dass eine Massnahme...

- ...andere Massnahmen stark beeinflusst aber auch selber stark beeinflusst wird (**kritische Wirkung**)
- ...andere Massnahmen wenig bis gar nicht beeinflusst und auch selbst kaum beeinflusst wird (**puffernde Wirkung**)

Dadurch lassen sich nun sämtliche Massnahmen in einem Koordinatensystem mit vier Quadranten (passive Wirkung, kritische Wirkung, puffernde Wirkung und aktive Wirkung) abbilden:

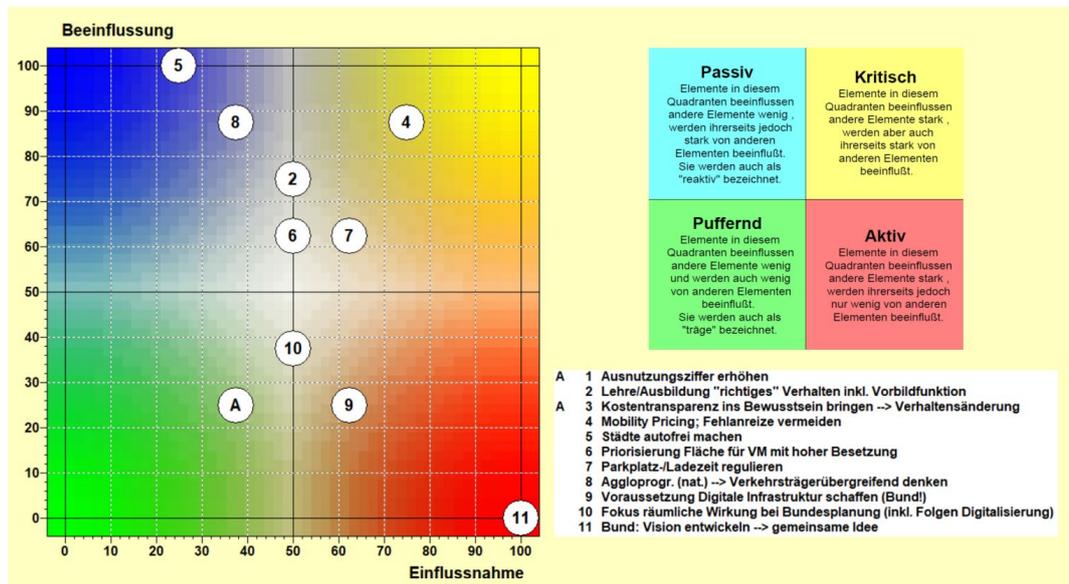


Abb. 26: Grad der Einflussnahme resp. Beeinflussung der verschiedenen Massnahmen und Lösungsansätze (Quelle: ZHAW).

Aus Abb. 26 wird ersichtlich, dass die Entwicklung einer Vision durch den Bund (11) und die Schaffung idealer Voraussetzungen für den Aufbau einer digitalen Infrastruktur (9) die anderen Massnahmen am stärksten beeinflussen und selber von diesen nur wenig beeinflusst werden. Diese Massnahmen sollten i.d.R. prioritär behandelt werden.

Demgegenüber werden Massnahmen für eine autofreie Stadt (5) oder ein national konsolidiertes Agglomerationsprogramm (8) stark durch andere Massnahmen beeinflusst und besitzen daher einen eher reaktiven Charakter.

Wie bereits erwähnt besitzen Massnahmen wie die Einführung eines Mobility Pricing (4) oder die Regulation der Parkplatz-/Ladezeit (7) eine kritische Wirkung, werden also einerseits stark durch andere Massnahmen beeinflusst und beeinflussen ihrerseits andere Massnahmen relativ stark. Diese gilt es zwar nicht prioritär zu behandeln, ihnen muss aber besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, insbesondere, wenn Massnahmen implementiert werden, welche eine Wirkung auf diese ausüben.

Die Erhöhung der Ausnutzungsziffer (1) und die Kostentransparenz bei den Menschen ins Bewusstsein zu bringen (3) sind hingegen Massnahmen, welche kaum von anderen beeinflusst werden und diese selber auch nicht weiter beeinflussen. Diesen muss daher keine besondere Beachtung geschenkt werden, wenn es darum geht, dass die Arbeit an diesen Massnahmen Einfluss auf andere Massnahmen nehmen könnte. Sie können folglich isoliert bearbeitet werden.

Verbleiben die Massnahmen Lehre/Ausbildung (2), Priorisierung von Flächen für Verkehrsmittel mit hohem Besetzungsgrad (6) und ganzheitlicher Fokus auf räumliche Wirkungen bei Bundesplanungen (10). Diese befinden sich auf den Grenzlinien der Quadranten und müssen daher bei einer potentiellen Umsetzung vorgängig im Detail beurteilt werden.

I.2 Sensitivitätsanalyse der Wirkungen

In einem letzten Schritt wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, mit welcher Verzerrungseffekte innerhalb der Wirkungen geglättet wurden (siehe nachfolgende Abbildung). Diese können sich zum Beispiel dadurch ergeben, wenn eine Massnahme ihre Wirkung auf eine andere Massnahme nur indirekt über eine andere Massnahme entfalten kann.

Aus der Sensitivitätsanalyse wird ersichtlich, dass einzig die Massnahmen zur Priorisierung der Flächen für Verkehrsmittel mit einem hohen Besetzungsgrad (6) und die Regulation der Parkplatz-/Ladezeit (7) eine gewisse Verzerrung aufweisen und daher (nach der Sensitivitätsanalyse) von einem passiven zu einem eher aktiven Charakter wechseln. Ansonsten können die Resultate als relativ stabil resp. wenig verzerrt beurteilt werden – insbesondere die vorgängig als prioritär eingeschätzten Massnahmen zur Entwicklung einer Vision resp. Leitidee zur Raumentwicklung in der Schweiz durch den Bund (11) und der Schaffung idealer Voraussetzungen für den Aufbau einer digitalen Infrastruktur (9). Die Regulation der Parkplatz-/Ladezeiten (7) könnte direkt in die Entwicklung der Vision durch den Bund (11) einfließen, da die Verschiebung von passiv zu aktiv durch die Beeinflussung der Vision hervorgerufen wurde.

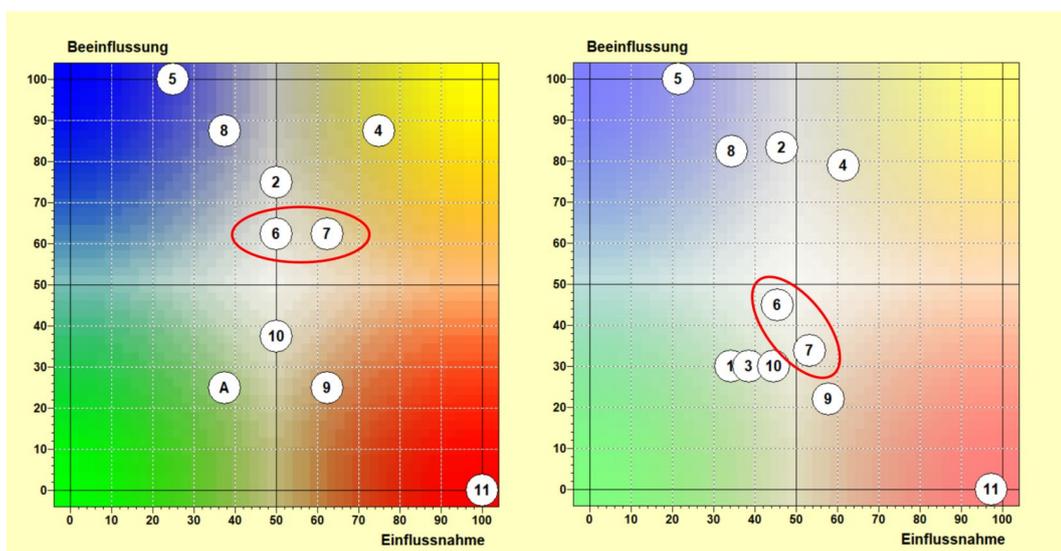


Abb. 27: Grad der Einflussnahme resp. Beeinflussung der verschiedenen Massnahmen und Lösungsansätze nach der Sensitivitätsanalyse (Quelle: ZHAW).

Literaturverzeichnis

- 2025AD. 2017. «**Motion Sickness Will Jeopardize Comfort in Driverless Cars**». 2017. <https://www.2025ad.com/updates/motion-sickness-in-driverless-cars/>.
- Abegg, Christof, Camille Girod, Kasper Fischer, Nadina Pahud, Lorenz Raymann, und Fabienne Perret. 2018. «**Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz**». EBP.
- Anderson, Marco, und Nico Larco. 2017. «**Land Use and Transportation Policies**». Policy Brief - 3 Revolutions: Sharing, Electrification and Automation.
- ARE. 2013. «**Freizeitverkehr in der Schweiz Entwicklung seit 1994 und Analyse des Rückgangs 2005 bis 2010**», Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- ARE. 2016. «**Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040: Hauptbericht**». Hauptbericht. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung.
- ARE. 2018. «**Freizeitmobilität in der Schweiz 2005-2015 - Faktenblatt**». Bern.
- ARE(web). 2019a. «**Programm Agglomerationsverkehr - Agglomerationsprogramme Verkehr und Siedlung**». 2019. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/programme-und-projekte/agglomerationsprogramme-verkehr-und-siedlung.html>.
- ARE(web). 2019b. «**Sachpläne des Bundes**». 2019. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/sachplaene-des-bundes.html>.
- ARE(web). 2019c. «**Was ist ein Richtplan?**» 2019. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/kantonale-richtplaene/was-ist-ein-richtplan.html>.
- Bainbridge, Alex. 2018. «**Autonomous vehicles & auto-tours**».
- Banister, David, und Robin Hickman. 2013. «**Transport futures: Thinking the unthinkable**». Transport Policy 29 (Supplement C): 283–93. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.07.005>.
- Bansal, Prateek, und Kara M. Kockelman. 2017. «**Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies**». Transportation Research Part A: Policy and Practice 95 (Januar): 49–63. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.10.013>.
- Bansal, Prateek, und Kara M. Kockelman. 2018. «**Are We Ready to Embrace Connected and Self-Driving Vehicles? A Case Study of Texans**». Transportation 45 (2): 641–75. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9745-z>.
- Becker, Felix, und Kay W. Axhausen. 2017. «**Literature Review on Surveys Investigating the Acceptance of Automated Vehicles**». Transportation 44 (6): 1293–1306. <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9808-9>.
- Beige, Sigrun, und Kay W. Axhausen. 2017. «**The dynamics of commuting over the life course: Swiss experiences**». Transportation Research Part A: Policy and Practice 104 (Oktober): 179–94. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.01.015>.
- BFS. 2016. «**Haushaltsbudgeterhebung, 2012–2014. Haushaltseinkommen und -ausgaben nach Kanton (nur die bevölkerungsreichsten Kantone)**». Bundesamt für Statistik (BFS).
- BFS. 2017a. «**Verkehrverhalten der Bevölkerung Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015**».
- BFS. 2017b. «**Steckbrief - Erhebung / Statistik. Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)**». Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS).
- BFS. 2017c. «**Schweizer Berufsnomenklatur 2000 | Steckbrief**». Bundesamt für Statistik. 29. November 2017. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/erhebungen.assetdetail.3962863.html>.
- BFS, und ARE, Hrsg. 2012. **Mobilität in der Schweiz: Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010**. Neuchâtel: Bundesamt für Statistik.
- BFS, und ARE, Hrsg. 2017. «**Verkehrverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015**». Neuchâtel: Bundesamt für Statistik (BFS). <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/verkehrverhalten.assetdetail.1840477.html>.
- BFS, Bundesamt für. 2018. «**Pendlermobilität in der Schweiz 2016 - Mit einer Vertiefung zu den Pendlerströmen zwischen den Gemeinden | Publikation**». Bundesamt für Statistik. 27. August 2018. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/publikationen.assetdetail.5827316.html>.
- Bösch, Patrick M., Felix Becker, Henrik Becker, und Kay W. Axhausen. 2018. «**Cost-Based Analysis of Autonomous Mobility Services**». Transport Policy 64 (Mai): 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.09.005>.
- Boulouchos, Konstantinos, Martin Raubal, Francesca Cellina, Francesco Ciari, Brian Cox, Gil Georges, Stefan Hirschberg, u. a. 2017. «**Towards an Energy Efficient Swiss Transportation System**». Working Paper. SCCER Mobility. Zürich: ETHZ, PSI, SUPSI, ZHAW.
- Bruns, Frank, Christof Abegg, Benno Erismann, Fumasoli, Tobias, und Nadina Pahud-Schiesser. 2019. «**Verkehr der Zukunft 2060: Wechselwirkungen Verkehr und Raum**». EBP Schweiz AG.
- Bubenhofer, Jonas, Hool, Anna, Naef, Conrad, und Hess, Jonas. 2018. «**Dichte und Mobilitätsverhalten**». Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).
- Busch, Fritz, Sabine Krause, Fabian Fehn, Marco Richner, Stefan Armbruster, und Thomas Winzer. 2019. «**Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 5: Mischverkehr**».
- Cohen, Scott A., und Debbie Hopkins. 2019. «**Autonomous Vehicles and the Future of Urban Tourism**». Annals of Tourism Research 74 (Januar): 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2018.10.009>.

- Creutzig, Felix, Blanca Fernandez, Helmut Haberl, Radhika Khosla, Yacob Mulugetta, und Karen C. Seto. 2016. «**Beyond Technology: Demand-Side Solutions for Climate Change Mitigation**». Annual Review of Environment and Resources 41 (1): 173–98. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085428>.
- CST, Cargo Sous Terrain. 2016. «**Technik**». Cargo Sous Terrain. 2016. <http://www.cargosousterrain.ch/de/technik.html>.
- Diels, Cyriel, Jelte E. Bos, Katharina Hottelart, und Reilhac. 2016a. «**The impact of display position on motion sickness in automated vehicles: an on-road study**».
- Diels, Cyriel, Jelte E. Bos, Katharina Hottelart, und Patrice Reilhac. 2016b. «**Motion Sickness in Automated Vehicles: The Elephant in the Room**». In Road Vehicle Automation 3, herausgegeben von Gereon Meyer und Sven Beiker, 121–29. Lecture Notes in Mobility. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40503-2_10.
- EBP. 2019. «**Verkehr der Zukunft 2060: Wechselwirkungen Verkehr und Raum (unveröffentlicht)**».
- EspaceSuisse (web). 2019. «**RPG-Revision: Das Raumplanungsgesetz wird revidiert**». EspaceSuisse. 2019. <https://www.espacesuisse.ch/de/raumplanung/rechtsgrundlagen/rpg-revision>.
- Ettema, Dick, Margareta Friman, Tommy Gärling, Lars E. Olsson, und Satoshi Fujii. 2012. «**How in-vehicle activities affect work commuters' satisfaction with public transport**». Journal of Transport Geography, Special Section on Theoretical Perspectives on Climate Change Mitigation in Transport, 24 (September): 215–22. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.02.007>.
- Ewing, Reid, und Robert Cervero. 2010. «**Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis**». Journal of the American Planning Association 76 (3): 265–94. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>.
- Flämig, Heike. 2015. «**Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes**». In Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, herausgegeben von Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, und Hermann Winner, 377–98. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9_18.
- Gelauff, Ossokina, und Teulings. 2017. «**Working paper: Spatial effects of automated driving: dispersion, concentration or both?**» file:///C:/Users/delc/Downloads/Spatial+effects+of+automated+driving+_+dispersion%252C+concentration+or+both.pdf.
- Gelbard, Roy, Orit Goldman, und Israel Spiegler. 2007. «**Investigating diversity of clustering methods: An empirical comparison**». Data & Knowledge Engineering, Data Warehouse and Knowledge Discovery (DAWAK '05), 63 (1): 155–66. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2007.01.002>.
- GlobalWebindex, L. 2018. «**Durchschnittliche tägliche Nutzungsdauer von sozialen Medien weltweit in den Jahren 2012 bis 2018**». Statista. 2018. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/475072/umfrage/taegliche-nutzungsdauer-von-sozialen-medien/>.
- Grêt-Regamey, Adrienne, Sander Kool, Lukas Bühlmann, und Samuel Kissling. 2018. «**Eine Bodenagenda für die Raumplanung**», 96.
- Hawkins, Troy R., Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettez, und Anders Hammer Strømman. 2013. «**Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles**». Journal of Industrial Ecology 17 (1): 53–64. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x>.
- HEC. 2019. «**TV series consumption habits in the era of Netflix: How young adults embrace and protect themselves from ATAWAD TV watching**». HEC Paris. 2019. <https://www.hec.edu/fr/node/223420>.
- Heinrichs, Dirk. 2016. «**Autonomous Driving and Urban Land Use**». In Autonomous Driving, 213–31. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_11.
- Isu, Naoki, Takuya Hasegawa, Ichiro Takeuchi, und Akihiro Morimoto. 2014. «**Quantitative Analysis of Time-Course Development of Motion Sickness Caused by in-Vehicle Video Watching**». Displays 35 (2): 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2014.01.003>.
- Jain, Aditya. 2018. «**Cost of a Self-Driving Car's Components Automotive Electronics**». Automotive Electronics (blog). 15. November 2018. <https://www.automotiveelectronics.com/cost-of-components-of-a-self-driving-car/>.
- Jermann, Jörg, Bernhard Oehry, Ralf Bosch, Thomas Schmid, Yves Gasser, Cornelia van Driel, und Gzim Kryeziu. 2017. «**Chancen und Risiken des Einsatzes von Abstandshaltesystemen sowie des Platoonings von Strassenfahrzeugen - Machbarkeitsanalyse**». Rapp Trans AG.
- Jermann, Jörg, Michael Steinle, Arthur Luisoni, Thomas Schmid, und Simon Bohne. 2019. «**Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 4: Neue Angebotsformen - Schlussbericht**».
- Keseru, Imre, und Cathy Macharis. 2018. «**Travel-Based Multitasking: Review of the Empirical Evidence**». Transport Reviews 38 (2): 162–83. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1317048>.
- Kuiper, Ouren X., Jelte E. Bos, und Cyriel Diels. 2018. «**Looking forward: In-vehicle auxiliary display positioning affects carsickness**». Applied Ergonomics 68 (April): 169–75. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.002>.
- Linden, Erik, und Andreas Wittmer. 2018. «**Zukunft Mobilität: Gigatrend Digitalisierung und Megatrends der Mobilität**», 34.
- Litman, Todd. 2018. «**Autonomous Vehicle Implementation Predictions - Implications for Transport Planning**», 35.
- Livingston, Clarissa Virginia, Sebastian Hörl, und Kay Axhausen. 2019. «**Teilprojekt 2: Stand der Arbeit und vorläufige Ergebnisse am 18.06.2019 für das Forschungspaket ASTRA 2018/002- TP2: Verkehrliche Auswirkungen und Infrastrukturbedarf**», 49.
- Lyons, Glenn, Juliet Jain, und Iain Weir. 2016. «**Changing times – A decade of empirical insight into the experience of rail passengers in Great Britain**». Journal of Transport Geography 57 (Dezember): 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.10.003>.

- Meyer, Jonas, Henrik Becker, Patrick M. Bösch, und Kay W. Axhausen. 2017. «**Autonomous Vehicles: The next Jump in Accessibilities?**» *Research in Transportation Economics* 62 (Juni): 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.03.005>.
- Milakis, Dimitris, Bart van Arem, und Bert van Wee. 2017. «**Policy and Society Related Implications of Automated Driving: A Review of Literature and Directions for Future Research**». *Journal of Intelligent Transportation Systems* 21 (4): 324–48. <https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>.
- Milakis, Dimitris, und Bert van Wee. 2018. «**“For Me It Is Always like Half an Hour”: Exploring the Acceptable Travel Time Concept in the US and European Contexts**». *Transport Policy* 64 (Mai): 113–22. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.02.001>.
- Müller, Hansruedi. 2008. **Freizeit und Tourismus. Eine Einführung in Theorie und Politik**. 11. Aufl. Berner Studien zu Freizeit und Tourismus 41. Bern. <https://d-nb.info/958001839/04>.
- Müller, Stephan. 2018. «**ATLaS – Szenarien des automatisierten Fahrens in der Logistik**», 26.
- Oehry, Bernhard, Jörg Jermann, Roman Frick, Lutz Ickert, Anne Greinus, Jens Schippl, Torsten Fleischer, Max Reichenbach, und Maik Hömke. 2018. «**Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 1: Nutzungsszenarien und Auswirkungen**».
- Ohnmacht, Timo, Konrad Götz, Ueli Haefeli, Jutta Deffner, Daniel Matti, Jürg Stettler, und Jobst Grotrian. 2008. «**Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen**». Luzern: Hochschule Luzern – Wirtschaft.
- Pousse, Sara. 2017. «**Kenngrossen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990–2015**». Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Pudāne, Baiba, Michał Rataj, Eric J. E. Molin, Niek Mouter, Sander van Cranenburgh, und Caspar G. Chorus. 2018. «**How will automated vehicles shape users' daily activities? Insights from focus groups with commuters in the Netherlands**». *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Dezember. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.11.014>.
- Rotermund, M, B Bodenmann, und K.W. Axhausen. 2018. «**Autonomous cars: Re-activators for peripheral areas? Case study Switzerland**».
- Russell, Marie, Rachel Price, Louise Signal, James Stanley, Zachery Gerring, und Jacqueline Cumming. 2011. «**What Do Passengers Do During Travel Time? Structured Observations on Buses and Trains**». *Journal of Public Transportation* 14 (3). <https://doi.org/10.5038/2375-0901.14.3.7>.
- Schoettle, Brandon, und Michael Sivak. 2014a. «**A SURVEY OF PUBLIC OPINION ABOUT AUTONOMOUS AND SELF-DRIVING VEHICLES IN THE U.S., THE U.K., AND AUSTRALIA**», 42.
- Schoettle, Brandon, und Michael Sivak. 2014b. «**Public opinion about self-driving vehicles in China, India, Japan, the US, the UK, and Australia**». <https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/109433>.
- Schoettle, Brandon, Michael Sivak, Brandon Schoettle, und Michael Sivak. 2009. **In-Vehicle Video and Motion Sickness**.
- Schweizerischer Bundesrat. 2009. «**Strategie Freizeitverkehr**». Bern: Bundesamt für Raumentwicklung ARE.
- Schweizerischer Bundesrat. 2018. «**Bessere Koordination zwischen Raum- und Verkehrsplanung Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Vogler 15.4127 vom 15. Dezember 2015**», 30.
- Schweizerischer Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, und SGV. 2012. «**Raumkonzept Schweiz**», 107.
- ScienceDaily. 2017. «**Mind Wandering Is Common during Driving: Scientists Investigated Potentially Dangerous Day-Dreaming in Drivers, and Found That It Is Very Common, and Produces Distinctive Brain Activity**». ScienceDaily. 2017. <https://www.sciencedaily.com/releases/2017/08/170831101452.htm>.
- Singleton, Patrick A. 2019. «**Discussing the “positive utilities” of autonomous vehicles: will travellers really use their time productively?**» *Transport Reviews* 39 (1): 50–65. <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1470584>.
- Stevens, Mark R. 2017. «**Does Compact Development Make People Drive Less?**» *Journal of the American Planning Association* 83 (1): 7–18. <https://doi.org/10.1080/01944363.2016.1240044>.
- Stopher, Peter R., Asif Ahmed, und Wen Liu. 2017. «**Travel Time Budgets: New Evidence from Multi-Year, Multi-Day Data**». *Transportation* 44 (5): 1069–82. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9694-6>.
- Tanner, Monika Bandi, Therese Lehmann Friedli, Adrian Küenzi, und B Ec. 2018. «**Tourismusrelevante Trends und Entwicklungen**», 18.
- TCS. 2019. «**Kilometerkosten - Was kostet mein Auto?**» 2019. <https://www.tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/kontrollen-unterhalt/kilometerkosten.php>.
- Thomas, Elli, Ilona Serwicka, und Paul Swinney. 2015. «**Why Do People Live Where They Do?**» Centre for Cities. 2015. <https://www.centreforcities.org/reader/urban-demographics-2/why-do-people-live-where-they-do/>.
- Tussyadiah, Iis P., Florian J. Zach, und Jianxi Wang. 2017. «**Attitudes Toward Autonomous on Demand Mobility System: The Case of Self-Driving Taxi**». In *Information and Communication Technologies in Tourism 2017*, herausgegeben von Roland Schegg und Brigitte Stangl, 755–66. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51168-9_54.
- UN. 2018. «**World urbanization prospects: The 2018 revision**».
- UVEK, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. 2016. «**Verkehrsperspektiven 2040**».
- UVEK. 2017. «**Zukunft Mobilität Schweiz**». 2017. <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/verkehr/zukunft-mobilitaet-schweiz.html>.
- Van Mierlo, Joeri, Maarten Messagie, und Surendraprabu Rangaraju. 2017. «**Comparative environmental assessment of alternative fueled vehicles using a life cycle assessment**». *Transportation Research Procedia*, World Conference on

Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 July 2016, 25 (Supplement C): 3435–45.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.244>.

VDA. 2015. **«Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren.»**
<https://www.vda.de/de/services/Publikationen/automatisierung.html>.

VLP-ASPAN. 2012. **«Raumplanung in der Schweiz: Eine Kurzeinführung».**

Widrich, Leo. 2018. **«Why We Have Our Best Ideas in the Shower: The Science of Creativity».** Open (blog). 7. September 2018. <https://open.buffer.com/shower-thoughts-science-of-creativity/>.

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 19/08/2020

Grunddaten

Projekt-Nr.: 2018/006
 Projekttitel: Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 6: Räumliche Auswirkungen
 Enddatum: 30/06/2020

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

In diesem Forschungsprojekt wurde untersucht, inwiefern automatisiertes Fahren Raumeffekte und insbesondere Zersiedelungseffekte verursachen könnte. Die Arbeiten analysierten die Hauptthese, dass die aktive Zeitnutzung beim automatisierten Fahren die Zeitwahrnehmung und die Bereitschaft für längere (Pendler-)Wege verändern und der Wohnort vermehrt in den ländlichen Raum verlagert werden könnte.

Im ersten Teil der Studie wurde anhand der Analyse von Komfort- und Zeitnutzungsaspekten des automatisierten Fahrens ersichtlich, dass in Folge zunehmender Automatisierung keine längeren Wege und daher keine Verlagerung der Wohnstandorte von der Stadt oder Agglomeration aufs Land zu erwarten sind.

Danach wurden Kosten und Zahlungsbereitschaft für automatisiertes Fahren analysiert und es wurde evaluiert, wie stark der effektive Preis zukünftiger Fahrzeuge deren Aufnahme beeinflussen könnte. Insbesondere in Städten und Agglomerationen könnten automatisierte Taxis für den Grossteil der Haushalte billiger im Vergleich zum Privatfahrzeugbesitz sein.

Im dritten Teil der Studie wurden im Rahmen von Experteninterviews neue Möglichkeiten des automatisierten Fahrens im Freizeit- und Tourismusverkehr identifiziert. Dabei hat sich gezeigt, dass das grösste Potential für die Nutzung automatisierter Fahrzeuge bei ausländischen Touristengruppen gesehen wird. Auf die Wohnortwahl von Inländern wird sich die Automatisierung im Freizeitverkehr jedoch nur wenig bis gar nicht auswirken.

Ebenfalls wurde im Rahmen von Experteninterviews der Einfluss der zunehmenden Automatisierung im Güterverkehr auf die Standortentscheidungen von Logistikunternehmen untersucht. Daraus wurde ersichtlich, dass keine radikalen Änderungen in den Standortentscheidungen zu erwarten sind. Hingegen könnten in Städten neue Angebote für die Güterverteilung eine grössere Flexibilität in das System einbringen.

In einem letzten Teil wurden im Rahmen eines Expertenworkshops zentrale Herausforderungen und mögliche Lösungsansätze bezüglich automatisierter Mobilität und der Raumplanung diskutiert. Daraus wurde ersichtlich, dass, obwohl automatisiertes Fahren nicht als dominanter Treiber von Zersiedlung angesehen werden kann, die Zersiedelungsproblematik und damit einhergehend die Siedlungsentwicklung nach innen zentrale Herausforderungen der nächsten Jahre innerhalb der Raumplanung bleiben werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

AP1: Nutzer- / Fahrer-Ebene

Die Literaturanalyse zu Komfort- und Zeitnutzungsaspekten des automatisierten Fahrens und die Cluster-Analyse der Mikrozensusdaten konnten wie geplant erfüllt werden. Bei der Analyse der Kosten und Zahlungsbereitschaft für automatisiertes Fahren wurde in Absprache mit der GPL auf eine Durchführung einer Online-Umfrage verzichtet, da die angestrebten Resultate mit ausreichend verfügbaren Datengrundlagen erarbeitet werden konnten. Bei der Analyse des automatisierten Fahrens im Freizeit- und Tourismusverkehr wurden in Absprache mit der GPL anstelle eines Expertenworkshops mehrere Experteninterviews durchgeführt.

AP2: Verkehrssysteme-Ebene

Die Literaturanalyse zu Policy-Making Ansätzen und verkehrstechnischen Lösungen wurde wie geplant durchgeführt. In Absprache mit der GPL wurden anstelle eines Expertenworkshops mehrere Experteninterviews durchgeführt.

AP3: Raumplanerische Ebene

Die Stakeholdercharakterisierung und der Stakeholderworkshop konnten wie geplant erfüllt werden. Der Fokus des Workshops lag jedoch nicht wie geplant auf potentiellen Interessenskonflikten, sondern wurde (basierend auf den vorangehenden Erkenntnissen aus AP1 und AP2) mit generellen raumplanerischen Herausforderungen etwas generischer gefasst.

Folgerungen und Empfehlungen:

Es konnte aufgezeigt werden, dass die Gefahr von Zersiedlung in der Schweiz aufgrund einer höheren Akzeptanz von längeren Reisezeiten beim automatisierten Fahren als sehr klein eingestuft werden kann. Sollte die Mobilität in der Schweiz jedoch weiter im Zustand eines monomodalen, MIV-zentrierten Modells verharren (was durch die Bequemlichkeit autonomer Personenwagen zusätzlich gefördert werden könnte), könnte dies in Anbetracht des prognostizierten Bevölkerungswachstums in Städten zu einem massiven Mehrverkehr führen, was die Lebensqualität im urbanen Raum deutlich verschlechtern würde.

Multimodale, ÖV-zentrierte und auf kollektive Nutzung ausgerichtete Systeme scheinen eine geeignete Lösung zu sein, um die negativen Effekte des Transportsektors zu reduzieren. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass grosse Erreichbarkeitsgewinne auf der letzten Meile durch ein flexibles, effizientes und multimodales ÖV-System die Attraktivität von urbanen Randgebieten und der Agglomeration erhöhen und zu einer verstärkten Zersiedelung führen könnten. Eine strikte Umsetzung der Raumplanungsgesetzgebung ist deshalb auch in Zukunft zwingend notwendig, um Zersiedelungseffekte zu vermeiden.

Insgesamt sind in Zukunft innovative Mobilitätskonzepte nötig, welche den Langsamverkehr, die Mikromobilität, sowie automatisierte Fahrzeuge und den öffentlichen Verkehr in einer Art und Weise verknüpfen, dass ein rasches und komfortables Umsteigen ermöglicht und die Offenheit der Schweizer Bevölkerung bezüglich multimodaler, kollektiver und ÖV-zentrierter Systeme gefördert werden kann. Hierbei handelt es sich um eine Transformation, die von einer stärkeren Entwicklung in Richtung verdichteter Siedlungsstrukturen profitieren würde.

Publikationen:

Die Studienautoren planen die Publikation von zwei wissenschaftlichen Paper, welche auf den Forschungsergebnissen dieses Projektes aufbauen:

- 1) ein Paper über die Segmentierung der Schweizer Bevölkerung, welches auf den Resultaten der in AP1 durchgeführten Cluster-Analyse aufbaut.
- 2) ein Paper über mögliche Räumliche Effekte des automatisierten Fahrens, welches auf den Ergebnissen zu den Komfort- und Zeitnutzungsaspekten des automatisierten Fahrens in AP1 aufbaut.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Del Duce

Vorname: Andrea

Amt, Firma, Institut: ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften / Institut für Nachhaltige Entwicklung

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Ziele des Teilprojektes waren, eine Prüfung durchzuführen, ob das automatisierte Fahren Raumeffekte, insbesondere Zersiedelungseffekte, verursachen kann sowie festzustellen, welche Massnahmen diesbezüglich ggfs. zu treffen wären. Diese Ziele wurden erreicht.

Umsetzung:

Prüfung der Hypothese, dass sich die aktive Zeitnutzung während des automatisierten Fahrens aufgrund einer veränderten Zeitwahrnehmung durch die Nutzer verändert. Durch Analyse allgemeiner Zeitnutzungseffekte, Arbeitswege und sozioökonomischer Aspekte wurde eine Bestimmung derjenigen Bevölkerungsanteile durchgeführt, die vom automatisierten Fahren profitieren könnten; dies sind Teile der Berufspendler. Für den Freizeitverkehr wurde abgeschätzt, welche neuen Potentiale sich durch das automatisierte Fahren ergeben könnten und ob diese Auswirkungen auf die Wohnortwahl haben könnten. Auch für den Strassen-Güterverkehr wurden Untersuchungen durchgeführt. Es wurde mittels Experteninterviews die Wirkung entsprechender automatisierter Fahrzeuge auf die Logistik qualitativ abgeschätzt. In einem besonderen Arbeitsschritt wurden dann die Herausforderungen der automatisierten Mobilität für die Raumplanung skizziert und mögliche Handlungsansätze vorgeschlagen.

weitergehender Forschungsbedarf:

Klärung der Frage, wie innovative Mobilitätskonzepte ausgelegt sein müssen, um als akzeptable Alternative zu herkömmlichen Mobilitätsformen beim Berufspendeln gelten zu können.

Einfluss auf Normenwerk:

kein Einfluss

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Wieland

Vorname: Erwin

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Wieland.

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Forschung im Strassenwesen --> Downloads --> Formulare*) heruntergeladen werden.