



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

Verkehr der Zukunft 2060: Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage

**Transports du futur : les effets du changement climatique sur
la demande de transports à l'horizon 2060**

**Transport of the future 2060: Impact of climate change on
transport demand**

INFRAS Forschung und Beratung
Daniel Sutter
Christoph Petry
Martin Peter
Alexander Wunderlich

**Forschungsprojekt SVI 2011/003 auf Antrag der Schweizerischen Vereini-
gung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Mai 2020

1677

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

Verkehr der Zukunft 2060: Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage

**Transports du futur : les effets du changement climatique sur
la demande de transports à l'horizon 2060**

**Transport of the future 2060: Impact of climate change on
transport demand**

INFRAS Forschung und Beratung
Daniel Sutter
Christoph Petry
Martin Peter
Alexander Wunderlich

**Forschungsprojekt SVI 2011/003 auf Antrag der Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Mai 2020

1677

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Daniel Sutter

Mitglieder

Christoph Petry

Martin Peter

Alexander Wunderlich

INFRAS, Binzstrasse 23, CH-8045 Zürich

Begleitkommission

Präsident

Daniel Kilcher

Mitglieder

Kay Axhausen

Jörg Beckmann

Sabine Friedrich

Klaus Kammer

Simon Kettner

Marta Kwiatkowski

Markus Liechi

Michael Löchl

Nicole Mathys

Martin Ruesch

Thomas Sauter-Servaes

Christoph Schreyer

Markus Schwyn

Michel Simon

Philipp Stoffel

Paketleitung

Markus Maibach

Antragsteller

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	19
Summary	31
1 Ausgangslage und Ziele	43
1.1 Forschungspaket «Verkehr der Zukunft»	43
1.2 Ausgangslage	44
1.3 Projektziele	45
1.4 Aufbau des Berichts	45
2 Vorgehen und Methodik	47
2.1 Systemabgrenzung	47
2.2 Arbeitsschritte	48
3 Wirkungsmodell Klimawandel – Verkehrsnachfrage	49
3.1 Vorgehen	50
3.2 Identifikation Wirkungsketten	51
3.3 Übersicht Gesamt-Wirkungsmodell Klimawandel – Verkehrsnachfrage	80
4 Szenarien	85
5 Wirkungsanalyse und Einschätzung der Szenarien	91
5.1 Vorgehen	91
5.2 Wirkungen Szenario 1 (Laissez-faire)	94
5.3 Wirkungen Szenario 2 (Anpassung)	109
5.4 Wirkungen Szenario 3 (Vermeidung)	124
5.5 Zusammenfassung der Wirkungen und Gesamteinschätzung	137
6 Fallstudien	143
6.1 Ausgangslage	143
6.2 Fallstudie Engelberg	145
6.3 Fallstudie Stadt Zürich	164
7 Synthese	193
7.1 Kernaussagen: Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf den Verkehr?	194
7.2 Gesamtwirkung auf die Verkehrsnachfrage	200
7.3 Einordnung in den Kontext des Forschungspakets	203
7.4 Handlungsbedarf und Empfehlungen entlang der unterschiedlichen Raumtypen	205
7.5 Forschungsbedarf	211
7.6 Schlussbemerkung	212
Anhang	213
Abkürzungen	217
Literaturverzeichnis	219

Zusammenfassung

Klimawandel und Verkehr beeinflussen sich gegenseitig. Einerseits ist der Verkehr eine bedeutende Quelle für klimarelevante Emissionen. Andererseits führt ein ungebremseter Klimawandel zu direkten und indirekten Folgewirkungen für den Verkehr. Während die Auswirkungen des Verkehrs auf den Klimawandel intensiv untersucht sind, fehlt das Wissen zu den langfristigen Wirkungen des Klimawandels auf den Verkehr in der Schweiz noch weitgehend. Direkte Folgen des Klimawandels – steigende Temperaturen, Starkniederschläge, Hitzewellen und weitere Wetterextremereignisse – stellen Verkehrsinfrastruktur und -betrieb vor neue Herausforderungen und werden auch das Verkehrsverhalten wesentlich beeinflussen. Dies hat Folgen für die Stabilität des Verkehrssystems in der Schweiz und führt zu Handlungsbedarf seitens Verkehrspolitik, -planung und -forschung.

Im Fokus dieser Studie steht folgende Frage: Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage im Jahr 2060 aus?

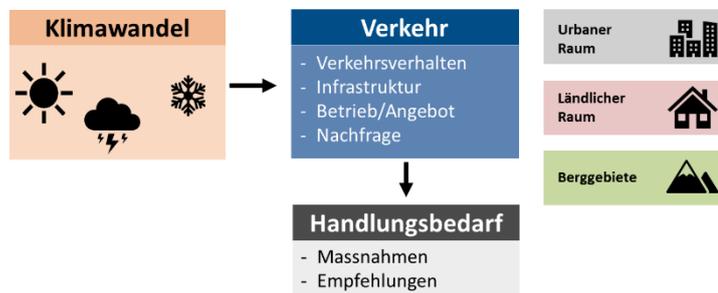


Abb. Z-1: Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz aus?

Grafik INFRAS.

Die vorliegende Studie ist Teil des SVI-Forschungspakets «Verkehr der Zukunft». Mehrere Teilprojekte analysieren darin verschiedene Faktoren, die die Mobilität generell sowie die Verkehrsnachfrage und das Verkehrsangebot im Jahr 2060 im Speziellen beeinflussen.

Ziele und Vorgehen

Im Zentrum der Analyse steht die Wirkung eines veränderten Klimas auf den Verkehr im Jahr 2060. Untersucht werden alle Ebenen des Verkehrs: Verkehrsverhalten, Infrastruktur, Verkehrsbetrieb/-angebot und schliesslich die Verkehrsnachfrage. In zweiter Priorität werden auch die Wirkungen auf Umwelt und Wirtschaft betrachtet. Ausgehend von drei Zukunftsszenarien – 1. Laissez-faire («Wir machen nichts»), 2. Anpassung 3. Vermeidung (weltweit) – werden mögliche Wirkungen erörtert. Weil diese Wirkungen regional sehr unterschiedlich ausfallen können, unterscheidet die Analyse nach drei Raumtypen: städtische Gebiete, ländliche Gebiete und Berggebiete. Die Studie ist wie folgt aufgebaut:

- In einem ersten Schritt werden auf Basis einer umfassenden Literaturanalyse zentrale Treiber und themenspezifische *Wirkungsketten* sowie ein Gesamtwirkungsmodell identifiziert (Kap. 3). In nächsten Schritt werden die *Zukunftsszenarien* skizziert (Kap. 4).
- Auf dieser Basis erörtert eine *Wirkungsanalyse* entlang der drei Szenarien, wie sich der Klimawandel auf den Verkehr in den verschiedenen Raumtypen auswirken könnte. Zusätzlich werden auch Wirkungen auf Umwelt und Wirtschaft analysiert (Kap. 5).
- Anhand zwei konkreter *Fallstudien* werden diese Wirkungen vertieft, überprüft und für konkrete Räume illustriert – entlang der Beispiele Engelberg und Zürich (Kap. 6).
- Die Studie schliesst mit einer *Synthese*, die unter anderem neun Kernaussagen und konkrete Handlungsempfehlungen umfasst sowie Forschungsbedarf aufzeigt (Kap. 7).

Für die Studie wurden ein Experten-Workshop (Grundlage für Wirkungsanalyse) und ein Stakeholder-Workshop (Fallstudie) durchgeführt, zahlreiche Expertinnen und Experten interviewt (Wirkungsanalyse, Fallstudien) sowie Literatur und Daten (v.a. für Fallstudien) analysiert. Mit Blick auf den Zeithorizont des Forschungspakets – das Jahr 2060 – lässt sich folgendes Gesamtfazit ziehen: Viele Auswirkungen des Klimawandels werden im Verkehr zwar erst «morgen» spürbar sein, Handlungsbedarf besteht jedoch schon heute. Im Folgenden sind die Kernaussagen und die Handlungsempfehlungen zusammengefasst.

Kernaussagen: Auswirkungen auf den Verkehr

Wie wirkt sich der Klimawandel auf den Verkehr der Schweiz im Jahr 2060 aus? Im Sinne einer Synthese der gesamten Studie werden im Folgenden neun zentrale Kernaussagen formuliert. Wichtig ist: Die Beschreibung der Wirkungen erfolgt für einen stark fortgeschrittenen Klimawandel (Szenarien 'Laissez-faire' bzw. 'Anpassung') mit einem Temperaturanstieg in der Schweiz bis Ende 21. Jahrhundert von +3°C bis +5°C gegenüber heute. Dargestellt sind die Wirkungen im Jahr 2060 im Vergleich zu einem Zustand *ohne* fortgeschrittenen Klimawandel (d.h. unter heutigen klimatischen Rahmenbedingungen).

1. Suche nach Kühle: Zunahme Freizeitverkehr und häufigere Verkehrsspitzen



Zunehmende Sommerhitze führt zu einem steigenden Bedürfnis nach Kühle. In Folge wächst der Freizeitverkehr aus der Stadt in Berggebiete, ländliche Regionen und an Gewässer. Vor allem an Wochenenden im Sommer nehmen die Verkehrsspitzen deutlich zu.

- Aufgrund der zunehmenden Sommerhitze sinkt die Attraktivität der Städte markant. In den Sommermonaten nimmt die **Flucht aus der Stadt** zu: Auf der Suche nach Kühle, Grün und Gewässern (Seen, Flüsse) fahren Bewohner aus den Städten und Agglomerationen häufiger und oft auch für kürzere Zeit in die Berggebiete sowie aufs Land.
- Die Folge davon sind deutlich **wachsende Verkehrsströme im Freizeitverkehr**. Insbesondere der Tagestourismus an Wochenenden sowie Kurzferien in Berggebieten und ländlichen Regionen nehmen deutlich zu. Zur Illustration: An Spitzentagen kann die Nachfragersteigerung in touristisch attraktiven Berggebieten bis zu +50% betragen, wie das Fallbeispiel Engelberg gezeigt hat. Reiseentscheidungen erfolgen – wetter- und temperaturbedingt – oft kurzfristig. Im Sommer sind leichte **Verschiebungen im Tagegang** und somit der Verkehrsspitzen möglich (früher am Morgen, später am Abend).
- Die Nachfrage im Freizeit- und Tourismusverkehr steigt. Dadurch nimmt die Verkehrsnachfrage im Sommer auf den Zufahrten in die und innerhalb der Berge deutlich zu. In der Folge steigen Anzahl und **Intensität der Verkehrsspitzen** in der (längeren) Sommerperiode. Betroffen sind sowohl der öffentliche Verkehr als auch der Individualverkehr. Überlastungen und Kapazitätsengpässe auf Autobahnen und Hauptstrassenzufahrten in Berggebiete sowie auf der Schiene nehmen im Sommer Ausmasse an, wie man sie heute punktuell in Wintermonaten mit dem Wintertourismus kennt (An- & Abreiseverkehrsspitzen morgens und abends am Wochenende von Freitag bis Sonntag).

2. Multilokales Wohnen nimmt zu – gut erschlossene Berggebiete werden als Wohnsitz attraktiver



Die Suche nach Sommerfrische steigert die Attraktivität der gut erschlossenen Berggebiete sowie der Voralpen als Wohnort. Im Sommer kühlere Gebiete gewinnen als Erst- und Zweitwohnsitz an Bedeutung. Multilokales Wohnen ist immer häufiger verbreitet. Der Pendelverkehr zwischen urbanen Gebieten und Berggebieten nimmt zu.

- Berggebiete werden als **temporärer oder dauerhafter Wohnsitz** attraktiver – dank kühlerer Temperaturen im Vergleich zu Städten. Immer mehr Leute leben dauerhaft oder für einen Teil des Jahres in verkehrlich gut erschlossenen Berggebieten oder den Voralpen, auch dann, wenn sich ihr Arbeitsplatz in urbanen Gebieten befindet. Die

Nachfrage nach Wohnraum in Berggebieten wird entsprechend zunehmen. Immer öfter werden auch Zweitwohnungen als Erstwohnsitz genutzt. Diese Entwicklung wird durch die zunehmende Digitalisierung unterstützt.

- **Multilokales Wohnen** liegt zunehmend im Trend. Treiber dafür ist nebst der technologischen Entwicklung und der zunehmenden Akzeptanz von räumlich-zeitlich flexiblem Arbeiten auch der Klimawandel. Er erhöht die Attraktivität der Berggebiete insbesondere im Sommer ('Suche nach Sommerfrische'), aber teilweise auch im Winter ('Suche nach Schnee und Sonne'). Dieser Trend nützt allerdings primär den gut erschlossenen Berggebieten, während sehr periphere Gebiete und Täler davon weniger profitieren.
- Auch wenn Telearbeit an Relevanz gewinnt, führt die zunehmende Attraktivität der Berggebiete zu einem **Anstieg des Pendlerverkehrs** zwischen Berggebieten und dem Mittelland, insbesondere städtischen Agglomerationen. Die erhöhte Verkehrsnachfrage werktags zu Spitzenzeiten erfordert einen wachsenden Bedarf an Verkehrsangeboten (und punktuell sogar neuen Infrastrukturen). Besonders betroffen ist der öffentliche Verkehr zwischen Berggebieten und Städten, der bisher hauptsächlich auf die Wochenenden sowie die Winterspitzen ausgerichtet ist. Auch im Ortsverkehr besteht Handlungsbedarf. Neue Angebotsformen an der Schnittstelle von ÖV und MIV – zum Beispiel automatisierte Shuttles ('Robo-Vans' oder 'Robo-Taxis') – können bei der Deckung dieser zusätzlichen Mobilitätsbedürfnisse eine wichtige und hilfreiche Rolle spielen. Insgesamt gilt es zu betonen, dass die Nachfrageeffekte im Pendlerverkehr weniger ausgeprägt sein werden als die Folgen im Freizeitverkehr.

3. Attraktivität städtischer Gebiete als Wohnort sinkt, Druck aufs Land steigt



Die zunehmende Hitze in städtischen Agglomerationen führt nicht nur zu mehr Freizeitverkehr in kühlere Gebiete, sondern auch zu einer steigenden Attraktivität ländlicher Gebiete in der Nähe städtischer Zentren als Wohnort. Entsprechend wächst der Siedlungsdruck im ländlichen Raum, die Pendlerströme zwischen Land und städtischen Agglomerationen nehmen zu.

- Die Sommerhitze wirkt sich nicht nur auf das Freizeitverhalten in den Städten aus: Auch als Wohnort verlieren städtische Agglomerationen aufgrund der Hitze deutlich an Attraktivität. Auf der anderen Seite gewinnen ländliche Gebiete an Bedeutung. Insbesondere wenn eine wirksame Anpassung der Städte an die Sommerhitze ausbleibt, werden zukünftig aufgrund des Klimawandels **mehr Leute aufs Land** ziehen.
- Der Siedlungsdruck in ländlichen Gebieten nimmt zu und parallel dazu der Pendlerverkehr zwischen ländlichen Gebieten und städtischen Agglomerationen. Folglich steigt der Druck zum **Bau zusätzlicher Verkehrsinfrastrukturen** bei Strasse und Schiene sowie für einen Angebotsausbau im ÖV. Diese Wirkungen fördern die Zersiedelung und führen zu einer Zunahme der Verkehrskosten.
- Wenn es den Städten gelingt, wirksame Anpassungsmassnahmen gegen die Hitze umzusetzen, mindert sich der Siedlungs- und Verkehrsdruck von der Stadt aufs Land. Umgekehrt können ländliche Zentren **als Wohn- und Arbeitsräume** an Bedeutung gewinnen, indem sie gezielt die Vorteile ländlicher Räume gegenüber Stadtgebieten stärken.

4. Zuverlässigkeit im Verkehr sinkt – Güterverkehr besonders herausgefordert



Zunehmende Extremwetterereignisse beeinträchtigen die Verkehrsinfrastruktur und den Verkehrsbetrieb direkt oder indirekt. Infolge sinkt die Zuverlässigkeit («Level of Service»). Gleichzeitig nehmen Betriebs- und Unterhalts- sowie Investitionskosten für Anpassungsmassnahmen deutlich zu. Besonders betroffen ist der Güterverkehr: dessen Attraktivität wird verringert, die Transportkosten steigen, die Nachfrage wird gedämpft.

- Das steigende Risiko für Extremwetterereignisse (Starkniederschläge, Überschwemmungen, Hitzewellen, Stürme, Murgänge, Lawinen etc.) führt zu einer **Zunahme der**

Schäden an Verkehrsinfrastrukturen. Blockierte und beschädigte Infrastrukturen mindern die Zuverlässigkeit und Planbarkeit des Verkehrs und führen zu Zeitverlusten. Bei der Zufahrt in Berggebiete können Streckensperrungen bei mangelnden Alternativrouten besonders problematisch sein (abgeschnittene Zufahrtswege).

- Nebst den Verkehrsinfrastrukturen ist auch der Verkehrsbetrieb direkt von Extremereignissen betroffen: Technische Beeinträchtigungen an Fahrzeugen im privaten und öffentlichen Verkehr durch Extremereignisse und Hitze mindern deren Verfügbarkeit, was zu **höheren Verkehrskosten** sowie einer verringerten Nachfrage führt.
- Speziell betroffen ist der Güterverkehr, sowohl direkt im Betrieb (Unterbruch von Kühlketten, technische Verfügbarkeit Fahrzeuge, Wasserschäden etc.), als auch indirekt infolge beeinträchtigter Verkehrsinfrastrukturen auf Strasse und Schiene. Die **betrieblichen Beeinträchtigungen** mindern die Zuverlässigkeit des Güterverkehrs (z.B. unterbrochene Lieferketten, längere Transportzeiten).
- Die Transportkosten im Güterverkehr werden insgesamt steigen. Einerseits erhöhen die Beeinträchtigungen und verminderte Zuverlässigkeit die Kosten, andererseits sind Anpassungsmassnahmen ebenfalls mit erheblichen Kosten verbunden. Der Klimawandel wird sich langfristig **dämpfend auf die Güterverkehrsnachfrage** auswirken.
- Überdurchschnittlich stark betroffen ist der Verkehr über grössere Distanzen (Personen- und Güterverkehr), während der lokale Verkehr dank **mehr Alternativen** weniger beeinflusst wird. Sinkende Zuverlässigkeit und steigende Kosten führen zu einer Stärkung der kurzen Wege sowie der lokalen Wertschöpfung.

5. Kühlungsbedarf steigt, Hitzeschäden nehmen zu



Die Sommerhitze erschwert den Betrieb der Verkehrsmittel. Einerseits steigt der Kühlungsbedarf für Fahrgäste, Güter und technische Anlagen. Andererseits erhöht sich das Risiko für technische Störungen und Ausfälle. Aber: Dank milderer Temperaturen sinkt die Anfälligkeit für technische Störungen im Winter.

- **Hitzeperioden** beeinträchtigen den Betrieb im Schienen- und Strassenverkehr zunehmend. Schäden an Fahrbahn (Asphalt, Gleise) und technischer Infrastruktur nehmen zu. Die Zuverlässigkeit im Verkehrsbetrieb sinkt (Strasse und Schiene).
- Herausforderungen stellen sich nicht nur bei der Infrastruktur, sondern auch beim Verkehrsbetrieb: Besondere Anstrengungen sind nötig, um das Service-Level im gewerblichen Verkehr (ÖV, Güterverkehr) zu halten und sicherzustellen. Besonders wichtig wird der **Kühlungsbedarf** – für Verkehrsteilnehmende, Güter und technische Infrastruktur – mit entsprechenden Kostenfolgen.
- Im **Winter** dagegen wirkt sich der Klimawandel positiv auf den Verkehrsbetrieb aus: Technische Störungen und Ausfälle von Fahrzeugen und Infrastrukturen infolge Kälte und Schnee nehmen in dieser Jahreszeit deutlich ab.

6. Starke Nachfragesteigerung im Veloverkehr – mit potenziell negativen Unfallfolgen



Der Klimawandel trägt zu einer insgesamt deutlichen Steigerung der Nachfrage im Veloverkehr sowie bei E-Bikes und anderen fahrzeugähnlichen Geräten bei. Kürzere und mildere Winter verlängern die Velosaison. Dadurch kommt es aber auch zu mehr Velounfällen. Das erfordert zusätzliche Veloinfrastrukturen und Sicherheitsmassnahmen.

- Die letzten, überdurchschnittlich warmen Jahre und Hitzesommer haben gezeigt: Der Klimawandel **begünstigt den Veloverkehr** und führt zu einer starken Nachfragesteigerung – vor allem in städtischen Agglomerationen, etwas weniger ausgeprägt aber auch im ländlichen Raum. Zur Illustration: Die Nachfragesteigerung im Veloverkehr infolge Klimawandel kann in der Grössenordnung von +50% bis +100% gegenüber einer Situation ohne Klimawandel liegen, wie das Fallbeispiel Zürich gezeigt hat.

- Der Veloverkehr profitiert vor allem von kürzeren und schwächeren Wintern mit weniger Schnee, Eisglätte und Kälte. Damit **verlängert sich die Saison** für Velos sowie für E-Bikes, Motorräder und fahrzeugähnliche Geräte (z.B. Trottinette, Scooter). Immer öfter wird das Velo auch ganzjährig verwendet und im Winter nur noch in Einzelfällen darauf verzichtet. Ein weiterer Grund für die Nachfragesteigerung ist die Zunahme an trockenen und warmen Tagen im Sommerhalbjahr. Das Velo sowie andere Zweiräder gewinnen als Verkehrsmittel an Attraktivität.
- Eine negative Folge der Nachfragesteigerung im Veloverkehr ist die **Zunahme der Unfälle**. Velos haben heute im Vergleich zum MIV und ÖV ein höheres Unfallrisiko mit Verletzungsfolgen (bezogen auf die Verkehrsleistung). Um dieses zu mindern, insbesondere bei der erwarteten, deutlichen Zunahme des Veloverkehrs, sind zusätzliche Investitionen in die Veloinfrastruktur und Verkehrssicherheitsmassnahmen notwendig.
- Nebst dem Mengeneffekt durch die höhere Nachfrage im Veloverkehr erhöht auch die Hitze im Sommer mutmasslich das **Unfallrisiko** – im Langsamverkehr und im motorisierten Verkehr. Auf der anderen Seite sinkt künftig das Unfallrisiko im Winter aufgrund weniger Eisglätte und Schnee, nicht nur für den motorisierten Strassenverkehr, sondern insbesondere auch für Fussgänger.

7. Der Tourismus profitiert – je nach Region und Jahreszeit gibt es aber auch Verlierer



Die Auswirkungen des Klimawandels auf die touristische Nachfrage und folglich den Verkehr unterscheiden sich je nach Region und Jahreszeit sehr stark. Im Sommer wird die Nachfrage in den Berggebieten deutlich zunehmen, im Winter tendenziell abnehmen und sich auf höher gelegene Gebiete konzentrieren.

- Der Sommertourismus in den Bergen profitiert deutlich von der zunehmenden Sommerhitze. Einerseits führt die Hitze in Städten und dem Mittelland zu einer steigenden Nachfrage nach **Tagesausflügen und Kurzferien in den Bergen**. Andererseits steigt die Attraktivität der kühleren Berggebiete als Destination für längere Sommerferien bei in- und ausländischen Touristen – vor allem im Vergleich zu wegen weltweitem Klimawandel hitzegeplagten oder Extremwetter gefährdeten Feriendestinationen (z.B. Mittelmeerregion, weltweit Küstenstädte oder Inseln). Die Folge davon ist eine zunehmende Verkehrsnachfrage im Sommer mit häufigeren und ausgeprägteren Verkehrsspitzen.
- Besonders stark profitieren **Destinationen mit guter Verkehrserschliessung** und einer gewissen Nähe zu einer grösseren Stadt/Agglomeration.
- Eher einen Rückgang im Sommertourismus werden dagegen die Städte verzeichnen. Aufgrund der Hitze verlieren sie an Attraktivität. Dagegen dürften zukünftig **Städtereisen** in die Schweiz im Winterhalbjahr dank des milderen Klimas attraktiver werden.
- In den Berggebieten führt der Klimawandel insgesamt zu einem **Nachfragerückgang im Wintertourismus**, insbesondere beim klassischen Wintersport. Die Wirkungen unterscheiden sich aber je nach Region und Destination deutlich:
 - In einigen Destinationen wird der Wintersport aufgrund der **abnehmenden Schneesicherheit** ganz verschwinden oder sich auf Nischen (z.B. Winterwandern) konzentrieren. In diesen Gebieten wird die Verkehrsnachfrage im Winter deutlich sinken.
 - Andere Destinationen dagegen profitieren von ihrer höheren Lage und dem **relativen Vorteil** gegenüber der Konkurrenz. Allerdings wird die Zahl dieser Destinationen laufend abnehmen. Zudem werden auch diese Destinationen neue Alternativangebote schaffen müssen, weil der klassische Skitourismus als Massenphänomen abnimmt. In verkehrlicher Sicht dürfte davon der ÖV profitieren, der bisher im Skitourismus gegenüber dem Auto einen Nachteil hat (v.a. wegen Gepäcktransport). Der Klimawandel verstärkt hier einen Trend, der durch den gesellschaftlichen Wandel bereits einen wichtigen Treiber aufweist.
- Der insgesamt positive Effekt auf den Tourismus kann aber nur dann realisiert werden, wenn entsprechende **Anpassungsmassnahmen** im Bereich der touristischen und verkehrlichen Infrastruktur (Sicherheit/Risikominderung, Sicherstellung Erschliessung, alternative Angebote etc.) umgesetzt werden.

8. Verkehrsinfrastruktur wird teurer – Transportkosten steigen



Der Klimawandel erhöht den Bedarf nach zusätzlichen Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur sowie in den Verkehrsbetrieb zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Erreichbarkeit. Der Finanzierungsbedarf im Verkehr steigt deutlich an, die Transportkosten steigen.

- Beeinträchtigungen der Verkehrsinfrastruktur und des Verkehrsbetriebs durch klimabedingte Extremereignisse erfordern zunehmend **Anpassungs- und Reparaturmassnahmen** und erhöhen den **Unterhaltsbedarf**. Auch für das Gefahren- und Risikomanagement sind zusätzliche Investitionen nötig. Zudem erhöhen zunehmende Infrastrukturstörungen und -schäden den Bedarf an alternativen Infrastrukturen (Parallelrouten).
- Ebenfalls betroffen sind **touristische Infrastrukturen**, vor allem in Berggebieten. Der Rückgang des Permafrosts, erhöhte Lawinengefahr und steigende Schneesicherheitslinien erfordern zusätzliche Investitionen in entsprechende Infrastrukturen.
- Diese infrastrukturellen und betrieblichen Massnahmen führen einerseits zu höheren Transportkosten und andererseits zu erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten. Insgesamt steigt der Anteil der **verkehrsbedingten Ausgaben** an den Gesamtausgaben der Volkswirtschaft. Dies ist verbunden mit einer Zunahme der Verkehrskosten pro Leistungseinheit und einer entsprechend sinkenden Produktivität des Verkehrssektors.
Eine neue Studie des UVEK schätzt, dass die Zunahme der infrastrukturbedingten Kosten des Klimawandels im Strassen- und Schienenverkehr jährlich im zweistelligen bis maximal tiefen dreistelligen Millionenbereich liegen, wobei die Unsicherheiten noch sehr gross sind (Jaag & Schnyder 2019).
- Der Klimawandel erhöht zudem die **Flächenkonkurrenz**. Einerseits steigt der Flächenbedarf für verkehrliche Infrastrukturen (z.B. alternative Infrastrukturen/Routen, zusätzliche Veloinfrastrukturen) und deren Sicherungsbauwerke. Andererseits erhöht sich in Städten der Platzbedarf im Strassenraum infolge von Anpassungsmassnahmen an die Hitze (Grünflächen, breitere Strassen für Durchlüftung und stärkere Begrünung).

9. Mittelkonkurrenz zwischen den Regionen nimmt zu



Verschiedene Regionen und soziale Gruppen sind unterschiedlich stark von den negativen Folgen des Klimawandels auf den Verkehr – steigende Kosten, sinkende Zuverlässigkeit und schlechtere Erreichbarkeit – betroffen. Periphere Gebiete und einkommensschwache Haushalte spüren die negativen Folgen besonders. Der wachsende Finanzbedarf im Verkehr führt zu einer zunehmenden Mittelkonkurrenz mit anderen Politikfeldern sowie zu Verteilungskonflikten zwischen einzelnen Regionen.

- Steigende Transportkosten im Personen- und Güterverkehr als Folge des Klimawandels führen zu einer **Verteuerung** der Mobilität sowie von Gütern. Das bremst die Kostensenkungspotenziale und Effizienzgewinne von Automatisierungs- und Digitalisierungstrends im Verkehrssektor. Diese Kostenzunahme trifft tiefere Einkommen tendenziell stärker. Insbesondere einkommensschwache Haushalte mit geringer zeitlicher Flexibilität (z.B. aufgrund nicht-flexibler Arbeitszeiten) sind überdurchschnittlich betroffen.
- Von infrastrukturbedingten Kosten, sinkender Zuverlässigkeit und steigenden Transportkosten sind nicht alle Regionen gleichermassen betroffen. Besonders stark wirken sich diese Faktoren in peripheren Gebieten (im ländlichen Raum sowie Berggebieten) aus, in denen die Verkehrsnachfrage gedämpft wird. **Regionale Disparitäten** und **Verteilungsfragen** verschärfen sich.
- Die höheren Ausgaben der öffentlichen Hand für den Verkehrsbereich führen überdies zu **Mittelkonkurrenz** mit anderen Politikfeldern wie z.B. Gesundheit oder soziale Sicherheit. Einkommensschwächere Haushalte sind auch hier infolge möglicher Verdrängungseffekte in anderen Politikfeldern stärker betroffen.

- Verteilungskonflikte zwischen und innerhalb von Regionen um knappe öffentliche finanzielle Ressourcen nehmen zu, vor allem hinsichtlich des Ausbaus und Erhalts von Infrastrukturen bzw. zur Erschliessung. Insbesondere die peripheren, weniger gut erschlossenen Gebiete (in den Bergen und auf dem Land) sind stärker betroffen – während andere Regionen profitieren. Die Frage «Was können und wollen wir uns leisten?» gewinnt an Bedeutung und kann dazu führen, dass in gewissen Gebieten auf **Ausbau- und Erhaltungsmassnahmen** im Bereich der Verkehrsinfrastruktur verzichtet wird.

Gesamteinschätzung: Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage

Die Wirkung des Klimawandels auf die gesamte Verkehrsnachfrage (Gesamtniveau) wird weniger gross sein als die Wirkung anderer grosser Trends (z.B. demographische Entwicklung, neue Angebotsformen, Automatisierung). Sehr bedeutend sind dagegen strukturelle Effekte auf einzelne Verkehrszwecke, Verkehrsmittel, bestimmte Regionen und Korridore sowie tageszeitliche Verschiebungen v.a. im Sommer aufgrund Verhaltensänderungen:

Der Klimawandel führt vor allem zu einem substantziellen Anstieg des Freizeitverkehrs – hauptsächlich im Sommer – und des Langsamverkehrs. Zudem werden, insbesondere im Freizeitverkehr in Tourismusgebieten, die tageszeitlichen Spitzen noch deutlich verschärft, vor allem am Wochenende. Modale Verschiebungen aufgrund des Klimawandels können nicht generell erwartet werden – mit Ausnahme des Veloverkehrs, dessen Nachfrage deutlich positiv vom Klimawandel beeinflusst wird.

Regional werden die Nachfragewirkungen sehr unterschiedlich sein. In peripheren Gebieten (Berge, ländlicher Raum) wird die Nachfrage sinken, in attraktiven und agglomerationsnahen ländlichen Räumen und Berggebieten dagegen steigen. In den Städten sind die Wirkungen unterschiedlich, aufgrund der vermehrten 'Stadtflucht' (in der Freizeit oder zum Wohnen) dürfte die Verkehrsnachfrage aber auch in und um Städte eher zunehmen.

Handlungsempfehlungen

Basierend auf den Erkenntnissen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr identifiziert die Studie konkreten Handlungsbedarf und formuliert Empfehlungen zuhanden der Fachleute, der Verwaltung und der (Verkehrs-)Politik. Handlungsbedarf und Empfehlungen orientieren sich an den neun Kernaussagen (vgl. oben). Eine ausführliche, nach Raumtypen differenzierte Darstellung von Handlungsbedarf und Empfehlungen findet sich im Haupttext (Synthese).



Tab Z-1: Handlungsbedarf und Empfehlungen

Kernaussage	Handlungsbedarf, Empfehlungen
<p>Suche nach Kühle: Zunahme Freizeitverkehr und häufigere Verkehrsspitzen (Kernaussage 1)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erschliessungskonzepte für touristische Gebiete, deren Nachfrage infolge 'Suche nach Sommerfrische' stark zunehmen wird. Sicherstellung redundanter Verkehrserschliessung (verkehrsträgerübergreifend). ▪ Bedarfsgerechter Ausbau von Verkehrsangeboten und gegebenenfalls der Verkehrsinfrastrukturen, mit Blick auf Nachfragespitzen im Sommerhalbjahr: z.B. konsequente Umsetzung neuer Angebotsformen an der Schnittstelle von ÖV und MIV, ÖV-Zusatzangebote zu Spitzenzeiten, Velo- und E-Bike-Schnellrouten, ergänzt mit verkehrsträgerübergreifenden Lenkungsmaßnahmen. Ausbau betrifft v.a. Angebote zwischen Agglomerationen und touristischen Gebieten (Berggebiete, Ausflugsziele in ländlichen Räumen) und innerhalb von Tourismusgebieten. ▪ Proaktive Planung von Zugängen zu Gewässern (Seen, Flüsse) für den Fuss- und Veloverkehr. Berücksichtigung solcher Projekte im Rahmen der Agglomerationsprogramme.
<p>Multilokales Wohnen nimmt zu – Berggebiete als Wohnsitz attraktiver (Kernaussage 2)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Notwendigkeit zusätzlicher Pendlerverbindungen zwischen touristischen Zentren in Bergen oder Voralpen und Agglomerationen prüfen und ggf. neue Angebote schaffen (unter Berücksichtigung der zukünftig absehbaren neuen Technologien und Angebotsformen). ▪ In entsprechenden Berggebieten Ausbau einer digitalen Infrastruktur für räumlich flexibles Arbeiten (Co-Working-Angebote, hochwertige Internetverbindung, ergänzt mit weiteren Angeboten wie Kinderbetreuung etc.), um Pendlerverkehre zu verringern.
<p>Attraktivität städtischer Gebiete sinkt, Druck aufs Land steigt (Kernaussage 3)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Städte und Agglomerationen: umfassende Anpassungsmassnahmen gegen Hitze (raumplanerisch, Begrünung, infrastrukturell) im Verkehr z.B.: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestaltung von Strassenräumen: Verkehrsinfrastrukturen begrünen und beschatten (z.B. mit Bäumen) ▪ Massnahmen zur Hitzeverminderung bei Strassen- und Traminfrastrukturen: z.B. Farbe von Strassenbelägen, begrünte Tramtrassees. ▪ Eine Herausforderung sind mögliche Zielkonflikte zwischen Durchflugsachsen und verkehrsbedingten Lärmimmissionen. ▪ Sorgfältige Abstimmung von Verdichtung (→ als Vermeidungsmassnahme) und Hitzeanpassungsmassnahmen (Grünräume, Frischluftschneise). ▪ Die zunehmende Flächenkonkurrenz in Städten als grosse Herausforderung, welche Städte proaktiv angehen müssen (insb. Veloverkehr).

Kernaussage

Handlungsbedarf, Empfehlungen

Zuverlässigkeit im Verkehr sinkt: Güterverkehr besonders herausgefordert

(Kernaussage 4)



- Identifikation kritischer bzw. durch Klimawandel langfristig gefährdeter Verkehrsinfrastrukturen (z.B. durch Überschwemmungen, Rutschungen).
- Verkehrsübergreifende Redundanzanalyse im Verkehrssystem. Anschließend bei Bedarf Festlegung (und ggf. Ausbau) möglicher Alternativrouten im Fall von Sperrungen an neuralgischen, gefährdeten Punkten.
- Evaluation von alternativen Erschliessungs- und Versorgungssystemen bei Unterbrüchen, kritischen Ereignissen – unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.
- Anpassung von Logistikprozessen und -standorten sowie Förderung alternativer Routen und Verkehrsmittel durch Transport- und Logistikbranche.

Kühlbedarf steigt, Hitzeschäden nehmen zu

(Kernaussage 5)



- Evaluation und vertiefte Forschung im Bereich geeigneter Technologien und Materialien, z.B. hitzeresistente Technologien, sowohl für die Strassen (Asphalt, Beläge) als auch die Schieneninfrastruktur.
- Intensivierung Unterhaltsbedarf für Infrastrukturen (Strasse und Schiene), z.B. zusätzlicher Unterhalt der Infrastruktur im schienenengebundenen ÖV in Hitzezeiten.
- Kühlung und Beschattung von Umsteigeanlagen, z.B. ÖV-Haltestellen, Warterräumen und neuen Mobilitäts-Hubs (Begrünung, Überdachung etc.).

Zunahme Nachfrage mit potenziell negativen Unfallfolgen

(Kernaussage 6)



- Ausbau Veloverkehrsinfrastruktur: zusätzliche Velorouten in Städten sowie zwischen Städten und umliegendem Agglomerationsraum sowie Naherholungsräumen (v.a. Gewässern); Ausbau von Veloverkehrsangeboten wie Verleihsysteme, Abstellplätze etc. (→ Agglomerationsprogramme).
- Umsetzung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen zur Verringerung des Unfallrisikos im Veloverkehr (→ erhöhter Platzbedarf des Veloverkehrs, Entflechtung).

Tourismus: teilweise Profiteur – teilweise Verlierer

(Kernaussage 7)



- Frühzeitige Identifikation von Destinationen mit (temporär) stark erhöhter oder auch verringerter Verkehrsnachfrage mit entsprechenden Anpassungen im Bereich Verkehrsplanung.
- Anpassung touristischer Angebote (inkl. verkehrlichen Rahmenbedingungen) auf klimabedingte Nachfrageänderungen, während allen Jahreszeiten (Ausweitung von Frühling bis Herbst, Anpassung im Winter). Beim Ausbau Anforderungen zum Schutz von Natur und Landschaft berücksichtigen.

Verkehrsinfrastruktur wird teurer – Transportkosten steigen

(Kernaussage 8)

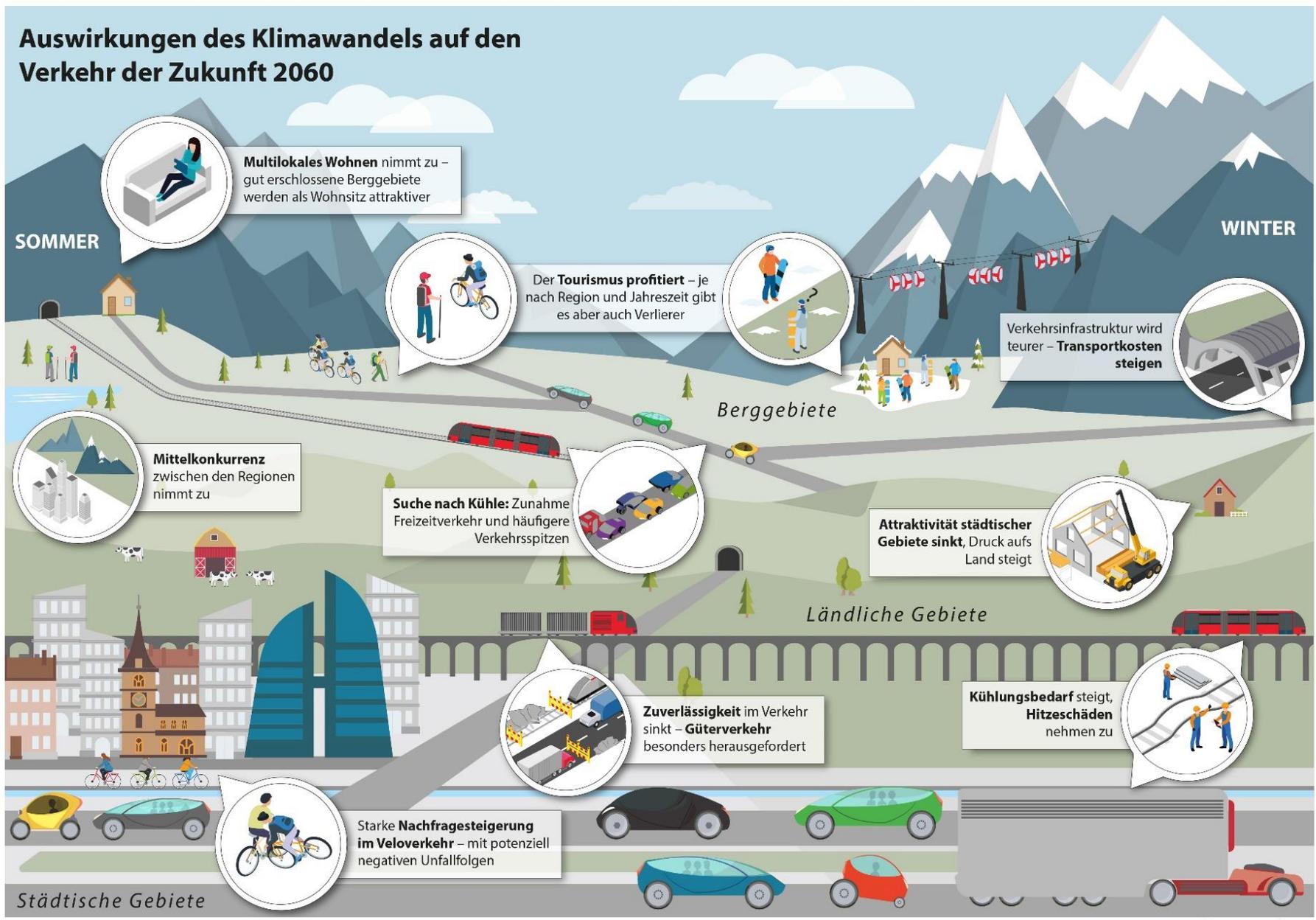


Mittelkonkurrenz zwischen den Regionen nimmt zu

(Kernaussage 9)



- Detailliertere Abschätzung der Folgekosten des Klimawandels für den Verkehr. Frühzeitige Prognose des zusätzlichen Finanzbedarfs und Sicherung der notwendigen Finanzmittel der öffentlichen Hand.
- Erschliessung neuer Geldquellen und Finanzierungsgefässe (z.B. Kooperation Tourismusbranche – öffentliche Hand).
- Kritische Prüfung notwendiger Investitionen in die touristische und verkehrliche Infrastruktur. Setzen von Prioritäten und allenfalls Verzicht auf Ausbauten zugunsten von alternativen Verbindungen oder temporären Schliessungen.
- Schaffung neuer Angebote zur Förderung der kollektiven Mobilität zur Erschliessung peripherer Gebiete, z.B. mit neuen Angebotsformen an der Schnittstelle ÖV/MIV (automatisierte Fahrzeuge/Busse, Bedarfsangebote).



Grafik: Keystone-SDA, Quelle: INFRAS

1677 | Verkehr der Zukunft 2060:
Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage

Résumé

Changement climatique et transports sont en interaction directe : d'une part, les transports constituent une source significative d'émissions qui ont un impact sur le climat ; d'autre part, un changement climatique effréné aura un impact - direct et indirect - sur les transports. Alors que l'impact des transports sur le climat a fait l'objet de recherches approfondies, les connaissances relatives à l'impact à long terme du changement climatique sur les transports sont rudimentaires en Suisse. Les effets immédiats du changement climatique, telles que l'augmentation des températures, la multiplication des pluies torrentielles, les vagues de chaleur et les autres phénomènes météorologiques extrêmes, représentent autant de défis à relever pour nos infrastructures de transport et leur exploitation ; ils auront un effet déterminant sur le comportement en matière de transports. Ces phénomènes mettent à leur tour en péril la stabilité du système des transports en Suisse. Le maintien de cette stabilité exige des réponses qui relèvent à la fois de la politique, de la planification et de la recherche dans le domaine des transports.

La présente étude s'articule autour de la question suivante : quel sera l'effet du changement climatique sur la demande de transports en 2060 ?

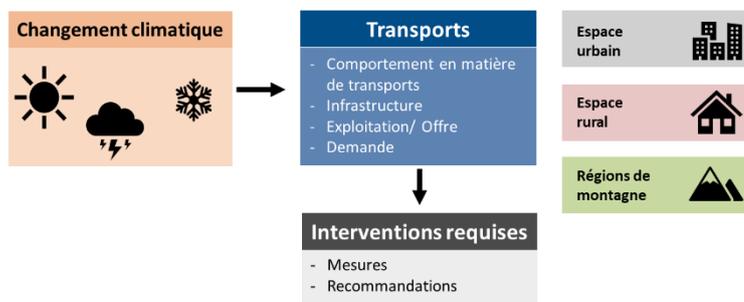


Fig. Z-2 : Quel sera l'effet du changement climatique sur la demande de transports en Suisse ?

Graphique INFRAS.

La présente étude constitue un volet du programme de recherche Transport du futur de l'Association suisse des ingénieurs et experts en transport (SVI) ; ce programme constitué de plusieurs projets sectoriels est destiné à analyser différents facteurs qui ont un effet sur la mobilité à l'horizon 2060 en général ainsi que sur la demande et l'offre de transports en particulier.

Objectifs et méthodologie

L'impact du changement climatique sur les transports à l'horizon 2060 est au centre de la présente étude, qui porte sur les transports au sens le plus large : comportement en matière de transports, infrastructure, exploitation/offre et demande. Par ailleurs, l'étude porte sur les effets du changement climatique sur l'environnement et l'économie. Ces effets potentiels sont décrits sur la base de trois scénarios : le laisser-faire, l'adaptation et la prévention. Les effets des changements étant très différents selon les régions, l'analyse distingue trois types d'espaces : les régions urbaines, les régions rurales et les régions de montagne. La présente étude obéit à la structure suivante :

- Identification des causes principales, des *chaînes d'impact* spécifiques ainsi que d'un modèle d'impact global, en se basant sur une analyse exhaustive de la littérature (chap. 3), puis esquisse des *scénarios futurs* (chap. 4).
- *Analyse d'impact* pour ces trois scénarios : de quelle manière le changement climatique se répercute-t-il sur les transports dans les différents types d'espaces ? Par ailleurs, analyse de l'impact sur l'environnement et l'économie (chap. 5).

- Approfondissement et vérification des scénarios à l'aide de deux *études de cas*, puis illustration des effets dans deux espaces concrets (Engelberg et Zurich) (chap. 6).
- *Synthèse*, composée de neuf conclusions, de recommandations concrètes et de la liste des besoins en matière de recherche (chap. 7).

Un atelier d'experts a été organisé dans le cadre de la présente étude (base de l'analyse d'impact) ainsi qu'un atelier qui réunissait toutes les parties prenantes (étude de cas) ; par ailleurs, des entretiens ont eu lieu avec des expertes et des experts (analyse d'impact, étude de cas) ; enfin, l'étude se fonde aussi sur l'analyse de la littérature et sur l'évaluation de données (surtout pour les études de cas). Compte tenu de l'horizon temporel du programme de recherche, à savoir 2060, la conclusion générale est la suivante : si les effets du changement climatique ne seront sensibles que « demain », il n'en demeure pas moins que c'est dès aujourd'hui qu'il convient d'agir. Ci-après, le résumé des conclusions et nos recommandations.

Impact du changement climatique sur les transports : les conclusions essentielles

Quel effet le changement climatique aura-t-il sur les transports en Suisse en 2060 ? La synthèse de l'étude se présente sous la forme des conclusions formulées ci-après. Précisons que les effets décrits sont ceux d'un changement climatique très avancé (cf. les scénarios « laisser-faire » et « adaptation »), pour une hausse des températures de 3 à 5 degrés centigrades par rapport aux températures actuelles d'ici à la fin du 21^e siècle en Suisse. Les effets décrits sont ceux de 2060, en comparaison avec une situation sans changement climatique avancé, c'est-à-dire dans les conditions climatiques actuelles.

1. Recherche de fraîcheur : augmentation du trafic de loisirs et du nombre des pics de trafic



Les températures estivales en hausse multiplient les besoins de fraîcheur, ce qui provoque un accroissement du trafic de loisirs entre la ville et les régions de montagne, les espaces ruraux et rives des lacs et rivières. Les pics de trafic se multiplient en été, surtout en fin de semaine.

- L'augmentation des températures estivales provoque la perte massive d'attrait des villes ; **la population fuit les villes** à la recherche de fraîcheur, de verdure et de lacs et cours d'eau ; elle quitte plus fréquemment et pour des périodes souvent plus courtes les villes et les agglomérations pour rejoindre la montagne et la campagne.
- Les **flux de trafic de loisirs vont en augmentant**. Le tourisme journalier en fin de semaine et les escapades à la montagne et à la campagne sont en augmentation sensible. Exemple : l'augmentation de la demande pourra atteindre 50 pour cent dans les régions de montagne à fort potentiel touristique, comme le montre l'étude de cas consacrée à Engelberg. Le choix des destinations se fait souvent à court terme, en fonction des conditions météorologiques et de la température. En été, il faut s'attendre à de légers **décalages des flux de trafic** dans la journée et au niveau des pics de trafic (plus tôt le matin, plus tard le soir).
- La demande de trafic de loisirs et touristique est à la hausse, provoquant une hausse sensible de la demande de transports vers et dans les régions de montagne en été. Le nombre et l'**intensité des pics de trafic** augmenteront durant la période estivale (qui va se prolonger). Cette demande concerne aussi bien les transports publics que les transports individuels. Les surcharges de trafic et l'épuisement des capacités des autoroutes et des routes d'accès principales mais aussi du rail prendront des proportions telles que nous les connaissons déjà ponctuellement en rapport avec le tourisme hivernal (pics ponctuels lors des arrivées et des départs, le matin et le soir en fin de semaine, du vendredi au dimanche, en hiver).

2. Recrudescence de l'habiter multilocal et attrait accru des régions de montagne bien desservies pour y habiter



L'aspiration à la fraîcheur estivale augmente l'attrait des régions de montagne bien desservies et des Préalpes comme lieux d'habitation. Les régions qui bénéficient d'une fraîcheur estivale gagnent en importance comme résidences primaires et secondaires. L'habitat multilocal se généralise. Le trafic pendulaire entre régions urbaines et régions de montagne augmente.

- L'intérêt des régions de montagne comme **lieu d'habitation temporaire ou permanent** augmente en raison de leur fraîcheur en comparaison avec la ville. La part de la population qui habite en permanence ou une partie de l'année dans les régions de montagne ou des Préalpes bien desservies par les transports augmente, même si le lieu de travail demeure en région urbaine. La demande de logements en montagne va augmenter et les résidences secondaires vont progressivement être utilisées comme résidences principales. Cette tendance est favorisée par la numérisation.
- **Habiter multilocal, c'est tendance.** Le changement climatique est l'un des moteurs de cette tendance, à côté des évolutions techniques et de la popularité croissante du travail géographiquement et temporellement flexible. Les régions de montagne bénéficient d'un regain d'attrait essentiellement en été (fraîcheur) mais aussi en hiver (neige et soleil). Cette tendance est avant tout favorable aux régions de montagne bien desservies, elle l'est moins aux régions et vallées très périphériques.
- Bien que le télétravail soit en progression, l'attrait des régions de montagne ne manquera pas de produire **une augmentation des flux de pendulaires**, entre régions de montagne et agglomérations du Plateau surtout. L'augmentation de la demande de transports, les jours ouvrables aux heures de pointe, exige de nouvelles offres, voire de nouvelles infrastructures dans certains cas. Cette demande concerne avant tout les transports publics entre les régions de montagne et les villes, services qui, jusqu'ici, étaient prévus essentiellement pour les fins de semaine et les pointes de trafic hivernal. Le trafic urbain n'échappe pas à la nécessité d'agir. De nouvelles formes d'offres entre TP et TIM pourront être appelées à jouer un rôle utile pour couvrir ces besoins supplémentaires de mobilité, par exemple sous la forme de navettes automatiques (mini-bus ou taxis automatiques). Il faut relever que de manière générale, l'augmentation de la demande de transports sera plus nette pour le domaine du trafic de loisirs que pour celui du trafic pendulaire.

3. Baisse d'attrait pour les régions urbaines, augmentation de la pression sur les campagnes



La chaleur toujours plus forte qui prévaut dans les agglomérations urbaines conduit à l'augmentation du trafic de loisirs à destination des régions plus fraîches mais aussi vers un gain d'attractivité des régions rurales proches des centres urbains comme lieux de résidence ; ce phénomène, tout comme le trafic pendulaire entre la campagne et les agglomérations urbaines, contribue à son tour à accroître la pression urbaine sur l'espace rural.

- La chaleur estivale ne se borne pas à modifier le comportement de loisirs des citoyens, mais aussi à baisser l'attrait des villes comme lieux d'habitation. Inversement, l'attrait des régions rurales augmente. Si les villes manquent de s'adapter à la chaleur estivale, le changement climatique **incitera la population à s'établir à la campagne.**
- La pression urbaine exercée sur les régions rurales augmente, tout comme le trafic pendulaire entre ces régions et les agglomérations urbaines et, par conséquent, la nécessité de **bâtir des infrastructures de transport supplémentaires** (rail et route) ainsi que d'étoffer l'offre de TP. Ces développements favorisent le mitage du territoire et provoquent une augmentation des coûts de transport.
- En luttant avec succès contre la surchauffe estivale, les villes contribuent à maîtriser la pression qu'elles exercent sur les campagnes par le mitage et le trafic. Inversement, les

centres ruraux pourront renforcer leur **rôle de lieu de résidence et de travail** s'ils parviennent à renforcer de manière ciblée les atouts dont elles disposent par rapport aux régions urbaines.

4. Perte de fiabilité des transports, pression accrue sur le trafic de marchandises



La multiplication des événements météorologiques extrêmes a un impact direct ou indirect sur les infrastructures de transport et leur exploitation, dont la fiabilité diminue. Simultanément, les coûts d'exploitation, d'entretien et d'investissement nécessaires pour s'adapter à la nouvelle donne augmentent sensiblement. Ce phénomène touche particulièrement le transport de marchandises : perte d'attrait, augmentation du coût et baisse de la demande.

- Le risque croissant d'événements météorologiques extrêmes (pluies torrentielles, inondations, vagues de chaleur, tempêtes, coulées de boue, avalanches, etc.) entraîne une **augmentation du risque de dommages aux infrastructures de transport**. Le blocage et l'endommagement des infrastructures diminuent à leur tour la fiabilité et la prévisibilité des transports et entraînent des pertes de temps. La fermeture temporaire de tronçons d'accès dans les régions de montagne constitue un risque particulièrement important en l'absence de voies d'accès de rechange.
- Les événements météorologiques extrêmes touchent aussi l'exploitation : les dommages techniques aux véhicules, tant privés que publics, réduisent leur disponibilité, **augmentent le coût du transport** et finissent par peser sur la demande.
- Le transport des marchandises est particulièrement touché par cette chaîne d'impact, que ce soit directement, au niveau de l'exploitation (rupture de chaînes du froid, indisponibilité technique des véhicules, dégâts d'eau, etc.) qu'indirectement (infrastructures routières et ferroviaires endommagées). Les perturbations de l'exploitation réduisent la fiabilité du trafic de marchandises (p. ex. rupture des chaînes de livraison, allongement du temps de transport).
- Le coût du transport de marchandises va augmenter, d'une part en raison des perturbations et de la baisse de fiabilité et d'autre part en raison du coût considérable des adaptations requises. **À long terme, le changement climatique** freinera la demande de transport de marchandises.
- Ce phénomène est particulièrement marqué dans le cas des transports de longue distance (voyageurs et marchandises), alors que les transports locaux, qui peuvent compter sur diverses **solutions de rechange**, sont moins touchés. La baisse de fiabilité et la hausse des coûts entraînent une consolidation des trajets courts ainsi que de la création de valeur au niveau local.

5. Augmentation de la demande de fraîcheur, multiplication des dommages dus à la chaleur



La chaleur estivale entrave l'exploitation des moyens de transport : la demande de refroidissement pour les voyageurs, les marchandises et les installations techniques augmente, tout comme le risque de dérangements et de pannes techniques. Inversement, les températures plus douces réduisent le risque de dérangements techniques en hiver.

- **Les fortes chaleurs** entravent toujours plus souvent le trafic ferroviaire et routier. Les dommages aux voies de circulation (asphalte, rails) et aux infrastructures techniques deviennent plus fréquents, diminuant la fiabilité des transports (rail et route).
- Les défis ne résident pas seulement au niveau des infrastructures, mais aussi de l'exploitation. Des efforts importants seront nécessaires pour assurer le niveau de qualité actuel des services du trafic commercial (TP, transport de marchandises). Les **besoins en matière de refroidissement** des voyageurs, des marchandises et des infrastructures techniques, désormais un facteur clé, vont aller croissant, et leur coût également.

- Le changement climatique se fera sentir positivement en **hiver** : les dérangements techniques et les pannes de véhicules et d'infrastructures en raison du froid et de la neige se feront nettement plus rares.

6. Une forte augmentation du trafic cycliste – avec des conséquences potentiellement négatives en termes de développement d'accidents



Le changement climatique contribue à augmenter sensiblement la demande de déplacements à vélo, à vélo électrique et au moyen d'engins assimilés à des véhicules. Les hivers désormais plus doux et moins longs prolongent la saison cycliste ; le nombre des accidents ira donc en augmentant. Des infrastructures cyclistes et des mesures de sécurité supplémentaires seront nécessaires pour endiguer les risques.

- La fourniture des plus récents étés et les températures généralement en hausse des récentes années l'ont bien montré : le changement climatique **favorise les déplacements à vélo**. Cette hausse de la demande est sensible surtout dans les agglomérations urbaines, un peu moins dans l'espace rural. Concrètement, l'augmentation du trafic cycliste due au changement climatique pourra atteindre entre 50 et 100 pour cent par rapport à une situation sans changement climatique ; c'est ce que montre l'étude de cas consacrée à Zurich.
- Le trafic cycliste est favorisé avant tout par les hivers plus courts et moins rigoureux (moins de neige, de verglas ; températures moins basses). La saison du vélo, du vélo électrique et des engins assimilés à des véhicules (trottinette, scooter) **s'en trouve prolongée**. Le vélo, inapproprié uniquement à titre exceptionnel en hiver, s'utilise toujours plus souvent durant toute l'année. La multiplication des jours secs et chauds durant la bonne saison est une autre raison de l'augmentation de la demande de déplacements à vélo. Le vélo et les autres deux-roues sont des moyens de déplacements toujours plus demandés.
- L'augmentation du nombre d'accidents constitue **le revers de la médaille**. Les déplacements à vélo comportent un risque d'accident avec blessures plus élevé que les TIM et les TP en comparaison avec la prestation de transport. Des investissements supplémentaires dans les infrastructures cyclistes et de sécurité du trafic sont nécessaires pour réduire ce risque, notamment compte tenu de l'augmentation massive du trafic cycliste escomptée.
- À l'augmentation des risques dus à l'augmentation numérique la demande s'ajoute le **risque d'accident** dû à la chaleur estivale, tant pour le trafic non motorisé que pour le trafic motorisé. Inversement, en raison de la diminution des jours de verglas et de neige, le risque d'accident va baisser en hiver pour le trafic motorisé, mais aussi pour les piétons.

7. Le tourisme profite, mais il y a aussi des perdants régionaux et saisonniers



Les effets du changement climatique sur la demande touristique et par conséquent sur le trafic varient fortement selon les régions et les saisons. Les régions de montagne enregistreront une augmentation significative de la demande, alors que cette demande tendra à diminuer dans l'ensemble en hiver pour se concentrer sur les altitudes les plus élevées.

- En montagne, le tourisme estival profite de la chaleur croissante. La chaleur qui règne dans les villes du Plateau provoque une augmentation de la demande **d'excursions journalières et de courts séjours en montagne**. Par ailleurs, la fraîcheur des températures devient un atout toujours pertinent pour des séjours prolongés de vacances d'été, pour les touristes tant suisses qu'étrangers, surtout en comparaison avec les destinations traditionnelles du pourtour de la Méditerranée, les villes côtières ainsi que les îles du monde entier, ces destinations étant accablées par la chaleur et par les événe-

ments météorologiques extrêmes provoqués par le réchauffement climatique. Ce phénomène s'accompagne d'un accroissement de la demande de transports et de pics de trafic plus fréquents et plus prononcés en été.

- Ce sont les **destinations situées à une distance raisonnable** d'une grande ville/agglomération et qui bénéficient d'une desserte performante qui profitent le plus de cette évolution.
- Les villes enregistreront plutôt un recul du tourisme estival en raison de la chaleur. À l'inverse, **les villes** suisses bénéficieront d'un regain d'intérêt au niveau touristique durant la saison froide en raison du climat désormais plus clément.
- Dans les régions de montagne, le changement climatique conduira à **un recul de la demande en termes de tourisme hivernal**, en particulier pour ce qui est des sports d'hiver traditionnels. Les effets sont toutefois très variables selon les régions et les destinations :
 - Les sports d'hiver vont disparaître de l'offre de certaines **destinations faute d'enneigement garanti** ou alors se concentrer sur certains produits de niche tels que la randonnée d'hiver. La demande de transports va aller en diminuant dans ces régions en hiver.
 - D'autres destinations, situées à une altitude plus élevée, disposeront d'un **avantage concurrentiel relatif**. Le nombre des destinations touristiques va aller en décroissant. Par ailleurs, celles qui resteront devront proposer des offres de rechange face au recul du tourisme lié au ski comme phénomène de masse. Cette évolution profitera aux TP, jusque-là désavantagé par rapport à la voiture avant tout pour des raisons de bagages. Le changement climatique va renforcer une tendance qui se profile déjà en raison de changements sociétaux.
- L'effet globalement positif sur le tourisme ne pourra toutefois intervenir qu'à condition **d'adapter** les infrastructures touristiques et de transports à la nouvelle donne (sécurité/diminution des risques, garantie de la desserte, offres de rechange, etc.).

8. Renchérissement des infrastructures et du coût de transport



Le changement climatique requiert des investissements supplémentaires dans les infrastructures de transport et dans l'exploitation pour assurer la fiabilité des services et l'accessibilité des destinations. Les transports nécessitent des apports financiers supplémentaires importants et leur coût s'en trouve augmenté.

- Les dommages infligés aux infrastructures de transport et à l'exploitation par les événements météorologiques extrêmes nécessitent des **travaux d'adaptation et de réparation toujours** plus importants et rendent l'**entretien** toujours plus exigeant. Des investissements supplémentaires s'imposent également pour la gestion des dangers et des risques. Enfin, la multiplication des pannes et des dégradations appelle des infrastructures de rechange (itinéraires parallèles).
- Ce phénomène concerne également les **infrastructures touristiques**, en montagne surtout. Le recul du permafrost, le risque accru d'avalanches et la progression de l'altitude qui garantit l'enneigement nécessitent des investissements supplémentaires dans les infrastructures concernées.
- Ces mesures relatives aux infrastructures et à l'exploitation pèsent lourdement à la fois sur le coût des transports et sur l'économie publique ; la part des **dépenses liées aux transports** augmentera dans l'économie : elle s'accompagnera d'une augmentation des frais de transport par coût unitaire ainsi que d'une baisse correspondante de la productivité du secteur des transports.
- Selon une récente étude du DETEC, l'augmentation du coût des infrastructures ferroviaires et routières due au changement climatique se chiffre en dizaines, voire même en centaines de millions de francs, ces estimations étant toutefois entachées d'une grande incertitude (Jaag & Schnyder 2019).
- Le changement climatique accroît la **concurrence entre les différentes utilisations du sol**. D'une part, on assiste à une augmentation des besoins de surfaces pour les

infrastructures de transport (p. ex. infrastructures/itinéraires de recharge, infrastructures cyclistes supplémentaires) et à une multiplication des ouvrages nécessaires pour les protéger ; d'autre part, il faudra réserver davantage de place dans les espaces de circulation des villes pour s'adapter à la chaleur (surfaces vertes, élargissement des chaussées à des fins de ventilation et de création de bandes végétalisées).

9. Concurrence financière accrue entre régions



La gravité de l'impact du changement climatique sur les transports (augmentation des coûts, baisse de la fiabilité et de la qualité de la desserte) varie selon les régions et les groupes sociétaux. Il touche particulièrement les régions périphériques et les ménages à faibles revenus. L'absorption de moyens financiers croissants par les transports accroît la concurrence financière entre les champs politiques et les conflits de répartition entre les régions.

- L'**augmentation du coût** des transports de voyageurs et de marchandises en raison du changement climatique entraîne un renchérissement de la mobilité et des biens. Elle freine le potentiel d'abaissement des coûts et les gains en efficacité que l'on doit à l'automatisation et à la numérisation dans le domaine des transports. L'augmentation des coûts de transport affecte davantage les revenus bas ; ce sont les ménages à faibles revenus et aux horaires peu flexibles (p. ex. en raison d'horaires de travail rigides) qui sont le plus touchés par cette évolution.
- Les coûts infrastructurels, la baisse de fiabilité et l'augmentation du coût des transports ne touche pas les régions de manière uniforme, mais pèsent particulièrement sur les régions périphériques (espace rural, régions de montagne) où la demande de transports faiblit. Les **disparités régionales** et les **questions de répartition** s'accroissent.
- L'augmentation des dépenses publiques pour le domaine des transports conduit également à une **concurrence financière** avec d'autres champs politiques, tels que la santé publique ou la sécurité sociale. Là encore, ce sont les ménages à faibles revenus qui sont touchés en premier de ces effets d'éviction.
- Les luttes à l'intérieur des régions et entre régions pour accéder aux ressources financières publiques limitées vont se multiplier, notamment en rapport avec le développement et la conservation des infrastructures et des dessertes. Les régions périphériques rurales et montagneuses, aux dessertes lacunaires, sont les premières touchées, alors que d'autres régions profitent de cette évolution. La pertinence de la question « Que voulons-nous et que pouvons-nous nous payer ? » devient toujours plus aiguë ; dans certaines régions, il s'agira de renoncer à **développer et à conserver** certaines infrastructures de transport.

Évaluation générale des effets du changement climatique sur la demande de transports

L'effet du changement climatique sur la demande générale de transports sera moins important que celui d'autres grandes mutations, telles que l'évolution démographique, les nouvelles formes d'offres ou encore l'automatisation. En revanche, les effets structurels seront importants en raison des changements de comportements, que ce soit sur certains types et moyens de transports, sur certaines régions et corridors et sur les pics de trafic à certains moments de la journée, en été surtout.

Le changement climatique entraîne une hausse substantielle du trafic de loisirs, en été surtout, ainsi que de la mobilité douce. Par ailleurs, les pics journaliers dus au trafic de loisirs vont aller en s'accroissant fortement dans les régions touristiques, en fin de semaine surtout. Rien ne laisse prévoir de transferts modaux en raison du changement climatique, à l'exception du trafic cycliste, fortement encouragé par le changement climatique.

L'effet du changement climatique sur la demande de transport varie fortement selon les régions. Dans les régions périphériques (régions de montagne, régions rurales), la demande reculera, alors qu'elle augmentera dans les régions rurales attrayantes et proches

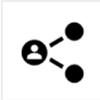
des agglomérations. Dans les villes et alentour, les effets sont variables ; face à un « exode urbain » accru, à des fins de loisirs ou d'habitation, on devrait assister à une augmentation de la demande de transports.

Recommandations

L'étude des effets du changement climatique sur les transports permet d'identifier les mesures requises et présente des recommandations destinées aux spécialistes, à l'administration et aux responsables de la politique (des transports). Ces mesures et ces recommandations découlent des neuf conclusions présentées ci-avant. Le corps du texte (synthèse) comprend une présentation détaillée des mesures requises et des recommandations, ventilées selon les types d'espaces.



Tabl. Z-1 : Mesures requises, recommandations

Conclusions	Mesures requises, recommandations
<p>Recherche de fraîcheur : augmentation du trafic de loisirs et de la fréquence des pics de trafic (Conclusion no 1)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceptions de desserte pour les régions touristiques qui verront augmenter fortement la demande de transports en raison de la quête de fraîcheur estivale ; garantir la desserte en proposant plusieurs voies d'accès, à l'aide de plusieurs modes de transport. ▪ Extension de l'offre, voire des infrastructures de transport, pour tenir compte des pics de demande durant la saison chaude, p. ex. en faisant appel systématiquement aux nouvelles formes de transports à l'interface entre TP et TIM, en multipliant les offres de TP aux heures de pointe, en créant des itinéraires rapides pour vélos et vélos électriques et en complétant ces mesures par des incitations qui touchent tous les modes de transport. L'extension de l'offre concerne avant tout le trafic entre agglomérations et régions touristiques (régions de montagne, buts d'excursions dans l'espace rural) et à l'intérieur des régions touristiques. ▪ Planification proactive de l'accès des piétons et des cyclistes aux lacs et rivières ; prise en compte de tels projets dans les projets d'agglomération.
<p>Progression de l'habiter multilocal ; gain d'attractivité des régions de montagne comme lieux de domicile (Conclusion no 2)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Examiner l'opportunité de créer des relations supplémentaires pour pendulaires entre les centres touristiques des régions de montagne/Préalpes et les agglomérations ; le cas échéant, créer de nouvelles relations, en tenant compte des nouvelles technologies et formes d'offres prévisibles. ▪ Développer l'infrastructure numérique dans ces régions de montagne pour faciliter le travail géoflexible (cotravail, connexions internet performantes, garde d'enfants, etc.), pour réduire le trafic pendulaire.
<p>Perte d'attrait des villes, pression accrue sur la campagne (Conclusion no 3)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dans les villes et les agglomérations : adaptation généralisée à la chaleur (mesures aménagistes et infrastructurelles, végétalisation) au niveau des transports, p. ex. : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Réaménagement des espaces routiers par la végétalisation des infrastructures de transport et la création d'ombrages (p. ex. avec des arbres). ▪ Mesures de réduction de la température au niveau des infrastructures routières et de tramway : p. ex. adaptation de la couleur des revêtements routiers, végétalisation des tracés de tram. ▪ Résolution des conflits d'intérêts potentiels entre axes de ventilation et émissions de bruit dues au trafic.

Conclusions	Mesures requises, recommandations
	<ul style="list-style-type: none">▪ Coordination soigneuse des mesures de densification (en leur qualité de mesure de prévention) et des mesures de lutte contre les effets de la chaleur (espaces verts, corridors d'air frais).▪ Appel aux villes à affronter proactivement le défi que représente la concurrence grandissante entre les utilisations du sol (surtout pour le trafic cycliste).
Baisse de fiabilité des transports, en particulier le trafic de marchandises (Conclusion no 4) 	<ul style="list-style-type: none">▪ Identification des infrastructures de transport menacées à long terme sous l'effet du changement climatique (p. ex. inondations, glissements de terrain).▪ Analyse des itinéraires de transport redondants ; si nécessaire, prévoir (ou réaliser) les accès de rechange en cas de blocage des sites menacés.▪ Évaluation des systèmes de desserte et d'approvisionnement de rechange en cas de blocage ou d'événements dangereux, en tenant compte du rapport coût-efficacité.▪ Adaptation des sites et des processus logistiques et encouragement de l'utilisation des itinéraires et moyens de transport de rechange par les secteurs des transports et de la logistique.
Besoins croissants de fraîcheur, multiplication des dommages dus à la chaleur (Conclusion no 5) 	<ul style="list-style-type: none">▪ Évaluation et recherches approfondies dans le domaine des technologies et des matières appropriées : technologies résistantes à la chaleur pour la route (asphalte, revêtements) et pour le rail, etc.▪ Entretien soutenu des infrastructures (rail, route), tels que mesures d'entretien supplémentaires des infrastructures de TP liées au rail durant les vagues de chaleur.▪ Assurer l'ombrage et le refroidissement des infrastructures de transbordement telles que haltes de TP, salles d'attente et nouveaux terminaux de mobilité (végétalisation, abris, etc.).
Augmentation de la demande et des accidents dans le domaine du cyclisme (Conclusion no 6) 	<ul style="list-style-type: none">▪ Développement de l'infrastructure pour le trafic cycliste : itinéraires cyclables supplémentaires dans les villes ainsi qu'entre villes et agglomérations et villes et espaces de délasserement de proximité (avant tout lacs et cours d'eau) ; développement de l'offre de trafic cycliste tels que systèmes de prêt, places de stationnement, etc. (→ projets d'agglomération).▪ Mesures de sécurité supplémentaires pour diminuer le risque d'accidents du trafic cycliste (→ besoin d'espace supplémentaire de ce type de trafic, séparation des trafics).
Le tourisme gagne et perd. (Conclusion no 7) 	<ul style="list-style-type: none">▪ Identification précoce des destinations qui connaîtront une forte augmentation ou diminution (temporaire) de l'offre de transports ; mesures appropriées de planification des transports.▪ Adaptation de l'offre touristique (et de l'offre de transports y relative) aux modifications de la demande dues au changement climatique, au gré des saisons (extension de l'offre du printemps à l'automne, adaptation de l'offre hivernale). Développer, le cas échéant, mais en protégeant la nature et le paysage.

Conclusions

Mesures requises, recommandations

Renchérissement des infrastructures et des coûts de transport

(Conclusion no 8)



Concurrence financière accrue entre les régions

(Conclusion no 9)



- Évaluation détaillée des répercussions financières du changement climatique sur les transports. Calcul des moyens financiers supplémentaires requis pour assurer les financements publics nécessaires.
- Recherche de nouvelles ressources financières et d'instruments de financement (p. ex. coopération secteur touristique – pouvoirs publics)
- Examen critique des investissements requis dans les infrastructures du tourisme et des transports. Définition de priorités ; le cas échéant, renoncer à développer et miser sur les liaisons de rechange ou sur les fermetures temporaires.
- Création de nouvelles offres pour desservir les régions périphériques, p. ex. au niveau de l'interface TP/TIM (véhicules/bus automatiques, offres à la demande), qui favorisent la mobilité collective.

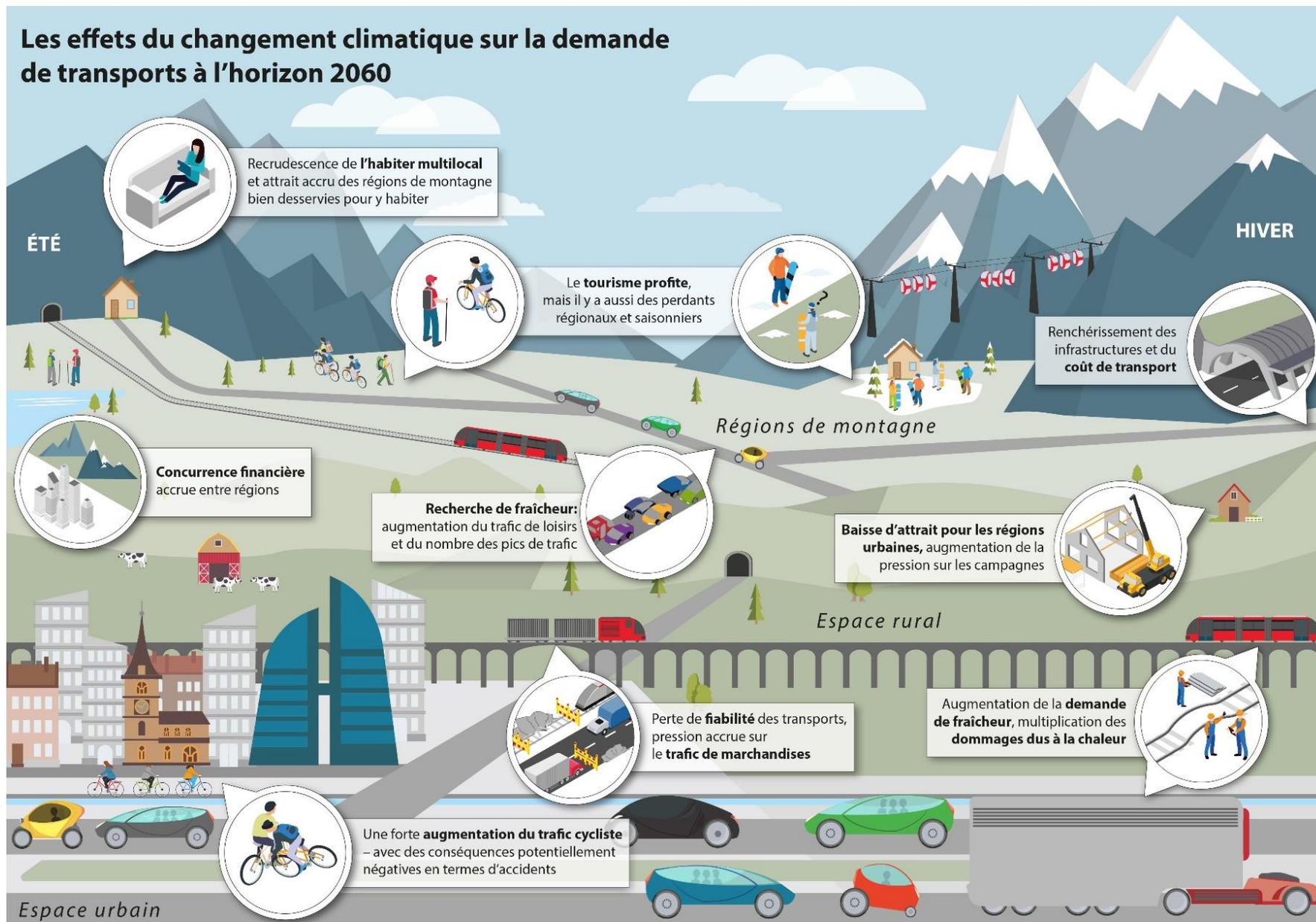


Figure: Keystone-SDA, source: INFRAS

Summary

Climate change and transport influence each other. On the one hand, transport is an important source of climate-relevant emissions. On the other hand, unchecked climate change leads to direct and indirect consequences for transport. While the effects of transport on climate change have been intensively studied, knowledge on the long-term effects of climate change on transport in Switzerland is still largely lacking. Direct consequences of climate change - rising temperatures, heavy precipitation, heat waves and other extreme weather events - pose new challenges to transport infrastructure and operations and will also have a significant impact on traffic behaviour. This has consequences for the stability of the transport system in Switzerland and poses new challenges for transport policy, planning and research.

This study focuses on the following question: How will climate change affect transport demand in 2060?

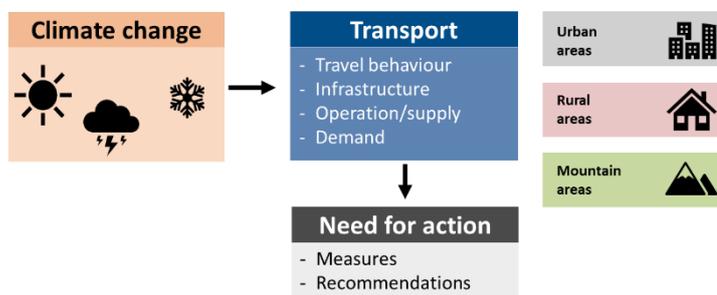


Fig. Z-3: How does climate change affect transport demand in Switzerland?

Graphic INFRAS.

The study is part of the SVI research package "Transport of the Future". Several subprojects analyse various factors that influence mobility in general and transport demand and supply in particular in 2060.

Goals and procedure

The analysis focuses on the impact of climate change on transport in 2060. It examines all levels of transport: transport behaviour, infrastructure, transport operations/supplies and, finally, transport demand. Second priority is also given to the effects on the environment and the economy. Based on three future scenarios – 1. *laissez-faire* ("We are doing nothing"), 2. *adaptation* 3. *avoidance* (global) – possible effects are discussed. Because these effects can vary greatly from region to region, the analysis distinguishes between three spatial types: urban areas, rural areas and mountain areas. The study is structured as follows:

- First, on the basis of a comprehensive literature analysis, central drivers and topic-specific *impact chains* as well as an overall impact model are identified (chapter 3). Chapter 4 outlines the *future scenarios*.
- Based on this, an *impact analysis* along the three scenarios discusses how climate change could affect transport in the various spatial types. In addition, effects on the environment and the economy are also analysed (chapter 5).
- Based on two concrete *case studies*, these effects are analysed in more detail and illustrated for specific regions - along the examples of Engelberg and Zurich (chapter 6).
- The study concludes with a *synthesis* that includes nine core statements, concrete recommendations for action and a suggestion for need for further research (chapter 7).

For the study an expert workshop (that served as a basis for the impact analysis) and a stakeholder workshop (that served as a basis for the case study) were conducted. Furthermore, numerous experts were interviewed (as a basis for the impact analysis as well as the case studies) and literature and data (especially for case studies) were analysed. Looking at the time horizon of the research package – the year 2060 – the following overall conclusion can be drawn: Even though many of the effects of climate change will not be felt until "tomorrow", there is already a need for action today. The key statements and recommendations for action are summarised below.

Key messages: impact on transport

How will climate change affect Swiss transport in 2060? In the sense of a synthesis of the entire study, nine key statements are formulated below. It is important to note that the effects are described for a highly advanced climate change ('laissez-faire' or 'adaptation' scenarios) with a temperature increase in Switzerland of +3°C to +5°C by the end of the 21st century compared with today. The effects in 2060 are presented in comparison to a situation without advanced climate change (i.e. under current climatic conditions).

1. Demand for cooling: increase in leisure traffic and more frequent traffic peaks



Increasing summer heat leads to a growing demand for cooling. As a result, leisure traffic is growing from the city to mountain areas, rural regions and water bodies. Especially on weekends in summer, traffic peaks increase significantly.

- Due to the increasing summer heat, the attractiveness of the cities is declining markedly. In the summer months, the **“escape” from the city** increases: in search of cooling, greenery and water (lakes, rivers), inhabitants of cities and agglomerations travel more frequently and for shorter periods to mountain areas and to rural areas.
- As a result, **traffic flows in leisure traffic are growing** significantly. In particular, day tourism on weekends and short holidays in mountain and rural areas are increasing significantly. As an illustration: on peak days, demand can increase by up to +50% in mountain areas with attractive tourist attractions, as the Engelberg case study has shown. Travel decisions are often made at short notice due to weather and temperature conditions. In summer, slight **shifts during the day** and thus traffic peaks are possible (earlier in the morning, later in the evening).
- The demand for leisure and tourism transport is increasing. As a result, the demand for transport on the access roads to and within the mountains increases significantly in the summer. Therefore, the number and **intensity of traffic peaks increase** during the (longer) summer period. Both, public and private transport are affected. In summer, congestion and capacity bottlenecks on motorways and main road access roads in mountain areas as well as on the railways will be comparable to some places with winter tourism in winter months (arrival and departure traffic peaks in the morning and evening on weekends from Friday to Sunday).

2. Multilocal living increases – easily-accessible mountain areas become more attractive as residences



The demand for cooling increases the attractiveness of the easily-accessible mountain areas and the foothills of the Alps as places to live. In summer, cooler areas are gaining in importance as primary and secondary residences. Multilocal living is becoming increasingly common. Shuttle traffic between urban and mountain areas is increasing.

- Mountain areas are becoming more attractive as **temporary or permanent residences** – thanks to cooler temperatures compared to cities. More and more people live permanently or for part of the year in mountain areas or the foothills of the Alps with good

transport connections, even if their workplace is in urban areas. Thus, demand for housing in mountain areas will increase. Second homes are also increasingly being used as primary residences. This development is supported by increasing digitalization.

- **Multilocal living** is becoming increasingly popular. In addition to technological development and the increasing acceptance of spatially and temporally flexible work, climate change is also driving this trend. It increases the attractiveness of mountain areas, especially in summer ('demand for cooling in summer'), but also in winter ('desire for snow and sun'). However, this trend primarily benefits easily-accessible mountain areas, while very peripheral areas and valleys benefit less from it.
- Although teleworking is gaining in relevance, the increasing attractiveness of mountain areas is leading to an **increase in commuter traffic** between mountain areas and the "Mittelland", especially with respect to urban agglomerations. The increased demand for transport on weekdays at peak times requires a growing need for transport services (and even new infrastructures in some cases). Public transport between mountain areas and cities is particularly affected, as it has so far mainly been focused on weekends and winter peaks. There is also a need for action in local traffic. New forms of services at the interface of public transport and MIV – for example automated shuttles ('robo-vans' or 'robo-taxis') – can play an important and helpful role in meeting these additional mobility needs. Overall, it should be stressed that the effects in commuter traffic will be less striking than in leisure traffic.

3. The attractiveness of urban areas as residential areas declines, pressure on rural areas increases



The increasing heat in urban agglomerations not only leads to more leisure traffic to areas with cooler conditions, but also to an increasing attractiveness of rural areas close to urban centres as residential areas. Rural areas will face an increasing population density. Commuter flows between rural areas and urban agglomerations are increasing.

- The summer heat does not only affect leisure activities in the cities: Urban agglomerations are also becoming less attractive as places to live due to the heat. On the other hand, rural areas are gaining in importance. Especially if cities do not adapt effectively to the summer heat, climate change will lead **more people moving to rural areas** in the future.
- Rural areas will face an increasing population density. Simultaneously, commuter traffic is increasing between rural areas and urban agglomerations. As a result, the pressure to **build additional road and rail transport infrastructures** and to expand public transport services is increasing. These effects encourage unrestricted growth and lead to an increase in transport costs.
- If cities succeed in implementing effective adaptation measures with respect to the summer heat, the settlement and traffic pressure from the city to rural areas will be reduced. On the other hand, rural centres can gain in importance **as living and working spaces** by specifically expanding the advantages of rural areas over urban areas.

4. Reliability of transport declines – freight transport particularly challenged



The increasing number of extreme weather events has a direct or indirect impact on transport infrastructure and transport operations. As a result, the reliability ("level of service") decreases. At the same time, operating, maintenance and investment costs for adaptation measures are increasing significantly. Freight transport is particularly affected: its attractiveness is being reduced, transport costs are rising and demand is declining.

- The increasing risk of extreme weather events (heavy rain, floods, heat waves, storms, mud flows, avalanches, etc.) leads to an **increase in damage** to transport infrastructures. Blocked and damaged infrastructures reduce the reliability and predictability of

traffic and lead to loss of time. Regarding access-corridors to mountain areas, road closures can be particularly problematic due to a lack of alternative routes (access roads are impassable).

- In addition to transport infrastructure, transport operations are also directly affected by extreme events: The availability of private and public transport is limited due to extreme events and heat that lead to technical problems. As a result, **transport costs increase** and demand declines.
- Freight transport is particularly affected: Directly during operation (interruption of cold chains, technical availability of vehicles, water damage, etc.) as well as indirectly as a result damages of road and rail transport infrastructures. These **disruptions** reduce the reliability of freight transport (e.g. interrupted supply chains, longer transport durations).
- In general, transport costs in freight transport will rise. On the one hand, disruptions and the reduced reliability increase costs; on the other hand, adaptation measures are also associated with considerable costs. Climate change will have a **restricting effect on demand for freight transport** in the long term.
- Transport over longer distances is affected to an above-average extent (passenger and freight traffic). However, local traffic is less affected thanks to **more alternatives**. Declining reliability and rising costs strengthen short distance transport and local value creation.

5. Cooling demand increases, heat damages on the rise



The summer heat makes the operation of various modes of transport more difficult. On the one hand, the need for cooling systems for passengers, goods and technical equipment is increasing. On the other hand, the risk of technical malfunctions and breakdowns increases. But thanks to milder temperatures, the error rate of various technologies in winter is reduced.

- **Heat waves** are increasingly affecting rail and road transport operations. The amount of damaged road surfaces (asphalt, tracks) and damaged technical infrastructure is increasing. The reliability of transport operations decreases (road and rail).
- Challenges arise not only with respect to the infrastructure, but also regarding transport operations: special efforts are needed to maintain and ensure the service level in commercial transport (public transport, freight traffic). **Cooling systems** – for road users, goods and technical infrastructure – are becoming particularly important. This has an impact on the costs.
- In **winter** other hand, climate change has a positive effect on transport operations: Technical failures and breakdowns of vehicles and infrastructure due to cold and snow are decreasing significantly during this time of year.

6. Strong increase in demand for bicycles – with potentially negative consequences in terms of accidents



Climate change is contributing to a significant increase in demand for bicycles, e-bikes and other means of transport. Shorter and milder winters extend the cycling season. However, this also leads to more bicycle accidents. This requires additional bicycle infrastructures and security measures.

- In light of the above-average warm winters and heat waves during the last years one can argue: climate change **favours bicycle traffic** and leads to a strong increase in demand – especially in urban agglomerations, but to a lesser extent also in rural areas. As an illustration: the increase in demand for bicycles as a result of climate change can be about +50% to +100% compared to a situation without climate change, as the case study in Zurich has shown.
- Bicycle traffic benefits above all from shorter and weaker winters with less snow, ice and cold. This **extends the season for bicycles** as well as for e-bikes, motorcycles

and other modes of transport (e.g. scooters). More and more often bicycles are used all year round. Another reason for the increase in demand is the increased number of dry and warm days during the summer period. Bicycles and other modes of transport are becoming more attractive as means of transport.

- A negative consequence of the increase in demand for bicycles is the **increase in accidents**. Compared to private motorized transport and public transport, cycling is often accompanied with a higher accident risk including injury consequences (regarding the traffic load). In order to reduce this, especially in view of the expected significant increase in bicycle traffic, additional investments in bicycle infrastructure and traffic safety measures are necessary.
- In addition to the volume effect due to the higher demand for bicycles, it can be assumed that the heat in summer also increases the **risk of accidents** – with respect to slow-moving traffic and motorised traffic. On the other hand, the risk of accidents for motorised road traffic but also for pedestrians in particular in winter will decrease in the future due to less icy roads and snow

7. The tourism sector benefits – but depending on the region and season, there are also losers



The impact of climate change on tourism demand and consequently on transport varies greatly from region to region and season to season. In summer, demand in mountain areas will increase significantly, in winter it will tend to decline and concentrate on higher areas.

- Summer tourism in the mountain areas benefits significantly from the increasing summer heat. On the one hand, the heat in cities and the “Mittelland” leads to an increasing demand for **day trips and short holidays in mountain areas**. On the other hand, the attractiveness of comparable cooler mountain regions as destinations for longer summer holidays is increasing among domestic and foreign tourists. This is especially the case in comparison to holiday destinations that are endangered by extreme weather and heat waves due to global climate change (e.g. Mediterranean region, coastal cities or islands). As a result, the demand for transport in the summer increases, including more frequent and more striking traffic peaks.
- **Easily-accessible destinations** that are situated close to a larger city/agglomeration benefit in a particular manner.
- On the other hand, cities will have to face with a decline in summer tourism. Summer heat makes them less attractive. In contrast, **city trips** to Switzerland during the winter months might become more attractive in the future due to the comparable mild climate.
- In mountain regions, climate change is leading to an overall **decline in demand regarding winter tourism**, especially for ‘traditional’ winter sports. However, the impacts differ considerably depending on the region and destination:
 - In some destinations winter sports will disappear completely due to the **decreasing snow guarantee** or will concentrate on niches (e.g. winter hiking). In these areas, demand for transport will fall significantly in winter.
 - Other destinations benefit from their higher location and **relative advantage** compared to competitors. However, the number of these destinations will continue to decrease. In addition, these destinations will also have to create new alternative offers, because traditional ski tourism as a mass phenomenon is declining. Regarding transport, public transport might benefit from this development. So far, public transport was at a disadvantage in ski tourism compared to cars (mainly because of luggage transport). Climate change is reinforcing a trend that is already being driven by social change.
- The overall positive effect on tourism can, however, only be realised if appropriate **adaptation measures** are implemented with respect to tourism and transport infrastructure (safety/risk reduction, guaranteed access, alternative offers, etc.).

8. Transport infrastructure becomes more expensive – transportation costs increase



Climate change increases the need for additional investments in transport infrastructure and transport services to ensure reliability and accessibility. The financial requirements are increasing, transport costs are rising.

- In light of disruptions due to climate-related extreme weather, infrastructure and transport services require **adaptation and repair measures** and an increased **need for maintenance**. Additional investments are also required for hazard and risk management. In addition, increasing infrastructure disruptions and damages are raising the need for alternative infrastructures (parallel routes).
- **Tourist infrastructures** are also affected, especially in mountain areas. The decline in permafrost, increased danger with respect to avalanches and increasing snow lines require additional investments in the infrastructure.
- On the one hand, these infrastructural and operational measures lead to higher transport costs. On the other hand, they are associated with substantial economic costs. In general, the share of **transport-related expenditure** compared to the total expenditure is increasing. This is associated with an increase in transport costs per unit of performance and a corresponding decline in the productivity of the transport sector.
- A new DETEC study estimates that the annual increase with respect to the infrastructure-related costs of climate change in road and rail transport amounts for tens or hundreds of million, although this estimation is still associated with uncertainties (Jaag & Schnyder 2019).
- Climate change might also result in an increasing **competition for land**. On the one hand, the need for space for transport infrastructures (e.g. alternative infrastructure/routes, additional bicycle infrastructures) and their safety structures is increasing. On the other hand, in urban areas space requirements with respect to the street space is increasing as a result of adaptation measures to heat (green areas, wider streets for airstream and stronger greening).

9. Increasing competition for funds between the regions



Different regions and social groups are affected to different degrees by the negative effects of climate change on transport (rising costs, declining reliability and poorer accessibility). Peripheral areas and low-income households are particularly affected by the negative consequences. The growing financial requirements with respect to transport is leading to increasing competition for funds from other policy areas and to distributional conflicts between individual regions.

- Rising transport costs in passenger and freight transport as a result of climate change are making mobility and goods **more expensive**. This slows down the cost-cutting potential and efficiency gains of automation and digitisation trends in the transport sector. This increase in costs tends to affect low-income households to a higher degree. Low-income households with little time flexibility (e.g. due to inflexible working hours) are particularly affected.
- Not all regions are equally affected by infrastructure-related costs, declining reliability and rising transport costs. These factors have a particularly strong impact in peripheral areas (rural and mountain areas), where demand for transport is reduced. **Regional disparities** and **distribution issues** gain in importance.
- Moreover, higher public spending on transport leads to **competition** with other policy sectors such as health and social security. Lower-income households are also more affected in this respect as a result of possible displacement effects in other policy areas.
- Distributional conflicts between and within regions over scarce public financial resources are increasing, especially with respect to the expansion and maintenance of

infrastructure and development. In particular, the peripheral, less well-developed areas (in the mountains and in rural areas) are more affected – while other regions benefit. The question "What are we able to afford and what do we want to afford?" is gaining in importance and can lead to a situation in which expansion and maintenance measures regarding transport infrastructure are avoided.

Overall assessment: effects on transport demand

The impact of climate change on the overall transport demand (overall level) will be less striking than the impact of other major trends (e.g. demographic trends, new forms of supply, automation). However, structural effects are very significant, such as structural effects on transport purposes, means of transport, certain regions and corridors as well as shifts in the time of day, especially in summer due to changes in behaviour.

Above all, climate change is leading to a substantial increase in leisure traffic – mainly in summer – and pedestrian and bicycle traffic. In addition, especially with respect to leisure traffic in tourist areas, it can be assumed that peaks during the day and especially at weekends increase. Modal shifts due to climate change cannot generally be expected – with the exception of bicycle traffic, whose demand is clearly positively influenced by climate change.

Demand effects will vary greatly from region to region. Demand will decline in peripheral areas (mountains, rural areas), but increase in attractive rural areas and mountain areas that are close to agglomerations. The effects vary among the various cities. However, due to the increased 'exodus from the cities' (in leisure time or for living) the demand for transport is also likely to increase in and around cities.

Recommendations for action

Based on the findings on the effects of climate change on transport, the study identifies concrete needs for action. In addition, it suggests recommendations for experts, administration and (transport) policy-makers. The need for action as well as the recommendations are based on the nine key messages (see above). A detailed description of the need for action and recommendations, differentiated according to the spatial typology, can be found in the main text (synthesis).



Tab Z-1: Need for action and recommendations

Key message	Need for action, recommendations
<p>Demand for cooling: increase in leisure traffic and more frequent traffic peaks (Key message 1)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concepts for the development of tourist areas whose demand will increase sharply as a result of the 'search for summer resorts'. Ensuring redundant traffic development (across all modes of transport). ▪ Demand-oriented expansion of transport services and, if necessary, transport infrastructures, with a view to increase in demand during the summer period: e.g. consistent implementation of new forms of services at the interface of public transport and private motorized transport, additional public transport services at peak times, bicycle and e-bike high-speed routes, supplemented by cross-modal steering measures. Expansion mainly concerns supply and demand between agglomerations and tourist areas (mountain areas, excursion destinations in rural areas) and within tourist areas. ▪ Proactive planning of access to water (lakes, rivers) for pedestrian and bicycle traffic. Considering such projects within the framework of agglomeration programmes.
<p>Multilocal living increases – easily-accessible mountain areas become more attractive as residences (Key message 2)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Examine the need for additional commuter connections between tourist destination in mountain areas or the foothills of the Alps and agglomerations and, if necessary, create new offers (taking into account new technologies and transport services). ▪ In mountain areas, expansion of a digital infrastructure for spatially flexible working (co-working offers, high-quality internet connection but also other offers such as child care, etc.) in order to reduce commuter traffic.
<p>The attractiveness of urban areas as residential areas declines, pressure on rural areas increases (Key message 3)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cities and agglomerations: comprehensive adaptation measures regarding transport against heat (spatial planning, greening, infrastructure) e.g: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Designing road spaces: greening and shading transport infrastructures (e.g. with trees). ▪ Measures to reduce heat in road and tram infrastructures: e.g. colour of road surfaces, greened tram routes. ▪ One challenge is that there might be conflicting objectives between fresh air corridors and traffic-related noise immissions. ▪ Careful coordination of urbanization (→ as avoidance measure) and heat adaptation measures (green spaces, fresh air corridor). ▪ The increasing competition for space in cities is a major challenge, which cities must tackle proactively (especially bicycle traffic).

Key message	Need for action, recommendations
<p>Reliability of transport declines – freight transport particularly challenged (Key message 4)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identification of critical transport infrastructures or those endangered in the long term by climate change (e.g. by floods, mass wasting). ▪ Redundancy analysis regarding the transport system. Subsequently, if necessary, definition of possible alternative routes in the event of closures at neuralgic, endangered points. ▪ Evaluation of alternative development and supply systems in case of interruptions, critical events, by taking economic efficiency into account. ▪ Adaptation of logistics processes and locations as well as promotion of alternative routes and means of transport by the transport and logistics industry.
<p>Cooling demand increases, heat damages on the rise (Key message 5)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluation and in-depth research in the field of suitable technologies and materials, e.g. heat-resistant technologies, both for roads (asphalt, pavements) and rail infrastructure. ▪ Intensification of maintenance requirements for infrastructures (road and rail), e.g. additional maintenance of infrastructure in rail transport-related public transport during periods with high temperatures. ▪ Cooling and shading of transfer facilities, e.g. public transport stops, waiting rooms and new mobility hubs (greening, roofing, etc.).
<p>Strong increase in demand for bicycles – with potentially negative consequences in terms of accidents (Key message 6)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expansion of bicycle traffic infrastructure: additional bicycle routes in cities and between cities and surrounding agglomerations as well as local recreation areas (especially water bodies); expansion of bicycle traffic offers such as rental systems, parking spaces, etc. (→ agglomeration programmes). ▪ Implementation of additional safety measures to reduce the risk of accidents in bicycle traffic (→ Increased space requirements for bicycle traffic, reorganization).
<p>The tourism sector benefits – but depending on the region and season, there are also losers (Key message 7)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Early identification of destinations with (temporarily) strongly increased or also reduced traffic demand and adjustments regarding the traffic planning. ▪ Adaptation of touristic services (including transport conditions) to climate-induced changes in demand during all seasons (expanding the touristic services from the spring season to the autumn season, adaptation in winter). Considering requirements for the protection of nature and landscape when expanding.
<p>Transport infrastructure becomes more expensive – transportation costs rise (Key message 8)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ More detailed estimation of the consequential costs of climate change for transport. Early forecasting of additional financial requirements and securing the necessary public funds. ▪ Development of new sources of funds and financing instruments (e.g. cooperation between the tourism industry and the public sector). ▪ Critical examination of necessary investments in tourism and transport infrastructure. Setting priorities and, if necessary, abandoning expansions in favour of alternative connections or temporary closures.
<p>Increasing competition for funds between the regions (Key message 9)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creation of new offers to promote collective mobility for the development of peripheral areas, e.g. with new forms of transport services at the interface of public transport and private motorized transport (automated vehicles/buses, personal-public transport).

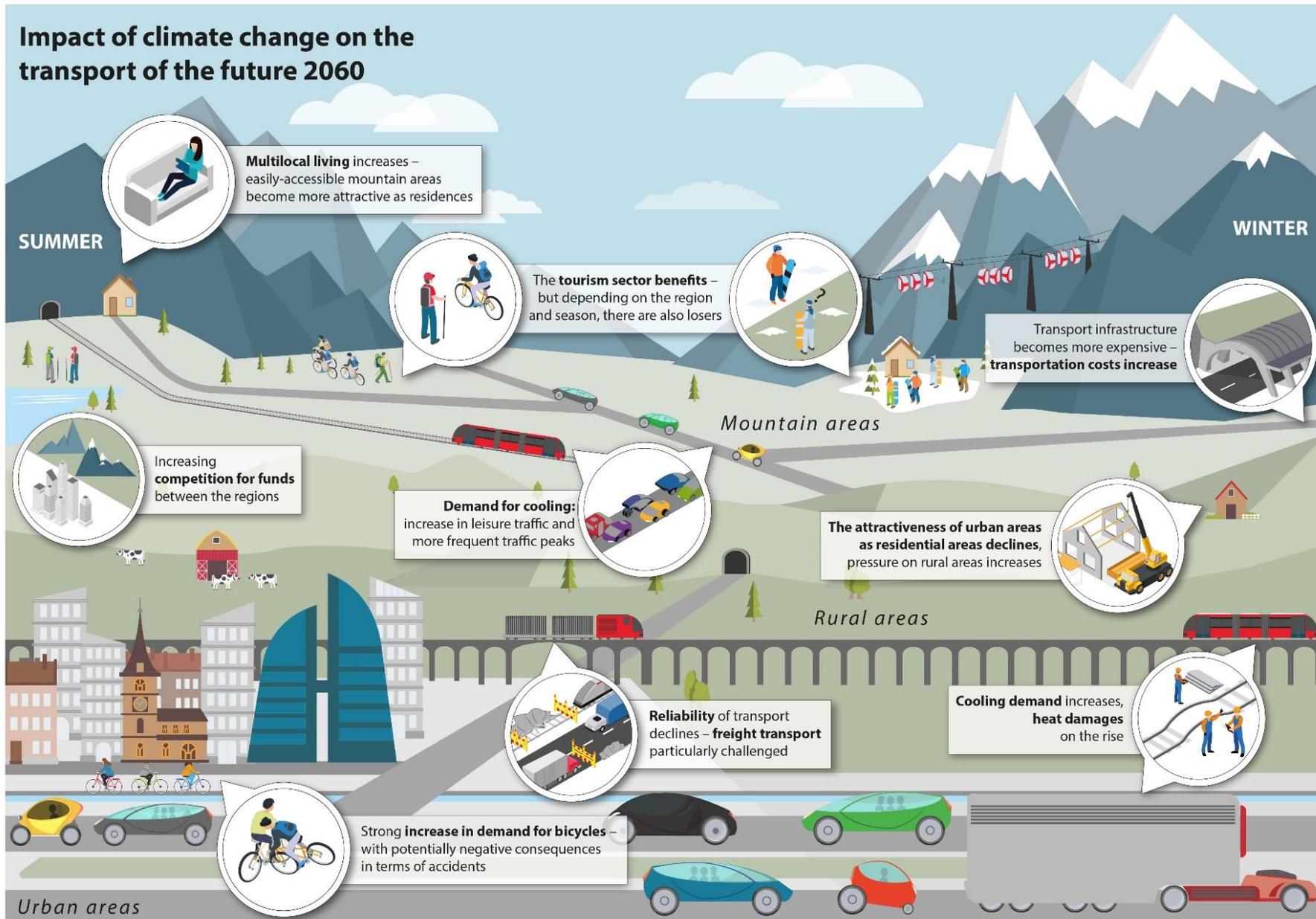


Image: Keystone-SDA, source: INFRAS

1 Ausgangslage und Ziele

1.1 Forschungspaket «Verkehr der Zukunft»

Das Forschungspaket «Verkehr der Zukunft» der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI) wird vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) finanziert und gesteuert. Es soll eine visionäre Sicht auf die langfristige Entwicklung des Verkehrs über rein quantitative Prognosen oder Perspektiven hinaus erarbeitet werden. Das Forschungspaket setzt sich aus sieben Teilprojekten zusammen (vgl. Abb. 1).

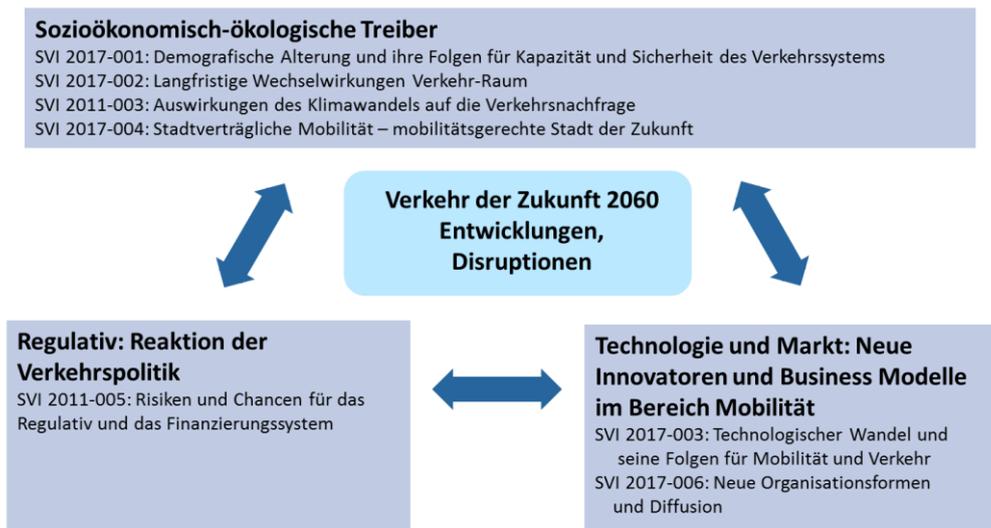


Abb. 1: Teilprojekte im Forschungspaket «Verkehr der Zukunft»

Die sieben Teilprojekte lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Analyse der sozioökonomischen und ökologischen Treiber: Vier Projekte analysieren Umfeldfaktoren, die auf die Entwicklung der Mobilität und des Verkehrs einen grossen Einfluss haben können.
- Analyse der technischen Entwicklung und der zukünftigen Organisation des Verkehrsangebots: Zwei Projekte analysieren Entwicklungsmöglichkeiten und Anreize für die Diffusion von neuen Technologien und Angebotsformen im Verkehr.
- Analyse der Entwicklung des Regulativs: Ein Projekt befasst sich mit der Frage, welche Anforderungen (Chancen und Risiken) sich für die Entwicklung des Regulativs und des Finanzierungssystems ergeben.

Schliesslich werden die gesamten Erkenntnisse und themenübergreifenden Aspekte der sieben Projekte im Rahmen einer Synthese zusammengefasst.

1.2 Ausgangslage

Klimawandel und Verkehr beeinflussen sich gegenseitig. Einerseits ist der Verkehr eine bedeutende Quelle für klimarelevante Emissionen: Der Handlungsbedarf im Verkehr ist deshalb gross und reicht von Anforderungen an technische Lösungen (neue Energieträger, neue Motorenantriebe) bis zu neuen Siedlungsmustern (kurze Wege). Andererseits führt ein ungebremsster Klimawandel zu direkten und indirekten Folgewirkungen für den Verkehr: Direkt beeinflusst der Klimawandel z.B. die Stabilität von Verkehrsinfrastrukturen und führt zu veränderten Mobilitätsmustern (z.B. zeitliche und räumliche Anpassungen). Indirekt beeinflusst der ungebremsste Klimawandel den Verkehr, indem er verschiedene Bereiche der Wirtschaft und Gesellschaft erheblich beeinflusst (z.B. Migration, Exportwirtschaft). Abb. 2 bietet einen schematischen Überblick zu den Zusammenhängen zwischen Klimawandel und Verkehr.

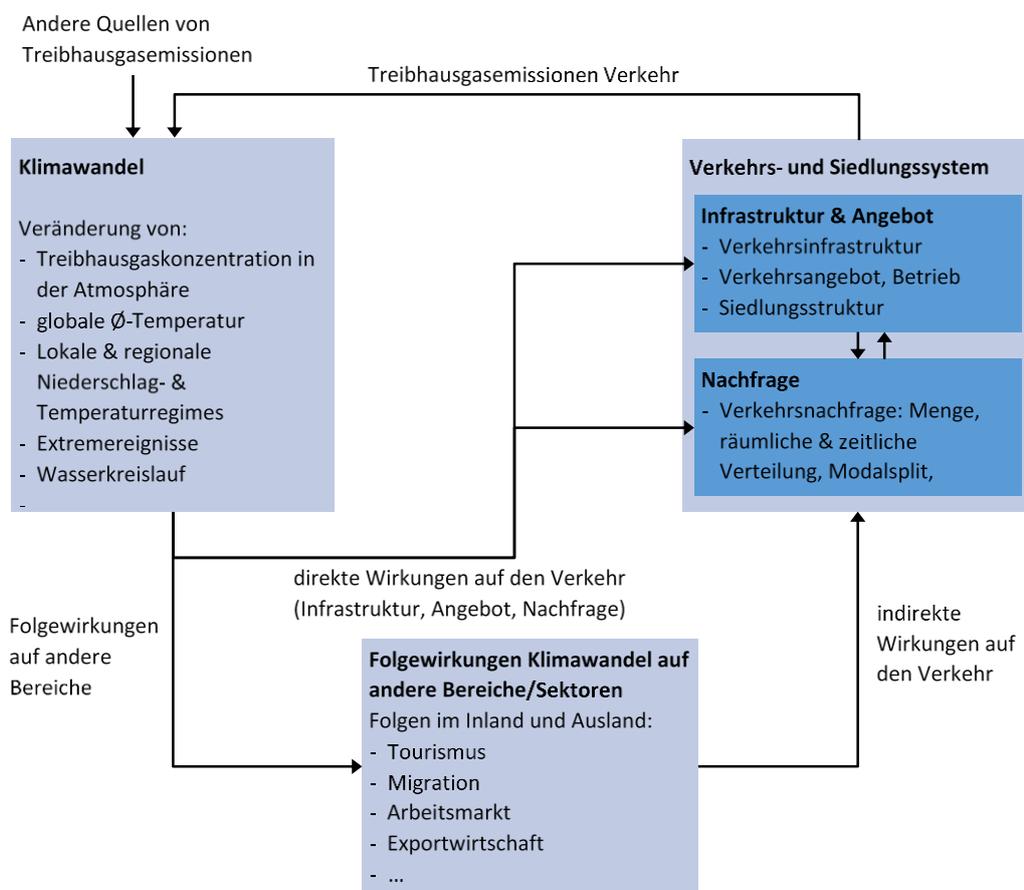


Abb. 2: Zusammenhänge Klimawandel und Verkehr

Grafik INFRAS.

Die Analyse der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr ist komplex, unter anderem weil Verkehr immer auch im Zusammenhang mit Siedlungsstrukturen und deren Entwicklung betrachtet werden muss. Zudem wirken weitere zentrale Einflussparameter auf dieses Spannungsfeld, z.B. der demographische Wandel, die Bevölkerungsentwicklung sowie verschiedene internationale Einflüsse aus den Beziehungen zum Rest der Welt.

Je nachdem, wie sich Siedlungs- und Verkehrssysteme in der Schweiz entwickeln, werden die Folgen des Klimawandels im Verkehrsbereich respektive in Bezug auf die Verkehrsnachfrage unterschiedlich stark ausfallen¹. Mit weiter fortschreitender Klimaveränderung werden diese Folgen aber langfristig zunehmen. Die Politik und andere betroffene Akteure werden versuchen, das Spannungsfeld zwischen Siedlung und Verkehr mit Massnahmen zur Emissionsminderung (Mitigation) und Anpassung (Adaptation) so zu beeinflussen, dass sich die durch den Klimawandel verursachten Kosten für die Schweizer Volkswirtschaft reduzieren. Um diese Zusammenhänge zu verstehen, ist eine Gesamtsicht der Wechselwirkungen zwischen Klimawandel, Siedlung und Raumplanung sowie Verkehr (Angebot und Nachfrage) notwendig. Das vorliegende Projekt legt den Fokus auf den Zusammenhang zwischen Klimawandel und Verkehr.

1.3 Projektziele

Im Zentrum der Forschungsarbeit steht die Fragestellung, welche Auswirkungen der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage in rund 40 Jahren, im Jahr 2060, hat. Dabei interessieren insbesondere folgende Teilziele und Fragen:

- Die wichtigsten Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die verkehrsrelevanten Lebensgewohnheiten sind analysiert. Die Folgen des Klimawandels auf verschiedene für das Verkehrsverhalten relevante Parameter wie die Siedlungsentwicklung, die Arbeitszeiten, das Freizeitverhalten sind untersucht. Neben dem Arbeits- steht insbesondere auch der Freizeitverkehr im Fokus der Analyse.
- Die Wirkung des Klimawandels auf das Verkehrsverhalten und schliesslich die Verkehrsnachfrage sind qualitativ detailliert analysiert. Wichtige Wirkmechanismen sind beschrieben und eine Relevanzeinschätzung der verschiedenen Wirkungen liegt vor. Der Fokus liegt auf den qualitativen Wirkungen. Die Analyse erfolgt für verschiedene Szenarien, welche unterschiedliche verkehrliche Entwicklungen sowie verschiedene klimatische Entwicklungspfade berücksichtigen.
- Eine Vertiefung der Wirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage erfolgt mit Hilfe von zwei konkreten Fallbeispielen.
- Basierend auf den Ergebnissen dieser Teilziele wird schliesslich eine Auslegeordnung der zentralen Herausforderungen sowie des Handlungsbedarfs und möglicher Massnahmen für die geforderten Akteure aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft vorgenommen.

1.4 Aufbau des Berichts

Der Bericht zeigt das Vorgehen und stellt sämtliche Ergebnisse der durchgeführten Arbeitsschritte des Forschungsvorhabens im Detail dar. Der Bericht ist wie folgt aufgebaut:

- Im Kapitel 2 sind der Untersuchungsrahmen sowie das methodische Vorgehen beschrieben.
- Im Fokus des Kapitels 3 steht das Wirkungsmodell, das auf Basis der Literaturanalyse zu den Wirkungen des Klimawandels auf den Verkehr in der Schweiz sowie internen Workshops erarbeitet worden ist. Dabei werden die wichtigsten Wirkungszusammenhänge (Wirkungsketten) und die entsprechenden Treiber (Ursachen) dargestellt und zudem illustrative Zukunftsbilder skizziert (Kapitel 3.2). Das letzte Teilkapitel beinhaltet ein übersichtliches Gesamtmodell in der Form einer Grafik (Kapitel 3.3).
- Das Kapitel 4 beschreibt die drei entwickelten Szenarien hinsichtlich der zukünftigen klimatischen Entwicklung und dem Verkehr. Erarbeitet wurden die drei Eckszenarien,

¹ Wenn gegenüber heute keine zusätzlichen Massnahmen ergriffen werden, dürften die erwarteten Schäden für die Schweizer Volkswirtschaft ab 2050 insgesamt über ein Prozent des BIP pro Jahr ausmachen – mit steigender Tendenz bis 2100 (SCNAT 2016). Welcher Anteil dieser Schäden dem Verkehrsbereich zugeordnet werden kann, ist nicht abgeschätzt.

die die Schweiz im Jahr 2060 prägen könnten: 'Laissez-faire', 'Anpassung' und 'Vermeidung'.

- Das Kapitel 5 beinhaltet die Ergebnisse der Wirkungsanalyse, die für die drei Szenarien durchgeführt wurde. Basis bildeten insbesondere ein Expertenworkshop sowie einzelne Experteninterviews zur Identifikation möglicher Wirkungen auf die verschiedenen Verkehrsbereiche. Die Wirkungsanalyse erfolgt differenziert für die drei Raumtypen «Städtische Gebiete», «Ländliche Gebiete» und «Berggebiete». Dargestellt sind die Verhaltenswirkungen, die Folgen für die Infrastruktur, die Wirkungen auf den Verkehrsbetrieb und das -angebot sowie die Verkehrsnachfrage. Ebenfalls analysiert werden die Umweltwirkungen und die wirtschaftlichen Wirkungen.
- Im Rahmen von zwei Fallstudien werden im Kapitel 6 die Wirkungen für ausgewählte Raumtypen entlang konkreter Beispiele vertieft analysiert und ausgewiesen. Zentraler Bestandteil waren ein Expertenworkshop, Experteninterviews sowie eine umfassende Datenanalyse. Die erste Fallstudie 'Engelberg' legt den Fokus auf ein tourismusorientiertes Berggebiet (Kap. 6.2). In der zweiten Fallstudie 'Zürich' werden für eine städtische Agglomeration einzelne Wirkungen vertieft (Kap. 6.3).
- Das Kapitel 7 zeigt schliesslich die Synthese mit den wichtigsten Erkenntnissen ('Kernaussagen') und den zentralen Herausforderungen und Empfehlungen, macht einen Bezug zu den anderen Projekten des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft 2060' und schlägt weiteren Forschungsbedarf vor.

Lesehilfe für diesen Bericht

Sieben Kapitel, rund 170 Seiten Umfang: Um die Orientierung und den Überblick zu erleichtern, werden wichtige Erkenntnisse regelmässig zusammengefasst. Konkret bietet dieser Bericht:

- Fazits nach jedem Kapitel
- Grafische Zusammenfassungen (z.B. der Wirkungsketten, Kap. 3)
- Synthesetabellen (z.B. bei den Wirkungsanalysen, Kap. 5)
- Einschätzungen der Relevanz (z.B. verschiedener Wirkungsketten je Raumtyp)
- Kurze Informationsboxen und 'Zukunftstories' zur beispielhaften Veranschaulichung
- Wichtige Erkenntnisse immer kurz zusammengefasst
- Eine Synthese mit pointierten Kernaussagen und Handlungsempfehlungen (Kap. 7).

2 Vorgehen und Methodik

Das vorliegende Kapitel fokussiert auf die wichtigsten Fragen zur Systemabgrenzung und zeigt die Arbeitsschritte der gesamten Forschungsarbeit im Überblick. Das detaillierte methodische Vorgehen der einzelnen Arbeitsschritte wird jeweils zu Beginn der folgenden Kapitel beschrieben (also Kap. 3.1 für das Wirkungsmodell, Kap. 5.1 für die Wirkungsanalyse und Kap. 6.2.1 und 6.3.1 für die beiden Fallstudien).

2.1 Systemabgrenzung

Für das Forschungsprojekt werden folgende Abgrenzungen bzw. Systemgrenzen gewählt.

Inhaltliche Abgrenzungen Verkehr

Inhaltlich erfolgt die Abgrenzung wie folgt:

- **Verkehrsträger:** Der Fokus liegt auf dem Strassenverkehr und dem Schienenverkehr (Verbindungen innerhalb und aus/nach der Schweiz). Der Luftverkehr ist im Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft' ausgeklammert und wird im Projekt nur als Einflussfaktor berücksichtigt.
- **Verkehrsart:** Bei der Analyse und Beurteilung wird unterschieden nach Personen- und Güterverkehr, wobei der Schwerpunkt auf dem Personenverkehr liegt.

Im Rahmen der Bearbeitung werden folgende Differenzierungen berücksichtigt:

- **Verkehrssystem:** Unterscheidung der drei Ebenen Infrastruktur, Verkehrsbetrieb und Verkehrsnachfrage.
- **Verkehrszweck:** Bei der Analyse der Wirkungen sind die Verkehrszwecke oft sehr relevant. Unterschieden werden Arbeit, Ausbildung, Freizeit (inkl. Tourismus), Einkauf etc. Von besonderer Bedeutung sind der Freizeitverkehr sowie der Arbeits- und Ausbildungsverkehr (die zusammen den Pendlerverkehr bilden).
- **Zeitliche Differenzierung:** Soweit möglich wird unterschieden zwischen zeitlich differenzierten Wirkungen. Besonders relevant sind dabei saisonale Muster (Jahreszeiten, v.a. Sommer vs. Winter) sowie die Tageszeit (Morgen, Mittag, Abend, Nacht).

Räumliche Abgrenzung

Die Analyse der Wirkungen legt den Fokus auf die Betrachtung der nationalen Ebene (Gesamtschweiz). Weil die Wirkungen jedoch regional unterschiedlich sind und sich je nach Szenario regionale Unterschiede ergeben können, wird bei der Analyse der Wirkungen nach folgenden Raumtypen unterschieden (angelehnt an BFS-Raumtypologie):

- Städtische/urbane Gebiete (inkl. Agglomerationen bzw. intermediären Gebieten)
- Ländliche Gebiete (ausserhalb der Berggebiete, inkl. periurbane Gebiete)
- Berggebiete

Die indirekten Wirkungen über Entwicklungen im Ausland werden im Rahmen der Wirkungsketten und der Fallstudien teilweise beleuchtet und soweit möglich berücksichtigt. Eine vertiefte Analyse der potentiellen klimabedingten Migrationsbewegungen ('Klimaflüchtlinge') ist jedoch nicht Bestandteil dieses Forschungsprojekts.

Zeitliche Abgrenzung

Der Fokus der Analyse liegt auf dem Jahr 2060, welches für das gesamte Forschungspaket als Betrachtungsjahr ausgewählt wurde. Die Wirkungsketten werden mit Blick auf diesen Zeithorizont diskutiert. Auf Basis der analysierten Literatur wird teilweise auch die erwartete Entwicklung im Laufe der kommenden Jahrzehnte in Betracht gezogen. Die zu erarbeitenden Szenarien beziehen sich auf das Jahr 2060, wie auch die zu erarbeitenden Wirkungsanalysen.

Wirkungsrichtung Klima – Verkehr

Im Zentrum der Analyse steht die Wirkung eines veränderten Klimas auf den Verkehr, insbesondere die Verkehrsnachfrage. Nicht im Fokus dieses Projekts steht dagegen die umgekehrte Wirkungsrichtung (Verkehr → Klima). In zweiter Priorität werden auch die Wirkungen auf Umwelt und Wirtschaft betrachtet.

2.2 Arbeitsschritte

Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht der fünf Arbeitsschritte dieser Forschungsarbeit. Dargestellt sind immer die wichtigsten Inputs bzw. Eckpunkte zum Vorgehen sowie die Ergebnisse. Im Detail ist das methodische Vorgehen der einzelnen Arbeitsschritte zu Beginn der jeweiligen Kapitel erläutert.

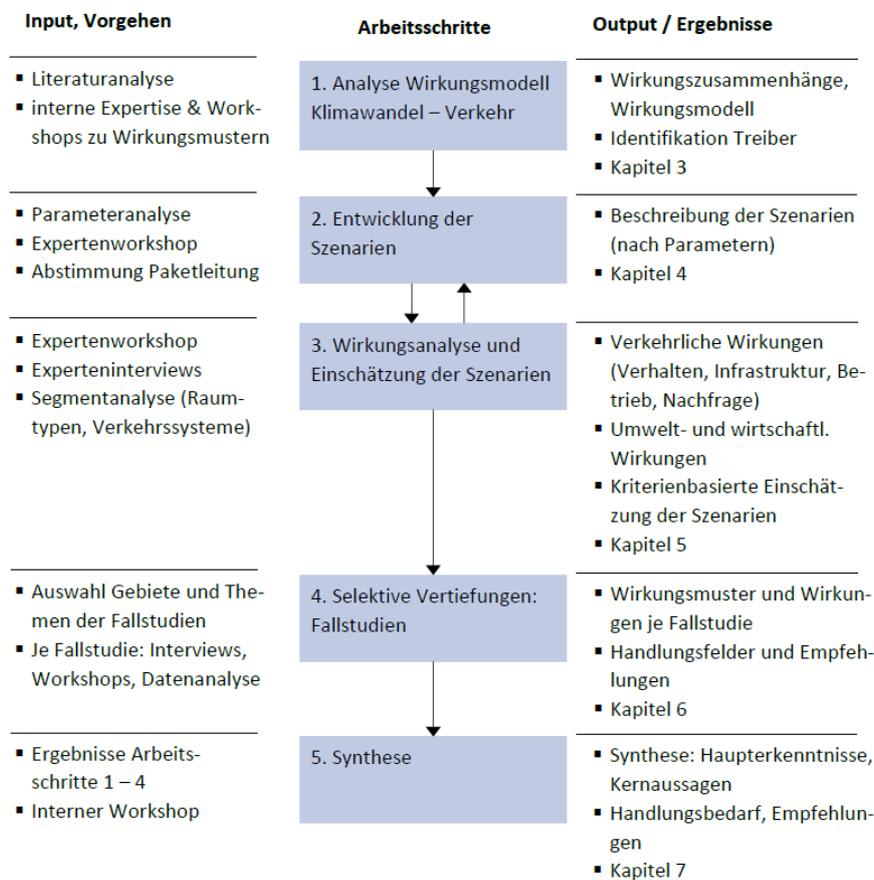


Abb. 3: Arbeitsschritte

Grafik INFRAS.

3 Wirkungsmodell Klimawandel – Verkehrsnachfrage

Wie wirken sich die klimatischen Veränderungen auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz aus? Diese Kernfrage des Projekts soll im folgenden Kapitel vertieft werden, indem die Wirkungsketten identifiziert und analysiert werden. Auf Basis des gegenwärtigen Wissensstands im In- und Ausland sollen zentrale Wirkungszusammenhänge erörtert werden. Ziel ist die Erarbeitung eines hauptsächlich qualitativen Wirkungsmodells, das zentrale Treiber, Auswirkungen und Verhaltensänderungen umfasst, die die Verkehrsnachfrage hierzulande im Jahr 2060 prägen könnten.

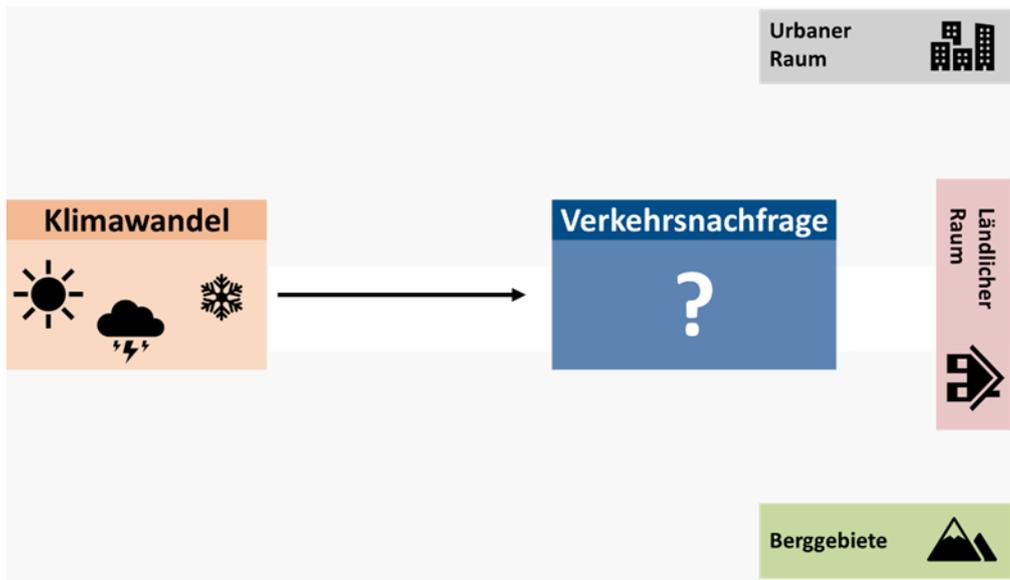


Abb. 4: Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz aus?

Grafik INFRAS.

Das Gesamtkapitel ist wie folgt aufgebaut: Zunächst werden in Kapitel 3.1. die Analyse-schritte kurz beschrieben. Kapitel 3.2 diskutiert zentrale Wirkungsketten, die auf Basis gegenwärtiger wissenschaftlicher Studien identifiziert werden konnten. Diese Wirkungsketten wiederum bilden die Grundlage für das Wirkungsmodell. Kapitel 3.3 schliesst mit einer grafischen Zusammenfassung der wichtigsten Wirkungszusammenhänge, im Sinne eines «Gesamt-Wirkungsmodells Klimawandel – Verkehrsnachfrage».

3.1 Vorgehen

Die Erarbeitung des Wirkungsmodells basiert auf einem zweistufigen Vorgehen: Grundlage bildet eine umfassende Analyse gegenwärtiger wissenschaftlicher Literatur aus dem In- und Ausland. Dabei wurden insbesondere Studien und Berichte aus dem Klima- und Verkehrsbereich berücksichtigt. Ziel dieses Kapitels ist es daher auch, einen Überblick zum gegenwärtigen Wissensstand in Bezug auf die Fragestellung zu verschaffen. Von besonderem Interesse sind zudem aktuelle Fallbeispiele, die einen bildlichen Eindruck zu möglichen Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf die Verkehrsnachfrage erlauben.

Auf dieser Basis haben wir in einem zweiten Schritt themenspezifische Wirkungsketten identifiziert und deren mögliche Gliederung in internen Expertenrunden diskutiert. Generell gehen wir davon aus, dass sich der Klimawandel in der Schweiz abhängig von verschiedenen Faktoren (z.B. spezifisches Extremwetterereignis) auf unterschiedliche Weise (z.B. je nach geographischer Lage) auf die Verkehrsnachfrage ausprägen wird. Die verschiedenen Wirkungsketten, die wir im folgenden Kapitel 3.2 diskutieren, sollen diese Vielfalt widerspiegeln. Je nach Schwerpunkt diskutieren sie mögliche Verhaltensänderungen infolge bestimmter biophysikalischer Klimawirkungen mit Fokus auf unterschiedliche räumliche oder zeitliche Dimensionen. Insgesamt gehen wir davon aus, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz im Jahr 2060 nicht trennscharf erfolgen. Teilweise gibt es Überschneidungen.

Zusammenfassend ist daher festzuhalten, dass die Wahl und Abgrenzung der Wirkungsketten bewusst nicht abschliessend erfolgt. Vielmehr sollen die Wirkungsketten dabei unterstützen, wichtige Ursachen und Wirkungsmuster thematisch und räumlich zu strukturieren und zu bündeln. Sie sollen dabei helfen, die möglichen Wirkungen zielgerichteter analysieren und beschreiben zu können und bilden somit eine Diskussionsgrundlage.

Table 1: Identifizierte Wirkungsketten

Wirkungskette	Fokus
1	Verhaltensänderungen infolge von Sommerhitze in urbanen Gebieten
2	Direkte Verhaltens-/Nachfrageänderungen in Berggebieten aufgrund von Extremwetterereignissen/Klimaveränderungen (Schwerpunkt Tourismussektor/-infrastruktur im Winter)
3	Angebotsveränderungen im Verkehr aufgrund von extremen Wetterereignissen
4	Beeinträchtigung der Infrastruktur in Berggebieten aufgrund von Extremwetterereignissen (Zufahrts-/Versorgungsinfrastruktur)
5	Beeinträchtigung der Infrastruktur in urbanen und ländlichen Gebieten durch Extremwetterereignisse (Zufahrts-/Versorgungsinfrastruktur in tiefer gelegenen Regionen)
6	Indirekte Wirkungen über Effekte im Ausland

Tabelle INFRAS.

Das Wirkungsmodell fasst die zentralen Ergebnisse der qualitativen Analyse in einer Gesamtübersicht zusammen (Kap. 3.3). Sowohl das Wirkungsmodell als auch die Wirkungsketten sind primär als konzeptionelle Denkmodelle zu verstehen. Sie haben nicht den Anspruch, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage im Jahr 2060 allumfassend zu prognostizieren. Ziel ist es vielmehr, eine Grundlage zu liefern, auf Basis derer die Zukunftsszenarien (kritisch) diskutiert werden können und auf der danach die Wirkungsanalyse aufbauen kann.

3.2 Identifikation Wirkungsketten

3.2.1 Wirkungskette 1: Verhaltensänderungen infolge von Sommerhitze in urbanen Gebieten

Wie wird der erwartete Temperaturanstieg in den Sommermonaten von der Stadtbevölkerung wahrgenommen und welche verkehrlichen Wirkungen sind infolgedessen zu erwarten? Die mediale Berichterstattung von heute lässt erahnen, wie emotionsgeladen das Thema in den kommenden Jahrzehnten diskutiert werden könnte: «In der Schweiz herrscht künftig Balkan-Klima» (Tagesanzeiger 2017a), «Städte verwandeln sich in Glutöfen» (20 Minuten 2017), «Behörden warnen vor Hitzewelle» (NZZ 2017a). Wissenschaftliche Studien (u.a. BAFU 2017, Akademien der Wissenschaft 2016, Econcept 2013) gehen davon aus, dass das Phänomen «Hitze» in der Schweiz vor allem in urbanen Gebieten künftig verstärkt auftreten wird, insbesondere in tiefer gelegenen Regionen.

Die folgende Wirkungskette fokussiert daher auf die Auswirkungen, die ein vermehrtes Aufkommen von Sommerhitze in urbanen Räumen auf das Verhalten der (Stadt-)Bewohner und infolgedessen deren Verkehrsaktivitäten haben könnte. Ein zentraler Aspekt dabei: Inwiefern hohe Temperaturen als «Hitze» – und damit einhergehend als unangenehm – empfunden werden, ist nicht zuletzt von den Temperaturen abhängig, die vor Ort üblicherweise herrschen. In einer Studie des Bundesamts für Umwelt (BAFU) zu den klimabedingten Risiken und Chancen, wird das anhand eines plakativen Beispiels verdeutlicht. Darin unterstreichen die Autoren, dass «in St.Gallen Hitze nicht gleich definiert wird wie in Sion» (BAFU 2017: 23).

Die Wirkungskette betrachtet das Phänomen «Sommerhitze in urbanen Gebieten» als zentrale biophysikalische Klimawirkung. Angesichts der individuellen Wahrnehmung von «Hitze», wird der Begriff in einem ersten Schritt zunächst definiert und ausgelegt. Auf dieser Basis werden im weiteren Verlauf drei konkrete Verhaltenswirkungen betrachtet, die unter den folgenden Schlagwörtern zusammengefasst sind: «Flucht in die Berge», «Veränderungen am Arbeitsplatz» und «Anpassung der Siedlungsstruktur». Die Wirkungskette verdeutlicht: Verschiedene Verhaltensweisen wirken sich wechselseitig aus. So könnte der Temperaturanstieg etwa das Bedürfnis von Arbeitnehmenden verstärken, zu kühleren Randzeiten am Tag zu arbeiten, was wiederum eine entsprechende Anpassung des öffentlichen Nahverkehrsangebots erfordern könnte.

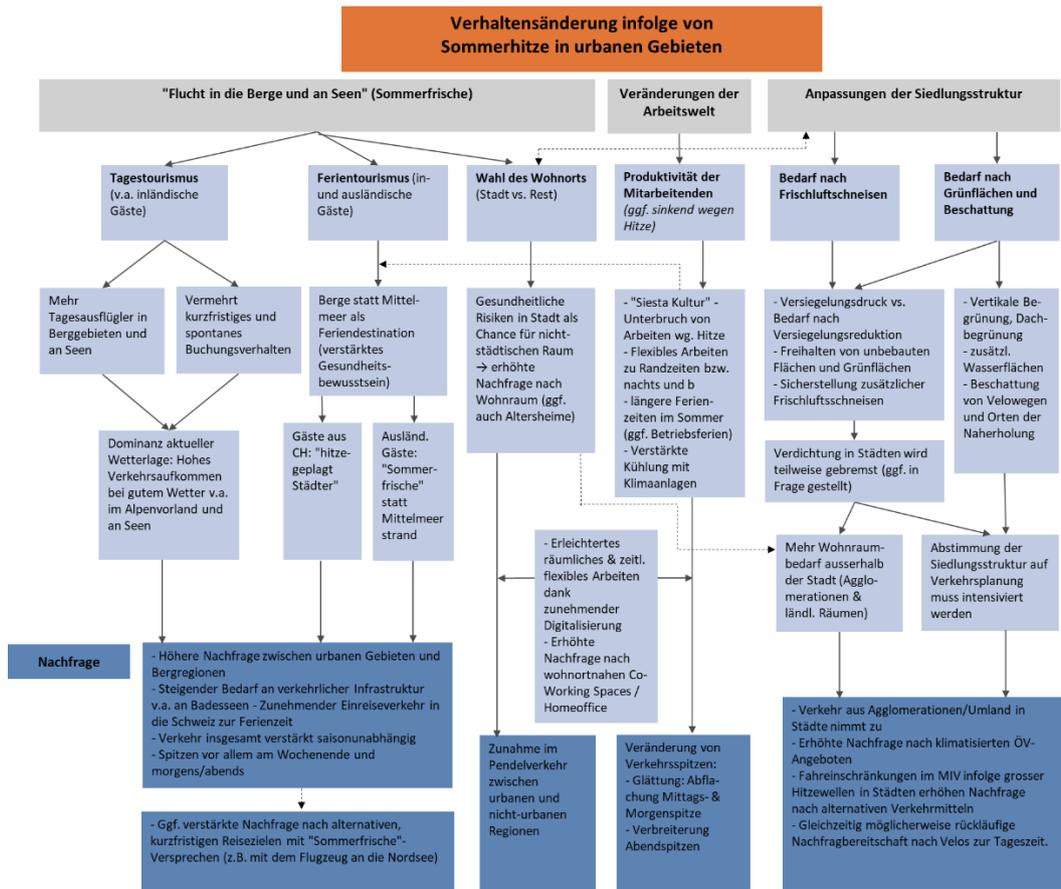


Abb. 5: Wirkungskette – «Verhaltensänderung infolge von Sommerhitze in urbanen Gebieten»

Grafik INFRAS.

Im Vergleich zum peripheren Raum sind Städte aufgrund ihrer spezifischen Gegebenheiten (tiefe Lage, hoher Versiegelungsgrad) besonders exponiert für Temperaturanstiege (Akademien der Wissenschaft 2016). Wie stark künftigen Temperaturentwicklungen in Schweizer Städte ausfallen könnten, wird an zwei illustrativen Beispielen deutlich: So ist davon auszugehen, dass es in Basel im Jahr 2060 in etwa so warm ist, wie aktuell in Lugano. Dort wiederum sollen Temperaturen herrschen wie dies heute in Florenz oder Rom der Fall ist. Wissenschaftliche Studien bezeichnen das Klima in urbanen Gebieten als sogenannten «Wärmeinsel-Effekt». Die Folge ist, dass sich Städte insbesondere im Sommer stärker aufheizen, nachts hingegen weniger stark abkühlen (BAFU 2017). Ein zentraler Grund hierfür ist die starke Versiegelung von urbanen Flächen (Akademie der Wissenschaft 2016, Econcept 2013). So nehmen asphaltierte oder bebaute Flächen einerseits schlechter Niederschlag auf, andererseits erhitzen sie sich schneller als beispielsweise Grünflächen (Absorption). Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass der Versiegelungsdruck in urbanen Gebieten hierzulande weiter zunehmen wird. Angesichts des zu erwartenden Bevölkerungsanstiegs in der Schweiz kann angenommen werden, dass der Wohnraumbedarf weiter steigt. Wie ausgeprägt dieser Versiegelungsdruck sein wird, wird nicht zuletzt von der sozioökonomischen Entwicklung abhängen (Econcept 2013: 44).

A. «Flucht in die Berge und an Seen»

Es ist davon auszugehen, dass die Hitzebelastung in urbanen Gebieten das Freizeit- und Arbeitsverhalten in den kommenden Jahrzehnten massiv prägen wird. Um bis zu 10 Grad Celsius können sich die Temperaturen zwischen Städten und der ländlichen Umgebung unterscheiden (BAFU 2017: 24). Trotz technischer Massnahmen – wie etwa Klimaanlage und verbesserte Luftzirkulationssysteme – ist anzunehmen, dass das Bedürfnis nach «Abkühlung» ausserhalb der urbanen Gebiete zunehmen wird. Konkret könnte das heissen,

dass Stadtbewohner vermehrt das Bedürfnis verspüren, die «Hitzeinseln» zu verlassen und – zumindest kurzfristig – ländliche Gebiete oder Bergregionen aufzusuchen. Auf Basis aktueller wissenschaftlicher Literatur geht die vorliegende Wirkungskette von drei primären Bereichen aus, in denen sich die Sommerhitze auf das individuelle Verhalten – konkret das Bedürfnis nach «Sommerfrische» in den Schweizer Alpen – auswirken wird: im Tages- und Ferientourismus sowie bei der Wahl des Wohnortes (vgl. auch *Veränderungen der Arbeitswelt*).

Kurzfristige und spontane Buchungen: Tagestourismus im Sommer

Spontane Reiseentscheidungen, Angebotsbuchungen «in letzter Minute», häufigere und kürzere Reisen – diese Trends heben Fleischhacker et al. (2015) in ihrer Studie zum Klimawandel und Tourismus in Österreich 2030 hervor. Die Autoren gehen davon aus, dass der Klimawandel zu einer «veränderten Akzentuierung der Tourismusgewohnheiten führen» könnte. Demnach erwarten sie einen Trend zum «naturnahen Tourismus» für den sie in den Alpen vielfältige Bedingungen für unterschiedliche Tourismus-Interessen gegeben sehen (u.a. umfangreiche Aktivitätsmöglichkeiten wie Wandern, Nordic Walking, Radfahren etc., die mit dem Auto gut zu erreichen sind). Zudem gehen sie davon aus, dass der Seentourismus von längeren Hitzeperioden profitieren könnte. Fleischhacker et al. bescheinigen den Seengebieten insbesondere einen starken Tagesausflugsverkehr. Die Autoren nehmen an, dass auch ausserhalb der klassischen Hochsaisons die Mobilitätsbereitschaft in der Freizeit wachsen wird (Fleischhacker et al. 2015: 5, 42-44, 46). Wegen der Hitzebelastung in Städten würden insbesondere höher gelegene alpine Gebiete aufgrund des vergleichsweise kühleren Klimas an Attraktivität für Kurzurlaube gewinnen (Fleischhacker et al. 2015: 23) und die Verkehrsnachfrage zwischen Städten und Berggebieten vor allem am Wochenende zunehmen. Die Autoren plädieren zudem für eine verbesserte Erreichbarkeit von Naherholungsgebieten wie Parkanlagen und Nationalparks mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Inwiefern könnten diese erwarteten Trends im Tagestourismus künftig in der Schweiz zu beobachten sein? Zumindest teilweise lassen sich die Annahmen von Fleischhacker et al. mit dem Fokus auf Österreich Rückschlüsse auf mögliche Entwicklungen hierzulande zu. Ein wichtiger Faktor mit Blick auf das Verkehrsverhalten dürften dabei die Buchungsgewohnheiten sein: Fleischhacker et al. nehmen an, dass die jeweilige, aktuelle Wetterlage das Buchungsverhalten stark beeinflussen wird – und Reiseentscheidungen entsprechend vermehrt kurzfristig getroffen werden (Fleischhacker et al. 2015: 44). Mit anderen Worten: Wenn sich Stadtbewohner zunehmend spontan entscheiden, «Sommerfrische» zu erleben, könnte vor allem auf den Strecken zwischen den Städten, Agglomerationen und nahegelegenen Bergregionen mit kurzfristigen Verkehrsspitzen zu rechnen sein.

Alpen statt Andalusien: Ferientourismus im Sommer

Wenn die Zahl der Stadtbewohner weiter steigt, bedeutet das im Umkehrschluss, dass auch immer mehr Menschen der zu erwartenden Sommerhitze ausgesetzt wären. Wie würde sich diese Entwicklung auf das Reiseverhalten der Schweizer im Jahr 2060 auswirken? Gegenwärtige Studien lassen darauf schliessen, dass der Faktor Gesundheit bei der Urlaubsplanung von immer wichtigerer Bedeutung werden könnte (BAFU 2017, Fleischhacker et al. 2015, Amt für Wirtschaft und Tourismus Kanton Graubünden 2015a). Denn auch an Orten, die heute als «klassische» Urlaubsziele im Sommer gelten – etwa am Mittelmeer – ist in den kommenden Jahrzehnten mit einem starken Temperaturanstieg zu rechnen. Das könnte dafür sprechen, dass sich «hitzegeplagte» Stadtbewohner zunehmend bewusst *gegen* Feriendomizile entscheiden, in denen besonders hohe Temperatur herrschen. Nicht zuletzt, weil sie aufgrund der intensiveren Hitzewellen zunehmend gesundheitlich belastet und gefährdet sein könnten (BAFU 2016b: 101). Anzeichen für eine mögliche Verschiebung der Ferienpräferenzen gibt das Antwortverhalten von über 600 Österreichern, die sich als Strand- oder Badeurlauber im Rahmen einer repräsentativen Umfrage aus dem Jahr 2009 bezeichneten. Auf die Frage wie sie sich verhalten würden, sollten mehrere extrem heisse Sommer mit unattraktiven Bedingungen am Mittelmeer auftreten, antworteten rund 30 Prozent der Befragten, dass sie sich stattdessen für die heimischen Badeseen entscheiden würden (Fleischhacker et al. 2015: 42, 43). Vor diesem Hintergrund stellt sich nicht zuletzt auch die Frage, welche Auswirkungen die steigende Attraktivität von höhergelegenen Gebieten als Feriendestination ausserhalb der Wintersaison auf die Nachfrage nach Waren und Dienstleistungen hat.

Gleichzeitig könnte die «Sommerfrische» in den Schweizer Bergen zunehmend ausländische Touristen anlocken. So könnten etwa Südeuropäer in den Alpen Abwechslung zur Trockenheit in ihren Heimatländern suchen. Für die Verkehrsentwicklung könnte das bedeuten, dass sich etwa ÖV-Anbieter vermehrt auf die spezifischen Bedürfnisse einheimischer und ausländischer Gäste einstellen müssten und die touristische und verkehrliche Nachfrage in den Sommermonaten in Bergregionen deutlich zunehmen wird. Mit Blick auf Österreich heben Fleischhacker et al. die Potenziale der Seengebiete angesichts der Temperaturanstiege hervor. Die damit verbundenen Chancen seien jedoch ohne infrastrukturelle Anpassungen, etwa öffentlich zugänglichen See-Strandflächen, «nur marginal nutzbar» (Fleischhacker et al. 2015: 42).

Angesichts der möglicherweise steigenden Attraktivität von Naherholungsgebieten, stellt sich aber auch die Frage, inwiefern diese zunehmenden Freizeitverkehrsströme in ländliche Räume und Bergregionen gesteuert werden könnten. Wenn Badeseen, Wälder und Ausflugsziele in den Bergen als «Kühl-Inseln» eine wachsende Zahl an Tagesausflüglern und Touristen anlocken, ist etwa eine verstärkte Debatte zu möglichen Naturschutzmassnahmen denkbar. So könnte diskutiert werden, ob bestimmte Gebiete im Freizeitverkehr nur eingeschränkt nutzbar sind oder gar gänzlich ausgeschlossen werden sollten.

Agglomerationsnahe Feriengebiete als Wohnort: Raus aus der Stadt

Die Klimaentwicklung in den kommenden Jahrzehnten könnte zur Folge haben, dass Städte zunehmend an Attraktivität als Wohnorte verlieren. Hingegen könnten agglomerationsnahe Feriengebiete in den Voralpen – und damit auch die Bergregionen die in der Nähe von grossen urbanen Zentren liegen – zunehmend in Wohngebiete verwandeln (Müller et al. 2011: 36). Ausprägungen wie Hitzewellen und – je nach Entwicklung des Flottenmix – Feinstaubbelastung im Sommer könnten bei der Wohnortwahl stärker an Bedeutung gewinnen. Zwar könnten vermehrt Massnahmen verabschiedet werden, die innerstädtische Bereiche vor zusätzlicher Versiegelung schützen und damit dem «Hitzeinseleffekt» entgegenzutreten (Econcept 2013). Andererseits könnte das einen Wohnungsmangel in urbanen Gebieten verstärken. Insbesondere junge Familien könnte der fehlende Wohnraum dazu antreiben, sich in ländlichen, dünner besiedelten Regionen niederzulassen. In diesem Fall wäre statt «Flucht in die Berge», die Bezeichnung «Flucht in den ländlichen Raum» als – bewusst überspitzt gewählte – Formulierung möglicherweise treffender. Gleichzeitig wäre denkbar, dass – sollten entsprechende wirtschaftliche und politische Voraussetzungen erfüllt sein – die Nachfrage nach Zweitwohnungen weiter angetrieben wird. Inwiefern dies auch in Regionen, in denen vergleichsweise hohe Temperaturen vorherrschen – wie etwa im Tessin – der Fall sein könnte, bleibt abzuwarten. Angenommen, ländliche Regionen

würden zunehmend als Wohnort, urbane Gebiete hingegen als Arbeitsort genutzt werden, könnte dies die Verkehrsnachfrage zwischen den beiden Polen weiter antreiben. Dass Bewohner von Tallagen aufgrund der hohen Temperaturen und Hitzeeffekte gesundheitlichen Risiken ausgesetzt sind, ist einer Studie des Kantons Graubünden zufolge eine «Chance für höhere Lagen» (Amt für Wirtschaft und Tourismus Kanton Graubünden 2015a: 103). Vor allem für empfindliche Bevölkerungsgruppen – wie etwa ältere und pflegebedürftige Menschen, die über eine schlechtere Wärmeregulation verfügen – könnte die Hitze als Risikofaktor für den Wohnortentscheid von zunehmender Relevanz sein (BAFU 2017: 26, Econcept 2013: 54). Denkbar könnte angesichts dessen beispielsweise sein, dass Alters- und Pflegeheime in höheren Lagen zunehmend attraktiv werden (angenehmere Aussen-temperaturen als in Stadt, bessere Durchlüftung möglich), etwa sofern städtische Heime Kühlungsmaßnahmen nicht ausreichend umsetzen können. Aber auch mit Blick auf die erwerbstätige könnten Faktoren wie eine zunehmende Flexibilisierung der Arbeitswelt oder die Vorzüge der Digitalisierung die Wahl des Wohnorts ausserhalb von urbanen Gebieten tendenziell begünstigen – wie das folgende Unterkapitel näher erläutert.

B. Veränderungen der Arbeitswelt

Müdigkeit, Konzentrationsschwäche, Belastungen des Herz-Kreislaufsystems – diese gesundheitlichen Leiden könnten am Arbeitsplatz infolge von Hitze zunehmend auftreten. Zu diesem Schluss kommt ein Monitoringbericht des Umweltbundesamts zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel aus dem Jahr 2015 (vgl. auch BAFU 2017: 28 ff.). Hinzu käme, dass Arbeiten als anstrengender empfunden würden und die Motivation und Leistungsbereitschaft sinken könnte. Generell würden Temperaturen zwischen 23 und 26 Grad Celsius im Sommer für Berufstätige mit sitzenden oder leichten Tätigkeiten als «Behaglichkeitsbereich» angesehen werden, so der Bericht unter Berufung auf wissenschaftliche Studien. Um drei bis zwölf Prozent könne die Produktivität hingegen abnehmen, sollte die Temperatur am Arbeitsplatz steigen (Umweltbundesamt 2015: 188). Was bedeutet diese Entwicklung für Arbeitnehmer und Arbeitgeber?

In einer Studie zu den klimabedingten Chancen und Risiken sieht das BAFU insbesondere in den grossen Agglomerationen, dem Mittelland und in der Südschweiz eine Zunahme des Risikos von Leistungseinbussen. Eine «moderate Zunahme» erwartet die Studie hingegen in den Voralpen, den Alpen und im Jura (BAFU 2017: 28). Angesichts dieser möglichen Leistungsreduktionen aufgrund von Hitzewellen, könnten sich Arbeitgeber vermehrt dazu entscheiden, Arbeitsplätze – zumindest zeitweise – in höher gelegene Regionen in der Schweiz zu verlagern. Bereits heute gibt es erste Versuche, Co-Working Spaces in Bergregionen zu etablieren (z.B. «mia Engiadina» im Engadin², vgl. SECO 2017: 26). Mit den Neuerungen der Digitalisierung könnte der eigentliche Ort, an dem eine Tätigkeit ausgeübt wird, immer mehr an Bedeutung verlieren – und damit auch die Tatsache, ob der Arbeitsplatz im urbanen Raum ist oder ausserhalb. Langfristig stellt sich insofern die Frage, inwiefern das Zuhause, Co-Working-Spaces oder andere Orte als Arbeitsplätze aufgrund der Folgen des Klimawandels an Bedeutung gewinnen könnten. Bereits heute lässt sich feststellen, dass Telearbeit – auch dank der digitalen Entwicklung – in der Schweiz an Bedeutung gewinnt: Laut dem Bundesamt für Statistik hat sich zwischen 2011 und 2015 die Zahl der Erwerbstätigen, die Heimarbeit mit Telearbeit³ vervierfacht. Knapp ein Fünftel der erwerbstätigen Bevölkerung leistete im Jahr 2015 «zumindest gelegentlich Teleheimarbeit» (BFS 2016: 2).

Nicht zuletzt aufgrund der zu erwarteten Hitzeperioden im Sommer, ist denkbar, dass Arbeitszeiten – und möglicherweise auch Ferienzeiten – im Jahr 2060 noch flexibler gestaltet sein könnten, als dies heute der Fall ist. So könnte sich unter Umständen sogar eine Art «Siesta-Kultur» auch in der Schweiz etablieren, etwa indem in Arbeitstage längere Pausen eingebaut werden. Zudem ist denkbar, dass Arbeitgeber an Tagen mit extremer Hitze den Arbeitnehmern freigegeben (müssen), um gesundheitlichen Risiken vorzubeugen (OcCC/Pro

² vgl. <https://www.miaengiadina.ch/>

³ Das BFS definiert «Telearbeit» wie folgt: «Der Begriff «Telearbeit» verweist auf die Entwicklungen bei der Arbeitsorganisation, deren Ziel darin besteht, den Arbeitsplatz anhand der Möglichkeiten, die das Internet sowie die festen und mobilen Breitbandnetze bieten, flexibler zu gestalten». (BFS 2016: 2).

Clim 2007: 72). Das könnte auch das Verkehrsangebot in urbanen Gebieten nachhaltig prägen: denkbar wäre etwa, dass Nachfragespitzen zu heute üblichen Hauptverkehrszeiten sinken könnten, während die Verkehrsnachfrage zu Randzeiten in den frühen Morgen- und späten Abendstunden – oder gar nachts – zunehmen könnte.

C. Anpassung der Siedlungsstruktur

Wie könnten die Bebauung und Besiedlung urbaner Gebiete an die möglicherweise zunehmende Sommerhitze angepasst werden? Der Klimafolgenbericht des Kantons Basel-Stadt verdeutlicht, wie sehr Städte in der Zwirkmühle stecken: Einerseits müssten Freiräume häufig einen multifunktionalen Zweck erfüllen, für den eine Begrünung nicht die geeignete Form sei. Andererseits seien vorhandene Grünräume einem starken Nutzungsdruck ausgesetzt. Die Autoren der Studie gehen für den Kanton Basel-Stadt davon aus, dass dieser Nutzungsdruck weiter zunehmen werde (Kanton Basel-Stadt 2017: 11). Der Bericht «Brennpunkt Klima Schweiz» bezeichnet die «integrierte Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung» als zentrale Herausforderung für Städte und fordert die Aufnahme des Klimawandels als raumordnungspolitische Herausforderung im Schweizerischen Raumplanungsgesetz aufzunehmen (Akademien der Wissenschaft 2016: 128).

Die Literaturanalyse verdeutlicht: Damit die Siedlungsstruktur im Jahr 2060 in urbanen Gebieten an mögliche Hitzeperioden ausreichend angepasst ist, müssen bereits heute erste Grundlagen gesetzt werden. Wie das aus städteplanerischer Perspektive langfristig umgesetzt werden könnte, zeigen unter anderem Berichte mit Fokus auf die Kantone Schaffhausen oder Basel-Stadt beispielhaft. Diese sehen insbesondere Handlungsbedarf bei der Reduktion der Versiegelung, Verbesserung der Belüftung und der Beschattung etwa durch Baumalleen sowie der geeigneten Wahl von Gebäudefarben (Kanton Basel-Stadt 2011: 98, Kanton Schaffhausen 2011: 19). Die Studie des BAFU zu den klimabedingten Chancen und Risiken verweist auf Fallstudien zu den Kantonen Basel-Stadt respektive Genf. Den Einschätzungen zufolge würden die jährlichen Kosten zur Kühlung der Gebäude auf den Kantonsgebieten im Jahr 2060 in Basel-Stadt auf ca. 7 Mio. CHF (heute ca. 3 Mio. CHF) und im Kanton Genf auf ca. 88 Mio. CHF (heute 36 Mio. CHF) ansteigen.

Die Studie «Vision Mobilität Schweiz 2050» stellt die These auf, dass das Verkehrsaufkommen in der Schweiz trotz Bevölkerungszunahme nur marginal zunehmen wird. Die Autoren erwarten, dass in der Raumplanung die Siedlungsstruktur und der Verkehr «optimal aufeinander abgestimmt» sind. Sie gehen von einem verbesserten ÖV-Angebot aus. Dank einer gut ausgebauten nahräumlichen Versorgung sei der Velo- und Fussverkehr dem motorisierten Verkehr gegenüber im Vorteil (ETHZ, Universität St.Gallen 2015: 56).

Zukunftsskizze: Spontaner Freizeitverkehr

Herr Müller läuft der Schweiss von der Stirn. Seit Wochen schon staut sich in Zürich die Hitze. Das Thermometer ist am Anschlag. Und der Smart-Speaker im Wohnzimmer kündigt an, dass die Hitzewelle noch lange nicht vorbei ist. Herr Müller stöhnt auf. Er muss dringend raus aus der Stadt. Ab in die Berge. Wie warm es dort wohl ist? Der Familienvater checkt die Wetterprognose. Auf dem Hoch-Ybrig sollen es angenehme 30°C sein. Nichts wie hin! Doch das ist leider leichter gesagt als getan. Er ist nicht der einzige, der in die Berge will. Alle wollen «Sommerfrische». 2060 scheint das das Trendwort des Jahres zu sein. Früher hätte er darüber gelacht. Als Jugendlicher ist Herr Müller extra an die spanische Küste ans Mittelmeer geflogen, um den kühlen Sommertemperaturen in der Schweiz zu entkommen. Heute wäre das für ihn unvorstellbar. Im Sommer braucht er Abkühlung. Und die gibt's am besten in den Bergen. Doch «Sommerfrische» ist ein teureres Vergnügen geworden. Um einen der begrenzten Plätze im Lift auf den Hoch-Ybrig zu ergattern, muss Herr Müller für sich, seine Ehefrau und die beiden Kinder tief in die Tasche greifen. Die Touristen kommen nicht nur aus der Schweiz oder den Nachbarländern. Auch die Zahl der Urlauber aus Südeuropa ist massiv gestiegen. Selbst Spaniern ist es am Mittelmeer inzwischen viel zu heiss. Die Alpen boomen im Sommer. Berge sind längst ein «hippes» Reiseziel. Das Hupen des Fahrzeugs hinter ihm reisst Herrn Müller aus seinen Gedanken. Trotz automatischen Fahrzeugen, Platooning-Technik und Co. stockt an der Stadtausfahrt von Zürich der Verkehr. Wegen der vielen Spontanentschlüssen kommt es zu langen Staus. Herr Müller seufzt: Wenn nur der Arbeitsweg in die Stadt nicht so lang und anstrengend wäre – dann wäre er schon längst in die Berge gezogen.

3.2.2 **Wirkungskette 2: Direkte Verhaltens-/Nachfrageänderungen in Berggebieten aufgrund von Extremwetterereignissen/Klimaveränderungen (Schwerpunkt Tourismussektor/-infrastruktur im Winter)**

Dass die Alpen vom Klimawandel besonders stark betroffen sind – darin ist sich die gegenwärtige wissenschaftliche Literatur zu den Auswirkungen klimatischer Veränderungen überwiegend einig (Akademien der Wissenschaft 2016, Teich et al. 2007: 19). Was bedeutet das für die verkehrliche Nachfrage? Durch die grossen Höhenunterschiede wirken sich Niederschlags- und Temperaturänderungen im alpinen Gebieten viel stärker aus, als dies in tieferen Lagen der Fall ist (Hipp et al. 2015: 7). In einem Arbeitspaper zum Klimawandel im Alpenraum etwa, warnt der Deutsche Alpenverein vor «neuen Gefahren» unter anderem für Bergsportlerinnen und Bergsportler, die Infrastruktur und Siedlungsräume (Hipp et al. 2015: 7). Hier setzt die vorliegende Wirkungskette an: Wie wirken sich Klimaänderungen sowie Extremwetterereignisse (u.a. Murgänge, Lawinen, Erdbeben) langfristig auf den Tourismussektor in Berggebieten (Schwerpunkt: Wintertourismus) aus? Im Fokus stehen die touristische Infrastruktur sowie betriebliche Rahmenbedingungen im Winter.

Zahlreiche Studien beleuchten die Auswirkungen klimatischer Veränderungen in Berggebieten auf den Tourismussektor (u.a. Akademien der Wissenschaft 2016, Infras 2016a, Hipp et al. 2015, Fleischhacker 2015, Kanton Graubünden 2015a-d, Marscheider et al. 2013, Mayer & Steiger 2013, Clivaz et al. 2012, Müller et al. 2011). Wie relevant diese Thematik – insbesondere für Regionen in der Schweiz, die wirtschaftlich stark von Feriengästen abhängig sind – ist, wird in einem Bericht des Amtes für Wirtschaft und Tourismus des Kantons Graubünden deutlich. Darin heisst es: «Der Tourismus lebt vom Klima. [...] Ändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen, so ändern sich auch die touristischen Möglichkeiten» (Amt für Wirtschaft und Tourismus Kanton Graubünden 2015c: 80). Die Entwicklungen im Tourismusbereich dürften daher entscheidend für die zu erwartenden verkehrlichen Wirkungen des Klimawandels in Berggebieten im Jahr 2060 sein.

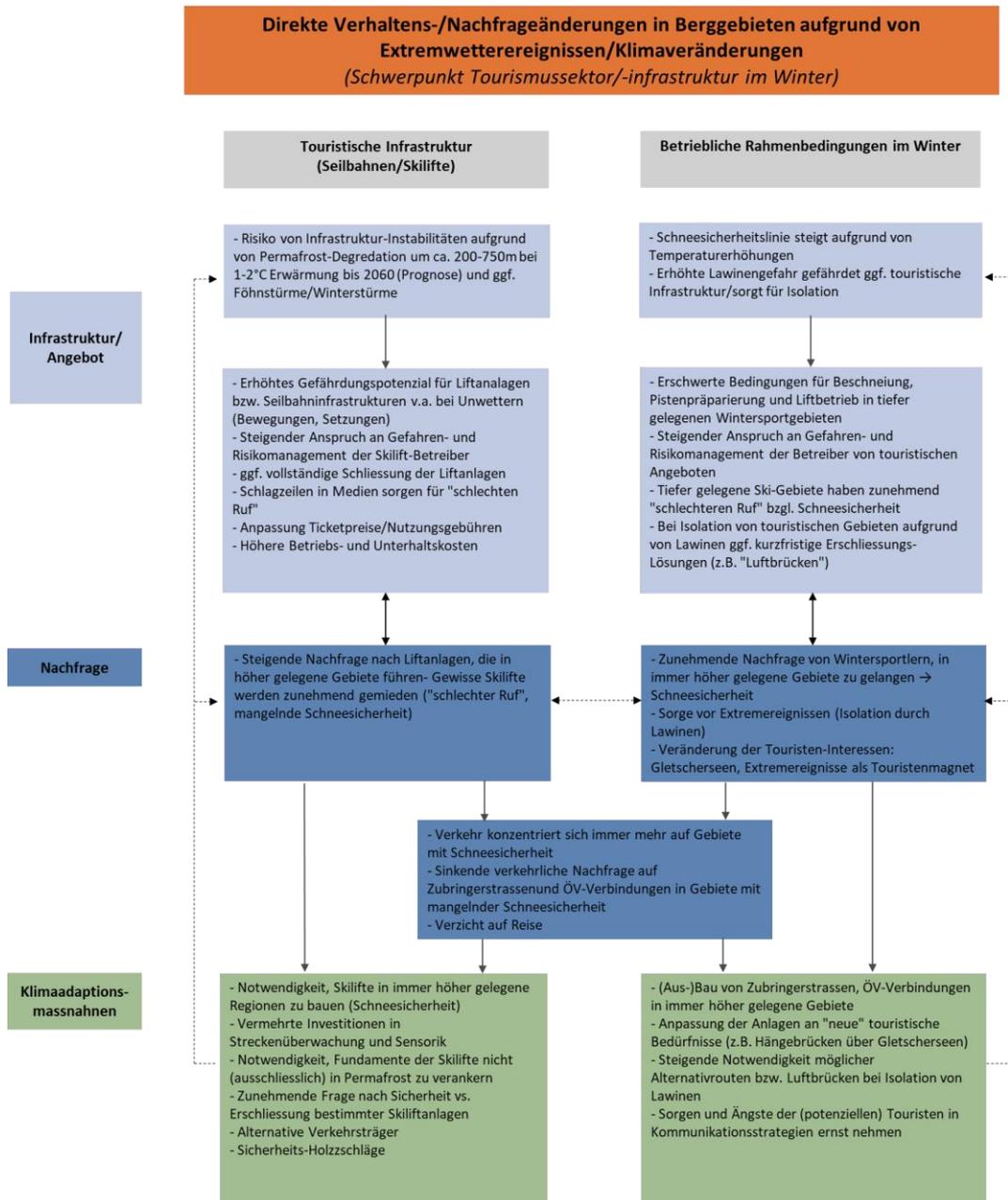


Abb. 6: Wirkungskette – «Direkte Verhaltens-/Nachfrageänderungen in Berggebieten aufgrund von Extremwetterereignissen/Klimaveränderungen (Schwerpunkt Tourismussektor/-infrastruktur im Winter)»

Grafik INFRAS.

A. Touristische Infrastruktur (Seilbahnen/Skilifte)

Nicht nur die Schneesicherheit selbst könnte künftige Verhaltensweisen in Berggebieten prägen: Wie sich die verkehrliche Nachfrage entwickelt, dürfte massgeblich auch von den Auswirkungen des Klimawandels auf die touristische Infrastruktur im Alpenraum abhängig sein. So könnte der Temperaturanstieg für den Betrieb von Seilbahnen respektive Skiliften in den kommenden Jahrzehnten ein ernstzunehmendes Risiko darstellen. Mehrere, jüngst veröffentlichte Studien und Berichte thematisieren das Gefährdungspotenzial des Klimawandels – insbesondere infolge des möglichen Permafrost-Rückgangs – auf Skilifthanlagen im Speziellen sowie den Tourismussektor im Allgemeinen (u.a. Akademien der Wissenschaft 2016, Fleischhacker et al. 2015, Clivaz et al. 2012, Müller et al. 2011, OcCC/ProClim 2007: 88).

Permafrost-Rückgang als Gefahr für Bergbahnen?

Mit Blick auf das Jahr 2060 stellt sich die Frage, ob klimatische Veränderungen im Alpenraum eine Nutzung von Seilbahnen noch in der Form zulassen, wie dies heute der Fall ist? Wie diese Frage letztlich beantwortet werden kann, dürfte entscheidend davon abhängig sein, in welchem Ausmass der Permafrost erhalten bleibt. Hintergrund: Eine Studie der Universität Bern zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus in der Schweiz geht davon aus, dass die Degradation des Permafrosts zu einer Destabilisierung von Seilbahninstallationen führen könnte (Müller et al. 2011: 28). Eine Ursache hierfür ist, dass die Fundamente von Seilbahnen meist im Permafrost verankert sind.

Eine Prognose zu den Auswirkungen der Klimaänderung auf die Permafrostgebiete im Alpenraum ist zum jetzigen Zeitpunkt indes mit grossen Unsicherheiten verbunden. Es wird davon ausgegangen, dass etwa vier bis sechs Prozent der Fläche in der Schweiz sogenannte Permafrostgebiete sind. Die heutige Permafrostgrenze könnte sich in den nächsten 50 Jahren jedoch um 200 bis 750 Höhenmeter nach oben verschieben, sollte es zu einem Temperaturanstieg von 1 bis 2°C kommen (Müller et al. 2011: 27). Das Tiefbauamt des Kantons Bern rechnet damit, dass bis zum Jahr 2060 die Gletscher im Berner Oberland geschmolzen sein werden (Kanton Bern 2017).

Angesichts solcher Entwicklungen warnen die Autoren des Berichts «Brennpunkt Klima Schweiz» davor, dass Infrastrukturen wie Bergbahnen ihren «stabilen Untergrund verlieren» könnten. Mit Blick auf den Betrieb und die Sicherheit von Infrastrukturanlagen würden infolgedessen «neue Herausforderungen für das Gefahren- und Risikomanagement» entstehen (Akademien der Wissenschaft 2016: 83). Das Amt für Wirtschaft und Tourismus im Kanton Graubünden sieht vor allem für die Stabilität der Fundationen von Bergbahnen und -restaurants ein Risiko (Amt für Wirtschaft und Tourismus 2015a: 103). Besonders kritisch dabei ist, dass die Permafrost-Degradation schleichend verläuft – und gleichzeitig zu Totalschäden an der alpinen Infrastruktur führen kann (Hipp et al. 2015: 9). Denn Ski- und Seilbahninfrastrukturen sind häufig auf Permafrostböden gebaut. Taut der Untergrund, kann es zu Bewegungen und Setzungen kommen, die wiederum die Lebensdauer und Stabilität dieser Infrastrukturen beeinflussen könnten (Akademien der Wissenschaft 2016: 82, Müller et al. 2011: 6).

Mögliche weitere Auswirkungen auf die touristische Infrastruktur

Auch wenn die Permafrost-Rückgang schleichend erfolgt: Die destabilisierende Wirkung auf Seilbahninstallationen dürfte in gewisser Hinsicht absehbar sein. Im Gegensatz dazu sind Ereignisse wie Lawinen, Felsstürze oder Murgänge unter Umständen nur bedingt prognostizierbar. So ist beispielsweise unsicher, ob Winterstürme – wie beispielsweise der Sturm «Lothar»⁴ im Jahr 1999 – künftig intensiver und häufiger auftreten werden. Ein Grund für die Unsicherheit der Vorhersagen ist, dass sich die Schweiz an einer Art Grenze befindet: Während Tiefdruckgebiete und Sturmwinde in Südeuropa schwächer werden könnten, wird in Nordeuropa mit einer Zunahme gerechnet (Akademien der Wissenschaft 2016: 58). Die Schäden an Bauwerken und Infrastruktur solcher plötzlichen Ereignisse

⁴ Sturm «Lothar» bezeichnet einen Wintersturm vom 26. Dezember 1999. Der Sturm erreichte Windspitzen von bis 249 km/h. Die Schadensbilanz in der Schweiz: 14 Tote sowie Schäden in Höhe von ca. 600 Millionen CHF an Gebäuden und ca. 750 Millionen CHF am Wald (Planat 2018).

können jedoch enorm sein. Der Deutsche Alpenverein zeigt in seinem Papier stellvertretend auf, mit welchen Fragen er sich als Anbieter touristischer Infrastrukturen in Berggebieten auseinandersetzen muss: «Kann und will er dauerhaft seine gesamte Infrastruktur gegen die Auswirkungen des Klimawandels verteidigen? Und wenn ja zu welchem Preis» (Hipp et al. 2015: 9). Die konkrete Gefährdung, die von solchen Extremereignissen letztlich auch im Sommer ausgeht, wird etwa mit Blick auf Wanderrouen oder Zugänge zu Berg- hütten ersichtlich. So betonen Müller et al. dass aufgrund von Gletscherrückzug und Si- cherheitsrisiken «ständige Anpassungen der Routen» notwendig seien (Müller et al. 2011: 34).

B. Touristische Rahmenbedingungen im Winter

Die Wahl der Feriendestination wird künftig durch den Klimawandel mit beeinflusst. Diesen Schluss ziehen die Autoren eines Berichts im Rahmen des Projekts «ClimAlpTour» (2012). Beispiel Wintersport: Um Schneesicherheit zu haben, würden sich Feriengäste zunehmend Skigebieten in höheren Lagen zuwenden (Clivaz et al. 2012: 22). Denn mit dem Tempera- turanstieg verschiebt sich auch die Schneesicherheitslinie⁵ nach oben – etwa um 120 bis 150 Meter pro Grad Temperaturanstieg Schätzungen zufolge könnte die Schneesicher- heitslinie hierzulande bis 2030 um rund 200 bis 250 Meter ansteigen (Müller et al. 2011: 6, 25). Ein Fachbericht von MeteoSchweiz rechnet bis zum Jahr 2060 mit einem Rückgang von 30 Neuschnee-Tagen in den Alpen (MeteoSchweiz 2014: 10). Besonders tiefer ge- legene Ski-Gebiete könnten von der rückläufigen Schneesicherheit betroffen sein. Mit den stärksten Rückgängen müssen wohl die Ski-Gebiete im Jura, der Ost- und Zentralschweiz rechnen (Müller et al. 2011: 33). Skigebiete, die einen hohen Anteil an Voralpen haben, werden im Vergleich zu Hochalpen-Gebieten stärker betroffen sein (Abegg 2012: 31). Laut einer Studie aus dem Jahr 2007 gelten rund 90 Prozent der Skigebiete als schneesicher. Die Zahl der schneesicheren Skigebiete sinkt mit jedem Temperaturanstieg um ein Grad Celsius indes deutlich, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tab. 2: Zahl (und Anteil) der natürlich schneesicheren Skigebiete unter heutigen und zu- künftigen Klimabedingungen (nationale Ebene)

Land	Anzahl Skige- biete	Schneesicher heute	+1°C (~2025)	+2°C (~2050)	+4°C (~2100)
Deutschland	39	69% (27)	28% (11)	13% (5)	3% (1)
Frankreich	148	97% (143)	83% (123)	65% (96)	37% (55)
Italien	87	93% (81)	82% (71)	68% (59)	24% (21)
Österreich	228	87% (199)	67% (153)	50% (115)	21% (47)
Schweiz	164	97% (159)	87% (142)	79% (129)	48% (78)
Total	666	91% (609)	75% (500)	61% (404)	30% (202)

Tabelle INFRAS. Quelle: Abegg 2012: 30 (Abegg et al. 2007; eigene Berechnung)

Allerdings: Im internationalen Vergleich dürfte die Schweiz gegenüber anderen Winter- sportdestinationen im Vorteil sein. Müller et al. etwa gehen davon aus, dass die Mehrheit der Skigebiete in den Kantonen Graubünden und Wallis bei einem Temperaturanstieg von 4°C – was in etwa einer Verschiebung der Schneesicherheitslinie um rund 600 Metern gleichkäme – schneesicher wären (Müller et al. 2011: 25; vgl. auch Kanton Graubünden 2015a: 35). Zudem: Mit neuen, innovativen Angeboten als Alternativen zum Skisport (z.B. Eislaufen, Winterwandern) können auch diese Tourismusgebiete wiederum an Attraktivität gewinnen und die Touristen in die sonnenverwöhnten, höher gelegenen Gebiete locken.

⁵ Der Bericht «Schweizer Tourismus im Klimawandel» definiert Schneesicherheit wie folgt: «Ein Gebiet gilt als schneesicher, wenn in mindestens 7 von 10 Wintern vom 1. Dezember bis zum 15. April an mindestens 100 Tagen eine für den Schneesport ausreichende Schneedecke von mindestens 30 cm liegt» (Müller et al. 2011: 25).

Wie beeinflussen die klimatischen Veränderungen die Nachfrage von Touristen in Berggebieten – und wie könnte sich das letztlich auf den Verkehr auswirken? Diese Frage diskutiert das folgende Unterkapitel entlang von drei zentralen Aspekten: dem Zustand der Skilifte, der steigenden Schneefallgrenze und der Wahrnehmung von Extremereignissen in der Öffentlichkeit.

Zustand der Skilifte als elementarer Faktor

Von welcher grosser Relevanz die Infrastruktur für die touristische Nachfrage in Wintersportgebieten sein kann, zeigt eine Annahme einer Studie zum Skitourismus in den Bayerischen Alpen. Darin argumentieren die Autoren, dass der touristische Erfolg – gemessen in Winterübernachtungen und Auslastung – «signifikant vom Ausbauzustand der Skigebiete» abhängt. Entscheidend seien unter anderem die Modernität der Liftanlagen sowie der Anteil an Expressanlagen und Schlepplifte (Mayer & Steiger 2013: 203). Für Müller et al. ist eine zentrale Folge der Permafrost-Degradation, dass die Infrastrukturen kostspielig angepasst und gegebenenfalls sogar verlegt werden müssen (Müller et al. 2011: 28; vgl. *Wirkung A. Touristische Infrastruktur Seilbahnen/Skilifte*).

Das Ausmass dieser Infrastruktur-Verlegungen könnte möglicherweise auch den Zustand respektive Erhalt der verkehrlichen Infrastruktur im Umland beeinflussen. So ist beispielsweise denkbar, dass bestimmte Anlagen vollständig schliessen müssen – und die damit verbundenen Verkehrswege (z.B. Zubringerstrassen, ÖV-Anschluss) in den betroffenen Gebieten an Bedeutung verlieren könnten. Denkbar wäre auch, dass sich einige – vormalige Skilift-Anlagen – stärker am möglicherweise wachsenden Tourismus ausserhalb der Wintersaisons orientieren.

Steigende touristische Nachfrage nach höher gelegenen Wintersportdestinationen

Eine mögliche Folge, die in mehreren Studien diskutiert wird: Wegen der Verschiebung der Schneefallgrenze könnte die Nachfrage nach höher gelegenen Skigebieten weiter steigen. Gemäss dem Bericht «Brennpunkt Klima Schweiz» lässt sich als direkter Effekt des Klimawandels voraussagen, dass der Verkehr aus Ballungszentren in «immer höher gelegene Wintersportdestinationen» zunimmt (Akademien der Wissenschaft 2016: 129). Im Umkehrschluss könnte das bedeuten, dass höher gelegene Gebiete in Zukunft auf eine grössere Verkehrslast – sowohl im MIV als auch im ÖV – einstellen müssen, als dies heutzutage der Fall ist. Denkbar wäre zudem, dass bestimmten Regionen in der Schweiz vermehrt Gäste aus dem Ausland anlocken (vgl. Abrahamsen et al. 2017, Fleischhacker et al. 2015: 50). Denn die gegebene Schneegarantie könnte für sie – trotz der möglicherweise höheren Preise – ein entscheidender Grund sein, sich bewusst für Wintersportferien in der Schweiz zu entscheiden (vgl. Teich et al. 2007: 55). Während sich die Zahl der Touristen heute über eine vergleichsweise grosse Zahl an Wintersportdestinationen verteilt, könnte sie sich künftig auf deutlich weniger Gebiete konzentrieren. Langfristig könnte das einerseits bedeuten, dass heute verwendete Infrastrukturen wie beispielsweise Seilbahnen und Parkplätze in Zukunft in bestimmten Regionen unterbelastet sind. Umgekehrt sieht der Deutsche Alpenverein jedoch auch die Gefahr, dass Skilifte in Regionen gebaut werden, die bis dato technisch ungenutzt sind (Hipp et al. 2015: 10).

Gleichzeitig könnten die milderen Winter jedoch auch den Effekt haben, dass sich das Nachfrageverhalten von Wintersportlern ändert. So lautet eine These aus der vorliegenden Literatur, dass sich Touristen statt für längere Skiferien eher für Tagesausflüge entscheiden könnten. Somit wäre es ihnen möglich, auf kurzfristig herrschende Schneebedingungen schneller reagieren zu können (vgl. Akademien der Wissenschaft 2016: 117, Fleischhacker et al. 2015: 36, Müller et al. 2011: 47). Diese Annahme lässt auch das Antwortverhalten von österreichischen Urlaubsreisenden im Rahmen einer Umfrage aus dem Jahr 2009 vermuten. Darin gab rund ein Fünftel der Befragten an, dass sie bei guten Schneebedingungen mehr Tagesausflüge unternehmen würden (Fleischhacker et al. 2015: 21). Fleischhacker et al. gehen davon aus, dass insbesondere die Übernachtungsbranche mit Nächtigungseinbussen zu kämpfen hätte (Fleischhacker et al. 2015: 37). Im Umkehrschluss könnte dies bedeuten, dass sich das Verkehrsaufkommen aus Agglomerationen in Skigebiete insbesondere zu Randzeiten, in den Morgen- und Abendstunden weiter zuspitzen könnte.

Dass sich die wissenschaftliche Literatur jedoch gleichwohl uneins hinsichtlich der Entwicklung der Tagesausflügler ist, verdeutlicht die zuvor erwähnte Studie zum Skitourismus in den Bayerischen Alpen. Darin weisen die Autoren darauf hin, dass deren Frequenz abnehmen könnte. Als Grund führen sie die gestiegenen Preise für Liftpässe an. Diese wiederum seien unter anderem auf Kostensteigerungen für Beschneiungsanlagen, Pistenpräparierung und Liftbetrieb zurückzuführen (Mayer & Steiger 2013: 206).

Veränderungen der touristischen Sehenswürdigkeiten (Schwerpunktsetzung)

Wie werden Extremereignisse in der Öffentlichkeit kommuniziert? Dieser Aspekt könnte mit Blick auf das Nachfrageverhalten in Berggebieten in Zukunft noch sensibler behandelt werden. Denn negative Schlagzeilen aufgrund von Extremereignissen und daraus resultierenden notwendigen Massnahmen (z.B. Betriebsunterbrüche) könnten langfristig einen Attraktivitätsverlust nach sich ziehen. Als besonders verwundbar gelten Orte, die beispielsweise aufgrund von Tourismusangeboten viele Menschen anziehen und über eine entsprechend umfangreiche Infrastruktur verfügen (Akademien der Wissenschaft 2016: 94).

Umgekehrt wäre jedoch auch denkbar, dass die Attraktivität – und damit auch die verkehrliche Nachfrage – bestimmter Berggebiete steigt, wenn diese beispielsweise von grösseren Extremereignissen verschont geblieben sind. So könnten Touristen Reiseziele bevorzugen, an denen sie ein (vermeintlich) höheres Sicherheitsgefühl in punkto Extremereignisse haben.

Ähnlich gegensätzlich könnte sich indes das Nachfrageverhalten nach bestimmten touristischen Attraktionen verändern: Einerseits gehen bestimmte touristische Attraktionen stark bis gänzlich verloren. Die Gletscherschmelze, etwa am Rhonegletscher im Kanton Wallis, markiert hierbei eines der sichtbarsten Beispiele (Tagesanzeiger 2017b). Andererseits könnten beispielsweise in Form von Gletscherseen neue «Sehenswürdigkeiten» entstehen (Müller et al. 2011: 28). Dass Extremereignisse zudem möglicherweise auch gezielt touristisch genutzt werden können, wird von Müller et al. aufgeworfen: So weisen sie darauf hin, dass natürliche Extremereignisse – z.B. «Felsabsturz am Eiger» - kurzfristig Touristenströme zur Folge haben könnten (Müller et al. 2011: 35). Zudem ist denkbar, dass insbesondere Auswärtige oder Touristen Sorge vor der Nutzung der Infrastruktur haben und diese daher vermeiden könnten. So empfehlen Müller et al. in ihrem Bericht zum Thema Schweizer Tourismus im Klimawandel, dass bei der Kommunikation der Gefahrensituation die Ängste der Bevölkerung aufgegriffen werden sollten (Müller et al. 2011: 43).

Exkurs: Verhaltens-/Nachfrageänderungen aufgrund von Extremwetterereignissen ausserhalb der Wintersaison

Angesichts der notwendigen Anpassungen an den Klimawandel hat das Bundesamt für Umwelt in einer Studie die Auswirkungen des Hitzesommers 2015 auf Mensch und Umwelt analysiert. Dabei kommen die Autoren zu dem Schluss, dass dieser Sommer eine «gute Vorstellung» zu den gegen Mitte des 21. Jahrhunderts vorherrschenden Temperaturverhältnissen gebe (BAFU 2016: 95). Besonders betroffen von dieser Trockenperiode seien Flüsse und Bäche, die wegen der zurückgehenden Schneeschmelze verstärkt auf Regenfälle angewiesen seien. Des Weiteren heben die Autoren die negativen Folgen von Trockenheit auf die Biodiversität hervor. So seien in Folge des trockenen und heissen Sommers im Jahr 2015 zahlreiche Kleingewässer und Bachabschnitte trocken gelegen, was sich wiederum negativ auf den Lebensraum von Wasserlebewesen ausgewirkt habe (BAFU 2016: 99). Zudem könnte durch länger anhaltende Perioden von trockener und heisser Witterung das Risiko von Waldbränden steigen (BAFU 2016: 65). Sollte solche Trockenperioden weiter zunehmen, ist denkbar, dass dies auch Folgen auf das Nachfrageverhalten – etwa von Touristen in Berggebieten – haben könnte. Im positiven Fall wäre vorstellbar, dass die Folgen von Trockenheit in höher gelegenen Gebieten im Sommer vergleichsweise wenig sichtbar sind («Hier ist die Welt noch in Ordnung») und entsprechend anziehend auf Touristen wirken (vgl. auch Kapitel 3.2.1). Demgegenüber stünde im Extremfall, wenn beispielsweise Waldbrände in Folge von Trockenperioden der (Transport-)Infrastruktur schaden würden. Zudem könnten Gebiete – die stark von Trockenheit betroffen sind – an Attraktivität als Wohnort und im Tourismus verlieren.

3.2.3 Wirkungskette 3: Angebotsveränderungen im Verkehr aufgrund von extremen Wetterereignissen

Unterbrochene Lieferketten, Ausfall von Kühl- und Klimaanlage in Zügen und Lkws, Verkehrsunfälle aufgrund von Hitze: Ereignisse wie diese sind bereits heute Realität. Klimaveränderungen – und damit einhergehend extreme Wetterverhältnisse – könnten in Zukunft die Angebotssituation im Transportsektor, die Verfügbarkeit von Waren und die Versorgungssicherheit jedoch noch weiter verschärfen. In einem Arbeitspapier zu den Herausforderungen des Klimawandels für Logistik und Supply Chain des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung unterstreichen die Autoren die Relevanz einer rechtzeitigen Anpassung der Branche an klimabedingte Veränderungen. Demnach sollten sich die Akteure rechtzeitig damit auseinandersetzen, die Prozesse möglichst robust gegenüber äusseren, klimabedingten Einflüssen zu gestalten (Marscheider et al. 2013: 2).

Die folgende Wirkungskette geht der Frage nach, inwiefern sich das Angebot und infolgedessen die Nachfrage im Verkehr aufgrund von extremen Wetterereignissen bis 2060 verändern könnte. Die Analyse fokussiert insbesondere auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer respektive die Folgen, von denen sie gegebenenfalls betroffen sein könnten. Die Wirkungskette beleuchtet – stellvertretend für eine Vielzahl von möglichen Wirkungszusammenhängen – drei Aspekte: die Auswirkungen des Klimawandels auf die Logistikbranche (v.a. Risikofaktoren, vgl. auch Kapitel 3.2.2), die Verfügbarkeit und Qualität der Verkehrsmittel sowie das Unfallrisiko im Strassenverkehr. Um mögliche künftige Entwicklungen zu veranschaulichen, geht die Analyse vor allem von den heute vorherrschenden technischen Bedingungen aus. Inwiefern sich technologische Fortschritte – etwa im Bereich des automatisierten Fahrens⁶ – konkret auswirken, ist zum jetzigen Zeitpunkt nur bedingt vorhersehbar. Dennoch wäre denkbar, dass die technologischen Fortschritte bestimmte klimabedingte Risikofaktoren – z.B. mangelnde Konzentration aufgrund von Sommerhitze – vermindern könnten.

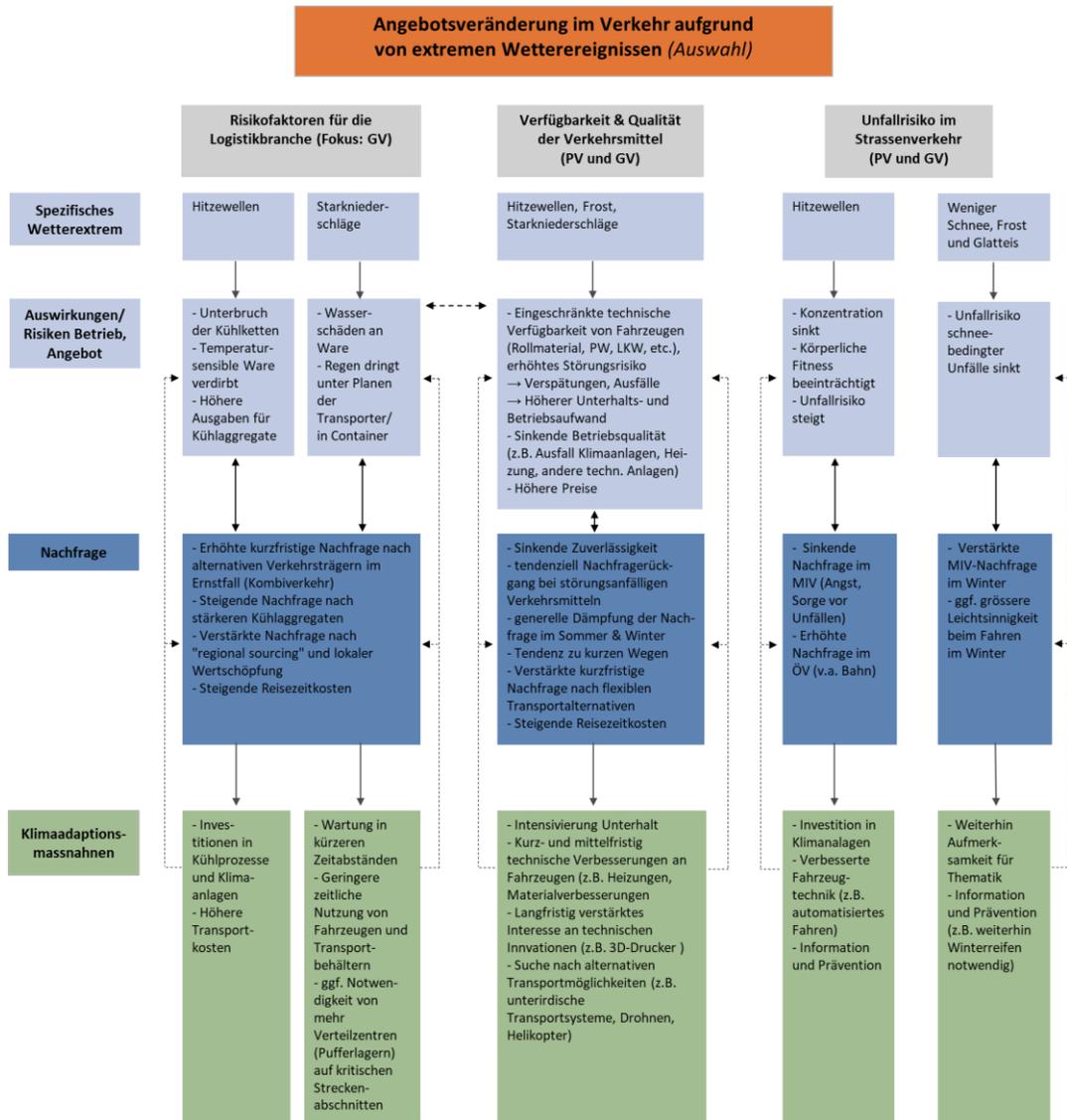


Abb. 7: Wirkungskette – «Angebotsveränderung im Verkehr aufgrund von extremen Wetterereignissen»

Grafik INFRAS.

A. Spezifische Risikofaktoren für die Logistikbranche

Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Logistikbranche – insbesondere mit Blick auf den Transport temperatursensibler Waren – aus? Mit dieser Frage hat sich die Paneuropa-Rösch GmbH in Zusammenarbeit mit der Universität Oldenburg auseinandergesetzt. Die Analyseergebnisse, die das Unternehmen in einem Artikel (Beermann 2012; vgl. auch Marscheider et al. 2013) veröffentlicht hat, zeigen: Aufgrund von Hitze, klimabedingten Extremereignissen sowie Unwetter sieht sich das Unternehmen mit verschiedenen Vulnerabilitäten konfrontiert. So wird der Temperaturanstieg insbesondere mit Blick auf die Aufrechterhaltung der Kühlkette als problematisch angesehen. Der Sicherstellung des Transports von temperatursensiblen Waren erfordere Investitionen in Kühlprozesse und führe zu einem Anstieg laufender Kosten (Beermann et al. 2012: 24, Marscheider et al. 2013: 10). Das Unternehmen geht zudem davon aus, dass künftig mehr in Klimaanlagen investiert werden muss. Hintergrund ist, dass bei steigenden Temperaturen mit einer sinkenden Konzentrationsfähigkeit der Fahrer gerechnet werden müsse (Beermann et al 2012: 24).

Doch nicht nur bei Hitze – auch aufgrund vermehrter Starkregeneignissen befürchtet das Unternehmen negative Auswirkungen für den Warentransport. Vor allem Transportbehälter könnten von Wasserschäden betroffen sein. So seien Qualitätseinbussen, allenfalls

sogar irreparable Schäden denkbar, etwa wenn Regen unter Lkw-Planen gelange (Beer-
mann et al. 2012: 24). Unter Verweis auf andere Studien nennen Marscheider et al. (2013)
zwei mögliche Präventionsmassnahmen: demnach sollten die Fahrzeuge und Transport-
behälter in kürzeren Zeitabständen gewartet und zeitlich weniger genutzt werden (Mar-
scheider et al. 2013: 10).

Insgesamt wird deutlich, dass im Logistiksektor mit erhöhten Unterhalts- und Betriebskos-
ten gerechnet werden muss. Mit einer vorausschauenden Planung kann klimatisch beding-
ten Problemen jedoch vorgebeugt werden (Marscheider et al. 2013: 12). Vor dem Hinter-
grund der genannten Risikofaktoren ist insgesamt eine verstärkte Nachfrage nach regio-
nalen Verkehren denkbar. So könnten beispielsweise Transportstrecken, etwa bei leicht
verderblicher Ware, verkürzt werden. Eine mögliche langfristige Folge von Extremwetter-
ereignissen auf die Logistikbranche könnte somit eine verstärkte Nachfrage nach lokal pro-
duzierter Ware sein – mit entsprechenden kürzeren Lieferwegen.

B. Verfügbarkeit und Qualität der Verkehrsmittel

Wie wirken sich Hitzewellen, Starkniederschläge und Stürme auf die Verfügbarkeit und
Qualität der Verkehrsmittel insgesamt aus? Generell ordnet das Bundesamt für Bevölke-
rungsschutz (BABS) die Kritikalität des Strassenverkehrs als «sehr gross» ein. Unter dem
Begriff Kritikalität in Bezug auf den Strassenverkehr versteht das Amt die relative Bedeu-
tung hinsichtlich der Folgen für Bevölkerung oder Wirtschaft, aufgrund einer Störung, ei-
nem Ausfall oder einer Zerstörung (BABS 2010a).

Marscheider, Schäfer und Rotter (2013) sehen vor allem die technischen Funktionen ge-
genüber Extremwetterereignissen gefährdet. Demnach sei vor allem die elektronische Aus-
stattung an Fahrzeugen, Weichen und Signalanlagen störanfällig (Marscheider et al. 2013:
8). Im Ernstfall könnten die Faktoren zu einer eingeschränkten Verfügbarkeit von Fahrzeu-
gen führen. Um negative Auswirkungen auf Angebot und Betrieb möglichst gering zu hal-
ten, dürften verstärkte Investitionen in Verkehrsmittel(-infrastrukturen) notwendig sein.
Massnahmen wie diese gelten allerdings insbesondere im Schienenverkehr als komplex.
Zentrale Ursachen hierfür seien laut Farrag-Thibault insbesondere die hohe Anzahl unter-
schiedlicher Normen, Materialien sowie Fahrzeugen. Die Autorin erwartet beispielsweise,
dass aufgrund von Hitzewellen verstärkt in die Belüftung und Kühlung von U-Bahn-Anlagen
oder anderem Bahnrollmaterial investiert werden müsse (Farrag-Thibault 2015: 10). Lang-
fristig könnten alternative Transportmöglichkeiten, beispielsweise unterirdische Transport-
systeme wie «Cargo sous terrain» (vgl. Kapitel 3.2.4) verstärkt in das Blickfeld der Logistik-
branche rücken. Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Unterhalts- und Betriebsauf-
wand sowohl im Schienen- als auch im Strassenverkehr in der Schweiz weiter steigen
dürfte, um die Störanfälligkeit möglichst auf ein Minimum zu reduzieren. Wie die klimati-
schen Veränderungen die verkehrliche Nachfrage beeinflussen, dürfte im Wesentlichen
von möglichen Qualitätsbeeinträchtigungen der verschiedenen Verkehrsmittel abhängig
sein. Sind diese Faktoren von klimatischen Veränderungen besonders betroffen, könnte
das langfristig möglicherweise zu einer Nachfragedämpfung führen.

Einen weiteren Risikofaktor für das Verkehrsangebot könnten langfristig Waldbrände dar-
stellen. Infolge von zunehmender Trockenheit könnte insbesondere in den Sommermona-
ten die Waldbrandgefahr in der Schweiz zunehmend steigen. Insbesondere in den Alpen,
in der Südschweiz und im Jura wird das Risiko eine Waldbrandgefahr-Zunahme laut BAFU
als «prioritär» eingestuft (BAFU 2017: 39). In seinem Bericht zur Hitze und Trockenheit im
Sommer 2015 hebt das BAFU indes hervor, dass es trotz günstiger Voraussetzung im
Sinne von ausgetrockneten Wäldern in diesem Jahr keine erheblichen Schäden an Ge-
bäuden und Infrastruktur gegeben habe. Einen mitentscheidenden Grund hierfür sieht der Be-
richt unter anderem darin, dass Bund und Kantone die Bevölkerung aktiv informiert hätten
(BAFU 2016: 66). In einer Analyse der Ursachen und Folgen des der weltweiten Wald-
brände fordert der WWF, dass in der Raumplanung die Waldbrandgefahr verstärkt berück-
sichtigt werden müsse, um das Waldbrandrisiko zu mindern. So sollten in gefährdeten Ge-
bieten unter anderem die Infrastruktur wie Eisenbahnlinien und Stromleitungen angepasst
werden (WWF 2016: 101).

C. Unfallrisiko im Strassenverkehr

Sinkt das Unfallrisiko im Winter? Steigt es im Sommer? Mehrere Studien diskutieren, welche Auswirkungen Klimaveränderungen auf die Sicherheit im Strassenverkehr haben könnten (Kanton Solothurn 2016, Farrag-Thibault 2015, Kanton Graubünden 2015a, Marscheider et al. 2013, Ernst-Basler und Partner AG 2007). So argumentieren Marscheider et al., dass sich eine sinkende Zahl an Frosttagen «voraussichtlich positiv» auswirken könnte, etwa weil es weniger Schäden am Strassenbelag gibt: Somit könnten sich die Unfallzahlen und damit auch Verspätungen und Rückstaus im Winter verringern (Marscheider et al. 2013: 7). Das Amt für Wirtschaft und Tourismus des Kantons Graubünden hebt in seiner Studie zum Klimawandel zudem hervor, dass es durch den Anstieg der Schneefallgrenze ein geringeres Unfallrisiko auf schneebedeckten Strassen geben könnte (Kanton Graubünden 2015a: 35; vgl. auch OcCC/ProClim 2007: 119).

Als ein «Potenzial für Einsparungen» im Bereich der schneebedingten Unterhaltskosten bezeichnet das BAFU den Anstieg der Schneefallgrenze. Wegen des erwartenden Rückgangs der Neuschneetage – insbesondere in tiefen und mittleren Lagen – könnte der Salzverbrauch im Jahr 2060 auf 120'000 Tonnen (heute: ca. 220'000 Tonnen) zurückgehen (BAFU 2017: 50). Gleichzeitig stellt sich die Frage, inwiefern sich angesichts möglicher Temperaturanstiege der sogenannte «differenzierte Winterdienst» entwickeln wird. So verfolgen Winterdienste in Aussenquartieren oder in hochgelegenen Wintertourismusorten teilweise das Konzept der «Weissräumung». Dabei wird – im Gegensatz zur Schwarzräumung – eine festgefahrene Schneedecke angestrebt (Kiefer-Glomme 2017: 64, Gem. Meisterschwanden 2014: 8, Ammann 2012: 45). Erfahrungen der Baudirektion des Kantons Zürich zeigen indes, dass häufiges Tauen und Gefrieren bei Weissräumung dazu führen, dass Fahrbahnen in kurzer Zeit «übermässig» vereisen und «nicht mehr befahrbar» sind (Baudirektion des Kantons Zürich 2012: 34). Angesichts des Temperaturanstiegs ist denkbar, dass in Gebieten in denen Strassen heute weiss geräumt werden, künftig bei Schneefall zunehmend Schwarzäumungen erforderlich sind.

Ganz anders könnte die Entwicklung des Unfallrisikos hingegen bei Hitzewellen aussehen. Die Autoren geben zu denken, dass aufgrund höherer Temperaturen in den Fahrzeuginnenräumen nicht nur die körperliche Fitness, sondern auch die Konzentrationsfähigkeit der Fahrer sinken könnte (Marscheider et al. 2013: 7, vgl. Beerman et al. 2012: 24). In einem Bericht geht das Umweltbundesamt davon aus, dass aufgrund von Hitze zusätzliche Autounfälle passieren. So lautet eine Annahme, dass sich «an jedem zweiten Hitzetag ein zusätzlicher Unfall pro 500 Kilometer Autobahn ergibt», der zu jeweils einer «schweren Verletzung» (Kosten pro schwere Verletzung rund 230'000 Euro) führt (Umweltbundesamt 2012: 5).

Insgesamt erwartet das Umweltbundesamt, dass es – bedingt durch den Klimawandel – aufgrund grösserer Hitze und vermehrtem Starkregen vor allem im Frühjahr, Sommer und Herbst zu mehr Unfällen kommen könnte. Als weitere Unfallverursacher wurden in einigen Regionen Deutschlands zudem Staub- und Sandstürme ermittelt (Umweltbundesamt 2015: 185). Was bedeutet das langfristig für die Verkehrsnachfrage? Denkbar wäre beispielsweise, dass im Motorisierten Individualverkehr möglicherweise das Risikobewusstsein für die Folgen von Extremereignissen steigt – und infolgedessen Verkehrsteilnehmer bei bestimmten Wetterlagen auf Fahrten mit ihrem eigenen Auto verzichten. So geht das Umweltbundesamt (2015) in Deutschland beispielsweise von einer erhöhten Unfallgefahr durch Aquaplaning aus, sollten Starkregenereignisse zunehmen. Des Weiteren könnten Hagel und Stürme vermehrt Infrastrukturanlagen wie hochragende Verkehrssignale beschädigen (Umweltbundesamt 2015: 327).

Andererseits stellt sich die Frage, ob wegen der möglicherweise höheren Temperaturen und entsprechenden Witterungsverhältnissen im Winter, eine Zunahme der verkehrlichen Nachfrage im MIV denkbar wäre. Zudem wäre zu diskutieren, ob aufgrund des vermeintlich geringeren Unfallrisikos die Leichtsinnigkeit der Verkehrsteilnehmer auf der Strasse im Winter steigen könnte. Inwiefern exogene Faktoren, wie automatisierte Fahrzeuge und verbesserte Notfallsysteme künftig in der Lage sein werden, in solchen Extremwettersituationen angemessen beziehungsweise, im Vergleich zu heute, besser zu reagieren, ist zu prüfen (vgl. Farrag-Thibault 2015: 13).

3.2.4 **Wirkungskette 4: Beeinträchtigung der Infrastruktur in Berggebieten aufgrund von Extremereignissen (Zufahrts- und Versorgungsinfrastruktur)**

Wie wirken sich Extremwetterereignisse auf die Infrastruktur – und entsprechend auf die verkehrliche Nachfrage – in Berggebieten aus? Die folgende Wirkungskette geht dieser Frage speziell mit Blick auf Orte in höheren Lagen nach. Im Fokus stehen dabei die Verkehrsträger Strasse und Schiene. Wie relevant eine spezifische Betrachtung der Risiken von Extremwetterereignissen für die Bereiche Transport und Kommunikation in Berggebieten ist, wird in der vorliegenden wissenschaftlichen Literatur vor allem beim Vergleich dieser Regionen mit Städten und Agglomerationen deutlich (vgl. u.a. Akademien der Wissenschaft 2016). Ein sensibler Faktor hierbei ist: Kritische Infrastrukturen wie Strassen, Bahntrassen aber auch Hochspannungsleitungen sowie Gas- oder Ölpipelines befinden sich in Bergregionen häufig gebündelt in Talsohlen. Bereits einzelne Extremwittersituationen – und damit einhergehende sekundäre Ereignisse wie etwa Lawinen, Steinschläge oder Murgänge – können so tiefgreifende Schäden verursachen (Akademien der Wissenschaft 2016: 124). Im Gegensatz dazu kann in Städten und Agglomerationen bei Unterbrüchen häufig auf andere, parallel bestehende Infrastrukturen zurückgegriffen werden. Vor diesem Hintergrund werden Bergregionen als vergleichsweise «verletzlicher» gegenüber klimatischen Extremereignissen eingeordnet (Akademien der Wissenschaft 2016: 121, OcCC/ProClim 2007: 88).

Dieses erhöhte Risiko wird insofern verschärft, als dass die Funktionalität von Infrastrukturen in Bergregionen heute wie auch künftig in starker Wechselbeziehung zu urbanen Gebieten steht. Die Wertschöpfung – und damit verbunden auch die Versorgung – von vergleichsweise abgelegenen Orten – ist heute oft so strukturiert, dass sie stark von funktionierenden Transport- und Logistikdienstleistungen abhängig ist. Kommt es zu Unterbrechungen oder zeitlichen Verzögerungen in Verkehrs- und Logistikdienstleistungsketten, kann sich das auf nachgelagerte Wertschöpfungsprozesse auswirken, so das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung in einem Arbeitspapier (2013). Dies sei etwa der Fall, wenn Rohstoffe oder Energieträger (Treibstoffe, Strom) nicht termin- und plangemäss zur Verfügung stünden (Marscheider et al. 2013: 2). Beispiele wie diese verdeutlichen, wie stark Agglomerationen und Berggebiete voneinander abhängig sind: nicht zuletzt deswegen, weil beispielsweise auch in Städten ansässige Industrieunternehmen auf Rohstofflieferungen aus diesen Berggebieten angewiesen sein können. Gleichzeitig können Infrastrukturunterbrüche für die Bewohner solcher dünn besiedelten, abgelegenen Regionen schwerwiegende – im Ernstfall gar existenzbedrohende – Folgen haben. Dies ist insbesondere dann ernsthaft kritisch, wenn die Nahrungsmittelversorgung oder das Gesundheitswesen davon betroffen sind (Econcept 2013: 92).

Angesicht dieser Faktoren nimmt die folgende Wirkungskette eine saisonunabhängige Perspektive ein. Mehrere, teils sehr unterschiedliche biophysikalische Klimawirkungen werden als mögliches Extremwetterereignis in Betracht gezogen: allen voran Starkniederschläge, extreme Hitze, Stürme und Gewitter. Die Wirkungskette ist entlang der drei verkehrlichen Ebenen strukturiert: Infrastruktur, Angebot/Betrieb sowie Nachfrage. Bei der Beschreibung wird jeweils von den verschiedenen betrachteten Verkehrsträger-Infrastrukturen ausgegangen. Einige Siedlungen in Bergregionen sind auf dem Landweg nur über *eine* Verkehrsträgerform (auf motorisierte Weise) zu erreichen: Schiene, Seilbahn oder Strasse. Umso kritischer ist es, wenn Extremwetterereignisse deren Nutzung einschränken oder gar unmöglich machen.

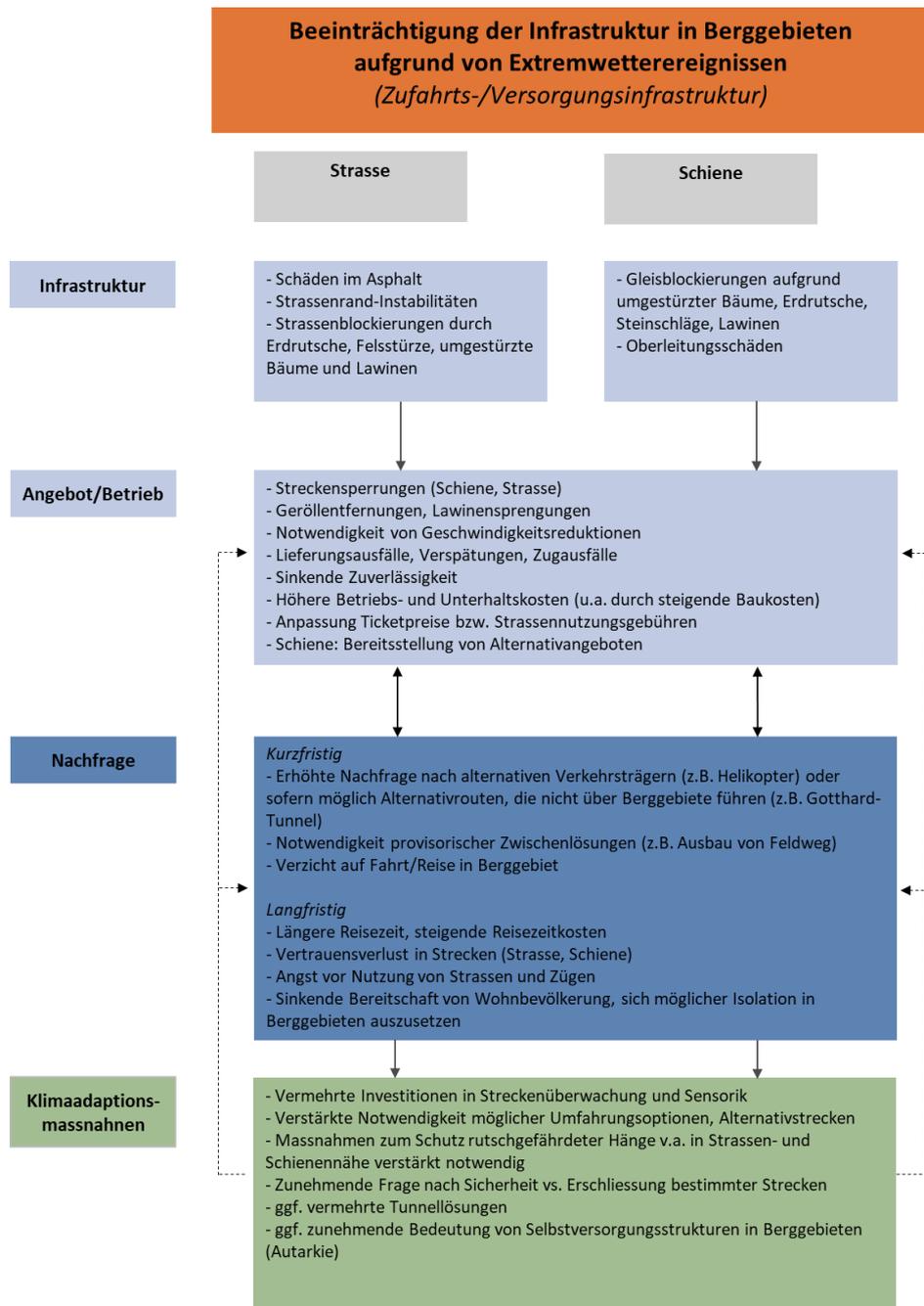


Abb. 8: Wirkungskette – «Beeinträchtigung der Infrastruktur in Berggebieten aufgrund von Extremwetterereignissen» (Zufahrts- und Versorgungsinfrastruktur, saisonunabhängig)

Grafik INFRAS.

A. Strassen

Einerseits sind Strassen in Bergregionen ähnlichen Folgen von Extremereignissen ausgesetzt wie in Städten – beispielsweise was Materialschäden bei Strassenbelägen betrifft. Aufgrund extremer Hitze kann der Strassenbelag aufweichen, bei Temperaturschwankungen um den Nullpunkt Risse oder Spurrinnen bilden (Farrag-Thibault 2015, Econcept 2013: 35, Umweltbundesamt 2012: 5). Starke Schneefälle, extreme Gewitter oder orkanartige Stürme können Bäume beschädigen und zum umstürzen bringen (Econcept 2013: 92). Nichts desto trotz treten Schäden wie diese vergleichsweise punktuell auf. Vorhersagen erweisen sich teilweise als schwierig (vgl. auch Kapitel 3.2.2). Bei Bedarf sind sie kurzfristig zu beheben. Zudem können sie sich weitgehend ortsunabhängig ereignen – sowohl in höheren als auch in tieferen Lagen.

Andererseits sind Strassen in Bergregionen spezifischen Gefahren ausgesetzt, die vergleichsweise grossflächige und langfristige Schäden verursachen können. Einhergehend mit einem allgemeinen Temperaturanstieg können Extremwetterereignisse beispielsweise Lawinen, Erdbeben oder Steinschläge zur Folge haben. Ganze Ortschaften können so von der Aussenwelt abgeschnitten werden (Econcept 2013: 92). Beispiele aus jüngerer Vergangenheit lassen erahnen, wie ernst solche Extremereignisse für Bewohner wie Helfer im Einzelfall sein können. Für überregionale Aufmerksamkeit gesorgt haben unter anderem ein Felssturz in Bondo, einem Dorf im Schweizer Kanton Graubünden, im August 2017 sowie in Vals (Österreich) im Dezember 2017. Die Bewohner des österreichischen Dorfs beispielsweise waren knapp zwei Tage von der Aussenwelt abgeschnitten, ehe eine provisorische Verkehrsanbindung erstellt werden konnte (NZZ 2017b, NZZ 2017c).

Angesichts von Extremereignissen wie diesen stellt sich langfristig die Frage, welche Massnahmen und Vorkehrungen notwendig sind, um solche Ereignisse entweder ganz zu vermeiden oder schnellstmöglich Ausweichrouten auf dem Landweg zu erstellen? Insbesondere deswegen, weil es zu vielen Dörfern im Gebirge keine Umfahrungsmöglichkeiten für den Fall gibt, dass einzelne Transportwege unterbrochen sein sollten (Akademien der Wissenschaft 2016: 124).

Sollte die Verkehrsnachfrage sinken, könnte künftig in der öffentlichen Debatte vermehrt die Sinnhaftigkeit der Aufrechterhaltung solcher Strassenanbindungen in ihrer jetzigen Form diskutiert werden. Die Dominanz des Spannungsfelds «Sicherheit vs. Erschliessung» (Infras 2016a: 18) dürfte sich infolgedessen künftig weiter verschärfen. Diese Einschätzung teilt auch das Tiefbauamt des Kantons Bern, das wegen des Klimawandels – und der damit verbundenen Gletscherschmelze – vor allem den Strassenunterhalt im Berner Oberland herausgefordert sieht (Kanton Bern 2017).

B. Schienen

Wie verheerend sich Extremwetterereignisse in Bergregionen auf den Zugbetrieb auswirken können, verdeutlicht ein Zugunglück von August 2014. Infolge von starken Niederschlägen war es in der Nähe von Tiefencastel (heutige Gemeinde Albula/Alvra) im Kanton Graubünden zu einem Erdbeben gekommen, auf den schliesslich ein Personenzug aufgefahren war. An den Folgen dieses Bahn-Unfalls verstarb eine Person, 16 Menschen wurden verletzt. Der Materialschaden belief sich auf insgesamt rund eine Million Franken. Ein im Frühjahr 2017 veröffentlichter Untersuchungsbericht zeigte auf, dass der Erdbeben nicht vorhersehbar gewesen sei (SRF 2014, SRF 2017).

Angesichts des umfangreichen Schienennetzes in der Schweiz und den zu erwarteten Klimaveränderungen könnte die öffentliche Debatte zum Infrastrukturerhalt künftig zunehmend von einer Kosten-Nutzen-Diskussion geprägt sein. Vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung in Bergregionen und kostenintensiven Alternativrouten (z.B. Gotthardtunnel) ist davon auszugehen, dass der Erhalt von Schienenangeboten in entlegenen Bergregionen – die nur wenig touristisch erschlossen sind – zunehmend hinterfragt werden könnte.

C. Auswirkungen auf Verkehrsnachfrage

Welche Konsequenzen haben Beeinträchtigungen der Infrastruktur in Berggebieten durch Extremwetterereignisse auf die dortige Verkehrsnachfrage? Das folgende Unterkapitel unterscheidet zwischen kurz- und langfristigen Wirkungen.

Notwendigkeit provisorischer Zwischenlösungen

Mit welchen kurzfristigen verkehrlichen Auswirkungen auf die verkehrliche Nachfrage bei Extremwetterereignissen gerechnet werden kann, wird am Fallbeispiel Zermatt ersichtlich. Nach heftigen Schneefällen war der Ort im Wallis im Januar 2018 für rund zwei Tage auf dem Landweg nicht zu erreichen, unter anderem weil aufgrund von Lawinen die Strecke der Matterhorn-Gotthard-Bahn blockiert war (SRF 2018a). Dies hatte zur Folge, dass Zermatt in diesem Zeitraum nur per Helikopter zu erreichen war. Mehrere hundert Touristinnen und Touristen machten von dieser «Luftbrücke» Gebrauch, um den Ort zu verlassen oder zu erreichen. Die Ereignisse – und die alternativen Erschliessungslösungen – sorgten weltweit für mediale Aufmerksamkeit (Swiss-info 2018). Fraglich ist indes, inwiefern diese Ereignisse direkte Reisesstornierungen respektive -verzicht zur Folge hatten beziehungsweise inwiefern sie sich auf die künftige Nachfrage im Tourismussektor auswirken. Ähnlich wie beim zuvor erläuterten Fallbeispiel Vals (Österreich) ist indes die Notwendigkeit provisorischer Alternativlösungen deutlich geworden.

Verhaltensänderungen der Wohnbevölkerung in Berggebieten

Was bedeuten die Klimaveränderungen langfristig für die verkehrliche Nachfrage in Bergregionen – insbesondere für die Einheimischen selbst? Mehrere Studien zeigen auf, welche Wirkungen Extremwetterereignisse in Schweizer Bergregionen haben könnten. So sehen die Autoren der Studie zur Klimaadaptionsstrategie im *Grimselgebiet* die dortige Versorgungsinfrastruktur, Strassen und Siedlungen durch die zunehmenden Naturgefahrenrisiken gefährdet oder zumindest in ihrer bisherigen Nutzung eingeschränkt. Aus verkehrlicher Perspektive wird insbesondere die dortige Kantonsstrasse kritisch gesehen: Diese sei «zentraler Lebensnerv für die Region». Doch um die Gefahrenlage für Personen- wie Güterverkehr etwa aufgrund von Murgängen, einzudämmen, seien bereits heute immer wieder Sperrungen notwendig (Infras 2016a: 4-5, 7).

Es ist davon auszugehen, dass solche Extremereignisse langfristig betrachtet nicht nur finanzielle Auswirkungen – etwa aufgrund spezifischer Kosten für Überwachung der Infrastruktur und allfällige Strassensperrungen oder Geröllentfernung – haben dürften. So gehen die Autoren des Berichts zum Grimselgebiet davon aus, dass die Folgen solcher Naturgefahren die Abwanderungstendenz in der Region verschärfen könnte. Ein Grund könnte sein, dass sich viele Bewohner einer solchen Isolation nicht mehr dauerhaft aussetzen wollen (Infras 2016a: 10). Eine solche demographische Entwicklung könnte sich auf Dauer wiederum negativ auf die Verkehrsnachfrage auswirken.

Zukunftsskizze: Einsames Bergdorf

Renata und ihre Mutter streiten sich. Wie so oft in letzter Zeit. Ihre Mutter ist aber auch dermassen stur. Seit Monaten versucht Renata die 85-Jährige zu überreden, zu ihrer kleinen Familie nach Chur zu ziehen. Raus aus dem kleinen Dorf im Bergell. Doch ihre Mutter weigert sich partout – sie will ihr Heimatdorf einfach nicht verlassen. Und das obwohl sie ohne Rollator kaum noch laufen kann. Auf die Nachbarn ihrer Mutter kann sich Renata auch nicht wirklich verlassen. Die sind auch schon längst pflegbedürftig. Und damit nicht alleine. In dem kleinen Dorf wohnen fast nur noch Rentner. Kein Wunder. Wer will auch schon in einem Ort leben, in dem das Risiko so hoch ist, von der Aussenwelt abgeschnitten zu werden? Renata hat es schon einmal erlebt. Als sie fünf Jahre alt war, das war 2017, hatte es einen schlimmen Bergsturz gegeben. Grosse Teile des Dorfes wurden zerstört. Acht Menschen kamen ums Leben. Es gab eine riesige Solidaritätswelle. Menschen aus der ganzen Schweiz sammelten Spendengelder für ihr Heimatdorf. Die Zeitungen schrieben etwas von Permafrost-Rückgang. Damals dachten die Dorfbewohner, schlimmer könne es nicht mehr kommen. Doch da hatten sie sich getäuscht. Im Jahr 2040 gab es einen Bergsturz der noch gravierender war als 2017. Das Geröll zerstörte noch mehr Häuser. Es dauerte fast zwei Jahre bis die Kantonsstrasse wieder vollständig repariert worden

war. Zeitweise war das Dorf nur aus der Luft zu erreichen. Private Spenden für die Dorfbewohner gab es kaum noch. In der Zwischenzeit hatte es einfach in zu vielen Bergdörfern Felsstürze gegeben. Für Renata war damals klar: In ihr altes Heimatdorf zurück will sie definitiv nicht mehr ziehen. Heute, im Jahr 2060, plagt sie ein schlechtes Gewissen. Ihre Mutter besucht sie nur noch selten. Die Fahrt ist einfach zu umständlich. Und wenn, dann fährt Renata meistens alleine – aus Angst ihren Kindern könnte bei Bergstürzen etwas zustossen. Denn wegen des Temperaturanstiegs in den Alpen ist der Permafrost im Boden inzwischen massiv zurückgegangen. Das Risiko, dass es wieder zu einem Bergsturz kommt, ist hoch.

3.2.5 Wirkungskette 5: Beeinträchtigung der Infrastruktur urbanen und ländlichen Gebieten durch Extremwetterereignissen (*Zufahrts- und Versorgungsinfrastruktur in tiefer gelegenen Regionen*)

Die Mehrheit der Bevölkerung in der Schweiz lebt in Städten. Rund 85 Prozent der Einwohner sind laut dem Bundesamt für Statistik im städtischen Kernraum oder im Einflussgebiet der städtischen Kerne niedergelassen. In den fünf grössten Agglomerationen des Landes – Zürich, Genf, Basel, Bern und Lausanne – sind knapp 40 Prozent der Gesamtbevölkerung zuhause (EDA 2017). Die Bevölkerungsverteilung gemäss der regionsuisse-Raumtypologie verdeutlicht diese Einordnung: Lediglich knapp fünf Prozent der Schweizer Bevölkerung lebte 2015 in alpinen Tourismuszentren oder im peripheren ländlichen Raum (regionsuisse 2017: 19). Das macht eine spezifische Betrachtung möglicher Infrastruktur-Beeinträchtigungen ausserhalb von Bergregionen durch Extremwetterereignisse umso relevanter.

Die folgende Wirkungskette beleuchtet daher insbesondere urbane Räume in Nicht-Berggebieten sowie ländliche Gebiete. Im Fokus der Analyse stehen dabei die Infrastrukturelemente Strasse und Schiene. Flughäfen (u.a. Basel-Mülhausen, Genf, Zürich) sowie Schifffahrt (u.a. Basel) werden in der Analyse teilweise ebenfalls mit einbezogen. Nichts desto trotz ist an dieser Stelle festzuhalten, dass diese mit Blick auf die Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr aus zweierlei Hinsicht von Relevanz sind: zum einen könnten sie in ihrer Funktionalität von Klimaänderungen (z.B. Trockenheit, Hochwasser, Stürme) betroffen sein, zum anderen können die Verkehrsträger im Ernstfall alternativ zu Strasse und Schiene genutzt werden und spielen v.a. auch bei den Importen und Exporten eine wesentliche Rolle (vgl. auch Kap. 3.2.6). Mit Blick auf die direkten Auswirkungen der heutigen Klimaverhältnisse stellt der Bericht «Brennpunkt Klima Schweiz» fest, dass Transportinfrastruktur und Verkehrswege «sehr gut» angepasst sind. Nichts desto trotz betonen die Autoren, dass der Bau respektive Ausbau technischer Infrastrukturen Investitionszyklen von mehreren Jahrzehnten erfordert (Akademien der Wissenschaft 2016: 122).

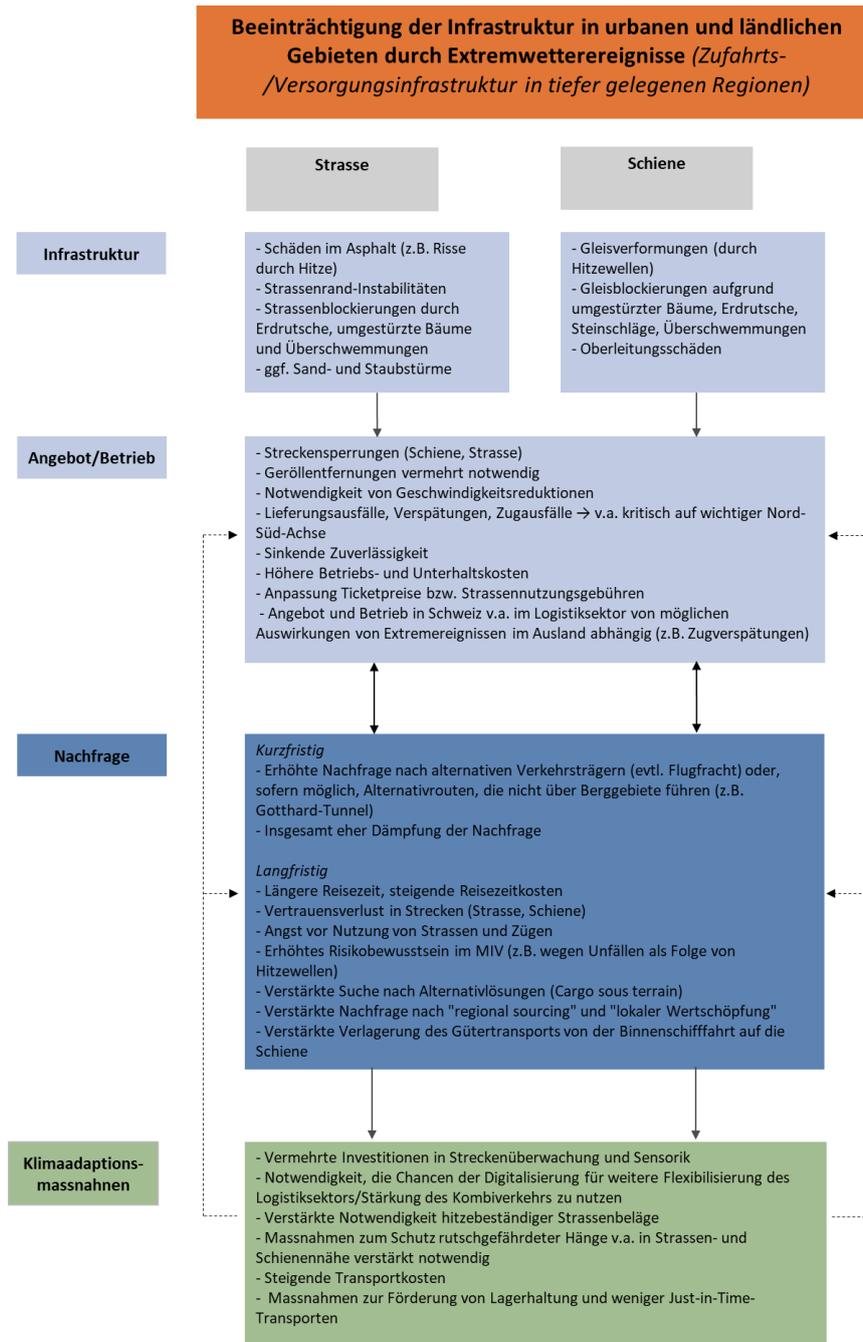


Abb 9: Wirkungskette «Beeinträchtigung der Infrastruktur in urbanen und ländlichen Gebieten durch Extremwetterereignisse (Zufahrts-/Versorgungsinfrastruktur in tiefer gelegenen Regionen, saisonunabhängig)

Grafik INFRAS.

Das heisst: Damit in der Schweiz auf die Herausforderungen des Klimawandels auf den Verkehr im Jahr 2060 angemessen reagiert werden kann, ist bereits heute eine kritische Auseinandersetzung mit möglichen Wirkungen erforderlich. Zudem ist davon auszugehen, dass Beeinträchtigungen der Verkehrsinfrastruktur zukünftig einen Einfluss auf die Verkehrsnachfrage haben könnten. Die Analysestruktur der möglichen Wirkungen ist ähnlich aufgebaut, wie in der vorherigen Wirkungskette. Mehrere, teils sehr unterschiedliche biophysikalische Klimawirkungen werden als mögliches Extremwetterereignis und somit Auslöser einer Wirkung in Betracht gezogen: allen voran Starkniederschläge, extreme Hitze, Stürme und Gewitter.

Die Wirkungskette wird entlang der drei verkehrlichen Ebenen Infrastruktur, Angebot/Betrieb sowie Nachfrage erläutert. Die Beschreibung der Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf Infrastruktur sowie Angebot und Betrieb erfolgt für Strasse und Schiene separat. Diese Unterscheidung ist jedoch nur bedingt trennscharf möglich. Denn insbesondere Extremereignisse mit breiter Wirkung können sowohl den Strassen- als auch den Schienenverkehr beeinträchtigen – unter Umständen sind die Folgen wechselseitig. Deswegen werden möglich verkehrliche Wirkungen auf die Verkehrsnachfrage im Strassen- und Schienenverkehr in urbanen und ländlichen Gebieten gemeinsam diskutiert.

A. Strasse

Starkniederschläge, heftige Stürme und Tage extremer Hitze – diese drei Extremwetterereignisse werden in einem Hintergrundpapier des Umweltbundesamtes zu den Folgen des Klimawandels in Deutschland als besonders bedeutend für die Verkehrsinfrastruktur gewertet. Die Fallstudie beleuchtet dabei explizit, wie extreme Hitzetage im Sommer auf die Strasseninfrastruktur wirken könnten (Umweltbundesamt 2012). Auch in der Schweiz – insbesondere ausserhalb von Berggebieten – ist im Vergleich zu heute von einer deutlichen Zunahme extremer Hitzeperioden im Sommer auszugehen (vgl. OcCC/ProClim 2007: 118). Der Bericht des Umweltbundesamts dürfte insofern auch eine Einordnung erlauben, mit welchen Entwicklungen in der Schweiz in den kommenden Jahrzehnten zu rechnen ist.

Das Umweltbundesamt geht für Deutschland von zusätzlichen Gefahren, Verkehrsbehinderungen und Strassensperrungen aufgrund der zunehmenden Zahl an Hitzetagen aus. Infolgedessen seien künftig «häufigere und teurere» Umbauarbeiten erforderlich. Die Autoren rechnen unter anderem mit einer Zunahme an Spurrinnen und Hitzeaufbrüchen (Umweltbundesamt 2012: 5). Diese Schäden werden auch von anderen wissenschaftlichen Studien aufgegriffen. Mit hitzeangepassten Strassenbelägen könnten Materialermüdungen wie diese vermieden oder zumindest reduziert werden. Die Sanierung mit hitzebeständigerem Asphalt könnte im Vergleich zu heute, in Deutschland üblichen Standard-Asphaltmischungen allerdings um etwa 5 bis 15 Prozent teurer sein. Vor diesem Hintergrund schätzen die Autoren die jährlich zusätzlich anfallenden Kosten alleine für die knapp 6'600 Autobahn-Kilometer in den fünf Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland auf rund 10-40 Millionen Euro (Umweltbundesamt 2012: 5).

Das knüpft auch an eine andere Frage an, die bei dieser Wirkungskette, insbesondere mit Blick auf urbane Gebiete, in den Vordergrund der Analyse rückt: Welchen Einfluss haben Extremwetterereignisse angesichts technologischer Fortschritte – beispielsweise elektrische Fahrzeuge, automatisiertem Fahren, Platooning-Technologien – auf die Funktionalität des Strassenverkehrs? Eine Studie des Öko-Instituts, die zwei mögliche Szenarien zur Entwicklung der Elektromobilität diskutiert, verdeutlicht beispielsweise, dass entweder eine massive Investition in die Ausstattung von Autobahnen oder aber eine verstärkte Verlagerung von Gütertransporten von der Strasse auf die Schiene denkbar wäre (Hacker et al. 2014: 74). Unabhängig vom Szenario gehen die Autoren davon aus, dass Extremwetterereignisse künftig den Verkehr- und die Verkehrsinfrastruktur beeinflussen werden. Das könnte sich auch negativ auf die Zuverlässigkeit der Produktion auswirken. Eine mögliche Konsequenz wäre, «dass der Klimawandel und zunehmende Extremwetterereignisse ein Treiber für verstärktes 'regional sourcing' und lokale Wertschöpfung ist» (Hacker et al. 2014: 167).

B. Schiene

Die Liste an Gefahrenpotenzialen durch Extremwetterereignisse für den Schienenverkehr in urbanen und ländlichen Gebieten ist lang: Überschwemmungen, Murgänge, Hitzewellen, starke Temperaturschwankungen, umgestürzte Bäume etc. (vgl. u.a. Farrag-Thibault 2015: 6). Im Vergleich zur Strasse gilt der Schienenverkehr zwar als weniger abhängig von den herrschenden Wetterverhältnissen (Marscheider et al. 2013: 7) – doch mit über 5000km Eisenbahnlinien und rund 127km Zahnradbahn-Strecken verfügt die Schweiz über

ein vergleichsweise dichtes Infrastrukturnetz (BFS 2017a). Damit stellt die Schiene hierzulande auf vielen Verbindungen eine wichtige Alternative zur Strasse dar – sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Allerdings bietet auch die Schieneninfrastruktur auch eine erhebliche Angriffsfläche für wetterbedingte Extremereignisse.

Umso bedeutender, etwa aus wirtschaftlicher Perspektive, können die negativen Auswirkungen von Extremwetterereignissen auf die Schieneninfrastruktur ausfallen. Ein zentraler Risikofaktor stellen dabei Gleisverformungen aufgrund von Hitze dar. Gemäss einem Bericht des BAFU sind Verformungen ab 50 Millimeter irreversibel (Gleisverwerfung) (BAFU 2019: 64). In der Schweiz traten beispielsweise im Hitzesommer des Jahres 2003 Gleisverformungen rund 50 Prozent häufiger auf, als dies in einem «normalen» Sommer durchschnittlich der Fall ist. Solche Gleisverformungen haben zur Folge, dass Züge auf den betroffenen Streckenabschnitten ihre Geschwindigkeit entweder massiv reduzieren oder die Infrastruktur gar vollständig gesperrt werden muss (Kanton Aargau 2010: 106). Angesichts von Faktoren wie physischen Abnützungerscheinungen an Schienen und Rädern, aber auch deformierten Gleisen titelte der Tagesanzeiger im Frühjahr 2017: «Wie sicher ist das Schweizer Schienennetz?». Der Bericht geht davon aus, dass das Risiko für Störungen im Bahnverkehr in den kommenden Jahren weiter zunehmen könnte (Tagesanzeiger 2017a). Gemäss BAFU gab im Jahr 2018 der SBB zufolge 13 Gleisverformungen (BAFU 2019: 64). Die Autoren des Berichts «Klimaänderungen und die Schweiz 2050» (2007) gehen von einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Hitzesommern in den kommenden Jahrzehnten aus. Vor diesem Hintergrund betonen sie die Notwendigkeit von Vorbeugungsmassnahmen im Bereich der Verkehrsinfrastrukturen (OcCC/ProClim 2007: 118). Zu diesen Massnahmen zählen etwa der Ersatz alter Stahlschwellen sowie der weisse Anstrich von Schienen (BAFU 2019: 64).

Wie grossflächig der Schienenverkehr von einem einzelnen Extremereignis betroffen sein kann, wurde im Sommer 2017 deutlich: Weil es infolge von Bauarbeiten auf der Rheinstrecke in Deutschland zwischen Baden-Baden und Rastatt zu schweren Gleisschäden kam, musste der Schienenpersonen- und -güterverkehr auf diesem Streckenabschnitt über mehrere Wochen komplett gesperrt werden. Die NZZ bezeichnete den Unterbruch als «Desaster für den Güterverkehr» auf der wichtigen europäischen Nord-Süd-Achse zwischen Italien und Deutschland über die Schweiz (NZZ 2017d). Die Havarie hatte Verspätungen und Ausfälle zur Folge. Güter mussten entweder über Umwege oder auf der Strasse transportiert werden. Obgleich der Unterbruch auf der Rheinstrecke im Sommer 2017 nicht auf ein Extremwetterereignis zurückzuführen ist, zeigt der Vorfall doch symbolisch, welche massiven Auswirkungen ein solcher, punktueller Vorfall im vernetzten Schienensystem Europas haben kann.

Ob Gleisverformungen aufgrund extremer Hitze, Sperrungen wegen umgestürzter Bäume, Rutschungen oder Überschwemmungen, Oberleitungsschäden wegen starken Stürmen oder Unwetters – die Folgen von Extremwetterereignissen für den Schienenverkehr können vielfältig sein. Für die Schweiz – insbesondere für den Schienenverkehr ausserhalb von Berggebieten ist diese Wirkungen deswegen so relevant, weil bereits heute das Schienengüterverkehrsangebot von grosser Bedeutung ist. So betrug der Anteil der Schiene an der gesamten Transportleistung im Güterverkehr im Jahr 2016 hierzulande rund 40 Prozent. Im alpenquerenden Güterverkehr machte der Anteil der Schiene sogar 71 Prozent aus (BFS 2017b, BFS 2017c). Käme es infolge von Extremwetterereignissen in der Schweiz in den kommenden Jahrzehnten vermehrt zu Verzögerungen oder Ausfällen im Zugverkehr, wäre die verkehrliche Wirkung des Klimawandels also nicht zuletzt aus internationaler Perspektive von hoher wirtschaftlicher Relevanz.

Um die Zuverlässigkeit im Strassen- und Schienenverkehr aufrecht zu erhalten, dürften weitere Investitionen in das Streckennetz notwendig sein (vgl. OcCC/ProClim 2007: 118). Dies könnte auf der Angebotsseite indes höhere Betriebs- und Unterhaltskosten zur Folge haben. Denkbar wäre, dass dies wiederum die Nutzungskosten beeinflussen könnte – etwa indem Ticketpreise oder Strassennutzungsgebühren erhöht werden. Welche Konsequenzen haben diese Veränderungen letztlich für die verkehrliche Nachfrage?

C. Schifffahrt

Auch wenn die Schweiz keinen direkten Zugang zum Meer hat: für den Gütertransport ist die Schifffahrt von zentraler Bedeutung. Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) hebt hierbei insbesondere die strategische Rolle des Rheins sowie die Basler Häfen als eine «wichtige Infrastruktur für die Handelsbeziehungen der Schweiz» hervor (BABS 2010b). Güterschiffe aus ganz Europa sichern über den Rhein den Zugang der Schweiz zum Meer, allen voran auf der Strecke Basel-Rotterdam. Innerhalb der Schweiz selbst findet mangels entsprechender Wasserstrassen hingegen kaum Güterverkehr auf dem Wasser statt (BAV 2015). Kritisch für die volle Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit im Schweizer Güterschifftransport sind vor allem zwei Ereignisarten, die durch den Klimawandel häufiger vorkommen werden: extreme Hoch- und extreme Niedrigwasser. Diese können beispielsweise Veränderungen der Transportkapazitäten und Abladetiefen zur Folge haben (adelphi, PRC, EURAC 2015: 401). Was das in der Praxis heisst, verdeutlichen zwei Beispiele aus dem Jahr 2018. So haben tiefe Pegelstände aufgrund der Trockenperiode im Sommer 2018 dafür gesorgt, dass Binnenschiffe Mitte 2018 nur mit weniger Gewicht beladen werden konnten, wovon auch der Gütertransport in die Schweiz betroffen war (SRF 2018c). Anfang 2018 hingegen musste der Rhein infolge von Hochwasser hingegen für die Schifffahrt gesperrt werden (SRF 2018d). Daraus resultierende Transportengpässe wie diese erfordern infolge des Aufsuchens von (kurzfristigen) Alternativlösungen – etwa, dass Güter auf der Strasse statt auf Binnengewässern transportiert werden müssen (SRF 2018c).

D. Auswirkungen auf Verkehrsnachfrage

Es ist davon auszugehen, dass die klimatischen Veränderungen sowohl in kurz- als auch langfristiger Hinsicht die verkehrliche Nachfrage in urbanen Gebieten beeinflussen werden. Das folgende Unterkapitel beleuchtet beide Aspekte.

Ereignisse wie Stromausfälle verdeutlichen die Relevanz von Verkehrsträger-Alternativen

Die Autoren des Berichts «Vision Mobilität Schweiz 2050» gehen davon aus, dass Engpässe im Verkehrssystem künftig über eine «gezielte Nachfragesteuerung im Mobilitätsangebot» behoben werden könnten. Als zentrale Möglichkeiten nennen sie unter anderem die räumliche oder zeitliche Verlagerung von Verkehren durch gezielte Anreizsetzung (ETHZ, Universität St.Gallen 2015: 56).

Ein Vorteil, den insbesondere urbane Gebiete gegenüber anderen Regionen in der Schweiz haben – hier auch teilweise im Gegensatz zu ländlichen Gebieten –, ist die breite Verfügbarkeit von alternativen Verkehrsträgern oder Routen. Das bietet eine gewisse Flexibilität (OcCC/ClimPro 2017: 119). Sollte infolge eines Extremwetterereignisses ein bestimmter Verkehrsträger von Störungen betroffen sein, kann idealerweise zügig auf andere Verkehrsmittel zurückgegriffen werden. Alltagsbeispiele, die mögliche Folgen von Extremereignissen auf die verkehrliche Infrastruktur veranschaulichen, sind unter anderem Stromausfälle in urbanen Gebieten. Wenn etwa der Tram- und Busverkehr unterbrochen sind, können Verkehrsteilnehmende kurzfristig – und sofern sie bereit sind die Zusatzkosten zu tragen – notfalls auf andere Verkehrsträger wie beispielsweise Taxis zurückgreifen (vgl. Stromausfall in Zürich Seefeld am 16.1.2018; NZZ 2018).

Generell ist die Verfügbarkeit alternativer Verbindungen mit Blick auf die Nachfrageseite von grosser Relevanz – das gilt nicht nur innerhalb einzelner urbaner Gebiete, sondern auch was den Transport *zwischen* Metropolräumen betrifft. Beispielsweise wird der Gotthard-Basistunnel als wichtiger Faktor zur Reduktion der Verletzlichkeit der SBB-Gotthardstrecke betrachtet. Demnach sehen die Autoren einer Fallstudie zu den klimabedingten Risiken und Chancen 2060 im Kanton Uri die Gefahren eines Streckenunterbruchs im Bereich Uri bedingt durch klimarelevante Ereignisse «massiv verringert» (Infras 2015: 247).

Unterirdischer Gütertransport als langfristige Alternative zum Landweg?

Die Art und Weise möglicher Anpassungsmassnahmen auf Angebot und Betrieb dürften langfristig auch die Reisezeit – und damit einhergehend die Reisezeitkosten – beeinflussen. Ein weiterer entscheidender Faktor dürfte sein, wie sich die Folgen von Extremwetterereignissen auf die Infrastruktur in «emotionaler» Hinsicht auswirken. Eine Konsequenz könnte ein Vertrauensverlust in Strecken sein – sowohl seitens von Privatpersonen als auch von Unternehmen. Das Beispiel des mehrwöchigen Unterbruchs auf der Rheintalstrecke im Sommer 2017 verdeutlicht, von welcher grossen Relevanz Aspekte wie Kundenvertrauen im Logistik- und Transportsektor sein können. So hebt die Aargauer Zeitung neben dem finanziellen auch den immateriellen Schaden hervor, den die Sperrung zwischen Rastatt und Baden-Baden für den Schienengüterverkehr haben könnte. «Das Vertrauen ist angeschlagen. Es wird eine Weile dauern, Kunden, die auf die Strasse ausgewichen sind, wieder für die Schiene zu gewinnen» (Aargauer Zeitung 2017). Andererseits ist denkbar, dass Privatkunden bewusst auf Öffentliche Verkehrsangebote im Schienenverkehr ausweichen: Hintergrund ist, dass sich aufgrund von Unfällen im Strassenverkehr als Folge von Hitzeperioden das Risikobewusstsein im Individualverkehr erhöht.

Mit Blick auf das Jahr 2060 könnte die Folgen klimatischer Veränderungen jedoch auch die Suche nach Alternativen zum Land-, Flug- oder Binnenschiffahrtverkehr verstärken. Als eine mögliche Transportalternative zur Entlastung des Güterverkehrs gelten unterirdische Transportsysteme (z.B. «Cargo Sous Terrain», «Cargo Cab»). Die Grundidee ist, das Waren in sogenannten Frachtkapseln führerlos weite Strecken über unterirdische Tunnelsysteme zurücklegen. Erste Überlegungen zur Projektumsetzung in der Schweiz gibt es für die Strecke Härkingen-Zürich. Dort sollen mithilfe von Investoren ab dem Jahr 2030 Güter unterirdisch transportiert werden (SRF 2017b, Stein 2017, Infras 2016b).⁷ Die Folgen des Klimawandels könnten sich aber auch in umgekehrter Hinsicht auf die verkehrliche Nachfrage «traditioneller» Verkehrsträger auswirken: Aufgrund einer möglichen Zunahme von Niedrig- oder Hochwasserereignissen ist langfristig eine vermehrte Tendenz, den Transport von der Binnenschiffahrt auf die Strasse oder Schiene zu verlagern, denkbar (Hacker et al. 2014: 167). Denkbar ist zudem, dass der Bedarf regionaler Verkehre – aufgrund einer verstärkten Nachfrage nach lokaler Wertschöpfung – weiter ansteigt.

Zukunftsskizze: Extremwetterereignisse

Das gibt's doch nicht. Beim Blick aus dem Fenster schlägt Herr Bianchi die Hände überm Kopf zusammen. Am Himmel ziehen schwere Gewitterwolken auf. Mit der VR-Brille checkt der Spediteur den Status seiner automatisch fahrenden Güterzüge. Noch ist alles im grünen Bereich. Doch Bianchi weiss: Dass kann sich von der einen auf die andere Sekunde ändern. In letzter Zeit haben mehrere heftige Gewitter und Stürme die Oberleitungen an zentralen Streckenabschnitten. Das hat für extreme Behinderungen im Schienenverkehr – und wegen des Kombiverkehrs – auch im Strassenverkehr gesorgt. Lieferketten wurden unterbrochen. Aufräumarbeiten und Streckensperrungen kosteten wertvolle Zeit. Immer wieder werden vom Bundesamt für Verkehr Fahrverbote für bestimmte Teilabschnitte verhängt – auch um die Verkehrsinfrastruktur bei Extremwetterereignissen vor weiteren Schäden zu schützen. An die Jahresbilanz seines Unternehmens mag Bianchi gar nicht denken: Gütertransport ist aufgrund der hohen Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur und der Umweltrisiken teuer geworden. Gleichzeitig ist die Schweiz aufgrund ihrer zentralen Lage in Europa ein wichtiger Knotenpunkt – sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Umso gespannter ist Herr Bianchi auf nächste Woche: Am 1. März 2060 wird endlich die erste durchgehende «Cargo sous Terrain»-Strecke der Schweiz in Betrieb gehen. Zwischen dem Flughafen Zürich und Basel wurde eine unterirdische Transport-Bahn für Güter gebaut. Und Herr Bianchi hat mit seiner Speditions-Firma kräftig in das Projekt investiert...

⁷ Auch in Deutschland gibt es erste Bestrebungen für Projekte im Bereich des unterirdischen Gütertransports. Laut einem Artikel der Verkehrsrundschau (Ausgabe 51-52/2017; Sonderheft) prüft Bergisch-Glabach als erste deutsche Kommune im Rahmen einer Machbarkeitsstudie diese Verkehrslösung. Dem Autor zufolge könnte das Projekt möglicherweise bereits im Jahr 2021 in Betrieb genommen werden (Stein 2017).

3.2.6 Wirkungskette 6: Indirekte Wirkungen über Effekte im Ausland

Klimatische Veränderungen machen nicht an Staatsgrenzen Halt. In einer wirtschaftlich wie politisch immer enger verbundenen Welt, sind die Folgen von Temperaturanstiegen und Extremwetterereignissen von zunehmender globaler Relevanz und damit auch für international stark vernetzte Länder wie die Schweiz von ernsthafte Bedeutung. Selbst wenn die direkten Folgen des Klimawandels in grosser geographischer Entfernung auftreten, kann das hierzulande konkrete Auswirkungen haben (Piguet 2016: 136). Die Relevanz des internationalen Klimawandels für die Schweiz und seine Nachbarländer – etwa mit Blick auf die Vulnerabilität in Zusammenhang mit wirtschaftlichen, sicherheitspolitischen oder migrationsbedingten Entwicklungen – ist Gegenstand zahlreicher, laufender sowie jüngst veröffentlichter Studien und Forschungsarbeiten (z.B. Kohli et al. 2018; Brzoska et al. 2018; UBA 2018 (laufend); Vöhringer, F., Vielle, M., Thurm, B. et al. 2017; Akademien der Wissenschaft 2016; Hirschfeld & Lindow 2016; adelphi, PRC, EURAC 2015; IBK, AWEL 2007; BAFU 2007).

Das folgende Unterkapitel fokussiert auf mögliche indirekte Wirkungen des Klimawandels über Effekte im Ausland auf das Verkehrssystem in der Schweiz. Im Zentrum steht die Frage, über welche potentiellen Wirkungsketten sich klimatische Veränderungen auf der Import- sowie der Export-Ebene hierzulande auswirken können. Wie relevant können weltweite, klimabedingte Veränderungen und deren Wirkungen auf Infrastruktur, Gesundheit und natürliche Ressourcen ausserhalb der Schweiz letztlich von Relevanz für das schweizerische Verkehrssystem sein? Die Analyse erfolgt entlang von vier Themenfeldern: Migration, Tourismus, Güter (Waren und Dienstleistungen) sowie Transport und Verkehr.

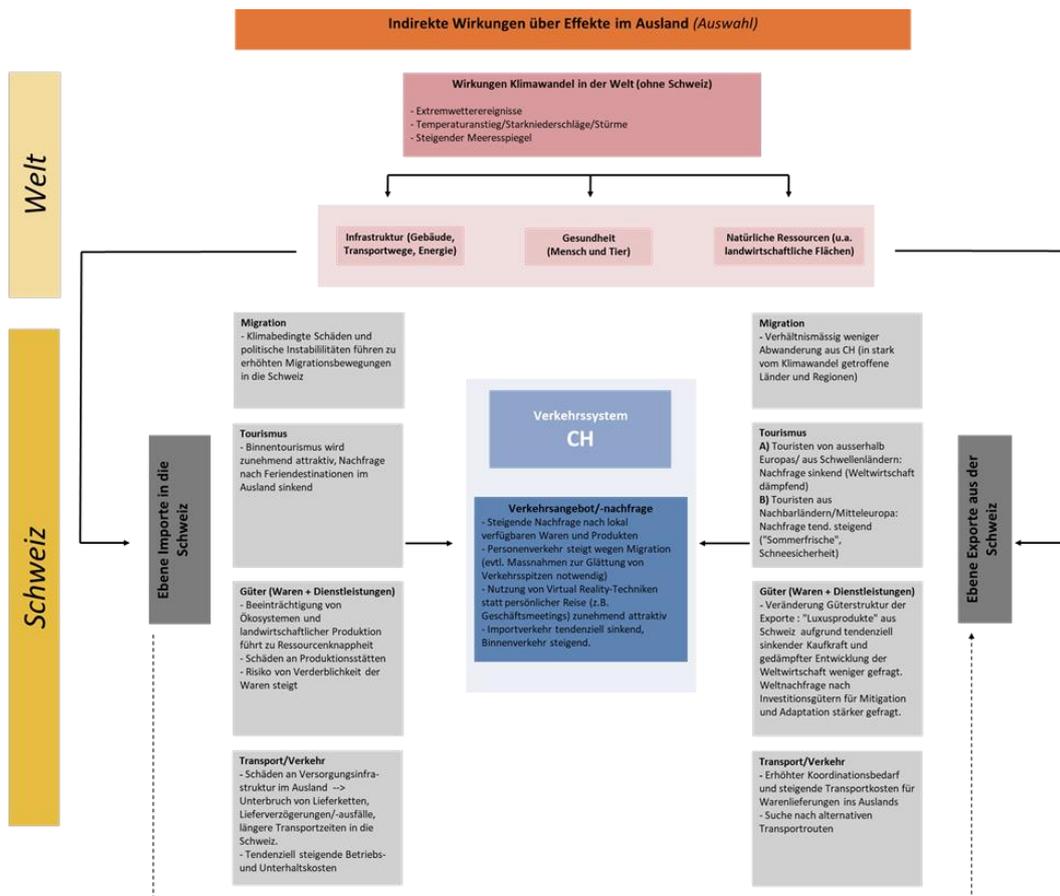


Abb. 10: Wirkungskette – Indirekte Wirkungen über Effekte im Ausland (Auswahl)

Grafik INFRAS.

Migration

Für Migration gibt es viele Gründe. Oft ist nicht ein einziger Faktor ausschlaggebend, sondern eine Verknüpfung verschiedener Ursachen (Konflikte, Armut, Klima etc.). In seiner Analyse des Klimawandels mit Blick auf globale Zusammenhänge und Migration verweist Piguet (2016) darauf, dass die Mehrheit der Studien, *nicht* den Schluss zulassen würden, dass die Schweiz direkt durch «umweltbedingte Migrationswellen» betroffen sein werde. Bevölkerungsbewegungen dieser Art würden primär über kürzere Distanzen hinweg stattfinden, beispielsweise innerhalb von Staaten oder zwischen benachbarten Staaten. Jedoch sei nicht auszuschliessen, dass eine Kombination der oben genannten Faktoren einen Migrationsdruck zur Folge haben könne (Piguet 2016: 127). Denkbar wäre beispielsweise, dass sich bei einer solchen Entwicklung eine Art Dominoeffekt über verschiedene Klimazonen hinweg abzeichnet. Inwiefern die Schweiz davon betroffen ist, dürfte von verschiedenen Fluchtursachen abhängen.

Generell wird davon ausgegangen, dass der Klimawandel des 21. Jahrhunderts dazu führen kann, dass Menschen ihre Heimat verlassen. Aufgrund der vielfältigen Ursachen sind konkrete quantitative Prognosen schwer möglich (IPCC 2014: 20). Eine alleinige Reduktion der Fluchtursachen auf den Faktor Klimawandel wird in aktuellen wissenschaftlichen Studien kritisch gesehen. Die Forschung hierzu ist noch wenig umfassend (vgl. Brzoska 2018, Kohli et al. 2018). Einen möglichen Ansatzpunkt liefern Brzoska et al. (2018). Ihre Studie unterscheidet vier mögliche Formen klimabedingter Migration:

- Umweltkatastrophen (eher kurzfristig, z.B. Hochwasser),
- einkommensmindernde Umweltveränderungen (z.B. in der Landwirtschaft),
- komplexe Katastrophen (z.B. bewaffnete Konflikte in Zusammenhang mit Dürren) und
- Umwelteinflüsse die Lebensbedingungen zerstören (z.B. Anstieg des Meeresspiegels, Wüstenbildung) (Brzoska 2018: 215).

Auf Basis der gegenwärtigen Literatur wird deutlich, wie komplex Vorhersagen zur klimabedingten Migration sind. Gleiches gilt für Einschätzungen zu Rückkehrmöglichkeiten und Rückkehrquoten respektive Auswanderungsströmen aus der Schweiz (Brzoska 2018: 2012). Dennoch stellt sich – auch angesichts bereits heute zu beobachtenden Klimaveränderungen in nahegelegenen Regionen Südeuropas – die Frage, auf welche möglichen Bevölkerungsentwicklungen sich die Schweiz in diesem Zusammenhang einstellen muss. Das ist nicht zuletzt mit Blick auf das Verkehrssystem in der Schweiz und die erwartete Nachfrage im Personen- und Güterverkehr relevant.

Tourismus

Gegenwärtig profitiert der Tourismussektor in der Schweiz vor allem von der ansteigenden Anzahl Gäste aus dem Ausland. Insbesondere im Fernmarkt ist weiterhin mit Wachstum zu rechnen, v.a. auch dank höher Nachfrage aus dem asiatischen Raum. China gehört inzwischen zum weltweit wichtigsten Herkunftsmarkt im Tourismus (Abrahamsen et al. 2017). Wie aber werden sich klimatische Veränderungen in den kommenden Jahrzehnten auf die Tourismuskonsumnachfrage in der Schweiz auswirken? Und was bedeutet das für das Verkehrssystem im Jahr 2060?

Wissenschaftliche Studien unterstreichen, dass die Bedeutung des Klimawandels für die Tourismuskonsumnachfrage auf langfristige Sicht schwer einzuschätzen ist. Umso bedeutender seien hingegen kurzfristige, allen voran wirtschaftliche Einflüsse. Dazu gehören etwa Wechselkursentwicklungen, sozio-ökonomische Entwicklungen und gesellschaftliche Trends (Müller & Lehmann Friedli 2011: 33). So führen Abrahamsen et al. (2017) vor allem die gute konjunkturelle Entwicklung im asiatischen Raum als Gründe für den gegenwärtigen Anstieg chinesischer Touristen an (Abrahamsen et al. 2017). Die hohe Relevanz der sozio-ökonomischen Situation im Ausland für den hiesigen Tourismussektor könnte im Umkehrschluss aber auch darauf schliessen lassen, dass eine potentielle schwächere Wirtschaftsentwicklung in anderen Ländern – möglicherweise sogar infolge von Klimaveränderungen – die Tourismuskonsumnachfrage hierzulande dämpfen könnte.

Mit den zu erwarteten Temperaturerhöhungen könnte aber auch eine Verschiebung der Touristenströme vor allem aus dem Inland und den benachbarten europäischen Ländern in den Sommermonaten einhergehen (vgl. hierzu auch Kapitel 5.5.1). So erwarten Rebetez und Lehmann (2016) positive Auswirkungen auf den Tourismus in höher gelegenen Regionen und eine verlängerte Sommersaison. Umgekehrt würden Regionen im Mittelmeerraum infolge von Hitze- und Trockenperioden unter einem Nachfragerückgang leiden (Rebetez & Lehmann Friedli 2016: 117). Nicht zuletzt mit Blick auf ausländische Touristen könnte sich hier möglicherweise langfristig sogar die Frage stellen, ob die vergleichsweise kühlen Berggebiete an Attraktivität für hitzegeplagten Südeuropäer gewinnen. So haben Serquet und Rebetez in ihrer Studie zum Zusammenhang vom Tourismus in den Schweizer Alpen und den Sommertemperaturen in Zusammenhang mit dem Klimawandel eine positive Korrelation zwischen der Anzahl an Übernachtungsnächten einheimischer Touristen in den Bergen und hohen Temperaturen in tiefer gelegenen Gebieten der Schweiz festgestellt (Serquet & Rebetez 2011).

Während der Tourismussektor, abhängig von den konjunkturellen Entwicklungen im In- und Ausland, auf den ersten Blick von steigenden Temperaturen im Sommer profitieren könnte, könnte die Vulnerabilität des Wintertourismus in tiefer gelegenen Berggebieten weiter steigen. Eine sinkende Schneegarantie vor allem in tiefergelegenen Regionen, Attraktivitätsverluste aufgrund von Gletscherschmelzen und teilweise fehlender Winteratmosphäre könnten die «Lust auf den alpinen Wintersport» (Müller & Lehmann Friedli 2011: 27) und damit auch die verkehrliche Nachfrage aus dem Ausland in den Wintermonaten dämpfen (Abrahamsen et al 2017, Rebetez & Lehmann Friedli 2016, Müller & Lehmann Friedli 2011). Gleichzeitig ist denkbar, dass höher gelegene Berggebiete in der Schweiz – dank ihrer vergleichsweise hohen vorhandenen Schneegarantie – auf internationaler Ebene von einem zunehmenden Attraktivitätsgewinn (echter Schnee als Alleinstellungsmerkmal) profitieren (Rebetez & Lehmann Friedli 2016: 117).

Güter (Waren und Dienstleistungen)

Ernteausfälle wegen Dürre, Produktionsunterbrüche aufgrund von Überschwemmungen von Produktionsstandorten, Zerstörung von Lebensräumen wegen Waldbränden: Immer wieder sorgen solche Extremereignisse für Schlagzeilen. Egal ob diese hierzulande, in europäischen Nachbarländern oder in Übersee eintreten: sie alle haben einen Einfluss auf den Welthandel – und sind damit, zumindest indirekt, auch für die heimische Wirtschaft relevant. Für die Schweiz bedeutet das, dass sie sich verstärkt mit der Klimavulnerabilität ihrer Handelsbeziehungen auseinandersetzen muss. Vor allem im Agrarsektor – aber auch im sekundären und tertiären Sektor – kann der Klimawandel weitreichende Folgen für Import- und Exportströme haben.

Besonders deutlich wird das am Beispiel der Landwirtschaft. Extremereignisse führen zu kurzfristigen Ertragseinbrüchen oder Produktionsausfällen, und als Folge davon auch zu höheren Preisen für landwirtschaftliche Importprodukte. Einhergehend mit einem fortschreitenden Klimawandel wird langfristig eine sinkend «Ertragsstabilität»⁸ auf globaler Ebene erwartet (Fuhrer 2016: 111, 114). Die klimatischen Veränderungen gefährden vor allem die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen. Hitze und Trockenheit könnten beispielsweise die Bodenfeuchte signifikant reduzieren. Länder im Mittelmeerraum – mit denen die Schweiz wirtschaftlich eng vernetzt ist – können von dieser Entwicklung besonders betroffen sein (Kohli et al. 2018: 8). Doch auch in den nordeuropäischen Breitengraden können Extremereignisse massive Folgen haben. So haben Wetterextreme in der deutschen Pflanzenproduktion zwischen 2000 und 2015 zu durchschnittlichen Ertragsausfällen von ca. 470 Millionen Euro pro Jahr geführt. Über die Hälfte dieser Schäden gehen auf Trockenheit und Dürre zurück (Umweltbundesamt 2015: 108). Diese Faktoren können eine verstärkte Preisvolatilität zur Folge haben und letztlich zu steigenden Nahrungs- und Futtermittelpreisen führen (BAFU 2013: 2). Davon wiederum ist letztlich auch der Transportsektor betroffen,

⁸ Das Bundesamt für Ernährungssicherheit (BAES) definiert den Begriff «Ertragsstabilität» wie folgt: «Hinter dem Begriff „Ertragsstabilität“ verbirgt sich eine Reihe von teilweise schwer messbaren Eigenschaften wie beispielsweise: Photoperiodisches Verhalten, Spätsaatverträglichkeit, Ausbildung des Wurzelsystems, Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, Winterfestigkeit, Dürresistenz, Standfestigkeit und Adaptation an Bodeneigenschaften. In der Praxis werden häufig die Begriffe „Ertragstreue“, „Ertragsicherheit“, „Umweltstabilität“, „ökologische Streubreite“ und „Standortangepasstheit“ verwendet (BAES 2016: 127).

weil dies einen Nachfragerückgang für landwirtschaftliche Importgüter zur Folge haben kann.

Mit den hohen Temperaturen steigt das Risiko, dass Waren verderben. Der Güterverkehr beispielsweise müsste sich auf eine verminderte Haltbarkeit von Lebensmitteln einstellen (BAFU 2014: 24). Auch die Vulnerabilität gegenüber aus dem Ausland über die Transportketten importierten Schädlingen kann mit klimatischen Veränderungen zunehmen. Während sich höhere Temperaturen hierzulande eher zu negativen Auswirkungen auf Pflanzengruppen wie Winterweizen oder Kartoffeln führen, könnte sich der Anbau von Produkten wie Mais positiv entwickeln (Fuhrer 2016: 113). Solche Entwicklungen könnten auch das Verkehrssystem in der Schweiz beeinflussen, etwa wenn die Binnennachfrage nach bestimmten Produkten zunimmt.

Inwiefern positive oder negative Klimawirkungen auf den Absatzmärkten überwiegen, bleibt abzuwarten. Ob klimatische Veränderungen zu wirtschaftlichen Einbussen im Ausland führen, ist vor allem für exportabhängige Wirtschaftszweige von hoher Bedeutung. So könnte denkbar sein, dass hochwertige Produkte aus der Schweiz aufgrund gedämpfter Wirtschaftsentwicklungen weniger gefragt sinkt. Gleichzeitig könnte die Nachfrage nach Investitionsgütern und Knowhow für Adaptions- oder Vermeidungsmassnahmen steigen.

Transport und Verkehr

Von negativen Auswirkungen klimatischer Veränderungen und Extremwetterereignisse bleiben auch die Verkehrsinfrastrukturen im Ausland nicht verschont. Die in den Wirkungsketten 3, 4 und 5 beschriebenen Entwicklungen sind – teilweise in geringer, teilweise in stärkerer Ausprägung – auch in anderen Ländern zu erwarten (vgl. Kapitel 3.2.4, 3.2.5 und 3.2.6). Aufgrund der eng vernetzten grenzüberschreitenden Handelsbeziehungen der Schweiz haben Infrastrukturschäden im Ausland direkte und indirekte Auswirkungen für hiesige Wirtschaft: Verzögerungen, Unterbrüche und Ausfälle von Lieferketten können die Folge sein. Tendenziell ist auch im Ausland mit steigenden Betriebs- und Unterhaltskosten zu rechnen, was wiederum Preisanstiege für Lieferungen in die Schweiz nach sich ziehen kann.

Für den Exportsektor können klimabedingte Schäden und Unterbrüche im Verkehrssektor hierzulande wiederum einen erhöhten Koordinationsbedarf zur Folge haben. Die Kosten für Transporte und Warenlieferungen nehmen zu. Eine Konsequenz könnte sein, dass exportorientierte Unternehmen vermehrt nach Alternativmöglichkeiten suchen, etwa anderen Transportrouten. Für dienstleistungsorientierte Unternehmen wiederum, könnte die Nutzung digitaler Kommunikationsmittel attraktiver werden. Denkbar wäre beispielsweise, dass dank Virtual Reality-Techniken zunehmend auf persönliche Treffen und Geschäftsreisen verzichtet wird.

3.3 Übersicht Gesamt-Wirkungsmodell Klimawandel – Verkehrsnachfrage

Das Wirkungsmodell (Abb. 11 auf der folgenden Seite) fasst die Ergebnisse der Literaturanalyse zusammen und entspricht einer Synthese der in den vorherigen Teilkapiteln dargestellten Wirkungsketten. Die Darstellung als Gesamtmodell ist primär als konzeptionelle Denkgrundlage zu verstehen, die zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage dieses Projektes dienen soll: Wie wirken sich die klimatischen Veränderungen auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz aus?

Der Aufbau des Wirkungsmodells verdeutlicht: Für die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage sind verschiedene Untersuchungsebenen relevant. Dazu gehören etwa der Ort bzw. Raumtyp, das Verkehrssystem, die verschiedenen Verkehrsmittel, aber auch die zeitliche Dimension und Verhaltensweisen der (potenziellen) Verkehrsteilnehmenden. Die Abbildung stellt die Wirkungszusammenhänge der unterschiedlichen Ebenen – die im Folgenden textlich kurz erläutert werden – in vereinfachter Form dar.

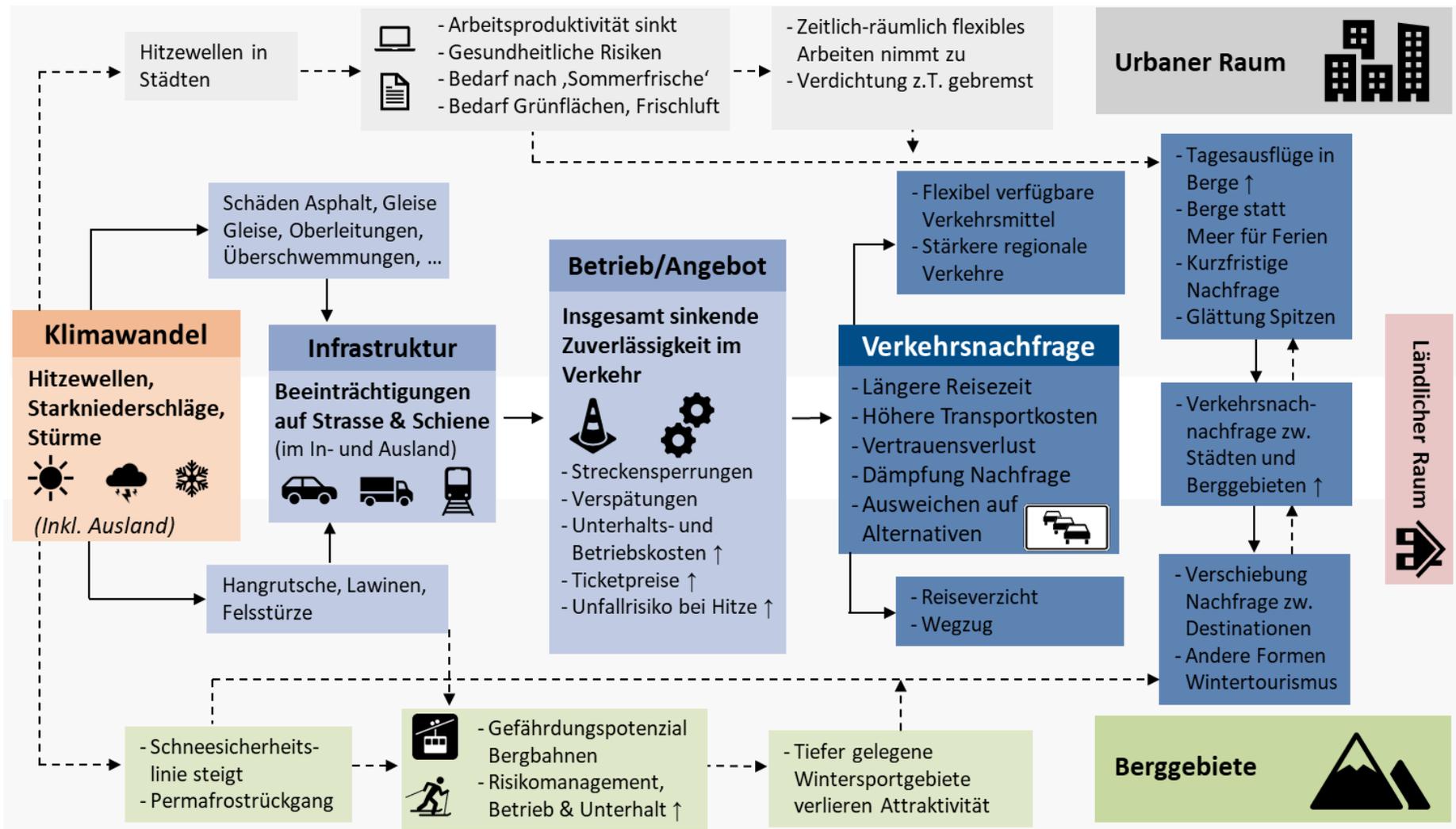


Abb. 11: Wirkungsmodell Klimawandel – Verkehrsnachfrage

Grafik INFRAS. Symbole: Microsoft Power Point, Pixabay.

Biophysikalische Klimawirkungen: Extremereignisse und schleichende Veränderungen

Hitzewellen, Starkniederschläge, Stürme – Extremwetterereignisse wie diese stehen symbolisch für Folgen, die mit veränderten Klimabedingungen einhergehen können. Die vorliegende wissenschaftliche Literatur geht in weiten Teilen davon aus, dass die Schweiz wie der gesamte Alpenraum von Faktoren wie Temperaturerhöhungen und anderen Klimaänderungen im Verhältnis besonders stark betroffen sein könnte (Akademien der Wissenschaft 2016: 42 ff., Teich et al. 2007: 19). So wirken sich zum einen regionale und globale klimatische Entwicklungen auf das Klima hierzulande aus, zum anderen sind aber auch lokale Einflusskanäle wie «die komplexe Topographie» von grosser Relevanz (Akademien der Wissenschaft 2016: 42). Infolge der Höhenunterschiede in den Alpen beispielsweise wirken sich Niederschlags- und Temperaturänderungen viel stärker aus, als dies in tieferen Lagen der Fall ist (Hipp et al. 2015: 7).

Räumliche Dimension: urbane Räume vs. Berggebiete

Das Wirkungsmodell geht von zwei räumlichen Extremen aus: dem urbanen Raum und Berggebieten. Auf Basis der Literaturanalyse wird angenommen, dass in diesen beiden Räumen die Folgen klimatischer Veränderungen und damit auch die Wirkungen auf die verkehrliche Nachfrage besonders deutlich zum Vorschein kommen. Klar ist aber auch, dass eine Unterscheidung verschiedener Raumtypen nur bedingt trennscharf erfolgen kann. Das liegt unter anderem daran, dass sich urbane Räume nicht notwendigerweise auf eindeutig abgrenzbare Orte beschränken (Wachstum in den Agglomerationen, Verdichtung, Zusammenwachsen von Städten). Zudem bestehen zwischen Berggebieten grosse Unterschiede, die etwa auf unterschiedliche geographische und topographische Gegebenheiten zurückzuführen sind. Die Folgen biophysikalischer Klimawirkungen können sich generell je nach geographischer Lage in ihrer Intensität unterscheiden. In Berggebieten etwa stellen etwa Hangrutsche, Felsstürze und Lawinen eine besondere Gefährdung dar. Strassenbelagsschäden⁹ und Gleisverformungen aufgrund von Hitze sowie von Überschwemmungen sind in der Tendenz indes vor allem in tieferen Lagen beziehungsweise Gebieten mit hohem Versiegelungsgrad von Bedeutung. Je nach örtlicher Betroffenheit der Verkehrsträger kann der Klimawandel auch zu modalen Verschiebungen der Nachfrage führen. Weil aufgrund von Extremwetterereignissen mit einer Zunahme von Infrastrukturschäden und -sperrungen zu rechnen ist, kommt zukünftig jedoch der parallel verfügbaren Infrastruktur von Strasse und Schiene eine hohe Bedeutung zu, um die Erschliessung sicherzustellen.

Verkehrssystem: Infrastruktur, Angebot/Betrieb, Nachfrage

Längere Reisezeiten, höhere Transportkosten, Vertrauensverlust in bestimmte Strecken, eine generelle Dämpfung der Nachfrage und eine gleichzeitige Nachfragesteigerung nach alternativen Verkehrsmitteln: Diese Wirkungen des Klimawandels sind mit Blick auf die Verkehrsnachfrage – sowohl im urbanen Raum als auch in Berggebieten – denkbar. Die Verkehrsnachfrage steht als eine von drei Ebenen des Verkehrssystems im Zentrum des Wirkungsmodells. Daneben werden die Ebenen Infrastruktur sowie Angebot/Betrieb beleuchtet. Es wird angenommen, dass sich die drei Ebenen gegenseitig beeinflussen und in wechselseitiger Beziehung stehen. Hinsichtlich der Ebene Angebot/Betrieb wird insgesamt von einer sinkenden Zuverlässigkeit im Verkehr ausgegangen (u.a. bedingt durch Streckensperrungen, Verspätungen und Lieferungsausfälle). In welchem Umfang dies der Fall ist, dürfte allerdings entscheidend von der Wirksamkeit möglicher Klimaadaptionsmassnahmen abhängig sein.

⁹ In der Schweiz bestehen die Strassenbelege üblicherweise aus Asphalt. Dieses ist unter anderem zusammengesetzt aus mineralischen Zuschlagsstoffen sowie Bitumen respektive bitumhaltigen Bindemitteln und Luft (Partl 2011: 15). Bei langanhaltender Hitze kann es zu Verformungen oder zur Bildung von Spurrinnen im Asphalt kommen, wenn der Asphalt zu wenig Luftporen hat. Dadurch kann sich das Bindemittel Bitumen nicht ausdehnen und drückt die Gesteinskörnungen auseinander (Landesbetrieb Strassenbau NRW 2018).

Verkehrsträger: Strasse und Schiene

Im Fokus der Wirkungsanalyse stehen insbesondere zwei Verkehrsträger: Strasse und Schiene. In der Schweiz sind diese beiden Verkehrsträger sowohl im urbanen Raum als auch in Berggebieten (weitgehend) präsent. Angesichts der hohen wirtschaftlichen Bedeutung des Tourismussektors in Berggebieten rückt zudem ein weiteres Verkehrsmittel in den Analysefokus: Skilifte und Seilbahnen. Vor dem Hintergrund des erwarteten Temperaturanstiegs und der damit einhergehenden Permafrost-Degradation wird angenommen, dass Skiliftinstallationen künftig einem erhöhten Gefährdungspotenzial (Verschiebungen, Setzungen) ausgesetzt sein könnten. Gleichzeitig könnte wegen des erwarteten Anstiegs der Schneesicherheitslinie die Nachfrage im Wintersporttourismus nach Skiliften in höher gelegenen Bergregionen steigen. Die Analyse umfasst sowohl Personen- als auch Güterverkehr.

Zeitliche Dimension: Tages- und Jahreszeiten

Das Wirkungsmodell geht von einer Verschiebung der Verkehrsnachfrage innerhalb der Tages- und Jahreszeiten aus. Ein Denkansatz ist unter anderem, dass insbesondere Grossstadtbewohner künftig zunehmend von Hitzewellen im Sommer (hoher Versiegelungsgrad in Städten) betroffen sein könnten. Denkbar wäre beispielsweise, dass flexible Arbeitszeiten – etwa zu «kühleren» Randzeiten am Tag – verstärkt gefragt sind. Zudem könnte das Erleben von «Sommerfrische» an Attraktivität gewinnen, was wiederum eine erhöhte Nachfrage im Tagestourismus in den Bergen zur Folge haben könnte. Vor dem Hintergrund der steigenden Schneesicherheitslinie sind im Wintertourismus Verschiebungen der Touristenströme in höher gelegene Wintersportgebiete denkbar. Diese erhöhte Verkehrsnachfrage könnte einen verstärkten Bedarf nach Zufahrtsmöglichkeiten in diesen Bereichen erfordern. Umgekehrt könnten tiefer gelegene Wintersportgebiete an Attraktivität verlieren, was sich im Winter möglicherweise negativ auf die dortige Verkehrsnachfrage auswirken könnte.

4 Szenarien

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz im Jahr 2060 könnten von einer Kombination vieler Faktoren abhängen. In diesem Kapitel werden entlang von drei Szenarien – Laissez-faire, Anpassung und Vermeidung – mögliche Eckwerte skizziert. Sie dienen vor allem als Denkgrundlage für die anschliessende Wirkungsanalyse – und sollen dabei helfen, potentielle künftige Wirkungen auf den Verkehr hierzulande aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und zu diskutieren. Einleitend wirft dieses Kapitel zunächst einen Blick auf den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Forschung.

Klimaentwicklung in der Schweiz bis 2060

Um das Jahr 2060 herum könnte die Temperatur in der Schweiz zwischen 2,0°C und 3,3°C höher liegen als im Referenzzeitraum 1981-2010 – vorausgesetzt es erfolgen keine Klimaschutzmassnahmen und die Treibhausgasemissionen nehmen weiter zu (Klimaszenario RCP8.5). Im Sommer könnten die Temperaturen sogar um bis zu 4,4°C steigen. Würden Klimaschutzmassnahmen konsequent umgesetzt (Szenario RCP2.6) – d.h. «Senkung der Emissionen auf praktisch Null» – läge die schweizweite Temperaturänderung bei +0,7 bis +1,9°C (NCCS 2018a, NCCS 2018b, NCCS 2018c). Zu diesen Resultaten kommt das National Centre for Climate Services 2018 in seinem neusten Bericht zu den Klimaszenarien für die Schweiz (siehe Box). Hinsichtlich der Niederschlagsmengen ergibt sich gemäss den Studienautoren ein gemischtes Bild: Tendenziell ist bei ungebremst steigenden Treibhausgasemissionen (RCP8.5) eine Zunahme des Niederschlags im Winter möglich (-3 Prozent bis +21 Prozent), während die mittleren Niederschlagsmengen im Sommer eher zurückgehen (-25 Prozent bis +9 Prozent). Insgesamt rechnen die Studienautoren im Sommer «[...] mit einer flächendeckenden Abnahme der Niederschläge» (NCCS 2018d). Insgesamt trifft der Klimawandel die gesamte Schweiz. Im Detail lassen die Prognosen jedoch darauf schliessen, dass die klimatischen Veränderungen je Jahreszeit und Grossregion unterschiedlich ausgeprägt sind. So ist davon auszugehen, dass die Temperaturen in keiner Region in der Schweiz im Sommer so stark ansteigen, wie in den alpinen Regionen (bis zu 3,9°C) (NCCS 2018c, NCCS 2018g). Hinsichtlich des Niederschlags erwartet die Studie, dass «[...] relative Änderungen im saisonalen Niederschlag bis Mitte des Jahrhunderts im Winter im Südtessin und im Mittelland am grössten» ausfallen (NCCS 2018d). Beispiel Mittelland: Bis 2060 ist gemäss der Studie bei einem ungebremsten Klimawandel dort mit Erhöhung der Jahresmitteltemperatur zwischen 2°C und 3°C zu rechnen. In den Monaten Dezember bis Februar könnten die Niederschlagsmengen um 5 bis 31 Prozent ansteigen. Obgleich die Sommer trockener ausfallen (+3 bis -26 Prozent weniger Regen), rechnen die Autoren für das Mittelland mit häufigeren und intensiveren Starkregenereignissen im Sommer (NCCS 2018e). Im Tessin könnte die Temperatur gemäss dem, in der Studie angenommenen Szenario RCP8.5, um bis zu 3,7°C steigen. Im Vergleich zum Referenzzeitraum könnten die Unterschiede auf der Alpensüdseite bei den Niederschlagsmengen im Jahr 2060 zwischen -13 Prozent und +36 Prozent betragen (Sommer: -22 Prozent bis +17 Prozent) (NCCS 2018f).

Das National Centre for Climate Services (NCCS) hat 2018 einen Bericht veröffentlicht in dem Klimaszenarien für die Schweiz erörtert werden: «CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz». Die Autoren (u.a. von MeteoSchweiz, ETH Zürich und Center for Climate Systems Modeling et al.) analysieren darin, welche klimatischen Veränderungen um das Jahr 2060 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1981-2010 auftreten könnten. Die Arbeiten – darunter ein umfassender 'Technical Report' (NCCS 2018a) sowie eine anschauliche Broschüre (NCCS 2018a) – bieten einen breiten Überblick zu Temperatur- und Niederschlagsveränderungen sowie regionale Übersichten. Der Bericht gruppiert den Mittelwert der Klimaverhältnisse über verschiedene Zeiträume. Die Resultate für das Jahr 2060 ('Mitte des Jahrhunderts') umfassen dabei die Zeitperiode 2045-2074.

Beschreibung der Szenarien

Wie sich der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage im Jahr 2060 auswirkt – das dürfte wesentlich von den klima-, verkehrs- und siedlungspolitischen sowie demographischen und technologischen Entwicklungen der kommenden vier Jahrzehnte abhängen. Eine genaue Prognose der Wechselwirkungen dieser Parameter auf die Verkehrsnachfrage ist angesichts des langen Zeithorizonts und der vielen Unsicherheiten aus heutiger Sicht kaum bis gar nicht möglich. Die künftigen Entwicklungspfade in den jeweiligen Entscheidungsfeldern können sich immens voneinander unterscheiden – auf internationaler wie auf nationaler und lokaler Ebene. Entsprechend verschieden könnte in knapp 40 Jahren die Verkehrsnachfrage in der Schweiz von möglichen Klimawirkungen geprägt sein.

Ziel dieses Kapitels ist es, anhand von «Zukunftsszenarien» potentielle Entwicklungen zu fassen. Wie sieht die mögliche Wirkungspalette aus? Wie unterscheiden sich mögliche Situation 2060 grundsätzlich voneinander? Die Szenarien stellen verschiedene klimatische und sozioökonomische Eckwerte dar. Sie unterscheiden sich in wesentlichen Ausprägungen, sind jedoch nicht gänzlich trennscharf. Primäres Ziel der Szenarienbeschreibung ist es – insbesondere mit Blick auf die nachfolgende Wirkungsanalyse – einen Denkraum zu bieten. Das Kapitel skizziert drei mögliche Szenarien, die die Schweiz im Jahr 2060 prägen könnten. Bei den skizzierten Szenarien handelt es sich nicht um prognostische oder möglichst realistische Entwicklungspfade, sondern um Eckszenarien, die plakativ mögliche zukünftige Entwicklungen aufzeigen sollen. Beispielsweise ist das Szenario 3 (Vermeidung) absichtlich so definiert, dass Anpassungsmassnahmen dort nur einen geringen Stellenwert haben, um es deutlich vom Szenario 2 (Anpassung) abzugrenzen. In der Realität dürfte vielleicht ein kombiniertes Szenario Vermeidung – Anpassung realistischer sein. Um die möglichen Wirkungen der Szenarien klarer voneinander trennen zu können, werden in dieser Arbeit jedoch pointierte Eckszenarien verwendet.

Tab. 3: Zukunftsszenarien

Szenario	Bezeichnung	Kernaussage
1	Laissez-faire	«Wir machen nichts»
2	Anpassung	«Wir passen uns an»
3	Vermeidung	«Wir vermeiden»

Tabelle INFRAS.

Diese Szenarien unterscheiden sich im Wesentlichen in zwei Aspekten: Zum einen werden verschiedene klimatischen Rahmenbedingungen angenommen. Die klimatischen Veränderungen, insbesondere mit Blick auf die Temperaturen, unterscheiden sich je nach Szenario im Vergleich zu heute deutlich. Zum anderen gehen die Szenarien davon aus, dass das Ausmass klimapolitischer Massnahmen – sprich der Umfang der Klimaanpassungs- und Vermeidungsmassnahmen – unterschiedlich ausfällt. Abb. 12 ordnet grob ein, wie die Szenarien hinsichtlich der Klimaentwicklung und dem Ausmass der Massnahmen zueinander im Verhältnis stehen.

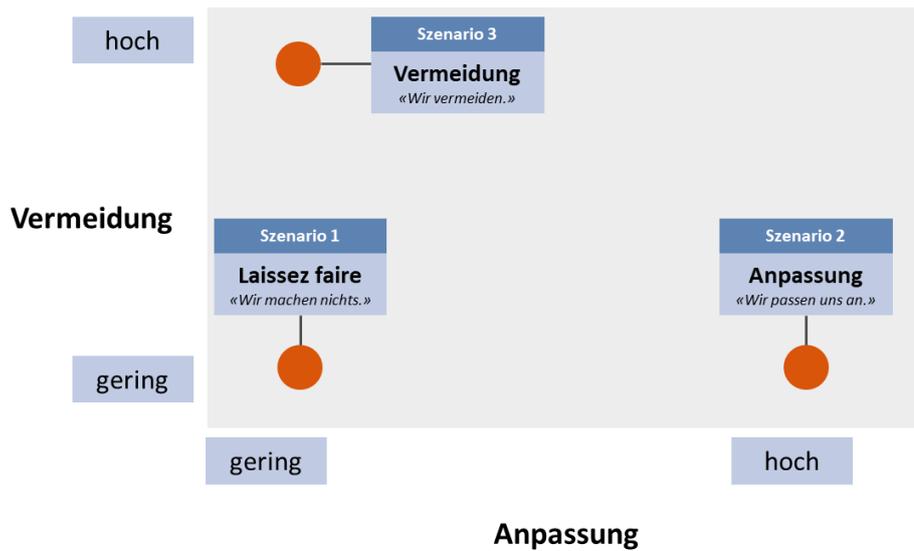


Abb. 12: Wie sich die Zukunftsszenarien voneinander unterscheiden (Skizze)

Schematische Darstellung

Grafik INFRAS.

Methodisch stützt sich die Szenario-Entwicklung auf die Ergebnisse aus dem ersten Arbeitsschritt (Wirkungsmodell und Literaturanalyse) und nutzt Elemente der Systemanalyse. Die skizzierten Eckszenarien unterscheiden sich von den Szenarien der Paketleitung, auch wenn es gewisse Parallelen gibt: Szenario 1 'Laissez-faire' orientiert sich am Szenario 1 der Paketleitung (Evolution ohne Disruptionen). Die anderen beiden Szenarien unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der erwähnten Aspekte 'Ausmass Klimawandel' und 'Umgang mit Anpassung'. Das Szenario 3 'Vermeidung' hat gewisse Parallelen zum Szenario 3 der Paketleitung (Revolution der kollektiven Mobilitätsservices), mit Unterschieden z.B. bei der Demographie.

Alle Szenarien beziehen sich auf das Jahr 2060. Die Wirkungen werden jeweils immer relativ zu einem zukünftigen Zustand 2060 unter heutigen Rahmenbedingungen, also ohne fortgeschrittenen Klimawandel, ermittelt. Tab. 4 beschreibt die verschiedenen Szenarien und setzt diese zueinander ins Verhältnis. Die dargestellten Parameter dienen als Grundlage für die folgende Wirkungsanalyse.

Tab. 4: Beschreibung der verschiedenen Szenarien

Parameter	Szenario 1 Laissez faire «Wir machen nichts.»	Szenario 2 Anpassung «Wir passen uns an.»	Szenario 3 Vermeidung «Wir vermeiden.»
 Eckwerte Klimaszenario	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermeidung: gering ▪ Anpassung: gering 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermeidung: gering ▪ Anpassung: hoch 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermeidung: hoch (Schweiz und restl. Welt) ▪ Anpassung: gering
 Klimaentwicklung erwartete Temperaturentwicklung & Zielbeitrag Paris Agreement ¹⁰	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Starker Temperaturanstieg: in der CH bis Ende 21. Jh. + 3-5°C ggü. heute (Ø 1981-2010), bis 2060 + 2-3 °C ▪ Temperaturanstieg weltweit +4-5°C bis Ende 21. Jh. ggü. vorindustr. Zeit¹¹ (IPCC Szen. RCP 8.5)¹² ▪ Klimawandel deutlich spürbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Starker Temperaturanstieg: in der CH bis Ende 21. Jh. + 3-5°C ggü. heute (Ø 1981-2010), weltweit + 4-5°C (IPCC Szen. RCP 8.5)¹² ▪ Klimawandel deutlich spürbar, Folgen gegenüber Sz. 1 dank Anpassungsmassnahmen leicht geschwächt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moderater Temperaturanstieg: in der CH bis Ende 21. Jh. + 1-2°C ggü. heute (Ø 1981-2010), weltweit + 1.5 °C (IPCC Szen. RCP 2.6)¹² ▪ Klimawandel spürbar, aber gebremst, dank weltweiter Anstrengungen zur Minderung der Emissionen (IPCC 2018)
 Klimapolitische Massnahmen Anpassung, Vermeidung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine bis wenige Anpassungsmassnahmen im Vergleich zu heute ▪ Weltweit kaum Massnahmen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen ▪ «Weiter wie bisher» 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirksame Anpassungsmassnahmen, insbesondere in der Schweiz ▪ Generelles Ziel: Lebensgewohnheiten von heute sollen möglichst beibehalten werden können ▪ Kaum Vermeidungsmassnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ «Kehrtwende» in weltweiter Klimapolitik: umfassende Massnahmen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen (Schweiz und weltweit) ▪ Moderater Klimawandel wird nur erreicht, wenn zeitnah (nä. 5-10 J.) weltweit die Treibhausgasemissionen massiv reduziert werden (IPCC 2018) → int. Kooperation nötig ▪ International abgestimmte, umfassende Vorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele

¹⁰ Das «Paris Agreement» ist ein rechtsverbindliches, weltweites Klimaschutzabkommen. Es wurde im Rahmen der UN Klimakonferenz im Dezember 2015 von 195 Ländern verabschiedet. Ziel des Übereinkommens ist es unter anderem, die durchschnittliche globale Erwärmung auf unter 2 Grad Celsius im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu begrenzen. Angestrebt wird ein maximaler Temperaturanstieg von 1,5 Grad Celsius (BAFU 2016c, Europäische Kommission 2018).

¹¹ Der erwartete weltweite Temperaturanstieg um +4-5°C ggü. der vorindustriellen Zeit ist insgesamt etwas geringer als in der Schweiz (+3-5°C ggü. heute: 1981-2010; bereits zwischen vorindustrieller Zeit und 1981-2010 gab es Temperaturanstieg).

¹² Quellen: IPCC 2013, NCCS 2018a

Parameter	Szenario 1 Laissez faire «Wir machen nichts.»	Szenario 2 Anpassung «Wir passen uns an.»	Szenario 3 Vermeidung «Wir vermeiden.»
 Verkehr: Infrastruktur, Angebot, Antriebstechnologien	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nachfragerorientierter Ausbau der Infrastruktur ▪ Ungebremste Verkehrsentwicklung (Wachstum) ▪ Fossile Energieträger dominieren im MIV bis gegen 2040 und sind als Energiequelle (auch für Strom) noch 2060 relevant 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassungsmassnahmen im Bereich Infrastrukturen zur Sicherung Verkehrssystem ▪ Grundsätzlich ungebremstes Verkehrswachstum ▪ Zunehmende, aber keine forcierte Elektrifizierung des Verkehrs, Fokus auf betriebswirtschaftliche Effizienz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrspolitische Massnahmen zur Vermeidung der Treibhausgasemissionen im Verkehr: <ul style="list-style-type: none"> - neue Antriebstechnologien (v.a. e-Mobilität), - höhere Effizienz, - modale Verlagerungen (Langsamverkehr, ÖV, ÖIV) - Vermeidung von Wegen
 Siedlung/Raum	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trendentwicklung; tendenziell wenig reguliert und wenig Abstimmung Raum/Verkehr ▪ Zunehmende Zersiedelung und steigende Distanz Arbeit/Wohnen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siedlungsentwicklung erfolgt primär mit Blick auf Anpassung: Vermeiden von gefährdeten Standorten ▪ Tendenziell zusätzliches Wachstum in Agglomerationen (ausserhalb Kernstädten) ▪ Verstärkte raumplanerische Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel (Grünflächen, Frischluft etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bessere Abstimmung Verkehr und Raum ▪ Intelligente Verknüpfung von Wohnen, Arbeit und Freizeit mit Fokus auf Vermeidung von Verkehr ▪ Zunehmende Verdichtung
 Bevölkerung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mittlere bis hohe Zunahme der Bevölkerung (etwa BFS-Bevölkerungsszenario hoch, Szen. B-00-2015). ▪ Stark zunehmender Migrationsdruck aus dem Ausland infolge starkem Klimawandel («Klimaflüchtlinge») ▪ In Randregionen Abwanderung zunehmend, aufgrund klimabedingter Extremereignisse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mittlere Zunahme der Bevölkerung (etwa BFS-Bevölkerungsszenario mittel/Referenz, Szen. A-00-2015). ▪ Leicht steigender Migrationsdruck aus dem Ausland infolge Klimawandel; dank int. Anpassungsmassnahmen aber abgeschwächt ▪ Ländl. Raum & Berggebiete bleiben dank Anpassung attraktiv 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mittlere bis leicht unterdurchschnittl. Zunahme der Bevölkerung (etwa BFS-Bevölkerungsszenario mittel/Referenz, Szen. A-00-2015). ▪ Starke Verdichtung fördert Konzentration der Bevölkerung in urbanen Gebieten ▪ Zahl der «Klimaflüchtlinge» dank verringertem weltweiten Klimawandel gering

Tabelle INFRAS. Quelle: Eigene Darstellung

5 Wirkungsanalyse und Einschätzung der Szenarien

Die folgende Wirkungsanalyse erörtert entlang verschiedener Szenarien – Laissez-faire, Anpassung und Vermeidung – wie sich Klimaveränderungen auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz im Jahr 2060 auswirken könnten. Die Einschätzungen erfolgen zunächst je Szenario je für die drei Raumtypen urbaner Raum, ländlicher Raum und Berggebiete. Das Kapitel fasst die zentralen Ergebnisse eines Expertenworkshops sowie mehrerer Experteninterviews zusammen und ordnet diese unter Berücksichtigung der Literaturanalyse (Kapitel 3) in den Gesamtkontext ein.

Ziel ist es, anhand der unterschiedlichen Eckszenarien mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf den Verkehr im Jahr 2060 zu diskutieren. Damit einhergehend sollen Differenzen skizziert und somit eine möglichst anwendungsfreundliche Grundlage sowie Schablone etwa für die Skizzierung möglicher Handlungsmassnahmen geschaffen werden. Es ist hingegen nicht Ziel der Wirkungsanalyse zu prognostizieren, inwiefern sich die Klimaveränderungen genau auswirken. Der Austausch mit den befragten Expertinnen und Experten hat verdeutlicht, dass die Auswirkungen nicht zuletzt innerhalb der Raumtypen selbst – je nach geographischen Gegebenheiten – sehr unterschiedlich ausfallen dürften.

Abgrenzung der Raumtypen

Wie eingangs erläutert, stehen in dieser Analyse grundlegend die Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr auf nationaler Ebene im Fokus. Je nach Region und Szenario ist indes davon auszugehen, dass diese sich erheblich unterscheiden. Die Wirkungsanalyse erfolgt daher getrennt, entlang der folgenden, an die BFS-Raumtypologie angelehnten, Raumtypen:

- Städtische/urbane Gebiete (inkl. Agglomerationen bzw. intermediären Gebieten)
- Ländliche Gebiete (ausserhalb der Berggebiete, inkl. periurbanen Gebiete)
- Berggebiete

Diese Differenzierung nach strukturell, geographisch und demographisch vergleichbaren Räumen ermöglicht zum einen eine explizitere Einbettung der Wirkungsketten. Zum anderen können potentielle Unterschiede und darauf aufbauend auch notwendige Handlungsschritte gezielter hervorgehoben werden. Dennoch bleibt an dieser Stelle auch festzuhalten, dass trotz dieser differenzierten Analyse, keine vollständig trennscharfe Unterscheidung erfolgen kann. Gründe hierfür sind beispielsweise mögliche künftige Entwicklungen (z.B. zunehmende «Verschmelzung» ländlicher Gebiete mit den Agglomerationen), aber auch Unterschiede zwischen den einzelnen Räumen selbst («Berggebiet ist nicht gleich Berggebiet»). Klar ist aber auch: die Grundsteine für den Verkehr von morgen in der Schweiz müssen heute gelegt werden. Aus diesem Grund fokussiert die folgende Analyse auf diese drei Raumtypen. Die Besonderheiten einzelner Regionen stehen anschliessend exemplarisch im Fokus der Fallstudien.

5.1 Vorgehen

Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz im Jahr 2060? Der Austausch mit ExpertInnen aus verschiedenen Themenbereichen (siehe Kasten) hat gezeigt, dass diese Frage vor allem mit zwei Herausforderungen verbunden ist:

- Zum einen ist das Jahr 2060 als Zeithorizont mit vielen Unsicherheiten verbunden.
- Zum anderen ist davon auszugehen, dass nicht alleine mögliche Klimaveränderungen den Verkehr der Zukunft bestimmen. Vielmehr ist die Relevanz der Wechselwirkungen mit Treibern – wie beispielsweise Automatisierung, Digitalisierung und Bevölkerungsentwicklung – die in anderen Projekten dieses Forschungspakets behandelt werden, deutlich geworden.

Entlang verschiedener Szenarien-Eckwerte erörtert dieses Kapitel *mögliche* Wirkungen. Explizite Prognosen zur Verkehrsnachfrage werden aus oben genannten Gründen hingegen bewusst nicht getroffen. Die vorliegende Wirkungsanalyse soll eine durchdachte, qualitative Diskussionsgrundlage bieten, auf Basis derer Wirkungen je Raumtyp und Szenario eingeschätzt werden können. Zudem dient sie dazu, mögliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den verschiedenen Szenarien, vor allem jedoch zwischen den unterschiedlichen Raumtypen hervorzuheben. Damit soll die Wirkungsanalyse auch einen Mehrwert für die Entwicklung von Handlungsmaßnahmen bieten, die raumübergreifend angewendet werden könnten. Die Wirkungen werden immer dargestellt im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 unter heutigen Rahmenbedingungen (also ohne fortgeschrittenen Klimawandel).

Expertenworkshop – Ziele und Kernfragen

Für Akteure aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft soll die vorliegende Arbeit eine möglichst anwenderfreundliche und zielgerichtete Diskussionsgrundlage bieten. Deshalb hat INFRAS im Juni 2018 einen Workshop durchgeführt, an dem insgesamt 15 ExpertInnen teilgenommen haben. Das Fachwissen war breit gefächert: Die Teilnehmenden vertraten Bundesämter, kantonale Ämter, wissenschaftliche Einrichtungen/Institute, Beratungsunternehmen sowie die SBB. Die Ergebnisse des Austauschs wurden dokumentiert, intern weiterverarbeitet – und dienen somit für die folgende Wirkungsanalyse als massgeblicher Input.

Im Fokus des Workshops standen:

1. Kritische **Reflexion** der drei Zukunftsszenarien (vgl. Kapitel 5).
2. Identifikation möglicher **Wirkungen** (nicht-verkehrliche Verhaltensänderung, Verkehrsinfrastruktur, -angebot, und -nachfrage) der untersuchten Szenarien auf die Verkehrsbe-
reiche und Einschätzung der Relevanz der Wirkungsketten je Raumtyp und Szenario.

Die folgenden Unterkapitel fassen die Kernergebnisse des Expertenworkshops und der Experteninterviews zusammen¹³ und ordnen diese unter der Berücksichtigung der Literaturanalyse (vgl. Kapitel 3) ein. Dabei spiegeln sie auch Kontroversen und unterschiedliche Meinungen zu möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage wider.

Die Wirkungsanalyse erfolgt entlang der verschiedenen Szenarien, deren Wirkungen auf den Verkehr in der Schweiz im Jahr 2060 in den drei Raumtypen diskutiert werden. Je Raumtyp werden die Kernergebnisse kurz zusammengefasst, entlang der Wirkungsketten (vgl. Kapitel 3) eingebettet und in einem kurzen Zwischenfazit gebündelt (siehe Überblick in Tab. 5)

¹³ Konsolidierte Ausschnitte aus den Ergebnissen des Expertenworkshops (18.6.2018) sowie der Experteninterviews vorhanden.

Tab. 5: Überblick Wirkungsanalyse

	Städtische Gebiete 	Ländliche Gebiete 	Berggebiete 	Fazit je Szenario
Szenario 1 Laissez faire «Wir machen nichts.»	5.2.1	5.2.2	5.2.3	5.2.4
Szenario 2 Anpassung «Wir passen uns an.»	5.3.1	5.3.2	5.3.3	5.3.4
Szenario 3 Vermeidung «Wir vermeiden.»	5.4.1	5.4.2	5.4.3	5.4.4

Tabelle INFRAS.

Wie zuvor in der Box 'Abgrenzung der Raumtypen' (Kapitel 5) beschrieben, handelt es sich bei den Raumtypen um strukturell, geographisch und demographisch grob vergleichbare Einheiten. Dabei ist klar, dass auch innerhalb gleicher Raumtypen die Spannweite der Wirkungen breit ausfallen kann. Trotz einer gewissen Vergleichbarkeit, bestehen selbst innerhalb gleicher Raumtypen erhebliche Unterschiede. So können sich – bedingt etwa durch individuelle demographische, kulturelle oder geographische Besonderheiten – klimatische Veränderungen unterschiedlich auf die verkehrliche Entwicklung innerhalb der gleichen Raumtypen auswirken. Es handelt sich also um eine vereinfachte Darstellung, die eine grobe Differenzierung im Rahmen der Wirkungsanalyse ermöglicht. Die im Anschluss folgenden Fallstudien sollen dieser spezifischen Diversität exemplarisch gerecht werden. Konkret beleuchten wir mit Zürich stellvertretend ein urbanes Gebiet. Mit Engelberg betrachten wir zum anderen eine Berg- und Tourismusgemeinde (Kapitel 6).

5.2 Wirkungen Szenario 1 (Laissez-faire)

Kaum Anpassungs- und Vermeidungsmassnahmen auf nationaler wie globaler Ebene bei gleichzeitig stark negativen Ausprägungen klimatischer Bedingungen. Die Grundeinstellung lautet: «Weiter wie bisher». Das sind die wesentlichen Eckwerte von Szenario 1 («Laissez-faire»). Abb. 13 fasst die wichtigsten Ausprägungen des Szenarios (vgl. Kapitel 4 für vertiefte Informationen) zusammen.

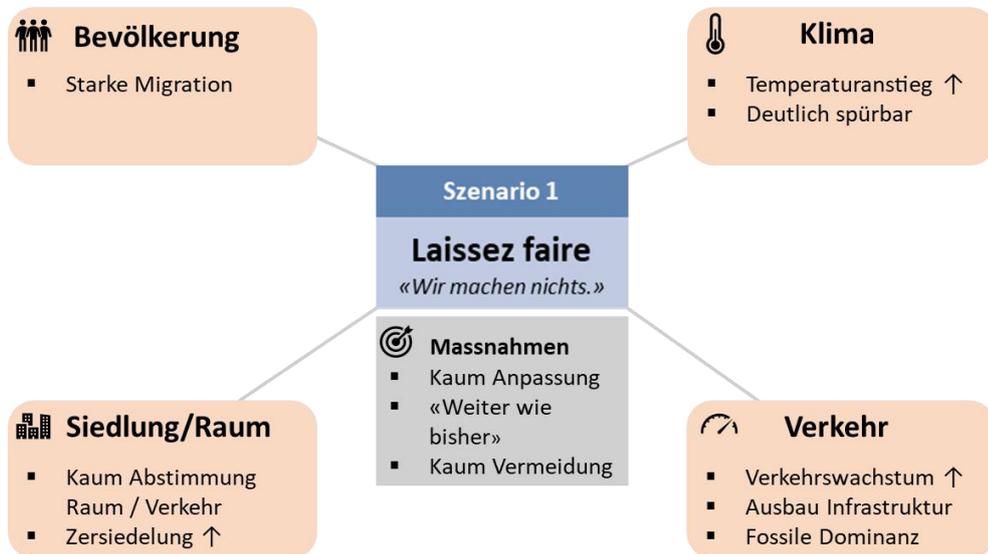


Abb. 13: Szenario 1 (Kurzversion)

Grafik INFRAS.

Welche Folgen wären in einem solchen Szenario für den Verkehr im Jahr 2060 in der Schweiz zu erwarten? Die folgenden Abschnitte diskutieren mögliche Wirkungen eines Laissez-faire-Szenarios für den städtischen und den ländlichen Raum sowie für die Berggebiete.

5.2.1 Städtische Gebiete



Expertenworkshop

Flucht aus der Stadt verschärft sich, steigende Unterbruch-Risiken im ÖV

Die Flucht aus der Stadt verschärft sich, ländliche Gebiete etablieren sich immer mehr zu «Zentren» - so stellt sich die Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten die Entwicklung unter den Bedingungen des Laissez-faire-Szenarios vor. Spürbar ist die Verkehrsverlagerung vor allem im Freizeitverkehr. Stadtbewohner suchen tageweise verstärkt Naherholungsgebiete, etwa Wälder und Seen in den Voralpen, auf. Die Lenkung der Verkehrsströme zwischen diesen Gebieten und den Städten wird zunehmend zur Herausforderung. Gleichzeitig dürfte der urbane Raum sowohl als Wohn- wie auch als Arbeitsort deutlich weniger gefragt sein. Die klimatisch ungünstigen Bedingungen, fehlende Grünflächen, Hitzewellen und gesundheitliche Risiken treiben die Zersiedelung voran. Städtische Zentren werden vermieden. Das wiederum führt grundsätzlich zu einer steigenden Verkehrsnachfrage im Personenverkehr zwischen den Räumen. Andererseits dürfte der Pendlerverkehr vom Umland in die Städte abnehmen, weil sich – auch wegen der Auswirkungen der fortschreitenden Digitalisierung auf die Arbeitswelt – die Arbeitsorte zum Teil in die ländlichen Gebiete verschieben oder weil an einer zunehmenden Anzahl Tagen in der Stadt arbeitende Personen Home-Office-Arbeit leisten.

Angesichts von Extremwetterereignissen steigt das Risiko von Unterbrüchen im öffentlichen innerstädtischen Verkehr, etwa aufgrund von Stromausfällen und Infrastrukturschäden. Hitzewellen erfordern einen erhöhten Klimatisierungsbedarf in Fahrzeugen. Kritisch könnte auch die Entwässerungskapazität der Verkehrswege bei Starkniederschlägen sein. Die Anforderungen der Verbraucher steigen: Sie wünschen wenige Umstiege, klimatisierte Verkehrsgefässe und sichere Ankunftszeiten werden zunehmend zu grundlegenden Entscheidungskriterien, sich auf bestimmte Wege einzulassen. Die Folge: Ein höherer Bedarf an Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur und das Verkehrsangebot. Das führt zu steigenden Kosten für die Verbraucher. Der Kostenanstieg wird sich beim Level of Service (LOS) bemerkbar machen. Vor diesem Hintergrund könnten sich auch neue Angebotsformen entwickeln. Denkbar sind etwa «besonders gut gekühlte und/oder garantierte Mobilitätsketten» für Mehrzahler. Zudem sind E-Bikes wegen der heissen Sommer und milden Winter insgesamt mehr gefragt, während das herkömmliche Velo eher an Bedeutung verliert. Körperliche Anstrengungen werden bei zunehmender Wärme vermieden. Die E-Bikes konkurrieren jedoch mit anderen Verkehrsmitteln des MIV, dessen Stellenwert in diesem Szenario nach wie vor hoch ist.

Insgesamt ist eine hohe Tendenz vorhanden, Wege innerhalb bestimmter Räume zu vermeiden. Der Arbeitsort oder die Nutzung von Homeoffice, die Freizeitaktivitäten und der Tagesablauf wird an die klimatischen Verhältnisse angepasst. Das ist vor allem im Berufsleben spürbar. Denkbar ist beispielsweise das Aufkommen einer Art «Siesta-Kultur» in der Schweiz: Arbeitszeiten werden in die Frühe oder in die späten Abendstunden verlagert. Über die Mittagszeit etabliert sich eine längere Pause. Zur Diskussion steht auch eine Verlagerung von (Güter-)Verkehr und Produktion von Waren und Dienstleistungen in den leichter kühlbaren Untergrund. Neue Chancen ergeben sich durch zeitlich- und räumlich flexible Arbeitsformen.

Einbettung Wirkungsketten

GV und Produktionsketten öfter beeinträchtigt, Offenheit der Schweiz im Handel nimmt ab

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in den städtischen Gebieten in Szenario 1 gezogen werden.

Tab. 6: Szenario 1 – Städtische Gebiete

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> Die stark zunehmende Sommerhitze mindert Attraktivität der Städte als Wohn- und Arbeitsort erheblich. Dies führt zu einer gewissen Stadtfucht in ländl. Gebiete. Diese sind klimatisch angenehmer und oft näher an kühlen Oasen (Wasser). Fortschreitende Digitalisierung ermöglicht es zudem vermehrt, von daheim aus zu arbeiten. Deshalb nimmt Pendlerverkehr eher ab, während Freizeit- und Güterverkehr für die Feinverteilung in die ländl. Regionen zunehmen.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> Indirekter Bezug zu städtischen Gebieten: Weil in Berggebieten und auf dem Weg dorthin vermehrt Extremwetter auftreten, fährt Bevölkerung eher weniger für Einzeltage und Wochenende in die Berge (Gefahr Stau/Unterbrüche steigend), dafür mehr für längere Perioden (Wochen). Demographischer Wandel und vermehrt ortsungebundenen Arbeitsmöglichkeiten stützen diese Entwicklungen.
3	Angebotsänderung Verkehr	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> Hitzewellen und Starkniederschläge erschweren reibungslosen PV und GV, gefährden Kühlketten, verschlechtern Pünktlichkeit, erhöhen Unterhalts- und Transportkosten und verteuern so reibungslose Wertschöpfungsketten in der Produktion von Waren und DL. Extremereignisse vermindern Verfügbarkeit von Fz., können die Zuverlässigkeit der Verkehrsbetriebe mindern (Betriebsstörungen). Winter: E-Bikes werden attraktiver gegenüber MIV und ÖV; Sommer: Langsamverkehr bei Hitze weniger attraktiv; MIV tendenziell attraktiver als ÖV.
4	Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> gleiche Argumentation wie unter Wirkungskette 2.
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> Steigende Temperaturen und Wetterextreme mindern Zuverlässigkeit der Verkehrsinfrastrukturen und Level of Service der Verkehrsverbindungen der Städte. Dies erschwert Verkehrsfluss (Zeitbedarf, Zuverlässigkeit). Lokale Produktion erfährt vermehrte Nachfrage. Ideen wie Cargo-sous-terrain verzeichnen zunehmendes Interesse.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> Der starke Klimawandel weltweit tangiert Verfügbarkeit von Importgütern in CH. Verstärkt Trend zu lokaler Produktion/Suche

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
			<p>nach weniger klimasensitiven Vorleistungsgütern in Produktion. Exporte in klimasensitive Länder und Transportbedarf der CH nehmen eher ab.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Der Tourismus in der Schweiz ist in städtischen Gebieten verglichen mit dem Ausland eher unterdurchschnittlich vom Klimawandel betroffen. Deshalb sind die Touristenzahlen wenig verändert, die Besucher verweilen aber kürzer in den Städten und mehr in den Bergen.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 1, städtische Gebiete)

- Attraktivität der Stadt sinkt deutlich. Stadtflicht aufs Land und Suche nach Grün und Wasser verändert Verkehrsströme. Freizeit- und Güterverkehr von/nach den neuen ländlichen Zentren nehmen zu, Pendlerverkehr zwischen städtischen und ländlichen Gebieten nimmt tendenziell zu.
- Personen – und Güterverkehr benötigen mehr Zeit, bieten geringere Qualität und Zuverlässigkeit und sind mit hohen Instandstellungskosten verbunden.
- Allenfalls neue Angebote «besonders klimatisierte Mobilitätsketten für Mehrzahler».
- Potenziell veränderte Arbeitsformen («Nacht wird zum Tag»), Verlagerung von Produktion und Verkehr zum Teil in den Untergrund.
- Lokale Produktion in der Schweiz mit Nachfrageanstieg.

5.2.2 Ländliche Gebiete



Expertenworkshop

Hitze in Städten und neue Technologien zentral für Verkehrsentwicklung

Zunehmende Hitze Probleme in Städten dürften die Bedeutung und Attraktivität des ländlichen Raums als Wohn- und Arbeitsort erhöhen. Neue Technologien und die Digitalisierung fördern diese Entwicklung: sie erleichtern die Trennung von Wohnen und Arbeiten und ermöglichen neue Mobilitätsformen (u.a. dank Automatisierung, Sharing (on demand)). Umgekehrt könnte damit jedoch auch das Risiko verbunden sein, dass sich die ländlichen Gebiete zu «strukturlosen» Agglomerations- oder Schlafdestinationen entwickeln.

Die Expertendiskussion hat aber auch Kontroversen hinsichtlich des Themas Zersiedelung verdeutlicht: Die mehrheitliche Annahme ist, dass die Entwicklung zu einer weiteren Zersiedelung führt und infolge davon zu einer zunehmenden Verkehrsnachfrage – sowohl insgesamt, besonders aber an den Wochenenden (Freizeitverkehr). Abhängig von den technologischen Entwicklungen (automatisiertes Fahren, Sharing-basierte Konzepte) könnte der klassische ÖV im ländlichen Raum an Bedeutung verlieren. Die Kosten für Infrastruktur dürften aufgrund höherer Betriebs- und Unterhaltskosten sowie notwendiger Redundanzen weiter steigen. Vereinzelt Teilnehmende haben sich aber auch gegenteilig geäußert: Sie erwarten keine weitere Zersiedelung in diesem Szenario.

Der Druck auf den ländlichen Raum als Naherholungsgebiet steigt. Seen, Flüsse, Wälder und kühlere Temperaturen werden zunehmend als Standortvorteile wahrgenommen. Umgekehrt könnten die ländlichen Gebiete aber auch proaktiv eine gewisse «Mediterranisierung» bewerben. Seitens der städtischen Bevölkerung steigt der Nutzungsbedarf für Naherholung auf dem Land. Der Freizeitverkehr nimmt zu. Gleichzeitig steht die vorhandene Infrastruktur zusehends in Konflikt mit der hohen Nachfrage.

Für Bewohner im ländlichen Raum dürfte das langfristig zur Folge haben, dass sie zusehends mit Mehrbelastungen rechnen müssen: Die steigende Nachfrage führt zu mehr Verkehr – insbesondere im Bereich des motorisierten Individualverkehrs – und die Zersiedelung zu einem höheren Flächenbedarf. Infolge nehmen aber auch Lärmbelastungen zu. Insgesamt ist in diesem Szenario eine Re-Individualisierung der Mobilität zu erwarten, die sich mit Blick auf die genannten Folgen, auch im ländlichen Raum bemerkbar macht.

Einbettung Wirkungsketten

Klimawandel beeinträchtigt Verkehrsinfrastrukturen und Betrieb im ländlichen Raum deutlich

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in ländlichen Gebieten in Szenario 1 gezogen werden.

Tab. 7: Szenario 1 – Ländliche Gebiete

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> Die starke Sommerhitze macht Städte zunehmend weniger attraktiv als Wohn- und Arbeitsort. Davon profitieren ländliche Regionen, v.a. Zentren. Verkehrsnachfrage zwischen Stadt und Land steigt. Vermehrt Ausflüge der Stadtbevölkerung in Naherholungsgebiete (v.a. Gewässer) in ländlichen Räumen inkl. zunehmendem Freizeitverkehr.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> Kein direkter Bezug dieser Wirkungskette zum ländlichen Raum.
3	Angebotsänderung Verkehr	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> Hitzewellen und Starkniederschläge beeinträchtigen den Güterverkehr erheblich, z.B. infolge Unterbruchs von Kühlketten oder Wasserschäden. Die Transportkosten werden steigen. Regionale Wertschöpfung nimmt an Bedeutung zu. Extremereignisse vermindern die Verfügbarkeit von Fahrzeugen und senken damit die Zuverlässigkeit des Verkehrsverkehrs, v.a. im Fernverkehr bzw. zwischen Stadt und Land. Das Unfallrisiko in den Sommermonaten steigt v.a. im Straßenverkehr aufgrund der Hitze (Konzentration, Fitness, Asphaltqualität), sinkt dafür im Winter dank weniger Frost. Dies führt im Winter zu einer Nachfragesteigerung im MIV, da dessen Attraktivität steigt. Im Sommer dagegen steigt die Attraktivität des ÖV tendenziell.
4	Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> Kein direkter Bezug dieser Wirkungskette zum ländlichen Raum.
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> Infrastrukturschäden durch Hitze, Extremereignisse und blockierte Infrastrukturen erschweren zunehmend den Verkehr im ländlichen Raum bzw. zwischen Land und Stadt. Die sinkende Zuverlässigkeit und steigenden Betriebs- und Unterhaltskosten treffen den peripheren ländlichen Raum stärker und dämpfen die Verkehrsnachfrage. Regionale Disparitäten und Verteilungsfragen nehmen zu.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> Zunehmende Migration wirkt in erster Linie in urbanen Räumen, verstärkt aber oben genannte Probleme im ländlichen Raum auch. Steigende Nachfrage nach lokalen Produkten stärkt ländl. Raum.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 1, ländliche Gebiete)

- In ländlichen Gebieten gibt es im Szenario Laissez-faire verschiedene Faktoren, welche die Verkehrsnachfrage tendenziell erhöhen und einige Faktoren, die dämpfend wirken:
- Die Entwicklung in Städten (Hitzeprobleme) erhöht die Verkehrsnachfrage zwischen Stadt und Land, sowohl im Pendlerverkehr infolge der zunehmenden Zersiedelung, als auch im Freizeitverkehr infolge steigender Nachfrage nach Naherholung auf dem Land.
- Auf der anderen Seite steigen in ländlichen Gebieten die Kosten für die Verkehrsinfrastrukturen, die Zuverlässigkeit nimmt ab und betriebliche Schwierigkeiten beeinträchtigen sowohl Güter- als auch Personenverkehr. Eine weitere Folge davon sind Verteilungskonflikte um knappe finanzielle Ressourcen, insbesondere für ländliche Gebiete.
- Insgesamt sind die Wirkungen auf die Verkehrsnachfrage unterschiedlich: Im Pendlerverkehr nimmt die Nachfrage aufgrund des Drucks aus den Städten zu. In Bezug auf die Gesamtwirkung ist die Lage der ländlichen Gebiete entscheidend: Eine zunehmende Verkehrsnachfrage resultiert insbesondere in ländlichen Gebieten, die unweit grösseren Zentren gelegen sind, in Gebieten mit einer hohen Attraktivität für den Freizeitverkehr aus städtischen Agglomerationen (z.B. mit Gewässer oder weil sie eine erhöhte, kühlere Lage aufweisen) sowie Gebieten, die dank redundanten Verkehrsinfrastrukturen eine hohe Erschliessungsqualität behalten können. In anderen ländlichen Gebieten dagegen, v.a. mit grösserer Distanz zu städtischen Zentren, dürfte aufgrund der steigenden Kosten und sinkenden Attraktivität die Verkehrsnachfrage tendenziell stagnieren oder leicht abnehmen. Neue Mobilitätsformen können gewisse negative Wirkungen abfedern, z.B. neue, flexible Angebote im ÖV.

5.2.3 Berggebiete



Expertenworkshop

Naturgefahren-Risiken und steigende Betriebskosten von zunehmender Relevanz

Höhere Sicherheitsrisiken, verschärft debattierte Verteilungsfragen und möglicherweise ein Rückbau des Verkehrsangebots zu einzelnen entlegenen Dörfern und Gehöften: Diese Aspekte können im Laissez-faire Szenario zentral für die Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr in Berggebieten im Jahr 2060 sein. Damit verbunden sind massive Kostenanstiege für die Sicherung der Verkehrsinfrastruktur – und letztlich auch die Frage, wer diese trägt (Stadt vs. Land vs. Berggebiete). Unter den Bedingungen von Szenario 1 zeichnet sich in Berggebieten, teilweise jahreszeitenbedingt, eine heterogene Entwicklung ab. Je nachdem, welche spezifischen topographischen, klimatischen und wirtschaftlichen Bedingungen vorherrschen, können diese punktuell sehr unterschiedlich ausfallen. Mit Blick auf die touristische Nachfrage ergeben sich im Kern zwei Trends.

1. Zum einen verschärft sich mit den klimatischen Veränderungen das Risiko von Extremereignissen, etwa von Steinschlägen und Murgängen. Mit den höheren Temperaturen steigt die Schneesicherheitslinie, die Permafrost-Stabilität nimmt ab. Infolge erhöht sich Gefahr, dass Infrastrukturen wie Strassen aber auch die Verankerungen von Seilbahnen beschädigt werden und es zu Streckenunterbrüchen kommt. Orte, die bei solchen Extremereignisfällen keine Anpassungsmassnahmen treffen, könnten im Ernstfall als zu gefährlich eingestuft und von Touristen vermieden werden. Heute natürlich existierende Touristenattraktionen (z.B. Gletscher) verschwinden – mit negativen Folgen für die Landschaftsattraktivität. Vor allem Touristendestinationen in tiefer gelegenen Berggebieten leiden unter den mildereren Temperaturen im Winter – und müssen verstärkt auf Alternativangebote setzen. Gleichzeitig stehen sie im Sommer zunehmend in Konkurrenz mit dem ländlichen Raum.

2. Der, insgesamt wohl rückläufige Wintersporttourismus, verlagert sich auf höhere Regionen (Hotspots). Damit einher geht auch die Forderung, der besseren Erreichbarkeit dieser Gebiete, etwa mit dem ÖV. Bestimmte Angebote werden exklusiver und damit auch teurer. Im Sommer profitieren die Berggebiete insgesamt von einer Stärkung der touristischen Nachfrage nach Sommerfrische. Sie werden als kühl und attraktiv wahrgenommen. Das Vorhandensein von Wasser (Bergseen, -flüsse) lockt. Insbesondere für Touristen aus dem Ausland wird die Berglandschaft zunehmend attraktiv. Infolge verschärfen sich, gerade in Hitzeperioden, aber auch die Verkehrsspitzen, vor allem zu An- und Abreisezeiten am Wochenende oder zu Ferienbeginn und -ende. Vorhandene Infrastrukturen stossen an ihre Grenzen. Touristenströme zu lenken oder gar zu limitieren wird zur Herausforderung.

Angesichts der klimatischen Veränderungen, steigenden Risiken von Extremereignissen und damit einhergehend auch steigenden Betriebskosten zeichnet sich insgesamt die Frage ab, welche verkehrlichen Infrastrukturen in Berggebieten überhaupt noch ausgebaut werden. Der Austausch mit den befragten Expertinnen und Experten verdeutlicht, dass unter den Bedingungen dieses Szenarios, der Erhalt vorhandener Infrastrukturen verstärkt differenziert erfolgen dürfte. Eine Herausforderung besteht darin, die Notwendigkeit von Erhaltungsmaßnahmen zu definieren, beispielsweise ob wichtige Touristendestinationen im Vergleich zu wirtschaftlich weniger bedeutenden Orten mit geringer Bevölkerungsdichte weniger prioritär behandelt werden. Vor dem Hintergrund möglicher Sicherheitsbedrohung durch Extremereignisse wird ein starker Fokus auf organisatorische Massnahmen im Ernstfall gesetzt – beispielsweise, wie im Ernstfall schnell gehandelt werden kann. Die Prüfung der Verfügbarkeit möglicher Alternativrouten oder provisorischer Behelfsstrassen bei Streckenunterbrüchen gewinnt an Bedeutung. Transporte über die Luft statt auf dem Landweg werden vereinzelt ausgeweitet.

Einbettung Wirkungsketten

Extremereignisse werden zu hohen Risikofaktoren für Verkehrssysteme in Berggebieten

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in den Berggebieten in Szenario 1 gezogen werden.

Tab. 8: Szenario 1 – Berggebiete

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berggebiete profitieren von Stadtflucht/Bedarf an «Sommerfrische». Sie stehen jedoch in verstärkter Konkurrenz mit dem ländlichen Raum der zunehmend als Wohn- und Arbeitsort und im Tagestourismus genutzt wird. ▪ Attraktivität der Berggebiete steigt insbesondere für Touristen aus dem Ausland. Vorhandensein von Wasser wird als Attraktion wahrgenommen. ▪ V.a. an heissen Sommertagen in Stadtgebieten steigt Verkehrsnachfrage.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steigendes Risiko von Extremwetterereignissen und infolgedessen erhöhtes Gefährdungspotenzial für Verkehrsinfrastrukturen sorgen für Verunsicherung bei Bewohnern und Touristen. Anspruch an Gefahren- und Risikomanagement u.a. der Infrastrukturbetreiber nimmt zu. ▪ Höhere Notwendigkeit, Skilifte in immer höhere Gebiete zu bauen (Schneesicherheit). Dadurch aber auch Anstieg der Betriebskosten. ▪ Schliessung respektive geringe Nutzung von vorhandenen Infrastrukturen in tiefer gelegenen Berggebieten mit wenig Schneesicherheit aufgrund milderer Temperaturen vor allem in Wintersportsaison. Verschiebung der Touristenströme durch Wegfall von Attraktionen (z.B. Gletscherschmelze).
3	Angebotsänderung Verkehr	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hitzewellen und Starkniederschläge beeinträchtigen GV erheblich, z.B. infolge Unterbruch von Kühlketten oder Wasserschäden, Unterbruch von Lieferketten etc. Transportkosten in Berggebiete steigen weiter. ▪ Steigendes Unfallrisiko v.a. im Sommer aufgrund von Extremereignissen. ▪ Verstärkter Fokus auf organisatorischen Massnahmen im Fall eines Extremwetterereignisses (provisorische Routen, Luftbrücken).
4	Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extremereignisse (Steinschläge, Murgänge) führen zu massiven Schäden an Strassen und Schienen und kurz- aber auch langfristigen Streckensperrungen. Kurzfristig erhöhte Nachfrage nach alternativen Verkehrsträgern (z.B. Helikopter, prov. Routen). Langfristig zu Vertrauensverlust in Strecken. ▪ Gesellschaftliche Debatte zu Ausbau/Erhalt Infrastrukturen in Berggebieten verschärft sich. Verteilungsfragen stehen immer mehr im Fokus. Erhalt erfolgt – wenn überhaupt – sehr differenziert in ausgewählten Gebieten.

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berggebiete profitieren von Stadtfucht/Bedarf an «Sommerfrische». Sie stehen jedoch in verstärkter Konkurrenz mit dem ländlichen Raum der zunehmend als Wohn- und Arbeitsort und im Tagestourismus genutzt wird. ▪ Attraktivität der Berggebiete steigt insbesondere für Touristen aus dem Ausland. Vorhandensein von Wasser wird als Attraktion wahrgenommen. ▪ V.a. an heissen Sommertagen in Stadtgebieten steigt Verkehrsnachfrage.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steigendes Risiko von Extremwetterereignissen und infolgedessen erhöhtes Gefährdungspotenzial für Verkehrsinfrastrukturen sorgen für Verunsicherung bei Bewohnern und Touristen. Anspruch an Gefahren- und Risikomanagement u.a. der Infrastrukturbetreiber nimmt zu. ▪ Höhere Notwendigkeit, Skilifte in immer höhere Gebiete zu bauen (Schneesicherheit). Dadurch aber auch Anstieg der Betriebskosten. ▪ Schliessung respektive geringe Nutzung von vorhandenen Infrastrukturen in tiefer gelegenen Berggebieten mit wenig Schneesicherheit aufgrund milderer Temperaturen vor allem in Wintersportsaison. Verschiebung der Touristenströme durch Wegfall von Attraktionen (z.B. Gletscherschmelze).
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blockierte Infrastrukturen, Infrastrukturschäden und Verzögerungen erschweren zunehmend Verkehr zwischen Stadt/Land und Berggebieten. Sinkende Zuverlässigkeit der Infrastrukturen dämpfen Verkehrsnachfrage ▪ Disparitäten nehmen zu. Zunehmende Abhängigkeit von ländl. Raum.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berggebiete von zunehmender Migration weniger betroffen, Einwanderer konzentrieren sich v.a. auf städtische Gebiete. ▪ Gegebenenfalls exklusivere Angebote notwendig.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 1, Berggebiete)

- Sicherheitsrisiken durch Extremereignisse (Steinschläge, Murgänge) nehmen im Vergleich zu heute in Berggebieten deutlich zu.
- Verteilungsfragen zu Ausbau und Erhalt von Infrastrukturen rücken vermehrt in den Fokus gesellschaftlicher Debatten. Erhaltungsmassnahmen erfolgen – wenn überhaupt – sehr differenziert nach spezifischen Gebieten (z.B. solchen die für Tourismus von hoher Relevanz sind). Gegebenenfalls Aufgabe einzelner, verkehrlich schlecht zu erreichender, entlegener Siedlungen zur Diskussion.
- Der insgesamt rückläufige Wintertourismus verlagert sich in höher gelegene Gebiete (Schneesicherheit), die entsprechenden Infrastrukturen vorhalten müssen. Gleichzeitig erhöhtes Gefährdungspotenzial für Skilifte in tiefer gelegenen Regionen (Rückgang Permafrost) sowie Frage nach Nutzungspotenzialen im Winter.
- «Sommerfrische» in Bergen als Attraktivitätsmerkmal für hitzegeplagte Städter. Aber gleichzeitig auch zunehmende Konkurrenz zu leichter zu erreichenden Naherholungsgebieten im ländlichen Raum. Insgesamt nehmen Tourismuskonsum und als Folge davon Verkehrsaufkommen im Sommer deutlich zu, insbesondere der Ferientourismus, aber auch der Tages- und Wochenendtourismus.

5.2.4 Wirtschaftliche Wirkungen

Welche wirtschaftlichen Wirkungen könnten mit Szenario 1 einhergehen? Die folgende Tabelle zeigt spiegelt eine qualitative Einschätzung zu allen drei Raumtypen wider.

Tab. 9: Wirtschaftliche Wirkungen Szenario 1

Ebene	Wirtschaftliche Wirkungen Schweiz
Preise, Einkommen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Immobilienpreise Stadt runter, Immobilienpreise Land hoch. ▪ In der Summe Wertverluste und dadurch gewisse Einkommensenkung. (-)
Transportkosten - national - international	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verteuerung national und international, dies verteuert im Schnitt die Investitions- und Konsumgüter. (-)
Globalisierungsgrad der Wertschöpfungsketten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zunahme der Transportkosten weltweit wegen häufigerer klimabedingter Störungen/Unterbrüche. Dies verteuert v.a. transportintensive Güter, mindert Globalisierung der Wertschöpfungsketten und führt zu Stärkung lokaler Produktion. (+/-).
Produktivität Arbeit und Kapital	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durch Hitze bei Arbeit sinkend (nicht nur bei Aussenarbeiten). (-) ▪ Bei Kapital sinkend, weil (privat und öffentlich) Finanzmittel für Schadensbehebung Klimafolgen an anderen Orten gespart werden müssen. (-)
Tourismuskosten aus Ausland	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zahlenmässig etwa gleich, insgesamt geringere Aufenthaltsdauer v.a. in Städten. (-)
Export/Import weitere	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extremereignisse führen zu Zunahme der Beeinträchtigungen des Warenhandels und machen ihn volatil für alle Beteiligten (höhere Risiken). ▪ Verteuerung und starke Verzögerung bei internationalen Transporten sowie Einkommenseinbussen wegen hohen Klimaschadenbehebungskosten in der Welt lässt Nachfrage nach Exporten CH sinken und macht gewisse Importe schlecht verfügbar. ▪ Beides ist ungünstig für die Schweiz, obwohl nur der Rückgang bei den Exporten das BIP negativ tangiert. (--)
BIP/Beschäftigung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spürbarer Rückgang, bei BIP und etwas schwächer bei Beschäftigung, da gleichzeitig Produktivität sinkt. (--) ▪ Aber Schweiz nutzt Möglichkeiten zur Entörtlichung der Arbeit dank Digitalisierung und bleibt BIP-seitig dank hoher Relevanz der Dienstleistungen relativ schwächer betroffen als andere Länder. (0/-) ▪ Längerfristig geringeres Potenzialwachstum wegen hoher Schadensbehebungskosten und Minderinvestitionen andernorts. (-)
Externe Klimakosten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoch. (--)

Tabelle INFRAS.

5.2.5 Umweltwirkungen

Welche Umweltwirkungen sind im Szenario 1 zu erwarten? Die folgende Tabelle zeigt eine qualitative Einschätzung für verschiedene Umweltbereiche für jeweils alle drei Raumtypen.

Die Wirkungen werden immer im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 unter heutigen Rahmenbedingungen (also ohne fortgeschrittenen Klimawandel) beschrieben. In einer solchen 'Referenzentwicklung' kann aufgrund der technologischen Entwicklung generell eine Reduktion verschiedener negativer Umweltwirkungen erwartet werden, insbesondere der Emission von Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm. Wenn also in untenstehender Tabelle von 'höheren' oder 'steigenden' Emissionen die Rede ist, bezieht das sich immer auf diesen zukünftigen Zustand 2060 ohne fortgeschrittenen Klimawandel.

Tab. 10: Umweltwirkungen Szenario 1

Themen, Umweltbereiche	Umweltwirkungen im Szenario 1
Luftschadstoffemissionen	<ul style="list-style-type: none">▪ Insgesamt sind die Luftschadstoffemissionen höher im Vergleich zu in einer Referenzentwicklung ohne Klimawandel.▪ Aufgrund der fortschreitenden Zersiedelung sowie dem zunehmenden Freizeitverkehr aus der Stadt sind die Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen insbesondere in städtischen und stadtnahen ländlichen Gebieten deutlich höher. In peripheren ländlichen Gebieten dürften die Emissionen eher stagnieren.▪ In Berggebieten wird die Luftbelastung v.a. im Sommer durch die steigende Attraktivität des Sommertourismus deutlich zunehmen. Im Winter wird es in schneesicheren Gebieten infolge der ausgeprägten Nachfragespitzen ebenfalls zu einer Zunahme der Luftbelastung kommen. In anderen Gebieten, in denen die Schneesicherheit abnimmt dagegen wird die Luftbelastung deutlich zurückgehen.
Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none">▪ Insgesamt werden die Treibhausgasemissionen im Szenario 'Laissez-faire' im Vergleich zu einer Referenzentwicklung steigen.▪ Dies ist insbesondere eine Folge der ausbleibenden Klimaschutz-Massnahmen zur strikten Verminderung der Treibhausgasemissionen, sowie der stabilen bis leicht steigenden Verkehrsnachfrage.
Lärm	<ul style="list-style-type: none">▪ Die Lärmemissionen dürften sich aufgrund der stabilen bis leicht steigenden Verkehrsnachfrage insgesamt nicht wesentlich verändern.▪ Allerdings ist mit neuen Spitzen zu rechnen, v.a. in attraktiven Regionen für den Freizeitverkehr (Berggebiete, Gewässer, höher gelegene ländliche Gebiete).▪ Zusätzlich führt die ausgeprägte Sommerhitze zu einer Verlagerung von Verkehr und anderen Aktivitäten in den frühen Morgen (früher zur Arbeit, um der Hitze auszuweichen) oder in den Abend. Beides führt zu mehr Lärm in sensiblen Zeiten.
Flächenverbrauch	<ul style="list-style-type: none">▪ Es sind kaum wesentliche Veränderungen des Flächenbedarfs zu erwarten. Der steigende Pendlerverkehr macht einen leichten Ausbau der Verkehrsinfrastruktur nötig, mit entsprechendem Flächenbedarf.

Tabelle INFRAS.

5.2.6 Fazit Szenario 1

Der Austausch mit den befragten Expertinnen und Experten zu Szenario 1 verdeutlicht: Hitze und Extremwetterereignisse werden, über alle drei Raumtypen hinweg, die zentralen klimatischen Treiber für die Verkehrsentwicklung im Jahr 2060 unter den gesetzten Voraussetzungen sein. Im Kern lässt sich zusammenfassen, dass in diesem Szenario der Druck auf die Verkehrsnachfrage zwischen den Räumen stark zunehmen dürfte. Es zeichnen sich zwei zentrale Tendenzen ab: Zum einen nimmt die Zersiedelung von der Stadt ins Umland zu. Der Wandel der Wohn- und Arbeitsnachfrage geht mit einer verstärkten Verkehrsnachfrage auf dem Land einher. Zum anderen nimmt der Tages- und Saisontourismus vor allem bei Sommerhitze aus der Stadt heraus zu. In Berggebieten und Naherholungsgebieten im ländlichen Raum werden im Sommer die Tourismus- und folglich die Verkehrsnachfrage deutlich zunehmen. Infolge von klimatischen Veränderungen und Extremwetterereignissen jedoch, werden infrastrukturelle Sicherheitsrisiken in Berggebieten weiter steigen.

Charakteristisch für dieses Szenario ist, dass alle sechs Wirkungsketten von vergleichsweise sehr hoher Relevanz für die einzelnen Raumtypen sind. Insgesamt dürfte die Situation auf dem Land und in den Berggebieten stark von den Entwicklungen im urbanen Raum geprägt sein.

Tab.11: Relevanz der Wirkungen in Szenario 1 je Raumtyp

	Städtische Gebiete 	Ländliche Gebiete 	Berggebiete 
Nr. Wirkungskette			
1 Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●●●	●●●●○	●●●●○
2 Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●●○○○	●○○○○	●●●●●
3 Angebotsänderung Verkehr	●●●●●	●●●●●	●●●●○
4 Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●●○○○	●○○○○	●●●●●
5 Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●●●●	●●●●●	●●●●○
6 Indirekte Wirkungen Ausland	●●●●●	●●●○○	●●●○○

Grundlage: Qualitative Einschätzung auf Basis des Expertenworkshops und der Literaturanalyse.

Tabelle INFRAS.

Die folgende Tabelle fasst die Kernaussagen der qualitativen Einschätzungen zu Szenario 1 («Laissez-faire») zusammen.

Tab. 12: Synthese – Szenario 1

Wirkungen	Städtische Gebiete 	Ländliche Gebiete 	Berggebiete 
Was ist anders 2060? (Treiber)	Starke Hitze im Sommer, mildere Winter. Flucht aus der Stadt aufs Land.	Zersiedelung steigt, weil Druck von der Stadt aufs Land steigt.	Schneesicherheitslinie weiter zurückgegangen, Gletscher geschmolzen, häufigere Extremwetterereignisse.
Direkte Verhaltensänderung (nicht verkehrlich)	Suche nach Schatten, Wasser, Kühle ist prägend. Stadt als Wohn- und Arbeitsort unbeliebter (entörtlichte Arbeitsplätze).	Ländlicher Raum als «Fluchtdestination»: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Naherholungsgebiete, Gewässer ▪ Als Wohn-/Arbeitsort beliebter 	Rückläufige Nachfrage nach Wintersport verlagert sich in höhere Gebiete. «Sommerfrische» und Vorhandensein von Wasser als Attraktivitätsmerkmal. Nachfrage im Sommertourismus klar steigend.
Infrastruktur (treiberübergreifend)	Hohe Anfälligkeit der Infrastruktur auf Hitzeschäden und Beeinträchtigung durch Extremwetterereignisse. Level of Service und Verkehrsfluss abnehmend.	Höhere Infrastruktur- und Betriebskosten, stärkere Auslastung der Infrastruktur, zunehmende Verteilungsfragen (Ausbau wo?).	Hohes Risiko- und Gefährdungspotenzial durch Extremereignisse (Steinschläge, Murgänge) und Rückgang Permafrost (Stabilität Skilifte). Stark steigende Infrastrukturkosten.
Verkehrsangebot/-betrieb	Hitzewellen und Starkniederschläge erschweren den reibungslosen Personen- und Güterverkehr und verteuern Wertschöpfungsketten. E-Bikes und Velos werden im Sommer und Winter attraktiver gegenüber MIV und ÖV.	Sinkende Zuverlässigkeit, betriebliche Schwierigkeiten im Güter- und Personenverkehr. Veränderung von ÖV-Angebot: flexibler, aber dünner.	Etwaiger Ausbau- respektive der Erhalt von Verkehrsangeboten verstärkt Bestandteil gesellschaftlicher Debatten zu Verteilungsfragen. Mit Blick auf ÖV-Angebot gegebenenfalls Aufgabe einzelner entlegener Dörfer und Fokus auf wenige Schwerpunktgebiete. Insgesamt Anstieg der Betriebskosten – verbunden mit gesellschaftlicher Debatte.

Wirkungen	Städtische Gebiete	Ländliche Gebiete	Berggebiete
			
Verkehrsnachfrage	<p>Pendlerverkehr nimmt wegen Zersiedelung insgesamt leicht zu (trotz mehr Telearbeit). Der Freizeitverkehr in die ländlichen Regionen wird ebenfalls zunehmen, v.a. im Sommer.</p> <p>Verteuerung und sinkende Zuverlässigkeit dämpfen dagegen Nachfrage v.a. im Güterverkehr. Der Güterverkehr für die Feinverteilung in die Stadt nimmt daher ab.</p>	<p>Trotz sinkender Attraktivität der Verkehrsangebote steigt die Nachfrage insgesamt leicht, aufgrund Zersiedelung und dem Druck aus der Stadt.</p> <p>In peripheren ländlichen Gebieten ist insgesamt ein Nachfragerückgang zu erwarten, während in Gebieten in der Nähe grosser Zentren eine Zunahme erwartet wird (aufgrund Drucks aus der Stadt).</p>	<p>Hohes Verkehrsaufkommen in Hitzephasen sowohl an Wochenenden als auch in der Ferienzeit («Sommerfrische»). Im Winter insgesamt sinkende Verkehrsnachfrage, v.a. in tiefer gelegene Tourismusregionen. Dafür Konzentration und Zunahme in Gebieten mit Schneesicherheit.</p>
Wirtschaft	<p>Sinkende Immobilienpreise, Wirtschaftskraft abnehmend, hohe Hitzekosten, Arbeitskräftepotential sinkend, Produktivität tiefer.</p>	<p>Steigende Immobilienpreise, Wirtschaftskraft zunehmend, Chancen Digitalisierung genutzt, wettbewerbsstark, hohe Schadensbehebungskosten drücken auf Produktivität.</p>	<p>Verschlechterung Erreichbarkeit, hohe Klimaschadenskosten, weiter hohe Nachfrage im Winter und Sommer, da europ. Wettbewerbsfähigkeit gehalten, regional sehr unterschiedliche Bilanz.</p>
Umwelt	<p>Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen steigend, verglichen mit einer Referenzentwicklung ohne Klimawandel. Gründe sind insbesondere der zunehmende Freizeitverkehr im Sommer und der steigende Pendlerverkehr.</p> <p>Lärmemissionen werden vor allem im Sommer in Randzeiten zunehmen (Ausweichen auf frühen Morgenstunden oder Abend).</p>	<p>Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen deutlich steigend, v.a. infolge zunehmendem Pendler- und Freizeitverkehr (letzterer v.a. im Sommer).</p> <p>In attraktiven ländlichen Erholungsgebieten (mit Gewässern, in höheren Lagen) werden Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm in den Spitzzeiten (v.a. am Wochenende) deutlich zunehmen.</p>	<p>In Berggebieten erfolgen die Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm viel punktueller und nehmen in den Spitztagen deutlich zu, insbesondere im Sommer.</p> <p>Im Winter gilt die gleiche Aussage lediglich für schneesichere Gebiete. In anderen Berggebieten werden die verkehrsbedingten Emissionen zurückgehen.</p>

Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

5.3 Wirkungen Szenario 2 (Anpassung)

Wirksame Anpassungsmassnahmen jedoch kaum Mitigation. Der Klimawandel ist – ähnlich wie in Szenario 1 – deutlich spürbar. Die Folgen sind jedoch abgeschwächt. «Wir passen uns an» ist das Leitmotiv von Szenario 2. Welche Ausprägungen (vgl. Kapitel 4 für vertiefte Informationen) in Szenario 2 zentral sind, zeigt Abb. 14.

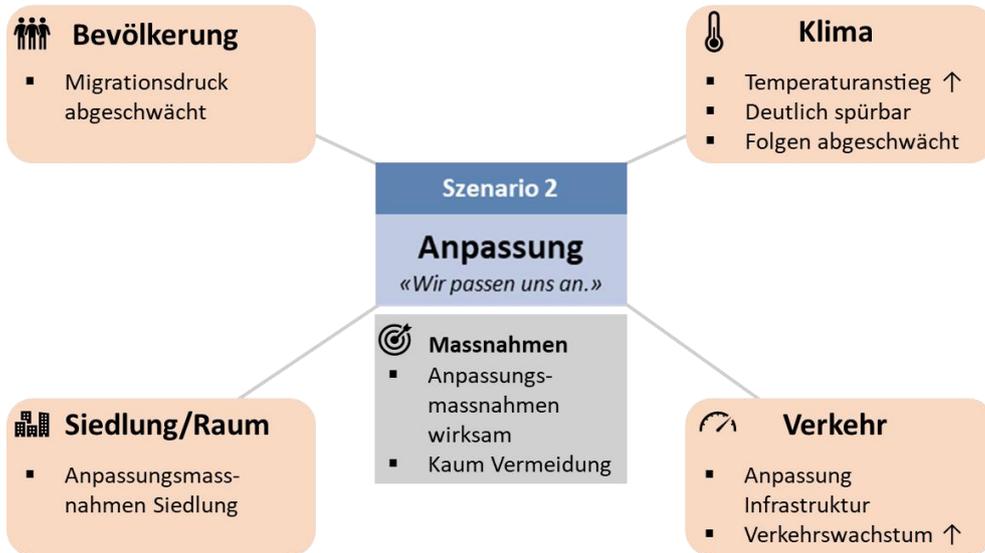


Abb. 14: Szenario 2 (Kurzversion)

Grafik INFRAS.

Welche Folgen wären in einem solchen Szenario für den Verkehr im Jahr 2060 in der Schweiz zu erwarten? Und was wären zentrale Unterschiede zu Szenario 1? Die folgenden Abschnitte diskutieren mögliche Wirkungen eines Anpassungsszenarios für den städtischen und ländlichen Raum sowie für die Berggebiete.

5.3.1 Städtische Gebiete



Expertenworkshop

Regulatorische und planerische Handlungsfelder in Wechselwirkung mit weniger Stadtfucht

In Szenario 2 sehen die ExpertInnen und Experten für die urbanen Gebiete in der Schweiz deutlichen Anpassungsbedarf in gleich mehreren Bereichen: Städtebau, Versorgungsketten, Forschung und Gefahrenlage zählen dabei zu den zentralen Handlungsfeldern. Themen wie Begrünung, Wasserzugang, lokale Produktion, veränderte Arbeitszeiten, Entflechtung von Arbeits- und Schulzeiten zur Glättung der Verkehrsspitzen, neue Technologien und Gefährdungspotenziale für Strassen- und Schienenverkehr werden in diesem Szenario zunehmend relevant sein.

«Stadtfucht» sollte in diesem Szenario hingegen weniger bedeutend als im Laissez-faire-Szenario sein, da die üblichen Standortvorteile der Städte (Kulturangebot, Nähe zu Hochschulen, Dichte an unterschiedlichen Skills, Erreichbarkeit) bestehen bleiben und nur geringfügig durch stärkere Hitze, Rückzug in die Gebäude, etc. gemindert werden. Generell ist aber, angesichts hoher Temperaturen, auch hier mit einem Nachfrageanstieg in Naherholungsgebieten zu rechnen. Gedämpft wird dieser Nachfragedruck indes durch Alternativeangebote in urbanen Gebieten, etwa attraktive Möglichkeiten zur Nutzung von Flüssen und Seen, höhere Anteile an Grünflächen und andere Anpassungsmassnahmen.

Einige der befragten ExpertInnen erwarten eine verstärkte Nachfrage aus dem Ausland. Gründe hierfür können zum einen sein, dass Reisen in die Schweiz für Touristen aus Übersee, etwa aus asiatischen Ländern, weiter an Attraktivität gewinnen. Zum anderen könnte der Tagestourismus in Berggebieten im Verhältnis zum Übernachtungstourismus steigen. So könnten ausländische Touristen verstärkt Schweizer Städte als Ausgangspunkt für Tagesreisen wählen.

Uneinig sind sich die Expertinnen und Experten teilweise, was die mögliche Bedeutung des Langsamverkehrs in diesem Szenario betrifft. Generell könnte die Nachfrage etwa im E-Bike-Bereich stark von den generell getätigten Anpassungen und dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur (z.B. Velowege) abhängen. Eine Verlagerung von anderen Verkehrsmitteln auf den Langsamverkehr wäre in diesem Szenario aber eher nicht zu erwarten. Vielmehr ist, angesichts des Bevölkerungswachstums davon auszugehen, dass die Zunahme im LV additiv zum MIV ist.

Insgesamt verdeutlicht der Expertenaustausch zu diesem Szenario: speziell die Wasser- und Abwasserinfrastruktur muss mit erheblichem Aufwand an die Herausforderungen angepasst werden. Desgleichen erfordern die Verkehrsinfrastrukturen bauliche Mehrausgaben (z.B. hitzeresistentere Baumaterialien) und die Sicherung von Redundanzen, um bei Unterbrechungen mehr Ausweichmöglichkeiten zu bieten. Steigende Unterhaltskosten sind die Folge.

Einbettung Wirkungsketten

Hohe Infrastrukturanpassungskosten und verminderte Globalisierung der Warenproduktion

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in städtischen Gebieten in Szenario 2 gezogen werden.

Tab. 13: Szenario 2 – Städtische Gebiete

Nr. Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1 Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der zunehmenden Sommerhitze und den Extremwetterereignissen wird mit zahlreichen baulichen Massnahmen (Begrünung, Städtebau, Stadtdurchlüftung, Schattenspenden) in den Städten begegnet. Die Städte sind weiterhin durch die Hitze beeinträchtigt, aber die Flucht in ländlichere Gebiete hält sich in viel engerem Rahmen. ▪ Verglichen mit heute ist aber auch in diesem Szenario mit einem leicht verminderten Pendlerverkehr (mehr Arbeitsplätze in ländlicheren Gebieten plus Zunahme ortsungebundenes Arbeiten) und mehr Freizeit- und leicht mehr Güterverkehr zu rechnen. ▪ Allenfalls sind Tagfahrverbote für den schweren Güterverkehr denkbar, um Infrastrukturbelastungen unter Hitze zu verringern.
2 Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dank erheblichen Anpassungsmassnahmen zur Sicherung der Infrastruktur und Verkehrswege in den Berggebieten, reisen mehr Personen als in Szenario 1 aus den Städten auch für Kurzaufenthalte in die Berge. Gegenüber heute nimmt die Nachfrage aber weiterhin eher bei längeren Aufenthalten in der Kühle für Freizeit und/oder Arbeit zu.
3 Angebotsänderung Verkehr	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betriebliche Einschränkungen für den Güterverkehr sowie durch verringerte technische Verfügbarkeit von Fahrzeugen beeinträchtigen das Verkehrssystem erheblich. ▪ Anpassungsmassnahmen können einen Teil dieser Folgen verringern. Trotzdem bleiben die negativen Beeinträchtigungen für den Verkehr erheblich (Zuverlässigkeit, Mehrkosten). ▪ Der Güterverkehr zwischen den Städten und Logistikzentren wird sich anpassen, z.B. mittels zusätzlicher Investitionen in Kühlprozesse und ggf. neuer Logistikstandorte. ▪ Bei den Fahrzeugen werden technische Anpassungen (Kühlung, bessere Materialien) umgesetzt und Innovationen gefördert. ▪ Alternative Transportsysteme, die klimabedingten Schäden weniger ausgesetzt sind, werden vermehrt eingesetzt (z.B. luftbasierte oder unterirdische Transportsysteme).
4 Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie unter Wirkungskette 2 beschrieben.

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durch kostspielige Um- und Ausbauten der Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsmanagement und Verkehrsinformationssysteme werden die negativen Wirkungen der Wetterextremen auf die die Zuverlässigkeit der städtischen Verkehrsinfrastrukturen und den Level of Service der Verkehrsverbindungen der Städte erheblich gemindert. Der Unterhaltsaufwand erhöht sich ebenfalls. Dadurch halten sich die Hitze- und Extremwetterbedingten Verlangsamung des Verkehrsflusses (Zeitbedarf, Zuverlässigkeit) in Grenzen. Die Zuverlässigkeit des Verkehrssystems ist höher als in Szenario 1 aber tiefer als heute. ▪ Bewusster (Aus-)Bau stärkerer Infrastrukturredundanzen trotz hoher Kosten.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Weil auch der Rest der Welt in Klimaanpassung vermehrt investiert, wird die Verfügbarkeit von Importgütern für die Schweiz weniger stark beeinträchtigt. Dennoch nimmt der Trend zu mehr lokaler Produktion und die Suche nach weniger klimasensitiven Vorleistungsgütern in der Produktion zu. Exporte in klimasensitive Länder nehmen eher ab, weil Risiken im Aussenhandel gegenüber heute ansteigen. ▪ Der Tourismus in der Schweiz ist in städtischen Gebieten verglichen mit dem Ausland eher unterdurchschnittlich vom Klimawandel betroffen. Zudem helfen die hohen Investitionen in Anpassungsmassnahmen, die negativen Folgen für den Tourismus weiterhin in Grenzen zu halten. Somit bleiben die Touristenströme etwa konstant.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 2, städtische Gebiete)

- Langsamverkehr nimmt zu, entsprechende Anpassungsmassnahmen wie zusätzliche Fuss- und Velowege (wenn möglich beschattet) und vorausgesetzt.
- Stadtflicht schwächer ausgeprägt als im Szenario 1.
- Steigende Preise bei Verkehrsinfrastruktur/-angebot könnten zu Nachfragerückgang führen.
- Szenario mit (leicht) verminderten Pendlerverkehr (mehr Arbeitsplätze in ländlicheren Gebieten plus Zunahme ortsungebundenes Arbeiten), erheblich mehr Freizeitverkehr (Abkühlung im Sommer) und leicht mehr Güterverkehr.
- Internationale Wertschöpfungsverflechtung nimmt etwas ab, da weltweit Transportkosten steigen und v.a. transportintensive Güter teurer werden.

5.3.2 Ländliche Gebiete



Expertenworkshop

Vorteil gegenüber Städten durch gezielte Stärkung von Zentren und deren Funktionalität

Der Erfolg der Adaptionsmassnahmen im städtischen Raum wird den ländlichen Raum entscheidend beeinflussen: Je besser die Adaption im städtischen Raum gelingt, desto geringer ist der Druck auf ländliche Gebiete. Der Austausch mit den befragten Expertinnen und Experten verdeutlicht, dass die Anpassungen unter den angenommenen Bedingungen von Szenario 2 die Stärken der ländlichen Gebiete fördern dürfte. Vorteile sind, dass der ländliche Raum weniger dicht besiedelt ist, es mehr Grünflächen und Freiräume gibt und Naherholungsgebiete weiter in diesem Szenario gefördert werden. Aufgrund der besseren Adaption der Städte verringert sich jedoch die relative Attraktivität des ländlichen Raums im Vergleich zum Szenario 'Laissez-faire'.

Ein zentraler Unterschied zu Szenario 1: Wenn es gelingt, ländliche Zentren und deren Funktionalitäten zu stärken – beispielsweise was Arbeit, Wohnen und Freizeit betrifft – führt das zu verkürzten Wegen und einer, im Vergleich zum Laissez-faire-Szenario, gedämpften Verkehrsnachfrage. Zusätzlich wird im Anpassungsszenario zunehmend in Massnahmen zum Erhalt der Sicherheit und Klimaresilienz der Verkehrsinfrastrukturen des ländlichen Raums investiert. Mögliche Folgen: die Infrastrukturkosten steigen und es entsteht eine verstärkte Konkurrenz um finanzielle Mittel mit anderen Bereichen, wie etwa für den Bau neuer Verkehrsinfrastrukturen. Generell ist davon auszugehen, dass die finanziellen Mittel primär in Anpassungsmassnahmen von Verkehrsinfrastrukturen investiert werden, dafür weniger in Neu- und Ausbauten.

Diverse Megatrends, allen voran die Digitalisierung und das automatisierte Fahren, bieten Chancen für die Umsetzung der Klimaadaptionsmassnahmen im ländlichen Raum. Das wird vor allem bei der Verknüpfung von Arbeits- und Wohnort aber auch hinsichtlich der Anpassung von Bildungsmöglichkeiten deutlich. Die verbesserten Möglichkeiten zur Telearbeit beispielsweise ermöglichen neue Arbeitsformen. Ländliche Gemeinden könnten autonomer agieren. Das forciert die Wegevermeidung.

Generell kann mithilfe der Adaptionsmassnahmen die Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit der – auch in diesem Szenario stark gefragten – Verkehrssysteme im ländlichen Raum erhöht werden. Dies führt tendenziell zu einer steigenden Verkehrsnachfrage im Vergleich zum Szenario 'Laissez-faire'. Auf der anderen Seite dämpfen die etwas verringerte Zersiedelung und der geringere Druck aus der Stadt die Verkehrsnachfrage auf dem Land wiederum.

Einbettung Wirkungsketten

Anpassungsmassnahmen verringern negative verkehrliche Folgen, aber erhöhen Kosten stark

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in ländlichen Gebieten in Szenario 2 gezogen werden.

Tab. 14: Szenario 2 – Ländliche Gebiete

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> Die Sommerhitze beeinträchtigt auch im Szenario 2 die städtischen Räume. Aufgrund erfolgreicher Adaptionenmassnahmen in Städten sinkt jedoch der Druck aufs Land, die Zersiedlung wird schwächer. Verglichen mit heute ist aber auch im Szenario 2 mit einer zunehmenden Verkehrsnachfrage zu rechnen. Ländliche Zentren werden wichtiger, auch der ländliche Raum für Naherholung. Im Vergleich zu Szenario 1 sind die verkehrlichen Wirkungen aber geringer.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> Kein direkter Bezug dieser Wirkungskette zum ländlichen Raum.
3	Angebotsänderung Verkehr	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> Betriebliche Einschränkungen für den Güterverkehr sowie durch verringerte technische Verfügbarkeit von Fahrzeugen beeinträchtigen das Verkehrssystem erheblich. Anpassungsmassnahmen können einen Teil dieser Folgen verringern. Trotzdem bleiben die negativen Beeinträchtigungen für den Verkehr erheblich (Zuverlässigkeit, Mehrkosten). Der Güterverkehr zwischen den Städten und Logistikzentren wird sich anpassen, z.B. mittels zusätzlicher Investitionen in Kühlprozesse und ggf. neuer Logistikstandorte. Bei den Fahrzeugen werden technische Anpassungen (Kühlung, bessere Materialien) umgesetzt und Innovationen gefördert. Alternative Transportsysteme, die klimabedingten Schäden weniger ausgesetzt sind, werden vermehrt eingesetzt (z.B. luftbasierte oder unterirdische Transportsysteme).
4	Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> Kein direkter Bezug dieser Wirkungskette zum ländlichen Raum.
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> Mittels massiven Ausbaus der bestehenden Infrastruktur werden negative Folgen wenn möglich verringert: Sicherungsbauten, Streckenüberwachung, Bau von alternativen Verbindungen. Damit steigt die Zuverlässigkeit im Vergleich zum Szenario 1, bleibt aber geringer als heute. Auch der Unterhaltsaufwand wird massiv erhöht. Infrastrukturbed. Kosten steigen massiv. Mittelkonkurrenz steigt.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> Dank weltweiter Adaptionenmassnahmen sinkt der Migrationsdruck leicht, bleibt aber erheblich. Adaption im Ausland ermöglicht gut funktionierende Im- & Exporte.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.
Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 2, ländliche Gebiete)

- Im Anpassungsszenario könnten ländliche Räume eigene Stärken gezielt ausspielen. Im Vergleich zum Szenario 'Laissez-faire' sinkt der Druck von der Stadt, die Zersiedelung ist abgeschwächt und die Verkehrsnachfrage geringer – aber immer noch erhöht gegenüber einem heutigen Zustand ohne Klimawandel.
- Umfassende infrastrukturelle Anpassungsmassnahmen dämpfen negative Effekte auf die Zuverlässigkeit und den Verkehrsbetrieb im ländlichen Raum. Die damit verbundenen Kosten sind allerdings massiv, was zu Verteilungskämpfen (zwischen verschiedenen Politikfeldern und auch zwischen den Regionen) führt.
- Im Rahmen von Adaptionismassnahmen kann verstärkt von Megatrends wie Digitalisierung, Automatisierung, sowie neue Mobilitätsangebote profitiert werden. Beispielsweise helfen solche neuen, intelligenten Lösungen, die Zuverlässigkeit und Flexibilität der Verkehrssysteme hoch zu halten und somit Einschränkungen infolge des Klimawandels (Risiken, verringerte Zuverlässigkeit) abzufedern. Ebenfalls können neue Lösungen v.a. im Bereich Automation Kosten sparen und so Kostensteigerungen infolge teurer Anpassungsmassnahmen abfedern.

5.3.3 Berggebiete



Expertenworkshop

Reaktive Handlungsmassnahmen und Sicherungsbauten im Verkehr gewinnen an Bedeutung

Mit den steigenden Anpassungskosten verschärft sich die gesellschaftliche Debatte, welche Investitionen in Berggebieten überhaupt – und wenn ja, an welchen spezifischen Orten – getätigt werden sollten («Was können und was wollen wir uns noch leisten»). Die befragten ExpertInnen und Experten haben hierzu im Kern zwei mögliche Trends gezeichnet: Eine Möglichkeit ist, dass einzelne Hotspots – für den Wintersport sind hier vor allem hoch gelegene alpine Destinationen relevant – durch Anpassungsmassnahmen gestärkt werden und dadurch wachsen. Als primäre Zielgruppe kommen angesichts der hohen Kosten vor allem kaufkräftige Touristen infrage. Andere, tiefer gelegene und wirtschaftlich weniger relevante Berggebiete werden demzufolge eher vernachlässigt. Infolge entstehen grosse Unterschiede in der Erschliessungsqualität zwischen einzelnen Destinationen. Eine andere Möglichkeit ist aber auch, dass dank breit getätigter Anpassungsmassnahmen, Destinationen in diversen Berggebieten voneinander unabhängig verkehrlich gut erschlossen bleiben und dadurch als Ziele für Touristen weiterhin infrage kommen.

Unterschiedlich fallen die Ansichten der befragten Expertinnen und Experten auch zur Schwerpunktsetzung der Anpassungsmassnahmen aus. Während die einen den Schwerpunkt in Szenario 2 in der Umsetzung von Sicherungsmassnahmen sehen, gehen andere davon aus, dass primär organisatorische Massnahmen erarbeitet werden. Durch Sicherungsmassnahmen würden, insbesondere im direkten Vergleich zu Szenario 1, weniger Schadenskosten infolge von Extremereignissen entstehen. Einem möglicherweise negativen Image bei Touristen wie Bewohnern infolge von Infrastrukturbeschädigungen würde somit vorgebeugt werden. Angesichts der hohen Kosten ist stattdessen aber auch eine Schwerpunktsetzung auf eher reaktive Massnahmen denkbar. Kritische Infrastrukturen würden ständig überwacht werden. Im Ernstfall würden zuvor erarbeitete, schnell umsetzbare provisorische Behelfsmassnahmen (z.B. Schotterpisten) zum Einsatz kommen.

Dank der Anpassungsmassnahmen im Infrastrukturbereich wird die verkehrliche Nachfrage, insbesondere durch Touristen, vor allem in den Sommermonaten noch weiter steigen. Aufgrund der Anpassungsmassnahmen wird verstärkt auf den Ausbau der Infrastruktur für den Langsamverkehr und den Einsatz moderner Kommunikationsmittel für die Verkehrssteuerung gesetzt.

Einbettung Wirkungsketten

Anpassungsmassnahmen stärken Image der Berggebiete, verschärfen aber Kosten-Debatte

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in den Berggebieten in Szenario 2 gezogen werden.

Tab. 15: Szenario 2 – Berggebiete

Nr. Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1 Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●●○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durch Anpassungsmassnahmen in Städten sinkt das Verlangen nach «Sommerfrische». Berggebiete konkurrieren mit Indoor- und Grünflächen-Angeboten in der Stadt und auf dem Land. ▪ Insgesamt steigt auch hier Verkehrsnachfrage im Sommer, sowohl im Tages- als auch im Ferientourismus.
2 Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgrund der Adaptionenmassnahmen können vorhandene Infrastrukturen weitgehend sorgenfrei genutzt werden. Im Ernstfall stehen alternative und schnell umsetzbare Behelfsmassnahmen zur Verfügung. ▪ Tiefer gelegene Wintersportgebiete haben wegen des allgemeinen Temperaturanstiegs dennoch unter mangelnder Schneesicherheit zu leiden. Anpassungsmassnahmen führen dazu, dass die Nachfrage in höheren Gebieten weiter wächst. Dank der Adaption ist es problemlos möglich, hoch gelegene Gebiete zu erreichen – damit verbunden sind allerdings auch hohe Kosten.
3 Angebotsänderung Verkehr	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassungsmassnahmen können einen Teil der Einschränkungen im GV verringern. Trotzdem bleiben die negativen Beeinträchtigungen für den Verkehr erheblich (Zuverlässigkeit, Mehrkosten). ▪ Wegen der teuren Anpassungsmassnahmen steigen die Kosten für Transporte/Lieferungen in Berggebiete – und werden zunehmend bezüglich ihrer Sinnhaftigkeit in Frage gestellt. ▪ In Berggebieten wird verstärkt auf LV-Infrastruktur gesetzt. ▪ Verstärkte Schwerpunktsetzung im Tourismussektor auf ausgesuchte Gebiete, insgesamt Angebotsbündelung.
4 Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●●●●●	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dank Anpassungsmassnahmen sind Infrastrukturen weniger negativ beeinflusst als in Szenario 1 respektive Behelfsmassnahmen ermöglichen schnelles Handeln im Ernstfall. ▪ Hohe Anpassungsmassnahmen verschärfen gesellschaftliche Debatten (mehr Sicherungsmassnahmen oder reaktive Massnahmen?)
5 Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verstärkte Mittelkonkurrenz mit urbanen und ländlichen Gebieten. ▪ Generelle verbesserte Zuverlässigkeit des Verkehrssystems in diesen Räumen wirkt sich leicht positiv auf Verkehrssystem in Berggebieten aus (z.B. erleichterte An- und Abreise).

- 6 Indirekte Wirkungen Ausland 
- Adaption erleichtert dem Tourismussektor, Anforderungen aus dem Ausland gerecht zu werden. Schweizer Tourismus bleibt attraktiv.
 - Massnahmen führen möglicherweise zu positiven Image (Sicherheit)

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle: INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 2, Berggebiete)

- Für die Berggebiete gewinnt die Sicherstellung reaktiver und organisatorischer Massnahmen (z.B. provisorische Lösungen wie Schotterpisten oder Luftbrücken) zunehmend an Relevanz. Zur Verkehrssteuerung werden zunehmend verstärkt moderne Kommunikationsmittel eingesetzt.
- Gesellschaftliche Debatte zu Anpassung: Die Frage «Was können und wollen wir uns leisten?» ist in diesem Szenario angesichts steigender Betriebs- und Unterhaltskosten ähnlich wie in Szenario 1 Bestandteil gesellschaftlicher Debatten. Es gibt eine verstärkte Konkurrenz um finanzielle Mittel mit dem ländlichen Raum.
- Generell verbesserte Zuverlässigkeit dank Anpassungsmassnahmen wirkt sich leicht positiv auf die Berggebiete aus (Lieferketten, Tourismusnachfrage, Image). Adaption ermöglicht es (zumindest teilweise) grössere Schäden infolge von Extremereignissen zu vermeiden. Verkehrsnachfrage vor allem im Sommer deutlich zunehmend (analog zu Szenario 1), insbesondere infolge steigendem Ferientourismus. Im Winter leichter Rückgang der Verkehrsnachfrage zu erwarten, dank Anpassungsmassnahmen jedoch geringer als im Szenario 1.

5.3.4 Wirtschaftliche Wirkungen

Welche wirtschaftlichen Wirkungen könnten mit Szenario 2 einhergehen? Die folgende Tabelle zeigt spiegelt eine qualitative Einschätzung zu allen drei Raumtypen wider.

Tab. 16: *Wirtschaftliche Wirkungen Szenario 2*

Ebene	Wirtschaftliche Wirkungen Schweiz
Preise, Einkommen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leichte Einkommenseinbussen, v.a. in Städten und einem Teil der Berggebiete und Tessin. Anteil des frei verfügbaren Einkommens sinkt, weil mehr für Anpassung ausgegeben werden muss. (0/-)
Transportkosten - national - international	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verteuerung national und international wegen kostspieligen Anpassungsmassnahmen Infrastruktur und -betrieb (Kühlung, mehr Fahrzeuge für Ausfallsicherheit, etc.). (-)
Globalisierungsgrad der Wertschöpfungsketten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transportkostenzunahme führt zu geringerer Globalisierung der Wertschöpfungsketten und Stärkung lokalerer Produktion. (+/-)
Produktivität Arbeit und Kapital	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durch Anpassungsmassnahmen bei Arbeit nur bei Aussenarbeiten sinkend. (0/-) ▪ Bei Kapital sinkend, weil (privat und öffentlich) Finanzmittel für Klimaanpassung andernorts gespart werden muss. (-)
Tourismusanfrage aus Ausland	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zahlenmässig etwa gleich, insgesamt geringere Aufenthaltsdauer wegen sinkendem verfügbarem Einkommen Ausland. (-)
Export/Import weitere	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verteuerung und gewisse Verzögerung bei internationalen Transporten sowie Einkommenseinbussen wegen hohen Anpassungskosten in der Welt lässt Nachfrage nach Exporten CH sinken und macht gewisse Importe schlechter verfügbar. ▪ Beides ist ungünstig (aber weniger als in Szenario 1) für die Schweiz, obwohl nur der Rückgang bei den Exporten das BIP negativ tangiert. (-)
BIP/Beschäftigung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kaum Rückgang bei Beschäftigung, da Anpassungsmassnahmen beschäftigungsintensiv sind. (0) ▪ Kurzfristig kaum Rückgang bei BIP, da Anpassungsmassnahmen BIP-wirksam sind. (0) ▪ Längerfristig geringeres Potenzialwachstum wegen zurückgefahrterer produktiver Investitionen andernorts. (-)
Externe Klimakosten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zum Teil über Anpassungsmassnahmen internalisiert, weiter recht hoch. (--)

Tabelle INFRAS.

5.3.5 Umweltwirkungen

Welche Umweltwirkungen sind im Szenario 2 zu erwarten? Die folgende Tabelle zeigt eine qualitative Einschätzung für verschiedene Umweltbereiche für jeweils alle drei Raumtypen. Die Wirkungen werden immer im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 unter heutigen Rahmenbedingungen (also ohne fortgeschrittenen Klimawandel) beschrieben.

Tab. 17: Umweltwirkungen Szenario 2

Themen, Umweltbereiche	Umweltwirkungen im Szenario 2
Luftschadstoffemissionen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insgesamt werden die Luftschadstoffemissionen deutlich höher sein im Vergleich zu in einer Referenzentwicklung ohne Klimawandel. ▪ Diese erwartete Emissionszunahme ist primär eine Folge der erwarteten Zunahme des Gesamtverkehrs. Der wichtigste Treiber dabei ist der stark zunehmende Freizeitverkehr aus der Stadt. Deshalb werden die Schadstoffemissionen vor allem in städtischen und stadtnahen ländlichen Gebieten deutlich steigen, während sie in peripheren ländlichen Gebieten tendenziell stagnieren. ▪ Die umfassenden Anpassungsmassnahmen im Bereich der Verkehrsinfrastruktur (Erhöhung der Sicherheit, redundante Infrastrukturen) stellen die Zuverlässigkeit und Attraktivität der Verkehrssysteme sicher, was die Verkehrsnachfrage – und somit die Emissionen – steigert. Dies gilt insbesondere auch für Berggebiete, deren Erreichbarkeit im Vergleich zu 'Laissez-faire' attraktiv bleibt – und zudem vor allem im Sommer als Folge der gesteigerten Nachfrage aus den Städten mit mehr Verkehr und deshalb mehr Emissionen zu rechnen haben.
Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insgesamt steigen die Treibhausgasemissionen im Szenario 'Laissez-faire' im Vergleich zu einer Referenzentwicklung deutlich an, was eine Folge der ausbleibenden Klimaschutz-Massnahmen zur strikten Verminderung der Treibhausgasemissionen sowie der hohen Attraktivität der Verkehrsinfrastrukturen (dank Anpassungsmassnahmen) ist.
Lärm	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Lärmemissionen werden aufgrund der steigenden Verkehrsnachfrage zunehmen (im Vergleich zu einer Referenzentwicklung ohne Klimawandel). ▪ Zudem sind aufgrund der zeitlichen Verlagerung im Sommer die Lärmemissionen am Morgen und am Abend zunehmen. ▪ Ebenfalls zu mehr Lärmemissionen wird es in attraktiven touristischen Regionen geben, v.a. im Sommer sowie im Winter in schneesicheren Destinationen.
Flächenverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die umfassenden Anpassungsmassnahmen mit neuen, z.T. redundanten Verkehrsinfrastrukturen sowie Sicherheitsbauten führen zu einem erheblichen Ausbau mit entsprechendem zusätzlichem Flächenverbrauch. ▪ Auch die generelle Verkehrszunahme erhöht den Druck für weitere Infrastrukturausbauten und zusätzlichem Flächenbedarf.

Tabelle INFRAS.

5.3.6 Fazit Szenario 2

Die getätigten Anpassungsmassnahmen erzielen in allen drei betrachteten Raumtypen ihre Wirkung. Trotz der Tatsache, dass die klimatischen Veränderungen ähnlich ausgeprägt wie in Szenario 1 sind – und beispielsweise mit einer starken Temperaturerhöhung einhergehen – greift die Adaption zumindest teilweise. Konkret bedeutet das, dass es im urbanen und ländlichen Raum gelingt, die Auswirkungen von Hitzeschäden und Beeinträchtigungen der Infrastruktur abzufedern und die negativen Wirkungen z.B. von Hitze zu mindern. Der Druck aus der Stadt auf das Land wird leicht gebremst. In Berggebieten können die Risikopotenziale von Extremereignissen gedämpft werden. Angesichts der hohen Betriebs- und Unterhaltskosten verschärft sich jedoch die Verteilungsdebatte und die Mittelkonkurrenz – insbesondere zwischen ländlichen Gebieten und Berggebieten weiter.

Auffallend ist, dass die Relevanz der meisten Wirkungsketten im Vergleich zum Laissez-faire-Szenario leicht zurückgegangen ist. Je nach Raumtyp zeichnen sich die betrachteten Auswirkungen des Klimawandels auf das Verkehrssystem nach wie vor deutlich ab.

Tab. 18: Relevanz der Wirkungen in Szenario 2 je Raumtyp

	Städtische Gebiete	Ländliche Gebiete	Berggebiete
			
Nr. Wirkungskette			
1 Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●●○○	●●●○○	●●●○○
2 Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●○○○○	●○○○○	●●●●●
3 Angebotsänderung Verkehr	●●●●○	●●●●●	●●●○○
4 Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●○○○○	●○○○○	●●●●●
5 Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●●●○	●●●●●	●●○○○
6 Indirekte Wirkungen Ausland	●●●○○	●●○○○	●●●○○

Grundlage: Qualitative Einschätzung auf Basis des Expertenworkshops und der Literaturanalyse.

Tabelle INFRAS.

Die folgende Tabelle fasst die Kernaussagen der qualitativen Einschätzungen zu Szenario 2 zusammen.

Tab. 19: Synthese – Szenario 2

Wirkungen	Städtische Gebiete 	Ländliche Gebiete 	Berggebiete 
Was ist anders 2060? (Treiber)	Starke Hitze im Sommer, mildere Winter. Flucht aus der Stadt aufs Land dank starker Anpassung abgedämpft.	Druck von der Stadt aufs Land verringert, aber immer noch vorhanden.	Schneesicherheitslinie weiter zurückgegangen, Gletscher geschmolzen. Direkte Wirkungen der Extremwetterereignisse abgedämpft.
Direkte Verhaltensänderung (nicht verkehrlich)	Suche nach Schatten, Wasser, Kühle ist prägend. Dank Anpassungsmassnahmen auch in der Stadt z.T. verfügbar. Als Wohn-/Arbeitsort etwas unbeliebter (ortsunabhängige Arbeitsplätze).	Neue Arbeitsformen (z.B. Telearbeit) fördern Anpassung und stärken den ländlichen Raum. Vor allem für Naherholung wird der ländliche Raum wichtiger.	Höhere Nachfrage nach Ferientourismus und, weniger ausgeprägt, Tagestourismus im Sommer infolge Hitze in tief gelegenen Gebieten. Wintertourismus dank Anpassung weiterhin stark, wenn auch etwas geringer als heute.
Infrastruktur (treiberübergreifend)	Dank starken Anpassungsmassnahmen ist Anfälligkeit der Infrastruktur auf Hitzeschäden und Beeinträchtigung durch Extremwetterereignisse abgefedert.	Massiver Ausbau der Infrastruktur durch umfassende Adaptionenmassnahmen. Führt zu deutlich höheren Infrastruktur- und Betriebskosten.	Anpassungsmassnahmen und Reduktion Risikopotenzial stärken Vertrauen in Infrastruktur, entfachen aber auch gesellschaftliche Debatten und Mittelkonkurrenz angesichts hoher Betriebs- und Unterhaltskosten.
Verkehrsangebot/-betrieb	Dank Anpassung können betriebliche Einschränkungen verringert und die Zuverlässigkeit ggü. Szenario 1 erhöht werden. Gleichzeitig steigen die Kosten stark. Elektrofahrräder werden im Sommer und Winter attraktiver gegenüber MIV, ÖV.	Dank Anpassung können betriebliche Einschränkungen verringert und die Zuverlässigkeit ggü. Szenario 1 erhöht werden. Gleichzeitig steigen die Kosten stark.	Reaktive und organisatorische Behelfsmassnahmen im Fall von Extremereignissen rücken in Fokus. Allenfalls verstärkte Konzentration auf Gebiete mit touristischer Bedeutung. Neue, klimaangepasste Angebote in Tourismus und Verkehr.
Verkehrsnachfrage	Pendlerverkehr und Güterverkehr für die Feinverteilung in die Stadt nimmt leicht ab, während der Freizeitverkehr in die ländlichen Regionen eher zunimmt.	Im Vergleich zu heute ist mit einer zunehmenden Nachfrage auf dem Land zu rechnen (wegen Attraktivität). Die verbesserte Zuverlässigkeit und geringeren Kosten vgl. mit Sz. 'Laissez-Faire' erhöhen Nachfrage.	Verkehrsnachfrage im Sommer steigt (Wochenende, Ferienzeit) deutlich, wenn auch etwas weniger als im Szenario 1. Verkehrsnachfrage nach höher gelegenen Gebieten steigt im Winter (Schneesicherheit).

Wirkungen	Städtische Gebiete	Ländliche Gebiete	Berggebiete
			
Wirtschaft	Moderat sinkende Immobilienpreise, Wirtschaftskraft etwas abnehmend, geringere Heizkosten als in Szen. 1 dank hohen Anpassungsaufwendungen, Arbeitskräftepotential leicht sinkend, Produktivität etwas tiefer. Trend zu geringerer Globalisierung wegen weltweit steigender Transportkosten dämpft BIP und Beschäftigung etwas.	Leicht steigende Immobilienpreise, Wirtschaftskraft leicht zunehmend, Chancen Digitalisierung genutzt, wettbewerbsstark, hohe Anpassungskosten drücken leicht auf Produktivität. BIP und Beschäftigung in dem Raum höher als Referenz ohne Klimawandel.	Erreichbarkeit weitgehend gehalten dank hoher Ausgaben für Anpassungsmassnahmen, starke relative int. Wettbewerbsfähigkeit im Winter und Sommer, regional sehr unterschiedliche Bilanz. Trend zu geringerer Globalisierung stärkt BIP etwas.
Umwelt	Deutliche Zunahme der Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen als Folge des Mehrverkehrs, v.a. infolge des steigenden Freizeitverkehrs. Lärmemissionen im Sommer in den Randzeigen zunehmend (Ausweichen auf Morgen und Abend).	Deutliche Zunahme der Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen als Folge des Mehrverkehrs. Lärm- und Luftschadstoffemissionen steigen v.a. in touristisch attraktiven ländlichen Gebieten in den Spitzenzeiten (z.B. an Wochenenden). Ausbau und Sicherung der Verkehrsinfrastrukturen führt zu erheblichem Flächenverbrauch.	In Berggebieten nehmen Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen aufgrund des Mehrverkehrs zu. Zusätzliche Verkehrsspitzen v.a. im Sommer führen zu punktuell ausgeprägten Emissionsspitzen. Ausbau und Sicherung der Verkehrsinfrastrukturen führt zu zusätzlichem Flächenverbrauch.

Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

5.4 Wirkungen Szenario 3 (Vermeidung)

Grundsätzlich fallen in Szenario 3 die wichtigsten Treiber des Klimawandels (Hitze, Extremwetterereignisse) mässiger aus. Das wirkt sich – im Vergleich zu Szenario 1 – zunächst positiv (fördernd) auf die Verkehrsnachfrage aus. Andererseits bedingt das Szenario Vermeidung ein umfassendes Bündel an restriktiven Massnahmen zur Dekarbonisierung des Verkehrs. Dies umfasst verschiedene Bereiche wie Technologie (Elektrifizierung, Motoreffizienz), verkehrliche Effizienz (kürzere Wege, effiziente Verkehrsorganisation, höhere Auslastung), modale Verlagerung auf CO₂-ärmere Technologien (v.a. Langsamverkehr, z.T. Schienenverkehr/öffentlicher Verkehr) und Suffizienz (Verkehrsvermeidung). Abb. 15 fasst zentrale Ausprägungen dieses Szenarios zusammen.

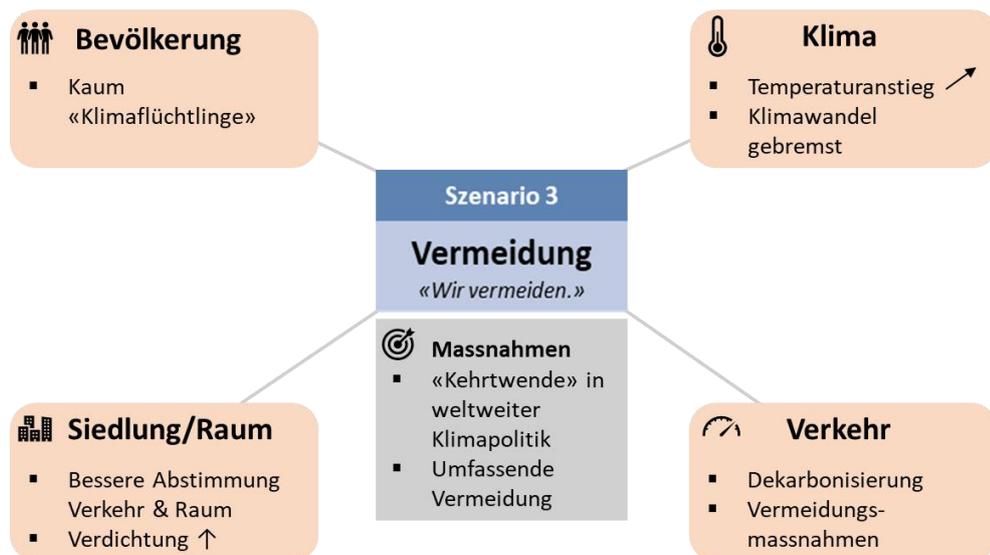


Abb. 15: Szenario 3 (Kurzversion)

Grafik INFRAS.

Welche Folgen wären in einem solchen Szenario für den Verkehr im Jahr 2060 in der Schweiz zu erwarten? Und was wären zentrale Unterschiede zu Szenario 1 und 2? Die folgenden Abschnitte diskutieren mögliche Wirkungen eines Anpassungsszenarios für den städtischen und ländlichen Raum sowie für die Berggebiete.

5.4.1 Städtische Gebiete



Expertenworkshop

'Mobility as a Service' prägt verkehrliche Entwicklung im urbanen Raum

Das Vermeidungsszenario grenzt sich hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr im urbanen Raum in mehreren Aspekten von den Szenarien 1 und 2 ab: Der «öffentliche Individualverkehr» und der Langsamverkehr prägen die innerstädtische Mobilität. Denkbar sind einerseits grössere Verkehrsgefässe, in denen sich jeweils viele Fahrgäste befinden. Andererseits bietet sich mehrzahlenden Personen die Möglichkeit, einzelne Kleinfahrzeuge zu nutzen. Generell ist in diesem Bild eine Forcierung in Richtung Mobility as a Service (MaaS) zu erwarten

Negative Wirkungen auf Verkehrsinfrastruktur und -angebot sind im Vermeidungsszenario im urbanen Raum gemäss der Diskussion im Rahmen des Expertenworkshops kaum in stärkerer Form, als dies heute der Fall ist, vorhanden. Die Kosten der Vermeidungsmassnahmen könnten allerdings erheblich und relevant sein, insbesondere was das Energiesystem, den Infrastrukturausbau im Langsamverkehr, die Verpflichtung zur frühen Durchdringung im Bereich der E-Mobilität (Technologie-Förderung) sowie grössere Fahrzeuge betrifft.

Damit könnte auch eine höhere Effizienz im Verkehrssektor einhergehen. Die Vermeidungsszenarien können dazu führen, dass die Anzahl der Personen je Fahrzeug steigt. Der Level of Service (LoS) könnte mit Blick auf den Komfort abnehmen. Pünktlichkeit und Angebotsdichte wären davon hingegen nicht betroffen. Das Thema Pricing gewinnt an Bedeutung.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die städtische Bevölkerung – nicht zuletzt angesichts der Massnahmen zur Vermeidung negativer klimatischer Wirkungen – weniger autoaffin ist. Angebote im ÖV- und Sharing (on demand)-Bereich zu nutzen, ist selbstverständlich. Für Reisen werden verschiedene Mobilitätsformen integriert. Der Langsamverkehr würde sich entsprechend weiter ausdehnen. Sowohl die städtische Bevölkerung als auch Touristen verhalten sich im Vermeidungsszenario deutlich klimasensitiver als in den anderen Szenarien. Für kurze Reisezeiträume werden nahegelegene Regionen bevorzugt, Verkehrsmittel werden bewusster gewählt.

Einbettung Wirkungsketten

E-Mobilität, Langsamverkehr und lokalere Warenproduktion als Wachstumsfelder

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in städtischen Gebieten in Szenario 3 gezogen werden.

Tab. 20: Szenario 3 – Städtische Gebiete

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umfassende Vermeidungsmassnahmen mit daraus folgendem massiv verringertem Klimawandel führen zu nur noch geringen Verhaltensänderungen infolge Sommerhitze in der Stadt. Die Wirkungen auf den ländlichen Raum sind nur klein. ▪ Im Vergleich zu heute ist dennoch mit einer leicht erhöhten Stadtfucht zu rechnen, infolge der etwas grösseren Hitze.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kein direkter Bezug dieser Wirkungskette mehr zum städtischen Raum.
3	Angebotsänderung Verkehr	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dank massiv verringertem Klimawandel (vgl. Szenarienbeschreibung Kap. 4) sind die Wirkungen auf den Verkehrsbetrieb und das Angebot praktisch irrelevant ▪ Einen wichtigeren Einfluss haben dagegen Vermeidungsmassnahmen, die v.a. infolge neuer CO₂-armer Technologien und neuen Angebotskonzepten im städt. Raum neue Angebote fördern und verbreiten.
4	Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kein direkter Bezug dieser Wirkungskette mehr zum städtischen Raum.
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Negative Folgen auf die Infrastruktur sind aufgrund des stark abgeschwächten Klimawandels nicht zu erwarten. ▪ Die umfassenden Vermeidungsmassnahmen führen aber zu deutlich verringerten Investitionen in die Strassen- und Schienenverkehrsinfrastrukturen. Dafür wird die LV-Infrastruktur und die Infrastruktur klimaschonender Technologien (E-Fahrzeuge) deutlich ausgebaut.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Weil auch der Rest der Welt der Vermeidungsstrategie folgt und der Klimawandel erheblich gebremst werden kann, wird die Verfügbarkeit von Importgütern für die Schweiz weniger beeinträchtigt. Dennoch nimmt der Trend zu mehr lokaler Produktion und die Suche nach weniger klimasensitiven Vorleistungsgütern in der Produktion zu, weil die Transportkosten für Waren und Personen im Zuge der nötigen Vermeidungsmassnahmen erheblich ansteigen. ▪ Da CH klimatisch im Sommer und Winter weiterhin überdurchschnittlich attraktiv ist, sind die Touristenströme etwa konstant zu heute.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 3, städtische Gebiete)

- Für städtische Gebiete werden Pricing und 'Mobility as a Service' zu Kernelementen.
- Das Vermeidungsszenario geht einher mit einer starken und früheren Zunahme der Elektromobilität.
- Der Langsamverkehr wird massiv an Bedeutung zunehmen. Ausbau der Infrastruktur für Langsamverkehr ist zentral.
- Mehr lokale Produktion und weniger globale Wertschöpfungsketten, da weltweit teurere Transportkosten.
- Neue CO₂-arme Technologien und neue Angebotskonzepten im städtischen Raum.

5.4.2 Ländliche Gebiete



Expertenworkshop

Vermeidungsmassnahmen kommen im ländlichen Raum weniger stark zur Geltung

Die Vermeidungsmassnahmen zur Dekarbonisierung in Szenario 3 sind auch im ländlichen Raum deutlich spürbar. Ihre Wirkungen in den Bereichen Technologie, verkehrliche Effizienz, modale Verlagerung auf CO₂-ärmere Technologien sowie Suffizienz (Verkehrsvermeidung) wird aber tendenziell weniger stark als in städtischen Gebieten zur Geltung kommen. Insbesondere die Verdichtung, die modale Verlagerung und die Verkürzung von Wegen ist auf dem Land im Vergleich zu urbanen Räumen schwieriger. Insgesamt jedoch werden die Vermeidungsmassnahmen zu einer Verringerung der Verkehrsnachfrage – weniger Wege, weniger Fahrzeugkilometer, weniger Verkehrsleistung (pkm, tkm) – im Vergleich zu den anderen Szenarien führen.

Mit Blick auf den ländlichen Raum gehen die befragten Expertinnen und Experten davon aus, dass die Siedlungsentwicklung im Vermeidungsszenario besser abgestimmt sein wird. Ländliche Zentren werden gestärkt. Der Infrastrukturausbau wäre hingegen deutlich gebremst beziehungsweise würde nur noch punktuell stattfinden. Es kommt zu einer Konsolidierung der Verkehrsinfrastruktur. Eine Ausnahme könnte der Ausbau im Bereich Langsamverkehr darstellen. Ein zentraler Unterschied zu den anderen Szenarien: Auch im ländlichen Raum könnten sich neue, CO₂-arme und bedarfsorientierte Angebote im ÖV stärker verbreiten.

Damit stellt sich aber auch die Frage, wer die Kosten für diese klimaschonenden Verkehrsangebote – beispielsweise die Elektrifizierung des ÖV-Angebots, bedarfsorientierte ÖV-Angebote oder gar autonom bedienbare ÖV-Shuttles – trägt. In welchem Umfang soll die öffentliche Hand die Kosten für Verkehrsinfrastrukturen und -angebote in vergleichsweise wenig besiedelten Gebieten tragen? Bei der Frage der Kosten des Szenarios «Vermeiden» oder «Anpassung» darf nicht vergessen werden, dass die Cost of Inaction (des Szenarios Laissez-faire) die relevante Vergleichsgrösse darstellen und nicht die heutige Situation. Im Szenario Laissez-faire wird ersichtlich, dass die Kosten des Nichthandles sehr hoch und weiter steigend sind. Entsprechend in Relation müssen die Kosten für Anpassung und Vermeidung eingeschätzt werden.

Fragen wie diese verdeutlichen beispielhaft die raumplanerischen Herausforderungen, mit denen der ländliche Raum im Vermeidungsszenario konfrontiert ist. Gewisse Entscheidungen gehen angesichts der besonderen Bedingungen ländlicher Gebiete – grössere Distanzen als in Städten – mit gesellschaftlichen Konfliktpotenzialen einher. Dazu gehören unter anderem mögliche restriktive Massnahmen zur Verkehrsvermeidung oder potenzielle künftige Handlungsoptionen wie die 'Verkehrsbepreisung' nach Aufwand ('Mobility Pricing').

Einbettung Wirkungsketten

Vermeidung dämpft die skizzierten Nachfragewirkungen im ländlichen Raum deutlich

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in ländlichen Gebieten in Szenario 3 gezogen werden. Die Wirkungsketten sind allerdings hauptsächlich auf klimatische Veränderungen gemäss Szenarien 1 oder 2 ausgerichtet. Für das Vermeidungsszenario sind diese Wirkungsketten weniger relevant, dafür werden andere Wirkungszusammenhänge wichtiger (vgl. Ergebnisse Expertenworkshop).

Tab. 21: Szenario 3 – Ländliche Gebiete

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umfassende Vermeidungsmassnahmen mit daraus folgendem massiv verringertem Klimawandel führen zu nur noch geringen Verhaltensänderungen infolge Sommerhitze in der Stadt. Die Wirkungen auf den ländlichen Raum sind nur klein. ▪ Im Vergleich zu heute ist dennoch mit einem leicht erhöhten Druck auf ländliche Gebiete zu rechnen, infolge der etwas grösseren Hitze. Allerdings wird diese leichte Nachfragezu- nahme durch die umfassenden Vermeidungsmassnahmen mehr als kompensiert.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kein direkter Bezug dieser Wirkungskette zum ländlichen Raum.
3	Angebotsänderung Verkehr	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dank massiv verringertem Klimawandel sind die Wirkungen auf den Verkehrsbetrieb und das Angebot praktisch irrelevant ▪ Einen wichtigeren Einfluss haben dagegen Vermeidungsmass- nahmen, die vor allem infolge neuer CO₂-armer Technologien und neuen Angebotskonzepten im ländlichen Raum neue An- gebote fördern und verbreiten.
4	Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ kein direkter Bezug dieser Wirkungskette zum ländlichen Raum.
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Negative Folgen auf die Infrastruktur sind aufgrund des stark abgeschwächten Klimawandels nicht zu erwarten. ▪ Die umfassenden Vermeidungsmassnahmen führen aber zu deutlich verringerten Investitionen in die Strassen- und Schie- nenverkehrsinfrastrukturen. Dafür werdend die LV-Infrastruktur und die Infrastruktur klimaschonender Technologien (E-Fahr- zeuge) deutlich ausgebaut.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●○○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirkungen aufgrund Migration oder veränderter Nachfrage- muster sind in einem globalen Vermeidungsszenario weniger zu erwarten. ▪ Allerdings führen die massiven Vermeidungsmassnahmen zu einer deutlichen Verteuerung der Mobilität und einer Stärkung der kurzen Wege und lokalen Produkte.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 3, ländliche Gebiete)

- Im ländlichen Raum wirken Vermeidungsmassnahmen weniger stark auf die Verkehrs- nachfrage als in urbanen Gebieten.
- Die notwendigen, umfassenden Vermeidungsmassnahmen im Verkehr treffen ländliche Gebiete überdurchschnittlich und bergen gewisse gesellschaftliche Konfliktpotenziale.
- Verbesserte Abstimmung der Siedlungspolitik dank raumplanerischer Massnahmen dämpft Verkehrsnachfrage im ländlichen Raum. Restriktive Vermeidungsmassnahmen erhöhen die Mobilitätskosten und mindern ebenfalls die Verkehrsnachfrage.

5.4.3 Berggebiete



Expertenworkshop

Langsamverkehr auch in Bergen Standard – Privatisierung als möglicher neuer Ansatz

Eine isolierte Betrachtung des Szenarios 3 für Berggebiete alleine ist kaum möglich. Zu diesem Schluss kommen, zusammengefasst, die befragten Expertinnen und Experten. Insgesamt ist zu erwarten, dass Einheimische wie Touristen im Vermeidungsszenario klimasensitiver agieren. Reisen finden weniger, dafür bewusster statt. Kurze Wege werden bevorzugt. Es werden verschiedene Mobilitätsformen genutzt, um in Berggebiete zu gelangen oder sich innerhalb dieses Raumtyps fortzubewegen. Der Langsamverkehr wird in Berggebieten an Bedeutung gewinnen. Dank E-Bikes können auch Velowege mit starker Steigung (z.B. Pässe) einfach befahren werden. Städte dienen für die Berggebiete als Vorbild bei der Umfunktionierung der Strassen. Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs sinkt. Verkehrlich stark frequentierte Destinationen werden dadurch entlastet.

Die Privatisierung von heute öffentlich verfügbaren Verkehrsinfrastrukturen und -angeboten kann Szenario 3 ein möglicher neuer Ansatz sein. Damit verbunden sind aber auch kritische Fragen. Etwa, auf welche Resonanz solche Massnahmen bei Einheimischen und Touristen stossen. Ähnlich wie bei Szenario 2 dürfte auch im Vermeidungsszenario die Schwerpunktsetzung im Tourismus – beispielsweise in Form von Angebotsbündelungen in spezifisch ausgesuchten Gebieten – an Relevanz gewinnen. Damit prägen die Vermeidungsmassnahmen nicht zuletzt auch die Siedlungspolitik.

Kritisch kann sich unterdessen die Gefahrenlage entwickeln. Vereinzelt wurden im Austausch mit den befragten Expertinnen und Experten darauf hingewiesen, dass im Vermeidungsszenario die Anpassungsmassnahmen möglicherweise weniger umfassend als in Szenario 2 ausfallen könnten. Dadurch könnten im Einzelfall wiederum die Sicherheitsrisiken infolge von Extremereignissen steigen – trotz der vergleichsweise weniger starken klimatischen Veränderungen generell.

Einbettung Wirkungsketten

Neue Mobilitätsformen erobern Berggebiete – diese werden aber exklusiver

Basierend auf dem Expertenaustausch und der Analyse der Wirkungsketten können folgende Folgerungen für die Wirkungen in den Berggebieten in Szenario 3 gezogen werden.

Tab. 22: Szenario 3 – Berggebiete

Nr.	Wirkungskette	Relevanz	Einbettung
1	Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●○○○	▪ Leicht stärkere Binnennachfrage nach Sommerfrische. Insgesamt ähnelt Reise- und Ausflugsverhalten der städtischen Bevölkerung jedoch der heutigen Situation.
2	Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●●●○○	▪ Weil Anpassungen geringer ausfallen als in Szenario 2, könnten im Einzelfall möglicherweise das Risikoverhalten weiter steigen.
3	Angebotsänderung Verkehr	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schwerpunktsetzung im Tourismussektor auf ausgesuchte Gebiete. Insgesamt Angebotsbündelung. ▪ Langsamverkehr gewinnt an Bedeutung («Mit dem E-Bike über den Pass»). ▪ Neue Mobilitätsformen halten auch in Berggebieten Einzug. Städte und ländliche Räume haben jedoch Vorsprung. ▪ Einsatz intelligenter Verkehrssteuerung.
4	Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●●●○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Privatisierung von Infrastrukturen als möglicher Denkansatz. ▪ Beeinträchtigungen vergleichbar mit heutiger Situation in Berggebieten. Reelles Risiko von Extremereignissen und infolgedessen Infrastrukturunterbrechungen.
5	Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●○○○○	▪ Kein direkter Bezug dieser Wirkungskette zu Berggebieten.
6	Indirekte Wirkungen Ausland	●●○○○	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insgesamt bewussteres Reiseverhalten auch von ausländischen Touristen. ▪ Massive Vermeidungsmassnahmen führen allerdings zu einer Verteuerung der Mobilität. Reisen in Schweizer Berggebiete zunehmend exklusiv.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Relevanz: 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit (Szenario 3, Berggebiete)

- Neue Mobilitätsformen prägen zunehmend Verkehrsverhalten in Berggebieten.
- Risiko von Extremereignissen nach wie vor vorhanden, in ähnlicher Weise wie dies heute der Fall ist. Infolgedessen Infrastrukturunterbrechungen möglich. Risiken und Wirkungen aber deutlich geringer als in den anderen Szenarien.
- Die notwendigen, umfassenden Vermeidungsmassnahmen im Verkehr treffen Berggebiete überdurchschnittlich und bergen gewisse gesellschaftliche Konfliktpotenziale.
- Verkehrsnachfrage insgesamt deutlich verringert, aufgrund restriktiver Vermeidungsmassnahmen. Direkte klimabedingte Wirkungen auf die Verkehrsnachfrage sind dagegen gering.

5.4.4 Wirtschaftliche Wirkungen

Welche wirtschaftlichen Wirkungen könnten mit Szenario 3 einhergehen? Die folgende Tabelle zeigt spiegelt eine qualitative Einschätzung zu allen drei Raumtypen wider.

Tab. 23: *Wirtschaftliche Wirkungen Szenario 3*

Ebene	Wirtschaftliche Wirkungen Schweiz
Preise, Einkommen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umbau des Verkehrssystems aber auch weitere Vermeidungsanstrengungen im Zuge einer Klima- und Energiewende erhöhen die Preise in der Summe etwas. Gleichzeitig steigt aber dank der Substitution von Importen durch inländische Produktion das Einkommen. Ingesamt ausgeglichen mit Tendenz zu Zunahme. (0/+)
Transportkosten - national - international	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verteuerung der nationalen und internationalen Transportkosten durch nötige Verkehrswende- Anpassung der Verkehrsinfrastruktur vorübergehend Zusatzkosten, aber nach Übergang gleich. (0)
Globalisierungsgrad der Wertschöpfungsketten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wegen Verteuerung Transportkosten weltweit geringere Globalisierungsgrad der Produktion und gewisse Stärkung lokale Produktion. (0/+)
Produktivität Arbeit und Kapital	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abnehmender Globalisierungsgrad senkt Druck auf Produktivität der Arbeit etwas. ▪ Gleichzeitig aber Chance zu Know-How Vorsprung Europa bei Energie- und Verkehrswende mit Handelschancen. (0/+)
Tourismuskosten aus Ausland	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gleich wie heute in etwa. (0)
Export/Import weitere	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wegen der geringeren Globalisierung tendenziell weniger dynamische Entwicklung. ▪ Zum Teil aber dafür mehr Binnenproduktion und zusätzliche Exportchancen möglich, wenn Know-How-Aufbau zu Vermeidungspfaden und -Technologien in der Schweiz. (0)
BIP/Beschäftigung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tendenz zu Substitution von Importen (Energie) durch Binnenproduktion, falls es die Schweiz schafft, in den fraglichen Bereichen der nötigen Technologien (Batterie, Zulieferer/Bau E-Fahrzeuge, Verkehrslenkung- und Information etc.) neue Nischen zu besetzen. (+) ▪ Wenn die Chancen überwiegend nicht genutzt werden, dann werden primär Importe von Energie durch neue Importe substituiert. Dies ist ohne direkte BIP-Wirkung, aber verpasste Technologieentwicklung kann mittelfristig Wirtschaft CH dämpfen. (0/-)
Externe Klimakosten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tief, verringert gegenüber heute dank umfassenden Massnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (0/+)

Tabelle INFRAS.

5.4.5 Umweltwirkungen

Welche Umweltwirkungen sind im Szenario 3 zu erwarten? Die folgende Tabelle zeigt eine qualitative Einschätzung für verschiedene Umweltbereiche für jeweils alle drei Raumtypen. Die Wirkungen werden immer im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 unter heutigen Rahmenbedingungen (also ohne fortgeschrittenen Klimawandel) beschrieben.

Tab. 24: Umweltwirkungen Szenario 3

Themen, Umweltbereiche	Umweltwirkungen im Szenario 3
Luftschadstoffemissionen	<ul style="list-style-type: none">▪ Die Luftschadstoffemissionen sinken im Szenario 'Vermeidung' im Vergleich zu einer Referenzentwicklung ohne Klimawandel. Dies ist hauptsächlich eine Folge der sinkenden Verkehrsnachfrage (infolge Klimaminderungsmaßnahmen und verändertem Verhalten).▪ Insbesondere in Städten ist mit einem deutlichen Rückgang der Luftschadstoffemissionen zu rechnen, dank kürzeren Wegen, weniger Pendlerverkehr und einer deutlichen Verlagerung von motorisiertem Verkehr zum Langsamverkehr.▪ In ländlichen Räumen und Berggebieten ist der Rückgang der Emissionen etwas weniger ausgeprägt, aber ebenfalls spürbar.
Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none">▪ Im Szenario 'Vermeidung' sinken die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu einer Referenzentwicklung sehr deutlich.▪ Die umfassenden Anstrengungen zur Erreichung der Klimaziele (1.5-Grad-Ziel) erfordern eine massive Reduktion der Emissionen durch mehr Effizienz, den Einsatz klimaschonenderer Energieträger und Verkehrsmittel sowie einer Reduktion der Verkehrsnachfrage.
Lärm	<ul style="list-style-type: none">▪ Dank der Reduktion der Verkehrsnachfrage sowie der Verlagerung von motorisiertem auf nicht motorisiertem Verkehr geht die Lärmbelastung deutlich zurück.▪ Insbesondere in städtischen Gebieten ist eine spürbare Reduktion der Lärmemissionen zu erwarten, quasi als positiver Nebeneffekt der klimapolitisch bedingten Massnahmen.▪ In ländlichen Regionen und Berggebieten sind die erwarteten Wirkungen weniger ausgeprägt, aber ebenfalls positiv.
Flächenverbrauch	<ul style="list-style-type: none">▪ Die insgesamt sinkende Verkehrsnachfrage sowie der Umstieg auf den Langsamverkehr verringern den Flächenbedarf durch zusätzliche Infrastrukturausbauten. Lediglich im Langsamverkehr werden neue Flächen benötigt. Dafür werden im motorisierten Strassen- und Schienenverkehr grössere Ausbauten aufgrund der geringeren Verkehrsnachfrage obsolet.▪ Dank dem stark verringerten Klimawandel werden zudem viele, flächenintensive Anpassungsmassnahmen an Verkehrsinfrastrukturen obsolet.

Tabelle INFRAS.

5.4.6 Fazit Szenario 3

Grundsätzlich führen umfassende Massnahmen zur deutlichen Verringerung der Treibhausgasemissionen im Verkehr zu erheblichen Veränderungen der Verkehrsnachfrage: generell wird sich (im Vergleich zur Referenzentwicklung) eine Abnahme der Nachfrage ergeben, sowie eine Verlagerung hin zu Langsamverkehr, ÖV und Elektrofahrzeugen. Inwiefern die Vermeidungsmassnahmen zur Geltung kommen, hängt in Szenario 3 sehr stark von dem jeweiligen Raumtyp ab. So dürften sie in ländlichen Gebieten weniger stark auf das Verkehrssystem wirken als dies in Städten der Fall ist. Im urbanen Raum prägt 'Mobility as a Service' zunehmend das Mobilitätsverhalten. Insgesamt steigt die Relevanz des Langsamverkehrs. Berggebiete sind im Vergleich zum ländlichen Raum diesbezüglich zwar in Verzug, bieten aber zunehmend Gelegenheit hierzu. Das Reiseverhalten passt sich im Allgemeinen den Vermeidungsmassnahmen an und ist insgesamt klimabewusster. Die Relevanz der einzelnen Wirkungsketten ist im Vermeidungsszenario gemäss den qualitativen Einschätzungen deutlich zurück gegangen.

Tab. 25: Relevanz der Wirkungen in Szenario 3 je Raumtyp

	Städtische Gebiete	Ländliche Gebiete	Berggebiete
			
Nr. Wirkungskette			
1 Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	●●○○○○	●●○○○○	●●○○○○
2 Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	●○○○○○	●○○○○○	●●●○○○
3 Angebotsänderung Verkehr	●●●○○○	●●●○○○	●●●○○○
4 Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	●○○○○○	●○○○○○	●●●○○○
5 Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	●●○○○○	●●○○○○	●○○○○○
6 Indirekte Wirkungen Ausland	●○○○○○	●○○○○○	●●○○○○

Grundlage: Qualitative Einschätzung auf Basis des Expertenworkshops und der Literaturanalyse.

Tabelle INFRAS.

Die folgende Tabelle fasst die Kernaussagen der qualitativen Einschätzungen zu Szenario 2 zusammen.

Tab. 26: Synthese – Szenario 3

Wirkungen	Städtische Gebiete	Ländliche Gebiete	Berggebiete
			
Was ist anders 2060? (Treiber)	Umbau Verkehrssystem und Vermeidungsanstrengungen machen Produktion etwas teurer. Dank Substitution nicht erneuerbarer Energien durch Binnenproduktion leicht höhere Einkommen.	Besser abgestimmte Entwicklung Siedlung und Verkehr, verringerte Zersiedelung, Stärkung ländlicher Zentren.	Binnennachfrage nach «Sommerfrische» ähnelt in etwa heutigen Verhältnissen, Reisen in Berggebiete werden sehr bewusst getroffen. Abkühlung alleine steht nicht primär im Vordergrund.
Direkte Verhaltensänderung (nicht verkehrlich)	Stadt als Wohn- und Arbeitsort weiter sehr beliebt. Geringere Offenheit der Volkswirtschaft Schweiz wegen gewisser Reduktion Globalisierung der Produktionsketten.	Restriktive Massnahmen zur Verminderungen von CO ₂ -Emissionen treffen den ländlichen Raum stärker, weil die Verkehrsnachfrage überdurchschnittlich hoch ist. Verteuerung des Verkehrs stark spürbar.	Reiseverhalten findet weniger, dafür bewusster statt. Touristen verhalten sich klimasensitiver. Treiber sind steigende Verkehrspreise und Fördermassnahmen klimaschonender Verkehrsformen.
Infrastruktur (treiberübergreifend)	Infrastrukturausbau für neue Technologien und v.a. auch Langsamverkehr und Ö(I)V forciert. Geringere Investitionen in klassische Strassen- und Schieneninfrastrukturen.	Infrastrukturausbau im ländlichen Raum vermindert, Fokus auf Infrastrukturen neuer Technologien (z.B. E-Mobilität).	Gefährdungspotenzial deutlich geringer, aber noch vorhanden (weil weniger umfangreiche Anpassungsmassnahmen), gerade bei älteren Infrastrukturen.
Verkehrsangebot/-betrieb	Der kollektive Verkehr prägt die innerstädtische Mobilität. Effizienz des Verkehrs deutlich erhöht (Anzahl Personen pro FzgKm).	Neue, innovative Angebote im ÖV: bedarfsorientierte ÖV-Angebote, ÖV-Elektrifizierung, autonom bedienbare ÖV-Shuttles.	Neue, klimaschonende Mobilitätsformen und Langsamverkehr gewinnen auch in Berggebieten an Bedeutung. Im Vergleich zu städtischen Gebieten aber in Verzug.

Wirkungen	Städtische Gebiete	Ländliche Gebiete	Berggebiete
			
Verkehrsnachfrage	Nachfrage ist weniger MIV affin. Angebote im ÖV- und Carsharing-Bereich sind mehr genutzt. Gesamtnachfrage verringert.	Verringerung der Verkehrsnachfrage im motorisierten Verkehr, dafür Zunahme des Langsamverkehrs. Modale Verlagerungen von der Strasse zur Schiene und zum LV.	Nachfrage infolge umfassender Klimaschutzmassnahmen klar verringert. Insgesamt bewussteres Reisen in Berggebieten. Nutzung von Langsamverkehr wird dank technischen Neuerungen auch im Berggebiet vermehrt gefordert.
Wirtschaft	Moderat sinkenden Immobilienpreise, Wirtschaftskraft etwas abnehmend, geringere Hitzekosten als in Sz. 1 dank hohen Anpassungsaufwendungen, Arbeitskräftepotential leicht sinkend, Produktivität etwas tiefer. Trend zu geringerer Globalisierung wegen weltweit steigender Transportkosten dämpft BIP und Beschäftigung etwas.	Leicht steigende Immobilienpreise, Wirtschaftskraft leicht zunehmend, Chancen Digitalisierung genutzt, wettbewerbsstark, hohe Anpassungskosten drücken leicht auf Produktivität. BIP und Beschäftigung im ländlichen Raum höher als Referenz ohne Klimawandel.	Erreichbarkeit weitgehend gehalten dank hoher Ausgaben Anpassungsmassnahmen, starke relative int. Wettbewerbsfähigkeit im Winter und Sommer, regional sehr unterschiedliche Bilanz. Trend zu geringerer Globalisierung stärkt BIP etwas.
Umwelt	Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen gehen deutlich zurück, aufgrund geringerer Verkehrsnachfrage, Verlagerung auf Langsamverkehr und kürzeren Wegen. Auch Lärmemissionen sinken deutlich, v.a. durch mehr Fuss- & Veloverkehr. Der Flächenbedarf bleibt in etwa stabil (weniger Bedarf für MIV/ÖV, mehr Bedarf für Langsamverkehr).	Emissionen von Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm gehen zurück, als Folge der reduzierten Verkehrsnachfrage. Wirkungen der Emissionsreduktion in ländlichen Räumen etwas weniger ausgeprägt als in Städten. Flächenbedarf sinkend, infolge weniger Verkehr (und weil keine Anpassungsmassnahmen notwendig).	Emissionen von Luftschadstoffen, Treibhausgasen und Lärm gehen zurück, als Folge der reduzierten Verkehrsnachfrage. Wirkungen der Emissionsreduktion in Berggebieten weniger ausgeprägt als in Städten. Flächenbedarf sinkend, infolge weniger Verkehr (und weil keine Anpassungsmassnahmen notwendig).

Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

5.5 Zusammenfassung der Wirkungen und Gesamtschätzung

Je nach Szenario und Raumtyp sowie innerhalb einzelner Gebiete unterscheiden sich die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz im Jahr 2060 erheblich. Anpassungsmassnahmen, Extremereignisse oder Verhaltenspräferenzen der Bewohner: Die Folgen klimatischer Veränderungen können mehrere Räume gleichzeitig tangieren und beispielsweise zu Bevölkerungsabnahmen in einem Raum – und zu Zuwanderung in anderen Räumen führen. Das verdeutlicht der Austausch mit den Expertinnen und Experten sowie die Einbettung der Resultate entlang der Wirkungsketten und der Literaturanalyse. Dieses Kapitel fasst die zentralen Ergebnisse der Wirkungsanalyse zusammen, gibt eine Gesamtschätzung, setzt die verschiedenen Szenarien zueinander ins Verhältnis und bewertet mögliche Trends.

5.5.1 Verkehrliche Wirkungen

Die vorherigen Kapitel haben die verkehrlichen Wirkungen der Szenarien je Raumtyp analysiert und zusammengefasst (vgl. Kapitel 5.2.6, 5.3.6 und 5.4.6).

Welche generellen verkehrlichen Wirkungen lassen sich daraus je Szenario ableiten? Die folgende Tabelle liefert einen Überblick der Ergebnisse im Verkehrsbereich im Vergleich der drei Szenarien. Dargestellt sind die Wirkungen differenziert nach Verhalten, Infrastruktur, Angebot und Betrieb sowie Verkehrsnachfrage.

Tab. 27: Zusammenfassung verkehrliche Wirkungen je Szenario für alle Raumtypen

Wirkungen	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Szenario 1</div> <div style="background-color: #c0c0c0; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Laissez faire</div> <div style="background-color: #c0c0c0; padding: 5px; font-size: small;">«Wir machen nichts.»</div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Szenario 2</div> <div style="background-color: #c0c0c0; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Anpassung</div> <div style="background-color: #c0c0c0; padding: 5px; font-size: small;">«Wir passen uns an.»</div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Szenario 3</div> <div style="background-color: #c0c0c0; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Vermeidung</div> <div style="background-color: #c0c0c0; padding: 5px; font-size: small;">«Wir vermeiden.»</div>
Was ist anders 2060? (Treiber)	Sommerhitze führt zu Flucht aus Stadt und zunehmender Zersiedelung. Mildere Winter, Schneesicherheitslinie steigt. Extremereignisse beeinträchtigen Verkehrsinfrastrukturen.	Sommerhitze, aber Druck von Stadt aufs Land dank Anpassungen verringert, jedoch nach wie vor vorhanden, mildere Winter. Extremereignisse wichtig, aber direkte Wirkungen gedämpft.	Umfassende Vermeidungsmassnahmen beeinflussen Verkehr: Technologie, Effizienz, Verlagerung, kürzere Wege. Entwicklung Siedlung und Verkehr besser abgestimmt, verringerte Zersiedelung. Binnennachfrage nach Sommerfrische ähnelt heutigen Verhältnissen.
Direkte Verhaltensänderung (nicht verkehrlich)	Aufsuchen kühler Orte prägend (Naherholungsgebiete). Stadt als Wohn- und Arbeitsort unbeliebter, Berge als Touristendestination zunehmend beliebt (Wasser, Sommerfrische). Verlagerung Wintertourismus in höhere Lagen.	Aufsuchen kühler Orte prägend, dank Anpassungen aber auch in städtischen Räumen verfügbar. Neue Arbeitsformen stärken ländlichen Raum. Aber auch verstärkte Debatte zu Mittelkonkurrenz (z.B. städtische Gebiete vs. Berggebiete).	Stadt als Wohn- und Arbeitsort weiter sehr beliebt. Restriktive Vermeidungsmassnahmen treffen ländlichen Raum stärker (Verkehrsnachfrage überdurchschnittlich hoch). Touristen verhalten sich generell klimasensitiver («bewusstes verreisen»).

Wirkungen	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Szenario 1</div> <div style="background-color: #a0c4ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Laissez faire</div> <div style="background-color: #a0c4ff; padding: 5px; font-size: small;">«Wir machen nichts.»</div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Szenario 2</div> <div style="background-color: #a0c4ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Anpassung</div> <div style="background-color: #a0c4ff; padding: 5px; font-size: small;">«Wir passen uns an.»</div>	<div style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Szenario 3</div> <div style="background-color: #a0c4ff; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">Vermeidung</div> <div style="background-color: #a0c4ff; padding: 5px; font-size: small;">«Wir vermeiden.»</div>
Infrastruktur	Höhere Anfälligkeit/Beeinträchtigung (Extremwetter). Höhere Kosten für Schadensbehebung als in anderen Szenarien. In Berggebieten hohes Risikopotential (Extremereignisse, Rückgang Permafrost). Verteilungsfragen (Stadt vs. Land vs. Berggebiete).	Anfälligkeit der Infrastruktur ist dank starken Anpassungsmassnahmen abgedeckt. Mit Anpassung verbundene, aber ebenfalls deutlich höhere Infrastruktur- und Betriebskosten. Risikopotenziale aufgrund von Extremereignissen gedämpft.	Fokus auf Infrastrukturen für neue Technologien (z.B. LaDestationen), dafür weniger Ausbau von Strasse und Schiene. Infrastrukturausbau v.a. im ländlichen Raum vermindert.
Verkehrsbetrieb/-angebot	Sinkende Zuverlässigkeit im Personen- und Güterverkehr. Notwendigkeit von Ausbau- und Erhaltungsmaßnahmen in Berggebieten verschärft debattiert. Diskussion zu möglicher Aufgabe entlegener Dörfer und Fokus auf Schwerpunktgebiete.	Betriebliche Einschränkungen dank Anpassungsmassnahmen gegenüber Szenario 1 verringert. Gleichzeitig steigende Kosten im Verkehrsangebot/-betrieb. Behelfsmassnahmen (reaktiv und organisatorisch) rücken v.a. in Berggebieten in Fokus bzgl. Extremereignissen.	Kollektiver Verkehr und neue, innovative Angebote (neue Gefässe, Antriebe, kombinierte Systeme) prägen v.a. in städtischen und ländl. Gebieten die Mobilität. Berggebiete im Vergleich in Verzug, aber auch hier gewinnen neue Mobilitätsformen (ÖIV) und LV an Bedeutung.
Verkehrsnachfrage	Div. gegenläufige Effekte führen zu insgesamt etwa unveränderter oder leicht steigender Nachfrage: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Infrastrukturschäden, tiefere Zuverlässigkeit & Verteuerung dämpfen Nachfrage. ▪ Steigende Nachfrage in ländlichen Gebieten (Zersiedelung). ▪ Freizeitverkehr im Sommer von Städten in Berge und aufs Land steigend (Spitzen in Hitzeperioden). 	Nachfrage in allen Räumen im Vergleich zu unbeflusster Entwicklung leicht höher: gegenüber Szenario 1 erhöhte Nachfrage, weil weniger Schäden, Zuverlässigkeit erhöht und geringere Kosten. Zudem trotz mindernder Wirkung von Anpassungsmassnahmen (leichte) Zunahme Freizeitverkehr von Stadt auf Land sowie bei Hitzeperioden in Berge.	Insgesamt Verringerung der Verkehrsnachfrage. MIV und ÖV vor allem in städtischen und ländlichen Gebieten kaum mehr differenzierbar. Zunahme Langsamverkehr, dank technischer Neuerungen auch in Berggebieten möglich. Höhere Nutzung von Angeboten des kollektiven Verkehrs (Sharing- und On-demand-Angebote).

Grundlagen: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

Auf Basis der Erkenntnisse aus Expertenworkshop, Interviews und Literaturanalyse werden die Wirkungen auf die Verkehrsnachfrage im engeren Sinn in der folgenden Tabelle verdichtet. Die verkehrliche Wirkung wird immer dargestellt im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 unter heutigen Rahmenbedingungen (also ohne fortgeschrittenen Klimawandel), also einer Art Referenzentwicklung (→ mehr zur verkehrlichen Referenzentwicklung bis 2060 findet sich im Parallelprojekt SVI 2017/002 'Wechselwirkungen Verkehr – Raum', das ebenfalls Teil des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft 2060' ist).

Tab. 28: Synthese – Wirkung auf die Verkehrsnachfrage

Wirkungen	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
	Szenario 1 Laissez faire <i>«Wir machen nichts.»</i>	Szenario 2 Anpassung <i>«Wir passen uns an.»</i>	Szenario 3 Vermeidung <i>«Wir vermeiden.»</i>
Freizeitverkehr Sommer	↗	↗	→
Freizeitverkehr Winter			
Berggebiete	↘	↘	→
städt. & ländl. Gebiete	→	→	↘
Pendlerverkehr	↗	→	↘
Güterverkehr	↘	→	↘
Langsamverkehr	↗	↗	↗
Gesamtverkehr	→	↗	↘

Grundlagen: Analyse der Wirkungsketten, Expertenworkshop, Experteninterviews und Einordnungen des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

Die Literaturanalyse (Kapitel 3) und die Wirkungsanalyse inkl. Expertenworkshop und -interviews haben gezeigt, dass die Herleitung von quantitativen verkehrlichen Nachfragewirkungen aufgrund des Klimawandels sehr schwierig ist. Die obige Tabelle zeigt Wirkrichtung (Vorzeichen) und Intensität für die wichtigsten Verkehrssegmente. Im folgenden Exkurs sind verfügbare quantitative Grundlagen aus der Literatur sowie aus aktuellen Ereignissen (Hitzesommer 2018) dargestellt. Im Rahmen der Fallstudien im nächsten Arbeitsschritt wird zudem versucht konkretere, grob-quantitative Wirkungen für die untersuchten Regionen zu ermitteln.

Der Hitzesommer 2018 und die Folgen für die Verkehrsnachfrage im Schweizer Tourismussektor – grob-quantitative Einordnung

Langanhaltende Trockenheit und ungewöhnliche Hitzeverhältnisse in Europa im Sommer 2018 haben das Thema «Klimawandel» in jüngerer Zeit verstärkt in den Fokus gerückt. «Wir erleben einen Hitzesommer, wie er bald zur Norm werden könnte», titelte etwa die NZZ¹⁴. Im Zentrum der gesellschaftlichen Debatte steht häufig folgende Frage: Inwiefern bildet diese Hitzeperiode mögliche künftige klimatischen Entwicklungen ab – und was bedeutet das für einzelne Wirtschaftsbereiche und die Verkehrsnachfrage etwa in Tourismusgebieten?

Ein erster Rückblick verdeutlicht: Je nach Branche unterscheiden sich die Folgen der Wetterverhältnisse im Sommer 2018 teilweise erheblich. Während Landwirte teils mit erheblichen Ernteausfällen konfrontiert waren, verzeichneten viele Feriendestinationen in Schweizer Berggebieten, wie etwa die Regionen Appenzell, Davos oder das Berner Oberland steigende Touristenzahlen und gar Besucherrekorde (SRF 2018b, Tagesanzeiger 2018a). Mit Blick auf die Verkehrsnachfrage ergibt sich in der Schweiz aktuell folgendes Bild: Der Aargauer Zeitung zufolge haben die Bergbahnen im ersten Halbjahr 2018 schweizweit 9 Prozent mehr Fahrgäste als im gleichen Zeitraum im Vorjahr verzeichnet (Aargauer Zeitung 2018). In Zermatt nutzen in der «laufenden Sommersaison» 10 Prozent mehr Passagiere als im Vorjahr die Bergbahnen. Grindelwald meldet Anfang August 2018 rund 13 Prozent mehr Hotelübernachtung als im Durchschnitt der vergangenen fünf Jahre (Tagesanzeiger 2018a).

Als ein zentraler Grund für die hohe nationale wie internationale Nachfrage nach Aufenthalten in Berggebieten wird von den, in den Medienberichten zitierten Tourismus- und Logistikvertretern die anhaltende Sommerhitze aufgeführt: «Nicht nur Schweizerinnen und Schweizer reisen zuhauf in die Berge, um der Hitze im Unterland zu entfliehen. Auch hitzegeplagte Deutsche, Franzosen und Italiener zieht es in die Schweizer Alpen» (Tagesanzeiger 2018a). Während viele Deutschschweizer Regionen von der steigenden Tourismusnachfrage zu profitieren scheinen, verzeichnet das Tessin im ersten Halbjahr 2018 einen Rückgang um rund 7 Prozent verglichen mit der Vorjahresperiode. Neben dem «nachlassenden Neat-Effekt» wird das schöne und warme Wetter in anderen Teilen der Schweiz als mögliche Erklärung aufgeführt (Aargauer Zeitung 2018, Nau.ch 2018). Eine weitere Beobachtung ist ein möglicheres geringeres Interesse an Sommerferien ausserhalb der Schweiz. Laut Tagesanzeiger stellt der Reiseanbieter Hotelplan Suisse «einen leichten Rückgang bei Buchungen im Ausland» und beim Anteil des Sommerferiengeschäfts fest (Tagesanzeiger 2018a).

Inwiefern könnten Eindrücke und Entwicklungen wie diese auf künftige Ferienpräferenzen schliessen lassen? Mögliche Anzeichen liefert eine repräsentative Umfrage aus dem Jahr 2009 unter rund 600 ÖsterreicherInnen, die sich als Strand- oder Badeurlauber bezeichneten. Rund 30 Prozent der Befragten gaben darin an, dass sie sich für die heimischen Badeseen entscheiden würden, sollte mehrere extrem heisse Sommer mit unattraktiven Bedingungen am Mittelmeer auftreten (Fleischhacker et al. 2015: 42, 43).

Der generelle Nachfrageanstieg in Schweizer Berggebieten im Hitzesommer 2018 steht in Einklang mit den Ergebnissen einer Studie aus dem Jahr 2011 zur Beziehung zwischen der Tourismusnachfrage in den Schweizer Alpen und hohen Sommertemperaturen. Die Studienautoren stellen darin fest, dass Touristen schon heute kurzfristig auf heisse Sommertage reagieren und mehr Nächte in Hotels in Bergregionen verbringen würden. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass alpine Regionen langfristig im Sommer von höheren Temperaturen im Flachland profitieren könnten (Serquet & Rebetez 2011).

¹⁴ Neue Zürcher Zeitung, 4.8.2018 (NZZ 2018b)

5.5.2 Gesamtschätzung der Szenarien

Basierend auf den Ergebnissen der Analyse der verkehrlichen Wirkungen, wirtschaftlichen Wirkungen und Umweltwirkungen wird in der folgenden Tabelle eine Synthese der Wirkungen sowie eine Gesamtschätzung der Szenarien vorgenommen. Dabei geht es nicht um eine Bewertung oder Rangierung der Szenarien, sondern um eine kriterienbasierte und knappe Beurteilung der drei Eckszzenarien.

Dabei werden die wichtigsten Wirkungen auf Verkehr, aber auch Wirtschaft und Umwelt aufgezeigt und kritische Faktoren und Folgen identifiziert. Die Beschreibung der Wirkungen erfolgt immer im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 unter heutigen Rahmenbedingungen (also ohne fortgeschrittenen Klimawandel).

Aus den identifizierten Wirkungen können schliesslich Herausforderungen abgeleitet sowie Handlungsoptionen und -empfehlungen vorgeschlagen. Letzteres erfolgt im letzten, zurzeit noch ausstehenden Arbeitsschritt 5.

Tab. 29: Gesamtschätzung der Szenarien (nach Kriterien)

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Verkehr			
▪ Infrastruktur	Kritisch, beeinträchtigt, Zuverlässigkeit sinkt	Gesichert dank umfassendem Ausbau & Redundanzen; hohe Kosten	kein zusätzl. Ausbau Strasse, ausser für Langsamverkehr; punktueller Ausbau ÖV.
▪ Betrieb & Angebot	Beeinträchtigt, grosse Herausforderungen v.a. in Berggebieten & für GV	Höhere Kosten; neue, klimaangepasste Angebote	Klimaschonende Angebote dominieren; neue Angebote v.a. im ÖV
Umwelt			
▪ Emissionen (Luft, Treibhausgase, Lärm) und Flächenbedarf	Steigend ggü. Referenzentwicklung. Ausgeprägte Emissionsspitzen v.a. in touristischen Gebieten. Mehr Lärm in Randzeiten	Deutlich steigend ggü. Referenz. Höhere Emissionsspitzen. Flächenverbrauch infolge Infrastrukturausbauten.	Deutlich sinkend dank Co-Benefits aus Klimavermeidung (insbes. in Städten). Flächenverbrauch klar verringert.
▪ externe Kosten	hoch	hoch, z.T. internalisiert	deutlich verringert
Wirtschaft			
▪ Transportkosten	Verteuerung v.a. wegen Friktions- und Schadensbehebungskosten	Verteuerung v.a. wegen Anpassungsmassnahmen	Zuerst Verteuerung (Vermeidung), dann konstant
▪ volkswirtschaftl. Kosten	Hoch: Folgekosten Extremereignisse	Mittel-hoch: Anpassungsmassnahmen	Gering-mittel, je nach Vermeidungsmassnahmen
▪ Wettbewerbsfähigkeit	klar verringert höhere Kosten, sinkende Produktivität und Exporte	leicht verringert – stabil Kostenzunahme, aber geringer als in Szen 1.	kurzfristig: leicht verringert wenn andere Länder weniger für Vermeidung tun. langfristig (nach 5-10 J.): stabil oder gar steigend, falls Schweiz hier Vorsprung in Know-How hat.
▪ Sunk Costs (Lock-in)	Hoch Irreversibilität Kl.wandel, Trendumkehr schwierig	Mittel-hoch Irreversibilität Kl.wandel, Trendumkehr schwierig	Gering Kaum Lock-in Effekte, ausser technologisch (e-Fz)

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Gesellschaft & Politik			
Verteilungswir- kungen (regional)	hoch Städte und Berggebiete als Verlierer, Land eher Gewin- ner.	mittel Städte verlieren nur wenig Attraktivität. Berge: Verlierer und Gewinner.	gering-mittel Städte tendenziell Gewinner, Berggebiete bleiben attraktiv
Systemstabilität, Resilienz	gering Kippeffekte nehmen zu, Resilienz stark vermindert	mittel-hoch Dank Anpassung stabil, Kli- mawandel mindert aber na- türliche Resilienz	mittel-hoch Verringerter Klimawandel si- chert Resilienz; Redundan- zen wenig gefördert
Synergien & An- passung an Me- gatrends, Tech- nologien	Autom. Fahren und neue Fz-Technologien können negative Folgen dieses Szenarios z.T. mindern (verkehrlich, Kosten).	Digitalisierung & automati- siertes Fahren können Adaption vereinfachen.	Neue Technologien wirken z.T. fördernd (Vereinfachte CO ₂ -Reduktion, z.B. E-Fz), automat. Fahren ambivalent (falls Verkehr↑)
Zielkonflikte & Synergien (zu and. Politikberei- chen)	Hohe Zielkonflikte zu gesell- schaftl. Themen (Sicherheit, Gesundheit, ...)	Zielkonflikt Umweltziele vs. wirtschaftliche Ziele ver- stärkt sich.	Synergie mit Energiepolitik und klassischer Umweltpolitik (Luft, Lärm)
Akzeptanz (<i>der für das je- weilige Szenario notwendigen Massnahmen</i>)	gering Stark spürbare Folgen des Klimawandels kritisch	mittel Verzicht auf Vermeidungs- Massn. positiv	mittel kritisch sind umfassende & spürbare Vermeidungs-Mn.

Tabelle INFRAS.

Exkurs: Studie Swiss Economics 2019: Bedeutung des Klimawandels für die Infrastrukturen in der Schweiz

Eine Studie von Swiss Economics im Auftrag des UVEK (Jaag, C. & N. Schnyder 2019) setzt sich mit der Frage auseinander, welche Bedeutung der Klimawandel für die Infrastruktur in der Schweiz hat.¹⁵ Kern des Berichts ist ein Literaturreview. Die Autoren werten Studien aus dem In- und Ausland ab dem Jahr 2007 aus und übertragen die Erkenntnisse auf die Schweiz. Basierend darauf quantifizieren sie teilweise mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Infrastrukturkosten. Mit Blick auf die Transportinfrastrukturen gehen die Studienautoren von zusätzlich anfallenden Kosten infolge von Schäden aus. Für die *Strasse* erwarten sie auf Grundlage der Literatúrauswertung etwa die folgenden Grössenordnungen bei den jährlich anfallenden Schadenskosten um das Jahr 2050: Degradierungsschäden durch intensivere Niederschläge: < CHF 10 Mio. p.a.; Schäden durch Extremstürme an Strassen und Fahrzeugen: < CHF 10 Mio. p.a. bis CHF 10-50 Mio. p.a.; Schäden durch Überflutungen: < CHF 10-50 Mio. p.a. bis CHF 50-100 Mio. p.a.. Für die *Schiene* gehen die Studienautoren von folgenden Grössenordnungen an zusätzlichen Schäden um das Jahr 2050 infolge des Klimawandels aus: Verspätungen durch reduzierte Geschwindigkeiten zur Schonung der Schienen bei Extremtemperaturen: < 10 Mio. p.a.; Schäden durch Extremstürme (Räumung, Ersatzbusse): < 10 Mio. p.a. bis CHF 10-50 Mio. p.a.; Schäden durch Überflutungen: < 10 Mio. p.a. bis CHF 10-50 Mio. (Jaag, C. & N. Schnyder 2019: 4). Gemäss den Studienautoren sind diese Quantifizierungen allerdings « [...] mit grossen Unsicherheiten behaftet». Zum einen, weil die Berechnungsgrundlagen nicht einheitlich sind, zum anderen, weil « [...] aufgrund der verfügbaren Daten nicht alle denkbaren Auswirkungen» in der Literatur diskutiert werden.

¹⁵ Die Studie wurde im Rahmen der Infrastrukturtagung am 10. Oktober 2019 an der ETH Zürich vorgestellt. Nähere Informationen zur Veranstaltung und zur Medienberichterstattung: <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/uvek/bundesraetin-simonetta-sommaruga/anlaesse/infrastrukturtagung-2019.html> (zuletzt geprüft am 24.10.2019).

6 Fallstudien

Der Austausch mit den Experten im Rahmen der Wirkungsanalysen hat die Notwendigkeit unterstrichen, die Raumtypen entlang von konkreten Beispielen zu beleuchten. Ziel dieses Kapitels ist es, Wirkungen anhand von lokalen Gegebenheiten zu veranschaulichen und Handlungsmassnahmen für vergleichbare Regionen zu verarbeiten. Konkret im Fokus stehen Zürich als urbanes Gebiet und Engelberg als Berggemeinde.

6.1 Ausgangslage

Innerhalb gleicher Raumtypen bestehen erhebliche Unterschiede bezüglich der klimatischen und topographischen Gegebenheiten. Dieses Unterkapitel bietet einen Überblick zu den ausgewählten Beispielen sowie den Zielen der Fallstudien.

Hintergrund

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage können sich je nach Szenario und Raumtyp erheblich unterscheiden. Doch auch innerhalb gleicher Raumtypen kann die Spannweite der Wirkungen breit ausfallen. Anders ausgedrückt: «Berggebiet ist nicht gleich Berggebiet» (siehe Kasten). Entsprechend vielfältig können die Folgen des Klimawandels für den Verkehr sein. Das folgende Kapitel zielt darauf ab, dieser Diversität gerecht werden. Der Expertenworkshop und Experteninterviews im Rahmen der Wirkungsanalyse haben den Bedarf einer beispielhaften Vertiefung verdeutlicht. Anhand zweier konkreter Fallbeispiele werden die in der Wirkungsanalyse erarbeitenden Erkenntnisse hinterfragt und näher betrachtet. Hinsichtlich der klimatischen Entwicklungen wird in beiden Fallstudien grundsätzlich von einem Laissez-faire-Szenario (Szenario 1) ausgegangen. Dabei werden aber auch Elemente aus Szenario 2 – insbesondere mit Blick auf mögliche Adaptionsmassnahmen – berücksichtigt (vgl. hierzu auch die Kapitel 4, 5.2 und 5.3).

Fallauswahl

Konkret führen wir mit Zürich zum einen eine Fallstudie für ein urbanes Gebiet durch. Mit Engelberg betrachten wir zum anderen eine Berg- und Tourismusgemeinde. Hintergrund, weshalb Gemeinden dieser beiden Raumtypen stellvertretend näher beleuchtet werden, ist, dass gemäss Wirkungsanalyse in diesen beiden Raumtypen die grössten und interessantesten Auswirkungen auf den Verkehr zu erwarten sind. Somit fokussieren die Fallstudien einerseits auf konkrete Räume, andererseits setzen sie inhaltliche Schwerpunkte (insbesondere bei der Fallstudie Zürich). Die jeweiligen Unterkapitel begründen die Fallauswahl näher.

Ziele

Im Fokus der beiden Fallstudien steht, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage konkreter zu analysieren und möglichst konzis darzustellen. So können die Wirkungszusammenhänge räumlich und thematisch vertieft und gegebenenfalls (teilweise) bestätigt oder verworfen werden. Zudem können die Relevanz der Wirkungen sowie einzelne Wirkungsmuster konkretisiert werden. Konkret verfolgen die Fallstudien drei Ziele:

1. Wirkungen anhand von lokalen Beispielen und Gegebenheiten konkretisieren und veranschaulichen.
2. Wirkungszusammenhänge, die in den vorherigen Kapiteln erarbeitet worden sind, für Berggebiete und urbane Gebiete überprüfen.
3. Handlungsmassnahmen erarbeiten, die auch für andere Berg- und Tourismusregionen respektive urbane Gebiete relevant und nützlich sein könnten.

Entsprechend dieser Ziele sind die Fallstudien zu Engelberg (Kapitel 6.2) und Zürich (Kapitel 6.3) strukturiert. Basierend auf Informationen aus einem Workshop sowie Experteninterviews, Dokumenten- und Datenanalysen werden die aktuelle Situation vor Ort beleuchtet, Einschätzungen zur künftigen Entwicklung sowie Handlungsmassnahmen erarbeitet. Am Ende jedes Kapitels werden die Erkenntnisse kurz in einem Fazit synthetisiert.

Fokus: Erhebliche Unterschiede – auch innerhalb gleicher Raumtypen

«Berggebiet ist nicht gleich Berggebiet»: Diese Aussage aus dem Expertenworkshop veranschaulicht symbolisch, wie vielfältig in der Schweiz letztlich auch jede einzelne Gemeinde ist. Zwar differenziert die Analyse drei verschiedene Raumtypen. Klar ist aber auch: Trotz einer gewissen Vergleichbarkeit, bestehen selbst innerhalb gleicher Raumtypen erhebliche Unterschiede. Bedingt durch geographische Besonderheiten können sich klimatische Veränderungen unterschiedlich auf die verkehrliche Entwicklung innerhalb der gleichen Raumtypen auswirken. Anders ausgedrückt: «Berggebiet ist nicht gleich Berggebiet» – oder «Stadt ist nicht gleich Stadt». So können gemäss dem Bericht «Brennpunkt Klima Schweiz» lokale Faktoren wie etwa «komplexe topographische Verhältnisse» das lokale Klima erheblich beeinflussen (Plattner et al. 2016: 40). Aber auch andere Faktoren verdeutlichen, wie unterschiedlich Raumtypen, die hier derselben übergeordneten Kategorie zugeteilt sind, in der Schweiz sein können. Zu diesen Faktoren zählen beispielsweise

- die sozio-ökonomischen Verhältnisse (z.B. wirtschaftliche Verhältnisse, Bedeutung der verschiedenen Sektoren),
- kulturelle und sprachliche Besonderheiten,
- die Bevölkerungsstruktur und die demographische Entwicklung.

Um dieser Tatsache gerecht zu werden, analysieren die Fallstudien ergänzend zu den eher übergeordneten Wirkungsanalysen exemplarisch jeweils ein spezifisches Gebiet im städtischen Raum und eines in Berggebieten mit explizitem Fokus auf deren individuellen Charakteristika.

6.2 Fallstudie Engelberg

Engelberg ist eine mittelgrosse Gemeinde im Kanton Obwalden – und eine der wichtigsten Destinationen für Winter- und Sommertourismus in der Zentralschweiz. Wie wirken sich klimatische Veränderungen auf den Verkehr der Zukunft in der Region aus?

6.2.1 Methodisches Vorgehen

Das folgende Unterkapitel begründet, weshalb Engelberg für die Fallstudie gewählt wurde, beschreibt kurz das methodische Vorgehen und wie das Kapitel gegliedert ist.

Fallauswahl: Engelberg als Tourismusregion im Berggebiet mit Extremwetter-Erfahrung

Mehrere Faktoren sprechen für eine fallspezifische Betrachtung von Engelberg: Zentral ist, dass die Gemeinde zu den wichtigsten Destinationen für Winter- und Sommertourismus in der Zentralschweiz gehört. Der Tourismussektor ist für die knapp 4'400 Einwohner zählende Gemeinde eine bedeutende wirtschaftliche Einnahmequelle. Das hat gleichzeitig entsprechende (saisonbedingte) Verkehrsströme über Gemeinde- und Kantonsgrenzen hinweg zur Folge. Hinzu kommt, dass Engelberg in der Vergangenheit bereits mit direkten Folgen von Extremwetterereignissen konfrontiert worden ist. Dazu zählt allen voran der Unterbruch der Bahn- und Strassenzufahrt aufgrund von Murgängen im Jahr 2011. Nicht zuletzt zeichnen sich Engelberg und Umgebung durch ihre Diversität im Landschaftsbild sowie vielfältigen touristischen Destinationen in unterschiedlichen Höhenlagen (ca. 1'000-3'000m) aus: Dazu zählen unter anderem die Fürenalp (1'850m), das in einer Südhanglage gelegene Wander- und Skisportgebiet Brunni (2'040m, «Die Sonnenseite»), der Titlisgletscher in über 3'000 Metern Höhe samt Skigebiet, der Trübsee («Vier-Seen-Wanderung») (Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018a).

Fragestellung und Methodik: Stakeholder-Workshop als zentrale Grundlage

Wie wirken sich klimatische Veränderungen langfristig auf den Verkehr der Berggemeinde Engelberg aus? Die Fallstudie soll dabei helfen, zu dieser Frage ein möglichst umfassendes Bild zu zeichnen. Zur Einordnung der gegenwärtigen verkehrlichen, klimatischen und touristischen Entwicklungen in Engelberg und Umgebung sind aktuelle Statistiken, Studien sowie Medienberichte herangezogen worden. Zentrale Grundlage der Fallstudie bildet ein Stakeholder-Workshop¹⁶, der vor Ort im November 2018 stattgefunden hat. Gemeinsam mit neun Vertretern wichtiger Organisationen aus Engelberg und Umgebung – darunter aus der Verwaltung, Tourismuswirtschaft und Verkehrsbetrieben wie Bergbahnen, Bahn und Bus – wurden mögliche klimatische Wirkungen auf die Verkehrsnachfrage der Zukunft diskutiert. Die Fallstudie fasst die zentralen administrativ-politischen, tourismuswirtschaftlichen, verkehrlichen sowie wissenschaftlichen Einschätzungen und Erwartungen zusammen.

Vorgehen: Annahmen und Analyse der Auswirkungen

Im Fokus der Stakeholder-Workshops stand – analog zum Thema dieses Forschungsberichts – die verkehrliche Entwicklung in und um Engelberg bis zum Jahr 2060. Differenziert nach Winter und Sommer sind mögliche Wirkungen klimatischer Veränderungen diskutiert worden, strukturiert entlang von fünf Schwerpunkten: Verhaltensänderung, Strassen- und Schieneninfrastruktur, touristische Infrastruktur, Folgerungen für Angebot und Betrieb, Veränderung der Verkehrsnachfrage. Aufgrund der Zusammensetzung der Teilnehmenden und der Relevanz stand der Personenverkehr im Fokus der Fallstudie Engelberg. Allerdings sind infolge des Klimawandels – vor allem indirekt über den Tourismus – auch relevante Folgen im Güterverkehr zu erwarten.

¹⁶ Der Expertenworkshop hat am 13.11.2018 in Engelberg stattgefunden. Tabelle 52 im Anhang zeigt die Teilnehmenden im Überblick.

Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage in Engelberg im Jahr 2060



Abb. 16: Fallstudie Engelberg

Basis: Eigene Annahmen zur Klimaentwicklung als Diskussionsgrundlage (vgl. Kapitel 4 und Kapitel 6.2.3).

Grafik INFRAS.

Aufbau der Fallstudie Engelberg

Die Fallstudie gliedert sich entlang mehrerer Unterkapitel: Zunächst verschafft sie einen Überblick zu aktuellen Entwicklungen in Engelberg mit Fokus auf Tourismus, Verkehrsinfrastruktur und -nachfrage (Fokus Personenverkehr) und Klima. In diesem Zusammenhang werden auch die kurzfristigen Folgen des sogenannten «Hitzesommers 2018» auf Engelberg betrachtet. Kern des Kapitels ist der Ausblick auf das Jahr 2060 – und mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf den Verkehr in Engelberg und Umgebung. Die Fallstudie schliesst mit möglichen Handlungsmassnahmen und Empfehlungen für die Zukunft, sowohl für Engelberg als auch für andere Berggebiete in der Schweiz.

6.2.2 Engelberg heute

Rund 4'400 Einwohner leben heute in Engelberg. Die Zahl der Touristen ist um ein Vielfaches höher: Das Klosterdorf ist gemessen an der Besucherzahl die grösste Feriendestination der Zentralschweiz. Fast die Hälfte der Gäste stammt aus Übersee, allen voran aus China und Indien. Einer der vielen Besuchermagneten ist der Titlisgletscher.

Engelberg im Überblick

Engelberg ist eine Exklave des Kantons Obwalden. An das Gemeindegebiet grenzen der Kanton Bern, der Kanton Nidwalden und der Kanton Uri. Wegen des ansässigen Benediktinerklosters wird Engelberg häufig auch als 'Klosterdorf' bezeichnet. Der Ort selbst liegt auf einer Höhe von rund 1'000 Metern. Der über 3'200 Meter hohe Berg Titlis ist der höchste Punkt der Gemeinde und gilt gleichzeitig als eines der gefragtesten Wintersport- und Ausflugsziele in der Zentralschweiz. Der Tourismus hat in der Gemeinde einen hohen Stellenwert: Dienstleistungen und Fremdenverkehr machen rund drei Viertel der Wirtschaftsstruktur aus. Gewerbe sowie Land- und Forstwirtschaft machen zusammen ein Viertel der Wirtschaftsstruktur aus (Gemeinde Engelberg 2018). Fast 85 Prozent aller Beschäftigten in Engelberg entfallen auf den tertiären Sektor (BFS 2018).



Abb. 17: Blick auf Engelberg von Südwesten

Quelle: Wikipedia 2018.

Tourismus in Engelberg: Entwicklung in den vergangenen Jahren

Engelberg ist die bedeutendste Tourismusdestination im Kanton Obwalden (vgl. auch Entwicklung Passagierzahlen der Bergbahnen). Die Gemeinde verzeichnet mehr als die Hälfte aller Logiernächte im Kanton. Tausende Übernachtungsgelegenheiten stehen in Engelberg in Hotels, Pensionen, Touristenlagern, Ferienwohnungen und auf dem Campingplatz zur Verfügung. Jährlich verzeichnet die Gemeinde rund 800'000 Übernachtungen (Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018a). In Hotelbetrieben lag die Zahl der Logiernächte in 2018 bei rund 398'000 Hotelübernachtungen (2017 rund 380'000 Logiernächte in Hotelbetrieben). Gemäss der Engelberg-Titlis Tourismus AG ist die Zahl der Logiernächte im Fünf-Jahresschnitt um 8.9 Prozent gewachsen, wobei Gäste aus der Schweiz absolut betrachtet Hauptwachstumstreiber waren (+11'175) (Engelberg-Titlis Tourismus AG 2019, Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018e). Insgesamt verzeichnen die Hotelbetriebe etwas mehr Logiernächte in der Sommersaison (Mai bis Oktober) als in der Wintersaison (November bis April). In der Wintersaison 2017/2018 lag die Anzahl der Logiernächte bei rund 174'000. In der Sommersaison waren es knapp über 200'000 (Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018e: 4).

Als Reiseziel ist Engelberg – samt dem Titlisgletscher – weit über die Grenzen der Schweiz hinaus bekannt. Im Sommer 2017 stammte rund die Hälfte der Gäste aus Übersee, insbesondere aus China und Indien. Knapp 40 Prozent kommen aus der Schweiz, rund 13 Prozent aus Europa (Statistik Kanton Obwalden 2018, Tourismus Monitor Schweiz 2017). Aufgrund der Nähe zu Luzern und der guten Erreichbarkeit ist für Engelberg auch der Tages- und Kurzzeittourismus von Bedeutung. So waren im Sommer 2017 rund 64 Prozent der Logiernächte auf Kurztrips einer Dauer von ein bis drei Nächten zurückzuführen (Tourismus Monitor Schweiz 2017).

Verkehrliche Erschliessung von Engelberg

Von auswärts ist Engelberg auf Strasse und Schiene zu erreichen. Innerhalb des Gemeindegebiets prägen Busverbindung und Bergbahnen die verkehrliche Infrastruktur. Der folgende Überblick beschreibt die verkehrliche Erschliessung von aussen (A) und innerhalb des Gemeindegebiets (B). Abb. 18 zeigt die wichtigsten Verkehrsadern.

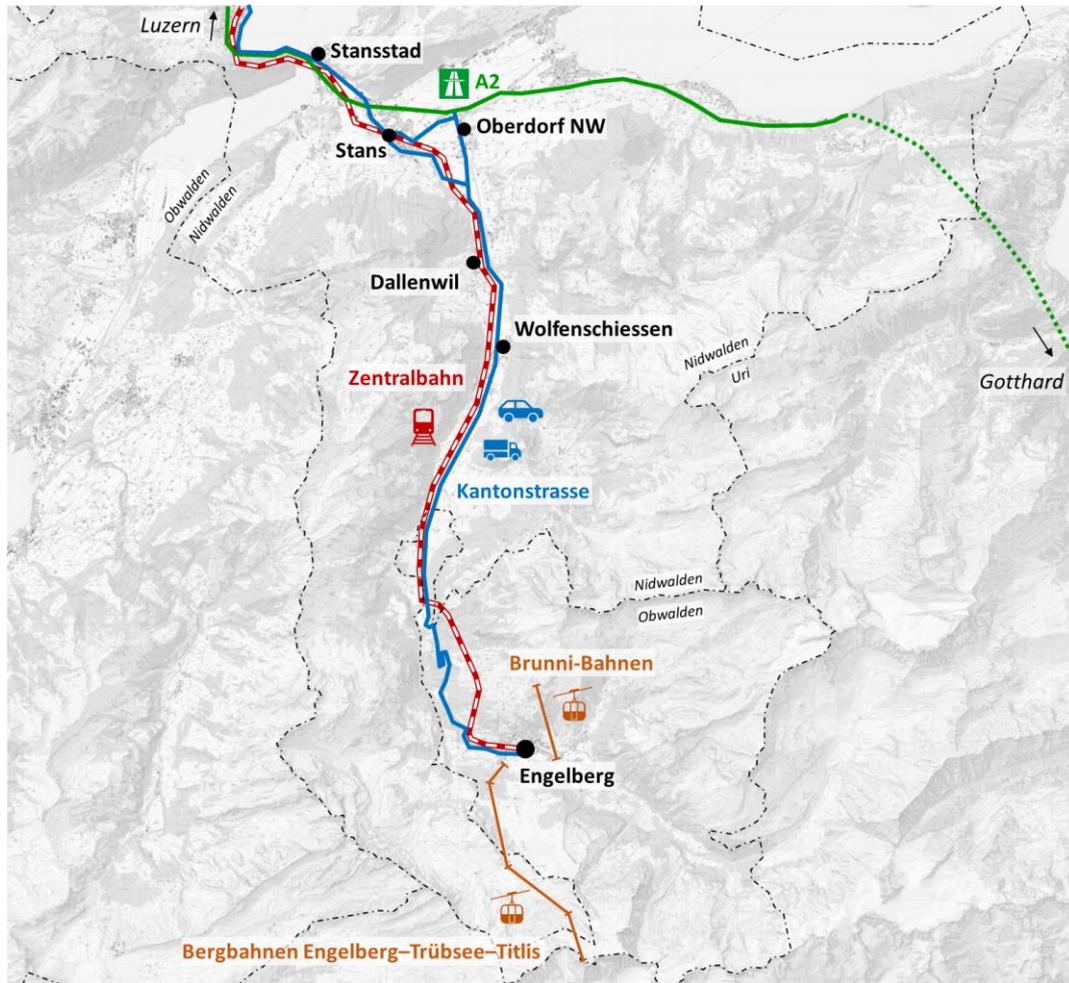


Abb. 18: Verkehrliche Erschliessung Engelberg heute

Grafik INFRAS. Quelle Kartenhintergrund: swisstopo.

A) Verkehrliche Erschliessung von ausserhalb des Gemeindegebiets

Aufgrund der besonderen topografischen Lage – Engelberg ist umschlossen von einem Gebirgsmassiv und einer Bergkette – ist die Zahl der Zufahrtswege in die Gemeinde begrenzt. Auf dem Landweg ist die Gemeinde via Fahrzeug auf zwei Routen von auswärts gut zu erreichen: Es gibt eine Strassen- und eine Schienenstrecke.

Tab. 30: *Wie Engelberg von auswärts erschlossen ist*

Infrastruktur	Beschreibung	In Kürze
Strasse	Über die A2 bis zur Ausfahrt Stans Süd. Von dort ca. 20 Kilometer über die Kantonsstrasse nach Engelberg. Die Route führt durch den Kanton Nidwalden. Luzern liegt rund 35 Kilometer von Engelberg entfernt. Die Distanz zu Zürich und dem Flughafen Zürich-Kloten beträgt rund 90 Kilometer.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Luzern-Engelberg: 35 km (Fahrtdauer ca. 40 Minuten mit Pkw) ▪ Autobahn > Kantonsstrasse (weitgehend einspurig je Fahrtrichtung)
Schiene	Die zb Zentralbahn AG betreibt auf der Strecke Luzern-Stans-Engelberg eine Zugverbindung. Die Züge verkehren aktuell in der Regel im Stundentakt. Mit der Eröffnung des rund 4'000 Meter langen Eisenbahntunnels zwischen Grafenort und Boden im Jahr 2010 konnte die bisherige Bergstrecke von Grafenort nach Engelberg abgelöst werden. Die Fahrzeit zwischen Luzern und Engelberg hat sich dadurch deutlich verkürzt. In diesem Zusammenhang wurde auch die Fahrgastkapazität erhöht (von 400 auf 1'000 Personen pro Stunde).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Luzern HB-Engelberg Bahnhof: Fahrtdauer ca. 43 Minuten mit Zentralbahn (zb) ▪ Stundentakt zw. Luzern und Engelberg in jeweilige Richtung

Tabelle INFRAS. Quellen: Gemeinde Engelberg 2018, Google Maps 2018, Zentralbahn AG 2018, Aargauer Zeitung 2010.

Der öffentliche Verkehr hat einen hohen Stellenwert. Einer Auswertung des Tourismus Monitors Schweiz zufolge haben im Sommer 2017 fast die Hälfte aller Gäste in Engelberg (46 Prozent) den ÖV als Hauptverkehrsmittel genutzt (Tourismus Monitor Schweiz 2017).

Ein wiederkehrendes Thema ist das Verkehrsaufkommen auf der Strasse (vgl. auch nächste Seite): An Winterwochenenden mit Idealbedingungen in den Engelberger Skigebieten (z.B. Nebel im Tal, klare Sicht in der Höhe) kann sich der Verkehr auf der Strecke Zufahrtstrasse weit zurückstauen. Insbesondere abends ist dies der Fall, beim Rückreiseverkehr Richtung Stans bei der Autobahneinfahrt Stans Süd (Rückstau in Richtung Dallenwil). Rund 3'500 öffentliche Parkplätze stehen in Engelberg zur Verfügung. Diese sind an Spitzentagen oft schon zur Mittagszeit belegt. Mögliche Lösungsansätze, die entweder zur Diskussion stehen oder bereits umgesetzt worden sind, sind unter anderem Informationsbildschirme zur Verkehrssituation auf den Pisten, der Einsatz von privaten Verkehrsdiensten bereits in der Bahn oder erleichterte Zugänge zum Parkplatz der Titlisbahn (Luzerner Zeitung 2018a).

Neben Strasse und Schiene existieren noch vereinzelte Landwirtschaftswege sowie zahlreiche Wanderwege, die nach Engelberg führen. Zu letzterem zählt etwa die Wanderstrecke von Niederrickenbach (Kanton Nidwalden) über die Kreuzhütte zur Brunnihütte.

Steigende Passagierzahlen bei Bahnstrecke zwischen Luzern und Engelberg

Über eine Million mehr Frequenzen konnte die Zentralbahn AG auf der Strecke Luzern-Engelberg im Jahr 2017 gegenüber 2012 verzeichnen. Das entspricht einem Anstieg von rund einem Drittel, wie Abb. 19 zeigt.

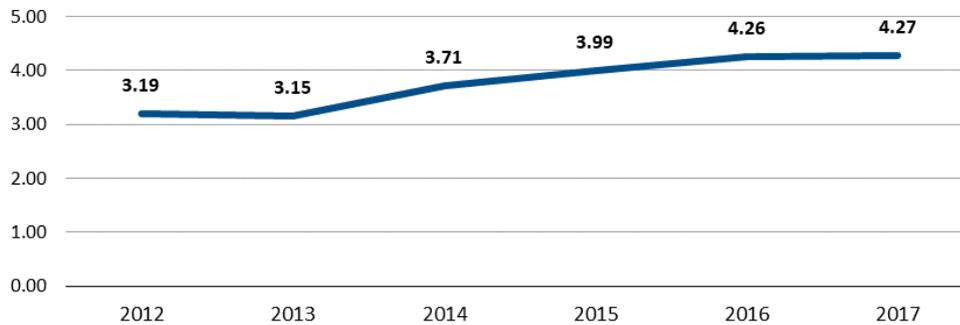


Abb. 19: Anzahl Frequenzen mit der Zentralbahn auf der Strecke Luzern-Engelberg (in Mio.)

Grafik INFRAS. Quelle: Statistik Kanton Obwalden 2018.

Mehr Fahrzeuge auf Strasse zwischen Stans und Engelberg unterwegs

Der durchschnittliche Tagesverkehr auf der Strasse zwischen Stans und Engelberg hat gemäss Daten der Zählstelle Dallenwil, NW (Strasse 374, Stansstad-Engelberg) seit dem Jahr 2009 um rund 6 Prozent zugenommen. Im Jahr 2017 wurden an der Messstelle durchschnittlich 8'400 Fahrzeuge am Tag gezählt. 2009 waren es gemäss den Zählstellen-Daten an dieser Stelle noch rund 7'900 Fahrzeuge – also knapp 500 weniger. Diese Zunahme dürfte zwar stark durch den Personenverkehr geprägt sein (vgl. tendenziell steigende Passagierzahlen bei den Bergbahnen). Allerdings führt die zunehmende Tourismusnachfrage auch zu einer Verkehrszunahme im Güterverkehr (Zunahme Versorgung durch Konsumgüter für Gäste). Die Daten der Schweizerischen automatischen Strassenverkehrszählung (SASVZ 2019) für Dallenwil zeigen, dass in den Monaten Dezember bis März und in den Sommermonaten Juli und August tendenziell das höchste Verkehrsaufkommen verzeichnet wird – vor allem an den Wochenenden. So wurden beispielsweise an Samstagen im Februar 2017 durchschnittlich fast 10'400 Fahrzeuge gezählt (DTV: 8'948; DSoV: 9'182). Hingegen wurden an Samstagen im Mai 2017 im Durchschnitt lediglich rund 7'690 Fahrzeuge erfasst (DTV: 8'152; DSoV: 7'435) und damit knapp ein Viertel weniger als im Februar.

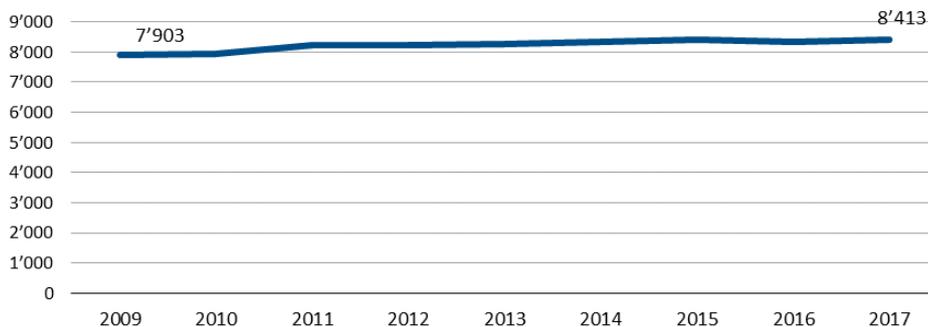


Abb. 20: Durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV) an der automatischen Messstelle Dallenwil (Strasse H 374 zwischen Stans und Engelberg im Kanton Nidwalden)

Basis: Mittelwert des 24-Stundenverkehrs aus allen Tagen des Jahres. Durchschnitt je Jahr. Einschränkung: in einzelnen Jahren keine Werte zu einzelnen Monaten verfügbar (Gründe u.a. keine Daten wegen Umbau Zählgerät, keine brauchbaren Ergebnisse wegen Bauarbeiten). Zu folgenden aufgeführten Jahren sind nicht zu allen Monaten Daten verfügbar: 2010 (keine Daten zu Monaten Juli bis Dez.), 2013 (keine Daten zu Monaten Juli bis Dez), 2015 (keine Daten zu Monaten Aug. bis Sept.), 2017 (keine Daten zu Monaten März bis April).

Grafik INFRAS. Quelle: Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung (SASVZ 2019).

Pendelverkehr von und nach Engelberg: Anzahl Zupendler überwiegt

Von und nach Engelberg herrscht reger Pendelverkehr. Das Pendlersaldo an Arbeitnehmern fällt dabei positiv zugunsten der rund 4'400 Einwohner zählenden Gemeinde aus: Laut BFS-Pendlerstatistik gibt es in Engelberg mehr Zu- als Wegpendler. Rund 700 Arbeitnehmende pendeln täglich nach Engelberg. Der Grossteil davon, etwa 500, fährt mit dem Pkw in die Berggemeinde. Umgekehrt pendeln jeden Tag rund 500 EngelbergerInnen nach auswärts. Die meisten von Ihnen fahren nach Nidwalden (ca. 200), gefolgt von Luzern (ca. 100) und Zürich (ca. 40) (BFS 2019).

B) Verkehrliche Erschliessung innerhalb des Gemeindegebiets

Gleich mehrere Bergbahnen (Standseilbahnen, Sessellifte, Luftseilbahnen) prägen die verkehrliche Infrastruktur innerhalb Engelbergs. Zu den bedeutendsten Bahnen zählen die Bahnen der Engelberg-Trübsee-Titlis AG und der Brunni-Bahnen Engelberg AG. Daneben gibt es unter anderem lokale Busverkehrsbetriebe.

Tab. 31: Wie Engelberg innerhalb des Gemeindegebiets verkehrlich erschlossen ist

Infrastruktur	Beschreibung	In Kürze
Engelberg-Trübsee-Titlis AG	Bergbahnen sind das Hauptgeschäft der Engelberg-Trübsee-Titlis AG. Zu dem Betrieb gehören unter anderem der 'TITLIS Xpress' zur Station Stand sowie die Drehseilbahn 'TITLIS Rotair', die von Stand zur Gipfelstation fährt (3'020 m Höhe). Daneben umfasst das Angebot verschiedene Sessel- und Luftseilbahnen.	<ul style="list-style-type: none"> 1913 wurde die Standseilbahn Engelberg-Gerschnialp in Betrieb genommen; seitdem stetiger Ausbau.
Brunni-Bahnen Engelberg AG	Die Brunni-Bahnen Engelberg AG betreibt eine Luftseilbahn nach Ristis sowie einen Sessellift zum Ausflugsziel Brunni. Die Kapazität der Pendelbahn beträgt 65 Personen.	<ul style="list-style-type: none"> Erste Luftseilbahn existiert seit 1952.
Engelberger Auto-Betriebe AG	Die Engelberger Auto-Betriebe AG bietet kostenlose Fahrten vom Dorfkern zu den Bergbahnen an. Aufgrund der zunehmenden Gästezahl ist für die Sommermonate künftig eine Ausweitung des Busbetriebs geplant.	<ul style="list-style-type: none"> Die Fahrt mit dem Ortsbus innerhalb Engelbergs zu den Bergbahnen ist gratis.

Tabelle INFRAS. Quellen: Brunni-Bahnen Engelberg AG 2018, Engelberg-Titlis-Tourismus AG 2018b, Engelberg-Titlis-Tourismus AG 2018c, Engelberg-Titlis-Tourismus AG 2018d.

Engelberg-Trübsee Titlis AG: Frequenzen auf hohem Niveau – Anstieg in 2018

Im Jahr 2017 verzeichnet die Engelberg-Trübsee Titlis AG in ihren Bergbahnen rund 9,5 Millionen Fahrgäste (Statistik Kanton Obwalden). Für die Sommersaison 2018 erwartete das Unternehmen bei Einzelreisenden ein Rekordergebnis (htr.ch 2018a).

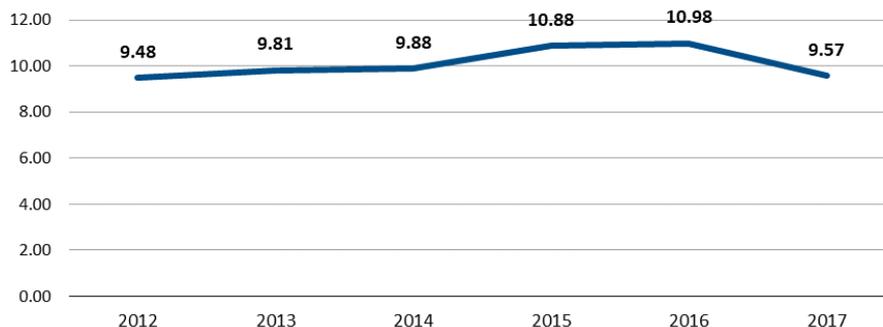


Abb. 21: Frequenzen Bergbahnen Engelberg-Trübsee-Titlis AG (in Mio.)

Grafik INFRAS. Quelle: Statistik Kanton Obwalden 2018.

Brunni-Bahnen Engelberg AG: Wetterbedingungen im Sommer 2018 bescheren Gästerekord

Die Brunni-Bahnen Engelberg AG verzeichnete zuletzt ein Rekordergebnis, was die Zahl der Gäste betrifft. Das Unternehmen führt diese Entwicklung – seit fünf Jahre wachse die Gästezahl im Sommer – auf das «ideale Bergwetter» in 2018 zurück (htr.ch 2018b). Abb. 22 betrachtete die Gesamtentwicklung der Jahre 2012 bis 2016.

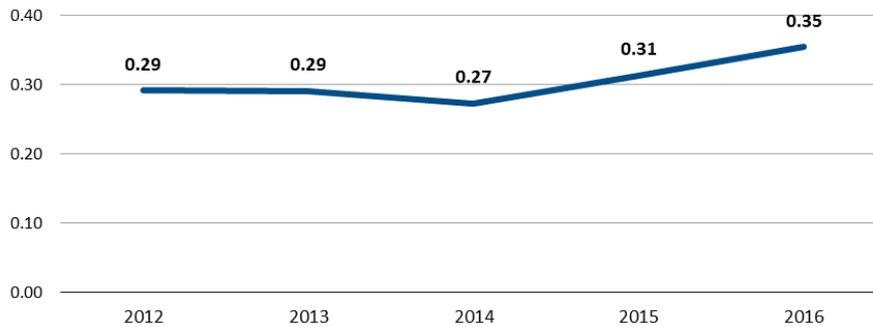


Abb. 22: Frequenzen Brunni-Bahnen Engelberg AG (in Mio.)

Grafik INFRAS. Quelle: Statistik Kanton Obwalden 2018.

Engelberg im 'Hitzesommer 2018'

Hohe Temperaturen, wenig Regen, Trockenheit: Die klimatischen Bedingungen der Sommermonate im Jahr 2018 waren in der Schweiz in vielerlei Hinsicht überdurchschnittlich. Wie hat sich dieser viel bezeichnete «Hitzesommer», der als Vorbote künftiger Klimaänderungen Schlagzeilen gemacht hat (vgl. Kasten in Kapitel 5.5.1), konkret auf die Verkehrsnachfrage in Engelberg ausgewirkt?

Zusammengefasst lassen die Aussagen aus dem Stakeholder-Workshop auf einen sehr positiven Effekt schliessen. Aus Perspektive der befragten Akteure hat Engelberg von der Hitze im Tal klar profitiert. Die «Sommerfrische» habe vor allem Reisende aus der Schweiz locken können. Die milden Temperaturen haben zu einem klaren Nachfrageanstieg geführt. Vor allem das Tagestourismusgeschäft hat zugelegt. Auf die internationale Nachfrage – insbesondere mit Blick auf Touristen aus asiatischen Ländern – habe der Hitzesommer sich zunächst jedoch nicht kurzfristig ausgewirkt. Insgesamt zeichnet sich ab, dass die Bergbahnen sowohl ihre Gästezahl als auch ihren Umsatz deutlich steigern konnten.

Das gilt zum Beispiel für die Brunni-Bahnen: Zwischen Anfang Mai und Ende Oktober seien so viele Gäste auf die Brunnihütte gekommen wie in keinem vergleichbaren Zeitraum zuvor: Rund 140'000 Ersteintritte haben die Betreiber in diesen Monaten insgesamt gezählt. Das Ergebnis liegt dem Unternehmen zufolge «rund 45 Prozent über dem Fünf-Jahres-Schnitt». Als Hauptgrund für diese Entwicklung sieht das Unternehmen die vorherrschenden guten Wetterbedingungen in den Sommermonaten 2018 (htr.ch 2018b, Schweizeraktien.net 2018). Daneben ist an dieser Stelle aber auch denkbar, dass weitere Faktoren zu dieser Entwicklung beigetragen haben. Dazu könnten beispielsweise höhere Bekanntheit, verbessertes Marketing oder verfügbare Information (via Internet) gehören. Eine sehr positive Bilanz zieht auch die Bergbahn Engelberg-Trübsee-Titlis. Mit Blick auf die Sommersaison 2018 falle den Betreibern zufolge auf, dass die Anzahl der Einzelreisenden unter den Hauptgästesegmenten – Einzelreisende, Gruppen und Schneesport – am «stärksten zugelegt hätten» (htr.ch 2018a).

Nach Ansicht der in dem Workshop befragten Stakeholder hat der Sommer 2018 verdeutlicht, dass sich Gäste zunehmend spontan für ein mögliches Ausflugsziel entscheiden. Wie viele andere Berggebiete auch, konnte Engelberg speziell in Phasen extremer Hitze etwa in urbanen Gebieten, mit mehreren Standortfaktoren bei Gästen punkten: kühlen Temperaturen, Seen und einer verhältnismässig schwächer ausgeprägten Trockenheit.

6.2.3 Klimatische Entwicklungen Engelberg

Dank seiner Höhenlage gilt Engelberg als «Klimakurort». Auf ihrer Webseite beschreibt die Gemeinde das Klima vor Ort wie folgt: «[...] reichliche Besonnung und intensive Strahlung, Schutz vor stärkeren Winden und ausgeglichene Abkühlungsströme» (Gemeinde Engelberg 2018).

Klimatische Veränderungen im Rück- und Ausblick

Wie viele anderen Alpenregionen hat Engelberg steigende Durchschnittstemperaturen zu verzeichnen. Daten des Bundesamts für Meteorologie und Klimatologie (2014) verdeutlichen diese klimatische Entwicklung. Demnach lagen die Temperaturen in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) im Zeitraum 1981 bis 2010 um durchschnittlich ein Grad Celsius höher als das noch im Zeitraum 1961 bis 1990 der Fall war. Die Studie geht davon aus, dass die Temperaturen künftig weiter signifikant steigen werden. Für das Jahr 2060 erwarten die Autoren – unter Annahme des Emissionsszenarios A1B («Zunahme der Treibhausgasemissionen bis 2050, dann leichte Abnahme») –, dass es in Engelberg in etwa so warm sein wird, wie das heute in Bern oder in Zürich der Fall ist (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie 2014).

Tab. 32: Temperaturentwicklung Engelberg (saisonale Durchschnittstemperatur in °C)

Jahreszeit	1961-1990	1981-2010	Um 2060 (Prognose Meteo Schweiz)
Winter	-2.1	-1.5	-0.1 – +1.8
Sommer	13.2	14.2	16.1 – 17.8

Winter (Dezember, Januar Februar), Sommer (Juni, Juli, August).

Annahme 2060 basiert auf Klimaszenario A1B (Zunahme der Treibhausgasemissionen bis 2050, dann leichte Abnahme).

Tabelle INFRAS. Quelle: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie 2014, Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 243.

Verglichen mit den Temperaturentwicklungen verändern sich die Niederschlagsmengen wenig. Die damit einhergehenden Prognosen sind eher unsicher. Für die Alpenregion schätzt das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (2014), dass die Niederschlagsmenge im Sommer um etwa fünf bis zehn Prozent abnehmen wird. Entsprechend gross fällt die Bandbreite der erwarteten Niederschlagsmengen um das Jahr 2060 aus (vgl. auch Kapitel 4). Für Engelberg geht die Studie davon aus, dass im Sommer tendenziell weniger Niederschlag fallen wird.

Tab. 33: Entwicklung Niederschläge Engelberg (saisonale durchschnittliche Niederschlagsmenge in mm)

Jahreszeit	1961-1990	1981-2010	Um 2060 (Prognose Meteo Schweiz)
Winter	278	280	239-320
Sommer	549	564	451-556

Winter (Dezember, Januar Februar), Sommer (Juni, Juli, August).

Annahme 2060 basiert auf Klimaszenario A1B (Zunahme der Treibhausgasemissionen bis 2050, dann leichte Abnahme).

Tabelle INFRAS. Quelle: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie 2014, Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 243.

Weniger Schneetage in Engelberg, vergleichsweise konstante Entwicklung am Trübsee

Was bedeuteten diese Entwicklungen konkret für Engelberg als Reisedestination im Winter? Die klimatischen Veränderungen manifestieren sich bereits heute in der deutlich rückläufigen Zahl an Schneetagen. Das verdeutlichen Auswertungen des 'Tagesanzeigers', der Daten zu den Schneehöhen in tiefen, mittleren und hohen Lagen¹⁷ analysiert hat. Demnach lag in Engelberg zwischen 1959 und 1988 je Saison durchschnittlich noch an 57 Tagen mindestens 30cm Schnee. Zum Vergleich: Zwischen 1989 und 2018 gab es je Saison im Durchschnitt nur 35 Tage mit einer Schneehöhe von mindestens 30 cm (minus 39 Prozent).

Am nahe Engelberg gelegenen Trübsee ist die durchschnittliche Zahl der Schneetage mit mindestens 50cm Schnee – im Gegensatz zu anderen Lagen ähnlicher Höhe in der Schweiz – über die beiden Perioden hinweg bislang weitgehend konstant geblieben: zwischen 1959 und 1988 gab es je Saison durchschnittlich 143 Schneetage, zwischen 1989 und 2018 durchschnittlich 137 Schneetage. Das entspricht einem Minus von vier Prozent (Tagesanzeiger 2018b).

Das National Centre for Climate Services (2018) geht davon aus, dass es in Zukunft in der Schweiz in mittleren und höheren Gebieten – zu dieser Kategorie zählt auch die Gemeinde Engelberg respektive ihre Umgebung – weniger Schneefälle geben wird (vgl. auch Kapitel 4). Der Bericht zu den Klimaszenarien betont aber auch, dass das lokale Wettergeschehen häufig geprägt sei, durch «kleinräumige Erscheinungen» (Inversionslagen und Kaltluftseen). Das hat zur Folge, dass trotz des allgemeinen Temperaturanstiegs lokal schnee-reiche Winter vorkommen können (NCCS 2018a: 12).

Fokus Titlisgletscher: Gletscherschwund und (Gegen-)Massnahmen

Verschiedene wissenschaftliche Studien gehen davon aus, dass die Gletscher in der Schweiz in Zukunft weiter massiv schrumpfen werden. Genaue Prognosen sind schwierig und abhängig von lokalen Gegebenheiten. Der Bericht 'Brennpunkt Klima Schweiz' verweist beispielsweise auf Modellrechnungen von Salzmann et al. (2012), demnach es bis zum Jahr 2050 einen Gletschermassenverlust von 50 Prozent gegenüber dem Jahr 2000 geben wird (2100: minus 75 Prozent) (Huggel et al. 2016: 80). Andere Studien gehen von einem noch höheren Verlust aus. Allenfalls sehr hoch gelegene, grosse Gletscher, wie etwa der Aletsch-Gletscher, könnten bis 2100 noch in Bruchstücken existieren (Tagesanzeiger 2017c). Wie bekommt der Titlisgletscher die klimatischen Veränderungen zu spüren und welche (Gegen-)Massnahmen werden vor Ort getroffen? Etwa die Hälfte seines Umfangs hat der Titlisgletscher seit 1970 gemäss ewp 2018 verloren. Um diese Entwicklung zu verlangsamen, soll der Gletscher künftig über das ganze Jahr hinweg künstlich beschneit werden, wie es in der Zeitschrift 'Pro Domo' der ewp AG heisst. Hintergrund sei, dass diese künstliche Schneedecke insbesondere auch im Sommer und Herbst mehr Sonnenlicht als Eis reflektierte und somit den darunterliegenden Gletscher besser schützen könne. Dazu wurden unter anderem in der zweiten Jahreshälfte 2018 Leitungen für Beschneigungsanlagen erstellt. Wegen hoher Kosten wird aktuell auf eine flächendeckende Beschneigung verzichtet. Die Vorhaben konzentrieren sich auf eine Fläche von rund 1.1 Hektar (ewp 2018: 17).

Annahmen für Fallstudie und Stakeholder-Workshop

Einhergehend mit den steigenden Temperaturen, ist konkret für Engelberg mit schneeärmeren Wintern zu rechnen. Wie zuvor erwähnt, gehen Studien von weniger Schneefall sowohl in mittleren als auch in höheren Lagen der Schweiz zur Mitte des Jahrhunderts hin aus. Für Engelberg heisst das aber auch: Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Titlisgletscher im Jahr 2060 verschwunden ist. Zudem steigt die Schneesicherheitslinie deutlich an: erwartet wird ein Anstieg der Nullgradgrenze im Winter um 400 bis 650 Meter bis 2060 (NCCS 2018). Als Orientierung für die Diskussion sind wir im Rahmen des Stakeholder-

¹⁷ Der Tages-Anzeiger hat dazu Daten vom Institut für Schnee- und Lawinenforschung sowie vom Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie Daten ausgewertet.

Workshops bezüglich der klimatischen Entwicklung in der Schweiz von folgenden groben Annahmen ausgegangen.

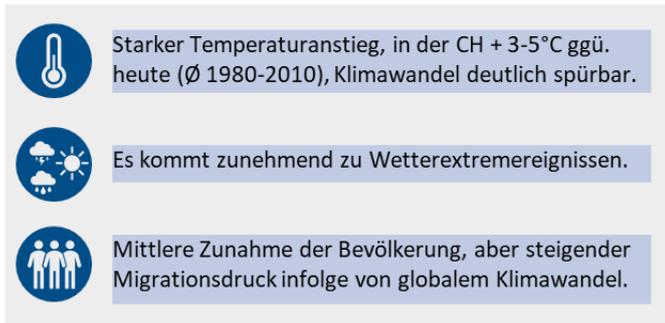


Abb. 23: Annahmen Klimaszenarien Schweiz (Eckszenarien) für das Jahr 2060

Grobe Annahmen für Stakeholder-Workshop (Eckszenarien).

Grafik INFRAS.

6.2.4 Engelberg im Winter 2060

Kein Gletscher, steigende Schneesicherheitslinien und trotzdem touristisch attraktiv. Dank vergleichsweise hoher Lage bleibt Engelberg künftig auch im Winter gegenüber anderen, vergleichsweise niedriger gelegenen, Skigebieten im Wettbewerbsvorteil. Die Verkehrsnachfrage verlagert sich zunehmend auf wenige Spitzentage, an denen gute Bedingungen vorherrschen.

Erkenntnisse aus dem Stakeholder-Workshop

Engelberg ohne Titlisgletscher: Dass die Berggemeinde irgendwann ohne ihr Wahrzeichen auskommen muss, ist längst vorstellbar. Darin sind sich auch die im Rahmen des Workshops befragten Akteure einig. Der zunehmende Gletscherschwund lässt es bereits erahnen: Im Jahr 2060 wird der Titlisgletscher aller Voraussicht nach nicht mehr existieren. Damit verschwindet auch ein Touristenmagnet. Die Frage ist: Welche Folgen hat das für die touristische Nachfrage? Inwiefern verlagern sich möglicherweise die damit verbundenen Verkehrsströme?

Der Austausch hat verdeutlicht: Trotz Gletscherschwund schätzen die befragten Akteure die touristische Zukunft Engelbergs in der Wintersaison positiv ein. Mit ihren vergleichsweise hoch gelegenen Pisten und der Nordlage sehen sie die Gemeinde im Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen, niedriger gelegenen, Skigebieten in der Schweiz und im Ausland. Dank dieser Höhen kann auch bei steigenden Temperaturen zu einem gewissen Umfang noch Wintersport ermöglicht werden. Die mit Wintersport verbundenen Verkehrsströme können sich insgesamt also zugunsten von Engelberg als höher gelegene Feriendestination verlagern.

In der Workshop-Diskussion hat sich unter den Stakeholder folgende Einschätzung herauskristallisiert: Unter den angenommen klimatischen Veränderungen müsse sich Engelberg insgesamt auf kürzere Skisaisons einstellen. Die Zahl schneefreier Tage wird – gegenüber der heutigen Situation – deutlich zunehmen. An den verbleibenden Wintersporttagen dürfte die touristische Nachfrage damit aber umso höher ausfallen – und sich auf eine reduzierte Zahl von Spitzentagen konzentrieren. Der Trend zur kürzen Aufenthaltsdauer setzt sich fort. Tages- und Wochenendtouristen richten ihr Freizeitverhalten zunehmend nach der Schneesicherheit aus. Längere Aufenthaltsdauern werden angesichts steigender Schneefallgrenzen und kürzerer Zeitspanne mit schneesicheren Tagen zunehmend unattraktiv.

Insbesondere an diesen Spitzentagen muss Engelberg im Winter mit hoher Verkehrsnachfrage rechnen. Der Wintersport verlagert sich auch innerhalb der Gemeindegrenzen ver-

stärkt in hoch gelegene Gebiete, in denen die Wahrscheinlichkeit grösser ist, schneesichere Bedingungen anzutreffen. Gleichzeitig gehen einige der befragten Workshop-Teilnehmer davon aus, dass Skisport als solcher zunehmend an Popularität verliert. Auch wenn die Gemeinde als Winterdestination weiterhin beliebt bleibt – beispielsweise mit anderen neuen Angeboten – könnte der Autoverkehr infolge des Popularitätsverlustes von Skifahren abnehmen. Der Grund: Viele Skifahrer tendieren dazu, aufgrund der umfangreichen Ausrüstung und des Gepäcks mit dem Pkw anzureisen. Verzicht auf Ski- oder Snowboardfahren dürfte die Wahrscheinlichkeit steigen, dass sie auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen, um nach Engelberg zu reisen.

Tab. 34: Engelberg im Winter 2060 – konsolidierte Einschätzung der Stakeholder

Verhaltensänderung	Strassen-/Schieneninfrastruktur	Touristische Infrastruktur	Folgen für Angebot und Betrieb	→ Veränderung Verkehrsnachfrage
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mehr Tages- aber weniger Ferientouristen: zunehmend kurzfristige Entscheidung für (Tages-)Reise nach Engelberg (abhängig von Wetterbedingungen). ▪ Weniger Wintersport infolge von reduziertem Angebot (Schneemangel). ▪ Aber: Berge weiterhin hohes Attraktivitätspotenzial auch mit weniger/keinem Schnee in Winter. ▪ Engelberg konkurriert im Winter zunehmend mit Touristendestinationen in Südeuropa/Übersee. Diese sind für Ferien im Sommer zu heiss, im Winter aber umso attraktiver. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risiken für Verkehrsinfrastruktur, v.a. auch auf Zufahrtswegen → Kosten für Unterhalt sowie Monitoring steigen (Kantonsstrasse, Zentralbahn, Bergbahnen). ▪ Verkehrsinfrastruktur muss an Bedingungen angepasst werden: (z.B. Schutzbauten, Permafrost-Rückgang). ▪ Prävention und Haftung bei Extremwetterereignissen (z.B. bei Hochwasser). ▪ Organisation Verkehrssituation einfacher dank milderer Winter (z.B. weniger Schneeräumung im Tal). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten steigen v.a. für Wintertourismus (Sicherheitsanforderungen, höhere Baustandards, Permafrost-Rückgang). ▪ Diskussionsbedarf zu allfälligem Rückbau Ski-Infrastruktur (in wenig schneesicheren Lagen). ▪ Abnahme Skitourismus führt ggf. zu einfacherer Logistik. Das ermöglicht auch Chancen für den ÖV. ▪ Steigender Bedarf nach technischer Beschneigung. ▪ Veränderung der Lawinensituation erfordert bessere Schutzbauten. ▪ 'Neue' Themen prägen Agenda: z.B. Winterhochwasser. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhere Flexibilität der Akteure in Tourismus und Verkehr gefordert auch in Zusammenarbeit untereinander (Nutzung Synergien). ▪ (Temporärer) Ausfall von tourist. Kerngeschäft (z.B. bei Extremwittersituation, schneearmem Winter) erfordert alternative Angebote (z.B. Indoor, aber auch neue Outdoor-Angebote). → erhebliche Investitionen notwendig (Qualitätsanspruch von Engelberg). ▪ Berge als Angebot weiter attraktiv (aber Ausbau der 'Sommerangebote' auch für Winterzeit). ▪ Es stellt sich die Frage, wie lange Infrastruktur für Winterangebote aufrechterhalten werden kann/soll. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Nachfragespitzen bei Idealbedingungen in einzelnen Zeiträumen. ▪ Verkehrssteuerung zu Spitzenzeiten als Herausforderung (Stausituation auf Zufahrtstrassen, Überlastungen im ÖV).

Basis: Stakeholder-Workshop Engelberg, 13.11.2018.

Tabelle INFRAS.

Einbettung Wirkungsketten

Höhere Temperaturen stellen Tourismussektor in Wintersaison vor neue Herausforderungen

Ziel dieses Unterkapitels ist es, die analysierten Wirkungszusammenhänge für Berggebiete am Fallbeispiel Engelberg zu prüfen. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf Aspekten, die sich von der Wirkungsanalyse (Kapitel 5) abgrenzen oder neu sind. Grundlage bilden die Ergebnisse des Stakeholder-Workshops. Die Einbettung konzentriert sich auf die Wirkungsketten, die für die Berggemeinde Engelberg im Winter am relevantesten sind. Referenz ist die Situation heute.

Tab. 35: Einordnung der Wirkungszusammenhänge Engelberg im Winter 2018

Nr. Wirkungskette	Einbettung
1 Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine Relevanz in Winterperiode.
2 Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Engelberg steht in Wintersaison in zunehmender Konkurrenz mit Feriendestinationen in wärmeren Gebieten (z.B. am Mittelmeer). ▪ Erhöhte Tendenz, eher tageweise nach Engelberg zu fahren (wenn die Wetterbedingungen gut sind), statt längere Ferien zu verbringen (mit dem Risiko, dass zu hohe Temperaturen herrschen). Durchschnittl. Aufenthaltsdauer geht zurück. ▪ Verlagerung der Wintersportangebote tendenziell in höhere Gebiete. Aber Berge behalten auch ohne Schnee ihre Attraktivität. ▪ Um Wintergeschäft auch in schneearmen Zeiträumen aufrechterhalten zu können Investitionen in Alternativangebote (z.B. Indoor-Anlagen) erforderlich. ▪ Reisende nutzen vermehrt den ÖV (Skifahrer kommen häufig mit dem Pkw). Hintergrund ist möglicherweise sinkende Popularität des klassischen Wintersports (Ski, Snowboard): rückläufiger Anteil der Touristen, die z.B. Skifahren können. ▪ Verkehrsspitzen: Die Zahl der Spitzen sinkt zwar, dafür werden diese Spitzen ausgeprägter (höher). Umgang mit Verkehrsspitzen an Tagen mit Idealbedingungen wird zunehmend zu Herausforderung (→ Verkehrssteuerung).
3 Angebotsänderung Verkehr (infolge Extremereignissen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indirekte Relevanz: Direkte Angebotsänderungen im Verkehr werden kaum erwartet (ausser evtl. Verringerung Unfallrisiko bei Zufahrten). Indirekte Folgen für das Angebot ergeben sich aber über Verhaltensänderungen.
4 Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zufahrtsstrecken von und nach Engelberg (Kantonsstrasse, Bahntrasse) durch Extremereignisse zunehmend gefährdet. ▪ Anforderungen an Sicherheit steigen. Investitionen in Überwachungsmassnahmen zunehmend erforderlich. Je steiler das Gelände, desto höher der Aufwand. Unterbrüche und Erhaltungsmaßnahmen (z.B. in Folge Permafrost-Rückgang) sorgen für höhere Kosten: Mobilitätskosten nach und innerhalb von Engelberg steigen. ▪ Wie lange Infrastrukturinvestitionen gerechtfertigt werden können, ist angesichts klimatischer Veränderungen fraglich (Verteilungsfragen stellen sich zunehmend). ▪ Hochkomplexes Wassersystem in Engelberg. Wasser als knappe Ressource kann erheblichen Einfluss auf Tourismus haben.
5 Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indirekte Relevanz. Aber: Verkehrssituation auf Infrastrukturen in tiefergelegenen Gebieten haben auch einen gewissen Einfluss auf Touristenstrom.
6 Indirekte Wirkungen Ausland	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eher geringe Relevanz spezifisch mit Blick auf Winterperiode.

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Stakeholder-Workshop, Einordnung des Projektteams.

Zwischenfazit: Engelberg im Winter 2060

- Aus touristischer Perspektive ist die Ausgangslage auch im Winter in Engelberg in der Tendenz besser als an anderen, vor allem niedriger gelegenen Touristendestinationen in der Schweiz (höhere Schneewahrscheinlichkeit in höheren Lagen).
- Touristische Nachfrage konzentriert sich zunehmend auf weniger Tage mit «Idealbedingungen». Trend zu kürzeren Aufenthalten verstärkt sich. Die Zahl der Verkehrsspitzen dürfte im Winter zwar sinken, dafür werden die Spitzen höher sein. Die Lenkung der Verkehrsströme wird eine zentrale Herausforderung.
- Wintersport verlagert sich auch innerhalb Engelbergs zunehmend in höhere Lagen. Entsprechende (teure) Infrastruktur erforderlich.
- Verlust Titlisgletscher und rückläufige Zahl an Schneetagen erfordert zunehmend Alternativangebote (Indoor etc.).

6.2.5 Engelberg im Sommer 2060

Die Hitze in urbanen Gebieten erhöht den Nachfragedruck in Sommermonaten deutlich. Die Folge: mehr Tages- und Ferientourismus. Dank guter Verkehrsverbindungen nach Luzern profitiert Engelberg auch als Wohnort von dem «Sommerfrische-Bonus». Diese Entwicklungen bringen aber auch Herausforderungen mit sich: allen voran auf der Angebotsseite.

Erkenntnisse aus dem Expertenworkshop

Dem Gletscherschwund zum Trotz: Die befragten Stakeholder schätzen mit Blick auf die künftige touristische Entwicklung, dass Berge als solche zunehmend an touristischer Attraktivität gewinnen werden. Mit steigenden Temperaturen im Tal, allen voran in den urbanen Gebieten (Stichwort Hitzesommer), wird Engelberg von dem Faktor «Sommerfrische» deutlich profitieren. Die befragten Akteure rechnen mit einer vergleichsweise längeren Sommersaison. Sowohl der Tages- als auch der Ferientourismus nehmen zu. Damit steigt aber auch der Bedarf nach einer breiteren Angebotspalette, die auch neue Verkehrsmittel wie etwa E-Bikes umfasst.

Eine zentrale Herausforderung für die künftige Entwicklung sehen die befragten Akteure in der Qualitätssicherung: Vor allem bei steigenden Touristenzahlen im Sommer ist die Sicherstellung der heute garantierten, hohen Infrastruktur- und Angebotsqualität elementar. Das umfasst neben dem Strassen- und Schienenverkehr auch Seilbahnen und Sessellifte. Die Betriebssicherheit wird zunehmend wichtiger, nicht zuletzt mit Blick auf mögliche Extremwetterereignisse wie Starkniederschläge oder Murgänge. Insgesamt sehen die Stakeholder die in Engelberg vorhandene Infrastruktur in dieser Hinsicht gut aufgestellt und für die Zukunft gerüstet.

Für die kommenden Jahrzehnte gehen die befragten Akteure von einem Ausbau des Verkehrsangebots in den Sommermonaten aus: sowohl auf Strecken von und nach Engelberg als auch innerhalb der Gemeinde selbst. Allen voran werden hier die Verkehrsträger Zentralbahn (Erhöhung der Taktfrequenzen) sowie die innerörtlichen Busverbindungen (Ausbau des Linienverkehrs) genannt. Die Stakeholder erwarten, dass Engelberg – und damit auch die umliegenden Berge – leichter zu erreichen sein werden. Profitieren würde davon nicht zuletzt der Nahverkehr: Velofahren, Wandern, E-Bike-Aktivitäten oder sonstige Outdoor-Angebote.

Durch die verbesserte Erreichbarkeit, möglicherweise auch im Vergleich zu anderen, entlegeneren Berggebieten, steigt aber der Nachfragedruck. Die Workshop-Teilnehmenden erwarten einerseits, dass Touristen häufiger für stark begrenzte Zeit nach Engelberg reisen. Andererseits könnte Engelberg für Auswärtige zunehmend für langfristige Aufenthalte an Attraktivität gewinnen: bis hin zum dauerhaften Wohnen (Erstwohnsitz). Die Frequenz der öffentlichen Verkehrsmittel ermöglicht es beispielsweise, von den Vorzügen Engelbergs als Wohnort zu profitieren und gleichzeitig in nahegelegenen urbanen Gebieten, wie etwa in Luzern, zu arbeiten.

Tab. 36: Engelberg im Sommer 2060 – konsolidierte Einschätzung der Stakeholder

Verhaltens- änderung	Strassen-/Schie- neninfrastruktur	Touristische Infrastruktur	Folgen für Ange- bot und Betrieb	→ Veränderung Verkehrsnachfrage
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Engelberg als Profiteur im Sommer (v.a. getrieben durch Hitze in Städten): → «Sommerfrische» als Anziehungsfaktor v.a. für Tagestouristen. ▪ Sommer als Reisezeit in Berge erlebt «Renaissance». ▪ Multilokales Wohnen und Arbeiten zunehmend attraktiv → Engelberg bietet Möglichkeiten dazu. ▪ Kaum Verhaltensänderungen infolge von häufigeren Extremwetterereignissen (mit Infrastrukturschäden): Touristen sind in der Lage, zwischen Naturereignissen und selbst verschuldeten Ereignissen zu unterscheiden (eher geringer Einfluss auf Ruf der Destination). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berge sind zunehmend leichter zu erreichen dank verbesserter Infrastruktur. Engelberg steht hier ggü. anderen vergleichbaren Touristendestinationen gut da. ▪ Gleichzeitig steigen mit Extremwetterereignissen (Murgänge, Hochwasser) die Risikopotenziale (nur zwei Zufahrtstrecken). ▪ Regelmässige Identifikation und Monitoring neutralgischer Punkte erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konzentration auf bestimmte touristische Anziehungspunkte, v.a. auch Infrastrukturen mit attraktiven (neuen) Sommer tourismusangeboten (z.B. E-Mountainbike-Strecken) ▪ Kurzfristige Aufenthalte aber auch dauerhaftes Wohnen zunehmend attraktiv (Plattformen wie Airbnb als Treiber → Vermischung). ▪ Nachfragedruck erfordert weiteren Ausbau der Infrastrukturkapazitäten. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bedeutung Betriebssicherheit nimmt zu. ▪ Angebotserweiterung erforderlich (höherer Takt ÖV). ▪ Druck, neue und erweiterte Mobilitätsformen und -angebote zu ermöglichen, wird zunehmen (z.B. individuelle Angebote, Zusatzzüge). ▪ Ziel muss es sein: hohe Qualität zu halten (trotz steigender Touristenzahlen). ▪ Neue attraktive touristische Angebote im Sommer erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nachfrage im Sommer wird stark zunehmen, insbesondere am Wochenende. ▪ Kurzfristige Entscheidungen für Tourismusdestination als Herausforderung für Verkehrslenkung und -planung. ▪ Sommerperiode weitet sich aus, daher erhöhte Flexibilität seitens der Touristen (Frühjahr bis Herbst). ▪ Steigende Nachfrage nach neuen Mobilitätsformen (z.B. E-Mountain-Bikes). ▪ Internationale Touristengruppen bleiben «treu», Trend zu 'kurzer' Aufenthaltsdauer nimmt weiter zu.

Basis: Stakeholder-Workshop Engelberg, 13.11.2018.

Tabelle INFRAS.

Einbettung Wirkungsketten

Steigende Nachfrage im Sommer erfordert angepasstes Verkehrsangebot

Ziel dieses Unterkapitels ist es, die analysierten Wirkungszusammenhänge für Berggebiete am Fallbeispiel Engelberg zu prüfen. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf Aspekten, die sich von der Wirkungsanalyse (Kapitel 5) abgrenzen oder neu sind. Grundlage bilden die Ergebnisse des Stakeholder-Workshops. Die Einbettung konzentriert sich auf Wirkungsketten, die für die Berggemeinde Engelberg im Sommer am relevantesten sind. Referenz ist die Situation heute.

Tab. 37: Einordnung der Wirkungszusammenhänge Engelberg im Sommer 2018

Nr. Wirkungskette	Einbettung
1 Verhaltensänderung Sommerhitze (urban)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steigender Nachfragedruck aus urbanen Gebieten infolge urbaner Hitze. Individualreisende gewinnen zunehmend an Relevanz, spontane Aufenthalte nehmen zu. ▪ Qualitätssicherung der touristischen Angebote gewinnt bei steigendem Nachfragedruck an Bedeutung. ▪ Multilokales Wohnen respektive 'Wohnen in Engelberg/Arbeiten in der Stadt' gewinnt an Attraktivität (angenehmere Temperaturen im Sommer). ▪ Die Verkehrsspitzen im Sommerhalbjahr – von Frühling bis Herbst – nehmen zu: Sowohl die Anzahl der Spitzentage wird steigen, als auch das Niveau der Spitzen wird zunehmen (und sich den heutigen Winterspitzen annähern). ▪ Als indirekte Folge der zunehmenden Tourismuskonsumnachfrage wird auch der Güterverkehr nach Engelberg steigen (zur touristischen Versorgung, v.a. mit Konsumgütern). Diese Nachfrage wird v.a. auf der Strasse erfolgen. ▪ Notwendigkeit über längeren Zeitraum hinweg (Hitzewellen in urbanen Gebieten) ausreichende Transportkapazitäten zu haben, um höherer Nachfrage gerecht zu werden. Erfordert Ausbau des Verkehrsangebots (z.B. Erhöhung der Taktfrequenzen im ÖV).
2 Verhaltensänderung Extremwetter (Berggebiete)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alternativangebote zunehmend erforderlich. Vor allem mit Blick auf schmelzenden/geschmolzenen Titlisgletscher. Nutzung neuer Mobilitätsformen (E-Bikes etc.). ▪ Ausbau des Gefahren- und Risikomanagements, auch infolge steigender Besucherzahlen im Sommer.
3 Angebotsänderung Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Indirekte Relevanz: Direkte Angebotsänderungen im Verkehr werden kaum erwartet (ausser evtl. eingeschränkte Verfügbarkeit gewisser Verkehrsmittel infolge Hitze). Indirekte Folgen für das Angebot ergeben sich aber über Verhaltensänderungen.</i>
4 Beeinträchtigung Infrastruktur (Berggebiete)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zunehmender Bedarf an Investitionen zur Sicherstellung der Zufahrtsinfrastruktur sowie der touristischen Infrastruktur (Sicherung vor Extremwetterereignissen). ▪ Gesellschaftliche Debatte zu Verteilungsfragen rückt auch Erhaltungsmaßnahmen/Investition in Infrastruktur in Engelberg in den Fokus der Öffentlichkeit.
5 Beeinträchtigung Infrastruktur (urban & ländlich)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Indirekte Relevanz. Gedämpfte Zuverlässigkeit: Folgen von Extremwetterereignissen auf Infrastrukturen in tiefergelegenen Gebieten haben auch Einfluss auf Besucher.</i>
6 Indirekte Wirkungen Ausland	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Eher geringe Relevanz spezifisch auf Sommersaison bezogen. Generell: Attraktivitätsverlust bei Touristen aus Übersee (Gletscher als Besuchermagnet) denkbar.</i>

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Stakeholder-Workshop, Einordnung des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

Zwischenfazit: Engelberg im Sommer 2060

- Engelberg profitiert von Hitzewellen in urbanen Gebieten aus Perspektive der Tourismuswirtschaft. Vor allem der Tagestourismus wird zunehmen – mit erheblichen verkehrlichen Folgen: Sowohl die Zahl der Verkehrsspitzen nimmt zu, als auch die Höhe der Spitzen. Dies gilt vermehrt auch für die Frühlings- und Herbstmonate.
- Steigende Verkehrsnachfrage über einen längeren Zeitraum im Sommer macht einen Ausbau des Verkehrsangebots, insbesondere im ÖV, notwendig.
- Qualitätssicherung wird zunehmend zur Herausforderung. Gleichzeitig Investitionen in weitere und alternative Angebote zum (geschmolzenen) Titlisgletscher erforderlich.
- Engelberg als Wohnort oder für «multilokales» Wohnen zunehmend attraktiv («Sommerfrische»). Dadurch einerseits möglicherweise höhere Pendlerströme in urbane Gebiete, andererseits Notwendigkeit, erforderliche Infrastruktur für Homeoffice oder Co-Working-Lösungen sicherzustellen.

6.2.6 Handlungsmassnahmen und Empfehlungen

Die möglichen Folgen klimatischer Veränderung für den Verkehr in Engelberg im Jahr 2060 erfordern eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft und zwar auf allen Ebenen (Gemeinde, Kanton, Bund). Die im Rahmen des Stakeholder-Workshops befragten Akteure haben sich darin einig gezeigt, dass dieses Zusammenwirken heute bereits gut funktioniert. Für die Zukunft gelte es, dieses Niveau zu halten und die verschiedenen Aufgabengebiete klar zu definieren.

Dieses Kapitel hebt sieben konkrete Herausforderungen hervor, die sich für die künftige Entwicklung Engelbergs als besonders relevant herausstellen könnten. Grundlage hierfür bilden wiederum die Erkenntnisse des Stakeholder-Workshops. Tab 38 beleuchtet deren möglichen (verkehrlichen) Wirkungen und nennt potentiell notwendige Handlungsmassnahmen. Das Kapitel schliesst mit einer Einordnung der relevanten Akteure sowie einem kurzen Überblick zu den 'Lessons learned' mit spezifischem Blick auf andere Berggebiete.

Tab 38: Herausforderungen, Wirkungen und Handlungsmassnahmen

Nr.	Thema/Herausforderung	Wirkungen (mit hoher verkehrlicher Relevanz)	Handlungsmassnahmen
1	Qualitätssicherung Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kosten für touristische und verkehrliche Infrastrukturen steigen deutlich. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bedarfsgerechte Planung der Infrastruktur v.a. mit Blick auf Nachfragespitzen, grössere Besucherströme bei «Idealbedingungen» und Extremwetterereignissen. ▪ Zukunftsfähigkeit der heute vorhandenen, gut ausgebauten Infrastruktur monitoren und sicherstellen (betrifft auch Energieversorgung der Verkehrsmittel, z.B. Bergbahnen). ▪ Sicherstellung der finanziellen Mittel.
2	Nachfragedruck im Sommer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ «Massentourismus-Potenzial» steigt ▪ Mehr Tagestourismus ▪ Kurzfristige Verkehrsspitzen, auch im Sommer (häufigere und ausgeprägtere Spitzen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherung der hohen Qualität touristischer Angebote. ▪ Nachfrage-/Leistungsverhältnis aufmerksam beobachten. ▪ Erhöhung Attraktivität des ÖV, Ausbau ÖV-Angebote – inkl. neuen/innovativen Angebotsformen. Auf kurzfristige Spitzen flexibel anpassbares ÖV-Angebot ermöglichen. ▪ Prüfung preislicher Massnahmen zur Lenkung des Verkehrs. ▪ Weitere Alternativangebote schaffen, um Konzentration auf punktuelle Attraktionen und Spitzenzeiten zu vermeiden.

Nr.	Thema/Herausforderung	Wirkungen (mit hoher Verkehrlicher Relevanz)	Handlungsmassnahmen
3	Trend zu Kurzaufenthalten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vor allem zu Randzeiten steigendes Risiko von Verzögerungen (Stau am Morgen/Abend). ▪ «Planbarkeit» schwieriger. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Massnahmen zur Lenkung der Verkehrsströme auf Zufahrtsstrassen. ▪ Bedarfsgerechte (und flexible) Zusatzangebote zu Spitzenzeiten im ÖV.
4	Schneesicherheit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nachfragerückgang bei klassischem Wintersport (Ski). ▪ Verlagerung in höhere Gebiete. ▪ Möglicherweise zunehmend Verlagerung zu ÖV (Skifahrer nutzen eher Pkw). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alternativangebote im Winter schaffen, auch in niedrigen Lagen (Talboden). ▪ Ausbau touristischer Infrastruktur in höher gelegenen Gebieten (unter Berücksichtigung der Folgen bzw. des steigenden Drucks auf Natur und Landschaft).
5	Verlust Titlisgletscher	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gletscher als «Besuchermagnet» verschwunden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alternativangebote auf Titlis schaffen. ▪ Relevanz Bergbahnen bei Verlust des Titlisgletschers erörtern.
6	Mittelverwendung/Verteilungsfragen (aufgrund steigender Infrastrukturkosten)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zunehmende Mittelkonkurrenz z.B. zwischen urbanen/ländlichen Gebieten und Berggebieten. ▪ Konkurrenzsituation zw. Berggebieten/Tourismus-Destinationen in hohen Lagen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transparente Kommunikation der notwendigen Mittel. ▪ Erschliessung neuer Geldquellen. ▪ Evtl. Verteuerung der touristischen Angebote. ▪ Relevanz der Infrastrukturen muss zunehmend gerechtfertigt werden.
7	Multilokales Wohnen (und Arbeits-/Erstwohnsitz in Engelberg)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ «Sommerfrische» steigert Attraktivität als Wohnort. ▪ Zusätzlicher Bedarf an Wohnraum und Arbeitsraum. ▪ Zweitwohnungen werden vermehrt als Erstwohnsitz genutzt. ▪ Pendelverbindungen zwischen Talgebiet und Engelberg zunehmend gefragt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Notwendigkeit von zusätzlichen Pendlerverbindungen prüfen. ▪ Ausbau digitaler Infrastruktur (Internetverbindung, Co-Working-Spaces) gewinnt an Relevanz. ▪ Sicherstellung von Wohnraum für Erstwohnungen durch Gemeinde und Kanton (ggf. raumplanerische Massnahmen).

Basis: Analyse der Wirkungsketten, Stakeholder-Workshop, Einordnung des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

Kooperationsbereitschaft der Akteure über Gemeinde- und Kantonsgrenzen hinweg gefragt

Angesichts der klimabedingten Herausforderungen für den Verkehr der Zukunft in Engelberg ist die bereits bestehende Vernetzung der unterschiedlichen Akteure auch künftig von hoher Relevanz. Deutlich wird das insbesondere am Beispiel der erwarteten hohen Nachfragespitzen in Zeiten mit «Idealbedingungen» für Wintersport oder Erholung im Bergsommer. Um die Verkehrsströme optimal lenken zu können, ist eine enge Zusammenarbeit der Akteure auf verschiedenen Ebenen notwendig: öffentliche Verwaltung (Gemeinde, beide Kantone OW und NW), Verkehrsunternehmen (Zentralbahn, Auto-Betriebe) und touristische Wirtschaft. Die Tatsache, dass Engelberg über begrenzte Zufahrtsoptionen erreichbar ist, erfordert eine hohe Kooperationsbereitschaft über Gemeinde und Kantonsgrenzen hinweg. Nebst den verkehrlichen Angeboten bietet sich auch eine zunehmende Kooperation beim koordinierten (und ggf. gemeinsamen) Ausbau touristischer Infrastrukturen und Angebote an, insbesondere angesichts der steigenden Kosten.

6.2.7 Fazit und ‘Lessons learned’ für andere Berggebiete

Um die heute vorhandene Qualität der touristischen Angebote und Verkehrsinfrastrukturen in Engelberg weiterhin halten zu können, sind künftig grössere Anstrengungen notwendig. Dieses Fazit lässt sich unter anderem auf Basis des Stakeholder-Workshops mit Blick auf die klimatische Entwicklung und damit einhergehenden verkehrlichen Auswirkungen bis zum Jahr 2060 im Kern ziehen.

Zentrale Herausforderung ist der Umgang mit **Nachfragespitzen**. Vor allem die Wintersportnachfrage konzentriert sich auf immer weniger Tage – vorausgesetzt entsprechende Alternativangebote (z.B. Indoor) haben kein ähnlich hohes Anziehungspotenzial. Gleichzeitig ist in Sommermonaten mit einer deutlich höheren Gästezahl zu rechnen, als dies heute der Fall ist. Die befragten Akteure gehen mit Blick auf Engelberg mehrheitlich davon aus, dass die Kosten für Instandhaltung und Modernisierung der verkehrlichen und touristischen Infrastrukturen erheblich zunehmen dürften. Das hat auch Folgen für die Mobilität und die touristischen Angebote: die Kosten steigen. Gleichzeitig dürfte das touristische Angebot entsprechend der zunehmenden Nachfrage ausgebaut werden. Parallel dazu müsste auch das Verkehrsangebot verbessert werden, hauptsächlich im ÖV, z.B. durch einen dichteren ÖV-Takt und ein grösseres Platzangebot. Im Bereich des ÖV können neue, flexible Angebote Abhilfe schaffen. Dabei sind auch neue Angebotsformen zu prüfen (z.B. Sharing-Systeme, Angebote an der Schnittstelle ÖV/MIV, automatisierte Systeme etc., vgl. auch Parallelprojekt «Neue Angebotsformen: Organisation und Diffusion» des SVI-Forschungspakets Verkehr der Zukunft 2060).

Ein Teil der im Fallbeispiel Engelberg identifizierten Herausforderungen können auch auf andere Berggebiete übertragen werden. Entsprechend sind die Folgerungen und Handlungsempfehlungen auch für andere Berggebiete von Interesse. Insbesondere der zunehmende **Nachfragedruck im Sommer**, die **Sicherung der touristischen und verkehrlichen Infrastruktur** mit entsprechendem **Finanzbedarf** und Mittelknappheit dürfte flächig für die allermeisten touristisch orientierten Berggebiete gelten. Gegenseitiges Lernen kann dabei helfen, verkehrliche Massnahmen, die angesichts klimabedingter Veränderungen notwendig sind, optimal zu gestalten.

Andere Herausforderungen und Folgerungen dagegen treffen zwar auf Engelberg und vergleichbare Orte zu, nicht aber auf alle anderen Gebiete. Dies betrifft insbesondere die Themen ‘multilokales Wohnen’ und steigender Tagestourismus (‘Trend zu Kurzaufenthalten’) z.B. infolge Suche nach Sommerfrische. Beide Effekte lassen sich hauptsächlich auf Berggebiete übertragen, die sich in einer gewissen **Nähe zu einer grösseren Agglomeration** befinden. Peripher gelegene Berggebiete werden deutlich weniger vom zunehmenden Tagestourismus sowie dem Trend zu ‘multilokalem Wohnen’ in Berggebieten profitieren.

Die zukünftige **Schneesicherheit**, vor allem eine Folge der **Höhenlage**, ist ein weiterer Faktor, in dem sich die Berggebiete deutlich unterscheiden und der zu sehr unterschiedlichen Wirkungen für touristische Destinationen führt. Höher gelegene Gebiete wie Engelberg können weiterhin und dauerhaft klassischen Wintertourismus anbieten, während in Destinationen in tieferen, weniger privilegierten Lagen (insbesondere in den Voralpen) mittel- und langfristig der Skitourismus verschwinden wird. In diesen Gebieten dürften die Folgen des Klimawandels erheblich disruptiver ausfallen und deutlich radikalere Massnahmen erfordern (vgl. auch Kapitel 3.2.2 und Kapitel 5.2.3). Ohne Anpassungsmassnahmen und der Bereitstellung neuer touristischer Angebote werden dort im Winter die touristische und als Folge davon die Verkehrsnachfrage deutlich sinken.

Ein weiteres zentrales Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Bergregionen betrifft die **verkehrliche Erschliessung** (z.B. **Redundanz und Gefährdung der Zufahrten**). In Destinationen mit gut ausgebauten Zufahrten auf Strasse und Schiene und Zufahrten von zwei (Tal-)Seiten haben Infrastrukturschäden infolge von Extremwetterereignissen weniger gravierende Folgen für die Erschliessung. Gebiete ohne redundante Verkehrserschliessung dagegen sind stärker exponiert, haben ein höheres Risiko von der Umwelt abgeschnitten zu werden und müssen möglicherweise in den Bau bzw. Ausbau alternativer Verkehrsinfrastrukturen investieren. Die zunehmende Bedeutung, in die Sicherung und den Unterhalt der Verkehrsinfrastrukturen zu investieren, trifft jedoch auf alle Berggebiete zu.

6.3 Fallstudie Stadt Zürich

Als grösste Stadt der Schweiz ist Zürich nicht nur ein wirtschaftlicher Hotspot, sondern auch ein Verkehrsknotenpunkt von herausragender Bedeutung. Neben dem dichten Strassen- und ÖV-Netz innerhalb des Metropolitanraums selbst, sind vor allem der Hauptbahnhof sowie der Flughafen wichtige Verkehrs-Drehkreuze – sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene.

6.3.1 Methodisches Vorgehen

Im Fokus dieser Fallstudie steht die Stadtgemeinde Zürich. Dieses Kapitel begründet die Fallauswahl, beschreibt das methodische Vorgehen und erläutert die Vergleichsanalyse mit Lugano.

Fallauswahl: Zürich als grosse und dicht bebaute Stadt stark von Klimawandel betroffen

Mit über 400'000 Einwohnern ist Zürich die grösste Stadt der Schweiz. Insgesamt leben im Kanton knapp 1.5 Millionen Menschen. Zwischen 2007 und 2017 ist die Bevölkerung um rund 15 Prozent gewachsen. Die Stadt zählt zu den wichtigsten Verkehrsknotenpunkten des Landes. Kein Bahnhof ist so stark frequentiert wie der Hauptbahnhof Zürich, der an Werktagen durchschnittlich fast 470'000 Fahrgäste zählt (Statistisches Amt des Kantons Zürich 2018: 16, 26). Der Flughafen Zürich ist international ein wichtiges Drehkreuz. Über 31 Millionen Passagiere flogen im Jahr 2018 über den Flughafen (+5,8% im Vergleich zum Vorjahr) (Flughafen Zürich, 10.01.2019). Als Wohn- und Arbeitsraum ist Zürich seit Jahren erfolgreich. Mit dem See, der Limmat und Wäldern in und ausserhalb der Stadt bietet Zürich attraktive Naherholungsräume. Gleichzeitig hat die dichte Besiedelung und Bebauung zur Folge, dass Zürich zunehmend stark vom Klimawandel betroffen ist, insbesondere von der Sommerhitze. Klimatische Veränderungen könnten die Attraktivität der Stadt gegenüber dem ländlichen Raum langfristig gefährden. Angesichts der Tatsache, dass sich Zürich als Ausgangspunkt für Tagestourismus in die Voralpen und Alpen gut eignet, könnten mögliche Verhaltensänderungen der Bevölkerung im Freizeitverkehr umso deutlicher sichtbar werden.

Fragestellung und Methodik: Statistische Daten, aktuelle Literatur und Experteninterviews

Wie wirken sich klimatische Veränderungen langfristig auf den Verkehr in der grössten Stadt der Schweiz aus? Wie beeinflusst der Klimawandel im Jahr 2060 die Stadt Zürich mit Fokus auf den Verkehr? Inwiefern sind schon heute Hitzewellen oder Extremwetterereignissen aus verkehrlicher Sicht spürbar? Und welche Adaptionsmassnahmen werden bereits umgesetzt oder sind künftig geplant? Im Fokus der Fallstudie Zürich stehen primär das Thema Sommerhitze und die damit verbundenen Folgen für das Verkehrsverhalten, die -angebote und -infrastruktur. Konkret vertieft diese Fallstudie drei ausgewählte Aspekte klimabedingter Auswirkungen auf die verkehrliche Entwicklung von Zürich. Diese sind:

- das Verkehrsverhalten der Bevölkerung im Tagesgang (Schwerpunkt: ÖV)
- Verkehrsunfälle (Schwerpunkt: Strasse)
- die Auswirkungen auf das Betriebs- und Service-Level im ÖV sowie die damit verbundene Infrastruktur.

Der Schwerpunkt der Fallstudie liegt auf dem Personenverkehr. Bei den Verkehrsunfällen ist der Güterverkehr zwar auch betroffen (vgl. Kapitel 6.3.4), wurde aber nicht vertieft betrachtet.

Die Fallstudie basiert auf mehreren unterschiedlichen Datenquellen: Erstens greifen wir auf aktuelle Grundlagenstudien, etwa zur klimaangepassten Siedlungsentwicklung sowie zu klimaökologischen Prozessen für die Stadt Zürich zurück. Zweitens bilden umfassende Datensätze eine zentrale Grundlage: Dazu zählen zum einen Daten zur Mobilität der Bevölkerung im Tagesverlauf auf Basis des 'Mikrozensus Mobilität und Verkehr' aus dem Jahr

2015, die wir vom Bundesamt für Statistik (BFS) erhalten haben (Detailauswertungen für die beiden Städte Zürich und Lugano). Zum anderen basieren wir unsere Analyse auf Datensätzen zu Strassenverkehrsunfällen in Zürich und Lugano, die uns vom Bundesamt für Strassen im Rahmen dieses Forschungsprojekts zur Verfügung gestellt wurden (Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik). Drittens haben wir im Rahmen der Fallstudie vertiefende Interviews mit ausgewählten externen und internen Experten geführt (vgl. Tabelle 53 im Anhang), deren Aussagen wir wiedergeben.

Vergleichsanalyse mit Lugano

Im Rahmen der Fallstudie führen wir eine 'Vergleichsanalyse mit Analogiebeispiel' (im Sinne einer Querschnittsanalyse) durch. Dabei beziehen wir uns auf Lugano, wo bereits heute im Mittel deutlich höhere Temperaturen vorherrschen als in Zürich. Unter der Prämisse, dass sich die Schweizer Städte nördlich der Alpen in Richtung der Städte südlich der Alpen (Lugano, norditalienische Städte) entwickeln, stellt sich die Frage, welche Erkenntnisse aus diesem Vergleich hinsichtlich Verkehrsverhalten und Verkehrsnachfrage gewonnen werden können.

6.3.2 Zürich heute und morgen

Bei der Analyse möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr in Zürich ist es unumgänglich, weitere Faktoren, die auch in anderen Teilprojekten dieses Forschungspakets betrachtet werden, miteinzubeziehen. Zu den grössten Herausforderungen zählt der starke Anstieg der Bevölkerung.

Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungszahl in Zürich wird in den kommenden Jahrzehnten massiv steigen. Im Jahr 2040 könnten, den Bevölkerungsszenarien zufolge, rund 520'000 Menschen im Stadtgebiet leben. Verglichen mit heute würde das einem Wachstum von rund 100'000 Einwohnern (+ 25 Prozent) entsprechen. Zur möglichen Entwicklung bis zum Jahr 2060 treffen die Szenarien keine Annahme (Stadt Zürich Hochbaudepartement 2018a, Stadt Zürich Hochbaudepartement 2018: 13). Ob für Job, Ausbildung, Freizeit: Das Bevölkerungswachstum dürfte die Mobilität und das Mobilitätsverhalten innerhalb und ausserhalb des Stadtgebiets deutlich prägen. Verglichen mit heute ist zu erwarten, dass das Verkehrsaufkommen in Zürich und Umgebung weiter zunehmen wird. Die Menschen werden weiterhin ein Mobilitätsbedürfnis haben. Die Frage ist, inwiefern es sich verändern wird, sei es durch technologische Neuerungen oder – mit Blick auf den thematischen Schwerpunkt dieses Forschungsprojekts – aufgrund des Klimawandels?

Raumplanung und Verdichtung

Um den Bevölkerungsanstieg zu bewältigen soll Zürich, gemäss der gegenwärtigen Raumplanung, nach innen wachsen. «Verdichtung» lautet ein zentraler Schlagbegriff in diesem Zusammenhang. Die grosse Herausforderung der Zukunft bestehe darin, «das Wachstum innerhalb der bestehenden Quartiere zu ermöglichen», unterstreicht etwa das Hochbaudepartement in einer Broschüre zur Stadtentwicklung, die im Rahmen der Erarbeitung des kommunalen Richtplans 'Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen' erstellt wurde. Die Broschüre hebt vor diesem Hintergrund unter anderem auch die Bedeutung einer umweltverträglichen Entwicklung hervor. Das Thema Stadtklima sei «frühzeitig in die Gestaltung von Bebauung und Stadträumen einzubeziehen» (Stadt Zürich, Hochbaudepartement 2018a: 3, 5). Besonders ausgeprägt könnte die Siedlungsentwicklung dabei im Norden und im Westen Zürichs ausfallen. So soll gemäss den Bevölkerungsszenarien allein das Quartier Seebach bis 2035 um 40 Prozent wachsen, Oerlikon im gleichen Zeitraum um rund 20 Prozent (Stadt Zürich Bevölkerungsszenarien 2018).

Aus verkehrlicher Perspektive ist die Stadt angesichts von Verdichtung und Bevölkerungswachstum in vielerlei Hinsicht gefordert. Zu den zentralsten Herausforderungen zählt das Tiefbauamt der Stadt Zürich unter anderem, dass der «bereits heute stark ausgelastete Strassenraum» eine steigende Verkehrsnachfrage bewältigen, der Mehrverkehr durch «flächeneffiziente Verkehrsmittel mit hoher Beförderungskapazität» abgewickelt werden und die ÖV-Verkehrsinfrastruktur im 'begrenzten öffentlichen Raum' ausgebaut werden

muss (Tiefbauamt Stadt Zürich 2018a: 10). Eine wichtige Leitlinie zur räumlichen Entwicklung in der Schweiz liefert das Raumkonzept Schweiz (Schweizerischer Bundesrat et al. 2012). Es legt die Ziele, Strategien und Handlungsansätze zur räumlichen Entwicklung fest. Der Bezug zur vorliegenden Fallstudie ergibt sich insbesondere bei der Strategie 2 «Siedlungen und Landschaften aufwerten», die in Städten mit dem Handlungsansatz «urbane Räume qualitativ verdichten, Grünräume sichern» konkretisiert wird.

Klimatische Veränderungen in Zürich

Stadt und Kanton setzen sich bereits heute intensiv mit dem Klimawandel und notwendigen Massnahmen auseinander: Dazu zählen unter anderem der Massnahmenplan 'Anpassung an den Klimawandel' (Kanton Zürich Baudirektion 2018a), die Broschüre 'Klimawandel im Kanton Zürich' (Kanton Zürich Baudirektion 2018b) oder die Klimaanalysekarten des kantonalen Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL 2019). Auch auf Bundesebene ist das Thema in jüngerer Zeit verstärkt in den Fokus gerückt, unter anderem mit einem Bericht des BAFU zu «Hitze in Städten» mit Grundlagen für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung. Zusammengefasst gehen die Autoren der genannten Studien und Berichte von heisseren und trockeneren Sommern sowie mehr Starkniederschlagsereignissen in den kommenden Jahrzehnten aus. Besonders ausgeprägt sind sogenannte «Wärmeinseln» auf Flächen, die bebaut und versiegelt sind (Geo-Net Umweltconsulting GmbH 2018: 1). In Kombination mit Faktoren wie dichter Bebauung, begrenzten Möglichkeiten zur Luftzirkulation und der Abwärme, die vom Verkehr und der Industrie ausgeht, hat das zur Folge, dass sich urbane Räume wie Zürich tagsüber stärker aufheizen und nachts weniger stark abkühlen – verglichen mit Grünflächen oder unversiegelten Räumen. Mit der wachsenden Bevölkerung entstehen auch Zielkonflikte – vor allem, wenn die Verdichtung auf Kosten von Grünflächen geht, die zur Hitzeminderung in Städten beitragen (vgl. BAFU 2018: 11, 50).

Hitze in Städten: Bestehende oder geplante Massnahmen mit Verkehrsbezug

Die Hitzebelastung gewinnt in der Raum- und Verkehrsplanung an Relevanz. Das wird etwa an bereits bestehenden oder geplanten Massnahmen deutlich, die zu einer Entlastung des Hitzeinseleffekts beitragen sollen. So sieht der Massnahmenplan der Stadt Zürich unter anderem vor, «Gestaltungselemente zur Verminderung der Hitzebelastung im Strassenraum» zu erörtern (vgl. K7, Kanton Zürich Baudirektion 2018a: 14).

Der BAFU-Bericht wiederum skizziert verschiedene lokale und prozessuale Massnahmen, um Hitze in Städten zu mindern – darunter mehrere mit einem verkehrlichen Bezug. Hintergrund ist, dass Strassenräume «oft [...] die einzigen Orte im Siedlungsraum» seien, wo «überhaupt Gestaltungsspielraum für die öffentliche Hand besteht» (BAFU 2018: 50). Eine zentrale Massnahme: Begrünung von Verkehrsinfrastruktur und Beschattung von Verkehrsachsen mit Bäumen. Der BAFU-Bericht zeigt auf, welche Wirkungen damit einhergehen können. Gleiskörper, die mit dunklem Schotter bedeckt seien, könnten sich demnach im Sommer auf über 50°C erhitzen. Im Gegensatz dazu betrage die Oberflächentemperatur von Vegetation lediglich 25°C bis 30°C (BAFU 2018: 54).

Gleichzeitig wird deutlich, dass erste anschauliche Anpassungsmassnahmen bereits bestehen oder geplant sind: Der BAFU-Bericht nennt beispielhaft etwa die Glattalbahn, deren Gleisbett auf bestimmten Streckenabschnitten begrünt ist und von Bäumen gesäumt ist, sowie die Einhausung der Autobahn in Schwamendingen zwischen dem Autobahnkreuz Zürich-Ost und dem Schöneichtunnel auf einer Länge von rund 940 Metern. Der auf der Einhausung entstehende Hochpark ist laut dem Bundesamt für Strassen schweizweit «einzigartig», insbesondere aufgrund der Grün- und Freiraumflächen, die auf dem Dach der Einhausungsfläche geschaffen werden (ASTRA 2018, BAFU 2018: 54ff.).

Exkurs: Lugano

Rund 64'000 Menschen lebten im Jahr 2017 in Lugano (BFS 2018 – Städteporträts). Damit ist Lugano die grösste Stadt im Kanton Tessin. Zum Vergleich: In Zürich leben aktuell rund sechs Mal so viele Menschen. Aus verkehrlicher Sicht ist Lugano ein wichtiges Drehkreuz für den Güter- und Personenverkehr der Schweiz im In- und Ausland – insbesondere von und nach Italien.

Klimatisch unterscheiden sich Zürich und Lugano deutlich. Abb. 24 vergleicht die durchschnittliche Temperatur und Anzahl der Sommertage zwischen 1981 und 2010 je Monat. Die Grafik zeigt: Im Mittel ist es in Lugano zwischen 2.2 und 3.6 Grad Celsius wärmer als in Zürich. Auch die Zahl der Sommertage – mit Maximaltemperaturen grösser oder gleich 25°C – ist in Lugano, insbesondere im Juli und August, deutlich höher. Umgekehrt gibt es über das Jahr betrachtet in Zürich im Mittel durchschnittlich 30 'Niederschlagstage' mehr als in Lugano (Zürich: 128; Lugano: 98)¹⁸.

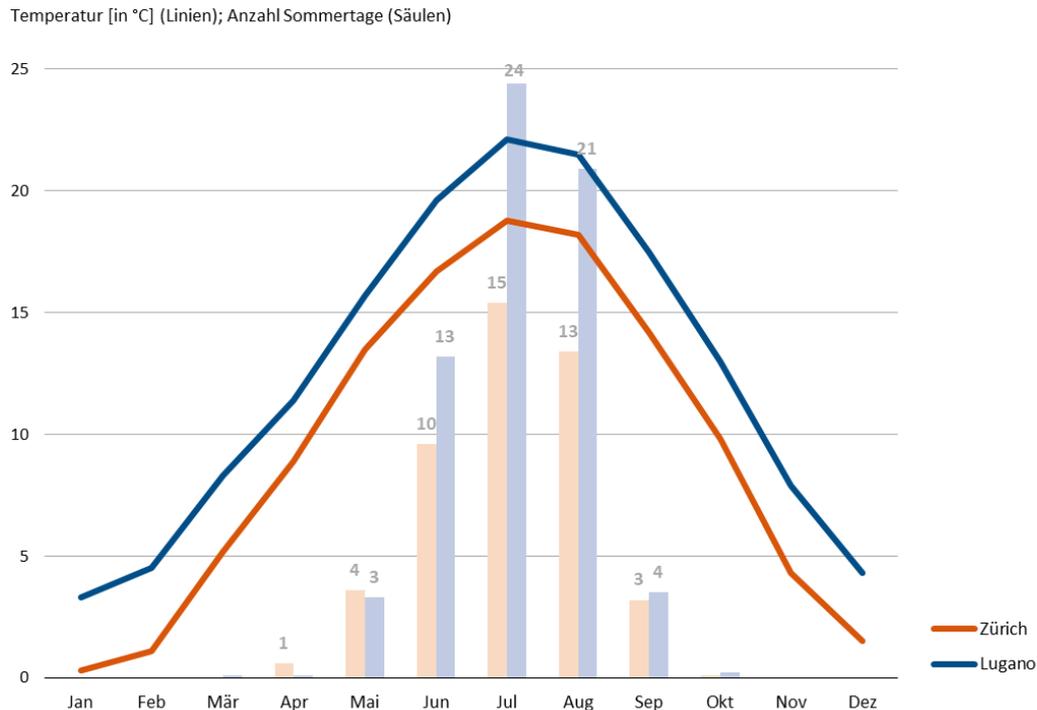


Abb. 24: Klimanormwerte Zürich und Lugano (Normperiode 1981-2010)

Linien: Langjährige Mittelwerte der Monatsmittel der Temperatur [in °C]; Säulen: Durchschnittliche Anzahl Tage mit einer Maximaltemperatur grösser oder gleich 25°C (Normperiode 1981-2010)

Grafik INFRAS. Quelle: Meteo Schweiz 2016a, Meteo Schweiz 2016b

¹⁸ Anzahl Tage mit 1 mm oder mehr Niederschlag.

6.3.3 Verkehrsverhalten

Im Fokus dieses Kapitels steht das heutige Verkehrsverhalten. Spezifisch beleuchtet wird das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung in Zürich und in Lugano im Tagesgang sowie die Entwicklung des Öffentlichen Verkehrs und des Langsamverkehrs in Zürich.

Mobile Personen im Tagesverlauf: die Agglomerationen Zürich und Lugano im Vergleich

Wie sind die Menschen in Zürich und in Lugano mobil? Kann man möglicherweise basierend auf dem heutigen Mobilitätsverhalten der Menschen im südlich gelegenen Lugano Rückschlüsse darauf ziehen, wie Menschen im nördlicheren Zürich in Zukunft unterwegs sein werden? Dieses Kapitel betrachtet die heutige Mobilität der Bevölkerung in den Agglomerationen Zürich und Lugano im Tagesverlauf und fokussiert punktuell auf verschiedene Verkehrszwecke und -träger. Grundlage ist der 'Mikrozensus Mobilität und Verkehr' aus dem Jahr 2015, mit Spezialauswertungen für diese beiden Städte. Die Daten stellen den Anteil der Bevölkerung dar, der im Tagesverlauf unterwegs ist.¹⁹

Alle Verkehrszwecke (Jahr)

Berücksichtigt man alle Verkehrszwecke und alle Verkehrsmittel (ÖV, MIV) wird deutlich, dass sich die Anteile der mobilen Personen im Tagesverlauf zwischen Zürich und Lugano leicht unterscheiden. Am Morgen beispielsweise ist in Zürich der Anteil der mobilen Personen zwischen 7 und 8 Uhr am höchsten. Rund ein Drittel der Bevölkerung sind in diesem Zeitraum unterwegs. In Lugano ist in den Morgenstunden rund eine Stunde später der grösste Bevölkerungsanteil mobil: die Morgenspitze befindet sich zwischen 8 und 9 Uhr.

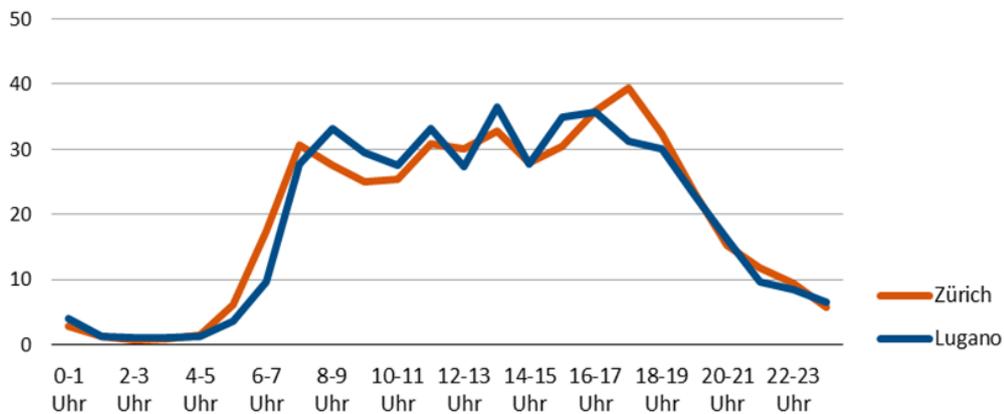


Abb. 25: Alle Verkehrszwecke (Anteil der Bevölkerung unterwegs in %, Tagesverlauf in den Agglomerationen Zürich und Lugano, alle Verkehrsmittel, 2015)

Basis: 5'453 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Zürich; 622 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Lugano (alle Verkehrszwecke, alle Verkehrsmittel).

Grafik INFRAS. Quelle: BFS, ARE 2018: Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV).

Am Abend ist in Zürich der Anteil der mobilen Personen zwischen 17 und 18 Uhr am höchsten: fast 40 Prozent der Bevölkerung sind in diesem Zeitraum unterwegs. In Lugano sind gleichzeitig hingegen rund ein Drittel der Bevölkerung mobil. Insgesamt wird deutlich, dass in Lugano der Anteil der mobilen Personen zwischen 8 Uhr morgens und 16 Uhr am Nachmittag in den meisten betrachteten Stundenintervallen höher als in Zürich ist. Nach 18 Uhr

¹⁹ Die für den Zwecke dieser Studie vom Bundesamt für Statistik (BFS) zur Verfügung gestellten Statistiken auf Grundlage des Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZVM) umfassen Daten zu den mobilen Personen im Tagesverlauf (0-24 Uhr) für die Agglomerationen Zürich (Basis: 5453 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Zürich) und Agglomeration Lugano (Basis: 622 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Lugano) im Jahr 2015. Unterschieden wird nach verschiedenen Verkehrszwecken (alle Zwecke, Arbeit, Ausbildung und Schule, Einkauf und Besorgungen, Freizeit und Übrige (inkl. weiss nicht/keine Angabe) sowie nach Verkehrsmitteln (alle Verkehrsmittel, MIV, ÖV).

bewegen sich die Anteile der mobilen Bevölkerung in beiden Agglomerationen auf einem ähnlichen Niveau.

Verkehrszweck Arbeit (Jahr)

Betrachtet man lediglich den Verkehrszweck 'Arbeit', weisen die Verkehrsdaten auf eine leichte zeitliche Verschiebung hin: Sowohl in der Agglomeration Zürich als auch in der Agglomeration Lugano ist der Anteil der mobilen Personen zwischen 7 und 8 Uhr morgens am höchsten. Im weiteren Tagesverlauf ergibt sich jedoch eine leichte Verschiebung der «Spitzenwerte». Während zur Mittagszeit in Zürich der Anteil der mobilen Personen zwischen 12 und 13 Uhr am höchsten ist, ist dies in Lugano zwischen 13 und 14 Uhr der Fall. Ein ähnliches Bild zeigt sich zu den Abendstunden. In Zürich ist der Anteil zwischen 17 und 18 Uhr am höchsten, während dies in Lugano zwischen 18 und 19 Uhr der Fall ist, also etwas später. Am Morgen ist die Spitze im Arbeitsverkehr in beiden Städten zwischen 7 und 8 Uhr. Allerdings ist vor 7 Uhr der Anteil mobiler Personen in Zürich deutlich höher als in Lugano. Inwiefern dieses leicht abweichende Verkehrsverhalten tatsächlich auf klimatische Unterschiede zurückgeführt werden kann, lässt sich an dieser Stelle basierend auf den Daten nicht abschliessend beantworten. Das Klima dürfte aber ein Einflussfaktor sein.

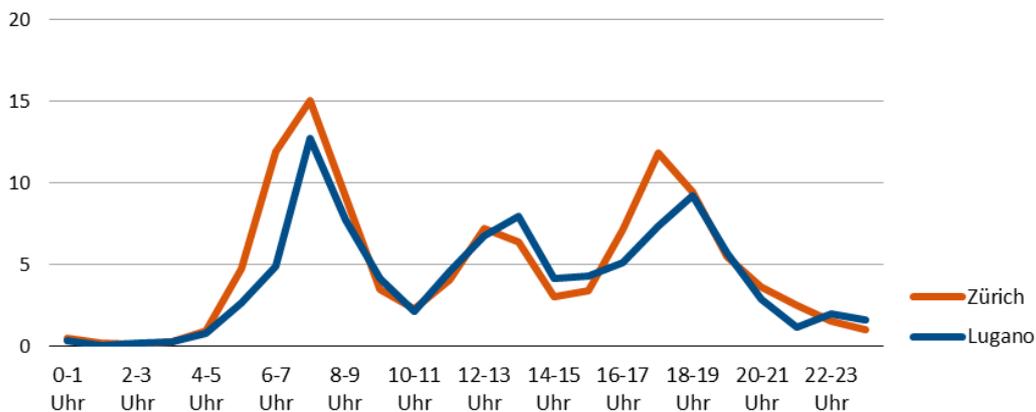


Abb. 26: Verkehrszweck Arbeit (Anteil der Bevölkerung unterwegs in %, Tagesverlauf in den Agglomerationen Zürich und Lugano, alle Verkehrsmittel, 2015)

Basis: 5'453 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Zürich; 622 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Lugano (Verkehrszweck Arbeit, alle Verkehrsmittel).

Grafik INFRAS. Quelle: BFS, ARE 2018: Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV).

Exkurs Lugano: Angepasste Arbeitszeiten an heissen Sommertagen

Experteninterview mit Andrea Lorenzi, Divisione Pianificazione, Ambiente e Mobilità, Lugano

An sogenannten 'Hundstagen' – also besonders heissen Sommertagen – werden in Lugano gemäss dem Interview mit Andrea Lorenzi z.B. in der Baubranche die Arbeitszeiten vorverlegt (d.h. etwa von 6 bis 14 Uhr). Hintergrund sei, dass somit keine schweren Aussenarbeiten am Nachmittag bei starker Sonnenstrahlung stattfinden müssten. Denkbar sei, dass dies künftig auch in anderen Sektoren beobachtet werden könne. Dies habe auch einen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten (z.B. Abfahrtszeiten).

Verkehrszweck Freizeit (Winter vs. Sommer)

Wie hoch ist der Anteil der mobilen Bevölkerung im Sommer im Gegensatz zum Winter? Die Analyse zeigt: Hinsichtlich der Verkehrszwecks 'Arbeit' ähnelt das lineare Bild der mobilen Personen im Winter in den Agglomerationen Zürich und Lugano dem im Sommer und deckt sich bezüglich der «Verkehrsspitzen» und «Zeiträume» weitgehend mit dem Verlauf über das Jahr betrachtet (vgl. Abb. 25). Eine leicht abweichende Tendenz wird hingegen bei der spezifischen Betrachtung des Verkehrszwecks 'Freizeit' deutlich, wie die beiden folgenden Grafiken – die zwischen Winter und Sommer unterscheiden – veranschaulichen.

Auffallend ist die «Spitze» mobiler Personen anlässlich des Verkehrszweck 'Freizeit' in der Agglomeration Lugano in den 'Wintermonaten' (November bis April) am Nachmittag. Gemäss den vorliegenden Mikrozensus-Daten sind zwischen 15 und 17 Uhr mehr als ein Fünftel Viertel der Bevölkerung zwecks Freizeit unterwegs. Dies könnte darin begründet sein, dass im Winter am Nachmittag Freizeitaktivitäten im Freien besonders attraktiv sind (Tageslicht, Sonne, weniger kalt). Dieser Trend zu mehr Freizeitverkehr tagsüber könnte bei zunehmend milderem Wintern in Zukunft auch in Zürich wichtiger werden.

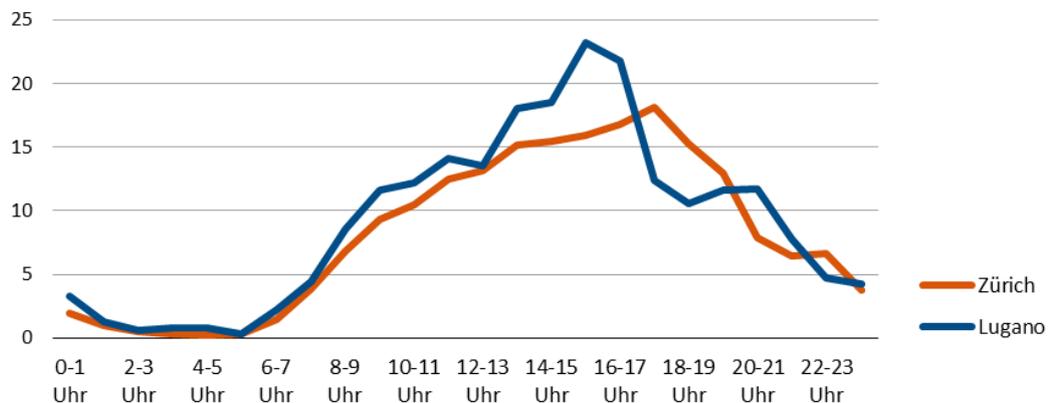


Abb. 27: Verkehrszweck Freizeit im Winter (Anteil der Bevölkerung unterwegs in %, Tagesverlauf in den Agglomerationen Zürich und Lugano, alle Verkehrsmittel, November bis April, 2015)

Basis: 2'636 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Zürich; 329 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Lugano die während der Monate November bis April 2015 erhoben wurden (Verkehrszweck Freizeit, alle Verkehrsmittel). Bei Lugano sind die Daten teilweise statistisch nur bedingt zuverlässig (2-6 Uhr).

Grafik INFRAS. Quelle: BFS, ARE 2018: Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV).

In den Sommermonaten (Mai bis Oktober) sind in Lugano am Nachmittag hingegen deutlich geringere Bevölkerungsanteile zwecks Freizeit mobil. Zwischen 15 und 16 Uhr liegt der Anteil in Lugano gemäss den Mikrozensus-Daten lediglich bei rund 12 Prozent. In den frühen Abendstunden steigt dieser Wert – anders als in den Wintermonaten – leicht an. Eine Annahme für diese 'Nachmittags-Delle' im Tagesgang in Lugano könnte sein, dass es möglicherweise am Nachmittag für bestimmte Freizeitaktivitäten (z.B. Sport) zu heiss ist. Möglicherweise könnte eine Art 'Siesta-Kultur' eine Rolle spielen, die aber nicht nur kulturell bedingt, sondern vor allem der Hitze am Nachmittag geschuldet ist. Für die witterungsbedingte Annahme könnte auch sprechen, dass diese Tagesverlauf-Delle an Nachmittagen im Winter so nicht existiert. Es könnte sein, dass bei weiter steigenden Sommer-temperaturen in Zürich diese Verhaltensänderung – Siesta-Kultur mit reduzierter Aktivität über den Mittag – auch nördlich der Alpen an Bedeutung gewinnt.

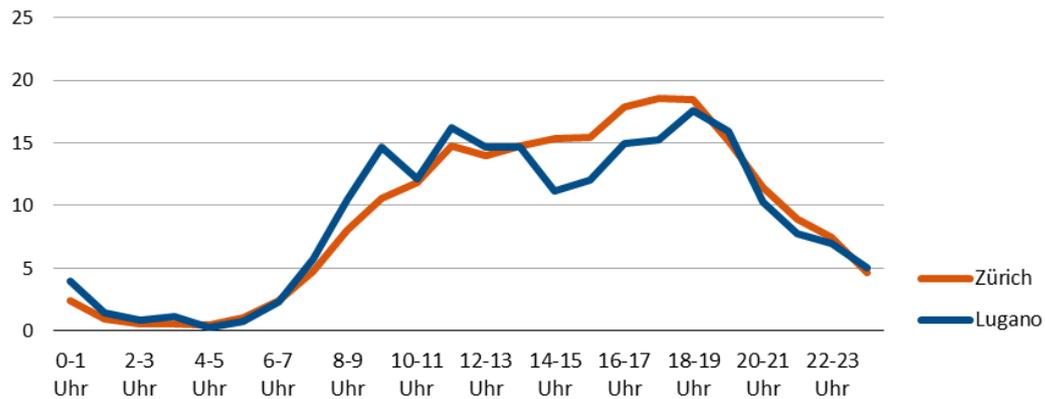


Abb. 28: Verkehrszweck Freizeit im Sommer (Anteil der Bevölkerung unterwegs in %, Tagesverlauf in den Agglomerationen Zürich und Lugano, alle Verkehrsmittel, Mai-Oktober, 2015)

Basis: 2'817 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Zürich; 293 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Lugano die während der Monate Mai bis Oktober 2015 erhoben wurden (Verkehrszweck Freizeit, alle Verkehrsmittel). Bei Lugano sind die Daten teilweise statistisch nur bedingt zuverlässig (2-6 Uhr).

Grafik INFRAS. Quelle: BFS, ARE 2018: Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV).

Der Unterschied zwischen den 'Winter-' und den 'Sommermonaten' hinsichtlich des Verkehrszwecks Freizeit fällt in Zürich weniger stark als in Lugano aus. Im wärmeren Lugano unterscheidet sich das Verkehrsverhalten im Tagesgang also deutlich stärker zwischen Sommer- und Winterhalbjahr. Generell ist über den Tagesverlauf betrachtet, der Anteil der mobilen Bevölkerung im Sommer in beiden Städten leicht höher als im Winter. Am Nachmittag ist im Sommer verglichen mit dem Winter eine gewisse 'Glättung' auf einem vergleichsweise hohen Niveau festzustellen.

Nutzung ÖV- und Langsamverkehr in Zürich

Im Jahr 2018 verzeichneten die Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ) knapp 325 Millionen Fahrgäste. Diese legten insgesamt rund 670 Millionen Personenkilometer zurück (VBZ, 8.3.2019). In einem Bericht zum Stadtverkehr 2025 ordnet die Stadt Zürich die ÖV-Entwicklung « [...] auf einem hohen Niveau» ein. Der Zürcher ÖV genießt gemäss dem Bericht bei der Bevölkerung einen hohen Stellenwert. Demnach wählten im Jahr 2015 fast 75 Prozent der Wohnbevölkerung in Zürich « [...] vorrangig und regelmässig den ÖV». Mit Blick auf den Modalsplit hat sich laut dem Bericht im Vergleich zur Jahrtausendwende insbesondere der Anteil des Veloverkehrs auf den Stadtgebiet Zürich erhöht (2000: 4 Prozent, 2015: 8 Prozent). Insgesamt ist der Anteil des ÖV-, Fuss- und Veloverkehrs am gesamten Modalsplit in diesem Zeitraum kontinuierlich gestiegen. Rund drei Viertel der Wege wurde auf diese Weise im Stadtgebiet zurückgelegt. Der MIV-Anteil ist gleichzeitig gesunken (Stadt Zürich Stadtrat 2018: 8-9).

Ein Vergleich der Tagesganglinien der 'Winter-' und 'Sommermonate' auf Basis der vorliegenden Mikrozensus-Daten zum Jahr 2015 lässt darauf schliessen, dass sich die ÖV-Nutzung in Zürich im Sommer wenig von der im Winter unterscheidet. Abb. 29 zeigt, dass sich die Anteile der Bevölkerung, die über den Tag verteilt mit dem ÖV unterwegs sind, in den verglichenen Winter- und Sommerzeiträumen weitgehend decken. Die Daten lassen lediglich auf eine leichte Verschiebung über die Mittagsstunden – zwischen 10 und 16 Uhr – schliessen: Demnach ist im Winter über diesen Zeitraum ein leicht höherer Bevölkerungsanteil mit dem ÖV unterwegs als im Sommer. Im Langsamverkehr dürften die Unterschiede zwischen Sommer und Winter noch bedeutender sein. Allerdings stehen auf der Ebene einzelner Städte aus dem Mikrozensus keine Daten zum Tagesverlauf für den Langsamverkehr zur Verfügung (zu geringe Stichprobengrösse).

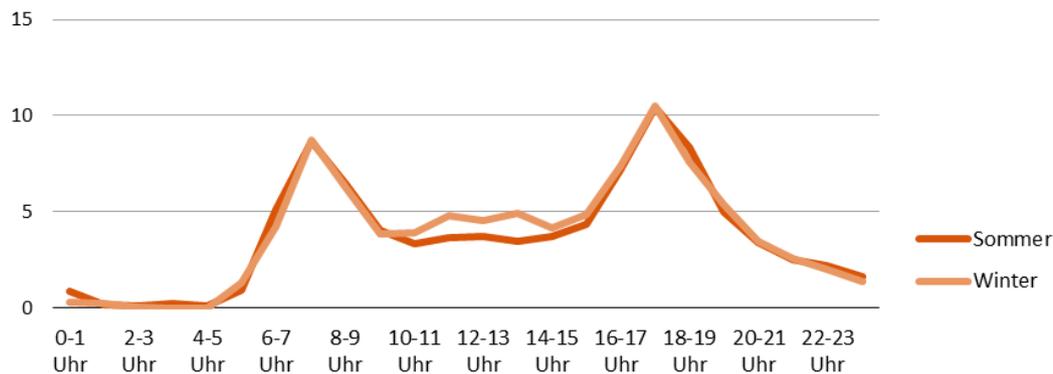


Abb. 29: ÖV-Nutzung in Zürich in 'Winter- und Sommermonaten' (Anteil der Bevölkerung unterwegs in %, Tagesverlauf in den Agglomerationen Zürich und Lugano, ÖV, November-April und Mai-Oktober 2015)

Basis: 2'636 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Zürich, die während der Monate November bis April 2015 erhoben wurden (alle Verkehrszwecke, ÖV); 2817 Zielpersonen mit Wohnort in der Agglomeration Zürich, die während der Monate Mai bis Oktober 2015 erhoben wurden (alle Verkehrszwecke, ÖV). Für die Zeiträume 02.00 Uhr bis 05.00 Uhr sind die Daten teilweise statistisch nur bedingt zuverlässig.

Grafik INFRAS. Quelle: BFS, ARE 2018: Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV).

Auch wenn die vorliegenden Daten auf den ersten Blick auf keine starken Unterschiede zwischen Winter- und Sommerzeiträumen schliessen lassen: Hinsichtlich möglicher Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf den Verkehr in Zürich in Zukunft rückt die Frage in den Vordergrund, inwiefern sich aufgrund klimatischer Veränderungen in den vergangenen Jahren (vergleichsweise heisse Sommer, milde Winter) bereits heute ein verändertes Nutzungsverhalten im ÖV feststellen?

Einfluss klimatischer Veränderungen auf Nutzungsverhalten im Zürcher ÖV

Experteninterview mit Thomas Hablützel, Leiter Marktentwicklung, VBZ

Lässt sich aufgrund klimatischer Veränderungen in den vergangenen Jahren (vergleichsweise heisse Sommer, milde Winter) ein verändertes Nutzungsverhalten im ÖV feststellen?

«Das lässt sich nicht hundert Prozent ableiten. Wir sehen aber schon: Je wärmer und trockener es wird, desto mehr Leute gehen zu Fuss oder fahren mit dem Velo. [...]»

«Das Thema Witterungseinflüsse auf das Fahrgastaufkommen wurde bei uns als interessantes Thema erkannt. Mein Wunsch wäre es, dass wir künftig besser wissen, welche Korrelationen in diesem Zusammenhang bestehen. Unser Hauptargument ist, dass unser ÖV auch dann bereitstehen muss, wenn das Wetter gerade nicht passt.»

Generell ist im Stadtbild von Zürich in den vergangenen Jahren ein Trend zu mehr Auswahloptionen im Langsamverkehr zu beobachten. E-Bikes und fahrzeugähnliche Geräte (fäG) scheinen zunehmend den urbanen Verkehr zu prägen. Darauf lässt auch die Entwicklung der Absatzzahlen schliessen. Der Verband der Schweizer Fahrradlieferanten 'velosuisse' meldete für 2018 einen Rekord bei der Zahl der verkauften E-Bikes (111'100 verkaufte Exemplare). In der Medienmitteilung des Verbandes heisst es: «Der Rekordsommer mit langer Schönwetterperiode bis in den Spätherbst liess den Absatz motorisierter Fahrräder 2018 buchstäblich explodieren» (Velosuisse 2019). Im Frühjahr 2019 machte die zunehmende Zahl an Elektro-Scootern (E-Trottinets) zum Mieten in Zürich Schlagzeilen («Schon bald sollen weit über 2000 elektrisch betriebene Trottinets ohne feste Standorte zum Mieten bereitstehen», Tagesanzeiger, 29.04.2019). In vielen, von einem südländischen Klima geprägten Grossstädten, gehören E-Scooter bereits heute zum Alltag – darunter Madrid, Tel Aviv und San Francisco. Erfahrungen aus diesen Städten lassen aber auch vermuten, dass die zunehmende Zahl fahrzeugähnlicher Geräte mutmasslich auch das Konfliktpotenzial im Strassenverkehr erhöhen (vgl. Knödler 2019).

Exkurs Lugano: Keine relevanten Unterschiede im 'Hitzesommer 2018' zu Vorjahresperioden

Experteninterview mit Andrea Lorenzi, Divisione Pianificazione, Ambiente e Mobilità, Lugano

Im Vergleich zu den Vorjahren lassen sich laut Andrea Lorenzi mit Blick auf den 'Hitzesommer 2018' spezifisch keine konkreten Unterschiede feststellen. Generell zeige sich aber, dass im Sommer mehr Zweiräder unterwegs seien (Velos, Scooter usw.). Dies habe aber nicht unbedingt etwas mit der Temperatur zu tun. Entscheidend sei vor allem die Witterung. Wenn es regnet oder schneit, sei die Zahl der Passagiere im ÖV höher. Quantitative Aussagen zur Zunahme der Velonachfrage in Lugano liegen leider nicht vor.

6.3.4 Unfälle im Strassenverkehr

Wirken sich klimatische Veränderungen auf das Unfallgeschehen im Strassenverkehr aus? Welchen Einfluss haben höhere Temperaturen, niederschlagsarme Perioden und 'Schön-Wetter-Tage' auf die Sicherheit der Strassenverkehrsteilnehmenden?

Dass diese Fragen von (zunehmender) Relevanz sind, unterstreicht die Verkehrsunfallstatistik 2018 des Kantons Zürich. Darin hebt die Kantonspolizei einen möglichen Zusammenhang zwischen der Zunahme schwerer Zweiradunfälle und den Wetterbedingungen hervor: «Die grössere Anzahl von schweren Unfällen mit Zweiradfahrern dürfte im Wesentlichen auf die überaus langen Trocken- bzw. Hitzeperioden im 2018 zurückzuführen sein» (Kantonspolizei Zürich 2019a: 10, Kantonspolizei Zürich 2019b).

Zwei Faktoren sprechen aus Sicht der Kantonspolizei für diese Entwicklung: Zum einen hätten die Wetterbedingungen den Verkauf von Zweirädern gefördert, die Saison verlängert und für Mehrverkehr gesorgt. Zum anderen ändere sich das Mobilitätsverhalten zugunsten der Velonutzung auf dem Arbeitsweg und in der Freizeit (Kantonspolizei Zürich 2019a: 10, 11).

Das vorliegende Kapitel analysiert die Entwicklung im Verkehrsunfallgeschehen der vergangenen Jahre und beleuchtet (mutmassliche) Auswirkungen klimatischer Veränderungen.

Exkurs: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen (SVI 2012/005)

Eine im Rahmen des Forschungsprojekts SVI 2012/005 veröffentlichte Studie des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK 2014) aus dem Jahr 2014 setzt sich intensiv mit den Einflüssen des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen auseinander. Darin werden ausgehend von einer Literaturanalyse (u.a. zur Korrelation der Lufttemperatur und der Anzahl Unfälle) sowie basierend auf einem Expertenaustausch verschiedene Hypothesen abgeleitet und diskutiert (UVEK 2014: 20, 22). Die Studie kommt unter anderem zu dem Schluss, dass die durchschnittliche tägliche Temperatur als zentrale Kenngrösse des Wetters, für «nahezu jedes Unfallkollektiv einen signifikant positiven Einfluss aufweist.» Demnach nehme das Unfallgeschehen mit steigender Temperatur zu. Die Studienautoren führen diese Entwicklung auf einen Mobilitätseffekt zurück – getrieben durch eine grössere Relevanz des Freizeit- und Langsamverkehrs bei höheren Temperaturen. Auffallend sei, dass «[...] das Unfallgeschehen mit Velobeteiligung vergleichsweise stark gegenüber dem restlichen Unfallgeschehen auf höhere Temperaturen reagiert» (UVEK 2014: 52). Gemäss der Studie sei des Weiteren ein «[...] temperaturbedingter Anstieg der Unfälle mit schweren Nutzfahrzeugen festzustellen.» Als mögliche Begründung führen sie den Wärmestress an, dem Berufskraftfahrer ausgesetzt seien (UVEK 2014: 60).

Datengrundlage und Vorgehen

Für die Analyse wurde ein umfangreicher Datensatz zu Strassenverkehrsunfällen in den Stadtgebieten Zürich und Lugano ausgewertet. Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) hat

die Strassenverkehrsunfall-Statistik der beiden Gemeinden zu den Jahren 2003 sowie 2010-2018 als Grundlage für diese Fallstudie zur Verfügung gestellt (Bundesamt für Strassen ASTRA, Strassenverkehrsunfall-Statistik).

Die Daten umfassen unter anderem Angaben zu den in rapportierten Unfällen involvierten Objekten (z.B. Fahrzeugtypen und Fahrräder), den beteiligten Personen und deren Verletzungsgrad sowie zum Unfallhergang und der vorherrschenden Witterung. Darüber hinaus beinhaltet der Datensatz zudem Angaben zum Unfallhergang und der Hauptursache (z.B. Missachtung von Vortritt, Ablenkung des Fahrzeuglenkenden, Alkoholeinfluss oder technische Mängel am Fahrzeug). Eine kurze Screening-Analyse der Daten wurde auch nach der Unfallursache vorgenommen, mit Fokus auf Unfallursachen, die mit Hitze im Zusammenhang stehen könnten. Allerdings gibt es keine Unfallursachen, die klar in einen direkten Zusammenhang mit dem Einfluss von Hitze gebracht werden können (lediglich indirekt wie z.B. Unachtsamkeit, Ablenkung, Zustand der Person). Entsprechend lassen sich aus den Daten keine vertieften Analysen zum Zusammenhang zwischen hitzebedingten Unfallursachen und der Unfallhäufigkeit machen. Deshalb wurde auf eine vertiefte Analyse der Unfallursachen verzichtet.

Im Fokus der Analyse stehen die Ergebnisse für die Stadt Zürich. Zudem werden ausgewählte Resultate der Unfallstatistik für Lugano aufgezeigt. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Modalsplit-Werte, den topographischen Verhältnissen etc. stösst der Vergleich im Rahmen dieser Fallstudie jedoch an seine Grenzen. Eine Übersicht der ausgewerteten Daten ist nachfolgend in Tab. 39 dargestellt.

Tab. 39: Übersicht der Daten zu Verkehrsunfällen

	Anzahl Unfälle	Anzahl Objekte	Total Personen	Unverletzte Personen	Leichtver- letzte	Schwerver- letzte/Tote
Stadt Zürich	45'111	74'548	85'246	71'199	11'733	2'314
Witterung "schön"	26'457	44'572	50'568	41'601	7'552	1'415
Schlechte Witte- rung	17'032	28'206	32'844	27'827	4'129	888
Lugano	8'116	14'794	16'130	14'275	1'405	450
Witterung "schön"	6'441	11'823	12'897	11'380	1'149	368
Schlechte Witte- rung	1'659	2'949	3'211	2'874	255	82

Der Datensatz umfasst die Summe der registrierten Unfälle der Jahre 2003 und 2010 bis 2018.

Der Datensatz umfasst für jeden Unfall ein Witterungsattribut.

- Die Kategorie «schöne Witterung» umfasst Datensätze mit dem Attribut «schön».

- Die Kategorie «schlechte Witterung» umfasst alle Datensätze mit den Attributen: Regen, Hagel, Schneefall, bedeckt und vereisender Regen.

Ein kleiner Teil der Daten wird keinem dieser Witterungsattribute zugeordnet («andere»). Diese Kategorie ist jeweils im Total für die Stadt Zürich sowie für Lugano enthalten (d.h. Differenz zwischen Summe schöne und schlechte Witterung und dem Gesamttotal entspricht der Kategorie «andere»).

Tabelle INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Zentraler Bestandteil dieser Analyse ist ein Vergleich von Jahren mit einem Hitzesommer und klimatisch betrachtet «normalen Jahren». Seit Messbeginn im Jahr 1864 war nur der Sommer des Jahres 2003 heisser als die Hitzesommer 2015 und 2018 (Meteozurich.ch 2019). Nachfolgend sind die mittleren Sommertemperaturen seit 2010 abgebildet. Die Temperaturen der beiden Sommer 2015 und 2018 liegen deutlich über dem Mittelwert seit dem Jahr 2010.

Bei der Datenanalyse haben wir die Jahre 2003, 2015 und 2018 mit dem Mittelwert der Jahre 2010 bis 2014 verglichen. Um die Übersicht zu erleichtern, konzentriert sich die Fallstudie auf ausgewählte Zeiträume: Im Fokus steht insbesondere der Vergleich zwischen

dem Jahr 2018 und dem Mittelwert der Jahre 2010-2014, weil in diesen fünf Jahren – im Gegensatz zu 2018 – keine aussergewöhnlichen Hitzesommer auftraten. Die älteren Daten von 2003 wurden nach einer ersten Analyse nicht weiter vertieft. Die Vergleichbarkeit von 2003 mit den Zehnerjahren ist eingeschränkt, weil die Zeitspanne seit 2003 relativ lang ist und andere Einflussfaktoren eine Rolle spielen. Der Einfachheit halber wird in vielen Abbildungen nur das Hitzejahr 2018 mit den Mittelwerten 2010 bis 2014 verglichen. Die Erkenntnisse sind in der Regel aber für das Jahr 2015 sehr ähnlich wie für 2018.

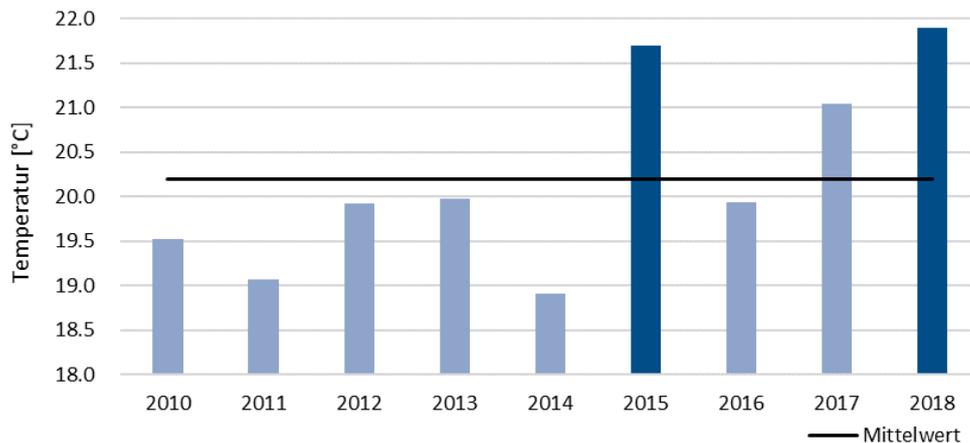


Abb. 30: Mittlere Temperaturen in Zürich über die Sommermonate Juni, Juli und August

Mittlere Temperaturen der Sommermonate Juni, Juli und August in Zürich sowie Mittelwert der Jahre 2010 bis 2018.

Grafik INFRAS. Quelle: Stadt Zürich, Open Data 2019, Wetterstation Mythenquai der Wasserschutzpolizei.

Verkehrsunfälle und verunfallte Personen im Überblick

Zürich

In Zürich lag die Anzahl Verkehrsunfälle im Jahr 2018 mit über 6'000 registrierten Unfällen 64% über dem Durchschnitt der Jahre 2010-2014 (vgl. Abb. 31). Auch in anderen Hitzesommer-Jahren wurden deutlich mehr Unfälle registriert (+20% im Jahr 2003 und +31% im Jahr 2015 gegenüber 2010-2014) (vgl. Tab. 40).

Insgesamt liegt die Zahl der Unfälle je Monat in Zürich im Jahresverlauf auf einem ähnlichen Niveau. Gemäss den vorliegenden Daten sind die Unfallzahlen in den Monaten Januar und Februar etwas geringer (vgl. Abb. 31). Vergleicht man jedoch die verschiedenen Verkehrsteilnehmenden, dann fällt das Bild im Jahresgang etwas anders aus. Insbesondere bei den Velos (vgl. Abb. 34) und Motorrädern spiegeln sich saisonale Effekte wider. Die Anzahl schwerverletzter und getöteter Personen ist in den Wintermonaten geringer als in den Sommermonaten, in denen sie ihr Maximum erreicht.

Absolut betrachtet haben im Jahr 2018, gegenüber dem Mittelwert von 2010-2014, vor allem die Unfälle mit Personenwagen und Fahrrädern zugenommen. Die Zahl der in Unfälle involvierten Fussgänger blieb über die betrachteten Jahre konstant und fiel auch im Jahr 2018 nicht höher aus. Motorradunfälle waren im Jahr 2018, absolut gesehen, nur leicht mehr zu verzeichnen, als in den Vergleichsjahren.

Tab. 40: Entwicklung der Verkehrsunfälle in Zürich

Jahr	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Total
2003	318	331	388	330	415	430	360	389	378	371	341	338	4'389
[...]													
2010	304	236	329	330	343	368	346	312	348	315	313	295	3'839
2011	274	221	288	324	360	310	290	343	332	324	305	319	3'690
2012	269	239	340	290	306	309	307	305	280	289	322	279	3'535
2013	242	227	299	305	332	372	337	323	299	328	314	267	3'645
2014	247	260	321	301	311	388	294	299	301	313	252	263	3'550
2015	249	246	298	288	324	356	550	491	512	511	519	447	4'791
2016	450	396	420	514	549	554	478	504	546	515	480	412	5'818
2017	411	398	543	457	547	536	495	506	476	494	518	466	5'847
2018	398	331	522	533	531	578	571	525	489	542	527	460	6'007

Anzahl registrierter Verkehrsunfälle in Zürich. Anzahl pro Monat sowie Total pro Jahr. Grün: Zahl der Verkehrsunfälle vergleichsweise niedrig (unterdurchschnittlich). Rot: Zahl der Verkehrsunfälle vergleichsweise hoch.

Tabelle INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Anzahl Verkehrsunfälle in ZH pro Monat

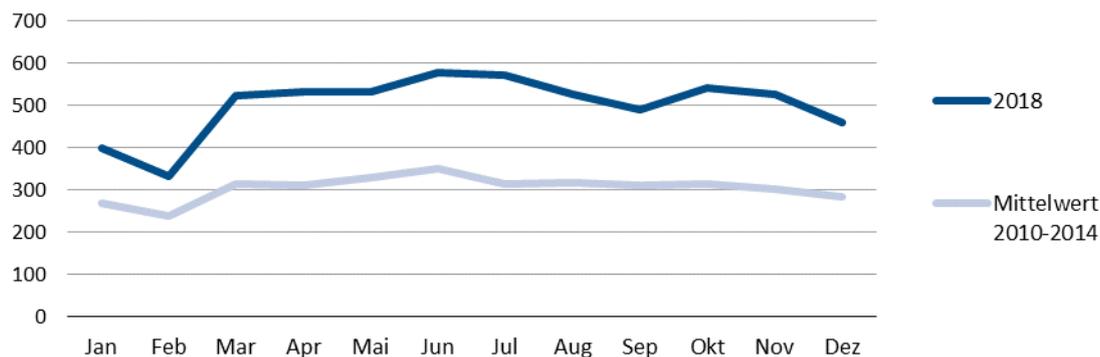


Abb. 31: Vergleich der Anzahl Verkehrsunfälle in Zürich

Anzahl Verkehrsunfälle in Zürich. Anzahl pro Monat für das Jahr 2018 (n=6007) sowie Mittelwert der Anzahl pro Monat für die Jahre 2010 bis 2014 (n=3652).

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Mit durchschnittlich 1.9 involvierten Personen pro Unfall waren in den Jahren 2010 bis 2014 rund 7'000 Personen pro Jahr in Unfälle verwickelt. Seit dem Jahr 2015 liegt die Zahl verunfallter Personen²⁰ deutlich höher: rund 10'500 im Durchschnitt der Jahre 2015 bis 2018. Die Zahl der schwerverletzten und getöteten Personen ist mit rund 230 Personen pro Jahr konstant geblieben. Relativ hat der Anteil schwerverletzter und getöteter Personen von 3.3 Prozent (Durchschnitt 2010-2014) auf 2.2 Prozent (Durchschnitt 2015-2018) abgenommen.

Die Anteile der in die Unfälle involvierten Objekte (Fahrzeuge oder Fussgänger) sind in Abb. 10 dargestellt. Die Anteile sind im Grossen und Ganzen über die Jahre, auch mit zunehmendem Verkehrsaufkommen, etwa konstant geblieben.

²⁰ Die Zahl der verunfallten Personen umfasst unverletzte, leicht- und schwerverletzte sowie getötete Personen.

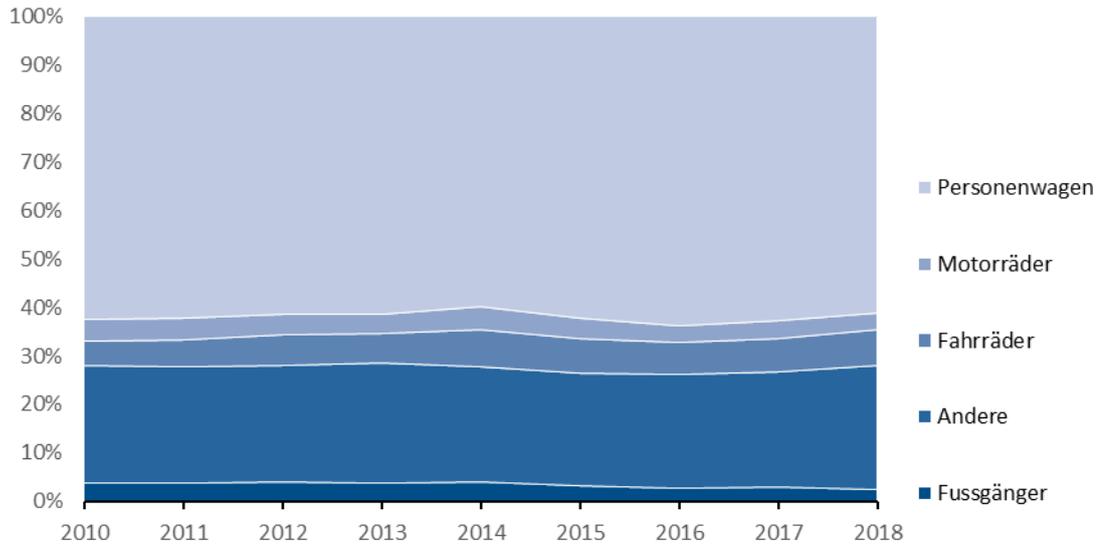


Abb. 32: Anteile der in Unfälle involvierten «Objekte»

Anteile der Personenwagen, Fussgänger, Fahrräder, Motorräder und «Andere Fahrzeuge», die im jeweiligen Jahr in Unfälle involviert waren.

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Im Detail erkennt man jedoch einen leicht rückläufigen Anteil der Unfälle mit Fussgängern (vgl. Abb. 34). Demgegenüber steht eine relativ starke Zunahme des Fahrradanteils: von 5 Prozent im Jahr 2010 auf über 7 Prozent im Jahr 2018.

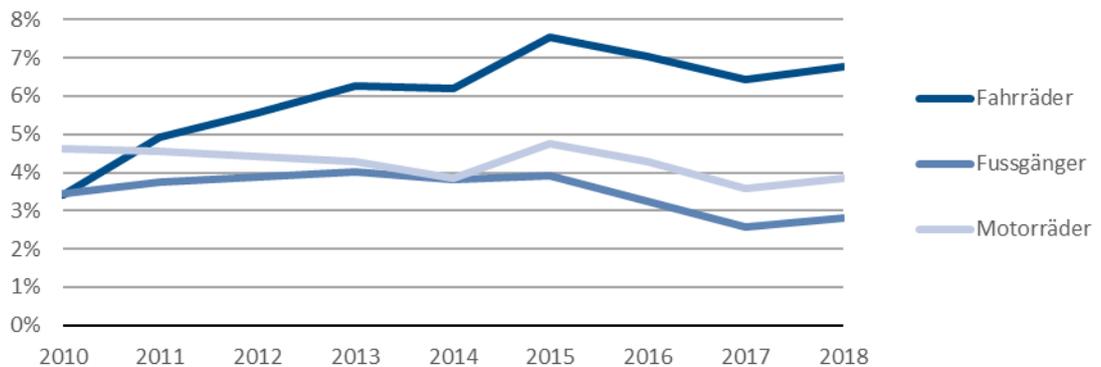


Abb. 33: Anteile der in Unfälle involvierten Fussgänger, Fahrräder und Motorräder

Anteile der Fussgänger, Fahrräder und Motorräder, die im jeweiligen Jahr in Unfälle involviert waren

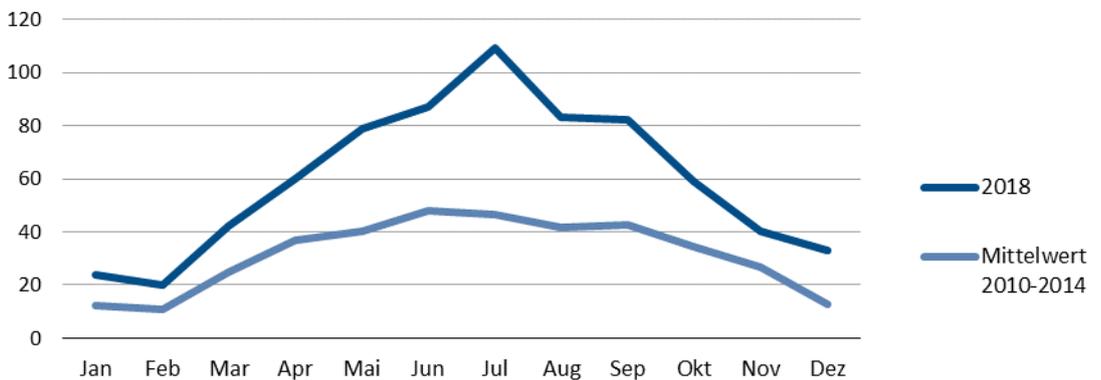
Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Schwerpunkt Veloverkehr

Unabhängig vom Einfluss der klimatischen Veränderung ist die zunehmende Nachfrage im Veloverkehr in der Stadt Zürich ein wichtiger Treiber für die steigenden Unfallzahlen. Von 4 auf 8 Prozent hat sich der Veloanteil im Modalsplit der Stadt Zürich zwischen 2010 und 2015 verdoppelt. Während 2009 noch 20 Prozent regelmässig das Velo nutzen, waren es 2015 bereits 27 Prozent der Bevölkerung (Stadt Zürich, Tiefbau und Entsorgungsdepartement 2018). Die Stadt Zürich schätzt die Nachfragezunahme im Veloverkehr auf 4 Prozent pro Jahr. Demgegenüber steht eine Zunahme der Velounfälle von etwa 12 Prozent pro

Jahr im gleichen Zeitraumen (Stadt Zürich, Sicherheitsdepartement 2018).²¹ Die Zahl der Velounfälle lässt sich somit nicht allein durch die Zunahme der Veloverkehrsnachfrage erklären. Der Erwartungswert für die Zunahme der Fahrradunfälle, basierend auf der Verkehrszunahme zwischen den Vergleichsjahren 2010-2014 und dem Jahr 2018, liegt bei etwa plus 30 Prozent. Die effektive Zunahme beträgt hingegen fast 100 Prozent (vgl. Abb. 34). Entsprechend lässt sich folgern, dass die Zunahme der Veloverkehrsunfälle in der Stadt Zürich zum einen ein Volumeneffekt ist (infolge der gestiegenen Nachfrage), zum anderen aber weitere Gründe hat, die unter anderem mutmasslich mit der Temperaturzunahme zu tun hat, wie dies in der SVI-Studie ermittelt werden konnte (vgl. Exkurs oben, UVEK 2014). Letzterer Punkt wird weiter unten im Teilkapitel Temperatureffekte vertieft analysiert, allerdings für den gesamten Verkehr. Eine Analyse der Temperatureffekte auf die Unfallraten im Veloverkehr sehen wir als Gegenstand weitergehender Forschungsarbeiten.

Unfälle mit Fahrrädern pro Monat



Unfälle mit Fahrrädern pro Monat

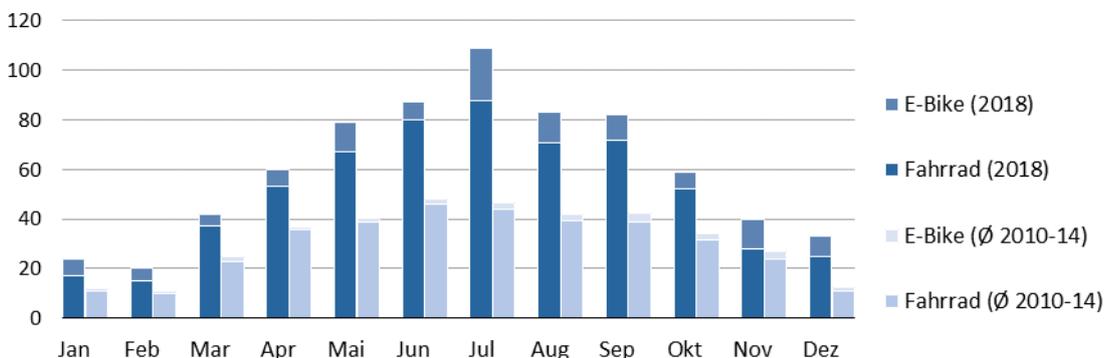


Abb. 34: Velounfälle in Zürich pro Monat (Fahrräder und E-Bikes)

Anzahl Fahrradunfälle in Zürich. Anzahl pro Monat für das Jahr 2018 sowie Mittelwert der Anzahl pro Monat für die Jahre 2010 bis 2014. Die obere Grafik zeigt die Unterschiede im Jahresverlauf. Die untere Grafik zeigt die Anzahl Unfälle weiter aufgeschlüsselt nach Fahrrad- und E-Bike-Unfällen.

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Obige Abbildung verdeutlicht: Die Zahl der Unfälle war im Jahr 2018 doppelt so gross wie in den Vergleichsjahren 2010-2014. Im Stadtverkehr gibt es eine Vielzahl von Einflussfaktoren für Unfälle. Neben einem generell erhöhten Verkehrsaufkommen können auch ein höheres Stresslevel und verringerte Konzentrationsfähigkeit aufgrund der Hitze treibende Faktoren sein (vgl. Interview Brucks). Hitze als möglicher Einflussfaktor wird nachfolgend näher betrachtet.

²¹ Die durchgeführte Auswertung der vorliegenden Unfalldaten ergibt dieselbe Grösse. Die Zunahme der Velounfälle, basierend auf dem analysierten Datensatz, liefert Werte zwischen 10% und 14% pro Jahr, je nach betrachtetem Zeitraum.

Die Zahl der getöteten oder schwerverletzten Personen lag im Jahr 2018 um 27 Prozent höher als in den Vergleichsjahren (vgl. Abb. 35). Auffallend ist einerseits die höhere Anzahl schwerverletzter und getöteter Personen in den Monaten Mai sowie September bis November. Andererseits ist auffallend, dass trotz der Verdoppelung der Anzahl Unfälle in den Sommermonaten (vgl. Abb. 34) keine Zunahme der schwerverletzten und getöteten Personen stattfand.

Insgesamt ist der Anteil der schwerverletzten und getöteten Personen durch Velounfälle, gemessen an allen Personen, die in Verkehrsunfällen schwer verletzt oder getötet wurden, von 32 Prozent (Vergleichsjahre 2010-2014) auf 40 Prozent im Jahr 2018 gestiegen (42 Prozent im Mittel über die Jahre 2015-2018). Wesentliche Gründe dürften sein, dass vermehrt zu 'saisonalen Randzeiten' im Jahresverlauf (d.h. auch ausserhalb des Sommerhalbjahrs, insbesondere im Spätherbst oder Frühjahr) Velo gefahren wird. Die veränderten klimatischen Bedingungen (trockenere und mildere 'Übergangsjahreszeiten') haben dabei vermutlich einen relevanten Einfluss. Zudem dürfte das Fahrverhalten auch durch gesellschaftliche Faktoren beeinflusst werden (z.B. gesteigertes Lifestyle, Gesundheits- und Umweltbewusstsein).

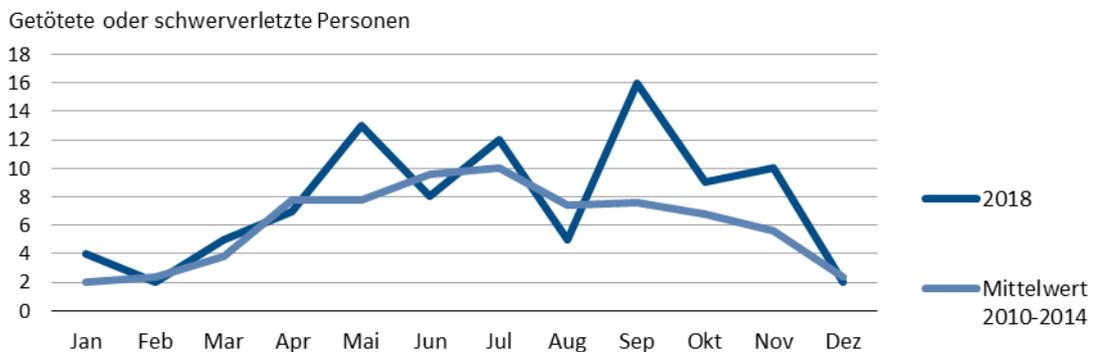


Abb. 35: In Verkehrsunfällen mit Velos getötete oder schwerverletzte Personen

Anzahl der in Fahrradunfällen in Zürich schwerverletzten oder getöteten Personen. Anzahl pro Monat für das Jahr 2018 sowie Mittelwert pro Monat für die Jahre 2010 bis 2014.

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Ergänzend zur quantitativen Analyse wurden Experteninterviews durchgeführt. Die Aussagen darin ergänzen die quantitativen Ergebnisse – insbesondere mit Blick auf die Sicherheit im Strassenverkehr.²²

Schönwetter-Tage und Veloverkehr

Experteninterview mit Wernher Brucks, Leiter Verkehrssicherheit, Stadt Zürich

Inwiefern können Sie aufgrund klimatischer Veränderungen in den vergangenen Jahren Auswirkungen auf die Sicherheit im Strassenverkehr in der Stadt Zürich feststellen?

«Es ist natürlich schon sehr auffällig, dass in den Jahren, in denen das Klima extrem heiss und trocken war, die Zahl der Verunfallten extrem hoch war. Seit 1992, also seit der Aufzeichnung der Verkehrsunfallerfassung wie es heute der Fall ist, sind in den Jahren 2003

²² Das Interview wurde unabhängig von der quantitativen Analyse geführt und nimmt keinen Bezug bzw. bezieht keine Position zu den oben geschilderten Analyseergebnissen.

und 2018 die meisten Menschen im Strassenverkehr verunfallt – und das waren gleichzeitig die Rekordsommer. Da ist schon ein auffälliger Zusammenhang. Insgesamt sind das aber Vermutungen. Wissenschaftlich belegen kann ich das nicht.»

Wie wirken sich mildere Winter auf die Sicherheit im Strassenverkehr aus (z.B. mit Blick auf Anzahl und Schwere von Verkehrsunfällen)?

«Fuss- und vor allem Veloverkehr sind sehr klima- und wettersensibel. Bei einem harten Winter ist die Zahl der verunfallten Velofahrenden vergleichsweise gering. In den letzten Jahren haben wir festgestellt, dass dieser Wert nicht mehr so stark gesunken ist. Das liegt natürlich daran, weil mehr Velo gefahren wird. Das wird letztlich auch begünstigt durch höhere Temperaturen und niedrige Niederschlagswerte.»

Wie wirken sich steigende Temperaturen auf den Veloverkehr und damit einhergehend die Anzahl und Schwere der Verkehrsunfälle, an denen VelofahrerInnen beteiligt sind, aus?

«Der Grund, weshalb wir in heissen Jahren so viele Verunfallte haben ist der Veloverkehr. Es gibt viele Schönwetter-Velofahrer. Wenn ein Velofahrer einen Unfall hat, dann verletzt er sich in der Regel – oft im Gegensatz zu einem Autofahrer im Stadtverkehr. Velounfälle sind extrem wetterabhängig. Als Teilmenge von den Gesamtunfällen beeinflussen sie nicht so sehr die Unfallzahlen, aber sie beeinflussen massiv die Verunfallten-Zahlen.»

Exkurs: Nachfragepotenziale im Veloverkehr

In einem Merkblatt aus dem Jahr 2017 hat die SVI die Potenziale des Veloverkehrs in den Agglomerationen analysiert. Die Autoren haben verschiedene Einflussgrössen identifiziert: Direkt beeinflussbare verkehrliche Faktoren (z.B. Infrastruktur), nicht direkt beeinflussbare verkehrliche Faktoren (z.B. Velokultur) und nicht beeinflussbare verkehrsexterne Faktoren wie das Klima und die Witterung. Der Witterung schreiben die Autoren eine vergleichsweise hohe Relevanz zu. Mittels Regressionsmodell zeigt die Studie auf, dass die Velonutzung kurz- bis mittelfristig deutlich gesteigert werden kann, vorausgesetzt es werden wirksame Fördermassnahmen umgesetzt. Die Autoren gehen davon aus, dass die Steigerungspotenziale in vielen Agglomerationen zwischen 20 und 100 Prozent betragen. Dazu zählen sie u.a. Agglomerationen wie Baden-Brugg, Bellinzona, Genf, Thun und Zürich. In La Chaux-de-Fonds/Le Locle, Lausanne und Lugano sei sogar eine Verdoppelung gegenüber heute möglich. Die Autoren gehen davon aus, dass mit intensiveren und innovativen Fördermassnahmen nach dem Vorbild europäischer Benchmarking-Agglomerationen wie etwa in den Niederlanden oder Dänemark in bestimmten Orten, etwa Winterthur, Burgdorf, Heerbrugg oder Buchs (SG), Velo-Modalsplit-Anteile von bis zu 25 Prozent möglich seien (SVI 2017).

Exkurs: Lugano

Basierend auf den analysierten Daten zeigt sich, dass die Entwicklung in der Stadt Lugano anders als in Zürich verläuft: Insgesamt ist die Zahl der Unfälle seit dem Jahr 2010 deutlich rückläufig, 2018 lag sie im Schnitt auch deutlich unter den Vergleichsjahren 2010-2014 (Abb. 36). In Lugano konnte offensichtlich in den letzten Jahren im Strassenverkehr die Sicherheit deutlich erhöht werden, was den nationalen Trend widerspiegelt. Der Anteil der Velounfälle am Total aller Unfälle lag in Lugano über die Jahre auf einem konstant tiefen Niveau (1 Prozent bis 2 Prozent), was insbesondere eine Folge des deutlich geringeren Anteils des Veloverkehrs am Modalsplit in Lugano ist.

Der Anteil des Veloverkehrs an allen bei einem Unfall schwerverletzten oder getöteten Personen, variiert von Jahr zu Jahr: Im Mittel liegt der Anteil in Lugano bei 8 Prozent – und damit auf einem weit tieferen Niveau als in Zürich (40 Prozent im Jahr 2018). Der Anteil schwerverletzter und getöteter Personen bei Motorradunfällen liegt in Lugano konstant bei 45 Prozent. In Zürich liegt er bei etwa 20 Prozent und ist leicht rückläufig (Mittelwert 2010-2014: 21 Prozent 2018 betrug der Anteil 14 Prozent

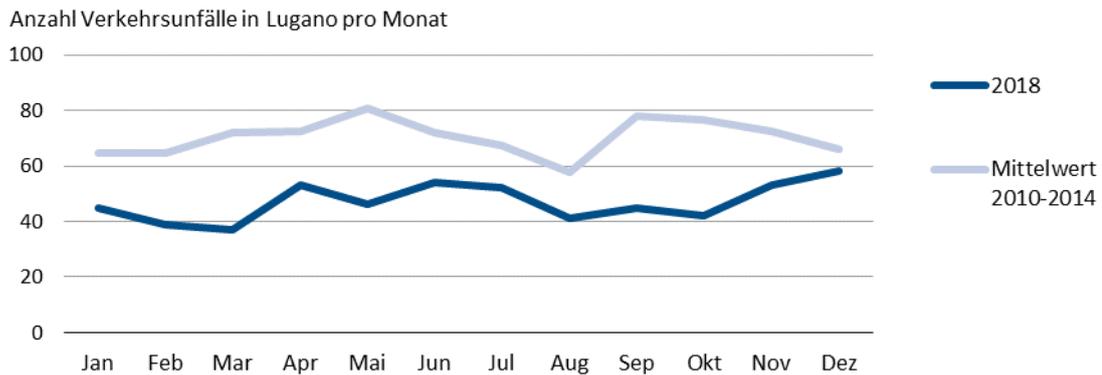


Abb. 36: Anzahl der registrierten Verkehrsunfälle in Lugano

Anzahl Verkehrsunfälle in Zürich. Anzahl pro Monat für das Jahr 2018 (n=565) sowie Mittelwert der Anzahl pro Monat für die Jahre 2010 bis 2014 (n=844).

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Verkehrsunfälle nach Witterungsverhältnissen

Der folgende Abschnitt wertet die Unfallzahlen nach schönen und schlechten Witterungsverhältnissen aus. Die Analyse zeigt: Bei schöner Witterung gab es im Jahr 2018 überdurchschnittlich viele Unfälle von April bis Oktober. Gegenüber dem Mittelwert 2010-2014 waren die Werte zudem deutlich höher. Zudem war die Zahl der Unfälle bei schlechter Witterung in den Monaten November bis März vergleichsweise hoch (vgl. Abb. 37, Tab. 41). Die Unterschiede zwischen 2018 und dem Mittelwert 2010-2014 entfallen insbesondere auf einen Anstieg der Personenwagen- und Velounfälle (vgl. Tab. 41). Bezüglich der Interpretation der Witterungsunterschiede ist relevant, dass das Verhältnis mit etwa 60/40 (Anzahl Unfälle bei schöner Witterung gegenüber Anzahl Unfälle bei schlechter Witterung) über die Jahre 2018 und die Vergleichsjahre 2010-2014 etwa gleichgeblieben ist.

- **Schöne Witterungsverhältnisse:** Von April bis Oktober 2018 waren, absolut gesehen, deutlich mehr Personenwagen und Velos in Unfälle bei schöner Witterung verwickelt, als in den Vergleichsjahren. Bei den Fussgängern ergeben sich keine relevanten Unterschiede – weder zwischen den Jahren noch zwischen den einzelnen Monaten im Jahresverlauf. Diese Entwicklung kann, neben dem grundsätzlich erhöhten Verkehrsaufkommen, viele Ursachen haben. Bezüglich der Velounfälle fällt sicher ins Gewicht, dass sich die Velosaison tendenziell verlängert und sich insgesamt die Anzahl Tage im Jahr, an denen Velogefahren wird, sowie die Anzahl Velofahrer insgesamt erhöht. Darüber hinaus kann Hitze, beispielsweise, durch reduzierte Konzentrationsfähigkeit zu mehr Unfällen führen oder auch durch zusätzlichen Verkehr das Unfallrisiko erhöhen (z.B. um in höhere, kühlere Lagen zu gelangen).
- **Schlechte Witterungsverhältnisse:** Mit Blick auf schlechte Witterungsverhältnisse fällt auf, dass über die Monate April bis Oktober 2018 keine Zunahme der Anzahl Unfälle stattgefunden hat. Dafür liegt die Unfallzahl in den Wintermonaten wesentlich höher. Gründe dafür lassen sich nur vermuten, ein Effekt könnten schneller wechselnde Witterungsbedingungen sein. Der Anstieg liegt fast ausschliesslich einer Zunahme von Unfällen mit Personenwagen zugrunde: Die Zahl der Velounfälle bei schlechter Witterung unterscheidet sich zwar von Monat zu Monat, liegt im Mittel für 2018 mit 19 pro Monat zwar deutlich über dem Mittel von 2010-2014 mit 10 pro Monat. Absolut betrachtet fällt diese höhere Zahl an Velounfällen jedoch nicht ins Gewicht. Relativ gesehen fällt die Zunahme, mit einer Verdoppelung, jedoch auf. In den Wintermonaten liegt die Zahl der Unfälle im Monatsmittel, mit 23 Unfällen pro Monat im Jahr 2018, um den Faktor 2.5 höher als noch im Mittel der Wintermonate 2010-2014, durchschnittlich 9 Unfälle pro

Monat. Ein Grund könnte sein, dass das Velo immer häufiger auch ganzjährig eingesetzt wird, insbesondere als Folge milder Winter. Zum Vergleich sind nachfolgend die gesamte Anzahl Unfälle (Abb. 37) und die Anzahl Velounfälle (Abb. 38) dargestellt.

Tab. 41: Anzahl Unfälle und in Unfälle involvierte Objekte je nach Witterung in Zürich

	Schöne Witterung		Schlechte Witterung	
	Mittelwert 2010-2014	2018	Mittelwert 2010-2014	2018
Anzahl Unfälle	2'071	3'388	1'503	2'283
Anzahl Objekte	3'516	5'515	2'464	3'794
▪ Personenwagen	2'132	3'333	1'562	2'490
▪ Fussgänger	140	136	94	102
▪ Fahrräder	247	488	120	228

Bei den meisten Unfällen ist mehr als ein Objekt (Fahrzeug, Verkehrsteilnehmende) involviert.

Die Anzahl Objekte wird weiter unterteilt in Personenwagen, Fussgänger und Fahrräder. Die Differenz zur gesamten Anzahl Objekte stellt die Summe aller anderen Objekte (z.B. Lastwagen oder Motorräder) dar.

Tabelle INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Abb. 37 zeigt die Anzahl der gesamten Verkehrsunfälle nach Witterung.

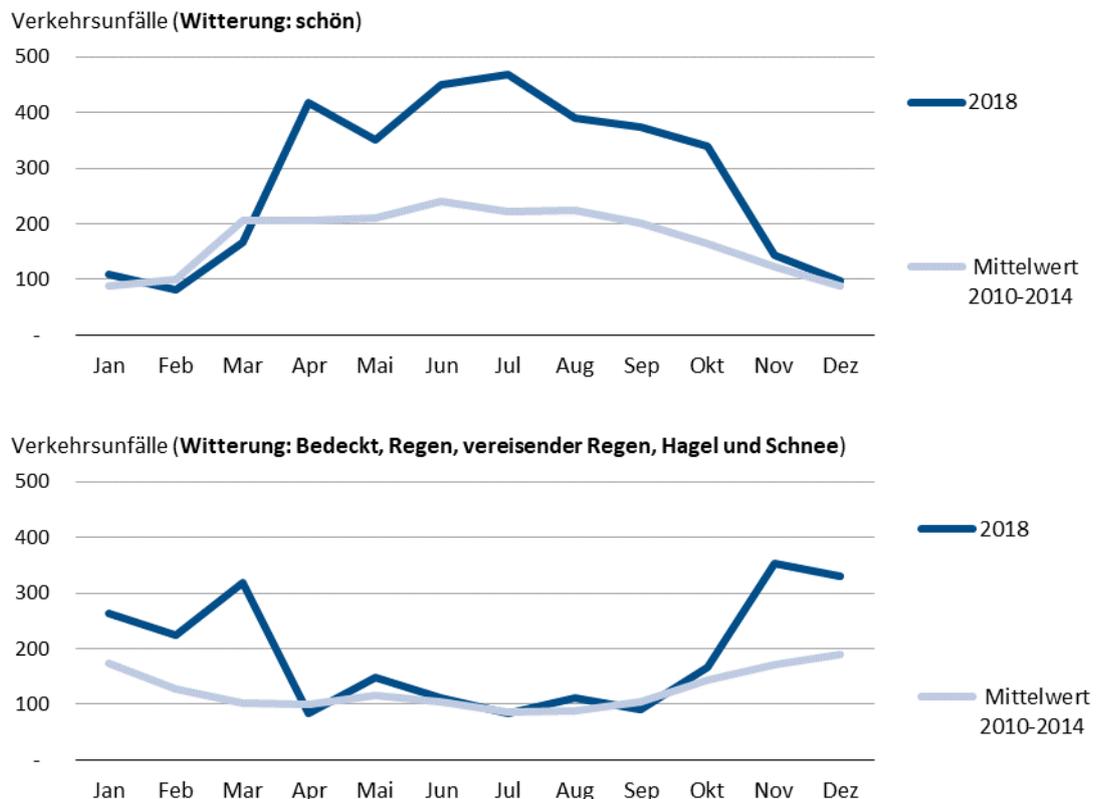


Abb. 37: Anzahl Verkehrsunfälle in Zürich nach Witterung

Verkehrsunfälle bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen: Schöne Witterungsverhältnisse (obere Grafik), schlechte Witterungsverhältnisse (untere Grafik)

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Abb. 38 zeigt die Anzahl der Fahrradunfälle nach Witterung.

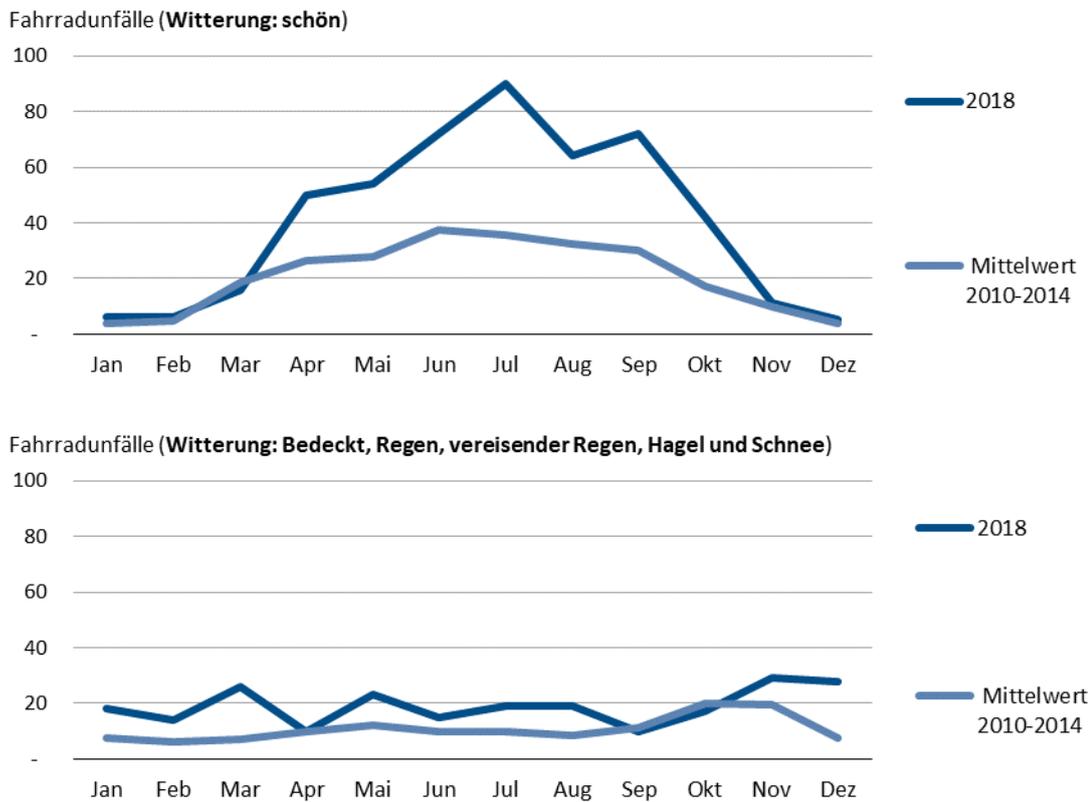


Abb. 38: Anzahl Fahrradunfälle in Zürich nach Witterung

Verkehrsunfälle bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen: Schöne Witterungsverhältnisse (obere Grafik), schlechte Witterungsverhältnisse (untere Grafik)

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Daten bereitgestellt durch das Bundesamt für Strassen ASTRA, Abteilung Strassenverkehr, Bereich Informationssysteme & Analysen. Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano.

Temperatureffekte

Die im vorhergehenden Kapitel bereits angesprochenen, möglichen Temperatureffekte auf Unfälle werden nachfolgend noch etwas detaillierter dargestellt. Zwischen der Tagestemperatur und der Anzahl verunfallter Personen lässt sich zwar kein direkter Zusammenhang aufzeigen (vgl. Abb. 39). Unfälle werden von weit mehr Faktoren beeinflusst, als von der Temperatur. Ein Vergleich der Anzahl Unfälle an Sommertagen der Jahre 2010 bis 2014 und der Anzahl an Sommertagen der Jahre 2015 und 2018 deuten tendenziell darauf hin, dass mehr Unfälle an Hitzetagen, mit höheren mittleren respektive höheren maximalen Tagestemperaturen, stattgefunden haben (vgl. Abb. 40 und Abb. 41, leicht positive lineare Regression). Der statistische Zusammenhang ist allerdings relativ gering.

Diese Resultate gehen aber in die gleiche Richtung wie die Ergebnisse der zu Beginn dieses Teilkapitels zitierten Studie im Rahmen des Forschungspakets SVI 2012/005, der zufolge die Lufttemperatur signifikant das Unfallgeschehen beeinflusst (Zunahme der Unfallhäufigkeit mit steigenden bei Temperaturen oberhalb von 8°C). Gemäss den Studienautoren «auffällig» sei insbesondere die Zunahme von Unfällen mit Personenschäden im Langsamverkehr (UVEK 2014: 60).

Eine Analyse der Temperatureffekte auf die Unfallraten nur für den Veloverkehr wurde in diesem Projekt nicht vorgenommen. Inwiefern die Zunahme der Unfallraten im Verkehr generell bzw. im Veloverkehr im Speziellen von der Temperatur beeinflusst wird, ob diese

Zunahme statistisch signifikant ist und wie der Zusammenhang erklärt werden kann, gilt es im Rahmen weitergehender Forschungsarbeiten zu vertiefen.

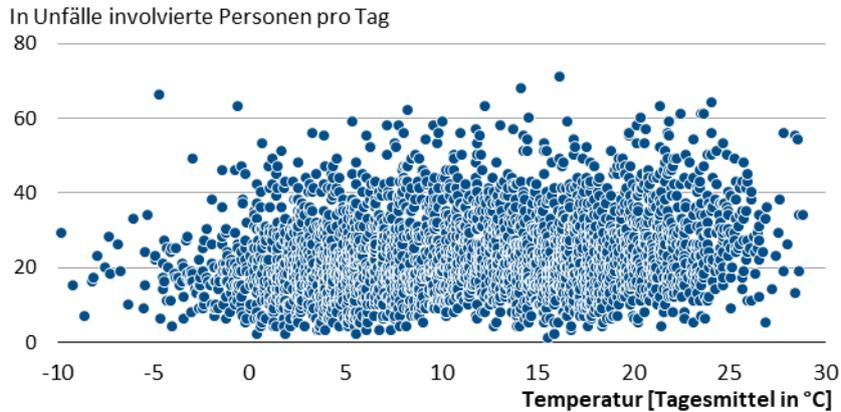


Abb. 39: Verunfallte Personen nach Tagestemperatur

Alle in Unfälle involvierten Personen der Jahre 2010 bis 2018. Aufgezeichnet sind die Anzahl Personen pro Tag, die Tage sind nach Temperaturmitteln aufgelistet. (n=3207).

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Basis: Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik, Daten für Zürich und Lugano; Stadt Zürich, Open Data 2019, Wetterstation Mythenquai der Wasserschutzpolizei.

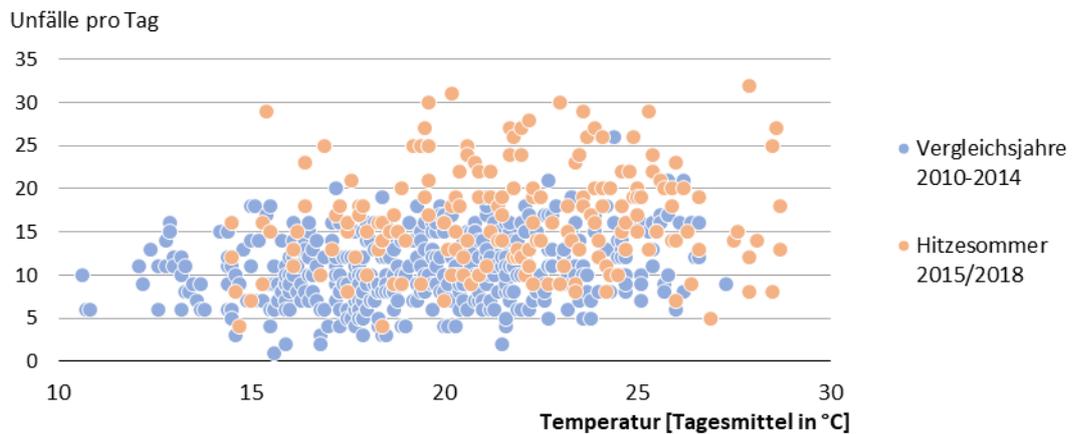


Abb. 40: Unfälle in den Sommermonaten nach mittlerer Tagestemperatur

Die Abbildung zeigt die Anzahl aller Unfälle pro Tag, aufgelistet nach der Tagesmitteltemperatur für die Monate Juni, Juli und August. Vergleichsjahre 2010-2014 (n=456), Hitzesommer 2015/2018 (n=184)

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Basis: Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik, Daten für Zürich und Lugano; Stadt Zürich, Open Data 2019, Wetterstation Mythenquai der Wasserschutzpolizei.

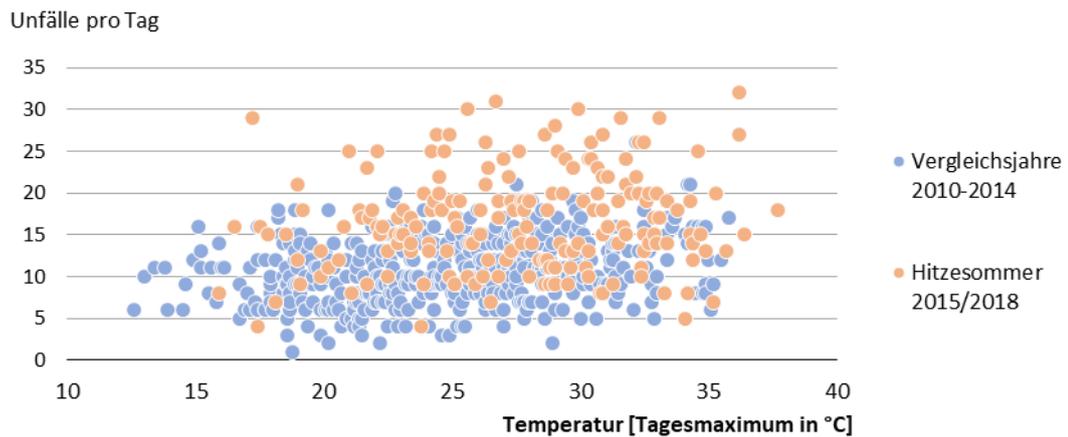


Abb. 41: Unfälle in den Sommermonaten nach maximaler Tagestemperatur

Die Abbildung zeigt die Anzahl aller Unfälle pro Tag, aufgelistet nach der Tagesmaximaltemperatur für die Monate Juni, Juli und August. Vergleichsjahre 2010-2014 (n=456), Hitzesommer 2015/2018 (n=184)

Grafik INFRAS. Quelle: Auswertung INFRAS. Basis: Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), Strassenverkehrsunfall-Statistik, Daten für Zürich und Lugano; Stadt Zürich 2019, Open Data, Wetterstation Mythenquai der Wasserschutzpolizei.

Einfluss höherer Temperaturen auf das Verkehrs- und Fahrverhalten

Experteninterview mit Wernher Brucks, Leiter Verkehrssicherheit, Stadt Zürich

Wie wirken sich höhere Temperaturen und Hitze grundsätzlich auf das (Fahr-)Verhalten der Verkehrsteilnehmenden aus? Welche Besonderheiten ergeben sich in Städten wie Zürich?

«Auch hier kann ich vor allem nur vermuten. Gerade in der Stadt haben wir eh schon ein gewisses Stresslevel und Druck auf die Verkehrsteilnehmenden. Viele Interaktion finden auf kleinsten Raum statt: Fuss-, Velo-, Auto und öffentlicher Verkehr – das ist für viele stressig. Das meteorologische Klima kann das zusätzlich pointieren. Durch grosse Hitze könnten die Verkehrsteilnehmenden weniger leistungsfähig und vielleicht auch aggressiver sein. Aber: Wie sich die Kombination aus stressigen Verkehrssituationen und grosse Hitze auswirkt, haben wir noch nie ausgewertet.»

Die folgenden Interviewaussagen illustrieren, inwiefern die Verkehrssicherheit aufgrund klimatischer Veränderungen möglicherweise herausgefordert sein könnte.

Herausforderungen klimatischer Veränderungen auf Verkehrssicherheit

Experteninterview mit Wernher Brucks, Leiter Verkehrssicherheit, Stadt Zürich

Wo sehen Sie, bedingt durch klimatische Veränderungen, in den kommenden Jahrzehnten die grössten Herausforderungen für die Verkehrssicherheit in urbanen Zentren wie Zürich?

«Wenn man davon ausgeht, dass es wärmer und trockener wird, dann wird das Velofahren in der Stadt Zürich immer attraktiver. Weitere Entwicklungen – wie zum Beispiel auf dem E-Bike-Markt, beim Gesundheits- und Umweltschutz – führen dazu, dass der Veloverkehr weiter zunimmt. Das kann zur Folge haben, dass wir entgegen unseren Absichten mehr Verunfallte haben. Dabei spielt natürlich auch das Bevölkerungswachstum in der Stadt eine Rolle.»

Inwiefern sollten klimatische Veränderungen und Extremwetterereignisse künftig berücksichtigt werden?

«Man muss davon ausgehen, dass sich das Mobilitätsverhalten weiterhin ändern wird – begünstigt durch klimatische Veränderungen. Weg vom geschlossenen, hin zum offenen

Fahrzeug. Das kann das Velo sein, aber auch andere Fahrzeuge wie Elektrotretroller, Rikschas und solche, die wir noch gar nicht kennen. Verleihsysteme, Sharing Economy und Automatisierung sind Haupttreiber – aber die klimatischen Veränderungen werden Änderungen im Mobilitätsverhalten begünstigen.»

Zwischenfazit Unfallanalyse – Erkenntnisse und offene Aspekte

Für die Analyse wurde ein umfangreicher Datensatz zu Strassenverkehrsunfällen in den Stadtgebieten Zürich und Lugano ausgewertet. Im Fokus der Analyse stehen die Ergebnisse für die Stadt Zürich. Zudem werden ausgewählte Resultate der Unfallstatistik für Lugano aufgezeigt. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Modalsplit-Werte, den topographischen Verhältnissen etc. stösst der Vergleich dieser beiden Städte im Rahmen dieser Fallstudie jedoch an seine Grenzen.

Die Datensätze sowie die darauf basierenden Auswertungen lassen zwar keine statistisch eindeutigen Schlüsse zum Effekt der Hitzejahre oder klimatischer Veränderungen (höhere Temperaturen, Trockenperioden etc.) auf Verkehrsunfälle zu. Die Resultate der Auswertungen geben allerdings deutliche Hinweise darauf, dass mit zukünftig steigenden Temperaturen sowie ausgeprägteren Hitze- und Trockenperioden (wie z.B. im Jahr 2018) die Zahl der Zweiradunfälle künftig zunehmen könnte. Der wichtigste ausschlaggebende Faktor hierfür dürfte die klimatisch begünstigte Zunahme des Veloverkehrs sein. Dieser Mengeneffekt beruht darauf, dass die Velosaison verlängert wird und das Velo als Verkehrsmittel durch warme Temperaturen und schönes Wetter begünstigt wird. Ob es nebst dem Mengeneffekt zusätzlich auch eine Zunahme der Unfallrate infolge klimainduzierter Effekte (Hitze bzw. daraus folgende Wirkungen wie erhöhtes Stresslevel, verringerte Konzentrationsfähigkeit, Müdigkeit) gibt, kann mit der vorliegenden Analyse allerdings nicht abschliessend beurteilt werden. Mit den analysierten Daten konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang ermittelt werden. Allerdings geben z.B. die Unfall- und Nachfragezahlen in der Stadt Zürich – die Velounfälle haben in den letzten Jahren prozentual stärker zugenommen als die Velonachfrage – Hinweise darauf, dass es nebst dem Mengeneffekt (Zunahme Verkehrsnachfrage im Veloverkehr) noch weitere Gründe für die Zunahme der Velounfälle gibt. Welche Gründe genau dafür verantwortlich sind und wie gross der Einfluss des Klimawandels bzw. der Hitze ist, muss allerdings in weiteren Forschungsarbeiten noch vertieft werden. Dazu ist eine vertiefte Analyse von Unfallhergang und Ursachen notwendig.

Nebst der zu erwartenden Zunahme der Unfallzahlen im Veloverkehr durch die klimatisch bedingte steigende Zahl der Velofahrenden und die Verlängerung der Velosaison, spielt auch die Nachfrageentwicklung bei anderen Zweirädern eine wichtige Rolle. So kommen im städtischen Gebiet immer häufiger fahrzeugähnliche Geräte zur Fortbewegung zum Einsatz (z.B. Elektro-Trotinetts etc.), deren Nachfrage infolge des Klimawandels ebenfalls steigen dürfte. Diese Zunahme der fahrzeugähnlichen Geräte erhöht die Komplexität des Stadtverkehrs weiter und dürfte das Unfallrisiko potentiell weiter ansteigen lassen.

6.3.5 Auswirkungen auf Betriebs- und Service-Level im ÖV

Im Rahmen der Literaturanalyse wurden die Beeinträchtigungen der Infrastruktur in urbanen und ländlichen Gebieten als eine der zentralen Wirkungsketten identifiziert und als 'Wirkungskette 5' genauer beschrieben (Kapitel 3.2.5; vgl. u.a. OcCC/ProClim 2007, Umweltbundesamt 2012). Das vorliegende Unterkapitel greift einzelne Elemente aus dieser Wirkungskette auf: Im Fokus stehen die möglichen Folgen steigender Temperaturen auf das Betriebs- und Service-Level im Öffentlichen Verkehr im Stadtgebiet Zürich. Dazu haben wir unter anderem ein vertiefendes Experteninterview mit Thomas Hablützel von den Verkehrsbetrieben Zürich (VBZ) geführt. Dieses steht Vordergrund des folgenden Abschnitts.

«Viele Herausforderungen zeigen sich im Detail»

Experteninterview mit Thomas Hablützel, Leiter Marktentwicklung, Verkehrsbetriebe Zürich

Gehen Sie davon aus, dass mildere Winter einen Einfluss auf den ÖV haben werden?

«Wenn wir weniger Schnee- und Nass-Tage verzeichnen, haben wir grundsätzlich einen stabileren Betrieb. Zum Beispiel können wir steile Abschnitte bei starkem Schneefall nicht mehr mit dem Bus befahren oder müssen vorzeitig wenden. Für Trams wird es problematisch, wenn viel Laub auf den Gleisen und es zu nass ist. Dann haben wir da zu wenig Reibung. Gerade solche Fälle nehmen natürlich ab, wenn es trockener, weniger nass und weniger kalt ist. Falls es aber vermehrt Extremwetterereignisse oder kältere Wintertage gibt, könnte das schwierig werden.»

Welche Folgen haben höhere Temperaturen und Hitzeperioden für die Infrastruktur im Zürcher ÖV?

«Grundsätzlich positiv ist, dass wir längere Baufenster haben. Gewisse Projekte können wir schneller realisieren, da wir weniger stark eingeschränkt sind. Viele Herausforderungen zeigen sich im Detail. Zum Beispiel haben wir verschiedene Weichenschmiermittel im Einsatz, deren Eigenschaften abhängig von der Temperatur sind. Bei grossen Temperaturunterschieden müssen wir die Schmiermittel öfter austauschen. Zunehmende Extremwetterereignisse – also extrem heisse oder extrem kalte Tage – können die Lebensdauer der Infrastruktur, zum Beispiel von Strassen, reduzieren. Gleisverformungen, wie man sie beispielsweise von dem Schienennetz der Bahn kennt, sind für uns weniger ein Problem: Die Gleisabschnitte der Trams sind kürzer und ausserdem fest im Strassenraum verankert.»

Und was sind die Auswirkungen auf das Service Level und die Betriebsqualität?

«Bei unseren Hybridbussen haben wir im Hitzesommer 2018 festgestellt, dass die Leistung wegen der Klimaanlage am Anschlag war. Als Konsequenz mussten wir via Softwareupdate die Klimaanlage drosseln, damit der Antrieb nicht leidet. Wir müssen schauen, was wir direkt beeinflussen können, um einen stabilen Zustand herbeizuführen, der unseren Qualitätsvorstellungen entspricht. Vor neue Herausforderungen stellen uns Batteriebusse: Schon heute wird für Heizung und Klimatisierung bis zu einem Drittel der Batterieleistung beansprucht. Falls es künftig heissere Sommer und kältere Winter geben sollte, könnte uns das zusätzlich im Betrieb einschränken und wir müssen schauen, wie wir das überbrücken könnten.»

Wo sehen Sie, bedingt durch klimatische Veränderungen, die grössten Herausforderungen für den Verkehrsbetrieb in Zürich in den kommenden Jahrzehnten?

«Der wichtigste Punkt ist der knappe Platz im Strassenraum. Der Strassenraum wird durch verschiedene Nutzergruppen und Interessen immer stärker genutzt und beansprucht. Das bringt uns teilweise mit unseren Eigentrassees in Bedrängnis und wird auch für die Stadt insgesamt eine der grossen Herausforderungen sein. In den letzten zwei, drei Jahren ist das Stadtklima zunehmend zum Thema geworden – neue Bäume sollen entlang der Strassen gepflanzt werden. Für zusätzliche Bäume im Strassenraum gibt es gewichtige Argumente, die wir nicht einfach negieren können, gleichzeitig beanspruchen sie aber auch

Platz. Mehr Bäume heisst zudem – gerade in steilen Abschnitten, in denen wir mit der Tram unterwegs sind – mehr Laub und damit verbunden betriebliche Unsicherheiten.»

Und mit Blick auf die technische Leistungsfähigkeit?

«Die Batterieleistung beschäftigt die ganze Branche. Die Heizung kostet viel Leistung. Bei den E-Bussen ist der Wunsch gross, Heizungs- und Lüftungsanlagen effizienter nutzen zu können. Aber ich denke, dass man das in den Griff bekommen wird. Die Batterieleistung wird sich in den kommenden Jahren verbessern. Parallel dazu haben wir die Klimatisierung unserer heutigen Flotte bereits leicht angepasst, um die Temperaturunterschiede bei sehr heissen oder kalten Tagen abzuschwächen. Dies einerseits um die Fahrgäste nicht von einem Extrem ins andere zu führen und andererseits um Energie zu sparen.»

Welche Adaptionsmassnahmen planen Sie künftig mit Blick auf klimatische Veränderungen?

«Auf der Fahrgast- oder betrieblichen Seite planen wir keine konkreten Massnahmen im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung. Wir sind noch nicht soweit, dass wir deswegen ein geändertes Nutzungsverhalten feststellen müssen. Indirekt sind wir darum bemüht, einen möglichst nachhaltigen Betrieb sicherzustellen und möglichst wenig dazu beizutragen, dass die Klimaerwärmung weiter voranschreitet.»

Wie in Kapitel 6.3.3 erwähnt, können in Lugano – auch mit Blick auf das Betriebs- und Service-Level im ÖV – gemäss dem Experteninterview keine Unterschiede zwischen 2018 und 2017 festgestellt werden, die allein auf den Faktor 'Hitzesommer' zurückzuführen sind. Insgesamt könne man jedoch gewisse Tendenzen beobachten, wie sich steigende Temperaturen auf das Service-Level im ÖV auswirken.

Exkurs Lugano: Einordnungen zu Auswirkungen höherer Temperaturen auf ÖV

Experteninterview mit Andrea Lorenzi, Divisione Pianificazione, Ambiente e Mobilità, Stadt Lugano

Gemäss Andrea Lorenzi könne man feststellen, dass die Busse im Sommer tendenziell pünktlicher seien respektive weniger Probleme mit der Pünktlichkeit hätten. Dies sei möglicherweise darauf zurück zu führen, dass zunehmend Zweiräder unterwegs seien. Diese verursachten keinen Stau. Aber auch andere Faktoren spielten hierbei eine Rolle, etwa, dass im Sommer Schulferien seien. Aus technischer Sicht stelle man fest, dass höhere Temperaturen zu einer stärkeren Nutzung der Klimaanlage führen würden. Ganz vereinzelt könnten hohe Temperaturen zu Problemen beim Betrieb der Fahrkartenautomaten führen – das seien aber Ausnahmefälle.

6.3.6 Handlungsmassnahmen und Empfehlungen

Klimatische Veränderungen beeinflussen langfristig das Verkehrsverhalten, die verkehrliche Infrastruktur und den Verkehrsbetrieb in Zürich. Die Fallstudie zeigt verschiedene mögliche Herausforderungen für die Zukunft auf: Dazu zählen ein verändertes Nutzungsverhalten der Verkehrsteilnehmenden, die Sicherheit im Strassenverkehr, zunehmende Platzkonkurrenz sowie infrastrukturelle und technische Herausforderungen. Inwiefern die Folgen in Zürich 2060 spürbar sind, kann zwar nur gemutmasst werden – basierend auf den vorliegenden Informationen können aber durchaus mögliche Wirkungen antizipiert werden.

Davon ausgehend hebt dieses Kapitel verschiedene Herausforderungen hervor, die sich aufgrund klimatischer Veränderungen für die verkehrliche Entwicklung Zürichs als besonders relevant herausstellen könnten. Auf Grundlage der vorliegenden Informationen schlagen wir verschiedene Handlungsmassnahmen vor, die teilweise bereits heute umgesetzt werden können. Alle Herausforderungen haben gemeinsam, dass der Klimawandel nicht der alleinige Treiber ist – je nachdem aber verstärkt die verkehrliche Entwicklung prägt.

Tab. 42: Herausforderungen, Wirkungen und Handlungsmassnahmen

Nr.	Thema/ Herausforderung	Wirkungen (mit hoher verkehrlicher Relevanz)	Handlungsmassnahmen
1	Einfluss des Wetters auf das Verkehrsverhalten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klimawandel führt zu veränderter Nutzung der Verkehrsmittel ÖV/MIV/LV: ▪ Steigende Temperaturen und längere Sommer erhöhen Nachfrage im Velo- und Fussverkehr. Generell verlängert sich die Velosaison. ▪ Bei steigender Hitze Tendenz zu geringerer Verkehrsaktivität über Mittag ('Siesta-Kultur'), dafür ggf. Verschieben der Abendspitzen. ▪ Weniger Schnee und Eis im Winter senkt die Tendenz, im Winter auf den ÖV umzusteigen (Anteil MIV, LV steigt). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Witterungsbedingungen bei Analyse des ÖV-Fahrgastaufkommens bzw. Verkehrsteilnehmenden generell bewusst und zielgerichtet mit einbeziehen. ▪ Prüfung zeitlicher Verlängerung der ÖV-Verdichtungsangebote in Abendspitze. Dafür ggf. Reduktion von Angeboten über Mittag. ▪ Ausbau und Verbesserung der Velo- & Fussverkehrsinfrastruktur, um klimabedingte Nachfragezunahme abzufangen. Fokus auf Sicherheit und Klimaverträglichkeit (z.B. Beschattung). ▪ Reduktion der Winterunterhaltsmassnahmen (Strasse, Schiene) prüfen.
2	Unfälle im Langsamverkehr (Velos, E-Bikes, fäG etc.)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zunehmende Zahl der Tage mit schöner und warmer Witterung führen zu mehr LV in der Stadt. ▪ Zahl der Unfälle mit LV-Beteiligung nimmt absolut zu (wirkt sich v.a. auf Schwere der Unfälle aus). ▪ Beeinträchtigung der Konzentrationsfähigkeit der Verkehrsteilnehmenden bei Hitze oder anderen Extremwetter 	<p>Bereits heute existierende oder geplante Massnahmen intensivieren²³:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verbesserung der Veloinfrastruktur zur Erhöhung der Sicherheit. ▪ Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmenden und Kontrollen, v.a. in Hitzeperioden. ▪ Prüfung von Belägen mit weniger Hitzeabsorption. ▪ Klarere Regeln für neue Angebote wie E-Roller, E-Bikes und andere fahrzeugähnliche Geräte.

²³ Vgl. Stadt Zürich – Sicherheitsdepartement: Medienmitteilung vom 13.03.2019: https://www.stadt-zuerich.ch/pd/de/index/das_departement/medien/medienmitteilung/2018/maerz/180313a.html (zuletzt geprüft am 02.05.2019).

Nr.	Thema/ Herausforderung	Wirkungen (mit hoher verkehrlicher Relevanz)	Handlungsmassnahmen
3	Unfälle generell	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kaum nachweisbarer Einfluss auf Unfälle mit Personenwagen im Sommer. Es ist aber zu erwarten, dass an absoluten Hitzetagen aufgrund physiologischer Einschränkungen (z.B. 'Wärme-stress') das Unfallrisiko tendenziell zunimmt (vgl. UVEK 2014: 60). ▪ Winter: Tendenziell weniger Unfälle durch Schnee und Eisglätte, v.a. bei Fussgängern und im motorisierten Strassenverkehr (PW). Positive Wirkung auf Fussgänger lässt sich in Unfalldaten kaum zeigen. Dies dürfte v.a. daran liegen, dass die Daten nur polizeilich gemeldete Unfälle umfassen und Selbstunfälle oft nicht gemeldet werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vertiefte Analyse von Witterungsbedingungen und Verkehrsverhalten bzw. Unfallrisiko. ▪ Ggf. Präventionskampagnen lancieren/ausbauen, die spezifisch bzgl. Risiken bei Verkehrsteilnahme bei aussergewöhnlich hoher Hitze sensibilisieren. Fokus insbesondere auch auf ältere Leute, deren Anteil deutlich steigt. ▪ Erfahrungsaustausch mit Akteuren aus anderen Städten/Regionen forcieren.
4	Zunehmende «Platzkonkurrenz»	<ul style="list-style-type: none"> ▪ V.a. an Schön-Wetter-Tagen verschärft sich die 'Konkurrenz' um den verfügbaren Platz im Strassenverkehr: Zunehmende Zahl an Zweirädern und fahrzeugähnlichen Geräten 'konkurriert' mit MIV und ÖV. ▪ Klimaadaptionsmassnahmen wie z.B. Beschattung im Strassenraum (etwa durch zusätzl. Bäume) begrenzen den verfügbaren Platz tendenziell weiter. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sicherstellen der Zugänge zu Gewässern für den Fuss- und Veloverkehr. ▪ Schaffung alternativer Routenoptionen z.B. für Velos prüfen. ▪ Flexibel umsetzbare Lösungen um Nutzung des Strassenraums effizient zu steuern (z.B. in Schön-Wetter-Perioden).
5	Klimaanlagen und Kühlung im Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steigende Temperaturen erfordern zunehmenden Bedarf an Klimaanlagen und Kühlleistungen im ÖV und MIV sowie an Umsteigepunkten. ▪ Erhöhter Energie- und Leistungsbedarf bei Verkehrsmitteln des öffentlichen Verkehrs. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschattung oder sogar Klimatisierung der Umsteigepunkte (ÖV, multimodal). ▪ Technische Leistungsfähigkeit im ÖV-Betrieb (v.a. E-Mobilität) angesichts steigendem Ressourcenbedarf für Kühlanlagen auf nachhaltige Weise erhöhen.
6	Resistenz des Materials/der Verkehrsinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschädigung der Infrastruktur durch hohe Temperaturunterschiede, Hitzeperioden und Extremwetterereignisse. ▪ Wärmere Winter mindern negative Wirkungen von Kälte und Eis, was tendenziell zu einem stabileren Betrieb im Winter führt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Widerstandsfähigkeit des Materials v.a. gegenüber Hitze fortlaufend prüfen. ▪ 'Lessons learned' aus anderen Regionen (z.B. mit höherer mittlerer Temperatur) berücksichtigen; relevante Akteure befragen.
7	Verdichtung vs. Platzbedarf im Strassenraum	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bevölkerungsanstieg erfordert Verdichtung im Stadtkern, was zu mehr Versiegelung führen kann. ▪ Risiko: Hitzeinsel-Problem verschärft sich, fehlender Abfluss bei Starkniederschlag. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grünflächen entlang Verkehrsachsen erhalten/schaffen. ▪ Hitzeinsel-Effekt vorbeugen (auch um Stadtflucht zu vermeiden).

Basis: Experteninterviews, Daten- und Dokumentenanalyse, Einordnungen des Projektteams.

Tabelle INFRAS.

6.3.7 Fazit und ‘Lessons learned’ für andere urbane Gebiete

Die Diskussionen zu möglichen Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf den Verkehrsbetrieb und die Verkehrsnachfrage im urbanen Raum gewinnen an Relevanz. Besonders deutlich wird das im Sommer, vor allem zu Hitzezeiten und in ‘Schönwetter-Perioden’ – und am Beispiel des Veloverkehrs. Mit Blick auf den Verkehr der Zukunft in Zürich – und in anderen Städten –, können auf Basis der Fallstudie mehrere Schlussfolgerungen getroffen werden, die hinsichtlich der verkehrlichen Entwicklung in Schweizer Städten von Nutzen sein könnten. Ein Überblick:

- **Tagesganglinien zeigen leichte Verschiebungen:** Basierend auf dem ‘Mikrozensus Mobilität und Verkehr’ aus dem Jahr 2015 können beim Vergleich zwischen Zürich und dem durchschnittlich etwas wärmeren Lugano verhältnismässig wenig Unterschiede festgestellt werden. Leichte Abweichungen ergeben sich beim Verkehrszweck ‘Arbeit’: morgens, mittags und abends sind die Verkehrsspitzen in Zürich jeweils knapp eine Stunde früher als in Lugano zu beobachten. Inwiefern dabei kulturelle oder klimatische Faktoren eine Rolle spielen, kann auf Basis der Daten nur gemutmasst werden. Zumindest die Daten zum Verkehrsverhalten zwecks Freizeit in den Sommermonaten lassen aber annehmen, dass klimatische Bedingungen zumindest im Verkehrsverhalten eine Rolle spielen: Demnach könnte die ‘Nachmittags-Delle’ in Lugano im Sommer darauf zurückzuführen sein, dass es in diesem Zeitraum etwa zu heiss für sportliche Aktivitäten ist (‘Siesta-Kultur’).
- **Klimatische Veränderungen beeinflussen die Verkehrssicherheit (indirekt):** Höhere Durchschnittstemperaturen und Trockenperioden führen zu einer Verlängerung der Velosaison. Das hat auch Konsequenzen auf die Sicherheit im Strassenverkehr. Die Kantonspolizei Zürich hat bei der Präsentation der Strassenverkehrsunfallstatistik 2018 einen Zusammenhang zwischen der gestiegenen Zahl schwerer Velounfälle in Zürich und der Hitze- und Trockenperiode des Jahres gezogen. Die im Rahmen dieser Fallstudie ausgewerteten Daten unterstreichen diese Annahme. Der Klimawandel wird die Nachfrage im Veloverkehr weiter erhöhen, mit möglichen Folgen für die Unfallzahlen. Ob nebst dem Mengeneffekt (Zunahme der Nachfrage dank schönerem Wetter und längerer Velosaison) auch die Hitze das Unfallrisiko im Strassenverkehr generell erhöht, konnte empirisch nicht bestätigt werden – die Vermutung liegt aber nahe. Die Zunahme der älteren Bevölkerung könnte diese Effekte noch verstärken, weil ältere Leute besonders stark von der Hitze betroffen sind, mit entsprechenden Folgen für ihre Verkehrssicherheit.
- **Betriebs- und Service-Level im ÖV mit technischen Schwierigkeiten konfrontiert:** Der interstädtische ÖV ist generell gegenüber klimatischen oder witterungsbedingten Herausforderungen gut gewappnet. Die Experteninterviews lassen aber auch darauf schliessen, dass die eigentlichen Herausforderungen insbesondere in technischen Details liegen – hier zeigen sich die Probleme vor allem an Hitzetagen (z.B. Funktionsfähigkeit von Klimaanlagen vs. Leistungsfähigkeit bzgl. Fahrzeugreichweite). Im Winter dürften sich die Schwierigkeiten aufgrund milderer Temperaturen eher verringern. All diese Aspekte gilt es aber im Auge zu behalten – vor allem auch mit Blick auf gegenseitiges Lernen. Von zentraler Bedeutung erscheint die zunehmende Platzkonkurrenz. Klimatische Veränderungen sind, zumindest bis zu einem gewissen Grad, mit ausschlaggebend dafür (mehr Veloverkehr, Beschattung etc.).
- **Verschiedene Herausforderungen überlagern sich:** Die Fallstudie beleuchtet einen Teil der relevanten Themen und wirft damit teilweise auch offene Fragen auf. Sie legt dar, dass der Klimawandel nicht der alleinige Treiber von Veränderungen im Verkehrsverhalten, der Verkehrssicherheit oder dem Betriebs- und Service-Level im ÖV in Zürich ist. Gleichzeitig unterstreichen die Ergebnisse aus den Experteninterviews und den Datenanalysen, dass die Herausforderungen vor allem aus der Überlagerung von mehreren ‘Problemen’ resultieren. Konkret: Das Wachstum der Bevölkerung in Zürich in Kombination mit zunehmenden sogenannten Hitzetagen verschärft die Folgen für den Verkehr.
- **Mit klimatischen Veränderungen gehen weitere Trends einher:** Generell ist zu beachten, dass Mobilitätstrends wie Sharing, On demand-Angebote, E-Bikes und Elektro-Scooter/E-Trottinets zunehmend Einzug in den städtischen Verkehr halten. Auf der An-

gebotsseite dürften Automatisierungs- und Digitalisierungsprozesse den Verkehr langfristig prägen. Massnahmen, etwa im Rahmen der «Strategie Stadtverkehr 2025» oder des «Massnahmenplans Anpassungen an den Klimawandel» beeinflussen direkt oder indirekt die verkehrliche Entwicklung in den kommenden Jahren. Hinzu kommt ein verändertes Nachhaltigkeits- und Gesundheitsbewusstsein der urbanen Bevölkerung. Ein zentrales Fazit daraus ist, dass (raum-)planerische Massnahmen (Siedlungsstruktur, Durchlüftung, Begrünung der Flächen zwischen Tram-Gleisen, Parkplätze aus Kies statt Asphalt etc., Bodenmaterialien) den Verkehr ebenfalls tangieren.

- **Zürich und Lugano bedingt vergleichbar, gegenseitiger Austausch aber sinnvoll:** Die Fallstudie zeigt auf, dass Zürich und Lugano nur bedingt vergleichbar sind, etwa weil der ÖV oder der Veloverkehr in Lugano von geringer Bedeutung ist. Ein verstärkter gegenseitiger Austausch urbaner Gemeinden in der Schweiz erscheint aber durchaus sinnvoll, etwa mit Blick auf mögliche Auswirkungen der Hitze auf die verkehrliche Infrastruktur und deren Kapazitäten.

7 Synthese

Die Schweiz gilt als Land mit einem aussergewöhnlich stabilem Verkehrssystem. Umso relevanter ist es, diese Stabilität auch in Zukunft zu sichern – und besonderen Handlungsdruck zu erkennen. Steigende Temperaturen, Starkniederschläge und Hitzewellen stellen Verkehrsinfrastruktur und -betrieb vor neue Herausforderungen – und damit auch die Verkehrspolitik, -planung und -forschung. Zudem beeinflusst der Klimawandel das Verkehrsverhalten. Doch wie äussert sich das langfristig? Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz im Jahr 2060 aus? Mit diesen Fragen hat sich die vorliegende Studie auseinandergesetzt. Dazu haben wir Wirkungsketten identifiziert, eine Wirkungsanalyse durchgeführt, konkrete Fallbeispiele untersucht und uns mit diversen Expertinnen und Experten im Rahmen von Workshops und Interviews ausgetauscht. Auf Basis dieser Grundlagen konnten folgende übergeordneten Erkenntnisse gewonnen werden. Spezifische Erkenntnisse werden in den folgenden Teilkapiteln erläutert.

1. Weshalb muss uns 2060 schon heute interessieren? Viele Auswirkungen des Klimawandels werden im Verkehr erst «morgen» spürbar sein, Handlungsbedarf besteht jedoch schon heute. Projekte im Bereich Verkehr und Raumentwicklung sind zeitintensiv und brauchen eine lange Vorlaufzeit für Planung, Bewilligung und Umsetzung. Auch haben Infrastrukturen oft eine Lebensdauer von 40 Jahren und mehr. Zudem bekommt das Alpenland Schweiz bereits heute klimatische Veränderungen stark zu spüren. Diese Entwicklung könnte sich in Zukunft, insbesondere bei Abwesenheit umfassender Massnahmen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen, massiv verschärfen – mit erheblichen Folgen für Verkehrsinfrastruktur, -betrieb und das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung. Obwohl die Unsicherheiten erheblich sind, wie sich der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage in vier Jahrzehnten auswirken könnte, wagt die vorliegende Studie diesen Blick voraus. Die Ergebnisse tragen dazu bei, zukünftige Herausforderungen für das Verkehrssystem in der Schweiz frühzeitig zu erkennen, kritische Themen und exponierte Regionen zu identifizieren und wichtige Handlungsmassnahmen zu antizipieren, die in den kommenden Jahren und Jahrzehnten notwendig werden.

2. Klimatische Veränderungen wirken sich auf den Verkehr in der gesamten Schweiz aus, regional bestehen aber erhebliche Unterschiede. Von steigenden Temperaturen sind alle Regionen betroffen. Lokal kann sich das aber unterschiedlich auf Verkehrsinfrastruktur, -betrieb und -nachfrage auswirken. Die Wechselwirkungen können erheblich sein – etwa was die Verkehrsnachfrage zwischen verschiedenen Raumtypen betrifft, die Systemstabilität und die Verteilungswirkungen. Diese Studie versucht, dieser Diversität mit der Analyse verschiedener Szenarien entlang der drei Raumtypen Stadt, Land und Berggebiete gerecht zu werden. Die Analyse zeigt, dass trotz einer gewissen Vergleichbarkeit selbst innerhalb gleicher Raumtypen erhebliche Differenzen bestehen und somit die konkreten Folgen fallweise betrachtet werden müssen, wie dies in den Fallstudien gemacht wurde. Die Ergebnisse der Wirkungsanalyse und der Fallstudien verdeutlichen aber gleichzeitig, von welcher hohen Relevanz übergeordnete Handlungsmassnahmen sind, um klimabedingte Risiken für den Verkehr verhindern oder vermeiden zu können.

3. Der Klimawandel beeinflusst das Verkehrssystem der Zukunft spürbar – in Abhängigkeit mit anderen Zukunftstrends. Nebst dem Klimawandel wird der Verkehr in den nächsten 40 Jahren durch verschiedene andere, übergeordnete Trends und Entwicklungen beeinflusst. Im Rahmen dieser Studie, insbesondere im Rahmen der Experteninterviews, ist deutlich geworden, dass die verkehrlichen Wirkungen des Klimawandels in Wechselwirkung mit weiteren Treibern und Zukunftstrends stehen – etwa der Automatisierung und Digitalisierung mit den daraus folgenden neuen Angebotsformen im Verkehr sowie der demographischen Entwicklung (v.a. Bevölkerungswachstum) – die in anderen Projekten dieses Forschungspakets behandelt werden (vgl. Kapitel 7.3). Beispielsweise helfen neue, intelligente Lösungen im Mobilitätsbereich, die Zuverlässigkeit und Flexibilität der Verkehrssysteme hoch zu halten und somit Einschränkungen infolge des Klimawandels (Risiken, verringerte Zuverlässigkeit) abzufedern. Ebenfalls können neue Lösungen v.a. im Bereich Automation Kosten sparen und so Kostensteigerungen infolge teurer Klimaanpassungsmassnahmen abfedern.

7.1 Kernaussagen: Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf den Verkehr?

Basierend auf den Erkenntnissen der verschiedenen Arbeitsschritte im Rahmen der vorliegenden Studie lassen sich folgende zentralen Erkenntnisse in der Form von Kernaussagen zusammenfassen. Die Tab. 43 zeigt eine Übersicht dieser Kernaussagen. Diese zentralen Aussagen werden danach genauer beschrieben.

Tab. 43: Übersicht Kernaussagen: Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr

Kernaussagen		Themenfeld
1. 	Suche nach Kühle: Zunahme Freizeitverkehr und häufigere Verkehrsspitzen	
2. 	Multilokales Wohnen nimmt zu – gut erschlossene Berggebiete werden als Wohnsitz attraktiver	Hitze in den Städten
3. 	Attraktivität städtischer Gebiete sinkt, Druck aufs Land steigt	
4. 	Zuverlässigkeit im Verkehr sinkt – Güterverkehr besonders herausgefordert	Infrastruktur und Verkehrsbetrieb
5. 	Kühlungsbedarf steigt, Hitzeschäden nehmen zu	Infrastruktur und Verkehrsbetrieb
6. 	Starke Nachfragesteigerung im Veloverkehr – mit potenziell negativen Unfallfolgen	Langsamverkehr
7. 	Der Tourismus profitiert – je nach Region und Jahreszeit gibt es aber auch Verlierer	Tourismus
8. 	Verkehrsinfrastruktur wird teurer – Transportkosten steigen	Ökonomische Folgen
9. 	Mittelkonkurrenz zwischen den Regionen nimmt zu	Ökonomische Folgen

Tabelle INFRAS.

Wichtig ist: Die dargestellten Wirkungen beziehen sich immer auf ein Szenario mit starkem Klimawandel (entspricht je nach Umfang der Anpassungsmassnahmen den Szenarien 'Laissez-faire' oder 'Anpassung'). Die Beschreibung der Wirkungen erfolgt im Folgenden – wie im gesamten Bericht – immer im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 ohne fortgeschrittenen Klimawandel (d.h. unter heutigen klimatischen Rahmenbedingungen).

1. Suche nach Kühle: Zunahme Freizeitverkehr und häufigere Verkehrsspitzen



Zunehmende Sommerhitze führt zu einem steigenden Bedürfnis nach Kühle. In Folge wächst der Freizeitverkehr aus der Stadt in Berggebiete, ländliche Regionen und an Gewässer. Vor allem an Wochenenden im Sommer nehmen die Verkehrsspitzen deutlich zu.

- Aufgrund der zunehmenden Sommerhitze sinkt die Attraktivität der Städte markant. In den Sommermonaten nimmt die **Flucht aus der Stadt** zu: Auf der Suche nach Kühle, Grün und Gewässern (Seen, Flüsse) fahren Bewohner aus den Städten und Agglomerationen häufiger und oft auch für kürzere Zeit in die Berggebiete sowie aufs Land.
- Die Folge davon sind deutlich **wachsende Verkehrsströme im Freizeitverkehr**. Insbesondere der Tagestourismus an Wochenenden sowie Kurzferien in Berggebieten und ländlichen Regionen nehmen deutlich zu. Zur Illustration: An Spitzentagen kann die Nachfragersteigerung in touristisch attraktiven Berggebieten bis zu +50% betragen, wie das Fallbeispiel Engelberg gezeigt hat. Reiseentscheidungen erfolgen – wetter- und temperaturbedingt – oft kurzfristig. Im Sommer sind leichte **Verschiebungen im Tagesgang** und somit der Verkehrsspitzen möglich (früher am Morgen, später am Abend).
- Die Nachfrage im Freizeit- und Tourismusverkehr steigt. Dadurch nimmt die Verkehrsnachfrage im Sommer auf den Zufahrten in die und innerhalb der Berge deutlich zu. In der Folge steigen Anzahl und **Intensität der Verkehrsspitzen** in der (längeren) Sommerperiode. Betroffen sind sowohl der öffentliche Verkehr als auch der Individualverkehr. Überlastungen und Kapazitätsengpässe auf Autobahnen und Hauptstrassenzufahrten in Berggebiete sowie auf der Schiene nehmen im Sommer Ausmasse an, wie man sie heute punktuell in Wintermonaten mit dem Wintertourismus kennt (An- & Abreiseverkehrsspitzen morgens und abends am Wochenende von Freitag bis Sonntag).

2. Multilokales Wohnen nimmt zu – gut erschlossene Berggebiete werden als Wohnsitz attraktiver



Die Suche nach Sommerfrische steigert die Attraktivität der gut erschlossenen Berggebiete sowie der Voralpen als Wohnort. Im Sommer kühlere Gebiete gewinnen als Erst- und Zweitwohnsitz an Bedeutung. Multilokales Wohnen ist immer häufiger verbreitet. Der Pendelverkehr zwischen urbanen Gebieten und Berggebieten nimmt zu.

- Berggebiete werden als **temporärer oder dauerhafter Wohnsitz** attraktiver – dank kühlerer Temperaturen im Vergleich zu Städten. Immer mehr Leute leben dauerhaft oder für einen Teil des Jahres in verkehrlich gut erschlossenen Berggebieten oder den Voralpen, auch dann, wenn sich ihr Arbeitsplatz in urbanen Gebieten befindet. Die Nachfrage nach Wohnraum in Berggebieten wird entsprechend zunehmen. Immer öfter werden auch Zweitwohnungen als Erstwohnsitz genutzt. Diese Entwicklung wird durch die zunehmende Digitalisierung unterstützt.
- **Multilokales Wohnen** liegt zunehmend im Trend. Treiber dafür ist nebst der technologischen Entwicklung und der zunehmenden Akzeptanz von räumlich-zeitlich flexiblem Arbeiten auch der Klimawandel. Er erhöht die Attraktivität der Berggebiete insbesondere im Sommer ('Suche nach Sommerfrische'), aber teilweise auch im Winter ('Suche nach Schnee und Sonne'). Dieser Trend nützt allerdings primär den gut erschlossenen Berggebieten, während sehr periphere Gebiete und Täler davon weniger profitieren. Ärmere Haushalte können sich diese Art der Anpassung nicht leisten.
- Auch wenn Telearbeit an Relevanz gewinnt, führt die zunehmende Attraktivität der Berggebiete zu einem **Anstieg des Pendlerverkehrs** zwischen Berggebieten und dem Mittelland, insbesondere städtischen Agglomerationen. Die erhöhte Verkehrsnachfrage werktags zu Spitzenzeiten erfordert einen wachsenden Bedarf an Verkehrsangeboten (und punktuell sogar neuen Infrastrukturen). Besonders betroffen ist der öffentliche Verkehr zwischen Berggebieten und Städten, der bisher hauptsächlich auf die Wochenen-

den sowie die Winterspitzen ausgerichtet ist. Auch im Ortsverkehr besteht Handlungsbedarf. Neue Angebotsformen an der Schnittstelle von ÖV und MIV – zum Beispiel automatisierte Shuttles ('Robo-Vans' oder 'Robo-Taxis') – können bei der Deckung dieser zusätzlichen Mobilitätsbedürfnisse eine wichtige und hilfreiche Rolle spielen. Insgesamt gilt es zu betonen, dass die Nachfrageeffekte im Pendlerverkehr weniger ausgeprägt sein werden als die Folgen im Freizeitverkehr.

3. Attraktivität städtischer Gebiete als Wohnort sinkt, Druck aufs Land steigt



Die zunehmende Hitze in städtischen Agglomerationen führt nicht nur zu mehr Freizeitverkehr in kühlere Gebiete, sondern auch zu einer steigenden Attraktivität ländlicher Gebiete in der Nähe städtischer Zentren als Wohnort. Entsprechend wächst der Siedlungsdruck im ländlichen Raum, die Pendlerströme zwischen Land und städtischen Agglomerationen nehmen zu.

- Die Sommerhitze wirkt sich nicht nur auf das Freizeitverhalten in den Städten aus: Auch als Wohnort verlieren städtische Agglomerationen aufgrund der Hitze deutlich an Attraktivität. Auf der anderen Seite gewinnen ländliche Gebiete an Bedeutung. Insbesondere wenn eine wirksame Anpassung der Städte an die Sommerhitze ausbleibt, werden zukünftig aufgrund des Klimawandels **mehr Leute aufs Land** ziehen.
- Der Siedlungsdruck in ländlichen Gebieten nimmt zu und parallel dazu der Pendlerverkehr zwischen ländlichen Gebieten und städtischen Agglomerationen. Folglich steigt der Druck zum **Bau zusätzlicher Verkehrsinfrastrukturen** bei Strasse und Schiene sowie für einen Angebotsausbau im ÖV. Diese Wirkungen fördern die Zersiedelung und führen zu einer Zunahme der Verkehrskosten.
- Wenn es den Städten gelingt, wirksame Anpassungsmassnahmen gegen die Hitze umzusetzen, mindert sich der Siedlungs- und Verkehrsdruck von der Stadt aufs Land. Umgekehrt können ländliche Zentren **als Wohn- und Arbeitsräume** an Bedeutung gewinnen, indem sie gezielt die Vorteile ländlicher Räume gegenüber Stadtgebieten stärken.

4. Zuverlässigkeit im Verkehr sinkt – Güterverkehr besonders herausgefordert



Zunehmende Extremwetterereignisse beeinträchtigen die Verkehrsinfrastruktur und den Verkehrsbetrieb direkt oder indirekt. Infolge sinkt die Zuverlässigkeit («Level of Service»). Gleichzeitig nehmen Betriebs- und Unterhalts- sowie Investitionskosten für Anpassungsmassnahmen deutlich zu. Besonders betroffen ist der Güterverkehr: dessen Attraktivität wird verringert, die Transportkosten steigen, die Nachfrage wird gedämpft.

- Das steigende Risiko für Extremwetterereignisse (Starkniederschläge, Überschwemmungen, Hitzewellen, Stürme, Murgänge, Lawinen etc.) führt zu einer **Zunahme der Schäden** an Verkehrsinfrastrukturen. Blockierte und beschädigte Infrastrukturen mindern die Zuverlässigkeit und Planbarkeit des Verkehrs und führen zu Zeitverlusten. Bei der Zufahrt in Berggebiete können Streckensperrungen bei mangelnden Alternativrouten besonders problematisch sein (abgeschnittene Zufahrtswege).
- Nebst den Verkehrsinfrastrukturen ist auch der Verkehrsbetrieb direkt von Extremereignissen betroffen: Technische Beeinträchtigungen an Fahrzeugen im privaten und öffentlichen Verkehr durch Extremereignisse und Hitze mindern deren Verfügbarkeit, was zu **höheren Verkehrskosten** sowie einer verringerten Nachfrage führt.
- Speziell betroffen ist der Güterverkehr, sowohl direkt im Betrieb (Unterbruch von Kühlketten, technische Verfügbarkeit Fahrzeuge, Wasserschäden etc.), als auch indirekt infolge beeinträchtigter Verkehrsinfrastrukturen auf Strasse und Schiene. Die **betrieblichen Beeinträchtigungen** mindern die Zuverlässigkeit des Güterverkehrs (z.B. unterbrochene Lieferketten, längere Transportzeiten).
- Die Transportkosten im Güterverkehr werden insgesamt steigen. Einerseits erhöhen die Beeinträchtigungen und verminderte Zuverlässigkeit die Kosten, andererseits sind

Anpassungsmassnahmen ebenfalls mit erheblichen Kosten verbunden. Der Klimawandel wird sich langfristig **dämpfend auf die Güterverkehrsnachfrage** auswirken.

- Überdurchschnittlich stark betroffen ist der Verkehr über grössere Distanzen (Personen- und Güterverkehr), während der lokale Verkehr dank **mehr Alternativen** weniger beeinflusst wird. Sinkende Zuverlässigkeit und steigende Kosten führen zu einer Stärkung der kurzen Wege sowie der lokalen Wertschöpfung.

5. Kühlungsbedarf steigt, Hitzeschäden nehmen zu



Die Sommerhitze erschwert den Betrieb der Verkehrsmittel. Einerseits steigt der Kühlungsbedarf für Fahrgäste, Güter und technische Anlagen. Andererseits erhöht sich das Risiko für technische Störungen und Ausfälle. Aber: Dank milderer Temperaturen sinkt die Anfälligkeit für technische Störungen im Winter.

- **Hitzeperioden** beeinträchtigen den Betrieb im Schienen- und Strassenverkehr zunehmend. Schäden an Fahrbahn (Asphalt, Gleise) und technischer Infrastruktur nehmen zu. Die Zuverlässigkeit im Verkehrsbetrieb sinkt (Strasse und Schiene).
- Herausforderungen stellen sich nicht nur bei der Infrastruktur, sondern auch beim Verkehrsbetrieb: Besondere Anstrengungen sind nötig, um das Service-Level im gewerblichen Verkehr (ÖV, Güterverkehr) zu halten und sicherzustellen. Besonders wichtig wird der **Kühlungsbedarf** – für Verkehrsteilnehmende, Güter und technische Infrastruktur – mit entsprechenden Kostenfolgen.
- Im **Winter** dagegen wirkt sich der Klimawandel positiv auf den Verkehrsbetrieb aus: Technische Störungen und Ausfälle von Fahrzeugen und Infrastrukturen infolge Kälte und Schnee nehmen in dieser Jahreszeit deutlich ab.

6. Starke Nachfragesteigerung im Veloverkehr – mit potenziell negativen Unfallfolgen



Der Klimawandel trägt zu einer insgesamt deutlichen Steigerung der Nachfrage im Veloverkehr sowie bei E-Bikes und anderen fahrzeugähnlichen Geräten bei. Kürzere und mildere Winter verlängern die Velosaison. Dadurch kommt es aber auch zu mehr Velounfällen. Das erfordert zusätzliche Veloinfrastrukturen und Sicherheitsmassnahmen.

- Die letzten, überdurchschnittlich warmen Jahre und Hitzesommer haben gezeigt: Der Klimawandel **begünstigt den Veloverkehr** und führt zu einer starken Nachfragesteigerung – vor allem in städtischen Agglomerationen, etwas weniger ausgeprägt aber auch im ländlichen Raum. Zur Illustration: Die Nachfragesteigerung im Veloverkehr infolge Klimawandel kann in der Grössenordnung von +50% bis +100% gegenüber einer Situation ohne Klimawandel liegen, wie das Fallbeispiel Zürich gezeigt hat.
- Der Veloverkehr profitiert vor allem von kürzeren und schwächeren Wintern mit weniger Schnee, Eisglätte und Kälte. Damit **verlängert sich die Saison** für Velos sowie für E-Bikes, Motorräder und fahrzeugähnliche Geräte (z.B. Trottinette, Scooter). Immer öfter wird das Velo auch ganzjährig verwendet und im Winter nur noch in Einzelfällen darauf verzichtet. Ein weiterer Grund für die Nachfragesteigerung ist die Zunahme an trockenen und warmen Tagen im Sommerhalbjahr. Das Velo sowie andere Zweiräder gewinnen als Verkehrsmittel an Attraktivität.
- Eine negative Folge der Nachfragesteigerung im Veloverkehr ist die **Zunahme der Unfälle**. Velos haben heute im Vergleich zum MIV und ÖV ein höheres Unfallrisiko mit Verletzungsfolgen (bezogen auf die Verkehrsleistung). Um dieses zu mindern, insbesondere bei der erwarteten, deutlichen Zunahme des Veloverkehrs, sind zusätzliche Investitionen in die Veloinfrastruktur und Verkehrssicherheitsmassnahmen notwendig.

- Nebst dem Mengeneffekt durch die höhere Nachfrage im Veloverkehr erhöht auch die Hitze im Sommer mutmasslich das **Unfallrisiko** – im Langsamverkehr und im motorisierten Verkehr. Auf der anderen Seite sinkt künftig das Unfallrisiko im Winter aufgrund weniger Eisglätte und Schnee, nicht nur für den motorisierten Strassenverkehr, sondern insbesondere auch für Fussgänger.

7. Der Tourismus profitiert – je nach Region und Jahreszeit gibt es aber auch Verlierer



Die Auswirkungen des Klimawandels auf die touristische Nachfrage und folglich den Verkehr unterscheiden sich je nach Region und Jahreszeit sehr stark. Im Sommer wird die Nachfrage in den Berggebieten deutlich zunehmen, im Winter tendenziell abnehmen und sich auf höher gelegene Gebiete konzentrieren.

- Der Sommertourismus in den Bergen profitiert deutlich von der zunehmenden Sommerhitze. Einerseits führt die Hitze in Städten und dem Mittelland zu einer steigenden Nachfrage nach **Tagesausflügen und Kurzferien in den Bergen**. Andererseits steigt die Attraktivität der kühleren Berggebiete als Destination für längere Sommerferien bei in- und ausländischen Touristen – vor allem im Vergleich zu wegen weltweitem Klimawandel hitzegeplagten oder Extremwetter gefährdeten Feriendestinationen (z.B. Mittelmeerregion, weltweit Küstenstädte oder Inseln). Die Folge davon ist eine zunehmende Verkehrsnachfrage im Sommer mit häufigeren und ausgeprägteren Verkehrsspitzen.
- Besonders stark profitieren **Destinationen mit guter Verkehrserschliessung** und einer gewissen Nähe zu einer grösseren Stadt/Agglomeration.
- Eher einen Rückgang im Sommertourismus werden dagegen die Städte verzeichnen. Aufgrund der Hitze verlieren sie an Attraktivität. Dagegen dürften zukünftig **Städtereisen** in die Schweiz im Winterhalbjahr dank des milderen Klimas attraktiver werden.
- In den Berggebieten führt der Klimawandel insgesamt zu einem **Nachfragerückgang im Wintertourismus**, insbesondere beim klassischen Wintersport. Die Wirkungen unterscheiden sich aber je nach Region und Destination deutlich:
 - In einigen Destinationen wird der Wintersport aufgrund der **abnehmenden Schneesicherheit** ganz verschwinden oder sich auf Nischen (z.B. Winterwandern) konzentrieren. In diesen Gebieten wird die Verkehrsnachfrage im Winter deutlich sinken.
 - Andere Destinationen dagegen profitieren von ihrer höheren Lage und dem **relativen Vorteil** gegenüber der Konkurrenz. Allerdings wird die Zahl dieser Destinationen laufend abnehmen. Zudem werden auch diese Destinationen neue Alternativangebote schaffen müssen, weil der klassische Skitourismus als Massenphänomen abnimmt. In verkehrlicher Sicht dürfte davon der ÖV profitieren, der bisher im Skitourismus gegenüber dem Auto einen Nachteil hat (v.a. wegen Gepäcktransport). Der Klimawandel verstärkt hier einen Trend, der durch den gesellschaftlichen Wandel bereits einen wichtigen Treiber aufweist.
- Der insgesamt positive Effekt auf den Tourismus kann aber nur dann realisiert werden, wenn entsprechende **Anpassungsmassnahmen** im Bereich der touristischen und verkehrlichen Infrastruktur (Sicherheit/Risikominderung, Sicherstellung Erschliessung, alternative Angebote etc.) umgesetzt werden.

8. Verkehrsinfrastruktur wird teurer – Transportkosten steigen



Der Klimawandel erhöht den Bedarf nach zusätzlichen Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur sowie in den Verkehrsbetrieb zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Erreichbarkeit. Der Finanzierungsbedarf im Verkehr steigt deutlich an, die Transportkosten steigen.

- Beeinträchtigungen der Verkehrsinfrastruktur und des Verkehrsbetriebs durch klimabedingte Extremereignisse erfordern zunehmend **Anpassungs- und Reparaturmass-**

- nahmen** und erhöhen den **Unterhaltsbedarf**. Auch für das Gefahren- und Risikomanagement sind zusätzliche Investitionen nötig. Zudem erhöhen zunehmende Infrastrukturstörungen und -schäden den Bedarf an alternativen Infrastrukturen (Parallelrouten).
- Ebenfalls betroffen sind **touristische Infrastrukturen**, vor allem in Berggebieten. Der Rückgang des Permafrosts, erhöhte Lawinengefahr und steigende Schneesicherheitslinien erfordern zusätzliche Investitionen in entsprechende Infrastrukturen.
 - Diese infrastrukturellen und betrieblichen Massnahmen führen einerseits zu höheren Transportkosten und andererseits zu erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten. Insgesamt steigt der Anteil der **verkehrsbedingten Ausgaben** an den Gesamtausgaben der Volkswirtschaft. Dies ist verbunden mit einer Zunahme der Verkehrskosten pro Leistungseinheit und einer entsprechend sinkenden Produktivität des Verkehrssektors.
Eine neue Studie des UVEK schätzt, dass die Zunahme der infrastrukturbedingten Kosten des Klimawandels im Strassen- und Schienenverkehr jährlich im zweistelligen bis maximal tiefen dreistelligen Millionenbereich liegen, wobei die Unsicherheiten noch sehr gross sind (Jaag & Schnyder 2019).
 - Der Klimawandel erhöht zudem die **Flächenkonkurrenz**. Einerseits steigt der Flächenbedarf für verkehrliche Infrastrukturen (z.B. alternative Infrastrukturen/Routen, zusätzliche Veloinfrastrukturen) und deren Sicherungsbauwerke. Andererseits erhöht sich in Städten der Platzbedarf im Strassenraum infolge von Anpassungsmassnahmen an die Hitze (Grünflächen, breitere Strassen für Durchlüftung und stärkere Begrünung).

9. Mittelkonkurrenz zwischen den Regionen nimmt zu



Verschiedene Regionen und soziale Gruppen sind unterschiedlich stark von den negativen Folgen des Klimawandels auf den Verkehr – steigende Kosten, sinkende Zuverlässigkeit und schlechtere Erreichbarkeit – betroffen. Periphere Gebiete und einkommensschwache Haushalte spüren die negativen Folgen besonders. Der wachsende Finanzbedarf im Verkehr führt zu einer zunehmenden Mittelkonkurrenz mit anderen Politikfeldern sowie zu Verteilungskonflikten zwischen einzelnen Regionen.

- Steigende Transportkosten im Personen- und Güterverkehr als Folge des Klimawandels führen zu einer **Verteuerung** der Mobilität sowie von Gütern. Das bremst die Kostensenkungspotenziale und Effizienzgewinne von Automatisierungs- und Digitalisierungstrends im Verkehrssektor. Diese Kostenzunahme trifft tiefere Einkommen tendenziell stärker. Insbesondere einkommensschwache Haushalte mit geringer zeitlicher Flexibilität (z.B. aufgrund nicht flexibler Arbeitszeiten) sind überdurchschnittlich betroffen.
- Von infrastrukturbedingten Kosten, sinkender Zuverlässigkeit und steigenden Transportkosten sind nicht alle Regionen gleichermassen betroffen. Besonders stark wirken sich diese Faktoren in peripheren Gebieten (im ländlichen Raum sowie Berggebieten) aus, in denen die Verkehrsnachfrage gedämpft wird. **Regionale Disparitäten** und **Verteilungsfragen** verschärfen sich.
- Die höheren Ausgaben der öffentlichen Hand für den Verkehrsbereich führen überdies zu **Mittelkonkurrenz** mit anderen Politikfeldern wie z.B. Gesundheit oder soziale Sicherheit. Einkommensschwächere Haushalte sind auch hier infolge möglicher Verdrängungseffekte in anderen Politikfeldern stärker betroffen.
- Verteilungskonflikte zwischen und innerhalb von Regionen um knappe öffentliche finanzielle Ressourcen nehmen zu, vor allem hinsichtlich des Ausbaus und Erhalts von Infrastrukturen bzw. zur Erschliessung. Insbesondere die peripheren, weniger gut erschlossenen Gebiete (in den Bergen und auf dem Land) sind stärker betroffen – während andere Regionen profitieren. Die Frage «Was können und wollen wir uns leisten?» gewinnt an Bedeutung und kann dazu führen, dass in gewissen Gebieten auf **Ausbau- und Erhaltungsmassnahmen** im Bereich der Verkehrsinfrastruktur verzichtet wird.

Die beschriebenen Kernaussagen beziehen sich auf ein Szenario mit starkem Klimawandel, was den Szenarien 'Laissez-faire' oder 'Anpassung' dieser Studie entspricht. Im Falle

eines Szenarios mit umfassender Vermeidung wären die beschriebenen verkehrlichen Folgen deutlich abgeschwächt und zum Teil erheblich anders (vgl. dazu Kap. 5.5.1).

7.2 Gesamtwirkung auf die Verkehrsnachfrage

Wie wirkt sich der Klimawandel insgesamt auf die Verkehrsnachfrage in der Schweiz aus? Kapitel 7.1 hat die zentralen Wirkungen des Klimawandels auf den Verkehr als thematisch gruppierte Kernaussagen dargestellt. Kapitel 7.2 fasst nun die erwarteten Wirkungen auf die Verkehrsnachfrage entlang der verschiedenen Verkehrsarten bzw. -zwecke zusammen. Die Wirkungen werden relevanzorientiert differenziert (d.h. die besonders vom Klimawandel betroffenen Bereiche werden detaillierter dargestellt). Dargestellt werden die Wirkungen in einem Szenario mit starkem Klimawandel (entspricht je nach Umfang der Anpassungsmassnahmen den Szenarien 'Laissez-faire' oder 'Anpassung').

Die vorliegende Studie erörtert die Wirkungen des Klimawandels im Jahr 2060 weitgehend qualitativ. Hintergrund ist, dass die Wirkungen einzelner Effekte des Klimawandels auf einzelne Verkehrsbereiche sehr unterschiedlich sind. Eine Quantifizierung würde angesichts der langen Zeitspanne und der diversen Einflussfaktoren eine Scheingenauigkeit suggerieren. Letztlich würde dies aus unserer Sicht von wichtigen qualitativen Erkenntnissen, etwa auf Basis der Expertenworkshops und -interviews, ablenken.

Nichtsdestotrotz ermöglichen die gewonnenen Erkenntnisse, die Relevanz des Klimawandels für einzelne Verkehrsbereiche zu benennen. Zudem kann die Wirkungsrichtung der Effekte des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage (dämpfend, steigernd) abgeschätzt werden. Die folgende Tabelle fasst die Resultate zusammen. Die Beschreibung der Wirkungen erfolgt – wie in der gesamten Studie – im Vergleich zu einem zukünftigen Zustand 2060 ohne fortgeschrittenen Klimawandel, das heisst unter heutigen Rahmenbedingungen. Mit Blick auf die gesamte Mobilität ist zu erwarten, dass der Klimawandel vor allem zu einem substantiellen Anstieg des Freizeit- und Langsamverkehrs führt. Zudem werden, insbesondere im Freizeitverkehr in Tourismusgebieten, die tageszeitlichen Spitzen noch deutlich verschärft, vor allem am Wochenende.

Im Vergleich zu den anderen – im Rahmen dieses Forschungspakets – beleuchteten Treibern 'Technologische Entwicklung', 'Demografie' und 'Raumentwicklung' (vgl. hierzu auch Kapitel 7.3) ist davon auszugehen, dass der Klimawandel die absolute Entwicklung der Verkehrsnachfrage deutlich weniger stark beeinflusst. Die Relevanz dürfte jedoch deutlich höher sein, sollten exogene Klimaereignisse in hoher Intensität auftreten. Sollte beispielsweise infolge von Klimakatastrophen die Zahl der Klimaflüchtlinge in die Schweiz steigen (hier nicht weiter vertieft), könnte das je nach Intensität zusätzliche Auswirkungen auf den Verkehrsbereich haben. Relevanter als eine Veränderung des absoluten Nachfrageniveaus sind jedoch strukturelle Effekte, insbesondere die Nachfragespitzen im Sommerhalbjahr auf Freizeitkorridoren sowie Veränderungen im Tagesgang.

Modale Verschiebungen aufgrund des Klimawandels können nicht generell erwartet werden – mit Ausnahme des Veloverkehrs (und z.T. Fussverkehrs, z.B. in milden Wintern), dessen Nachfrage deutlich positiv vom Klimawandel beeinflusst wird. Im Winter dürfte der MIV tendenziell etwas profitieren, weil es aufgrund abnehmender Schneefallhäufigkeit und Glätte weniger sicherheitsbedingte Umsteiger vom MIV auf den ÖV gibt. Im Freizeitverkehr sind modale Aussagen schwierig zu treffen. Weitere Aussagen zu modalen Verschiebungen zwischen MIV und ÖV bis 2060 aufgrund des Klimawandels lassen sich kaum machen, insbesondere weil sich bis 2060 MIV und ÖV aufgrund neuer Angebotsformen zum Teil vermischen werden.

Die hier beschriebenen Wirkungen beziehen sich auf ein Szenario mit starkem Klimawandel, was den Szenarien 'Laissez-faire' oder 'Anpassung' dieser Studie entspricht. Im Falle eines umfassenden Vermeidungsszenarios wären die verkehrlichen Folgen zum Teil erheblich anders. Beispielsweise würde der öffentliche Verkehr deutlich stärker zunehmen, dafür die Gesamtverkehrsnachfrage sinken. Die nach den drei Szenarien differenzierten verkehrlichen Wirkungen sind im Kap. 5.5.1 im Detail dargestellt. Hier in der Synthese liegt der Fokus auf den verkehrlichen Folgen eines starken Klimawandels.

Tab. 44: Synthese – Wirkung auf die Verkehrsnachfrage

Verkehrsbereich	Relevanz Klimawandel für Verkehrsnachfrage	Wirkrichtung	Erläuterung der wichtigsten Wirkungen
Freizeitverkehr Sommer	●●●●●	++	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sommerhitze (Suche nach Kühle) führt zu steigender Nachfrage zwischen Städten und Berggebieten bzw. ländlichen Räumen, v.a. am Wochenende. Zunahme der Verkehrsspitzen zwischen Städten und Erholungsgebieten. ▪ Ebenfalls zunehmende Verkehrsnachfrage infolge deutlich steigender Tourismuskategorie für Ferien in den Bergen (aus In- und Ausland). ▪ <i>Quantitativ-illustrative Einschätzung:</i> <i>Basierend auf der Fallstudie Engelberg halten wir in gut erschlossenen und touristisch attraktiven Berggebieten eine Nachfragesteigerung an Spitzentagen im Sommer von bis zu +50 Prozent gegenüber einer Situation ohne Klimawandel für möglich. Geringer könnte die Nachfrage ausfallen, wenn die Freizeit- und Tourismusdestinationen bewusst versuchen, den Verkehr zu steuern respektive die Gästezahl zu limitieren, um eine mögliche 'Überlast' zu vermeiden.</i>
Freizeitverkehr Winter			
Berggebiete	●●●●○	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insgesamt leicht sinkende Nachfrage. Der Wintertourismus büsst infolge Klimawandel an Nachfrage ein. Dieser Trend dürfte überwiegen. Andererseits steigt die Wettbewerbsfähigkeit des Schweizer Wintertourismus gegenüber dem Ausland dank vieler hoch gelegener Skigebiete. ▪ Die Wirkungen sind allerdings je nach Region sehr unterschiedlich: Hoch gelegene Gebiete mit gut ausgebauter Wintersportinfrastruktur dürften tendenziell profitieren bzw. ihr Nachfragerückgang kann aufgefangen werden. In anderen Gebieten wird die Nachfrage deutlich gedämpft.
städt. & ländl. Gebiete	●○○○○	+	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Effekt des Klimawandels auf den winterlichen Freizeitverkehr ausserhalb der Berggebiete ist eher gering. Infolge milderer Winter dürfte die Freizeitaktivität im Freien in tiefen Lagen – und folglich der Freizeitverkehr – stiegen.
Pendlerverkehr	●●○○○	+	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ohne Anpassung sinkt die Attraktivität der Städte als Wohnort gegenüber dem Land. Zudem nimmt multilokales Wohnen (v.a. in den Bergen) zu. Diese Effekte führen zu einer höheren Nachfrage im Pendlerverkehr. ▪ Dämpfend auf die Nachfrage wirken jedoch die sinkende Zuverlässigkeit sowie die steigenden Transportkosten. ▪ Tageszeitliche Verschiebungen (Tagesgang) im Sommer können dazu führen, dass die Spitzen etwas verschoben (früher am Morgen, später am Abend) und somit geglättet werden. ▪ Insgesamt ist die Relevanz des Klimawandels für den Pendlerverkehr aber geringer als für den Freizeitverkehr. ▪ <i>Quantitativ-illustrative Einschätzung:</i> <i>Basierend auf der Fallstudie Zürich halten wir es für denkbar, dass eine weitere 'Mediterranisierung' des Klimas und Lebensstils zu einer Verschiebung des Pendlerverkehrs in die späteren Abendstunden führen wird. (inkl. Freizeitverkehr am Wohnort). Ab 19 Uhr halten wir – gegenüber einer Situation ohne Klimawandel – eine Nachfragesteigerung im ÖV/MIV um 10-20 Prozent für möglich. In den Morgenstunden gehen wir von einer leichten Glättung der Verkehrsspitzen aus, die jedoch im unteren Prozentbereich liegen dürfte.</i>

Verkehrs- bereich	Relevanz Klima- wandel für Ver- kehrsnachfrage	Wirk- rich- tung	Erläuterung der wichtigsten Wirkungen
Güter- verkehr		-	<ul style="list-style-type: none"> Der Güterverkehr ist vom Klimawandel spürbar negativ betroffen. Sinkende Zuverlässigkeit infolge Beeinträchtigungen von Infrastruktur und Betrieb sowie höhere Transportkosten wirken sich dämpfend auf die Nachfrage aus. Einen gegenläufigen, also steigender Nachfrageeffekt auf den Güterverkehr hat die zunehmende Zersiedelung. Besonders betroffen ist der Verkehr über längere Distanzen sowie der internationale Verkehr. Der Güterverkehr ist stärker betroffen von den Folgen des Klimawandels im Ausland. Dieser führt über diverse Wirkungsketten zu veränderten Güterimport- bzw. Güterexportströmen. Das wirkt infolge zunehmender Einschränkungen internationaler Transportrouten dämpfend auf die Nachfrage. Andererseits dürften die lokale Produktion und der Binnenverkehr gestärkt werden.
Langsam- verkehr		++	<ul style="list-style-type: none"> Die Nachfrage im Langsamverkehr wird vom Klimawandel deutlich beeinflusst. Insbesondere die Nachfrage im Veloverkehr sowie mit fahrzeugähnlichen Geräten nimmt erheblich zu (Gründe sind u.a. mehr Trockenheit, Verlängerung Velosaison). Diese Zunahme betrifft alle Jahreszeiten: Im Winter gibt es weniger Kälte und Glätte, im Frühling wird es früher warm und im Herbst bleibt es länger warm, der Sommer fällt trockener und wärmer aus. Der Fussverkehr wird weniger beeinflusst. Im Winter profitiert der Fussverkehr von weniger Glätte und Kälte. Entsprechend dürfte die Nachfrage leicht steigen. <i>Quantitativ-illustrative Einschätzung:</i> Basierend auf der Fallstudie Zürich gehen wir von einer deutlichen Nachfragesteigerung im Veloverkehr infolge Klimawandel aus. Diese Zunahme kann im Bereich von +50 bis +100% gegenüber einer Situation ohne Klimawandel liegen, wenn die entsprechenden Rahmenbedingungen stimmen, v.a. infrastrukturell. Zentraler Treiber ist die Verlängerung der Velosaison dank milderem Herbst, Frühling und Winter.
Gesamt- verkehr		+/-	<ul style="list-style-type: none"> Die Wirkung des Klimawandels auf die gesamte Verkehrsnachfrage schätzen wir als bedeutend ein. Allerdings wird weniger das absolute Nachfrageniveau insgesamt beeinflusst. Auf dieses dürften andere grosse Trends (z.B. Demographie, neue Angebotsformen, Automatisierung) einen grösseren Einfluss haben (vgl. auch andere Teilprojekte). Sehr bedeutend sind dagegen die strukturellen Effekte, d.h. die Steigerungen im Freizeitverkehr (Zunahme von Häufigkeit und Intensität der Verkehrsspitzen), die Nachfragezunahme auf wichtigen Freizeitkorridoren, die Steigerung im Veloverkehr sowie tageszeitliche Verschiebungen v.a. im Sommer aufgrund Verhaltensänderungen. Regional werden die Nachfragewirkungen sehr unterschiedlich sein. In peripheren Gebieten (Berge, ländlicher Raum) wird die Nachfrage sinken, in attraktiven und agglomerationsnahen ländlichen Räumen und Berggebieten dagegen steigen. In den Städten sind die Wirkungen unterschiedlich, aufgrund der vermehrten 'Stadtflucht' (in der Freizeit oder zum Wohnen) dürfte die Verkehrsnachfrage aber auch in und um Städte eher zunehmen. Im Fall einer ehrgeizigen Treibhausgas-Vermeidungsstrategie oder umfassenden, griffigen Anpassungsmassnahmen werden die Verkehrsnachfragewirkungen des Klimawandels klar verringert.

Relevanz (des Klimawandels im Vergleich zu anderen Treibern): 5 = sehr hoch, 4 = hoch, 3 = mittel, 2 = eher gering, 1 = gering.
Wirkrichtung (im Vergleich zu einer Situation 2060 ohne fortgeschrittenen Klimawandel): ++ = grosse Nachfragesteigerung (+50% oder mehr), + = mittlere Nachfragesteigerung (ca. +10% bis +50%), o = kaum Nachfrageänderung (<10%), - = mittlere Nachfragedämpfung (ca. -10% bis -50%), -- = grosse Nachfragedämpfung (-50% oder mehr).

7.3 Einordnung in den Kontext des Forschungspakets

Das folgende Unterkapitel ordnet dieses Forschungsprojekt zum einen in den Gesamtkontext des SVI-Forschungspakets ein und spiegelt es an den Schwerpunkten der anderen Forschungspakete wider. Zum anderen beleuchtet es grob den Zusammenhang zu den Gesamtszenarien des Forschungspakets.

Bezug zu den anderen Projekten des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060»

Die folgende Tabelle spiegelt die Schlussfolgerungen dieser Arbeit an den Schwerpunkten der anderen Projekte im Rahmen dieses Forschungspakets wider und ordnet diese ein. Im Fokus steht das Verhältnis der anderen Einflussfaktoren zu den klimatisch bedingten Änderungen des Verkehrs im Jahr 2060.

Tab. 45: Einordnung des vorliegenden Projekts in Forschungskontext des SVI-Pakets

Projekt/ Treiber	Fokus Projekt	Einordnung Schlussfolgerungen Klima
SVI 2017/003 Technologischer Wandel	<ul style="list-style-type: none"> Identifikation von Schlüsseltechnologien, deren Diffusion sowie Wirkungen auf das Verkehrssystem 	<ul style="list-style-type: none"> Klimatische Veränderungen und neue Schlüsseltechnologien beeinflussen sich gegenseitig. Neue Technologien sind insbesondere zentraler Treiber für die Reduktion klimaschädlicher Treibhausgasemissionen im Verkehr (z.B. Elektromobilität, effizienzsteigernde Technologien, nachfrageverringende Technologien wie VR). Somit ist zu erwarten, dass neue Technologien damit einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Klimawandels leisten. Der Klimawandel und der daraus folgende politische Druck treibt tendenziell die technische Entwicklung im Verkehr in diesem Bereich voran (z.B. Antriebstechnologien/e-Mobilität, Smart City). Je erfolgreicher die technologische Entwicklung zur weltweiten Verringerung der Treibhausgasemissionen im Verkehr, umso weniger extrem fallen die beschriebenen Wirkungen des Klimawandels auf Verkehrsverhalten, -infrastruktur, -betrieb und -nachfrage aus. Ob und wie die im Projekt 'technologischer Wandel' beschriebenen Entwicklungspfade reichen die klimapolitischen Ziele zu erreichen, wurde im vorliegenden Forschungspaket nicht untersucht. Dazu wären vertiefte Analysen und Szenarien zu politischen Umsetzungsinstrumenten zu entwickeln.
SVI 2017/001 Demographische Alterung/ demographischer Wandel	<ul style="list-style-type: none"> Auswirkung demographischer Alterung auf das Mobilitätssystem 	<ul style="list-style-type: none"> Klimatische Veränderungen (v.a. Hitze) beeinflussen bestimmte Bevölkerungsgruppen, v.a. Ältere, stärker als andere. Die Zunahme älterer Personen in Kombination mit dem Klimawandel verstärkt den Druck, Anpassungsmassnahmen zur Minderung der Hitze im Verkehr umzusetzen (Klimatisierung, Kühlung von Haltestellen/Bahnhöfen, Velowegen etc.). Ebenfalls dürfte bei älteren Personen der Wunsch nach 'Sommerfrische' stärker ausgeprägt sein, weil ihnen die Hitze stärker zusetzt. Entsprechend werden die genannten Wirkungen im Freizeitverkehr (Suche nach Frische) sowie bei (Zweit-)Wohnsitzen in höheren Lagen durch demographische Aspekte noch verstärkt. Zudem müssen sich Tourismus- und Freizeitdestinationen verstärkt auf ältere Touristen ausrichten und die verkehrlichen Angebote auf diese ausrichten. Grössere Migrationsströme aufgrund von Klimakatastrophen bzw. beeinträchtigter wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit anderer Länder könnten zu einem Bevölkerungsanstieg führen. Dies hat entsprechende Folgen für den Verkehr, insbesondere mengenmässig. Dieser Aspekt wurde zwar im vorliegenden Projekt nicht vertieft untersucht, hat aber eine erhebliche Relevanz und Vertiefungspotenzial.

Projekt/ Treiber	Fokus Projekt	Einordnung Schlussfolgerungen Klima
SVI 2017/002 Wechselwirkungen Verkehr – Raum	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wechselwirkungen Raum und Verkehr ▪ Einflüsse neuer technologischer Entwicklungen und Mobilitätsangebote auf den Raum 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überproportionales Bevölkerungs- und Arbeitsplatzwachstum in städtischen Räumen birgt Risiko, die durch den Klimawandel bedingten Folgen für den Verkehr zu verschärfen (Verdichtung, Zersiedelung). ▪ Mögliche Kostensenkungen im Personen- und Güterverkehr dank neuer Technologien fördern Dezentralisierung. In ländlichen Gebieten verstärkt dies den mit starkem Klimawandel erwarteten Effekt (Dezentralisierung, Zersiedelung). ▪ Verknüpfung (attraktiver) Raumgestaltung mit Klimaanpassungs- und Klimaschutzmassnahmen bietet neue Möglichkeiten.
SVI 2017/006 Neue Angebotsformen & Geschäftsmodelle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potentielle künftige Geschäftsmodelle und Organisationsformen ▪ Grenze öffentlicher und privater Verkehr 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschärfung regulatorischer Rahmenbedingungen zur gezielten Förderung neuer Angebotsformen als Massnahme zur Minderung des Klimawandels wahrscheinlich (z.B. strengere Regeln für private Fahrzeugnutzung im Rahmen von Klimaschutzmassnahmen wie Zufahrtsbeschränkungen, Mindestbesetzungsgrad etc.). ▪ Im Freizeitverkehr, insbesondere in Berggebieten, wird die Nachfrage infolge des Klimawandels erheblich steigen. Diese Zunahme wird nur zu einem Teil mit den 'klassischen' Verkehrsmitteln (ÖV, MIV) abgewickelt werden. Neue, innovative Angebotsformen an der Schnittstelle zwischen ÖV und MIV können dabei eine wichtige Rolle spielen und mithelfen, die stärkeren Spitzen aufzufangen. ▪ In peripheren Räumen (v.a. in Berggebieten) können neue Angebotsformen eine Möglichkeit sein, die infolge Klimawandel erschwerte Erreichbarkeit sicherzustellen. ▪ Die infolge des Klimawandels zu erwartenden steigenden Kosten im Verkehrsbereich werden durch mögliche Kostensenkungen neuer Angebotsformen und Geschäftsmodelle gedämpft. ▪ Klimawandel als 'Weak Signal': Verändertes gesellschaftliches Bewusstsein und folglich verändertes Nutzungsverhalten bei neuen Angebotsformen (z.B. Sharing) infolge von Anerkennung des Klimawandels. ▪ Zunehmender Fokus auf Klimaresistenz der Verkehrssysteme, insbesondere bei neuen Angebotsformen.
SVI 2017/005 Regulativ (Risiken und Chancen für das Regulativ und Finanzierungssystem)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chancen und Risiken der Verkehrsentwicklung ▪ Lösungsansätze Regulativ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Förderung von Massnahmen zur Vermeidung und Anpassung an den Klimawandel erfordert regulative Massnahmen. Das Regulativ für neue Entwicklungen im Verkehrsbereich (Technologien, Angebotsformen etc.) ist auf die Ziele und Entwicklungen im Klimabereich abzustimmen. Allfällige Folgen für die Verkehrsfinanzierung (z.B. Rückgang Mineralsteuererträge bei forcierter Dekarbonisierung) sind zu berücksichtigen. ▪ Verkehrsinfrastruktur und deren Vulnerabilität durch klimatisch bedingte Extremwetterereignisse erfordern frühzeitig angepasstes Regulativ (u.a. wegen Langlebigkeit von Verkehrsinfrastrukturen).

Basis: Eigene Einschätzung auf Basis der vorliegenden Arbeit sowie der Schluss- bzw. Zwischenberichte der anderen Forschungsprojekte im Rahmen des SVI-Forschungspakets (Stand: August/September 2019).

Tabelle INFRAS.

7.4 Handlungsbedarf und Empfehlungen entlang der unterschiedlichen Raumtypen

Basierend auf den Erkenntnissen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr werden zum Schluss der konkrete Handlungsbedarf identifiziert und Empfehlungen zuhanden der Fachleute, der Verwaltung und der (Verkehrs-)Politik formuliert. Dabei wird nach den einzelnen Raumtypen unterschieden.

Der Handlungsbedarf und die Empfehlungen beziehen sich primär auf ein Szenario mit starkem Klimawandel ('Laissez-faire') bzw. darauf, wie dessen Folgen durch Anpassungsmassnahmen abgefedert werden können. Darüber hinaus gilt es jedoch zu betonen, dass eine proaktive und griffige Vermeidungsstrategie (in der Schweiz und global) vorzuziehen ist, weil damit die Folgen vorhersehbarer und weniger weitreichend sind und die Massnahmen voraussichtlich erheblich kosteneffizienter sind als bei einer Anpassung im Falle eines starken Klimawandels (vgl. dazu auch die Analysen im Kap. 5 inkl. Szenario 'Vermeidung').

7.4.1 Übergeordneter Handlungsbedarf und Empfehlungen (alle Räume)

Ein erheblicher Teil der Herausforderungen betrifft alle Raumtypen – andere wiederum sind spezifisch für einzelne Räume. Die folgende Tabelle fasst Handlungsbedarf und Empfehlungen zusammen, die alle Raumtypen betreffen.



Tab 46: Übergeordneter Handlungsbedarf und Empfehlungen (für alle Räume)

Kernaussage	Handlungsbedarf, Empfehlungen
<p>Zuverlässigkeit im Verkehr sinkt: Infrastruktur und Betrieb zunehmend beeinträchtigt (Kernaussage 4)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikation kritischer bzw. durch Klimawandel langfristig gefährdeter Verkehrsinfrastrukturen (z.B. durch Überschwemmungen, Rutschungen). ▪ Redundanzanalyse im Verkehrssystem. Anschliessend ggf. Festlegung (und ggf. Ausbau) möglicher Alternativrouten im Fall von Sperrungen an neuralgischen, gefährdeten Punkten. ▪ Evaluation von alternativen Erschliessungs- und Versorgungssystemen bei Unterbrüchen, kritischen Ereignissen. ▪ Prüfung neuer Unterhaltskonzepte (Nutzen vs. Kosten): Investitionen in die Sicherung von Strassen/Schienen vs. zeitweise Schliessung. ▪ Priorisierung einzelner Verkehrstypen im Fall von Einschränkungen bei der Infrastruktur (z.B. nach folgenden Prioritäten: i) Güterverkehr mit verderblicher Ware und Geschäftsverkehr, ii) Güterverkehr mit normaler Ware und Pendlerverkehr, iii) Freizeitverkehr).
<p>Zuverlässigkeit im Verkehr sinkt: Güterverkehr besonders herausgefordert (Kernaussage 4)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung von Logistikprozessen und -standorten sowie Förderung alternativer Routen und Verkehrsmittel durch die Transport- und Logistikbranche. Tendenzuell steigt Bedarf an dezentralen Verteilzentren und Lagerräumen. ▪ Die regionale Produktion soll gestärkt werden, weil sie weniger anfällig für Beeinträchtigungen von Verkehrsbetrieb und -infrastruktur ist. Weite und klimaanfällige Langtransporte gilt es soweit möglich zu verringern. Für die Güterfeinverteilung in der Stadt sollen klimaschonende und wenig hitzeanfällige Fahrzeuge eingesetzt werden (z.B. Cargobikes, E-Lieferwagen/LKW). ▪ Bei Lager- und Warteräumen im Güterverkehr steigt der Kühlungsbedarf (z.B. durch Beschattung). ▪ Der Klimawandel tangiert und beeinträchtigt weltweit die Transportrouten. Unternehmen bzw. Branchen mit einer starken internationalen Güterverflechtung müssen deshalb ihre Standort-, Logistik- und Transportstrategien der neuen Risiko- und Gefährdungslage anpassen. Dies führt zu gewisser Minderung des Globalisierungsgrades.

Kernaussage

Handlungsbedarf, Empfehlungen

Verkehrsbetrieb/Service-Level: Kühlbedarf steigt, Hitzeschäden nehmen zu (Kernaussage 5)



- Evaluation und vertiefte Forschung im Bereich geeigneter Technologien und Materialien, z.B. hitzeresistente Technologien sowohl für die Strassen (Asphalt, Hitzeabsorption für Beläge im Langsamverkehr) als auch die Schieneninfrastruktur.
- Intensivierung Unterhaltsbedarf für Infrastrukturen (Strasse und Schiene), z.B. zusätzlicher Unterhalt der Infrastruktur im schienengebundenen ÖV in Hitzezeiten; dafür gegebenenfalls reduzierter Unterhaltsbedarf im Winter.
- Neue Konzepte für den Winterunterhalt auf der Strasse in tieferen Lagen (unter ca. 1'000 m ü. M.).
- Umfassende Ausstattung der Fahrzeuge im ÖV (Züge und Busse im Fern- und Regional- und Nahverkehr) bzw. neuen Angeboten an der Schnittstelle zwischen ÖV und MIV mit ausreichenden Kühlungsanlagen. Berücksichtigung des steigenden Energiebedarfs für ÖV-Fahrzeuge in der Hitze.
- Kühlung und Beschattung von Umsteigeanlagen, z.B. ÖV-Haltestellen, Wartebereichen und neuen Mobilitäts-Hubs (z.B. durch Begrünung, Überdachung, evtl. Klimatisierung).

Mittelkonkurrenz zwischen den Regionen nimmt zu –periphere Gebiete stärker betroffen (Kernaussage 9)



- Kritische Prüfung notwendiger Investitionen in die touristische und verkehrliche Infrastruktur infolge des Klimawandels. Setzen von Prioritäten und allenfalls Verzicht auf Infrastrukturausbauten zugunsten von alternativen Verbindungen oder temporären Schliessungen.
- Schaffung neuer Angebote zur Förderung der kollektiven Mobilität für die Erschliessung peripherer Gebiete, z.B. mit neuen Angebotsformen an der Schnittstelle ÖV/MIV (z.B. automatisierte Fahrzeuge/Busse, Bedarfsangebote etc.).

7.4.2 Städtische Gebiete – Handlungsbedarf und Empfehlungen

Die folgende Tabelle zeigt für die wichtigsten Herausforderungen in Städten und Agglomerationen den Handlungsbedarf und formuliert Empfehlungen, um den Herausforderungen zu begegnen.



Tab 47: Handlungsbedarf und Empfehlungen für städtische Gebiete

Kernaussage	Handlungsbedarf, Empfehlungen
<p>Suche nach Kühle: Zunahme Freizeitverkehr und Verkehrsspitzen (Kernaussage 1)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prüfung von Massnahmen zum Umgang mit Kapazitätsengpässen, Schaffung zusätzlicher punktueller ÖV-Angebote im Sommer, hauptsächlich am Wochenende (Extrazüge, dichter Takt etc.) sowie konsequente Umsetzung neuer Angebotsformen an der Schnittstelle von ÖV und MIV. Dies betrifft v.a. Angebote zwischen den Agglomerationen und Berggebieten sowie Ausflugszielen in umliegenden ländlichen Räumen. ▪ Im Strassenverkehr Prüfung von Massnahmen zum Umgang mit Kapazitätsengpässen und kurzfristigen Überlastungen auf kritischen Abschnitten (National-, Kantons- und Gemeindestrassen), ggf. punktuelle Ausbauten auf kritischen Achsen. ▪ Proaktive Planung von Zugängen zu Gewässern (Seen, Flüsse) für den Fuss- und Veloverkehr. Berücksichtigung solcher Projekte im Rahmen der Agglomerationsprogramme.
<p>Sinkende Attraktivität der Städte (Kernaussage 3)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Städte und Agglomerationen: umfassende Anpassungsmassnahmen gegen Hitze in Städten (raumplanerisch, Begrünung, infrastrukturell), im Verkehr beispielsweise: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestaltung von Strassenräumen: Verkehrsinfrastrukturen begrünen und beschatten (z.B. mit Bäumen) ▪ Massnahmen zur Hitzeverminderung bei Strassen- und Traminfrastrukturen: z.B. Farbe von Strassenbelägen, begrünte Tramtrassees. ▪ Eine Herausforderung sind mögliche Zielkonflikte zwischen Durchlüftungssachsen und verkehrsbedingten Lärmimmissionen. ▪ Sorgfältige Abstimmung von Verdichtung (→ als Vermeidungsmassnahme im Klimabereich) und Hitzeanpassungsmassnahmen (Grünräume, Freiluftschneisen). ▪ Ohne Anpassungsmassnahmen in der Stadt (bei zunehmender Stadtfucht): Ausbau der Verkehrsangebote und -infrastrukturen zwischen städtischen Agglomerationen und dem Land. Allenfalls zusätzliche Massnahmen zur Einschränkung des zunehmenden Pendlerverkehrs zwischen Stadt und Land. ▪ Die zunehmende Flächenkonkurrenz in den Städten (Verdichtung, Ausbau der Verkehrsinfrastruktur, Durchlüftung, Grünflächen) stellt eine grosse Herausforderung dar, welche die Städte proaktiv angehen müssen. Die (steigenden) Bedürfnisse des Langsamverkehrs, insbesondere Veloverkehrs, sind bei der Planung frühzeitig zu berücksichtigen.
<p>Zunahme Nachfrage und potenziell Unfälle im Veloverkehr (Kernaussage 6)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausbau der Veloverkehrsinfrastruktur: zusätzliche Velorouten innerhalb der Städte sowie zwischen den Städten und dem umliegenden Agglomerationsraum sowie Naherholungsräumen (v.a. Gewässern); Ausbau von Veloverkehrsangeboten wie Verleihsysteme, Abstellplätze etc.: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Berücksichtigung der klimabedingten Nachfragezunahme im Veloverkehr bei Netzentwicklungskonzepten der Veloinfrastruktur. ▪ Planung von Veloinfrastrukturmassnahmen im Rahmen der Agglomerationsprogramme. ▪ Umsetzung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen zur Verringerung des Unfallrisikos im Veloverkehr (→ erhöhter Platzbedarf des Veloverkehrs). ▪ Sensibilisierung der Verkehrsteilnehmenden zu Fragen der Sicherheit und dem Umgang mit Hitze.

Tabelle INFRAS.

7.4.3 Ländliche Gebiete – Handlungsbedarf und Empfehlungen

Die folgende Tabelle zeigt den Handlungsbedarf und konkrete Empfehlungen für die wichtigsten Herausforderungen in ländlichen Räumen.



Tab 48: Handlungsbedarf und Empfehlungen für ländliche Gebiete

Kernaussage	Handlungsbedarf, Empfehlungen
<p>Suche nach Kühle: Zunahme Freizeitverkehr und Verkehrsspitzen (Kernaussage 1)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereitstellung zusätzlicher Verkehrsangebote für steigenden Freizeitverkehr aus der Stadt aufs Land: Velo- und E-Bike-Schnellrouten, konsequente Umsetzung neuer Angebotsformen an der Schnittstelle von ÖV und MIV, ÖV-Zusatzangebote zu Spitzenzeiten. Zusatzangebote werden ergänzt mit verkehrsträgerübergreifenden Lenkungsmaßnahmen. ▪ Proaktive Planung von Zugängen zu Gewässern (Seen, Flüsse) für den Fuss- und Veloverkehr.
<p>Steigende Attraktivität der ländlichen Gebiete, Siedlungsdruck (Kernaussage 3)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forcierte Umsetzung des spezifischen, bereits bekannten Instrumentariums zur Verhinderung, dass infolge des Klimawandels die Zersiedelung im ländlichen Raum verstärkt wird, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abgestimmte Entwicklung zwischen Siedlung und Verkehr: Siedlungswachstum dort konzentrieren, wo die verkehrliche Erschließung gut ist. ▪ Stringente Umsetzung der Innenentwicklung. ▪ Stärkung ländlicher Zentren als Arbeitsplätze. ▪ Förderung von räumlich flexiblem Arbeiten, z.B. durch Schaffung von Co-Working Spaces.
<p>Verkehrsinfrastruktur wird teurer, Transportkosten steigen (Kernaussage 8)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikation kritischer bzw. gefährdeter Verkehrsinfrastrukturen in Gebieten mit erhöhtem Gefährdungspotenzial für Überschwemmungen, Murgänge etc. ▪ Bei Bedarf Anpassung/Ausbau der entsprechenden Verkehrsinfrastruktur an die Risiken und Gefahren des Klimawandels.

Tabelle INFRAS.

7.4.4 Berggebiete – Handlungsbedarf und Empfehlungen

Die anschliessende Tabelle zeigt für die wichtigsten Herausforderungen in Berggebieten den Handlungsbedarf und formuliert konkrete Empfehlungen.



Tab 49: Handlungsbedarf und Empfehlungen für Berggebiete

Kernaussage	Handlungsbedarf, Empfehlungen
<p>Suche nach Kühle: Zunahme Freizeitverkehr und Verkehrsspitzen (Kernaussage 1)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erschliessungskonzepte für touristische Gebiete, deren Nachfrage infolge 'Suche nach Sommerfrische' stark zunehmen wird. Sicherstellung redundanter Verkehrserschliessung (verkehrsträgerübergreifend). ▪ Bedarfsgerechter Ausbau von Verkehrsangeboten und gegebenenfalls der Verkehrsinfrastrukturen, mit Blick auf Nachfragespitzen im Sommerhalbjahr: z.B. konsequente Umsetzung neuer Angebotsformen an der Schnittstelle von ÖV und MIV, ÖV-Zusatzangebote zu Spitzenzeiten, Velo- und E-Bike-Schnellrouten. Ausbau betrifft v.a. Angebote zwischen Agglomerationen und touristischen Gebieten (Berggebiete, Ausflugsziele in ländlichen Räumen) und innerhalb von Tourismusgebieten. ▪ Verkehrsträgerübergreifende Massnahmen zur Lenkung der Verkehrsströme auf Zufahrtsstrassen. Verkehrsmanagementsysteme können dabei mit aktuellen Möglichkeiten der Digitalisierung verbunden (z.B. mit Echtzeitinformationen und Prognosen für Wetter und Verkehr) und zur aktiven Lenkung (über verschiedene Regionen hinweg) eingesetzt werden. ▪ Schaffung von Alternativangeboten, um Konzentration auf punktuelle Attraktionen und Spitzenzeiten zu vermeiden.
<p>Zunahme multilokales Wohnen (Kernaussage 2)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Notwendigkeit zusätzlicher Pendlerverbindungen zwischen touristischen Zentren in Bergen oder Voralpen und Agglomerationen prüfen und ggf. neue Angebote schaffen (unter Berücksichtigung der zukünftig absehbaren neuen Technologien und Angebotsformen). ▪ In entsprechenden Berggebieten Ausbau einer digitalen Infrastruktur für räumlich flexibles Arbeiten (Co-Working-Angebote, hochwertige Internetverbindung, ergänzt mit weiteren Angeboten wie Kinderbetreuung etc.), um Pendlerverkehre zu verringern. ▪ Allenfalls Prüfung der Regelung zur Zweitwohnungsnutzung, damit Zweitwohnungen tatsächlich auch verstärkt als (temporäre) Erstwohnung, z.B. im Sommer, genutzt werden können und multilokales Wohnen möglich ist.
<p>Tourismus: teilweise Profiteur – teilweise Verlierer (Kernaussage 7)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frühzeitige Identifikation von Destinationen mit (temporär) stark erhöhter oder auch verringerter Verkehrsnachfrage mit entsprechenden Anpassungen im Bereich Verkehrsplanung. ▪ Anpassung touristischer Angebote (inkl. entsprechenden verkehrlichen Rahmenbedingungen) auf klimabedingte Nachfrageänderungen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereitstellung neuer Angebote sowohl für Übernachtungen als auch für touristische Angebote im Sommer, damit die Qualität trotz deutlicher Nachfragerhöhung gewahrt werden kann. ▪ Schaffung zusätzlicher Angebote auch in der klimatisch zunehmend attraktiven Zwischensaison im Frühling und Herbst. ▪ Sicherstellung der hohen Qualität touristischer Angebote auch zu Spitzenzeiten, insbesondere im Sommer: Verhältnis von Nachfrage und Leistung (Qualität) kritisch beobachten und ggf. lenkend eingreifen, um Erholungsqualität sicherzustellen. ▪ Schaffen von Alternativangeboten im Winter, auch in niedrigen Lagen (Talboden, tiefer gelegene Destinationen). ▪ Ausbau der Wintersportinfrastruktur in höher gelegenen Gebieten. ▪ Beim Ausbau touristischer Angebote gilt es die Anforderungen zum Schutz von Natur und Landschaft frühzeitig und umfassend zu berücksichtigen und gegenüber den touristischen Ansprüchen abzuwägen.

Kernaussage

Handlungsbedarf, Empfehlungen

Verkehrsinfrastruktur wird teurer, Transportkosten steigen

(Kernaussage 8)



- Identifikation kritischer bzw. gefährdeter Verkehrsinfrastrukturen sowie touristischer Infrastrukturen in Gebieten mit erhöhtem Gefährdungspotenzial für Lawinen, Überschwemmungen, Murgänge etc.
- Bei Bedarf Anpassung/Ausbau der entsprechenden Verkehrsinfrastruktur an die Risiken und Gefahren des Klimawandels.
- Verkehrsübergreifende Redundanzanalyse im Verkehrssystem. Anschließend bei Bedarf Festlegung (und allenfalls Bau) möglicher Alternativrouten für Zufahrten in Berggebiete, im Fall von Sperrungen an neuralgischen, gefährdeten Punkten.
- Sorgfältige Planung der Investitionen in die touristische und verkehrliche Infrastruktur und der notwendigen Finanzmittel. Setzen von Prioritäten bei Infrastrukturinvestitionen und der verkehrsträgerübergreifenden Erschliessung in Berggebieten.
- Frühzeitige Prognose (und später Sicherstellung) der notwendigen finanziellen Mittel der öffentlichen Hand für den zusätzlichen Finanzbedarf für die Infrastruktur und den Betrieb.
- Erschliessung neuer Geldquellen (Kooperation Tourismusbranche – öffentliche Hand), allenfalls Prüfung einer Verteuerung von touristischen und verkehrlichen Angeboten.

Tabelle INFRAS.

7.5 Forschungsbedarf

Die vorliegende Studie zeigt auf, wie sich der Klimawandel auf den Verkehr der Zukunft in der Schweiz auswirken könnte. Entlang der Wirkungsketten, der Wirkungsanalysen, Fallstudien sowie der Synthese wurden mögliche Treiber, Wirkungen und notwendigen Handlungsmassnahmen aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Gleichzeitig ist deutlich geworden, dass viele Fragen noch unbeantwortet sind, sich weitere Fragen stellen und in vielen Bereichen teilweise noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Gründe hierfür sind unter anderem der lange Zeithorizont (Ausblick auf das Jahr 2060) sowie weiterhin bestehende Unklarheiten bei den kausalen Zusammenhängen. Forschungsbedarf besteht aus unserer Sicht insbesondere in folgenden Bereichen:

- **Wirkungen auf den Modalsplit:** Die vorliegende Analyse hat punktuell aufzeigen können, dass der Klimawandel fallweise zu modalen Verschiebungen führen kann (z.B. Zunahme Veloverkehr, Vorteile für den motorisierten Verkehr im Winter). Gerade mit Blick auf neue Angebote an der Schnittstelle zwischen ÖV und MIV sind mögliche modale Auswirkungen des Klimawandels noch vertieft zu analysieren.
- **Verkehrsverhalten im Tagesgang:** Die Analyse des Verkehrsverhaltens im Tagesgang im Rahmen der Fallstudie Zürich (Vergleich mit Lugano) hat aufgezeigt, dass im Sommer Nachfrageverschiebungen v.a. über die Mittagszeit und am Nachmittag zu erwarten sind. Wie sich diese Verschiebungen auf die Morgen- und vor allem Abendspitzen auswirken ist allerdings unklar und könnte vertieft analysiert werden. Je nach Wirkung könnten die Folgen für die Auslastung der vorhandenen Infrastrukturkapazitäten positiv oder negativ sein.
- **Raumkonkrete Identifikation kritischer Korridore:** Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass sich im Freizeitverkehr im Sommer eine Intensivierung der Nachfrage ergeben wird (häufigere und vor allem intensivere Verkehrsspitzen). Diese Nachfragesteigerung betrifft v.a. Relationen zwischen städtischen Agglomerationen und Erholungsräumen auf dem Land sowie in Berggebieten. Als Grundlage für das mögliche Ableiten von Folgerungen für die Verkehrsplanung müssten in einem nächsten Schritt die wichtigsten Verkehrskorridore identifiziert werden, auf denen im Freizeitverkehr mit einer deutlichen Nachfragesteigerung zu rechnen ist und bei denen die Kapazität der Zufahrtsinfrastrukturen kritisch werden dürfte (v.a. Zufahrten zu Berggebieten und anderen Erholungsräumen).
- **Unfallverhalten:** Die Fallstudie der Stadt Zürich hat gezeigt, dass infolge des Klimawandels – bei ausbleibenden Verbesserungsmassnahmen im Veloverkehr – die Zahl der Unfälle im Veloverkehr zunehmen könnte. Dieser Effekt ist hauptsächlich ein Mengeneffekt infolge der steigenden Nachfrage im Veloverkehr. Inwiefern auch das relative Unfallrisiko – im Veloverkehr aber auch im motorisierten Verkehr – zunimmt, konnte nicht abschliessend geklärt werden – es gibt allerdings Hinweise darauf. Entsprechend gibt es zu dieser Frage weiteren Forschungsbedarf. Dazu gehört auch die vertiefte Analyse möglicher infrastruktureller Massnahmen zur Minderung des Unfallrisikos.
- **Anpassung der Verkehrsinfrastruktur:** In der vorliegenden Arbeit wurde aufgezeigt, dass die Verkehrsinfrastruktur (Schiene und Strasse) vom Klimawandel erheblich betroffen ist, einerseits indirekt durch die Folgen von Extremereignissen, andererseits durch hitzebedingte Schäden. Letztere können mit konkreten infrastrukturellen Massnahmen vermindert werden. Zu den Anpassungsmassnahmen im Bereich der Strassen- und Schieneninfrastruktur gibt es bereits einige laufende Forschungsarbeiten, gerade auch international. Dennoch besteht hierzu weiteres Forschungspotenzial, nicht zuletzt auch zu möglichen Adaptionismassnahmen (spezielle Strassenbeläge, andere Farbe der Beläge, Anstrich von Schienen etc.).
- **Kosten für Verkehrsinfrastruktur und Einfluss auf Transportkosten:** Die vorliegende Arbeit sowie andere aktuelle Studien zeigen, dass die Kosten für die Verkehrsinfrastrukturen (Unterhalt, Bau) als Folge des Klimawandels signifikant zunehmen werden. Allerdings bestehen noch grosse Unsicherheiten zum Umfang dieser Kosten. Eine neue Studie des UVEK (Jaag & Schnyder 2019) hat zwar eine erste Analyse der Kosten vorgenommen, dabei aber einerseits nicht alle Wirkungen quantifizieren können und andererseits erhebliche Unsicherheiten identifiziert. Weitergehende Forschungen zu den klimabedingten Folgekosten für die Verkehrsinfrastrukturen in der Schweiz – sowie abgeleitet davon der Veränderung der Transportkosten – sind deshalb notwendig.

- Aktuell werden zur Klimaanpassung insbesondere in städtischen Agglomerationen viele forschungs- und umsetzungsorientierte Studien durchgeführt. Dabei liegt der Fokus in der Regel auf der Raumplanung bzw. Anpassungen in den Bereichen Planung und Bau. Der Verkehr wird in der Regel zwar mitgedacht, ist aber meist eher ein Randthema (z.B. Beschattung von Verkehrsachsen, mehr Grünflächen bei Verkehrsinfrastrukturen, spezifische Strassenbeläge). Rund um die zunehmend geforderte Verdichtung in städtischen Räumen nehmen aber auch Konflikte um knappe Räume in Städten zu (Wohnflächen vs. Grünflächen vs. Verkehrsflächen). Vor allem die aus diesen Konflikten resultierenden Folgen für den Verkehr sind bisher wenig untersucht und sollten vertieft werden.
- Indirekte Wirkungen durch Effekte im Ausland ('internationale Einflusskanäle'): Die Folgen des Klimawandels im Ausland können einen grossen Einfluss auf die internationalen Güter- und Warenströme haben, z.B. durch Beeinträchtigung von Verkehrswegen oder aber auch Produktionsstandorten. Dies wiederum beeinflusst den Import- und allenfalls auch Exportverkehr von Gütern. Die damit zusammenhängenden Wirkungen wurden in der vorliegenden Arbeit grob skizziert (v.a. Kap. 3.2.6). Eine vertiefte Analyse dieser möglichen Wirkungen und den möglichen Folgen für den internationalen Güterverkehr wäre wünschenswert.
- Folgen der klimabedingten Migration: Indirekte Wirkungen über Effekte im Ausland wurden im Rahmen der Wirkungsketten sowie insbesondere mit Blick auf touristische Entwicklungen beleuchtet (siehe oben). Nicht vertieft analysiert wurden dagegen mögliche Folgen klimabedingter Flüchtlingsbewegungen. Relevant ist in diesem Zusammenhang vor allem die Frage, wie stark die Folgen des Klimawandels andernorts zu einer Zuwanderung in die Schweiz führen könnten – und was ein möglicher (starker) Bevölkerungszuwachs aufgrund exogener Faktoren für den Verkehr bedeuten würde. Dazu kommt, dass zunehmende Migrationsströme auch das durchschnittliche Verkehrsverhalten in der Schweiz verändern können, z.B. durch veränderte Verhaltensweisen und Gepflogenheiten in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl mit entsprechenden Folgen für den Modalsplit.

7.6 Schlussbemerkung

Von den Wirkungsketten, über die Wirkungsanalysen je Raumtyp bis hin zu den Fallstudien, den übergeordneten Erkenntnissen und den Kernaussagen: Die vorliegende Studie legt dar, wie sich der (ungebremste) Klimawandel indirekt oder direkt auf den Verkehr in der Schweiz auswirken könnte. Obgleich die Resultate angesichts des langen Zeithorizonts bis zum Jahr 2060 zum jetzigen Zeitpunkt mit Unsicherheiten verknüpft sind, zeichnet sich bereits heute ein erheblicher Handlungsdruck ab. Der Bericht zeigt Risiken aber auch Chancen auf, erörtert den Handlungsbedarf und erarbeitet Handlungsempfehlungen. Verkehrspolitik, Verkehrsplanung und -forschung bleiben gefordert.

Anhang

I	Expertenworkshops und Experteninterviews	215
I.1	Expertenworkshop zur Wirkungsanalyse	215
I.2	Experteninterviews zur Wirkungsanalyse	216
I.3	Expertenworkshop zur Fallstudie Engelberg	216
I.4	Experteninterviews zur Fallstudie Zürich	216

I Expertenworkshops und Experteninterviews

Ein zentraler Bestandteil dieses Forschungsprojekts bildete der Austausch mit diversen Expertinnen und Experten – sei es im Rahmen von Workshops oder Interviews.

I.1 Expertenworkshop zur Wirkungsanalyse

15 Expertinnen und Experten haben an dem von INFRAS organisierten Expertenworkshop zur Wirkungsanalyse (Kap. 5) am 18. Juni 2018 teilgenommen. Die Expertise war breit gefächert, bestehend aus VertreterInnen von Bundesämtern, kantonalen Ämtern, wissenschaftlichen Einrichtungen, Beratungsunternehmen sowie der SBB.

Table 50: *Teilnehmenden des Expertenworkshops am 18.6.2018 in Zürich²⁴*

Vorname	Name	Institution
Roland	Hohmann	BAFU
Claus	Doll	ISI Fraunhofer
Markus	Wyss	Kanton Bern, Tiefbauamt
Thomas	Stoiber	Kanton Zürich, AWEL
Annette	Antz	SBB
Franziska	Borer Blindenbacher	ARE
Markus	Liechti	BAV
Marta	Kwiatkowski	Gottlieb Duttweiler Institut
Alexandra	Quandt	BFS
Sabine	Friedrich	KEEAS Raumkonzepte AG
Markus	Maibach	INFRAS
Kay	Axhausen	IVT, ETH Zürich
Michael	Löchl	Kanton Zürich, AFV
Jürg	Artho	Universität Zürich
Bernard	Gogniat	ASTRA

Table: INFRAS

²⁴ Klaus Kammer (BAFU) und Karin Ammon (ProClim) konnten kurzfristig nicht am Workshop teilnehmen und hatten sich entschuldigt.

I.2 Experteninterviews zur Wirkungsanalyse

Im Rahmen der Wirkungsanalyse (Kap. 5) haben wir neben dem Workshop folgende Expertinnen und Experten interviewt.

Tabelle 51: Interviewte Expertinnen und Experten im Rahmen der Wirkungsanalyse

Vorname	Name	Institution
Christian	Laesser	Hochschule St.Gallen
Therese	Lehmann Friedli	Universität Bern

Tabelle: INFRAS. Interviews geführt im Juli 2018.

I.3 Expertenworkshop zur Fallstudie Engelberg

Neun Stakeholder aus Engelberg und Umgebung haben an dem Workshop zur Fallstudie Engelberg (Kap. 6.2) am 13. November 2018 in Engelberg teilgenommen. Vertreten haben sie die Perspektive von Gemeinde, Kanton, Bergbahnen, Verkehrsbetrieben und Tourismus.

Tabelle 52: Teilnehmende des Stakeholder-Workshops am 13.11.2018 in Engelberg

Vorname	Name	Institution
Thomas	Küng	Brunni Bahnen Engelberg AG
Bendicht	Oggier	Engelberg Einwohnergemeinde
Damian	Stampfli	Engelberger Auto-Betriebe AG
Frédéric	Füssenich	Engelberg-Titlis Tourismus AG
Roger	Sonderegger	Hochschule Luzern (künftig: Amt für Raumentwicklung und Verkehr, Kt. Obwalden)
Hanspeter	Schüpfer	Kanton Nidwalden, Amt für Mobilität
Norbert	Patt	Titlis Bergbahnen, Hotels & Gastronomie
Alexander	Kramis	Titlis Bergbahnen, Hotels & Gastronomie
Michael	Schürch	Zentralbahn AG

Tabelle: INFRAS

I.4 Experteninterviews zur Fallstudie Zürich

Im Rahmen der Fallstudie Zürich (Kap. 6.3) haben wir mit folgenden Experten vertiefte Interviews durchgeführt.

Tabelle 53: Interviewte Experten im Rahmen der Fallstudie Zürich

Vorname	Name	Institution
Andrea	Lorenzi	Stadt Lugano, Divisione Pianificazione, Ambiente e Mobilità
Wernher	Brucks	Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr
Thomas	Hablützel	Verkehrsbetriebe Zürich

Tabelle: INFRAS. Interviews geführt im März und April 2019.

Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
Abb.	Abbildung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DSaV	Durchschnittlicher Samstagsverkehr
DSoV	Durchschnittlicher Sonntagsverkehr
DTV	Durchschnittlicher Tagesverkehr
DWV	Durchschnittlicher Werktagesverkehr
Fz.	Fahrzeuge
fäG	fahrzeugähnliche Geräte
inkl.	inklusive
Kap.	Kapitel
LoS	Level of Service
LV	Langsamverkehr
ländl.	ländliche/r
MaaS	Mobility as a Service
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NW	Kanton Nidwalden
OW	Kanton Obwalden
ÖV	Öffentlicher Verkehr
RCP	Representative Concentration Pathway
S.	Seite
SASVZ	Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft
Sz.	Szenario
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

Literaturverzeichnis

- Aargauer Zeitung 2018:** «Masseneinwanderung» der Deutschen in die Schweizer Berge – auch dank der Hitze, Aargauer Zeitung, 6.8.2018, <https://www.aargauerzeitung.ch/wirtschaft/masseneinwanderung-der-deutschen-in-die-schweizer-berge-auch-dank-der-hitze-132888988> (zuletzt geprüft am 8.8.2018).
- Aargauer Zeitung 2017:** Rheintalbahnhof wieder offen – doch der Schaden des «Rastatt-Desasters» wirkt nach, Aargauer Zeitung, 2017, <https://www.aargauerzeitung.ch/wirtschaft/rheintalbahnhof-wieder-offen-doch-der-schaden-des-rastatt-desasters-wirkt-nach-131771558> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Aargauer Zeitung 2010:** Neuer Steilrampentunnel zwischen Engelberg und Grafenort eröffnet, Aargauer Zeitung, 11.12.2010, <https://www.aargauerzeitung.ch/wirtschaft/neuer-steilrampentunnel-zwischen-engelberg-und-grafenort-eroeffnet-102364931> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Abegg, B. 2012: Natürliche und technische Schneesicherheit in einer wärmeren Zukunft, Forum für Wissen, 2012, 29-35, Chur, 2012.
- Abrahamsen, Y., Hälg, F., Simmons-Süer, B., Sturm, J. 2017:** Prognose für den Schweizer Tourismus, ETH Zürich, Konjunkturforschungsstelle, Ausgabe Oktober 2017, Zürich, 2017.
- adelphi, PRC, EURAC 2015:** Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau.
- Ammann, H. 2012:** Weissgeräumte Strassen erfordern besondere Umsicht, Schweizer Gemeinde, 11, 44-45, 2012.
- Amt für Wirtschaft und Tourismus Kanton Graubünden 2015a:** Klimawandel Graubünden – Arbeitspapier 1: Klimaanpassungen, Analyse der Herausforderungen und Handlungsfelder, Chur, 2015.
- Amt für Wirtschaft und Tourismus Kanton Graubünden 2015b:** Klimawandel Graubünden – Arbeitspapier 2: Klimaschutz, Analyse der Herausforderungen und Handlungsfelder, Chur, 2015.
- Amt für Wirtschaft und Tourismus Kanton Graubünden 2015c:** Klimawandel Graubünden – Arbeitspapier 3: Risiken und Chancen, Analyse der Risiken und Chancen, Chur, 2015.
- AWEL 2019a:** Klimakarten, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kanton Zürich Baudirektion, https://awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/luft_klima_elektrosmog/klima/klimakarten.html (zuletzt geprüft am: 11.5.2019).
- ASTRA 2018:** Einhausung Schwamendingen, Bundesamt für Strassen ASTRA, <https://einhausung.ch/> (zuletzt geprüft am: 11.5.2019).
- BAFU 2019:** Hitze und Trockenheit im Sommer 2018. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Umwelt-Zustand Nr. 1909, Bern, 2019.
- BAFU 2018:** Hitze in Städten – Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung, Bundesamt für Umwelt (Hrsg.), Bern, 2018.
- BAFU 2017:** Klimabedingte Risiken und Chancen – Eine schweizweite Synthese, Bundesamt für Umwelt, Bern, 2017.
- BAFU 2016:** Anpassung an den Klimawandel Berichterstattung der Kantone 2015, Referenz/Aktenzeichen: P102-1581, Bundesamt für Umwelt.
- BAFU 2016b:** Hitze und Trockenheit im Sommer 2015. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt; Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.); Bern, 2016.

- BAFU 2016c:** Das Übereinkommen von Paris, Bundesamt für Umwelt, BAFU, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/klima--internationales/das-uebereinkommen-von-paris.html> (zuletzt geprüft am: 05.04.2018).
- BAFU 2013:** Anpassungen an den Klimawandel: Sektor Landwirtschaft, Faktenblatt zur Strategie des Bundesrates «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz», Bundesamt für Landwirtschaft und Bundesamt für Umwelt, Ittigen 2013.
- BABS 2010a:** Beschreibung der kritischen Infrastruktur-Teilsektoren in der Schweiz – Strassenverkehr, Bundesamt für Bevölkerungsschutz, BABS, Bern, 2010.
- BABS 2010b:** Beschreibung der kritischen Infrastruktur-Teilsektoren in der Schweiz – Schiffsverkehr, Bundesamt für Bevölkerungsschutz, BABS, Bern, 2010.
- BAFU 2007:** Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft, Infrac, Ecologic, Rütter+Partner, Zürich, Berlin, Rüschnikon, 2007.
- BAV 2015:** Was ist die Bedeutung der Güterschifffahrt in der Schweiz?, Bundesamt für Verkehr BAV, Schifffahrt, (letztmalig aktualisiert am 01.06.2015), <http://schifffahrt.bav-faq.ch/19/35?lang=de> (zuletzt geprüft am: 16.08.2018).
- Baudirektion des Kantons Zürich 2012:** Streusalz: Im Zweifelsfall zugunsten der Verkehrssicherheit, Reto Färber, Zürcher UmweltPraxis 19 (68), 31-34; kofu-zup.ch/asp/db/pdf/ZUP68_ganz.pdf (zuletzt geprüft am: 29.03.2018).
- Beermann, M., Bramlage, H. & M. Dolinski 2012:** Klimaangepasste Logistik - Transport temperatursensibler Waren unter Klimawandeleinfluss, in Ökologisches Wirtschaften 3, 2012, 24-26, 2012.
- BFS 2016:** Teleheimarbeit in der Schweiz, 2001– 2015; Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, 2016, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/publikationen.assetdetail.350538.html> (zuletzt geprüft am: 29.03.2018).
- BFS 2017a:** Infrastruktur und Streckenlänge, Bundesamt für Statistik, 2017, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/streckenlaenge.html> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- BFS 2017b:** Güterverkehr 2016 - Schiene gewinnt weiterhin Marktanteile zurück, Bundesamt für Statistik, 2017, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/gueterverkehr.assetdetail.3802391.html> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- BFS 2017c:** Alpenquerender Güterverkehr -Transportierte Menge (Schiene und Strasse), Bundesamt für Statistik, 2017, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/gueterverkehr/alpenquerender-gueterverkehr.html> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- BFS 2018:** Gemeindeportraits – Gemeinden, Bundesamt für Statistik, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/regionalstatistik/regionale-portraets-kennzahlen/gemeinden/gemeindeportraits.html> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- BFS 2019:** Pendlermobilität, Pendlermatrix 2014 (Pendlerströme zwischen den Gemeinden), Daten BFS 2019.
- BFS, ARE 2018:** Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV), Mobile Personen im Tagesverlauf nach Verkehrszweck 2015 – Agglomeration Zürich und Agglomeration Lugano, Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Raumentwicklung (Daten im Rahmen des SVI-Forschungsprojekts vom BFS zur Verfügung gestellt).
- Brunni-Bahnen Engelberg AG 2018:** Über uns – Geschichte, <http://www.brunni.ch/ueber-uns-links/ueber-uns/geschichte/> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).

- Bräuer, I., Umpfenbach, K., Blobel, D., Grünig, M., Best, A., Peter, M., Lückge, H., Kasser, F. 2009:** Klimawandel: Welche Belastungen entstehen für die Tragfähigkeit der Öffentlichen Finanzen?, Berlin, Zürich, 2009.
- Brzoska, M., Oßenbrügge, J., Fröhlich, C. Scheffran, J. 2018:** Migration, In Storch, H.v., Meinke, I., Claußen, M. (Hrsg.), Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland, Geesthacht, Hamburg 2018.
- Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie 2014:** Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht, Fachbericht MeteoSchweiz, Nr.243, Bern, 2014.
- Bundesamt für Strassen ASTRA 2019:** Strassenverkehrsfall-Statistik; Daten für Zürich und Lugano. (Daten im Rahmen des SVI-Forschungsprojekts vom ASTRA zur Verfügung gestellt).
- Clivaz, C., Doctor, M., Gessner, S., Ketterer, L., Luthe, T., Schuckert, M., Siegrist, D., Wyss, R. 2012:** Adaptionsstrategien des Tourismus an den Klimawandel in den Alpen. Ergebnisse des alpenweiten Projekts ClimAlpTour in der Schweiz. Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum, HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Nr. 8. Rapperswil, 2012.
- Econcept 2013:** Klimawandel im Grossraum Zürich: Auswirkungen und Anpassungsmassnahmen, Wissensforum ZKB, Wissenschaftliche Grundlagen – Schlussbericht, Zürich, 2013.
- EDA 2017:** Stadt und Land, Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten 2017, Bern, 2017, <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/gesellschaft/bevoelkerung/stadt-und-land.html> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Engelberg-Titlis Tourismus AG 2019:** Engelberger Hotellerie verzeichnet Rekordjahr, Medienmitteilung vom 31.1.2019, Engelberg, 2019.
- Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018a:** Presseinformationen, Fakten & Statistiken, <https://www.engelberg.ch/media/text-ueber-engelberg/fakten-statistik/> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018b:** Technische Daten zu den Bahnanlagen, <https://www.titlis.ch/de/info/allgemeines/wissenswertes> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018c:** Geschichte der Titlis Bergbahnen, Hotels & Gastronomie, <https://www.titlis.ch/de/info/allgemeines/wissenswertes> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018d:** Transportmittel, Engelberger Autobetriebe AG, <https://www.engelberg.ch/wissenswertes/infrastruktur/transportmittel/infrastruktur/engelberger-auto-betriebe-ag-1/> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Engelberg-Titlis Tourismus AG 2018e:** Jahresbericht 2017/19, 1. Mai 2017-30.April 2018, Engelberg, 2018.
- ETHZ, Universität St.Gallen 2015:** Vision Mobilität Schweiz 2050, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme ETH Zürich, Lehrstuhl für Logistikmanagement Universität St.Gallen, Zürich, St.Gallen, 2015.
- Europäische Kommission 2018:** Pariser Übereinkommen, Europäische Kommission – Internationale Massnahmen gegen den Klimawandel; https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de (zuletzt geprüft am: 05.04.2018).
- ewp 2018:** Schneekanonen für den Titlisgletscher, Pro Domo 49/2018, Winterthur 2018.
- Farrag-Thibault, A. 2015:** Klimawandel: Was er für den Verkehrssektor bedeutet, Kernergebnisse aus dem Fünften Sachstandsbericht des IPCC, Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 2015.

- Fleischhacker, V., Formayer, H, Geresdorfer, H. und A. Prutsch 2015:** Klimawandel und Tourismus in Österreich 2030, Auswirkungen, Chancen & Risiken, Optionen & Strategien, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (Auftraggeber), Wien, 2015.
- Flughafen Zürich 2019: Erstmals mehr als 31 Millionen Passagiere, News Center, Flughafen Zürich AG, <https://www.flughafen-zuerich.ch/unternehmen/medien/news-center/2019/jan/mm-20190110-verkehrsstatistik-dezember-2018> (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Fuhrer, J. 2016:** Landwirtschaft, In Akademien der Wissenschaft (Hrsg.), Brennpunkt Klima Schweiz – Grundlagen, Folgen und Perspektiven, 111-115, Bern, 2016.
- Gemeinde Engelberg 2018:** Zahlen und Fakten, Engelberg Einwohnergemeinde, <http://www.gde-engelberg.ch/de/portrait/gemeindezahlen/> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Geo-Net Umweltconsulting GmbH 2018:** Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet des Kantons Zürich - Zusammenfassung, Baudirektion Kanton Zürich, Hanno-ver, April 2018, https://awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/luft_klima_elektrosmog/klima/klimakarten.html (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Google Maps 2018:** <https://www.google.com/maps> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Hacker, F., Blanck, R., Hülsmann, F., Kasten, P., Lorreck, C. Ludig, S., Mottschall, M., Zimmer, W. 2014:** eMobil 2050 Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz, öko-Institut, Berlin, 2014.
- Hipp, T., Kolbitsch, R., Winter, S. Witting, M. 2015:** Klimawandel im Alpenraum – Auswirkungen und Herausforderungen, Deutscher Alpenverein, München, 2015.
- Hirschfeld, J. & Lindow, M. 2016:** Indirekte Effekte des globalen Klimawandels auf die deutsche Wirtschaft – Ergebnispapier des Stakeholderdialogs zur Klimaanpassung, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2016.
- htr.ch 2018a:** Titlis Bergbahnen mit positiver Sommer-Bilanz und Ausblick, htr hotel revue, 4.9.2018, <https://www.htr.ch/story/titlis-bergbahnen-mit-positiver-sommer-bilanz-und-ausblick-21703.html> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- htr.ch 2018b:** Bruni-Bahnen vermelden Rekord- Sommersaison, <https://www.htr.ch/story/bruni-bahnen-vermelden-rekord-sommersaison-22103.html> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Huggel, C, Marty, C. Nötzli & Paul, F. 2016:** Schnee, Gletscher und Permafrost, In Akademien der Wissenschaft (Hrsg.), Brennpunkt Klima Schweiz – Grundlagen, Folgen und Perspektiven, 111-115, Bern, 2016.
- IBK, AWEL (Hrsg.) 2007:** Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsstrategien – Erste Standortbestimmung, Ernst Basler + Partner AG, Zürich, Konstanz, 2007.
- Infras 2015:** Klimabedingte Risiken und Chancen 2060 – Regionale Fallstudie Kanton Uri, Füssler, J, Betschart, M., Schächli, B., Infras, Bundesamt für Umwelt (Auftraggeber), Bern, St. Gallen, Zürich, 2015.
- Infras 2016a:** Klimaadaptionsstrategie Grimselgebiet, Bundesamt für Umwelt, Oberingenieurkreis I und Regionalkonferenz Oberland-Ost (Projekträgerschaft) Interlaken/Thun/Guttannen/Zürich, 2016.
- Infras 2016b:** Volkswirtschaftliche Aspekte und Auswirkungen des Projekts Cargo Sous Terrain (CST); Maibach, M.; Ickert, L; Sutter, D.; Infras; Bundesamt für Verkehr (Auftraggeber), Bern, Zürich 2016.
- IPCC 2013:** Climate Change 2013. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Group I: The Science of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- IPCC 2014:** Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (Hrsg.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, S. 1-32.
- IPCC 2018:** Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.). World Meteorological Organization WMO, Geneva.
- Jaag, C & N. Schnyder 2019:** Bedeutung des Klimawandels für die Infrastrukturen in der Schweiz – Stand der Literatur, Swiss Economics, Zürich: 2019; https://swiss-economics.ch/files/content/dokumente/publikationen/2019_JaagSchnyder_KlimawandelUndInfrastrukturen_UVEK_DE.pdf (zuletzt geprüft am: 24.10.2019).
- Kanton Aargau 2010:** Auswirkungen des Klimawandels auf die Aufgabenbereiche des Departements Bau, Verkehr und Umwelt- Statusbericht, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Aarau, 2012.
- Kanton Basel-Stadt 2011:** Bericht über die Folgen des Klimawandels im Kanton Basel-Stadt, Handlungsmöglichkeiten und Handlungsbedarf aufgrund der Klimaänderung in Basel-Stadt, Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt, Basel, 2011.
- Kanton Solothurn 2016:** Klimawandel – Risiken, Chancen, Handlungsfelder, Amt für Umwelt des Kantons Solothurn, Amt für Wald, Jagd und Fischerei des Kantons Solothurn, Solothurn, 2017.
- Kanton Basel-Stadt 2017:** Klimafolgenbericht des Kantons Basel-Stadt – Bericht über den Umsetzungsstand der Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel im Kanton Basel-Stadt, Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt, Basel, 2017.
- Kanton Bern 2017:** Berner Oberland: Klimawandel schafft neue Herausforderungen. Kanton Bern – Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion, http://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/organisation/tba/TBA_update/TBA_Newsletter_Maerz_2015/Herausforderung_Klimawandel.html (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Kanton Schaffhausen 2011:** Bericht Klimaadaptation Kanton Schaffhausen – Eine Auslegeordnung, Kanton Schaffhausen, Departement des Innern, Baudepartement, Volkswirtschaftsdepartement, Schaffhausen, 2011.
- Kanton Zürich Baudirektion 2018a:** Klimawandel im Kanton Zürich, Massnahmenplan Anpassung an den Klimawandel, Kanton Zürich Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Luft, Zürich, September 2018.
- Kanton Zürich Baudirektion 2018b:** Klimawandel im Kanton Zürich, Folgen, Ursachen und Massnahmen, Kanton Zürich Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Luft, Zürich, September 2018.
- Kantonspolizei Zürich 2019a:** Verkehrsunfallstatistik 2018, Kanton Zürich, Medienorientierung, 14.3.2019, https://www.kapo.zh.ch/dam/sicherheitsdirektion/kapo/publikationen/statistik/vusta/kanton_zuerich/KTZH_HandoutKanton_2018.pdf.spooler.download.1552546803043.pdf/KTZH_HandoutKanton_2018.pdf (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).

- Kantonspolizei Zürich 2019b:** Verkehrsunfallstatistik Kanton Zürich, Kanton Zürich, März 2019, https://www.kapo.zh.ch/internet/sicherheitsdirektion/kapo/de/ueber_uns/zahlen_fakten/statistiken1.html (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Kiefer-Glomme, Y. 2017:** Der differenzierte Winterdienst macht Schule in der Schweiz, Schweizer Gemeinde 11, 64-71, 2017.
- Knödler, B. 2019:** Slalom der Bekloppten, der Freitag, Ausgabe 16/2019, <https://www.freitag.de/autoren/ben-nyk/slalom-der-bekloppten> (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Kohli, A., Steinemann, M., Guyer, M., Füssler, J. 2018:** Relevanz des Klimawandels für die Schweizer Sicherheitspolitik - Herausforderungen und mögliche Handlungsfelder, Eidgenössisches Department für auswärtige Angelegenheiten, Infrac, Zürich, 2018.
- Landesbetrieb Strassenbau NRW 2018:** Strassenbeläge – Strassen werden nicht «geteert», Landesbetrieb Strassenbau Nordrhein-Westfalen, Gelsenkirchen, 2018, <https://www.strassen.nrw.de/planung-bau/bautechnik/strassenbelaege.html> (zuletzt geprüft am: 28.03.2018).
- Luzerner Zeitung 2018a:** Stau-Problem: Mögliche Lösungen werden nicht umgesetzt, Luzerner Zeitung, 25.2.2018, <https://www.luzernerzeitung.ch/zentralschweiz/obwalden/ob-nidwalden-stau-problem-moegliche-loesungen-werden-nicht-umgesetzt-ld.126071> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Luzerner Zeitung 2018b:** Academia Engelberg: Podiumsteilnehmer diskutieren über das Pendeln, Luzerner Zeitung, 17.10.2018, <https://www.luzernerzeitung.ch/zentralschweiz/obwalden/academia-engelberg-podiumsteilnehmer-diskutieren-ueber-das-pendeln-ld.1062028> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Mayer, M. & R. Steiger 2013:** Skitourismus in den Bayerischen Alpen – Entwicklung und Zukunftsperspektiven; aus Huber, J. & M. Mayer, (Hrsg.), Tourismus und Regionalentwicklung in Bayern, S. 164-212, Hannover, 2013.
- Marscheider, N., Schäfer, L. und M. Rotter 2013:** Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zur Klimaanpassung – Logistik und Supply Chain, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, 2013.
- Meteo Schweiz 2016a:** Klimanormwerte Lugano, Normperiode 1981-2010, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich-Flughafen, 2016.
- Meteo Schweiz 2016a:** Klimanormwerte Zürich/Affoltern, Normperiode 1981-2010, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich-Flughafen, 2016.
- MeteoSchweiz 2014:** Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie Meteo Schweiz, Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 243, <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/service-und-publikationen/publikationen.subpage.html/de/data/publications/2014/1/klimaszenarien-schweiz---eine-regionale-uebersicht.html> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Meteozuerich.ch 2019:** Hitzesommer, <http://www.meteozurich.ch/?tag=hitzesommer> (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- 20 Minuten 2017:** Darum werden Städte zu Glutöfen, Zanni, B., 20 Minuten, 26.6.2017, <http://www.20min.ch/schweiz/news/story/Darum-werden-Staedte-zu-Glutoefen-31027550> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Müller, H. und T. Lehmann Friedli 2011:** Der Schweizer Tourismus im Klimawandel, Auswirkungen und Anpassungsoptionen, Universität Bern, Bern 2011.

- Nau.ch 2018:** Übernachtungen in Schweizer Hotels legen im ersten Halbjahr zu, Nau.ch, 6.8.2018, <https://www.nau.ch/politik-wirtschaft/wirtschaft/2018/08/06/ubernachtungen-in-schweizer-hotels-legen-im-ersten-halbjahr-zu-65387464> (zuletzt geprüft am: 15.8.2018).
- NCCS 2018a:** Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services (Hrsg.), Zürich, 2018.
- NCCS 2018b:** CH2018 - Climate Scenarios for Switzerland – Technical Report. National Centre for Climate Services (Hrsg.), Zürich, 2018.
- NCCS 2018c:** Schweizer Klimaszenarien CH2018, Zahlen und Fakten – Temperatur. National Centre for Climate Services (NCCS), <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/zahlen-und-fakten/temperatur.html> (zuletzt geprüft am: 13.5.2019).
- NCCS 2018d:** Schweizer Klimaszenarien CH2018, Zahlen und Fakten – Niederschlag. National Centre for Climate Services (NCCS), <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/zahlen-und-fakten/niederschlag.html> (zuletzt geprüft am: 13.5.2019).
- NCCS 2018e:** Schweizer Klimaszenarien CH2018, Mittelland – Klimaszenarien CH2018 Mittelland. National Centre for Climate Services (NCCS), <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/regionen/grossregionen/mittelland.html> (zuletzt geprüft am: 13.5.2019).
- NCCS 2018f:** Schweizer Klimaszenarien CH2018, Alpensüdseite – Klimaszenarien CH2018 Alpensüdseite. National Centre for Climate Services (NCCS), <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/regionen/grossregionen/alpensuedseite.html> (zuletzt geprüft am: 13.5.2019).
- NCCS 2019g:** Schweizer Klimaszenarien CH2018, Alpen – Klimaszenarien CH2018 Alpen. National Centre for Climate Services (NCCS), <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/regionen/grossregionen/alpen/klimaszenarien-ch2018-alpen.html> (zuletzt geprüft am: 13.5.2019).
- NZZ 2017a:** Behörden warnen vor Hitzewelle, <https://www.nzz.ch/panorama/hochsommerliche-temperaturen-in-der-schweiz-im-mittelland-gilt-ab-mittwoch-eine-hitzewarnung-ld.1301879>, Neue Zürcher Zeitung, 2017 (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- NZZ 2017b:** Dieser Tag war ein heftiger Rückschlag für Bondo, Neue Zürcher Zeitung, 2017, <https://www.nzz.ch/panorama/neuer-erdrutsch-heftiger-rueckschlag-fuer-bondo-ld.1313811> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- NZZ 2017c:** Das durch einen Felssturz abgeschnittene Tal in Österreich ist provisorisch wieder erreichbar, Neue Zürcher Zeitung, 2017, <https://www.nzz.ch/panorama/felsmassen-verschuetten-strasse-in-oesterreich-bis-zu-50-meter-hoch-ld.1342688> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- NZZ 2017d:** Die Sperrung der Rheintalbahn ist ein Desaster für den Güterverkehr, Neue Zürcher Zeitung, 2017, <https://www.nzz.ch/panorama/sperrung-der-eisenbahnlinie-bei-rastatt-desaster-fuer-den-gueterverkehr-und-fuer-die-neue-deutsche-rheintalstrecke-ld.1311011> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- NZZ 2018a:** Stromausfall im Zürcher Seefeld 16'000 Haushalte ohne Strom, Neue Zürcher Zeitung, 2018, <https://www.nzz.ch/zuerich/stromausfall-im-zuercher-seefeld-trams-und-busse-stehen-still-ld.1347934> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- NZZ 2018b:** Wir erleben einen Hitzesommer, wie er bald zur Norm werden könnte, Neue Zürcher Zeitung, 4.8.2018 (zuletzt geprüft am: 8.8.2018)
- NZZ 2018c:** Die Stadt Zürich soll im Westen und im Norden rasant wachsen, Neue Zürcher Zeitung, 19.09.2018, <https://www.nzz.ch/zuerich/die-stadt-zuerich-soll-im-westen-und-norden-rasant-wachsen-ld.1421299> (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).

- OcCC/ProClim 2007:** Klimaänderungen und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, Bern, 2007.
- Partl, M. 2011:** Asphalt und Bitumen, Vorlesung Werkstoffe 1, ETHZ, Frühjahrssemester 2011, Zürich, 2011, https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ifb/ifb-dam/homepage-IfB/Education/bsc_courses/bsc-materials-l/documents/Werkstoffe1_Bitumen2011.pdf (zuletzt geprüft am: 27.03.2018).
- Piguet, E. 2016:** Globale Zusammenhänge und Migration, In Akademien der Wissenschaft (Hrsg.), Brennpunkt Klima Schweiz – Grundlagen, Folgen und Perspektiven, 136-138, Bern, 2016.
- Planat 2018:** Sturm Lothar 1999, Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, <http://www.planat.ch/de/bilder-detailansicht/datum/2011/05/17/sturm-lothar-1999/> (zuletzt geprüft am 04.04.2018).
- Plattner, G., Fischer, A. Stocker, T. 2016:** Temperatur, In Akademien der Wissenschaft (Hrsg.), Brennpunkt Klima Schweiz – Grundlagen, Folgen und Perspektiven, 40-45, Bern, 2016
- Rebetez, M. & Lehmann Friedli, T. 2016:** Tourismus, In Akademien der Wissenschaft (Hrsg.), Brennpunkt Klima Schweiz – Grundlagen, Folgen und Perspektiven, 117-120, Bern, 2016.
- Regiosuisse 2017:** Monitoringbericht 2016 – Die regionalwirtschaftliche Entwicklung in der Schweiz, regiosuisse – Netzwerkstelle Regionalentwicklung, Bern 2017, <https://regiosuisse.ch/sites/default/files/2017-08/L4%20Monitoringbericht%202016%20D.pdf> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- SASVZ 2019:** Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung – Monats- und Jahresergebnisse, Bundesamt für Strassen, <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/dokumentation/verkehrsdaten/daten-publicationen/automatische-strassenverkehrszaehlung/monats-jahresergebnisse.html> (zuletzt geprüft am: 14.5.2019).
- Schweizeraktien.net 2018:** Bruni-Bahnen Engelberg: Bestes Geschäftsjahr in Unternehmensgeschichte, Schweizeraktien.net, 1.11.2018, <https://www.schweizeraktien.net/blog/2018/11/01/bruni-bahnen-engelberg-bestes-geschaeftsjahr-in-unternehmensgeschichte-25592/> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Schweizerischer Bundesrat et al. 2012:** Raumkonzept Schweiz. Schweizerischer Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, SGV. Bern.
- SECO 2017:** Mia Engiadina, in «Die neue Regionalpolitik des Bundes – Regionen fördern. Schweiz stärken», Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, 26-29, Bern, 2017, https://www.bundespublikationen.admin.ch/cshop_mimes_bbl/8C/8CD4590EE41ED7A5DDDF4166CB607D.pdf (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Serquet, G. & Rebetez, M. 2011:** Relationship between tourism demand in the Swiss Alps and hot summer air temperatures associated with climate change; https://www.researchgate.net/publication/229091395_Relationship_between_tourism_demand_in_the_Swiss_Alps_and_hot_summer_air_temperatures_associated_with_climate_change (zuletzt geprüft am 06.08.2018).
- SRF 2014:** Zuganglück in Tiefencastel mit halbwegs glimpflichem Ausgang, SRF, 2014, <https://www.srf.ch/news/schweiz/zugunglueck-in-tiefencastel-mit-halbwegs-glimpflichem-ausgang> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- SRF 2017a:** Zuganglück bei Tiefencastel – Erdbeben war nicht vorhersehbar, SRF, 2017, <https://www.srf.ch/news/regional/graubuenden/erdrutsch-war-nicht-vorhersehbar> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).

- SRF 2017b:** Cargo sous terrain – Unterirdische Güterbahn: Investoren beissen langsam an, SRF, 2017, <https://www.srf.ch/news/regional/aargau-solothurn/unterirdische-gueterbahn-investoren-beissen-langsam-an> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- SRF 2018a:** Lawinengefahr im Wallis – Zermatt ist wieder erreichbar, SRF, 2017 <https://www.srf.ch/news/schweiz/lawinengefahr-im-wallis-zermatt-ist-wieder-erreichbar> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- SRF 2018b:** «Wir befinden uns in einer extremen Situation», SRF, 7.8.2018, <https://www.srf.ch/news/schweiz/bauern-fordern-hilfe-wir-befinden-uns-in-einer-extremen-situation> (zuletzt geprüft am: 8.8.2018).
- SRF 2018c:** Wenig Wasser: Schiffe können nur einen Bruchteil ihrer Waren laden, SRF, 4.8.2018, <https://www.srf.ch/sendungen/heutemorgen/wenig-wasser-schiffe-koennen-nur-einen-bruchteil-ihrer-waren-laden> (zuletzt geprüft am: 16.8.2018).
- SRF 2018d:** Sperre für die Rheinschifffahrt aufgehoben, SRF, 5.1.2018, <https://www.srf.ch/news/regional/basel-baselland/hochwasser-sperre-fuer-die-rheinschifffahrt-aufgehoben> (zuletzt geprüft am: 16.8.2018).
- Stadt Zürich, Bevölkerungsszenarien 2018:** Bevölkerungsentwicklung nach Stadtkreis und Stadtquartier, mittleres Szenario, 2018, 2035, Stadt Zürich, Statistik (erstellt am: 25.04.2019), <https://www.stadt-zuerich.ch/prd/de/index/statistik/themen/bevoelkerung/bevoelkerungsentwicklung/bevoelkerungsszenarien.html> (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Stadt Zürich Hochbaudepartment 2018a:** Zürich 2040, <https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/staedtebau/planung/richtplanung0/kommunaler-richtplan.html> (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Stadt Zürich Hochbaudepartment 2018b:** Kommunaler Richtplan Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen, Fassung für die öffentliche Auflage vom 24. September bis 22. November 2018, Zürich, 8. August 2018.
- Stadt Zürich Open Data 2019:** Messwerte der Wetterstationen der Wasserschutzpolizei Zürich, https://data.stadt-zuerich.ch/dataset/sid_wapo_wetterstationen (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Stadt Zürich, Sicherheitsdepartement 2018:** Mehr Schwerverletzte im Veloverkehr denn je, https://www.stadt-zuerich.ch/pd/de/index/das_departement/medien/medienmitteilung/2018/maerz/180313a.html (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Stadt Zürich Stadtrat 2018:** Stadtverkehr 2025, Bericht 2017, Stadt Zürich, Beschlossen vom Stadtrat am 5.9.2018, https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/publikationen_u_broschueren/stadtverkehr_2025_bericht_2017.html (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Stadt Zürich, Tiefbau und Entsorgungsdepartement 2018:** Kennzahlen der Verkehrsentwicklung; https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/verkehr/webartikel/webartikel_kennzahlen_verkehrsentwicklung.html (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).
- Stadt Zürich Tiefbauamt 2018:** Kommunaler Richtplan Verkehr – Richtplantext, Fassung für die öffentliche Auflage vom 24. September bis 22. November 2018, Zürich, 8. August 2018,
- Statistisches Amt des Kantons Zürich 2018:** Kanton Zürich in Zahlen 2018, Statistisches Amt des Kantons Zürich in Zusammenarbeit mit der Zürcher Kantonalbank (Hrsg.), Bucher, M., Cravio-lini, J., Hofer, T., Page, R., Statistisches Amt, Zürich, 2018.
- Statistik Kanton Obwalden 2018:** Obwalden in Zahlen, Volkswirtschaftsdepartement Obwalden & Obwaldner Kantonalbank, <http://www.statistik-obwalden.ch/> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).

- Stein, D. 2017:** Waren unter der Strasse anliefern, Verkehrsrundschau, Who is Who Logistik Ausgabe 51-52/2017, Sonderheft, S.32-35, 2017.
- Swissinfo.ch 2018:** Zermatt ist nicht mehr von der Aussenwelt abgeschnitten, Swissinfo.ch; <https://www.swissinfo.ch/ger/bahnverkehr-nach-zermatt-weiterhin-gesperrt---erneute-luftbruecke/43811960> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- SVI 2017:** Potenziale des Veloverkehrs in den Agglomerationen, Merkblatt 2017/03, SVI Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (Hrsg.), Büro für Mobilität AG, Interface Politikstudien, Hochschule Luzern; http://www.svi.ch/web/fileadmin/redaktoren/dokumente/Publikationen/Merkblaetter_Leitfaeden/Merkblatt-2017-03_170509_de.pdf (zuletzt geprüft am 11.09.2019).
- Tagesanzeiger 2017a:** In der Schweiz herrscht künftig Balkan-Klima, Tagesanzeiger, <https://www.tagesanzeiger.ch/wissen/natur/in-der-schweiz-herrscht-kuenftig-balkanklima/story/25456212> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Tagesanzeiger 2017a:** Wie sicher ist das Schweizer Schienennetz? Tagesanzeiger, 2017, <https://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/Wie-sicher-ist-das-Schweizer-Schienennetz/story/14686823> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Tagesanzeiger 2017b:** Rhonegletscher schrumpft 10 Zentimeter pro Tag, Tagesanzeiger, 2017, <https://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/rhonegletscher-schrumpft-10-zentimeter-pro-tag/story/14092857> (zuletzt geprüft am: 23.1.2018).
- Tagesanzeiger 2017c:** So schmolzen die Schweizer Gletscher in 160 Jahren weg, Tagesanzeiger, 2.8.2017, <https://interaktiv.tagesanzeiger.ch/2017/gletscherschwund/?openincontroller>, (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).
- Tagesanzeiger 2018a:** Ferienorte erwarten Rekordsommer, Tagesanzeiger, 4.8.2018, <https://www.tagesanzeiger.ch/sonntagszeitung/ferienorte-erwarten-rekordsommer/story/10466244> (zuletzt geprüft am 8.8.2018).
- Tagesanzeiger 2018b:** Es war einmal Schnee, Tagesanzeiger, 11.12.2018.
- Tagesanzeiger 2019:** Zürich steht vor einer Flut von Trottinetts, Tagesanzeiger, 29.4.2019, <https://www.tagesanzeiger.ch/zuerich/stadt/zuerich-steht-vor-einer-flut-von-trottinetts/story/14404712> (zuletzt geprüft am: 11.5.2019).
- Teich, M.; Lardelli, C.; Bebi, P.; Gallati, D.; Kytzia, S.; Pohl, M.; Pütz, M.; Rixen, C., 2007:** Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 2007.
- Tourismus Monitor Schweiz 2017:** Sommerfreizeitourismus in Engelberg – Eine Analyse anhand des Tourismus Monitor Schweiz 2017, Schweiz Tourismus, Marktforschung, August 2017.
- Umweltbundesamt 2012:** Die Folgen des Klimawandels in Deutschland – Was können wir tun und was kostet es?, Hasse, C., Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau, 2012.
- Umweltbundesamt 2015:** Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie, Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung, Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau, 2015.
- Umweltbundesamt 2018:** ImpactChain: Folgen des globalen Klimawandels für Deutschland, u.a. Infras (laufendes Mandat).
- UVEK 2014:** Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen, Forschungsprojekt SVI 2012/005, Projektteam bestehen aus Ernst Basler + Partner, PTV Transport Consult GmbH und Bundesamt für Meteorologie

und Klimatologie, Eidgenössisches Departement für Um-welt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen, März 2014.

VBZ 2019: Fahrgastzahlen 2018 (8.3.2019), <https://www.stadt-zuerich.ch/vbz/de/index/aktuelles/Fahrgastzahlen2018.html> (zuletzt geprüft am: 10.5.2019).

Velosuisse 2019: Verdopplung der Schweizer E-Mountainbike-Verkäufe, Velosuisse, 8.3.2019 (zu-letzt geprüft am: 10.5.2019).

Vöhringer, F., Vielle, M., Thurm, B. et al. 2017: Assessing the impacts of climate change for Switzerland – Final report, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 2017.

Wikipedia 2018: Foto Engelberg, Blick von Südwesten auf Engelberg, https://de.wikipedia.org/wiki/Engelberg#/media/File:Engelberg_2014-04.jpg (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).

Zentralbahn AG 2018: Unternehmen Zentralbahn, zb Zentralbahn AG, <https://www.zentralbahn.ch/de/zentralbahn/%C3%BCber-uns/unternehmen-zentralbahn> (zuletzt geprüft am: 14.12.2018).

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: 28.02.2020

Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2011/003

Projekttitel: Verkehr der Zukunft 2060: Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage

Enddatum: 28.02.2020

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Im Fokus der Studie steht die Wirkung eines veränderten Klimas auf den Verkehr im Jahr 2060. Untersucht werden alle Ebenen des Verkehrs: Verhalten, Infrastruktur, Betrieb/Angebot und Nachfrage. Erarbeitet werden zuerst themenspezifische Wirkungsketten und ein Gesamtwirkungsmodell. Ausgehend von drei Zukunftsszenarien – 1. Laissez-faire, 2. Anpassung 3. Vermeidung – werden mögliche Wirkungen erörtert. Die Wirkungsanalyse unterscheidet drei Raumtypen: städtische, ländliche und Berggebiete. In zwei Fallstudien für ein Berggebiet (Engelberg) und eine städtische Agglomeration (Zürich) werden die Wirkungen vertieft, überprüft und für konkrete Räume illustriert. Schliesslich werden die Wirkungen in 9 Kernaussagen synthetisiert (s.unten) und die resultierenden verkehrlichen Wirkungen qualitativ und semiquantitativ zusammengefasst. Zudem werden Handlungsempfehlungen formuliert und der Forschungsbedarf aufgezeigt.

Die Analyse ermöglichte die Formulierung folgender neun Kernaussagen:

- (1) Zunehmende Sommerhitze führt zu einem steigenden Bedürfnis nach Kühle. In Folge wächst der Freizeitverkehr aus der Stadt in Berggebiete, ländliche Regionen und an Gewässer. Vor allem an Wochenenden im Sommer nehmen die Verkehrsspitzen deutlich zu.
- (2) Die Suche nach Sommerfrische steigert die Attraktivität gut erschlossener Berggebiete und der Voralpen als Wohnort. Im Sommer kühlere Gebiete gewinnen als Wohnsitz an Bedeutung. Multilokales Wohnen ist immer häufiger verbreitet. Der Pendelverkehr steigt.
- (3) Die zunehmende Hitze in städtischen Agglomerationen führt nicht nur zu mehr Freizeitverkehr in kühlere Gebiete, sondern auch zu einer steigenden Attraktivität ländlicher Gebiete in der Nähe städtischer Zentren als Wohnort. Entsprechend wächst der Siedlungsdruck im ländlichen Raum, die Pendlerströme nehmen zu.
- (4) Zunehmende Extremwetterereignisse beeinträchtigen die Verkehrsinfrastruktur und den Verkehrsbetrieb direkt oder indirekt. Infolge sinkt die Zuverlässigkeit. Gleichzeitig nehmen Betriebs-, Unterhalts- und Investitionskosten für Anpassungsmassnahmen deutlich zu. Besonders betroffen ist der Güterverkehr: dessen Attraktivität sinkt, die Transportkosten steigen, die Nachfrage wird gedämpft.
- (5) Die Sommerhitze erschwert den Betrieb der Verkehrsmittel. Einerseits steigt der Kühlungsbedarf für Fahrgäste, Güter und technische Anlagen. Andererseits erhöht sich das Risiko für Störungen und Ausfälle. Aber: Dank milderer Temperaturen sinkt die Anfälligkeit für technische Störungen im Winter.
- (6) Der Klimawandel trägt zu einer insgesamt deutlichen Steigerung der Nachfrage im Veloverkehr sowie E-Bikes und anderen fäG bei. Kürzere und mildere Winter verlängern die Velosaison. Dadurch kommt es aber auch zu mehr Velounfällen. Das erfordert zusätzliche Veloinfrastrukturen und Sicherheitsmassnahmen.
- (7) Die Auswirkungen des Klimawandels auf die touristische Nachfrage und den Verkehr unterscheiden sich je nach Region und Jahreszeit sehr stark. Im Sommer wird die Nachfrage in den Berggebieten deutlich zunehmen, im Winter tendenziell abnehmen und sich auf höher gelegene Gebiete konzentrieren.
- (8) Der Klimawandel erhöht den Bedarf nach zusätzlichen Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur sowie in den Verkehrsbetrieb zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Erreichbarkeit. Der Finanzierungsbedarf im Verkehr steigt deutlich an, die Transportkosten steigen.
- (9) Verschiedene Regionen und soziale Gruppen sind unterschiedlich stark von den negativen Folgen des Klimawandels auf den Verkehr betroffen. Periphere Gebiete und einkommensschwache Haushalte spüren die negativen Folgen besonders. Der wachsende Finanzbedarf im Verkehr verstärkt die Mittelkonkurrenz mit anderen Politikfeldern und Verteilungskonflikte zwischen den Regionen.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Im Zentrum der Forschungsarbeit steht die Fragestellung, welche Auswirkungen der Klimawandel auf die Verkehrsnachfrage in rund 40 Jahren, im Jahr 2060, hat. Dabei interessieren insbesondere folgende Teilziele und Fragen:

- Die wichtigsten Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die verkehrsrelevanten Lebensgewohnheiten sind analysiert. Die Folgen des Klimawandels auf verschiedene für das Verkehrsverhalten relevante Parameter wie die Siedlungsentwicklung, die Arbeitszeiten, das Freizeitverhalten sind untersucht. Neben dem Arbeits- steht v.a. auch der Freizeitverkehr im Fokus der Analyse.

- Die Wirkung des Klimawandels auf das Verkehrsverhalten und schliesslich die Verkehrsnachfrage sind qualitativ detailliert analysiert. Punktuell liegen zudem quantitative bzw. semiquantitative Abschätzungen vor. Wichtige Wirkmechanismen sind beschrieben und eine Relevanzeinschätzung der verschiedenen Wirkungen liegt vor. Die Analyse erfolgt für verschiedene Szenarien, welche unterschiedliche klimatische Entwicklungspfade berücksichtigen. Eine Vertiefung der Wirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage erfolgt mit Hilfe zwei konkreter Fallbeispiele.

- Basierend auf den Ergebnissen dieser Teilziele werden die zentralen Herausforderungen sowie der Handlungsbedarf und mögliche Massnahmen für die geforderten Akteure aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft formuliert.

Diese Ziele wurden erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Studie formuliert neun zentrale Kernaussagen respektive Folgerungen. Diese nennen mögliche Wirkungen für einen stark fortgeschrittenen Klimawandel mit einem Temperaturanstieg in der Schweiz bis Ende 21. Jahrhundert von +3°C bis +5°C gegenüber heute. Eine Infografik illustriert die zentralen Folgerungen der Studie.

Auf dieser Grundlage identifiziert die Studie Handlungsbedarf und Empfehlungen entlang der unterschiedlichen Raumtypen zuhanden der Fachleute, der Verwaltung und der (Verkehrs-)Politik. Dabei werden zum einen übergeordneter Handlungsbedarf und Empfehlungen erörtert, die für alle Räume relevant sind. Zum anderen gibt die Studie raumtypenspezifische Handlungsempfehlungen.

Mit Blick auf den langen Zeithorizont (Ausblick auf das Jahr 2060) und weiterhin bestehende Unklarheiten bei den kausalen Zusammenhängen in Zusammenhang mit dem Klimawandel werden abschliessend weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt und Schwerpunkte vorgeschlagen.

Publikationen:

Forschungsbericht zum Projekt

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Sutter

Vorname: Daniel

Amt, Firma, Institut: INFRAS Forschung und Beratung

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



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

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das Forschungsprojekt hat systematisch die zentralen Wirkungsketten erarbeitet, die der Klimawandel auf das Verkehrsangebot und die Verkehrsnachfrage haben kann. Die gut lesbare und stringente Systematik erlaubt einen transparenten Überblick über die Zusammenhänge und den potenziellen Handlungsbedarf. Methodisch steht die Systemanalyse gekoppelt mit einem Literatur- und Expertenansatz im Zentrum. Dieser Ansatz hat sich bewährt, um die Forschungsfragen zu beantworten. Das Projekt hat damit die gestellten Ziele erreicht. Die Analyse ist -auftragsgemäss - qualitativer Natur und versucht, die Relevanz der Zusammenhänge von Verkehr und Klima zu kategorisieren. Dabei hat sich gezeigt, dass die Relevanz der einzelnen Wirkungen regional stark variiert. Die Vertiefung von zwei Fallbeispielen (Ausgangspunkt Hitzesommer 2018) hat einerseits wichtige Themen (Tourismus und Verkehrsspitzen; Unfälle) konkretisiert und illustriert, andererseits auch die Grenzen einer empirisch quantitativen Analyse aufgezeigt. Die Übertragbarkeit heutiger Erkenntnisse auf Aussagen für die langfristige Zukunft bleibt eine Herausforderung. Entsprechend ist auch der Zeitpunkt 2060 weniger im Zentrum als die Angabe eines konkreten Erwärmungsszenarios (3-5 Grad). Die Forschungsziele konnten vollumfänglich erreicht werden.

Umsetzung:

Das Projekt bildet zunächst die Grundlage für die Synthese des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft'. Die formulierten Empfehlungen für die zentralen Kernaussagen der Wirkungen bilden die Basis für die Umsetzung. Es sind insbesondere Empfehlungen an die Verkehrsinfrastrukturpolitik und Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung. Das Projekt hat klar gezeigt, dass eine Senkung der verkehrsbedingten Klimaemissionen durch eine aktive Klimapolitik auch die Herausforderungen an die zukünftige Anpassungsstrategie mildert.

weitergehender Forschungsbedarf:

Das Projekt hat den Forschungsbedarf formuliert. Im Zentrum stehen konkrete Vertiefungen, um die strukturellen Wirkungen präziser zu analysieren: regionale Differenzierung (v.a. Städte, Tourismus, Korridore), Auswirkungen auf den Tagesgang, Auswirkungen auf den Modalsplit. Gleich-zeitig geht es aber auch darum, die Quantifizierung anzugehen, insbesondere die Frage, wie stark die Klimaerwärmung und -ereignisse die Verkehrskosten (Infrastruktur Erneuerung und Unter-halt), Anpassungskosten, Ausweichkosten) beeinflussen. Ein weiteres Forschungsfeld ist die Analyse von indirekten Auswirkungen auf das Verkehrssystem (z.B. Änderung der Handelsströme und -routen, Migration).

Einfluss auf Normenwerk:

kein Einfluss.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Kilcher

Vorname: Daniel

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

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.

SVI Publikationsliste

Die Liste kann bei der [SVI](#) bezogen werden.