

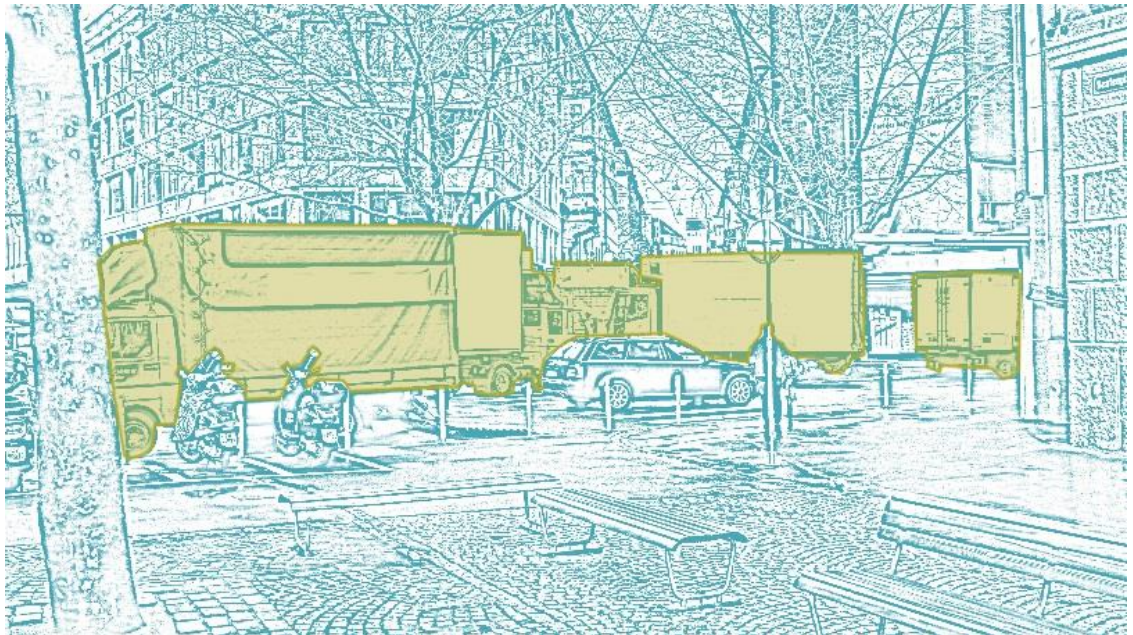


**Steuerung des Energieverbrauchs**  
Nationales Forschungsprogramm



**INTERFACE**

**IVT** Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme  
Institute for Transport Planning and Systems



Nationales Forschungsprogramm NFP 71

**Vision 2050**

**Energie effiziente und CO<sub>2</sub>-freie urbane Logistik**

1.0

15. Dezember 2017

Bericht-Nr. 2060.806-005

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ausgangslage</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ziel der Vision 2050</b>	<b>4</b>
2.1	Ziel der Visionsentwicklung	4
2.2	Zieldefinition für die Vision 2050	4
<b>3</b>	<b>Vorgehensweise zur Erstellung des Visionsbilds</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Visionsbild: Urbane Logistik 2050</b>	<b>9</b>
4.1	Emissionsarme, leichte und automatisierte Transportmittel sind in Betrieb	9
4.2	Technologischer Fortschritt ermöglicht variable, neue Bedienkonzepte in der urbanen Logistik	12
4.3	Organisation des Markts und Wettbewerbs orientiert sich an der Effizienz	14
4.4	Die politische Agenda gestaltet die Rahmenbedingungen für eine energieeffiziente Logistik	15
4.5	Für Individuen sinkt der Stellenwert materiellen Besitzes	17
<b>5</b>	<b>Wirkung der Vision</b>	<b>19</b>
<b>Anhang 1: Methodik zur Quantifizierung der Vision</b>		<b>23</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Resultate der Quantifizierung Güterverkehr urbane Schweiz mit Vision .....	5
Tabelle 2 - Differenzen der Quantifizierung Güterverkehr urbane Schweiz von Vision zur Ist-Situation.....	5
Tabelle 3 – Abfolge Visionsworkshops mit thematischen Leitfragen .....	6
Tabelle 4 – Die 24 verarbeiteten Visionselemente .....	7
Tabelle 5 – Eckwerte zur Schweiz in der Vision 2050 .....	19
Tabelle 6 – Kennwerte Vision urbane Schweiz mit Visionszielen und erreichten Werten 2050 .....	21
Tabelle 7 – Vergleich der erreichten Visionswerte urbane Schweiz mit der Ist-Situation.....	21

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Projektphasen und Arbeitspakete .....	3
Abbildung 2 – Zieldefinition der urbanen Logistik Vision 2050 (V) im Vergleich mit Szenarien A und B (A, B) sowie Trendentwicklung (T) .....	4
Abbildung 3 – Erwartete Zielbeiträge der Visionselemente zu den Visionszielen .....	8
Abbildung 4 – Wirkung der Visionselemente im Berechnungsmodell auf Einflussfaktoren ....	20

## 1 Ausgangslage

Das Forschungsprojekt „Energieeffiziente und CO2-freie urbane Logistik“ ist angesiedelt im Nationalen Forschungsprogramm 71 „Steuerung des Energieverbrauchs“ ([www.nfp71.ch](http://www.nfp71.ch)) und wird vom Konsortium RAPP Trans AG / Interface Politikstudien Forschung Beratung / ETH Zürich bearbeitet. Die Projektphasen und Arbeitspakete gehen aus der nachfolgenden Abbildung hervor:

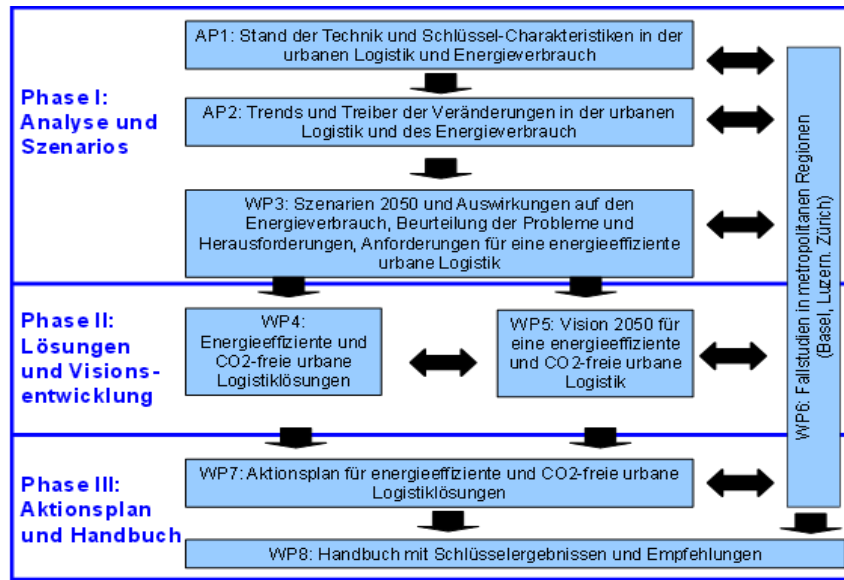


Abbildung 1 - Projektphasen und Arbeitspakete

Zwischenziel in der Bearbeitung ist im fünften Arbeitspaket die bildhafte Beschreibung einer Vision für das Jahr 2050. Unter Vision verstehen wir eine Gruppe von Ideen welche einen zukünftigen Zustand beschreibt. Sie beschreibt die bevorzugte Zukunft und bildet den Rahmen für die strategische Planung und Entwicklung. Die Vision soll eine energieeffiziente und CO2-freie urbane Logistik in der Schweiz reflektieren. Als Kern der Arbeiten wurden die einzelnen Teile der Vision erstellt und später in ein einheitliches Bild zusammengefügt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der vorherigen Arbeitspakete orientiert sich das Visionsbild an der Trendentwicklung der wichtigsten Kennzahlen zu Energie- und CO2-Verbrauch sowie an den bereits erstellten Szenarien (*als separate Beilage zur Ansicht versandt*) zur urbanen Logistik sowie der Trendentwicklung der wichtigsten Kennzahlen zu Energie- und CO2-Verbrauch. Die Vision berücksichtigt auch gute Praktiken und innovative Lösungsansätze für die urbane Logistik welche im vorhergehenden 4. Arbeitspaket identifiziert wurden.

Die Vision dient anschliessend als Grundlage für die Erarbeitung eines Aktionsplans, welcher die notwendigen Schritte aufzeigt, damit diese auch erreicht wird.

In diesem Arbeitspapier sind die Zielsetzung, das Vorgehen zur Entwicklung der Vision, das Visionsbild selbst sowie die Wirkungen der Vision kurz beschrieben.

## 2 Ziel der Vision 2050

### 2.1 Ziel der Visionsentwicklung

Die in den vorangegangenen Arbeitspaketen erstellten Szenarien der urbanen Logistik hatten den Zweck, konsistente Zukunftsbilder zu entwickeln. Diese sollten einen Möglichkeitsraum für die zukünftige Entwicklung aufspannen und vor dem Hintergrund der Frage „Was wäre wenn...“ Entscheidungsgrundlagen für die Politik liefern (*siehe Beilage: Szenarien 2050 – Die Methodik und die Geschichten dahinter*). Die zu erstellende Vision hingegen basiert auf klaren Zielwerten für das Jahr 2050. In bildhaften Elementen sollen die nötigen Anpassungen an der urbanen Logistik und dem relevanten Umfeld dargestellt sein, die die Erreichung der Zielwerte ermöglichen. Die Erstellung der Vision berücksichtigt Elemente der Szenarien die einen positiven Beitrag zur Zielerreichung leisten. Beide Szenarien zeigen sowohl in ihrer Beschreibung, als auch in der Quantifizierung deutliche Veränderungen gegenüber der heutigen Situation auf; sie erreichten jedoch nicht die gesteckten Ziele der Vision. Ausgehend von der *Zieldefinition* der Vision muss diese anspruchsvoller formuliert und ausgestaltet werden, um eine noch effizientere und „grünere“ urbane Logistik zu ermöglichen.

### 2.2 Zieldefinition für die Vision 2050

Im Rahmen des Forschungsprojektes ist das Zielbild durch zwei Eckwerte gekennzeichnet: Die Massgabe ist es, die Schweiz im Jahre 2050 zu beschreiben, in der eine energieeffiziente urbane Logistik ohne CO2-Emissionen stattfindet.

Die Zielwerte für die urbane Logistik sind mit 0t CO<sub>2</sub> (bezogen auf den Tank-to-Wheel (TTW)-Ansatz) und 25 W Dauerverbrauch je Einwohner fixiert und werden den Werten aus den ermittelten Szenarien und dem Trendverlauf, einer Fortschreibung der Entwicklungen der letzten 35 Jahre bis ins 2050, gegenübergestellt (vgl. Abbildung 2). Eine weitere Zieldimension stellt die Reduktion des Verbrauchs von nicht-erneuerbaren Energieressourcen dar. Die Quantifizierung dieses Ziels ist im Kriterium der CO<sub>2</sub>-Emissionen implizit enthalten, da der Energieträger der relevante Bestimmungsfaktor für die CO<sub>2</sub>-Emissionen ist. Für eine detaillierte Betrachtung ist es sinnvoll, auch die Stromerzeugung zu hinterfragen. Die Art der Energieproduktion wird näher im Programm NFP70 „Energiewende“ ([www.nfp70.ch](http://www.nfp70.ch)) behandelt. Eine separate Bewertung wird daher nicht vorgenommen.

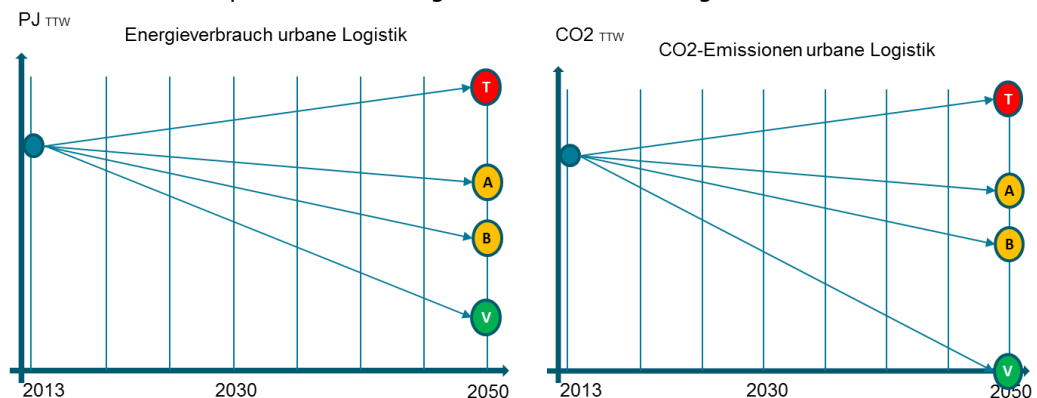


Abbildung 2 – Zieldefinition der urbanen Logistik Vision 2050 (V) im Vergleich mit Szenarien A und B (A, B) sowie Trendentwicklung (T)

Zentrale Kennwerte, wie Güteraufkommen und Transportleistung, sollen für die urbanen Gebiete der Schweiz quantifiziert werden, um ein besseres Verständnis für die Situation 2050 zu erhalten. Diese Kennwerte werden analog zur Quantifizierung der Szenarien erstellt und mit den gesetzten Zielen für die Vision verglichen (vgl. Tabelle 1 & Tabelle 2).

<b>Kennwert</b>		<b>Ist-Zustand</b>	<b>Szenario A</b>	<b>Szenario B</b>	<b>Trend</b>	<b>Ziel Vision</b>
Aufkommen	[Mio t]	342	336	443	416	
Transportleistung	[Mio tkm]	35'654	31'018	47'930	41'433	
Energieverbrauch	[PJ] TTW	28.31	11.98	14.29	34.03	
	[PJ] WTW	34.21	15.04	18.40	40.93	
Dauerverbrauch je EW	[W] TTW	131	42	48	122	<b>25</b>
	[W] WTW	158	53	60	146	
CO <sub>2</sub>	[Mio t]	2.04	0.80	1.03	2.48	<b>0</b>
	TTW					
	[Mio t] WTW	2.48	0.97	1.25	3.01	

Tabelle 1 – Resultate der Quantifizierung Güterverkehr urbane Schweiz mit Vision

<b>Differenz zu IST</b>		<b>Szenario A</b>	<b>Szenario B</b>	<b>Trend</b>	<b>Ziel Vision</b>
Aufkommen	[Mio t]	-1.7%	+29.6%	+21.7%	
Transportleistung	[Mio tkm]	-13.0%	+34.4%	+16.2%	
Energieverbrauch	[PJ] TTW	-57.7%	-49.5%	+20.2%	
	[PJ] WTW	-56.0%	-46.2%	+19.6%	
Dauerverbrauch je EW	[W] TTW	-67.7%	-62.9%	-6.5%	<b>min. -80%</b>
	[W] WTW	-66.4%	-60.5%	-7.0%	
CO <sub>2</sub>	[Mio t]	-60.9%	-56.0%	+21.3%	<b>-100%</b>
	TTW				
	[Mio t] WTW	-60.8%	-55.8%	+21.3%	

Tabelle 2 - Differenzen der Quantifizierung Güterverkehr urbane Schweiz von Vision zur Ist-Situation.

In der Beschreibung der Vision (vgl. Kapitel 5) sollen Beiträge einzelner, greifbarer Visionselemente<sup>1</sup> zur Erreichung der Vision dargestellt werden. Zentrales Ziel ist es ein Bild der urbanen Logistik in 2050 zu erstellen. Darüber hinaus soll die Wirkung der Vision im Hinblick auf die quantifizierbaren Kennwerte ermittelt werden.

### 3 Vorgehensweise zur Erstellung des Visionsbilds

Die Vision 2050 soll ein gut abgestütztes Bild zeigen, welches aus den fundierten Vorarbeiten im Projekt hervorgeht, die aktuellsten Erkenntnisse zu guten Praktiken, Trends und Entwicklungen abbildet, aber insbesondere die Erreichbarkeit der *Visionsziele* illustriert. Dabei soll das Ziel in der Vision nicht durch unrealistische Forderungen an Regulatoren, überzogene Technikerwartungen oder das Ausreizen von unsicheren Markttrends erreicht werden, sondern aus einer grundsätzlich denkbaren Kombination von verschiedenen Elementen hervorgehen. Die Elemente sollen sich an ihren Schnittstellen ergänzen und trotz des weiten

<sup>1</sup> Visionselement, kurz auch Element, bezeichnen einzelne Bausteine der Gesamtvision. Ein Element ist beispielsweise die Automatisierung der Strassenfahrzeuge. Die Elemente sind in sich beschreibbar und bewertbar, haben Schnittstellen zu weiteren Elementen und ergeben zusammengefügt ein Bild.

Horizonts bis 2050 stets möglichst in erwartbaren Entwicklungspfaden begründet sein, die im nachfolgenden Arbeitspaket „Aktionsplan“ dargestellt werden.

Zur strukturierten Erstellung der Vision 2050 wurden zunächst die massgeblich wichtigsten *Themenfelder* identifiziert, die einen Einfluss auf Energieverbrauch und CO2-Emissionen in der urbanen Logistik haben. Diese sind:

- A. Technologie
- B. Services & Bedienkonzepte
- C. Markt & Wettbewerb
- D. Planung & Regulierung
- E. Infrastruktur
- F. Verhalten

Je Themenfeld wurde eine Vielzahl von möglichen Elementen, mit Relevanz für die Funktion der urbanen Logistik, mittels mehrerer unabhängiger Beurteilungsrunden innerhalb des Projektteams vorgeschlagen. Aus der Zusammenstellung von über 40 möglichen Elementen wurde, im Hinblick auf ihre Wirkung und Relevanz für den Energieverbrauch und die Emissionen in der urbanen Logistik, eine Auswahl vorgenommen. Die verbleibenden ca. 30 Elemente wurden durch das Projektteam in einer standardisierten, vorgegebenen Gliederung ausgearbeitet. Dies beinhaltete neben dem Beschrieb auch die Bewertung der Elemente nach ihren Zielbeiträgen (qualitativ und soweit möglich quantitativ) und ihrer Realisierbarkeit (technisch, politisch, finanziell).

Jedes Element wurde ausführlich beschrieben. Dies umfasste eine Analyse der Ausgangslage, einem Blick auf die Situation in 2050, Einschätzung der positiven und negativen Effekte (inkl. Rebound-Effekte) in der Logistik sowie eine Einordnung der Relevanz des Elements für die Vision im Gesamten. Zu Elementen bei denen im Projektteam die Expertise fehlte, wurden gezielt externe Experten identifiziert, angeschrieben und ihre Inputs integriert. Alle vollständigen Elementbeschriebe wurden projektintern ausgetauscht und geprüft.

In vier thematischen Visionsworkshops wurden anschliessend die Elemente je Themenbereich im gesamten Team diskutiert (vgl. Tabelle 3). Hierbei lag der Fokus auf der Vollständigkeit der Beschriebe, auf der Herleitung aus Trends und Studien sowie dem Beitrag zur Vision. Weiterhin wurden mögliche Meilensteine in 2030 oder 2040 besprochen und die Schnittstellen der einzelnen Elemente zu den weiteren Themenbereichen identifiziert.

<b>Workshop #</b>	<b>Themen</b>	<b>Thematische Leitfragen</b>
1	Verhalten	Wie verhalten wir uns, bezogen auf Konsum u. Logistik, in 2050? Was verlangt die Gesellschaft und die Wirtschaft?
2	Technologie/ Infrastruktur	Welche Technologien bestimmen die urbane Logistik (und den Verkehr/Transport) in Visionsstädten?
3	Services & Bedienkonzepte/ Markt & Wettbewerb	Wie beeinflussen Technologien Bedienkonzepte und Geschäftsmodelle? Wie werden Bedürfnisse von Angebot und Nachfrage verknüpft?
4	Planung & Regulierung/ weitere Rahmenbedingungen	Welche Rahmenbedingungen und Regulierungen bestehen/wurden angepasst, damit ein realistisches Gesamtbild entsteht?

Tabelle 3 – Abfolge Visionsworkshops mit thematischen Leitfragen

Nach Anpassungen wurden 22 Elemente vom Projektteam zur detaillierten Ausarbeitung angenommen und als Teile für das finale Visionsbild festgelegt (siehe Tabelle 4). Die Beschreibung der Funktion der Elemente ist in den folgenden Kapiteln dargestellt.

<b>Name</b>	<b>Bereich</b>	<b>Kurzbeschrieb</b>
Antrieb	Technologie	Urbane Fahrzeuge sind durchgängig energieeffizient und angetrieben aus CO2-freien Treibstoffen
Leichtbau Strasse	Technologie	Nutzung von leichten Materialien zur Reduktion des Leergewichts bei Nutzfahrzeugen zu Gunsten der Nutzlast
Leichtbau Schiene	Technologie	Nutzung von leichten Materialien zur Reduktion des Leergewichts bei Güterwagen zu Gunsten der Nutzlast
Automatisierung Strasse	Technologie	Fahrzeuge mit Fahrrobotern übernehmen in der urbanen Logistik vollautomatisiert alle Fahraufgaben
Automatisierung Schiene	Technologie	Automatische Zugsteuerung im Güterverkehr, inkl. Umschlag; automatischer Zustellung bis ins Anschlussgleis
Internet der Dinge	Technologie	Vernetzung aller Sensoren, autonomen Robotern und Fahrzeugen für ständige Koordination in Echtzeit
3D-Druck	Services & Bedienkonzepte	Bedarfs- und kundenindividuelle Produktion von Objekten an kundennahen, zentralen Standorten
Quartierlogistik	Services & Bedienkonzepte	Logistik-Hub in Quartieren mit Zusatzservices für die Ver- und Entsorgung von Haushalten und Unternehmen
Abholssysteme	Services & Bedienkonzepte	Engmaschiges Netz modularer, automatischer Packstationen zum deponieren/abholen von Sendungen
Angebote Schiene	Services & Bedienkonzepte	Bahnangebundene Logistikstandorte in urbanen Gebieten sind werden durch EWLK und Kombiverkehr versorgt
öV-Mitbenutzung	Services & Bedienkonzepte	Die Einführung von öV-gängigen Bodendrohnen ermöglicht deren Mitfahrt im öffentlichen Verkehr
Überbetriebliche Zusammenarbeit	Markt & Wettbewerb	Kooperation bei Infrastruktur- und Fahrzeugnutzung, Informationsaustausch und gemeinsame Dienstleistungen
Plattformwirtschaft	Markt & Wettbewerb	Güter, Betriebsmittel und Dienstleistungen werden zu wirtschaftlichen Konditionen geteilt (B2B, C2C, C2B)
Mobility Pricing	Planung & Regulierung	Teil eines umfassenden Mobility Pricings für den Gesamtverkehr (Schiene & Strasse), löst LSVA ab
Marktregulierung Schienengüterverkehr	Planung & Regulierung	Leistungen im Nahzustellbereich des EWLK werden durch die öffentliche Hand (Bund + Kantone) bestellt
Logistikstandorte	Planung & Regulierung	Zentrale Logistikstandorte für Ver- und Entsorgung sind als „Logistikzonen“ raumplanerisch gesichert
Nutzungsbedingungen öffentl. Strassen	Planung & Regulierung	Städte sind nur noch mit Nutzfahrzeugen höchster Energieeffizienzklasse sowie mit CO2-frei angetriebenen Fahrzeugen ohne Einschränkungen erreichbar
Unterirdische Transporte	Infrastruktur	Güterverkehrsintensive (Umschlag-)Anlagen werden unterirdisch ohne Zeitrestriktion (24/7) ver- und entsorgt
Umschlaganlagen	Infrastruktur	Multifunktionale urbane Umschlaganlagen kombinieren kombinierten Verkehr und andere Umschlagsarten
Suffizienz-Orientierung	Verhalten	Bewusster Verzicht der Konsumenten auf materielle Produkte und energieintensive Dienstleistungen
Teilen statt Besitzen	Verhalten	Gemeinsame, zeitliche begrenzte Nutzung von Ressourcen; Zugang ist wichtig, nicht Besitz
Energieeffizienz-Orientierung	Verhalten	Orientierung hin zu energieeffizient produzierten und transportierten Gütern

Tabelle 4 – Die 24 verarbeiteten Visionselemente

Zu jedem Element wurden vom Forschungsteam die Wirkung auf die Visionsziele der Energieeffizienz in der urbanen Logistik sowie der CO2-Reduktion bewertet. Die Wirkung der einzelnen Elemente wurde isoliert beurteilt: Ohne Effekte zu berücksichtigen, die durch die Kombination verschiedener Lösungen auftreten. Die Einschätzung des Projektteams ist in der Portfolioübersicht (Abbildung 3) ersichtlich.



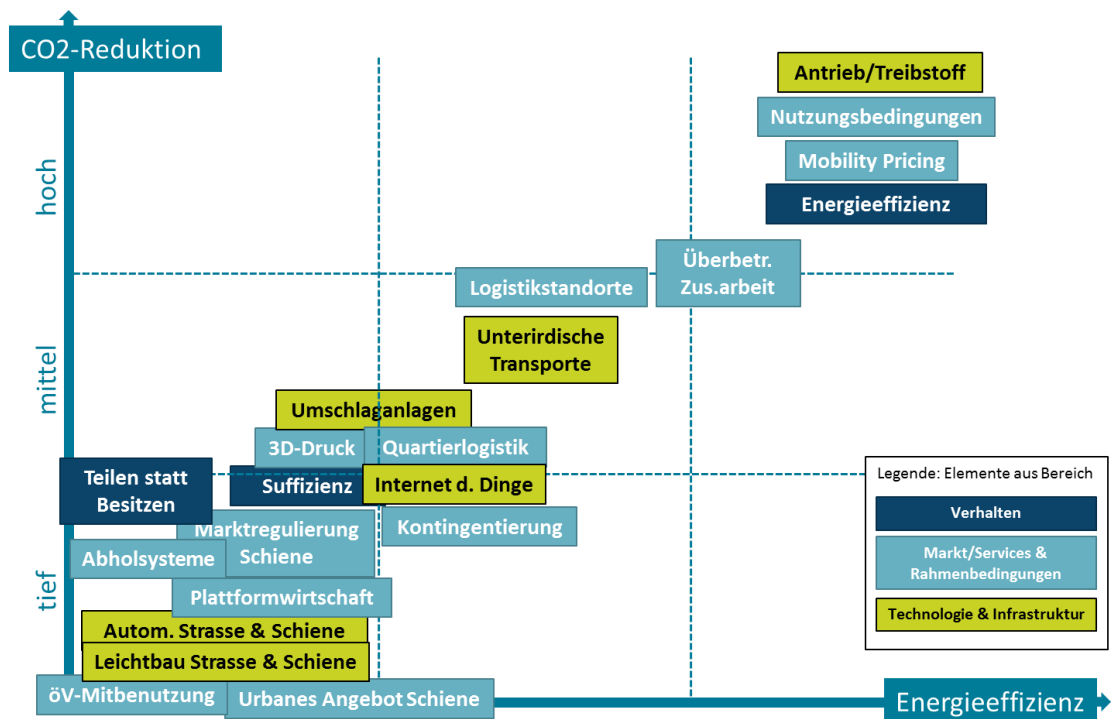


Abbildung 3 – Erwartete Zielbeiträge der Visionselemente zu den Visionszielen

Durch die Kombinatorik der einzelnen Elemente ergibt sich auch für Elemente mit geringer isolierter Wirkung u.U. eine hohe deskriptive Relevanz in der Vision. Über die Einschätzung der Zielbeiträge hinaus ist es wichtig Schnittstellen zwischen den Elementen festzulegen, welche der Elemente eigenständig umsetzbar sind und welche in Abhängigkeiten zu anderen Elementen stehen. Einige Elemente ergeben erst im Zusammenspiel eine signifikante Wirkung. Dies spiegelt sich in der Verknüpfung der Elemente zum Visionsbild (im folgenden Kapitel) wider. Im Kapitel 5 ist anschliessend die Wirkung der Vision aus einzelnen Elementen und ihren Kombinationen erläutert.



## 4 Visionsbild: Urbane Logistik 2050

Die urbane Logistik in 2050 ist CO<sub>2</sub>-frei und weit energieeffizienter, als es noch zu Beginn des 21. Jahrhunderts denkbar gewesen wäre. Die Energieversorgung für die Vision wird als gesichert angesehen, jedoch auch eine insgesamt hohe Energienachfrage unterstellt. Durch die weitgehende Abkehr von fossilen Energieträgern und Investitionen in alternative Energieträger kommt es zu Veränderungen in den Wertschöpfungsketten von Energieproduktion, Übertragung und Distribution (inkl. Speicherung). Die Kostendifferenzen zwischen alternativen Energien und fossiler Energie verändert sich von „teurer“ zu „paritätisch“

In den folgenden fünf Abschnitten sind die wichtigsten Elemente der Vision in ihrem jeweiligen Kontext beschrieben. Zunächst werden die wichtigen technologischen Errungenschaften sowie neue Infrastrukturen, die im Jahre 2050 realisiert sind beschrieben (4.1), anschliessend die wichtigsten Bedienkonzepte, die neue Technologien einbinden (4.2) sowie grundlegende Neuerungen in Markt und Wettbewerb (4.3). Abschliessend werden die Rahmenbedingungen erläutert, die das hohe Effizienzniveau ermöglichen und stabilisieren (4.4) und die unterstellten Verhaltensänderungen (4.5). Die fünf komplementären Abschnitte beschreiben dabei ein zusammenhängendes Bild aus dem Jahr 2050.

Die Elementbezeichnungen sind in fetter Schrift und farblich hervorgehoben, Querverweise zu Konzepten aus anderen Elementen sind in kursiver Schrift dargestellt.

### 4.1 Emissionsarme, leichte und automatisierte Transportmittel sind in Betrieb

In der urbanen Logistik steht eine breite Auswahl an Fahrzeugklassen für den Gütertransport und alle Logistikaufgaben zur Verfügung. Die Fahrzeuge, welche die technischen Errungenschaften aus Automatisierung, Energieforschung, Informatisierung und Materialforschung nutzen, ermöglichen wesensgerechten Transportmitteleinsatz mit hoher Energieeffizienz.

Urbane Fahrzeuge verkehren im Jahr 2050 durchgängig energieeffizient und nahezu durchgängig mit **Antrieben** angetrieben aus CO<sub>2</sub>-freien Treibstoffen. Weiterhin ist durch die konsequente Umsetzung von **Leichtbau-Konstruktion** und -Herstellung und unter Nutzung von leichten Materialien (z.B. glasfaserverstärktem Kunststoff) das Leergewicht bei Nutzfahrzeugen deutlich zu Gunsten der Nutzlast reduziert. Die schweizerische Flotte (im urbanen Raum bestehend aus: Kleinstfahrzeugen/ Bodendrohnen, Lieferwagen, schweren Güterfahrzeugen für Stückgut/Komplettladungen) ist 2050, dort wo es das Einsatzprofil, unter Berücksichtigung von Reichweite, Nutzlast und nötiger Flexibilität in der Energieversorgung, zulässt, mit Elektromotoren ausgestattet. Unabhängig davon, wie der Strom zum Motor gelangt (z.B. ab Batterie, ab Brennstoffzelle mit H<sub>2</sub>) kommen je nach Einsatzprofil unterschiedliche Fahrzeugkonfigurationen zum Einsatz. Auch Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor mit Treibstoff Gas resp. biogenen und synthetischen Treibstoffen werden für spezifische Funktionen (hohe Reichweiten, hohe Nutzlasten, hohe Flexibilität) eingesetzt.

Batterien kommen bei schweren Güterfahrzeugen dort zum Einsatz, wo aufgrund der beschränkten Reichweite und der beschränkten Nutzlast die Einsatzeffizienz nicht beeinträchtigt wird. Biogene und synthetische Treibstoffe stehen für Verbrennungsmotoren in flüssigem oder gasförmigem Zustand zur Verfügung. Wasserstoff ist der verbreitetste

Treibstoff für schwere Güterfahrzeuge, welche Transportfunktionen übernehmen, für die hohe Reichweiten und hohe Nutzlasten erforderlich sind (z.B. gebündelte Belieferung von City-Hubs weiter von zentralen Verteilplattformen entfernt). Schwere Güterfahrzeuge werden mit H<sub>2</sub> betankt, der Strom wird mit der Brennstoffzelle erzeugt. Das in Power-to-gas-Anlagen synthetisch hergestellte Methan ist aufgrund seiner Speicherfähigkeit und der Möglichkeit zur Verteilung in Gasnetzen nebst Strom der wichtigste Treibstoff für Transportfahrzeuge. Die Umsetzung des Fortschritts bei den Antrieben wurde auch durch die rechtzeitige Einführung der *Nutzungsbedingungen* für Strassen, der *Kontingentierung* der Zufahrtsrechte sowie das *Mobility Pricing* ermöglicht; somit hat die Regulierung einen starken Anteil an der Realisierung einer CO<sub>2</sub>-freien urbanen Logistik.

Nebst der Antriebstechnologie und Energieversorgung ist die grösste Errungenschaft im Güterverkehr, dass **automatisierte Strassenfahrzeuge** in der Schweiz die noch 2017 üblichen Fahrzeuge in der urbanen Güterlogistik weitgehend ersetzt haben. Der Mensch steuert in der Regel keine Transportfahrzeuge mehr selber. Fahrzeuge sind mit Fahrrobotern ausgestattet, die vollautomatisiert alle Fahraufgaben auf allen Strecken übernehmen. Ein Mischbetrieb mit teilautonomen Fahrzeugen ist sowohl auf Autobahnen, als auch im städtischen Verkehr möglich.

Fahrzeugseitige Sensoren sind im Einsatz zur Erkennung des Nahbereichs und eines Reaktionsradius um das Fahrzeug herum. Sensorik und Bordcomputer im Fahrzeug übernehmen Ladungsüberwachung und Informationsverarbeitung zu sicherheitsrelevanten Systemelementen. Ein Datenaustausch mit anderen Fahrzeugen, der Infrastruktur und dem Betreiber findet permanent und dynamisch statt. Hierzu zählt auch die Kommunikation mit Umschlag- sowie Be- und Entladestellen.

Die Höchstgeschwindigkeit im urbanen Raum liegt bei ca. 30 bis 40 km/h auf dem untergeordneten Strassennetz (Sammel- und Erschliessungsstrassen) sowie auf innerstädtischen Hauptverkehrsachsen; insgesamt wird ein kontinuierliches Fahrverhalten für alle Teilnehmer ermöglicht. Durch die optimierte Steuerung des Gesamtverkehrs (inkl. Langsamverkehrsteilnehmenden) werden Stopps der Fahrzeuge an Kreuzungen und Übergangsstellen (früher Ampeln etc.) fast eliminiert. Dies führt zu kürzeren Reisezeiten auf dem grössten Teil von innerstädtischen Relationen. Zudem sind das Konfliktpotential mit anderen Verkehrsteilnehmern und die nötige Sicherheitsausstattung verringert. Die Rechenleistung (zur Gewährleistung einer unmittelbaren Reaktionsdauer) der übergeordneten Steuerung ist enorm, jedoch durch leistungsfähige künstliche Intelligenz (KI) gesichert. Durch fahrzeugseitige Installationen sind Fahrzeuge zudem zu automatisierter Be- und Entladung (selbsttätig für standardisierte Ladungsträger und Pakete in gleichmässigen Dimensionen/Abmessungen an Verladeinfrastruktur oder designierte Ladezonen) in der Lage.

Die Einführung von öV-gängigen Bodendrohnen ermöglicht auch deren **Mitfahrt im öffentlichen Verkehr**. Bodendrohnen können mit öffentlichen Verkehrsmitteln (insb. Trams und S-Bahnen) kommunizieren, Rendezvous vereinbaren, spezielle Ladefächer reservieren und selbsttätig in diese „ein- und aussteigen“. Dadurch wird die Reichweite und Geschwindigkeit der Drohnen massgeblich erhöht.

**Fahrzeuge die in der urbanen Logistik im Einsatz sind:**

- Kleinstfahrzeuge: Bodendrohnen (auch auf Gehwegen im Einsatz) zum Transport von Einzelsendungen, Paketgrösse oder Dokumente an Einzelempfänger
- Lieferwagen: Gebündelte Zustellung von Sendungen an *Abholssysteme* oder gebündelte Lieferung an einzelne Empfänger von Komplettladungen
- Lkw für Stückgut: automatischer Ablad von Sendungen >100kg – 2000kg an visierte Zustellpunkte (Strasse, Rampe etc.)
- Lkw für Komplettladungen: automatische Zustellung und Docking an Be- oder Entladevorrichtungen
- Lastenvelos und schnelle Kurierfahrer mit Velos ergänzen die automatische Fahrzeugflotte; kommen gezielt zum Einsatz, wenn menschliche Begleitung von Sendungen erforderlich oder gewünscht ist
- *Luft-Drohnen spielen in der urbanen Logistik 2050 keine entscheidende Rolle (wenig energie-effizient; hohes Konfliktpotential in verdichteten urbanen Räumen)*

Güterverkehrsintensive Einrichtungen in dichten urbanen Räumen/Zentren, welche täglich einen hohen und kontinuierlichen Zu- und Abfluss von Gütern haben (z.B. Produktionsanlagen, Logistikzentren, Umschlaganlagen, Multifunktionsanlagen wie Bahnhöfe in Zentren, grosse Einkaufszentren sowie auch wichtige Einkaufsstrassen, Frachtzentren Flughafen), werden durch ein **unterirdisches Transportsystem** ohne Zeitrestriktion (24/7) ver- und entsorgt. Die Ware (Konsumgüter, Ver- und Entsorgung) wird vollautomatisiert mit homogenen Geschwindigkeiten (max. 30 km/h) und CO2-frei (batterieelektrisch) ab City-Hub oder direkt ab Logistikzentren transportiert. Entlang der Strecken und bei den Hubs ist eine kurzzeitige Lagerung der Güter möglich.

Die Schiene spielt weiterhin eine zentrale Rolle in der Versorgung der urbanen Schweiz. Die konsequente Umsetzung der in der Initiative 5L-Güterwagen (leise, leicht, laufstark, logistikfähig und mit optimierten Lebenszykluskosten) definierten Anforderungen ermöglicht eine deutliche **Reduktion des Eigengewichtes der Güterwagen**. Zudem hat auch bei der Bahn das Zeitalter der Automatisierung eingesetzt. Die Betriebsführung ist auf allen schweizerischen Normalspurstrecken automatisiert, inklusive Fahrplanänderungen und Umleitungen im Störfall. Die **automatische Zugsteuerung** im Güterverkehr ist durch die vollautomatische Wagenkupplung ergänzt und ermöglicht dadurch die Automatisierung von Zugsbildungsvorgängen. Da auch die Rangiermittel automatisch verkehren können, werden Wagen und Wagengruppen automatisch bis in die Anschlussgleise, Terminals und Freiverlade ab Rangierbahnhöfen zugestellt und abgeholt. Der Umschlag von Containern, aber auch von gewissen Massengütern (trocken und flüssig), ist ebenfalls vollständig automatisiert. Einzig der Umschlag von nicht-containerisierten Waren ist nicht bahnseitig automatisiert. Hier helfen jedoch Laderoboter an den jeweiligen Rampen bei Verladern, Empfängern und Umschlagpunkten kurze, effiziente Prozesse umzusetzen. Die wichtige Rolle der Schiene wird auch durch den Fokus der Betreiber auf **spezifische Versorgungsangebote der urbanen Regionen mit Schienenanschluss** gestärkt. Alle urbanen Gebiete der Schweiz verfügen über **multifunktionale Anlagen für den Umschlag Bahn-Strasse**. Diese Anlagen bilden eine Kombination von kombiniertem Verkehr und anderen Umschlagsarten, was die Nutzungsintensität erhöht, die Umschlagskosten senkt und dadurch die Wirtschaftlichkeit deutlich verbessert. Neben dem reinen Umschlag werden auch weitere Logistikdienstleistungen wie Lagerung, Kommissionierung, etc. angeboten. Die Verlagerung von Transporten von der Strasse auf die Schiene ist durch einfache Bündelung attraktiver. In grösseren Städten profitieren vor allem die Wachstumsbranchen, Abfall und

Recycling, Bauwirtschaft und Detailhandel von multimodalen Transportketten. Effiziente Umschlagvorgänge auf einfach zu behandelnde Kombibehälter bereits nah an der Quelle (bspw. direkt auf einer Baustelle) erlauben es, platzeffiziente Kombilösungen zu nutzen. Moderne Anlagen ermöglichen einen effizienten Umschlag in der Nähe von Konsumenten, Baustellen und Filialen, unter Beibehaltung effizienter Bahnbetriebsprozesse. Sie bieten die Infrastruktur für den Umschlag von Kombibehältern und sind meist automatisiert. Für die Entkopplung des Bahn- vom Strassenbetrieb werden Flächen für die Zwischenabstellung bereitgestellt, zum Teil auch in hocheffizienten vertikalen Lagern. Je nach örtlicher Situation weisen die Umschlagsanlagen Mantelnutzungen auf, z.B. Gewerbe- und Büroflächen.

Die automatisierten, teilweise auch multimodalen Transporte sind im grossen Masse abhängig von der Verknüpfung und Kommunikation zwischen den verschiedenen Entitäten. Dies wird durch eine hohe Funktionalität des **Internets der Dinge** sichergestellt. Im Jahr 2050 ist die Vernetzung von Sensoren mit Machine Learning Algorithmen und autonomen Robotern und Fahrzeugen so entwickelt, dass repetitive Entscheidungen, wie z.B. die Fahrzeugdisposition, nicht mehr von Menschen sondern von Software getragen werden. Der Mensch verbleibt mit Entscheidungen auf der strategischen Ebene. Sensoren erfassen Auslastung von Fahrzeugen und Equipment, Lagerbestände und Qualitätszustände von Produkten und geben diese Informationen nicht nur weiter, sondern treffen eigenständig Entscheidungen bezüglich der Bestellungen von Waren anhand von analysierten Verhaltensmustern. Im Privatbereich funktioniert dies, ebenso in Betrieben, wo Lager automatisiert Bestände optimieren. Für die Lieferketten der Logistikunternehmen bedeutet das Internet der Dinge ein Gewinn an Effizienz und Produktivität. Sensoren in Logistikzentren und nur noch millimetergrosse Sender an jeder Ware bedeuten, dass Waren schnell lokalisiert und weitergeleitet werden können sowie dynamische Informationen stets verfügbar sind. Anhand von Daten zur Verkehrslage, Auslastung von Fahrzeugen und Anlagen, Sendungsstatus, Anwesenheit von Empfängern und Warenzustand können Algorithmen Touren von Fahrzeugen in Echtzeit verändern und optimieren. Ein konkretes Beispiel sind Sensoren in Briefkästen, bzw. Paketstationen die das Postfahrzeug informieren, ob überhaupt Briefe oder Pakete abgegeben worden sind und die Tourenplanung so aktualisieren, dass leere Briefkästen, bzw. Paketstationen nicht mehr bedient werden. Die Erweiterung dieses Konzeptes bedeutet, dass nur nach Bedarf bedient oder abgeholt wird. Generell ist die städtische Logistik im Jahr 2050 durch ein erhöhtes Datenaufkommens (Stichwort Big Data) nachfrageorientierter als je zuvor und ermöglicht eine bedarfsorientierte Tourenplanung. Alle logistischen Entscheide können in Echtzeit verändert werden, da alle relevanten Parameter dynamisch analysiert werden können. Das Gesamtsystem lässt sich in teilautonome Systeme gliedern und wird dadurch robuster gegenüber Blackouts.

#### **4.2 Technologischer Fortschritt ermöglicht variable, neue Bedienkonzepte in der urbanen Logistik**

Die urbane Ver- und Entsorgung der Nachfrager (B2C & B2B) wird stark gebündelt auf Quartierebene übernommen. Quartiere als raumfunktionale Einheiten in urbanen Räumen sind gestärkt. **Quartierlogistik-Hubs** an zentraler Lage für grössere zusammengehörige Gebiete (Wohngebiete, Industriegebiete, Geschäftsviertel) sind als Logistikstandorte in der Planung gesichert und mit vielfältigen Funktionen belegt. Der Quartier-Hub dient als Logistikdrehscheibe für die Ver- und Entsorgung von Haushalten (B2C) und Unternehmen

(B2B) in urbanen Quartieren mit Waren und Dienstleistungen. Als Betreiber der Quartier-Hubs engagieren sich Gesellschaften, die sich aus Akteuren der Logistik, des Handels oder der öffentlichen Hand (durch Beteiligungen) zusammensetzen. Lieferungen verschiedener Branchen (Detailhandel, KEP, Stückgut, 3D-Druck-Hersteller, Nutzgüter) werden gebündelt mit gut ausgelasteten grossen E-Fahrzeugen zum Quartierhub gebracht, die Fahrzeuge werden für den Rücktransport mit Retouren respektive Behältern aus Entsorgungs- und Sammelstellen beladen. Lieferdienste mit kleineren Fahrzeugen, Paketrobotern und Lastenräder sorgen für die letzte-Meile-Lieferung ab Quartierhub, entweder direkt zur Tür oder zu einem der engmaschig verteilten *Abholssysteme* in den Teilquartieren. Dank intelligenten Hauskehrichtsammelstellen in Wohnsiedlungen, welche alle mit Pressvorrichtung und Füllstandsmeldung ausgerüstet sind, wird die Kehrlichtsammlung zur Auslastungsoptimierung der Lieferfahrzeuge (Rückladung) durch den Quartier-Hub disponiert. Der Quartierhub unterhält ein flächeneffizientes Lager für die Aufbewahrung von Gütern, welche entweder mangels eigenem Lagerraum durch Haushalte oder Unternehmen ausgelagert werden und für Güter, welche geteilt genutzt werden (*Konzept: Teilen statt Besitzen*). Zudem verfügt der Quartierhub über ein 3D-Druckzentrum, wo Ersatzteile gemäss den digitalen Bauplänen der Haushalte und Unternehmen des Quartiers gefertigt werden. Insgesamt hat die effiziente, kleinräumig organisierte und automatisierte Logistik die privaten Einkaufsfahrten fast vollständig substituiert. Das Segment individueller Einkaufsverkehr ist in seiner Bedeutung weit hinter den Wirtschaftsverkehr zurückgefallen.

**3D-Druck** hat sich im industriellen Fertigungsprozess, im Bereich Gesundheit und im Bereich Konsum etabliert. Insbesondere zentralen Anlagen in Absatz-/Kundennähe in den urbanen Räumen der Schweiz wird dem Bedürfnis nach bedarfs- und kundenindividueller Produktion von Objekten jeglicher Art entsprochen. Neue und bestehende serviceorientierte Firmen betreiben die Funktionen Produktion und Logistik im Dienst ihrer Kundschaft und sie sorgen für den bedarfsgerechten und gebündelten Nachschub der Druckmaterialien wie auch für die nach Raum und Zeit gebündelte Auslieferung auf der letzten Meile der Produkte zu ihren Kunden. Städtische Logistik-Hubs, insbesondere die *Quartier-Hubs*, sind Multifunktionsanlagen, die auf Auftrag Kleinproduktion vornehmen und die Logistik übernehmen. Durch die kundennahe individuelle aber dennoch zentralisierte Fertigung werden Beschaffungstransporte für Rohstoffe zu den Druckzentren gebündelt und Lieferungen von Kleinmengen-Sendungen reduziert respektive Lieferfahrten eingespart.

Die Zustellung von den *Quartier-Hubs* aus auf der letzten Meile wird 2050 in der urbanen Schweiz zum grössten Teil durch die automatisierte Flotte von Logistikfahrzeugen übernommen (siehe automatisierte Strassenfahrzeuge). Da diese in der Regel unbegleitet unterwegs sind, muss standardmässig auch die Entladung und Zustellung ab Fahrzeug automatisiert erfolgen. Diese Funktion wird durch **automatisierte Abholssysteme** ermöglicht, die in der Quartierlogistik angefahren werden. Die Abholstationen sind ähnlich heutigen Packstationen gestaltet. Sie erlauben sowohl Abholungen, als auch das Deponieren von Sendungen z.B. für Retouren. Modulare Einheiten der Stationen beinhalten Fächer verschiedener Grössen. Diese können automatisch auf Lieferfahrzeuge geladen werden, bzw. automatisch von diesen abgeladen und an die Station angedockt und diebstahlsicher verriegelt werden. Durch das modulare Design ist ein Service unabhängig vom Logistiker oder Verloader möglich, auch Rückladungen durch Private können problemlos angedockt werden. Mit einer standardisierten Schnittstelle können alle Dienstleister am Markt Zugang zum Service der Station erhalten. Der Flächenbedarf für die Stationen wird entweder als Service Public von Gemeinden zur Verfügung gestellt oder durch Grundbesitzer in

Wohnsiedlungen privat erstellt. Der Betrieb erfolgt durch unabhängige Servicebetreiber. Die Verfügbarkeit von Anlieferpunkten wird zentral durch Verordnungen im Baurecht geregelt (ähnlich der Parkplatzverordnung, die eine minimale Parkplatzanzahl je zu erstellender Wohnfläche regelt). Die zentrale Funktion der Stationen bedingt ein engmaschiges Netz von urbanen Standorten. Die für die Systeme benutzten Flächen im öffentlichen Raum ersetzen das Vorhalten von weiteren Verkehrsflächen und Halteplätzen für Lieferfahrzeuge. Die Flächen auf Siedlungsgrund werden von Privatbesitzern eingeplant. Da es nun grundsätzlich einfacher ist, an die automatischen Abholsysteme zu liefern, als an sonstige Lieferzonen oder direkt an Einzelpersonen, erhalten Logistiker einen zusätzlichen Nutzungsanreiz. Die Stationen werden nicht nur für die Versorgung von privaten Endkunden genutzt, sondern auch vom Kleingewerbe für B2B-Sendungen mit begrenztem Umfang. Die Anlieferung an Abholstationen ersetzt einen Grossteil von Heimlieferungen und ist im System der Quartierlogistik integriert. Die letzte Meile von Hubs zu Endkunden wird in der Regel über Abholsysteme abgewickelt. Im Rahmen der *Suffizienzorientierung* und dem *energieeffizienzorientierten Verhalten* werden Komforteinbüßen gegenüber der Heimlieferung akzeptiert. Nur in wenigen Ausnahmen, wie z.B. Sperrgutsendungen oder besonders schweren Sendungen werden Direktlieferungen angeboten, die teilweise auch weiterhin mit Begleitpersonal auf dem Fahrzeug zugestellt werden.

### 4.3 Organisation des Markts und Wettbewerbs orientiert sich an der Effizienz

In vielen Branchen in denen die Logistik einen hohen Stellenwert hat, sind vertikal integrierte Unternehmen am Markt etabliert. Dies bedeutet, dass viele Leistungen aus einer Hand erbracht werden, bei denen ein hoher Bündelungsgrad von Sender zu Empfänger möglich ist (vorwiegend im Bereich B2B und insb. Komplettladungen). Die vertikale Integration greift zudem dort, wo zeitliche Differenzierungsmerkmale Dienstleistungen bestimmen (z.B. one-hour-delivery, same-day, next-day etc.) und sich wenige Anbieter am Markt platzieren konnten.

Auf der letzten Meile, in der urbanen Belieferung von Endkunden ist jedoch die Bündelung mehrerer Ströme zu einzelnen Kunden weiterhin sinnvoll. Sie kann energetisch effizient und kostengünstig, aber auch zeitlich weniger flexibel angeboten werden. Diese **überbetriebliche Zusammenarbeit** in der Logistik ist hauptsächlich im KEP-Bereich und im Stückgutbereich für B2B, aber auch B2C umgesetzt. Es ist nicht nur eine Kooperation im Rahmen der Infrastruktur- und Fahrzeugnutzung vorgesehen, sondern beinhaltet insbesondere einen Informationsaustausch und gemeinsame Dienstleistungen. Dies wird durch die Informatisierung aller Logistikprozesse, insbesondere durch das *Internet der Dinge*, unterstützt. Dies ermöglicht z.B. die Nutzung eines Depots oder weiterer Produktionsinputs durch mehrere Unternehmen. Beispiele dafür sind Einkaufsgesellschaften für Schienengüterverkehrsleistungen oder die Bündelung von Lieferungen zu schwerer erreichbaren Gebieten oder zu Schwachlastzeiten (z.B. in der Nacht), bei denen verschiedene Logistikdienstleister Kosten sparen, durch das Aufteilen von Personal-, Infrastruktur- und Fahrzeugkosten. Durch die leistungsabhängige Bepreisung von urbanen Liefer- und Abholverkehren (siehe *Kontingentierung, Mobility Pricing*) ist die Zusammenarbeit für Logistiker mit einem Effizienzgewinn verbunden. Durch das Internet der Dinge sind gegenseitige Verrechnung und Leistungszuteilung gelöst. Die Datensicherheit zwischen Wettbewerbern ist gesichert; eine Gesellschaft, unter Kontrolle der Logistikunternehmen oder

unabhängig, kann die Konsolidierung managen sowie auch die Fahrzeugflotte (Lieferwagen/Roboter/Drohnen/Cargovelos) betreiben.

Neben einem hohen Level der Kooperation und Koordination in allen Bereichen der Wirtschaft und besonders auch der urbanen Logistik hat im Konsumverhalten der Menschen der Besitz physischer Güter an Relevanz verloren und die gemeinsame, zeitliche begrenzte Nutzung von Ressourcen an Bedeutung gewonnen. Zugang ist wichtig, nicht der Besitz. **Sharing Economy (bzw. die Plattformwirtschaft)** hat den Alltag der Menschen durchdrungen. Praktisch alle materiellen Güter, Produktions- /Betriebsmittel und Dienstleistungen werden zu wirtschaftlichen Konditionen geteilt (B2B, C2C, C2B) und erzielte Verdienste werden reinvestiert.

Zur Verhinderung von unerwünschten Rebound-Effekten (etwa in Form von Mehrkonsum aufgrund von Einnahmen/Einsparungen durch Nutzung oder Anbieten solcher Angebote) oder der Umgehung von Sozialversicherungspflichten hat die Politik gezielt Anreize und Regulierung für Plattformwirtschaftsmodelle gesetzt. Dazu zählen beispielsweise Massnahmen rechtlicher Art (u.a. steuerliche und arbeitsrechtliche Gleichbehandlung kommerzieller Sharing-Anbieter mit herkömmlichen Angeboten), Informationsmassnahmen (*Energieeffizienz-Etiketten*) oder die gezielte Förderung energetisch vorteilhafter Sharing-Konstellationen. Auf Grund dieser politischen Bemühungen boomen non-profit-orientierte Sharing-Angebote. In der Gesellschaft hat sich der Gedanke durchgesetzt, dass der Besitz von Gütern keine Voraussetzung für Wohlstand darstellt, die positiven Effekte des Teilens auf die Schonung natürlicher Ressourcen ist weitem akzeptiert, insbesondere, weil die Modelle auch einen Kostenvorteil für Individuen aufweisen.

Die Plattformwirtschaft hat sich in der urbanen Logistik für verschiedene Kundensegmente entwickelt. Die *Kooperation zwischen Unternehmen* mit dem Teilen von Ladekapazitäten läuft logistisch und organisatorisch absolut reibungslos und alltäglich. Auch das *Internet der Dinge* ist alltäglich geworden. Das nicht-kommerzielle Teilen wird fester und starker Bestandteil des Konsumverhaltens und der Wirtschaft, da sie im Idealfall Güter oder Dienstleistungen effizient bereitstellen oder anbieten kann.

#### **4.4 Die politische Agenda gestaltet die Rahmenbedingungen für eine energieeffiziente Logistik**

Die Politik lenkt mit einem ausgewogenen Mix von Anreizen und Restriktionen die Durchsetzung einer höchst energieeffizienten Logistik am Markt; unterstützt durch attraktive Informations- und Kommunikationsmassnahmen. Sogenannte „*Energieeffizienz-Etiketten*“ sind verbindlich erklärt, es besteht eine Deklarationspflicht. Die verbindlichen Informationen zeigen bei jedem Produkt die Energieeffizienz bei Produktion und Transport an und erlauben es den Konsumentinnen und Konsumenten ihr Konsumverhalten vermehrt danach auszurichten. Im Rahmen einer über Jahre erfolgten Erhöhung der öffentlichen Gelder für Forschung und Entwicklung wurden Forschungsprojekte unterstützt, die eine Effizienzsteigerung, auch im Verkehr, zum Ziel haben. Die Gründung von innovativen Start-ups wird explizit gefördert. Die steuerlichen Rahmenbedingungen werden so gesetzt, dass sie Investitionen in F&E nicht behindern.



Der ausgeweitete Innovationswettbewerb, angetrieben durch steigende Preise fossiler Energie, die gesellschaftliche *Energieeffizienz-Orientierung*, sowie staatlichen Aktivitäten zu dessen Lenkung sind getragen von einem gesamtgesellschaftlichen Konsens über die Bedeutung einer Effizienzsteigerung zur Erreichung von Umweltzielen und der Vermeidung von weitreichenden Klimaveränderungen. Die Bevölkerung ist generell stark sensibilisiert für die Thematik der Energieeffizienz und weiss um die zentralen Einflussfaktoren. Dies trifft insbesondere auch auf die Logistik zu: Der Transport von Gütern wird als wichtige Determinante der Energiebilanz eines Produkts erkannt.

Für die Benutzung der öffentlichen Strassen bestehen **Nutzungsbedingungen**, welche an die energiepolitischen Ziele angepasst sind. Die Anforderungen an die Neuzulassung von Fahrzeugen berücksichtigen die Aspekte CO2-Freiheit (TTW) und hohe Energieeffizienz. Eine *Energieeffizienz-Etikette*, welche den Energieverbrauch (je 100km) und CO2-Emissionen je Fahrzeugkilometer für standardisierte Fahrprofile (z.B. City-Logistik, Hub-Systemverkehr) und für beladenen Verkehr und Leerfahrten nach Klassen angibt, ist für alle Nutzfahrzeuge verfügbar und jederzeit virtuell und kontaktlos lesbar. Sämtliche Städte in der Schweiz mit mehr als 30'000 Einwohner besitzen ein Verkehrsmanagementsystem und sind nur noch mit Nutzfahrzeugen der hohen Anforderungen an die Energieeffizienzklasse sowie mit CO2-frei angetriebenen Fahrzeugen ohne Einschränkungen erreichbar. Dadurch, dass nur noch energieeffiziente und CO2-freie Fahrzeuge verkehren, bedarf es keiner weiteren Regulierungen für die Benutzung der Strassen und den Zutritt zu Arealen. Auch auf der regulatorischen Seite besteht somit eine einfache und effiziente Regelung für die urbanen Logistik-Transporte.

Im urbanen Raum stehen zentrale Flächen als **Logistikstandorte** für verschiedene Nutzungen, die eine Ver- und Entsorgungsleistung innerhalb des urbanen Gebiets ermöglichen, zur Verfügung. Diese Standorte sind in Industrie- und Gewerbebezonen und auf Bahnarealen durch Positivplanung als „Logistikzonen“ raumplanerisch gesichert, lassen aber auch Mischnutzungen mit anderen gewerblichen und industriellen Nutzungen sowie Dienstleistungen und Wohnen zu. Einhausungen und die Nutzung der vertikalen Dimension sind üblich, dies nutzt die Flächen optimal aus und pflegt sich auch sonst in das urbane Bild sehr gut ein. Grössere Logistikflächen mit güterverkehrsintensiven Einrichtungen verfügen über einen Gleisanschluss. Für die Einbindung der Schiene im städtischen Güterverkehr erfordern Rahmenbedingungen gemeinsames Handeln der betroffenen Akteure. Es sind Flächen für Anschlussgleise gesichert. Angeschlossene Flächen sind unter der Voraussetzung von konkreten Vorhaben, Nutzungskonzepten und Gestaltungsplänen entwickelt; öffentliche Flächen werden nicht ohne Nutzungszweck auf lange Sicht frei gehalten. Bei güterverkehrsintensiven Nutzungen bei bahngelagerten Logistik- und Produktionsstandorten (bzw. bei Logistikstandorten wo ein nachträglicher Bahnanschluss technisch möglich und wirtschaftlich tragbar ist) werden im Rahmen der Bau- und Betriebsbewilligung Modal-Split Vorgaben (Anteil Schienentransporte) festgelegt, wenn die öffentliche Hand regulierend eingreifen kann.

Dank der **Marktregulierung im Schienengüterverkehr** besteht ein ausbalanciertes System, welches Besteller, Verloader, Bahnpediteure, Operateure, Wagenvermieter, Cargo-EVU und Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) in die Planung, Finanzierung und den Betrieb des Schienengüterverkehrs einbindet. Der Markt kommt ohne einen Systemführer oder eine Cargo-Bahn im 100% Staatsbesitz aus, Doppelrollen der öffentlichen Hand als Besitzer, Betreiber, Besteller sind eliminiert und der Markt wird durch die nationale Railcom

überwacht. Risiken und Chancen sind nach volks- und betriebswirtschaftlichen Kriterien richtig adressiert und das System funktioniert weitestgehend subventionslos.

Bahnangebundene Logistikstandorte in urbanen Gebieten sind primär mit Cargo-Leistungen des überbetrieblichen Einzelwagenladungsverkehrs (EWLV) versorgt. Diese Cargo-Leistungen, welche aufgrund der natürlichen Monopolsituation im Nahzustellbereich des EWLV ab und inklusive Rangierbahnhof durch die öffentliche Hand (Bund + Kantone) bestellt sind, wirken sehr positiv auf die Volumenentwicklung und die Netzdimensionierung des EWLV. Sowohl im Ganzzug, im Kombinierten Verkehr und im EWLV-Fernverkehr besteht Wettbewerb, der zu Innovation, Qualitäts- und Angebotsverbesserungen anreizt.

Ein **Mobility Pricing für den urbanen Güterverkehr** ist Teil eines umfassenden Mobility Pricings für den Gesamtverkehr auf Schiene und Strasse. Die heute bestehende leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe für Lastwagen wird dadurch abgelöst. Es erfolgt eine zeit- und raumabhängige Erfassung für nutzungsabhängige Abgaben durch Sensoren. Die Preissteuerung ist auf die Entflechtung der verschiedenen Nutzungsansprüche auf der Infrastruktur ausgerichtet. Der Ver- und Entsorgung im urbanen Raum wird eine hohe Priorität eingeräumt, wobei aber die Auslastung der Fahrzeuge sowie ein effizientes Fahrtenaufkommen erforderlich sind. Die über das *Internet der Dinge* verknüpften Sensoren können z.B. das Gewicht eines Fahrzeugs messen und dadurch die Abgabe anhand der Auslastung eines Fahrzeugs variieren, mit dem Ziel niedrige Auslastungen zu „bestrafen“. Ein Gebietsmodell mit km-Abgabe ist für alle Fahrzeuge eingeführt. Die Höhe der Abgaben steht in Abhängigkeit zur Fahrzeugklasse und Energieeffizienz. Die Bepreisung erfolgt örtlich (mit höheren Abgaben in urbanen Gebieten) und variiert zeitlich, so dass während Zeiten mit hoher Belastung höhere Abgaben erforderlich sind. Die Kopplung mit einem Mobility Pricing für alle individuellen Verkehrsteilnehmer ermöglicht eine gute Einflussnahme auf die Gesamtverkehrsmenge in allen Zonen. Spezifisch auf den Lieferverkehr bezogen, führt die verstärkte Bündelung von Transporten zu einer höheren Energieeffizienz. Zudem hat das Mobility Pricing langfristig auch eine Auswirkung auf die Landnutzung. Es besteht ein Anreiz für Logistiker, Standorte nicht auf der grünen Wiese zu entwickeln (Logistics sprawl), wodurch Standorte mit Nähe zu Stadtzentren wieder an Attraktivität gewinnen und sich dadurch die mittleren Verkehrswege verkürzen. Voraussetzung dafür ist die raumplanerische Sicherung von zentralen Flächen für Logistiktungen in Industrie- und Gewerbegebieten.

Das umfassende Mobility Pricing beinhaltet auch die Bepreisung des Schienenverkehrs. Dabei handelt es sich nicht um eine Erhöhung der Trassenpreise (die nur Grenzkosten einbeziehen), sondern um eine zusätzliche zeit- und ortsabhängige Abgabe für den Schienengüterverkehr um auch soziale Grenzkosten einzubeziehen. Aufgrund der tieferen Abgaben für den Schienenverkehr wird ein Teil der Waren-Zulieferungen in die urbanen Gebiete und aus diesen hinaus mit der Schiene transportiert.

#### **4.5 Für Individuen sinkt der Stellenwert materiellen Besitzes**

Eine massgebliche Veränderung in der urbanen Logistik ergibt sich aus veränderten Handlungsweisen der Akteure am Markt. Für immer mehr Menschen treten bewusster Verzicht auf materielle Produkte und energieintensive Dienstleistungen in den Vordergrund. Parallel dazu wächst die Wertschätzung für energieeffiziente Technologien und Lösungen. Dies äussert sich in einer Vielzahl von Verhaltensmaximen die in ihrer Gesamtheit als

**Suffizienzorientierung** beschrieben werden können. Der kulturelle und gesellschaftliche Wandel führte dazu, dass der Konsum von materiellen Gütern als Leitmotiv der Gesellschaft an Bedeutung eingebüsst hat. Indem sich wesentliche Teile der Konsumenten am Suffizienzgedanken orientieren, sinkt die Nachfrage nach Gütern je Einwohner sowie die Transportleistung. Betroffen sind davon vor allem Güter des nicht-alltäglichen Bedarfs, deren Qualität und Lebensdauer gegenüber früheren Jahrzehnten durch gesetzgeberische Eingriffe massiv erhöht wurden. Viele Konsumenten zeigen darüber hinaus gewisse Sättigungstendenzen, ihnen wird bewusst, dass ihre Lebensqualität nicht allein vom Besitz immer mehr materieller Güter abhängt. Und schliesslich reduzieren sich die Lieferansprüche. Same-Day-Lieferungen etwa werden nach einem Boom zwischen 2020 und 2030 nun insgesamt weniger nachgefragt.

Die Politik richtet ihr Handeln vermehrt danach aus, dass suffizienzorientiertes Handeln ermöglicht und gestützt wird. Gesellschaftliche Vorbilder, eine neue Ausrichtung des Konsumentenmarketings und die verbesserte Lebensdauer und Reparierbarkeit von Gütern tragen zur Suffizienzorientierung. Ein wachsendes Segment Unternehmen erkennt den suffizienzorientierten Konsumentinnen und Konsumenten als Zielgruppe und spezialisiert sich auf darauf abgestimmte Produkte und Dienstleistungen.

Der Besitz hat im Konsumverhalten vieler Menschen deutlich an Relevanz verloren und die gemeinsame, zeitliche begrenzte Nutzung von Ressourcen hat an Bedeutung gewonnen. **Zugang ist wichtig, nicht Besitz.** Ermöglicht wird das Teilen von immer mehr Gütern durch die fortschreitende Digitalisierung der Gesellschaft, welche den Zugang zu den dafür benötigten Informationen allen sofort und einfach bereitstellt. Teilen wird einfach und vermittelt ein gutes Lebensgefühl. Gelebt wird die Ökonomie des Teilens sowohl im nahen Umfeld (in der Familie, unter Freunden, in der Nachbarschaft) sowie – über die digitalen Plattformen – auch über den eigenen Bekanntenkreis hinaus. Die positiven Aspekte des Teilens werden immer mehr Menschen bewusst: Die gemeinsame Nutzung von Gütern ermöglicht Einsparungen bei den Konsumausgaben und fördert soziale Kontakte.

Hand in Hand mit dem bewussten Verzicht und der Suffizienzorientierung geht eine starke **Orientierung zur Energieeffizienz.** Sie zeichnet sich durch eine Verhaltensänderung sowohl auf der Nachfrage- wie auch Angebotsseite aus und betrifft sowohl Konsumentenscheide, als auch Investitionen. Es handelt sich dabei um einen Quantensprung verglichen mit der bereits anfangs des Jahrtausends bis zu einem gewissen Grad vorhandenen Sensibilisierung für das Thema Energieeffizienz.

Auf Seiten der Konsumentinnen und Konsumenten findet eine Orientierung hin zu energieeffizient produzierten und transportierten Gütern statt. Vielen Konsumentinnen und Konsumenten informieren sich eingehend über die Energiebilanz der einzelnen Güter, womit diese zu einem wichtigen Kaufkriterium bei der Auswahl zwischen substituierbaren Gütern wird.

Die Verhaltensänderung in der Nachfrage bewirkt eine stärkere Energieeffizienz-Orientierung auf der Seite der produzierenden Unternehmen und Dienstleister. Indem diese inzwischen eine hohe Sensibilisierung für das Thema Energieeffizienz aufweisen, erhöhen sie im Sinne eines selbstverstärkenden Prozesses die Nachfrage nach energieeffizient produzierten Gütern noch zusätzlich. Die technologischen Voraussetzungen werden genutzt, um die Energieeffizienz bei der eigenen Produktpalette stetig voranzutreiben.

Insgesamt wirken sich diese gegenseitigen Signale auf der Nachfrage- und Angebotsseite sehr positiv auf die Gesamtenergiebilanz in der Schweiz aus. Aufgrund der mit der zusätzlichen Energieeffizienz einhergehenden Preisgewinne besteht jedoch die Gefahr, dass die erzielten Einsparungen durch ein ansteigendes Konsumniveau wieder wettgemacht werden (Rebound-Effekt). Die Wirkungskraft der Energieeffizienz-Orientierung wird deshalb auch in Zukunft in hohem Masse vom Grad der Suffizienz-Orientierung abhängig sein.

Obschon die Energieeffizienz-Orientierung – wie oben erwähnt – von Marktkräften auf der Angebots- und Nachfrageseite getrieben wird, schafft die Politik in verschiedener Hinsicht wichtige Rahmenbedingungen für diese Entwicklung.

## 5 Wirkung der Vision

Die Wirkung der Vision soll einen direkten Vergleich zu heute (Werte aus 2013) herstellen und die Zielerreichung auch mit Zahlen unterlegen. Unter den Annahmen zur Wirtschaftsentwicklung und Bevölkerungsentwicklung, die bereits in den Szenarien für 2050 hochgerechnet wurden, ergeben sich Eckwerte, die die Einordnung der Vision erlauben.<sup>2</sup> In der Schweiz nimmt die Zahl der Einwohner bis 2050 um fast 30% auf 10.5 Mio. zu. Die Wirtschaft entwickelt sich positiv und der Urbanisierungsgrad steigt leicht an (vgl.

Tabelle 5). Die Notwendigkeit einer Effizienzsteigerung ergibt sich daher schon aufgrund des anhaltenden Bevölkerungswachstums. Selbst wenn der individuelle Energieverbrauch konstant bleiben würde, führt das Bevölkerungswachstum zu einer Zunahme des Gesamtenergieverbrauchs.

Beschreibung	IST	Szenario A	Szenario B	Trend	Vision
Bevölkerung Schweiz [Mio EW]	8.1	10.0	11.0	10.1	10.5
Bevölkerung urbane Schweiz [Mio EW]	6.9	9.0	9.4	8.8	9.2
Anteil urbane Schweiz	84.4%	90%	85%	87.5%	87.5%
BIP nominal [Mrd CHF]/Wachstum/Jahr	648.1	870/0.8%	1'135/1.6%	1'100/1.5%	1'000/1.2%

Tabelle 5 – Eckwerte zur Schweiz in der Vision 2050

Die Wirkung einzelner Elemente auf die Visionsziele ist für den Horizont 2050 nur mit starken Annahmen zu quantifizieren. Für die Abschätzung der Wirkung der Vision wurde gleichwohl ein Berechnungsmodell (siehe Anhang 1: Methodik zur Quantifizierung der Vision) mit mehreren Einflussfaktoren<sup>3</sup> verwendet. Das Modell ist identisch mit dem, welches bereits für die Wirkung der Szenarien genutzt wurde, dies schafft eine Vergleichbarkeit zwischen Vision, Szenarien und dem Ist-Zustand.

Eindeutig zurechenbare und quantifizierbare Wirkungen treten nur bei wenigen Elementen auf. Die Umstellung im Bereich der vorherrschenden Fahrzeugantriebe und Treibstoffe auf

<sup>2</sup> Zum Vergleich der Werte für 2050 wurde durch die Extrapolation der Entwicklung der letzten 35 Jahre zusätzlich ein Trend-Wert für 2050 berechnet. Dieser soll nur illustrativ die bisherigen Entwicklungen fortschreiben.

<sup>3</sup> Diese Einflussfaktoren sind: Bevölkerung, BIP, Suffizienzfaktor, Modalsplit, Transportdistanzen, Flottenmix, Effizienzsteigerung Motoren. Diese sind im Anhang 1: Methodik zur Quantifizierung der Vision näher erläutert.

nicht-fossile Energieträger ist das wichtigste Element mit direkter Wirkung auf die Ziele der Vision. Die CO2-Emissionen ab dem Tank reduzieren sich direkt auf null. Die weiteren Elemente werden entfalten ihre Wirkung innerhalb des Berechnungsmodells verteilt auf mehrere Faktoren. Zudem sind die Effekte schwieriger zu quantifizieren, weil ein 30-jähriger Entwicklungsraum betrachtet werden muss. Um trotzdem eine übergreifende Wirkung abschätzen zu können, wurden alle Elemente<sup>4</sup> zunächst isoliert bewertet. In einem zweiten Schritt wurden die Schnittstellen und Kombinationsmöglichkeiten, die im Visionsbild (Kapitel 4) unterstellt wurden, in Betracht gezogen. Wenn mehrere Elemente Auswirkungen auf einen Einflussfaktor hatten, wurden diese miteinander kombiniert und zu einem plausiblen Gesamteinfluss verrechnet. In der Kombination wurde so die Wirkung der Einzelemente abgeschwächt. Die wichtigsten Elemente mit Wirkung im Berechnungsmodell sind in Abbildung 4 dargestellt. Es zeigt sich, dass auf jeden Einflussfaktor mehrere Elemente in Kombinationen wirken

Einflussfaktoren	Gesamt-wirkung	Wichtigste wirkende/berücksichtigte Elemente (Sortiert: von links nach rechts mit abnehmender Wirkung)					
Suffizienzfaktor	0.93	Suffizienz	Teilen statt Besitzen				
Δ Anteil Menge Schiene +-%	+6%	Logistikstandorte	Umschlaganlagen	Urbanes Angebot Schiene	Autom. Strasse & Schiene		
Δ Anteil Menge LGF +-%	-15%	Quartierlogistik	Abholssysteme	Autom. Strasse & Schiene			
Δ Anteil Menge SGF +-%	-9.7%	Unterirdische Transporte	Urbanes Angebot Schiene	Quartierlogistik	Abholssysteme	Autom. Strasse & Schiene	
Δ mittlere Bef.-Distanz Bahn +-%	-4.5%	3D-Druck	Logistikstandorte	Umschlaganlagen			
Δ mittlere Bef.-Distanz LGF +-%	-39%	Quartierlogistik	Abholssysteme	Überbetr. Zus.arbeit	Energieeffizienz	Internet d. Dinge	3D-Druck
Δ mittlere Bef.-Distanz SGF +-%	-45%	Überbetr. Zus.arbeit	Logistikstandorte	Energieeffizienz	Unterirdische Transporte	Internet d. Dinge	Quartierlogistik
Anteil LGF & SGF Diesel %	0%	Antrieb/Treibstoff	Nutzungsbedingungen	Energieeffizienz	Mobility Pricing		
Anteil LGF & SGF Elektroantrieb %	100%	Antrieb/Treibstoff	Nutzungsbedingungen	Energieeffizienz	Mobility Pricing		
Reduktion Energieverbrauch Schiene -%	-34.5%	Leichtbau Schiene	Autom. Schiene	Energieeffizienz			
Reduktion Energieverbrauch LGF E -%	-20.5%	Mobility Pricing	Autom. Strasse	Überbetr. Zus.arbeit	Internet d. Dinge	Leichtbau Strasse	Quartierlogistik
Reduktion Energieverbrauch SGF E -%	-29%	Mobility Pricing	Autom. Strasse	Überbetr. Zus.arbeit	Internet d. Dinge	Leichtbau Strasse	Quartierlogistik

Abbildung 4 – Wirkung der Visionselemente im Berechnungsmodell auf Einflussfaktoren

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die prognostizierten Werte für die urbane Logistik 2050. Tabelle 7 zeigt die prozentualen Veränderungen gegenüber dem Ist-Zustand (Werte aus 2013) auf.

Kennwerte		Ist-Zustand	Szenario A	Szenario B	Trend	Visions-ziel	Wert erreicht
Aufkommen	[Mio t]	342	336	443	416		380
Aufkommen je Einwohner	[t]	42.2					41.4
Transportleistung	[Mio tkm]	35'654	31'018	47'930	41'433		25'552
Transportleistung je Einwohner	[tkm]	4401					2790

<sup>4</sup> Die angenommene Wirkung der einzelnen Elemente auf die Visionsziele und die weiteren Kennwerte basieren auf Experteneinschätzungen und Literaturrecherchen des Forschungsteams.

Energieverbrauch	[PJ] TTW	28.31	11.98	14.29	34.03	< 12	2.2
	[PJ] WTW	34.21	15.04	18.40	40.93		
Dauerverbrauch je EW	[W] TTW	131	42	48	122	< 42	7.7
	[W] WTW	158	53	60	146		
Anteil erneuerbarer Energien	% der nicht fossilen Energie					100%	Nicht bewertet
CO <sub>2</sub>	[Mio t] TTW	2.04	0.80	1.03	2.48	0	0
	[Mio t] WTW	2.48	0.97	1.25	3.01		

Tabelle 6 – Kennwerte Vision urbane Schweiz mit Visionszielen und erreichten Werten 2050

Differenz zu IST		Szenario A	Szenario B	Trend	Visionsziel	Wert erreicht
Aufkommen	[Mio t]	-1.7%	+29.6%	+21.7%		+11.2%
Aufkommen je Einwohner	[t]					-2%
Transportleistung	[Mio tkm]	-13.0%	+34.4%	+16.2%		-28.3%
Transportleistung je Einwohner	[tkm]					-36.8%
Energieverbrauch	[PJ] TTW	-57.7%	-49.5%	+20.2%	< -50%	-92.2%
	[PJ] WTW	-56.0%	-46.2%	+19.6%		
Dauerverbrauch je EW	[W] TTW	-67.7%	-62.9%	-6.5%	< -80%	-94.1%
	[W] WTW	-66.4%	-60.5%	-7.0%		
CO <sub>2</sub>	[Mio t] TTW	-60.9%	-56.0%	+21.3%	-100%	-100%
	[Mio t] WTW	-60.8%	-55.8%	+21.3%		

Tabelle 7 – Vergleich der erreichten Visionswerte urbane Schweiz mit der Ist-Situation

Es zeigt sich, dass die **Visionsziele voll erreicht** werden können. Im Vergleich mit den Szenarien wird deutlich, dass die Vision eine urbane Logistik abbildet, die einen noch geringeren Energieverbrauch aufweist. Auch wenn das Güteraufkommen leicht steigt, im Vergleich mit heute, haben die einzelnen Einwohner doch eine geringere Nachfrage. Dies schlägt sich auch in der geringeren Transportleistung je Kopf nieder.

Die neuen Antriebe und Treibstoffe sorgen für eine CO2-freie Logistik. Signifikant sind auch die Einsparungen beim Energieverbrauch der Transporte. Es werden nur noch zwei Drittel der heutigen Transportleistung erbracht. Auf der Strasse finden die Transporte mit Elektrofahrzeugen statt, die mehr als zwei Drittel effizienter sind als die heutige Fahrzeugflotte im Güterverkehr. Dabei wird auch berücksichtigt, dass die Bahn und die elektrischen Strassenfahrzeuge 2050 gegenüber den heutigen energieeffizienter sind, da Automatisierung, konsequente Leichtbauweise und eine Energieeffizienzorientierung in den Fahrzeugkonzepten der nächsten 35 Jahren immer wichtiger werden.

Es zeigt sich, dass regulatorische Vorgaben einen Einfluss auf die Energieeffizienz haben. Zum einen, weil Nutzungsbedingungen die Umsetzung des Umstieges zu Elektrofahrzeugen direkt steuern, aber auch, weil z.B. Mobility Pricing für den Güterverkehr verkehrsträger- und verkehrsmittelübergreifend Anreize für höhere Effizienz bietet. Dies äussert sich in sinnvoller überbetrieblicher Zusammenarbeit und lokal ausgerichteten Logistik- und Bedienkonzepten

im Bereich B2C und B2B. Alle Konsumenten und Wirtschaftsakteure tragen zur Reduktion der Gütermenge und der energierelevanten Lieferansprüche bei. Die stark verbesserte Energieeffizienz ist das Ergebnis aus der Kombination der Visionselemente. Sie spiegelt sich in den effizienteren Technologien, Bedienkonzepten und den Organisationsformen, bzw. möglichen Geschäftsmodellen wider. Durch die funktionierende, visionäre urbane Logistik wird knapp ein Viertel der Transportleistung je Einwohner eingespart.

Es gilt jedoch auch zu beachten, dass es durch die Elemente in der Vision zu weiteren Nebeneffekten kommen kann, die eine Abschwächung bzw. **Rebound-Effekte** einleiten können. So können unterstellte Verhaltensänderungen zu veränderten Konsummustern führen, die Verschiebungen in der Nachfrage zwischen Branchen hervorrufen.

Weiterhin können technologisch bedingte Effizienzgewinne durch Zusatzkonsum überkompensiert werden. Wenn die gesamtgesellschaftliche Effizienz- und Suffizienzorientierung nicht durchdringend greift, ist es möglich, dass sinkende Kosten auch einen Mehrkonsum fördern, der sich wiederum in vermehrten Transporten niederschlägt. Es muss aber auch die Auslastung der Infrastrukturen berücksichtigt werden. Durch Automatisierung und die mögliche, höhere Auslastung der Fahrzeuge kann es dazu kommen, dass eine Bewertung vorhandener und zukünftiger Infrastrukturen differenzierter ausfällt. Auch eine Kannibalisierung von Schienentransporten durch autonome Strassenfahrzeuge kann durchaus eintreten, was der Energieeffizienz insbesondere bei Massenguttransporten entgegensteht. Die Automatisierung der Transporte insgesamt wurde in der Bearbeitung als ein zentrales Element betrachtet, welche weitreichende Anpassungen in Wirtschaftsstrukturen und Gesellschaft (insb. Beschäftigung) zur Folge haben kann.

Bei der Untersuchung von Zusammenarbeitsformen, Markt und Services wird deutlich, dass für die Vision ein veränderter Flächennutzungsanspruch vorliegt. Insbesondere in zentralen urbanen Lagen werden mehr Flächen für neue Nutzungen benötigt. Dies geht auch einher mit Wertminderungen der Flächen, wenn diese durch Logistik, statt durch höherwertige Nutzungen beansprucht wird. Zudem werden auch im Nahbereich um neue Umschlaganlagen und Quartierlogistikzentren vermehrt Transporte anfallen, die eine höhere Verkehrsbelastung zur Folge haben.

Diese und weitere Rebound-Effekte sind nicht in der Bewertung der Vision enthalten, haben aber in der Ausarbeitung der Vision und insbesondere bei der Bewertung der Wirkung der einzelnen und kombinierten Elemente zur Mässigung beigetragen.



## Anhang 1: Methodik zur Quantifizierung der Vision

Ausgangszustand für die Quantifizierung der Vision sind die Strukturdaten des Ist-Zustandes.

### Kennzahlen Schweiz

Einwohner 2013	<b>8'139'631</b>		
Beschäftigte 2012	4'905'389	60.3%	Anteil Beschäftigte an Einwohnern
Vollzeitäquivalente 2012	3'861'085		
Beschäftigte Logistik 2012	237'571	4.8%	Anteil Beschäftigte Logistik an Beschäftigten
Vollzeitäquivalente Logistik 2012	196'623	5.1%	Anteil VZÄ Logistik an VZÄ
Fläche ha 2009	4'128'498		
Siedlungsfläche 2009	307'897	7.5%	Anteil Siedlungsfläche an Gesamtfläche
Güterverkehrsaufkommen Mio. t	385		(BFS: 392 Mio. t)
- Bahn	34	8.9%	
- Leichte Güterfahrzeuge	22	5.7%	Modal-Split Aufkommen
- Schwere Güterfahrzeuge	329	85.5%	
Güterverkehrsleistung Mio. tkm	40'632		(BFS: 19'414 Mio. tkm, Territorialprinzip, inkl.
- Bahn	7'974	19.6%	Transit)
- Leichte Güterfahrzeuge	723	1.8%	Modal-Split Leistung
- Schwere Güterfahrzeuge	31'935	78.6%	

### Güterverkehr

Abschätzung des Gütermengenwachstums in Aufkommen und Leistung nach Verkehrsträger (Strasse und Schiene) und Verkehrsmittel (Bahn, schwere Güterfahrzeuge und leichte Güterfahrzeuge) erfolgt für die ganze Schweiz.

### Güterverkehrsaufkommen

Um das Güterverkehrsaufkommen zu berechnen, sind folgende Angaben notwendig:

- **Bevölkerung:** Anzahl Einwohner im Szenario
- **BIP:** CHF je Szenario
- **Anteil Bevölkerung urbane Schweiz:** in %
- **Suffizienzfaktor:** Faktor für die Zu-/Abnahme der Nachfrage nach Güterverkehr

Aus der Anzahl Einwohner und dem BIP wird das Güterverkehrsaufkommen bestimmt. Der Anteil der Bevölkerung in der urbanen Schweiz wird für die Quantifizierung für den urbanen Raum benötigt (Einwohner urbaner Raum). Der Suffizienzfaktor repräsentiert die Anspruchsänderung der Einwohner gegenüber den bisherigen Ansprüchen und wirkt sich auf die Nachfrage (Aufkommen) im Güterverkehr aus.

### Güterverkehrsleistungen

Um die Güterverkehrsleistungen aus dem Aufkommen zu berechnen, sind folgende Angaben notwendig:

- **Modalsplit:** Veränderungen der Mengenanteile je Verkehrsträger in +-%
- **Transportdistanzen:** Veränderungen der mittleren Transportdistanz je Verkehrsträger in +-%.

- **Flottenmix:** Abschätzung des Anteils an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen bei den Strassenfahrzeugen in % (LGF und SGF).

Veränderungen der Transportarten (Import-, Export-, Binnenverkehr) und Branchenentwicklungen bzw. Warengruppen (Güterstruktureffekte) werden über die Anpassung von Modalsplit und Transportdistanzen integriert.

Mit diesen Angaben werden die Transportleistungen je Verkehrsträger und Fahrzeugtyp (Verkehrsmittel) berechnet. Verkehrsmittel sind neu:

- Bahn
- Leichte Güterfahrzeuge mit Dieselantrieb
- Leichte Güterfahrzeuge CO<sub>2</sub>-frei
- Schwere Güterfahrzeuge mit Dieselantrieb
- Schwere Güterfahrzeuge CO<sub>2</sub>-frei

### **Energieverbrauch/CO<sub>2</sub>**

Um den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu berechnen, sind folgende Angaben zum Szenario notwendig:

- **Effizienzsteigerung Dieselmotoren:** Reduktion des Dieserverbrauchs (l/tkm) für leichte und schwere Güterfahrzeuge in %.
- **Effizienzsteigerung Elektroantriebe:** Reduktion des Energieverbrauchs (kWh/tkm) für die Schiene, leichte und schwere Güterfahrzeuge mit Elektroantrieb in %.

Aus diesen Angaben werden der Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl für Tank-to-Wheel wie für Well-to-Wheel berechnet.