



# **Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen**

**Application areas of various means of transportation in  
agglomerations**

**Domaine d'application de différent moyen de transport  
dans les agglomérations**

**Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich**

**Prof. Dr. Ulrich Weidmann, dipl. Ing. ETH**

**Robert Dorbritz, dipl. Math. oec.**

**Hermann Orth, M.S.**

**Milena Scherer, dipl. Ing. ETH**

**Prof. Peter Spacek, dipl. Ing. ETH**

**Forschungsauftrag SVI 2004/039 auf Antrag der Schweizerischen  
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten 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 l' (les) auteur(s) mandaté(s) par 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)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

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

The content of this report engages only the author(s) commissioned 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)



# **Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen**

**Application areas of various means of transportation in  
agglomerations**

**Domaine d'application de différent moyen de transport  
dans les agglomérations**

**Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich**

**Prof. Dr. Ulrich Weidmann, dipl. Ing. ETH**

**Robert Dorbritz, dipl. Math. oec.**

**Hermann Orth, M.S.**

**Milena Scherer, dipl. Ing. ETH**

**Prof. Peter Spacek, dipl. Ing. ETH**

**Forschungsauftrag SVI 2004/039 auf Antrag der Schweizerischen  
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

# Impressum

## Forschungsstelle und Projektteam

### Projektleitung

Prof. Dr. Ulrich Weidmann, dipl. Ing. ETH  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

### Mitglieder

Robert Dorbritz, dipl. Math. oec.  
Hermann Orth, M.S.  
Mlena Scherer, dipl. Ing. ETH  
Prof. Peter Spacek, dipl. Ing. ETH

## Begleitkommission

### Präsident

Dr. Donald A. Keller, Dipl. Bauing. ETH/SIA,SVI; Direktor, Regionalplanung Zürich und Umgebung (RZU), Zürich

### Mitglieder

Patrick Eperon/Gérard Métrailler; Chef Politique & Economie, TCS Touring Club der Schweiz, Genf

Rolf Geiger, Dipl. Bauing. EPFL; Geschäftsleiter, Region Appenzell AR-St.Gallen-Bodensee, St. Gallen

Markus Hoenke, Raumplaner ETH NDS; Stellvertretender Sektionschef, Sektion Planung, Bundesamt für Verkehr, BAV, Bern

Armin Jordi, Raumplaner NDS FH, SVI; Leitender Verkehrsplaner, SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich

Fritz Kobi, Dipl. Bauing. ETH/SIA,SVI, Kreisoberingenieur, Tiefbauamt des Kt. Bern (bis Aug. 2008) BüroKobi, Münsingen (seit Sept. 2008)

Dr. Arnd König; Stv. Abteilungsleiter, Abt. Infrastrukturplanung, Amt für Verkehr des Kantons Zürich, Zürich

Jean-Luc Poffet; Responsable du domaine Planification de réseaux, Division réseaux, Office fédéral des routes: OFROU - ASTRA, Berne

Ulrich Reinert; Koordination Betrieb und Technik, Regionalverkehr Bern-Solothurn RBS, Busbetrieb Solothurn und Umgebung BSU, Worblaufen

Daniel Schnetzer, Dipl. Geopgraf und Raumplaner ETH/NDS; Stv. Leiter Markt & Strategie, Fahrplan & Netzdesign, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern

Christoph Stucki, Executive MBA HSG; Präsident des Tarifverbundes Genf Unireso, Transport publics genevois, Genève

## Antragsteller

Schweizerischer Verband der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

## Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> heruntergeladen werden.

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum</b> .....	<b>4</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>10</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>22</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>29</b>
<b>1</b>	<b>Anlass, Zielsetzung und Vorgehen</b> .....	<b>37</b>
<b>1.1</b>	<b>Anlass</b> .....	<b>37</b>
<b>1.2</b>	<b>Zielsetzungen</b> .....	<b>38</b>
<b>1.3</b>	<b>Randbedingungen</b> .....	<b>38</b>
<b>1.4</b>	<b>Projektteam</b> .....	<b>38</b>
<b>1.5</b>	<b>Aufbau der Arbeit</b> .....	<b>39</b>
<b>2</b>	<b>Entwicklung und Stand des Verkehrsmitelesinsatzes in den Agglomerationen</b> .....	<b>40</b>
<b>2.1</b>	<b>Entwicklung der Verkehrserschliessung der Agglomerationen</b> .....	<b>40</b>
2.1.1	1850 – 1890: Erschliessung zu Fuss und mit Bahn-Vorortsverkehr .....	40
2.1.2	1890 – 1945: Aufbau des städtischen öffentlichen Verkehrs .....	40
2.1.3	1945 - 1973: Integration des Individualverkehrs .....	41
2.1.4	1973 - 2000: Modernisierungskrise und Systemoptimierung .....	42
2.1.5	Seit 2000: Multimodale Weiterentwicklung .....	42
2.1.6	Zusammenfassung .....	43
<b>2.2</b>	<b>Die schweizerischen Agglomerationen: Stand</b> .....	<b>45</b>
2.2.1	Verkehrspotential: Wohnbevölkerung und Zupendler .....	45
2.2.2	Siedlungsdichte und Verkehrsfläche .....	46
2.2.3	Virtueller Radius .....	48
2.2.4	Strukturelle Gliederung .....	48
2.2.5	Geographische Lage .....	52
<b>2.3</b>	<b>Einsatz der Verkehrssysteme in den schweizerischen Agglomerationen</b> .....	<b>53</b>
2.3.1	Vorgehen .....	53
2.3.2	Angebot: Vorhandene Verkehrssysteme .....	53
2.3.3	Nachfrage: Pendlerverhalten und Motorisierungsgrad .....	55
2.3.4	Auswirkungen der Nachfrage .....	59
2.3.5	Zusammenfassung .....	65
<b>3</b>	<b>Zielsetzungen des künftigen Verkehrsmitelesatzes</b> .....	<b>68</b>
<b>3.1</b>	<b>Entwicklung des Zielsystems</b> .....	<b>68</b>
3.1.1	Ausgangslage: Ressourcenkonkurrenz .....	68
3.1.2	Anforderungen an die Agglomerationsverkehrspolitik .....	69
3.1.3	Messgrössen und Indikatoren im Agglomerationsverkehr .....	70
<b>3.2</b>	<b>Eigenschaften und Kenngrössen des Agglomerationsverkehrs</b> .....	<b>71</b>
<b>3.3</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>74</b>
<b>4</b>	<b>Verkehrsmittel: Systemeigenschaften</b> .....	<b>75</b>
<b>4.1</b>	<b>Prinzipien der Typisierung</b> .....	<b>75</b>
<b>4.2</b>	<b>Agglomerationsverkehrssysteme und deren Merkmale</b> .....	<b>76</b>
<b>4.3</b>	<b>Öffentlicher Verkehr</b> .....	<b>77</b>
4.3.1	Öffentlicher Verkehr mit eigenem Fahrweg, spurgeführt .....	77
4.3.2	Öffentlicher Verkehr mit eigenem Fahrweg, nicht spurgeführt .....	80
4.3.3	Öffentlicher Verkehr mit gemischt-genutztem Fahrweg, spurgeführt .....	81
4.3.4	Öffentlicher Verkehr mit gemischt-genutztem Fahrweg, nicht spurgeführt .....	83
<b>4.4</b>	<b>Individualverkehr</b> .....	<b>84</b>
4.4.1	Individualverkehr mit eigenem Fahrweg .....	84
4.4.2	Individualverkehr mit gemischt-genutztem Fahrweg .....	85
<b>4.5</b>	<b>Kombinierte Systeme</b> .....	<b>86</b>
4.5.1	Überblick .....	87
4.5.2	Zusammenfassung .....	88
<b>4.6</b>	<b>Systemcharakteristiken der Verkehrsmittel</b> .....	<b>88</b>
<b>5</b>	<b>Leistungskennwerte der Verkehrsmittel</b> .....	<b>90</b>
<b>5.1</b>	<b>Kriterien der Leistungsfähigkeitsbetrachtung</b> .....	<b>90</b>
5.1.1	Leistungsfähigkeit .....	90
5.1.2	Zuverlässigkeit .....	91
5.1.3	Reisezeit / Reisegeschwindigkeit .....	91
5.1.4	Erreichbarkeit .....	92

<b>5.2</b>	<b>Öffentliche Verkehrssysteme</b> .....	<b>92</b>
5.2.1	Leistungsfähigkeit öffentlicher Verkehrssysteme .....	92
5.2.2	Zuverlässigkeit/Pünktlichkeit .....	99
5.2.3	Reisegeschwindigkeit .....	100
5.2.4	Erschließungsqualität und Verfügbarkeit .....	100
<b>5.3</b>	<b>Motorisierter Individualverkehr</b> .....	<b>103</b>
5.3.1	Leistungsfähigkeit .....	103
5.3.2	Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Strassennetzes .....	107
5.3.3	Geschwindigkeit .....	108
<b>5.4</b>	<b>Nichtmotorisierter Individualverkehr</b> .....	<b>109</b>
5.4.1	Fussgänger .....	109
5.4.2	Velofahrer .....	112
<b>5.5</b>	<b>Mischverkehr</b> .....	<b>113</b>
<b>5.6</b>	<b>Zusammenstellung der Kennwerte</b> .....	<b>116</b>
5.6.1	Leistungsfähigkeit .....	116
5.6.2	Zusammenfassung .....	116
<b>6</b>	<b>Auswirkungen der Verkehrsmittel</b> .....	<b>117</b>
<b>6.1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzungen</b> .....	<b>117</b>
<b>6.2</b>	<b>Verkehrssicherheit</b> .....	<b>117</b>
6.2.1	Verkehrssicherheit ÖV .....	117
6.2.2	Verkehrssicherheit MIV .....	118
6.2.3	Verkehrssicherheit Fussgänger .....	118
6.2.4	Verkehrssicherheit Velo .....	119
<b>6.3</b>	<b>Flächennutzung</b> .....	<b>119</b>
<b>6.4</b>	<b>Lebensqualität im öffentlichen Raum</b> .....	<b>121</b>
<b>6.5</b>	<b>Emissionen und Energieverbrauch</b> .....	<b>123</b>
6.5.1	Luftschadstoffe .....	123
6.5.2	Lärm .....	125
6.5.3	Energieverbrauch .....	127
6.5.4	Zusammenfassung .....	128
<b>6.6</b>	<b>Verkehrsausgaben</b> .....	<b>128</b>
6.6.1	Betriebswirtschaftliche Kosten ÖV .....	128
6.6.2	Betriebswirtschaftliche Kosten MIV .....	129
6.6.3	Betriebswirtschaftliche Kosten Langsamverkehr .....	129
<b>6.7</b>	<b>Vandalismus und aggressive Akte</b> .....	<b>130</b>
<b>6.8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>130</b>
<b>7</b>	<b>Profile und Einsatzgebiete der Verkehrsmittel</b> .....	<b>131</b>
<b>7.1</b>	<b>Vergleich der Einsatzbereiche</b> .....	<b>131</b>
7.1.1	Wirtschaftliche Einsatzbereiche .....	131
7.1.2	Einsatzdistanzen der Verkehrsmittel .....	133
7.1.3	Hierarchie der Verkehrsmittel .....	134
7.1.4	Einsatzprofile und Agglomerationscharakteristika .....	135
7.1.5	Fazit zum heutigen Verkehrsmiteleinsatz .....	139
<b>7.2</b>	<b>Folgerungen und Eignungsprofile</b> .....	<b>141</b>
7.2.1	Folgerungen aus der Beurteilung der Leistungsfähigkeit .....	141
7.2.2	Folgerungen aus der Beurteilung der Auswirkungen .....	142
7.2.3	Eignungsprofile der Verkehrsmittel .....	143
<b>7.3</b>	<b>Zusammenfassung der Verkehrsmiteleigenschaften</b> .....	<b>144</b>
<b>7.4</b>	<b>Einsatzkriterien der Verkehrsmittel</b> .....	<b>147</b>
7.4.1	Ausschlussverfahren der Verkehrsmittel .....	148
7.4.2	Agglomerationsklassenbasiertes Verfahren .....	149
<b>8</b>	<b>Synthese und Umsetzung</b> .....	<b>151</b>
<b>8.1</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>151</b>
<b>8.2</b>	<b>Weiterer Forschungsbedarf</b> .....	<b>152</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>155</b>
	<b>Anhänge</b> .....	<b>159</b>
	<b>Abkürzungen</b> .....	<b>169</b>
	<b>Projektabschluss</b> .....	<b>170</b>
	<b>Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen</b> .....	<b>172</b>
	<b>Publikationsliste SVI</b> .....	<b>175</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Zusammenfassung der Entwicklungsschritte der schweizerischen Agglomerationserschliessung.....	44
Tabelle 2	Virtuelle Radien ausgewählter schweizerischer Agglomerationen .....	48
Tabelle 3	Siedlungsstrukturtypen und jeweilige Verkehrsstromtypen .....	50
Tabelle 4	Agglomerationskategorien .....	55
Tabelle 5	Volkswirtschaftliche Gesamtkosten des Verkehrs in der Schweiz und deren Zusammensetzung. ....	64
Tabelle 6	Spezifische Kosten der Verkehrsmittel.....	65
Tabelle 7	Übersicht: Einwohner, Dichte, Virtuellen Radien .....	65
Tabelle 8	Verkehrspolitische Teilanforderungen .....	70
Tabelle 9	Messgrössen und Zielrichtungen der Teilanforderungen .....	71
Tabelle 10	Messgrössen und Zielrichtungen für die Bestimmung der Verkehrsmiteinsatzprofile.....	72
Tabelle 11	Qualitative Merkmale der Verkehrssysteme .....	76
Tabelle 12	Systemübersicht über die Verkehrssysteme des Stadtverkehrs .....	77
Tabelle 13	Systemcharakteristiken ausgewählter Verkehrsmittel .....	89
Tabelle 14	Maximale Auslastungen Stadtbus und Tram (Jahresmittel).....	96
Tabelle 15	Erreichte Pünktlichkeitsniveaus im ÖV .....	99
Tabelle 16	Mittlere Beförderungsgeschwindigkeiten im städtischen Nahverkehr in Abhängigkeit von der Haltestellendistanz.....	100
Tabelle 17	Taktfrequenzen von ÖV-Systemen ausgewählter Agglomerationen .....	102
Tabelle 18	Anteil fahrplanabhängiger Fahrgäste nach Tageszeit und Taktfrequenz .....	102
Tabelle 19	Empfohlene Verkehrsnachfrageelastizitäten im ÖV-Stadtverkehr .....	102
Tabelle 20	Verkehrsqualitätsstufen MIV .....	103
Tabelle 21	LF MIV je Fahrstreifen in Abhängigkeit von der Örtlichkeit .....	104
Tabelle 22	Zulässige Belastungen je Fahrstreifen nach Auslastung.....	105
Tabelle 23	Verkehrsqualitätsstufen HVS-Netz .....	105
Tabelle 24	Verkehrsqualitätsstufen in Abhängigkeit der Tageszeit (HVS-Netz) .....	106
Tabelle 25	Verkehrsqualitätsstufen HLS-Netz .....	106
Tabelle 26	Verkehrsqualitätsstufen in Abhängigkeit der Tageszeit (HLS-Netz).....	107
Tabelle 27	Besetzungsgrad in Abhängigkeit von Tageszeit (HLS-Netz).....	107
Tabelle 28	Nachfrageorientiertes Leistungsangebot, MIV .....	107
Tabelle 29	Mittlere Geschwindigkeiten MIV nach Tageszeit (HVS und HLS) .....	109
Tabelle 30	Beschreibung des Level of Service-Konzepts für Fussgänger .....	111
Tabelle 31	LF Fussgängeranlagen (in eine Richtung) .....	112
Tabelle 32	LF Fussgängeranlagen (mit Gegenverkehr).....	112
Tabelle 33	LF Veloverkehr in Abhängigkeit der Verkehrsqualität .....	113
Tabelle 34	Verifizierung berechneter LF-Werte .....	114
Tabelle 35	Stündliche Kapazität eines Querschnitts im Mischverkehr .....	115
Tabelle 36	LF je Fahrstreifen für drei Siedlungszonen.....	116
Tabelle 37	Zusammenstellung der Leistungskennwerte .....	116
Tabelle 38	Verunfallenzahlen nach Verkehrsmitteln, Schweiz, 2004.....	117
Tabelle 39	Verunfallenzahlen ÖV, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007 .....	118
Tabelle 40	Unfall- und Verunfalltenrate MIV, 2004 .....	118
Tabelle 41	Verunfallenzahlen MIV, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007 .....	118
Tabelle 42	Verunfallenzahlen Fussgänger, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007 .....	119
Tabelle 43	Verunfallenzahlen leichter Zweiradverkehr, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007 .....	119
Tabelle 44	Flächenbeanspruchung verschiedener Verkehrssysteme im Vergleich .....	120
Tabelle 45	Lichttraumprofil / Kombinationsmöglichkeiten auf Mischverkehrsflächen .....	120
Tabelle 46	Zusammenstellung der Kennwerte für planerische Kriterien .....	121
Tabelle 47	Übersicht über Auswirkungen von ÖV-Systemen auf Landpreise und regionales Wirtschaftswachstum.....	122
Tabelle 48	Feinstaubemissionen, Schweizer Schienenverkehr 2004 .....	123

Tabelle 49	Personenverkehr 2005 : Schweizweite primäre PM10-Emissionen [t/a] .....	124
Tabelle 50	CO <sub>2</sub> -Ausstoss, Schweizer Verhältnisse.....	125
Tabelle 51	Schätzung der Schallanteile durch Wiemers.....	127
Tabelle 52	Energieverbrauch im ÖV und IV .....	128
Tabelle 53	Zusammenstellung der Kennwerte für lokale Umweltkriterien .....	128
Tabelle 54	Betriebswirtschaftliche Kosten des ÖV in der Schweiz, Schätzung .....	129
Tabelle 55	Zusammenstellung der Kennwerte für Auswirkungen .....	130
Tabelle 56	Kennwerte für den betriebswirtschaftlichen Vergleich der Verkehrsmittel.....	132
Tabelle 57	Virtuellen Radien, Siedlungsdichte, Strukturtyp und vorhandene ÖV-Systeme ...	137
Tabelle 58	primäre Einsatzkriterien .....	149
Tabelle 59	Einsatzcharakteristika.....	149
Tabelle 60	Agglomerationskategorien.....	150
Tabelle 61	sinnvoll einsetzbare Verkehrsmittel in den jeweiligen Agglomerationen .....	150
Tabelle 62	Immissionsbelastung, Stadt Winterthur in [t/a], 2004. ....	163
Tabelle 63	Durchschnittsgeschwindigkeiten radialer ÖV-Linien [km/h].....	164
Tabelle 64	Kosten [CHF/h/km <sup>2</sup> ] Bus, Tram .....	165
Tabelle 65	Kosten [CHF/h/km <sup>2</sup> ], S-Bahn, klein .....	166
Tabelle 66	Kosten [CHF/h/km <sup>2</sup> ], S-Bahn, gross .....	167
Tabelle 67	Kosten [CHF/h/km <sup>2</sup> ], MIV .....	168

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Aufbau des Berichtes .....	39
Abbildung 2	Bevölkerung und Zupendler 2000 .....	46
Abbildung 3	Siedlungsdichten und Verkehrsflächen je Einwohner .....	47
Abbildung 4	Verteilung der Dichte von Einwohnern und Beschäftigten je ha, Bern .....	51
Abbildung 5	Einwohnerzahlen der schweiz. Agglomerationen nach Typ .....	52
Abbildung 6	Geographische Lage der Agglomerationskategorien .....	52
Abbildung 7	Verkehrsmittelanteile der Pendler je Agglomeration .....	56
Abbildung 8	Modal Split Pendlerverkehr – Bevölkerung (EW<100'000) .....	57
Abbildung 9	MIV-Anteil an Pendlerverkehr und Siedlungsdichte .....	57
Abbildung 10	ÖPNV und FG-Anteil am Pendlerverkehr und Siedlungsdichte .....	58
Abbildung 11	Jahresstautundenkilometer und Stau je Autofahrer.....	60
Abbildung 12	PM10-lmissionen für Strassen- und Schienenverkehr .....	61
Abbildung 13	Ozonwerte Ozonbelastung und Bevölkerung .....	62
Abbildung 14	Subjektive Beurteilung der Abgasbelastung .....	63
Abbildung 15	Subjektive Beurteilung der Lärmbelastung durch Strassenverkehr .....	63
Abbildung 16	Randbedingungen und Lösungsraum .....	68
Abbildung 17	generische Darstellung des technischen und politisch bedingten Handlungsspielraums .....	69
Abbildung 18	Reisequalität der Transportstufen für eine typische Reise von der Agglomeration in die Kernstadt .....	87
Abbildung 19	Annahme des Qualitätsgleichgewichts zwischen den Verkehrsmitteln als Grundlage zur Vergleichbarkeit der Leistungsfähigkeit .....	91
Abbildung 20	Systematik der Leistungsfähigkeit im öffentlichen Verkehr .....	93
Abbildung 21	Häufigkeitsverteilung der Stehplatzdichte, Spitzenkurs.....	94
Abbildung 22	Spitzenkurse pro Linie, Richtung und Zeitperiode (VBZ) .....	94
Abbildung 23	Häufigkeitsverteilung der Stehplatzdichten in den Spitzenstunden von Bernmobil und der VBZ .....	95
Abbildung 24	Stehplatzdichten in der Spitzenstunde bei den VBZ (Quartalsmittel je Richtung) ..	95
Abbildung 25	LF ÖV je Richtung, Stundenmittel .....	97
Abbildung 26	Modell typischer Streckenleistungsfähigkeitswerte für drei Siedlungszonen .....	98
Abbildung 27	Ansprechbarkeitslinien, Nahverkehr Bielefeld und Zürich .....	101
Abbildung 28	Betriebliche und komfortorientierte LF einer LSA (Kernstadtring) .....	106
Abbildung 29	HLS Nordumfahrung Zürich: mittlere Geschwindigkeit im Tagesverlauf (Gubristunnel Mai 2005) .....	109
Abbildung 30	Fundamentaldiagramm für ebene Fussgängerverkehrsanlagen .....	110
Abbildung 31	LF Mischverkehr: Freie Strecke ohne Halt .....	114
Abbildung 32	LF Mischverkehr, Freie Strecke mit Halt (20 s) .....	115
Abbildung 33	Lärmemission und Fahrgeschwindigkeit Schienenverkehr .....	126
Abbildung 34	Betriebskosten für unterschiedliche Beförderungsgeschwindigkeiten.....	132
Abbildung 35	Betriebskosten nach Beförderungsleistungen und -Geschwindigkeiten.....	133
Abbildung 36	Einsatzdistanzen der Verkehrsmittel bei Pendlern .....	134
Abbildung 37	Vergleich zurückgelegter Distanzen für verschiedene Verkehrsmittel .....	135
Abbildung 38	Funktionale Hierarchie für MIV und ÖV; Netzfunktionen .....	135
Abbildung 39	Schweizerische Hektaren mit höchster Nutzungsdichte .....	138
Abbildung 40	Nordostschweiz, S- und Regionalbahnkorridore im Tarifverbund Ostwind, Siedlungsdichten .....	139
Abbildung 41	Einsatzbereiche von primären ÖV-Systemen in Abhängigkeit des virtuellen Radius.....	140
Abbildung 42	Einsatzbereiche von ÖV-Systemen in Abhängigkeit der Siedlungsdichte.....	140
Abbildung 43	Eignungsprofile der Verkehrsmittel.....	144
Abbildung 44	Vorgehensmöglichkeiten zur Bestimmung anwendbarer Verkehrsmittel .....	148
Abbildung 45	Einwohner und Zupendler der 10 grössten Agglomerationen .....	159
Abbildung 46	Einwohner und Zupendler der Agglomerationen mit EW < 200'000.....	160
Abbildung 47	virtuelle Radien schweizerischer Agglomerationen .....	160
Abbildung 48	Verteilung der MIV und ÖV-Systeme in den Agglomerationen .....	161
Abbildung 49	Kennwerte für die Verkehrsnachfrage und die Verkehrsauswirkungen in den schweizerischen Agglomerationen .....	162
Abbildung 50	Auswirkungen des Pendlerverkehrs und Pendlerverhalten in den Agglomerationen .....	163

# Zusammenfassung

## Einleitung und Fragestellung

### Anlass

Die mehr als hundertjährige Entwicklung der Agglomerationsverkehrssysteme in der Schweiz hat zu den heutigen hochwertigen und leistungsfähigen Systemen geführt. Diese stützen sich auf den möglichst sinnvollen Einsatz der verschiedenen einzelnen Verkehrsmittel, um zu einem im Ganzen abgestimmten Ensemble zu führen, welches entscheidend zur Attraktivität der schweizerischen Städte und Agglomerationen beiträgt.

Städte und Ihre Agglomerationen sind dabei dynamische Gebilde, die sich laufend fortentwickeln und verändern. Besonders die grossen Agglomerationen unterliegen einem stetigen Wachstumsprozess. Darüber hinaus stehen viele schweizerische Agglomerationen, auch hier besonders die grösseren, durch ihre Lage in oder nahe bei Grenzbereichen in dauernder Standortkonkurrenz zu ausländischen Agglomerationen, die ebenfalls laufend ihre Attraktivität zu erhöhen suchen.

Um in diesem Umfeld konkurrenzfähig zu bleiben, ist es nötig, die Versorgungsinfrastrukturen, zu denen eben auch die Verkehrssysteme zählen, an die Entwicklungen anzupassen und um den Anforderungen gerecht zu werden und einen Qualitätsvorsprung zu bewahren. Gleichzeitig werden aber die Ressourcen für einen Ausbau der Verkehrssysteme zunehmend knapper.

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, bei der Weiterentwicklung der Verkehrssysteme die Stärken und Schwächen der einzelnen Verkehrsmittel genau zu kennen. Dazu gehören sinnvolle Einsatzbereiche sowie Faktoren, die den sinnvollen Einsatz eines Verkehrsmittels bedingen. Nur so können die verschiedenen Verkehrsmittel zu Verkehrssystem zusammengefügt werden, das seine Aufgabe effizient und unter Minimierung der negativen Auswirkungen erfüllt.

### Fragestellung

Aus der eingangs beschriebenen Situation ergibt sich nunmehr eine Reihe von Fragen, deren Beantwortung das Ziel dieser Arbeit ist:

1. Welche Einsatzkriterien und –Merkmale der Verkehrsmittel können bestimmt werden?
2. Welches sind die Erfolgsfaktoren für einen wesensgerechten Einsatz und das Zusammenspiel innerhalb und zwischen den einzelnen Verkehrsmitteln?
3. Welche Funktionen müssen Verkehrssysteme in welchen Agglomerationstypen erfüllen?
4. Wo liegen die Schwellenwerte bezüglich der Nachfrage und Nachfragestruktur für den Einsatz der einzelnen Verkehrsmittel?

5. Welches sind die sinnvollen Einsatzbereiche der einzelnen Verkehrsmittel in den Agglomerationen aus technischer, wie auch aus ökonomischer Sicht?

## Vorgehen der Untersuchung

### Arbeitshypothese

Der Bearbeitung der Studie wird zu Grunde gelegt, dass der heutige Zustand des Verkehrsmitelesinsatzes in den schweizerischen Agglomerationen das Ergebnis eines langen, evolutiven Prozesses sei. Somit seien nicht zweckgemässe Anwendungen von Verkehrsmitteln gescheitert und folglich nicht mehr präsent, während besonders sinnvolle Konzepte in vielen Fällen Anwendung gefunden haben. Selbstverständlich stellt auch diese Betrachtung nur eine Momentaufnahme dar, damit erfasst sie aber die Ausgangslage und beschreibt die für die Planungszeiträume zur Verfügung stehenden Mittel.

### Methodik

Von der Arbeitshypothese ausgehend wird eingehend der aktuelle Stand des Verkehrsmitelesinsatzes in den schweizerischen Agglomerationen untersucht. Ausserdem erfolgt eine Untersuchung dieser Agglomerationen im Hinblick auf solche Strukturmerkmale, die die sinnvollen Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Verkehrsmittel massgeblich beeinflussen. Es werden dabei 50 Agglomerationen und 5 isolierte Städte gemäss der Definition des schweizerischen Bundesamtes für Statistik (BFS) einbezogen.

Bei der Zusammenstellung des aktuellen Stands des Verkehrsmitelesinsatzes wird zunächst für eine Reihe von Verkehrsmitteln erfasst, in welchen Agglomerationen sie im Einsatz sind. Dabei wird auf das Vorhandensein folgender Verkehrsmittel, beziehungsweise Ausprägungen des Einsatzes bestimmter Verkehrsmittel, geprüft:

- Eigenes S-Bahn-System: Ist eine Agglomeration Zentrum eines eigenen S-Bahn-Systems oder verfügt sie über einen S-Bahn-Hauptknoten?
- Integration in ein S-Bahn-System: Ist eine Agglomeration mit mindestens zwei Halten in das S-Bahn-System einer anderen Agglomeration eingebunden?
- Regionalbahn: Verfügt eine Agglomeration über Regionalbahnhalte? Eine Regionalbahn ist hierbei als ein Angebot definiert, das sich im Hinblick auf Frequenz und Fahrgastkapazität unterhalb einer S-Bahn befindet.
- U-Bahn: Dieses Kriterium ist vor allem der Vollständigkeit halber aufgeführt. Da in der Schweiz jedoch nur ein U-Bahn-System existiert und dieses eher einen Sonderfall darstellt, lassen sich hieraus zunächst keine Schlüsse ziehen.
- Stadtbahn: Technisch einem Strassenbahnsystem ähnlich, sind bei einer Stadtbahn ein hoher Eigentrassierungsanteil, teilweise auch eine technische Zugsicherung vorzufinden.

- Strassenbahnen: Im Gegensatz zu Stadtbahnen sind hier keine oder nur in wenigen Fällen getrennte Fahrwege zu finden.
- Stadtbus: Ein agglomerationsinternes Busnetz, das zur Normalverkehrszeit mindestens einen 15-Minuten-Takt bietet und mit Fahrzeugen von der Grösse eines Standardbusses oder grösser bedient wird.
- Teile eines Autobahnringes: Dieses und die drei folgenden Kriterien schliessen Hochleistungsstrassen mit ein, deren Ausbauzustand ähnlich dem einer Autobahn ist.
- Städtische Autobahn: Ein Autobahnanschluss innerhalb des Stadtgebietes.
- Autobahnverbindung innerhalb einer Agglomeration
- Autobahnanschluss innerhalb einer Agglomeration
- Velostation: Das Vorhandensein von Velowegen in allen Agglomerationen wird vorausgesetzt. Es wird hierbei, auch als Mass der multimodalen Integration, untersucht, ob an Bahnhöfen Velostationen vorhanden sind.
- Fussgängerzone: Das Vorhandensein einer Fussgängerzone in der Kernstadt einer Agglomeration.

Daneben werden auf Ebene der Gesamttagglomeration folgende Kenngrössen erfasst und deren Zusammenhang mit dem Verkehrsmiteleinsatz untersucht:

- Einwohnerzahl einer Agglomeration
- Siedlungsdichte einer Agglomeration
- Virtueller Radius einer Agglomeration: Der virtuelle Radius ist definiert als der Radius eines imaginären Kreises mit dem gleichen Flächeninhalt wie die Agglomeration. Mittels dieser Grösse soll ein Rückschluss auf Pendlerdistanzen ermöglicht werden.
- Strukturtyp bzw. „Form“ einer Agglomeration: Es werden 5 Grundtypen definiert und untersucht, welchem eine jeweilige Agglomeration entspricht.
- Kernnutzungsdichte: Die Anzahl der Arbeitsplätze und Einwohner pro Hektar, erhoben auf Hektarbasis. Die Kernareale von Agglomerationen ergeben sich bei dieser Betrachtung durch eine Ansammlung vieler besonders intensiv genutzter Hektaren.

Es erfolgt im Anschluss daran eine Zusammenstellung der relevanten Eigenschaften der verschiedenen Verkehrsmittel. Diese gliedert sich in eine Zusammenstellung der Leistungskennwerte und eine Zusammenstellung der Auswirkungen, also der positiven und der negativen Outputs eines Verkehrsmittels.

Diese Erkenntnisse werden schliesslich zusammengeführt und es werden daraus Richtwerte bezüglich der verschiedenen Kriterien abgeleitet, die für den Einsatz eines bestimmten Verkehrsmittels erreicht werden sollten. Es ist dabei zu beachten, dass diese naturgemäss als grobe Richtwerte zu verstehen sind und nicht für eine detaillierte Planung geeignet sein sollen.

Die Richtwerte erlauben jedoch eine schnelle Einordnung einer betrachteten Agglomeration bzw. eines betrachteten Projektes.

**Bestandsaufnahme: die schweizerischen Agglomerationen und ihr Verkehrsmiteinsatz**

**Übersicht über die schweizerischen Agglomerationen**

Die untersuchten Agglomerationen haben Einwohnerzahlen zwischen 10,000 und 1,080,000. Es ist dabei zu beachten, dass für die grenzüberschreitenden Agglomerationen Basel und Genf aus Gründen der Datenverfügbarkeit für andere Kriterien nur der schweizerische Anteil betrachtet wird. Bezieht man die verfügbaren Daten zum deutschen bzw. französischen Teil mit ein, bleiben jedoch die Grössenordnungen und Reihenfolgen unverändert. Aufgrund markanter Sprünge zwischen Gruppen von Agglomeration werden vier Grössenklassen definiert. In Bezug auf die Strukturtypen ist festzuhalten, dass grössere Agglomerationen eindeutig zu Strukturen neigen, die über deutlich ausgeprägte Korridore verfügen. Diese fallen zusammen mit Linien des hochleistungsfähigen öffentlichen Verkehrs (ÖV). Obschon hier eine „Ei-oder-Huhn“ Frage besteht, also ob die Landnutzung den Bahnkorridoren folgte oder umgekehrt, lässt sich festhalten, dass aus der Präsenz des Einen die Sinnhaftigkeit des Anderen folgt. Dies legt nahe, dass ein bestehender Siedlungsdruck mittels qualitativ hochwertiger ÖV-Anbindungen gelenkt werden kann.

**Verkehrsmiteinsatz in der Schweiz heute**

Die Ergebnisse der Untersuchung auf das Vorhandensein der verschiedenen Verkehrsmittel sind ebenfalls in Abb. 1 zusammengestellt.

Kategoriebestimmende Verkehrsmittel											Weitere Verkehrsmittel				
Regionalbahn	städtische Autobahn	Fussgängerzone in Kernstadt	Autobahn innerhalb Agglo	Stadtbus	Eigenes S-Bahn-System	Strassenbahn	integriert in ein S-Bahn-System	Stadtbahn	Teile eines Autobahnring	mind. Ein Autobahnanschluss	Velostation	U-Bahn	Einwohnerzahl von...bis (in tausend)	Anzahl Agglomerationen	
A	t	A	A	A	A	A	A	t	t	A	t	t	<b>Kat. 1</b>	250 - 1'080	5
A	A	A	A	A	A	0	A	0	0	A	A	0	<b>Kat. 2</b>	115 - 249	4
A	t	A	A	A	t	t	t	0	t	A	t	0	<b>Kat. 3</b>	60 - 114	13
A	t	A	A	t	0	0	A	0	0	A	t	0	<b>Kat. 4</b>	55 - 60	1
A	t	A	t	t	t	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 5</b>	45 - 54	7
A	t	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 6</b>	27 - 44	9
A	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 7</b>	20 - 26	10
t	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 8</b>	10 - 19	6

- A Verkehrsmittel in allen Agglomerationen vorhanden
- t Verkehrsmittel teilweise vorhanden
- 0 Verkehrsmittel nicht vorhanden

Abb. 1 Agglomerationsklassen, -verkehrsmittel und -eigenschaften.

Es wird dabei zunächst unterschieden zwischen „kategoriebestimmenden“ und anderen Verkehrsmitteln. Die kategoriebestimmenden sind dabei solche Verkehrssysteme, mittels derer eine Einteilung der Agglomerationen in Bezug auf Verkehrsmiteinsatz und Einwohnerzahl möglich ist. Dieses

führt zu acht Kategorien, die bis auf vier Ausnahmen mit den nach Agglomerationsgrösse definierten Grössenklassen konsistent sind und diese weiter unterteilen. Die vier Agglomerationen, die hierbei Ausnahmen darstellen, liegen nur leicht über bzw. unter den Grenzwerten bezüglich der vier Grössenklassen, was lediglich unterstreicht, dass die hier erarbeiteten Grenzwerte Anhaltspunkte und keine harten Grenzen darstellen.

Die Betrachtung der Kernnutzungsdichten zeigt ausserdem, dass sich städtische Schienenverkehrssysteme (Tram, Stadtbahn und S-Bahn) nur in den grössten und dichtesten Agglomerationen eignen, die im Falle der S-Bahn ausserdem über ein Umland mit ausreichend dicht besiedelten Gebieten verfügen.

### **Nutzung der Verkehrssysteme**

Es werden weiter für die untersuchten Agglomerationen auf Ebene der jeweiligen Gesamtagglomeration Kennzahlen zur Nutzung des Verkehrssystems als Ganzem sowie der einzelnen Verkehrsmittel und die negativen Auswirkungen erhoben. Bezüglich der Nutzung der Verkehrsmittel ist dabei festzuhalten, dass der Anteil der ÖV-Nutzer und Fussgänger mit steigender Grösse einer Agglomeration steigt. Nicht überraschend ist der Zustand, dass in den grössten Agglomerationen auch die höchsten Werte der Umweltbelastung vorliegen. Dies unterstreicht, dass bei der Wahl der einzusetzenden Verkehrsmittel besonders in den grössten Agglomerationen neben einer hohen Kapazität auch auf möglichst niedrige Umweltauswirkungen geachtet werden soll.

### **Eigenschaften der einzelnen Verkehrsmittel**

#### **Leistungskennwerte**

Für alle Verkehrsmittel werden Leistungskennwerte als deren verkehrlicher „Output“ untersucht. Diese Kennwerte bzw. Eigenschaften der Verkehrsmittel sind bestimmt für die Einsatzbereiche, für welche sie sich besonders eignen oder unter welchen Randbedingungen sie operieren:

- Leistungsfähigkeit: Der Fahrgastdurchsatz pro Zeiteinheit.
- Haltestellenabstand: Dieser erlaubt im ÖV Rückschlüsse auf Zugangsdistancen und -zeiten.
- Die Reisegeschwindigkeit, unter Berücksichtigung von Halten
- Die Erschliessungsqualität: Hiermit wird festgehalten, wie gut Einzelziele erreichbar sind. Diese Bewertung erfolgt qualitativ und ist wie auch die nachfolgenden Kriterien von betrieblichen Entscheidungen abhängig. Diese basieren jedoch darauf, was sinnvoll angeboten werden kann und reflektieren damit die jeweiligen Eigenschaften eines Verkehrsmittels.
- Die Zuverlässigkeit: Die unterschiedlichen Technologien und Betriebsarten der Verkehrsmittel resultieren in verschiedenen Zuverlässigkeitswerten. So sind beispielsweise S-Bahnsysteme durch den eigenen Verkehrsweg vom MIV unabhängig und erzielen weitaus höhere Pünktlichkeitswerte.

- **Die zeitliche Verfügbarkeit:** Nicht alle Angebote sind rund um die Uhr verfügbar, gerade beim ÖV führt dies in Randzeiten zu einer schlechteren Verfügbarkeit.
- **Die räumliche Verfügbarkeit:** Im ÖV kann keine 100%-Abdeckung eines Gebietes erreicht werden, je nach Verkehrsmittel unterscheiden sich die sinnvoll erzielbaren Bedienungsbereiche.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 1 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der schienengebundenen ÖV die höchsten Leistungsfähigkeiten aufweist, andererseits ist der Zugang dort auch am umständlichsten. Der motorisierte Individualverkehr (MIV) bietet bei einer guten Erschließung und durchschnittlicher Leistungsfähigkeit eine sehr hohe Reisegeschwindigkeit, während der Langsamverkehr (LV), also der Fuss- und Veloverkehr, die beste Erschließung bietet, aber die niedrigsten Reisegeschwindigkeiten aufweist.

*Tabelle 1 Zusammenstellung der Leistungskennwerte*

	FG	Velo	Bus	Tram	S-Bahn	U-Bahn	MIV	Seilbahnen
<b>LF [P/h], komfortorientiert</b>	700 - 3'500	100 - 700	1'500 - 3'000	2'000 - 5'000	4'500 - 18'000	3'000 - 10'000	4'000 - 6'000	2'800-8'000
<b>Haltestellenabstand [m]</b>	-	-	300 - 700	300 - 700	2'000-3'500	500 - 1'500	-	100-5'000
<b>Ø Reisegeschwindigkeit [km/h]</b>	5	20	20	20	40-50	30	30-60	20-50
<b>Erschließungsqualität</b>	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Tief - Mittel	Tief - Mittel	Hoch	Tief
<b>Zuverlässigkeit</b>	Mittel	Mittel	Tief - mittel	Tief - mittel	Hoch	Hoch	Tief	Hoch
<b>Zeitliche Verfügbarkeit</b>	Sehr hoch	Sehr hoch	Mittel - hoch	Mittel - hoch	Mittel	Mittel	Sehr hoch	Mittel - Hoch
<b>Räumliche Verfügbarkeit</b>	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Mittel	Sehr hoch	Niedrig

## Auswirkungen

Der Einsatz eines jeden Verkehrsmittels ist zwangsläufig mit dem Verbrauch von Ressourcen und Auswirkungen auf Gesellschaft und Umwelt verbunden. Dies gilt auch, wenn auch in stark eingeschränkter Masse, für den Langsamverkehr. Diese Untersuchung geschieht im Hinblick auf folgende Aspekte:

- **Verkehrssicherheit:** Der öffentliche Verkehr ist mit einer personen-kilometerbezogenen Unfallrate, die einem hundertstel derer des MIV entspricht, weitaus sicherer als der motorisierte Individualverkehr. Bezogen auf die Anzahl der Unfälle und der Personenschäden ist im ÖV auch ein höheres Sicherheitsniveau als geboten als im LV.
- **Flächennutzung:** Der MIV hat den höchsten Flächenverbrauch pro Verkehrsleistung, während die niedrigsten Werte beim LV vorliegen. Da sich MIV, Bus und Strassenbahn im gleichen Verkehrsraum bewegen können, sind hier Platzeinsparungen möglich, allerdings auf Kosten der Leistungsfähigkeit.

**Lebensqualität im öffentlichen Raum:** Verkehrssysteme beeinflussen die Siedlungsentwicklung auf vielfältige Art und Weise. Es kann festgehalten werden, dass besonders die Bodenpreise, Siedlungsstruktur und

Landnutzung beeinflusst werden. Der S-Bahn wird dabei ein wesentlicher Beitrag zur Innenverdichtung von stationsnahen Arealen zugeschrieben. Gleichzeitig sind Bodenpreise an gut erschlossenen Lagen, also besonders um Bahnstationen, höher als im Umfeld. Darüber hinaus wird in Bahnkorridoren festgestellt, dass der Automobilbesitz geringer und die Einkommen höher sind.

- Emissionen und Energieverbrauch: Im Verkehr werden bedeutende Mengen an Schadstoffen und –Einwirkungen erzeugt. Diese sind nicht vermeidbar, aber schwanken stark zwischen den Verkehrsmitteln. Besonders vom Strassenverkehr gehen hohe Belastungen aus. Aufgrund der dort in der Regel sehr niedrigen Besetzungsgrade führt dies zu sehr hohen personenbezogenen Belastungen bzw. Verbrauchswerten. Eine nachhaltige Mobilitätsstrategie muss daher alle Verkehrsträger sinnvoll einbeziehen und sich in hohem Masse auf dem öffentlichen Verkehr stützen.
- Verkehrsausgaben: Die Investitionskosten werden hierbei nicht vergleichend berücksichtigt, da diese sehr stark von lokalen Gegebenheiten abhängen und somit grossen Schwankungen unterliegen. Damit sind auch Durchschnittswerte wenig hilfreich, da die tatsächlichen Kosten je nach Einsatzbereich und Ausführung weit über oder unter einem Durchschnitt liegen können. Die betriebswirtschaftlichen Kosten im LV sind kaum vorhanden, während sie bei MIV und besonders ÖV sehr hoch sind. Aufgrund der hohen Fahrleistungen und Fahrzeugbesetzung ist der ÖV jedoch bezogen auf die Beförderungsleistung weitaus günstiger.
- Vandalismus: Die Erfassung von Delikten hängt stark von der jeweiligen Unternehmenskultur ab. Es liegen daher kaum vergleichbare Werte vor und es kann von einer hohen Dunkelziffer ausgegangen werden. Eindeutig ist jedoch, dass im ÖV dadurch beträchtliche Kosten entstehen.

## Einsatzprofile

### Hierarchie und Einsatzbereiche der Verkehrsmittel

Aus den Leistungskennwerten und Auswirkungen wird deutlich, dass die ökonomisch sinnvollen Einsatzbereiche der öffentlichen Verkehrsmittel deutlich gestuft sind. Eine weitere Betrachtung, welche Betriebskosten je Laufleistung, Beförderungsgeschwindigkeiten sowie die Kapazität einbezieht verdeutlicht dies. Die ÖV-Verkehrsmittel lassen sich vereinfacht in der Reihenfolge Bus, Tram, S-Bahn gruppieren, wobei es für jedes Verkehrsmittel einen Bereich gibt, innerhalb dessen der Einsatz optimal ist. Dieser Bereich ist begrenzt durch sinnvolle Plankapazitäten und Geschwindigkeiten. Oberhalb des sinnvollen Kapazitätsbereiches steigen die Kosten sehr stark an, das gleiche gilt für zu niedrige Beförderungsgeschwindigkeiten, da damit ein stark erhöhter Bedarf an Kursen bzw. Fahrzeugen einher geht. Für ein jeweils höher gereihtes Verkehrsmittel gelten analog Untergrenzen bezüglich der Nachfrage, also der Kapazitätsauslastung, unter denen die höheren Fixkosten nicht durch eine ausreichend hohe Zahl von Fahrgästen gerechtfertigt und kompensiert werden.

Diese Hierarchie wird auch in der Betrachtung der Reichweite in Abhängigkeit der Reisezeiten, die sich aus Zugangszeiten und Beförderungsgeschwindigkeiten ergeben, wiedergegeben. So bieten Wege mit den „niedrigeren“ Verkehrsmittel auf kurzen Entfernungen die kürzesten Reisezeiten. Auf längeren Distanzen erlauben dagegen mehr und mehr die „höheren“ Verkehrsmittel kurze Reisezeiten, da sie längere Zugangswege durch eine erhöhte Beförderungsgeschwindigkeit kompensieren (Abb. 2). Die logische Folge daraus ist, die verschiedenen Verkehrsmittel entsprechend ihrer optimalen Rolle miteinander zu integrieren. Festzuhalten ist ausserdem, dass der MIV in jedem Falle die höchsten Betriebskosten verursacht, aber oft die kürzesten Reisezeiten bietet.

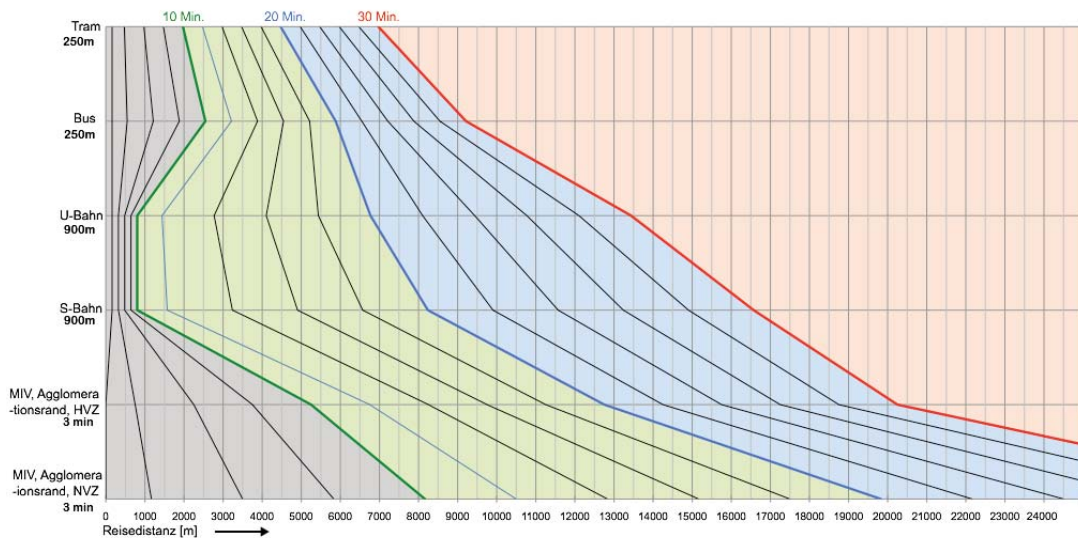


Abb. 2 Verkehrsmittelreichweiten in Abhängigkeit von der Reisezeit

### Relative Vor- und Nachteile

Anhand der Ergebnisse lassen sich die Verkehrsmittel anhand ihrer Eigenschaften relativ zu einander einordnen. Dabei zeigen sich die besonderen jeweiligen Stärken und Schwächen der Verkehrsmittel. Wie aus Abb. 3 deutlich wird, ist der Langsamverkehr vorteilhaft im Hinblick auf Ressourcenverbrauch und Erschließungsqualität während die Geschwindigkeiten sehr niedrig sind. Die Stärken des ÖV liegen in einer sehr hohen Leistungsfähigkeit und Sicherheit bei geringem Ressourcenverbrauch, allerdings sind die Reisegeschwindigkeiten begrenzt und die Erschließungsqualität niedrig. Der MIV bietet dagegen die höchsten Reisegeschwindigkeiten sowie eine gute Erschließung, allerdings bei hohem Ressourcenverbrauch und niedrigerer Sicherheit.

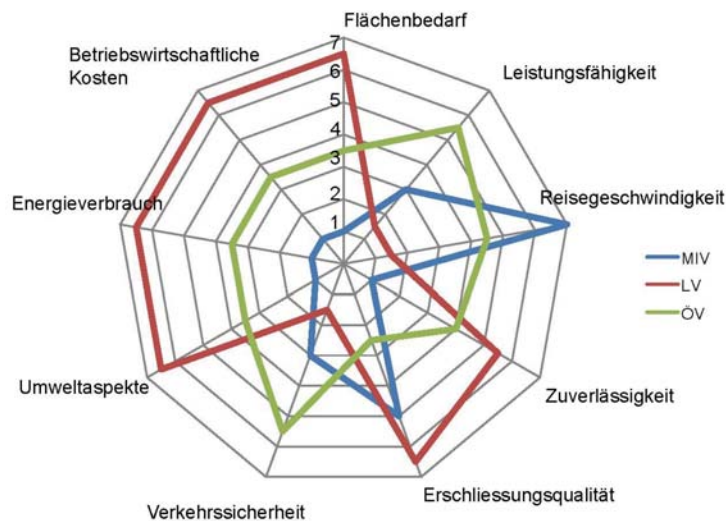


Abb. 3 Eignungsprofile der Verkehrsmittelkategorien

## Ergebnisse

### Einsatzkriterien

Aufgrund der vorliegenden Untersuchung lassen sich Mindestgrenzen für den Einsatz bestimmter Verkehrsmittel herleiten (Tabelle 2). Damit kann die Auswahl der zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel schnell auf diejenigen eingengt werden, die sich sinnvoll einsetzen lassen und damit in einem vertieften Variantenstudium zu untersuchen sind. Dabei können weitere Einsatzcharakteristika helfen, welche die Eigenschaften der Verkehrsmittel detaillierter beschreiben. Es bleibt zu beachten, dass die genannten Werte als grobe Richtwerte zu verstehen sind und nicht als harte Grenzen.

Tabelle 2 Einsatzkriterien

	Einwohner, Siedlungsdichte, min. <sup>1</sup>	Kerndichte min. [EW/ha]	Kerndichte min. [EW&Besch/ha]	virt. Radius, min. [km]	Leistungsfähigkeit P/h <sup>2</sup>
Stadtbahn	300'000	38	5'000	6.1	3'000-6'000
Autobahn: Teile eines Ringes	120'000	35	1'500	3.3	4'000-6'000
S-Bahn Hauptknoten <sup>3</sup>	95'000	25	1'250	2.4	4'500-18'000
Strassenbahn/Tram	75'000	34	4'000	2.7	2'000-5'000
S-Bahn-Anschluss	-	-	100	-	4'500-18'000
Regionalbahn	-	-	100	-	4'500-10'000
Stadtbus	-	-	100	-	1'500-3'000
Autobahn/HVS: innerstädtisch	-	20	-	1.8	4'800-7'200
Autobahn/HVS: agglomerationsintern	-	-	-	-	4'800-7'200
Autobahn: Anschluss	-	-	-	-	4'800-7'200
Velo	-	-	-	-	100-700
Fussgängerzone (2.5m – 4m Breite)	-	-	-	-	680 – 3'100

<sup>1</sup> Gesamtagnglomeration

<sup>2</sup> Annahme bei MIV 1.2 Personen pro Fahrzeug

<sup>3</sup> Zentraler Knoten eines S-Bahn Systems wie z. B. Zürich HB oder Bern. Dazu zählen nicht Umsteigepunkte.

### **Fazit**

Städtische Schienenverkehrssysteme sind nur in den grössten Agglomerationen sinnvoll, da nur hier ein Kerngebiet vorliegt, das flächenmässig gross ist und auf eine hochleistungsfähige interne Erschliessung benötigt. S-Bahn-Systeme eignen sich in einigen weiteren Fällen, wenn eine Agglomeration als Aktivitätszentrum einen Knoten bilden kann. Alle weiteren Systeme sind dagegen skalierbarer und somit flexibel in verschiedenen Fällen einsetzbar. Die Erkenntnisse bestätigen Erfahrungswerte.

### **Weiterer Forschungsbedarf**

Aufgrund der vorliegenden Arbeit hat sich weiterer Forschungsbedarf in einer Reihe Gebieten gezeigt. Dies umfasst Überlegungen zu volkswirtschaftlichen Optima um Lösungen weiter zu prüfen. Es zeigen sich weitere Potentiale im Hinblick auf Planung und Nutzungsverhalten der Verkehrsmittel. Dies gilt insbesondere für Zugangsdistancen zu Haltestellen, die Wirkung von begleitenden Massnahmen wie der Parkplatzpolitik sowie die Funktionsweise und Nutzung von Fussgängerbereichen in Kleinagglomerationen. Im Hinblick auf die Betriebsqualität des ÖV sind weitere Untersuchungen zu Auswirkungen von Störungen sowie auch Sicherheitsfragen weiter zu erörtern. Dies umfasst neben Untersuchungen zu Unfallgeschehen auch eine Befassung mit den Auswirkungen von Vandalismus im MIV und ÖV.

# Résumé

## Introduction et questions soulevées

### Fondement

La maîtrise de l'espace représente le goulot d'étranglement le plus important dans les échanges entre les zones habitées. On considère les villes en croissance constante depuis le 19<sup>ème</sup> siècle ainsi que les agglomérations ultérieures et actuelles, en raison de leurs avantages en termes d'efficacité, comme une condition préalable d'une amélioration de dessertes performantes par les transports.

Ainsi, le développement des villes et des agglomérations est un processus continu se déroulant de manière synchronisée avec celui des systèmes de transport. Au cours des dernières décennies, différents concepts de dessertes par les transports ont été développés, certains s'étant confirmés tandis que d'autres n'étaient pas applicables.

Après avoir suivi pendant longtemps un développement équilibré sur tout le territoire national, la politique suisse en matière d'infrastructures a récemment reconnu que la Confédération devait renforcer son engagement dans les agglomérations. La situation actuelle, dans le contexte de nombreux projets de transports dans les agglomérations, donne l'occasion d'étudier en détails la structure du système des transports dans les agglomérations avant de créer de nouvelles contraintes induites par de nombreuses décisions individuelles.

### Questions

La situation initiale décrite pose de nombreuses questions auxquelles ce travail souhaite répondre :

- 1 Quels critères et caractéristiques d'utilisation des moyens de transport peut-on définir ?
- 2 Quels sont les facteurs de réussite d'une utilisation appropriée et de l'interaction au sein de et entre les différents moyens de transport ?
- 3 Quelles fonctions les systèmes de transport doivent-ils remplir et dans quels types d'agglomération ?
- 4 Où se situent les valeurs-seuils relatives à la demande et à la structure de la demande pour l'utilisation des différents moyens de transport ?
- 5 D'un point de vue technique et économique, quels sont les domaines d'application pertinents des différents moyens de transport dans les agglomérations ?

### Méthode de l'étude

#### Hypothèse de travail

L'étude se base sur le postulat selon lequel l'état actuel de l'emploi des moyens de transport dans les agglomérations suisses résulte d'un processus long et évolutif. Ainsi, les utilisations non pratiques des moyens de transport échouent et donc n'existent plus, tandis que des concepts parti-

culièrement pertinents ont été mis en œuvre dans de nombreux cas. Bien entendu, cette considération représente certes un instantané, mais témoigne aussi de la situation actuelle et décrit les possibilités existantes dans une période prévisible.

### **Méthode**

En partant de l'hypothèse de travail, on étudie en détail l'état actuel de l'emploi des moyens de transport dans les agglomérations suisses. Parallèlement, on analyse ces agglomérations au niveau de leurs caractéristiques structurelles qui influencent considérablement les possibilités d'utilisation des moyens de transport. À cette occasion, 50 agglomérations et 5 villes isolées sont intégrées dans l'étude conformément à la définition de l'Office fédéral de la statistique suisse (OFS).

Lors de l'étude de l'emploi actuel des moyens de transport, on recense d'abord pour plusieurs moyens de transports les agglomérations dans lesquels ils sont utilisés :

- Chemin de fer express (RER) propre: une agglomération est-elle le centre de son propre système de chemin de fer express ou bien dispose-t-elle de nœuds centraux pour le RER ?
- Intégration dans un système de RER: une agglomération est-elle intégrée par au moins deux arrêts dans le système de RER d'une autre agglomération ?
- Train régional: une agglomération dispose-t-elle d'arrêts de train régional ? Ici, on définit un train régional comme une offre inférieure au RER au niveau de la fréquence et de la capacité d'accueil de voyageurs.
- Métro: ce critère est introduit principalement à cause de son universalité. Cependant, il existe en Suisse un seul système de métro qui représente plutôt un cas particulier.
- Tramway en site propre: il est techniquement semblable à un système de tramway. On trouve dans le cas d'un chemin de fer urbain un pourcentage élevé de tracé propre, et en partie aussi une protection technique des trains.
- Tramways: contrairement aux trams en site propre, on ne trouve ici aucune voie séparée ou seulement dans peu de cas.
- Bus de ville: il s'agit d'un réseau de bus interne à l'agglomération qui propose une durée normale de transport à un rythme minimum de 15 minutes, et qui utilise des véhicules de la taille d'un bus standard (12m), ou d'une taille supérieure.
- Parties d'un périphérique intérieur: ce critère et les trois critères suivants intègrent les routes à grand débit dont l'état de développement est similaire à celui d'une autoroute.
- Autoroute urbaine: une bretelle d'accès à l'autoroute à l'intérieur d'une zone métropolitaine.
- Autoroute de liaison à l'intérieur d'une agglomération
- Bretelle d'accès à l'autoroute à l'intérieur d'une agglomération
- Station-vélos: la présence de pistes cyclables dans toutes les agglomérations est une condition préalable. Ici, on étudie aussi s'il existe des

stations-vélos dans les gares, ce qui est une mesure de l'intégration multimodale.

- Zone piétonnière: la présence d'une zone piétonnière dans la ville-pôle d'une agglomération.

En outre, on recense les paramètres suivants au niveau de toute l'agglomération et l'on étudie leur rapport avec l'emploi des moyens de transport :

- Nombre d'habitants d'une agglomération
- Densité de population d'une agglomération
- Rayon virtuel d'une agglomération: le rayon virtuel est défini comme le rayon d'un cercle imaginaire ayant le même contenu de surface que l'agglomération. Cette dimension doit permettre de faire un bilan des distances des navettes des banlieusards
- Type structurel ou « forme » d'une agglomération: on définit 5 types principaux correspondant à une agglomération.

Densité d'utilisation des pôles : le nombre d'emplois et d'habitants par hectare, relevé sur une base d'hectare. Dans cette perspective, les pôles des agglomérations résultent du rassemblement d'hectares utilisés de manière particulièrement intensive.

En conséquence, on parvient à une compilation des propriétés pertinentes des moyens de transport. Elle se divise en paramètres de performance et répercussions.

Ces connaissances sont regroupées et l'on en déduit des valeurs indicatives concernant les critères. Ces valeurs indicatives permettent de tirer des conclusions sur les moyens de transport à utiliser de manière pertinente dans une agglomération. À cette occasion, il faut veiller à ce que ceux-ci soient compris comme des valeurs indicatives par nature approximatives et ne sont pas censés être adaptés à une planification détaillée. Cependant, ils permettent de catégoriser rapidement une agglomération étudiée.

## **Etat des lieux : les agglomérations suisses et l'utilisation de leurs moyens de transport**

### **Vue d'ensemble des agglomérations suisses**

Les agglomérations suisses ont un nombre d'habitants situé entre 10 000 et 1 080 000. Pour les agglomérations transfrontalières telles que Bâle et Genève, on n'étudie que la partie suisse car l'on dispose de données pour d'autres critères. Néanmoins, si l'on intègre les données disponibles à celles de la partie allemande ou française, les ordres de grandeur et les séquences demeurent inchangés. En raison de bonds significatifs entre les groupes d'agglomérations, on a défini quatre catégories de taille. Les plus grandes agglomérations ont tendance à être véritablement des structures présentant des corridors clairement marqués. Ceux-ci coïncident avec les lignes d'un transport public hautement performant. Ici, se pose la question de l'œuf et de la poule, à savoir si l'aménagement du territoire a suivi les corridors ferroviaires, ou l'inverse. Cependant, on constate que si

l'un des deux est présent, l'autre peut suivre logiquement.

## L'utilisation des moyens de transport en Suisse de nos jours

Les résultats de l'étude sur la présence des différents moyens de transport sont également réunis dans Figure 1.

Modes définissant la catégorie							Autres modes de transport							Nbre d'habitants de...à (en milliers)	Nbre d'agglomérations
Train régional	Autoroute urbaine	Zone piétonnière dans la ville-pôle	Autoroute à l'intérieur d'une agglomération	Bus de ville	RER	Tramway	intégré dans un système du RER	Tramway en site propre	partie d'un périmètre intérieur	au moins 1 bretelle d'accès à l'autoroute	Station-vélos	Métro			
A	t	A	A	A	A	A	A	t	t	A	t	t	<b>Cat. 1</b>	250 - 1'080	5
A	A	A	A	A	A	0	A	0	0	A	A	0	<b>Cat. 2</b>	115 - 249	4
A	t	A	A	A	t	t	t	0	t	A	t	0	<b>Cat. 3</b>	60 - 114	13
A	t	A	A	t	0	0	A	0	0	A	t	0	<b>Cat. 4</b>	55 - 60	1
A	t	A	t	t	t	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 5</b>	45 - 54	7
A	t	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 6</b>	27 - 44	9
A	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 7</b>	20 - 26	10
t	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 8</b>	10 - 19	6

A	Mode de transport existant dans toutes les agglomérations
t	Mode de transport partiellement existant
0	Mode de transport inexistant

Figure 1 Classes, moyens de transports et caractéristiques des agglomérations.

On différencie d'abord les moyens de transport « définissant la catégorie » et les autres. Ici, les systèmes de transport définissant la catégorie sont ceux permettant de classer les agglomérations. Ceci produit huit catégories en cohérence, à quatre exceptions près, avec les classes de taille définies selon la dimension de l'agglomération, et qui sous-divisent celles-ci. Les quatre agglomérations faisant exception sont situées légèrement au-dessus des valeurs-limites respectives ce qui ne fait que souligner que celles-ci ne sont que des éléments d'appréciation et non des limites définitives.

Qui plus est, l'approche des densités d'utilisation des pôles démontre que les systèmes urbains de transport ferroviaire (tram, chemin de fer urbain et RER) ne conviennent qu'aux plus grandes agglomérations et aux plus peuplées, qui disposent en outre, dans le cas du RER, d'une banlieue dotée de territoires densément peuplés.

### Utilisation des systèmes de transport

Au niveau de chaque agglomération globale, on relève aussi des indicateurs de l'utilisation du système de transports tout entier ainsi que les différents moyens de transport et leurs répercussions négatives. Concernant l'utilisation des moyens de transport, il faut constater que l'augmentation de la taille d'une agglomération accroît la proportion d'utilisateurs des moyens de transport publics et des piétons. Il n'est donc pas surprenant que ce soit dans les plus grandes agglomérations que l'on trouve aussi les valeurs de pollution environnementale les plus élevées. Ceci souligne que le choix des moyens de transport à utiliser doit tenir

compte non seulement de leur capacité élevée mais aussi de répercussions environnementales les plus faibles possibles, particulièrement dans les plus grandes agglomérations.

## Caractéristiques des différents moyens de transport

### Paramètres de performance

L'examen des paramètres de performance comprend de nombreuses caractéristiques des moyens de transport qui déterminent les domaines d'utilisation et les contraintes :

- Capacité: moyenne de voyageurs par unité de temps.
- Interstation: distances et durées d'accès.
- Vitesse du parcours: arrêts compris.
- Qualité de la desserte: on retient ici la facilité avec laquelle des destinations distinctes sont accessibles. Cette évaluation est qualitative et dépend, comme les critères suivants, de décisions propres aux entreprises.
- Fiabilité: les différentes technologies et mode d'exploitation de moyen de transport ont pour conséquent des valeurs de fiabilité distincts. P. ex. les systèmes de RER ont une ponctualité élevée à cause de l'indépendance de la voie du TIM.
- Disponibilité temporelle: toutes les offres ne sont pas disponibles 24h/24, et pour les transports publics précisément, ceci entraîne une dégradation de la disponibilité dans les plages mobiles.
- Disponibilité spatiale: dans les transports publics, il est impossible de couvrir à 100% un territoire, les zones de desserte raisonnablement accessibles diffèrent selon les moyens de transport.
- Les résultats de cette étude sont présentés à la Tableau 1. On peut y voir que les transports publics (TP) liés au rail présentent d'une part les performances les plus élevées, d'autre part, que l'accès y est le plus complexe. Le transport individuel motorisé (TIM) propose en cas de bonne desserte et de performance moyenne, une vitesse de parcours très élevée tandis que la mobilité douce (MD), à savoir les piétons (Pt) et les cyclistes, propose la meilleure desserte mais aussi les vitesses de parcours les plus faibles.

Tableau 1 Composition des paramètres de performance

	Pt	Vélo	Bus	Tram	RER	Métro	TIM	Téléphériques
<b>Performance [P/h], orientée sur le confort</b>	700 - 3'500	100 - 700	1'500 - 3'000	2'000 - 5'000	4'500 - 18'000	3'000 - 10'000	4'000 - 6'000	2'800-8'000
<b>Interstation [m]</b>	-	-	300 - 700	300 - 700	2'000- 3'500	500 - 1'500	-	100-5'000
<b>Ø Vitesse du parcours [km/h]</b>	5	20	20	20	40-50	30	30-60	20-50
<b>Qualité de la desserte</b>	Très haute	Très haute	Haute	Moyenne	Moy. faible	Moy. faible	Haute	Médiocre
<b>Fiabilité</b>	Moy	Moy	Moy. faible	Moy. faible	Haute	Haute	Faible	Haute
<b>Disponibilité temporelle</b>	Très haute	Très haute	Moy. haute	Moy. haute	Moyenne	Moyenne	Très haute	Moy. haute
<b>Disponibilité spatiale</b>	Très haute	Très haute	Très haute	Haute	Moyenne	Moyenne	Très haute	Faible

## Répercussions

L'utilisation d'un moyen de transport particulier est associée obligatoirement à l'utilisation de ressources et à des répercussions sur la société et l'environnement. Ceci vaut aussi, bien que dans une mesure fortement limitée, pour la mobilité douce :

- **Sécurité du transport:** avec un taux d'accident au kilomètre par personne qui correspond au centième des TIM, les transports publics sont bien plus sûrs que les transports individuels motorisés. Rapportés au nombre d'accidents et de blessures corporelles, les transports publics proposent un niveau de sécurité supérieur à celui de la mobilité douce.
- **Occupation des sols:** le TIM a la consommation de surfaces la plus élevée par prestation de trafic, tandis que la mobilité douce présente les valeurs les plus basses. Les TIM, le bus et le tramway se déplaçant dans la même zone de trafic, des économies de places y sont possibles, mais aux dépends de la performance.
- **Qualité de vie dans l'espace public:** les systèmes de transport influent de nombreuses façons sur le développement urbain. Les prix des terrains, l'armature urbaine et l'aménagement du territoire en sont particulièrement impactés. Ici, on attribue au RER une contribution essentielle à la concentration intérieure d'aires proches des stations. Simultanément, les prix des terrains sur des sites bien desservis, particulièrement autour des gares ferroviaires, sont plus élevés qu'en banlieue. En outre, on constate qu'il y a moins de propriétaires d'automobiles et que les revenus sont plus élevés dans les corridors ferroviaires.
- **Emissions et consommation énergétique:** le trafic génère des quantités significatives de polluants. On ne peut les éviter, mais elles fluctuent fortement entre les différents moyens de transport. Le trafic routier en particulier est très polluant. En raison des taux d'occupation qui y sont généralement très faibles, ceci entraîne dans le TIM des pollutions ou des valeurs de consommation individuelles très élevées.

**Dépenses en termes de transport:** ici, on ne tient pas compte des frais d'investissement de manière comparative car ceux-ci dépendent fortement des conditions locales et sont donc soumis à d'importantes fluctuations. Ainsi, les valeurs moyennes sont également peu utiles. Les frais

opérationnels de la mobilité douce sont quasiment inexistants tandis qu'ils sont très élevés pour les TIM et particulièrement les transports publics. En raison du kilométrage parcouru et de l'occupation des véhicules élevés, les transports publics sont cependant bien plus avantageux en termes de prestation de transport.

- **Vandalisme:** le recensement des délits dépend fortement de la structure de l'entreprise. En conséquence, il existe peu de valeurs comparables et il faut partir de l'hypothèse d'un chiffre noir élevé. Cependant, il est clair que ceci entraîne des coûts considérables dans les transports publics.

Il est évident que les transports publics utilisent plus efficacement que le transport individuel motorisé les ressources disponibles, en raison de leur caractère collectif. Mais, en raison des coûts fixes élevés et des tailles des réservoirs, les transports publics ne conviennent pas à toutes les utilisations. La mobilité douce représente sous de nombreux aspects le moyen de transport le plus économe en ressources et le plus écologique mais par sa nature, est limité dans son application par sa couverture restreinte.

## Profils d'utilisation

### **Hiérarchie et domaines d'utilisation des moyens de transport**

Les paramètres de performance et les répercussions montrent clairement que les domaines d'utilisation économiquement pertinents des moyens de transport public sont fortement échelonnés. On peut de manière simplifiée regrouper les moyens de transport public dans l'ordre bus, tram, RER, et où il existe pour chaque moyen de transport un secteur dans lequel son utilisation est optimale.

Cette hiérarchie est aussi représentée lorsque l'on considère la couverture en fonction des temps de parcours. Ainsi les parcours avec les moyens de transport « mineurs » offrent sur de courtes distances les temps de parcours les plus faibles. Sur des distances plus longues, par contre, les moyens de transport « majeurs » offrent les temps de parcours les plus courts (Figure 2). La suite logique étant qu'il faut intégrer les différents moyens de transport en fonction de leur rôle optimal. De plus, il faut noter à cet égard que le TIM génère dans tous les cas les coûts d'exploitation les plus élevés mais aussi, souvent, les temps de parcours les plus courts.

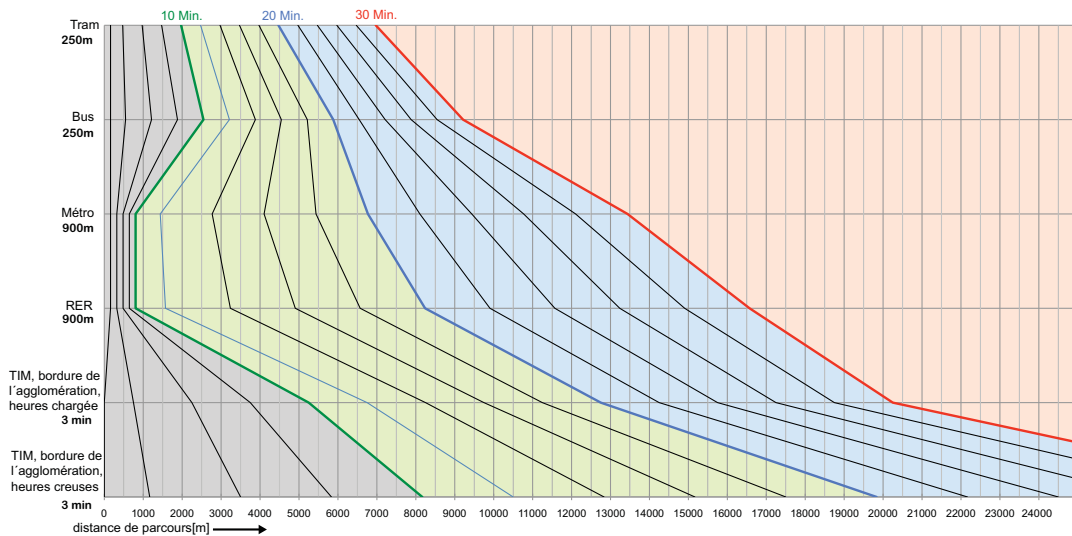


Figure 2 Couverture des moyens de transport en fonction du temps de parcours

**Avantages et désavantages relatifs**

Les résultats permettent de classer les moyens de transport à l’aide de leurs caractéristiques. Ceci révèle leurs forces et leurs faiblesses distinctives. Comme le montre clairement la Figure 3, la mobilité douce est avantageuse en terme de consommation de ressources et de qualité de la desserte tandis que ses vitesses sont très faibles. Les forces des transports publics résident dans une performance très élevée et une sécurité alliées à une consommation de ressources moindre, néanmoins les vitesses de parcours sont limitées et la qualité des dessertes est faible. Par contre, le TIM propose les vitesses de parcours les plus élevées ainsi qu’une bonne desserte, associées néanmoins à une consommation de ressources élevée et une sécurité moindre.

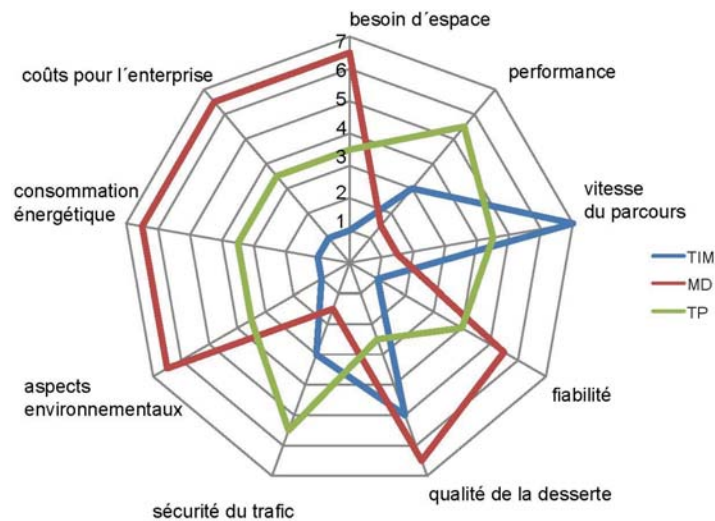


Figure 3 Profils d’aptitude des catégories de moyens de transport

## Résultats

### Critères d'utilisation

La présente étude permet de déduire des valeurs minimales pour l'utilisation de moyens de transports précis (Tableau 2). Ainsi, les moyens de transport envisageables peuvent être rapidement limités à ceux qui doivent être étudiés raisonnablement et ce dans une étude approfondie des variantes. D'autres caractéristiques d'utilisation décrivant en détails les propriétés des moyens de transport peuvent être utiles dans ce contexte. Mais il ne faut pas oublier que les valeurs indiquées doivent être comprises comme étant des valeurs indicatives approximatives.

Tableau 2 Critères d'utilisation

	Habitants, min. <sup>1</sup>	Densité de pop min. [hab/ha]	Densité du pôle min. [hab&occ/ha]	rayon virt. min. [km]	Performance p/h <sup>2</sup>	
Tramway en site propre	300'000	38		5'000	6.1	3'000-6'000
Autoroute : partie d'un périphérique	12'000	35		1'500	3.3	4'000-6'000
nœuds du RER <sup>3</sup>	95'000	25		1'250	2.4	4'500-18'000
Tramway	75'000	34		4'000	2.7	2'000-5'000
Accès du RER	-	-		100	-	4'500-18'000
Train régional :	-	-		100	-	4'500-10'000
Bus de ville :	-	-		100	-	1'500-3'000
Autoroute/RP: intra-urbaine	-	20	-		1.8	4'800-7'200
Autoroute/RP: interne à l'agglomération	-	-	-		-	4'800-7'200
Autoroute : bretelle d'accès	-	-	-		-	4'800-7'200
Vélo	-	-	-		-	100-700
Zone piétonnière (largeur 2,5m - 4m )	-	-	-		-	680 – 3'100

<sup>1</sup> Agglomération globale

<sup>2</sup> Hypothèse pour un TIM de 1,2 personnes par véhicule

<sup>3</sup> Nœud central d'un RER, p. ex. Zurich centrale ou Berne. Les gares de correspondance ne sont pas incluses

### Résumé

Les systèmes de transport ferroviaire urbain ne sont pertinents que dans les plus grandes agglomérations car c'est là que l'on trouve les territoires les plus grands et les plus denses nécessitant une desserte interne hautement performante. Les systèmes de RER sont adaptés dans quelques autres cas, si une agglomération peut créer un nœud qui sera un centre d'activité. Par contre, tous les autres systèmes sont adaptables et donc utilisables de façon flexible dans de nombreux cas.

### Nécessité d'une recherche complémentaire

Le présent travail a révélé un besoin en recherche complémentaire dans plusieurs domaines. Ceci contient des réflexions à l'optimum économique pour tester des solutions. Des potentiels en recherche complémentaire dans le domaine de planification et d'utilisation de moyen de transport, notamment en terme de distance d'accès aux haltes, l'impact de mesures d'accompagnement comme la politique de stationnement ainsi que l'utilisation des zones piéton dans les agglomérations moyennes. En vu de qualité d'exploitation des transports publics des recherches complémentaires sont nécessaire concernant les effets de perturbations. Dans le cadre d'exploitation des transports publics, les questions de sécurité se posent. Ceci englobe recherches concernant des accidents, le vandalisme dans les transports publics et les TIM et leurs effets.

## Summary

### Introduction and research goal

#### Motivation

In the interaction between settlements, covering the spatial distance has always been one of the defining bottlenecks. While cities have been developing since the 19<sup>th</sup> century, due to the advantages in efficiency they offer, adequate transportation remains a core issue in sustaining cities and agglomerations.

Consequently, the development of cities and agglomerations is a constant and dynamic process that takes place in close interaction with the development of their transportation systems. During the course of these developments, a number of concepts and technologies were introduced, of which some have become an established part of the transportation systems while others have not.

Parallel to this, infrastructure policy in Switzerland has for a long time been focused on a nationally even development. However, recently it has been recognized that more focused attention needs to be paid to the agglomerations. This has led to a number of projects to improve agglomeration transportation systems. This provides an opportunity to fundamentally reevaluate transport in the agglomerations before new situations are literally cemented for the next decades.

#### Research questions

The situation depicted above leads to a number of questions that shall be answered during the course of this work:

1. Which criteria for deployment and properties of the modes of transport are there that can be determined?
2. What are the requirements and contributing factors for sensible deployment and integration of the different modes of transport?
3. What functions are the transportation systems in agglomerations required to fulfill?
4. What are critical levels of demand and demand structure for the different modes of transport?
5. Where are sensible areas of deployment for the different modes of transport with respect to technical and economical aspects?

#### Research approach

##### Underlying hypothesis

For the analysis and research during the course of this study, it is assumed that the current state of transportation systems and deployment of transportation modes in Switzerland is the results of an evolutionary process. Therefore concepts that are not viable would not be present while those that are very advantageous can be found in many instances. It is

recognized that this perspective is a momentary one. However, this means that this view provides a precise picture of the current situation and described the courses of action applicable within the planning horizons.

### **Methodology**

Working on the hypothesis stated, the first step is to create an inventory of transport mode deployment in Swiss agglomerations. Parallely, an analysis of these agglomerations and their properties is undertaken. In this analysis, 50 agglomerations as defined by the Swiss Federal Statistics Office (FSO) are included.

During the course of inventorizing transport mode deployment, for these modes or their application type, respectively, it is gathered whether they are in service in a given agglomeration or not.

- commuter railway: Is there a commuter railway hub in an agglomeration?
- commuter railway station: Is the agglomeration part of another agglomerations commuter railways system?
- regional railway: Is there a regional railway stop within the agglomeration? Regional railway is defined as railway service that is below commuter railway in terms of both service frequency and capacity.
- subway: This criterion is included mainly for the sake of completeness as there is only one subway system in Switzerland and that one is a rather special application case.
- light rail transit (LRT): Technically similar to a streetcar system, LRT is defined by a large degree of right-of-way separation.
- streetcar: Conventional streetcar service with no or only a little separate right of way
- city bus: A bus system in the agglomeration that is operated in at last 15-Minute intervals during peak times and with vehicles that are standard size buses (12m) or larger.
- partial freeway rings: This criterion, as well as the next three, includes high capacity roads that are built to a level similar to that of freeways.
- downtown freeway link: freeway access within the agglomeration core areas
- freeway link within the agglomeration
- freeway access in the agglomeration
- bike station: It is presumed that bike paths are present all agglomerations. Here, bike stations at railway stations are looked at, as they can be understood as an indicator for the level of multimodal integration.
- pedestrian only zones: The presence of pedestrian zones within an agglomerations core city.

For the analysis of the agglomerations, five properties are investigated and their relationship with the transportation modes deployed is studied. The five properties are:

- population size of an agglomeration

- settlement density of an agglomeration: This density considers only the areas in settlement use, i.e., built up areas, space consumed by transportation infrastructure or recreational areas.
- virtual radius of an agglomeration: The virtual radius is defined as the radius of a hypothetical circular area of the same area size as the agglomeration. This measure shall serve as an indicator for commuting distances.
- structure or “shape”: five basic shapes types are defined that agglomerations can be laid out like.
- core density: The number of jobs and population per hectare, based on data that is on per hectare level. With this approach core areas can be identified not by zoning or governmental definition but by actual usage.

Furthermore, key characteristics of the modes of transportation in terms of their capacity and impacts are put together.

The findings from these analyses are then combined and critical values for the criteria are developed. These critical values allow for a determination if a given mode of transport is suitable for a given agglomeration. At this point, it has to be considered that by their nature the criteria are guidelines and not precise differentiators that would be applicable in detailed planning. However, they are useful for quick initial assessments.

## **Swiss agglomerations and their transportation systems**

### **Overview of the Swiss agglomerations**

The population size of the Swiss agglomerations ranges from 10,000 to 1,080,000. During the course of this analysis, the parts of the Basle and Geneva agglomerations that lie in Germany or France, respectively, are not considered due to a lack of data for a number of criteria for the analysis. If they were considered however, the relative sizes and orders of the agglomerations remains unchanged. Looking at the population sizes, there are noticeable gaps prompting a classification into four classes defined by population size. Furthermore, agglomerations that are larger tend to be laid out according to shape types that have clearly defined corridors of high density that coincide with high capacity public transit corridors.

### **Current state of transportation mode deployment**

Figure 1 summarizes the findings from the analysis of mode availability and shows the classification. Furthermore, it displays the categorization of modes of transport into “categorizing” modes and others. Categorizing are those modes that allow for the categorization of agglomerations. This leads to eight categories that are, with four exceptions, consistent with the classes defined by population size. The four agglomerations that do not fit into this scheme lie only slightly below or above the according critical values which merely underlines the nature of the guidelines as semi-hard indicators. Furthermore, it can be seen that urban rail modes (Tramway, LRT and commuter rail) are only suitable for the largest and densest agglomerations that, in the case of commuter rail, are surrounded by sufficiently densely populated areas.

categorizing modes													other modes		
regional railway	downtown freeway link	pedestrian only zones	freeway link within agglomeration	city bus	commuter rail hub	tramway	commuter rail station	LRT	partial freeway ring	freeway access	bike station	subway	category	population size (in thousands)	# agglomeration in cat.
A	t	A	A	A	A	A	A	t	t	A	t	t	<b>Cat. 1</b>	250 - 1'080	5
A	A	A	A	A	A	0	A	0	0	A	A	0	<b>Cat. 2</b>	115 - 249	4
A	t	A	A	A	t	t	t	0	t	A	t	0	<b>Cat. 3</b>	60 - 114	13
A	t	A	A	t	0	0	A	0	0	A	t	0	<b>Cat. 4</b>	55 - 60	1
A	t	A	t	t	t	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 5</b>	45 - 54	7
A	t	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 6</b>	27 - 44	9
A	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 7</b>	20 - 26	10
t	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 8</b>	10 - 19	6

A mode of transport is present in all agglomerations with population equal or larger  
t mode of transport is present in some agglomerations with population equal or larger  
0 mode of transport is not present in agglomerations with population equal or smaller

Figure 1 agglomeration classes, properties and modes of transport

## Transportation system usage and effects

Data on the usage of the transportation systems in the agglomerations is gathered both for the entire transportation system and for individual modes of transport. It is found that generally, the higher the agglomeration, the higher the share of users of public transit (PT) and non-motorized transport (NMT). Furthermore, data is collected on the negative impacts that those modes of transportation may cause. Not surprisingly, the highest levels of pollution are found in the largest agglomerations. Consequently, especially in the larger agglomerations not only capacity is of increased importance but also the need to minimize pollution.

## Transport mode characteristics

### Performance and capacity

For this analysis, a number of key performance characteristics are investigated:

- capacity: The number of passenger per time unit.
- stop spacing: This is used to get access distance and time.
- trip speed: Speed of the PT service, considering stops.
- quality of access and availability: Accessibility of individual destinations. This, as well as the following characteristics, is determined by operational decisions that reflect sensible missions for the transport modes and is considered qualitatively
- reliability: This can be measured e.g. as on-time performance. The different modes of transportation have different reliability characteristics that can, for example, result from different degrees of right-of-way separation.

**temporal availability:** Not all transport modes are available at all times. Especially public transit services are oftentimes limited during e.g. night times.

- **Spatial availability:** The spatial availability differs greatly between the different modes of transport. Especially with PT, it is not viable to provide a 100% coverage of a service area.

Table 1 summarizes the results of this analysis. The highest capacity can be achieved with rail-based transit modes, however these are also the modes with the most access barriers (mainly distance). Motorized individual transport (MIT) on the other hand, allows for the a good accessibility, average capacity and very high trip speeds while NMT modes feature the best accessibility and availability, but also the lowest speeds.

*Table 1: summary of transport mode performance*

	ped.	bike	bus	tram	comm. rail	subway	MIT	cable cars
<b>capacity [Pers./h], comfort-oriented density</b>	700 - 3'500	100 - 700	1'500 - 3'000	2'000 - 5'000	4'500 - 18'000	3'000 - 10'000	4'000 - 6'000	2'800-8'000
<b>stop spacing [m]</b>	-	-	300 - 700	300 - 700	2'000- 3'500	500 - 1'500	-	100-5'000
<b>Ø trip speed [km/h]</b>	5	20	20	20	40-50	30	30-60	20-50
<b>quality of access</b>	Very high	Very high	high	medium	low - medium	low - medium	high	Tief
<b>reliability</b>	medium	medium	low - medium	low - medium	high	high	low	high
<b>temporal availability</b>	Very high	Very high	medium - high	medium - high	medium	medium	Very high	medium - high
<b>spatial availability</b>	Very high	Very high	Very high	high	medium	medium	Very high	low

## Impacts

No mode of transportation can be operated without any consumption of resources and any impact on people and environment. This applies even to non-motorized transport, granted however, to a much lesser extent. A number of key impacts is studied and following results were found:

- **Safety:** Public transit features the lowest per person-kilometer accident rate, being at one hundredth of that of motorized individual transport. Considering the number of accidents as well as the number of injuries, PT is also safer than NMT.
- **Use of space:** MIT has the highest specific space consumption relative passenger-kilometers while the lowest values are found for non-motorized transport modes. As bus, streetcar and MIT may share the same right of way, synergies leading to more efficient use of space are possible, however at a loss in capacity.
- **Quality of life:** Transportation systems have a wide variety of impacts on the development of settlements and quality of life issues. In the long term, especially land prices, settlement structure and land use are influenced. It is suggested that especially commuter rail can lead to increasing densities of areas surrounding stations, as well as higher land prices. Furthermore, it has been found that automobile ownership is lower and income tends to be higher in rail transit corridors.

- Emissions and energy consumption: Transportation is responsible for a large share of pollutant emissions. While they cannot be eliminated altogether, there are great differences between the different modes of transport. Especially road traffic is unfavorable in this aspect, which is exacerbated by low vehicle occupancy resulting in high per capita pollution and energy consumption.
- Costs: Investment costs are not considered, as they are highly dependent on local factors and political decisions and thus can vary widely. Operating or usage costs are almost non-existent for NMT but high for MIT and especially PT. Considering the high occupancy and utilization per vehicle however, public transit is far less costly.
- Vandalism: The recording practice regarding acts of vandalism are highly dependent on a given companies culture. Therefore, there are no comparable data available, however, a high number of unreported incidents can be assumed and cost are significant

## **Application characteristics**

### **Hierarchy of transportation modes**

Looking at the performance and impact data of the different modes of transportation, it becomes quite obvious that for every group of transportation modes there is a reasonable area of application and these areas of application are well differentiated. Especially the modes of public transit can grouped into bus, light rail and commuter rail with every group having its specific area of optimal performance.

This hierarchy can be seen well when looking at the distance that can be traveled by each mode in a given amount of time: “Low” level modes will offer the shortest travel times for short trips as there is little or no time spent on access while with increasing distance, the “higher” modes will offer better travel times, as is shown in Figure 2. Consequently, the different modes should be combined according to their optimal role. Aside from this, motorized individual transport will offer the shortest travel times in almost every case, however at the highest cost of operation.

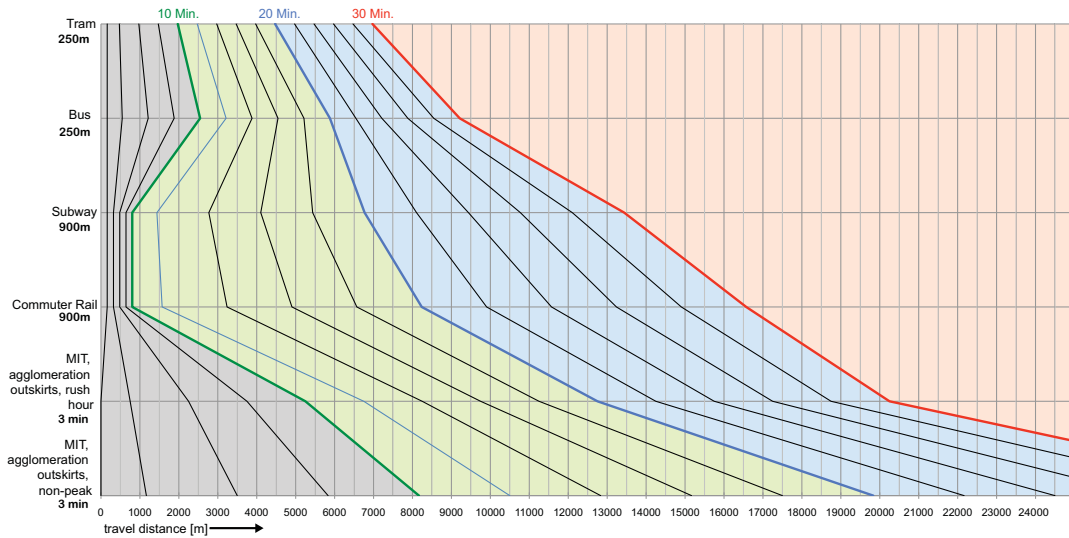


Figure 2 Travel time and distance covered

**Characteristics of transport modes in comparison**

The properties of the modes of transport relative to each other can be summarized to the respective advantages and disadvantages as shown in Figure 3. Non-motorized transport is most favorable with respect to emissions and resource consumption, however offers only very low speeds. At higher speeds, public transit delivers the greatest capacity and safety with a still reasonable consumption of resources, however the accessibility is the lowest. Motorized individual transport allows for the highest speeds and good access but at the lowest level of safety and the highest cost.

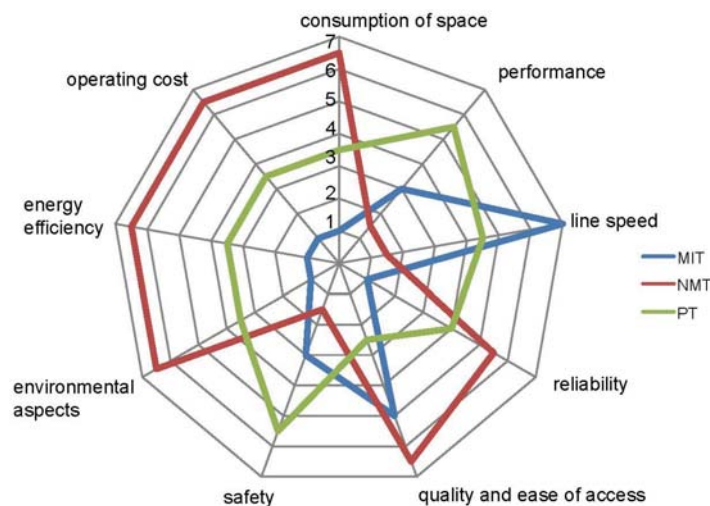


Figure 3 Transportation mode characteristics in comparison

## Results

### Criteria for application

Based on the work conducted, criteria for the deployment of the modes of transport are developed (Table 2). Using these guideline values, the set of reasonably applicable modes of transport can be identified quickly for further and more in-depth analysis. For some modes, values are not found for all criteria. This applies especially to the lower capacity modes, which require less investment and therefore are suitable for a wide range of applications on the low end. The reader shall note that the values are not hard minima but guidelines.

*Table 2 Criteria for application*

	population, min. <sup>1</sup>	pop. density. [prs/ha]	Core density [prs&jobs/ha]	virt.radius, min. [km]	Capacity P/h <sup>2</sup>	
LRT	300'000	38		5'000	6.1	3'000-6'000
partial freeway ring	12'000	35		1'500	3.3	4'000-6'000
commuter rail hub <sup>3</sup>	95'000	25		1'250	2.4	4'500-18'000
streetcar	75'000	34		4'000	2.7	2'000-5'000
commuter rail station	-	-		100	-	4'500-18'000
regional rail	-	-		100	-	4'500-10'000
city bus	-	-		100	-	1'500-3'000
freeway within core area	-	20	-	1.8		4'800-7'200
freeway within agglomeration	-	-	-	-		4'800-7'200
freeway access	-	-	-	-		4'800-7'200
bike	-	-	-	-		100-700
pedestrian areas	-	-	-	-		680 – 3'100

<sup>1</sup> population of the whole agglomeration

<sup>2</sup> for motorized individual transport, a vehicle occupancy of 1.2 persons per vehicle is assumed.

<sup>3</sup> hub station linking major lines and providing direct access to a main activity center. Transfer stations are not hubs in this context

### Summary

Urban rail systems can be sensibly deployed only the largest agglomerations as only there, high density areas of a size large enough to require high capacity internal transport can be found. Commuter rail systems are applicable in a wider range of situations, where an agglomeration is an attraction center important enough to support a rail hub and has a surrounding area of moderate density. The further modes of transportation are more variably scalable and can thus be applied in wider variety of lower volume transport cases.

### Fields for further research

During the course of this work, a number of issues has been identified where further research is warranted. This includes economic consideration of measures. Furthermore, research on planning und use of transportation mode, namely access distances of transit stops, influences of supporting measures such as parking policy and the use and function of small agglomeration pedestrian areas can add many insights. In the field of transit operations, further studies of the impact of irregularities on operations are promising. Furthermore, safety and security issues in transit should be studied. Collision incidents deserve special attention, as does vandalism and its effects.

# 1 Anlass, Zielsetzung und Vorgehen

## 1.1.1 Anlass

Die schweizerischen Agglomerationen verfügen über leistungsfähige und hochwertige Verkehrssysteme, welche in einer permanenten Evolution an aktuelle und erwartete neue Bedürfnisse angepasst wurden. In jahrzehntelangen, oft konfliktreichen politischen Aushandlungen und Planungsprozessen wurde eine Aufgabenteilung zwischen den Verkehrsträgern gefunden, welche unbestritten zur internationalen Standortgunst der Schweizer Städte beiträgt. In der Öffentlichkeit hat sich das Bewusstsein entwickelt, dass letztlich nur der koordinierte Einsatz aller Verkehrsträger die gewünschte Lebensqualität bei gleichzeitiger wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit erlaubt.

Städte und ihre Agglomerationen sind naturgemäss dynamische Lebensräume, welche einem stetigen Wandel unterworfen sind:

- Viele Agglomerationen der Schweiz verzeichnen ein starkes Wachstum an Einwohnern und Arbeitsplätzen.
- Es bilden sich in den Agglomerationen neue Schwerpunkte auf früheren Industriebrachen oder auf bisher nicht baulich genutztem Gelände.
- Der Bund förderte in der Vergangenheit die Agglomerationsverkehrsvorhaben nicht gezielt und beteiligte sich am öffentlichen Ortsverkehr gar nicht.
- Konkurrierende ausländische Agglomerationen verbessern ihre Erschliessung und stärken damit ihre Position im Standortwettbewerb; die Qualität ist zu steigern.

Dies impliziert für die schweizerische Agglomerationsverkehrserschliessung einige wesentliche neue Herausforderungen:

- Die Verkehrsmenge wird insgesamt steigen.
- Die räumliche Struktur der Verkehrsnachfrage wird sich wandeln.
- Der Investitionsrückstau ist zu beheben.
- Die Erschliessungsqualität ist insgesamt zu steigern.

Die Weiterentwicklung der Agglomerationserschliessung ist somit für die künftige Lebensqualität und Standortgunst der schweizerischen Agglomerationen entscheidend. Jedes Verkehrssystem verbraucht indessen Ressourcen und hinterlässt Emissionen. Ein Ausbau wird daher zunehmend mit Grenzen konfrontiert sein:

- Natürliche Ressourcen wie Energie oder Raum,
- Erträglichkeit für Mensch und Natur,
- Wirtschaftlichkeit, Mitteleinsatz für Investitionen und Betrieb,
- Sicherheit für Benützer und Betroffene.

Gerade bezüglich dieser Aspekte unterscheiden sich die verschiedenen Verkehrssysteme voneinander. Die in der Vergangenheit ausgehandelte Abstimmung zwischen den Verkehrsträgern kann daher nicht unbesehen weitergeführt werden, sondern ist im Hinblick auf die künftigen Entwicklungen zu hinterfragen. Auch unter den neuen Verhältnissen sind die Ver-

kehrssysteme allerdings in einer Weise einzusetzen, dass ihr Nutzen maximiert und ihr Schaden minimiert wird. In der verkehrspolitischen Diskussion gilt dieses Postulat des „wesensgerechten Verkehrsmiteinsatzes“ als unbestrittene Maxime.

## 1.2 Zielsetzungen

Die Erarbeitung von Einsatzprofilen und –kriterien der Verkehrsmittel ist nötig, um einen wesensgerechten Verkehrsmiteinsatz zielgerichtet anstreben zu können. Nachdem im Zuge der Bearbeitung festgestellt wurde, dass eine ursprünglich angestrebte Befassung inklusive politischer und planerischer Prozesse im Rahmen dieser Arbeit nicht ausreichend genau untersucht werden kann, erfolgte eine Neuausrichtung auf diese Profile und Kriterien, auch als Anleitung für Planungsprozesse. Die vorliegende Studie will dazu folgende Fragen beantworten:

- 1 Welche Einsatzkriterien und –merkmale der Verkehrsmittel können anhand der bestehenden Verkehrssysteme bestimmt werden?
- 2 Welches sind die Erfolgsfaktoren für den wesensgerechten Einsatz und das Zusammenspiel innerhalb und zwischen den Verkehrsmitteln, zum Beispiel bezüglich Nachfragestruktur oder Raumstruktur?
- 3 Welches sind die nötigen Funktionen von Verkehrssystemen in Abhängigkeit vom Agglomerationstyp?
- 4 Wo liegen Schwellenwerte hinsichtlich Nachfrage und Nachfragestruktur für den Einsatz der einzelnen Verkehrsmittel?
- 5 Welches sind die sinnvollen Einsatzbereiche der einzelnen Verkehrsmittel in den Agglomerationen aus technischer und ökonomischer Sicht?

## 1.3 Randbedingungen

Bezugsraum der Studie sind die schweizerischen Agglomerationen gemäss Definition des Bundesamtes für Statistik. Die Aussagen der Studie sind damit nur beschränkt auf andere Länder übertragbar. Es werden schwerpunktmässig Verkehrssysteme betrachtet, welche zum heutigen Zeitpunkt eingesetzt werden oder zumindest einsatzreife besitzen. Vorausgesetzt wird, dass bei der Entwicklung der Agglomerationserschliessung auch die planerischen Möglichkeiten der Verkehrsvermeidung und des Mobilitätsmanagements ausgeschöpft werden. Diese Punkte werden in der vorliegenden Arbeit nicht vertieft.

## 1.4 Projektteam

Die vorliegende Studie wurde ausgeführt durch die Bereiche Verkehrssysteme und Individualverkehr des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich. Mitgewirkt haben Herr Robert Dorbritz, Herr Hermann Orth, Frau Milena Scherer, Herr Professor Peter Spacek und Herr Professor Dr. Ulrich Weidmann.

## 1.5 Aufbau der Arbeit

Ein zweistufiges Vorgehen soll Antworten auf die gestellten Fragen liefern:

Die Schweizer Agglomerationen, ihre Verkehrssysteme und anzustrebenden Zielsetzungen des künftigen Verkehrsmiteinsatzes: In Kapitel 2 wird zunächst die historische Entwicklung der Agglomerationsverkehrssysteme in der Schweiz aufgezeigt. Anschliessend werden die Agglomerationen anhand ihrer Strukturdaten untersucht und klassifiziert. Ausserdem wird der aktuelle Stand des Verkehrsmittelangebots erfasst sowie die Auswirkungen des Verkehrs dargelegt. Dies ergibt den Ausgangszustand als Rahmen, für die weitere Untersuchung. Weitergehend werden in Kapitel 3 die Einwirkungen und das Umfeld, in dem Entscheide zum Verkehrsmiteinsatz gefällt werden dargestellt. Daraus ergibt sich ein Anforderungskatalog mit spezifischen Kriterien. Daraus werden direkt messbare Eigenschaften und Wirkungen der Verkehrsmittel abgeleitet die im weiteren Verlauf der Arbeit eingehend untersucht werden.

Systemeigenschaften und Einsatzprofile der Verkehrsmittel: In Kapitel 4 werden zunächst die Eigenschaften der Verkehrsmittel in generischer Form beschrieben. Es folgt in Kapitel 5 eine Untersuchung der Leistungskennwerte der in der Schweiz sinnvoll einsetzbaren Verkehrsmittel. In Kapitel 6 werden die Auswirkungen der Verkehrsmittel im Hinblick auf Kapitalintensität, Umwelt und Raumplanung erarbeitet. Dieser Abschnitt schliesst ab mit Kapitel 7, in dem die Erkenntnisse zusammengefasst und Einsatzgebiete der verschiedenen Verkehrsmittel empfohlen werden.

Kapitel 9 bildet schliesslich die Synthese, beantwortet die eingangs gestellten Fragen und weist Felder mit weiterem Forschungsbedarf aus.

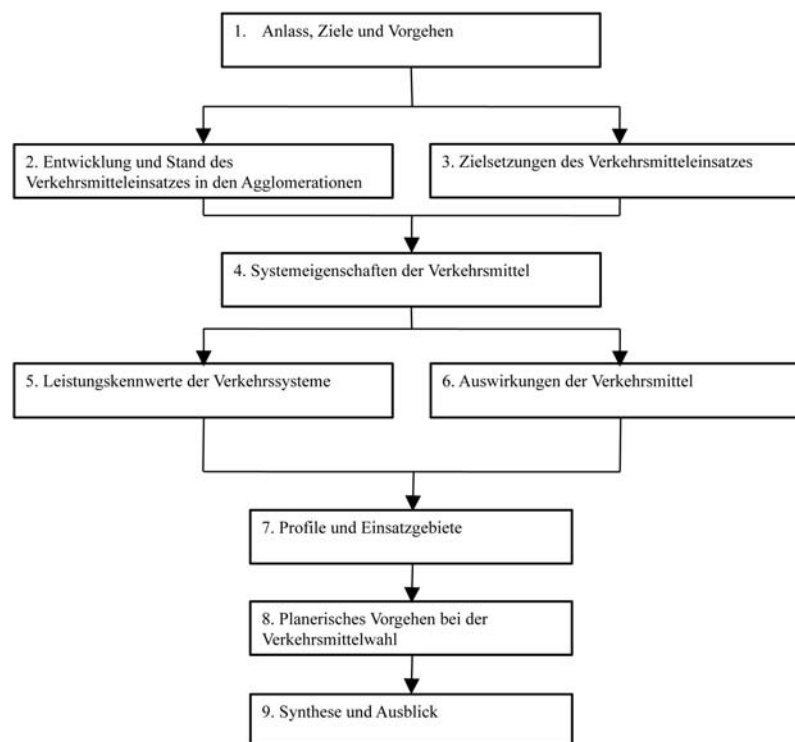


Abbildung 1 Aufbau des Berichtes

## 2 Entwicklung und Stand des Verkehrsmiteleinsatzes in den Agglomerationen

### 2.1 Entwicklung der Verkehrserschliessung der Agglomerationen

Aufgrund der Ressourcenkonkurrenz zu Raum und Zeit bestehen in keinem anderen Verkehrsraum so enge Wechselwirkungen zwischen Raumnutzung und Verkehr, aber auch zwischen den verschiedenen Verkehrssystemen, wie in den Agglomerationen. Die Verkehrserschliessung ist dabei einerseits die Voraussetzung für eine urbane Entwicklung, steht aber andererseits oft im Gegensatz zu dieser. Dieses Wechselspiel wurde in der Vergangenheit immer wieder unterschiedlich beurteilt, weshalb die Evolution der Agglomerationserschliessung in besonderem Masse die zeitspezifischen Prioritäten der Verkehrs- und Städtebaupolitik reflektiert. Ausgehend vom Wechselspiel zwischen Stadtentwicklung und Verkehr lassen sich für schweizerische und mitteleuropäische Verhältnisse fünf Epochen identifizieren, die im Folgenden skizziert werden (nach [Schmucki, 2005], [Steierwald, 2005], [Blanc, 1993]).

#### 2.1.1 1850 – 1890: Erschliessung zu Fuss und mit Bahn-Vorortsverkehr

Bis ins späte 19. Jahrhundert verfügten die wenigsten Städte über innerstädtische Verkehrsmittel; die Erschliessung erfolgte zu Fuss oder mit Fuhrwerken. Dies wurde zusehends zur Wachstumsbremse, indem die Nahrungsproduktion des Umlandes zur Ernährung der Bevölkerung nicht mehr ausreichte und die innerstädtischen Distanzen zu gross wurden. Lag eine Stadt nicht an einem schiffbaren Gewässer, so war deren Grösse auf etwa 10'000 Einwohner limitiert ([Leibbrand, 1980]).

Ab etwa 1850 vermochte die Eisenbahn zumindest die Versorgungsengpässe zu beseitigen und erlaubte damit ein erstes Bevölkerungswachstum. Zudem bauten die Bahnen schrittweise einen Vorortsverkehr auf. Systembedingt blieb aber der Beitrag der Eisenbahn zur innerstädtischen Mobilität klein. Im Gegenteil: Statt der Entlastung, die man sich versprochen hatte, verstärkte sich der Fuhrwerkverkehr mit Pferden in einem Ausmass, dass Gesundheit und Lebensqualität in der Stadt gefährdet waren ([Morris, 2007]).

#### 2.1.2 1890 – 1945: Aufbau des städtischen öffentlichen Verkehrs

Die Zeit zwischen dem Ende des 19. Jahrhunderts und dem Ende des Zweiten Weltkrieges war durch die Verbesserung der inneren Erschliessung mittels leistungsfähiger öffentlicher Verkehrsmittel geprägt. Das Fehlen einer geeigneten Antriebskraft behinderte bis etwa 1890 den Aufbau innerstädtischer Schienennetze und nur Pferdebahnen fanden zunächst eine gewisse Verbreitung. Erst die elektrische Traktion war so flexibel, leistungsstark, emissionsarm und kostengünstig, dass Strassen- und Vorortsbahnen in praktisch allen schweizerischen Städten mit über 20'000 Einwohnern sowie in grösseren Siedlungskonglomeraten entstehen konnten. 1925 erreichten die schweizerischen Trambetriebe mit 489 km Stre-

ckenlänge ihre grösste Ausdehnung ([Widmer, 2005]).

Die Stellung der Strassenbahn auf dem Verkehrsmarkt war bis Mitte der Zwanzigerjahre monopolähnlich und verschaffte ihr namhafte Erträge, allerdings auch durch vergleichsweise hohe Tarife. Die Rationalisierung des Betriebes und steigende Beförderungszahlen erlaubten in der Folge reale Preissenkungen und machten den städtischen öffentlichen Verkehr zum Massenverkehrsmittel.

In den Zwanzigerjahren wurde erstmals das Auto spürbar, verursachte aber noch keine Staus oder andere Engpässe. Trotz geringer Verbreitung zeichneten sich indessen bereits politische Konflikte zwischen den Interessenvertretern des motorisierten Individualverkehrs und des öffentlichen Verkehrs ab, weshalb sukzessive Regeln und Verbote nötig wurden. Punktuell finden sich in dieser Zeit erste Überlegungen zur physischen Trennung der Verkehrssysteme ([Appenzeller, 1995]).

Parallel dazu entwickelte sich zunächst der Bus zum neuen Massenverkehrsmittel und der Ausbau des Strassenbahnnetzes kam zum Erliegen. Der Trolleybus erreichte wenig später seine Einsatzreife und wurde zunehmend als potentieller Strassenbahnersatz gesehen („gleislose Strassenbahn“). Er versprach die Vereinigung der Vorteile der Strassenbahn hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Emissionsarmut mit jenen des Autobusses hinsichtlich Flexibilität.

### **2.1.3 1945 - 1973: Integration des Individualverkehrs**

Zwischen 1945 und 1973 galt zunächst weiter das Ziel des behinderungsfreien Zugangs zur Stadt für alle Verkehrsmittel, insbesondere für die zunehmende Zahl von Motorfahrzeugen. Die Wachstumsprognosen zeigten indessen, dass die Nachfrage mit herkömmlichen Mitteln nicht zu bewältigen sein würde. Zudem wurden die Verkehrsverhältnisse bereits Mitte der Fünfzigerjahre als untragbar empfunden. Man sprach von „Verkehrsnot“ und „Verkehrsinfarkt“. Nach amerikanischem Vorbild wurde die Trennung der Verkehrsarten als neue Strategie erkannt ([McNichol, 2006]). Für die „autogerechte Stadt“ wurden fehlende Verkehrsräume in der dritten Dimension geplant.

Die Hochleistungsstrassen sollten zunächst durch die Städte hindurch führen, da sie vor allem auch der Stadterschliessung dienen sollten. Der politische Widerstand führte zur Ergänzung mit Umfahrungsringen. Der übrige Verkehr sollte in den Untergrund verlegt werden, insbesondere die Strassenbahn, sofern sie nicht ohnehin durch Busse ersetzt werden sollte. Letzteres geschah insbesondere in den mittleren und kleinen Städten sowie in der Westschweiz als Folge des fortgeschrittenen Verschleisses der Anlagen und Fahrzeuge. In den grossen deutschschweizer Städten wurden tiefgelegte Stadtbahnnetze und U-Bahnen zwar geplant. Effektiv wurden aber auch hier einzelne Linien auf Bus umgestellt und die Systemerneuerung beschränkte sich auf einen Ersatz der vorhandenen Substanz, ohne grundlegende Systementwicklung.

In dieser Zeitepoche entstanden die ersten formalisierten Gesamtverkehrsplanungen ([Appenzeller, 1995], [Blanc, 1993], [Lüthi, 1998]). Deren generelles Merkmal war die Kombination von Stadtautobahnen mit tiefergelegten öffentlichen Verkehrsmitteln. Aus Hindernissen bei der Umset-

zung der Planungen des Individual- wie des öffentlichen Verkehrs entwickelte sich ein Dualismus von weit reichender Planung und schnellen Sofortmassnahmen. Es resultierten Fragmente von Stadtautobahnen, abschnittsweise städtische Hochleistungsstrassen und teilsanierte Strassenbahnbetriebe.

Die sich anbahnende Modernisierungskrise der späten Sechziger- und frühen Siebzigerjahre, verbunden mit den wachsenden Widerständen gegen innerstädtische Verkehrsbauten, bewirkte gegen Ende dieser Epoche einen verkehrsplanerischen Umbruch. Es zeigte sich immer klarer, dass die seit Ende des Zweiten Weltkrieges verfolgte Strategie langfristig keine Mehrheit finden würde. Die Phase endete 1973 mit der Ablehnung einer U-Bahn in Zürich.

#### **2.1.4 1973 - 2000: Modernisierungskrise und Systemoptimierung**

Dem bisweilen als Schock empfundenen, in kurzer Zeit erfolgten Richtungswechsel zwischen etwa 1968 und 1973 folgte eine Phase, in welcher grössere Eingriffe bewusst vermieden wurden. Dieser Zeitabschnitt begann mit Orientierungslosigkeit, da zahlreiche zunächst durchaus erwünschte Projekte im entscheidenden Moment die politische Unterstützung verloren hatten.

Während städtische Hochleistungsstrassen dauerhaft blockiert blieben, liessen sich Autobahn-Umfahrungsringschritte schrittweise realisieren. Im öffentlichen Verkehr verschob sich die Aufmerksamkeit auf das Bahnnetz der Agglomerationen. Anders als im Fall der U-Bahn liess sich dieses ausbauen, ohne den städtischen Siedlungsraum nennenswert zu tangieren, was zur hohen Akzeptanz beitrug. Bereits 1990 konnte in Zürich das erste S-Bahn-System dem Betrieb übergeben werden. Parallel dazu wurden zahlreiche Überlandbahnen auf S-Bahn-Standard gebracht oder ins Tramnetz integriert.

Die klare Ablehnung der „autogerechten Stadt“ führte zur Unterordnung der innerstädtischen Verkehrsplanung unter die Stadtplanung. Die erstarkte ökologische Sensibilität äusserte sich im politischen Druck, den Autoverkehr aktiv zu reduzieren. Zu-Fuss-Gehen und Fahrrad fahren wurden durch Programme gefördert. Die Parkierung auf öffentlichem Grund wurde sukzessive eingeschränkt. Durch Optimierungsmassnahmen wie Eigenstrasse und Signalvorrecht wurde versucht, die bestehenden öffentlichen Systeme wie Tram und Bus zu ertüchtigen, ohne die grundlegenden Systemparameter anzupassen.

#### **2.1.5 Seit 2000: Multimodale Weiterentwicklung**

Etwa mit Beginn des neuen Jahrtausends traten die ökologischen Gesichtspunkte wieder etwas in den Hintergrund und der Standortwettbewerb gewann an Bedeutung. Politisch lange verpönte Strassenprojekte werden reaktiviert und finden Niederschlag in den Planungswerken. Gleichzeitig hält die Ansiedelung sogenannter publikumsintensiver Einrichtungen in Stadtrandgebieten oder Vorortsgemeinden an.

Verkehrspolitisch ist diese Phase dadurch gekennzeichnet, dass sich nun auch der Bund finanziell an der Weiterentwicklung der Agglomerationserweiterung beteiligt. Ausdruck des neuen Pragmatismus ist die ver-

kehrsmittelübergreifende Wirkungsweise des Infrastrukturfonds, welcher integrierte Konzepte als Unterstützungsvoraussetzung verlangt.

Insgesamt ist eine Entwicklung hin zur undogmatischen Lösungssuche zu beobachten. Die EU postuliert seit 2001 das Prinzip der Co-Modality als Grundsatz zur Weiterentwicklung des Verkehrssystems mittels effizienter Nutzung der einzelnen Verkehrsträger, insbesondere aber durch ihre Kombination ([EU, 2006], [EU, 2007]).

### **2.1.6 Zusammenfassung**

Die in Tabelle 1 dargestellte Synopsis fasst die wichtigsten Entwicklungsschritte im schweizerischen Agglomerationsverkehr zusammen. Sie zeigt, dass es in der Vergangenheit nicht an Versuchen zur grundlegenden Erneuerung der Agglomerationserschliessung fehlte. In der Entscheidungsfindung überwogen indessen letztlich sektoriellen Betrachtungen, weshalb alle koordinierten Ansätze bisher scheiterten. Erfolgreich waren die jeweils politisch, zeitlich und technisch überblickbaren Erweiterungen bestehender Systeme. Nur graduell verbessert wurde zudem die Verknüpfung der Systeme untereinander.

**Tabelle 1 Zusammenfassung der Entwicklungsschritte der schweizerischen Agglomerationser-schliessung.**

1850 – 1890	1890 – 1945	1945 – 1973	1973 – 2000	Ab 2000
Erschliessung zu Fuss und mit Bahn-Vorortsverkehr	Erschliessung vorwiegend mit öffentlichem Verkehr	Integration des motorisierten Individualverkehrs	Modernisierungskrise und Systemoptimierung	Multimodale Weiterentwicklung
<b>Problemstellungen</b>				
Einwohnermässige Entwicklung der Städte beschränkt infolge limitierter Versorgung mit Nahrungsmitteln und Gütern	Starker Wachstumsdruck in den Städten, Ausdehnung über fussläufigen Bereich. Wegedistanzen zwischen Wohn- und Arbeitsquartier werden Entwicklungsbremse	Motorisierungsgrad steigt über Erwartungen rasch und stark, bestehende Verkehrsflächen genügen nicht mehr, starke gegenseitige Behinderung von ÖV und IV	Politische Blockade infolge Ablehnung der Grossprojekte sowohl des IV wie des ÖV. Weiterer Einwohnerverlust, dafür wachsender Pendlerverkehr aus Agglomeration	Fortschreitende Agglomerationsbildung und Entstehung neuer Schwerpunkte ausserhalb des alten Stadtzentrums. Weiter wachsende Motorisierung
<b>Strategie</b>				
Verbesserung der Stadtversorgung durch neue Verkehrsmittel	Verbesserung der internen Stadterschliessung mit öffentlichen Stadtverkehrssystemen	Möglichst weitgehende Befriedigung der Mobilitätswünsche, Kapazitätsgewinn durch konsequente Trennung der Verkehrssysteme	Optimierung des stadttinternen ÖV auf Basis von Tram und Bus, Förderung des nicht-motorisierten IV, Ausbau des öffentlichen Agglomerationsverkehrs	Investitionsoffensive in Strassen- und ÖV-Infrastrukturen. Integrierte Planung und Umsetzung
<b>Eingesetzte Mittel</b>				
Aufbau des Bahnnetzes, schrittweise Verdichtung des Bahn-Vorortsverkehrs. Erste Ansätze zu Strassenbahnen als Mittel der internen Erschliessung	Systematischer Aufbau von Tramnetzen, später ergänzt durch Buslinien. Gezielter Bau neuer Strecken zur Steuerung und Förderung der Stadtentwicklung	Inangriffnahme von Stadtautobahnen und Ringstrassensystemen. Umstellungen von Tram auf Bus, Planung der Tieferlegung von Tramstrecken und Planung von U-Bahn-Netzen	Priorisierung von Tram und Bus an LSA zulasten der IV-Kapazität, Aufbau von Fahrradnetzen und Fussgängerzonen, Verkehrsberuhigung in Quartieren, Pflörtnerung am Stadtrand. Aufbau von S-Bahn-Systemen in allen Grossagglomerationen	Fertigstellung der Ringautobahnen, Einbindung der Stadtautobahnfragmente. Weiterausbau der S-Bahnen, Neubau von Tram- und Stadtbahnen. Verlässliche Finanzierung durch Infrastrukturfonds
<b>Hindernisse bei der Umsetzung</b>				
Dampfantrieb in Stadt wenig brauchbar, alternative Antriebe zu wenig betriebstüchtig, Finanzierungsschwierigkeiten	Wirtschaftliche Grenzen kleinerer Städte bewirken mangelhafte Ausdehnung und ungenügende Erneuerung der Netze, Einbezug von Strecken über Stadtgrenzen hinaus	Fehlende Akzeptanz der Hochleistungsstrassen in direktbetroffenen Quartieren führt zu Verzögerungen. Grundlegende Veränderungen des ÖV-Systems finden keine Bevölkerungsmehrheit	Widerstände gegen ÖV-Priorisierung und insbesondere gegen Verkehrsberuhigung. Priorisierung des ÖV an LSA stösst an Grenzen der sehr hohen allgemeinen Verkehrsnachfrage und der zusätzlichen Bedürfnisse des Nichtmotorisierten IV	Örtlicher Widerstand gegen Verkehrswegebauten aller Art. Finanzierung der Folgekosten. Einigungsfindung im politischen Prozess über auszuführende Projekte. Akzeptanz von Rückbauten
<b>Resultate</b>				
Versorgung der Städte gewährleistet, Vorortsbetrieb auf Bahn-Hauptstrecken, starkes Einwohnerwachstum, relativ kompakte Stadtstruktur	Insgesamt dichte und leistungsfähige Tram- und Busnetze, innere Erschliessung der Städte gewährleistet, starke räumliche Ausdehnung der Kernstädte	Fragmente von Stadtautobahnen und Ringstrassen, teilweise erst in Folgephase realisiert. Verbliebene Tramnetze mit Erneuerungsrückstand und schlechter Betriebsqualität	Stadtautobahnen und Umfahrungsringe nach wie vor unvollendet oder fragmentarisch. Sieben S-Bahn-Netze erfolgreich im Betrieb. Tram- und Busnetze technisch und betrieblich modernisiert	Offen

Quelle: Eigene Darstellung

## 2.2 Die schweizerischen Agglomerationen: Stand

Die Agglomerationen in ihrer aktuellen Ausprägung sind das Ergebnis der im vorangegangenen Abschnitt dargelegten Entwicklung und stellen durch ihre spezifischen Charakteristika die Anforderungen an die sie bedienenden Verkehrssysteme. Gleichzeitig werden Wachstum und Entwicklung der Agglomerationen erst durch angemessene Verkehrssysteme ermöglicht. Vor dem Hintergrund dieser Wechselwirkung wird in diesem Abschnitt das Verkehrspotential der Agglomerationen untersucht. Das Grundgerüst für die Verkehrsnachfrage bilden dabei Bevölkerungszahlen sowie die Zupendler. Diesen stehen unterschiedliche Siedlungsflächen und Verkehrsflächen zur Verfügung. Als weitere Masszahl für den Vergleich von Agglomerationen wird ein virtueller Radius eingeführt sowie eine strukturelle Klassifizierung der Agglomerationen erstellt. Diese Angaben bilden vereinfacht das Verkehrspotential ab.

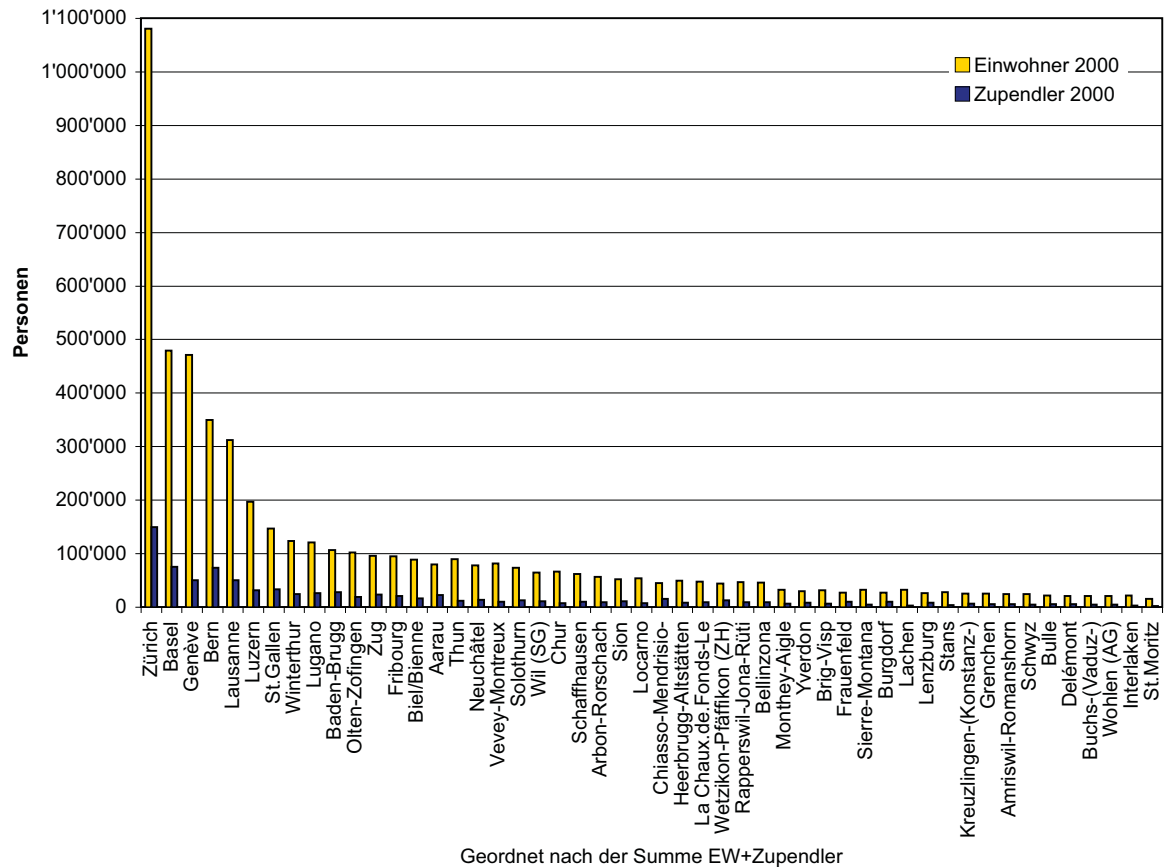
### 2.2.1 Verkehrspotential: Wohnbevölkerung und Zupendler

Abbildung 2 zeigt eine Rangfolge der Agglomerationen basierend auf der Summe der Einwohnerzahl und Zupendler. Die Agglomeration Zürich (1.1 Mio Einwohner) hebt sich deutlich von allen anderen Agglomerationen ab. Bei Agglomerationen mit ausländischem Flächenanteil wurde nur der schweizerische Anteil berücksichtigt, da die Datengrundlage für weitere hier verwendete Merkmale des Agglomerationsverkehrs beschränkt ist. Wird die Wohnbevölkerung im Ausland mitbetrachtet liegen Einwohnerzahlen der Agglomerationen Genf (730'000 EW) und Basel (731'167 EW) deutlich höher, die Reihung sowie die Gruppe der 5 grössten Agglomerationen ändert dies aber nicht. Es sind Aussagen zu diesen beiden Agglomerationen bezüglich Einwohnerzahl und -dichte sorgfältig zu interpretieren.

Die Bandbreite umfasst 10'000 bis 1'080'000 Einwohner. Es treten an mehreren Stellen insbesondere markante Sprünge bezüglich der Einwohnerzahlen auf (vgl. auch Abbildung 45 und Abbildung 46 im Anhang). Vereinfacht werden im Folgenden vier Grössenkategorien unterschieden:

- Kleine Agglomerationen: < 32'000 Einwohner
- Mittlere Agglomerationen: 44'000 – 66'000 Einwohner
- Grosse Agglomerationen: 73'000 – 197'000 Einwohner
- Die grössten 5: 311'000 – 1.1 Mio Einwohner

Im internationalen Vergleich sind damit die schweizerischen Agglomerationen eher klein. So liegen die Einwohnerzahlen europäischer Agglomerationen in den meisten Fällen bei mehreren hunderttausend Einwohnern, in den USA noch um ein Vielfaches höher. Dagegen verfügen besonders die kleineren schweizerischen Agglomerationen über deutlich höhere Siedlungsdichten.

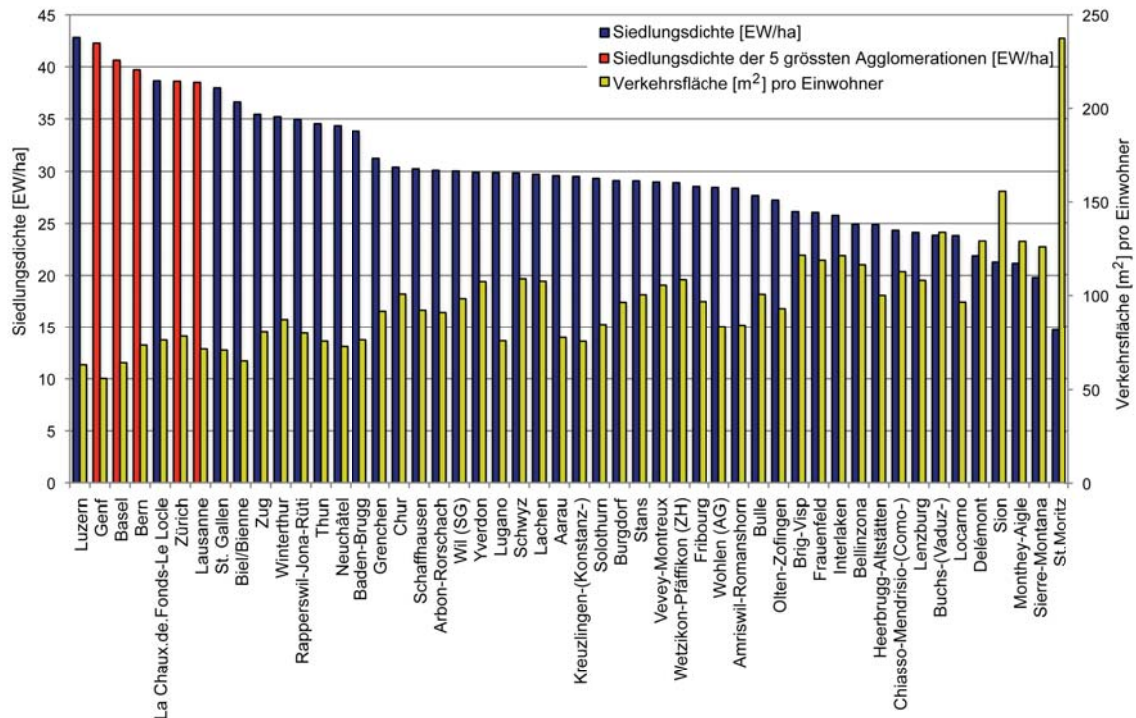


Quelle: BfS (Einwohnerzahlen: 2000 (nur CH), Pendlerstatistik 2000)

Abbildung 2 Bevölkerung und Zupendler 2000

### 2.2.2 Siedlungsdichte und Verkehrsfläche

Eine für den Verkehrsmiteinsatz entscheidende Grösse ist die Siedlungsdichte der Agglomerationen, da sie in Kombination mit den effektiven Bevölkerungszahlen eine Beurteilungsgrundlage für öffentliche Verkehrsangebote bildet. Die Siedlungsdichten und Verkehrsflächen der schweizerischen Agglomerationen sind in Abbildung 3 dargestellt.



Quelle: BfS (Flächen: 1992/97, Einwohnerzahlen: 2000)  
Siedlungsflächen inklusive Verkehrsflächen.

Abbildung 3 Siedlungsdichten und Verkehrsflächen je Einwohner

Dabei werden als Siedlungsflächen solche Flächen zu Grunde gelegt, die bebaut, für Industrie- oder Verkehrszwecke genutzt, oder als besondere Siedlungs-, Erholungs-, oder Grünfläche ausgewiesen sind. Die roten Balken beziehen sich jeweils auf die grössten fünf Agglomerationen. Diese zeichnen sich durch relativ kleine Verkehrsflächen je Einwohner und eine hohe Siedlungsdichte aus. Wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist, weisen die Agglomerationen Luzern, La Chaux de Fonds – Le Locle und St. Gallen ähnliche Kennwerte wie die grössten 5 Agglomerationen auf. Erkennbar ist auch ein Sprung der Siedlungsdichte zwischen den beiden Agglomerationen Baden-Brugg und Grenchen von 34 EW/ha auf 31 EW/ha. Der Sprung zwischen Locarno und Delémont beträgt 2 EW/ha. Die Bandbreite der Siedlungsdichte liegt zwischen 20 und 43 EW/ha (St. Moritz ausgenommen). Bezogen auf die Agglomerationsgrössenklassen aus Kapitel 2.2.1 liegen folgende Bandbreiten (EW/ha) vor:

- Kleine Agglomerationen: 20-31 (Ausnahme St. Moritz: 15)
- Mittlere Agglomerationen: 21-39
- Grosse Agglomerationen: 27-38 (Ausnahme Luzern: 43)
- Die grössten 5: 39-42

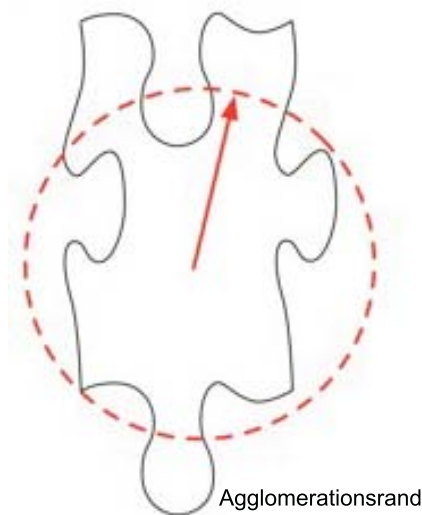
Der Unterschied in der Siedlungsdichte zwischen grossen und kleinen Agglomerationen liegt etwa bei einem Faktor 2. Dieser ist deutlich geringer als der Faktor 100 bezogen auf die Einwohnerzahl (10'000 bis 1'000'000 EW). Auch hier fallen charakteristische Unterschiede zu Agglomerationen im Ausland auf. Die Siedlungsdichten der schweizerischen Agglomeratio-

nen sind in der Regel weitaus höher als die von Agglomerationen im Ausland. Ähnlich hohe oder höhere Dichten liegen in der Regel nur in den grossen Agglomerationen vor (z.B. Wien, Madrid, Toulouse), kleinere Agglomerationen sind selbst im Gebiet der Kernstadt weniger dicht besiedelt (z.B. Kassel, Metz). Der strukturelle Kernunterschied der schweizerischen Agglomerationen besteht mithin eher in ihrer absoluten Grösse gemessen an der Einwohnerzahl als in ihrer mittleren Siedlungsdichte. Zur Kategorisierung wird daher in erster Linie die Einwohnerzahl verwendet. Die Siedlungsdichte wird für detailliertere Betrachtungen zugezogen.

### 2.2.3 Virtueller Radius

Aus der Siedlungsfläche der Agglomerationen lässt sich ein virtueller Radius berechnen. Dieser ist definiert als der Radius einer virtuellen kreisförmigen Gebietes mit gleichem Flächeninhalt wie die Siedlungsfläche der Agglomeration (Tabelle 2).

Tabelle 2 Virtuelle Radien ausgewählter schweizerischer Agglomerationen



Rang	Agglomeration	Virtueller Radius (km)
1	Zürich	9.7
2	Basel*	6.1
3	Genf*	6.1
4	Bern	5.4
5	Lausanne	5.2
6	Luzern	3.9
24	Schaffhausen	2.5
32	Rapperswil-Jona-Rüti	2.1
46	Interlaken	1.7
47	Schwyz	1.6
48	Grenchen	1.6
49	Bulle	1.6
50	Wohlen (AG)	1.5

Quelle: Eigene Darstellung, Grundlage Siedlungsflächen: ARE 2004a \*ohne Ausland

Der virtuelle Radius dient zur Abschätzung von durchschnittlichen Weglängen innerhalb von Agglomerationen. Der virtuelle Radius schweizerischer Agglomerationen liegt zwischen 1.5 bis 9.7 km. Dementsprechend gilt die Annahme dass sich die Weglängen in kleinen Agglomerationen theoretisch im Bereich zwischen 3-4.5 km und in den grössten Agglomerationen zwischen 18 und 27 km bewegen<sup>1</sup>.

Der Vergleich der Agglomerationen über den virtuellen Radius zeigt (wie auch bei der Einwohnerzahl) einen deutlichen Grössensprung des virtuellen Radius nach den fünf grössten Agglomerationen (vgl. Tabelle 2 und Abbildung 47 im Anhang).

### 2.2.4 Strukturelle Gliederung


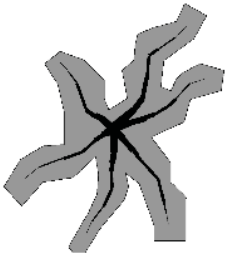


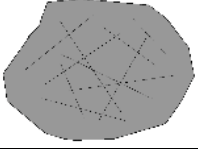
Die Agglomerationen lassen sich nach ihrer Siedlungsstruktur in bestimm-

<sup>1</sup> Gemäss Mikrozensus 2005 liegt die durchschnittliche Weglänge bei 11km. Diese verlaufen in kleinen Agglomerationen entsprechend häufig über die Agglomerationsgrenze hinaus.

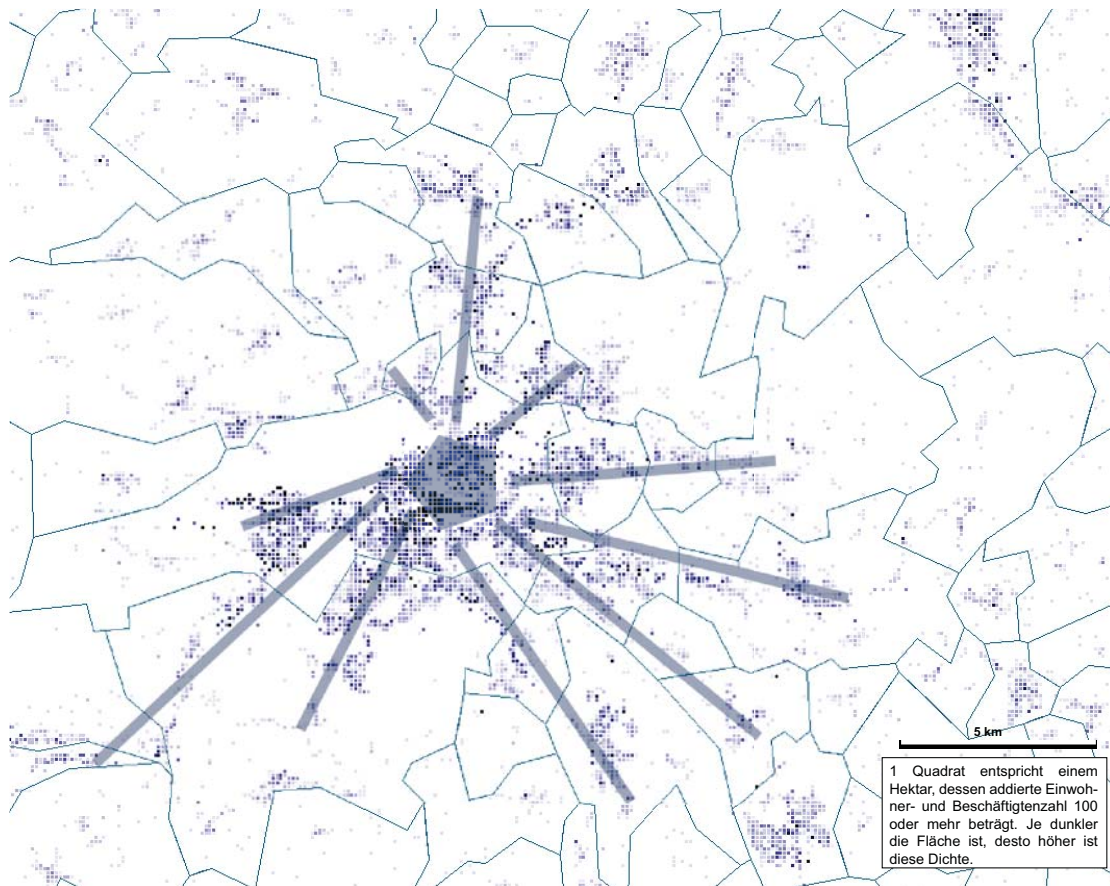
te Typen einteilen. Dabei wird die Struktur als die Ausdehnung, Form und Verteilung des dicht besiedelten Raumes verstanden. Je nach Strukturtyp eignen sich einige Verkehrsmittel besonders gut, andere weniger. Die Strukturen lassen sich nach ([Weidmann, 2008]) wie in Tabelle 3 typisieren. Aus der jeweiligen Siedlungsform leiten sich die dominierenden Muster der Verkehrsströme ab.

Diese Strukturtypen lassen sich auf alle Ebenen einer Agglomeration anwenden. So kann zum Beispiel ein Stadtquartier eine achsenförmige Struktur aufweisen, wenn es etwa einem Tal folgt. Diese Achse wiederum kann Teil einer sternförmigen Gemeinde sein und diese Gemeinde wiederum Teil einer Agglomeration, die aus ähnlich grossen, dispers verteilten Städten besteht. Aus der Struktur ergeben sich Wunschlinien des Verkehrs zum Beispiel zwischen den Orten höherer Dichte oder entlang von Verdichtungsachsen, die durch die Verkehrsmittel zu bedienen sind. Der Linienverkehr kann dabei nicht alle Einzelrelationen berücksichtigen. Quelle: Eigene Darstellung, Daten [BFS 2000, 2001]

Abbildung 4 zeigt als Beispiel die addierten Einwohner- und Beschäftigtendichten pro Hektar der Agglomeration Bern. Gut erkennbar ist die sternförmige Struktur mit einem dichten Kern und davon ausgehenden Armen. Hierauf konzentrieren sich auch besonders die hochwertigen Verkehrsangebote.

Tabelle 3 Siedlungsstrukturtypen und jeweilige Verkehrsstromtypen	
Strukturtyp	Verkehrsstromtyp
	<p><b>S1</b> Geschlossener Siedlungsraum</p> <p><b>V1</b> Netzförmige Verkehrsströme. Hohe Nachfragedichte</p>
	<p><b>S2</b> Sternförmiger Siedlungsraum</p> <p><b>V2</b> Radiale Nachfragestruktur</p>
	<p><b>S3</b> Achsenförmiger Siedlungsraum</p> <p><b>V3</b> Linear-gebündelte Nachfragestruktur</p>
	<p><b>S4</b> Verzweigter Siedlungsraum</p> <p><b>V4</b> Verzweigte Nachfragestruktur</p>
	<p><b>S5</b> Disperser Siedlungsraum</p> <p><b>V5</b> Netzförmige Verkehrsströme, mittlere bis tiefe Nachfragedichte</p>

Quelle: [Weidmann, 2008]

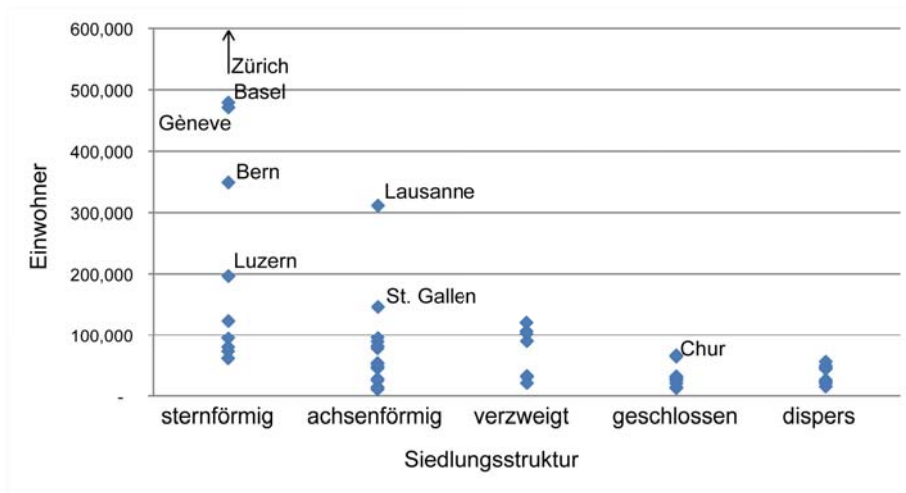


Quelle: Eigene Darstellung, Daten [BFS 2000, 2001]

*Abbildung 4 Verteilung der Dichte von Einwohnern und Beschäftigten je ha, Bern*

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Einwohnerzahlen für schweizerische Agglomerationen auf die jeweiligen Typen. Insgesamt sind alle Strukturtypen ähnlich häufig, es nimmt aber die Einwohnerzahl der Agglomerationen in dieser Reihenfolge ab. Die grössten fünf Agglomerationen sind entweder stern- oder achsenförmig, letzteres besonders aufgrund topographischer Zwänge. Alle grösseren Agglomerationen verfügen damit über deutlich ausgeprägte Korridore höherer Dichte. Diese fallen in den meisten Fällen zusammen mit wichtigen Verkehrsachsen.

Besonders im Alpenraum sind kleinere Agglomerationen in verzweigter oder Achsenform zu finden. Hier ist die Struktur besonders durch die Topographie vorgegeben. Disperse oder geschlossene Siedlungsformen liegen dort vor, wo die Siedlung an sich eher klein ist oder durch die Topographie nicht begrenzt ist. Das kann im Mittelland oder in den Alpenregionen der Fall sein, wenn die Siedlung derart klein ist, dass sie nicht bis an topographische Grenzen heran reicht.

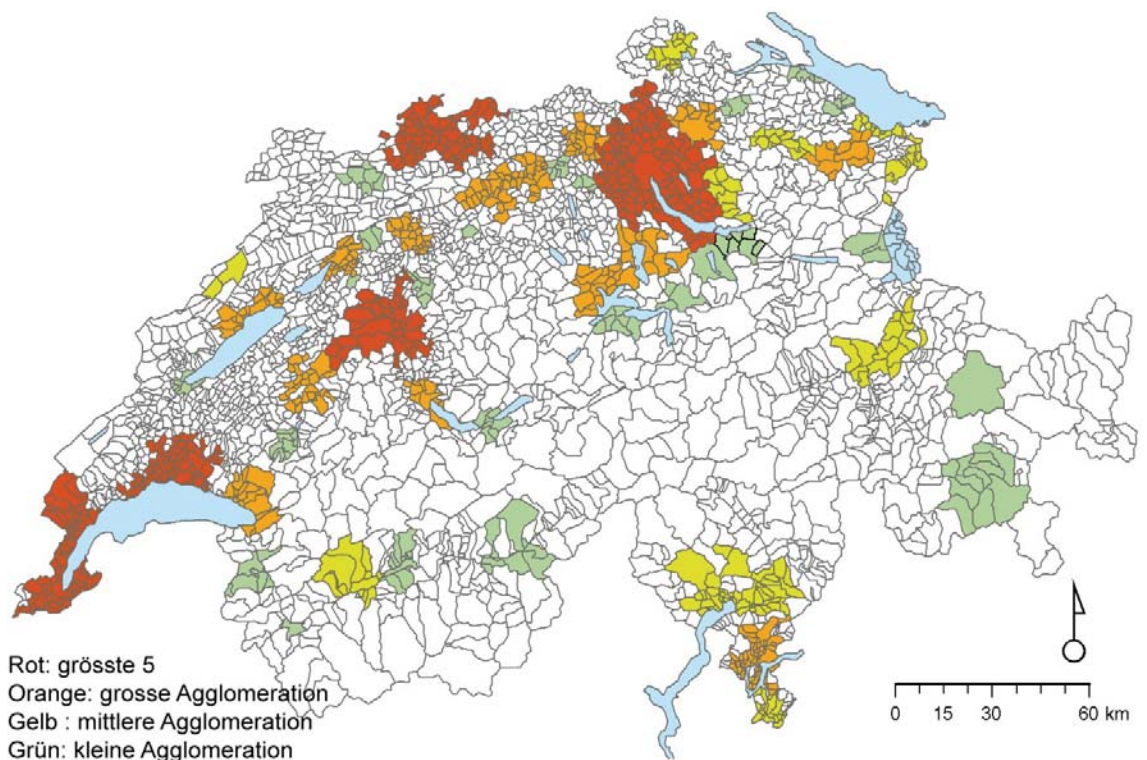


Quelle: Eigene Darstellung, Daten [BFS 2000, 2001]

Abbildung 5 Einwohnerzahlen der schweiz. Agglomerationen nach Typ

### 2.2.5 Geographische Lage

Bei der Betrachtung der geographischen Lage der Agglomerationen (Abbildung 6) wird ersichtlich, dass sich die grossen Agglomerationen (rot und orange gefärbt) auf der Mittelland-Achse konzentrieren (Lugano ausgenommen). Die kleinen Agglomerationen liegen mehrheitlich im Alpenraum und entlang der Voralpen.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 6 Geographische Lage der Agglomerationskategorien

## 2.3 Einsatz der Verkehrssysteme in den schweizerischen Agglomerationen

### 2.3.1 Vorgehen

Wie auch die Strukturen der Agglomerationen hinsichtlich Bevölkerungszahlen und –verteilung ist auch der heutige Verkehrsmiteinsatz das Ergebnis eines langjährigen evolutiven Prozesses, in dessen Verlauf sich die technischen Möglichkeiten, planerischen Ansätze und politischen Prioritäten mehrmals änderten. Dennoch entwickelten sich schliesslich bestimmte Muster, die mittels eines dreiteiligen Ansatzes untersucht werden:

1. Verkehrsangebot: Das Verkehrsangebot ist die Grundlage für die Bewältigung des Verkehrspotentials. Das Verkehrsangebot wird nicht leistungsbezogen ausgewiesen, sondern die Existenz eines Verkehrssystems steht hier im Vordergrund.
2. Verkehrsnachfrage: Die Nachfrage als realisierte Mobilität ist die Reaktion des Verkehrspotentials auf das vorhandene Verkehrsangebot.
3. Auswirkungen der Verkehrsnachfrage: Verkehrsnachfrage führt zu Auswirkungen, die den einzelnen Verkehrsteilnehmer, aber auch die Allgemeinheit betreffen.

### 2.3.2 Angebot: Vorhandene Verkehrssysteme

Zur Charakterisierung des heutigen Angebots wird auf Kapitel 4 vorgegriffen und für jede einzelne Agglomeration geprüft, welche der dort definierten Verkehrssysteme eingesetzt werden. Zudem ist es das Ziel, vorhandene Muster von Verkehrsmittelkombinationen zu erkennen. Aus der Kombination etwa der Einwohnerzahl mit dem Verkehrsmiteinsatz lässt zeigen, bis zu welcher Agglomerationsgrösse ein bestimmtes Verkehrssystem sicher (oder mindestens teilweise) vorhanden ist. Auch lässt sich ermitteln, inwieweit bestimmte Siedlungsstrukturen die modale Zusammensetzung des Verkehrssystems beeinflussen. Damit lassen sich die im vorangegangenen Abschnitt definierten Kategorien weiter ausdifferenzieren.

#### Kriterienkatalog der Verkehrssysteme

Die Typisierung der Verkehrsmittel wurde unter Beizug zusätzlicher Abgrenzungskriterien operationalisiert, insbesondere beim Individualverkehr. Für jede einzelne Agglomeration wurden folgende Fragen geprüft:

- Eigenes S-Bahn-System: Ist eine Agglomeration Zentrum eines eigenen S-Bahn-Systems oder verfügt sie über einen S-Bahn-Hauptknoten?
- Integration in ein S-Bahn-System: Ist eine Agglomeration mit mindestens zwei Halten in das S-Bahn-System einer anderen Agglomeration eingebunden?
- Regionalbahn: Verfügt eine Agglomeration über Regionalbahnhalte? Eine Regionalbahn ist hierbei als ein Angebot definiert, das sich im Hinblick auf Frequenz und Fahrgastkapazität unterhalb einer S-Bahn befindet.
- U-Bahn: Dieses Kriterium ist vor allem der Vollständigkeit halber aufgeführt. Da in der Schweiz jedoch nur ein U-Bahn-System existiert und dieses eher einen Sonderfall darstellt, lassen sich hieraus zunächst keine Schlüsse ziehen.

- Stadtbahn: Technisch einem Strassenbahnsystem ähnlich, sind bei einer Stadtbahn ein hoher Eigentrassierungsanteil, teilweise auch eine technische Zugsicherung vorzufinden.
- Strassenbahnen: Im Gegensatz zu Stadtbahnen sind hier keine oder nur in wenigen Fällen getrennte Fahrwege zu finden.
- Stadtbus: Ein agglomerationsinternes Busnetz, das zur Normalverkehrszeit mindestens einen 15-Minuten-Takt bietet und mit Fahrzeugen von der Grösse eines Standardbusses oder grösser bedient wird.
- Teile eines Autobahnringes: Dieses und die drei folgenden Kriterien schliessen Hochleistungsstrassen mit ein, deren Ausbauzustand ähnlich dem einer Autobahn ist.
- Städtische Autobahn: Ein Autobahnanschluss innerhalb des Stadtgebietes.
- Autobahnverbindung innerhalb einer Agglomeration
- Autobahnanschluss innerhalb einer Agglomeration
- Velostation: Das Vorhandensein von Velowegen in allen Agglomerationen wird vorausgesetzt. Es wird hierbei, auch als Mass der multimodalen Integration, untersucht, ob an Bahnhöfen Velostationen vorhanden sind.
- Fussgängerzone: Das Vorhandensein einer Fussgängerzone in der Kernstadt einer Agglomeration.

Auf die Untersuchung weiterer Verkehrssysteme wurde verzichtet, da sie entweder in der Schweiz nicht vorkommen oder in allen Agglomerationen zu erwarten sind (Regionalbus, Ortsbus). Seilbahnsysteme werden aus ähnlichem Grund weggelassen. Sie sind im schweizerischen Agglomerationsverkehr kaum verbreitet sind und die aktiven Systeme sind vorwiegend historisch bedingt. In der später folgenden Untersuchung der einzelnen Verkehrssysteme werden sie jedoch wieder einbezogen, da sie interessante Perspektiven bieten. Interessant wären daneben zusätzliche Kriterien für den MIV gewesen, zum Beispiel zur Parkplatzverfügbarkeit oder –bewirtschaftung. Die aktuelle Datenlage lässt dies aber nicht zu.

Daneben ist auch die Nutzung kombinierter Modi, z.B. Auto und S-Bahn oder Velo und Stadtbahn ein nicht zu vernachlässigender Aspekt. Im Rahmen dieser Arbeit werden diese intermodalen Verkehre jedoch nicht gesondert behandelt. Zunächst sind die Kenngrössen, Einflüsse und Auswirkungen nicht eindeutig zuzuordnen. Vor allem aber stellt ein erfolgreicher intermodaler Verkehr nicht ein zusätzliches Verkehrsmittel dar, sondern ist vielmehr bereits das Ergebnis eines sinnvollen und wesensgerechten Einsatzes der anderen, bereits bestehenden Verkehrsmittel.

### **Einwohnerzahlbasierte Kategorien**

Für die Kategorisierung der Agglomerationen hinsichtlich des Verkehrsmitelesinsatzes wurden die Verkehrsmittel zunächst in ‚kategoriebestimmende Systeme‘ und in ‚weitere Verkehrssysteme‘ eingeteilt. Die ‚kategoriebestimmenden Verkehrssysteme‘ dienen dabei dem Erkennen und Festlegen der einwohnerbasierten Kategoriengrenzen, die ‚weiteren Verkehrssysteme‘ charakterisieren den Verkehrsmitelesatz näher, beeinflussen die Kategorisierung aber nicht. So sind zum Beispiel Velostationen nur in Städten der Deutschschweiz vorhanden und somit für die Ka-

tegorisierung ungeeignet.

Aufgrund der Auswertungen lassen sich Bereiche bestimmter Agglomerationsgrößen (nach EW) erkennen, bis zu denen die kategoriebestimmenden Verkehrssysteme sicher vorhanden sind (für Kriterium „städtische Autobahn“: mindestens teilweise vorhanden). So sind zum Beispiel stadtbusartige Verkehre in Agglomerationen mit bis zu 64'000 Einwohnern teilweise vorhanden, in Agglomerationen mit über 66'000 Einwohnern sind Stadtbusse sicher vorhanden. Gemäss Tabelle 4 lassen sich demnach die schweizerischen Agglomerationen in acht Kategorien unterteilen. Eine weitergehende Untersuchung des aktuellen Verkehrsmiteinsatzes, insbesondere im Hinblick auf Einsatzgebiete, wird in Kapitel 7 durchgeführt.

Tabelle 4 Agglomerationskategorien

Kategoriebestimmende Verkehrsmittel												Weitere Verkehrsmittel			
Regionalbahn	städtische Autobahn	Fussgängerzone in Kernstadt	Autobahn innerhalb Agglo	Stadtbus	Eigenes S-Bahn-System	Strassenbahn	integriert in ein S-Bahn-System	Stadtbahn	Teile eines Autobahnringes	mind. Ein Autobahnanschluss	Velostation	U-Bahn	Einwohnerzahl von...bis (in tausend)	Anzahl Agglomerationen	
A	t	A	A	A	A	A	A	t	t	A	t	t			<b>Kat. 1</b>
A	A	A	A	A	A	0	A	0	0	A	A	0	<b>Kat. 2</b>	115 - 249	4
A	t	A	A	A	t	t	t	0	t	A	t	0	<b>Kat. 3</b>	60 - 114	13
A	t	A	A	t	0	0	A	0	0	A	t	0	<b>Kat. 4</b>	55 - 60	1
A	t	A	t	t	t	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 5</b>	45 - 54	7
A	t	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 6</b>	27 - 44	9
A	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 7</b>	20 - 26	10
t	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Kat. 8</b>	10 - 19	6

A	Verkehrsmittel in allen Agglomerationen vorhanden
t	Verkehrsmittel teilweise vorhanden
0	Verkehrsmittel nicht vorhanden

Quelle: Eigene Untersuchungen; Einwohnerzahlen: [BfS, 2000]

### 2.3.3 Nachfrage: Pendlerverhalten und Motorisierungsgrad

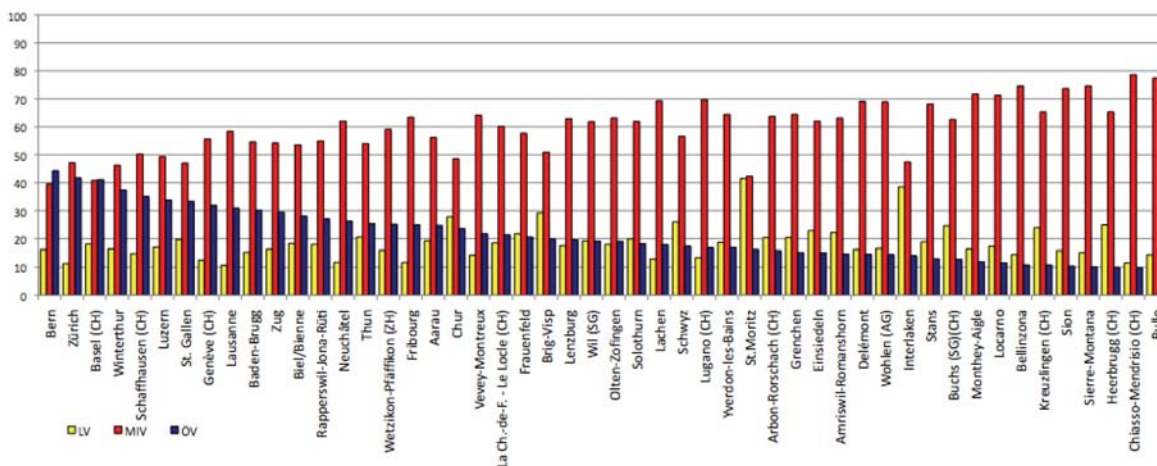
Drei Kennwerte vermögen das Nachfrageverhalten in einer Agglomeration zu charakterisieren:

- Verkehrsmittelanteile (aus der Pendlerstatistik [BfS, 2008], Berechnungsbasis Zupendler nach Agglomerationen). Diese sind stark von strukturellen Gegebenheiten der jeweiligen Agglomeration abhängig. Daher wird der Modal Split auch in Zusammenhang mit den Bevölkerungszahlen und der Siedlungsdichte betrachtet.
- Motorisierungsgrad (aus dem Agglomerations-Benchmark [ARE, 2004a/b])
- Zeitbedarf für den Arbeitsweg (aus dem Agglomerations-Benchmark [ARE, 2004a/b])

Da hierbei die Daten nicht verkehrsmittelscharf verfügbar sind, sondern lediglich nach Modus (LV, ÖV, MIV), wird hierbei zunächst die Gliederung in 4 Grössenklassen wie in Abschnitt 2.2 verwendet.

### Verkehrsmittelanteile

Die Verkehrsmittelanteile der Pendler betragen im Mittel 57 % beim MIV, 27 % beim ÖV und 16 % im Langsamverkehr (Abbildung 7). Der MIV-Anteil der Agglomerationen liegt zwischen 40 und 78 %. Dabei sind insbesondere die Anteile in der italienischen Schweiz mit über 70 % bemerkenswert hoch. Der ÖV-Anteil beträgt zwischen 8 % (Bulle) und 44 % (Bern). Dabei liegt er in Agglomerationen mit hohen Einwohnerzahlen und grossen „virtuellen Radien“ über dem Mittel aller Agglomerationen (27%). Beim Langsamverkehr treten insbesondere bei den kleinsten Agglomerationen und Einzelstädten hohe Anteile von bis zu 42 % auf. In der Deutschschweiz liegt der Anteil Langsamverkehr höher als in den anderen Sprachgebieten.



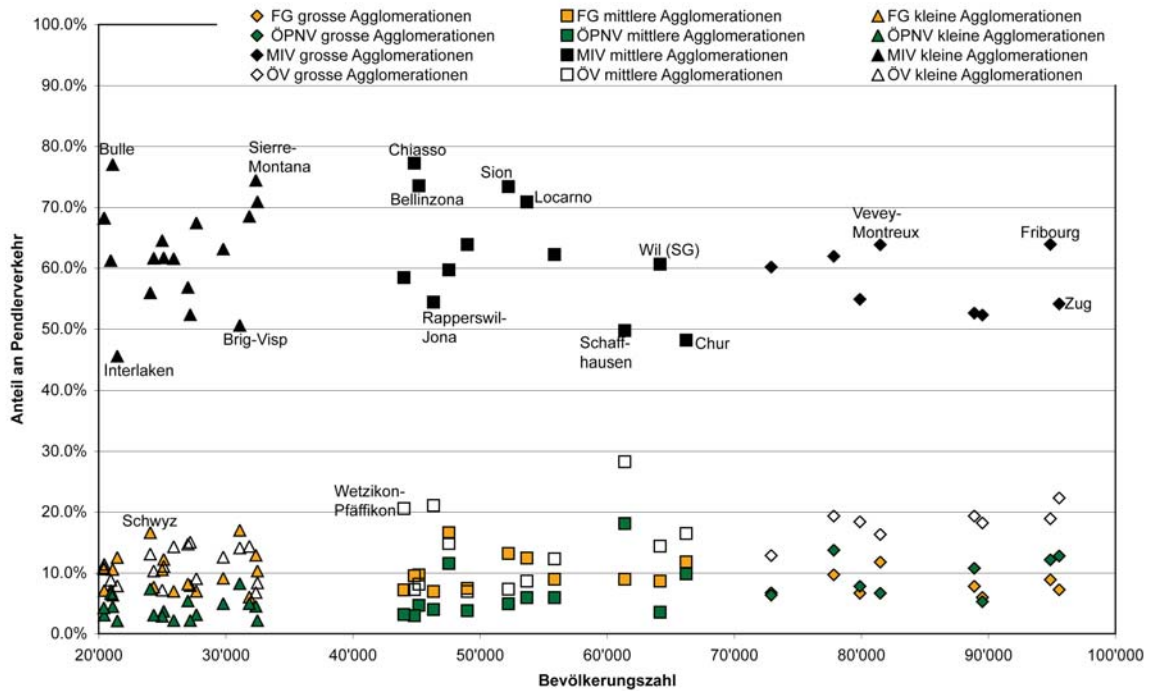
Quelle: BfS, 2000

Abbildung 7 Verkehrsmittelanteile der Pendler je Agglomeration

### Modal Split Pendlerverkehr und Bevölkerungszahl

In Abbildung 8 wird der Modal Split des Pendlerverkehrs in Abhängigkeit der Bevölkerungszahl am Beispiel von Agglomerationen mit EW < 100'000 dargestellt. Die einzelnen Grössenkatégorien sind deutlich erkennbar. Der Fussgänger-Anteil am Pendlerverkehr in den kleinen und mittleren Agglomerationen ist stets höher als der ÖPNV-Anteil (mit Ausnahme von Schaffhausen). Werden auch Bahn-Pendler berücksichtigt, können noch dreizehn Agglomerationen identifiziert werden, welche mehr FG- als ÖV-Pendler aufweisen. In absteigender Reihenfolge sind dies: Sierre-Montana, Sion, Interlaken, Bulle, Locarno, Schwyz, Kreuzlingen, Brig-Visp, Chiasso-Mendrisio, Monthey-Aigle, La Chaux de Fonds, Bellinzona, Grenchen. Diese Agglomerationen zeichnen sich auch dadurch aus, dass die Pendler einen durchschnittlichen Zeitbedarf von unter 16 min für ihren Arbeitsweg ausweisen (aus Abbildung 49 in Anhang).

Bei den grossen Agglomerationen (z.B. Zug, Fribourg) zeichnet sich ab, dass der ÖPNV und auch der Bahnverkehr die Fussgängeranteile ablösen.

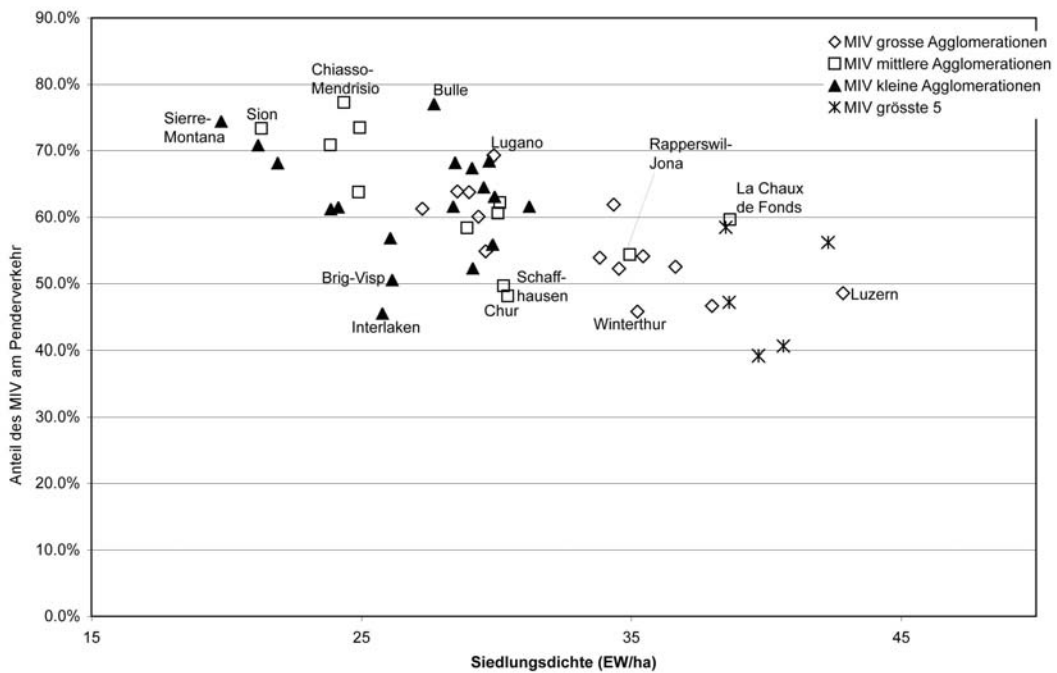


Quelle: Daten aus ARE 2004a

Abbildung 8 Modal Split Pendlerverkehr – Bevölkerung (EW<100'000)

### Modal-Split und Siedlungsdichte

Der MIV-Anteil am Pendlerverkehr nimmt mit zunehmender Siedlungsdichte und mit steigender Bevölkerungszahl ab (siehe Abbildung 9).



Quelle: Daten aus ARE 2004a

Abbildung 9 MIV-Anteil an Pendlerverkehr und Siedlungsdichte

Dabei ergeben sich für die verschiedenen Agglomerationsgrössenklassen folgende Bandbreiten des reinen MIV-Modalsplitanteiles:

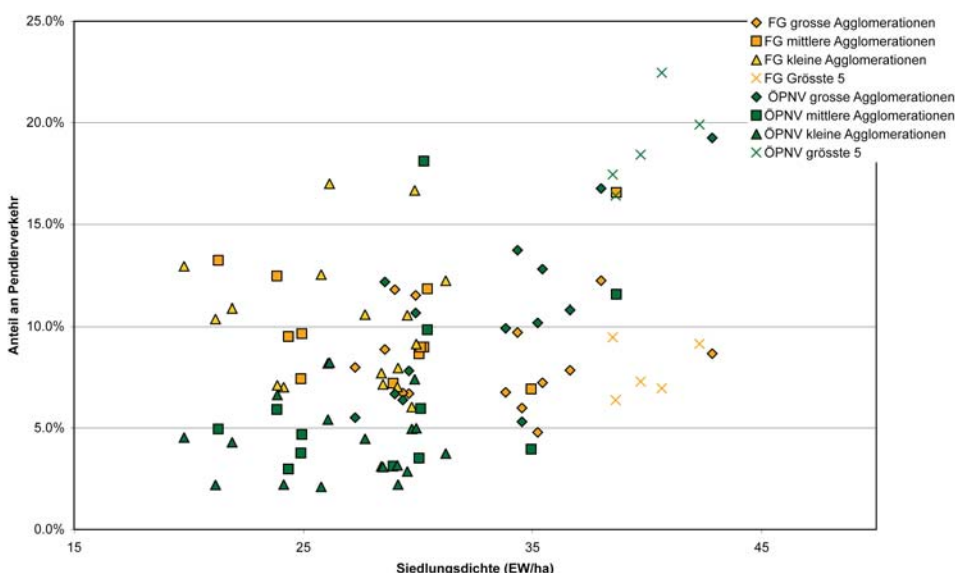
- Kleine Agglomerationen: 50%-77%
- Mittlere Agglomerationen: 48%-77%
- Grosse Agglomerationen: 46%-69%
- Grösste 5: 39%-58%

Alle Agglomerationen mit Siedlungsdichten über 30 EW/ha weisen einen MIV-Anteil von unter 62% auf. In diese Kategorie fallen die grössten fünf Agglomerationen, und eine Mehrzahl der grossen Agglomerationen, aber auch vereinzelte kleine und mittlere Agglomerationen erreichen diese Werte.

Hohe Siedlungsdichten und Parkplatzknappheit begünstigen die Nachfragebündelung und somit das Angebot des öffentlichen Verkehrs. In Kombination mit einer hohen Einwohnerzahl sind hohe ÖPNV-Anteile realisierbar (Abbildung 10). Diese liegen bei den grössten fünf Agglomerationen bei über 16%. In dieser Zahl sind die Nutzer der S-Bahn und des Fernverkehrs jedoch nicht mitberücksichtigt worden, nur der Ortsverkehr (ÖPNV), welcher teilweise in direkter Konkurrenz mit dem Langsamverkehr steht, wird betrachtet. Da der Fahrradverkehr stärker durch Topographie als durch Distanzen beeinflusst wird, wird dieser nicht in die Betrachtung einbezogen.

Die Bandbreiten des ÖPNV- und Fussgängeranteils in den verschiedenen Agglomerationsgrössenklassen sind wie folgt:

- Kleine Agglomerationen: 2%-8% ÖPNV 6%-17% FG
- Mittlere Agglomerationen: 3%-18% ÖPNV 7%-17% FG
- Grosse Agglomerationen: 5%-20% ÖPNV 5%-12% FG
- Grösste 5: 16%-23% ÖPNV 6%-10% FG



Quelle: Daten aus ARE 2004a

Abbildung 10 ÖPNV und FG-Anteil am Pendlerverkehr und Siedlungsdichte

In Agglomerationen mit weniger als 32'000 Einwohnern (kleine Agglomerationen) steigt der ÖPNV-Anteil unabhängig von der Siedlungsdichte nie über 8%. Dahingegen liegen die ÖPNV-Anteile bei den grössten fünf Agglomerationen bei über 16%. Zusätzlich ist auch hier die Tendenz sichtbar, dass dichte Agglomerationen höhere ÖPNV-Anteile generieren.

### **Motorisierungsgrad**

Der Motorisierungsgrad variiert für die Agglomerationen zwischen 420 - 630 PW/1'000 EW und beträgt im Schnitt 501 PW/1'000 EW. In der italienischsprachigen Schweiz ist der Motorisierungsgrad mit 599 PW/1'000 EW überdurchschnittlich hoch.

### **Zeitbedarf für Arbeitsweg**

Der mittlere Zeitbedarf für den Arbeitsweg variiert bei den Agglomerationen zwischen 10 und 23 Minuten (Mittelwert: 17 Minuten). Am kleinsten sind die Zeitbedarfe in Berggebieten. So brauchen in St. Moritz 80 % der Pendler weniger als 16 Minuten für den Arbeitsweg. In Zürich sind dies hingegen nur 33 % der Pendler.

## **2.3.4 Auswirkungen der Nachfrage**

Aus der Nutzung des Verkehrsmittelangebotes resultieren die verschiedenen Auswirkungen auf Verkehrssystemnutzer, Anwohner sowie die Allgemeinheit. Diese manifestieren sich auf verschiedene Weise. Als besonders aussagekräftige Messgrössen werden daher Staus, Unfallzahlen, Luftschadstoffe sowie die Verkehrsausgaben bzw. externe Kosten der Allgemeinheit herangezogen.

### **Stau**

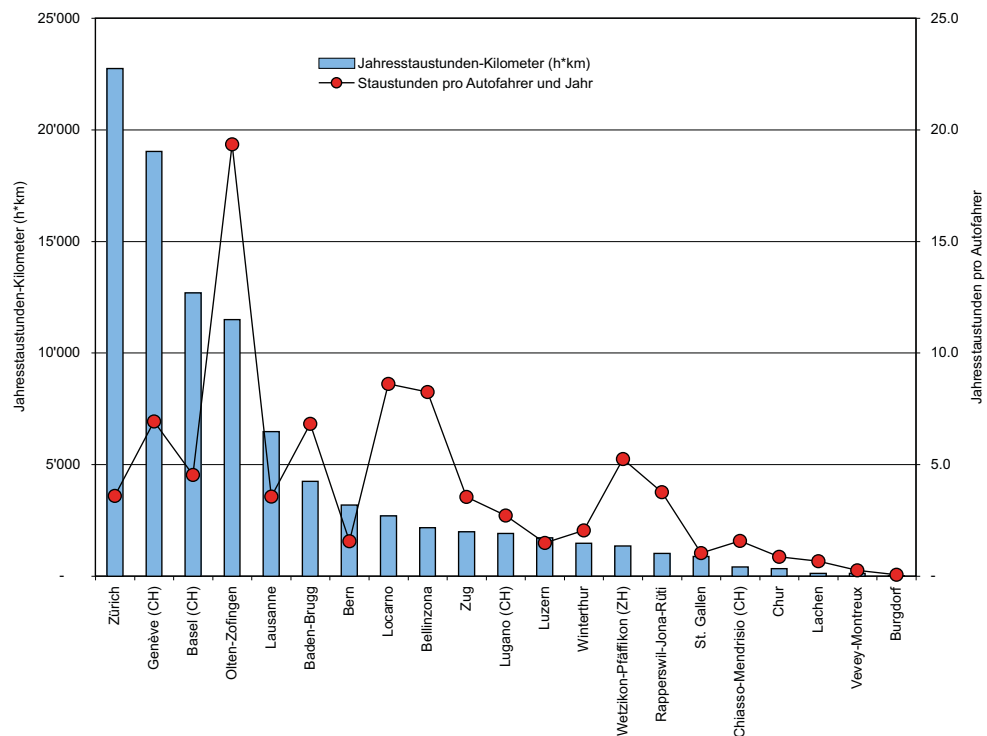
Aufgrund der grossen Verkehrsnachfrage treten vor allem in den grössten Agglomerationen viele Staustunden auf den Strassen auf. Gerade in diesen Agglomerationen ist der ÖV-Anteil der Pendler auch überdurchschnittlich hoch.

Durch die hohe Nachfrage und die Stausituationen sowie das vorhandene ÖV-Angebot benutzen viele Pendler den ÖV. Gemäss Agglomerations-Benchmark wurden beispielsweise im Jahr 2002 in der Agglomeration Zürich 22'700 Staustunden-Kilometer auf Strassen gesamtschweizerischer Bedeutung erreicht (vgl. Abbildung 11). Die beiden Agglomerationen Olten-Zofingen und Baden-Brugg liegen hinsichtlich Jahresstaustunden im Bereich der grössten fünf Agglomerationen.

Bei der Umrechnung auf den einzelnen Autofahrer ergeben sich für Zürich 3.6 Staustunden pro Jahr. Mit Abstand am grössten ist dieser Wert in der Agglomeration Olten-Zofingen, wo er 19 Staustunden pro Autofahrer und Jahr beträgt. Ansonsten liegen alle Werte unter 9 Staustunden. Diese Angaben sind nur für 21 der 55 Agglomerationen vorhanden.

*Wieso sind die Autofahrer in Olten so sehr von Staustunden geplagt?* Der MIV-Anteil am Pendlerverkehr beträgt 61% und liegt somit im schweizerischen Durchschnitt. Die Verkehrsfläche liegt im Rahmen vergleichbarer Agglomerationen dieser Grösse, doch es zeigt sich, dass Olten-Zofingen eine deutlich geringere Siedlungsdichte aufweist. Grund dafür könnten die topographischen Verhältnisse sein. Das daraus resultierende Strassen-

netz sowie die Autobahnen in diesem Bereich, welche durch die übergeordnete Nachfrage zusätzlich belastet sind können die MIV-Nachfrage nicht in ausreichendem Masse bewältigen. Ein Ausweichen auf andere Verkehrsträger scheint in Anbetracht des relativ geringen ÖV-Anteils (8% Bahn und 6% ÖPNV) keine ansprechende Alternative für die Verkehrsteilnehmer zu sein. Vermutlich tritt aber auch ein statistischer Effekt auf: Die häufigen Staus auf der A1 in dieser Region wurden der Agglomeration belastet.



Quelle: Daten aus ARE 2004a  
Grenznahe Agglomerationen jeweils ohne Ausland

Abbildung 11 Jahresstaustundenkilometer und Stau je Autofahrer

Deutlicher wird der Einfluss der übergeordneten MIV-Nachfrage in der Agglomeration Baden-Brugg. Trotz einem vergleichsweise geringen MIV-Anteil am Pendlerverkehr von 54% und durchschnittlicher Siedlungsdichte und Verkehrsfläche, liegen die Staustunden pro Autofahrer an schweizweit fünfter Stelle.

Dahingegen unterscheiden sich die Agglomerationen Bellinzona und Locarno von diesen Agglomerationen durch ihren hohen MIV-Anteil von über 70%. Dieser hohe Anteil kann teilweise auf die geringe Siedlungsdichte und Einwohnerzahlen der mittleren Agglomerationsgrösse zurückgeführt werden, welche die Qualität des ÖV-Angebotes beeinflussen. Allerdings verfügt Locarno über keine Autobahn und ist aufgrund der Topographie eingengt.

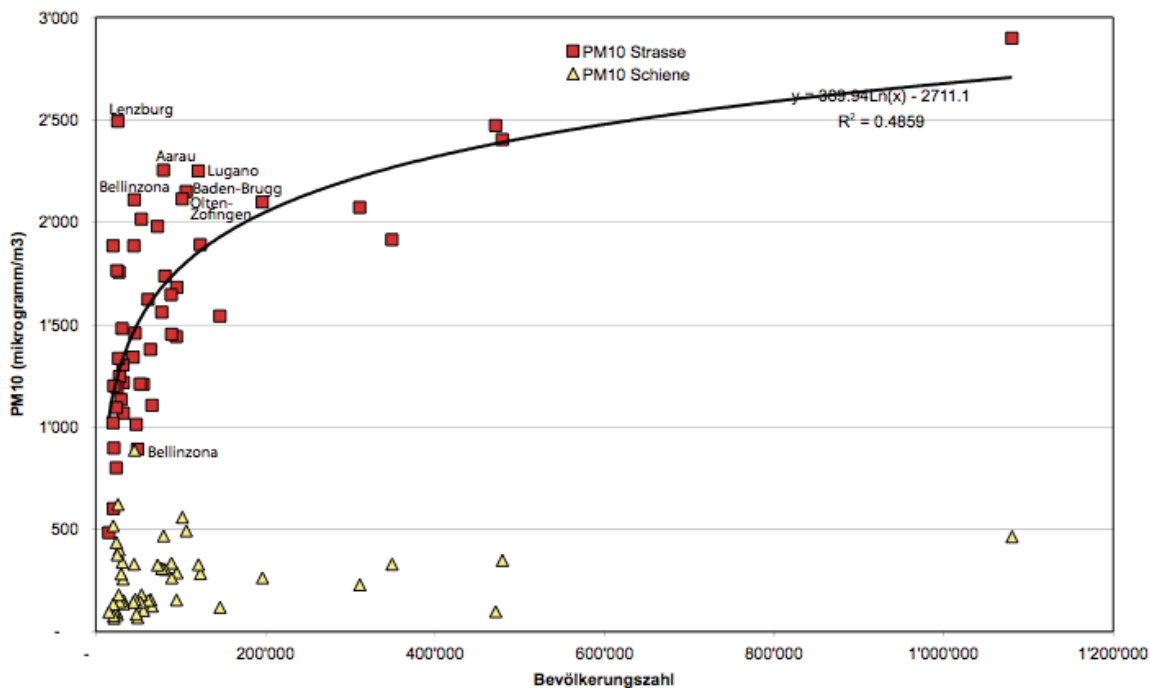
Für die ebenfalls mittlere Agglomeration Wetzikon-Pfäffikon ist der fehlende Hochleistungsstrassenanschluss ein möglicher Einflussfaktor auf die hohe Anzahl Staustunden.

## Unfälle

Die Anzahl Verunfallter in den Agglomerationen bewegt sich zwischen 2.9 und 7.7 Toten und Verletzten pro tausend Einwohnern und Jahr. Der Mittelwert beträgt 4.4. Am höchsten ist die Unfallrate in den Agglomerationen des Tessins.

## Luftschadstoffe

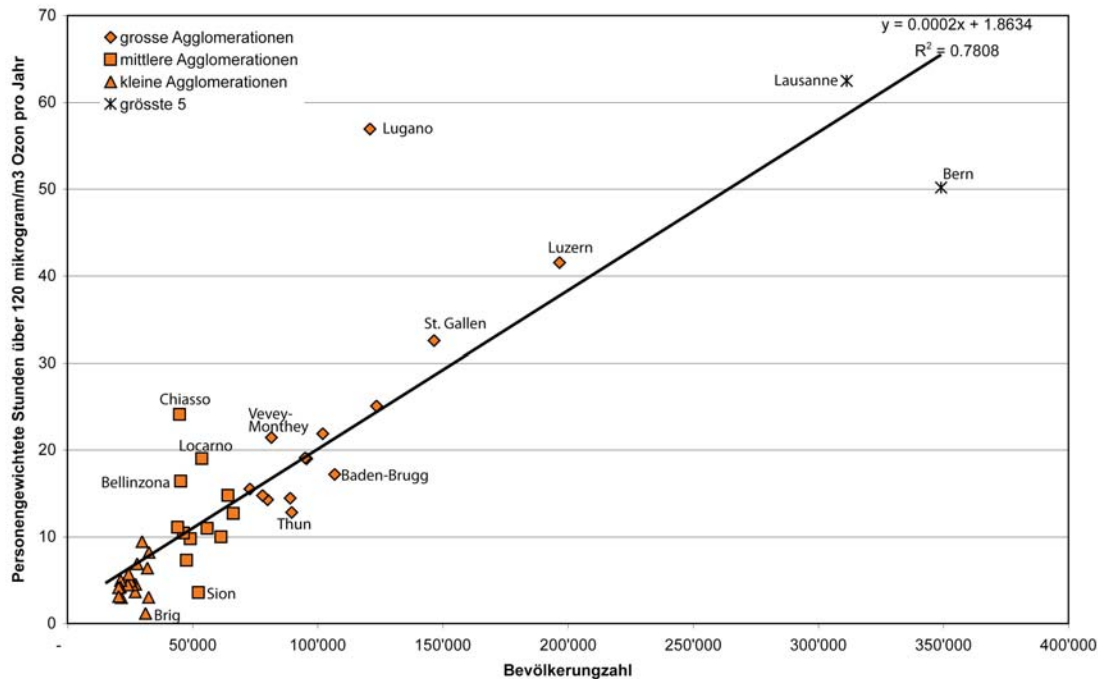
Die durch Strassen- und Schienenverkehr verursachten PM10-Immissionen wurden für das Jahr 2002 mit 580 (St. Moritz) bis 3'300 mg/m<sup>3</sup> (Zürich) angegeben [ARE, 2004a]. Die Konzentrationen liegen in grossen Agglomerationen prinzipiell höher als in kleinen (vgl. Abbildung 12). Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, sind einige kleinere und mittlere Agglomerationen dennoch überproportional belastet. Der Ausreisser im Schienenverkehr betrifft die Agglomeration Bellinzona, die stark durch den Güterverkehr betroffen ist. Im Strassenverkehr sind dies insbesondere die Mittelland-Agglomerationen zwischen Bern und Zürich sowie wiederum die Agglomerationen im Tessin, die überproportionale PM-10 Immissionen aufweisen.



Quelle: Daten aus ARE 2004a

Abbildung 12 PM10-Immissionen für Strassen- und Schienenverkehr

Bezüglich effektiver Ozonwerte sind die vier Agglomerationen im Tessin am stärksten belastet. Dort wird die Ozon-Konzentration von 120 Mikrogramm pro Kubikmeter an 355 bis 538 Stunden pro Jahr überschritten. Werden Ozonwerte mit den betroffenen Bevölkerungszahlen in Zusammenhang betrachtet, ergibt sich das Bild aus Abbildung 13. Walliser Agglomerationen weisen demnach eine deutlich geringere Ozonbelastung auf, während Agglomerationen im Tessin überdurchschnittlich belastet sind.



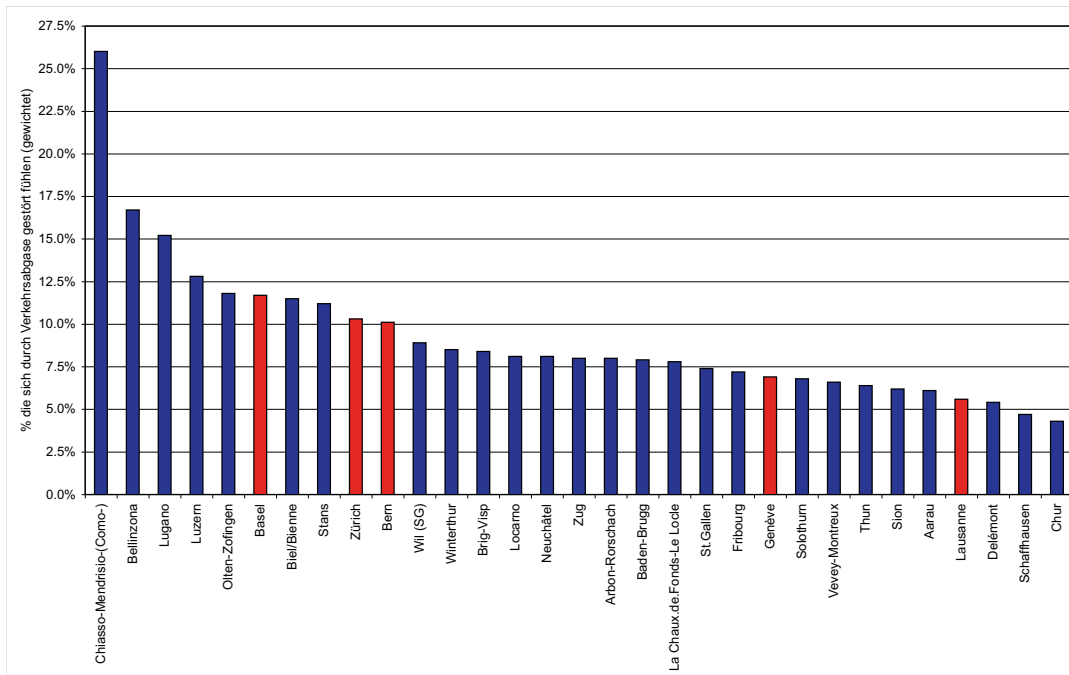
Quelle: Daten aus ARE 2004a (Zürich, Basel und Geneve nicht dargestellt)

Abbildung 13 Ozonwerte Ozonbelastung und Bevölkerung

### Subjektive Bewertung der Verkehrsauswirkungen

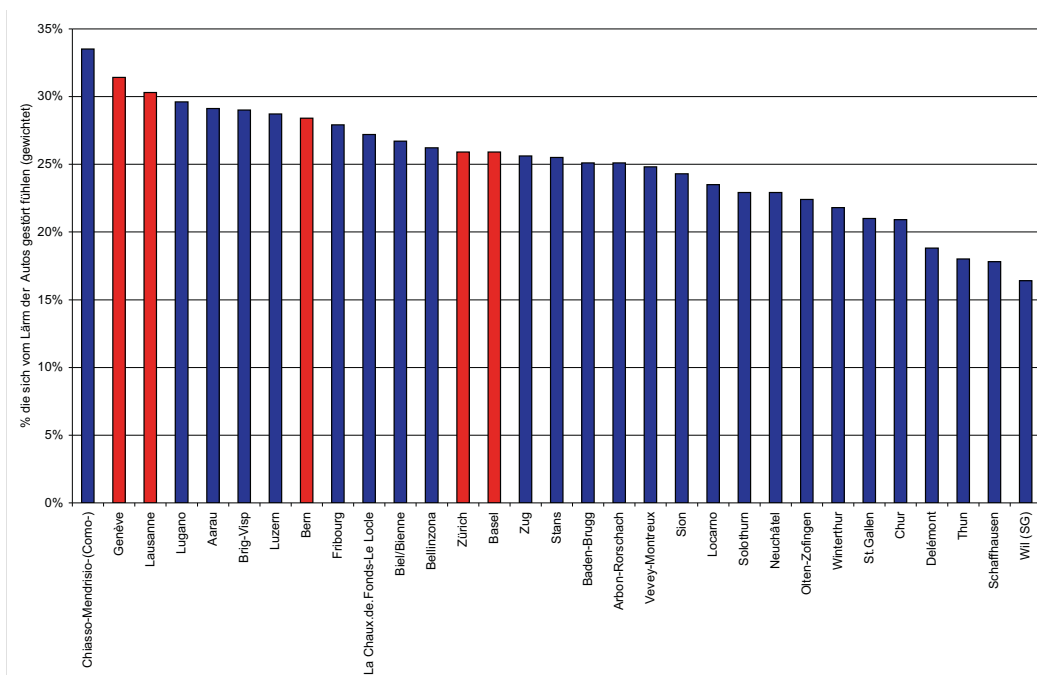
Die in Abbildung 14 dargestellten Werte der subjektiven Beurteilung der Abgasbelastung zeigen, dass sich die Bevölkerung der Tessiner Agglomerationen am stärksten gestört fühlt. Dies deckt sich mit der effektiven hohen Luftbelastung im Tessin. Die Bevölkerung der grossen Agglomerationen nimmt die dort hohe Luftbelastung nicht in gleichem Masse wahr. Es sind hier Gewöhnungseffekte vorstellbar.

Bezüglich subjektiver Beeinträchtigungen durch Strassenlärm liegt Chiasso-Mendrisio wiederum an erster Stelle (Abbildung 15), gefolgt von den grossen Agglomerationen in der Westschweiz. Strassenlärm wird von einem höheren Prozentsatz der Bevölkerung als Belastung empfunden als die Luftimmissionen. Eine nahe liegende Erklärung ist die deutlich bessere Wahrnehmung von Lärm.



Quelle: Daten aus ARE 2004a

Abbildung 14 Subjektive Beurteilung der Abgasbelastung



Quelle: Daten aus ARE 2004a

Abbildung 15 Subjektive Beurteilung der Lärmbelastung durch Strassenverkehr

### Verkehrsausgaben

Volkswirtschaftlich relevante Verkehrskosten fallen in vier wesentlichen Kostenstellen an [BfS, 2006]:

- Verkehrsmittel (Fahrzeuge, Fahrerkosten etc.),
- Verkehrsinfrastruktur (Verkehrswege und deren Steuerung),

- Sicherheit (Unfallfolgekosten),
- Umwelt (Kosten aus der Beeinträchtigung der Umwelt).

Diese Kosten werden entweder von den Benützern der Verkehrssysteme direkt bezahlt oder sie sind von Dritten zu tragen; man spricht je nach Zusage von sogenannten internen oder externen Kosten [Danielli, 2007]. Interne Kosten werden von den Benützern der Verkehrsleistung und deren Lieferanten direkt bezahlt. Externe Kosten werden von Dritten, respektive der Allgemeinheit, getragen.

Unter die externen Kosten fallen insbesondere ([BfS, 2007]):

- Unfälle (immaterielle Kosten, Produktionsausfall, Polizei, Rechtsfolgekosten),
- Gebäudeschäden durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung,
- Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung,
- Lärm (Mietzinsausfälle, Gesundheitsschäden),
- Natur und Landschaft (Verluste und Fragmentierung von Habitaten),
- Klimaänderungen.

In der Schweiz betragen die volkswirtschaftlichen Kosten des Verkehrs rund 75 Mia. CHF, bei einem Bruttoinlandprodukt von 435 Mia. CHF (Stand 2003, Bundesamt für Statistik). Diese setzen sich im einzelnen wie folgt zusammen (Tabelle 5):

	Strasse		Schiene		Total	
	[Mia.CHF/a]	[%]	[Mia.CHF/a]	[%]	[Mia.CHF/a]	[%]
Für Verkehrsmittel	42.9	66	5.5	53	<b>48.4</b>	<b>64</b>
Für Infrastruktur	7.1	11	4.3	42	<b>11.4</b>	<b>15</b>
Für Sicherheit	10.2	16	0.1	1	<b>10.3</b>	<b>14</b>
Für Umwelt	4.9	8	0.4	4	<b>5.3</b>	<b>7</b>
<b>Volkswirtschaftliche Gesamtkosten</b>	<b>65.1</b>	<b>86</b>	<b>10.3</b>	<b>14</b>	<b>75.4</b>	<b>100</b>
Kostendeckungsgrad mit Abgeltungen für gemeinwirtschaftliche Leistungen	92 %		93 %			
Kostendeckungsgrad ohne Abgeltungen für gemeinwirtschaftliche Leistungen	90 %		64 %			

Quelle: [BfS, 2003]

Zum Vergleich wurden für Deutschland jährliche externe Kosten von 80.4 Mia EUR ermittelt, welche zu 76.1 % auf den Strassenpersonenverkehr, zu 19.6 % auf den Strassengüterverkehr, zu 3.1 % auf den Bahnverkehr, zu 0.6 % auf die Luftfahrt und zu 0.5 % auf die Binnenschifffahrt entfallen (Stand 2005, [INFRAS, 2007]).

Ableitend aus Tabelle 5 können unter Einbezug der jeweiligen Fahr- bzw. Beförderungsleistungen die spezifischen Kosten für MIV und ÖV bestimmt werden (Tabelle 6).

	MIV	ÖV-Strasse	ÖV-Schiene
Personenverkehr	50 Rp./Pkm	54 Rp./Pkm	40 Rp./Pkm
Güterverkehr		57 Rp./tkm	27 Rp./tkm

Quelle: [BFS, 2003]

Trotz aller Unterschiede sind die volkswirtschaftlichen Kosten aller Verkehrsmittel bezogen auf die Verkehrsleistung bemerkenswerterweise sehr ähnlich. Es unterscheidet sich vorab die Aufteilung der Kosten auf die Nutzer der Leistungen einerseits und die Allgemeinheit andererseits.

### 2.3.5 Zusammenfassung

#### Siedlungsstrukturbasierte Kategorien

Die schweizerischen Agglomerationen lassen sich auf zwei Weisen typisieren, wie in Tabelle 7 illustriert wird. Zunächst wurde eine Einteilung basierend auf Siedlungs- und bevölkerungsstrukturellen Kriterien hergeleitet, die vier Kategorien bezüglich des Verkehrspotentials ergibt. Diese grobe Typisierung lässt sich unter Berücksichtigung der eingesetzten Verkehrsmittel weiter unterteilen in acht Kategorien.

	Anzahl	Einwohner	Siedlungsdichte (EW/ha)	Virtueller Radius (km)	Strukturtyp	Kerndichte	Verkehrsmittelbasierte Kategorie
<b>Kleine Agglomerationen</b>	19	< 32'000	20-31	1.5-2.3	S1,S3,S4,S5	>100	8
							7
							6 <sup>1</sup>
<b>Mittlere Agglomerationen</b>	12	44'000-66'000	21-39	2.0-2.8	S1,S2,S3,S5	>450	5
							4
<b>Grosse Agglomerationen</b>	14	73'000-197'000	27-38	2.7-3.8	S2,S3,S4	>1'250	3 <sup>2</sup>
							2
<b>Grösste fünf Agglomerationen</b>	5	311'000-1.1mio	39-42	5.1-9.4	S2,S3	>1'500	1
<i>Durchschnitt CH</i>		105'600	30	2.8			

Quelle: Eigene Darstellung

<sup>1</sup> Beinhaltet Wetzikon-Pfäffikon mit 44'000 EW

<sup>2</sup> Beinhaltet Chur, Will (SG), Schaffhausen (CH) mit 66'000, 64'000, 61'000 EW, respektive

**Kleine Agglomerationen:** Agglomerationen dieser Grössenklasse befinden sich mehrheitlich in topographisch schwierigen Lagen. Eine Folge daraus sind geringere Siedlungsdichten. Das Angebot des öffentlichen Verkehrs beschränkt sich oft auf Regionalbahn und Bus. Das Hauptverkehrsmittel ist der MIV. Aufgrund der relativ geringen Siedlungsgrössen hat der Fussgängerverkehr in Vergleich zum öffentlichen Verkehr einen leicht höheren Anteil.

**Mittlere Agglomerationen:** Diese liegen mehrheitlich in den Haupttälern des Alpenraumes oder am Rande von Wirtschaftsräumen. Diejenigen Agglomerationen, die am Rande des Wirtschaftsraumes Zürich liegen sowie

die Tessiner Agglomerationen weisen erste Kapazitätsengpässe auf. Dies erstens aufgrund einer starken übergeordneten Nachfrage und zweitens aufgrund eines hohen Motorisierungsgrades.

**Grosse Agglomerationen:** Die grossen Agglomerationen liegen hauptsächlich im Mittelland und ausschliesslich an MIV- und ÖV-Hauptachsen. Der Binnenverkehr wird durch die überregionale Verkehrsnachfrage überlagert. Daraus ergeben sich Kapazitätsengpässe auf den verschiedenen Verkehrsträgern, was sich beispielsweise am im Vergleich zu mittleren Agglomerationen geringeren MIV-Anteil, resp. hohen ÖV-Anteil spiegelt. Die Grösse und Dichte dieser Agglomerationsklasse erlaubt, respektive erfordert, ein ÖV-Angebot, welches S-Bahn als Grobverteiler sowie Busysteme als Feinverteiler umfasst.

Die **grössten fünf Agglomerationen** Zürich, Basel, Genf, Bern und Lausanne unterscheiden sich durch ihre Bevölkerungsgrösse und Siedlungsfläche von den anderen grossen Agglomerationen. Das Verkehrsangebot deckt regionale, nationale und internationale Beziehungen ab. Zusätzlich zu dem dichten S-Bahnangebot, welches an den Grenzen bezüglich Sitz- und Stehplatzkapazitäten und auch bezüglich Trassenkapazitäten operiert, werden in den Zentren dieser Agglomerationen teilweise MIV-unabhängige Systeme eingesetzt (Stadtbahn, Tram, in Lausanne U-Bahn). Generell sind Einwohner dieser Agglomerationen überproportional stark von den negativen Auswirkungen des Verkehrs betroffen, da sowohl das MIV-Netz als auch die ÖV-Systeme zu Hauptverkehrszeiten überlastet sind.

### **Verkehrssystembasierte Kategorien**

Diese vier Kategorien lassen sich bei Betrachtung des Verkehrsmiteleinsetzes weiter ausdifferenzieren in acht verkehrssystembasierte Agglomerationskategorien, die ebenfalls anhand der Einwohnerzahlen gestuft sind. Innerhalb einer Kategorie herrschen bestimmte Strukturmuster vor, die in oftmals ähnliche Anforderungen an den Verkehrsmiteleininsatz münden. Dabei sollen die Grenzen nicht als harte Limiten verstanden werden, auch schon weil sich die Einwohnerzahlen laufend ändern. Dies zeigt sich bereits daran, dass sich vier Agglomerationen nicht eindeutig mit beiden Kategoriensystemen übereinstimmend zuordnen lassen. Vielmehr sollen diese Grenzen zusammen mit den weiteren strukturellen Kriterien Anhaltspunkte dazu geben, in welchem Bereich eine gegebene Agglomeration im Hinblick auf ihre Verkehrspotentiale und –bedürfnisse liegt.

#### **Kategorie 1 – Agglomerationen mit internationaler Bedeutung**

Dies sind in jeder Hinsicht die grössten Agglomerationen der Schweiz, teilweise verfügen sie auch über bedeutende Einzugsgebiete im Ausland. Durch die räumliche Ausdehnung und hohe Siedlungsdichten stellen diese Agglomerationen höchste Ansprüche an ihre Verkehrssysteme.

#### **Kategorie 2 – Überkantonale Zentren**

Die Gruppe besteht aus Agglomerationen, deren Einzugsgebiet über den Kanton des Hauptortes hinaus geht. Im Vergleich mit den grössten fünf Agglomerationen ist das Kerngebiet jedoch weniger dicht genutzt und auch in der Ausdehnung kleiner.

### **Kategorie 3-4 – Kantonale Zentren**

Diese Agglomerationen sind wichtige Zentren innerhalb ihrer respektiven Kantone und in den meisten Fällen ist ihre Kernstadt die Kantonshauptstadt. Verglichen mit den überkantonalen Zentren sind Siedlungsdichte und virtuelle Radien meist bedeutend niedriger.

### **Kategorien 5-8 – regionale und lokale Zentren**

Agglomerationen dieser Kategorien fügen sich meist in die Netze und Strukturen der übergeordneten Agglomerationen ein.

### 3 Zielsetzungen des künftigen Verkehrsmitelesatzes

Aus dem dargelegten Umfeld der Agglomerationen sollen sich die Entscheidungen zum Verkehrsmitelesatz sinnvoll ableiten lassen. Dazu sind zunächst die Ziele des Verkehrsmitelesatzes zu definieren sowie die Grenzen des Handlungsspielraumes darzustellen. Im Anschluss daran können die konkreten Messgrößen entwickelt werden, die sich für die Planung, Bewertung und Erfolgskontrolle eignen.

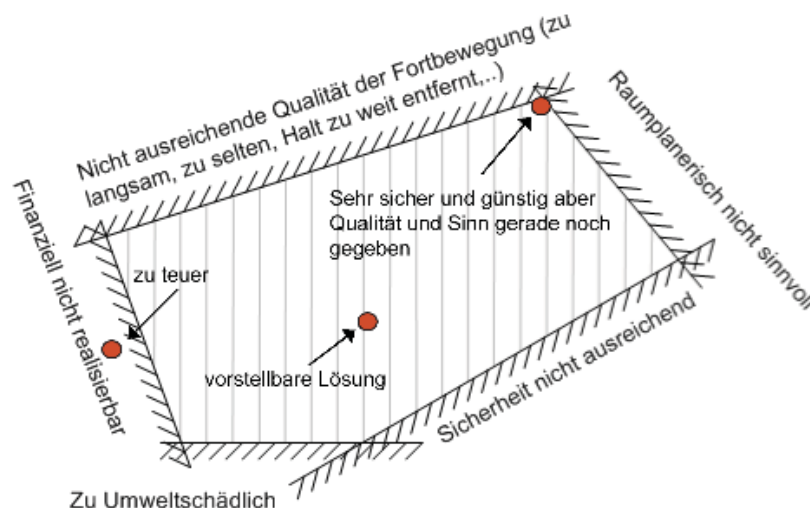
#### 3.1 Entwicklung des Zielsystems

##### 3.1.1 Ausgangslage: Ressourcenkonkurrenz

In Agglomerationen herrscht aufgrund der hohen Nutzungsdichte eine generelle Ressourcenknappheit, insbesondere auch in der Verkehrser-schließung. Jeder Entscheidungsprozess besteht damit letztlich in der Zuteilung dieser knappen Güter nach gesellschaftlich fairen Regeln und Prioritäten.

Der Begriff der „Ressource“ ist dabei weit zu verstehen. Beispielhaft stehen etwa:

- Raum: Zur Verfügung stellen von Platz für die Verkehrsmittel.
- Zeit: Zuteilung von Slots auf Strecken und in Knoten.
- Umweltgüter: Ruhe, unkontaminierte Luft.
- Sicherheit: Versehrtheit der eigenen Person.
- Finanzen: Investitions- und Betriebsmittel für die Verkehrssysteme.



Quelle: [eigene Darstellung]

Abbildung 16 Randbedingungen und Lösungsraum

Abbildung 16 illustriert konzeptionell diese fünf Randbedingungen und den Lösungsraum, der sich daraus ergibt. Es ist auch ersichtlich, dass es kaum möglich ist, alle Randbedingungen optimal zu erfüllen, vielmehr gilt

es in der Planung die richtige Balance zu finden.

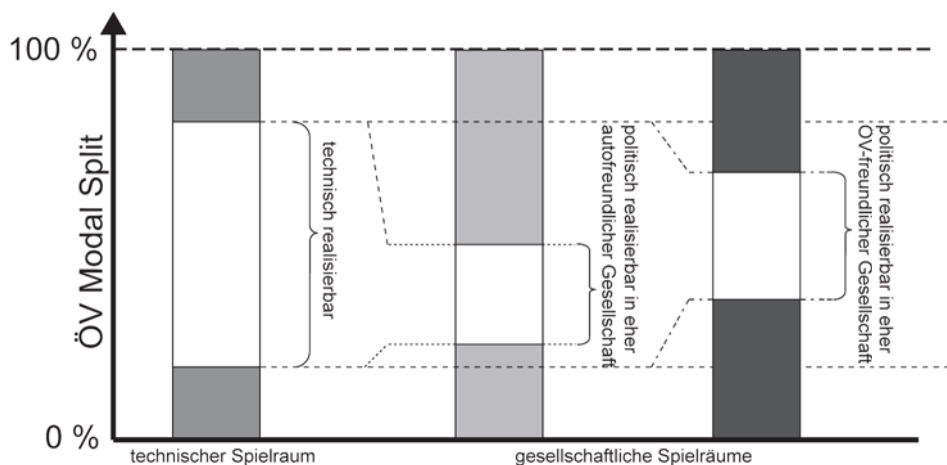
Der postulierte wesensgerechte Verkehrsmiteinsatz in einer Agglomeration soll die Erschließungsqualität maximieren und gleichzeitig den Ressourcenkonsum minimieren.

Die Wesensgerechtigkeit im Verkehrsmiteinsatz leitet sich somit aus denjenigen Merkmalen ab, welche ein bestimmtes Verkehrsmittel als besonders für eine gegebene Anwendung geeignet herausstellen:

1. Qualität und Kapazität der Leistungen,
2. Ressourcenkonsum.

### 3.1.2 Anforderungen an die Agglomerationsverkehrspolitik

Je besser die Mobilitätsbedürfnisse einer Agglomeration erfüllt sind, desto höher ist ihre Standortgunst. Die Gesellschaft investiert dazu Ressourcen in die Verkehrssysteme, diese stehen jedoch in Konkurrenz zu anderen Bedürfnissen. Jede Ressource hat mithin einen monetären und / oder gesellschaftlichen Preis. Die Preise bilden sich im politischen Aushandlungsprozess und unterscheiden sich daher von Agglomeration zu Agglomeration. Zudem sind sie im Zeitverlauf nicht stabil, sondern verändern sich je nach den Umständen. So wird der technisch vorstellbare Handlungsspielraum auf den realisierbaren begrenzt, der von der Gesellschaft und ihrer Politik bestimmt wird. Dies ist in Abbildung 17 generisch anhand des ÖV Modal Splits illustriert.



Quelle: [eigene Darstellung]

Abbildung 17 generische Darstellung des technischen und politisch bedingten Handlungsspielraums

Dies bedingt bei jeder Agglomerationsverkehrsplanung zunächst die Klärung der zweier Fragen:

- Welches sind die massgebenden Ziele?
- Welches sind die relevanten Ressourcen?

Letzteres leitet sich aus ersterem ab. Die massgebenden Ziele basieren auf den drei Grundaufgaben des Staates, wie sie in ([Weidmann, 2006b]) beschrieben sind:

- Leistung: Leistungsziele in Wirtschaftspolitik, Sozialpolitik, Raumordnungspolitik.

- Schutz: Schutzziele in der Sicherheitspolitik, Gesundheitspolitik, Umweltpolitik.
- Ressourcen: Ressourcenziele in der Finanzpolitik.

Diese Aufgaben stehen in einer natürlichen Zielkonkurrenz zueinander, nicht nur in Fragen der Verkehrspolitik und Verkehrsplanung. Abgeleitet aus diesen Kernaufgaben werden hier für den Agglomerationsverkehr die verkehrspolitischen Teilanforderungen definiert, welche untereinander zu gewichten sind (Tabelle 8):

Politikbereich	Generelle Zielsetzungen	Teilforderungen an Agglomerationsverkehr
<b>Leistungsziele</b>	Wirtschaftspolitik	Maximierung der volkswirtschaftlichen Wertschöpfung  Leistungsfähige, zuverlässige und kostengünstige Verkehrsangebote; ordnungspolitisch klare Regelung des Verkehrs. Sicherstellung einer hohen Standortgunst für Industrie- und Dienstleistungsunternehmen.
	Sozialpolitik	Maximierung der Wohlfahrt für alle Menschen  Hebung der Lebensqualität im öffentlichen Raum. Sicherstellung der Grundmobilität unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen von Behinderten, alten Menschen und Kindern.
	Raumordnungs- politik	Ausgewogene Entwicklungsmöglichkeiten für alle Regionen und Stärkung des territorialen Zusammenhaltes  Flächendeckendes Netz bis in die Peripherie der Agglomeration. Leistungsfähige Erschliessung des Agglomerationskerns. Minimierung des Raumbedarfs und Optimierung der städtebaulichen Wirkungen.
<b>Schutzziele</b>	Sicherheitspolitik	Schutz von Leib und Leben  Minimale Gefährdung des Menschen durch den Verkehr. Gewährleistung der Personensicherheit im Verkehr.
	Gesundheitspolitik	Maximierung des gesundheitlichen Wohlergehens der Menschen  Minimierung der Immissionen durch Schall, Erschütterung, Luftverunreinigung, weitere Schadstoffe und elektromagnetische Einwirkungen.
	Umweltpolitik	Minimierung der Nutzung natürlicher Güter und des Ausstosses von Emissionen  Minimierung der Emissionen von Abgasen, Abwässern, Lärm, Erschütterung und Strahlung; Minimierung des Energieaufwandes.
<b>Ressourcenziele</b>	Finanzpolitik	Maximierung der Effektivität öffentlicher Mittel und Sicherstellung ausgeglichener öffentlicher Haushalte  Möglichst kleine, gut gestaffelte und wirtschaftliche Investitionen. Möglichst hohe Eigenwirtschaftlichkeit des Betriebes.

Quelle: Eigene Darstellung nach [Weidmann, 2006b]

### 3.1.3 Messgrößen und Indikatoren im Agglomerationsverkehr

Für die verkehrspolitischen Teilanforderungen an die Verkehrssysteme lassen sich nun Indikatoren und quantifizierte Zielgrößen definieren. Als Grundlage zur vorliegenden Studie wurde folgendes Ziel- und Indikatoren-system entwickelt (Tabelle 9). Dieses will nicht in Konkurrenz zu anderen Systemen stehen, sondern soll vorab der Verkehrsmittelbeurteilung im Sinne der vorliegenden Aufgabenstellung dienen.

	<b>Ziel</b>	<b>Messgrösse</b>	<b>Zielrichtung</b>
<b>Wirtschaftspolitik</b>	Leistungsfähigkeit der Verkehrssysteme erhöhen	Pers/h in relevanten Querschnitten (MIV/ÖV/LV) relativ zu Kapazitäten	erhöhen
		Massnahmen zur Förderung der kombinierten Mobilität (P+R, B+R, Informationsangebote etc.)	erhöhen
	Zuverlässigkeit erhöhen	Reisegeschwindigkeit	erhöhen
		Stautunden MIV	verringern
<b>Sozialpolitik</b>	Lebensqualität im öffentlichen Raum steigern	Pünktlichkeit ÖV / konstante Durchschnittsgeschwindigkeit ÖV	erhöhen
		Öffentliche Räume und Platz für LV	erhöhen
	Erschliessungsqualität des öffentlichen Verkehrs steigern	Personenzahl (Einwohner/Arbeitsplätze) im Erschliessungsradius	erhöhen
		Zeitliche Bedienung des Erschliessungsradius (Betriebszeit, Taktraster, Anschlüsse)	erhöhen
<b>Raumordnungs-politik</b>	Flächennutzung optimieren	Anteil Verkehrs- an Siedlungsfläche [%]	verringern
		Einwohnerdichte [Einwohner/ha]	erhöhen
		Verkehrsflächen je Verkehrssystem [m <sup>2</sup> ]	verringern
		Vom ÖV bediente Siedlungsfläche je Güteklasse [m <sup>2</sup> ]	erhöhen
<b>Sicherheits-politik</b>	Verkehrstote vermeiden	Tote/a	verringern
	Unfallopfer vermeiden	Verletzte/a	verringern
	Vandalismus und aggressive Akte gegen Personen verringern	Verzeigungen/a	verringern
<b>Gesundheits-politik</b>	Grenzwerte der Luftreinhaltung einhalten	Luftbelastung (PM10, CO <sub>2</sub> , etc.)	verringern
		Menge der betroffenen Personen [% der Gesamtbevölkerung Agglomeration]	verringern
	Grenzwerte des Lärms einhalten	Menge der betroffenen Personen [% der Gesamtbevölkerung Agglomeration]	verringern
<b>Umweltpolitik</b>	Emissionen verringern	Anteile Fahrzeuge mit geringem Schadstoffausstoss [%], Anteil autofreier Haushalte [%]	erhöhen
	Energieverbrauch reduzieren	Durchschn. Energieverbrauch für Mobilität je Pkm	verringern
<b>Finanzpolitik</b>	Betriebswirtschaftliche Kosten reduzieren	Deckungsgrad betriebswirtschaftliche Kosten (alle Verkehrsträger)	erhöhen
	Investitionsbedarf reduzieren	Investitionskosten	verringern
	Verkehrsausgaben möglichst gering halten	Verkehrsausgaben je Einwohner	verringern

Quelle: Eigene Darstellung

### 3.2 Eigenschaften und Kenngrössen des Agglomerationsverkehrs

Die oben entwickelten Messgrössen und Indikatoren umfassen ein weites Feld. Dieses liegt teilweise nicht im Einflussbereich der Verkehrsplanung, teilweise sind die Indikatoren nicht direkt messbar. Daher erfolgt eine weitere Auswahl und es werden nur solche Indikatoren und Messgrössen berücksichtigt, die sich durch die Verkehrsmittelwahl direkt oder indirekt, jedoch in jedem Fall gezielt und quantifizierbar, beeinflussen lassen. Diese

Fokussierung führt zu einer teilweisen Neuordnung der Gruppierungen, wie in Tabelle 10 illustriert wird.

*Tabelle 10 Messgrößen und Zielrichtungen für die Bestimmung der Verkehrsmiteinsatzprofile*

	Ziel	Messgrösse	Zielrichtung
<b>Mobilitätsqualität</b>	Leistungsfähigkeit der Verkehrssysteme erhöhen	Pers/h in relevanten Querschnitten (MIV/ÖV/LV) in Relation zu Kapazitäten	Erhöhen
		Reisegeschwindigkeit	steigern
	Zuverlässigkeit erhöhen	Pünktlichkeit ÖV / konstante Durchschnittsgeschwindigkeit ÖV	erhöhen
<b>Raumplanung</b>	Flächennutzung optimieren	Anteil Verkehrs- an Siedlungsfläche [%]	minimieren
<b>Sicherheit</b>	Verkehrstote vermeiden	Tote/a	senken
	Unfallopfer vermeiden	Verletzte/a	senken
<b>Umwelt und Gesundheit</b>	Grenzwerte der Luftreinhaltung einhalten	Luftbelastung (PM10, CO <sub>2</sub> , etc.)	senken
	Grenzwerte des Lärms einhalten	Lärmemission des Verkehrsmittels	verringern
<b>Finanzen</b>	Betriebswirtschaftliche Kosten reduzieren	Deckungsgrad betriebswirtschaftliche Kosten (alle Verkehrsträger)	erhöhen
	Investitionsbedarf reduzieren	Investitionskosten	senken

Quelle: Eigene Darstellung

### Qualität der Mobilität

Agglomerationen können nur effizient funktionieren, wenn ihr Verkehrssystem den Anforderungen gerecht wird. Dies ist nicht der Fall, wenn die Kapazität des Verkehrssystems nicht ausreicht, was sich in Form von Staus und Wartezeiten manifestiert.

Die Leistungsfähigkeit gibt die maximale Beförderungskapazität auf untersuchten Querschnitten an. Es muss sichergestellt werden, dass diese hoch genug ist, um die Verkehrsnachfrage abzuwickeln, es soll aber auch darauf geachtet werden, dass nicht durch Überkapazitäten Platz und Finanzmittel unnötig eingesetzt werden. Besonders in den grösseren Agglomerationen liegt in den Kernbereichen eine Verkehrsnachfrage vor, die nur mit dem Individualverkehr nicht zu bewältigen ist. Daher, und auch aus Gründen der Nachhaltigkeit im Hinblick auf Umwelt, Ressourcen und Belastung der Bevölkerung, wird hier ein möglichst hoher Anteil des ÖV am Gesamtverkehr angestrebt.

Gerade für den ÖV ist eine hohe Beförderungsgeschwindigkeit wichtig, da eine im Vergleich mit dem IV vergleichbare Reisezeit nötig ist, um Verlagerungseffekte erzielen zu können. Eine hohe Reisegeschwindigkeit des MIV dagegen würde auch dazu führen, dass eine Abwanderung der Wohnbevölkerung in weit von ihren Arbeitsstätten gelegene Gebiete geschieht. Eine solche Zersiedelung würde Strukturen fördern, die für den ÖV nur schwer wirtschaftlich zu bedienen sind und somit wenig nachhaltige Mobilitätsmuster hervorrufen.

Des Weiteren ist es wichtig, dass die Verkehrssysteme für die Nutzer funktionieren. Dies ist nicht der Fall, wenn Reisezeiten stark variieren und seitens der Nutzer grosse Zeitpuffer für ihre Reise eingeplant werden müssen, die nicht in einem Verhältnis zu der zurückzulegenden Strecke stehen. Im MIV bedeutet eine hohe Zahl von Staustunden, dass die Kapazitätä-

ten nicht ausreichen. Ausserdem müssen die Nutzer, die im Stau stehen, beträchtliche Verlängerungen der Reisezeit und Stresssituationen hinnehmen. Im ÖV äussert sich eine niedrige Zuverlässigkeit durch Unpünktlichkeit und Anschlussbrüche.

Ein weiterer Aspekt der Verkehrsqualität ist die Erschliessung durch die Verkehrsmittel des ÖV, da Teile der Bevölkerung keinen Zugang zum MIV haben. Diese Erschliessung kann in einer räumlichen und einer zeitlichen Dimension gemessen werden. Die räumliche lässt sich ausdrücken als die Bevölkerungszahl oder der Bevölkerungsanteil im Einzugsbereich eines ÖV-Haltes. Die zeitliche Dimension der Erschliessung ist der Zeitraum, während dessen eine Bedienung der ÖV-Halte gegeben ist. Diese ergibt sich zunächst aus der Betriebszeit an einem Halt, aber auch aus der Frequenz der Bedienung und der verfügbaren Anschlüsse.

### **Raumplanung**

Im Hinblick auf die Raumplanung soll sichergestellt werden, dass keine Strukturen gefördert oder erhalten werden, die nicht wirtschaftlich in Agglomerationen eingebunden werden können oder Flächen nicht effizient nutzen. Unter dieser Massgabe ist es zunächst wichtig, wie viel Fläche anteilig für Verkehrsfunktionen genutzt wird und ob diese Werte angemessen sind. Gemessen an der Beförderungsleistung verbraucht besonders der MIV sehr viel Fläche. Auf die Verkehrsmittelwahl angewandt bedeutet dies, nach Möglichkeit solche Verkehrsmittel einzusetzen, deren Flächenverbrauch mit deren Funktion und Leistungsfähigkeit in einem angemessenem Verhältnis steht.

Zusätzlich kann der gezielte Einsatz von Verkehrsmitteln dazu dienen, Gebiete attraktiver zu machen und dadurch Siedlungsdichten zu erhöhen. Dies wiederum verbessert die Möglichkeiten eines qualitativ hochwertigen Verkehrsanschlusses, denn mit einer höheren Dichte lassen sich qualitativ höhere Verkehrsmittel des ÖV langfristig wirtschaftlich betreiben.

### **Sicherheit**

Die Sicherheit aller Teilnehmer im Verkehr, ob Nutzer eines bestimmten Verkehrsmittels oder nicht, muss zu jeder Zeit gegeben sein. Im Einzelfall hängt die Sicherheit zwar besonders von der Ausführung der Anlagen und Fahrzeuge ab. Jedoch zeigen die Verkehrssysteme sehr unterschiedliche Unfallzahlen. Es lässt sich daher, differenziert nach Verkehrsmitteln, die Anzahl der Verletzten und Toten ermitteln, um Aussagen über verschiedene gegebene Sicherheitsniveaus zu treffen.

### **Umwelt und Gesundheit**

Bei der Konzeption und Anlage von Verkehrssystemen wird darauf Wert gelegt, dass die Umweltbelastung minimiert wird. Zum Einen geschieht dies aus Gründen des Umweltschutzes an sich, zum anderen aber auch vor dem Hintergrund des Schutzes der Gesundheit der Bevölkerung. Unter diesem Ziel wird besonders die Verringerung von Gesundheitsschädlichen Emissionen wie PM10 (Partikel mit einem Durchmesser  $\leq 10 \mu\text{m}$ ) oder Lärm verfolgt.

### **Finanzen**

Alle oben genannten Ziele sollen unter Einsatz von möglichst wenig finanziellen Mitteln erreicht werden. Der ÖV etwa ist kaum kostendeckend zu betreiben, es wird aber ein möglichst hoher Kostendeckungsgrad angestrebt.

### **3.3 Zusammenfassung**

Die Zielgrößen im Agglomerationsverkehr unterliegen einer Vielzahl von Einflüssen, von denen einige durch die gesellschaftlichen und politischen Umstände diktiert werden. Diese werden in politischen Entscheidungsprozessen festgelegt und sind als extern bestimmte Faktoren zu verstehen. Es ergeben sich aus diesen Zielen konkrete Anforderungen, die durch den Verkehrsmiteinsatz umzusetzen sind. Diese Umsetzung lässt sich anhand der spezifizierten Indikatoren planen und deren Erfolg messen.

## 4 Verkehrsmittel: Systemeigenschaften

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die Verkehrsmittel bereits vorgehend angeschnitten. Um das Bild zu komplettieren, werden nun hier die einzelnen Verkehrsmittel ausführlich typisiert und klassifiziert, um die Basis für die weiterführenden Überlegungen zu schaffen.

### 4.1 Prinzipien der Typisierung

Transparente Erwägungen zur künftigen Ausgestaltung der Mobilität in den Agglomerationen, welche auf das Zielsystem ausgerichtet sind, bedingen die Kenntnis der Eigenschaften der denkbaren Verkehrssysteme. Die äusserliche Vielfalt ist dabei zwar gross, die im vorliegenden Zusammenhang relevanten Eigenschaften leiten sich aber aus folgenden vier Systemcharakteristiken ab:

- Eigener Fahrweg vs. gemischt-genutzter Fahrweg: Ein eigener Fahrweg erlaubt die bestmögliche Ausnützung der jeweiligen Systemeigenschaften, insbesondere hinsichtlich Geschwindigkeit und Betriebsweise; Fahrzeuge und Fahrweg lassen sich optimal aufeinander abstimmen. Ein gemischt-genutzter Fahrweg ist dagegen stets ein Kompromiss; sein Vorzug besteht aber darin, dass er auch unter beengten städtebaulichen Verhältnissen mehrere Verkehrssysteme gleichzeitig ermöglicht und der Gesamtplatzbedarf für den Verkehr minimiert wird.
- Spurführung vs. Spurfreiheit: Die Spurführung ermöglicht grosse Transporteinheiten bei hoher Geschwindigkeit und ist damit die Voraussetzung für höchste Systemleistungsfähigkeiten. Spurgeführte Systeme lassen aber nur die kollektive Beförderung zu und sind unflexibel, während spurfreie Systeme allgemein zugänglich sind und sich flexibel den Verhältnissen anpassen können. Spurgeführte Systeme lassen sich technisch sichern und sind damit sehr unfallarm. Zudem gestatten sie die Anwendung des Stahlrad-Stahlschiene-Systems, was den Energieverbrauch vermindert.
- Kollektive Beförderung vs. individuelle Beförderung: Bei der kollektiven Beförderung werden zahlreiche Einzelnachfragen zusammengefasst, in der Regel in Form eines öffentlichen Verkehrsmittels. Dies ermöglicht die Mobilität für alle Personen ohne besondere persönliche Voraussetzungen, ohne Vorinvestition in ein Fahrzeug und ohne Parkplatzbedarf. Das Angebot ist aber an bestimmte Linien, Haltepunkte und Bedienzeiten gebunden und erfüllt damit die individuellen Bedürfnisse nur teilweise. Je mehr die Nachfrage gebündelt wird, desto geringer ist die Netzdichte und desto schlechter ist die Flächenerschliessung. Für die individuelle Beförderung müssen bestimmte Zugangsvoraussetzungen erfüllt werden (z.B. Vorhandensein eines Autos, Führerschein). Die individuelle Beförderung zeichnet sich durch nahezu völlige zeitliche und grosse räumliche Freiheiten in der Benützung aus.
- Motorisierte Beförderung vs. Bewegung aus eigener Kraft: Die motorisierte Beförderung erlaubt das Zurücklegen beliebiger Distanzen und Höhenunterschiede, während die nichtmotorisierte Fortbewegung an die persönlichen physischen Eigenschaften der jeweiligen Menschen

gebunden ist. Die motorisierte Beförderung erlaubt hohe Geschwindigkeiten und damit einen grossen Aktionsradius der Menschen und sowie eine flächenmässige Ausdehnung des Siedlungsraumes. Dafür ist sie mit einem hohen Ressourcenverbrauch und störenden Emissionen verbunden.

## 4.2 Agglomerationsverkehrssysteme und deren Merkmale

Jeder Kombination der möglichen Ausprägungen der in 4.1 genannten Merkmale lassen sich nun die generellen qualitativen Eigenschaften zuordnen:

Tabelle 11 Qualitative Merkmale der Verkehrssysteme

		Eigener Fahrweg		Gemischt-genutzter Fahrweg	
		Spurgeführt	Spurfrei	Spurgeführt	Spurfrei
Kollektive Beförderung	Motorisiert	Leistungsfähig Schnell Zuverlässig Platz sparend Unflexibel Energiesparend	Leistungsfähig Relativ schnell Zuverlässig Relativ flexibel Investitionsarm	Relativ leistungsfähig Langsam Sehr Platz sparend Relativ flexibel Energiesparend	Relativ leistungsfähig Unzuverlässig Langsam Sehr Platz sparend Relativ flexibel Kostengünstig
	Nicht-motorisiert	Existiert nicht	Existiert nicht	Existiert nicht	Existiert nicht
Individuelle Beförderung	Motorisiert	Existiert nicht	Leistungsfähig Schnell Relativ zuverlässig Platzaufwendig Energieintensiv Flexibel	Existiert nicht	Relativ leistungsfähig Unzuverlässig Langsam Sehr Platz sparend Sehr flexibel Kostengünstig
	Nicht-motorisiert	Existiert nicht	Leistungsfähig Kleinster Energiebedarf, kaum Emissionen Sehr langsam Beschränkte Distanzen und Höhenunterschiede Hohe Verkehrssicherheit	Existiert nicht	Leistungsfähig Kleinster Energiebedarf, kaum Emissionen Sehr langsam Beschränkte Distanzen und Höhenunterschiede Beeinträchtigte Verkehrssicherheit

Quelle: Eigene Darstellung

Bereits diese summarische Übersicht zeigt dreierlei:

1. Kein Verkehrssystem ist ausschliesslich vorteilhaft oder nachteilig.
2. Innerhalb der verschiedenen Verkehrssystemgruppen bestehen Spielräume hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung.
3. Eine optimale Gesamtverkehrserschliessung lässt sich nur durch den koordinierten Einsatz mehrerer Verkehrssysteme erreichen.

Die Stadtverkehrssysteme, welche sich im Laufe der Entwicklung herausgebildet haben, lassen sich nun in diese Systematik eingliedern. Sie werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben:

Tabelle 12 Systemübersicht über die Verkehrssysteme des Stadtverkehrs

		Eigener Fahrweg		Gemischt genutzter Fahrweg	
		Spurgeführt	Spurfrei	Spurgeführt	Spurfrei
Kollektive Beförderung	<b>Motorisiert</b>	S-Bahn Regionalbahn U-Bahn Spurbus auf Eigentrasse Seilbahnen Technische Spezialsysteme	Bus auf Eigentrasse Bus Rapid Transit	Stadtbahn Stadtbahn „Karlsruhe“ Strassenbahn Spurbus im Mischverkehr	Stadtbus Trolleybus Regionalbus Ortsbus Taxi
	<b>Nicht-motorisiert</b>	-	-	-	-
Individuelle Beförderung	<b>Motorisiert</b>	-	Auto und Motorrad auf Autobahn	-	Auto und Motorrad auf Mischstrecke
	<b>Nicht-motorisiert</b>	-	Fussgänger auf Fussweg Velo auf Veloweg	-	Fussgänger auf Mischfläche Velo auf Mischfläche

Quelle: Eigene Darstellung

Dabei ist zu beachten, dass bei einigen Verkehrsmitteln, beispielsweise Stadtbahn und Strassenbahn, die Trennung oft unscharf ist, da sie im Grunde verschiedene Ausprägungen des selben grundlegenden technischen Systems darstellen. Sie werden jedoch differenziert betrachtet, da eben diese Ausprägungen einen sehr grossen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben können. Bei den beiden genannten Modi liegt der Unterschied in der Ausprägung vor allem der Grad der Eigentrassierung, welcher wiederum, wie später gezeigt wird, einen sehr grossen Einfluss auf die Beförderungsgeschwindigkeit, die Leistungsfähigkeit und Betriebskosten hat.

Es wird nachfolgend ein Überblick über die verschiedenen Verkehrsmittel gegeben. Dabei wird auch diskutiert, inwieweit sie in der Schweiz von Bedeutung sind.

## 4.3 Öffentlicher Verkehr

### 4.3.1 Öffentlicher Verkehr mit eigenem Fahrweg, spurgeführt

#### S-Bahn

Die S-Bahnen dienen heute der leistungsfähigen Bewältigung der Verkehrsbedürfnisse in Agglomerationen. Sie gehen indessen ursprünglich auf konzeptionelle Mängel des Streckennetzes zurück: Die Endbahnhöfe der sternförmig zulaufenden Fernverkehrslinien in zahlreichen europäischen Städten wurden am damaligen Stadtrand gebaut. Bereits im 19. und im frühen 20. Jahrhundert finden sich Ansätze zum Bau so genannter „Verbindungsbahnen“. Nach dem Zweiten Weltkrieg mit dem zunehmenden Individualverkehr erhielten diese Pläne eine neue Aktualität. Nun stand aber zunehmend eine rasche und leistungsfähige Verbindung zwischen Kernstadt und Agglomerationsgemeinden im Vordergrund. Seit den Sechzigerjahren des 20. Jahrhunderts entstanden in zahlreichen Metropolen umfangreiche S-Bahn-Systeme. In jüngerer Zeit wird das Konzept der S-Bahn auch für Verbünde von Klein- und Mittelstädten angewandt.

Eine allgemeine Definition der „S-Bahn“ besteht bislang nicht. Unbesehen regionaler Unterschiede gehören aber der dichte Taktfahrplan, die Aus-

richtung auf den Nahverkehr, die hohe Leistungsfähigkeit und die Benützung einer strassenunabhängigen Infrastruktur zu den systembestimmenden Merkmalen. Mit Haltedistanzen von 2 bis 3.5 km, bei beschleunigten Linien bis 10 km, erreichen S-Bahnen beträchtliche Reisegeschwindigkeiten von 45 bis 60 km/h. Die Funktion von S-Bahnen übernehmen heute oft auch modernisierte, leistungsfähige Vorortsbahnen.

### **Regionalbahn**

Viele mittlere und kleinere Agglomerationen werden durch Regionalbahnen erschlossen, welche (heute) ebenfalls vorwiegend strassenunabhängig sind und ein meist dichtes Angebot offerieren. Diese Systeme zeichnen sich historisch bedingt durch eine grosse Vielfalt aus:

- Normalspurige Hauptbahnen mit Regionalverkehr,
- Regionalbahnen auf normalspurigen Regionalstrecken,
- Schmalspurige Regionalbahnen,
- Kombinierte Adhäsions-/Zahnradbahnen.

Bei den beiden erstgenannten Kategorien ist der Fahrweg strassenunabhängig und signalgesichert. Diese Regionalbahnen sind produktionstechnisch mit S-Bahnen vergleichbar, mit einer Haltestellendistanz von 2 – 3.5 Kilometer und einer mittleren Geschwindigkeit von 40 - 50 km/h.

Die Angebotseigenschaften schmalspuriger Regionalbahnen ohne oder mit Zahnradabschnitten unterscheiden sich von jener der normalspurigen Regionalbahnen:

- Aus technischen Gründen sind sie immer Inselbetriebe.
- Ihre Beförderungsgeschwindigkeit liegt oft tiefer als bei Regelspurbahnen, es gibt hier aber eine Reihe von Ausnahmen.

Dennoch sind auch sie zu hohen Transportleistungen in der Lage. Ein Risiko ist, dass sie oft zahlreiche unfallträchtige Niveauübergänge aufweisen, jedoch ist dies keine Eigenschaft des Verkehrsmittels an sich.

### **U-Bahn**

Unter der U-Bahn wird eine unabhängig von der Eisenbahn betriebene Stadtschnellbahn mit mittlerer Haltestellendistanz und kleinen Bogenradien verstanden. U-Bahnen entstanden ab Ende des 19. Jahrhunderts. Sie blieben bis heute ein Nahverkehrssystem der Metropolen. Im Innenstadtbereich verläuft der Fahrweg meistens unterirdisch, im Aussenbereich an der Oberfläche. Alternativ dazu findet sich die Führung auf Brücken sowohl im Innen- wie im Aussenbereich.

Der Arbeitsbereich einer U-Bahn liegt typischerweise innerhalb der dicht besiedelten Kernstadt einer Grossagglomeration. In einzelnen Fällen werden auch Linien ins Umland geführt. Die Linienlängen betragen zwischen 3 bis 25 Kilometer, die Haltestellen weisen Abstände von 500 – 1'500 m auf und die mittlere Geschwindigkeit beträgt 25 - 30 km/h. Kapazitätsmässig decken sie ein ähnliches Spektrum ab wie die S-Bahnen. Als Folge der sehr hohen Investitionen muss indessen die Nachfrage deutlich höher liegen, um ein solches System zu rechtfertigen.

Auch in der Schweiz wurden im 20. Jahrhundert in verschiedenen Städten U-Bahn-Systeme entworfen, doch sind bisher alle gescheitert. Am weitesten-

ten gediehen die Pläne für U-Bahnnetze in Zürich, wo allerdings die entscheidende zweite Volksabstimmung von 1973 negativ ausfiel ([Appenzeller, 1995], [Dürmüller, 1997], [Künzi, 1998]). Als Sonderlösung wurde 2008 in Lausanne die Metro M2 in Betrieb genommen.

### **Spurbus auf Eigentrassee**

Seit Jahren wird versucht, mittels einer Spurführung die Vorteile des Busses bezüglich Herstellkosten und Flexibilität mit jenen spurgeführter Systeme zu verbinden. Die Spurführung kann auf mechanischer, elektrischer oder optischer Technologie basieren. Im Innenstadtbereich zeigen Spurbusse die Platzvorteile des Schienenverkehrs, in den Aussenquartieren die Flexibilität des Busses.

Ein frühes System ist der Spurbus von Daimler-Benz, welcher nach wie vor in Essen (Deutschland) und Adelaide (Australien) genutzt wird. Ein Durchbruch gelang diesem System nicht. Seit etwa zehn Jahren sind in Frankreich wieder intensive Entwicklungsarbeiten im Gang, welche mittlerweile zu mehreren kommerziellen Anwendungen geführt haben. Unter der Bezeichnung „*tram-sur-pneu*“ erreichen die Fahrzeuge eine Länge von bis zu 30 m. Dies ergibt eine hohe Streckenleistungsfähigkeit, bedingt im Gegenzug aber eine durchgehende Spurführung und eine weitgehende Eigentrassierung. Diese Systeme nähern sich damit stark den Charakteristiken des Schienenverkehrs an. Sie werden in der Schweiz bisher nicht eingesetzt und daher nicht weiter betrachtet.

### **Seilbahnsysteme**

Besonders für den Einsatz in topographisch bedingten Sonderfällen und systembedingten Inselbetrieben sind ausserdem Seilbahnsysteme weit verbreitet. Dazu zählen alle seilgetriebenen Verkehrsmittel (z.B. Luftseilbahnen, Standseilbahnen und einige People-Mover Bauarten). Über das Seil können dabei sowohl Spurführung als auch Antrieb erfolgen, wie dies etwa bei Gondelbahnen der Fall ist, oder es erfolgt nur der Antrieb über das Seil und die Spurführung über Schienen oder gesonderte Tragseile. Durch die grosse Bandbreite an Bauarten sind auch die Charakteristika sehr unterschiedlich.

Seilbahnsysteme können je nach Bauart Steigungen von über 100% überwinden. In Agglomerationen sind dabei besonders Standseilbahnsysteme von Interesse, da sie gegenüber Windeinflüssen unabhängig sind und durch die Spurführung einen kleinen Platzbedarf haben. Seilbahnen, bei denen die Spurführung durch Seile gegeben ist, eignen sich dagegen für besonders schwieriges Terrain oder wenn eine durchgehende Trasse am Boden nur schwer zu verwirklichen ist. Die Beförderungsleistung von Seilbahnsystemen liegt bei 2800 - 8000 Personen pro Stunde und Richtung, wobei beachtet werden muss, dass die Leistung systembedingt mit zunehmender Förderdistanz abnimmt. Die maximal erreichten Geschwindigkeiten liegen, ebenfalls je nach Bauart, im Bereich von 20-50 km/h. Limitiert sind Seilbahnsysteme vor allem durch die mögliche Streckenlänge von typischerweise weniger als 5 km und die meist begrenzten Möglichkeiten zur Richtungsänderung in der Trasse ([Barth,2009]). Aufgrund ihrer sehr speziellen Einsatzbereiche ist ihre Anwendbarkeit beschränkt, es ergeben sich aber auch gerade deswegen Fälle, in denen sie besonders

geeignet sind. Als Beispiel seien genannt die Standseilbahn Taksim-Karabatas in Istanbul und die Polybahn in Zürich, die beide funktionaler Teil des jeweiligen Verkehrssystems sind.

Seilbahnen sind im schweizerischen Agglomerationsverkehr insgesamt dennoch kaum verbreitet. Daher werden sie in der Untersuchung nicht in Verbindung mit den Agglomerationen betrachtet. Ihre technischen und betrieblichen Eigenschaften werden jedoch eingehender untersucht, da ein Potential für einen häufigeren Einsatz im Agglomerationsverkehr durchaus vorstellbar ist.

### **Technische Spezialexysteme**

Für spezielle Anwendungsfälle, insbesondere unter schwierigen topographischen Verhältnissen, eignen sich Spezialexysteme, zum Beispiel:

- Rolltreppen,
- Rollbänder,
- Vertikallift,
- Schräglift,
- Velolifte/andere Aufstiegshilfen für Velofahrer

Während diese Systeme nicht für eine flächendeckende Anwendung geeignet sind, gibt es Situationen, in denen sie ein Verkehrssystem sinnvoll um eine sonst nicht mögliche Verbindung ergänzen können.

Vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg wurden zudem technisch neuartige Nahverkehrssysteme entwickelt, welche sich in folgende zwei Familien gliedern lassen:

- Neue Trag- und Führungssysteme, Einschienenbahnen in erhöhter Lage; Ziel: Unabhängigkeit vom Verkehrsfluss.
- Kleinkabinenbahnen oberirdisch oder unterirdisch; Ziel: Auflösung der Bindungen an einen starren Fahrplan und an ein gegebenes Liniennetz.

International lassen sich vereinzelte Anwendungen der erstgenannten Familie finden, während die zweitgenannte Ausprägung bis heute das Experimentalstadium nicht verlassen hat. Gründe für den fehlenden Marktdurchbruch sind in beiden Fällen der grosse noch zu leistende Entwicklungsaufwand, die hohen Investitionen in feste Anlagen, die fehlende Kompatibilität mit vorhandenen Systemen und damit verbunden die schlechte Etappierbarkeit.

Aufgrund der Vielzahl dieser Systeme, die teilweise kaum miteinander vergleichbar sind, sowie der sehr geringen Verbreitung werden sie nicht weiter betrachtet.

## **4.3.2 Öffentlicher Verkehr mit eigenem Fahrweg, nicht spurgeführt**

### **Bus auf Eigentrasse**

Soll mit Buslinien auch entlang stark frequentierter Individualverkehrskorridore eine hohe Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit erreicht werden, so kann ihm auf störungsanfälligen Abschnitten eine eigene Fahrspur gewidmet werden. Kritisch sind – nebst stark ausgelasteten Fahrspuren – insbesondere die Knotenzufahrten. Um das volle Nutzenpotential auszu-

schöpfen, ist eine Voranmeldungen an den Lichtsignalanlagen nötig.

Hinsichtlich der Angebotsparameter wie Haltestellendichte und Taktfolge unterscheidet sich eine Buslinie mit eigener Fahrspur nicht grundsätzlich von einer völlig in den Individualverkehr integrierten Linie. Sie vermag aber pünktlicher zu verkehren, ermöglicht dichtere Taktfolgen und erreicht grössere Beförderungsgeschwindigkeiten.

### **Bus Rapid Transit**

Unter dem Begriff des Bus Rapid Transit (BRT) wird eine Weiterentwicklung des Systems Bus verstanden, welche den gesamten Fahrweg und insbesondere auch die Haltestellen und deren Zugänge betrifft. Im Vordergrund stehen nicht technische Ansätze, sondern vielmehr die qualitative und betriebliche Optimierung des Gesamtsystems. Schrittmacher waren südamerikanische Grossstädte wie Bogota oder Curitiba, welche nicht über die finanziellen Mittel zum Aufbau einer U-Bahn verfügen. Es werden Leistungsfähigkeiten zwischen Stadtbahn und U-Bahn erreicht. Zwingende Voraussetzungen dafür sind ([Cain, 2007]):

- Fahrzeuge mit sehr hohem Fassungsvermögen und zahlreichen Türen,
- Äusserst hoher Belegungsgrad der Fahrzeuge, auch in Nebenzeiten,
- Vollkommen getrennte Fahrwege mit zwei Fahrspuren pro Richtung,
- Überholungsmöglichkeit der Busse untereinander,
- Haltestellen nach Vorbild von U-Bahnen; kein Ticketverkauf im Bus,
- Zentrale Betriebsleitstelle,
- Sehr kurze Busfolgezeiten von minimal nur 13 Sekunden.

Mittlerweile wird der Begriff des BRT in den USA und in Grossbritannien breiter verwendet, zum Beispiel auch für klassische Buslinien mit Signalbevorzugung und durchgehendem Design, aber deutlich tieferer Kapazität ([Baltes, 2007], [Callaghan, 2007]). In der Schweiz haben derartige Systeme bisher keine Anwendung gefunden.

### **4.3.3 Öffentlicher Verkehr mit gemischt-genutztem Fahrweg, spurgeführt**

#### **Stadtbahn**

Unter dem Begriff der „Stadtbahn“ hat sich in den letzten Jahrzehnten ein Verkehrsmittel positioniert, welches in seinen Charakteristiken von der S-Bahn abweicht und mit der Doppelbelegung des deutschen Ausdruckes eine gewisse Verwirrung verursachte. Um 1976 suchte die Union Internationale des Transports Publics (UITP) eine Kombination der positiven Eigenschaften von Strassenbahn (kostengünstige Benützung des Strassenraumes) und U-Bahn (Individualverkehrsunabhängiger, störungsfreier Betrieb) und leitete daraus die „Stadtbahn“ ab.

Die Stadtbahn ist demnach eine Strassenbahn mit hohem Eigentrasseierungsanteil, welche auf eigenen Gleiskörpern zum Teil nach Signalen, in den Strassen nach klassischen Strassenbahnregeln verkehrt. Nach Möglichkeit versucht man, die verstärkte Unabhängigkeit vom Strassenverkehr für grosszügigere Systemparameter (Fahrzeugbreite, Höchstgeschwindigkeit, Zuglänge) zu nutzen.

Die Grenzen zwischen einem gut ausgebauten, partiell eigentrasseierten

Strassenbahnsystem und einer Stadtbahn sind fliessend, ein wesentliches Charakteristikum der Stadtbahn ist aber die partiell vorhandene Zugsicherung. Wichtigste Abgrenzung zu S- und U-Bahnsystemen ist der abschnittsweise Mischverkehr.

### **Stadtbahn „Karlsruher Modell“/“tram-train“**

Eine Weiterentwicklung der Stadtbahn ist die teilweise Mitbenützung von Vollbahnstrecken. Besonders vorteilhaft ist dies bei mässigem Vorortverkehr, wenn die Zentrumsstadt zu klein für ein eigenständiges Strassenbahnnetz, aber zu gross für die reine Busbedienung ist. Dies tritt unter mitteleuropäischen Verhältnissen in Agglomerationen von etwa 150'000 bis 300'000 Einwohnern auf. Begrenzend für den Einsatz sind insbesondere:

- Die maximale Zuglänge kann angesichts der Strassenmitbenützung nicht über etwa 80 m hinaus gesteigert werden.
- Die maximale Angebotsdichte findet ihre Grenzen in den Kapazitäten und der Fahrplanstruktur der mitbenützten Vollbahnstrecken.
- Die Funktion als städtisches Verkehrsmittel bedingt eine Pünktlichkeit und Regelmässigkeit im Sekundenbereich, während der Mischbetrieb auf den Vollbahnstrecken nur bestimmte Fahrplanfenster ermöglicht.

Aus technischer Sicht verlangt das Karlsruher Modell ein normalspuriges Stadtbahnnetz. In der Schweiz findet dieses Modell derzeit keine Anwendung.

### **Strassenbahn**

Die Strassenbahn wird üblicherweise in den Strassenkörper integriert, wobei die Schienenoberkante mit dem Strassenbelag bündig ist und von Strassenfahrzeugen befahren werden kann. Sie verkehrt auf Sicht und hat deswegen eine beschränkte Maximalgeschwindigkeit. Die Linien überqueren selten die Stadtgrenzen, was Längen von etwa 5 - 15 km ergibt, allerdings kann beim Eintritt in weniger Randgebiete einer Stadt der Übergang zu einem Betrieb nach Stadtbahnregime erfolgen. Die Grenzen zwischen Strassen- und Stadtbahn sind daher oftmals fliessend. Die Haltestellen liegen 300 - 700 m auseinander, die mittlere Geschwindigkeit beträgt 15 - 20 km/h.

Die Strassenbahn vereinigt die Kapazitätsvorteile des Schienenverkehrs mit der Nutzung der bestehenden Verkehrsfläche des Busses, bedarf jedoch auch höherer Investitionen als letzterer. Sie hat fast ausschliesslich internen Erschliessungscharakter. Ein grosser städtebaulicher Vorteil besteht im geringen Platzbedarf im Strassenquerschnitt. Zum ersten sind die Fahrzeuge schmaler als Autobusse und zum zweiten folgt ein Fahrzeug exakt der Soll-Linie. Dadurch ergibt sich ein Minderbedarf von etwa 1.5 m Fahrbahnbreite. Verbunden mit der Wendigkeit in der vertikalen und horizontalen Linienführung erlaubt es dies, auch enge Stadtkerne leistungsfähig zu erschliessen und sie gleichzeitig direkt an die Aussenquartiere anzubinden.

### **Spurbus im Mischverkehr**

Spurbusse lassen sich auch im Mischverkehr und partiell manuellem Betrieb einsetzen. Das grösstmögliche Fahrzeug ist in diesem Fall ein Dop-

pelgelenkbus. Zudem unterliegt ein solcher Spurbus denselben kapazitätsmindernden und betriebsstörenden Einflüssen wie die Strassenbahn im Mischverkehr. In der Schweiz sind derzeit keine Spurbussysteme im Einsatz.

#### 4.3.4 Öffentlicher Verkehr mit gemischt-genutztem Fahrweg, nicht spurgeführt

##### **Stadtbus**

Der Stadtbus dient vorwiegend dem Binnenverkehr. Bestehen Strassen- und U-Bahnen, so stellt der Stadtbus die Feinverteilung sicher, ansonsten die Gesamterschliessung des Stadtgebietes. In gewissen Städten verkehrt der Stadtbus über die Stadtgrenze hinaus und übernimmt die Funktion eines Regionalbusses. Linienlängen, Haltestellenabstände und mittlere Geschwindigkeit sind in der Regel mit der Strassenbahn identisch. Planerisch bewegen sich Bus und Strassenbahn somit im selben Arbeitsgebiet und sind – mit Ausnahme der Leistungsfähigkeit – austauschbar. Wesentliche Unterschiede bestehen allerdings in den städtebaulichen Auswirkungen.

Die eigenen Infrastrukturen beschränken sich auf die Haltestelle und deren Einrichtung. Der Bus ist damit hinsichtlich seiner Anordnung im Strassenraum flexibel, was Vorteil und gleichzeitig Nachteil ist. Insbesondere gelingt es ihm nicht, das Strassenbild einprägsam zu beeinflussen. Seine Ungebundenheit wird zunehmend zur Schaffung beschleunigter Buslinien mit grossem Haltestellenabstand genutzt. Solche Schnellbusse erreichen Beförderungsgeschwindigkeiten wie Stadtbahnen.

Die maximalen Fahrzeuglängen liegen derzeit im Regelfall bei 18 m, in Ausnahmefällen bei 25 m. Ein Komfortvorteil des Autobusses ist seine rasche Erneuerungsrate, welche dank der vergleichsweise tiefen Beschaffungspreise möglich ist.

##### **Trolleybus**

Der Trolleybus ist ein Autobus mit elektrischem Antrieb, dessen Energie über Fahrleitungen zugeführt wird. Seine frühere Überlegenheit gegenüber dem Autobus hinsichtlich Fassungsvermögen und Traktionseigenschaften hat er weitgehend eingebüsst, weshalb sich sein Einsatzgebiet planerisch nicht grundsätzlich von jenem des Autobusses unterscheidet.

Der Trolleybus ist an ein Fahrleitungsnetz gebunden. Will man diese Bindung lockern, so bieten sich so genannte Duobusse an, allerdings zum Preis höherer Fahrzeugkosten. Mit dem Ziel, die Immissionen im Innenstadtbereich sowie generell die Lärmbelastigung zu minimieren, wird der Trolleybus auch längerfristig seine Existenzberechtigung bewahren, allerdings beschränkt auf grössere Netze.

##### **Regionalbus**

Der Regionalbus verbindet die Agglomerationsgemeinden ausserhalb der grossen Verkehrsströme mit den Anschlusspunkten des übergeordneten Verkehrsnetzes. Je nach Grösse der Ortschaft weist der Regionalbus eine oder mehrere Haltestellen pro Ortschaft auf und kann somit auch dem Binnenverkehr dienen. Haltestellendichte und durchschnittliche Ge-

schwindigkeit variieren daher stark, liegen aber klar unter jener der S-Bahn und eher bei jenen schmalspuriger Regionalbahnen.

### **Ortsbus**

Ortsbusnetze werden in Städten von zwischen etwa 10'000 und 50'000 Einwohnern betrieben. Auch Ortsbusnetze werden möglichst auf die Marktbedürfnisse ausgerichtet, doch hat die Produktivitätsoptimierung einen besonderen Stellenwert. Im Vordergrund stehen die möglichst gute Abdeckung des gesamten Siedlungsbereiches sowie die optimale Anbindung an den Bahnverkehr an einem zentralen Umsteigepunkt. Ortsbusse unterliegen einer besonders starken Konkurrenz durch den Langsamverkehr, was sich insbesondere in Nachfrageeinbrüchen in den wärmeren Monaten äussert.

### **Taxi**

Es ist strittig, ob das Taxi im strengen Sinn zum öffentlichen Verkehr zu zählen ist. Es vermag aber jedenfalls die Mobilitätsbedürfnisse von Personen abzudecken, welche – zumindest vorübergehend - über kein eigenes Motorfahrzeug verfügen. Analog zu Angebotsformen wie Carsharing und Mietauto schliesst das Taxi die letzte Meile einer Fahrt mit dem öffentlichen Verkehr. Nicht zuletzt im Hinblick auf diese Funktion wurden in den letzten Jahren die Busspuren zunehmend auch für den Taxiverkehr freigegeben. Das Taxi ist sehr flexibel und schnell, aber ausserordentlich teuer und wenig leistungsfähig.

## **4.4 Individualverkehr**

### **4.4.1 Individualverkehr mit eigenem Fahrweg**

#### **Auto auf Autobahn**

Das Auto kennzeichnet sich durch seine extreme Flexibilität bei fast unbegrenzter Reichweite. Um der vergleichsweise kleinen Höchstgeschwindigkeit im Mischverkehr, der hohen Unfallrate und der geringen Leistungsfähigkeit zu begegnen, wurden beginnend in den Zwanzigerjahren die ersten Strassenabschnitte erstellt, welche nur dem Motorfahrzeug vorbehalten waren, zum Beispiel die „Parkways“ in den USA, die „Autobahnen“ in Deutschland oder die „autostrade“ in Italien. Rasch zeigte sich, dass solche eigenständige Infrastrukturen im städtischen Bereich nur punktuell umsetzbar sind.

Funktional kommt den stadtnahen Autobahnen heute eine ähnliche Rolle zu wie den S-Bahnen: Sie sind die schnellste und leistungsfähigste Verbindung zwischen der Kernstadt und der Agglomeration und bilden zusätzlich eine periphere Stadttangente. Auf den Autobahnen im unmittelbaren Umkreis der grossen Städte überwiegt daher der Nahstreckenverkehr gegenüber dem echten Fernverkehr bei weitem.

#### **Fussgänger auf Fussweg**

Die Fortbewegung zu Fuss ist die natürlichste Form der Mobilität. Wurden früher sehr lange Distanzen zu Fuss zurückgelegt, so reduzierten sich diese mit der Entwicklung der mechanisierten Verkehrsmittel sukzessive. Noch bis in die Zwanzigerjahre des 20. Jahrhunderts waren die Nahver-

kehrstarife allerdings so hoch, dass Personen mit tiefem Einkommen die Strassenbahn nicht nutzten und teilweise mehrere Kilometer zu Fuss bewältigten ([Appenzeller, 1995]). Heute ist in diesem Kontext vor allem die Gehentfernung zur nächsten Haltestelle wichtig.

Fussgänger bewegen sich ungeschützt im Verkehr und sind extrem unfallgefährdet. Bereits kurz nach Aufkommen des motorisierten Individualverkehrs wurden daher eigene Fussgängeranlagen in Form von Trottoirs geschaffen. Es folgten ab den Sechzigerjahren grössere verkehrsfreie Fussgängerzonen in Innenstädten und Ortskernen. Planerisch zentral ist zudem die ausgeprägte Umwegempfindlichkeit. Fussgängeranlagen, welche nicht nach dem Prinzip des kürzesten Weges gestaltet sind, werden von den Benützenden nicht angenommen.

### **Velo auf Radweg**

Das Velo erlaubt nicht nur mit eigener Kraft eine viel höhere Geschwindigkeit als zu Fuss, sondern es spart auch Energie. Der Einsatzbereich des Velos ist daher erheblich grösser als jener des Zu-Fuss-Gehens. Bis in die Zwanzigerjahre war das Velo bedeutungslos. Anschliessend setzte seine Blütezeit bis zur Verbreitung des Autos ein. Bis zu seiner Wiederentdeckung in den Achtzigerjahren war es während Jahrzehnten wieder dritt-rangig, worauf ein erneuter Boom folgte, zumindest in den topographisch günstigen Städten. Weiterhin ist die Topographie ein wichtiger Punkt bei der Einsetzbarkeit von Velos, da Steigungen hier stärker als bei anderen Verkehrsmodi ein Problem darstellen.

Zeitgemässe Velos erlauben eine beträchtliche Höchstgeschwindigkeit und damit weit höhere Reichweite als die Fortbewegung zu Fuss. Dies sowie der dichte motorisierte Individualverkehr und die Konflikte mit den Fussgängern erfordern zunehmend eine eigene Infrastruktur. Insgesamt ist aber die räumliche Trennung des Veloverkehrs von den anderen Verkehrsarten deutlich weniger weit vorangeschritten als beim Fussgänger-verkehr.

## **4.4.2 Individualverkehr mit gemischt-genutztem Fahrweg**

### **Auto**

Das übliche Auto fasst 4 bis 5 Personen. Fahrzeuge mit kleinerer Sitzzahl konnten sich nie breit durchsetzen, Fahrzeuge mit 6 und mehr Plätzen erfahren dagegen in jüngerer Zeit einen erhöhten Zuspruch. Das Auto ist jene Mobilitätsform, welche die grösste Einstiegsinvestition und die höchste persönliche Qualifikation verlangt. Es wird daher stets ein nennenswerter Bevölkerungsteil verbleiben, welcher aus verschiedenen Gründen keinen Zugang dazu hat.

Dem Autoverkehr dienen in der Regel Mischverkehrsstrecken, welche zumindest von motorisierten und unmotorisierten Zweirädern mitbenutzt werden. Auf Quartierstrassen sowie in besonders dafür gestalteten Zonen werden diese Flächen auch von Fussgängern verwendet.

### **Motorrad**

Das Motorrad bietet ebenfalls eine unbeschränkte individuelle Mobilität, mit den Vorteilen eines geringen Platzbedarfs, hoher Wendigkeit und rela-

tiv kleiner Investitionen. Nachteilig sind die eingeschränkten Mitnahmemöglichkeiten, die Witterungsabhängigkeit und das praktisch völlige Fehlen passiver Sicherheitsmassnahmen gegen Unfallfolgen. Die genannten Vorteile haben in jüngerer Zeit zu einem Boom kleiner Motorräder im Stadtverkehr geführt. Motorräder verkehren immer gemischt mit mindestens einem zusätzlichen Verkehrsmittel.

### **Fussgänger**

Trotz der in 4.4.1 genannten Gründe zugunsten einer konsequenten Trennung der Fussgänger von den anderen Verkehrsarten wird der Fussgängerverkehr in ausgewählten Fällen dennoch über Mischverkehrsflächen geführt, zum Beispiel:

- Quartierstrassen mit geringem Verkehrsaufkommen,
- Mischverkehrsflächen des Langsamverkehrs,
- Allgemeine Mischverkehrsflächen mit reduzierten Fahrgeschwindigkeiten,
- Fussgängerzonen mit öffentlichem Verkehr,
- Engpässe, welche eine klare Trennung nicht gestatten.

Da die Fussgänger trotz aller Sicherheitsvorschriften auch in diesen Zonen die verwundbarsten Verkehrsteilnehmer bleiben, ist die Akzeptanz solcher Mischverkehrsbereiche beschränkt.

### **Velo**

Aufgrund seines räumlichen Arbeitsbereiches deckt der Veloverkehr wesentlich grössere Netzteile ab als der Fussgängerverkehr, insbesondere bei der Agglomerationserschliessung. Aus wirtschaftlichen Gründen wird er mehrheitlich im Mischverkehr mit dem motorisierten Individualverkehr geführt.

## **4.5 Kombinierte Systeme**

Intermodalität bedeutet, dass für eine Reisekette sowohl individuelle als auch kollektive Verkehrsmittel (Strasse, Schiene, Luft, Wasser, Luftseilbahn) benutzt werden. Intermodale Systeme kennzeichnen sich insbesondere durch speziell dafür vorgehaltene Infrastrukturen an den Übergangspunkten. Im Agglomerationsverkehr sind folgende Kombinationsarten möglich:

- Park+Ride (P+R),
- Bike+Ride (B+R),
- Carsharing (z.B. mit Standort am Bahnhof),
- Kiss+Ride,
- Fahrradvermietung,
- Fahrradmitnahme.

Die mengenmässig bedeutendsten Formen sind P+R und B+R, gefolgt vom Carsharing und werden daher hier weiterverfolgt.

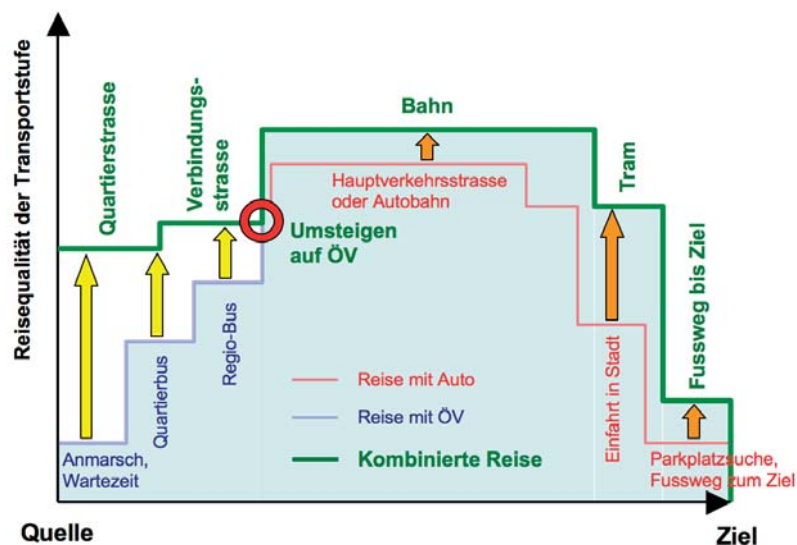
## 4.5.1 Überblick

### Park+Ride

„Park+Ride“ umfasst alle Reisen, bei denen ein öffentliches Verkehrsmittel mit dem eigenen Fahrzeug erreicht wird und dieses in der Nähe der Haltestelle geparkt wird. Die Vorteile für die Benützernden können in einem Zeitvorteil, einem Kostenvorteil und/oder einem Vorteil beim Reisekomfort bestehen. Je nach den Distanzanteilen unterscheidet man:

- IV-orientierter Park+Ride-Verkehr: Diese Benutzergruppe legt den grossen Anteil der Distanz mit dem eigenen Fahrzeug zurück und steigt erst im letztmöglichen Moment auf den ÖV um.
- ÖV-orientierter Park+Ride-Verkehr: Diese Benutzergruppe legt den Hauptanteil der Distanz mit dem öffentlichen Verkehr zurück und benutzt das eigene Fahrzeug nur für den Zugangsweg zur Haltestelle.
- Fernverkehrsorientierter Park+Ride-Verkehr: Bestimmte Benutzergruppen gelangen mit dem Auto gezielt an Fernverkehrsbahnhöfe, um eine Fahrt mit dem Nahverkehr zu vermeiden.

Aus Befragungen in [Anderhub, 2006] geht hervor, dass Park+Ride primär dazu verwendet wird, die erste Stufe des ÖV bis zu einem attraktiveren ÖV-Verkehrssystem zu überspringen, um so die Reisequalität zu steigern. Es zeigt sich aber auch, dass dadurch zusätzliche Kunden für den öffentlichen Verkehr gewonnen werden können. Als nachteilig gilt, dass die Anlagen viel Platz an zentralen Lagen beanspruchen.



Quelle: [Anderhub, 2006]

Abbildung 18 Reisequalität der Transportstufen für eine typische Reise von der Agglomeration in die Kernstadt

### Bike+Ride

Das eigene Fahrrad wird als Zubringer zum ÖV oder für den Nachtransport von einer Haltestelle zum Ziel benutzt. Mit Bike+Ride werden vor allem die Zugangszeiten zu den ÖV-Haltestellen gegenüber dem Anmarsch zu Fuss verkürzt. In Befragungen häufig genannte Beweggründe für Bike+Ride sind die hohe Geschwindigkeit, die einfache Anwendung und die

Gesundheit. Da die Fahrradfahrer gegenüber der Witterung wenig geschützt sind, schwankt die Nachfrage über die Jahreszeiten und je nach Wetter stark.

Der Anteil der Pendler, welche die Kombination ÖV - Fahrrad benutzen, liegt in der Schweiz bei rund 2.3 % ([BfS, 2004]). Auf die Pendler, welche mindestens einen Teil der Reise per ÖV zurücklegen macht, dies 8.5 % aus.

### **Carsharing**

Beim Carsharing erwirbt eine Gruppe von Privatpersonen zur Abdeckung spezifischer Mobilitätsbedürfnisse einen Personenwagen und nutzt diesen gemeinsam. Damit kann ein Teilhaber einer Carsharing-Organisation auf die (theoretisch) ständige Verfügbarkeit eines Personenwagens zurückgreifen, ohne aber selber Besitzer eines Fahrzeugs sein zu müssen. Im Gegenzug dazu muss die Nutzung des Fahrzeugs koordiniert werden.

#### **4.5.2 Zusammenfassung**

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, die verschiedenen Verkehrsmittel miteinander zu kombinieren. Je nach Reiseentfernung und Zweck sind verschiedene Verkehrsmittel für bestimmte Teilstücke eines Weges besser oder schlechter geeignet. Die Nutzung kombinierter Systeme ist daher bereits das Ergebnis eines sinnvollen Verkehrsmiteinsatzes, wenn die Verknüpfungspunkte als Kernstück einer kombinierten Reisekette funktionieren.

## **4.6 Systemcharakteristiken der Verkehrsmittel**

Bereits diese grobe Charakterisierung der Verkehrsmittel erlaubt es, einige wesentliche Unterschiede zwischen den Verkehrsmitteln zu identifizieren (Tabelle 13). Für diese Darstellung wurden ausserdem einige der in Kapiteln 6 bis 8 erarbeiteten Merkmale abstrahiert herausgegriffen, um diese Grobeinteilung zu komplettieren.

Tabelle 13 Systemcharakteristiken ausgewählter Verkehrsmittel

Aspekt	FG	Velo	Bus	Tram	S-Bahn	U-Bahn	Seilbahnen	MIV
<b>Gewichte der Einheiten</b>	Sehr klein	Sehr klein	Klein	Mittel	Gross	Gross	Variabel	Klein
<b>Reibungskoeffizient</b>	-	Gross	Gross	Klein	Klein	Klein	Variabel	Gross
<b>Bremsweg</b>	-	Kurz	Kurz	Kurz	Gross	Gross	Kurz	Kurz
<b>Halt auf Sicht möglich</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
<b>Schadenspotential bei Unfall</b>	Klein	Klein	Klein	Mittel	Gross	Gross	Gross	Klein
<b>Fahrt nach Betriebsprogramm</b>	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
<b>Dynamische Signalisierung des Fahrweges</b>	Teilweise	Teilweise	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja (LSA)
<b>Dynamische Sicherung des Fahrweges</b>	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
<b>Diskretisierung des Fahrweges</b>	Nein	Nein	(Nein)	(Nein)	Ja	Ja	Nein	(Nein)
<b>Haltestellendistanzen [m]</b>	-	-	300 – 700	300– 700	2'500- 3'500	500 – 900	100-5000	-
<b>Ø Reisegeschwindigkeit [km/h]</b>	5	12 <sup>1</sup>	20	20	40-50	30	20-50	30-60
<b>Persönliche Qualifikation nötig</b>	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
<b>Streckenkenntnisse nötig</b>	Ja	Ja	(Nein)	(Nein)	(Nein)	(Nein)	(Nein)	Ja
<b>Zuverlässigkeit</b>	Mittel	Mittel	Tief - mittel	Tief - mittel	Hoch	Hoch	Hoch	Tief
<b>Sicherheit</b>	Gering	Gering	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Hoch	Gering
<b>Zeitliche Verfügbarkeit</b>	Sehr hoch	Sehr hoch	Mittel - hoch	Mittel - hoch	Mittel	Mittel	Hoch	Sehr hoch
<b>Räumliche Verfügbarkeit</b>	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Mittel	Niedrig	Sehr hoch

Quelle: [Weidmann, 2007b], eigene Darstellung

<sup>1</sup> Durchschnittliche Geschwindigkeit gemäss Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten

## 5 Leistungskennwerte der Verkehrsmittel

In diesem Abschnitt werden die Leistungskennwerte der einzelnen Verkehrsmittel untersucht. Dabei werden die Leistungskennwerte im weiteren Sinne als verkehrlicher „Output“ des Systems verstanden. Demnach wird nicht nur die reine Leistungsfähigkeit in Personen/Zeit analysiert, sondern auch die betriebliche Begleitumstände und Eingangsgrößen, wie etwa die Reisegeschwindigkeit oder die Zuverlässigkeit des Betriebes.

### 5.1 Kriterien der Leistungsfähigkeitsbetrachtung

Aus der bisherigen Betrachtung der Verkehrsmittel geht hervor, dass vor allem die folgenden Aspekte für die Leistungsfähigkeitsbetrachtung von Bedeutung sind:

- Die Leistungsfähigkeit an sich
- Die Zuverlässigkeit
- Reisezeit und -geschwindigkeit
- Erschließungsqualität (im öffentlichen Verkehr),

Neben diesen Hauptparametern, die im Rahmen dieser Studie näher untersucht wurden, werden bei der technischen Evaluation auch weitere Kriterien zur Beurteilung des wesensgerechten Einsatzes verschiedener Verkehrsmittel mitberücksichtigt. Im Folgenden werden vorab die Leistungskennwerte für alle Verkehrssysteme einschliesslich der Mischverkehrseinflüsse näher dargestellt.

Mangels direkt verfügbarer Ansätze wurden dazu eigene Felduntersuchungen angestellt. Insbesondere war dabei eine Methode zu entwickeln, welche den Verkehrsmittelvergleich auf betrieblich-technischer Ebene erlaubt. Dagegen werden die Leistungskennwerte von Seilbahnsystemen werden aus [Barth, 2009] übernommen, da Seilbahnsysteme in jedem Fall in sich geschlossen sind und in jenem Werk bereits die Kennwerte für ihren Einsatz im urbanen Raum untersucht wurden.

#### 5.1.1 Leistungsfähigkeit

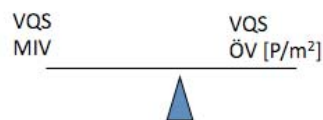
Die Vergleichbarkeit bezüglich der Leistungsfähigkeit soll durch die Annahme erreicht werden, dass die praktisch realisierte Leistungsfähigkeit in der Kernstadt während der Hauptverkehrszeit einem Gleichgewichtszustand der verschiedenen Verkehrsmittel entspricht. Limitierend für die Nutzung der Verkehrsmittel sind dabei insbesondere:

- MIV, Langsamverkehr: Benützungsqualität im Sinne des Behinderungsgrades, Stauempfindlichkeit.
- ÖV: Auslastungsgrad im Sinne des Stehplatzbelegungsgrades, Verspätungsanfälligkeit.

Es wird angenommen, dass das Unterschreiten einer bestimmten Qualitätsstufe bei einem Verkehrsmittel einen Teil der Nutzer zum Wechsel auf eine Alternative veranlasst. Dadurch erhöht sich die Auslastung des alternativen Verkehrsmittels und dessen Qualität sinkt sukzessive ebenfalls ab. Langfristig bildet sich auf diese Weise für jedes Verkehrsmittel eine be-

stimmte akzeptierte Qualitätsstufe heraus, wie in Abbildung 9 dargestellt. Ausserhalb der Stosszeiten fliesst der MIV gut, um konkurrenzfähig zu bleiben, muss der ÖV daher zum Beispiel einen vergleichbaren Komfort bieten. Das kann etwa heissen, das alle Fahrgäste einen Sitzplatz finden. In den Hauptverkehrszeiten sinkt dagegen die Verkehrsqualität, der Autoverkehr kommt ins Stocken und im ÖV müssen die Fahrgäste gedrängt stehen.

Tageszeit	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
VQS MIV	A	B	D	E	E	D	D	D	D	C	D	E	E	E	D	B	B	B	A	A
ÖV [P/m <sup>2</sup> ]	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 19 Annahme des Qualitätsgleichgewichts zwischen den Verkehrsmitteln als Grundlage zur Vergleichbarkeit der Leistungsfähigkeit

Während die Leistungsfähigkeit und die Verkehrsqualität für den MIV für verschiedene Anlagenelemente in verschiedenen Normen des VSS definiert sind, bestehen analoge Beurteilungskriterien für den öffentlichen Verkehr nicht oder nur ungenügend. Es wurden daher für die vorliegende Studie eigene entsprechende Untersuchungen durchgeführt.

### 5.1.2 Zuverlässigkeit

Neben der Reisezeit ist aus der Sicht der Verkehrsteilnehmenden auch die Kalkulierbarkeit der Reisezeit ein wichtiges Kriterium. Einerseits sollen die Fahrzeuglenker abschätzen können, wann sie ihre Ziele erreichen werden. Andererseits ist im Linienverkehr aufgrund der Linien- und Fahrplangebundenheit die Gewährleistung von Anschlüssen ein wichtiges Kriterium. Die Kalkulierbarkeit kann durch die Abweichungen der Reisezeit vom Mittelwert während der Hauptverkehrszeit oder durch die Varianz der Verlustzeit bei einzelnen Verkehrsanlagen, wie etwas Ampeln, ausgedrückt werden.

### 5.1.3 Reisezeit / Reisegeschwindigkeit

Die Reisezeit über einen definierten Abschnitt ist aus der Sicht des Fahrzeuglenkers (Fahrgasts oder Fussgängers) das wichtigste Kriterium für die Verkehrsqualität. Durch das Verhältnis der Reisezeit von Haupt- zur Nebenverkehrszeit sowie unter Einbezug der Verlustzeiten in den einzelnen Knoten, kann die Verkehrsqualität im MIV beurteilt werden.

Im öffentlichen Verkehr ist die Reisegeschwindigkeit im Wesentlichen abhängig von:

- Beförderungsgeschwindigkeit,
- Wartezeiten zwischen zwei Linienverkehrsangeboten,

- Zu- und Abgangszeiten.

Die Geschwindigkeit des Langsamverkehrs wird schliesslich vorab durch die physischen Voraussetzungen der jeweiligen Personen bestimmt.

#### **5.1.4 Erreichbarkeit**

Dieser Aspekt betrifft den Individualverkehr vor allem in Siedlungskerngebieten, den öffentlichen Verkehr dagegen in Randgebieten. Beim MIV kann in Kerngebieten die Parkplatzverfügbarkeit zu teilweise langen Wegen und damit langen Zugangszeiten führen. Der ÖV hingegen ist in der Regel nur von bestimmten Punkten aus zugänglich, die in Randgebieten nur unter hohem Kostenaufwand in grosser Dichte zur Verfügung gestellt werden können. Neben dem räumlichen Aspekt der Entfernung zum nächsten Zugangspunkt hat die Erreichbarkeit zudem eine zeitliche Dimension, nämlich in Form der Häufigkeit des Angebotes und des Zeitraums, innerhalb dessen das Angebot überhaupt besteht.

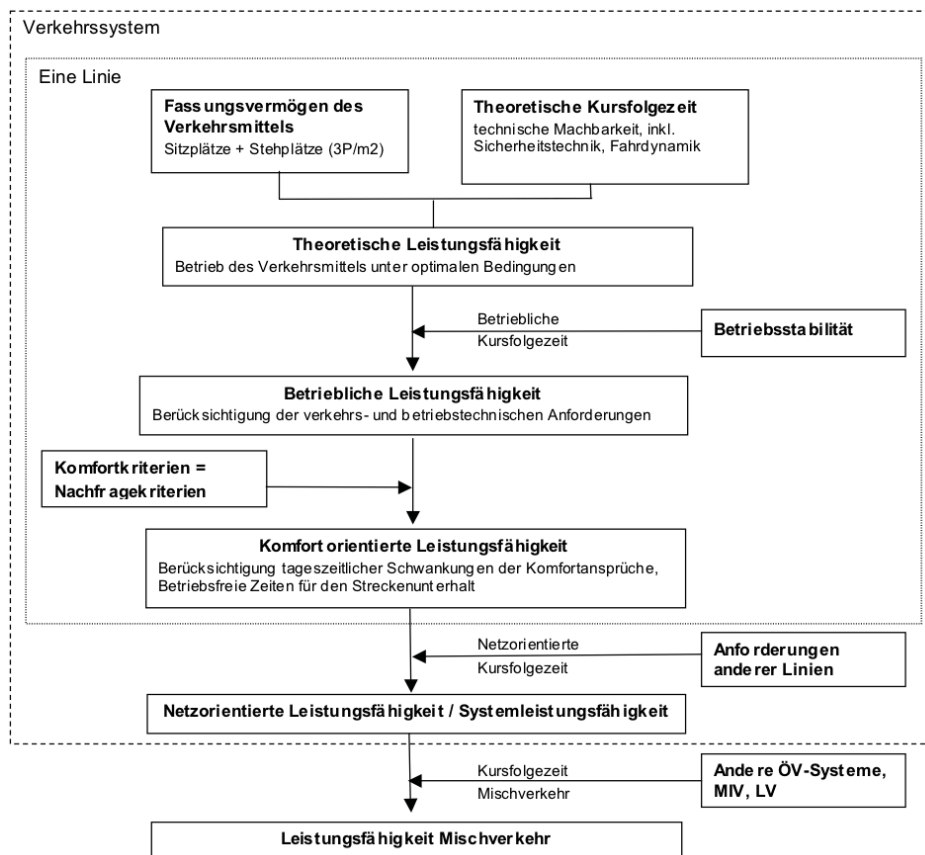
## **5.2 Öffentliche Verkehrssysteme**

### **5.2.1 Leistungsfähigkeit öffentlicher Verkehrssysteme**

#### **Vorgehen bei der Leistungsfähigkeitsermittlung**

Die Leistungsfähigkeit öffentlicher Verkehrssysteme ist das Produkt der Faktoren Fassungsvermögen einer Kurseinheit und Streckenleistungsfähigkeit. Die betrachteten Verkehrssysteme unterscheiden sich betreffend des Fassungsvermögens insbesondere durch die Spurführung, welche die Zugbildung und somit grössere Fassungsvermögen der Kurseinheiten ermöglicht.

Insgesamt lassen sich die fünf in Abbildung 20 aufgezeigten Leistungsfähigkeitsstufen definieren.



Quelle: [Anderhub, 2008]

Abbildung 20 Systematik der Leistungsfähigkeit im öffentlichen Verkehr

Von Stufe zu Stufe werden mehr Einflüsse berücksichtigt, wodurch sich die Betrachtung schrittweise den realen Betriebsbedingungen annähert. Für die theoretische, betriebliche und komfortorientierte Leistungsfähigkeit wird dabei jeweils eine einzige ÖV-Linie betrachtet, während die netzorientierte Leistungsfähigkeit die Anforderungen verschiedener Linien desselben Verkehrssystems berücksichtigt. Für die Leistungsfähigkeit im Mischverkehr werden schliesslich die Effekte auf gemischt genutzten Infrastrukturen miteinbezogen.

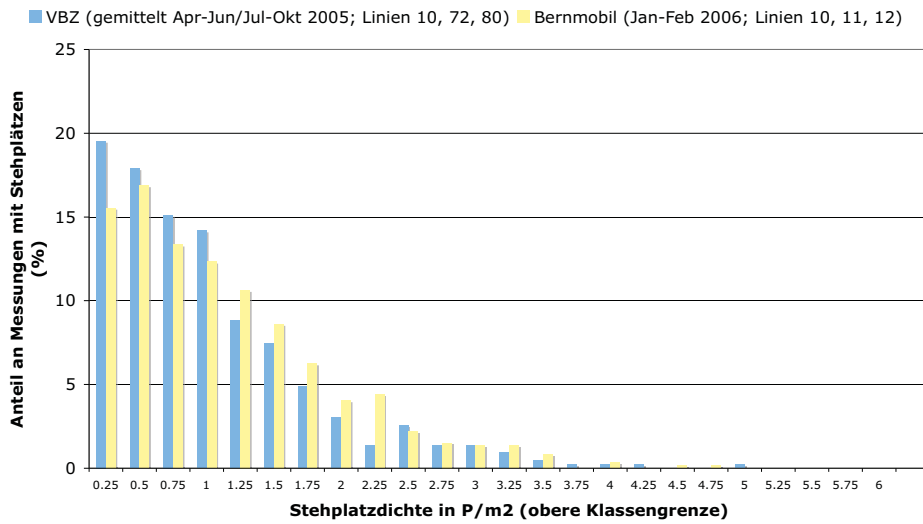
### Anrechenbares Fassungsvermögen

Das Fassungsvermögen setzt sich aus den Steh- und Sitzplätzen zusammen, wobei sich die Stehplatzzahl aus dem Produkt von Stehfläche und Stehplatzdichte ergibt. Für die maximale Stehplatzdichte werden sehr unterschiedliche Werte angegeben. Diese reichen von zwei bis drei Personen pro Quadratmeter aus Komfortgründen respektive maximal 4 P/m<sup>2</sup> [VDV, 2001] bis hin zu Herstellerangaben von bis zu 8 P/m<sup>2</sup>.

Da es sich bei der maximalen Stehplatzbelegung um eine wichtige Bemessungsgrösse handelt, wurden die Werte für schweizerische Verhältnisse experimentell bestimmt. Ausgangspunkt war die These, dass die regelmässig auftretende Auslastung von den Reisenden gerade noch akzeptiert wird. Bei höheren Auslastungen suchen sie andere Wege oder Verkehrsmittel. Für die Untersuchung wurden daher die Fahrgastzahlen

stark ausgelasteter Bus- und Tramlinien von VBZ und Bernmobil ausgewertet, die mittels automatischer Zählsysteme erfasst werden. Die Belegungszahlen lagen für die einzelnen Kurse als gemittelte Werte über ein Quartal vor.

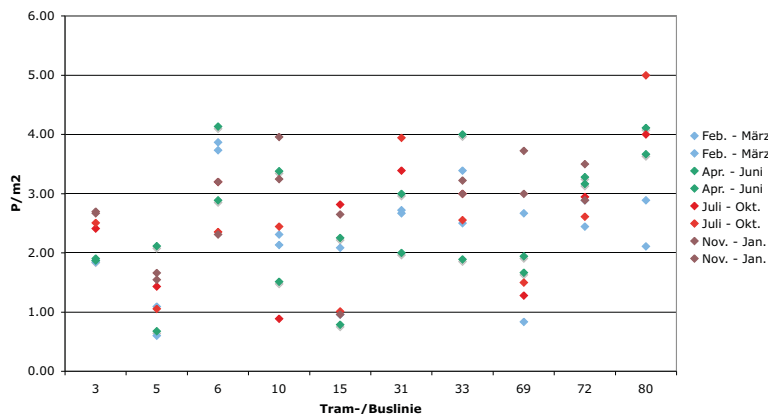
Untersucht wurden die Buslinien 10, 11 und 12 von Bernmobil und die Tramlinien 3, 5, 6, 10 und 15 sowie die Buslinien 31, 33, 72 und 80 der VBZ. In Abbildung 21 sind alle Kurse mit einer Stehplatzdichte > 0 P/m<sup>2</sup> der VBZ-Linien 10, 72, 80 sowie der Bernmobil-Linien 10, 11 und 12 als gemittelte Werte für April – Oktober 2005 (VBZ) und Januar – Februar 2006 (Bernmobil) aufgetragen.



Quelle: [Anderhub, 2008]

Abbildung 21 Häufigkeitsverteilung der Stehplatzdichte, Spitzenkurs

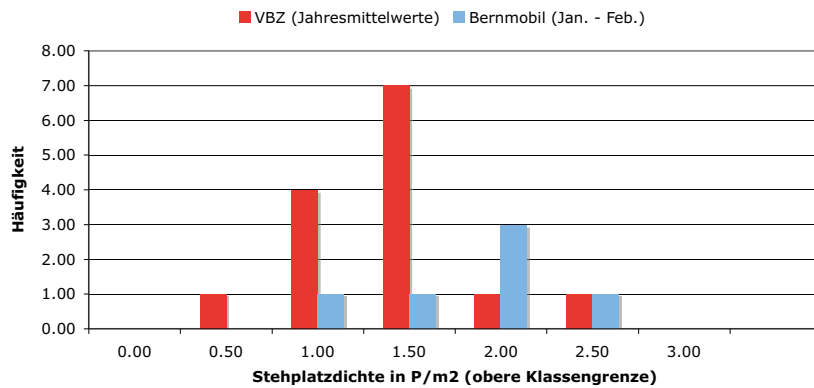
Die Häufigkeit nimmt für kleine Stehplatzdichten bis rund 2 P/m<sup>2</sup> rasch ab, danach verflacht sich die Kurve. Werte über rund 3 P/m<sup>2</sup> sind sehr selten. Für die VBZ-Linien sind im Folgenden die maximalen Kursauslastungen pro Quartal und Richtung aufgetragen (Abbildung 22). Pro Kurs wurden innerhalb einer Quartalsperiode rund 3 bis 5 Messungen aufgezeichnet, beim aufgezeichneten Wert handelt es sich also um deren Mittelwert.



Quelle: [Anderhub, 2008]

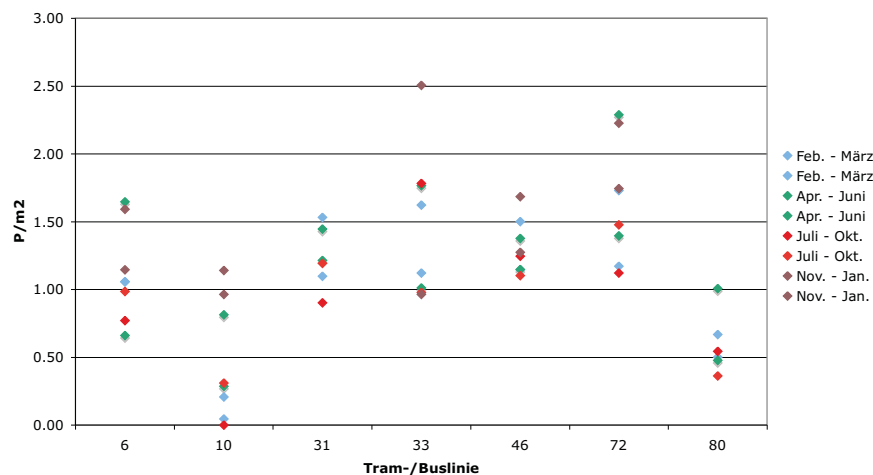
Abbildung 22 Spitzenkurse pro Linie, Richtung und Zeitperiode (VBZ)

Eine Häufigkeitsverteilung der Stehplatzdichten in den Spitzenstunden ist für die VBZ-Jahresmittelwerte respektive die Bernmobil-Quartalswerte in Abbildung 23 wiedergegeben. Das Punktediagramm in Abbildung 24 zeigt die Quartalsmittelwerte der VBZ-Linien.



Quelle: [Anderhub, 2008]

Abbildung 23 Häufigkeitsverteilung der Stehplatzdichten in den Spitzenstunden von Bernmobil und der VBZ



Quelle: [Anderhub, 2008]

Abbildung 24 Stehplatzdichten in der Spitzenstunde bei den VBZ (Quartalsmittel je Richtung)

Für kürzere Zeiträume (stärkst belastete Monate) werden auf mehreren untersuchten Linien Spitzenkursbelastungen von bis  $4 \text{ P/m}^2$  erreicht.

Die Auslastung der Kurse hat auch einen Einfluss auf die Fahrgastwechselzeit. Ab Stehplatzdichten von  $2 \text{ P/m}^2$  beginnt die Fahrgastwechselzeit deutlich zuzunehmen und erreicht für Busse und Trams bei rund  $3 \text{ P/m}^2$  die 1.3-fache Zeit gegenüber derjenigen, wenn nur die Sitzplätze belegt sind. Aufgrund dessen lässt folgender Bemessungsvorschlag für den Spitzenkurs formulieren: „Die Stehplatzdichte (Jahresmittelwert) des Spitzenkurses sollte  $3 \text{ P/m}^2$  nicht übersteigen.“

Für Bus- und Tramlinien wird aufgrund der Felduntersuchungen folgende Bemessungsgrösse für die Spitzenstunde empfohlen:

„Die über die Spitzenstunde gemittelte maximale Stehplatzdichte (Jahresmittelwert) sollte  $1.5 \text{ P/m}^2$  nicht übersteigen.“

Für kürzere Zeiträume (stärkst belastete Monate) wird auf mehreren untersuchten nachfragestarken Linien Spitzenstundenbelastungen von bis zu  $2 \text{ P/m}^2$  erreicht (Abbildung 24). In NVZ und RVZ soll dagegen die mittlere Auslastung der Sitzplatzanzahl der Kurseinheiten entsprechen. Die Bemessungsempfehlungen für die Auslastung der Trams und Busse fasst Tabelle 14 zusammen.

HVZ	Spitzenkurs	Sitzplätze + Stehplätze ( $3 \text{ P/m}^2$ ), entspricht dem Fassungsvermögen
	Mittelwert über Spitzenstunde	Sitzplätze + Stehplätze ( $1.5 \text{ P/m}^2$ ), ca. 75% des Fassungsvermögens
NVZ, RVZ	Mittelwert über Stunde	Sitzplätze, ca. 50% des Fassungsvermögens

Quelle: [Anderhub, 2008]

Bei S-Bahnen fällt die anzustrebende Auslastung der Kurseinheiten prinzipiell tiefer aus. Da für die meist längere Reisezeit in S-Bahnen von einem grossen Teil der Reisenden ein Sitzplatz erwartet wird, bemisst man die Auslastung auch für die Spitzenzeiten nur mit wenigen Stehplätzen.

### Streckenleistungsfähigkeit

Theoretische Streckenleistungsfähigkeit: Für die theoretisch minimale Kursfolgezeit wird von optimalen Betriebsbedingungen ausgegangen:

- Fahren im kürzest möglichen (Sicht-) Abstand,
- Identisches Beschleunigungs-, Brems- und Fahrverhalten von Fahrzeugen und Fahrzeugführern (homogener Fahrzeugpulk).

Die Kursfolgezeit wird insbesondere durch die sicherheitstechnischen und die fahrdynamischen Eigenschaften der Verkehrsmittel bestimmt. Die theoretische Leistungsfähigkeit ergibt sich aus dem Fassungsvermögen und der minimalen Kursfolgezeit:

$$L_{theo} = \frac{\text{Fassungsvermoegen}_{Kurseinheit}}{\text{theoretisch minimale Kursfolgezeit}} \cdot \text{betrachteter Zeitraum}$$

Betriebliche Streckenleistungsfähigkeit: Bei der betrieblichen Leistungsfähigkeit ergibt sich eine Abminderung durch die verkehrs- und betriebs-technischen Anforderungen. Insbesondere soll gewährleistet sein, dass es nicht zu Verspätungsaufschaukelungen kommt und die Kursfolgezeiten stabil realisierbar sind. So sind auch unterschiedliche Brems- und Beschleunigungseigenschaften zu berücksichtigen. Der entscheidende Unterschied zur betrieblichen Streckenleistungsfähigkeit besteht in der Berücksichtigung von Pufferzeiten. Je höher die Pufferzeit, desto:

- geringer ist die betriebliche Leistungsfähigkeit,
- grösser der Fahrzeugfolgeabstand,
- höher ist die Fahrplanstabilität.

Daher ist die Wahl der Pufferzeit sorgfältig zu treffen. Die Pufferzeit kompensiert folgende Unregelmässigkeiten zwischen den Kursen einer Linie:

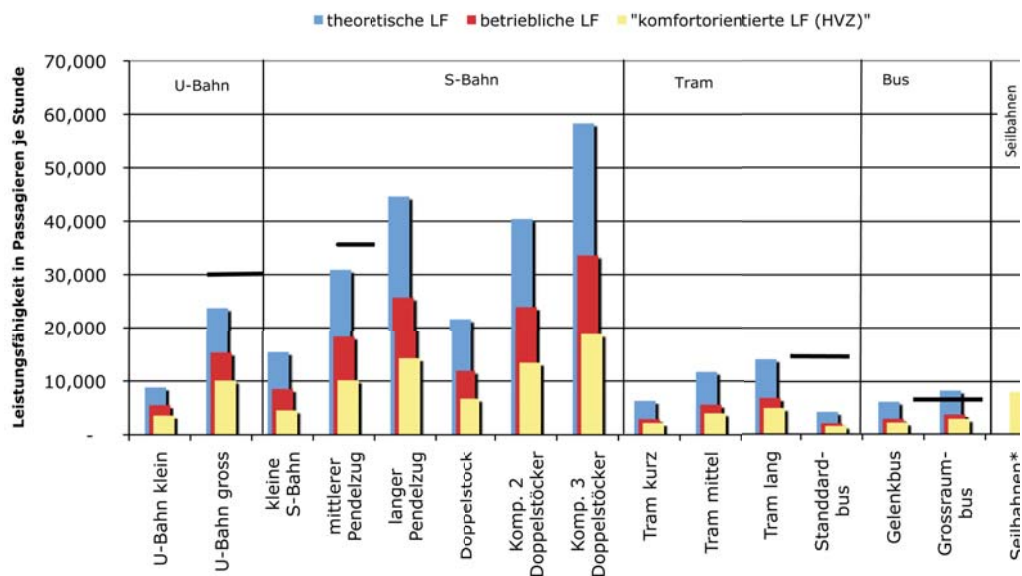
- Schwankungen der Haltezeit aufgrund ungleichmässigem Einsteiger-/Aussteigeraufkommen,

- Unterschiedliches Fahrverhalten der Fahrzeugführer,
- Unterschiedliches Beschleunigungs-/ Bremsverhalten der Fahrzeuge,
- Infrastrukturseitige Unregelmässigkeiten und externe Einflüsse (Witterung).

**Komfortorientierte Leistungsfähigkeit:** Die komfortorientierte Leistungsfähigkeit berücksichtigt zusätzlich Komfort- und Nachfragekriterien. Insbesondere akzeptieren die Fahrgäste in der HVZ eine höhere Fahrzeugauslastung als zur NVZ und RVZ. Die Komfortansprüche hängen auch von der Verweil- bzw. Reisedauer im Verkehrsmittel ab. Da verschiedene Verkehrszeiten zu berücksichtigen sind, wird die komfortorientierte Leistungsfähigkeit mittels einer differenzierten Betrachtung über die gesamte Betriebszeit hinweg bestimmt.

Für Seilbahnsysteme ist die komfortorientierte Leistungsfähigkeit bereits die Leistungsfähigkeit, die im Betrieb realisiert werden kann, da sie bauartbedingt immer ein in sich geschlossenes System darstellen. Dadurch kann es nicht zu kapazitätsmindernden Einflüssen durch Wechselwirkungen mit anderen Linien auf demselben Fahrweg geben, ebensowenig wie es zu Wechselwirkungen mit anderen Verkehrsmitteln kommen kann.

**Kennwerte:** Für die wichtigsten öffentliche Verkehrsmittel in Agglomerationen wurden auf Grundlagen ihrer gezeigten Systemkennwerte stufenweise die theoretische, die betriebliche und die komfortorientierte Leistungsfähigkeit bestimmt (Abbildung 25). Die Darstellung zeigt nicht nur die erheblichen Differenzen zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln, sondern verdeutlicht insbesondere auch die Bedeutung der stufenweise differenzierten Betrachtung.



Für U-/S-Bahnen und Trams werden dabei folgende Einheiten zu Grunde gelegt:

U-Bahn klein	50 m	U-Bahn gross	100 m	S-Bahn klein	100 m
Mittlerer Pendelzug	200 m	Langer Pendelzug	300 m	Doppelstock	100 m
Tram kurz	20 m	Tram mittel	37 m	Tram lang	45 m

\* Werte für Seilbahnen aus [Barth, 2009] als maximale Beförderungskapazität. Diese ist jedoch stark von der Streckenlänge abhängig und daher oftmals deutlich niedriger.

Quelle: [Anderhub, 2008], [Barth, 2009]

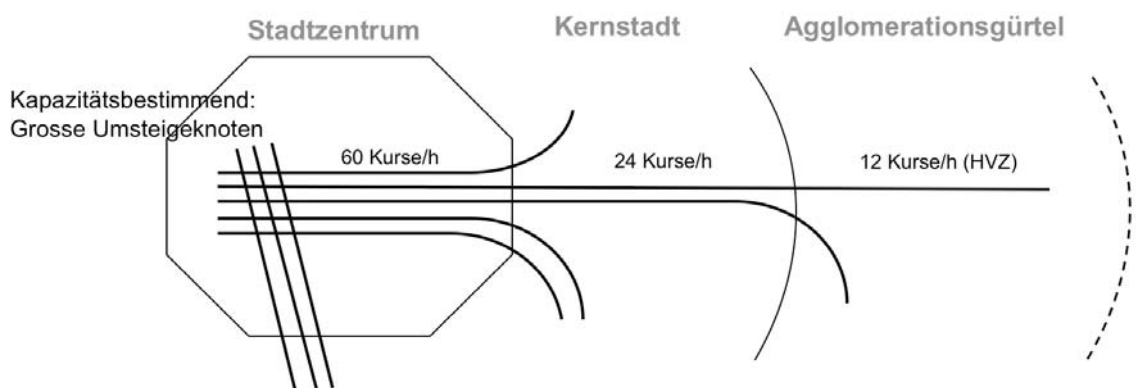
Abbildung 25 LF ÖV je Richtung, Stundenmittel

### Netzorientierte Systemleistungsfähigkeit

Bei der netzorientierten Systemleistungsfähigkeit wird berücksichtigt, dass sich in einem Netz verschiedene Linien einen bestimmten Streckenabschnitt oder Knoten teilen müssen. Massgebend sind dabei üblicherweise die grossen Umsteigeknotenpunkte in den Stadtzentren. Dabei stellt sich die Frage, welcher Anteil der Leistung im Engpass welcher Linie zugeteilt wird.

Zur Bestimmung dieses Effektes wurden modellmässig drei Agglomerationskorridore mit ihren Linienverläufen und massgebenden zentralen Knotenpunkten untersucht. Das zugrunde gelegte Modell ist in Abbildung 26 aufgezeichnet. Es handelt sich um ein typisches, radiales ÖV-Netz. Dabei teilen sich mehrere Linien einen Streckenabschnitt im Stadtzentrum. Im Umsteigeknoten kreuzen sich diese mit weiteren Linien. Stadtauswärts verzweigen sich die Linien, so dass der Agglomerationsgürtel am Ende von einer einzelnen Linie pro Korridor versorgt wird.

Es wurde je ein Korridor in Zürich (Stettbach – Schwamendingen – Zürich), Luzern (Rontal) und Bern (Ostermundigen – Bahnhof Bern) auf die Anzahl Linien und die Kursfolgezeiten pro Siedlungszone hin untersucht. Die betrachteten Umsteigeknoten bewegen sich nahe am Kapazitätslimit. Die Ergebnisse führten zu den Modellkennwerten, wie sie im folgenden Bild eingezeichnet sind. Im Stadtzentrum verkehren also 5 Linien mit 60 Kursen pro Stunde, was zu noch 12 Kursen pro Stunde und Linie im Agglomerationsgürtel führt.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 26 Modell typischer Streckenleistungsfähigkeitswerte für drei Siedlungszonen

### Leistungsfähigkeit im Mischverkehr

Die Leistungsfähigkeit wird weiter abgemindert, wenn die Benutzung von Streckenabschnitten auch mit Fahrzeugen anderer Verkehrsmittel erfolgt. Diese haben in der Regel unterschiedliche fahrdynamische Eigenschaften und weisen oft unterschiedliche Haltepolitiken auf. Bei schienengebundenen Verkehrssystemen mit Eigentrasse können unterschiedliche verkehrliche Funktionen und Aufgaben die Leistungsfähigkeit eines Teilsystems beeinträchtigen (z.B. S-Bahn und Fernverkehr auf demselben Netz).

Der Grad der resultierenden Leistungsminderung folgt weitgehend aus verkehrspolitischen Prioritätensetzungen und stellt einen Konsens der be-

teiligten Verkehrssystembetreiber dar. Dabei wird die Leistungsfähigkeit der Verkehrsanlage unter Berücksichtigung der übergeordneten Zielvorgaben auf die verschiedenen Verkehrssysteme aufgeteilt. Eine allgemeingültige Quantifizierung ist damit nicht möglich.

### 5.2.2 Zuverlässigkeit/Pünktlichkeit

Nachfrager verstehen unter dem Begriff „Zuverlässigkeit“ die Gewissheit, dass geplante und tatsächliche Abfahrts- bzw. Ankunftszeit übereinstimmen und die Kurse regelmässig verkehren. Diese Erwartung trifft nicht in jedem Fall zu. Beispielsweise können sich Autos bei Überlastung des Strassennetzes zu Kolonnen stauen und Verzögerungen auslösen. Die Zuverlässigkeit ist im öffentlichen Verkehr bezüglich Abweichung zwischen geplanter und tatsächlicher Ankunft der Reisenden am Zielort und nicht bezüglich Verspätung der Fahrzeuge definiert. Für diese spielt es keine Rolle, ob sie mit dem fahrplanmässig vorgesehenen Kurs oder mit einem Folgekurs am Reiseziel ankommen. Sobald also die mittlere Verspätung in der Grössenordnung der Kursfolgezeit liegt, was besonders bei städtischen Verkehrsmitteln der Fall sein kann, ist nicht die Einhaltung des Fahrplanes, sondern jene der Kursfolgezeit massgebend.

Zur Ermittlung derzeit gebräuchlicher Zuverlässigkeitswerte wurden die Betreiberangaben schienengebundener Verkehrsmittel recherchiert (Tabelle 15). Die Definition von Pünktlichkeit und Unpünktlichkeit schwankt je nach Betreiber. Als Kenngrösse gilt dabei der Prozentsatz der Kurse, die pünktlich an einer Station eintreffen.

*Tabelle 15 Erreichte Pünktlichkeitsniveaus im ÖV*

		Anteil pünktl. Kurse Ankunft an Halt
Bus	31: Hegibachplatz- Schlieren Zentrum und zurück	94.5 %
	46: HB- Rütihof und zurück	97.8 %
Tram	3: Klusplatz- Albisrieden und zurück	98.3 %
	4: Werdhölzli- Tiefenbrunnen und zurück	96.6 %
S-Bahn	München: S2: Hauptbahnhof- Dachau	98.1 %
	Zürich: S5: Rapperswil- Zürich HB	96.0 %
U-Bahn	München: U1- Olympia-Einkaufszentrum- Mangfallplatz	99.1 %
	München: U4- Westendstrasse- Arabellapark	99.0 %

Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Angaben der Betreiberunternehmen, (Verspätung nach Definition der Unternehmen verschieden, i.d.R. 2 Minuten)

### 5.2.3 Reisegeschwindigkeit

Die Beförderungsgeschwindigkeit im Agglomerationsverkehr bestimmt sich nach den technischen und betrieblichen Parametern, vor allem aber nach der Haltestellendistanz:

*Tabelle 16 Mittlere Beförderungsgeschwindigkeiten im städtischen Nahverkehr in Abhängigkeit von der Haltestellendistanz*

Spezifikation der Verkehrsmittel	Angenommene Haltezeit [s]	Haltestellenabstand [m]	Beförderungsgeschwindigkeit [km/h]
Strassenverkehrsabhängige Systeme, übliche Beschleunigungsmassnahmen, $v_{\max} = 30$ km/h (z.B. Tram, Bus)	20	300	17
	20	500	20
	25	700	22
Strassenverkehrsunabhängige Systeme, $v_{\max} = 60$ km/h (z.B. Stadtbahn, U-Bahn)	20	500	27
	25	700	30
	25	900	34
Vollbahn-Systeme, $v_{\max} = 130$ km/h (z.B. S-Bahn)	Praktische Erfahrungswerte	2'500	40
		3'000	45
		3'500	50

Quelle: [Weidmann, 2007], [Barth, 2009]

Dies widerspiegelt sich in den durchschnittlichen Reisegeschwindigkeiten der Verkehrsmittel gemäss Mikrozensus 2000 ([BfS, 2001]). Dabei wird allerdings nicht zwischen Agglomerations-, Regional- und Fernverkehr unterschieden. Daher können diese Angaben lediglich als Rahmen dienen, um einen ersten Anhaltspunkt zu bekommen.

- Bus/Tram: 19.2 km/h,
- Postauto: 29.5 km/h,
- Eisenbahn: 58.0 km/h.

Für Seilbahnsysteme sind die Geschwindigkeiten sehr von der Bauform abhängig und liegen zwischen rund 20 km/h bei Gondelbahnen und bis zu 50 km/h bei Standseilbahnen [Barth, 2009].

### 5.2.4 Erschliessungsqualität und Verfügbarkeit

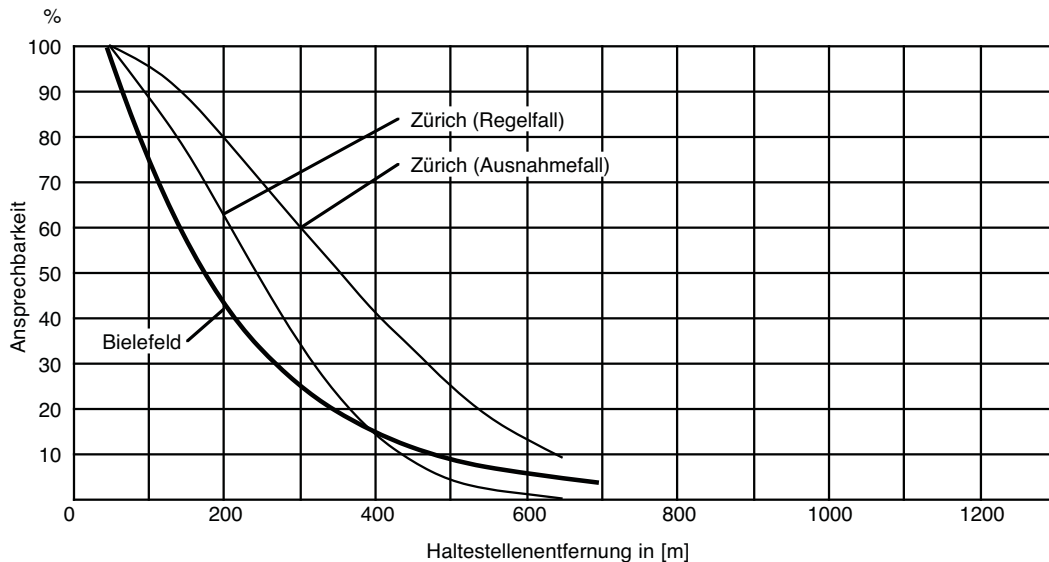
#### Erschliessungsqualität

Das Auto steht dem Eigentümer überall zur Verfügung, ein Vorteil, den der öffentliche Verkehr nicht bieten kann. Für die Quantifizierung der *Zugänglichkeit* des öffentlichen Verkehrs wurden die Ansprechbarkeitslinien geschaffen. "Sie geben in Abhängigkeit von der Haltestellenentfernung an, in welchem Masse die Bereitschaft potentieller Benutzer des ÖPNV<sup>1</sup> abnimmt, entsprechende Fussweglängen zu akzeptieren" ([Walter, 1973]).

In einer Studie wurde eine Verkehrsbefragung in der Region Zürich aus dem Jahre 1969 in gleicher Weise ausgewertet ([Brändli, 1978]). Den Vergleich von Zürich mit Bielefeld zeigt Abbildung 27. In Zürich werden offensichtlich längere Anmarschwege akzeptiert. Dieser Effekt wird auf eine höhere Liniendichte und ein besseres Fahrplanangebot in zurückgeführt (damals alle 6 Minuten ein Kurs in Zürich, alle 10 Minuten in Bielefeld).

<sup>1</sup> ÖPNV ist die (bundesdeutsche) Abkürzung für Öffentlicher Personennahverkehr.

Die Ansprechbarkeit ist als Funktion der Marschdistanz definiert. Für schweizerische Verhältnisse ist dies nicht immer sinnvoll, da hier topographische Verhältnisse eine grosse Rolle spielen. Deshalb wäre eine Definition in Funktion der Anmarschzeit erwünscht, damit auch die Höhenunterschiede berücksichtigt werden. Ferner ist die Ansprechbarkeit von weiteren Faktoren abhängig (Fahrplanangebot, abwechslungsreichen Anmarschrouten).



Quelle: [Brändli, 1978]

Abbildung 27 Ansprechbarkeitslinien, Nahverkehr Bielefeld und Zürich

## Verfügbarkeit

### Angebotsdichte

Der städtische öffentliche Verkehr bewältigt die Nachfrage mit relativ kleinen Einheiten, was einen dichten Fahrplankontakt erfordert. Zu den Stadtkernen konzentrieren sich die Aktivitäten, die eine starke Nachfrage aus den Aussenbereichen begründet. Dies zieht eine Bündelung von Linien im Stadtzentrum nach sich, was die Verfügbarkeit stark erhöht und insbesondere sehr kurze Taktfolgen ermöglicht. Der öffentliche Verkehr in Agglomerationen verkehrt üblicherweise im 30-Minuten-Takt, in Kernbereichen dichter bis hin zu 7.5 Minuten-Takten je Linie in Kerngebieten grosser Agglomerationen. Eine Übersicht über das Frequenzangebot in Aussen- und Innenbereichen ausgewählter Agglomerationen gibt Tabelle 17. Es werden gerade in den Kernbereichen durch Linienüberlagerungen Folgezeiten von bis zu 3 Minuten betrieben. In den Aussenbereichen und Nebenverkehrszeiten werden die Frequenzen bis hin zum Stundentakt ausgedünnt. Bei Trams bzw. Stadtbahnen geschieht dies nur bis zu einem 30-Minuten-Takt. Bei S-Bahnsystemen liegen die Taktintervalle im Bereich von 15 Minuten und mehr.

**Tabelle 17** Taktfrequenzen von ÖV-Systemen ausgewählter Agglomerationen

Verkehrsmittel	Innerstädtisch				Aussenbereiche			
	HVZ		NVZ		HVZ		NVZ	
Verkehrszeit								
Taktfrequenzen [min]	min	max	min	max	min	max	min	max
Bus	3	10	3	15	5	30	5	60
Tram/Stadtbahn	2	5	2	5	6	15	6	30
S-Bahn					15	60	15	60

Quelle: eigene Darstellung, basierend auf publizierten Fahrplandaten

Der Fahrgastzustrom zu einer Haltestelle hängt stark von der Merkbarekeit den Abfahrtszeiten ab. Zwar richtet sich auch im städtischen Nahverkehr ein Teil der Fahrgäste auf einen bestimmten Kurs und damit auf eine definierte Abfahrtszeit aus, ein beträchtlicher Teil hingegen begibt sich ungeplant und damit zufällig an die Haltestelle (z.B. aufgrund unstabiler Linienbetrieb, unbekannter Abfahrtszeit schlechter Merkbarekeit der Abfahrtszeit oder auch eines sehr hochfrequenten Angebots).

**Tabelle 18** Anteil fahrplanabhängiger Fahrgäste nach Tageszeit und Taktfrequenz

Frequenz [1/h]	Kursfolge [min]	MHVZ [%]	NVZ [%]	AHVZ [%]
2	30	99	-	-
4	15	85	56	-
6	10	85	55	71
8	7.5	-	4	-
9	6.67	36	-	22
10	6	17	-	0
12	5	25	-	-
18	3.33	0	-	-

Quelle: [Weidmann, 2006c], MHVZ – morgendliche HVZ, AHVZ – abendliche HVZ

In [UVEK, 2000] wurden Nachfrageelastizitäten für den ÖV innerhalb einer Agglomerationen bestimmt (Tabelle 19).

**Tabelle 19** Empfohlene Verkehrsnachfrageelastizitäten im ÖV-Stadtverkehr

Elastizität	ÖV-Angebot	ÖV-Preis	Einkommen	PW-Bestand	Geschw. MIV
Wert	0.25 bis 0.35	-0.2 bis -0.3	0.3 bis 0.6	-0.4 bis -0.6	-0.7 bis -1.0

Quelle: [UVEK, 2000]

### Betriebszeiten

Traditionell orientieren sich die Betriebszeiten des ÖV an den Bedürfnissen der Pendler. Verbunden mit betriebswirtschaftlichen Optimierungen führte dies zu einem Angebot, welches bereits am frühen Morgen (ca. 5 Uhr) erste Verbindungen vorsah, nach 22 Uhr aber stark ausgedünnt und um 24 Uhr eingestellt wurde.

In Zusammenhang mit der zunehmenden Zahl an Freizeitangeboten haben sich neue Mobilitätsbedürfnisse ergeben. Ausserhalb der Betriebszeiten des öffentlichen Verkehrs treten somit wachsende Nachfragerwerte auf. Viele der Verkehrsverbände haben zur Abdeckung dieser Mobilitätsbedürfnisse mit dem Aufbau von Nachtnetzen zur Schliessung der zeitlichen Angebotslücke zwischen Betriebsschluss am Abend und Wiederaufnahme des regulären Betriebs am Morgen reagiert. An Wochenenden verbinden Nachtangebote üblicherweise im 60-Minuten-Takt die Agglomerationen mit dem Stadtzentrum. Für die Benutzung des Nachtnetzes sind

zu den regulären Fahrausweisen meist Nachtzuschläge zu lösen. Auch im regulären Spätdienst werden die Angebote ausgebaut.

## 5.3 Motorisierter Individualverkehr

### 5.3.1 Leistungsfähigkeit

#### Grundprinzip

Das Verkehrssystem für den motorisierten Individualverkehr ist ein nach Aufgaben und Funktionen sowie nach Bedeutung der Strassen gegliedertes Netz aus Strassenabschnitten und Knoten. Im übergeordneten Strassennetz der Agglomeration kann grundsätzlich unterschieden werden zwischen Hauptverkehrsstrassen und Hochleistungsstrassen.

Die Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage des MIV ist die grösste Anzahl von Fahrzeugen, die diese Anlage bei bestimmten Bedingungen in einem Zeitintervall von einer Stunde benützen kann (Fz/h). Mit der Verkehrsqualität wird der Grad der gegenseitigen Behinderungen der Verkehrsteilnehmer ausgedrückt. Zu diesem Zweck werden sechs Verkehrsqualitätsstufen unterschieden (vgl. Tabelle 20). Die Qualitätsstufe E stellt die Leistungsfähigkeit dar.

Stufe	Verkehrszustand auf Strassenabschnitt	Verkehrszustand auf Knoten	Bewertung
A	Volle Bewegungsfreiheit / freier Verkehrsfluss bei hohen Geschwindigkeiten und geringen Dichten	Ungehindert, nur geringe Zeitverluste, Mehrzahl der Fahrzeuge ohne Wartezeit	ausgezeichnet
B	Nahezu frei, geringe Behinderungen / stetiger, stabiler Verkehrsfluss im oberen Geschwindigkeitsbereich	Nur in geringem Mass behindert, vortrittsbelastete Fahrzeuge mit geringen Wartezeiten	gut
C	Merkliche Behinderungen / stetiger, stabiler Verkehrsfluss im unteren Geschwindigkeitsbereich, Bildung von Fahrzeugpulk	Häufige Beeinflussung durch vortrittsberechtigte Fahrzeuge, Wartezeiten wachsen spürbar an, temporäre Staubildung	zufriedenstellend
D	Deutliche Behinderungen / annähernd unstetiger, aber insgesamt noch stabiler Verkehrsfluss	Mehrzahl der Fahrzeuge muss Behinderungen hinnehmen, noch annehmbare Wartezeiten für einzelne Fahrzeuge, temporär merkliche Staubildung	ausreichend
E	Starke Behinderungen / unstetiger, instabiler Verkehrsfluss, weitgehend nur Kolonnenfahrt, Gefahr des Verkehrszusammenbruchs und der Staubildung	Ständige Behinderungen mit zeitweise Überlastung, sehr grosse Wartezeiten, lang dauernde Staubildung, Kapazitätsgrenze erreicht	mangelhaft
F	Instabiler Verkehrsfluss, Verkehrszusammenbruch und Stau im Wechsel mit „Stop-and-Go“-Zustand	Ständige Überlastung und wachsende Staulängen, sehr grosse Wartezeiten für alle Verkehrsteilnehmer	unzureichend

Quelle: in Anlehnung an [VSS, 2006a] und [VSS, 2006b]

#### Hochleistungsstrassennetz

Bei Hochleistungsstrassen (HLS) ist die Leistungsfähigkeit der Strassenabschnitte massgebend. Das Leistungsangebot ist weitgehend von den Infrastrukturelementen wie Anzahl Fahrstreifen oder Längsneigung abhängig. Die theoretische Leistungsfähigkeit eines Autobahnfahrstreifens liegt gemäss [VSS, 2006a] bei günstigen Bedingungen und bei reinem PW-Verkehr bei ca. 2'000 Fz/h.

## Hauptverkehrsstrassennetz

Im übergeordneten Netz der Agglomeration wird das Leistungsangebot durch die Knoten bestimmt. Die grösste Verarbeitungsleistung wird dabei mit Lichtsignalanlagen (LSA) erreicht und ist primär von der Struktur der einzelnen Knotenströme abhängig. Zur Verkehrsqualitätsbeurteilung werden die mittlere Wartezeiten oder der Auslastungsgrad der Knoten verwendet. Der Auslastungsgrad ist das Verhältnis der stündlichen Verkehrsstärke zur Leistungsfähigkeit.

Das in dieser Arbeit verwendete Belastungsverhältnis von Haupt- zu Nebenstrom an Knoten mit LSA basiert auf Auswertung von Felderhebungen ([Laube, 2006a]) und dient zur vereinfachenden Abschätzung der Leistungsfähigkeit. Demnach kann am Agglomerationsrand von einer ausgeglichenen Belastungsverteilung ausgegangen werden. Je näher der Knoten an der Grenze zur Kernstadt liegt, desto ausgeprägter wird die Hauptrichtung. Dabei zeigt sich, dass entlang einer Achse (Agglomerationsring in Richtung Kernstadtring) die Gesamtbelastungen der einzelnen Knoten in etwa konstant sind. Für die beiden Lagen der Knoten ergeben sich die Leistungsfähigkeiten gemäss Tabelle 21, ausgedrückt in sogenannten Personenwageneinheiten (PWE/h):

<i>Tabelle 21 LF MIV je Fahrstreifen in Abhängigkeit von der Örtlichkeit</i>		
LSA	Agglomerationsrand	Kernstadtring
Phasenablauf	4 - phasig	3 - phasig
Umlaufzeit	60 s	90 s
Verhältnis Haupt- / Nebenstrom	50% / 50%	80% / 20%
Summe kritischer Verkehrsstärke $\sum Q_{krit}$	1'350 Fz/h	1'500 Fz/h
- davon Hauptstrom	700 Fz/h	1'200 Fz/h
- davon Nebenstrom	650 Fz/h	300 Fz/h
Quelle: Eigene Darstellung		

Bei der angenommenen Belastungsaufteilung beträgt die Leistungsfähigkeit eines Fahrstreifens in der Hauptrichtung am Agglomerationsrand rund 700 PWE/h und am Kernstadtring rund 1'200 PWE/h. Gegenüber der freien Strecke mit einer Leistungsfähigkeit von rund 2'000 PWE/h und Fahrstreifen liegt die Reduktion am Agglomerationsrand bei ca. 65% und am Kernstadtring bei ca. 40%.

## Betriebliche Leistungsqualität

Bei der betrieblichen Leistungsfähigkeit ergibt sich eine Abminderung gegenüber der theoretischen Leistungsfähigkeit (entsprechend Verkehrsqualitätsstufe E). Diese Abminderung ist nur bei Autobahnabschnitten relevant, wo berücksichtigt werden muss, dass der Richtwert von 2'000 Fz/h nur selten über eine längere Zeitdauer aufrechterhalten werden kann. Zudem treten erhöhte Schwerverkehrsanteile auf. Für die vorliegende Untersuchung gilt deshalb eine betriebliche Leistungsfähigkeit entsprechend der Verkehrsqualitätsstufe D (1'800 Fz/h).

Bei Knoten mit LSA entsprechen die Richtwerte in Tabelle 21 der Verkehrsqualitätsstufe E. Die betriebliche Leistungsfähigkeit kann dieser Verkehrsqualitätsstufe gleichgesetzt werden. Obwohl Knoten an der Grenze der theoretischen Leistungsfähigkeit stets eine schlechte Verkehrsqualität

aufweisen (Staus, Wartezeiten), entspricht dies der realen Situation in städtischen Verhältnissen ([Laube, 2006b]).

Die verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen lichtsignalgesteuerter Knoten können vereinfachend über den Auslastungsgrad gemäss [Brilon, 2004] des massgebenden Fahrstreifens ermittelt werden. Für das HLS-Netz gelten die Werte nach [VSS, 2006a]. Umgerechnet auf Agglomerationsrand und Kernstadtring sind in Tabelle 22 die zulässigen Belastungen je Fahrstreifen der Hauptrichtung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Auslastung je Qualitätsstufe zusammengestellt.

*Tabelle 22 Zulässige Belastungen je Fahrstreifen nach Auslastung*

Stufe	Auslastung	HVS		HLS	
		Agglomerationsrand	Kernstadtring	Auslastung	Autobahn
A	< 0.30	210 Fz/h	360 Fz/h	< 0.40	800 Fz/h
B	< 0.50	350 Fz/h	600 Fz/h	< 0.60	1'200 Fz/h
C	< 0.70	490 Fz/h	840 Fz/h	< 0.80	1'600 Fz/h
D	< 0.85	595 Fz/h	1'020 Fz/h	< 0.90	1'800 Fz/h
E	< 1.00	700 Fz/h	1'200 Fz/h	< 1.00	2'000 Fz/h

Quelle: Eigene Darstellung, Hervorgehoben: Richtwerte der betrieblichen Leistungsfähigkeit.

### Komfortorientierte Leistungsfähigkeit

Wie beim öffentlichen Linienverkehr variiert auch beim motorisierten Individualverkehr die Nachfrage während des Tages. Bei der Bemessung der Verkehrsanlagen werden zu bestimmten Zeiten Behinderungen in Kauf genommen. Für die verschiedenen Verkehrszeiten ergibt sich also eine unterschiedliche Verkehrsqualität.

### HVS in Agglomerationen

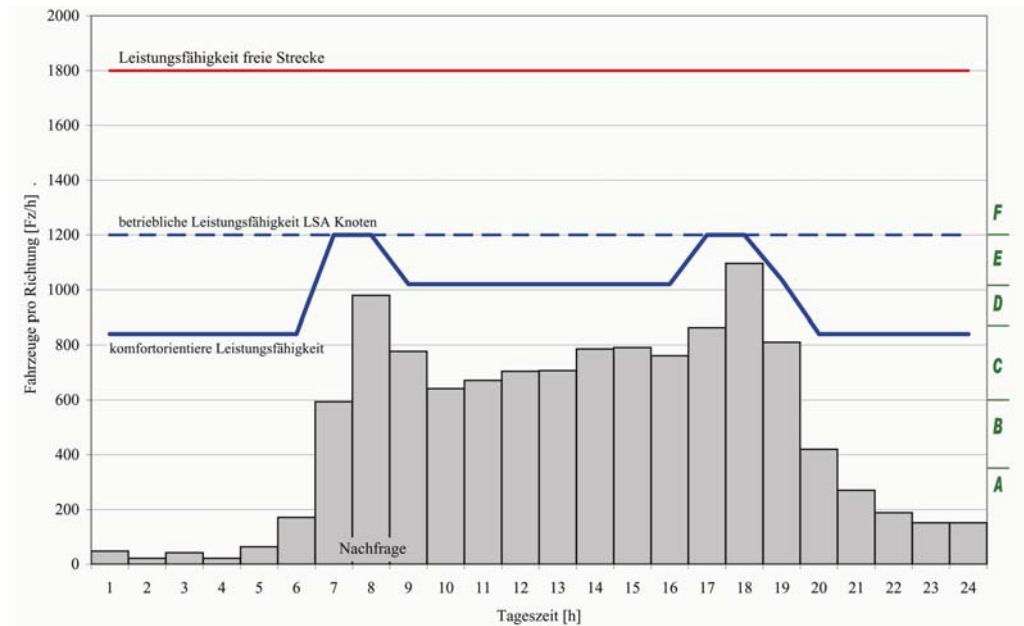
Bei der Untersuchung der Tagesganglinien und der Verkehrsqualität bei Knoten in verschiedenen Agglomerationen von [Laube, 2006b] zeigten sich die in Tabelle 23 angegebenen Verkehrsqualitätsstufen.

*Tabelle 23 Verkehrsqualitätsstufen HVS-Netz*

	Agglomerationsrand	Kernstadtring
Hauptverkehrszeit	D – E	E
Nebenverkehrszeit	C	D

Quelle: Eigene Darstellung

Während der Hauptverkehrszeit wird am Agglomerationsrand die Verkehrsqualitätsstufe D und am Kernstadtring oftmals die Stufe E erreicht. Während der übrigen Tageszeit kann ein komfortablerer Verkehrsablauf gewährleistet werden. In Abbildung 28 ist dies an einem Beispiel dargestellt.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 28 Betriebliche und komfortorientierte LF einer LSA (Kernstadtring)

Für die einzelnen Tageszeiten und Örtlichkeiten können nun differenzierte Qualitätsstufen festgelegt werden. Die Auswertungen der Verkehrsdaten verschiedener LSA-Knoten ergab folgende Verkehrsqualitätsstufen in Abhängigkeit der Tageszeit (vgl. Tabelle 24).

**Tabelle 24 Verkehrsqualitätsstufen in Abhängigkeit der Tageszeit (HVS-Netz)**

Zeit	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Agglomerationsrand	A	B	C	D	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	C	B	A
Kernstadtring	A	C	D	E	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	D	C	B

Quelle: Eigene Darstellung

### HLS in Agglomerationen

Die Auswertung der Tagesganglinien und die Beurteilung der Verkehrsqualität auf Hochleistungsstrassen (Anhang „Qualitätsstufen“) ergaben die in Tabelle 25 dargestellten Verkehrsqualitätsstufen für HLS in Richtung Kernstadt (Agglomeration) beziehungsweise auf dem Ring um die Kernstadt (tangentielle Verbindung).

**Tabelle 25 Verkehrsqualitätsstufen HLS-Netz**

	Agglomeration	Tangentiale Verbindung
Hauptverkehrszeit	C - D	E - F
Nebenverkehrszeit	A - B	D

Quelle: Eigene Darstellung

In der Hauptverkehrszeit wird auf der HLS in Richtung Kernstadt die Verkehrsqualitätsstufe D erreicht. Auf der tangentialen Verbindung kommt der Verkehrsablauf während der Hauptverkehrszeiten oftmals zum Erliegen, was der Verkehrsqualitätsstufe F entspricht. Während der übrigen Tageszeit kann in Richtung Kernstadt mit der Verkehrsqualitätsstufe B ein flüssi-

ger Verkehrsablauf gewährleistet werden. Tangential zur Kernstadt liegt die Verkehrsqualität auf Stufe D.

Analog zu den Hauptverkehrsstrassen ergaben die Auswertungen der Verkehrsdaten von verschiedenen Autobahnabschnitten die in Tabelle 26 zusammengestellten Verkehrsqualitätsstufen in Abhängigkeit der Tageszeit.

Tageszeit	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Agglomerationsrand	A	A	C	D	C	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B	A
Tangentialverbindung	A	A	E	F	D	C	C	C	C	D	D	D	F	F	D	C	A

Quelle: Eigene Darstellung

### Besetzungsgrad

Der Besetzungsgrad der Personenwagen variiert gemäss Mikrozensus 2000 am Tag zwischen 1.05 (5–6 Uhr) und 1.76 (0–1 Uhr). In Tabelle 27 ist der Besetzungsgrad zwischen 5.00 und 22.00 Uhr in Abhängigkeit der Tageszeit aufgeführt.

Zeit	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Besetzung [P/Fz.]	1.13	1.04	1.12	1.24	1.35	1.38	1.45	1.33	1.47	1.33	1.47	1.53	1.48	1.49	1.56	1.59	1.60

Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf [BfS, 2001]

### Nachfrageorientiertes Leistungsangebot

Auf den Grundlagen der betrieblichen und der nachfragerorientierten Leistungsfähigkeit sowie des Besetzungsgrads kann das nachfrageorientierte Leistungsangebot in Fahrzeugen und Personen abgeschätzt werden. Die Angaben in Tabelle 28 beziehen sich sowohl auf dem HVS- wie auch auf dem HLS-Netz auf einen Fahrstreifen.

Nachfrageorientierte LF je Fahrstreifen	Hauptverkehrszeit				Tagesverkehr			
	Morgen		Abend		in 24 h		von 5-24 Uhr	
<b>HVS-Netz</b>	<b>Fz/h</b>	<b>Fz/h</b>	<b>Fz/h</b>	<b>P/h</b>	<b>Fz/d</b>	<b>P/d</b>	<b>Fz/d</b>	<b>P/d</b>
Agglomeration	600	690	600	900	9'250	13'350	8'250	11'700
Kernstadt	1'200	1'380	1'200	1'800	18'950	27'250	17'150	24'400
<b>HLS-Netz</b>	<b>Fz/h</b>	<b>Fz/h</b>	<b>Fz/h</b>	<b>P/h</b>	<b>Fz/h</b>	<b>P/h</b>	<b>Fz/h</b>	<b>P/h</b>
Agglomeration	1'800	2'070	1'600	2'400	26'000	38'400	22'600	32'000
Kernstadt	2'000	2'300	2'000	3'000	33'000	47'750	29'000	41'500

Quelle: Eigene Darstellung

### 5.3.2 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Strassennetzes

Auf dem HVS – Netz fehlen Untersuchungen zu den Staustunden weitgehend, jedoch können Rückschlüsse auf die Verkehrssituation aufgrund der Verkehrsqualitätsstufen gezogen werden. Gemäss Tabelle 24 ergeben sich am Kernstadtring in beiden Hauptverkehrszeiten Qualitätsstufen E, sodass dort gemäss Definition in Tabelle 20 mit lang dauernder Staubil- dung in Lastrichtung gerechnet werden muss.

Auf dem HLS – Netz werden die Staustunden vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) regelmässig erfasst und in einem Jahresbericht veröffentlicht [ASTRA, 2005]. Auf dem schweizerischen HLS – Netz wurden 2005 als Folge von Verkehrsüberlastungen, Baustellen und Unfällen knapp 11'000 Fahrzeug- Staustunden registriert. Primär betroffen waren die Agglomerationsgebiete Zürich – Winterthur, Basel – Pratteln und Lausanne – Monthey.

Im Agglomerationsraum Zürich liegen die mittleren Zeitverluste pro Fahrzeug gemäss Messungen und Berechnungen [Pitzinger, 2002] bei 6 bis 12 Minuten. Diese Angaben beziehen sich auf die drei städtischen Autobahneinfahrten am Kernstadtring.

### 5.3.3 Geschwindigkeit

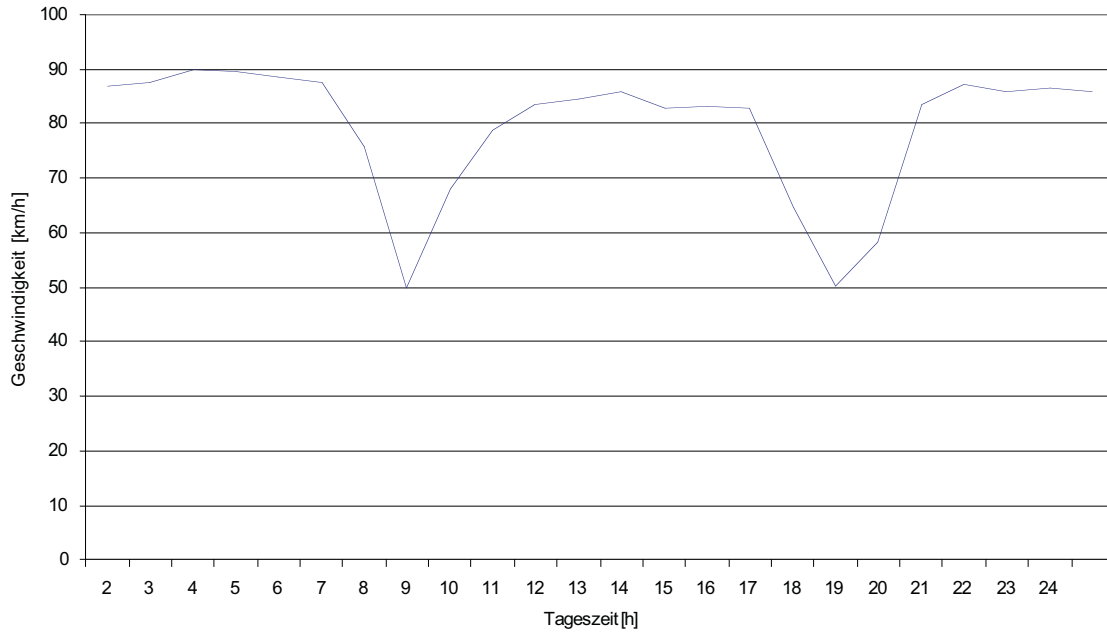
#### HVS

Die mittlere Geschwindigkeit während der Nebenverkehrszeit auf dem HVS-Netz liegt aufgrund der Messergebnisse des IVT der ETH Zürich an 15 Messstellen in der ganzen Schweiz bei 72 km/h ([Lindenmann, 1998]).

Die Reisezeit im Individualverkehr hängt stark von der Tageszeit ab (Haupt- / Nebenverkehrszeit) und wird weitgehend von der Verkehrsqualität in Knotenbereichen bestimmt. Am Agglomerationsrand mit Abschnitten im Ausserortsbereich kann die mittlere Geschwindigkeit während der Nebenverkehrszeit nach [Laube, 2006a] bei rund 70 km/h liegen und sinkt in der Hauptverkehrszeit auf 50 bis 60 km/h ab. Am Kernstadtring ist die mittlere Geschwindigkeit mit 50 bis 60 km/h während der Nebenverkehrszeit deutlich höher als während der Hauptverkehrszeit mit ca. 30 km/h.

#### HLS

Die mittlere Geschwindigkeit während der Nebenverkehrszeit liegt aufgrund der jährlichen Messungen des IVT auf dem HLS-Netz bei 110 km/h.([Lindenmann, 1998]). Auf dem HLS - Netz in Agglomerationen variiert die mittlere Geschwindigkeit zwischen der Neben- (110 km/h) und der Hauptverkehrszeit (50 km/h) um rund 60 km/h ([Laube, 2006a]). In Abbildung 29 ist die stündliche mittlere Geschwindigkeit im Tagesverlauf auf dem Nordring (Gubristtunnel) dargestellt. Der Geschwindigkeitseinbruch während der Hauptverkehrszeit am Morgen und Abend ist deutlich erkennbar.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 29 HLS Nordumfahrung Zürich: mittlere Geschwindigkeit im Tagesverlauf (Gubristunnel Mai 2005)

In Tabelle 29 sind die mittleren Geschwindigkeiten auf dem HVS- und dem HLS- Netz während der Haupt- und der Nebenverkehrszeit zusammenfassend aufgeführt.

		Hauptverkehrszeit	Nebenverkehrszeit
HVS-Netz	Agglomerationsrand	45 km/h	70 km/h
	Kernstadtring	30 km/h	55 km/h
HLS-Netz		50 km/h	110 km/h

Quelle: Eigene Darstellung

## 5.4 Nichtmotorisierter Individualverkehr

### 5.4.1 Fussgänger

#### Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit von Fussgängeranlagen kann in sehr zentralen Stadtteilen, bei ÖV-Anlagen oder bei Events massgebend werden. Für einzelne Anlagenteile der ÖV-Umsteigeanlagen, bei denen typischerweise kurze, aber grosse Spitzenbelastungen auftreten, sowie für ebene Gehwege existieren Bemessungsmethoden [Weidmann, 1993], [Buchmüller, 2006]. Im Weiteren stellt sich beim Fussgängerverkehr vorab die Frage nach der noch akzeptierten Gehwegdistanz, nach der Geschwindigkeit und der Attraktivität der Gehwege. Diese Aspekte werden hier nicht vertieft.

Die Leistungsfähigkeit ist definiert als die Anzahl der Fussgänger, welche pro Zeiteinheit einen gegebenen Querschnitt passieren können und ist ein Produkt der Fussgängerdichte und der Geschwindigkeit:

$$L = D \cdot B_N \cdot v_{F,h}$$

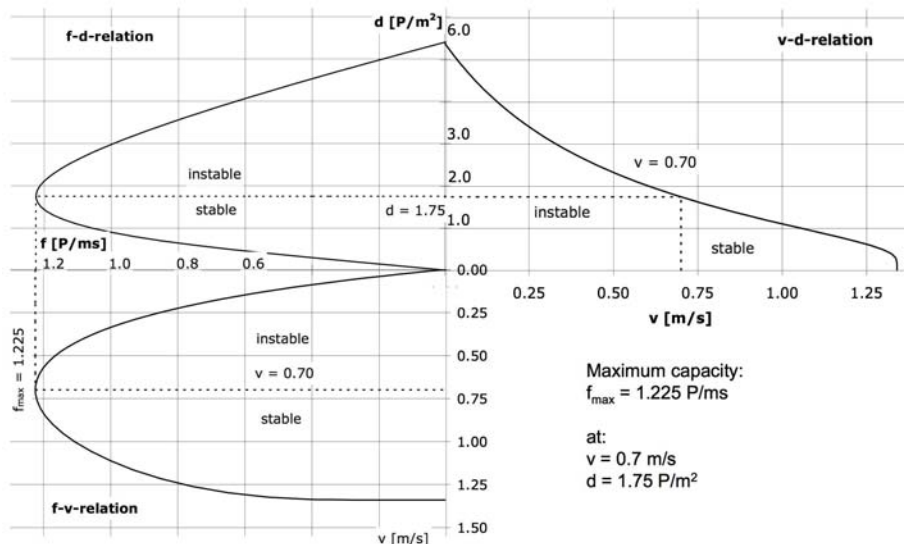
wobei:

- L Leistungsfähigkeit einer Fussgängeranlage [P/ms],
- D Fussgängerdichte [ $P/m^2$ ],
- $B_N$  Nutzbare Fusswegbreite [m],
- $v_{F,h}$  Horizontale Fussgängergeschwindigkeit [m/s].

Fussgänger halten gegenüber Wänden und Hindernissen einen Mindestabstand ein, der in der Leistungsberechnung als Verlustbreite zu berücksichtigen ist. Die nutzbare Fusswegbreite  $B_N$  ergibt sich aus der Bruttobreite einer Fussgängeranlage abzüglich der Verlustbreite.

### Leistungsfähigkeit von Fussgängeranlagen bei Richtungsverkehr

Das Fundamentaldiagramm für den Fussgängerverkehr beschreibt den Zusammenhang zwischen Fussgängerdichte und Geschwindigkeit (Abbildung 30).



Quelle: [Weidmann, 1993], Richtungsverkehr; Parameter: Geschwindigkeit [m/s], Fussgängerdichte [ $P/m^2$ ], Flusspezifische Leistung  $f$  [ $P/ms$ ]

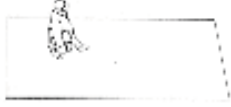





Abbildung 30 Fundamentaldiagramm für ebene Fussgängerverkehrsanlagen

Die maximale Leistungsfähigkeit unter Normalbedingungen liegt für europäische Verhältnisse bei etwa 1.23  $P/ms$ . Sie wird bei einer Fussgängerdichte von  $1.75 P/m^2$  und bei einer Fussgängergeschwindigkeit von  $0.70 m/s$  erreicht. Dieser Punkt trennt den stabilen vom instabilen Bereich. Im instabilen Bereich sinken mit einer Zunahme der Fussgängerdichte sowohl die Geschwindigkeit als auch die Leistungsfähigkeit, so dass hier Rückstaugefahr besteht. Höhere Leistungsfähigkeiten können zustande kommen, wenn den Fussgängern Verhältnisse aufgedrängt werden, die sie freiwillig nicht akzeptieren würden. Bei Experimenten wurde eine Leistungsfähigkeit von maximal  $4.33 P/ms$  erreicht.

## Level of Service

Die oben erwähnte Leistungsfähigkeit stellt die maximale Leistungsfähigkeit (= Theoretische Leistungsfähigkeit) dar und ist für die Bemessung nicht zulässig, da diese erst bei unangenehm hohen Fussgängerdichten auftritt. Um die Benützungsgüte einer Anlage zu berücksichtigen, wurde das aus dem Individualverkehr bekannte LOS-Konzept für den Fussgängerverkehr adaptiert. In [HCM, 2000] sind die Level of Services beschrieben (Tabelle 30).

**Tabelle 30** Beschreibung des Level of Service-Konzepts für Fussgänger

LOS	Beschreibung	Dichte [P/m <sup>2</sup> ]	Grafik
A	Fussgänger bewegen sich in ihren gewünschten Bahnen. Die Geschwindigkeiten sind frei wählbar und Konflikte sind unwahrscheinlich.	< 0.18	
B	Es besteht genügend Platz, um die Geschwindigkeit frei zu wählen und Konflikte zu vermeiden. Ab diesem Level reagieren die Fussgänger bei der Wahl ihres Weges auf die anderen Fussgänger.	0.18 – 0.27	
C	Es besteht genügend Platz für normale Fussgängergeschwindigkeiten. Bewegungen in die Quer- oder Gegenrichtung können geringfügige Konflikte verursachen.	0.27 – 0.45	
D	Die Wahl der Geschwindigkeit ist eingeschränkt. Es herrscht ein flüssiges Gehen vor, aber Friktionen und Interaktionen zwischen den Fussgängern sind wahrscheinlich.	0.45 – 0.71	
E	Bewegungen in die Quer- und Gegenrichtung sind nur mit grossen Schwierigkeiten möglich.	0.71 – 1.33	
F	Die Geschwindigkeiten sind stark eingeschränkt. Körperkontakte lassen sich nicht mehr vermeiden. Der Fluss ist sporadisch und instabil.	> 1.33	

Quelle: [HCM, 2000]

## Komfortorientierte Leistungsfähigkeit

Für die Anlagendimensionierung und ebenso für die Bestimmung der nachfrageorientierten Leistungsfähigkeit wird der Komfort unter Beachtung der Häufigkeit von Belastungswerten berücksichtigt. Dabei wird unterschieden zwischen kurzzeitigen Spitzenbelastungen und den Belastungen über längere Zeiträume. In [Weidmann, 1993] / [Buchmüller, 2006] wird empfohlen, für Normalbelastungen mindestens LOS B und für Spitzenbelastungen mindestens LOS D anzustreben.

Um die Leistungsfähigkeit mit anderen Verkehrsarten vergleichen zu können, wird sie über eine Hauptverkehrs- respektive eine Normalzeit-Stunde und über 20 Stunden eines Tages ausgewiesen. Für das nachfolgende Rechenbeispiel eines zweieinhalb und eines vier Meter breiten Gehweges wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Verlustbreite beträgt insgesamt 0.80 m (entspricht einem Gehweg mit Fahrbahn auf der einen und Hauswand auf der anderen Seite).
- Während vier Stunden Randzeit pro Tag wird ein LOS A erwartet; für die verbleibenden 16 Stunden Normalzeit wird mit einem LOS B gerechnet.

Aus 26 Fussgängererhebungen in Schweizer Gemeinden ([Zweibrücken, 2005]) geht hervor, dass die Tagesganglinie sehr flach verläuft. Es ergeben sich also keine markanten Spitzenstunden. Eine gleichmässige Anwendung einer LOS-Stufe über den grössten Teil des Tages ist also gerechtfertigt. Die komfortorientierte LF eines Gehwegs mit Bruttonutzbreite von 2.5 m beträgt demnach bei Richtungsverkehr pro Tag 31'800 Personen.

*Tabelle 31 LF Fussgängeranlagen (in eine Richtung)*

	LOS	Dichte [P/m <sup>2</sup> ]	Geschwindigkeit [m/s]	Gehwegbreite	
				2.5 m	4m
Nutzbare Breite [m]				1.70	3.20
Theoretische LF: spezifisch [P/ms]		1.75	0.70	1.23	1.23
Theoretische LF: stündlich [P/h]				7'500	14'100
Nachfrageorientierte LF kurzzeitige Spitze [P/ms]	D	0.58	1.27	0.74	0.74
Nachfrageorientierte LF NVZ [P/ms]	B	0.22	1.34	0.29	0.29
Nachfrageorientierte LF RVZ [P/ms]	A	0.09	1.34	0.12	0.12
Nachfrageorientierte LF NVZ [P/h]	B			1'800	3'400
Nachfrageorientierte LF RVZ [P/h]	A			740	1'400
Tages-LF: 16h LOS B, 4h LOS A [P/d]	A/B			31'800	59'900

Quelle: Eigene Darstellung

### Gegenverkehr

Bei entgegen gesetzten Fussgängerströmen verursacht die Behinderung einen Leistungsabfall, welcher im Mittel etwa 8 % ausmacht ([Weidmann, 1993]). Somit ergeben sich für dieselben Fusswege mit Gegenverkehr die Leistungsfähigkeiten gemäss Tabelle 32. Die Leistung von Strömen in mehrere Richtungen wurde bisher noch wenig untersucht und kann hier deshalb nicht behandelt werden.

*Tabelle 32 LF Fussgängeranlagen (mit Gegenverkehr)*

		LF bei Normalbreite des Gehweges (2.5m)	LF bei Gehwegbreite 4m
Verlustfaktor Gegenrichtung		0.92	0.92
Theoretische LF	Stündlich [P/h]	6'900	13'000
	Stündlich [P/h] (NVZ)	1'660	3'120
	Stündlich [P/h] (RVZ)	680	1'280
	Täglich [P/d] (16h LOS B, 4h LOS A)	29'300	55'100

Quelle: Eigene Darstellung

## 5.4.2 Velofahrer

### Leistungsfähigkeit

Für den Veloverkehr stellt sich nur in Ausnahmefällen die Frage der Leistungsfähigkeit. Während er im Normenwerk der VSS nicht behandelt wird, werden in [HCM, 2000] verschiedene Stufen der Verkehrsqualität definiert. Diese hängen erstens von der Führung (Radweg/-streifen) und zweitens

von der Anzahl Begegnungen und Überholmanöver zwischen den Velofahrern ab.

Die folgende Abschätzung der Leistungsfähigkeit basiert auf [HCM, 2000] und gilt für einen 3.0 m breiten, zweistreifigen Radweg, der nur von Velofahrern benützt wird. In Anlehnung an den MIV wird in der Agglomeration von einem Richtungsanteil von 5:1 in Richtung Zentrum ausgegangen. In Tabelle 33 sind die Verkehrsqualitätsstufen in Abhängigkeit der Anzahl Kreuzungs- und Überholbegegnungen sowie die daraus resultierende Leistungsfähigkeit in der Haupt- und Nebenrichtung dargestellt.

Tabelle 33 *LF Veloverkehr in Abhängigkeit der Verkehrsqualität*

Verkehrsqualität	Total Kreuzungs- und Überholbegegnungen [Begegnungen/h]	LF [FR/h]	
		Hauptrichtung	Nebenrichtung
A	< 40	115	50
B	40 – 60	170	70
C	60 – 100	285	120
D	100 – 150	430	180
E	150 – 195	555	235
F	> 195	> 555	> 235

Quelle: Eigene Darstellung

Die Leistungsfähigkeit des Radwegs wird bei der gewählten Aufteilung des Richtungsverkehrs bei über 555 FR/h erreicht. Gleichzeitig liegt hier aber die Verkehrsqualität auf der Stufe F. Bei einer Die maximale richtungsgetrennten Führung des Radwegs liegt die Leistungsfähigkeit dagegen bei über 1'000 FR/h.

In der Kernstadt wird die Leistungsfähigkeit durch die Knoten und die damit verbundenen Anhaltenmanöver bestimmt. Die Leistungsfähigkeit eines Radstreifens sinkt im Innenstadtbereich aufgrund der mit LSA gesteuerten Knoten auf rund 300 FR/h (LOS E) bzw. 200 FR/h (LOS D). Bei einer konstanten Verkehrsqualität (LOS D) über den ganzen Tag würde ein zweistreifiger Radweg zwischen 5 und 24 Uhr (Betriebszeit ÖV) somit eine Leistungsfähigkeit von rund 8'000 Zweiräder in Richtung Kernstadt bieten. In der Stadt läge während diesen 19 Stunden die Leistungsfähigkeit eines Radstreifens bei knapp 4'000 Fahrrädern.

Unter realistischen Annahmen (5-21 Uhr) liegt die Leistungsfähigkeit der Fahrradanlagen in Richtung Kernstadt bei rund 7'000 und in der Kernstadt bei 3'200 Zweirädern. Die mittlere Reisegeschwindigkeit von Fahrradfahrern liegt gemäss [BFS, 2001] bei knapp 12 km/h.

## 5.5 Mischverkehr

In diesem Abschnitt soll abschliessend der Einfluss abgeschätzt werden, welchen die gemischte Nutzung eines Fahrstreifens durch unterschiedliche Verkehrsmittel mit sich bringt. Rechnerisch wird ermittelt, wie viele PW- Fahrzeuge ( $x_2$ ) bei fixem Tramverkehrsaufkommen  $x_1$  auf demselben Fahrstreifen verkehren können. Die Berechnungen basieren auf den Annahmen, dass ein Tram eine Länge von 36 m aufweist (Bremsbeschleunigung  $1 \text{ m/s}^2$ ) und ein PW 6 m lang ist (Bremsbeschleunigung  $4.5 \text{ m/s}^2$ ).

Die Beispielrechnung kann auch für Mischverkehrsstrecken von Bussen und Trams resp. Bussen und PW adaptiert werden.

Die Geschwindigkeit des Verkehrsstromes wird variabel gelassen. Die Durchlassfähigkeit für den Individualverkehr auf einer Mischverkehrsstrecke von MIV und Tram berechnet sich zu:

$$x_2 = \frac{3600 - x_1 \cdot \left( \frac{l_1}{v} + \frac{v}{|a_1|} + 1 \right)}{\frac{l_2}{v} + \frac{v}{|a_2|} + 1}$$

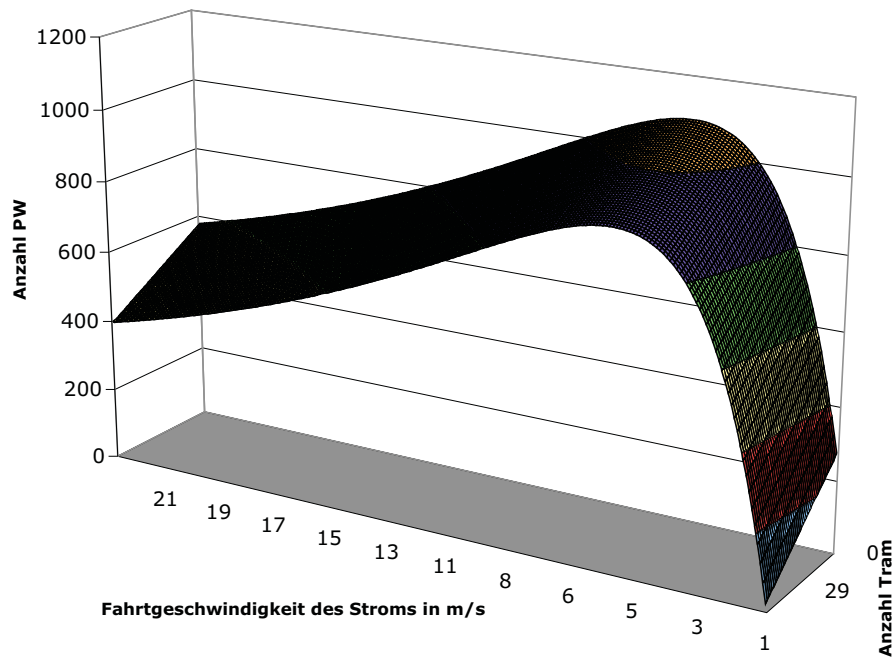
mit:

- $x_1$  Anzahl der verkehrenden Tram,
- $x_2$  Anzahl der verkehrenden PW,
- $l_1$  Länge der Tram,
- $l_2$  Länge der PW,
- $a_1$  Beschleunigungs-/Bremsvermögen Tram
- $a_2$  Beschleunigungs-/Bremsvermögen PW
- $v$  Geschwindigkeit

Diese Ergebnisse (Abbildung 31, Abbildung 32) decken sich gut mit den in [Köhler et al., 2006] genannten Leistungsfähigkeitswerten:

Tabelle 34 Verifizierung berechneter LF-Werte

Fahrzeuge [1/h]	30	12	6	4
Takt [min]	2	5	10	15
Erkenntnisse: max. MIV- Verkehrsstärke [Fz/h]	968	1'039	1'062	1'070
Problematische MIV-Verkehrsstärke ([Köhler, 2006]) [Fz/h]	550	700	800	800
Quelle. Eigene Darstellung				



Quelle: [Anderhub, 2008]

Abbildung 31 LF Mischverkehr: Freie Strecke ohne Halt

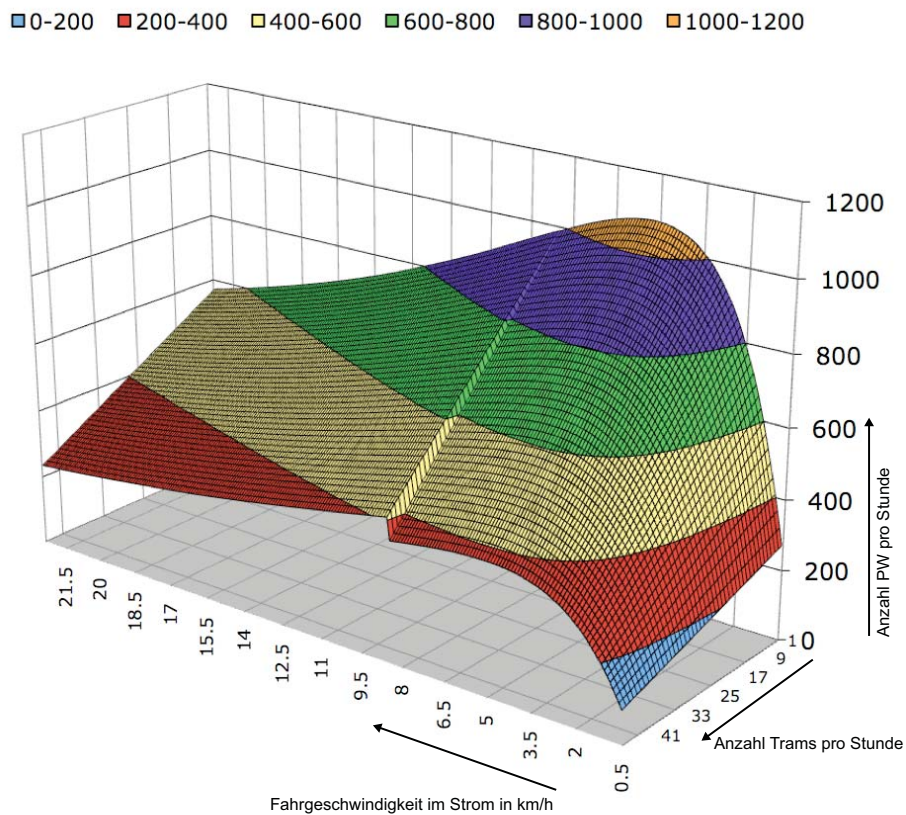
Die Leistungsfähigkeit für den MIV wird demnach gegenüber einem Streckenabschnitt ohne Halt des Trams deutlich reduziert (Abbildung 32). Die Leistungsfähigkeitskurve mit Haltevorgängen des Trams befindet sich stets unterhalb des Schaubilds des Falls ohne Tramhaltestelle (Abbildung 31). In beiden Abbildungen beträgt die optimale Fahrgeschwindigkeit etwa 6 m/s, was etwa 20 km/h entspricht (MIV-Leistungsfähigkeit bei gegebener Trambelastung wird maximiert).

Werden die unterschiedlichen Besetzungsgrade der Fahrzeuge berücksichtigt, so kann ermittelt werden, wie sich die Gesamtkapazität des gemeinsam genutzten Streckenabschnitt verändert. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein Tram von 36 m Länge ein Fassungsvermögen von 180 Fahrgästen hat ([Anderhub, 2008] und die durchschnittliche Besetzung eines PW 1.2 Personen beträgt. Wird nun von einer Fahrtgeschwindigkeit aller Fahrzeuge von 6 m/s ausgegangen so ergibt sich folgende Zusammenstellung der Anzahl transportierter Personen im Strom (Tabelle 35).

*Tabelle 35 Stündliche Kapazität eines Querschnitts im Mischverkehr*

Fahrzeuge ÖV – Tram [1/h]	30	12	6	4
Takt [min]	2	5	10	15
Max. MIV- Verkehrsstärke [Fz/h]	963	1'033	1'056	1'064
Kapazität des Querschnitts , alle Verkehrsmittel [P/h]	6'550	3'400	2'350	2'000

Quelle. Eigene Darstellung, Fahrgeschwindigkeit aller Fahrzeuge 6 m/s



Quelle: [Anderhub, 2008], eigene Darstellung

Abbildung 32 LF Mischverkehr, Freie Strecke mit Halt (20 s)

## 5.6 Zusammenstellung der Kennwerte

### 5.6.1 Leistungsfähigkeit

In Tabelle 36 werden die hergeleiteten Leistungsfähigkeiten der verschiedenen Verkehrssysteme vergleichend dargestellt, bezogen auf einen Korridor. Der Einfluss der Parkierung wird nicht berücksichtigt. Für die Berechnungen wurde die einleitend dargestellte These des Gleichgewichts der verschiedenen Verkehrssysteme zugrunde gelegt.

Tabelle 36 LF je Fahrstreifen für drei Siedlungszonen

	Fahrstreifenbreite	Agglomerationsgürtel		Kernstadtring		Stadtkern		Spezifische Leistungsfähigkeit nach Fahrbahnbreite	Besonderes
	[m]	[P/h]	VQS / [P/m <sup>2</sup> ]	[P/h]	VQS / [P/m <sup>2</sup> ]	[P/h]	VQS / [P/m <sup>2</sup> ]	[P/h*m]	
HVS	3.5	900	D	1'800	E	< 900	E	260-515	
HLS	4	2'700	D	3'000	E	-		675-750	
Gelenkbus	3.5	820	1.5	1'650	1.5	4'100	1.5	235-1170	
Tram (37m)	3	1'540	1.5	3'100	1.5	7'700	1.5	515-2565	
Seilbahnen	0 - 10			2'800 - 8'000				Werte sehr variabel in Abhängigkeit von Bauart	
FG	2.5	1'660	B	1'660	B	1'660	B	830	Gegenrichtungsverkehr
	4	3'100	B	3'100	B	3'100	B	775	Gegenrichtungsverkehr
FR	2	430	D	430	D	200	D	100-215	Gegenrichtungsverkehr
	2	1'000	E	1'000	E	< 1'000	E	500	Richtungsverkehr

Quelle: Eigene Darstellung

### 5.6.2 Zusammenfassung

Eine Zusammenstellung der Kennwerte für verkehrstechnische Kriterien der Verkehrsmittel zeigt Tabelle 37.

Tabelle 37 Zusammenstellung der Leistungskennwerte

	FG	Velo	Bus	Tram	SBahn	UBahn	MIV	Seilbahnen
LF [P/h], komfortorientiert	700 – 3'500	100 - 700	1500- 3000	2000- 5000	4500- 18000	3000- 10000	4000- 6000	2800- 8000
Haltestellenabstand [m]	-	-	300 - 700	300 - 700	2'000- 3'500	500 – 1'500	-	100-5000
∅ Reisegeschwindigkeit [km/h]	5	20	20	20	40-50	30	30-60	20-50
Erschliessungsqualität	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Tief - Mittel	Tief - Mittel	Hoch	Tief
Zuverlässigkeit	Mittel	Mittel	Tief - mittel	Tief - mittel	Hoch	Hoch	Tief	Hoch
Zeitliche Verfügbarkeit	Sehr hoch	Sehr hoch	Mittel - hoch	Mittel - hoch	Mittel	Mittel	Sehr hoch	Mittel – Hoch
Räumliche Verfügbarkeit	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	Mittel	Mittel	Sehr hoch	Niedrig

Quelle: Eigene Darstellung

## 6 Auswirkungen der Verkehrsmittel

### 6.1 Einleitung und Zielsetzungen

Zielsetzung dieses Kapitels ist es, die Auswirkungen der Verkehrsmittel auf Umfeld und Gesellschaft analysieren, im Hinblick auf:

- Verkehrssicherheit,
- Flächennutzung
- Lebensqualität im öffentlichen Raum
- Emissionen und Energieverbrauch
- Verkehrsausgaben
- Vandalismus (im öffentlichen Verkehr),

### 6.2 Verkehrssicherheit

Insgesamt ist der öffentliche Verkehr weitaus sicherer als der Individualverkehr. Dies geht aus gesamtschweizerischen Angaben zu Verunfallten- und Getötetenzahlen der Verkehrsmittel vor (Tabelle 38). Demnach ist die Unfallzahl im IV rund 100 Mal höher als im ÖV. Auch relativ zur Fahrleistung ist der ÖV um ein Vielfaches sicherer. So können im ÖV durchschnittlich sechs bis 100 mal mehr Personenkilometer zurückgelegt werden, bis es zu einem Unfall mit Todesfolge kommt. Gesamtschweizerische Statistiken mit Einschränkung auf den Agglomerationsverkehr existieren nicht. Dies gilt auch für den Velo- und Fussgängerverkehr, bei denen auch eine Erfassung der gesamten zurückgelegten Strecke schwierig ist, allerdings sind Statistiken auf Kantonsbasis verfügbar, auf die im folgenden Abschnitt zurückgegriffen wird.

*Tabelle 38 Verunfalltenzahlen nach Verkehrsmitteln, Schweiz, 2004*

Verkehrsmittel	Anzahl Unfälle	Verunfallte Personen	Mio. Pkm je Unfall	Mio. Pkm je verunfallte Person
Bahn	150	Getötet: 0 Verletzt: 5	77.7	Getötet: ∞ Verletzt: 1'290 (für VBZ: 2.08)
Tram	66	Getötet: 0 Verletzt: 8		
Bus, Trolleybus	495	Getötet: 1 Verletzt: 251	6.8	Getötet: 3'386 Verletzt: 13.5
Total ÖV	711	Getötet: 1 Verletzt: 264	28.4	Getötet: 20'159 Verletzt: 76.4
MIV und FR	67'680	Getötet: 415 Verletzt: 26'320	1.4	Getötet: 221.5 Verletzt: 3.5

Quelle: [http://www.litra.ch/dcs/users/2/M06d\\_Sicherheit.pdf](http://www.litra.ch/dcs/users/2/M06d_Sicherheit.pdf)

Nachfolgend wird der Aspekt der Verkehrssicherheit weiter differenziert nach Verkehrsmodus untersucht.

#### 6.2.1 Verkehrssicherheit ÖV

##### Unfallopfer und Verkehrstote

Hinweise zum Unfallgeschehen im öffentlichen Agglomerationsverkehr liefert die Verkehrsunfallstatistik Zürich 2007 [VUSTA, 2007]. Die Kennzahlen für den ÖV fasst Tabelle 39 zusammen. Verrechnet man die Angaben aus Tabelle 39 (Angaben zu den Verunfalltenzahlen auf dem Stadtgebiet

Zürich) mit den Personenkilometern, welche die VBZ im Jahresbericht aufweist (616.12 Mio. Pkm.), so ergibt sich eine Verunfalltenrate von 0.48 P/Mio Pkm. (Für den MIV beträgt die Verunfalltenrate 19.6 P/Mio. Pkm, [bfu, 2004]). Eine relative Verkehrssicherheitsaussage bezogen auf die Verkehrsmittel kann damit allerdings nicht gemacht werden.

*Tabelle 39 Verunfalltenzahlen ÖV, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007*

	Verunfallte Personen	Unverletzt	Verletzt	Getötet
Car, Bus	ZH: 72	ZH: 48	ZH: 24	ZH: -
	WI: 17	WI: 16	WI: 1	WI: -
	K: 134	K: 108	K: 26	K: -
Trolleybus	ZH: 64	ZH: 38	ZH: 26	ZH: -
	WI: 18	WI: 14	WI: 4	WI: -
	K: 3	K: 3	K: -	K: -
Tram	ZH: 159	ZH: 127	ZH: 32	ZH: -
	WI: 0	WI: -	WI: -	WI: -
	K: 0	K: -	K: -	K: -
Bahn	ZH: 2	ZH: 2	ZH: -	ZH: -
	WI: 4	WI: 4	WI: -	WI: -
	K: 7	K: 7	K: -	K: -

Quelle: [VUSTA, 2007]

## 6.2.2 Verkehrssicherheit MIV

Zur Beurteilung des Sicherheitsniveaus werden relative Unfallzahlen (Unfallrate und Verunfalltenrate) eingesetzt. In Tabelle 40 sind die Unfall- und Verunfalltenrate für die Schweiz dargestellt.

*Tabelle 40 Unfall- und Verunfalltenrate MIV, 2004*

	Unfallrate [U/10 <sup>6</sup> Fz*km]	Verunfalltenrate [U/10 <sup>8</sup> Fz*km]
Autobahn	0.38	16
Hauptstrasse ausserorts	0.73	43
Hauptstrasse innerorts	2.37	93

Quelle: [bfu, 2004]

Für die Städte Zürich und Winterthur sowie für den Kanton Zürich wurden in Tabelle 41 die Anzahl Verunfallten im Jahr 2007 dargestellt. Die Kennzahlen sind aus der Verkehrsunfallstatistik 2007 ([VUSTA, 2007]).

*Tabelle 41 Verunfalltenzahlen MIV, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007*

	Verunfallte Personen	Unverletzt	Verletzt	Getötet
PW	ZH: 5'028	ZH: 4'374	ZH: 654	ZH: -
	WI: 2'209	WI: 1'997	WI: 212	WI: -
	K: 14'989	K: 13'746	K: 1'233	K: 10
Motorrad	ZH: 248	ZH: 76	ZH: 172	ZH: -
	WI: 63	WI: 21	WI: 42	WI: -
	K: 519	K: 247	K: 268	K: 4
Kleinmotorrad	ZH: 50	ZH: 16	ZH: 34	ZH: -
	WI: 11	WI: 2	WI: 9	WI: -
	K: 53	K: 30	K: 22	K: 1

Quelle: [VUSTA, 2007]

## 6.2.3 Verkehrssicherheit Fussgänger

Die Kennzahlen aus der Verkehrsunfallstatistik 2007 ([VUSTA, 2007]) für Fussgänger fasst Tabelle 42 zusammen. Naturgemäss sind Fussgänger dabei nicht durch andere Fussgänger gefährdet, sondern durch alle anderen Verkehrsmittel. Es ist zu beachten, dass hierbei eine hohe Dunkelziffer

vermutet wird und viele Unfälle, die keine oder nur leichte Verletzungen verursachen, nicht erfasst werden.

*Tabelle 42 Verunfalltanzahlen Fussgänger, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007*

	Verunfallte Personen	Unverletzt	Verletzt	Getötet
Fussgänger	ZH: 250	ZH: 21	ZH: 224	ZH: 5
	WI: 57	WI: 5	WI: 49	WI: 3
	K: 212	K: 43	K: 161	K: 8

Quelle: [VUSTA, 2007]

#### 6.2.4 Verkehrssicherheit Velo

Die Kennzahlen der Verkehrssicherheit im Zweiradverkehr fasst Tabelle 43 beispielhaft für die Stadtgebiete Zürich und Winterthur sowie das übrige Kantonsgebiet Zürich zusammen ([VUSTA, 2007]). Ähnlich Fussgängern sind Velofahrer „schwache“ Verkehrsteilnehmer. Ähnlich wie beim Fussgängerverkehr liegt auch hier eine hohe Dunkelziffer nahe.

*Tabelle 43 Verunfalltanzahlen leichter Zweiradverkehr, Stadtgebiete Zürich (ZH) und Winterthur (WI), Kantonsgebiet Zürich (K), 2007*

	Verunfallte Personen	Unverletzt	Verletzt	Getötet
Fahrrad	ZH: 264	ZH: 60	ZH: 204	ZH: -
	WI: 143	WI: 31	WI: 112	WI: -
	K: 480	K: 172	K: 307	K: 1
Mofa	ZH: 13	ZH: 3	ZH: 10	ZH: -
	WI: 19	WI: 9	WI: 10	WI: -
	K: 89	K: 38	K: 51	K: -

Quelle: [VUSTA, 2007]

### 6.3 Flächennutzung

Die Verkehrsflächen stellen etwa einen Drittel der Siedlungsfläche dar. Dabei entfällt der Hauptteil auf den Strassenverkehr. Je weniger Fläche ein Verkehrssystem pro Personenkilometer in Anspruch nimmt, desto besser kann die zur Verfügung stehende Fläche ausgenutzt werden. Gemäss [BfS, 1997] beanspruchen die Strassen knapp 90 % der Verkehrsfläche, wobei ein grosser Anteil Parkflächen sind. Die restlichen 10 % der Verkehrsflächen entfallen auf die Bahn.

In [GS EVED, 2004] werden für die verschiedenen Verkehrssysteme die in Tabelle 44 aufgeführten Flächenbeanspruchungen angegeben im Verhältnis zueinander. Deutlich zeigt sich zusätzlich die unterschiedliche Flächenbeanspruchung während der Spitzenverkehrszeit, verglichen mit dem Tagesmittel. Bei den Personenwagen fällt insbesondere die tiefe Durchschnittsbelegung während der Verkehrsspitze ungünstig ins Gewicht. Fussgängerflächen sind in der Studie nicht untersucht worden.

Tabelle 44 Flächenbeanspruchung verschiedener Verkehrssysteme im Vergleich

	PW (10%-Index)	Spitzenverkehrszeit Auslastung MIV = 1.1 P/PW, ÖV = 90%	Tagesmittel Auslastung MIV = 1.6 P/PW ÖV = 40%
		100% (0.013m <sup>2</sup> /Pkm)	100% (0.009m <sup>2</sup> /Pkm)
MIV	Kleinfahrzeug	90	90
	Kleinfahrzeug (Carpooling)	55	55
	Dieselbus <sup>1</sup>	19	62
ÖV	Tram	4	13
	S-Bahn	17	56
LV	Velo	8	13

<sup>1</sup> In der Quelle wird nicht zwischen verschiedenen Fahrzeuggrößen unterschieden. Es wird hier angenommen, dass diese relative Flächenbeanspruchung über gängige Fahrzeugtypen ähnlich ist. Beispielweise liegen die Werte für die Kapazität pro Fahrzeuglänge in der VBZ-Flotte zwischen 5 und 6 P/m  
Quelle: [GS EVED, 2004]

Nicht berücksichtigt ist dabei der Parkraum am Anfang und am Ende jeder Fahrt. Diese Fläche liegt je PW bei etwa 24 m<sup>2</sup> (jeweils ca 2x6 m Grundfläche).

Eine zweite Form der Flächenbetrachtung ist ein Vergleich der erforderlichen lichten Breite der Verkehrsmittel. Diese gibt Hinweise auf die Dimensionen des benötigten Verkehrsraumes und damit auch auf die Kombierbarkeit mehrerer Verkehrssysteme im selben Verkehrsraum. Tabelle 45 zeigt eine gute Verträglichkeit zwischen Bus, Tram und Personewagen. Beim Zweiradverkehr über längeren Strecken auf demselben Strassenzug ist aufgrund der beschränkten Überholmöglichkeiten die Nutzung des gleichen Strassenraums mit dem Tram weniger zielführend.

Tabelle 45 Lichtraumprofil / Kombinationsmöglichkeiten auf Mischverkehrsflächen

Verkehrsmittel	Lichtraumbreite [m]	Bus	Tram	S-Bahn	U-Bahn	FR	FG	PW
Bus	3.35 <sup>1</sup>	X	X			X		X
Tram	2.70 <sup>1</sup>	X	X					X
S-Bahn	5.00 <sup>1</sup>			X				
U-Bahn	5.00 <sup>1</sup>				X			
Fahrrad	1.00 <sup>2</sup>	X					X	X
FG	0.75 <sup>2</sup>					X	X	
PW	HVS: 3.50 <sup>3</sup>	X	X			X		X
	HLS: 3.75 <sup>3</sup>	X						X

Quelle: <sup>1</sup>[Peter, 2005], <sup>2</sup>[Hanzl, 2001], <sup>3</sup>[VSS, 1992]

Besonders bei Schienenverkehrssystemen wäre eine genauere Untersuchung der Investitionskosten für die Infrastruktur interessant. Diese Kosten sind jedoch in hohem Masse von den lokalen Gegebenheiten abhängig und ein Durchschnittswert auf Ebene einer Gesamtregion ist daher für die Planung wenig hilfreich. Für ein Tramsystem liegen etwa die Kosten je Streckenkilometer zwischen 6,5 Mio. € und 18 Mio. € in Deutschland ([FGSV, 2008]) bis hin zu CHF 48 Mio. pro km, beim Tram Zürich West ([Barth, 2009]).

Tabelle 46 Zusammenstellung der Kennwerte für planerische Kriterien

	FG	Velo	Bus	Tram	S-Bahn	U-Bahn	MIV
Lichtraumbreite [m]	0.75	1.00	3.35	2.70	5.00	5.00	3.50-3.75
Flächenbeanspruchung <sup>1</sup>	-	8	19	4	17	17	55-100
Verkehrsausgaben [Mia. CHF/a]	-	-	65.1 <sup>3</sup>	k.A.	546 <sup>2</sup>	-	65.13
Spezifische Kosten [Rp./Pkm]	-	-	54	11	2	-	50

Quelle: Eigene Darstellung, Zusammenfassung verschiedener Quellen

<sup>1</sup> in % vom 0.013m<sup>2</sup>/Pkm, Spitzenverkehrszeit

<sup>2</sup> keine Differenzierung zwischen Tram und Bahn

<sup>3</sup> aus [BfS, 2003] für Verkehrsträger Strasse

## 6.4 Lebensqualität im öffentlichen Raum

Die Lebensqualität im öffentlichen Raum ist per se ein Gut, welches nicht quantifizierbar ist. Die Qualität des öffentlichen Raumes kann als Massstab für die Qualität des Stadtbildes als Ganzes verwendet werden, welches wiederum von der Verkehrsfunktion beeinflusst wird. Das von Kevin Lynch (1965) geprägte „Bild der Stadt“ definiert sich über die Elemente „Wege“, „Grenzlinien“, „Bereiche“, „Brennpunkte“ und „Merkzeichen“, welche jeweils in Wechselwirkung mit den Verkehrsflächen und deren Belastung stehen.

Auf planerischer Ebene können sich die Überlegungen mithin nicht auf die rein verkehrlichen Funktionen des Strassenraumes beschränken, sondern es sind auch die sozialen Ansprüche wie Aufenthalt und Kommunikation, die kommerziellen Bedürfnisse von Handel und Dienstleistungen sowie ökologische Aspekte zu berücksichtigen.

Die Lebensqualität kann nicht direkt von einem Verkehrsträger abgeleitet werden, sondern ist vielmehr beeinflusst von der Funktion und Belastung der Strasse und der Ausgestaltung des Strassenraumes. Planungen und Überarbeitungen im Strassenraum streben eine Beibehaltung, respektive eine Erhöhung der Lebensqualität an.

Ein Aspekt der Lebensqualität ist die Aufwertung von Siedlungen. Die verschiedenen Verkehrssysteme beeinflussen die Siedlungsentwicklung auf unterschiedliche Weise. Aus der Literatur ist bekannt, dass Verkehrssysteme eine Wirkung auf die Siedlungsentwicklung hinsichtlich Land/Mietpreisen sowie Siedlungsstruktur/Nutzung haben (vgl. Tabelle 47 für ÖV-Systeme). Die Studien, die Tabelle 47 zugrunde liegen, stammen mehrheitlich aus dem englischsprachigen Raum, können aber zumindest in der Tendenz als allgemein gültig betrachtet werden.

*Tabelle 47 Übersicht über Auswirkungen von ÖV-Systemen auf Landpreise und regionales Wirtschaftswachstum*

Auf	Einfluss von	ÖV allgemein	Zug	U-Bahn	Tram
Landwert	Allgemein		+	+	
Immobilienwert	Allgemein	+	+	+ (2)	+25%
Wert Wohnimmobilien	Allgemein	+	+ (2)	+ (4)	-3%, 0%
	Einfamilienhaus		6.7%	+ (2)	
Mietpreise Wohnimmobilien	Allgemein				
	Wohnungen			+15% bis +26%	
Wert Gewerbeimmobilien	Allgemein/ Büro	+ (2)	+		+, 0
	Landwert		+120%	+	+23%
	Ladenpassagen				+
Mietpreise Gewerbeimmobilien	Allgemein / Büro		+		+47%
	Ladenpassagen				+65%
Handel	Anteil Regionalwachstum		+		

Quelle: basierend auf [RICS, 2002]

Auswirkungen: += positiv, - = negativ, 0 = keine oder sehr gering.

(x) Anzahl Studien mit diesem Resultat

Für die Schweiz gibt es Hinweise zu den Auswirkungen der S-Bahn im Raum Zürich. Der S-Bahn wird dabei ein wesentlicher Beitrag zur Innenverdichtung von stationsnahen Arealen zugeschrieben [ARE, 2004c]. Die mittels hedonischer Preismodelle ermittelten Bodenpreise zeigen neben einem der wichtigsten Standortfaktoren, der Erreichbarkeit, einen zusätzlichen starken Einfluss der Nähe zu S-Bahnstationen auf [ZKB, 2008].

Die Erreichbarkeit, respektive die Verkehrslage, Verkehrsverbindungen, Passantenlage, Lebensqualität und Wohnortfaktoren beeinflussen sowohl die Wahl eines Standortes für Unternehmer [Bodenmann, 2006] als auch die Standortwahl privater Haushalte. Dabei werden die verschiedenen Verkehrssysteme entsprechend den individuellen Anforderungen und Präferenzen unterschiedlich gewichtet.

In den Arbeiten von Hass-Klau et al. 2003, 2004 und 2007 wurden beispielsweise neben den direkten Systemeigenschaften von Tram und Bus weitere Wirkungen von ÖV-Investitionen untersucht. Namentlich der Autobesitz und Veränderungen des Lebensstils sowie Änderungen der Land- und Mietpreise im Umfeld von ÖV-Achsen wurden beleuchtet. Der Autobesitz stellte sich in Korridoren von schienengebundenen Verkehrssystemen im urbanen Raum als deutlich niedriger heraus denn in Vergleichsgebieten. Die Untersuchungen zeigen auch einen höheren Anteil von Einzelpersonen-Haushalten im Einzugsbereich von U-Bahnen und Strassenbahnkorridoren. In Frankreich und England wurde in diesen Bereichen auch ein höherer Anteil an gut ausgebildeten und relativ gut verdienenden Personen festgestellt, was in den deutschen Städten anhand des erhöhten Pro-Kopf-Einkommens entlang der betrachteten Korridore ebenfalls bestätigt wurde. In Buskorridoren wurden diese Wirkungen nicht festgestellt. Das Beispiel des Strassenbahnausbaus in Frankreich zeigt, dass die Strassenbahn bewusst als Mittel zur städtebaulichen Modernisierung und auch zur Aufwertung benachteiligter Gebiete eingesetzt wird [Groneck, 2007].

Die vorangehenden Hinweise zeigen, dass den verschiedenen Verkehrsmitteln neben den verkehrstechnischen Eigenschaften weitere Vorzüge

oder Nachteile zugeschrieben werden, welche in die übergeordnete Planung – zwar nicht explizit – aber dennoch einfließen können. Motive für einen Verkehrsinvestitionsentscheid sind somit nicht rein verkehrstechnisch zu begründen. Die Schwierigkeit bezüglich der hier genannten Auswirkungen von Verkehrssystemen besteht jedoch darin, dass diese für die Schweiz kaum detailliert analysiert wurden und demnach auf dieser Basis keine landesspezifischen Empfehlungen für den Verkehrsmiteinsatz gemacht werden können.

## 6.5 Emissionen und Energieverbrauch

Im Rahmen der Auswahl und Evaluation von Verkehrssystemen ist es notwendig, deren Einflüsse auf die Umwelt zu untersuchen. Im Folgenden werden die Emissionen und Auswirkungen von Schadstoff- und Lärmemissionen dargelegt. Die Untersuchung behandelt dabei Luftschadstoffe, Lärmemissionen und Energieeffizienz. Ausgenommen sind bei dieser Betrachtung Fussgänger und Velofahrer, da sie aufgrund ihrer Natur quasi emissionsfrei sind.

### 6.5.1 Luftschadstoffe

#### Feinstaub

Feinstaub kann über die Atemwege in die Lungen gelangen, wobei insbesondere Dieseleruss als krebserregend gilt. Gemäss [Winterthur, 2006] beträgt der Anteil der Feinstaubimmissionen, welche durch den Verkehr verursacht werden, rund 46 % (2004). Für die Stadt Zürich zeigte eine Messkampagne 2004, dass der Jahresmittelwert praktisch im gesamten Stadtgebiet den Grenzwert von 20 Mikrogramm je Kubikmeter überstieg ([Zürich, 2005]). Die Grenzwertüberschreitungen sind gefährlich, da davon ausgegangen wird, dass bereits ab 10 Mikrogramm je Kubikmeter gesundheitliche Auswirkungen auftreten. Infolge der stetigen Verbesserung der Messmethoden sind die Zeitreihen noch nicht stabil und weisen einen methodisch bedingten Anstieg aus.

Gemäss BAFU verursacht der Schienenverkehr 4.7% der schweizweit emittierten Feinstaubbelastungen (2004: 1'000 t). Eine Zusammenfassung der Feinstaubemissionen des schweizerischen Schienenverkehrs für das Jahr 2004 zeigt Tabelle 48.

*Tabelle 48 Feinstaubemissionen, Schweizer Schienenverkehr 2004*

Quelle	Personenverkehr [t/a]	Güterverkehr [t/a]	Summe [t/a]	Anteil [%]
Bremsen	354	264	<b>618</b>	60
Schienen	90	49	<b>139</b>	14
Räder	82	160	<b>242</b>	24
Fahrdraht	20	5	<b>25</b>	2
<b>Summe</b>	<b>546</b>	<b>478</b>	<b>1'024</b>	<b>100</b>
Anteil [%]	53	47		

Quelle: [Heldstab, 2007]

Die PM10-Emissionen im Strassenverkehr werden nach [PSI, 2003] zu zwei Dritteln durch den Personenverkehr und zu einem Drittel durch den Güterverkehr verursacht. Wie aus Tabelle 49 ersichtlich verursachte der

Personenverkehr 2005 ca. 2'740 Tonnen primäre PM10-Emissionen. Diese entstanden zu 75% aus Abrieb und Aufwirbelung und sind somit im Vergleich zu den primären PM10-Emissionen aus den Abgasen dominant. Die Feinstaubemissionen können insbesondere bei Bussen und PKW durch Partikelfilter und eine umweltschonende Fahrweise deutlich reduziert werden. In [ASTRA, 2000] werden folgende Angaben zu den mittleren Feinstaubemissionen für Abrieb und Aufwirbelung (ganze Schweiz) gemacht:

- PW: 0.0394 g/km,
- Regionalbus: 0.2002 g/km,
- Linienbus: 0.3337 g/km.

*Tabelle 49 Personenverkehr 2005 : Schweizweite primäre PM10-Emissionen [t/a]*

	Personenverkehr	Güterverkehr
Abgase	606	632
Abrieb und Aufwirbelung	2'134	658
Gesamtemissionen	2'740	1'291

Quelle: [PSI, 2003]

### Stickstoffoxide

Stickstoffoxide verursachen Atemwegserkrankungen und fördern die Bildung von Ozon und sekundärem Feinstaub. Der MIV ist als der Hauptverursacher von Stickstoffoxidimmissionen zu betrachten und war 2005 etwa für 18'000 t verantwortlich. Der Grenzwert von 30 Mikrogramm je Kubikmeter wurde beispielsweise in der Zürcher Stampfenbachstrasse (durchschnittlich belasteter Ort) um 30 % überschritten ([Zürich, 2005]). An exponierten Lagen (Hauptachsen) können bei dichtem Verkehr Jahresmittelwerte über 50 Mikrogramm je Kubikmeter gemessen werden. Der in jüngerer Zeit beobachtete Anstieg der Stickstoffoxidimmissionen ist unter anderem auf den wachsenden Anteil an Dieselfahrzeugen zurückzuführen, welche gegenüber Benzinfahrzeugen etwa 8 mal höhere Emissionen ausstossen.

### Kohlenstoffmonoxid

Kohlenmonoxid ist ein Atemgift und trägt zur Bildung von Ozon bei. Hauptverursacher ist der MIV, insbesondere dessen Anfahrt- und Stoppvorgänge. Die zuletzt beobachtete Zunahme von CO ist auf bessere Messverfahren zurückzuführen.

### Kohlenstoffdioxid

Nach Wasserdampf ist Kohlenstoffdioxid entsprechend seinem Mengenanteil in der Atmosphäre das wirksamste Treibhausgas. Der Verkehr ist mit einem Anteil von 29% der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen [BAFU, 2007]. Ebenfalls in [BAFU, 2007], werden die Anteile der Verursacher von CO<sub>2</sub>-Immissionen innerhalb des Verkehrsbereichs wie folgt beziffert (ohne internationalen Flugverkehr):

- PW: 72 %,
- Lastwagen, Busse: 13 %,
- Bahn: 1 %,
- Nationaler Flugverkehr: 2 %.

Angaben zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Verkehrsmittel macht [VÖV, 2007] Tabelle 50. Die CO<sub>2</sub> Produktion je transportierter Person und Kilometer ist demnach im ÖV bedeutend geringer als im Individualverkehr. Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen aller neu verkauften Personenwagen liegen bei 192 Gramm pro Kilometer. Im Durchschnitt verursachen dabei Benzinfahrzeuge etwa 196 g/km und Dieselfahrzeuge 178 g/km. Besonders elektrisch getriebene ÖV-Verkehrsmittel erzeugen 10-100 Mal weniger CO<sub>2</sub> pro Person und Kilometer. Nach einem Anstieg der Gesamtemissionen auf über 11 Mio. t bis 2005 wird aufgrund von Fortschritten in der Motorentechnik ein leichter Rückgang auf 10 Mio. t bis 2020 erwartet [BAFU, 2004].

*Tabelle 50 CO<sub>2</sub>-Ausstoss, Schweizer Verhältnisse*

Verkehrsmittel	Bahn	Tram	Trolleybus	Stadtbus	Regionalbus	MIV
CO <sub>2</sub> -Produktion [g/Pkm]	2	11	14	80	86	150-300

Quelle: Eigene Darstellung nach [VÖV, 2007]

### **Kohlenwasserstoffe**

Die Kohlenwasserstoff (HC)-Emissionen nahmen in den vergangenen Jahren und insbesondere seit Anfang der 90er Jahre infolge strengerer Abgasvorschriften stark ab. Der Anteil HC-Emissionen der Personenwagen am gesamten Strassenverkehr sank von 78 % (1990) bis 2005 auf 57 %. 2005 [Prognose, BAFU, 2004] emittierte der MIV dabei 12'000 t.

### **Ozon**

Das in der Stratosphäre befindliche Ozon schützt vor gefährlichen UV-Strahlungen der Sonne. In bodennahen Luftschichten ist Ozon allerdings unerwünscht, da zu hohe Ozonkonzentrationen die Umwelt schädigen und die Gesundheit gefährden. Hauptquellen für die Freisetzung von Ozon sind der Verkehr, die Industrie und das Gewerbe. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren emittieren Abgase, deren Bestandteile die Ozonbildung in bodennahen Luftschichten fördern. Das Ozonbildungspotential kann durch einen Katalysator massgeblich gesenkt werden. Zwischen den Kraftstoffen sind die Unterschiede der Emissionen nur sehr gering.

Insbesondere in den Sommermonaten wurde der Grenzwert von 120 Mikrogramm je Kubikmeter Luft in den letzten Jahren mehrfach überschritten. Die maximalen Stundenmittelwerte für Ozon sind in etwa gleichgeblieben (150 – 200 Mikrogramm je Kubikmeter), wobei die Anzahl der Stunden mit Grenzwertüberschreitung leicht zugenommen hat [Winterthur, 2006].

## **6.5.2 Lärm**

In der Schweiz sind etwa 1 Mio. Menschen von Lärm oberhalb der Lärmgrenzwerte betroffen [BAFU, 2007]. Der grösste Lärmverursacher ist der Verkehr, wobei etwa die Hälfte der Lärmgrenzwertüberschreitungen auf den Strassenverkehr zurückzuführen ist, gefolgt von Schienenverkehr und vom Flugverkehr.

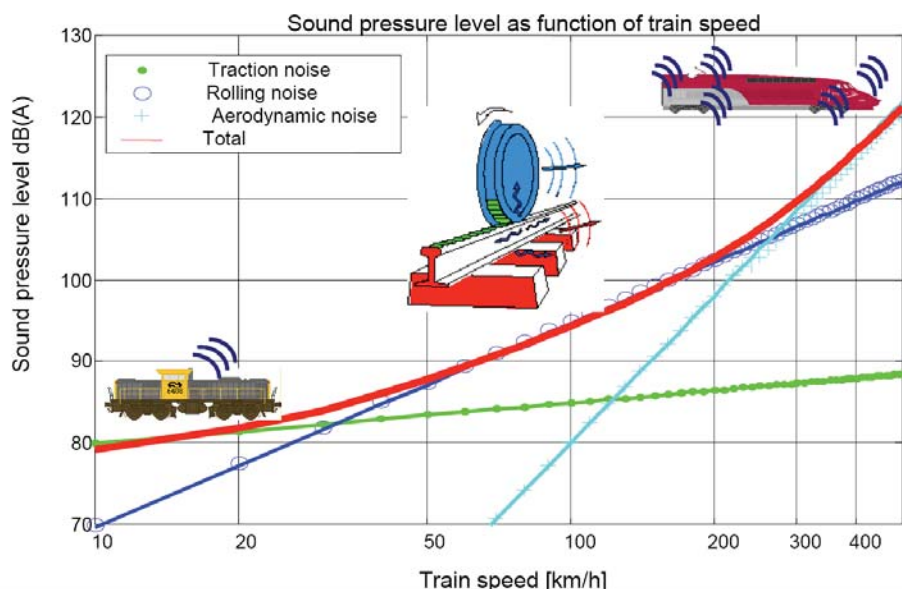
In der Stadt Zürich sind etwa 120'000 Menschen (40 % der Stadtbevölkerung) von einer Überschreitung der Immissionsgrenzwerte betroffen. Etwa 20'000 Personen leiden gar unter einer Überschreitung der Alarmwerte [Zürich, 2005]. In der Stadt Winterthur sind etwa 15 % der Einwohner von

überschrittenen Lärmgrenzwerten betroffen, welche durch den Strassenverkehr verursacht sind ([Winterthur, 2006]). Die gemessenen Lärmwerte für den Tag bewegen sich in einem Bereich zwischen 60 und 71 dB (Strassenverkehr, verschiedene Standorte im Stadtgebiet) resp. 53 und 74 dB (Schienenverkehr, verschiedene Standorte im Stadtgebiet). Bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h emittiert ein PW im Schnitt 70 dB(A) und ein Lastwagen mehr als 80 dB(A).

Der Lärm von Motorfahrzeugen setzt sich dabei aus den drei Komponenten Antriebs-, Roll- und Windgeräusch zusammen. Der Verkehrslärm hängt generell von den Fahrzeugen, aber auch von der Infrastruktur ab. Fahrzeugseitig spielen bei Strassenfahrzeugen insbesondere Reifenwahl, Geschwindigkeit und Motorleistung eine Rolle. Der wichtigste Einflussfaktor ist dabei die Geschwindigkeit. Während bei tiefen Geschwindigkeiten das Motorengeräusch den meisten Lärm verursacht, gewinnt bei steigender Geschwindigkeit das Abrollgeräusch an Gewicht. Die kritische Geschwindigkeit, bei welcher sich der Hauptfaktor ändert, liegt dabei bei etwa 40 km/h für Personenwagen und 60 km/h für Lastwagen. Neu zugelassene Busse emittieren etwa 75 dB(A).

Im Schienenverkehr (Eisenbahn und Tram) setzt sich das Gesamtgeräusch im Wesentlichen aus den gleichen drei Komponenten zusammen, jedoch mit anderen Grenzwerten was die Dominanzbereiche der einzelnen Schallquellen betrifft (Abbildung 33):

- Antriebsgeräusch (dominant bei Fahrgeschwindigkeiten unter 80 km/h)
- Rollgeräusch (dominant im Bereich von 80-270 km/h)
- Aerodynamisches Geräusch (ab 300 km/h dominant)



Quelle: [EC, 2003]

Abbildung 33 Lärmemission und Fahrgeschwindigkeit Schienenverkehr

Bei den im Agglomerationsverkehr vorherrschenden Geschwindigkeiten ist für alle motorisierten Verkehrsmittel vor allem das Antriebsgeräusch von Bedeutung.

Weitere Geräuschquellen im Schienenverkehr sind Lüftungsanlagen, Bremsvorgänge und Kurvenkreischen (Tabelle 51). Die Lärmemissionen sind stark von der Bauweise des Rollmaterials abhängig. Für Personenzüge können Lärmpegel zwischen 75 dB und 95 dB und bei Güterzügen 85 dB bis 95 dB angegeben werden (Angaben BAV). Die Art der Fahrbahn beeinflusst die Reflexion des Schalls: Ein Schotterbett absorbiert den Schall stärker als eine feste Fahrbahn.

Bei Tramfahrzeugen ist vor allem das Kurvenkreischen ein Problem. Dabei wird beim Durchfahren von Gleisbögen mit kleinen Radien das Fahrwerk in Richtung Bogeninnenseite verschoben, was zu einer Erhöhung des Emissionspegels um bis zu 15 dB führen kann.

*Tabelle 51 Schätzung der Schallanteile durch Wiemers*

Bezeichnung des Bauteils	Einschätzung der Relevanz	Geschätzter Anteil an der Geräuschemission
Schwelle	weniger relevant, ausser Spezialkonstruktionen	1-5%
Gleisbefestigung	irrelevant	1%
Schiene	sehr relevant	30-50%
Räder	Sehr relevant	45-50%
Radsatzlager	Irrelevant	1%
Achse	Irrelevant	1%
Primärfedern	Weniger relevant	5-10%
Bremsklötze, Bremstrapez, Bremsgestänge	Relevant	Bremse zusammen 15-20%
Drehgestellrahmen	Irrelevant	1%
Seitliche Reibflächen	Wenig relevant (indirekt)	1-2%
Wagenkasten	Weniger relevant, ausser bei Spezialaufbauten	1-5%

Quelle: [Wiemers, 2005]

### 6.5.3 Energieverbrauch

Um trotz unterschiedlicher Antriebsenergien dennoch einen Vergleich anstellen zu können, wird der Endenergieverbrauch nach [Jud, 2006] in den Primärenergieverbrauch umgerechnet (Tabelle 52). Nicht enthalten ist naturgemäss der nichtmotorisierte Verkehr. Die Energieeffizienz der öffentlichen Verkehrssysteme berechnet sich aus dem Quotienten des Energieverbrauchs und der Fahrzeugbesetzung. Die Fahrzeugbesetzung verwendet Zahlen aus dem Mikrozensus 2000. Es ist jedoch hierbei zu beachten, dass die angegebenen 28 l / 100 Fzkm bei Bussen sehr niedrig sind. Zwar schwanken die Werte stark in Abhängigkeit von Fahrweise und Profil der Strecke, in der Literatur sind für Standardbusse aber Werte im Bereich von 36 l / 100 Fzkm (im Stadtverkehr, mit Kraftstoffadditiven zur Verbrauchs- und Emissionsminderung) [Ruff, 2008] über 50 l / 100 Fzkm (ältere Bauart, Steigungsstrecke) [Tempel, 1995] bis hin zu mehr als 65 l / 100 Fzkm bei niedrigen Beförderungsgeschwindigkeiten [Etienne, 2008] zu finden. Insgesamt wird jedoch deutlich, dass öffentliche Verkehrsmittel im Stadtverkehr einen weitaus geringeren personenspezifischen Energieverbrauch aufweisen.

**Tabelle 52** Energieverbrauch im ÖV und IV

Verkehrsmittel	Energietyp	Verbrauch	Endenergie	Primärenergie		
Einheit	-	-	[MJ/Fzkm]	[MJ/Fzkm]	[MJ/Pkm]	[MJ/Person*a]
Bahn	Strom	16.0 kWh/Fzkm.	57.6	167.0	0.73	1'348
Bus	Diesel	28.0 l/100 Fzkm.	9.8	10.8	0.66	234
Tram	Strom	3.5 kWh/Fzkm.	12.7	37.0	1.32	180
Reisecar	Diesel	22.4 l/100 Fzkm.	7.9	8.7	0.41	74
PW	Benzin	10.0 l/100 Fzkm	3.3	3.6	2.27	20'772
Motorrad	Benzin	5.3 l/100 Fzkm	1.7	1.9	1.67	503

Quelle: [Jud, 2006]

## 6.5.4 Zusammenfassung

Die Verkehrsmittel erzeugen Schadstoffe und –einflüsse auf die Umwelt in unterschiedlichem Ausmass (Tabelle 53). Bei tendenziell steigender Mobilität der Bevölkerung kann eine Besserung nur über eine nachhaltige Verkehrsmittelnutzung erreicht werden. Der Strassenverkehr ist dabei für einen Grossteil der Emissionen verantwortlich. Dies gilt im besonderen Masse für den MIV, da sich hier durch die sehr niedrige Fahrzeugbelegung sehr hohe personenbezogene Emissionen ergeben. Der nichtmotorisierte Verkehr ist in diesem Punkt naturgemäss am vorteilhaftesten, aber durch geringe Reichweiten beschränkt. Eine nachhaltige Mobilitätsstrategie muss sich daher in grossem Masse auf den öffentlichen Verkehr stützen, da insbesondere dessen lokale Immissionen sehr gering sind.

**Tabelle 53** Zusammenstellung der Kennwerte für lokale Umweltkriterien

	Bus	Tram	S-Bahn	U-Bahn	MIV
Immissionen NOX [t/a]	30 - 200	-	10	-	18'000
Immissionen CO [t/a]	100 - 300	-	2.2	-	100 - 900
Immissionen PM10 [t/a]	3 - 25		14 <sup>1</sup>		4 - 44
Immissionen CO2 [g/Pkm,g/tkm]	14 - 86	11	2	-	150-300
Lärm: Betroffene (Zürich, 2005)	120'000 <sup>2</sup>	120'000 <sup>2</sup>	4'500	-	120'000 <sup>2</sup>
Primärenergieverbrauch [MJ/Pkm]	0,66	1,32	0,73	0,73	2,27

Quelle: Eigene Darstellung, Zusammenfassung verschiedener Quellen

<sup>1</sup> keine Differenzierung zwischen Tram und Bahn

<sup>2</sup> keine Aufsplitterung möglich

## 6.6 Verkehrsausgaben

### 6.6.1 Betriebswirtschaftliche Kosten ÖV

Die durchschnittlichen Produktionskosten des öffentlichen Verkehrs stellen im aktuellen Wettbewerbsumfeld sensible Kennzahlen dar und werden daher grundsätzlich nicht publiziert. Zudem ist bei jeder Angabe genau zu beachten, in welcher Weise die Kosten der Infrastruktur berücksichtigt sind. Charakteristische Werte für schweizerische Verhältnisse sind nach (Weidmann, 2007) in Tabelle 54 zusammengestellt.

Für Seilbahnsysteme sind hierzu keine Werte verfügbar, da sie im Grunde für jede Anwendung speziell entworfen werden und daher alle Charakteristika stark von Einsatzgebiet und Bauform abhängen.

**Tabelle 54** Betriebswirtschaftliche Kosten des ÖV in der Schweiz, Schätzung

Verkehrsmittel	Kostenbasis [CHF/km] <sup>1</sup>	Bemerkungen
S-Bahnen / gross	20 – 23 <sup>1)</sup>	1'000 – 1'200 Plätze
S-Bahnen / klein	17 – 20 <sup>1)</sup>	350 – 450 Plätze
Regionalbahnen / gross	16 – 18 <sup>1)</sup>	250 – 350 Plätze
Regionalbahnen / mittel	14 – 16 <sup>1)</sup>	150 – 250 Plätze
Regionalbahnen / klein	10 – 12 <sup>1)</sup>	Normalspur, 80 – 120 Plätze
Regionalbahnen / mittel - klein	18 - 25 <sup>2)</sup>	Schmalspurbahnen
Regionalbusse	5 – 6 <sup>2)</sup>	12 m-Fahrzeug
Strassenbahnen	13 – 16 <sup>2)</sup>	40 m-Zug
Doppelgelenkbus	8 – 10 <sup>2)</sup>	24 m-Fahrzeug
Gelenkrolleybus	8 – 10 <sup>2)</sup>	18 m-Fahrzeug
Gelenkdieselbus	7 – 9 <sup>2)</sup>	18 m-Fahrzeug
Standardbus	6 – 8 <sup>2)</sup>	12 m-Fahrzeug
Midibus	5 – 7 <sup>2)</sup>	10 m-Fahrzeug

Quelle: [Weidmann, 2007]

<sup>1</sup> Bei Schienenverkehrsmitteln CHF/Zugskilometer

Kostenbasis:

- 1) Vollkosten des Zuges + Trassengebühren nach Netzzugangsverordnung
- 2) Vollkosten des Zuges + Vollkosten der Infrastruktur

### 6.6.2 Betriebswirtschaftliche Kosten MIV

Die betriebswirtschaftlichen Kosten der Fahrzeuge hängen stark von Fahrleistung und Neupreis der Fahrzeuge ab. Sie liegen gemäss [TCS, 2009] bei tiefen Neupreisen (> 25'000 Fr) und hohen Fahrleistungen (>50'000 km/Jahr) bei Fr.0.30.- pro Kilometer und können bei teuren Fahrzeugen und tiefen Fahrleistungen auf über Fr. 2.- pro Kilometer steigen. Als durchschnittlicher Wert kann bei Pendlern aufgrund der hohen Fahrleistung mit rund Fr. 0.70 pro Kilometer gerechnet werden.

Zu den betriebswirtschaftlichen Kosten des Individualverkehrs gehören auch die Unterhaltskosten des Strassennetzes. Dazu zählt die Reinigung der Fahrbahn, die Grünpflege, Erneuerung der Markierungen, Behebung kleinerer Schäden an Belag sowie Reparaturen an Signalen. Gemäss [Spacek, 2005] liegen die Kosten des allgemeinen Unterhalts auf Staats- und Kantonsstrassen bei rund Fr. 20'000.- pro Jahr und Kilometer. Auf dem Hochleistungsstrassennetz variieren die Unterhaltskosten pro Jahr und Kilometer zwischen Fr. 80'000.- für offene Strecken und rund Fr. 700'000.- für Tunnelstrecken.

### 6.6.3 Betriebswirtschaftliche Kosten Langsamverkehr

Fussgänger und Velofahrer sind, insbesondere relativ zu den anderen Verkehrsmitteln, vergleichsweise kostengünstig. Grund sind die sehr einfachen und damit günstig zu unterhaltenden Infrastrukturen sowie die Tatsache, dass bei der Benutzung praktisch keine Kosten entstehen. Insbesondere Fussgänger benötigen nicht zwingend eine ausgebaute Infrastruktur, Im dichten Verkehr innerhalb der Agglomerationen sind allerdings durchaus Infrastrukturen erforderlich, diese sind jedoch deutlich weniger aufwendig als die Infrastrukturen des ÖV und MIV.

## 6.7 Vandalismus und aggressive Akte

Der ZVV erfasst die Kosten, welche zur Instandsetzung nach Vandalenakten anfallen. Die Höhe dieser Kosten ist stark davon abhängig, welcher Instandstellungsgrad erreicht werden soll. Der ZVV zahlt nach eigenen Angaben gesamthaft für die Instandstellung nach Vandalenakten jährlich ca. 4 Mio. CHF.

Aggressionen können nur dann statistisch erfasst werden, wenn diese vom Fahr- und Begleitpersonal gemeldet werden. Je nach Unternehmenskultur und den jeweiligen Vorfällen schwanken auch hier die Angaben zwischen den Unternehmen beträchtlich. Daher wird von einer Dunkelziffer ausgegangen.

## 6.8 Zusammenfassung

In Tabelle 55 sind alle Auswirkungen zusammen gestellt. Es ist ersichtlich, dass die Verkehrsmittel des öffentlichen Verkehrs dem Individualverkehr in vielen Aspekten überlegen sind. Dieser Vorteil ist vor allem damit begründbar, dass die ÖV-Modi durch die kollektive Beförderung in der Regel die zur Verfügung stehenden Ressourcen effizienter nutzen. Allerdings sind sie durch die grössere Gefässgrösse und höhere Fixkosten nicht für jede Anwendung geeignet. Unter Umwelt- und Kostengesichtspunkten ist der Langsamverkehr eindeutig vorteilhaft, limitierend sind hier jedoch der Durchsatz und die geringe Reichweite aufgrund der niedrigen Geschwindigkeit sowie die Grenzen der körperlichen Leistungsfähigkeit.

*Tabelle 55 Zusammenstellung der Kennwerte für Auswirkungen*

	FG	Velo	Bus	Tram	S-Bahn	U-Bahn	MIV
Verunfallte Stadt Zürich, 2007	250	264	136	159	2	-	5'028
Getötete, Stadt Zürich, 2007	5	-	-	-	-	-	-
PM 10 [t/a], schweizweit	-	-	206 <sup>1</sup>	k.A.	546 <sup>2</sup>	-	2'740 <sup>3</sup>
CO2 Produktion je Jahr [g/Pkm]	-	-	85	11	2	-	192
Lärmemissionen [dB(A)]	-	-	75	60 <sup>4</sup> - 75	75-95	-	70-80
Endenergieverbrauch [MJ/Pkm]	0.25 <sup>5</sup>	0.064 <sup>6</sup>	0.66	1.32	0.73 <sup>2</sup>	0.73 <sup>2</sup>	2.27
Flächenverbrauch	Sehr gering	gering	mittel	gering	mittel	mittel	Sehr hoch
Betriebswirtschaftliche Kosten [CHF/km]	-	-	5-10	13-16	10-25	10-25 <sup>2</sup>	0.3 - 2

Quelle: Eigene Darstellung, Zusammenfassung verschiedener Quellen

<sup>1</sup> aus [TCS, 2007]

<sup>2</sup> Angaben für den Personenverkehr, Verkehrsträger Schiene

<sup>3</sup> Angaben für den Personenverkehr

<sup>4</sup> aus [VCD, 2001]

<sup>5</sup> aus [Weidmann, 2007b]

<sup>6</sup> aus [Nüscheler, 2000]

## 7 Profile und Einsatzgebiete der Verkehrsmittel

In diesem Abschnitt werden die Einsatzgebiete der verschiedenen Verkehrsmittel herausgearbeitet. Dazu werden zunächst die Kennzahlen bezüglich der Betriebskosten sowie der Funktionalität, die sich aus Beförderungsgeschwindigkeit und Kapazität ergeben, untersucht. Im Anschluss daran werden die weiteren Kriterien, die in den vorangegangenen Kapiteln erarbeitet wurden, diskutiert und verglichen.

### 7.1 Vergleich der Einsatzbereiche

#### 7.1.1 Wirtschaftliche Einsatzbereiche

Auf Basis der vorangegangenen Betrachtungen lassen sich ansatzweise die Betriebskosten für verschiedene Einsatzprofile berechnen. Dies gilt nach wie vor nicht für Velofahrer und Fussgänger, da diese Modi vernachlässigbare Betriebskosten ausweisen. Damit lässt sich ein grober Zusammenhang zwischen den Einsatzbereichen und der Wirtschaftlichkeit des Verkehrsmiteles herstellen. Aus Fahrzeugkapazität, Beförderungsgeschwindigkeit, geforderten Leistungsfähigkeit und Betriebskosten lassen sich überschlägig die Betriebskosten pro Stunde errechnen als:

$$K = \left[ \frac{\text{Leistungsfähigkeit}}{\text{Fahrzeugkapazität}} \right] \cdot \frac{\text{Umlauflänge}}{\text{Beförderungsgeschwindigkeit}} \cdot \text{Umlauflänge} \cdot \text{Betriebskosten / km}$$

Durch das Quadrat der Umlauflänge geteilt, ergibt sich ein Kennwert in der Einheit CHF/km<sup>2</sup>, der von der Linienlänge unabhängig ist und sich somit für einen Vergleich eignet. Die Umlauflänge ist im Quadrat zu berücksichtigen, da sie zum Einen direkt die pro Fahrzeug gefahrenen Kilometer vorgibt als auch zusammen mit der Beförderungsgeschwindigkeit die Anzahl der nötigen Fahrzeuge bestimmt. Sie kann also umschrieben werden als „Kosten pro Linienkilometer und Fahrzeuglinienkilometer“.

Betriebskosten und Kapazität der Fahrzeuge sind durch das Verkehrsmittel vorgegeben. Durch das Einsatzprofil werden daher vor allem Leistungsfähigkeit und Beförderungsgeschwindigkeit als Einflussgrößen auf die Kosten bestimmt. Abbildung 34 zeigt die Betriebskosten der Verkehrsmittel in CHF/km<sup>2</sup>, abhängig von der erreichten Beförderungsgeschwindigkeit. Dieser Berechnung liegen die in Tabelle 56 zusammengefassten Werte zusammen. Es ist zu beachten, dass für PW das gleiche Berechnungsverfahren mit einem angesetzten Wert von 1.2 Personen pro Fahrzeug verwendet wurde. Auch bei höheren Werten im realistischen Rahmen blieben die Relationen erhalten.

Es wird der Betrachtungsbereich begrenzt auf einen Bereich, in dem die verschiedenen Verkehrsträger sich sinnvoll miteinander vergleichen lassen. Gleichwohl ist der Leistungsfähigkeitsbereich besonders für S-Bahnen-Systeme nach oben hin sehr viel grösser, allerdings ist dort ein Vergleich wenig sinnvoll, da hier keine anderen Verkehrsmittel zu annehmbaren Kosten eingesetzt werden können. Die Betriebskosten verhalten sich dabei umgekehrt proportional zur Geschwindigkeit, da bei kürzeren Umlaufzeiten weniger Fahrzeuge benötigt werden. Ausserdem wird

deutlich, dass die Einsatzbereiche der Verkehrsmittel erstens durch hohe Kosten bei niedrigen Systemgeschwindigkeiten und zweitens durch die im Betrieb realistisch erreichbare Geschwindigkeit begrenzt sind.

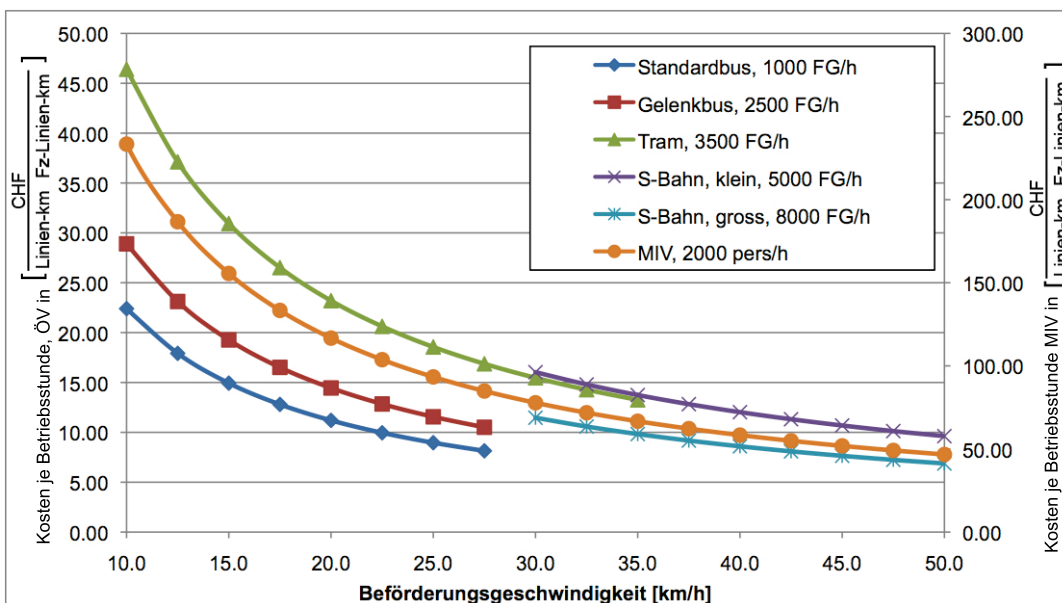
In Abbildung 35 wird zusätzlich zur Beförderungsgeschwindigkeit die Beförderungsleistung variiert. Hieraus ist zu erkennen, in welchen Geschwindigkeits- und Leistungsbereichen welche Verkehrsmittel besonders günstig sind. In den Überschneidungsbereichen ist dabei in der Regel das technisch aufwendigere, aber leistungsfähigere Verkehrsmittel das günstigere. Zur oberen Grenze der Leistungsfähigkeit hin nimmt die Wirtschaftlichkeit besonders enorm ab, da die Anzahl der benötigten Fahrzeuge stark anwächst.

Zu beachten ist hierbei, dass die Betriebskosten pro gefahrenen Kilometer als konstant angenommen wurden. Bei höheren Fahrleistungen werden naturgemäss die Fixkosten auf mehr Kilometer umgelegt und damit die Betriebskosten geringer. Allerdings steigen gleichzeitig die Wartungskosten, da mehr Wartung nötig wird und gleichzeitig durch die höhere Fahrleistung weniger Zeitfenster für die Wartung zur Verfügung stehen.

**Tabelle 56 Kennwerte für den betriebswirtschaftlichen Vergleich der Verkehrsmittel**

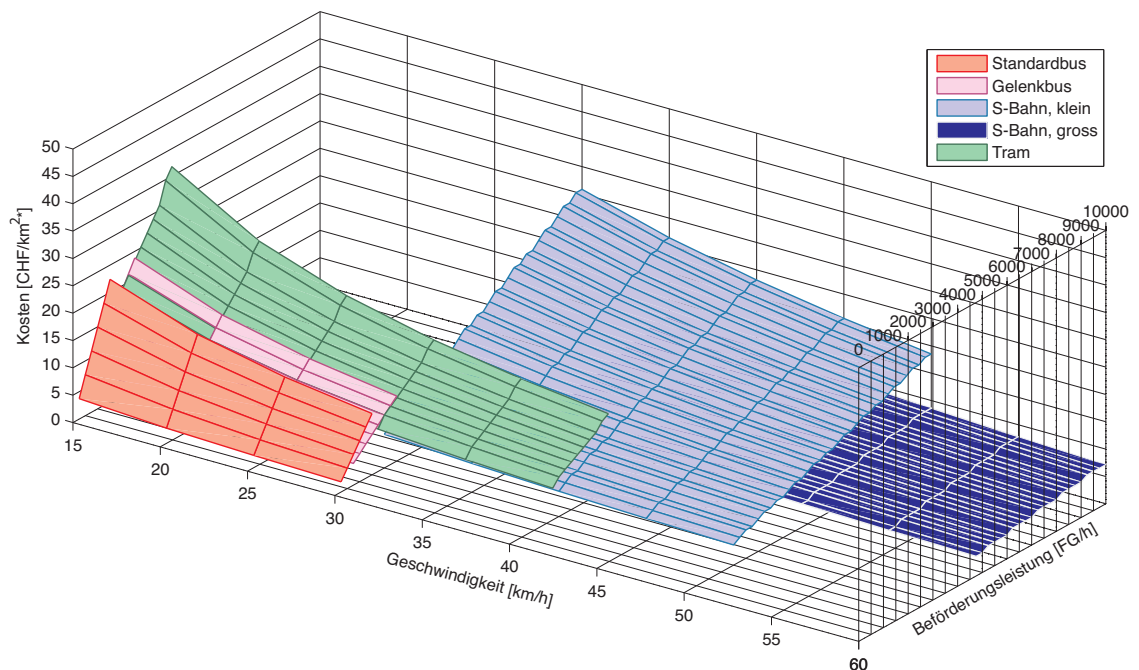
	Kapazität bzw. Besetzung [pers/FZ]	Beförderungsgeschwindigkeit [km/h]	Kosten [CHF/km]	Leistungsfähigkeit [pers/h]
Standardbus, 12m	63	15-30	7	250-1500
Gelenkbus, 18m	120	15-30	8,5	250-2500
Tram, 40m	220	15-40	14,5	1750-4000
S-Bahn, klein	400	30-50	18,5	2000-10000
S-Bahn, gross	1000	35-60	21,5	4750-10000
MIV	1,2	25-60	0,7	750-10000

Quelle: [Anderhub, 2008], [Weidmann, 2007], [Weidmann, 2007b]



Quelle: eigene Darstellung, Daten nach [Anderhub, 2008], [Weidmann, 2007], [Weidmann, 2007b]

**Abbildung 34 Betriebskosten für unterschiedliche Beförderungsgeschwindigkeiten**



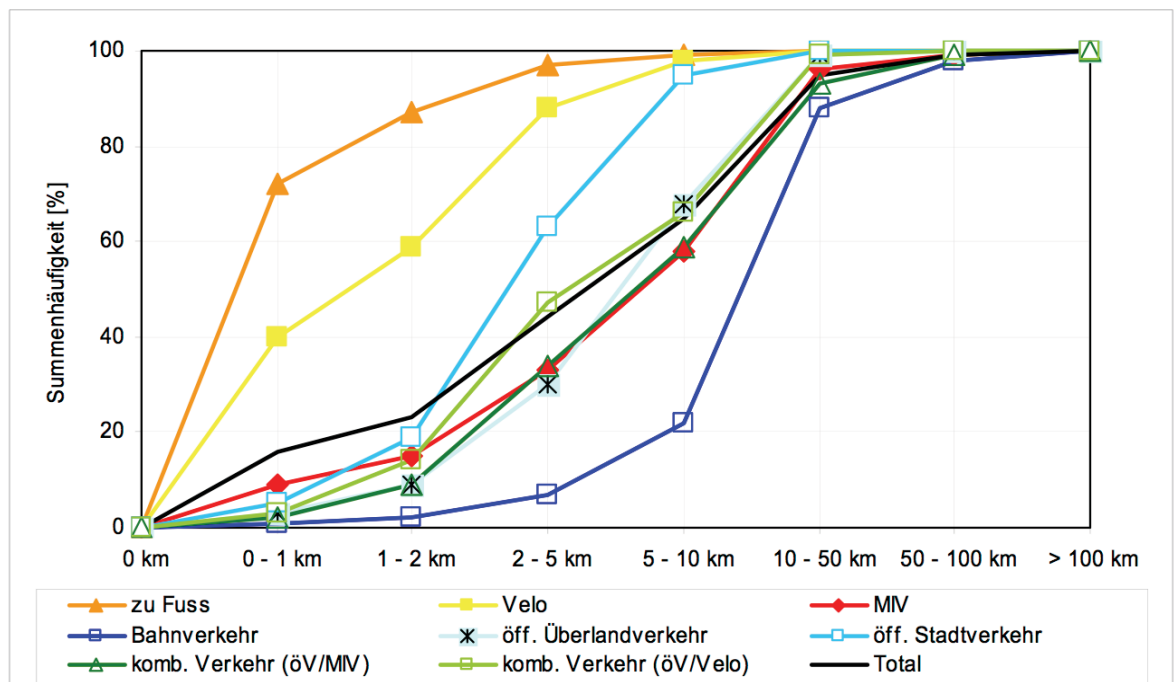
\*Kosten als „Kosten pro Linienkilometer und Fahrzeuglinienkilometer“  
 Quelle: eigene Darstellung, Daten nach [Anderhub, 2008], [Weidmann, 2007],  
 [Weidmann, 2007b]

Abbildung 35 Betriebskosten nach Beförderungsleistungen und -  
 Geschwindigkeiten

### 7.1.2 Einsatzdistanzen der Verkehrsmittel

Da die Nutzer der Verkehrssysteme ihren Zeitaufwand für die Mobilität zu minimieren versuchen, ist die Geschwindigkeit der Verkehrsmittel eines der wichtigsten Unterscheidungskriterien. Aus den Geschwindigkeiten leiten sich daher die Distanzen ab, für welche sie genutzt werden. Hieraus resultieren auch die Grenzen des Fuss- und Veloverkehrs. Aus der Pendlerstatistik lassen sich die Einsatzdistanzen als Summenkurven abbilden (Abbildung 36). Für andere Nutzergruppen dürften die Summenkurven ähnlich aussehen:

- Zu Fuss und mit dem Velo werden von den Pendlern vor allem kleine Distanzen bis rund 4 km zurückgelegt, wobei über 70 % der Fussgängerdistanzen kürzer als 1 km sind.
- Die Einsatzbereiche des MIV und des kombinierten Verkehrs liegen nahe beieinander und decken den breiten Bereich zwischen 2 - 50 km ab.
- Im öffentlichen Verkehr werden für verschiedene Distanzen unterschiedliche Verkehrsmittel benutzt. Mit dem öffentlichen Stadtverkehr werden bevorzugt Distanzen von 2 -10 km gefahren. Die Bahn wird für die grösseren Distanzen genutzt: Über 60 % der Bahnpendler reisen zwischen 10 - 50 km weit.



Quelle: Zahlen aus [BfS, 2004]

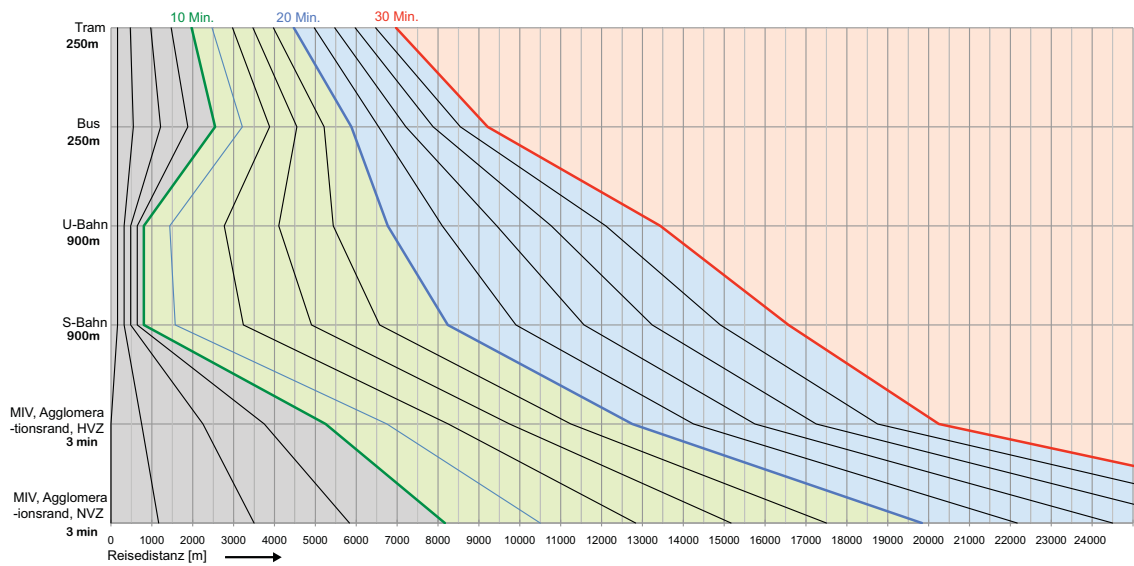
Abbildung 36 Einsatzdistanzen der Verkehrsmittel bei Pendlern

### 7.1.3 Hierarchie der Verkehrsmittel

Aus den Geschwindigkeitsunterschieden leiten sich in jene Distanzbereiche ab, in welchen die Verkehrsmittel optimal eingesetzt werden. Der Aufbau des Verkehrssystems hat schnelle und langsame Verkehrsmittel in einer Weise zu kombinieren, dass für die Gesamtheit der Nachfrager eine minimale Gesamtreisezeit durch optimale Kombination der Modi entsteht.

In Abbildung 37 sind beispielhaft die zurückgelegten Distanzen ab dem Startpunkt (z.B. Wohnung eines Pendlers) mit den verschiedenen Verkehrsmitteln für Zeitdauern von 10, 20 und 30 Minuten dargestellt. Dabei wurden die Zugangszeiten zu den Haltestellen berücksichtigt (Bus, Tram: 250 m, S-Bahn und U-Bahn: 900 m jeweils nach [Zumkeller, 2006], Annahme beim MIV: 3 min). Diese Zugangsdistancen werden im Schnitt mit 1.34 m/s zurückgelegt ([Weidmann, 2006b]). Für die Reisegeschwindigkeiten gelten die Werte Bus: 20 km/h, Tram: 15 km/h, S-Bahn: 50 km/h, U-Bahn: 40 km/h, MIV, Agglomerationsrand, HVZ: 45 km/h, MIV, Agglomerationsrand, NVZ: 70 km/h.

Aufgrund dieser Geschwindigkeitsunterschiede ist ein mehrstufiges Angebotssystem zur optimalen Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse erforderlich. Im MIV erfolgt die Differenzierung mittels der Strassenkategorien, im ÖV durch unterschiedliche Angebotsstufen des Linienverkehrs. Die Funktionen, die sich daraus ergeben und die entsprechenden Verkehrssysteme sind in Abbildung 38 generisch dargestellt.



Distanzen unter Berücksichtigung angegebener Zugangszeiten bzw. Wege  
 Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 37 Vergleich zurückgelegter Distanzen für verschiedene Verkehrsmittel

Netzfunktion		Verkehrsart	Individualverkehr	Öffentlicher Verkehr
	<b>Durchleiten</b> von Region zu Region	Personenverkehr	Personenwagen, Motorräder auf Hochleistungsstrassen, Privatflugzeuge	Linienflüge, Eurocity- und Intercityzüge, Fernbusse
		Güterverkehr	Lastwagen, Lieferwagen auf Hochleistungsstrassen, Binnenschifffahrt, Seeschifffahrt	Transitgüterzüge, Ferngüterzüge, Linienflüge
	<b>Verbinden</b> der Siedlungsschwerpunkte einer Region	Personenverkehr	Personenwagen, Motorräder auf Hauptverkehrsstrassen	Intercity-Züge, Schnellzüge, Fernbusse, Inlandflüge
		Güterverkehr	Lastwagen, Lieferwagen auf Hauptverkehrsstrassen, Binnenschifffahrt	Güterzüge
	<b>Sammeln</b> von Verkehr in den Teilgebieten bzw. in Quartieren	Personenverkehr	Personenwagen, Motorräder, Mofa, Velo auf Sammelstrassen	Regionalzüge, S-Bahnen, Stadtbahnen, U-Bahnen, Strassenbahnen, Regionalbusse, Stadtliniense
		Güterverkehr	Lastwagen, Lieferwagen auf Sammelstrassen	Nahgüterzüge
	<b>Erschliessen</b> von Siedlungsteilen	Personenverkehr	Personenwagen, Motorräder, Mofa, Velos, Fussgänger auf Erschliessungsstrassen	Quartierbusse
		Güterverkehr	Lastwagen, Lieferwagen, Fussgänger auf Erschliessungsstrassen	Überführen auf Anschlussgleise, Containerendtransport mit Lastwagen

Quelle: [Weidmann, 2007]

Abbildung 38 Funktionale Hierarchie für MIV und ÖV; Netzfunktionen

### 7.1.4 Einsatzprofile und Agglomerationscharakteristika

Der heutige Verkehrsmiteinsatz ist das Ergebnis eines langjährigen evolutiven Prozesses. Die Entscheidungen basierten dabei jeweils nicht nur auf planerischen und technischen Überlegungen, sondern waren auch getrieben durch die politischen Prioritäten und nicht zuletzt durch den jeweiligen Zeitgeist. Kernpunkt der Auseinandersetzungen war stets die Zusage der knappen Ressourcen „Verkehrsraum“ und „Zeit“, wobei

insbesondere die Priorisierung individueller respektive öffentlicher Verkehrsmittel politisch strittig war. Trotz aller politischer und lokaler Zufälligkeiten entwickelten sich dennoch bestimmte Muster des Verkehrsmiteleinsatzes, welche Rückschlüsse auf die zweckmässigen Einsatzgebiete zulassen.

Eingangs wurden bereits die Agglomerationen nach ihrer Einwohnerzahl und nach den in ihnen verfügbaren Verkehrssystemen klassifiziert sowie weitere Kenngrössen angeschnitten. Darauf aufbauend werden nun weitere Kriterien hinzugezogen, um dieses Bild zu vervollständigen. Dabei wird zunächst die Betrachtung mittels virtueller Radien wiederaufgegriffen und im Hinblick auf den Verkehrsmiteleinsatz vertieft. Ausserdem wird die Nutzungsdichte von Siedlungskernen als zusätzliches Kriterium zur Bevölkerungsdichte untersucht.

### **Virtuelle Radien**

Die virtuellen Radien der Agglomerationen wurden hinsichtlich ihrer Eignung als Grundlage für den Einsatz von Verkehrssystemen untersucht. In Tabelle 57 sind die virtuellen Radien und Strukturtypen den ÖV-Systemen gegenübergestellt. Daneben werden zusätzlich die Einwohnerzahl und die Siedlungsdichte rekapituliert. Es wird ersichtlich, bis zu welcher Siedlungsgrösse (dargestellt durch den virtuellen Radius der Agglomeration) ein Verkehrssystem stets vorhanden ist und welche Strukturtypen welche Verkehrssysteme begünstigen. Agglomerationen mit geringerem Radius können aber durchaus auch über einzelne dieser Verkehrssysteme verfügen, dies beispielsweise aufgrund ihrer geographischen Lage. Generell muss ergänzt werden, dass jede Agglomeration über einen Regionalbahn-Anschluss und ein Busangebot verfügt.

Die wesentlichen Aussagen sind:

- In allen Agglomerationen mit  $R \geq 3.5\text{km}$  liegt ein S-Bahn-Hauptknotenpunkt. Diese Agglomerationen zeichnen sich zusätzlich durch Einwohnerzahlen  $\geq 120'800$  und meist einer Siedlungsdichte von über 36 EW/ha aus. Ihnen ist auch gemeinsam, dass sie den Strukturtypen 2-4 entsprechen, also deutlich ausgebildete Korridore aufweisen.
- S-Bahnen sind in allen Agglomerationen mit  $R \geq 2.8 \text{ km}$  vorhanden. In Fällen, wo kein S-Bahnangebot besteht, ist mindestens ein Regionalbahnangebot vorhanden. Dort lässt entweder die Nachfragestruktur oder die Topographie darauf schliessen, dass kein S-Bahnangebot gefahren wird. In Fällen wie z.B. Chur wird die Regionalbahn mit Zusatzangeboten im Fernverkehr ergänzt.
- Die grössten fünf Agglomerationen verfügen über Tram- resp. U-Bahnsysteme, die zumindest teilweise unabhängig vom Strassenverkehr verlaufen. Bei den nächstkleineren Agglomerationen (120'000-200'000 EW) wird die Einführung von Tramsystemen diskutiert. Hinsichtlich der Strukturtypen zeigt sich (die Systeme in Diskussion einbeziehend) ein ähnliches Bild wie bei den S-Bahn Hauptknoten.
- Alle Agglomerationen mit  $R \geq 2.5\text{km}$  verfügen über ein eigenes Stadtbussystem. Aus den Daten (hierzu siehe Anhang) ist ausserdem ersichtlich, dass Agglomerationen mit einem kleineren virtuellen Radius über keine Stadtbussysteme verfügen.

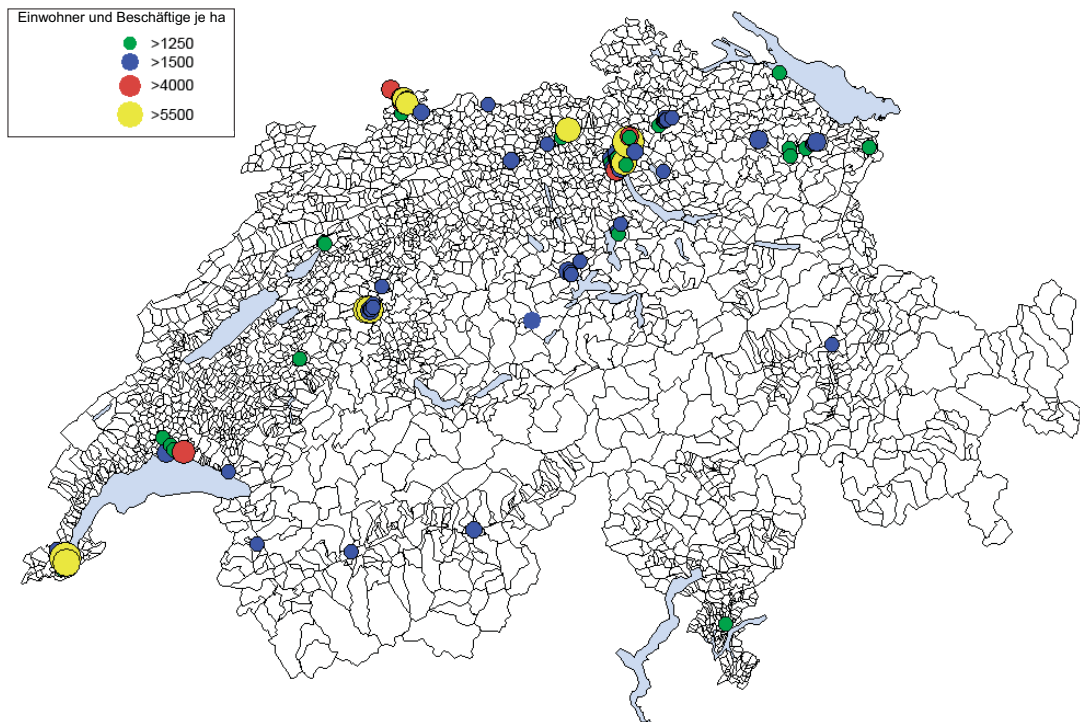
Agglomeration	EW	Virt. Rad. (km)	Dichte (EW/ha)	Strukturtyp	Hauptknoten S-Bahn	S-Bahn	Tram/ U-Bahn	spez. Stadtbus
Zürich	1'080'728	9.4	36.6	S2				
Basel (CH)	479'308	6.1	40.6	S2				
Genève (CH)	471'314	6.0	42.3	S2				
Bern	349'096	5.3	39.7	S2				
Lausanne	311'441	5.1	38.5	S3				
Luzern	196'550	3.8	42.8	S2				
Lugano (CH)	120'800	3.6	29.9	S4				
St. Gallen	146'385	3.5	38.0	S3				
Olten-Zofingen	101'909	3.5	27.2	S4				
Winterthur	123'416	3.3	35.2	S2				
Fribourg	94'867	3.3	28.6	S2				
Baden-Brugg	106'736	3.2	33.8	S4				
Vevey-Montreux	81'484	3.0	29.0	S3				
Aarau	79'883	2.9	29.6	S2				
Zug	95'557	2.9	35.4	S3				
Thun	89'522	2.9	34.5	S4				
Solothurn	72'888	2.8	29.3	S2				
Sion	52'226	2.8	21.3	S3				
Biel/Bienne	88'896	2.8	36.6	S3				
Neuchâtel	77'832	2.7	34.3	S3				
Locarno	53'682	2.7	23.8	S3				
Chur	66'235	2.6	30.4	S1				
Wil (SG)	64'162	2.6	30.1	S1				
Schaffhausen	61'399	2.5	30.3	S2				

Quelle: Eigene Darstellung, gestreift: Systeme in Diskussion

### Kernnutzungsdichten

Um die Situation in Siedlungskernen zu analysieren, muss die Dichte der Arbeitsplätze mit einbezogen werden, da diese ebenfalls Wege generieren. Besonders in den Kernbereichen der Grossagglomerationen ist die Arbeitsplatzdichte sehr hoch und erzeugt damit eine Zahl von Wegen, die mit der Bevölkerungsdichte allein nicht zu erklären wäre. Die Kernnutzungsdichte wird dafür definiert als die Summe der Einwohner und Beschäftigten pro Hektar  $[(E+Be)/ha]$ . Dieser Kennwert wird auf Hektarbasis erhoben und ist daher nicht vergleichbar mit der Siedlungsdichte. Die Kernbereiche sind dabei nicht a priori definiert, sondern ergeben sie sich vielmehr durch die Lage der höchstdichten Hektaren.

Abbildung 39 zeigt die Hektaren der Schweiz mit höchsten Nutzungsdichten. Es lässt sich nun feststellen, dass in allen S-Bahn-Hauptknoten Flächen liegen, die über eine Dichte von mehr als 1250 Einwohnern und Beschäftigten pro Hektar verfügen. Lässt man Lugano und Bellinzona ausser Acht, die in einer topographisch anspruchsvollen Region sind und damit besonderen Bedingungen unterworfen sind, liegt diese Grenze bei 1500 Einwohnern und Beschäftigten pro Hektar. Ausserdem ist die Nutzungsdichte entlang der S-Bahn Korridore in allen Fällen höher als 100  $(E+Be)/ha$ . Abbildung 40 zeigt dies am Beispiel der Nordostschweiz.



Quelle: Eigene Darstellung, Daten [BfS 2000, 2001]

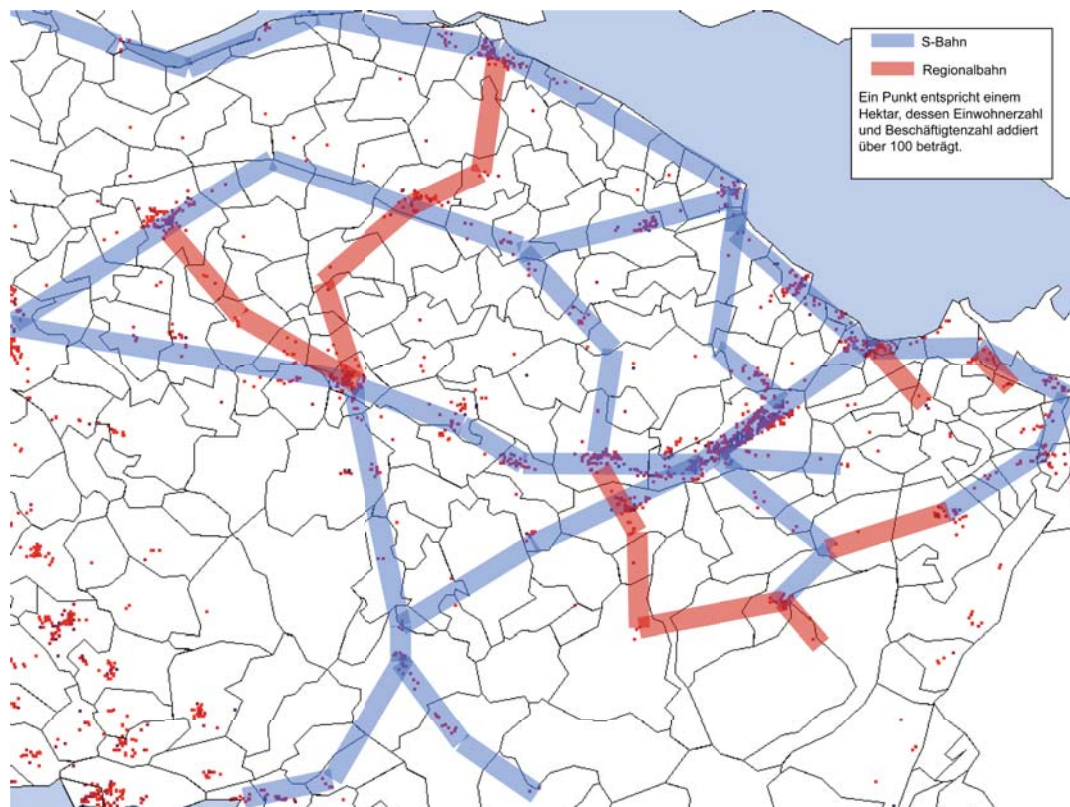
Abbildung 39 Schweizerische Hektaren mit höchster Nutzungsdichte

Nur in Agglomerationen mit einer Kernnutzungsdichte von mehr als 1500 sind ausserdem Teile von Autobahnringen zu finden.

Lausanne verfügt ausserdem als einzige Agglomeration über ein U-Bahn-System. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die U-Bahn bzw. Metro in Lausanne einen Sonderfall darstellt. Die einzige U-Bahn nach allgemeinem Verständnis wurde in Zürich nicht realisiert. Geht man von diesen beiden Anhaltspunkten aus, so wäre die kritische Kerndichte einer Agglomeration für den U-Bahneinsatz bei 4000 (E+Be)/ha zu sehen. Im Hinblick auf die erwähnten Einschränkungen muss dieser Wert jedoch mit Vorsicht behandelt werden.

Strassenbahn- bzw. Tramsysteme als leistungsfähige innerstädtische Verkehrsmittel kommen in Agglomerationen zum Einsatz, in denen die Kernnutzungsdichte mindestens 4000 beträgt. Einzige Ausnahme davon ist Neuchâtel, das eine Kernnutzungsdichte von 1200 Einwohnern und Arbeitsplätzen hat. Hier besteht das Strassenbahnnetz allerdings aus einer einzigen Linie, die zudem den Charakter einer Vorortsbahn hat. Das Stadtliniennetz wurde schon vor Jahrhunderten stillgelegt.

Stadtbahnsysteme sind nur in den beiden grössten Agglomerationen, Zürich und Basel, im Einsatz. Hier liegen die Kernnutzungsdichten bei mindestens 5000 Einwohnern und Beschäftigten je Hektar.

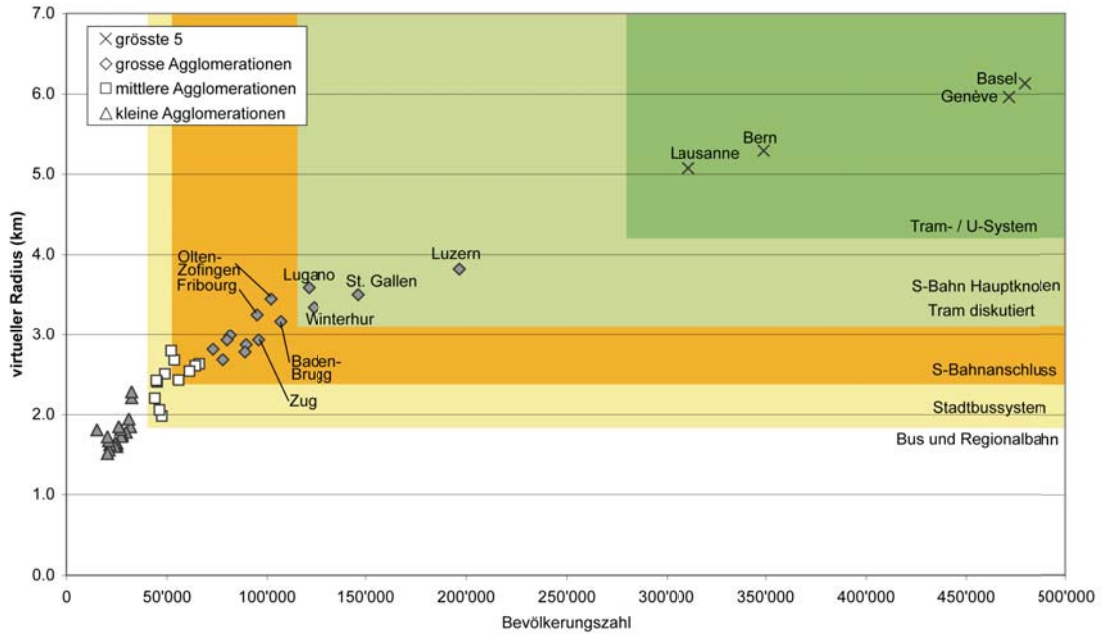


Quelle: Eigene Darstellung, Daten [BfS 2000, 2001], SBB

Abbildung 40 Nordostschweiz, S- und Regionalbahnkorridore im Tarifverbund Ostwind, Siedlungsdichten

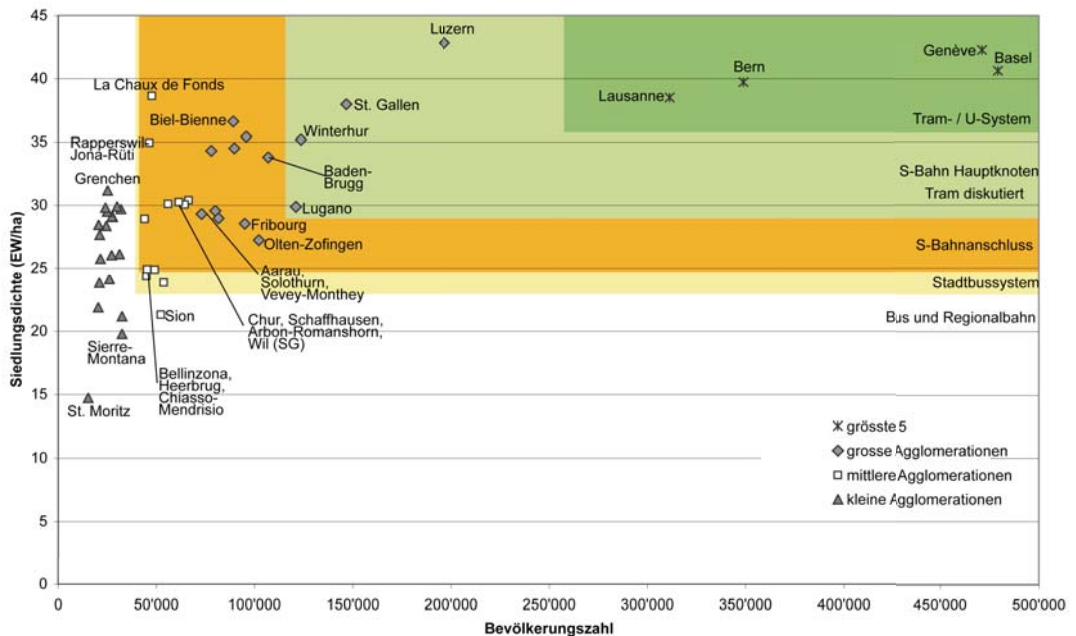
### 7.1.5 Fazit zum heutigen Verkehrsmiteinsatz

Für die schweizerischen Agglomerationen lassen sich Kategorien herleiten, in denen bestimmte Verkehrsmittel stets vorkommen und andere in keinem Fall. In Abbildung 41 und Abbildung 42 wird zusätzlich der Verkehrsmiteinsatz im Zusammenhang mit jeweils zwei der aussagekräftigen Kriterien zusammen betrachtet. Obwohl zahlreiche Umstände wie Topographie, Lage zu anderen Agglomerationen, Verkehrsraumstruktur etc. die Entscheidungen beeinflussen, erweist sich dabei letztlich die Einwohnerzahl als wichtigster Parameter.



Quelle: Eigene Darstellung (ohne Zürich)

Abbildung 41 Einsatzbereiche von primären ÖV-Systemen in Abhängigkeit des virtuellen Radius



Quelle: Eigene Darstellung (ohne Zürich)

Abbildung 42 Einsatzbereiche von ÖV-Systemen in Abhängigkeit der Siedlungsdichte

Mit Blick auf den Modal Split des Pendlerverkehrs sowie die eingangs untersuchten Umweltkenneiwerte der schweizerischen Agglomerationen zeigt sich zusätzlich der Effekt, dass grosse Städte mit leistungsfähigen öffentli-

chen Verkehrsmitteln auch einen höheren Anteil des öffentlichen Verkehrs und vergleichsweise günstige Immissionswerte zeigen. Ein Indiz für eine entsprechende grosse Nachfrage sind sehr hohe Dichten in den Kernbereichen. Die grosse Nachfrage erlaubt mithin attraktive öffentliche Verkehrssysteme, was sich wiederum in einem hohen Marktanteil derselben spiegelt. Bei kleineren Städten führt im Gegenzug die alleinige Abstützung auf den Bus zu einem mässigen Marktanteil des öffentlichen Verkehrs und einer vergleichsweise ungünstigen Immissionssituation. Der eher geringe Einsatz von schienengebundenen Verkehrsmitteln deutet aber auch darauf hin, dass diese nicht wirtschaftlich und funktional sinnvoll in Agglomeration mit weniger als 100'000 Einwohnern eingesetzt werden können. Dies gilt zum Einen für S-Bahnsysteme, die zwar in vielen, auch kleineren Agglomerationen zu finden sind, deren Hauptknoten aber nur in grossen Agglomerationen liegen. Besonders gilt dies für Tram und Stadtbahnsysteme, die nur in den grössten Agglomerationen zu finden sind. Dies lässt darauf schliessen, dass sie nur dort sinnvoll einsetzbar sind, wo ein grösseres Gebiet mit für Bussysteme zu hohen Nachfragedichten vorliegt.

## 7.2 Folgerungen und Eignungsprofile

### 7.2.1 Folgerungen aus der Beurteilung der Leistungsfähigkeit

Bezogen auf die Verkehrsfläche zeigen die öffentlichen Verkehrsmittel mit Abstand die höchste **Leistungsfähigkeit**, angeführt von S-Bahn und U-Bahn. Tram und Bus liegen leicht tiefer, wobei sich das Verhältnis zwischen den beiden Verkehrsmitteln untereinander aus dem Grössenverhältnis der Fahrzeugeinheiten ableitet. Rund zwanzig Mal leistungssärmer sind der motorisierte Individualverkehr und der Langsamverkehr.

Das Verkehrsmittel mit der höchsten **Beförderungsgeschwindigkeit** ist der motorisierte Individualverkehr, sofern das Strassennetz entsprechend ausgebaut ist und keine Staus auftreten. Eine starke Abhängigkeit besteht von der Tageszeit. So kann die mittlere Geschwindigkeit in der Nebenverkehrszeit bis zu doppelt so hoch sein wie in der Hauptverkehrszeit. Ähnliche Geschwindigkeiten erreichen einzig S-Bahn und U-Bahn. Tram, Bus und Velo sind etwa zwei bis drei Mal langsamer und bilden eine zweite Geschwindigkeitsgruppe. Der wichtigste Einfluss auf die Geschwindigkeit des öffentlichen Verkehrs hat der Haltestellenabstand und damit die hierarchische Funktionszuweisung im Gesamtverkehrssystem. Nur einen Zehntel der Geschwindigkeit des Individualverkehrs und der S-Bahn erreicht schliesslich der Fussgängerverkehr.

Im öffentlichem Verkehr ist die **Zuverlässigkeit** zum Ersten das Resultat aus der Häufigkeit von Störeinflüssen, zum Zweiten aus den Fahrzeitreisen. Im Individualverkehr ist die Zuverlässigkeit vor allem von der Auslastung abhängig. Besonders bei schienengeführten Verkehrssystemen ist die Zuverlässigkeit höher, da kaum systemexterne Einflüsse zum Tragen kommen. Das Gegenteil stellt entsprechend der MIV dar. Velo- und Fussgängerverkehr sind ebenfalls sehr zuverlässig, da trotz vieler Wechselwirkungen aufgrund der äusserst flexiblen Routenwahl in nahezu allen Fällen genug Ausweichmöglichkeiten zur Verfügung stehen oder auch sehr enge Stellen immer noch passierbar sind.

Die **Erschliessungsqualität** im motorisierten und nichtmotorisierten Individualverkehr wird durch das Wegenetz bestimmt, im motorisierten Individualverkehr zusätzlich durch die Parkplatzverfügbarkeit. Der Fussverkehr ist dagegen sogar teilweise vom Wegenetz unabhängig. Naturgemäss verfügt jede Liegenschaft über einen strassenseitigen Zugang, hingegen ist die Parkplatzverfügbarkeit in der Kernstadt oft nicht gegeben oder nur zu hohen Kosten. Im öffentlichen Verkehr leitet sich die Erschliessung aus der Entfernung zu Haltepunkten ab. Die als erschlossen anzusehenden Bereiche um einen Haltepunkt variieren in Abhängigkeit vom Verkehrsmittel. Die Radien dafür liegen üblicherweise bei etwa 300 m für Tram und Bus sowie bei etwa 600-900 m für S-Bahn und U-Bahn.

### 7.2.2 Folgerungen aus der Beurteilung der Auswirkungen

Die **Lebensqualität im öffentlichen Raum** wird bereits erheblich durch die blosse Präsenz von Verkehr beeinflusst, insbesondere solcher, der mit einer hohen Lärmbelastung verbunden ist. Darüber hinaus ist entscheidend, ob die vielfältigen sozialen Ansprüche wie Aufenthalt und Kommunikation, die kommerziellen Bedürfnisse von Handel und Dienstleistungen sowie ökologische Aspekte berücksichtigt werden. Die Lebensqualität ist mithin das Resultat eines Gestaltungsprozesses, aus welchem die konkreten Spielräume und Grenzen für die einzelnen Verkehrsmittel resultieren. Allen Schienenverkehrssystemen ist gemeinsam, dass im Umfeld ihrer Halte eine deutliche Landwertsteigerung erkennbar ist und daher eine Verdichtung in diesen Gebieten erfolgt.

Ein klarer Unterschied besteht hingegen bezüglich des **Flächenbedarfs**. Näherungsweise kann davon ausgegangen werden, dass der öffentliche Verkehr und der Langsamverkehr pro erbrachter Verkehrsleistung nur etwa einen Viertel bis einen Fünftel des Platzes des motorisierten Individualverkehrs erfordern. Sie eignen sich damit insbesondere für jene Bereiche, in welchen der Platz besonders knapp ist. Tram und Bus haben den zusätzlichen Vorteil, dass sich ihre Fahrwege mit jenen des Individualverkehrs kombinieren lassen, dies ist aber mit Abstrichen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit verbunden.

Keinen wesentlichen Unterschied zeigen die **gesamten Kosten der Verkehrsmittel**. Auf volkswirtschaftlicher Betrachtungsstufe, das heisst unter Einbezug der Externalitäten, sind der öffentliche und der Individualverkehr bezogen auf die Verkehrsleistung etwa gleich teuer. Die Unterschiede liegen vor allem in der Verteilung der Kosten auf die Nutzer respektive die Allgemeinheit.

Ein anderes Bild zeigen die **Emissionen** respektive **Immissionen**: Ein wesentlicher Anteil der Luft- und Lärmbelastung in Städten wird durch den motorisierten Individualverkehr verursacht. Ein zentraler Vorteil des öffentlichen Schienenverkehrs, aber auch von Trolleybussen ist der elektrische Antrieb, welcher am Nutzungsort praktisch keine Luftverschmutzung und nur eine geringe Lärmbelastung verursacht. Bezüglich der Emissionen sind daher die elektrisch betriebenen öffentlichen Verkehrsmittel im Vorteil. Auch sie verursachen zwar bei Energieerzeugung und -transport spürbare Emissionen, doch treten diese ausserhalb des Stadtraumes und lokal begrenzt auf. Sie lassen sich daher auch besser mittels technischer Verfahren behandeln. Entlang der von ihnen befahrenen Strecken strahlen

sie teilweise in erheblichem Masse Lärm ab und können punktuell zu Problemen führen. Sowohl bezüglich Emissionen wie Lärm ist der Langsamverkehr am vorteilhaftesten.

Beim **Energieverbrauch** profitiert der öffentliche Verkehr generell von der Bündelung der Nachfrage und dem elektrischen Antrieb. Im Stadtverkehr ist der Unterschied zum motorisierten Individualverkehr allerdings eher klein und liegt bezogen auf die Verkehrsleistung bei einem Faktor 1.5 bis 2. Grund dafür sind die häufigen Beschleunigungs- und Bremsvorgänge aufgrund der kurzen Haltestellenabstände und der durchschnittlich tiefe Auslastungsgrad. Beim nichtmotorisierten Individualverkehr werden keine Ressourcen wie Strom oder Treibstoff verbraucht.

Ein Kennzeichen des Agglomerationsverkehrs hinsichtlich der **Verkehrssicherheit** ist eine relativ grosse Unfallhäufigkeit bei mässiger Unfallschwere. Bei den getöteten Personen handelt es sich vorab um Fussgänger. Verglichen mit der Eisenbahn verursacht zudem der strassengebundene öffentliche Verkehr in der Schweiz sehr viele Unfälle. Dies ist nicht zuletzt auf die zurückhaltende bauliche Trennung von Tram, Individualverkehr und Langsamverkehr zurückzuführen. Insgesamt ist der öffentliche Verkehr aber jedem Fall um ein Vielfaches sicherer als der motorisierte Individualverkehr.

Der **Vandalismus** ist vor allem eine Erscheinung im öffentlichen Raum und im öffentlichen Verkehr. Die Kostenfolgen sind erheblich, lassen sich aber nicht generalisiert und über einen längeren Zeitraum beurteilen. Ebenso wenig lässt sich dieses Problem konkreten Verkehrsmitteln zuordnen. Vandalismus wird daher als Problem anerkannt, für die Verkehrsmittelwahl aber als irrelevant angesehen.

Die **betriebswirtschaftlichen Kosten** des Individualverkehrs sind aus Sicht der Planung zunächst nicht relevant, da sie direkt und vollständig von den Benützenden getragen werden. Ähnliches gilt für den Langsamverkehr, da die Betriebskosten hier gegen Null gehen. Für diese Modi entscheidet sich der Einsatz der Verkehrsmittel daher nicht an diesem Parameter. Im öffentlichen Verkehr zählen die betriebswirtschaftlichen Kosten dagegen – zusammen mit Kapazität und Geschwindigkeit – zu den zentralen Kriterien bei der Verkehrsmittelentscheidung. Entscheidend für die Kosten sind (1) die Grösse der eingesetzten Einheiten und (2) die durchschnittliche Umlaufgeschwindigkeit. Tiefe Produktionskosten bedingen mithin die Nachfragebündelung und eine hohe Systemgeschwindigkeit.

### 7.2.3 Eignungsprofile der Verkehrsmittel

Aus den Folgerungen zur Beurteilung der Verkehrsmittel lassen sich Eignungsprofile der Verkehrsmittel erstellen. Diese Eignungsprofile sind in Abbildung 43 illustriert. Dabei ist ein Verkehrsmittel in einer Kategorie umso besser platziert, je weiter aussen es ist. Zunächst wurde eine Gruppierung nach Verkehrsarten vorgenommen, aus der bereits hervorgeht, wo die Stärken der einzelnen Verkehrsarten liegen. Im Anschluss daran finden sich ähnliche Diagramme für die einzelnen Verkehrsmittel des IV und des ÖV.

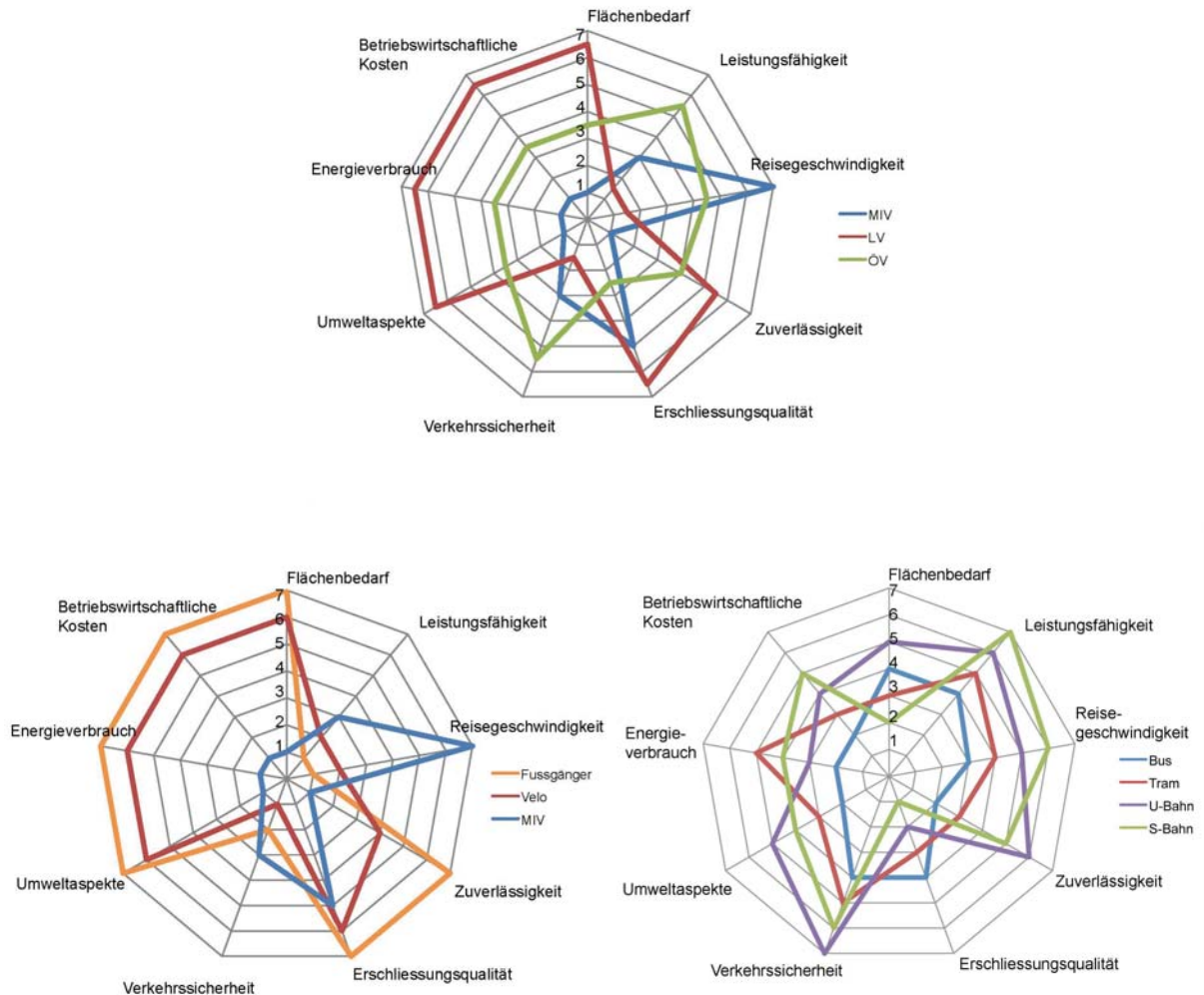


Abbildung 43 Eignungsprofile der Verkehrsmittel

Im Bereich des öffentlichen Verkehrs ist gesamthaft der Bus gegenüber der U-Bahn, der Tram und der S-Bahn im Nachteil. Seine Vorteile liegen in der höheren erreichbaren Erschließungsqualität. Im Bereich der schienegebundenen öffentlichen Verkehrsmittel zeichnet sich die S-Bahn durch hohe Reisegeschwindigkeiten und Leistungsfähigkeiten aus. Die U-Bahn ist hinsichtlich der Verkehrssicherheit und der Zuverlässigkeit am besten geeignet und das Tram ist hinsichtlich des Energieverbrauchs vorteilhaft.

### 7.3 Zusammenfassung der Verkehrsmiteleigenschaften

#### Eigenes S-Bahn-System

S-Bahn-Systeme dienen der Verbindung von Agglomerationsgürtel und Kernstadt bzw. Kernstädten bei Agglomerationen, die keine monozentrische Struktur aufweisen. Die erreichten Beförderungsgeschwindigkeiten und die Leistungsfähigkeit sind sehr hoch. Sinnvoll ist der Einsatz daher erst in Agglomerationen, die über Kernbereiche mit hohen Dichten von Einwohnern und Arbeitsplätzen sowie ein Umland mit deutlich definierten

Korridoren höherer Dichte verfügen. Dementsprechend sind auch die Kosten und der Platzbedarf enorm hoch. Ein angemessenes Kosten/Nutzen-Verhältnis ist daher nur in den grössten Agglomerationen gegeben. Wie auch bei der Integration einer Agglomeration in ein S-Bahn-System und in den meisten Einsatzbereichen von Regionalbahnen übernehmen Vollbahnsysteme nicht nur agglomerationsinterne Transportaufgaben, sondern bieten Verbindungen zwischen Agglomerationen an.

### **Integration in ein S-Bahn-System**

Die grundlegenden Eigenschaften sind die selben wie die des eigenen S-Bahn-Systems. Im Hinblick auf den Anschluss einer einzelnen Agglomeration an das System einer übergeordneten Agglomeration ist vor allem entscheidend, ob lokal die nötige Dichte und Einwohnerzahl gegeben ist, um einen S-Bahn-Anschluss zu rechtfertigen.

### **Regionalbahnsystem**

Die Abgrenzung zwischen Regional- und S-Bahn fällt teilweise schwierig, da sich Überlappungen besonders am unteren Rand der Leistungsfähigkeit und Beförderungsgeschwindigkeit zeigen. Generell sind Regionalbahnsysteme vor allem dort sinnvoll, wo die Strukturen kein S-Bahn-System mit dichtem Takt und grosser Leistung rechtfertigen, jedoch das Aufkommen für Strassenverkehrsmittel hoch ist. Auch lassen sich hiermit kleinere Agglomerationen sinnvoll verbinden.

### **U-Bahn-Systeme**

Die Beförderungsleistungen sind bei diesem System sehr hoch und können ähnlich derer von S-Bahn-Systemen sein. Allerdings sind auch die Kosten durch die Streckenführung die höchsten. Sinnvoll ist daher der Einsatz in Kernbereichen von Agglomerationen, die sehr dicht bebaut sind und eine grosse Ausdehnung aufweisen, in welchen nicht kreuzungsfreie Verkehrssysteme zu lange Reisezeiten aufweisen würden. Da dieser Fall in der Schweiz kaum gegeben ist, sind U-Bahnsysteme nach internationalem Verständnis eher wenig geeignet. Hingegen kann eine teilweise unterirdische Führung, wie etwa als Teil eines stadtbahnartigen Verkehrssystems, durchaus sinnvoll sein, wie dies bei der M2 in Lausanne als Sonderlösung implementiert wurde.

### **Stadtbahn (inkl. Tram-Train)**

Dieses Verkehrsmittel eignet sich in den grössten Agglomerationen, wo ein herkömmliches Strassenbahnsystem nicht in der Lage ist, die Verkehrsnachfrage zu bewältigen oder die Reisezeiten im Mischverkehr zu lang werden. Im Grunde Strassenbahnen sehr ähnlich, sind die Kosten jedoch durch den aufwendigeren Fahrweg höher. Am oberen Ende der Leistungsfähigkeit bestehen Überschneidungen mit S-Bahn-Systemen.

In Agglomerationen von etwa 150'000 bis 300'000 Einwohnern wäre grundsätzlich ein Tram-Train als Alternative zu S-Bahn und Tram denkbar. Besonders wenn die Spurweiten im städtischen und im umliegenden Netz übereinstimmen oder eine Neueinführung zur Debatte steht, kann diese Lösung in Erwägung gezogen werden.

**Strassenbahn/Tram**

Hinsichtlich des sinnvollen Einsatzbereiches ergeben sich hier grössere Überschneidungen mit Busverkehrssystemen. Gegenüber diesen sind Tramsysteme jedoch einfacher und mit günstigeren spezifischen Kosten für höhere Fahrgastzahlen aufskalierbar. Daher eignen sie sich vor allem in den grössten Agglomerationen dort, wo der hochfrequentierte Bereich, der einen Busverkehr an die Grenzen bringt, nicht mehr fussläufig ist. Demgegenüber stehen tendenziell höhere Investitions- und bei kleineren Fahrgastzahlen auch höhere spezifische Betriebskosten.

**Stadtbussysteme (inkl. Trolleybus)**

Diese Systeme bilden das Rückgrat des öffentlichen Agglomerationsverkehrs und sind durch die geringen Investitionskosten auch für kleine Agglomerationen gut geeignet. Durch die verschiedenen Fahrzeuggrössen und die Möglichkeit, ohne Anpassungen das vorhandene Strassennetz zu nutzen, sind Stadtbussysteme eines der flexibelsten öffentlichen Verkehrssysteme. Bei sehr niedrigen Dichten und kleiner Nachfrage dagegen eignen sich Ortsbussysteme besser. Bei dieselgetriebenen Fahrzeugen ist allerdings die lokale Umweltbelastung höher als bei anderen Verkehrsmitteln.

**Orts- und Regionalbus**

Diese Bussysteme sind als Grundversorgung für alle Agglomerationen geeignet. Dabei dient der Regionalbus der Anbindung von Aussenbereichen sowie benachbarter Agglomerationen und der Ortsbus der Feinerschliessung, besonders kleinerer Agglomerationen.

**Autobahn: Teile eines Ringes / innerstädtisch / Agglomerationsintern**

Autobahnen stellen eine sehr hohe Kapazität zur Verfügung, die nur in den grossen Agglomerationen für interne Verkehre nötig ist. Einhergehend sind damit aber auch ein äusserst grosser Platzbedarf und hohe Emissionen, insbesondere im Verhältnis zur Beförderungsleistung. In kleineren Agglomerationen dagegen können Autobahnen durch zusätzliche Anschlüsse als interne Verbindung dienen, wenn bereits eine Autobahn besteht. Die Reisezeiten schwanken sehr stark in Abhängigkeit von der Nachfrage.

**Autobahn: Anschluss**

Für kleinere Agglomerationen sind Autobahnen als interne Verbindung ungeeignet, da der lokal generierte Verkehr keine ausreichenden Auslastung erzeugen würde. Allerdings verfügen alle kleinen Agglomerationen, in deren Nähe eine Autobahn verläuft, über einen Anschluss. Die Möglichkeit zur Einbindung in das Autobahnnetz sollte also, wo möglich, genutzt werden, obgleich dies hier kaum dem Agglomerationsverkehr, sondern vielmehr dem Fernverkehr dient.

**Velostation**

Velostationen als zentraler Umstiegspunkt vom Langsamverkehr auf den Schienenverkehr sind weit verbreitet und eignen sich für nahezu alle Agglomerationen, sofern die Topographie und Struktur die Velonutzung nicht übermässig erschweren. Die Kosten sind überschaubar und Umweltein-

flüsse praktisch inexistent.

### **Fussgängerzone**

Ähnlich wie Velostationen eignen sich Fussgängerzonen im Grunde für alle Agglomerationen. Ihre Einrichtung ist ebenfalls sehr günstig und es entstehen im Betrieb keine negativen Umwelteinflüsse. Bei kleineren Agglomerationen ist der Fussgängeranteil am Verkehr aufgrund der Kompaktheit relativ hoch. Bei grösseren Agglomerationen liegt der Anteil des Fussverkehrs erwartungsgemäss viel niedriger, die Absolute Zahl der Fussgänger ist aber besonders in den Kernbereichen sehr hoch.

### **Weitere Systeme**

Nicht alle eingangs aufgeführten Verkehrsmittel sind in ihrer Funktion einzigartig, sondern vielmehr eine technisch andere Ausprägung für bestehende Einsatzgebiete. Für eine Auswahl liegt es daher nahe – auch aufgrund der bisher wenigen Erfahrungen –, sie einem der „klassischen“ Verkehrsmittel zuzuordnen

- Spurbus auf Eigentrasse - Strassenbahn/Tram/Stadtbahn
- Spurbus im Mischverkehr – Stadtbus/Strassenbahn/Tram
- BRT – funktional im Bereich Stadtbahn anzusiedeln, ist dieses System in der Schweiz jedoch nicht praktikabel, da die Vorzüge im Vergleich zu Schienenverkehrssystemen nur bei sehr niedrigen Lohnkosten überwiegen.

### **Taxi**

Taxiangebote dienen vor allem der Feinverteilung, Grundversorgung. Durch geringe Leistungsfähigkeit und hohen Preis sind sie nicht als Pendlerverkehrsmittel nutzbar. Allerdings bieten sie höchste Flexibilität und Beförderungsgeschwindigkeit, da Halte- und Parkierungsprozesse wegfallen. Letzten Endes sind sie aber vor allem ein privatwirtschaftliches Angebot, das von Seiten der Verkehrsplanung nur indirekt steuerbar ist.

### **Seilbahnen / Technische Spezialexsysteme**

Es besteht für Pendelbahnen auch in den schweizerischen Agglomerationen sicherlich ein Anwendungspotential, sei es in Form von ober- und unterirdischen Standseilbahnen, sei es als Luftseilbahnen. Einsatzvoraussetzungen sind vor allem schwierige topographische Verhältnisse, welche den Einsatz anderer Verkehrssysteme erschweren, verbunden mit einer Nachfrage von nicht mehr als 8000 Personen pro Richtung und Stunde. Für kurze, steile Streckenabschnitte sind im städtischen Raum auch Rolltreppen als Teil des Fusswegnetzes denkbar. Diese Systementscheide sind jedoch immer stark lokal bedingte Anwendungsfälle und können nicht von der Betrachtungsebene der Gesamttagglomeration aus erfolgen.

## **7.4 Einsatzkriterien der Verkehrsmittel**

Aus der vorangegangenen Diskussion und Untersuchung lassen sich nun Grenzwerte sowie weitere Kriterien für den Verkehrsmitelesatz ableiten. Hierbei bieten sich zwei Ansätze an. Diese sind auch in Abbildung 44 illustriert:

Zunächst kann ausgehend von den erarbeiteten Einsatzkriterien der Verkehrsmittel ein Abgleich mit den anvisierten Einsatzgebiet durchgeführt werden, um zu prüfen, ob die Kriterien erfüllt sind. Der Vorteil dieser Methode ist die Vielzahl an Kriterien, die betrachtet werden können. Damit sind auch Sonderfälle sinnvoll einbeziehbar. Auch ist eine teilweise Betrachtung auf Korridorebene möglich.

Auch möglich ist ein Vorgehen mittels der erarbeiteten Agglomerationsgrößenklassen. Jeder Agglomerationsklasse kann ein spezifisches Set von Verkehrsmitteln zugewiesen werden. Dieses Verfahren ist durch die Klassifizierung zunächst systematischer. Allerdings ist dies vor allem eine Extrapolation aus der aktuellen Situation heraus. Es werden daher mögliche Besonderheiten durch die abstrakte Agglomerationsklassifikation nicht berücksichtigt.

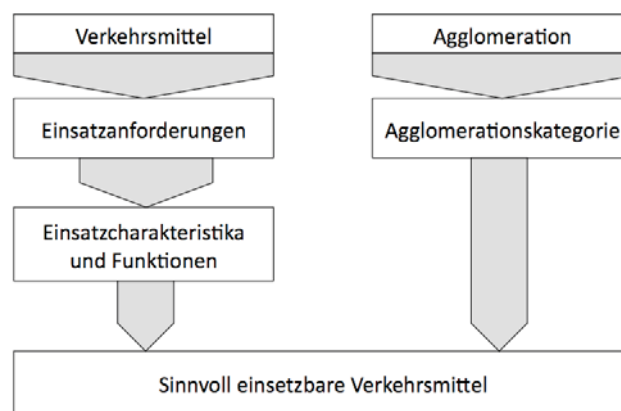


Abbildung 44 Vorgehensmöglichkeiten zur Bestimmung anwendbarer Verkehrsmittel

#### 7.4.1 Ausschlussverfahren der Verkehrsmittel

Zunächst konnten besonders für investitionsaufwendigere Verkehrsmittel und –anlagen Limiten hergeleitet werden. Tabelle 58 führt diese Kriterien und ihre Grenzwerte bzw. Leistungsbereiche auf. Damit kann der Pool der Verkehrsmittel im Ausschlussverfahren auf diejenigen eingegrenzt werden, die sich sinnvoll einsetzen lassen. Nicht für alle Verkehrsmittel stehen dabei Grenzwerte in allen Kriterien zur Verfügung. Dies gilt besonders für die Verkehrsmittel, die sehr flexibel sind und am unteren Rand der Leistungsfähigkeitsskala liegen. Ihr Einsatz ist viel stärker als jener der hochleistungsfähigen Verkehrsmittel von den örtlichen Begebenheiten bestimmt. Daher lässt die Auswahl aufgrund der Einsatzkriterien in vielen Fällen mehrere sinnvolle Möglichkeiten zu und erfordert die Betrachtung weitere Aspekte. Diese Aspekte eignen sich aufgrund ihrer oftmals generischen Natur nicht für die Definition von Grenzwerten, bieten aber innerhalb eines kleineren Pools von Verkehrsmitteln eine weitere Differenzierungsmöglichkeit. Diese sind in Tabelle 59 aufgeführt.

Tabelle 58 primäre Einsatzkriterien

	Einwohner der Agglomeration, min.	Siedlungsdichte der Agglomeration, min. [EW/ha]	Nutzungsichte Kern, min. [EW&Besch./ha]	Virtueller Radius, min. [km]	Leistungsfähigkeit <sup>1</sup>
U-Bahn <sup>2</sup>	300000	38	4000	5.1	3000-10000
Stadtbahn	300000	38	5000	6.1	3000-6000
Autobahn: Teile eines Ringes	120000	35	1500	3.3	4000-6000
S-Bahn Knoten <sup>3</sup>	95000	25	1250	2.4	4500-18000
Strassenbahn/Tram	75000	34	4000	2.7	2000-5000
S-Bahn-Anschluss	-	-	100	-	4500-18000
Regionalbahn	-	-	100	-	4500-10000
Stadtbus	-	-	100	-	1500-3000
Autobahn/HVS: innerstädtisch	-	20	-	1.8	4800-7200
Autobahn/HVS: agglomerationsintern	-	-	-	-	4800-7200
Autobahn: Anschluss	-	-	-	-	4800-7200
Velo	-	-	-	-	100-700
Fussgängerzone (2.5m – 4m Breite)	-	-	-	-	680 – 3100

<sup>1</sup> Leistungsfähigkeit (auf gesamter Linie) P/h, bei MIV unter Annahme von 1.2 Personen pro Fahrzeug

Quelle: Eigene Darstellung

<sup>2</sup> Sonderfall, Angabe eher der Vollständigkeit halber

<sup>3</sup> Zentraler Punkt eines S-Bahn-Systemes wie Zürich HB, nicht lediglich Umsteigepunkt

Tabelle 59 Einsatzcharakteristika

	Flächenverbrauch, relativ zu Personenkilometern	Umwelt			Kosten [CHF/km]	Beförderungsgeschwindigkeit [km/h]	Sicherheit
		Luftschadstoffe	Lärmbelastungen	Energieeffizienz			
S-Bahn	Eher niedrig	Wenig	Erheblich	Sehr gut	17-23	40-50	Sehr gut
Regionalbahn	Eher niedrig	Wenig	Erheblich	sehr gut	10-25	40-50	Sehr gut
U-Bahn	Sehr niedrig	Wenig	Deutlich	Gut	10-25	25-35	Sehr gut
Stadtbahn (inkl. Tram-Train)	Sehr niedrig	Wenig	Deutlich	Gut	13-16	25-35	Sehr gut
Strassenbahn/Tram	Sehr niedrig	Wenig	Deutlich	gut		15-25	Gut
Stadtbus - elektrisch	Niedrig	Eher wenig	deutlich	gut	8-10	15-25	Gut
Stadtbus - diesel	Niedrig	deutlich	Deutlich	gut	5-9	15-25	Gut
MIV	Sehr hoch	Erheblich	Deutlich	Schlecht	0.3-2	30-60	Schlecht
Velo	Sehr niedrig	keine	keine	-	-	20	Eher gut
Fussgängerzone	Sehr niedrig	keine	keine	-	-	5	Eher gut

Quelle: Eigene Darstellung

## 7.4.2 Agglomerationsklassenbasiertes Verfahren

In Kapitel 2 wurden die massgeblichen Agglomerationstypen erarbeitet. Für Agglomerationen einer bestimmten Kategorie eignen sich demnach bestimmte Verkehrsmittel besonders. Die Einordnung grenzt aufgrund der

Einwohnerzahl acht Kategorien ab. Dabei sollen die Grenzen nicht als harte Limiten verstanden werden, auch schon weil sich die Einwohnerzahlen laufend ändern. Vielmehr sollen sie zusammen mit den weiteren strukturellen Kriterien eine Anleitung geben, in welchem Bereich sich eine bestimmte Agglomeration im Hinblick auf den Verkehrsmiteinsatz bewegt. Tabelle 60 rekapituliert die strukturellen Merkmale der acht Agglomerationskategorien, in Tabelle 61 werden die jeweils sinnvoll einsetzbaren Verkehrsmittel aufgeführt.

	EW	Virt. Rad. (km)	Dichte (EW/ha)
Kat.1	>300000	>5.1	>38.5
Kat.2	>140000	>3.5	>38
Kat.3	>65000	>2.6	>27
Kat.4	>55000	>2.4	>30
Kat.5	>45000	>2.0	>21
Kat.6	>27000	>1.7	>20
Kat.7	>20000	>1.5	>22
Kat.8	>10000	>1	>10

Quelle: Eigene Darstellung

	Kat.1	Kat.2	Kat.3	Kat.4	Kat.5	Kat.6	Kat.7	Kat.8
S-Bahn-Knoten <sup>1</sup>	Ja	Ja	Bedingt	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
S-Bahn-Anschluss	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Regionalbahn	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
U-Bahn	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Stadtbahn	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Strassenbahn/Tram	Ja	Ja	Ja	Bedingt	Ja	Ja	Ja	Ja
Stadtbus	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Bedingt
Autobahn: Teile eines Ringes	Ja	Bedingt	Bedingt	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Autobahn: innerstädtisch	Ja	Ja	Bedingt	Bedingt	Bedingt	Bedingt	Nein	Nein
Autobahn: agglomerationsintern	Ja	Ja	Ja	Bedingt	Bedingt	Bedingt	Bedingt	Bedingt
Autobahn: Anschluss	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Velostation	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Fussgängerzone	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

<sup>1</sup> Zentraler Punkt eines S-Bahn-Systemes wie Zürich HB, nicht lediglich Umsteigepunkt  
Quelle: Eigene Darstellung

## 8 Synthese und Umsetzung

### 8.1.1 Fazit

Städtische Schienenverkehrssysteme sind nur in den grössten Agglomerationen sinnvoll, da nur hier ein Kerngebiet vorliegt, das auf eine hochleistungsfähige Erschliessung angewiesen ist. S-Bahn-Systeme eignen sich in einigen weiteren Fällen, wenn eine Agglomeration als Aktivitätszentrum einen Knoten bilden kann. Alle weiteren Systeme sind dagegen skalierbarer und somit flexibel in weitaus mehr Fällen einsetzbar. Diese Erkenntnisse bestätigen Erfahrungswerte aus der Planung.

Eingangs wurden sechs Fragen formuliert, mittels derer Beantwortung die Bedingungen für einen sinnvollen Verkehrsmiteinsatz abgeleitet werden sollen. In der vorliegenden Arbeit wurden die verschiedenen Aspekte des Verkehrsmiteinsatzes und der sinnvollen Einsatzprofile untersucht. Abschliessend lassen sich diese Fragen nun beantwortet.

#### **Welche Einsatzkriterien und –merkmale der Verkehrsmittel können anhand der bestehenden Verkehrssysteme bestimmt werden?**

Die Untersuchung der vorfindbaren Kombinationen von Agglomerationen und Verkehrssystemen ergab, dass besonders die Einwohnerzahl und die Nutzungsdichte der Agglomerationskernbereiche als Kriterien für den Verkehrsmiteinsatz herangezogen werden können. Daneben können Siedlungsdichte, Siedlungsstruktur und virtueller Radius, bzw. auch die Fläche, herangezogen werden. Ein weiteres Kriterium ist natürlich die erforderliche Leistungsfähigkeit, diese aber meist bereits für Korridore und nicht auf Ebene der Gesamttagglomeration betrachtet werden.

#### **Welches sind die Erfolgsfaktoren für den wesensgerechten Einsatz und das Zusammenspiel innerhalb und zwischen den Verkehrsmitteln, zum Beispiel bezüglich Nachfragestruktur oder Raumstruktur?**

Siedlungs- und Raumstrukturen sind insoweit Erfolgsfaktoren, als dass nur Räume mit deutlich ausdifferenzierten Korridoren in eben diesen Korridoren hochleistungsfähige Verkehrssysteme auslasten können. Je disperser ein Raum, desto kleinere Einheiten sind für die Verkehrsbewältigung nötig, diese bieten allerdings nur auf kürzeren Distanzen annehmbare Reisezeiten. Ein gut funktionierendes Zusammenspiel zwischen den Verkehrsmitteln ist das Resultat des wesensgerechten Einsatzes und der hierarchiegerechten Verknüpfung der einzelnen Verkehrsmittel.

#### **Welches sind die nötigen Funktionen von Verkehrssystemen in Abhängigkeit vom Agglomerationstyp?**

Kleinere Agglomerationen bedingen in der Regel interne Erschliessungs- und Verteilersysteme im Siedlungsbereich sowie Zubringerdienste zu Knotenpunkten mit leistungsfähigeren Verkehrsmitteln. Je grösser die Agglomerationen, desto grösser ist der Kernbereich und die dortige Nachfrage. Daher werden ÖV-Mittel mit grösserer Leistungsfähigkeit, z.B., Stadtbusse, sinnvoll, in sehr grossen Agglomerationen auch technisch aufwendigere Systeme, bis hin zu Strassenbahn/Stadtbahn. Bei grossen Agglomerationen sind ausserdem die Verknüpfungen zu umliegenden Bereichen und

Agglomerationen stärker und damit die Pendlerströmen grösser. Dann werden sehr leistungsfähige und schnelle Verkehrssysteme, etwa Autobahnen und S-Bahnen nötig. Es kommen also Verbindungsfunktionen hinzu, sowie bei sehr grossen Agglomerationen auch das Durchleiten der Verkehre zwischen anderen Grossagglomerationen.

### **Wo liegen Schwellenwerte hinsichtlich Nachfrage und Nachfragestruktur für den Einsatz der einzelnen Verkehrsmittel?**

Als besonders aussagekräftig im Hinblick auf den Einsatz der einzelnen Verkehrsmittel haben sich die Bevölkerungszahl und die Nutzungsdichte in den Kernbereichen herausgestellt. Die entsprechenden Grenzwerte sind in Tabelle 58 dargestellt.

### **Welches sind die sinnvollen Einsatzbereiche der einzelnen Verkehrsmittel in den Agglomerationen aus technischer und ökonomischer Sicht?**

Velo- und Fussverkehr stellen in vieler Hinsicht die einfachste und zuverlässigste Form des Verkehr dar. Sie sind zwar aufgrund ihrer Geschwindigkeit und Abhängigkeit von der Topographie nur für eher kleine Weglängen einsetzbar, sind aber in allen Agglomerationen unabdingbar. Dies gilt besonders für Grossagglomerationen, wo der direkte Zugang zu vielen Zielen nicht per ÖV oder MIV erfolgen kann. Verkehrsmittel des strassengebundenen öffentlichen und Individualverkehrs eignen sich aufgrund ihrer Flexibilität und Fähigkeit zur Feinerschliessung für alle Agglomerationstypen. Dies schliesst auch Autobahnen mit ein, die in den Agglomerationsverkehr einbezogen werden können, wenn sie das Gebiet passieren. Die Diskussion, inwieweit es sinnvoll ist, Autobahnen für den Binnenverkehr mitzunutzen, bleibt dabei jedoch noch offen. Erst in grösseren Agglomerationen sowie als Anbindung kleinerer Agglomerationen an diese sind Schienenverkehrssysteme sinnvoll einsetzbar. Städtische Schienenverkehrssysteme wie U-Bahn, Stadtbahn und Strassenbahn sind nur in Grössttagglomerationen sinnvoll, wo auf einem grösseren Kerngebiet eine hohe Nachfrage zu bewältigen ist. Daneben eignen sich in Einzelfällen auch technische Spezialsysteme wie etwa Seilbahnen. Diese Anwendungsfälle sind jedoch in jedem Fall stark lokal diktiert und daher nicht auf Agglomerationsebene entscheidbar.

## **8.2 Weiterer Forschungsbedarf**

Aufgrund der vorliegenden Arbeit hat sich ein weiterer Forschungsbedarf namentlich auf folgenden Gebieten gezeigt:

- Einfluss der Störungshäufigkeit auf die fahrplanmässigen Fahrzeiten: Es ist derzeit nicht quantifizierbar, in welchem Ausmass sich eine hohe Störanfälligkeit einer Nahverkehrslinie in verlängerten Fahrzeiten äussert. Dazu ist insbesondere eine Methodik zur optimalen Festlegung von Fahrzeitreserven im strassengebundenen öffentlichen Verkehr zu entwickeln.
- Einzugsbereiche von Haltestellen des öffentlichen Verkehrs: Die verfügbaren Untersuchungen sind bereits recht alt und zudem oft undifferenziert. Eine Neubestimmung der Einzugsradien und die Quantifizie-

- zung der Einflussparameter wie Art des Verkehrsmittels, Reiseweite, Reisegeschwindigkeit etc. ist angezeigt.
- Sicherheit im städtischen Verkehr: Die Statistiken lassen nur beschränkte Aussagen bezüglich der Unfallraten im städtischen Verkehr zu. Zudem ist das Unfallgeschehen von Tram und Bus insgesamt schlecht bekannt. Frühere Untersuchungen zur Sicherheit an Tramhaltestellen sind zu aktualisieren und thematisch zu erweitern.
  - Vandalismus im öffentlichen Verkehr und MIV: Das Ausmass und die zeitliche Entwicklung ist kaum bekannt. Die Aufarbeitung dieser Grundlagen und geeigneter Strategien wäre eine wichtige Grundlage zur Festlegung geeigneter Massnahmen.
  - Einfluss der Parkierung auf die Verkehrsmittelwahl: Die im Rahmen dieser Studie untersuchten schweizerischen Agglomerationen verfolgen teilweise sehr restriktive Parkplatzpolitik, wodurch die Benutzung des Autos zum Pendeln mit hohen Kosten oder langen Wegen von Parkplatz zu Ziel verbunden sein kann. Eine Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Parkierungspolitik und zum Beispiel Pendlermodalsplit könnte weitere Erkenntnisse liefern.
  - Fussgängerzonen im Kleinagglomerationen: Alle schweizerischen Agglomerationen verfügen über Fussgängerzonen. Teilweise sind diese Agglomerationen jedoch im Vergleich mit internationalen Agglomerationen sehr klein. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie diese Kleinraumfussgängerzonen funktionieren, d.h. welche Funktionen sie erfüllen und wie sie sich in die Agglomeration eingliedern.



# Literaturverzeichnis

[AGR, 2005]	Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern (AGR) (2005) Agglomerationsprogramm Verkehr+Siedlung Region Bern, Hauptbericht, Bern.
[Anderhub, 2006]	Anderhub G. (2006) Park+Ride und Bike+Ride, Diplomarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Anderhub, 2008]	Anderhub G., R. Dorbritz, U. Weidmann (2008) Leistungsfähigkeitsbestimmung öffentlicher Verkehrssysteme, Institutsbericht, Schriftenreihe 139, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Appenzeller, 1995]	Appenzeller S. (1995) Basel und sein Tram – Die Geschichte der Basler Verkehrsbetriebe, Christoph Merian Verlag, Basel.
[Baier, 2000]	Baier R., A. Ackva und M. Baier (2000) Strassen und Plätze neu gestalten – Beispiele aus der Praxis.
[Baltes, 2007]	Baltes M. R., M. H. Hardy (2007) Bus Rapid Transit sketch planning: The process of building a better bus system for Miami-Dade County, Transportation Research Board, Annual Meeting, Washington.
[Barth, 2009]	Barth, E., U. Weidmann (2009) Das Potential seilgetriebener Verkehrssysteme im urbanen Raum, Marktstudie, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[bfu, 2004]	Bfu – Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (2004) Unfallgeschehen in der Schweiz 2004.
[Blanc, 1993]	Blanc J.-D. (1993) Die Stadt – ein Verkehrshindernis? Leitbilder städtischer Verkehrsplanung und Verkehrspolitik in Zürich 1945–1975, Chronos Verlag, Zürich.
[Bodenmann, 2006]	Bodenmann, B. (2006) Modelle zur Standortwahl von Unternehmen, Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung, 420, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Brändli, 1978]	Brändli H., R. Siegrist, W. Altherr, R. Enz (1978) Einfluss des Anmarschweges auf die Benützung öffentlicher Verkehrsmittel, IVT-Bericht 78/3, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Brilon, 2004]	Brilon W., Grossmann, M., Blanke H. (1994) Verfahren für die Berechnung der Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes auf Strassen, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 669, Bundesministerium für Verkehr.
[Buchmüller, 2006]	Buchmüller S., U. Weidmann (2006) Parameters of Pedestrians, Pedestrian Traffic and Walking Facilities, Schriftenreihe 132, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[ARE, 2004a]	Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2004a) Agglomerations-Benchmark Verkehr und Raum, Bern.
[ARE, 2004b]	Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2004b) Datentabelle zum Agglomerations-Benchmark Verkehr und Raum, <a href="http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00254/00490/index.html?lang=de">http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00254/00490/index.html?lang=de</a> Datei vom 3.12.04, (im November 2008).
[ARE, 2004c]	Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (2004c) Räumliche Auswirkungen der Zürcher S-Bahn – eine ex-post Analyse, Bern.
[BfS, 1997]	Bundesamt für Statistik (BfS) (1997) Die Raumgliederungen der Schweiz, Neuenburg.
[BfS, 2000]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2000), Agglomerationen und Gemeinden, Eidgenössische Volkszählung 2000, aus <a href="http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/analyse_regionen/04.html">http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/analyse_regionen/04.html</a> (im Dezember 2008).
[BfS, 2001]	Bundesamt für Raumentwicklung, Bundesamt für Statistik (BfS) (2001): Mobilität in der Schweiz, Ergebnis des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten. Bern und Neuenburg. ISBN: 3-905410-00-1.
[BfS, 2003]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2003) Transportrechnung 2003.
[BfS, 2004]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2004), <i>Pendlermobilität in der Schweiz</i> , Eidgenössische Volkszählung 2000, Reihe Statistik der Schweiz, Neuchâtel.
[BfS, 2006]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2006), Externe Kosten des Verkehrs, abrufbar unter <a href="http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html">http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html</a> .

[BfS, 2007]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2007) Kosten und Finanzierung des Verkehrs – Daten, Indikatoren, abrufbar unter <a href="http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/02/blank/key/externe_kosten.html">http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/02/blank/key/externe_kosten.html</a>
[BfS, 2008]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2008) Pendlerstatistik, <a href="http://www.media-stat.admin.ch/stat/pendler/pop.php?qmode=ch&amp;q=1&amp;lang=de">http://www.media-stat.admin.ch/stat/pendler/pop.php?qmode=ch&amp;q=1&amp;lang=de</a> (im November 2008).
[BfS, 2008]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2008) Eidgenössische Betriebszählung 2001, Sektoren 2 und 3
[BfS, 2009]	Bundesamt für Statistik (BfS) (2009) Eidgenössische Betriebszählung 2000, Sektor 1
[ASTRA, 2005]	Bundesamt für Strassen (ASTRA) (2005) Verkehrsentwicklung und Verfügbarkeit der Nationalstrassen, Jahresbericht 2005, Bundesamt für Strassen, UVEK.
[BAFU, 2004]	Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2004) Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1980-2030.
[BAFU, 2007]	Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2007), Umwelt Schweiz 2007, <a href="http://umweltzustand.admin.ch/?reset_session&amp;initialState=bahnlaerm_tag&amp;lang=de">http://umweltzustand.admin.ch/?reset_session&amp;initialState=bahnlaerm_tag&amp;lang=de</a> .
[Cain, 2007]	Cain A. et al. (2007) Applicability of Bogotá's TransMilenio BRT system to the United States, Transportation Research Board, Annual Meeting, Washington.
[Callaghan, 2007]	Callaghan L., W. Vincent (2007) A preliminary evaluation of the Metro Orange Line Bus Rapid Transit project, Transportation Research Board, Annual Meeting, Washington.
[Danielli, 2007]	Danielli, G. (2007): Schweizerische Verkehrspolitik. Band 4 in der Reihe Kompaktwissen Schweiz. Rüegger Verlag Zürich/Chur.
	Dudenredaktion (Hrsg.) (1999) Das grosse Wörterbuch der deutschen Sprache Band 3, Duden, Dudenverlag, Mannheim.
[Dürmüller, 1997]	Dürmüller U. (1997) Berner Visionen – Unausgeführte Ideen zur städtebaulichen Entwicklung in der Bundesstadt / Stadterweiterung, Verkehrsführung, Einzelprojekte; Bernische Gesellschaft zur Pflege des Stadt- und Landschaftsbildes, Bern.
[UVEK, 2000]	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Bundesamt für Strassenbau (2000) Sensivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr, Forschungsauftrag 44/98 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI), April 2000.
[EC, 2003]	EC European Commission: WG Railway Noise of the European Commission (2003): Position Paper on the European strategies and priorities for railway noise abatement, Version 19403.
[Etienne, 2008]	Etienne, J.-P. (2008): Standardized on Road Test Cycles, VÖV Fachtagung KTBB 2008
[EU, 2006]	EU – Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2006) Mitteilung der Kommission an den Rat und an das Europäische Parlament: Für ein mobiles Europa – Nachhaltige Mobilität für unseren Kontinent; Halbzeitbilanz zum Verkehrswissbuch der Europäischen Kommission von 2001, Brüssel.
[EU, 2007]	EU – Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2007) Grünbuch – Hin zu einer neuen Kultur der Mobilität in der Stadt, Brüssel.
[ASTRA, 2000]	Forschungsprojekt ASTRA 2000/415: Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Paul Scherer Institut, EMPA Juli 2003.
[FGSV, 1987/96]	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) (1987/96) Empfehlungen zur Strassenraumgestaltung innerhalb bebauter Gebiete, Köln.
[FGSV, 2008]	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) (2008). Hinweise zu Systemkosten von Busbahn und Strassenbahn bei Neueinführung, Köln
[Gottschall, 2007]	Gottschall W., M. Lebküchner, A. Jordi und O. Tabbert (2007) Agglomerationsprogramm Schaffhausen plus – Teil Verkehr und Siedlung, Schlussbericht, Verein Agglomeration Schaffhausen.
[Groneck, 2007]	Groneck, C. (2007) Französische Planungsleitbilder für Strassenbahnsysteme im Vergleich zu Deutschland. PhD thesis, Bergische Universität Wuppertal.
[GS EVED, 2004]	GS EVED: Dienst für Gesamtverkehrsfragen (2004) Umweltindikatoren im Verkehr, Bundesamt für Energiewirtschaft / Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
[Hanzl, 2001]	Hanzl S. (2001) Radverkehr in Fussgängerzonen, Diplomarbeit für das Fachgebiet Verkehrswesen, Institut für Verkehrswesen, Universität für Bodenkultur, Wien.
[Hass-Klau et al., 2007]	Hass-Klau, C., G. Crompton, A. Ferlic (2007) The Effect of Public Transport Investment on Car Ownership: The Results for 17 Urban Areas in France, Germany, UK and North America, Environmental and Transport Planning, Brighton.

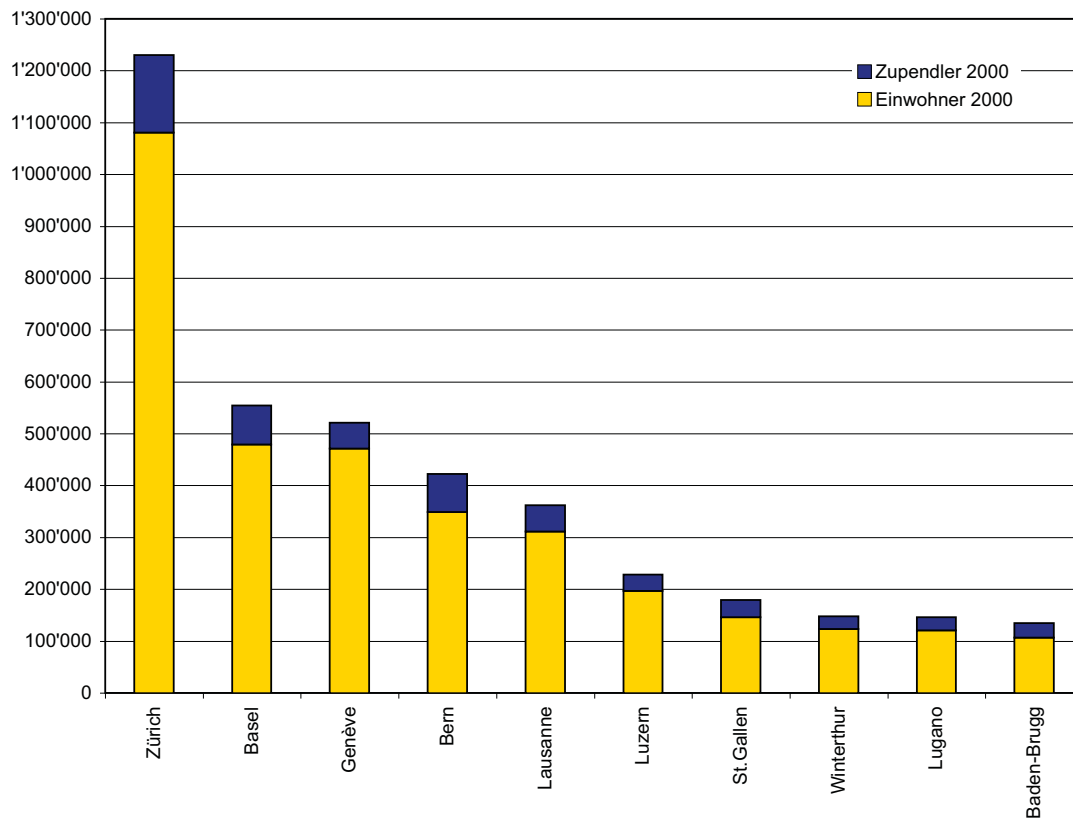
[Hass-Klau et al., 2004]	Hass-Klau, C. et al. (2004) Economic Impact of Light Rail – The Results of 15 Urban Areas in France, Germany, UK and North America, Environmental and Transport Planning, Brighton.
[Hass-Klau et al., 2003]	Hass-Klau, C., et al. (2003) Bus or Light Rail: Making the Right Choice – A Financial, Operational and Demand Comparison of Light Rail, Guided Buses, Busways and Bus Lanes, Environmental and Transport Planning, Brighton.
[HCM, 2000]	HCM (2000): Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, HCM 2000; National Research Council; Washington D.C.
[Heldstab, 2007]	Heldstab J., N. Kljun (2007) PM10 Emissionen Verkehr, Teil Schienenverkehr, Schlussbericht, Bern, 10. Januar 2007.
[INFRAS, 2007]	(INFRAS) C. Schreyer, M. Maibach, D. Sutter, C. Doll, P. Bickel (2007) Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland, Aufdatierung 2005, abrufbar unter <a href="http://www.allianz-proschiene.de/cms/upload/pdf-Dateien/Publikationen/070300_Externe-Kosten_Management_Summary.pdf">http://www.allianz-proschiene.de/cms/upload/pdf-Dateien/Publikationen/070300_Externe-Kosten_Management_Summary.pdf</a> .
	Intraplan Consul GmbH (2000) Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehr, Version 2000, Auszug in: Der Nahverkehr 06/2001.
[Jud, 2006]	Jud, Planungsbüro (2006) SIA Effizienzpfad Energie, Statusbericht Mobilität, Grundlagen zur Dokumentation SIA D 0216, Stefan Schenider, Simon Hopf, 2006.
[Künzi, 1998]	Künzi H. (1998) Zürichs öffentlicher Verkehr und seine S-Bahn, Neujahrsblatt auf das Jahr 1998, Gelehrte Gesellschaft in Zürich, Zürich.
[Laube, 2006a]	Laube M. (2006a) Einsatzbeispiele verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen: Fallbeispiele, Arbeitspapier, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Laube, 2006b]	Laube M. (2006b) Einsatzbeispiele verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen: Qualitätsstufen im Tagesverlauf, Arbeitspapier, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Leibbrand, 1980]	Leibbrand K. (1980) Stadt und Verkehr – Theorie und Praxis der städtischen Verkehrsplanung, Verlag Birkhäuser, Basel/Boston/Stuttgart, 1980.
[Lindenmann, 1998]	Lindenmann H.P. (1998) 25 Jahre IVT – Messungen zum Verkehrsablauf auf Autobahnen, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Lüthi, 1998]	Lüthi C., B. Meier (Hrsg.) (1998) Bern – Eine Stadt bricht auf, Schauplätze und Geschichten der Berner Stadtentwicklung zwischen 1798 und 1998, Verlag Paul Haupt, Bern / Stuttgart / Wien.
[Lynch, 1965]	Lynch K. (1965) Das Bild der Stadt, Braunschweig/Wiesbaden.
[McNichol, 2006]	McNichol D. (2006) The Roads that Built America – The Incredible Story of the U.S. Interstate System, Sterling Publishing Co, New York, 2006.
[Morris, 2007]	Morris E. (2007) From Horse Power to Horsepower, in: ACCESS, Nr. 30 / Spring 2007, University of California, Berkeley, 2007.
[Nüscheler, 2000]	Nüscheler, M. (2000) Energieverbrauch und Fettverbrennung auf dem Velo, Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie, 48 (3), Seiten 117-118, 2000.
[Peter, 2005]	Peter R. (2005) Kapazitäten und Flächenbedarf öffentlicher Verkehrssysteme in schweizerischen Agglomerationen, Semesterarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Pitzinger, 2002]	Pitzinger P., P. Spacek (2002) Verkehrsbeeinflussungssystem auf Hochleistungsstrassen im Kanton Zürich: Betriebsplan, Baudirektion des Kantons Zürich.
[PSI, 2003]	Paul Scherrer Institut (PSI), Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik (2003) Verifikation vom PM10-Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Forschungsprojekt ASTRA 2000/415, Juli 2003.
[Ruff, 2008]	Ruff, T. (2008): Praktische Erfahrungen im Umgang mit AdBlue beim Dieselbus, VÖV Fachtagung KTBB 2008
[Schäfer, 2006]	Schäfer K. H. (2006) Qualitätsziele und Indikatoren für eine nachhaltige Mobilität, Internationales Verkehrswesen, 58 (3) Seiten 92 – 98.
[Schmucki, 2005]	Schmucki B. in Gundler, B., M. Hascher, H. Trischler (2005) Unterwegs und mobil, Verkehrswelten im Museum, Deutsches Museum, Beiträge zur Verkehrsforschung, Sonderband, Campus Verlag, Frankfurt/New York.
[Prognose, BAFU, 2004]	Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) (2004) Verkehrssicherheit in Autobahn- und Autostrassentunneln des Nationalstrassennetzes, Bern 2004.
[Spacek, 2005]	Spacek, P., H.P. Lindenmann (2005) Verkehr II, Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

[Steierwald, 2005]	Steierwald G., H. D. Kühne, W. Vogt (2005) Stadtverkehrsplanung, Grundlagen – Methoden – Ziele, 2. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin und Heidelberg.
[Tempel, 1995]	Tempel, H. (1995): Zusammenhänge zwischen Verkehrsablauf, Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen im städtischen Busverkehr, Dissertation, Institut für Strassen- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart
[TCS, 2007]	Touring Club Schweiz (TCS) (2007): Feinstaub (PM10) in der Schweiz <a href="http://www.tcs.ch/main/de/home/auto_moto/umwelt_energie/umwelt.RightColumn.0001.CtxLinkDownloadFile3.pdf/feinstaub_de.pdf">http://www.tcs.ch/main/de/home/auto_moto/umwelt_energie/umwelt.RightColumn.0001.CtxLinkDownloadFile3.pdf/feinstaub_de.pdf</a> .
[TCS, 2009]	Touring Club Schweiz (TCS) (2009): Autokosten, Kilometerkosten 2009 <a href="http://www.tcs.ch/main/de/home/auto_moto/kosten/kilometer.html">www.tcs.ch/main/de/home/auto_moto/kosten/kilometer.html</a>
[UmverkehR, 2006]	UmverkehR (2006) ÖV-Test 2006 – die Resultate, Zürich.
[VDV, 2001]	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (2001), Verkehrserschliessung und Verkehrsangebot im ÖPNV, VDV-Schriften 4, 6/2001, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Köln.
[VÖV, 2007]	Verband öffentlicher Verkehr (VÖV) (2007), Informationen auf der Internetseite <a href="http://www.voev.ch/Umweltbilanz.html">http://www.voev.ch/Umweltbilanz.html</a> .
[VSS, 1992]	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) (1992) Geometrisches Normalprofil: Grundabmessung und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer, Schweizer Norm SN 640 201.
[VSS, 2006a]	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) (2006a) Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit: Freie Strecken auf Autobahnen, Schweizer Norm SN 640 018a.
[VSS, 2006b]	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) (2006b) Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit: Knoten mit Kreisverkehr, Schweizer Norm SN 640 024a.
[VCD, 2001]	Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD) (2001) Bus, Bahn und Pkw im Umweltvergleich – Der ÖPNV im Wettbewerb, VCD e.V., Bonn, 2001.
[VUSTA, 2007]	VUSTA (2007) Statistik der Verkehrsunfälle im Kanton Zürich, Kantonspolizei Zürich (Hrsg.), Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich (Hrsg.), Stadtpolizei Winterthur (Hrsg.).
[Walter, 1973]	Walter K. (1973) Nachfrageorientierte Bewertung der Streckenführung im öffentlichen Personennahverkehr, Dissertation, RWTH Aachen, Westdeutscher Verlag, Opladen, 1973.
[Weidmann, 1993]	Weidmann U. (1993) Transporttechnik der Fussgänger, Transporttechnische Eigenschaften des Fussgängerverkehrs (Literaturauswertung), Schriftenreihe 90, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Weidmann, 2006b]	Weidmann U. (2006b) Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs, Band 2.1, Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Weidmann, 2007]	Weidmann U., M. Lüthi (2007) Die Fahrplanabhängigkeit der Fahrgastankunft an Haltestellen, Der Nahverkehr <b>26</b> (12), Seiten 16-19, 2006.
[Weidmann, 2007]	Weidmann U. (2007) Netzplanung und Systemauslegung, Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Weidmann, 2007b]	Weidmann U. (2007b) Infrastrukturen spurgeführter Systeme, Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Werder, 2005]	Werder H. (2005) Nachhaltigkeit im Verkehr: Was kann der Staat leisten? Referat an der oikos-Konferenz, St.Gallen, 14./15. Juni 2005.
[Widmer, 2005]	Widmer J.-P., K. Meister (2005) Ausgewählte Zeitreihen zur Verkehrsentwicklung, Materialien zur Vorlesung Verkehrsplanung, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
[Wiemers, 2005]	Wiemers M. (2005): Einfluss von Steifigkeit und Dämpfung bei Eisenbahnradern, insbesondere von Güterwagenradern, auf die Schallabstrahlung, Dissertation, TU Berlin.
[Winterthur, 2006]	Winterthur (2006) Umweltbericht 2005, Organisation Umwelt und Energie der Stadt Winterthur (Hrsg.)
[Zumkeller, 2006]	Zumkeller D. (2006): Verkehrssystemplanung, Skriptum zur Vorlesung, Institut für Verkehrswesen, Universität (TH) Karlsruhe, Karlsruhe.
[ZKB, 2008]	Zürcher Kantonalbank (ZKB) (2008) Wertvoller Boden – die Funktionsweise des Bodenmarktes im Kanton Zürich, Zürich.
[Zürich, 2005]	Zürich (2005) Umweltbericht 2005, Stadt Zürich (Hrsg.) Gesundheits- und Umweltdepartement, Zürich.
[Zweibrücken, 2005]	Zweibrücken K., D. Sauter, T. Schweizer, A. Stäheli, K. Beaujean (2005) Erhebung des Fuss- und Fahrradverkehrs, Forschungsauftrag SVI 2001/503; Bundesamt für Strassen, Nr. 1146.

# Anhänge

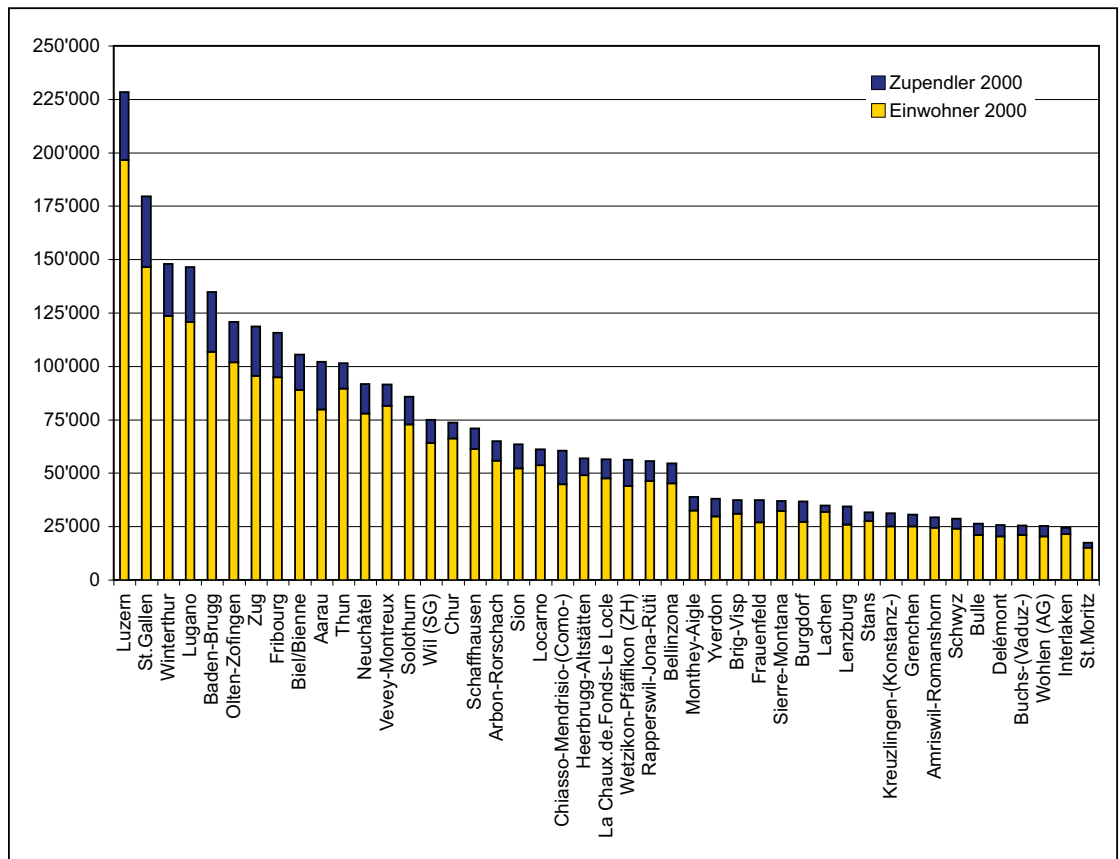
A 1	Struktureigenschaften der Agglomerationen.....	159
A 2	Bestimmung der Agglomerationskategorien.....	161
A 3	Immissionsbelastung.....	163
A 4	Durchschnittsgeschwindigkeiten im ÖV.....	164
A 5	Wirtschaftliche Einsatzbereiche der Verkehrsmittel.....	164

## A 1 Struktureigenschaften der Agglomerationen



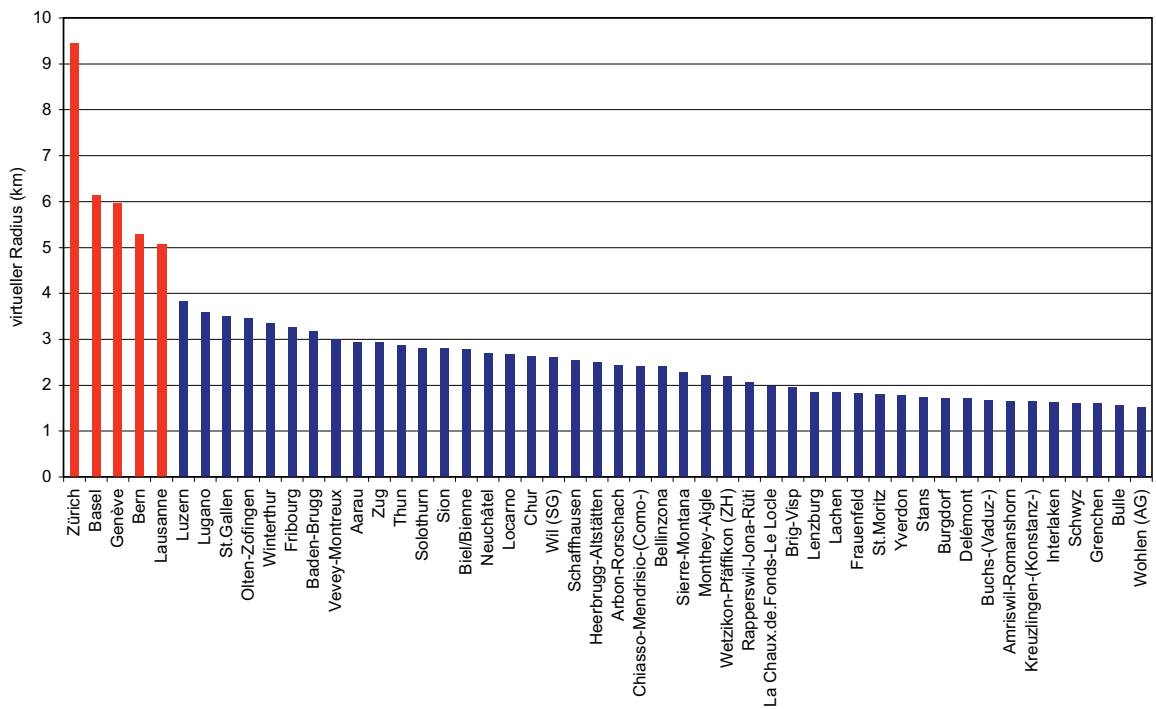
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 45 Einwohner und Zupendler der 10 grössten Agglomerationen



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 46 Einwohner und Zupendler der Agglomerationen mit EW < 200'000



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 47 virtuelle Radien schweizerischer Agglomerationen

## A 2 Bestimmung der Agglomerationskategorien

Kat.	Agglomeration / Einzelstadt	Einwohnerzahl (BFS, 2000)	Regionalbahn	innerstädtische Autobahn	Fussgängerzone in Kernstadt	Autobahn innerhalb	Stadtbus	Hauptknotenpunkt eines S-Bahn-Systems	Strassenbahn	integriert in ein S-Bahn-System	Stadtbahn	Teile eines Autobahnringes	mind. Ein Autobahnanschluss	Velostation	U-Bahn	Siedungsdichte [EW/ha]	Strukturtyp	virtueller Radius [km]
1	Zürich	1'080'728	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	38.6	S2	9.44
	Basel (CH)	479'308	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	40.6	S2	6.13
	Genève (CH)	471'314	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	42.3	S2	5.96
	Bern	349'096	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	39.7	S2	5.29
	Lausanne	311'441	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	38.5	S3	5.08
2	Luzern	196'550	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	42.8	S2	3.82
	St. Gallen	146'385	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	38.0	S3	3.50
	Winterthur	123'416	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	35.2	S2	3.34
	Lugano (CH)	120'800	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	29.9	S4	3.59
3	Baden-Brugg	106'736	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	33.8	S4	3.17
	Olten-Zofingen	101'909	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	27.2	S4	3.45
	Zug	95'557	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	35.4	S3	2.93
	Fribourg	94'867	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	28.6	S2	3.25
	Thun	89'522	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	34.5	S4	2.87
	Biel/Bienne	88'896	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	36.6	S3	2.78
	Vevey-Montreux	81'484	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	29.0	S3	2.99
	Aarau	79'883	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	29.6	S2	2.93
	Neuchâtel	77'832	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	34.3	S3	2.69
	Solothurn	72'888	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	29.3	S2	2.81
	Chur	66'235	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	30.4	S1	2.63
	Wil (SG)	64'162	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	30.1	S1	2.61
	Schaffhausen (CH)	61'399	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	30.3	S2	2.54
4	Arbon-Rorschach (CH)	55'866	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	30.1	S5	2.43
5	Locarno	53'682	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	23.8	S3	2.68
	Sion	52'226	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	21.3	S3	2.80
	Heerbrugg (CH)	48'992	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	24.9	S5	2.50
	La Ch.dFonds - Le Locle (CH)	47'545	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	38.7	S3	1.98
	Rapperswil-Jona-Rüti	46'337	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	34.9	S5	2.05
	Bellinzona	45'196	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	24.9	S3	2.40
Chiasso-Mendrisio (CH)	44'827	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	24.3	S5	2.42	
6	Wetzikon-Pfäffikon (ZH)	44'015	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	28.9	S5	2.20
	Monthey-Aigle	32'469	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	21.2	S4	2.21
	Sierre-Montana	32'350	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	19.8	S4	2.28
	Lachen	31'840	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	29.7	S1	1.85
	Brig-Visp	31'083	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.1	S4	1.95
	Yverdon-les-Bains	29'774	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	29.9	S1	1.78
	Stans	27'675	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	29.1	S3	1.74
	Burgdorf	27'197	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	29.1	S1	1.72
Frauenfeld	27'005	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	26.1	S1	1.82	
7	Lenzburg	25'903	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	24.1	S5	1.85
	Grenchen	25'118	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	31.2	S3	1.60
	Kreuzlingen (CH)	24'978	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	29.5	S1	1.64
	Amriswil-Romanshorn	24'306	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	28.4	S5	1.65
	Schwyz	24'059	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	29.8	S5	1.60
	Interlaken	21'442	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	25.8	S5	1.63
	Bulle	21'096	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	27.7	S5	1.56
	Buchs (SG)(CH)	20'949	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	23.9	S4	1.67
	Wohlen (AG)	20'437	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	28.5	S5	1.51
Delémont	20'383	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	21.9	S1	1.72	
8	St.Moritz	15'157	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.7	S5	1.81
	Martigny	14'361	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
	Langenthal	14'078	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0			
	Einsiedeln	12'622	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Davos	11'417	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Lyss	10'659	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0			

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 48 Verteilung der MIV und ÖV-Systeme in den Agglomerationen

MIV- /OV- Kat. Cluster	Quellen:	Nachfrage-Kennwerte												Kennwerte Verkehrs-Auswirkungen									
		Einwohner	Diverse			Anteil Pendler nach Verkehrsmittel									Stau		Unfälle	Luftschadstoffe				Flächen	
			A5	A5	ABM	zu Fuss	Velo/Mofa	MIV	Bahnverkehr	Tram/Bus/PAuto/übriger OV	komb. Verkehr (OV/MIV)	komb. Verkehr (OV/Velo-Mofa)	Jahressstunden-Kilometer (h*km)	Stautunden pro Autofahrer und Jahr	ABM	ABM / Berechnet		A5	ABM	ABM	ABM	ABM	ABM
BFS, 2000	Motorisierungsgrad (PW/Enw.)	Zeitbedarf Arbeitsweg: Anteil der Pendler < 15 min	Zeitbedarf für Pendlerweg (min)	ABM: Quelle: BFS: Eidg. Volkszählung 2000;									ABM	Berechnet	A5	ABM	ABM	ABM	ABM	ABM	ABM		
1	A	Zürich	1,080,728	499	33%	23.1	6.4%	4.9%	47.2%	18.6%	16.4%	3.8%	2.8%	22,744	3.6	3.1	2,898	464	193	9.7	84	276	
	A	Basel (CH)	479,308	434	40%	20.4	7.0%	11.4%	40.6%	8.5%	22.5%	5.1%	5.0%	12,689	4.5	3.2	2,403	349	155	6.1	64	247	
	A	Genève (CH)	471,314	534	43%	18.4	9.1%	3.3%	56.2%	3.6%	19.9%	6.4%	1.4%	19,029	6.9	4.0	2,470	98	126	6.1	59	248	
	A	Bern	349,096	428	38%	20.5	7.3%	9.2%	39.2%	16.6%	18.4%	4.4%	4.9%	3,183	1.6	4.0	1,915	331	144	5.4	76	259	
	A	Lausanne	311,441	518	43%	18.9	9.5%	1.4%	58.5%	6.9%	17.5%	5.7%	0.5%	6,469	3.6	6.2	2,071	229	201	5.2	76	272	
2	B	Lucern	196,550	444	44%	19.5	8.7%	9.0%	48.6%	7.2%	19.3%	3.8%	3.4%	1,711	1.5	4.8	2,098	264	211	3.9	65	240	
	B	St. Gallen	146,385	446	52%	17.3	12.2%	7.7%	46.7%	9.8%	16.8%	3.9%	2.9%	880	1.0	3.1	1,542	120	223	3.5	72	267	
3	D	Winterthur	123,416	450	37%	23.2	4.8%	11.9%	45.8%	18.3%	10.2%	3.6%	5.4%	1,476	2.1	4.9	1,890	284	203	3.4	92	298	
	C	Lugano (CH)	120,800	612	51%	15.9	11.5%	2.2%	69.2%	2.9%	10.7%	3.1%	0.3%	1,908	2.7	6.1	2,250	328	471	3.6	78	343	
	C	Baden-Brugg	106,736	499	39%	22.4	6.8%	8.7%	54.6%	14.6%	9.9%	3.1%	3.0%	4,244	6.8	4.3	2,148	493	161	3.2	79	305	
	C	Olten-Zofingen	101,909	514	56%	17.8	8.0%	11.6%	61.3%	8.2%	5.5%	2.7%	2.6%	11,496	19.3	6.1	2,114	559	219	3.5	95	374	
	C	Zug	95,557	577	50%	19.3	7.2%	9.0%	54.1%	9.5%	12.8%	4.4%	2.9%	1,979	3.6	3.7	1,681	288	199	3.1	87	306	
	C	Fribourg	94,867	476	56%	16.7	8.9%	2.8%	63.5%	6.7%	12.2%	4.7%	0.9%	-	-	3.7	1,440	156	202	3.4	108	389	
	C	Thun	89,522	460	48%	20.4	6.0%	16.1%	52.3%	12.9%	5.3%	3.1%	4.2%	-	-	4.2	1,451	263	143	2.9	79	300	
	C	Biel/Bienne	88,896	451	55%	17.5	7.9%	11.8%	52.6%	8.6%	10.8%	4.5%	3.9%	-	-	5.0	1,644	335	163	2.8	64	270	
	C	Vevey-Montreux	81,484	506	50%	19.2	11.8%	2.6%	63.8%	9.6%	6.7%	4.8%	0.7%	120	0.3	3.6	1,736	306	263	3.1	111	363	
	C	Aarau	79,883	504	53%	18.8	6.7%	13.4%	54.5%	10.6%	7.8%	3.2%	3.4%	-	-	3.8	2,253	467	179	3.0	79	346	
	B	Neuchâtel	77,832	516	57%	16.9	9.7%	2.2%	62.6%	5.6%	13.7%	6.1%	0.7%	-	-	3.8	1,560	308	190	2.7	76	302	
	C	Solothurn	72,888	519	55%	17.4	6.7%	14.7%	60.2%	6.5%	6.4%	3.0%	2.5%	-	-	4.6	1,979	326	213	2.8	87	348	
	C	Chur	66,235	457	66%	14.0	11.8%	16.4%	48.1%	6.6%	9.8%	3.8%	3.4%	336	0.9	4.2	1,105	126	192	2.7	106	345	
4	C	Wil (SG)	64,162	496	55%	18.8	8.7%	11.2%	60.6%	10.8%	3.5%	2.9%	2.2%	-	-	3.7	1,378	158	230	3.0	131	443	
	D	Schaffhausen (CH)	61,399	493	52%	19.6	9.0%	6.3%	49.7%	10.1%	18.1%	4.3%	2.5%	-	-	3.3	1,623	153	163	2.5	93	331	
	C	Arbon-Rorschach (CH)	55,866	496	57%	15.9	9.0%	12.8%	62.2%	6.4%	6.0%	2.4%	1.3%	-	-	3.3	1,207	104	197	2.4	92	333	
5	E	Locarno	51,682	566	64%	14.3	12.5%	5.1%	70.8%	2.7%	5.9%	2.3%	0.7%	2,699	8.6	6.7	2,015	180	355	2.7	98	425	
	D	Sion	52,226	606	68%	13.8	13.2%	2.9%	73.4%	2.4%	4.9%	2.9%	0.3%	-	-	4.0	1,209	146	69	2.8	160	483	
	C	Heerbrugg (CH)	48,992	500	68%	13.7	7.4%	18.6%	63.8%	3.1%	3.8%	1.7%	1.5%	-	-	3.2	892	68	199	2.5	103	413	
	E	La Ch dFonds - Le Locle (	47,545	481	65%	13.8	16.6%	2.4%	59.7%	3.3%	11.6%	5.9%	0.7%	-	-	3.8	1,012	85	153	2.0	75	254	
	C	Rapperswil-Jona-Rüti	46,337	477	46%	21.6	6.9%	11.2%	54.4%	17.1%	4.0%	3.3%	3.1%	1,018	3.8	4.3	1,458	157	226	2.1	84	302	
	C	Bellinzona	45,196	591	63%	14.3	9.6%	5.9%	73.5%	3.4%	4.7%	2.2%	0.6%	2,174	8.2	7.7	2,110	887	363	2.4	117	401	
	C	Chiasso-Mendrisio (CH)	44,827	627	63%	15.3	9.5%	3.2%	77.3%	4.3%	3.0%	2.4%	0.3%	414	1.6	6.2	1,884	330	538	2.4	113	410	
6	E	Wetzikon-Pfaffikon (ZH)	44,015	523	45%	21.3	7.2%	8.9%	58.4%	17.4%	3.1%	3.0%	1.9%	1,346	5.2	3.4	1,339	144	252	2.3	116	369	
	F	Monthey-Aigle	32,469	588	63%	16.1	10.4%	6.7%	70.5%	6.2%	2.2%	3.2%	0.4%	-	-	4.9	1,218	153	253	2.2	133	488	
	C	Sierre-Montana	32,350	632	69%	13.3	12.9%	2.8%	74.4%	2.3%	4.5%	2.8%	0.3%	-	-	4.2	1,067	137	95	2.3	126	503	
	C	Lachen	31,840	365	49%	20.4	6.0%	7.3%	68.3%	9.4%	5.0%	2.7%	1.1%	124	0.7	3.1	1,303	259	202	1.9	114	356	
	F	Brig-Visp	31,083	480	66%	14.2	17.0%	12.5%	50.6%	5.9%	8.2%	3.9%	1.8%	-	-	3.2	1,479	340	39	2.0	124	388	
	D	Ivrydon-les-Bains	29,774	495	56%	18.1	9.1%	10.6%	63.1%	7.6%	5.0%	3.2%	1.3%	-	-	4.3	1,133	283	318	1.8	114	353	
	C	Stans	27,675	548	57%	16.5	7.0%	12.3%	67.5%	5.9%	3.2%	2.5%	1.6%	-	-	3.2	1,244	145	250	1.8	104	354	
	C	Burgdorf	27,197	475	54%	18.0	8.0%	18.7%	52.4%	12.9%	2.2%	2.4%	3.5%	9	0.1	6.1	1,756	400	167	1.7	97	344	
	D	Frauenfeld	27,005	536	57%	18.1	8.2%	14.1%	56.6%	9.4%	5.4%	2.8%	3.2%	-	-	4.7	1,334	180	137	2.0	146	469	
7	C	Lenzburg	25,903	551	55%	18.3	7.0%	11.4%	61.6%	12.1%	2.2%	2.8%	2.9%	-	-	4.8	2,492	622	174	1.9	112	427	
	C	Grenchen	25,118	519	61%	15.9	12.2%	10.6%	61.7%	7.4%	3.7%	2.9%	1.5%	-	-	3.9	1,763	375	208	1.6	91	319	
	C	Kreuzlingen (CH)	24,978	523	64%	15.4	10.6%	14.0%	64.5%	4.3%	2.9%	2.2%	1.4%	-	-	3.8	1,192	84	196	1.6	75	337	
	F	Amriswil-Romanshorn	24,306	486	60%	16.2	7.7%	15.6%	61.7%	7.2%	3.1%	2.5%	2.2%	-	-	4.0	800	97	235	1.7	86	357	
	C	Schwyz	24,059	503	65%	15.6	16.7%	9.9%	56.6%	5.7%	7.4%	3.0%	1.3%	-	-	4.5	1,094	435	187	1.6	113	347	
	C	Interlaken	21,442	419	68%	15.9	12.5%	27.7%	45.5%	5.8%	2.1%	3.0%	3.4%	-	-	5.3	897	104	140	1.7	127	406	
	F	Bulle	21,096	525	65%	14.8	10.6%	4.0%	77.1%	1.9%	4.5%	1.8%	0.2%	-	-	3.6	1,199	67	236	1.6	110	395	
	F	Buchs (SG)(CH)	20,949	476	73%	12.7	7.1%	18.6%	61.3%	2.2%	6.6%	2.1%	2.1%	-	-	2.9	601	79	204	1.7	137	427	
	F	Wohlen (AG)	20,437	534	55%	18.5	7.2%	9.7%	68.3%	8.4%	3.1%	2.1%	1.3%	-	-	3.6	1,883	517	203	1.5	87	365	
	C	Delémont	20,383	509	71%	14.5	10.9%	6.0%	68.2%	6.3%	4.3%	3.5%	0.7%	-	-	5.1	1,019	134	153	1.7	129	454	
8	F	St. Moritz	15,157	493	80%	10.6	34.7%	6.7%	42.3%	2.2%	9.7%	3.5%	0.8%	-	-	5.2	483	96	158	1.9	260	744	
	F	Martigny	14,361	603	67%	14.7	16.0%	7.9%	65.0%	5.2%	2.4%	2.9%	0.6%	-	-	4.7	-	-	-	-	-	-	
	F	Langenthal	14,078	480	66%	16.3	10.0%	24.0%	47.9%	8.6%	2.9%	2.2%	4.3%	-	-	5.6	-	-	-	-	-	-	
	F	Einsiedeln	12,622	519	55%	19.2	13.4%	9.6%	61.6%	7.8%	3.8%	2.6%	1.2%	-	-	5.1	-	-	-	-	-	-	
	F	Davos	11,417	416	78%	11.2	35.3%	8.5%	31.2%	0.9%	16.3%	4.2%	3.7%	-	-	5.1	-	-	-	-	-	-	
	C	Lyss	10,659	509	52%	18.5	8.2%	16.3%	53.0%	15.5%	1.1%	2.8%	3.1%	-	-	6.3	-	-	-	-	-	-	

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 49 Kennwerte für die Verkehrsnachfrage und die Verkehrsauswirkungen in den schweizerischen Agglomerationen

Zusammengefasst für Kategorien 1-7 (Mittelwerte)

Kategorie	Kategoriebestimmendes Verkehrssystem	Nachfrage-Kennwerte										Kennwerte Verkehrs-Auswirkungen								
		Einwohnerbereich in tausend	Motorisierungsgrad (PW/Enw.)	Zeitbedarf Arbeitsweg: Anteil der Pendler < 16 min	Zeitbedarf für Pendlerweg (min)	zu Fuss	Velo/Mofa	MIV	Bahnverkehr	Tram/Bus/P/ Auto/ übriger DV	komb. Verkehr (ÖV/MIV)	komb. Verkehr (ÖV/Velo-Mofa)	Stau	Unfälle	Luftschadstoffe	Flächen				
Kat. 1	Strassenbahn	310 - 1'080	483	40%	20,3	8%	6%	48%	11%	19%	5%	3%	12,823	4,0	4,1	2,351	294	164	72	262
Kat. 2	eigenes S-Bahn-System	146 - 200	445	48%	18,4	10%	8%	48%	8%	18%	4%	3%	1,295	1,3	3,9	1,820	192	217	68	253
Kat. 3	Stadtbuss	66 - 125	503	52%	18,4	8%	9%	57%	9%	9%	4%	3%	1,658	2,7	4,5	1,789	326	215	88	330
Kat. 4	Fussgängerzone	44 - 64	533	60%	16,1	10%	8%	65%	6%	7%	3%	1%	630	2,2	4,6	1,479	227	249	107	380
Kat. 5	innerst, Autobahn möglich	27 - 44	538	57%	17,3	10%	10%	63%	9%	4%	3%	2%	164	0,7	4,1	1,319	227	190	119	403
Kat. 6	Regionalbahn	20 - 26	505	64%	15,8	10%	13%	63%	6%	4%	3%	2%	-	-	4,2	1,294	251	193	107	383
Kat. 7	-	10 - 15	503	66%	15,1	20%	12%	50%	7%	6%	3%	2%	-	-	4,1	483	96	158	260	744

grau: nur Werte für St. Moritz vorhanden

Zusammengefasst nach Gruppen A-F (Mittelwerte)

Gruppe	Anzahl Agglomerationen	Einwohner (Mittelwert)	Nachfrage-Kennwerte										Kennwerte Verkehrs-Auswirkungen							
			Motorisierungsgrad (PW/Enw.)	Zeitbedarf Arbeitsweg: Anteil der Pendler < 16 min	Zeitbedarf für Pendlerweg (min)	zu Fuss	Velo/Mofa	MIV	Bahnverkehr	Tram/Bus/P/ Auto/ übriger DV	komb. Verkehr (ÖV/MIV)	komb. Verkehr (ÖV/Velo-Mofa)	Stau	Unfälle	Luftschadstoffe	Flächen				
A	5	538,377	483	40%	20,3	8%	6%	48%	11%	19%	5%	3%	12,823	4,0	4,1	2,351	294	164	72	262
B	3	140,256	460	51%	17,9	10%	6%	52%	8%	17%	5%	2%	864	0,8	3,9	1,733	231	208	71	270
C	28	56,277	518	57%	17,2	9%	11%	61%	8%	6%	3%	2%	851	1,7	4,6	1,520	287	212	97	351
D	5	58,764	516	54%	18,6	9%	9%	58%	10%	9%	3%	3%	295	0,4	4,2	1,438	209	178	121	387
E	3	48,414	523	58%	16,5	12%	5%	63%	8%	7%	4%	1%	1,348	4,6	4,7	1,455	136	253	96	350
F	11	19,816	509	66%	15,0	15%	11%	58%	5%	6%	3%	2%	-	0,0	4,2	697	123	121	85	288
Total	55	97,190	511	57%	17,1	10%	10%	58%	8%	8%	3%	2%	1,746	1,6	4,4	1,432	237	188	93	329

Statistische Werte über alle Agglomerationen

	Einwohner	Nachfrage-Kennwerte										Kennwerte Verkehrs-Auswirkungen							
		Motorisierungsgrad (PW/Enw.)	Zeitbedarf Arbeitsweg: Anteil der Pendler < 16 min	Zeitbedarf für Pendlerweg (min)	zu Fuss	Velo/Mofa	MIV	Bahnverkehr	Tram/Bus/P/ Auto/ übriger DV	komb. Verkehr (ÖV/MIV)	komb. Verkehr (ÖV/Velo-Mofa)	Stau	Unfälle	Luftschadstoffe	Flächen				
Minimum	10,659	416	33%	10,6	5%	1%	31%	1%	1%	2%	0%	-	-	2,9	483	67	39	59	240
10%-Quantil	17,247	448	43%	13,8	7%	3%	46%	3%	3%	2%	0%	-	-	3,2	1,001	95	140	75	266
25%-Quantil	25,048	479	50%	15,1	7%	6%	52%	5%	4%	3%	1%	-	-	3,7	1,201	135	162	79	303
Median	46,337	504	56%	17,3	9%	10%	60%	7%	6%	3%	2%	-	-	4,2	1,510	244	199	96	351
75%-Quantil	89,209	534	65%	19,1	12%	13%	64%	10%	11%	4%	3%	-	-	4,9	1,963	334	225	114	404
90%-Quantil	176,484	590	68%	20,5	15%	16%	71%	15%	17%	5%	4%	-	-	6,1	2,250	470	269	132	456
Maximum	1,080,728	632	80%	23,2	35%	28%	77%	19%	22%	6%	5%	-	-	7,7	2,898	887	538	260	744
Mittelwert	97,190	511	57%	17,1	10%	10%	58%	8%	8%	3%	2%	-	-	4,4	1,575	260	207	102	362

Quelle: Eigene Darstellung  
 Abbildung 50 Auswirkungen des Pendlerverkehrs und Pendlerverhalten in den Agglomerationen

### A 3 Immissionsbelastung

Durch strenge Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge und technische Verbesserungen konnten auch die Totalemissionen an Stickoxiden, flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen und Schwefeldioxyden reduziert werden. Für die Stadt Winterthur macht [Winterthur, 2006] Angaben zu imitierten Luftschadstoffen (Tabelle 62).

Verkehrsmittel	NO <sub>x</sub> [t/a]	CO [t/a]	PM10 [t/a]
Autobahn	379.7	874.0	43.1
Stadt: Hauptachse	176.3	315.2	24.7
Stadt: Flächenverkehr	32.8	101.6	3.7
Diesellokomotiven	10.2	2.2	0.9
Schieneverkehr (inkl. Schienen- / Bremsabrieb)			13.9
Quelle: [Winterthur, 2006]			

## A 4 Durchschnittsgeschwindigkeiten im ÖV

Um den Detaillierungsgrad der Kennzahlen der Durchschnittsgeschwindigkeiten des ÖV zu erhöhen, wurden für verschiedene S-Bahnen und Metrosysteme die Streckenlängen der betrachteten Radiallinien recherchiert und durch die fahrplanmässige (Kundenfahrplan) Fahrzeit dividiert (Tabelle 63). Bei den strassengebundenen Verkehrssystemen wurden Datensätze von der VBZ zur Verfügung gestellt, welche die effektive durchschnittliche Fahrzeit der Linien über sämtliche gemessenen Fahrzeiten aller Kurse im Jahr 2006 berücksichtigen (Tabelle 63).

<i>Tabelle 63 Durchschnittsgeschwindigkeiten radialer ÖV-Linien [km/h]</i>		
Bus	31: Hegibachplatz- Schlieren Zentrum	18.9
	31: Schlieren Zentrum- Hegibachplatz	17.6
	46: HB- Rütihof	21.1
	46: Rütihof- HB	19.7
Tram	3: Klusplatz- Albisrieden	15.0
	3: Albisrieden- Klusplatz	15.1
	4: Werdhölzli- Tiefenbrunnen	15.6
	4: Tiefenbrunnen- Werdhölzli	15.7
S-Bahn	S8: Pfäffikon SZ- Winterthur HB	47.8
	S15: Rapperswil- Birmensdorf	50.7
U-Bahn	München: U1- Olympia-Einkaufszentrum- Mangfallplatz	36.6
	München: U4- Westendstrasse- Arabellapark	37.0
Quelle: Eigene Darstellung		

## A 5 Wirtschaftliche Einsatzbereiche der Verkehrsmittel

Es wurden Kennwerte gemäss den im Bericht zitierten Quellen verwendet und aufgrund dieser die Betriebskosten in CHF/h/km<sup>2</sup> errechnet. Die Werte sind in Tabelle 64 bis 67 angegeben.

**Tabelle 64 Kosten [CHF/h/km<sup>2</sup>] Bus, Tram**

<b>Standardbus</b>						
Leistungsfähigkeit [pers/h]	Geschwindigkeit [km/h]					
	15	20	25	30		
250	3.73	2.80	2.24	1.87		
500	7.47	5.60	4.48	3.73		
750	11.20	8.40	6.72	5.60		
1000	14.93	11.20	8.96	7.47		
1250	18.67	14.00	11.20	9.33		
1500	22.40	16.80	13.44	11.20		
<b>Gelenkbus</b>						
Leistungsfähigkeit [pers/h]	Geschwindigkeit [km/h]					
	15	20	25	30		
750	7.93	5.95	4.76	3.97		
1000	10.20	7.65	6.12	5.10		
1250	12.47	9.35	7.48	6.23		
1500	14.73	11.05	8.84	7.37		
1750	17.00	12.75	10.20	8.50		
2000	19.27	14.45	11.56	9.63		
2250	21.53	16.15	12.92	10.77		
2500	23.80	17.85	14.28	11.90		
<b>Tram</b>						
Leistungsfähigkeit [pers/h]	Geschwindigkeit [km/h]					
	15	20	25	30	35	40
1750	15.47	11.60	9.28	7.73	6.63	5.80
2000	19.33	14.50	11.60	9.67	8.29	7.25
2250	21.27	15.95	12.76	10.63	9.11	7.98
2500	23.20	17.40	13.92	11.60	9.94	8.70
2750	25.13	18.85	15.08	12.57	10.77	9.43
3000	27.07	20.30	16.24	13.53	11.60	10.15
3250	29.00	21.75	17.40	14.50	12.43	10.88
3500	30.93	23.20	18.56	15.47	13.26	11.60
3750	34.80	26.10	20.88	17.40	14.91	13.05
4000	36.73	27.55	22.04	18.37	15.74	13.78

Quelle: [Anderhub, 2008], [Weidmann, 2007], [Weidmann, 2007b]

**Tabelle 65 Kosten [CHF/h/km<sup>2</sup>], S-Bahn, klein**

Leistungsfähigkeit [pers/h]	Geschwindigkeit [km/h]				
	30	35	40	45	50
2000	6.17	5.29	4.63	4.11	3.70
2250	7.40	6.34	5.55	4.93	4.44
2500	8.63	7.40	6.48	5.76	5.18
2750	8.63	7.40	6.48	5.76	5.18
3000	9.87	8.46	7.40	6.58	5.92
3250	11.10	9.51	8.33	7.40	6.66
3500	11.10	9.51	8.33	7.40	6.66
3750	12.33	10.57	9.25	8.22	7.40
4000	12.33	10.57	9.25	8.22	7.40
4250	13.57	11.63	10.18	9.04	8.14
4500	14.80	12.69	11.10	9.87	8.88
4750	14.80	12.69	11.10	9.87	8.88
5000	16.03	13.74	12.03	10.69	9.62
5250	17.27	14.80	12.95	11.51	10.36
5500	17.27	14.80	12.95	11.51	10.36
5750	18.50	15.86	13.88	12.33	11.10
6000	18.50	15.86	13.88	12.33	11.10
6250	19.73	16.91	14.80	13.16	11.84
6500	20.97	17.97	15.73	13.98	12.58
6750	20.97	17.97	15.73	13.98	12.58
7000	22.20	19.03	16.65	14.80	13.32
7250	23.43	20.09	17.58	15.62	14.06
7500	23.43	20.09	17.58	15.62	14.06
7750	24.67	21.14	18.50	16.44	14.80
8000	24.67	21.14	18.50	16.44	14.80
8250	25.90	22.20	19.43	17.27	15.54
8500	27.13	23.26	20.35	18.09	16.28
8750	27.13	23.26	20.35	18.09	16.28
9000	28.37	24.31	21.28	18.91	17.02
9250	29.60	25.37	22.20	19.73	17.76
9500	29.60	25.37	22.20	19.73	17.76
9750	30.83	26.43	23.13	20.56	18.50
10000	30.83	26.43	23.13	20.56	18.50

Quelle: [Anderhub, 2008], [Weidmann, 2007], [Weidmann, 2007b]

**Tabelle 66** Kosten [CHF/h/km<sup>2</sup>], S-Bahn, gross

Leistungsfähigkeit [pers/h]	Geschwindigkeit [km/h]					
	35	40	45	50	55	60
4750	6.14	5.38	4.78	4.30	3.91	3.58
5000	6.14	5.38	4.78	4.30	3.91	3.58
5250	7.37	6.45	5.73	5.16	4.69	4.30
5500	7.37	6.45	5.73	5.16	4.69	4.30
5750	7.37	6.45	5.73	5.16	4.69	4.30
6000	7.37	6.45	5.73	5.16	4.69	4.30
6250	8.60	7.53	6.69	6.02	5.47	5.02
6500	8.60	7.53	6.69	6.02	5.47	5.02
6750	8.60	7.53	6.69	6.02	5.47	5.02
7000	8.60	7.53	6.69	6.02	5.47	5.02
7250	9.83	8.60	7.64	6.88	6.25	5.73
7500	9.83	8.60	7.64	6.88	6.25	5.73
7750	9.83	8.60	7.64	6.88	6.25	5.73
8000	9.83	8.60	7.64	6.88	6.25	5.73
8250	11.06	9.68	8.60	7.74	7.04	6.45
8500	11.06	9.68	8.60	7.74	7.04	6.45
8750	11.06	9.68	8.60	7.74	7.04	6.45
9000	11.06	9.68	8.60	7.74	7.04	6.45
9250	12.29	10.75	9.56	8.60	7.82	7.17
9500	12.29	10.75	9.56	8.60	7.82	7.17
9750	12.29	10.75	9.56	8.60	7.82	7.17
10000	12.29	10.75	9.56	8.60	7.82	7.17

Quelle: [Anderhub, 2008], [Weidmann, 2007], [Weidmann, 2007b]

**Tabelle 67 Kosten [CHF/h/km<sup>2</sup>], MIV**

Leistungsfähigkeit [pers/h]	Geschwindigkeit [km/h]							
	25	30	35	40	45	50	55	60
750	35.00	29.17	25.00	21.88	19.44	17.50	15.91	14.58
1000	46.70	38.92	33.36	29.19	25.95	23.35	21.23	19.46
1250	58.35	48.63	41.68	36.47	32.42	29.18	26.52	24.31
1500	70.00	58.33	50.00	43.75	38.89	35.00	31.82	29.17
1750	81.70	68.09	58.36	51.07	45.39	40.85	37.14	34.04
2000	93.35	77.79	66.68	58.35	51.86	46.68	42.43	38.90
2250	105.00	87.50	75.00	65.63	58.33	52.50	47.73	43.75
2500	116.70	97.25	83.36	72.94	64.84	58.35	53.05	48.63
2750	128.35	106.96	91.68	80.22	71.31	64.18	58.34	53.48
3000	140.00	116.67	100.00	87.50	77.78	70.00	63.64	58.33
3250	151.70	126.42	108.36	94.82	84.28	75.85	68.96	63.21
3500	163.35	136.13	116.68	102.10	90.75	81.68	74.25	68.06
3750	175.00	145.83	125.00	109.38	97.22	87.50	79.55	72.92
4000	186.70	155.59	133.36	116.69	103.72	93.35	84.87	77.79
4250	198.35	165.29	141.68	123.97	110.20	99.18	90.16	82.65
4500	210.00	175.00	150.00	131.25	116.67	105.00	95.45	87.50
4750	221.70	184.75	158.36	138.57	123.17	110.85	100.77	92.38
5000	233.35	194.46	166.68	145.85	129.64	116.68	106.07	97.23
5250	245.00	204.17	175.00	153.13	136.11	122.50	111.36	102.08
5500	256.70	213.92	183.36	160.44	142.61	128.35	116.68	106.96
5750	268.35	223.63	191.68	167.72	149.08	134.18	121.98	111.81
6000	280.00	233.33	200.00	175.00	155.56	140.00	127.27	116.67
6250	291.70	243.09	208.36	182.32	162.06	145.85	132.59	121.54
6500	303.35	252.79	216.68	189.60	168.53	151.68	137.89	126.40
6750	315.00	262.50	225.00	196.88	175.00	157.50	143.18	131.25
7000	326.70	272.25	233.36	204.19	181.50	163.35	148.50	136.13
7250	338.35	281.96	241.68	211.47	187.97	169.18	153.80	140.98
7500	350.00	291.67	250.00	218.75	194.44	175.00	159.09	145.83
7750	361.70	301.42	258.36	226.07	200.95	180.85	164.41	150.71
8000	373.35	311.13	266.68	233.35	207.42	186.68	169.71	155.56
8250	385.00	320.83	275.00	240.63	213.89	192.50	175.00	160.42
8500	396.70	330.59	283.36	247.94	220.39	198.35	180.32	165.29
8750	408.35	340.29	291.68	255.22	226.86	204.18	185.61	170.15
9000	420.00	350.00	300.00	262.50	233.33	210.00	190.91	175.00
9250	431.70	359.75	308.36	269.82	239.84	215.85	196.23	179.88
9500	443.35	369.46	316.68	277.10	246.31	221.68	201.52	184.73
9750	455.00	379.17	325.00	284.38	252.78	227.50	206.82	189.58
10000	466.70	388.92	333.36	291.69	259.28	233.35	212.14	194.46

Quelle: [Anderhub, 2008], [Weidmann, 2007], [Weidmann, 2007b]

# Abkürzungen

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
a	Jahr (365 Tage)
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung (Schweiz)
ASTRA	Bundesamt für Strassen (Schweiz)
B+R	Bike+Ride
BAV	Bundesamt für Verkehr (Schweiz)
BfS	Bundesamt für Statistik (Schweiz)
BRT	Bus Rapid Transit
d	Tag
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
FG	Fussgänger
FR	Fahrrad
GIS	Geographisches Informationssystem
GVK	Gesamtverkehrskonzeption
HGV	Hochgeschwindigkeitsverkehr
HLS	Hochleistungsstrasse
HVS	Hauptverkehrsstrasse
HVZ	Hauptverkehrszeit
LF	Leistungsfähigkeit
LSA	Lichtsignalanlage
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NFP	Nationales Forschungsprogramm (Schweiz)
NVZ	Nebenverkehrszeit
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P+R	Park+Ride
Pkm	Personenkilometer
PM10	Partikel mit ca. 10 Mikrometer Durchmesser
RPG	Raumplanungsgesetz
RVZ	Randverkehrszeit
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Schweiz)
VÖV	Verband öffentlicher Verkehr
VQS	Verkehrsqualitätsstufen
WTO	Welthandelsorganisation
ZINV	Ziel- und Indikatorensystem nachhaltiger Verkehr des UVEK
ZVV	Zürcher Verkehrsbund

# 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

ARAMIS SBT

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 27. Mai 2011

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2004/039

Projekttitel: Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in den Agglomerationen

Enddatum: 31. Mai 2011

#### Texte:

Zusammenfassung der Projektergebnisse: Es wurde der Verkehrsmiteinsatz in den schweizerischen Agglomerationen auf Ebene der Gesamttagglomeration untersucht. Im Zuge dieser Untersuchung wurden die Leistungscharakteristiken und die Auswirkungen der einzelnen Verkehrsmittel analysiert sowie gestützt darauf ihre sinnvolle Rolle innerhalb eines Verkehrssystems erarbeitet. Zentrales Ergebnis sind spezifische Schwellenwerte für Agglomerationen, anhand derer sich in einer ersten Näherung die sinnvoll einsetzbaren Verkehrsmittel ermitteln lassen.

Zielerreichung: Die ursprünglich formulierten Ziele erwiesen sich als im Rahmen dieser Arbeit zu ambitionös. Es wurde daher eine Neuausrichtung vorgenommen und diese erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen: Die Ergebnisse der Arbeit können sinnvoll dort Anwendung finden, wo bei der Planung von Verkehrssystemen Systementscheide zu treffen sind. Hierbei können die Ergebnisse besonders auch für die Information und Schaffung einer Diskussionsgrundlage bei Laien hilfreich sein.  
Die Betrachtungen zu Nutzungsdichten und Verkehrserschliessung könnten sinnvoll weiter vertieft werden. Es wurde ausserdem eine Reihe von Fragen identifiziert, in denen weiterer Forschungsbedarf besteht.

Publikationen: U. Weidmann, Dorbritz, D., H. Orth, M. Scherer, P. Spacek, (2011) Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in den Agglomerationen, Schlussbericht SVI 2004/039, Schriftenreihe, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern



**Beurteilung der Begleitkommission:**

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:	Das Ziel, «den wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln in Agglomerationen» abstrakt und normativ zu fassen, erwies sich als nicht erreichbar und machte der vorliegenden fachtechnisch-empirischen Analyse Platz. Mit dem Bericht liegt eine Gesamtschau des Agglomerationsverkehrs in der ganzen Schweiz vor. In grober Tendenz wird umrissen, welche Verkehrsmittel in welchen Agglomerationen in Frage kommen. Die eigentliche Planung des optimalen Verkehrsmiteinsatzes muss konkrete Achsen und Korridore betrachten. Dafür liefert die Forschungsarbeit eine umfassende Grundlage mit Kriterien und Argumentationen sowie in Form eines fachtechnischen Bausatzes der Einsatzmöglichkeiten. Der Langsamverkehr und die interdisziplinäre Betrachtung werden nur gestreift. Thematische Vertiefungsfelder werden aufgezeigt.
Umsetzung:	Die Umsetzung und Anwendung des Forschungsberichts setzt Fachkenntnisse auf dem Gebiet des Verkehrsingenieurwesens und der Verkehrsplanung voraus. Der Fachperson jedoch bietet die vorliegende Auslegeordnung der Thematik einen Fundus, um in spezifischen Situationen den optimalen Einsatz von Verkehrsmitteln in einer Agglomeration zu planen.
weitergehender Forschungsbedarf:	Die Begleitkommission unterstützt das entsprechende Kapitel im Forschungsbericht und hat keine Ergänzungen dazu anzubringen.
Einfluss auf Normenwerk:	--

**Präsident Begleitkommission:**

Name:	Keller	Vorname:	Donald
Amt, Firma, Institut:	Regionalplanung Zürich und Umgebung (RZU)		
Strasse, Nr.:	Seefeldstrasse 329		
PLZ:	8008	Email:	keller@rzu.ch
Ort:	Zürich	Telefon:	044 381 36 36
Kanton, Land:	CH	Fax:	044 422 34 36

**Unterschrift Präsident Begleitkommission:**

# Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

1/3

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road Safety</i> <i>Report part of traffic psychology</i> <i>Influence des systèmes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière</i> <i>Rapport partiel de la psychologie de circulation</i>	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers <i>Entwurf und Gestaltung von Unter- und Überführungen für Fussgänger und leichte Zweiräder</i> <i>Conception and disposition of lower and upper crossings for pedestrians and cyclists</i>	2008
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt <i>Développement des mélanges bitumineux optimaux et sélection des liants appropriés;</i> <i>D-A-CH - projet initial</i> <i>Development of Optimal Bituminous Mixtures and Selection of Appropriate Binders;</i> <i>D-A-CH - Initiation Project</i>	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung <i>Profit et coûts, bilans écologiques des systèmes d'évacuation de l'eau de ruissellement des routes</i> <i>Cost and Benefits, ecological balances of different concepts of management and treatment of road run-off</i>	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten <i>Banque de données pour taux de génération de trafic</i> <i>Database for trip generation rates</i>	2008
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen <i>Modélisation d'objets et de processus pour le système d'information routier</i> <i>Modeling of objects and processes for the road information system</i>	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen <i>Impact of traffic calming measures on noise immissions</i> <i>Impacts des mesures de modération du trafic sur les immissions sonores</i>	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginnen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road Safety</i> <i>Report part of traffic psychology</i> <i>Influence des systèmes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière</i> <i>Rapport partiel de la psychologie de circulation</i>	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers <i>Entwurf und Gestaltung von Unter- und Überführungen für Fussgänger und leichte Zweiräder</i> <i>Conception and disposition of lower and upper crossings for pedestrians and cyclists</i>	2008
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt <i>Développement des mélanges bitumineux optimaux et sélection des liants appropriés;</i> <i>D-A-CH - projet initial</i> <i>Development of Optimal Bituminous Mixtures and Selection of Appropriate Binders;</i> <i>D-A-CH - Initiation Project</i>	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung <i>Profit et coûts, bilans écologiques des systèmes d'évacuation de l'eau de ruissellement des routes</i> <i>Cost and Benefits, ecological balances of different concepts of management and treatment of road run-off</i>	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten <i>Banque de données pour taux de génération de trafic</i> <i>Database for trip generation rates</i>	2008
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen <i>Modélisation d'objets et de processus pour le système d'information routier</i> <i>Modeling of objects and processes for the road information system</i>	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen <i>Impact of traffic calming measures on noise immissions</i> <i>Impacts des mesures de modération du trafic sur les immissions sonores</i>	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road Safety</i> <i>Report part of traffic psychology</i> <i>Influence des systèmes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière</i> <i>Rapport partiel de la psychologie de circulation</i>	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers <i>Entwurf und Gestaltung von Unter- und Überführungen für Fussgänger und leichte Zweiräder</i> <i>Conception and disposition of lower and upper crossings for pedestrians and cyclists</i>	2008
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt <i>Développement des mélanges bitumineux optimaux et sélection des liants appropriés;</i> <i>D-A-CH - projet initial</i> <i>Development of Optimal Bituminous Mixtures and Selection of Appropriate Binders;</i> <i>D-A-CH - Initiation Project</i>	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung <i>Profit et coûts, bilans écologiques des systèmes d'évacuation de l'eau de ruissellement des routes</i> <i>Cost and Benefits, ecological balances of different concepts of management and treatment of road run-off</i>	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten <i>Banque de données pour taux de génération de trafic</i> <i>Database for trip generation rates</i>	2008
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen <i>Modélisation d'objets et de processus pour le système d'information routier</i> <i>Modeling of objects and processes for the road information system</i>	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen <i>Impact of traffic calming measures on noise immissions</i> <i>Impacts des mesures de modération du trafic sur les immissions sonores</i>	2010

# Publikationsliste SVI

## Forschungsberichte auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) Rapports de recherche sur proposition de l'Association suisse des ingénieurs en transports (erschienen im Rahmen der Forschungsreihe des UVEK / parus dans le cadre des recherches du DETEC)

- 1980 **Velo- und Mofaverkehr in den Städten**  
(*R. Müller*)
- 1980 **Anleitung zur Projektierung einer Lichtsignalanlage**  
(*Seiler Niederhauser Zuberbühler*)
- 1981 **Güternahverkehr, Gesetzmässigkeiten**  
(*E. Stadtmann*)
- 1981 **Optimale Haltestellenabstände beim öffentlichen Verkehr**  
(*Prof. H. Brändli*)
- 1982 **Entwicklung des schweizerischen Strassenverkehrs \***  
(*SNZ Ingenieurbüro AG*)
- 1983 **Lichtsignalanlagen mit oder ohne Uebergangssignal Rot-Gelb**  
(*Weber Angehrn Meyer*)
- 1983 **Güternahverkehr, Verteilungsmodelle**  
(*Emch + Berger AG*)
- 1983 **Modèle Transyt 8: Traffic Network Study Tool; Programme Pretrans**  
(...)
- 1983 **Parkraumbewirtschaftung als Mittel der Verkehrslenkung \***  
(*Glaser + Saxer*)
- 1984 **Le rôle des taxis dans les transports urbains (franz. Ausgabe)**  
(*Transitec*)
- 1984 **Park and Ride in Schweizer Städten \***  
(*Balzari & Schudel AG*)
- 1986 **Verträglichkeit von Fahrrad, Mofa und Fussgänger auf gemeinsamen Verkehrsflächen \***  
(*Weber Angehrn Meyer*)
- 1986 **Transyt 8 / Pretrans; Modell Programmsystem für die Optimierung von Signalplänen von städtischen Strassennetzen**  
(...)
- 1987 **Verminderung der Umweltbelastungen durch verkehrsorganisatorische und -technische Massnahmen \***  
(*Metron AG*)
- 1987 **Provisorischer Behelf für die Umweltverträglichkeits-Prüfung von Verkehrsanlagen \***  
(*Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer*)
- 1988 **Bestimmungsgrössen der Verkehrsmittelwahl im Güterverkehr \***  
(*Rapp AG*)
- 1988 **EDV-Anwendungen im Verkehrswesen**  
(*IVT, ETH Zürich*)
- 1988 **Forschungsvorschläge Umweltverträglichkeitsprüfung von Verkehrsanlagen**  
(*Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer*)
- 1989 **Vereinfachte Methode zur raschen Schätzung von Verkehrsbeziehungen \***  
(*P. Widmer*)
- 1990 **Planungsverfahren bei Ortsumfahrungen**  
(*Toscano-Bernardi-Frey AG*)
- 1990 **Anteil der Fahrzeugkategorien in Abhängigkeit vom Strassentyp**  
(*Abay & Meyer*)
- 1991 **Busbuchten, ja oder nein?\***  
(*Zwicker und Schmid*)
- 1991 **EDV-Anwendung im Verkehrswesen, Katalog 1990**  
(*IVT, ETH Zürich*)
- 1991 **Mofa zwischen Velo und Auto**  
(*Weber Angehrn Meyer*)
- 1991 **Erhebung zum Güterverkehr**  
(*Abay & Meier, Albrecht & Partner AG, Holinger AG, RAPP AG, Sigmaplan AG*)
- 1991 **Mögliche Methoden zur Erstellung einer Gesamtbewertung bei Prüfverfahren\***  
(*Basler & Partner AG*)
- 1992 **Parkierungsbeschränkungen mit Blauer Zone und Anwohnerparkkarte**  
(*Jud AG*)
- 1992 **Einsatzkonzepte und Integrationsprobleme der Elektromobile\***  
(*U. Schwegler*)

- 1992 **UVP bei Strassenverkehrsanlagen, Anleitung zur Erstellung von UVP-Berichten\***  
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)  
erschiene auch als Mitteilungen zur UVP Nr. 7/Mai 1992 des BUWAL
- 1992 **Von Experten zu Beteiligten - Partizipation von Interessierten und Betroffenen beim Entscheiden über Verkehrsvorhaben\***  
(J. Dietiker)
- 1992 **Fehlerrechnung und Sensitivitätsanalyse für Fragen der Luftreinhaltung: Verkehr - Emissionen – Immissionen \***  
(INFRAS)
- 1993 **Indikatoren im Fussgängerverkehr \***  
(RAPP AG)1993
- 1993 **Velofahren in Fussgängerzonen\***  
(P. Ott)
- 1993 **Vernetztes bzw. ganzheitliches Denken bei Verkehrsvorhaben**  
(Jauslin + Stebler, Rudolf Keller AG)
- 1993 **Untersuchung des Zusammenhanges von Verkehrs- und Wandermobilität**  
(synergo, Jenni + Gottardi AG)
- 1993 **Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von flexiblen Nutzungen im Strassenraum**  
(Sigmaphan AG)
- 1993 **EIE et infrastructures routières, Guide pour l'établissement de rapports d'impact \***  
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)  
erschiene als Mitteilungen zur UVP Nr. 7(93) / Juli 1993 des BUWAL/paru comme informations concernant l'étude de l'impact sur l'environnement EIE No. 7(93) / juillet 1993 de l'OFEPF
- 1993 **Handlungsanleitung für die Zweckmässigkeitsprüfung von Verkehrsinfrastrukturprojekten, Vorstudie**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 1994 **Leistungsfähigkeit beim Fahrstreifenabbau auf Hochleistungsstrassen**  
(Rutishauser, Mögerle, Keller)
- 1994 **Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 1: Determinanten und Entwicklungen\***  
(R + R Burger AG, Büro Z)
- 1995 **Verkehrsentwicklungen in Europa, Vergleich mit den schweizerischen Verkehrsperspektiven**  
(Prognos AG / Rudolf Keller AG)  
erschiene als GVF-Auftrag Nr. 267 des GS EVED Dienst für Gesamtverkehrsfragen / paru au SG DFTCE Service d'étude des transports No. 267
- 1996 **Einfluss von Strassenkapazitätsänderungen auf das Verkehrsgeschehen**  
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1997 **Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen \***  
(Jenni + Gottardi AG)
- 1997 **Verkehrsgrundlagen für Umwelt- und Verkehrsuntersuchungen**  
(Ernst Basler + Partner AG)
- 1998 **Entwicklungsindices des Schweizerischen Strassenverkehrs \***  
(Abay + Meier)
- 1998 **Kennzahlen des Strassengüterverkehrs in Anlehnung an die Gütertransportstatistik 1993**  
(Albrecht & Partner AG / Symplan Map AG)
- 1998 **Was Menschen bewegt. Motive und Fahrzwecke der Verkehrsteilnahme**  
(J. Dietiker)
- 1998 **Das spezifische Verkehrspotential bei beschränktem Parkplatzangebot \***  
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1998 **La banque de données routières STRADA-DB somme base de modèles de trafic**  
(Robert-Grandpierre et Rapp SA / INSER SA / Rosenthaler & Partner AG)
- 1998 **Perspektiven des Freizeitverkehrs. Teil 2: Strategien zur Problemlösung**  
(R + R Burger und Partner, Büro Z)
- 1998 **Kombinierte Unter- und Überführung für FussgängerInnen und VelofahrerInnen**  
(Büro BC / Pestalozzi & Stäheli)
- 1998 **Kostenwirksamkeit von Umweltschutzmassnahmen**  
(INFRAS)
- 1998 **Abgrenzung zwischen Personen- und Güterverkehr**  
(Prognos AG)
- 1999 **Gesetzmassigkeiten im Strassengüterverkehr und seine modellmässige Behandlung**  
(Abay & Meier / Ernst Basler + Partner AG)
- 1999 **Aktualisierung der Modal Split-Ansätze**  
(P. Widmer)
- 1999 **Management du trafic dans les grands ensembles**  
(Transportplan SA)
- 1999 **Technology Assessment im Verkehrswesen : Vorstudie**  
(RAPP AG Ing. + Planer Zürich)

- 1999 **Verkehrstelematik im Management des Verkehrs in Tourismusgebieten**  
(ASIT / IC Infraconsult AG)
- 1999 **„Kernfahrbahnen“ Optimierte Führung des Veloverkehrs an engen Strassenquerschnitten \***  
(Metron Verkehrsplanung und Ingenieurbüro AG)
- 2000 **Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr**  
(Prognos AG)
- 2000 **Dephi-Umfrage Zukunft des Verkehrs in der Schweiz**  
(P. Widmer / IPSO Sozial-, Marketing- und Personalforschung)
- 2000 **Der Wert der Zeit im Güterverkehr**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 2000 **Floating Car Data in der Verkehrsplanung**  
(Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG + Rosenthaler + Partner AG)
- 2000 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable: Experimente mit verschiedenen Befragungssätzen**  
(IVT - ETHZ)
- 2001 **Aktivitätenorientierte Personenverkehrsmodelle, Vorstudie**  
(P. Widmer und K.W. Axhausen)
- 2001 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**  
(G. Abay und K.W. Axhausen)
- 2001 **Véhicules électriques et nouvelles formes de mobilité**  
(Transitec Ingénieurs-Conseils SA)
- 2001 **Besetzungsgrad von Personenwagen: Analyse von Bestimmungsgrößen und Beurteilung von Massnahmen zu dessen Erhöhung**  
(RAPP AG Ingenieure + Planer)
- 2001 **Grobkonzept zum Aufbau einer multimodalen Verkehrsdatenbank**  
(INFRA S)
- 2001 **Ermittlung der Gesamtleistungsfähigkeit (MIV + OEV) bei lichtsignalgeregelten Knoten**  
(büro S-ce Simon-consulting-engineering)
- 2001 **Besteuerung von Autos mit einem Bonus/Malus-System im Kanton Tessin**  
(U. Schwegler Büro für Verkehrsplanung)
- 2001 **GIS als Hilfsmittel in der Verkehrsplanung**  
(büro widmer)
- 2001 **Umgestaltung von Strassen im Zuge von Erneuerungen**  
(Infraconsult AG + Zeltner + Maurer AG)
- 2001 **Piloterhebung zum Dienstleistungsverkehr und zum Gütertransport mit Personenwagen**  
(Prognos AG, Emch+Berger AG, IVU Traffic Technologies AG)
- 2002 **Parkplatzbewirtschaftung bei publikumsintensiven Einrichtungen - Auswirkungsanalyse**  
(Metron AG, Neosys AG, Hochschule Rapperswil)
- 2002 **Probleme bei der Einführung und Durchsetzung der im Transportwesen geltenden Umweltschutzbestimmungen; unter besonderer Berücksichtigung des Vollzugs beim Strassenverkehrslärm**  
(B+S Ingenieur AG)
- 2002 **Nachhaltigkeit und Koexistenz in der Strassenraumplanung**  
(Berz Hafner + Partner AG)
- 2002 **Warum steht P. Müller lieber im Stau als im Tram?**  
(Planungsbüro Jürg Dietiker / MOVE RAUM P. Regli / Landert Farago Davatz & Partner / Dr. A. Zeyer)
- 2002 **Nachhaltigkeit im Verkehr**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 2002 **Massnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz längerer Fuss- und Velostrecken**  
(Arbeitsgemeinschaft Büro für Mobilität / V. Häberli / A. Blumenstein / M. Wälti)
- 2002 **Carreiseverkehr: Grundlagen und Perspektiven**  
(B+S Ingenieur AG / Gare Routière de Genève)
- 2002 **Potentielle Gefahrenstellen**  
(Basler & Hofmann / Psychologisches Institut der Universität Zürich)
- 2003 **Evaluation kurzfristiger Benzinpreiserhöhungen**  
(Infras / M. Peter / N. Schmidt / M. Maibach)
- 2002 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable, Vorstudie**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2002 **Mischverkehr MIV / ÖV auf stark befahrenen Strassen**  
(Verkehrsingenieurbüro TEAMverkehr)
- 2003 **Vorstudie zu den Wechselwirkungen Individualverkehr – öffentlicher Verkehr infolge von Verkehrstelematik-Systemen**  
(Abay & Meier, Zürich)
- 2003 **Strassen mit Gemischtverkehr: Anforderungen aus der Sicht der Zweiradfahrer**  
(WAM Partner, Planer und Ingenieure, Solothurn)
- 2003 **Erfolgskontrolle von Umweltschutzmassnahmen bei Verkehrsvorhaben**  
(Metron Landschaft AG, Brugg / Quadra GmbH, Zürich / Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)

- 2004 **Perspektiven für kurze Autos**  
(Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon)
- 2004 **Lange Planungsprozesse im Verkehr**  
(BINARIO TRE, Windisch)
- 2004 **Auswirkungen von Personal Travel Assistance (PTA) auf das Verkehrsverhalten**  
(Ernst Basler und Partner AG, Zürich)
- 2004 **Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT / Rapp Trans AG, Zürich)
- 2004 **Determinanten des Freizeitverkehrs: Modellierung und empirische Befunde**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Verfahren von Technology Assessment im Verkehrswesen**  
(Rapp Trans AG, Zürich / IKAÖ, Bern / Interface, Luzern)
- 2004 **Mobilitätsdatenmanagement für lokale Bedürfnisse**  
(SNZ, Zürich / TEAMverkehr, Cham / Büro für Verkehrsplanung, Fischingen)
- 2004 **Auswirkungen neuer Arbeitsformen auf den Verkehr - Vorstudie**  
(INFRAS, Bern)
- 2004 **Standards für intermodale Schnittstellen im Verkehr**  
(synergo, Zürich / ILS NRW, Dortmund)
- 2005 **Verkehrsumlegungs-Modelle für stark belastete Strassennetze**  
(büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation**  
(B+S Ingenieure AG, Bern / Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2005 **Spezialisierung und Vernetzung: Verkehrsangebot und Nachfrageentwicklung zwischen den Metropolitanräumen des Städtesystems Schweiz**  
(synergo, Zürich)
- 2005 **Wirkungsketten Verkehr - Wirtschaft**  
(ECOPLAN, Altdorf und Bern / büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Cleaner Drive**
- 2005 **Hindernisse für die Markteinführung von neuen Fahrzeug-Generationen**  
(E'mobile, der Schweizerische Verband für elektrische und effiziente Strassenfahrzeuge, Urs Schwegler)
- 2005 **Spezifische Anforderungen an Autobahnen in städtischen Agglomerationen**  
(Ingenieur- und Planungsbüro Dr. Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen**  
(Jenni + Gottardi AG, Zürich / Universität Karlsruhe)
- 2005 **Trafic de support logistique de grandes manifestations (Betriebsverkehr von Grossanlässen)**  
(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL)
- 2005 **Verkehrsdosierungsanlagen, Strategien und Dimensionierungsgrundsätze**  
(Ingenieurbüro Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Angebote und Erfolgskriterien im nächtlichen Freizeitverkehr**  
(Planungsbüro Jud, Zürich)
- 2005 **Vor- und Nachlauf im kombinierten Ladungsverkehr**  
(Rapp Trans AG, Zürich)
- 2005 **Finanzielle Anreize für effiziente Fahrzeuge - Eine Wirkungsanalyse der Projekte VEL2 (Tessin) und NewRide in Basel und Zürich**  
(Rapp Trans AG, Zürich / Interface, Luzern)
- 2006 **Reduktionsmöglichkeiten externer Kosten des MIV am Beispiel des Förderprogramms VEL2 im Kanton Tessin**  
(Università della Svizzera Italiana, Lugano / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2006 **Nachhaltigkeit im Verkehr**
- 2006 **Indikatoren im Bereich Gesellschaft**  
(Ernst Basler + Partner AG, Zollikon / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2006 **Früherkennung von Entwicklungstrends zum Verkehrsangebot**  
(Interface - Institut für Politikstudien, Luzern)
- 2006 **Publikumsintensive Einrichtungen PE: Planungsgrundlagen und Gesetzmässigkeiten**  
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg / Transitec Ingenieurs-Conseils SA, Lausanne / Fussverkehr Schweiz, Zürich)
- 2006 **Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs**  
(IRAP, Hochschule für Technik, Rapperswil / Fussverkehr Schweiz, Zürich / Pestalozzi & Stäheli, Basel / Daniel Sauter, Urban Mobility Research, Zürich)
- 2006 **Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts**  
(S-ce Simon consulting experts, Zürich)
- 2006 **Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen**  
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)

- 2006 **Error Propagation in Macro Transport Models**  
(Systems Consult, Monaco / B+S Ingenieur AG, Bern)
- 2007 **Fussgängerstreifenlose Ortszentren**  
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Winterthur / IAP, Zürich)
- 2007 **Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken**  
(Frossard GmbH, Zürich)
- 2007 **Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen**  
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Basel)
- 2007 **Entkopplung zwischen Verkehrs- und Wirtschaftswachstum**  
(INFRAS, Zürich / Università della Svizzera Italiana, Lugano)
- 2007 **Genderfragen in der Verkehrsplanung Vorstudie**  
(SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich)
- 2007 **Konfliktanalyse beim Mischverkehr**  
(SigmaPlan AG, Bern)
- 2007 **Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeit in Evaluationen**  
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2007 **Überlegungen zu einem Marketingansatz im Fuss- und Veloverkehr**  
(Büro für Mobilität AG, Bern/Burgdorf / büro für utopien, Burgdorf/Berlin / LP Ingenieure AG, Bern / Masciardi communication & design AG, Bern)
- 2008 **Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH, Zürich / TRANSP-OR EPF Lausanne, Lausanne / IRE USI, Lugano)
- 2008 **Ausgestaltung von multimodalen Umsteigepunkten**  
(Metron AG, Brugg / Universität Zürich Sozialforschungsstelle, Zürich)
- 2008 **Überbreite Fahrstreifen und zweistreifige Schmalfahrbahnen**  
(IRAP HSR Hochschule für Technik, Rapperswil)
- 2008 **Fahrten- und Fahrleistungsmodelle: Erste Erfahrungen**  
(Hesse+Schwarze+Partner, Zürich / büro widmer, Frauenfeld)
- 2008 **Quantitative Auswirkung von Mobility Pricing Szenarien auf das Mobilitätsverhalten und auf die Raumplanung**  
(Verkehrsconsulting Fröhlich, Zürich / TransOptima GmbH, Olten / Ernst Basler + Partner AG, Zürich)
- 2008 **Organisatorische und rechtliche Aspekte des Mobility Pricing**  
(Ernst Basler + Partner AG)
- 2008 **Forschungspaket "Güterverkehr", Initialprojekt "Bestandesaufnahme und Konkretisierung des Forschungspakets"**  
(Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich - ETH / Università della Svizzera Italiana / Universität St. Gallen)
- 2008 **Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen**  
(Hochschule Luzern - Wirtschaft, Luzern / ISOE, Frankfurt am Main / Interface Politikstudien, Luzern)
- 2008 **Gesetzmässigkeiten des Anlieferverkehrs**  
(SigmaPlan AG / Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG)
- 2009 **Modal Split Funktionen im Güterverkehr**  
(Rapp Trans AG, Zürich / IVT ETH, Zürich)
- 2009 **Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030?**  
(büro widmer Frauenfeld / Institut für Psychologie, Universität Bern)
- 2008 **Mobilitätsmanagement in Berieben - Motive und Wirksamkeit**  
(synergo, Zürich / Tensor Consulting AG, Bern)
- 2009 **Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen**  
(Ecoplan, Altdorf und Bern / Ernst Basler + Partner, Zürich)
- 2009 **Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen**  
(Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften zhaw, Winterthur / Jenni + Gottardi AG, Thalwil)
- 2009 **Nettoverkehr von verkehrintensiven Einrichtungen (VE)**  
(Berz Hafner + Partner AG, Bern / Hornung Wirtschafts- und Sozialstudien, Bern / Künzler Bossert + Partner GmbH, Bern / Roduner BSB + Partner AG, Schliern)
- 2009 **Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung**  
(synergo, Mobilität - Politik - Raum, Zürich / Institut für Politikwissenschaft/Uni Bern, Bern / Büro Vatter, Bern / Büro für Mobilität AG, Bern)
- 2009 **Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung**  
(Rapp Trans AG, Zürich / ZHAW, Wädenswil, IAS Institut für Angewandte Simulation)
- 2009 **Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2010 **Optimierung der Stassenverkehrsfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen**  
(Rapp Trans AG, Zürich)

- 2010 **Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben**  
(B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung AG, Basel / Basler & Hofmann AG, Zürich)
- 2011 **Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2011 **Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung**  
(Pestalozzi & Stäheli, Basel / Schweiz. Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Zürich)
- 2011 **Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz**  
(Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ), Bern / Interface Politikstudien Forschung und Beratung, Luzern / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen**  
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Chur / Pestalozzi & Stäheli, Basel / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum**  
(Ecoplan, Bern / Metron, Brugg)
- 2011 **Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten**  
(büro widmer ag, Frauenfeld / Rudolf Keller & Partner AG, Muttenz)

\* vergriffen: Diese Exemplare können auf Wunsch nachkopiert werden  
\*épuisé: Selon désir, ces rapports peuvent être copiés

Die Berichte können bezogen werden bei / Les rapports peuvent être commandés au:  
**VSS, Sihlquai 255, 8005 Zürich,**  
**Tel. 044 / 269 40 20, Fax. 044 / 252 31 30, info@vss.ch**