

© Fotos: SBB AG

## Optimale Netznutzung und Wirksamkeit der Instrumente zu deren Lenkung

Prof. Dr. Ulrich Weidmann  
 Patrick Frank  
 Tobias Fumasoli  
 Stephan Moll

R-10-02

Juni 2012

## Inhaltsverzeichnis

0	Auftrag .....	2
0.1	Thema und Ziele des Forschungsprojektes .....	5
0.2	Forschungsfragen.....	7
0.3	Stand der Forschung .....	10
0.4	Methodologie .....	12
0.5	Erwartete Resultate und deren Relevanz .....	15
0.6	Forschungs- und Projektplan.....	17
1	TP1 - Zielsetzungen des Netzbetriebs .....	19
1.1	Einleitung Zielsystem.....	19
1.2	Ebene Verkehrspolitik.....	20
1.3	Ebene Eisenbahninfrastrukturunternehmung EIU .....	22
1.4	Ebene Eisenbahnverkehrsunternehmung EVU .....	23
1.5	Ebene Kunden Personenverkehr .....	24
1.6	Ebene Kunden Güterverkehr .....	25
2	TP2 – Lenkungsinstrumente und –wirkung.....	26
2.1	Einleitung.....	26
2.2	Charakteristik möglicher Lenkungsinstrumente.....	26
2.3	Zielgruppen zur Optimierung der Netznutzung.....	29
3	TP3 – Netznutzungsformen .....	38
3.1	Definition.....	38
3.2	Eigenschaften.....	40
3.3	Akteursgefüge .....	43
3.4	Anforderungen.....	50
3.5	Konsequenzen.....	52
4	TP4 – Wert der Netznutzung .....	54
4.1	Vorgehen und Methode .....	54

4.2	Organisationsinterne Sicht .....	55
4.3	Die Interessenlage der Infrastrukturbetreiberin .....	58
4.4	Der Nutzen aus Sicht des integrierten Konzerns.....	60
4.5	Organisationsexterne Sicht .....	65
4.6	Gesamtbeurteilung .....	71
5	TP5 – Formen der Kapazitätsbereitstellung.....	74
5.1	Definition Kapazität.....	74
5.2	Parameter zur Beschreibung einer optimalen Netznutzung .....	79
5.3	Berechnung der maximalen Netznutzung .....	107
5.4	Konfliktmuster der Kapazitätsnutzung .....	113
6	TP6 – Kosten der Kapazität .....	129
6.1	Methodik der Kostenberechnung.....	129
6.2	Kosten für standardisierte Infrastrukturen .....	132
6.3	Umlegung der Kosten auf Kapazitäten.....	136
7	TP7 - Synthese .....	147
7.1	Wert vs. Kosten der Netznutzung.....	147
7.2	Ableitung von Empfehlungen zur Regulation und zum Mitteleinsatz.....	170
8	Literatur.....	175
8.1	TP1 - Zielsetzungen des Netzbetriebs, TP3 – Netznutzungsformen und TP5 – Formen der Kapazitätsbereitstellung .....	176
8.2	TP2 – Lenkungsinstrumente und –wirkung .....	177
8.3	TP4 – Wert der Netznutzung .....	178
8.4	TP6 – Kosten der Kapazität.....	178
8.5	TP7 - Synthese.....	179

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1 Beeinflussbarkeit der Beschleunigung, Bremsverzögerung, maximalen Geschwindigkeit und Zuglänge durch Akteure .....	35
Tabelle 2-2 Beeinflussbarkeit der Halte und Haltezeiten durch Akteure.....	36
Tabelle 2-3 Beeinflussbarkeit der Routenwahl und Verkehrszeit durch Akteure .....	37
Tabelle 3-1 Produkt-Eigenschaften der Netznutzer (Auswahl) .....	41
Tabelle 3-2 Organisatorische Eigenschaften der Netznutzer (Auswahl) .....	42
Tabelle 3-3 Anforderungen der Netznutzer an Netz und Trassen .....	51
Tabelle 3-4 Konsequenzen aus nicht erfüllten Anforderungen der Netznutzer, für EVU und für EIU / den Betrieb.....	53
Tabelle 4-1 Ertrag und Kosten pro produktiven Zugskilometer im Personenverkehr...	57
Tabelle 4-2 Trassenpreiserträge (Deckungsbeiträge) [CHF/Zkm] (Stand 2010).....	59
Tabelle 4-3 Zahlungsbereitschaften für Reisezeitverbesserungen pro Zug.....	66
Tabelle 5-1 Verwendung des Begriffs Kapazität in verschiedenen Wissenschaftsgebieten .....	75
Tabelle 5-2 Zusammenhang von Qualitätsstufen, mittlerer PKW-Reisegeschwindigkeit und Auslastungsgrad auf zweispurigen Richtungsfahrbahnen in Deutschland .....	76
Tabelle 5-3 Leistungsfähigkeit für $V_1$ -Trassen bei verschiedenen Zugmixtypen.....	88
Tabelle 5-4 Arbeitsbereiche von Produkten im Schienengüterverkehr (im Hauptlauf)..	96
Tabelle 5-5 Arbeitsbereiche von Produkten im Schienenpersonenverkehr .....	97
Tabelle 5-6 Einteilung der heute und zukünftig vorhandenen Zugbeeinflussungssysteme.....	104

Tabelle 5-7 Vergleich der Leistungsfähigkeiten von ETCS Level 1 bis 3.....	107
Tabelle 5-8 Systematisierung der Kapazitätsnutzungsformen.....	111
Tabelle 5-9 Nutzungsmuster der Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“ im Vergleich .....	119
Tabelle 5-10 Durchschnittliche Geschwindigkeiten der Netznutzer auf HGV-Strecken .....	119
Tabelle 5-11 Nutzungsmuster der Netznutzungsform „HGV-Strecke“ im Vergleich	123
Tabelle 5-12 Begrenzte Leistungsfähigkeit durch topologische Zwänge.....	127
Tabelle 5-13 Begrenzte Leistungsfähigkeit durch Defizite der Sicherungstechnik .	128
Tabelle 5-14 Begrenzte Leistungsfähigkeit aufgrund Instandhaltungsmassnahmen	128
Tabelle 6-1 Berechnung Kostenbestandteile „Mischverkehrsstrecke“ .....	133
Tabelle 6-2 Berechnung Kostenbestandteile „HGV-Strecke“ .....	134
Tabelle 6-3 Berechnung Kostenbestandteile „S-Bahn-Strecke“.....	135
Tabelle 6-4 Nutzungsmuster „Mischverkehrsstrecke“, Umlegung der Kosten auf die Netznutzer .....	140
Tabelle 6-5 Nutzungsmuster „HGV-Strecke“, Umlegung der Kosten auf die Netznutzer	142
Tabelle 6-6 Nutzungsmuster „S-Bahn-Strecke“, Umlegung der Kosten auf die Netznutzer .....	144
Tabelle 7-1 Nutzungsmuster „Mischverkehrsstrecke“, Berechnung der Erträge.....	151
Tabelle 7-2 Nutzungsmuster „HGV-Strecke“, Berechnung der Erträge .....	153
Tabelle 7-3 Nutzungsmuster „S-Bahn-Strecke“, Berechnung der Erträge .....	155

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0-1 Projektplan.....	18
Abbildung 3-1 Typische Netznutzer des schweizerischen Normalspurnetzes.....	38
Abbildung 3-2 Vorgehen bei der Analyse der Kapazitätsnutzungsformen.....	39
Abbildung 3-3 Zuordnung der Güterverkehrsprodukte WLV und KV zu den definierten Netznutzern „Netzwerkzüge“ und „Express-Züge“ .....	44
Abbildung 3-4 Akteure im Güterverkehr, Beispiel „klassischer“ Wagenladungsverkehr (WLV), sowie deren Interessen [eigene Darstellung] .....	44
Abbildung 3-5 Akteure im Güterverkehr, Beispiel Kombierter Verkehr (KV), sowie deren Interessen [eigene Darstellung] .....	45
Abbildung 3-6 Einordnung der geforderten Pünktlichkeiten seitens Güterverkehrskunden und der dafür erforderlichen Pünktlichkeit in der Betriebsabwicklung in Abhängigkeit des Laufwegs [eigene Darstellung]...	47
Abbildung 3-7 Zuordnung der Netznutzer zu den Kategorien Nah- und Fernverkehr ..	48
Abbildung 3-8 Akteure im Personen-Fernverkehr, sowie deren Interessen [eigene Darstellung] .....	48
Abbildung 3-9 Akteure im Personen-Nahverkehr, sowie deren Interessen [eigene Darstellung] .....	49
Abbildung 4-1 Die internen und externen Akteure der Netznutzung.....	54
Abbildung 4-2 Vorgehen zur Ermittlung des Wertes der Netznutzer .....	55
Abbildung 4-3 Ansprüche der Netznutzer an Fahrbahnqualität und Fahrplanlage .....	59
Abbildung 4-4 ÖV-Benutzung in Abhängigkeit der Qualität.....	67
Abbildung 4-5 Die 7 Kernaufgaben des Staates und die Anforderungen an die Verkehrspolitik.....	68

Abbildung 4-6 Zielerreichung der Schutzziele .....	70
Abbildung 4-7 Übersicht über alle Netznutzer in allen Betrachtungsebenen.....	72
Abbildung 5-1 Sperrzeitentreppe Block 1 bis Block 4.....	77
Abbildung 5-2 Konstruktion der Sperrzeit eines Streckenblocks (im Sinne einer übersichtlichen Darstellung nur Block 3).....	78
Abbildung 5-3 „Geschwindigkeits-Kaskade“ – Einfluss verschiedener Faktoren auf die effektiv gefahrene Geschwindigkeit eines Zuges [eigene Darstellung].....	80
Abbildung 5-4 Beeinflussung der Streckenleistungsfähigkeit durch unterschiedliche Zuggeschwindigkeiten [eigene Darstellung].....	81
Abbildung 5-5 Beeinflussung der Streckenleistungsfähigkeit durch Variation der Zugfolge [eigene Darstellung] .....	82
Abbildung 5-6 Vergleich der Zürcher S-Bahn mit deutschen S-Bahn-Systemen und deren Anteil von Streckenabschnitten im Mischbetrieb (eigene Darstellung nach [30]) .....	84
Abbildung 5-7 Auswertung durchschnittlicher Beförderungsgeschwindigkeiten von S-Bahnen auf Mischverkehrsstrecken in S-Bahnsystemen der Schweiz und in Deutschland inkl. Extremalwerte und landesweite Mittelwerte (eigene Berechnungen).....	85
Abbildung 5-8 Auswertung durchschnittlicher Haltestellenabstände von S-Bahnen auf Mischverkehrsstrecken in S-Bahnsystemen der Schweiz und in Deutschland inkl. Extremalwerte und landesweite Mittelwerte (eigene Berechnungen).....	85
Abbildung 5-9 Auswertung durchschnittlicher Beförderungsgeschwindigkeiten der Netznutzer von Mischverkehrsstrecken in der Schweiz und in Deutschland inkl. Extremalwerte (eigene Berechnungen) .....	86
Abbildung 5-10 Zugmixtypen bei Belastung eines Streckenabschnittes mit Personen- und Güterzügen und hohen Geschwindigkeitsunterschieden; Darstellung für ein Gleis einer zweigleisigen Strecke (nach [1]) .....	87

Abbildung 5-11 Fahrzeitverlust durch vermindertes Beschleunigungs-/Bremsvermögen [eigene Darstellung] .....	90
Abbildung 5-12 Geschwindigkeitsverlust aufgrund Bremsvermögen [eigene Darstellung] .....	90
Abbildung 5-13 Verlängerung der Sperrzeit (Block 3) durch Verdopplung der Zuglänge [eigene Darstellung] .....	92
Abbildung 5-14 Laufweg eines Zuges (hier EC 101) innerhalb eines Netzes (hier Netzausschnitt Nord-Schweiz) [eigene Darstellung] .....	93
Abbildung 5-15 Laufweg eines Zuges (hier EC 101) innerhalb einer (oder mehrerer zusammenhängender) Betriebsstellen (hier Zürich Altstetten – Zürich HB) [29] .....	94
Abbildung 5-16 Kapazitätsverlust bei Verkürzung eines Zuglaufes im Bahnhof B im Streckenabschnitt B – C .....	95
Abbildung 5-17 Kapazitätsverlust bei Teilnutzung eines Streckenabschnittes .....	96
Abbildung 5-18 Kapazitätsviereck nach [28]. Der Umfang des Vierecks soll sinngemäß konstant bleiben, wenn sich eine Achse verändert. ....	99
Abbildung 5-19 Ermittlung der Zugfolgezeit und Einordnung der stabilitätsbeeinflussenden Elemente Fahrzeitreserve und Pufferzeit.....	100
Abbildung 5-20 Bestandteile der Fahrzeitreserve (nach [14]).....	101
Abbildung 5-21 Mindestzugfolgezeit, Zugfolgezeit und Anordnung der Pufferzeit zwischen zwei Zügen .....	102
Abbildung 5-22 Fahrzeitverluste aufgrund unterschiedlicher Zugbeeinflussungssysteme .....	105
Abbildung 5-23 Sperrzeitenband (blau) bei „Fahren im absoluten Bremswegabstand“ gegenüber Sperrzeitentreppe (grau) bei konventioneller Signalisierung .	106



Abbildung 5-24 Theoretische Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit des Bremsvermögens (eigene Darstellung in Anlehnung an [3]) .....	108
Abbildung 5-25 Theoretische Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit des Bremsvermögens (eigene Darstellung in Anlehnung an [3]) .....	109
Abbildung 5-26 Vorgehen zur Ermittlung einer optimalen Netznutzung .....	114
Abbildung 5-27 Theoretische, maximale Netzauslastung einer fiktiven Mischverkehrsstrecke.....	115
Abbildung 5-28 Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“, Nutzungsmuster: Halbstunden-Takt Fernverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 1).....	116
Abbildung 5-29 Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“ Halbstundentakt Fernverkehr, Stundentakt Regionalverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 2).....	117
Abbildung 5-30 Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“ Halbstundentakt Fernverkehr, Halbstundentakt Regionalverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 3).....	118
Abbildung 5-31 Theoretische, maximale Netzauslastung einer fiktiven HGV-Strecke	120
Abbildung 5-32 Netznutzungsform „HGV-Strecke“ Halbstundentakt Fernverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 1) .....	121
Abbildung 5-33 Netznutzungsform „HGV-Strecke“ gebündelter Halbstundentakt Fernverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 2) .....	122
Abbildung 5-34 Netznutzungsform „S-Bahn-Strecke“ Viertelstundentakt S-Bahn (Nutzungsmuster 1).....	124
Abbildung 5-35 Netznutzungsform „S-Bahn-Strecke“ Viertelstundentakt S-Bahn, unterbrochen durch weiteren Netznutzer (Nutzungsmuster 2).....	126

Abbildung 5-36 Trassenverlust durch zusätzliche Non-Stop-Güterverkehrsstrasse im Einspur- und Doppelspurabschnitt .....	126
Abbildung 6-1 Prinzip des EIU-Kostenkataloges .....	131
Abbildung 6-2 Varianten zur Umlegung der Kosten von „verlorener Kapazität“ .....	136
Abbildung 6-3 Ergebnisse der Annuitätenumlegung auf Kapazitätsverzehr in Abhängigkeit der Nutzungsmuster und Umlegungsprinzipien.....	141
Abbildung 7-1 Ertragssätze je Kilometer in Abhängigkeit des Nutzungsmusters .....	152
Abbildung 7-2 Ertragssätze je Kilometer in Abhängigkeit des Nutzungsmusters .....	154
Abbildung 7-3 Ertragssätze je Kilometer in Abhängigkeit des Nutzungsmusters .....	156
Abbildung 7-4 Ertragssätze je Kilometer aus Konzernsicht (Summe aller EVU+EIU) in Abhängigkeit der Nutzungsmuster; Quervergleich aller drei Streckentypen .....	157
Abbildung 7-5 Ertragssätze ohne/mit Bepreisung des Kapazitätsverzehrs nach dem Solidaritätsprinzip (Mischverkehrsstrecke).....	158
Abbildung 7-6 Darstellung des Kapazitätsverlustes bei unterschiedlicher Anordnung der Netznutzer (links: Kundenoptimum, rechts: Kapazitätsoptimum).....	160
Abbildung 7-7 Vergleich der Nutzungsmuster einer Mischverkehrsstrecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: Fernverkehr/HGV, S-Bahn, Netzwerkzüge) .....	163
Abbildung 7-9 Vergleich der Nutzungsmuster einer Mischverkehrsstrecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: 1. Sensitivität, Gewicht auf Netznutzer des PV) .....	164
Abbildung 7-10 Vergleich der Nutzungsmuster einer Mischverkehrsstrecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: 2. Sensitivität, Gewicht auf Netznutzer des GV).....	165

Abbildung 7-10 Vergleich der Nutzungsmuster einer HGV-Strecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: Fernverkehr/HGV, Netzwerzug) .....	166
Abbildung 7-11 Vergleich der Nutzungsmuster einer S-Bahn-Strecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: S-Bahn, Netzwerzug) .....	167
Abbildung 7-12 Anteil Trassengebühren am Betriebsaufwand (Mittelwert 2008 – 2011) .....	171
Abbildung 7-13 Durchschnittliche Trassengebühren 2010 (Quelle [61]) .....	172
Abbildung 7-14 Wirksamkeit von Trassenpreisen (TPS) auf Lenkungsgrößen.....	172
Abbildung 7-15 Handlungsstrategien zur Lenkung hin zu einer optimalen Netznutzung .....	174
Abbildung 8-1 Grundtypen von Geschäftsbeziehungen im Güterverkehr.....	1

## Abkürzungen

Abzw.	Abzweigstelle
Bhf.	Bahnhof
CS	CompleteTrain, geplant
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmung
ESTW	Elektronisches Stellwerk
ETCS	European Train Control System
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmung
FIR	FreightTrain (interregional, im WLW)
FV	Fernverkehr
GV	Güterverkehr
GZV	Ganzzugverkehr (im Schienengüterverkehr)
HVZ	Hauptverkehrszeit
IH	Instandhaltung
KTU	Konzessionierte Transportunternehmung
KV	Kombinierter Verkehr
NVZ	Nebenverkehrszeit
PV	Personenverkehr
RADN	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (Schweiz)
RB	Rangierbahnhof
RE	RegioExpress (CH), RegionalExpress (D)
RSTW	Relaisstellwerk
RV	Regionalverkehr
SGV	Schienengüterverkehr
TEC	TransEuroCombi
WLW	Wagenladungsverkehr
ZLR	Zuglaufrechnung (Fahrzeitrechnung)

## Optimale Netznutzung und Wirksamkeit der Instrumente zu deren Lenkung

Prof. Dr. Ulrich Weidmann	Telefon: 044 633 33 50	<a href="mailto:weidmann@ivt.baug.ethz.ch">weidmann@ivt.baug.ethz.ch</a>
Patrick Frank	Telefon: 044 633 66 88	<a href="mailto:patrick.frank@ivt.baug.ethz.ch">patrick.frank@ivt.baug.ethz.ch</a>
Tobias Fumasoli	Telefon: 044 633 40 42	<a href="mailto:fumasoli@ivt.baug.ethz.ch">fumasoli@ivt.baug.ethz.ch</a>
Stephan Moll	Telefon: 044 633 31 92	<a href="mailto:stephan.moll@ivt.baug.ethz.ch">stephan.moll@ivt.baug.ethz.ch</a>

IVT ETH Zürich                      Telefax: 044 633 10 57  
Wolfgang-Pauli-Str. 15  
8093 Zürich

Juni 2012

### Kurzfassung

Für die nächsten zwanzig Jahre erwartet die SBB ein starkes Nachfragewachstum, welchem nur sehr beschränkte Investitionsmittel gegenüberstehen. Es wurde daher untersucht, mittels welcher ökonomischen und regulatorischen Lenkungsinstrumente die vorhandenen Kapazitäten maximal und das Netz optimal genutzt werden könnten, respektive wie eine optimale Netznutzung aus Perspektive unterschiedlicher Stakeholder aussehen könnte. Folgerungen bezüglich Kapazitätszuteilung und Regulation wurden abgeleitet.

ISBN: 978-3-905826-22-7

### Schlagworte

Regulierung, Leistungsfähigkeit, Netzbetrieb, Netznutzung

### Zitierungsvorschlag

Weidmann U., P. Frank, T. Fumasoli, S. Moll (2012), Optimale Netznutzung und Wirksamkeit der Instrumente zu deren Lenkung, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

## **Management Summary**

### ***Vorgehen und Inhalt der Studie***

Das Vorgehen erfolgte entlang von Arbeitspaketen, die jeweils die Beantwortung einer oder mehrerer Teilfragen zum Ziel hatten und mündete in der Beantwortung der Leitfrage der Studie: „Welches ist die wirtschaftlich optimale Netznutzung und wie lässt sich diese mittels Lenkungsinstrumenten ökonomischer und/ oder regulatorischer Art besonders wirksam unterstützen?“.

### ***Erkenntnisse und Empfehlungen entsprechend der Teilfragen***

#### 1. „Welches sind die Zielsetzungen des Netzbetriebs?“

⇒ In der Schweiz herrscht bei der Infrastrukturbewirtschaftung nach wie vor das Primat des Integralen Taktfahrplans vor, was sich sowohl in der Planung, als auch im Betrieb des Netzes äussert. Damit verbundene Ineffizienzen stehen im Gegensatz zu einer maximalen Netznutzung aus Sicht des Gesamtsystems.

#### 2. „Mittels welcher Instrumente und mit welcher Wirkung lässt sich die Nutzung beeinflussen?“

⇒ Die Lenkungswirkung durch ein Trassenpreissystem wird – wenn überhaupt - nur bei heute bereits flexiblen, nachfrageorientierten Netznutzern als wirkungsvoll erachtet (vollständig liberalisierte Ganzzug- verkehre). ⇒ Im Zuge voranschreitender Liberalisierungen des Marktes anderer nachfrageorientierter Netznutzer ist ein Anreizsystem zur moderaten Lenkung denkbar, stellt aber kein alleiniges Mittel dar.

⇒ Neben einem Trassenpreissystem ist kein ökonomisches Anreizsystem ersichtlich, welches eine deutlich höhere Wirksamkeit vermuten lässt. ⇒ Zur Optimierung der Infrastrukturnutzung sind vorrangig regulatorische Massnahmen in Betracht zu ziehen. ⇒ Regulatorische Massnahmen können als Anreiz zur Verbesserung von (betrieblichen) Eigenschaften dienen.

### 3. „Welches sind die relevanten Nutzungsformen?“

⇒ Die Einteilung der Netznutzer hinsichtlich ihrer kapazitätsrelevanten Eigenschaften erwies sich als komplex, aber möglich. ⇒ Zur Vereinfachung von Planung und Betriebsführung dürfte die Bildung von ca. 6 bis 7 aggregierter, generischer Modellzugkategorien möglich sein.

⇒ Schematische Unterteilung in Personen- und Güterverkehr wird den effektiven betrieblichen Eigenschaften oft nicht gerecht. ⇒ Differenzierung von Netznutzern weg von einer verkehrsart-spezifischen, hin zu einer eigenschafts-spezifischen Behandlung.

### 4. „Wie lässt sich der Wert der verschiedenen Netznutzungen beschreiben?“

⇒ Der Wert der Netznutzungen wurde ausgehend von den relevanten Akteuren – wo möglich quantitativ – sonst qualitativ beschrieben und einem paarweisen Vergleich unterzogen. ⇒ Je Sichtweise kann ein Rangprofil von Wertigkeiten der einzelnen Netznutzungen erstellt werden. Beispiel Sichtweise EIU: 1. GV-Ganzzugverkehre / 2. GV-Expresszüge / 3. Fernverkehr/HGV / 4. GV-Netzwerkzüge / 5. S-Bahn- Züge / 6. Beschleunigte Regionalzüge (RE/IR) / 7. Regionalzüge

#### Synthese in Leitfrage:

⇒ Mischverkehrsstrecken entfalten höchsten Nutzen bei möglichst hoher Auslastung. ⇒ Hohe Auslastung bedingt wiederum eine Bündelung gleichartiger Netznutzer, die Harmonisierung der Geschwindigkeiten und die kapazitätsoptimierte Abfolge der Netznutzer.

⇒ Beeinträchtigungen des Optimums durch ineffiziente und/oder artfremde Nutzungen sind entsprechend verursachergerecht zu behandeln. ⇒ Kostenzuscheidung nach dem Paritätsprinzip, d.h. Nutzer wird entsprechend dem Grad seiner Ineffizienz an verlorener Kapazität beteiligt.

⇒ Flexibilität der Netznutzer (auch untereinander) in Planung und Betrieb tlw. stark variierend. ⇒ Indikator für Anforderungsniveau des Netznutzers an das System, welche sich in seiner Kostenbeteiligung widerspiegeln sollte.

⇒ Netzzugangsprioritäten nach aktueller Verordnung vermitteln Fehlanreize und sind entsprechend der effektiven Zugeigenschaften zu überprüfen

## **Fazit**

Es konnte kein Optimum gefunden werden, das eine eindeutige, optimale Nutzung, respektive einen optimalen Netznutzer hätte erkennen lassen. Damit lässt sich die wohl wichtigste Implikation auf strategischer Ebene des Gesamtkonzerns SBB für die zukünftige Nutzung des bestehenden Mischverkehrsnetzes ableiten: Die Abkehr vom bisherigen Vorgehen in Planung und Betrieb, die verschiedenen Netznutzungen rein nach ihrer Verkehrsart zu differenzieren. Um eine bessere Nutzung zu erreichen, ist eine auf die kapazitiven Eigenschaften der Nutzer ausgerichtete Betrachtung notwendig. Konkretes Beispiel hierfür wäre die Bündelung ähnlicher Verkehre. Dies hat zwingend zur Folge, dass die heutige Prioritätenordnung angepasst und in eine zweckdienliche Form überführt werden muss. Geeignete Instrumente stellen eher die Regulation und weniger eine Anpassung der ökologischen Anreizsysteme dar, da hiermit keine ausreichende Lenkungswirkung erzielbar erscheint.



## **0 Auftrag**

### **0.1 Thema und Ziele des Forschungsprojektes**

#### **0.1.1 Ausgangslage**

Für die nächsten zwanzig Jahre erwartet die SBB ein starkes Nachfragewachstum, welchem nur sehr beschränkte Investitionsmittel gegenüberstehen. Umso wichtiger ist es daher, die Nutzung der vorhandenen Kapazitäten mittels ökonomischer und regulatorische Instrumente zu maximieren und in Richtung einer wirtschaftlich optimalen Netznutzung zu lenken. Die Kapazitäten der Eisenbahn- Infrastrukturgesellschaft (EIU) sind dabei als Vorleistungen zur Produktion der kundenrelevanten Reise- und Transportangebote durch die Eisenbahn- Verkehrsunternehmen (EVU) zu verstehen. Kann die EIU nicht genügend Netzkapazität zur Verfügung stellen, so können die EVU damit die Erwartungen von Markt und Politik nicht erfüllen.

#### **0.1.2 Maximale Netzauslastung**

Kapazitäten werden den EVU in Form zeitlich und örtlich genau spezifizierter Trassen zuge- teilt. Für die EIU entstehen durch eine Trasse verschiedene Aufwendungen, wovon ein be- trächtlicher Teil nahezu fix ist, das heisst er reagiert nur schwach auf eine Veränderung der Zugszahlen. Eine EIU ist daher wirtschaftlich daran interessiert, möglichst viele Trassen zu verkaufen und eine maximale Netzauslastung zu erreichen. Dazu muss sie erreichen, dass sie die Kapazitäten ihres Netzes jederzeit und an jedem Ort möglichst vollständig vergeben kann. Ein Netz, auf welchem Kapazitätsangebot und Kapazitätsnutzung übereinstimmen, lässt sich als homogenes Netz bezeichnen. Bei realen Netzen wie jenem der SBB ist dies nicht erfüllt. Wesentliche nutzungsseitige Gründe können sein:

- Züge verkehren nur über kurze Abschnitte und verunmöglichen damit eine volle Be- legung der Gesamtstrecke
- Trassen werden nur sporadisch bestellt und kurzfristig gebucht oder aber storniert
- Die Geschwindigkeiten und weiteren dynamischen Eigenschaften der Züge auf einer Strecke unterscheiden sich sehr stark (Mischbetrieb); es bilden sich Nutzungslücken zwischen den Zügen entlang eines Streckenverlaufes

- Die zeitliche und örtliche Struktur der verschiedenen bestellten Trassen verunmöglicht eine volle Kapazitätsnutzung
- Besteller des Regionalverkehrs verlangen eine ganz bestimmte zeitliche Lage und Linienführung ihrer Angebote, welche nicht kapazitätsoptimiert sind
- Zur Sicherung der Pünktlichkeit müssen hohe Fahrzeitreserven und Pufferzeiten vorgesehen werden

Selbst bei idealer örtlicher und zeitlicher Struktur des Betriebsprogramms kann aber die Netznutzung auch aus infrastrukturellen Gründen inhomogen bleiben, zum Beispiel weil die Gleis- und Sicherungsanlagen nicht entsprechend der Kapazitätsnachfrage ausgebaut oder die Leistungsfähigkeiten der Knoten ungenügend auf jene der anschliessenden Strecken abgestimmt sind. Einschränkungen ergeben sich weiter durch unzureichende Betriebsführungsmethoden und aus Unterhaltsgründen.

### **0.1.3 Optimale Netznutzung**

Für eine optimale Netznutzung ist die homogene Kapazitätsnutzung nur eine notwendige, nicht aber hinreichende Bedingung. Ein maximal ausgelastetes Netz befindet sich mit grosser Wahrscheinlichkeit in der Nähe des wirtschaftlichen Optimums, stellt aber nicht zwingend bereits das Optimum selbst dar: Es genügt nämlich nicht, die Kapazitäten möglichst vollständig zu verkaufen, sondern sie müssen auch durch Züge mit möglichst hohem Nutzen konsumiert werden.

Für die Kosten der Trassenproduktion werden die EIU von den EVU über den Trassenpreis teilweise entschädigt. Der direkte wirtschaftliche Wert eines Zuges für die EIU leitet sich damit aus dem Trassenertrag ab. Da dessen Bemessungsformeln das Ergebnis einer Konvention sind, bedeutet ein maximaler Trassenertrag nicht zwingend auch einen maximalen Nutzen für die EIU. Beim schweizerischen Trassenpreissystem deckt dieser zudem kaum einen Fünftel der Vollkosten. Für den verbleibenden Betrag kommt der Staat auf. Ein maximaler Nutzen für die EIU bedeutet somit nicht folgerichtig auch einen solchen für den Konzern SBB, die Verkehrspolitik oder gar die Volkswirtschaft. Es ist mithin eine Nutzenbetrachtung auf mehreren Ebenen vorzunehmen:

- Erträge der EVU von Endkunden (Reisende, Güterversender)
- Erträge der EVU von institutionellen Kunden (Kantone als öffentliche Besteller von Regionalverkehrsleistungen, Bund als Besteller einzelner Güterverkehrsleistungen)

- Trassenpreiserträge der EIU von den netznutzenden EVU
- Verkehrspolitischer Nutzen im Sinne der Unterstützung entsprechender Ziele
- Volkswirtschaftlicher Nutzen

In der vorliegenden Forschungsarbeit soll nun folgende Frage vertieft angegangen werden:

**Welches ist die wirtschaftlich optimale Netznutzung und wie lässt sich diese mittels Lenkungsinstrumenten ökonomischer und/oder regulatorischer Art besonders wirksam unterstützen?**

## 0.2 Forschungsfragen

Die Untersuchung geht vom real existierenden schweizerischen Bahnnetz aus, insbesondere jenem der SBB, mit den darauf üblichen oder zu erwartenden Zugsangeboten. Zudem werden das heutige und mutmassliche künftige regulatorische Umfeld und die Verkehrsfinanzierung der Schweiz vorausgesetzt, ebenso das aktuelle Trassenpreissystem mit seinen denkbaren Weiterentwicklungen.

Die Zielsetzung der Forschungsarbeit wird in sechs Teilfragen bearbeitet. Diese beinhalten jeweils mehrere Teilaspekte, von denen im Folgenden einige beispielhaft genannt sind:

### 1. Welches sind die Zielsetzungen des Netzbetriebs?

- Mittels welcher Parameter lässt sich eine optimale Netznutzung qualitativ beschreiben und möglichst auch quantifizieren?
- Welche generischen Zielsetzungen leiten sich aus dem Postulat einer optimalen Infrastrukturnutzung ab und wie lassen sich diese in ein quantifiziertes Zielsystem überführen?
- Welches sind, ausgehend vom generischen Zielsystem, die konkreten ökonomischen und anderen Ziele des Betriebes eines Bahnnetzes in der Schweiz, getrennt nach den relevanten Akteuren (EIU, Konzern SBB, Staat auf Ebene des Bundes und der Kantone, weitere)?
- Wie unterscheidet sich dabei die Sichtweise der Infrastruktur von jener des Gesamtkonzerns, wo sind die Sichtweisen gleichgerichtet?

- Welchen Einfluss haben ausserbetriebliche Anforderungen namentlich verkehrspolitischer Art auf das Zielsystem einer Netzbetreiberin, zum Beispiel die Vorstellungen der Kantone als Besteller des Regionalverkehrs?
  - Wo liegen die grössten Herausforderungen aufgrund der unterschiedlichen Zielebenen und bezogen auf die verschiedenen Nutzungsformen?
2. Mittels welcher Instrumente und mit welcher Wirkung lässt sich die Nutzung beeinflussen?
- Welche ökonomischen Instrumente zur Beeinflussung der Netznutzung stehen einer EIU zur Verfügung?
  - Welche regulatorischen Instrumente zur Beeinflussung der Netznutzung stehen einer EIU zur Verfügung?
  - Welches ist deren Wirksamkeit hinsichtlich einer optimalen Netznutzung?
  - Wie und wie hoch müsste die kapazitätsorientierte Trassenpreisdifferenzierung ausgeprägt sein, damit eine Lenkungswirkung entstände und in welchem Ausmass könnte die Lenkungswirkung dieses Faktors durch andere Faktoren kompensiert werden und damit seine Wirkung verlieren?
  - Wie liessen sich die regulatorischen Instrumente zur optimalen Netznutzung konkret ausprägen und einsetzen?
3. Welches sind die relevanten Netznutzungsformen?
- Welche Gruppen von Netznutzern lassen sich unterscheiden und welches sind deren Spezifika hinsichtlich der vorliegenden Fragestellung (Typisierung der Marktposition, der Produkteigenschaften, des Bestellverhaltens, der Zahlungsbereitschaft/Ertragskraft, der unternehmerischen Unabhängigkeit etc.)?
  - Welche Kategorien von EVU sind dabei in eigentumsrechtlicher und regulatorischer Hinsicht relevant?
  - Wie lassen sich die Nutzungsbedürfnisse dieser EVU möglichst generisch hinsichtlich der Beanspruchung von Infrastrukturkapazitäten beschreiben?
  - Welches sind die kapazitätsrelevanten Eigenschaften der Netznutzungsformen, zum Beispiel Regelmässigkeit/Unregelmässigkeit, Langfristigkeit der Bestellung, Häufigkeit der Stornierung, Spielräume/Randbedingung in der zeitlichen Lage etc.?
  - Welche Gruppen von EVU mit spezifisch ausgeprägten Netznutzungseigenschaften lassen sich identifizieren?
4. Wie lässt dich der Wert der verschiedenen Netznutzungen beschreiben?

- Wie lässt sich der Nutzen beschreiben, welchen ein kommerzieller Zug generiert, zum ersten aus der Interessenlage der EVU, zum zweiten aus der Interessenlage der Endkunden und zum Dritten aus der Interessenlage der Kantone als institutionelle Kunden?
- Welches ist damit der Wert der unterschiedlichen Netznutzer aus Sicht der Infrastrukturbetreiberin, des integrierten Konzerns, der Verkehrspolitik und der Volkswirtschaft?
- Welche Netznutzer sind für die EIU von besonderem wirtschaftlichem Interesse und aufgrund welcher Eigenschaften?
- Bei welchen Netznutzern ist für die EIU das Verhältnis zwischen Anforderungen und Ertrag eher problematisch?

5. Welche Formen der Kapazitätsbereitstellung der Infrastruktur lassen sich beschreiben?

- Wie ist die „Kapazität“ im vorliegenden Zusammenhang zu definieren und mittels welcher Grössen ist sie zu beschreiben?
- Wie lassen sich die Betrachtungsweisen der produktionswissenschaftlichen Kapazität mit dem rechtlich-ökonomischen Verständnis des Trasses verbinden?
- Wie lassen sich die verschiedenen Formen der Kapazitätsnutzung typisieren?
- Wie lässt sich gestützt darauf ein übermässig hoher Kapazitätsverzehr generisch beschreiben?
- Welche wesentlichen Fälle von Kapazitätsnutzungskonkurrenz treten auf?
- Wie sind äussere Gegebenheiten wie etwa die vorhandene Infrastruktur mit ihren Eigenschaften hinsichtlich Topologie und technischem Ausbaustand oder Randbedingungen in der Fahrplanstruktur in die Betrachtung einzubeziehen?
- Welche generischen Konfliktmuster der Kapazitätsnutzung treten auf?

6. Welche Kosten entstehen bei der Bereitstellung der Kapazität?

- Welches sind die wichtigsten Kostenelemente der Infrastrukturbereitstellung, ihres Betriebes und des Unterhaltes?
- Wie lassen sich diese Infrastrukturkosten auf die Kapazitäten umlegen; welcher Anteil ist zur Aufrechterhaltung einer Infrastruktur generell erforderlich und welcher Anteil ist direkt mit der Kapazität verbunden?
- Wie lassen sich die Kosten der verschiedenen Formen der Kapazitätsbereitstellung ermitteln, quantitativ oder zumindest im relativen Verhältnis zueinander?

- Welche Ausprägungen des Kapazitätsangebots lassen sich demnach besonders kostengünstig bereitstellen, welche sind besonders kostspielig?
- Wie lassen sich insbesondere die Kosten der ungenutzten Kapazität quantifizieren, dies auf Stufe der EIU, der integrierten Bahn und der Allgemeinheit?
- Wie lassen sich die Kosten einer Kapazitätsveränderung beziffern?

Aus den Antworten auf die Fragen 4 und 6 wird schliesslich die Synthese gebildet und die Hauptfrage der Forschungsarbeit beantwortet. Folgerungen bezüglich Kapazitätszuteilung und Investitionsallokation sollen abgeleitet werden.

### 0.3 Stand der Forschung

Lenkungswirkung des Trassenpreises: Seit 1999 wird in der Schweiz das derzeit gültige Trassenpreissystem angewendet, an welchem bis anhin nur geringfügige Anpassungen vorgenommen wurden. Verschiedene Studien haben sich in den letzten Jahren spezifischen Fragestellungen dieses Systems gewidmet. Eine Analyse des heutigen Trassenpreissystems durch das IVT ergab 2007, dass es einfach in der Anwendung ist, aber sehr stark vom Zuggewicht abhängt. Zudem fehlen jegliche Anreize zur Kapazitätsoptimierung, zur Erhöhung der Trassenqualität durch die EIU sowie zur Verschleiss- und weitestgehenden Lärmminimierung durch die EVU. Dies führte zur Empfehlung, dass ein neuer, konsequent kostenorientierter Ansatz gewählt werden soll. Grundlage der Kostenüberwälzung sollen die Ressourcen der Infrastruktur bilden, welche von einem Zug konsumiert werden; eine dieser Ressourcen ist die Kapazität.

Zwei wesentliche Aspekte von Trassenpreissystemen wurden in der Folge am IVT weiter vertieft, nämlich das Ausmass der Lenkungswirkung und die Transaktionskosten. Am Fallbeispiel der Lärmsanierung zeigte es sich, dass Investitionen in lärmarmes Rollmaterial, welche über den Einbau der K-Sohle hinausgehen, durch ein Trassenpreissystem kaum wirtschaftlich darstellbar sind, solange das absolute Preisniveau auf der derzeitigen Höhe bleibt. Zudem erwies es sich, dass die Struktur der EVU und deren Geschäftsmodell einen erheblichen Einfluss auf die Einflusswirkung haben, dies insbesondere im Güterverkehr mit seinen vielfältigen Ausprägungen hinsichtlich Fahrzeugeigentum und Rolle gegenüber dem Endkunden. Für andere Lenkungsaspekte wie etwa die Kapazität stehen ähnliche Betrachtungen noch aus, sollen aber im Rahmen der vorliegenden Studie geleistet werden.

Lenkungswirkung der Regulation: Die Regulation wird bislang vorab unter dem Gesichtspunkt der Regelung des Verhältnisses zwischen den Marktteilnehmern sowie – im technischen Bereich – mit Blick auf die Gewährleistung der Sicherheit und Interoperabilität behandelt. Der Einsatz regulatorischer Instrumente scheint zunächst den Bestrebungen des offenen Netzzuganges und des intramodalen Wettbewerbs zu widersprechen. Wie unter dem vorangehenden Abschnitt erwähnt, gibt es indessen bereits Hinweise, dass das Trassenpreissystem jene Lenkungswirkung nicht zu leisten vermag, welche von ihm erwartet wird. Ursache hierfür ist insbesondere, dass der Trassenpreis derzeit nur einen mässig relevanten Anteil an den Gesamtkosten einer Zugfahrt ausmacht. Bei dessen Variation wiederum verändern sich die Zugskosten nur innerhalb einer kleinen Bandbreite. Es sind mithin auch regulatorische Instrumente zur Optimierung der Netznutzung zu prüfen. Diesbezüglich betritt man aber Neuland.

Nutzen von Bahnangeboten: Die Marktreaktionen des Personenverkehrs sind schon seit längerer Zeit bekannt und lassen sich hinreichend genau mit den Elastizitäten der relevanten Angebots Elemente, mit Zeitkosten oder anderen Methoden abschätzen. Eine entsprechende aktuelle schweizerische und internationale Literatur besteht dazu. Im Güterverkehr entstanden parallel dazu in jüngster Zeit hilfreiche Untersuchungen, welche Aussagen über die Elastizitäten und Zahlungsbereitschaften der Güternachfrage machen. Das IVT war insbesondere am Projekt SpinAlp beteiligt und führte zudem eine eigene Dissertation zur Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Gütertransporte durch. Damit liegen wesentliche Grundlagen zur Einschätzung des Marktwertes von Verkehrsangeboten vor. Indirekte Hinweise zum Nutzen der Bahnangebote finden sich zudem in den Betrachtungen zu den Externalitäten, nämlich im Sinne von Minder-Externalitäten des Bahnverkehrs im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern. Zu erwähnen ist etwa die Transportkostenrechnung des Bundes.

Kapazität von Eisenbahnsystemen: Verschiedenste Methoden der Kapazitätsuntersuchung werden seit Jahrzehnten entwickelt. An dieser Stelle kann nur auf die jüngsten Arbeiten hingewiesen werden: Landex kombinierte die Sperrzeiten-Methodik mit Methoden zur Knotenuntersuchung und Verspätungsprognose, bleibt aber eine konsistente Betrachtung von Strecken- und Knotenkapazität schuldig. Hingegen scheinen Ansätze von Lindner diesbezüglich einen wichtigen Impuls zu liefern. Wiczorek hat mit seiner Arbeit über die sogenannte „Inverse Kapazitätsbestimmung für die Eisenbahn-Infrastruktur“ den Grundstein für eine neue Betrachtungsweise und einen neuartigen Planungsprozess gelegt, der nicht wie bisher von einer gegebenen Infrastruktur auf ein darauf betrieblich mögliches Betriebsprogramm schliesst, sondern ausgehend von einem zukünftigen Fahrplan die dazu notwendige Infrastruktur bestimmt. Kettner beschreibt einen graphentheoretischen Ansatz zur „Netz-Evaluation und Eng-



passbehandlung mit makroskopischen Modellen des Eisenbahnbetriebs“ mit Unterteilung des Netzes in Knoten und Kanten. Stange gibt Empfehlungen zur optimierten Anordnung der Infrastrukturelemente von Eisenbahnstandardstrecken.

Bisherige Bewertungen von Kapazitätsmassnahmen beziehen sich meist auf so genannte „Values of time“, genauer auf Kosten für Verspätungsminuten, die in definierten Netzausschnitten (meist Knotenbereichen) entstehen, wiederum aber mit relativ aufwändigen Simulationen ermittelt werden müssen. Derartige Methoden verlangen eine grosse Zahl detaillierter Eingangsparameter, die im mittel- bis langfristigen Planungshorizont nicht zur Verfügung stehen. Zudem ist die Aussagekraft des genannten Kennwertes von sehr eingeschränktem Wert. Im Hinblick auf das Untersuchungsziel lässt sich mithin feststellen, dass zahlreiche Teilaspekte gut aufgearbeitet sind, aber noch integrierende Betrachtungen anzustellen sind. Diese betreffen namentlich die Verbindung der Kapazitätswerte von Strecken und Knoten sowie die vorzunehmende Netzabgrenzung.

Kosten von Bahninfrastrukturen: Zu den Kosten von Bahninfrastrukturen existiert bisher nur eine beschränkt aussagekräftige und fallspezifische Literatur. Im Rahmen eines KTI-Projektes wurde daher durch das IVT in Zusammenarbeit mit der Firma SMA und Partner eine Erweiterung des Fahrplanplanungssoftware Viriato entwickelt, welche die Investitions- und Betriebskosten verschiedener Betriebsprogramme miteinander vergleicht. Die hierfür erforderlichen Kosten werden mittels eines neuartigen Infrastruktur-Baukasten-Kostenmodells abgeschätzt. Erste Anwendungen haben gezeigt, dass sich die Abweichungen gegenüber offiziellen Kostenschätzungen für Projektplanungen in einem Rahmen von +/-10% befinden. Damit ist das IVT nun in der Lage, reale oder fiktive Infrastrukturen rasch bezüglich ihrer Investitions- und Betriebskosten zu bewerten.

## **0.4 Methodologie**

Für die Fragen nach Abschnitt 0.2 ist die Anwendung der im folgenden dargestellten Vorgehensweisen geplant. Ergeben sich im Laufe der Arbeiten neue Erkenntnisse, so behält sich die Forschungsstelle andere, besser geeignete Verfahren vor:

1. Zielsetzungen von Netzbetreibern: Das Zielsystem wird basierend auf Ansätzen des Systems Engineering entwickelt. Vorgehend wird eine Analyse der relevanten Akteure und ihrer Interessenlage durchgeführt, gestützt auf die aktuellen und absehbaren ordnungspolitischen Regelungen. Aufgrund von Werteflussüberlegungen wird weiter identifiziert, wel-



che finanziellen Zielgrößen der Infrastruktur möglichst zu maximieren respektive minimieren sind, um eine wirtschaftlich optimale Netznutzung zu erreichen. Dazu kann auf den bisherigen Arbeiten des IVT zum Trassenpreis aufgebaut werden. Identifiziert werden sollen zudem die wichtigsten Trends der nächsten Jahrzehnte bezüglich des Kapazitätsbedarfs, wie er aufgrund erfolgter Beschlüsse, Absichtserklärungen und politischer Ziele erkennbar ist (zum Beispiel Agglomerationsverkehr, Kapazitätssteigerung, Verlagerungspolitik im Güterverkehr etc.).

2. Lenkungsinstrumente und -wirkung: Als Grundlage werden alle möglichen Instrumente der EIU zur Einwirkung auf die EVU generisch systematisiert. Die Lenkungsmöglichkeiten der regulatorischen Instrumente werden aus einer Analyse der einschlägigen Bestimmungen und der zugehörigen Kommentare abgeleitet. Voraussichtlich werden diese Erkenntnisse mittels Expertengespräche verifiziert. Die Beurteilung der Lenkungsmöglichkeiten von Trassenpreisen stützt sich auf die bisherigen Untersuchungen des IVT. Das früher entworfene Trassenpreissystem des IVT sieht insbesondere bereits einen Faktor mit Kapazitätslenkungswirkung vor und quantifiziert diesen überschlägig. Die Ansätze werden kritisch überprüft und generalisiert. Die Lenkungswirkung wird anhand ausgewählter Fallstudien und/oder generischer Simulationen überprüft. Dabei sollen verschiedene Verhaltensweisen von typischen EVU und ihren Netznutzungsformen auf ihre finanziellen Konsequenzen bei der Anwendung lenkender Trassenpreise oder regulatorischer Eingriffe untersucht werden. Es bietet sich an, die Fallstudien gemeinsam mit der SBB festzulegen.
3. Netznutzungsformen: Mittels eines prozessanalytischen Ansatzes wird eine Systematik der Nutzungsformen entwickelt, zunächst phänomenologisch, anschliessend funktional. Abgebildet werden sollen unter anderem Aspekte der Laufwege der Züge, der Häufigkeit und Regelmässigkeit der Trassennachfrage sowie der kurzfristigen Buchung und Stornierung. Die Standard-Fälle der Netznutzung werden mittels bahnbetrieblicher Parameter beschrieben und mit einer idealen Kapazitätsnutzungssituation verglichen. Daraus leitet sich für jede Kapazitätsnutzungsform auch eine typische Ausprägung des Kapazitätsverlusts gegenüber einer idealen Kapazitätsnutzung ab.
4. Wert der Netznutzung: Der Nutzen der Zugsfahrten soll insbesondere in dreierlei Hinsicht quantifiziert werden: (1) In monetärer Form, basierend auf den Verkehrserträgen (EVU) respektive Trassenpreiserträgen (EIU); die Abschätzung der Verkehrserträge stützt sich auf bekannte Erlössätze des Personen und Güterverkehrs, die zugehörigen Elastizitäten sowie auf Zeitwerte; die Trassenpreiserträge werden aus dem Trassenpreissystem abgelei-

tet (entsprechende Tools sind am IVT verfügbar). (2) In semi-monetärer Form für den Konzern SBB, unter Einbezug strategischer Konzerninteressen. (3) In Form verkehrspolitischer Indikatoren für die Sicht des Staates, insbesondere Einfluss auf Modal Split und Umweltwirkung. Diese werden abgeleitet aus den einschlägigen verkehrspolitischen Zielen des Bundes und den Eigenerzielen des Bundes.

5. Formen der Kapazitätsbereitstellung: Die Kapazität soll hier als Ressource verstanden werden, welche von einem Zug konsumiert wird. Sie ist definiert durch einen Anfangs- und Endpunkt sowie durch eine Anfangs- und Endzeit. Die Definition der Kapazität<sup>103</sup> wird aufbauen auf den einschlägigen Begrifflichkeiten und der Systematik der Bahnproduktionstheorie. Die Trassendefinitionen werden ebenfalls aus den formalisierten ordnungsrechtlichen Begrifflichkeiten der europäischen und schweizerischen Gesetzgebung abgeleitet. Durch möglichst generische Beschreibungen soll es gelingen, die beiden Betrachtungsweisen miteinander zu vereinigen. Ausgehend von der Bahnproduktionstheorie und der topologischen Systematik der Bahnnetze werden zudem die typischen infrastrukturellen Situationen beschrieben, auf welchen die Kapazitätsnutzungen erfolgen. Damit soll erkannt werden, in welchen Konstellationen ein Kapazitätsverlust nicht durch die Form der Netznutzung, sondern durch die zur Verfügung stehenden Anlagen provoziert wird. Ein besonderes Augenmerk soll der Gesamtnetzsicht gewidmet werden, in Erweiterung der bisherigen Strecken- und Knotenbetrachtungen.
6. Kosten der Kapazität: Die Kosten der Kapazitätsbereitstellung sollen abgeleitet werden aus einer Analyse der Kostenentstehung bei der Infrastruktur und deren Umlagerung auf die Kapazitäten. Letztere basiert auf der Systematik nach Arbeitsschritt 5. Die Kosten des Kapazitätsverlustes sollen zusätzlich als entgangener Nutzen der Akteure gemäss den früher hergeleiteten Nutzensausmassen abgeschätzt und möglichst weitgehend quantifiziert werden. Mutmasslich werden dazu ausgewählte oder gezielt konstruierte Fallstudien durchgeführt. Dabei wird insbesondere das am IVT entwickelte Instrument der Infrastrukturkostenschätzung eingesetzt.

Einige dieser Arbeitsschritte beinhalten kein konzeptionelles Risiko, in einzelnen Fällen ist dagegen zu erwarten, dass im Rahmen dieser Studie noch mit Näherungslösungen gearbeitet werden muss. Die Forschungsstelle wird in solchen Fällen die Priorität auf die konsistente, durchgängige Behandlung aller Arbeitsschritte legen, notfalls zu Lasten der Präzision im Einzelfall.

## 0.5 Erwartete Resultate und deren Relevanz

Die Kapazität des Bahnnetzes bildet nebst den Finanzen, dem qualifizierten Personal und dem Rollmaterial eine der wichtigsten und spezifischsten Produktionsfaktoren der Bahn. Sie bestimmt die Investitionstätigkeit und die operative Netznutzung. Die wirtschaftlich optimale Netznutzung im Sinne einer maximalen Kapazitätsauslastung durch Züge mit höchster Wertschöpfung ist für die langfristige Lebensfähigkeit der Infrastruktur und der SBB als Ganzes entscheidend.

Das vorliegende Projekt verbindet die Forschungsrichtungen der Regulierung, des Verkaufs und der Bepreisung von Bahnkapazitäten, der Kapazitätsberechnung von Bahnsystemen, der Kosten von Infrastrukturen und des Nutzens von Verkehrsleistungen. Zu allen diesen Punkten liegen zahlreiche Untersuchungen vor, welche aber bisher nicht mit dem Fokus auf das wirtschaftliche Gesamtoptimum der Netznutzung verknüpft wurden. Insbesondere ist festzustellen:

- In der Bahnproduktionsforschung wurde die Kapazität bisher vorab technisch-betrieblich betrachtet; Kosten-Nutzen-Überlegungen respektive Effektivitätsprüfungen sind erst rudimentär vorhanden. Dadurch werden undifferenziert betriebliche Kapazitäten ausgewiesen, welche eine sehr unterschiedliche verkehrliche und politische Wertigkeit aufweisen. Eine optimale Vergabe der Kapazitäten wird dadurch nur teilweise unterstützt.
- Die Trassenzuteilung nach den Netzzugangsrichtlinien bezieht sich konzeptionell auf einzelne Züge oder Zuggruppen auf kleinen Abschnitten des Netzes; Netzwirkungen und Interaktionen zwischen den Zügen bilden kein Kriterium der Prioritätenregelung. Es ist daher zu vermuten, dass die Kapazitätszuteilung heute suboptimal erfolgt. Es ist insbesondere denkbar, dass die Summe aller optimalen Trassenvergaben auf den Teilstrecken nicht zum Optimum im Gesamtnetz führt.

Der wesentliche Innovationsgehalt des Projektdesigns besteht daher vorab in der Zusammenführung der genannten sektoriellen Überlegungen. Nicht im Vordergrund steht die weitere Vertiefung der Grundlagen; die geplante Arbeit hat vielmehr den Charakter einer konzeptionellen Studie, aus welcher sich der punktuelle Vertiefungsbedarf für spätere Studien ergeben wird.

Es versprechen sich damit neue Einsichten insbesondere bezüglich folgender Punkte:

- Inhaltliche Darstellung der grössten Herausforderungen einer wirtschaftlich optimalen Kapazitätsbewirtschaftung in den nächsten Jahrzehnten

- Systematisches und möglichst quantifiziertes Zielsystem der Infrastruktur und des Konzerns hinsichtlich einer optimalen Netznutzung
- Übersicht über alle Lenkungsinstrumente ökonomischer und regulatorischer Art zur Optimierung der Netznutzung; Beurteilung der Lenkungswirkung und Spezifikation der Einsatzgebiete im schweizerischen Kontext
- Identifikation der relevanten Parameter der Netznutzungsbedürfnisse; Systematik der Netznutzer; Zuschreibung der heutigen und künftigen Netznutzer zu den Kategorien und Ableitung ihrer speziellen Anforderungen an die Infrastruktur
- Quantifizierter oder zumindest relativer Wert der verschiedenen Netznutzer aus Sicht der Infrastruktur und des Konzerns, mit besonderem Fokus auf die wirtschaftlichen Auswirkungen
- Spezifische Situation der Kantone als Besteller des Regionalverkehrs hinsichtlich der optimalen Netznutzung
- Definition und Beschreibung der Kapazität des Bahnnetzes der SBB unter Berücksichtigung der Netzeffekte; Typisierung der Kapazitätsnutzungsformen, Darstellung der Ausprägungen von Kapazitätskonkurrenz mit Priorisierungsbedarf
- Kosten, welche zur Bereitstellung von Kapazitäten entstehen; Kosten respektive entgangener Nutzen nicht-genutzter Kapazitäten
- Identifikation der Netznutzer, welche sich beeinflussen lassen sowie solcher, bei welchen Lenkungsinstrumente grundsätzlich versagen

Die Relevanz der Resultate dieser Arbeit ist damit in drei Dimensionen gegeben:

1. Es wird gezeigt, welches die Wertigkeit der unterschiedlichen Netznutzer aus Sicht der verschiedenen Akteure ist. Damit soll insbesondere ein Beitrag zur Versachlichung der Diskussion über die Prioritäten der Kapazitätszuteilung geleistet werden.
2. Sind der unternehmerische wie auch der gesellschaftliche Nutzen sowie der dazugehörige Kapazitätsbedarf der Zugsausprägungen bekannt, so lassen sich daraus Schlussfolgerungen hinsichtlich der Allokation von Investitionsmitteln ableiten. Es lassen sich Fälle nachvollziehbar und quantifiziert behandeln, in denen ein einzelner Netznutzer oder eine bestimmte Form der Netznutzung zu ausserordentlichen Investitionsbedürfnissen führt.
3. Es ist absehbar, dass der Trassenpreis als finanzielle Schnittstelle zwischen EIU und EVU in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnt. Er wird sich noch stärker in Richtung auf ein ökonomisches Führungssystem hinentwickeln. Umso wichtiger ist es daher, dass er mit Blick auf eine Gesamtsystemoptimierung ausgelegt ist. Die enthaltenen Anreize sollen so

ausgeprägt sein, dass die Netznutzer ein eigenes wirtschaftliches Interesse daran haben, ihr Verhalten am Interesse des Gesamtsystems auszurichten. Gleichzeitig sind aber auch die Grenzen der Lenkbarkeit über den Trassenpreis zu erkennen und es sind geeignete regulatorische Instrumente vorzuschlagen.

Die Ergebnisse werden in Form eines abschliessenden Gesamtberichtes zusammengefasst. Für die Zwischenergebnisse werden Vorabzüge der entsprechenden Kapitel des Schlussberichtes und Folienpräsentationen aufbereitet. In Absprache mit der SBB sind wissenschaftliche Publikationen geplant.

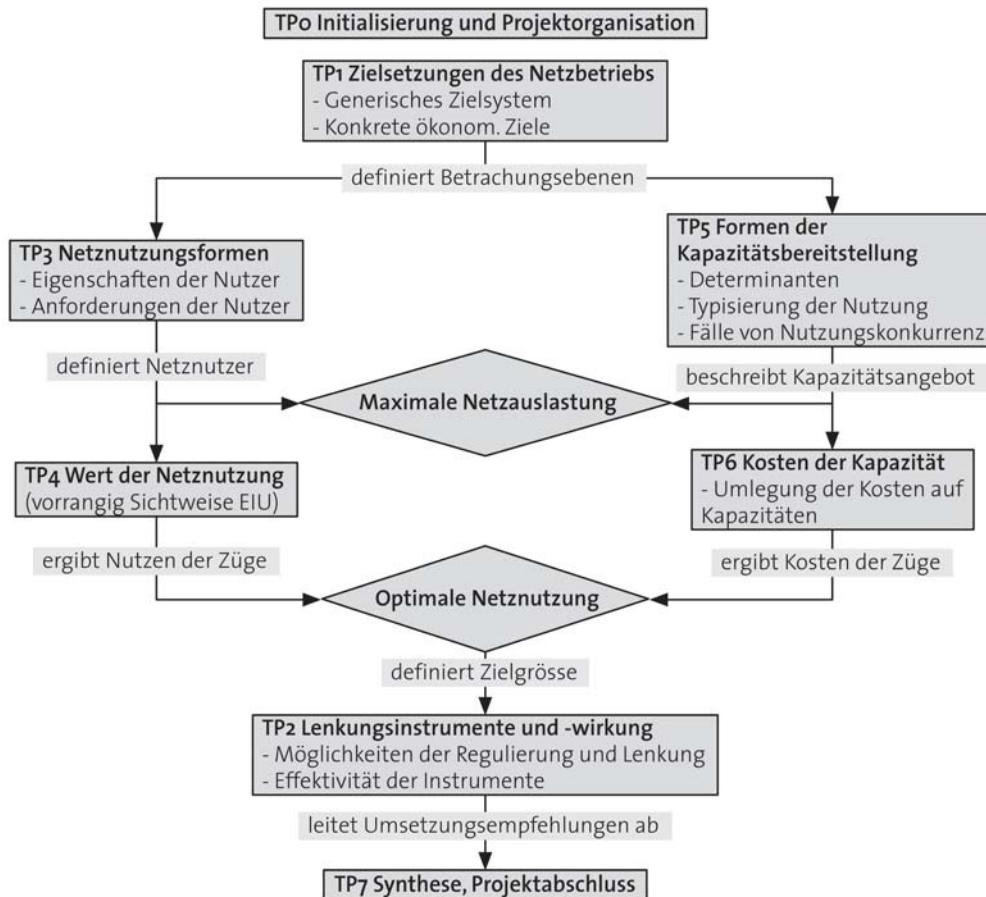
## **0.6 Forschungs- und Projektplan**

Das Projekt wird in Teilprojekte gemäss den formulierten Forschungsfragen gegliedert, ergänzt durch folgende zusätzlichen Teilprojekte:

- TP0: Initialphase zu Projektbeginn, Projektorganisation.
- TP7: Synthesephase am Ende, Empfehlungen für die Umsetzung.

Für jedes Teilprojekt wird ein verantwortlicher Teilprojektleiter eingesetzt, welcher sich in seiner übrigen Forschungstätigkeit am Institut mit Fragen dieser Art befasst. Die Zwischenergebnisse sollen schrittweise konsolidiert und kommuniziert werden. Der inhaltliche und zeitliche Projektablauf ist nachfolgender Darstellung zu entnehmen. (In Absprache mit dem Auftraggeber wurde festgelegt, TP2 „Lenkungsinstrumente und –wirkung“ im Anschluss an TP4 und TP6 zu behandeln. Dementsprechend ergibt sich der folgende Projektablauf):

Abbildung 0-1 Projektplan



Daraus leiten sich folgende Meilensteine und Zwischenergebnisse ab:

- September 2010 - MS 1 / Abschluss Phase 1 (TP0 – TP2): Projekt initialisiert, Zielsystem aktorenspezifisch aufgebaut, Lenkungswirkung der Instrumente abgeschätzt
- Dezember 2010 – MS2 / Abschluss Phase 2 (TP3 – TP4) / interner Meilenstein: Netznutzungsformen generisch beschrieben, Wert der verschiedenen Netznutzungen quantifiziert
- Februar 2011 – MS3 / Abschluss Phase 3 (TP5 – TP6) / interner Meilenstein: Formen der Kapazitätsbereitstellung generisch beschrieben, Kosten der verschiedenen Formen des Kapazitätsangebots quantifiziert
- April 2011 – MS4 / Abschluss Phase 4 (TP7): Synthese und Projektabschluss

# 1 TP1 - Zielsetzungen des Netzbetriebs

## 1.1 Einleitung Zielsystem

Ausgehend von den Zielsetzungen des Netzbetriebs wird ein Zielsystem hinsichtlich einer optimalen Netznutzung aufgebaut, das die generischen Zielsetzungen (ökonomisch, ökologisch und sozial) auf konkrete Ziele der Akteure für einen optimalen Netzbetrieb herunterbricht. In der nachfolgenden Matrix ist die Struktur des Zielsystems gesamthaft dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Ziele der Akteure in einzelnen Kapiteln tabellarisch aufgeführt. Neben den Zielen wird auf die Möglichkeiten der Einflussnahme seitens des Staates hingewiesen. Miteinbezogen werden zudem gegenläufige Interessen einzelner Akteure, sowie ausserbetriebliche und verkehrspolitische Anforderungen, die Einfluss auf die Netznutzung ausüben.

<b>Zielsystem Optimaler Netzbetrieb / Optimale Netznutzung</b>					
	<b>aus Sicht:</b>	<b>Ziel:</b>	<b>Ökonomische / ökologische / soziale Ziele</b>	<b>Konkrete Ziele</b>	<b>Parameter</b>
<b>Einfluss des Staates als Regulierer / Steuerer</b>	Staat (Bund, Kantone, Gemeinden)			Siehe Kap. 1.2	
	Eisenbahn- infrastruktur- unternehmen			Siehe Kap. 1.3	
	Eisenbahn- verkehrs- unternehmen			Siehe Kap. 1.4	
	(potentielle) Kunden PV			Siehe Kap. 1.5	
	Kunden GV (Produzierende Wirtschaft)			Siehe Kap. 1.6	



## 1.2 Ebene Verkehrspolitik

### 1.2.1 Zielsystem

Zielsystem Optimaler Netzbetrieb / Optimale Netznutzung			
Ziele: aus Sicht:	Ökonomische / ökologische / soziale Ziele	Konkrete Ziele	Parameter
<b>Staat</b>  <b>(Bund, Kantone, Gemeinden)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Erhöhung der Produktivität und damit der Wettbewerbsfähigkeit</li> <li>➢ Massvoller Subventionsbedarf</li> <li>➢ Effizienter Umgang des Bahnsektors mit öffentlichen Geldern</li> <li>➢ Einhaltung der Standards bzgl. Sicherheit / Verfügbarkeit</li> <li>➢ Funktionaler inter- und intramodaler Wettbewerb</li> <li>➢ Unterstützung des Wirtschaftswachstums und der Standortqualität durch gute Transportperformance/Infrastruktur/Kundenorientierung</li> <li>➢ Mind. Grundversorgung der Bevölkerung in Stadt &amp; Land</li> <li>➢ Verkehrsverlagerung von Strasse zu Schiene</li> <li>➢ Nachhaltige Raumplanung (Vermeidung Land-/Stadtflucht)</li> <li>➢ Image der Schweiz in der Welt</li> <li>➢ Attraktivität der Schweiz als Tourismusziel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis von Investitionen ⇒ Interesse an tendenziell hohem Trassenpreis</li> <li>➢ Laufende Zuschüsse an EIU niedrig halten ⇒ Interesse an tendenziell hohem Trassenpreis</li> <li>➢ Als Besteller im RV möglichst hohen Kostendeckungsgrad ⇒ Interesse an tendenziell niedrigem Trassenpreis und hoher Nutzerbeteiligung</li> <li>➢ Dichtes Angebot im PV mit hoher Qualität ⇒ Interesse an tendenziell niedrigem Trassenpreis</li> <li>➢ Einhaltung des Verlagerungsziels im Güterverkehr ⇒ Interesse an tendenziell niedrigem Trassenpreis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Investitionsbedarf</li> <li>➢ Subventionsbedarf</li> <li>➢ Verkehrsleistung/Modal Split</li> <li>➢ Parameter der Stedlungs-/ Wirtschaftsentwicklung</li> </ul>

### 1.2.2 Gegenläufige Interessen

Die konkreten Ziele sind in den beiden Feldern Infrastrukturplanung und der Angebotsplanung insofern entgegengerichtet, als dass einerseits der Zuschussanteil an Investitions-, Betriebs- und Instandhaltungskosten in die Infrastruktur möglichst reduziert werden soll (ermöglicht durch eine höhere Nutzerbeteiligung), andererseits – zumindest im Regionalverkehr – an die Kantone als Besteller von Verkehrsleistungen diese erhöhte Nutzerbeteiligung direkt weitergegeben werden könnte. Zudem würde im Fall von generell erhöhten Trassenpreisen die Bestellung von Leistungen im Rahmen des Service Public gefährdet, sodass eine nach Strecken differenzierte Bepreisung zu bevorzugen wäre.



### **1.2.3 Ausserbetriebliche und verkehrspolitische Anforderungen**

Welche ausserbetriebliche und verkehrspolitische Anforderungen auf das Zielsystem einer optimalen Netznutzung in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zukommen werden, soll anhand der aktuellen Bestrebungen seitens des Bundesrates aufgezeigt werden. So ist vorgesehen, die Weiterentwicklung der Infrastruktur zu etappieren, also tendenziell kleinere Vorhaben gegenüber Grossprojekten den Vorrang zu geben. Dies ist hinsichtlich eines optimalen Netzbetriebs prinzipiell zu begrüssen, da hiermit gezielt kleinere Engpässe beseitigt werden können. Tendenziell ist hierbei allerdings eine Priorisierung von Projekten, die dem Personenverkehr dienen, zu erkennen (Stichwort Agglomerationsverkehr). Um das Netz beispielsweise mittels Trennung der Verkehrsarten (schnell / langsam oder Güter-/ Personenverkehr) zu optimieren, bedarf es dennoch weiterhin zusätzlicher, grösserer Massnahmen, die ohne den verkehrspolitischen Rückhalt allerdings kaum durchzusetzen sind. Vor dem Hintergrund der gesetzlich vorgeschriebenen Verkehrsverlagerung im alpenquerenden Güterverkehr kommt diesem Punkt besondere Bedeutung zu.

Zu erwähnen ist ausserdem, dass das verkehrspolitische Primat des Integralen Taktfahrplanes bei weiter steigenden Zugzahlen (insbesondere im Güterverkehr) einer optimalen Netznutzung zunehmend im Wege steht.

### 1.3 Ebene Eisenbahninfrastrukturunternehmung EIU

#### 1.3.1 Zielsystem

Zielsystem Optimaler Netzbetrieb / Optimale Netznutzung				
Einfluss des Staates als Regulierer / Steuerer	Ziele: aus Sicht:	Ökonomische / ökologische / soziale Ziele	Konkrete Ziele	Parameter
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Subventionen</li> <li>➢ Netzausbau- und erhaltungsvorgaben (auch z.B. mit ETCS)</li> <li>➢ Trassenpreis und Netzzugang</li> <li>➢ Mindestlöhne, Steuern und Sozialabgaben</li> <li>➢ Neutralität zwischen EVU</li> <li>➢ Ausbildungsstandards,</li> <li>➢ Umwelt- und Sicherheitsauflagen</li> </ul>	<p><b>Eisenbahninfrastrukturunternehmen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Hohe Wirtschaftlichkeit</li> <li>➢ Konsistente und faire Wettbewerbsaufsicht/Regulation</li> <li>➢ Effizienzsteigerung durch optimale Abstimmung von Erneuerungs- und Erweiterungsinvestitionen</li> <li>➢ Möglichst kleine, gut gestaffelte Investitionen</li> <li>➢ Hohe, aber noch betriebsstabile Kapazitätsauslastung</li> <li>➢ Geeignetes Trassenpreissystem mit sinnvollen Anreizelementen</li> <li>➢ Weitere Verlagerung auf die Bahn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Verkauf möglichst vieler Trassen + Interesse an tendenziell hohem Trassenpreis</li> <li>➢ Auslastung begrenzen, um Betriebsqualität gewährleisten zu können</li> <li>➢ Kapazitätsoptimale Geschwindigkeiten und systematische Fahrplanstruktur (Bündelung)</li> <li>➢ Hohe Traktionsleistungen</li> <li>➢ Einsatz von fahrbahnschonendem Rollmaterial seitens der EVU</li> <li>➢ Trassenbestellungen verbindlich, kontinuierlich und langfristig (hohe Planungssicherheit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Personen-/Tonnenkilometer</li> <li>➢ Auslastungsgrad des Netzes</li> <li>➢ Verspätungsminuten im Netz</li> <li>➢ Betriebszeiten</li> <li>➢ Subventionsbedarf</li> <li>➢ Unterhaltsaufwand</li> <li>➢ Trassenpreiseinnahmen je Netznutzer</li> </ul>

#### 1.3.2 Gegenläufige Interessen

Neben dem relativ trivialen Gegensatz einer möglichst hohen Zugzahl gegenüber einer ausreichenden Betriebsqualität gibt es eine Reihe weiterer gegenläufiger Interessen:

- Der Instandhaltung des Netzes sollten ausreichende Zeitfenster zur Verfügung stehen, was einer Vermarktung von Trassen in der Nacht entgegenläuft.
- Der Forderung möglichst hoher Zugzahlen aus Einnahmesicht, steht die Minimierung der Zugzahlen zur effizienteren Netznutzung entgegen („besser ein langer Zug, als zwei kurze Züge“).

- Entgegen dem Wunsch nach möglichst langfristigen Trassenbestellungen, ist eine kurzfristige Vermarktung von ungenutzten Kapazitäten dennoch wünschenswert.
- Eine Erhöhung der Traktionsleistung ermöglicht tendenziell höhere Zugmassen und geht mit einer stärkeren Oberbaubeanspruchung einher, was wiederum zu erhöhten Instandhaltungskosten und/oder längeren Zeitfenstern der Instandhaltung führt.

## 1.4 Ebene Eisenbahnverkehrsunternehmung EVU

### 1.4.1 Zielsystem

Zielsystem Optimaler Netzbetrieb / Optimale Netznutzung				
Einfluss des Staates als Regulierer / Steuerer	Ziele: aus Sicht:	Ökonomische / ökologische / soziale Ziele	Konkrete Ziele	Parameter
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verkehrliche Vorgaben (Fahrplan, ETCS)</li> <li>➤ Wettbewerbsaufsicht (Schutz vor Diskriminierung)</li> <li>➤ Qualitäts- und Sicherheitsvorgaben</li> <li>➤ Trassenpreissystem + Netzzugang</li> <li>➤ Direkte und indirekte Förderungen</li> <li>➤ Mindestlöhne, Steuern, ...</li> <li>➤ Wettbewerbschutz für incumbent</li> <li>➤ Ausbildungsstandards und Umweltauflagen</li> <li>➤ Energiepreise</li> </ul>	<p><b>Eisenbahnverkehrsunternehmen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Stabiler / wachsender Marktanteil</li> <li>➤ Zuverlässige (hohe) öffentliche finanzielle und verkehrspolitische Unterstützung</li> <li>➤ Nötiger Netz-/Kapazitätsausbau</li> <li>➤ Moderate Nutzerbeteiligung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Massvolle und transparente Trassenpreise ⇒ Interesse an tendenziell niedrigem Trassenpreis</li> <li>➤ Trasse in geforderter, definierter Qualität zu gewünschtem Zeitpunkt</li> <li>➤ Max. Ausschöpfung der Transportkapazität</li> <li>➤ Hohe Beförderungsgeschwindigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Trassenpreise je Netznutzer</li> <li>➤ Fahrgeldeinnahmen</li> <li>➤ Personenkilometer</li> <li>➤ Auslastungsgrad/Load Factor</li> <li>➤ Mittlere Beförderungsgeschwindigkeit im Netz</li> <li>➤ Pünktlichkeit</li> <li>➤ Subventionsbedarf</li> </ul>

### 1.4.2 Gegenläufige Interessen

Einerseits verfolgt ein EVU - beispielsweise durch dichtere Taktfolge - die Attraktivität des Angebotes zu steigern, andererseits führt dies meist zu einer Steigerung der Betriebskosten, die aus EVU-Sicht aber gleichfalls zu minimieren sind. Mitunter ebenfalls gegenläufig sind

Bestrebungen Beförderungsgeschwindigkeiten zu verkürzen, allerdings sind diese im vorherrschenden starren Taktsystem nur im Rahmen der vorgegebenen Kantenzeiten in teilweise komplexen Abhängigkeiten weiterzureichen und somit mitunter nicht zielführend.

## 1.5 Ebene Kunden Personenverkehr

### 1.5.1 Zielsystem

<b>Zielsystem Optimaler Netzbetrieb / Optimale Netznutzung</b>				
<b>Einfluss des Staates als Regulierer / Steuerer</b>	<b>Ziele: aus Sicht:</b>	<b>Ökonomische / ökologische / soziale Ziele</b>	<b>Konkrete Ziele</b>	<b>Parameter</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fahrpreise</li> <li>➤ Steuern</li> <li>➤ Subventionen (z.B. Er-schliessung von Berg-tälern)</li> <li>➤ Lärmschutz</li> </ul>	<p><b>Kunden PV (Passagiere &amp; potentielle Kunden)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Breite Verfügbarkeit des ÖV</li> <li>➤ Hohe Pünktlichkeit, Zuverlässigkeit</li> <li>➤ Tiefstmögliche Preise</li> <li>➤ Umfangreiches Taktangebot und breite Flächener-schliessung, auch in Randzeiten (Service public)</li> <li>➤ Geringer Sitzplatzbelegungsgrad, hoher Komfort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hohe Produktqualität zu niedrigem Preis bei passender zeitlicher Verfügbarkeit ⇒ (indirektes) Interesse an tendenziell niedrigem Trassenpreis</li> <li>➤ Hohe Reisegeschwindigkeiten</li> <li>➤ Ausreichend Fahrtmöglichkeiten</li> <li>➤ Zuverlässige Reisekette</li> <li>➤ Direktverbindungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Zahl der täglichen Fahrtmöglich-lichkeiten</li> <li>➤ Fahrpreis</li> <li>➤ Reisedauer</li> <li>➤ Pünktlichkeit</li> <li>➤ Umsteigehäufigkeit</li> </ul>

### 1.5.2 Gegenläufige Interessen

Kunden im Personenverkehr wünschen einerseits ein attraktives Angebot, beispielsweise mit häufigen Fahrtmöglichkeiten, andererseits ist die Zahlungsbereitschaft begrenzt, respektive es werden niedrige Preise erwünscht. Eine Auswirkung auf die Gestaltung des Angebotes hat zudem der Wunsch nach einem hohen Anteil von Direktverbindungen, dem gegenüber steht allerdings das Ziel hoher Reisegeschwindigkeiten, die durch jeden weiteren Halt weiter verringert werden. Zudem steigt mit zunehmender Länge des Laufweges die Fortpflanzung von potentiellen Verspätungen in andere Netzteile, wohingegen die Attraktivität (v.a. im Freizeitverkehr) von Direktverbindungen nicht zu unterschätzen ist.

## 1.6 Ebene Kunden Güterverkehr

### 1.6.1 Zielsystem

<b>Zielsystem Optimaler Netzbetrieb / Optimale Netznutzung</b>				
<b>Einfluss des Staates als Regulierer / Steuerer</b>	<b>Ziele: aus Sicht:</b>	<b>Ökonomische / ökologische / soziale Ziele</b>	<b>Konkrete Ziele</b>	<b>Parameter</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ STVA</li> <li>➢ Fahrverbote / -beschränkungen</li> <li>➢ Subventionen (z.B. für KV)</li> <li>➢ Umweltauflagen</li> <li>➢ Steuern/Abgaben</li> <li>➢ Lenkzeiten</li> </ul>	<p><b>Kunden GV (Produzierende Wirtschaft)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Hohe Zuverlässigkeit des Angebots</li> <li>➢ Breite Flächenbedienung</li> <li>➢ Flexibilität des Angebots</li> <li>➢ Tiefstmögliche Preise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Hohe Produktqualität zu niedrigem Preis bei passender zeitlicher Verfügbarkeit ⇒ (indirektes) Interesse an tendenziell niedrigem Trassenpreis</li> <li>➢ Flexibilität bei der Trassenbestellung</li> <li>➢ Erhöhung der Transportgeschwindigkeit</li> <li>➢ Zugangsmöglichkeiten zum Netz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Transportpreis</li> <li>➢ Transportdauer</li> <li>➢ Vorlaufzeit zur Bestellung eines Transports/einer Trasse</li> <li>➢ Pünktlichkeit</li> <li>➢ Vor-/Nachlaufzeiten</li> </ul>

### 1.6.2 Gegenläufige Interessen

Aufgrund hohen Kostendrucks im Transportgewerbe wird dem Preis ein hohes Gewicht beigemessen. Demgegenüber steht eine möglichst hohe Zuverlässigkeit, ein hohes Mass an Flexibilität und eine bedarfsgerechte Verbindungshäufigkeit.

## 2 TP2 – Lenkungsinstrumente und –wirkung

### 2.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden mögliche Lenkungsinstrumente beschrieben, welche dem Infrastrukturunternehmen beziehungsweise dem Staat zur Verfügung stehen, um eine optimale Nutzung der Schienenkapazität sicherzustellen. Zudem werden die möglichen Zielgruppen der Lenkungsinstrumente identifiziert und deren Einfluss auf ausgewählte Lenkungsziele diskutiert. Die Inhalte dieses Kapitels dienen als Grundlage für die spätere Umsetzung der Lenkungsziele in Kapitel 7.

### 2.2 Charakteristik möglicher Lenkungsinstrumente

#### 2.2.1 Ökonomische Lenkungsinstrumente

##### ***Anreizsystem innerhalb des Trassenpreissystems***

Der Ansatz, die Leistungsfähigkeit der Schienenwege über das Trassenpreissystem (TPS) zu erhöhen, wird bereits in verschiedenen Ländern angewandt. So enthält das deutsche TPS beispielsweise einen Auslastungsfaktor, der auf besonders stark ausgelasteten Streckenabschnitten erhoben wird [36]. Dieser verteuert den Trassenpreis auf diesen Streckenabschnitten aktuell um 20%. Gar um 50% erhöht sich der Trassenpreis, wenn zugbedingt eine Mindestgeschwindigkeit von 50 km/h nicht erreicht wird und somit ein deutlich erhöhter Kapazitätsbedarf entsteht. Im belgischen TPS werden Züge, die von der Durchschnittsgeschwindigkeit abweichen, mit einem Abweichungskoeffizienten bestraft [37]. Konkret wird dafür die Zeit, die ein Zug für die Benutzung eines Streckenabschnitts braucht, mit einer definierten Standardzeit verglichen. Auch das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich sieht solche Elemente in ihrem Vorschlag für ein neues Schweizerisches Trassenpreissystem vor [38].

Verschiedene Gründe sprechen für die Lenkung über das TPS. Zum einen besteht eine grosse Freiheit in der Ausgestaltung des Trassenpreissystems. Dies zeigt eindrücklich die grosse Vielfalt an verschiedenen Trassenpreissystemen in Europa. So lassen sich Lenkungsinstru-

mente, politischer Wille vorausgesetzt, zielgerichtet entwickeln und in ein TPS einbauen. Selbst ein Bonus/Malus-System liesse sich einfach bewerkstelligen, da eine Nichtbezahlung des Malus sanktioniert werden könnte. Zum anderen ist ein TPS grundsätzlich laufleistungsabhängig. Ein bestimmtes Lenkungskriterium im TPS betrifft somit automatisch diejenigen Netznutzer am stärksten, bei denen ein wesentlicher Teil der Verkehrsleistung die angestrebte Zielsituation nicht erfüllt. Ebenfalls sehr vorteilhaft ist schliesslich die Tatsache, dass eine Lenkung über das TPS vollständig auf bestehende Geschäftsbeziehungen und Finanzströmen aufbauen kann.

Allerdings hat die Nutzung des TPS als Lenkungsinstrument auch verschiedene Nachteile. Das TPS definiert den Preis, den eine Eisenbahn für die Benutzung der Schienenwege an die Infrastrukturbetreiberin zu bezahlen hat. Eine direkte Wirkung von Lenkungskriterien im TPS entsteht daher primär bei den ausführenden Eisenbahnen, welche den Trassenpreis zu bezahlen haben. Andere Zielgruppen wie zum Beispiel die Kunden der EVU, die mit ihrem Verhalten ebenfalls die Netznutzung beeinflussen, können über ein TPS nur indirekt erreicht werden. Der Wirkungsbereich eines TPS ist somit eingeschränkt. Zudem werden gewisse (ausländische) Eisenbahnen mit einer geringen Verkehrsleistung in der Schweiz die Wirkungsschwelle einer Lenkungsmassnahme oftmals nicht erreichen. Es ist nicht zu verhindern, dass auch solche Unternehmen von möglichen Anreizen profitieren.

Schliesslich muss man sich bei der Einführung von Lenkungskriterien im TPS bewusst sein, dass der Spielraum für Kompromisse bei der Festlegung der Anreizhöhe (z.B. Rücksichtnahme auf nicht im Fokus stehende andere Netznutzer) deutlich geringer ist, als wenn lediglich die Kosten verursachergerecht(er) zugeschrieben werden sollen. Anders als bei einer verursachergerechten Kostenallokation existiert bei einer Lenkung eine Wirkungsschwelle. Wenn die notwendige Höhe des Lenkungsanreizes (politisch) nicht vollständig durchgesetzt werden kann, dann erübrigt sich deren Einführung. Erschwerend kommt hinzu, dass die notwendige Höhe oft sehr schwierig zu bestimmen ist. Schliesslich ist das heutige Schweizerische Trassenpreissystem grenzkostenbasiert. Die daraus folgenden vergleichsweise tiefen Ansätze führen zu eher geringen Wirkungsmöglichkeiten.

### ***Anreizsystem ausserhalb des Trassenpreissystems***

Um die Kapazitätsnutzung über ökonomische Anreize zu lenken, könnten Eisenbahninfrastrukturunternehmen oder der Staat auch ein eigenständiges ökonomisches Anreizsystem aufbauen. Als Beispiel sei der Schweizerische Lärmbonus für lärmsanierte Fahrzeuge des Güter- und Personenverkehrs erwähnt. Solche Anreizsysteme können sehr gezielt für eine bestimmte



Zielgruppe konzipiert werden, was die Anreizwirkung deutlich erhöht. Allerdings können damit auch hohe zusätzliche Transaktionskosten generiert werden. Aus diesem Grund ist ein reines Bonus-System mit Selbstdeklaration oftmals die einzig vertretbare Variante.

Für den Staat besteht zudem prinzipiell die Möglichkeit, Kunden der EVU direkt über das Steuersystem zu erreichen. So könnte beispielsweise einem Verlager ein Steuerrabatt gewährt werden, wenn er nachweislich alle seine Ganzzugverkehre konsequent während der Nacht und am Wochenende abwickeln würde. In Analogie dazu wären bei Pendlern als Beispiel nur noch 9h-Abonnemente steuerlich abzugsberechtigt. Die Nutzung des Steuersystems als Lenkungssystem hat den grossen Vorteil, dass keine neuen Geschäftsbeziehungen und Finanzströme aufgebaut werden müssen.

Generell gilt bei Anreizsystemen ausserhalb des Trassenpreissystems, dass sie neben möglicherweise hohen Transaktionskosten auch deshalb nur als Bonussystem ausgestaltet werden können, weil oftmals Sanktionsmöglichkeiten zur Eintreibung von allfälligen Malus-Beträgen fehlen. Dies gilt insbesondere für Zielgruppen mit Sitz im Ausland. Zudem müsste unter Umständen ein aufwändiges Kontrollsystem aufgebaut werden, da eine Selbstdeklaration aus offensichtlichen Gründen nur bei einem Bonus funktioniert.

## **2.2.2 Regulatorische Lenkungsinstrumente**

Nicht immer sind Lenkungsinstrumente mit ökonomischen Anreizen zielführend. Oftmals wären die entstehenden Transaktionskosten zu hoch und könnten durch die erzielte Lenkungswirkung nicht mehr gerechtfertigt werden. Transaktionskosten können dabei in verschiedenen Bereichen entstehen. Typische Kostentreiber beim Betreiber des Anreizsystems sind die Erfassung der Bemessungsgrundlagen, die Auszahlung/Eintreibung von Bonus/Malus-Beträgen sowie (Stichproben-)Kontrollen im Falle von Selbstdeklarationen. Bei der Zielgruppe von Lenkungsanreizen muss mit einem zusätzlichen administrativen Bearbeitungsaufwand gerechnet werden. Vor allem wenn Anreize erst noch an Kunden weitergeleitet werden müssen, kann dieser Aufwand massiv steigen und gar allfällige Bonus-Beträge überkompensieren. In solchen Fällen wäre die Durchsetzung eines Kriteriums zur Optimierung der Netznutzung über eine Verordnung womöglich der effizientere und insgesamt kostengünstigere Weg. Sie kann sowohl als Gebot als auch als Verbot konzipiert sein. Auch lässt sich die zu erwartende Wirkung und die entstehenden Kosten bei der Zielgruppe in der Regel deutlich genauer im Voraus abschätzen als bei ökonomischen Lenkungsanreizen.



Es ist jedoch zu beachten, dass sich gewisse regulatorische Massnahmen trotz objektiv bester Eignung möglicherweise nicht umsetzen lassen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn internationale Verträge und Abkommen tangiert und darum langwierige Verhandlungen mit ungewissem Ausgang notwendig würden. So könnte beispielsweise nicht ohne weiteres die Maximalgeschwindigkeit von Güterwagen auf 120 km/h per Gesetz festgelegt werden. Dazu müsste die technische Zulassung von Güterwagen europäisch angepasst werden, was aus heutiger Sicht wenig aussichtsreich wäre.

### **2.2.3 Informative Lenkungsinstrumente**

Ein Lenkungseffekt kann in gewissen Fällen auch durch eine entsprechende Sensibilisierung der Zielgruppe durch Informationsbereitstellung erreicht werden. Solche Massnahmen lassen sich schnell und kostengünstig umsetzen. Eine Lenkung mittels Bereitstellung von Informationen eignet sich allerdings nur für freiwillige Verhaltensänderungen, die ohne grössere Zeit- und Kostennachteile durch die Zielgruppe umgesetzt werden können. Den Infrastrukturunternehmen und dem Staat stehen diesbezüglich nur wenige Möglichkeiten zur Verfügung. Im Bereich Personenverkehr liegen diese in erster Linie beim Fahrgastwechsel. So können Anzeigen oder Markierungen die Fahrgäste informieren, in welchem Sektor der Zug halten wird und wo sich die 1. und 2. Klasse Wagen befinden. Dies führt zu einer besseren Verteilung der Fahrgäste, was die Fahrgastwechselzeit in den Bahnhöfen verkürzt und damit die Durchschnittsgeschwindigkeit der Züge erhöht. Bei den Güterbahnen könnte das Infrastrukturunternehmen als informative Lenkungsmassnahme beispielsweise aktiv freie Trassen anbieten, welche zu einer Optimierung der Kapazitätsnutzung beitragen würden.

## **2.3 Zielgruppen zur Optimierung der Netznutzung**

### **2.3.1 Charakteristik potentieller Zielgruppen**

#### ***EVU des Personenverkehrs***

Der Schienenpersonenverkehr ist in der Schweiz vollständig in ein gesamtschweizerisch abgestimmtes Taktfahrplansystem eingebunden. Der integrierte Taktfahrplan bringt es mit sich, dass praktisch jeder Zug zahlreiche Abhängigkeiten zu anderen Zügen aufweist. Ein Lenkungsinstrument im Bereich Personenverkehr muss daher eine sehr hohe Wirkung aufweisen, um diese Abhängigkeiten gegebenenfalls aufzubrechen und neu zu organisieren. Der Personenverkehr ist zudem ein typisches Angebotssystem, welches über mehrere Jahre hinweg ge-

plant wird. Es ist daher auch mit Lenkungsinstrumenten kurzfristig praktisch nicht veränderbar.

Als Vorteil für allfällige Lenkungsmaßnahmen erweist sich die kleine Anzahl relevanter Unternehmen in dieser Zielgruppe. Die SBB und BLS sind auf dem Normalspurnetz mit Abstand dominierend. Lenkungsinstrumente können daher gezielt auf diese beiden Unternehmen ausgerichtet werden. Erleichternd für die Lenkung wirkt sich zudem die Tatsache aus, dass diese Unternehmen praktisch ausschliesslich in der Schweiz tätig sind. Auch lauleistungsabhängige Lenkungsinstrumente könnten im Personenverkehr deshalb ihre volle Wirkung entfalten. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Finanzierungsstruktur gilt es den Fernverkehr und Regionalverkehr separat zu betrachten. Je nach Leistungsvereinbarung könnten nämlich gewisse Lenkungs Kompetenzen bei den EVU nur eingeschränkt vorhanden sein.

### ***Kunden von EVU des Personenverkehrs***

Die Kunden von EVU im Personenverkehr sind in erster Linie deren Fahrgäste. Diese Zielgruppe ist äusserst heterogen, weshalb eine Segmentierung für eine gezielte Lenkung in der Regel notwendig ist. Eine typische Unterscheidung betrifft den Pendler- und Freizeitverkehr. Fahrgäste können nur indirekt mit ihrem Nachfrageverhalten die Leistungsfähigkeit des Schienennetzes beeinflussen. Die erfolgreiche Lenkung weniger Fahrgäste hat dabei keine Wirkung. Erst die Verhaltensänderung einer grossen Anzahl von Fahrgästen ermöglicht es den EVU, ihr Fahrplanangebot (längerfristig) anzupassen. Eine solche Lenkung ist sehr anspruchsvoll, weil die richtige Anreizhöhe schwierig zu ermitteln ist.

Die Kantone als Besteller des (Regionalverkehrs-)Angebots können ebenfalls als Kunden von EVU im Personenverkehr aufgefasst werden. Die Angebotsbestellungen von Kantonen haben eine hohe und direkte Wirkung auf die notwendigen Kapazitäten. Deren Lenkung ist daher aus Sicht einer optimalen Netznutzung von grosser Wichtigkeit. Zudem können die Bedürfnisse, Forderungen und Flexibilitäten für jeden Kanton individuell ermittelt werden, was eine weitaus zielgerichtetere Lenkung erlaubt als bei Fahrgästen.

### ***EVU des Güterverkehrs***

Güterbahnen unterscheiden sich bezüglich einer allfälligen Lenkung in vielen Aspekten von den Personenbahnen.

Zum einen existieren im Güterverkehr oftmals komplexe Geschäftsbeziehungen (siehe Anhang A 1). Es muss beim Güterverkehr daher jeweils genau analysiert werden, ob Güterbahnen als Zielgruppe eines Lenkungsinstrumentes überhaupt in der Lage sind, die gewünschte Veränderung des Verhaltens selber oder bei ihren Kunden vorzunehmen.

Zum anderen betreiben (ehemals) staatliche Güterbahnen meist angebots- und nachfrageorientierte Produktionssysteme. Der Einzelwagenladungsverkehr (EWLV) ist ein typisches angebotsorientiertes Produktionssystem und hat grosse Ähnlichkeiten mit dem Personenverkehr. Beim EWLV wird den Kunden ebenfalls ein Netzwerk angeboten, welche fix definierte Bedienpunkte durch regelmässig verkehrende Züge miteinander verbindet. Dies führt gleich wie beim Personenverkehr zu zahlreichen Randbedingungen an die einzelnen Zugfahrten, um beispielsweise Anschlüsse in den Rangierbahnhöfen oder Zustellzeiten bei den Kunden gewährleisten zu können. Im Gegensatz zum EWLV werden die Züge im Ganzzugverkehr (GZ) nachfrageorientiert gefahren und gemäss den Wünschen der Kunden individuell geplant. Ganzzüge sind daher grundsätzlich einfacher lenkbar. Durch die individuelle und oft kurzfristige Planung der Züge mit den Kunden ergibt sich eher die Möglichkeit, zeitliche und örtliche Lenkungsanreize zu nutzen. Die Wirksamkeit von Lenkungsmassnahmen im Ganzzugsbereich ist im Einzelfall jedoch stark branchen- und kundenabhängig.

### ***Kunden von EVU des Güterverkehrs***

Nutzer von Schienengüterverkehrsleistungen können unterteilt werden in Kunden des EWLV-Systems und Kunden mit Ganzzugverkehren. Analog zum Personenverkehr hat ein einzelner Kunde im EWLV grundsätzlich wenig Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Schienennetzes. Wenn ein Kunde seine Sendungsmengen und -destinationen verändert, so bleibt das Fahrplanangebot des EWLV in der Regel unverändert, weil noch viele weitere Kunden dieses Angebot nutzen. Allerdings gibt es auch Kunden, welche aufgrund ihrer Grösse auf die Ausgestaltung des EWLV-Fahrplanangebots Einfluss nehmen können. Eine allfällige Lenkung von Kunden des EWLV-Angebots wäre demnach primär auf diese wenigen Grosskunden auszurichten. Kunden mit Ganzzugverkehren beeinflussen mit ihren Bestellungen direkt die notwendigen Kapazitäten auf der Schiene. Sie bestimmen zudem auch selber das Nettogewicht des Zuges und stellen möglicherweise eigene Güterwagen, was beides die Fahreigenschaften der Züge beeinflussen kann. Die überschaubare Anzahl von Kunden mit Ganzzugverkehren erlaubt in der Schweiz grundsätzlich individuell auf bestimmte Kunden zugeschnittene Lenkungsinstrumente.

## 2.3.2 Einfluss der potentiellen Zielgruppen auf Lenkungsziele

### **Einleitung**

In Kapitel 5.2 wurden grundsätzliche Kriterien identifiziert, welche einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben können. In den nachfolgenden Kapiteln soll nun untersucht werden, ob diese durch die in Kapitel 2.1 identifizierten Akteure

- weitgehend eigenständig [✓]
- mit gewissen Einschränkungen [(✓)] oder
- praktisch nicht [✗]

beeinflusst werden können. Dies ist eine wichtige Grundlage, um nach der Definition des Zielsystems einer optimalen Kapazitätsnutzung die richtigen Zielgruppen auswählen und für diese geeignete Lenkungsinstrumente entwickeln zu können (siehe Kapitel 7).

### **Beschleunigung, Bremsverzögerung, maximale Geschwindigkeit und Zuglängen**

Die EVU im Personenverkehr können die Beschleunigung, Bremsverzögerung, maximale Geschwindigkeit und Zuglängen ihrer Züge weitgehend selbständig beeinflussen. Dies liegt zum einen daran, dass ihnen das Rollmaterial gehört und diese Kriterien somit über die Anforderungskataloge bei Rollmaterialbeschaffungen festlegen können. Zum anderen haben sie bei der Planung der Züge auch die Möglichkeit, zusätzliche Lokomotiven zur Steigerung der Beschleunigung einzuplanen und Zuglängen bedarfsgerecht festzulegen. Schliesslich verändert sich das Zuggewicht als wichtiger Einflussfaktor auf die Beschleunigung und Bremsverzögerung im Personenverkehr auch bei einer hohen Zugauslastung nicht wesentlich<sup>1</sup>.

Die Situation ist im Güterverkehr wesentlich komplexer. Das liegt zu einen daran, dass das Rollmaterial sowohl den EVU als auch deren Kunden gehören kann und die Besitzverhältnisse der Güterwagen innerhalb eines Zuges zudem oftmals heterogen ist. Zudem kann der Gewichtsunterschied zwischen einem leeren und einem voll beladenen Zug anders als beim Per-

---

<sup>1</sup> Der Gewichtsunterschied zwischen einem leeren und einem voll beladenen Doppelstockzug mit 11 Wagen beträgt als Beispiel nur etwa 12% (Berechnungsgrundlagen: 11 Wagen à 47t, 1 Lokomotive à 80t; 1'000 Fahrgäste à 75 kg bei Vollbelad).

sonenverkehr mehrere hundert Prozent betragen<sup>2</sup>. Zwar hat die Zuladung somit einen entscheidenden Einfluss auf die Beschleunigung, Bremsverzögerung und maximale Geschwindigkeit von Güterzügen, doch wird sie hier als möglicher Ansatzpunkt zur Optimierung der Netznutzung ausgeschlossen. Die Folge wäre nämlich ein Trend zu leichteren Zügen, was mehr Güterzüge notwendig machen und die Leistungsfähigkeit der Eisenbahnstrecken reduzieren würde<sup>3</sup>.

Es stellt sich nun die Frage, ob im Güterverkehr die Beschleunigung, Bremsverzögerung und maximale Geschwindigkeit auch bei gegebenem Zuggewicht wirksam durch die EVU oder ihre Kunden verändert werden können. Die EVU können die Beschleunigungsfähigkeit von Zügen durch den Einsatz zusätzlicher Lokomotiven eigenständig erhöhen. Die Kunden haben darauf keinen Einfluss. Die Höhe der Bremsverzögerung und die maximale Geschwindigkeit eines Güterwagens liegen im Einflussbereich des Wagenstellers. Bei Ganzzugverkehren ist dies entweder das EVU oder ein Kunde. Im EWLK ist die Situation deutlich komplexer, weil es innerhalb eines Zuges mehrere Wagensteller geben kann. Das können sowohl das EVU als auch (mehrere) Kunden sein. Die spezifische Zusammensetzung der Wagenhalter auf EWLK-Zügen kann sich zudem ständig ändern und ist vorgängig nicht ermittelbar.

Schliesslich nimmt die Wirkung von Güterwagen mit erhöhter Bremsverzögerung mit deren Anzahl im Zugverband linear zu. Bei der erlaubten Maximalgeschwindigkeit eines Zuges ist zudem der Güterwagen mit der tiefsten maximalen Geschwindigkeit bestimmend<sup>4</sup>. Die Wirkung eines Güterwagens mit hoher Zulassungsgeschwindigkeit ist also nur gegeben, wenn alle anderen Güterwagen im Zugverband die gleiche Zulassungsgeschwindigkeit haben. Dies führt zur Schlussfolgerung, dass die Wagensteller im EWLK einzeln nur sehr beschränkt die Bremsverzögerung und maximale Geschwindigkeit eines EWLK-Zuges beeinflussen können. Eine spürbare Wirkung tritt erst ein, wenn ein Grossteil der beteiligten Akteure mitzieht.

Mit Bezug auf die Beeinflussbarkeit der Zuglänge muss im Güterverkehr zwischen der maximal möglichen und der effektiven Zuglänge unterschieden werden. Innerhalb der durch den

---

<sup>2</sup> Der Gewichtsunterschied zwischen einem leeren und einem voll beladenen Mineralölzug mit 18 Wagen beträgt als Beispiel fast 200% (Berechnungsgrundlagen: 18 Wagen des GATX-Typs 1085 mit 22.5t Eigengewicht und 50t Zuladung sowie einer Lokomotive à 80t)

<sup>3</sup> Mit dieser Begründung könnte im Umkehrschluss ein Anreiz zu höheren Zuggewichten gefordert werden. Ein solcher ist allerdings nicht notwendig, weil dieser für die EVU und Kunden aus wirtschaftlichen Gründen bereits gegeben ist.

<sup>4</sup> Zusätzlich können auch Steigungen die maximale Geschwindigkeit eines Zuges reduzieren. Dieser Effekt wird hier jedoch vernachlässigt, weil Steigungen im Mittelland in der Regel nur kurz sind. Auf den Bergstrecken durch die Alpen ist eine Erhöhung der Maximalgeschwindigkeit keine realistische Option.

Infrastrukturbetreiber festgelegten Grenzen liegt es in der alleinigen Verantwortung der EVU, die maximalen Längen ihrer Züge festzulegen. In der Regel wird sie die infrastrukturellen Grenzwerte aus ökonomischen Gründen möglichst zu übernehmen versuchen. Die effektive Zuglänge hängt hingegen stark vom Transportvolumen der Kunden ab. Bei den Ganzzügen kann die EVU möglicherweise eine Minimallänge vorschreiben, sofern der Transportpreis von der Anzahl transportierter Wagen abhängt. Bei einem fixen Transportpreis pro Relation liegt die Verantwortung über die effektive Zuglänge aber ausschliesslich beim Kunden. Auch der Kunde wird aus ökonomischen Gründen eine möglichst hohe Zuglängenauslastung anstreben. Im EWLK ist die Beeinflussung der effektiven Zuglänge aufgrund des angebotsorientierten Konzeptes ein schwieriges Unterfangen. In gewissen Fällen wird die EVU schlecht ausgelastete Angebotszüge zusammenlegen oder streichen können. Hierzu muss aber vorgängig eine Vielzahl von Restriktionen beachtet werden, wie zum Beispiel die Sicherstellung von Anschlüssen in Rangierbahnhöfen. Der Einfluss auf die effektive Zuglänge (bzw. Zugauslastung) ist für das EVU daher im EWLK stark eingeschränkt. Sie wird primär durch das Verkehrsaufkommen und somit durch die Kunden geprägt.

Die Ergebnisse dieser Überlegungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Sie zeigt, dass mit dem Ziel einer höheren Beschleunigungsfähigkeit der Züge die EVU des Personen- und Güterverkehrs mit Anreizen gelenkt werden müssten. In Bezug auf die Bremsverzögerung, der maximalen Geschwindigkeit und der Zuglänge kämen beim Personenverkehr wiederum nur die EVU als Zielgruppe in Frage. Beim Güterverkehr erschweren zahlreiche Randbedingungen und Abhängigkeiten eine zielgerichtete Lenkung deutlich. Eine klare Zuordnung der Verantwortlichkeiten ist lediglich bei der Festlegung der maximalen Geschwindigkeit und Bremsverzögerung in Ganzzugverkehren möglich. Innerhalb eines Ganzzuges ist dies entweder die EVU oder der Kunde.

Tabelle 2-1 Beeinflussbarkeit der Beschleunigung, Bremsverzögerung, maximalen Geschwindigkeit und Zuglänge durch Akteure

je Zug	EVU G-Verkehr		Kunden G-Verkehr		EVU P-Verkehr		Kunden P-Verkehr	
	EWLV	GZ	EWLV	GZ	FV	RV	Kantone	Fahrgäste
Beschleunigung	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Bremsverzögerung	(✓) <sup>1</sup>	✓ <sup>1</sup>	(✓) <sup>2</sup>	✓ <sup>2</sup>	✓	✓	✗	✗
Maximale Geschw.	(✓) <sup>1</sup>	✓ <sup>1</sup>	(✓) <sup>2</sup>	✓ <sup>2</sup>	✓	✓	✗	✗
Zuglänge	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	✓	✓	✗	✗

<sup>1</sup> falls EVU (auch) Wagensteller

<sup>2</sup> falls Kunde(n) (auch) Wagensteller

### **Anzahl geplante Halte und Haltezeiten**

Die Anbindung von Städten und Dörfern an Fernverkehrs- und Regionalverkehrszügen ist von grosser (volks-)wirtschaftlicher Tragweite. Nicht überraschend will die Politik deshalb auch auf die Halte der Regional- und Fernverkehrszüge Einfluss nehmen. Im Regionalverkehr ist der Einfluss der Kantone besonders gross, weil sie das Angebot selber bestellen und bezahlen. Effektiv besteht im Regionalverkehr deshalb für die EVU keine reale Beeinflussbarkeit der Anzahl Halte ihrer Züge. Im Fernverkehr sind die SBB primär verantwortlich für die Gestaltung ihres Angebots. Nichtsdestotrotz müssen sie auch in diesem Bereich die Kantone in die Planung ihres Angebots miteinbeziehen, was auch die geplanten Halte betrifft.

Für die durchschnittlichen Haltezeiten der Fern- und Regionalverkehrszüge sind die EVU hingegen stark von ihren Fahrgästen abhängig. Zwar können die EVU durch Massnahmen am Rollmaterial (Türanzahl und -breite, Länge der Züge, Anordnung der Klassen, ...) die nötigen Voraussetzungen für einen effizienten Fahrgastwechsel schaffen, doch müssen die Fahrgäste ihr Verhalten auch entsprechend anpassen. Dies betrifft primär deren möglichst gleichmässige Verteilung am Perron, ohne das ein rascher Fahrgastwechsel bei hohem Aufkommen nicht möglich ist. Zudem ist die durchschnittliche Haltezeit auch von der absoluten Zahl der Fahrgastwechsel beeinflusst. In Hauptverkehrszeiten wird diese höher sein als in Randstunden. In dieser Beziehung kann die EVU ohne Verhaltensänderung der Fahrgäste ebenfalls wenig ausrichten.

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse als Zusammenfassung. Für eine Lenkung der Anzahl Halte im Regionalverkehr wären die Kantone die Zielgruppe. Im Fernverkehr sind dies primär die EVU



und sekundär wiederum die Kantone. Für eine Lenkung der durchschnittlichen Haltezeiten besteht die Zielgruppe aus den EVU und ihren Fahrgästen.

Tabelle 2-2 Beeinflussbarkeit der Halte und Haltezeiten durch Akteure

je Zug	EVU G-Verkehr		Kunden G-Verkehr		EVU P-Verkehr		Kunden P-Verkehr	
	EWLV	GZ	EWLV	GZ	FV	RV	Kantone	Fahrgäste
# geplante Halte	-	-	-	-	(✓)	✗	(✓) <sup>1</sup> / ✓ <sup>2</sup>	✗
∅ Haltezeiten	-	-	-	-	(✓)	(✓)	✗	(✓)

<sup>1</sup> Fernverkehr

<sup>2</sup> Regionalverkehr

### **Routenwahl und Verkehrszeit**

Die Routenwahl zwischen zwei geplanten Halten ist ausschliesslich in der Verantwortung der EVU und somit auch weitgehend eigenständig durch diese beeinflussbar. Ihr Spielraum ist allerdings stark von den Abständen der Haltestellen abhängig. Im Regionalverkehr sind diese so klein, dass die Route faktisch vorgegeben ist. Von einer Beeinflussbarkeit seitens der EVU kann beim Regionalverkehr deshalb nicht ausgegangen werden. Dies gilt im Wesentlichen auch für den Fernverkehr. Zwar sind dort die Distanzen etwas grösser, doch sind diese in der Schweiz immer noch zu kurz für realistische Alternativen in der Routenwahl. Lediglich bei der Verknüpfung von Teilrouten zu einem Linienverlauf besteht ein gewisser Spielraum für die EVU.

Güterbahnen verfügen in dieser Beziehung über einen deutlich grösseren Spielraum. Im EWLV bestimmt eine EVU mit ihrem Produktionskonzept wesentlich die Routenwahl. So werden in der Schweiz die Verkehre zwischen den Bedienpunkten des EWLV in der Regel über mindestens einen der drei grossen Rangierbahnhöfe Limmattal, Basel und Lausanne geleitet. Dies scheint aktuell die kostengünstigste Produktionsform zu sein. Unter veränderten Bedingungen wäre es für SBB Cargo als Anbieter dieses Services aber durchaus möglich, ihr Produktionskonzept z.B. mit vermehrten Direktzügen anzupassen und damit die Routen gewisser Züge zu beeinflussen. Auch im Ganzzugverkehr verfügen die Güterbahnen oftmals über Wahlmöglichkeiten bei der Routenplanung. Dies trifft insbesondere für längere internationale Verkehre zu.

Bei der Verkehrszeit ihrer Züge hat der Güterverkehr ebenfalls deutlich mehr Spielraum als der Personenverkehr. Im EWLV sind es die EVU, welche die genauen Abfahrts- und Ankunftszeiten ihrer Züge festlegen. Die Kunden haben sich weitgehend nach diesem Angebot



zu richten. Innerhalb der Schweiz erfolgt die Zustellung im EWLV zudem jeweils am darauffolgenden Tag. Dies gibt einen gewissen zeitlichen Spielraum bei der Planung der Nah- und Fernverkehrszüge im EWLV. Im Ganzzugverkehr ist der Spielraum noch etwas grösser, weil die Verkehrszeiten der Züge individuell festgelegt werden können. Diese müssen jedoch mit dem jeweiligen Kunden abgesprochen werden. Im Personenverkehr ist die Beeinflussbarkeit der Verkehrszeit durch die beteiligten Akteure deutlich schwieriger zu eruieren. Die Verkehrszeiten der Züge im Personenverkehr sind primär von der Nachfrage bestimmt. Somit haben die Fahrgäste mit ihrem Pendler- und Freizeitverhalten einen indirekten Einfluss auf die Verkehrszeiten der Züge. Diese effektiv verändern können aber nur die EVU selber oder die Kantone mit ihren Bestellungen. Die EVU haben prinzipiell auch die Möglichkeit durch ihr Tarifsystem oder über eine bewusste Verknappung des Angebots Einfluss auf die zeitliche Nachfrage zu nehmen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Als Zielgruppe für eine Lenkung der Routenwahl kommen nur die Güterbahnen in Frage. Bei der Lenkung der Verkehrszeit gelten die Güterbahnen ebenfalls als primäre Zielgruppe, wobei im Fall von Ganzzugverkehren die Kunden entscheidenden Einfluss auf die Verkehrszeit nehmen können. Im Personenverkehr sind die EVU beziehungsweise die Kantone als Besteller des Regionalverkehrsangebots die Hauptzielgruppen, da nur sie die Verkehrszeiten effektiv ändern können. Die Fahrgäste haben jedoch mit ihrem Verkehrsverhalten einen entscheidenden Einfluss auf die Ausgestaltung des Angebots.

Tabelle 2-3 Beeinflussbarkeit der Routenwahl und Verkehrszeit durch Akteure

je Zug	EVU G-Verkehr		Kunden G-Verkehr		EVU P-Verkehr		Kunden P-Verkehr	
	EWLV	GZ	EWLV	GZ	FV	RV	Kantone	Fahrgäste
Verkehrszeit	✓	(✓)	✗	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
Routenwahl	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗

### 3 TP3 – Netznutzungsformen

#### 3.1 Definition

Betrachtet werden typische Netznutzer des schweizerischen Normalspurnetzes. Daneben werden Sonderfälle der deutschen Verhältnisse miteinbezogen, um eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auch auf dieses Netz gewährleisten, respektive schweizerische Verhältnisse mit denen des deutschen Netzes vergleichen zu können.

Folgende Unterteilung ist im Kontext dieser Arbeit vorgesehen, sie kann daher von anders lautenden Definitionen abweichen:

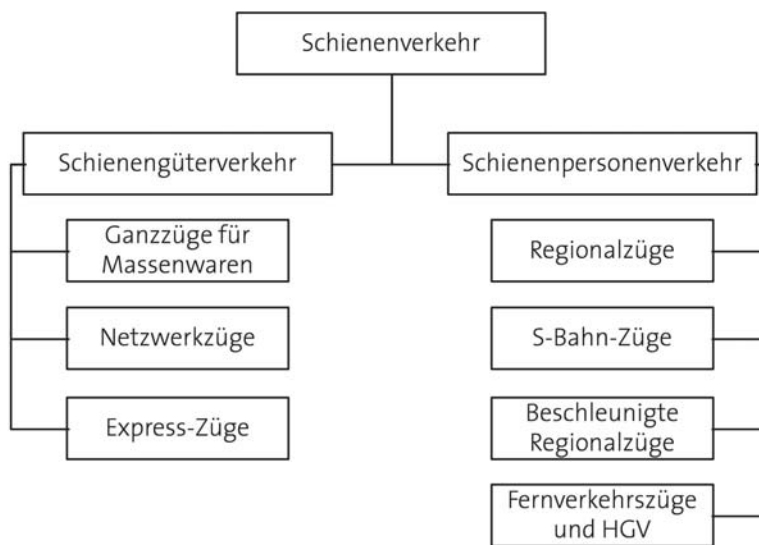


Abbildung 3-1 Typische Netznutzer des schweizerischen Normalspurnetzes

In Anlehnung an [2] und [34] werden die vier Netznutzer des Güterverkehrs folgendermassen definiert:

- Ganzzüge für Massenwaren: kundenspezifische Zugbildung (ein Kunde); Transport grosser Massen relativ tiefpreisiger Ware, z.B. von Rohstoffen
- Netzwerkzüge: Einzelwagen-, Block-, oder Ganzzüge, die in ein Netzwerk von Behandlungsanlagen (Terminals, Rangierbahnhöfe) eingebunden (Hauptlauf), repsekti-

ve (Vor-/Nachlauf) angebunden sind, z.B. „Rollende Landstrasse“, Ferngüterzug zwischen zwei Rangierbahnhöfen (mehrere Kunden)

- Express-Züge: Ganzzüge, die über eine längere Periode unverändert verkehren; verkehren zwischen Kunden mit Anschlussgleisen als direkter Verkehr und sind Bestandteil eines Produktions- oder Distributionsprozesses (Kombinierter Verkehr) und befördern eilige und relativ hochwertige Güter, z.B. Postzüge oder Lebensmitteltransporte (mehrere Kunden)

Analog werden die Netznutzer des Personenverkehrs nach [33] definiert:

- Regionalzüge: Verkehrliche Funktion des Sammelns (Halt an allen Stationen) und der Anbindung von Regionen ausserhalb der Agglomerationen an nächsten Anschlussknoten (Produktstufe C3)
- S-Bahn-Züge: Verkehrliche Funktion des Sammelns (Halt an allen Stationen) und der Feinerschliessung der Zentren und Gürtel von Grossagglomerationen (ohne Express-S-Bahnen, Produktstufe C1, C2)
- Beschleunigte Regionalzüge: Verkehrliche Funktion des Verbindens von Gross- und Mittelstädten (Halt an ausgewählten Stationen), teilweise nach Regeln des Nahverkehrs finanziert, z.B. RegioExpress, teilweise eigenwirtschaftlich betriebenes Fernverkehrsprodukt, z.B. InterrRegio (Produktstufe B1)
- Fernverkehrszüge und HGV: Verkehrliche Funktion des Durchleitens und der Verbindung von Grossstädten untereinander (Produktstufe A2)

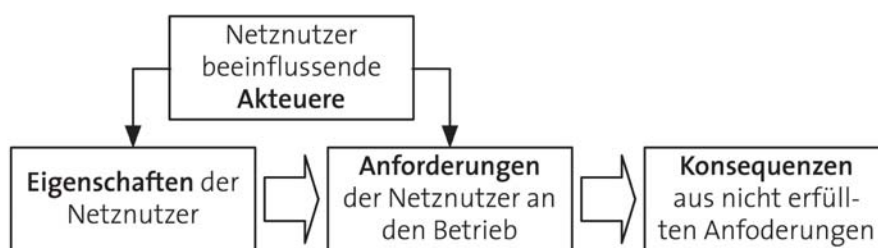


Abbildung 3-2 Vorgehen bei der Analyse der Kapazitätsnutzungsformen

Zunächst werden die Eigenschaften der ausgewählten Netznutzer näher beschrieben, hiernach die Anforderungen abgeleitet, die sich einerseits aus den Eigenschaften und andererseits aus den übergeordneten Anforderungen seitens der involvierten Akteure ergeben. Neben einem Einfluss auf die Anforderungen eines Netznutzers, wirken die Akteure und ihre Interessen teilweise auch auf deren generellen Eigenschaften ein. Letztlich werden die Konsequenzen aus den nicht erfüllten Anforderungen hergeleitet.

### 3.2 Eigenschaften

In der folgenden Tabelle 3-1 sind die betrieblichen Produkt-Eigenschaften dieser ausgewählten Netznutzer genauer spezifiziert. In der oberen Hälfte sind die wichtigsten Zueigenschaften als repräsentative Netznutzer



in qualitativer Weise definiert. In der unteren Hälfte sind typische Eigenschaften der Netznutzer aufgelistet, wie diese sich im Betriebsablauf bemerkbar machen. Zudem ist für jeden Netznutzer ein Beispielzug aus der Praxis aufgeführt.

Neben den betrieblichen Eigenschaften sind in Tabelle 3-2 die Eigenschaften der Netznutzer organisatorischer Art beschrieben. Hierzu zählen Spezifika hinsichtlich der Marktposition, des Bestellverhaltens von Trassen, der Zahlungsbereitschaft, der Ertragskraft des Produktes, sowie der unternehmerischen Unabhängigkeit des Betreibers.

Produkt-Eigenschaften der Netznutzer	Schienengüterverkehr				Schienenpersonenverkehr			
	Ganzzüge für Massenwaren	Netzwerkzüge	Express-Züge	Regionalzüge	S-Bahn-Züge	Beschleunigte Regionalzüge	Fernverkehrszüge und HGV	
Generell, aus Zugbildung und Traktion	Bsp.: CS Wolfurt – Moerdijk	Bsp.: TEC Niederglatt – Rotterdam	Bsp.: Postzug Härkingen – Frauenfeld	Bsp.: Regio Ziegelbrücke – Chur	Bsp.: S-Bahn Zürich	Bsp.: RE St. Gallen – Chur	Bsp.: IC St. Gallen – Genf	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht ↑, dann</li> <li>• Länge → bis →</li> <li>• Gewicht → dann</li> <li>• Länge ↑</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen ↓</li> <li>• Teils Mehrsystemtraktion für grenzüberschreitenden Verkehr, sonst Lokwechsel an EIU-Grenzen</li> <li>• Übergabe an weitere EVU im Vor-/Nachlauf</li> <li>• meist Dieseltraktion bei Übergabefahrten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht → bis ↑</li> <li>• Länge → bis ↑</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen ↓</li> <li>• Teils Mehrsystemtraktion für grenzüberschreitenden Verkehr, sonst Lokwechsel an EIU-Grenzen</li> <li>• Übergabe an weitere EVU im Vor-/Nachlauf</li> <li>• meist Dieseltraktion bei Übergabefahrten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht → bis ↑</li> <li>• Länge →</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen →</li> <li>• Keine Lokwechsel und Zwischenstops</li> <li>• Tendenziell kurze Zugläufe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht ↓ bis →</li> <li>• Länge ↓ bis →</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen ↑</li> <li>• Haltezeiten an Unterwegsbahnhöfen bis →</li> <li>• Meist Pendel-/Wendezüge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht ↓ bis →</li> <li>• Länge ↓ bis →</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen ↑</li> <li>• Haltezeiten an Unterwegsbahnhöfen bis →</li> <li>• Pendel-/Wendezüge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht → bis →</li> <li>• Länge → bis →</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen →</li> <li>• Haltezeiten an Unterwegsbahnhöfen → bis</li> <li>• Meist Pendel-/Wendezüge, aber auch noch Züge mit Lokwechsel bei Fahrtrichtungswechsel und an EIU-Grenzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht → bis →</li> <li>• Länge → bis →</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen →</li> <li>• Haltezeiten an Unterwegsbahnhöfen → bis</li> <li>• Meist Pendel-/Wendezüge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewicht → bis →</li> <li>• Länge → bis →</li> <li>• Beschleunigungs-/Bremsvermögen →</li> <li>• Haltezeiten an Unterwegsbahnhöfen → bis</li> <li>• Meist Pendel-/Wendezüge</li> </ul>
Im Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Zugläufe mit potentiellen Einbruchverspätungen aus anderen Netzen</li> <li>• Traktionsverhältnis relativ homogen</li> <li>• Verkehrt tendenziell nachfrageorientiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Zugläufe mit potentiellen Einbruchverspätungen aus anderen Netzen</li> <li>• Abfahrtszeitpunkt schwankend (tendenziell verfrüht), Abhängig von der Leistung des Rbf. und der Zugauslastung</li> <li>• Traktionsverhältnis sehr schwankend bei tiefer Auslastung</li> <li>• Verkehrt tendenziell nach starrem Fahrplan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung des Fahrplans prioritär (vs. Mitnahme aller Ladungen)</li> <li>• Traktionsverhältnis relativ homogen</li> <li>• Verkehrt tendenziell nach starrem Fahrplan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufige Halte mit potentiellen Haltezeitverlängerungen</li> <li>• Kurze Wendezeiten mit potentiellen Verspätungsübertragungen</li> <li>• Traktionsverhältnis homogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufige Halte mit potentiellen Haltezeitverlängerungen</li> <li>• Kurze Wendezeiten mit potentiellen Verspätungsübertragungen</li> <li>• Traktionsverhältnis homogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traktionsverhältnis eher schwankend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Zugläufe mit potentiellen Einbruchverspätungen aus anderen Netzen</li> <li>• Erhöhtes Risiko der Störungsentstehung bei Systemwechsel an Grenzen</li> <li>• Traktionsverhältnis eher schwankend (in NVZ Traktionsreserven aufgrund von ZLR für HVZ)</li> </ul>	

Tabelle 3-1 Produkt-Eigenschaften der Netznutzer (Auswahl)

Organisatorische Eigenschaften der Netznutzer	Schienengüterverkehr				Schienenpersonenverkehr			
	Ganzzüge für Massenwaren	Netzwerkzüge	Express-Züge	Regionalzüge	S-Bahn-Züge	Beschleunigte Regionalzüge	Fernverkehrs- und HG	
Marktposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitgehend vollständig liberalisierter Markt</li> <li>• Vielzahl an EVU</li> <li>• Starker intramodaler Wettbewerb, kaum intermodal gebunden an Schienenverkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KV: Liberalisiert, intra- und intermodaler Wettbewerb</li> <li>• WL.V: Meist in Hand der nationalen Cargo-EVU, intermodaler Wettbewerb, rückläufig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liberalisiert</li> <li>• Inter- und untramodaler Wettbewerb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH: Vergabe durch Bund und Kantone an KTU, Ausschreibungen unüblich, kaum Wettbewerb (Leistungsvereinbarung LV)</li> <li>• D: Ausschreibung und Vergabe von regionalen Netzen; auch Vergabe an private EVU</li> <li>• Günstige intermodale Wettbewerbssituation in Agglomerationen aufgrund höherer Attraktivität der Schiene</li> <li>• Ausserhalb der Agglomerationen intermodale Wettbewerbssituation eher schlecht, Hauptzweck Grunderschliessung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im bestellten RV (z.B. RE); siehe unter „Regionalzüge“</li> <li>• Im eigenwirt. FV (z. B. IR) derzeit noch in Hand der nationalen Incumbent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bsp.: RE St. Gallen - Chur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bsp.: IC St. Gallen - Genf</li> <li>• De facto Monopole des nationalen Incumbent</li> <li>• In D formal liberalisiert, aber noch kein nennenswerter Betrieb privater EVU</li> <li>• Im internationalen FV meist Kooperationen</li> </ul>	
Bestellverhalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehre tlw. dis-positiv</li> <li>• Relativ kurzfristige Bestellungen</li> <li>• Hohe Flexibilität (Abbestellungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Züge verkehren im Netzwerk nach Fahrplan</li> <li>• WL.V: Anschluss-fahrten bedarfs-mässig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Züge verkehren im Netzwerk nach starrem Fahrplan</li> <li>• Längerfristige Transportaufträge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage der Trasse abgestimmt auf FV</li> <li>• Gesicherte Einnahmen durch LV zwischen Besteller und EVU</li> <li>• Ertragskraft eher gering, hoher Subventionsbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrplan meist über mehrere Jahre hinweg definiert</li> <li>• Kurzfristige Trassen(ab)bestellungen sehr unüblich</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trassen mittel- bis langfristig bekannt</li> <li>• Mit fortschreitender Liberalisierung ad-hoc-Verkehre auf nachfragestarken Linien denkbar</li> </ul>
Zahlungsbereitschaft und Ertragskraft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Preisdruck durch intramodalen Wettbewerb</li> <li>• Zahlungsbereitschaft eher niedrig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Preisdruck durch intra- und intermodalen Wettbewerb</li> <li>• Zahlungsbereitschaft eher niedrig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intermodaler Wettbewerb</li> <li>• Qualität gegenüber Preis höher gewichtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage der Trasse essentiell wichtig, um vertaktes System zu ermöglichen</li> <li>• Gesicherte Einnahmen durch LV zwischen Besteller und EVU</li> <li>• Im FV: durch Eigenwirtschaftlichkeit begrenzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im bestellten RV: gesicherte Einnahmen durch Leistungsvereinbarungen zwischen Besteller und EVU</li> <li>• Im FV: durch Eigenwirtschaftlichkeit begrenzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im bestellten RV: Tochtergesellschaften der nationalen Transportdienstleister</li> <li>• Im grenzüberschreitenden FV Kooperationen zwischen EVU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlungsbereitschaft durch intermodale Wettbewerbsfähigkeit begrenzt</li> <li>• Ertragskraft verhältnismässig hoch</li> </ul>	
Unternehmerische Unabhängigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargo-EVU sowohl Töchter grosser Transportdienstleister</li> <li>• Daneben Vielzahl an privater unabhängiger EVU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WL.V: meist nationale Cargo-EVU Töchter grosser Transportdienstleister</li> <li>• KV: Zunehmend private unabhängige EVU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU führt Transport im Auftrag von Logistikkanbiern durch</li> <li>• Sowohl Cargo-EVU nationaler Transportdienstleister, als auch eigenwirtschaftliche private EVU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH: EVU meist Tochter eines nationalen Transportdienstleisters, nämlich SBB/BLS</li> <li>• In D daneben ebenfalls Netze in Hand privater EVU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CH: EVU meist Tochter eines nationalen Transportdienstleisters, nämlich SBB/BLS</li> <li>• In D daneben zunehmend auch S-Bahn-Netze in Hand privater EVU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im bestellten RV: EVU meist Tochter eines nationalen Transportdienstleisters, in D tlw. private EVU</li> <li>• Im eigenwirt. FV: EVU Tochter des nat. Transportdienstleisters</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tochtergesellschaften der nationalen Transportdienstleister</li> <li>• Im grenzüberschreitenden FV Kooperationen zwischen EVU</li> </ul>	

Tabelle 3-2 Organisatorische Eigenschaften der Netznutzer (Auswahl)

### 3.3 Akteursgefüge

Nach Definition der wichtigsten Netznutzer sollen deren Anforderungen an das Netz und die seitens EIU bereitgestellten Trassen definiert werden.



Dabei sind die konkreten Anforderungen eine Folge der übergeordneten Interessen verschiedener Akteure. Für den Güter- und Personenverkehr sollen die folgenden Abbildungen und Ausführungen die betriebliche Einflussnahme und die Interessen der beteiligten Akteure auszugsweise und ohne Anspruch auf Vollständigkeit darstellen. Vorhandene Beeinflussungen zwischen den Akteuren untereinander sind zugunsten der Übersichtlichkeit weggelassen.

#### 3.3.1 Güterverkehr

Um das Akteursgefüge näher untersuchen zu können, wird nochmals auf die drei allgemein üblichen Gruppen der Güterverkehrsprodukte (WLV, KV und Ganzzüge für Massenwaren) eingegangen und diese voran den im Kontext dieser Arbeit definierten Netznutzern zugeordnet. Abbildung 3-3 zeigt die Zuordnung des KV und des WLV zu den Netzwerkzügen, Express-Züge sind dagegen bis auf vereinzelte Ausnahmen (z.B. Postzüge) immer Produkte des KV.

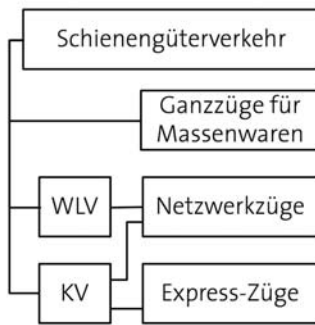


Abbildung 3-3 Zuordnung der Güterverkehrsprodukte WLV und KV zu den definierten Netznutzern „Netzwerkzüge“ und „Express-Züge“

### Wagenladungs- und Ganzzugverkehr



Abbildung 3-4 Akteure im Güterverkehr, Beispiel „klassischer“ Wagenladungsverkehr (WLV), sowie deren Interessen [eigene Darstellung]

Als Akteure im Wagenladungs- und Ganzzugverkehr von Massenwaren treten gegenüber dem EIU im Wesentlichen drei Akteure in Erscheinung:

- Übergeordnet der Staat, der durch Regulierung und Förderung das Ziel der Verkehrsverlagerung anstrebt (z.B. [5]),
- die Kunden (respektive der Kunde im Ganzzugverkehr), die eine zuverlässige Verkehrsleistung im Rahmen seiner Produktionsprozesse erwarten (z.B. [12]),
- das ausführende EVU, das neben einer zuverlässigen Produktion einen daraus resultierenden, optimalen Mitteleinsatz und eine verlässliche Ressourcenplanung anstrebt.



## Kombinierter Verkehr

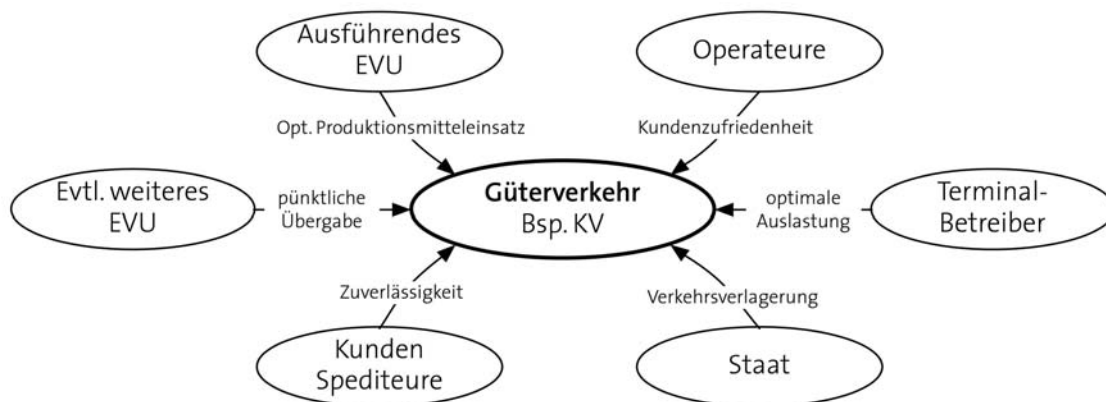


Abbildung 3-5 Akteure im Güterverkehr, Beispiel Kombiniertes Verkehr (KV), sowie deren Interessen [eigene Darstellung]

In den beiden vorangehenden Abbildungen ist deutlich die zunehmende Akteurs-Anzahl gegenüber dem Wagenladungs- und Ganzzugverkehr für Massenwaren zu erkennen. Neben den dort bereits genannten, treten folgende Akteure zusätzlich gegenüber dem EIU in Erscheinung:

- Die den Transportprozess organisierenden Operateure, die im Wettbewerb um ihre Kunden einen zuverlässigen Transportprozess gewährleisten müssen,
- private Terminalbetreiber, die dessen optimale Auslastung und Planungssicherheit anstreben,
- Eventuelle weitere EVU, die im Betrieb von internationalen KV-Verbindungen pünktliche Übergaben erwarten, um ihrerseits einen optimalen Ressourceneinsatz zu bewerkstelligen.

Verschärft wird die Problematik der zunehmenden Akteursanzahl durch den Wandel des Schienengüterverkehrs, weg vom klassischen Wagenladungsverkehr (WLV), hin zum Kombinierten Verkehr (KV). 2002 hatte der Wagenladungsverkehr in Europa noch einen Anteil von 40 % am Verkehrsaufkommen (in tkm), dieser ist bis ins Jahr 2008 auf 33 % zurückgegangen. Folgende Ursachen werden hierfür verantwortlich gemacht (nach [15]):

- Das Transportaufkommen steigt überwiegend im Bereich der grenzüberschreitenden Verkehre. Abgesehen von wenigen Verbindungen handelt es sich im WLV um nationale Systeme. Aufgrund von sehr geringen Prioritäten schwanken die Transportzeiten teilweise erheblich, was zu einer nachlassenden Kundenakzeptanz führt.

- Die Preisgestaltung der nationalen Güterbahnen hat zu einer Verschiebung hin zu Ganzzugverkehren/KV geführt, da das Sammeln von Wagen über mehrere Tage im Gleisanschluss und deren gemeinsame Abfuhr günstiger geworden ist. Eine Nutzung des Schienengüterverkehrs im WLV bietet sich daher für moderne „Just-in-time“-Produktionsprozesse nicht mehr an.
- Die nationalen Güterbahnen haben aufgrund von wirtschaftlichem Druck in den letzten Jahren ihre Netze im WLV teilweise deutlich reduziert und damit die Anzahl der Gleisanschlüsse verringert.

Um diesem Trend entgegenzuwirken und wertvolle Marktanteile zurück zu gewinnen haben sich die nationalen mitteleuropäischen Güterbahnen im Rahmen des UIC-Projektes „Xrail“ zu einer Allianz zusammengeschlossen (siehe auch [11]), um folgende Ziele zu erreichen, die sich in Anforderungen an die Trassenverfügbarkeit und den Betrieb niederschlagen:

- Erhöhung der Zuverlässigkeit: mindestens 90 % Pünktlichkeit im internationalen WLV
- Verkürzung der garantierten Transportzeiten auf maximal 3 Werktage
- Transparenz: internationale Fahrpläne von Anschlussgleis zu Anschlussgleis der Kunden und Benachrichtigung im Falle von Verspätungen

Dieser Zielkatalog zeigt, dass es im heutigen WLV im Bereich der genannten Punkte Defizite gibt, die bisher zur Abnahme des WLV geführt haben und damit zu einen Attraktivitätsverlust des Schienengüterverkehrs.

Da der Mangel an Zuverlässigkeit neben dem Transportkosten der meistgenannte Grund für die Wahl eines anderen Transportsystems als das des Schienengüterverkehrs ist (verschiedene Untersuchungen, z.B. [12]), ist es für die Verkehrsverlagerung unabdingbar die Zuverlässigkeit im Schienengüterverkehr signifikant zu verbessern.

Um Anforderungen bezüglich der Pünktlichkeit seitens der Kunden umsetzen zu können, bedürfen Güterzüge in Abhängigkeit von deren Laufweg unter Umständen einer nochmals erhöhten Pünktlichkeitsanforderung im Betrieb.

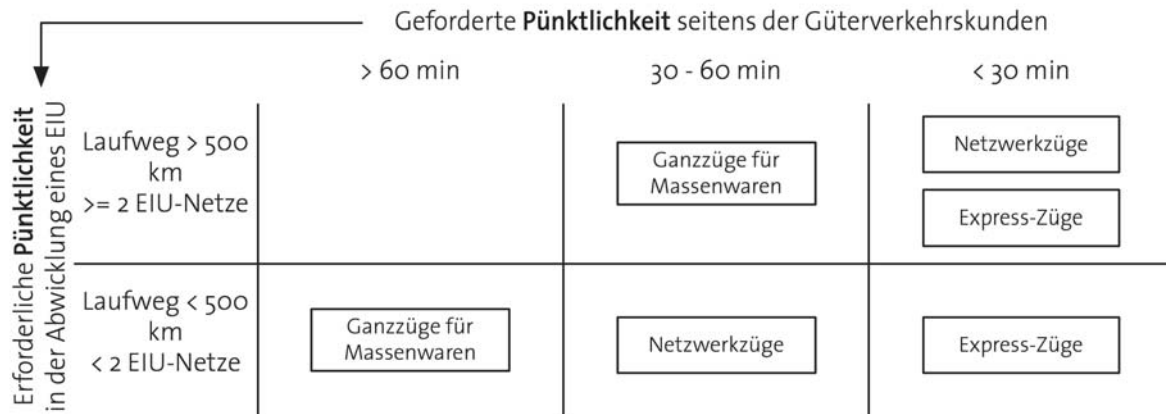


Abbildung 3-6 Einordnung der geforderten Pünktlichkeiten seitens Güterverkehrskunden und der dafür erforderlichen Pünktlichkeit in der Betriebsabwicklung in Abhängigkeit des Laufwegs [eigene Darstellung]

Netzwerkzüge, denen ein Zeitfenster von 30 bis 60 Minuten zur „pünktlichen Ankunft“ beim Kunden zur Verfügung steht, bedürfen bei einem Laufweg von mehr als etwa 500 km und der Nutzung von zwei oder mehr unterschiedlichen EIU-Netzen in der Betriebsabwicklung einer Priorität, die maximal 30 Minuten Verspätung zulässt. In der Praxis hat sich gezeigt, dass nur so die Ansprüche der Kunden erfüllt werden können und eine „pünktliche Ankunft“ im geforderten Zeitfenster garantiert werden kann.

### 3.3.2 Personenverkehr

Analog zum vorhergehenden Kapitel Akteursgefüge im Güterverkehr werden zunächst die vier Netznutzergruppen der Kategorie Nah-, respektive Fernverkehr zugeschieden (Abbildung 3-7). Anschliessend wird für diese beiden Kategorien das Akteursgefüge näher betrachtet.

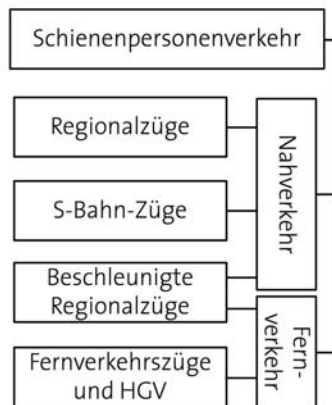


Abbildung 3-7 Zuordnung der Netznutzer zu den Kategorien Nah- und Fernverkehr

Die Zuordnung der Netznutzer „Regionalzüge“ und „S-Bahn-Züge“ zum Nahverkehr ist eindeutig. Im Kontext dieser Arbeit können Produkte der Netznutzergruppe „Beschleunigte Regionalzüge“ sowohl dem Nah-, als auch dem Fernverkehr zugeordnet werden. So stellen beispielsweise InterRegio-Züge – ein Produkt des Fernverkehrs - in der Schweiz die Verbindung der Mittelzentren sicher, welche in Deutschland nach Aufhebung dieser Zuggattung meist durch InterRegioExpress-, oder RegionalExpress-Züge substituiert wurden - beides Produkte des Nahverkehrs.

### Fernverkehr

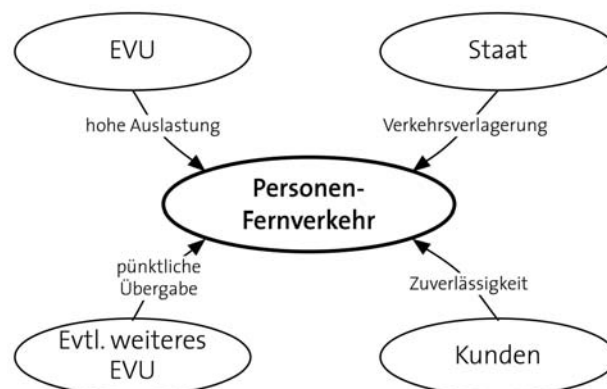


Abbildung 3-8 Akteure im Personen-Fernverkehr, sowie deren Interessen [eigene Darstellung]

Im Personen-Fernverkehr werden gegenüber dem EIU Interessen geltend gemacht durch:

- Den Staat, der im Sinne einer nachhaltigen Mobilität die Verlagerung des Fernverkehrs von der Strasse auf die Schiene anstrebt,
- die Kunden, die neben kurzen Reisezeiten zuverlässige Transportketten erwarten,
- das EVU, das aufgrund des eigenverantwortlichen Betriebes an einer hohen Auslastung und einer Ertragsmaximierung interessiert ist,
- eventuell auftretende weitere EVU, die insbesondere bei internationalen Zugläufen eine pünktlichen Übergabe der Züge erwarten, um nicht vom optimierten Produktionsplan abweichen zu müssen (zusätzliche Kosten aus Verspätungen, Umlaufbrüchen, Dienstplanabweichungen, Ersatzzugbereitstellungen, etc...).

### Nahverkehr

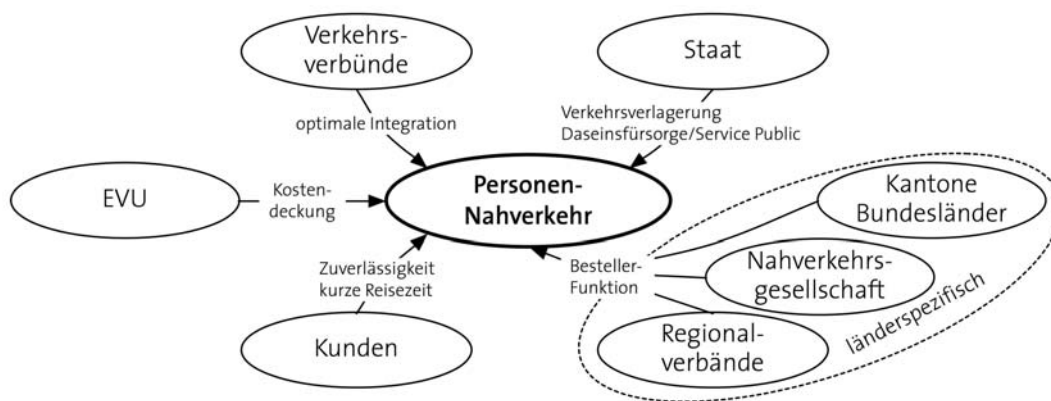


Abbildung 3-9 Akteure im Personen-Nahverkehr, sowie deren Interessen [eigene Darstellung]

Ein ähnliches Bild wie beim Schienengüterverkehr zeigt sich bei der Betrachtung der unterschiedlichen Akteursgefüge zwischen Personen-Fernverkehr und Personen-Nahverkehr. Neben zusätzlichen Akteuren, treten die für den Fernverkehr bereits genannten Akteure auch hier wieder auf, können allerdings andere, oder zusätzliche Interessen vertreten. Dies trifft zu auf:

- Den Staat, der neben der Verkehrsverlagerung dem so genannten „Service Public“ (D: „Daseinsfürsorge“) verpflichtet ist,
- verschiedene, länderspezifische Institutionen, die die Bestellerfunktion wahrnehmen und so für den Ausgleich der Kostenunterdeckung ein Mitspracherecht einfordern,
- die Verkehrsverbände, die eine optimale Integration des Angebots in ihrem Teilnetz anstreben,

- das EVU, das im Falle von Ausschreibungen eine hohe Kostendeckung anstrebt, um die offerierten Verkehrsleistungen ohne Verlust anbieten zu können.

Das seitens der Besteller erwähnte Mitspracherecht kann sich bis auf die Ebene der Betriebsführung hinab auswirken. So wurde im Rahmen eines Betriebsversuches der DB im Jahr 2009 in Nordrhein-Westfalen im Falle von verspäteten Fernverkehrszügen dem Nahverkehr teilweise Vorrang eingeräumt, um somit die Qualitätsanforderungen des Bestellers besser gewährleisten zu können.

### 3.4 Anforderungen

Abgeleitet aus diesen übergeordneten Anforderungen ergeben sich Wünsche

und Ziele bei der Trassenbestellung und Betriebsabwicklung, kanalisiert gegenüber dem EIU durch das bestellende EVU. Tabelle 3-3 beschreibt zum einen die Anforderungen an die Trassen in deren Planung, zum anderen die Anforderungen an die Abwicklung einer Zugfahrt im Betrieb.



Anforderungen der Netznutzer an Netz und Trassen  In der Planung <sup>6</sup>	Schienengüterverkehr			Schienenpersonenverkehr			
	Ganzzüge für Massenwaren  Bsp.: CS Wolfurt – Moerdijk	Netzwerkzüge  Bsp.: TEC Niederglatt – Rotterdam	Express-Züge  Bsp.: Postzug Härkingen - Frauenfeld	Regionalzüge  Bsp.: Regio Ziegelbrücke - Chur	S-Bahn-Züge  Bsp.: S-Bahn Zug	Beschleunigte Regionalzüge  Bsp.: RE St.Gallen - Chur	Fernverkehrszüge und HGV  Bsp.: IC St.Gallen - Genf
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trasse im Bereich von Stunden flexibel</li> <li>Können auch in Nachstunden verschoben werden</li> <li>Falls Behaltungsanlagen massgebend und kein unmittelbarer Stauraum -&gt; Nutzung bestimmter Zeitfenster</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trassen mit durchgängigem Laufweg (ohne Halte, möglichst 24h/24h)</li> <li>Möglichst durchgängige Trassen über EIU-Grenzen hinweg</li> <li>Trassen mit optimaler Anbindung an Zugbildungsbahnhof.</li> <li>Zeitlich gebunden an Zeitfenster im Zugbildungsbahnhof.</li> <li>Sowohl am Abgang als auch Ankunftsbfh.</li> <li>Direkte Laufwege (hohes m -&gt; TP)</li> <li>Keine Einschränkungen bei Netznutzung (LRP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non-Stop-Trassen</li> <li>Kurze Fahrzeiten</li> <li>Sterförmig eintreffende Züge in Postzentren -&gt; Zeitfenster für Ankunft aller Züge</li> <li>Definition eines spätmöglichen Abfahrtszeitpunktes</li> <li>Trassen in Tagesrandlagen und Nachtsprung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trassen mit optimalen Anschlüssen zu FV zur Bedienung aller Zwischenhalte (Erschliessungsfunktion)</li> <li>Richtet sich daher meist nach FV-Trasse</li> <li>Kurze Fahrzeiten ohne mehrmalige Überholungen</li> <li>In den FV-Knoten längere Standzeiten -&gt; ausreichende Gleisanzahl in den Knoten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trassen durchgängig um trotz vieler Halte kurze Reisezeiten zu ermöglichen (Erschliessungsfunktion)</li> <li>Trassen ganztätig verfügbar, dicht vertaktet</li> <li>Zunehmend auch nachts an Wochenenden -&gt; Sperrpausen werden kleiner, unter der Woche mehr GV</li> <li>Anforderungen nicht nur durch EVU, sondern Besteller der Verkehrsleistungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trassen zur Ergänzung des FV-Angebotes -&gt; abhängig von dessen Grundfahrplan (sowohl Verbindungs-, als auch Erschliessungsfunktion)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trassen mit möglichst kurzer Fahrzeit, nur Verkehrshalte mit ausreichendem Nachfrage-Potential (Verbindungsfunktion)</li> <li>Opt. Anbindung unter FV-Zügen</li> <li>Trassen für freizügigen Fahrzeugsinsatz (Stärken / Schwächen in HVZ)</li> <li>Durchgehende Trassen über EIU-Grenzen hinweg</li> <li>Zeitliche Stafflung vs. Bündelung</li> </ul>
Im Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stabile Trassen, da zeitkritische Güter und Gefahr von verspäteter fortpflanzung</li> <li>Meist sehr hohes Gewichts -&gt; Ausserplanmässige Halte wirken sich auf Energieverbrauch und Stabilität des Betriebs aus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausreichend lange und zahlenmässig vorhandene Überholungsgeleise bei Rückstau Rbf/Terminal</li> <li>Stabile Trassen, um Fahrpläne einhalten zu können -&gt; stark schwankendes Zugsgewicht</li> <li>möglichst keine Überholungen -&gt; kein Interesse an ausserordentlich langen Überholgeleisen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stabile Trassen, da zeitkritische Güter und Gefahr von Verspätungsfortpflanzung</li> <li>Erhöhte Priorität im Fall von Fahrplanabweichungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilität im Fall des Abwartens von verspäteten Anschlüssen</li> <li>Keine Abweichungen vom Regelweg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Meist keine Anschlussgewährung gefordert</li> <li>Priorität im Fall von Verspätung um möglichst schnell in Planzustand zurückzukehren (meist kurze Wendezeiten)</li> <li>Keine Abweichungen vom Regelweg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilität im Fall des Abwartens von verspäteten Anschlüssen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Höchste Priorität, auch im Fall der Abweichung vom Fahrplan</li> <li>Flexibilität im Fall des Abwartens von verspäteten Anschlüssen</li> </ul>

Tabelle 3-3 Anforderungen der Netznutzer an Netz und Trassen

### 3.5 Konsequenzen

Nach Beschreibung der Eigenschaften und Anforderungen der Netznutzer drängt sich eine Untersuchung der

Konsequenzen aus nicht-erfüllten Anforderungen auf und zwar einerseits für das bestellende EVU, andererseits für das EIU und dessen Betriebsabwicklung.





Konsequenzen aus nicht erfüllten Anforderungen der Netznutzer	Schienengüterverkehr				Schienenpersonenverkehr			
	Ganzzüge für Massenwaren	Netzwerkzüge	Express-Züge	Regionalzüge	S-Bahn-Züge	Beschleunigte Regionalzüge	Fernverkehrszüge und HGV	
Für EVU	Bsp.: CS Wolfurt – Moerdijk  • Nicht erfüllte Anforderung: Nutzung des Zeitfensters in Behandlungsanlage -> Zeitverzögerung, mehrere Stunden (?)	Bsp.: TEC Niederglatt - Rotterdam  • Nicht erfüllte Anforderung: Rechtzeitige Ankunft in Rbf/Terminal: hohe potentielle Folgeverspätung, keine rechtzeitige Überstellung an Kunden -> kurzfristig: Pönale, Einnahmeverlust; mittelfristig: Kundenunzufriedenheit; langfristig: Attraktivitätsverlust, Wettbewerbsnachteile	Bsp.: Postzug Härkingen - Frauenfeld  • Nicht erfüllte Anforderung: Zuverlässigkeit nicht ausreichend, zu lange Beförderungszeit, kein Nachsprung möglich: Kundenverlust durch Moduswechsel auf LKW/Flugzeug	Bsp.: Regio Ziegelbrücke - Chur  • Nicht erfüllte Anforderung: Halt an jeder Station: Schlechtere Erreichung, Attraktivitätsverlust, Wettbewerbsnachteil, Gegenassnahme: Streichung eines Haltes., oder ausgedünnte Bedienung	Bsp.: S-Bahn Zug  • Nicht erfüllte Anforderung: Halt an jeder Station: Schlechtere Erreichung, Attraktivitätsverlust, Wettbewerbsnachteil, Gegenassnahme: Traktionsverlust, damit aber erhöhte Kosten	Bsp.: RE St.Gallen - Chur  • Nicht erfüllte Anforderung: Trassen als Ergänzung zum FV-Angebot: Gegenassnahme aus hoher Beförderungsschwindigkeit und Erschließungsfunktion	Bsp.: IC St.Gallen - Genf  • Nicht erfüllte Anforderung: Kürzest mögliche Fahrzeit: Anschlussverluste, Reisezeitverlängerung -> Attraktivitätsverlust, Kundenverlust durch Moduswechsel	
	Für EIU / den Betrieb	• Nicht erfüllte Anforderung: Nutzung des Zeitfensters in Behandlungsanlage -> Stauraum im Zulauf	• Vorhaltung von „Warterräumen“ im Zulauf auf Rangierbahnhöfe • Vorhaltung von Überholgleisen (quantitativ: ausreichende Anzahl, qualitativ: ausreichende Länge) • Vorhaltung von „Warterräumen“ an EIU-Grenzen	• Erhöhte Priorität führt zu Konflikten mit PV	• Streichung eines Halts: Einnahmeverlust bei Statuspreisen bei unveränderten Unterhaltskosten	• Alternativaufweg nicht möglich: Fixe Trassen, die (auch durch politischen Druck) eingelegt werden müssen	• Nicht erfüllte Anforderung: Trassen FV-Angebot: Tendenziell hohe Anzahl Halte mit relativ niedrigem Beschleunigungsverhältnis und hoher Zuglänge -> eher ungünstige Kapazitätseigenschaften	• Nicht erfüllte Anforderung: Flexibilität um Anschlüsse abzuwarten -> Fahrgastunzufriedenheit, Mehraufwand für Ersatzzüge / Weiterbeförderung der Fahrgäste

Tabelle 3-4 Konsequenzen aus nicht erfüllten Anforderungen der Netznutzer, für EVU und für EIU / den Betrieb

## 4 TP4 – Wert der Netznutzung

### 4.1 Vorgehen und Methode

Aufgrund der Einteilung der Netznutzer in 7 Kategorien (TP 3) soll geklärt werden, wie sich der Wert beschreiben lässt, welchen der jeweilige Netznutzer generiert. Alle Nutzerklassen werden dazu aus verschiedenen Betrachtungsebenen auf ihren Nutzen hin geprüft. Betrachtet werden insbesondere die organisationsinterne Sicht, d. h. die betriebswirtschaftliche Interessenlage der EVU und der Infrastrukturbetreiberin sowie die strategischen Interessen des integrierten Konzerns.

Aus organisationsexterner Sicht wird der Wert der Netznutzung – in Form der Angebotsqualität – für die Endkunden ermittelt. Die Sicht der Verkehrspolitik auf die verschiedenen Netznutzer berücksichtigt zusätzlich volkswirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte.

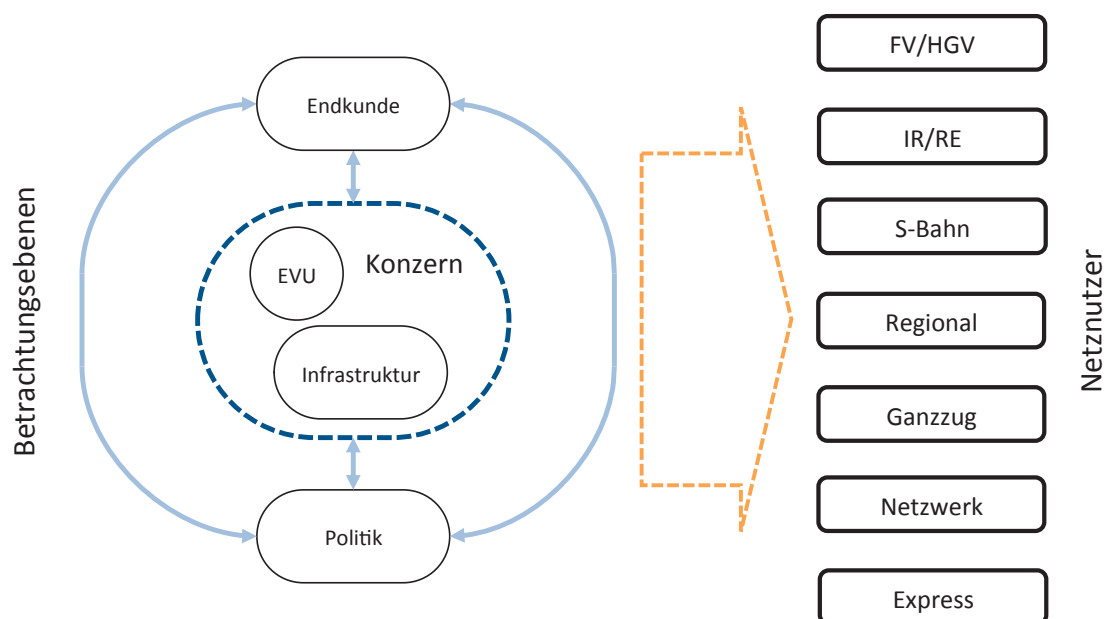


Abbildung 4-1 Die internen und externen Akteure der Netznutzung

Eine einheitliche, d. h. monetarisierte Bemessung des Wertes der Netznutzer ist aufgrund der Heterogenität sowohl der Nutzer, als auch der Betrachtungsebenen, nicht angemessen. Die Beurteilung beruht deshalb auf Paarvergleichen aller Netznutzer in allen Betrachtungsebenen.

Die Paarvergleichsmethode ist eine rein duale Betrachtung zweier Optionen (besser/wichtiger als... oder schlechter/weniger wichtig als...) und dient der systematischen Rangierung der Netznutzer in allen Betrachtungsebenen. Die Rangfolgen lassen allerdings keinen Rückschluss auf die Höhe des jeweiligen Nutzens zu.

Wo immer möglich, werden monetäre Indikatoren als Entscheidungsgrundlage für die Paarvergleiche benutzt. Monetäre Werte liegen vor allem in Form von Trassenpreiserträgen der EIU, von Verkehrserträgen der EVU und von Zeitwerten der Passagiere und Versender vor. Nicht-monetäre Indikatoren liefern z. B. Konzernziele oder politische Zielsetzungen. Aufgrund der mangelhaften Vergleichbarkeit der Betrachtungsebenen wird in der Gesamtbeurteilung auf einen quantitativen Vergleich der Netznutzer verzichtet.

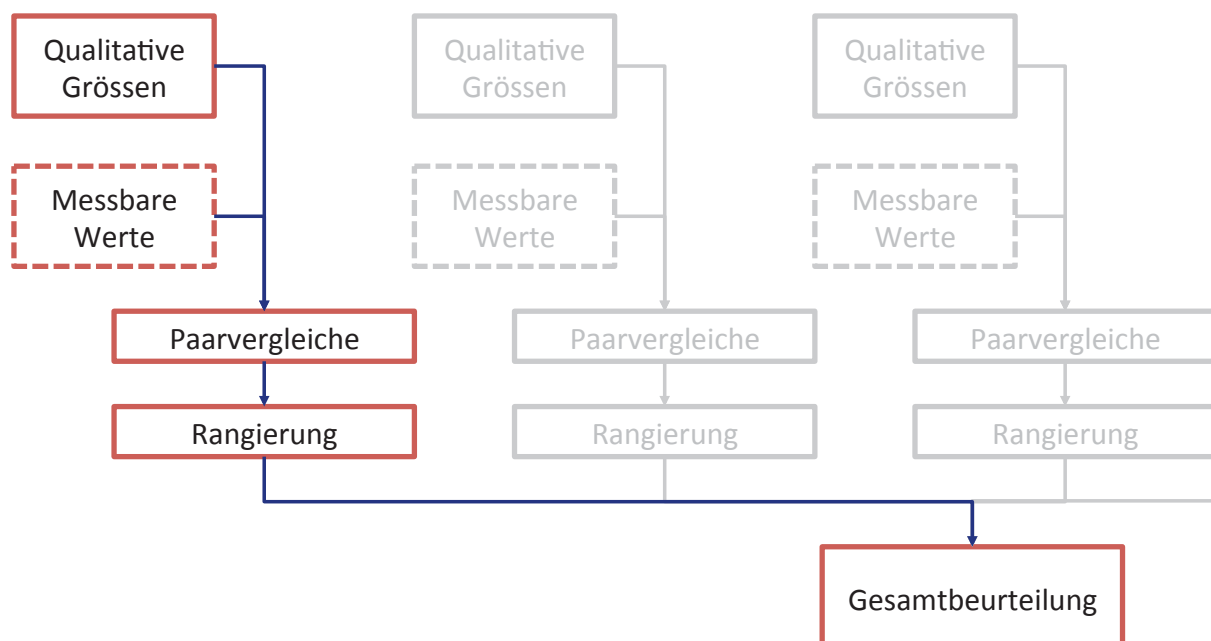


Abbildung 4-2 Vorgehen zur Ermittlung des Wertes der Netznutzer

## 4.2 Organisationsinterne Sicht

### 4.2.1 Die Interessenlage der EVU

Für die Eisenbahnverkehrsunternehmen besteht der Wert der Netznutzung primär aus dem Verkauf von Verkehrsleistung, bzw. dem Erlös daraus. Da im Personenverkehr die EVU in der Tarifgestaltung politisch und regulativ stark eingeschränkt sind, liegt das eigentliche Op-

timierungsziel in der höchstmöglichen Auslastung der Züge. Der Güterverkehr ist ebenfalls tariflich beschränkt, allerdings durch starke Preiskonkurrenz.

Den Erträgen gegenüber stehen die Produktionskosten für die Erstellung eines Verkehrsangebots, in Form von Aufwendungen für das Personal, die Infrastrukturbenützung und die Abschreibung des Rollmaterials.

Die Betrachtung der Interessenlage der EVU fokussiert auf Markterträge und die direkte Leistungserbringung am Endkunden. Die finanziellen Leistungen der öffentlichen Hand – in Form von Abgeltungen für den regionalen Personenverkehr und den Wagenladungsverkehr – sind nicht als Erträge im eigentlichen Sinn zu verstehen und werden hier deshalb gesondert betrachtet. Sie sind aber von grosser Relevanz aus Konzernsicht.

#### **4.2.2 Personenverkehr**

Der grösste Teil der Verkehrsleistung im schweizerischen Schienenpersonenverkehr erbringt der Fernverkehr der SBB mit jährlich rund 12–13 Mrd. Pkm. Dazu werden rund 60 Mio. Zkm an Laufleistung benötigt. Mit einer leicht höheren Laufleistung (rund 70 Mio. Zkm pro Jahr) erreicht der Regionalverkehr der SBB eine Verkehrsleistung von nur 4 Mrd. Pkm pro Jahr.

Der Erlös im S-Bahn-Verkehr beträgt im gesamtschweizerischen Durchschnitt 12.7 CHF/Zkm (bzw. 14.5 Rp./Pkm), während im regionalen Überlandverkehr durchschnittlich nur 5.8 CHF/Zkm (trotz 19.0 Rp./Pkm) eingenommen werden (BAV: Kennzahlen RPV 2008). Der signifikante Unterschied lässt sich auf die massiv schlechtere Auslastung im Regionalverkehr zurückführen. Der Betriebsaufwand im S-Bahn- und Regionalverkehr beträgt zwischen 14 und 23 CHF/Zkm.

Die Abgeltungen werden bei diesen Betrachtungen nicht berücksichtigt. Im S-Bahn-Verkehr nehmen die EVU durchschnittlich 10.1 CHF/Zkm an Abgeltungen ein, im Regionalverkehr 9.8 CHF/Zkm.

Für den nicht abgeltungsberechtigten Verkehr werden keine genaueren Zahlen veröffentlicht. Deshalb wird in der Berechnung für den Fernverkehr der Durchschnittswert verwendet. Im Personenverkehr erwirtschaftet die SBB durchschnittlich ca. 16 Rp./Pkm, was für den Fernverkehr einen Ertrag von durchschnittlich rund 35 CHF/Zkm ergibt. Der Betriebsaufwand, liegt mit rund 30–40 CHF/Zkm (Stand 2010) wesentlich höher als bei anderen Personenverkehrsangeboten, was u. a. mit den Kosten für die Zugsbegleitung zu erklären ist.

Tabelle 4-1 Ertrag und Kosten pro produktiven Zugskilometer im Personenverkehr

Kategorie		Ertrag	Kosten
Fernverkehrszüge und HGV	CHF/Zkm	35	30–40
Beschleunigte Regionalzüge*	CHF/Zkm	15	17–22
S-Bahn-Züge	CHF/Zkm	13	20–23
Regionalzüge	CHF/Zkm	6	14–16

\* Diese Kategorie besteht sowohl aus Verkehrsprodukten, welche Abgeltungen von Kantonen erhalten, als auch aus nicht-abgeltungsberechtigten Fernverkehrsprodukten.

Quelle: [41], [42], [45]

### 4.2.3 Güterverkehr

Im Güterverkehr kann nicht davon ausgegangen werden, dass der durchschnittliche Ertrag pro Verkehrsleistung (CHF/Ntkm) über alle Güterverkehrssparten hinweg gleich gross ist. Mangels differenzierter Daten kann allerdings keine Unterscheidung zwischen Wagenladungsverkehr und kombiniertem Verkehr gemacht werden. Durchschnittlich liegt der Verkehrsertrag pro Laufleistung im Schienengüterverkehr bei rund 29 CHF/Zkm, der Betriebsaufwand bei rund 35 CHF/Zkm (Stand 2010).

Der Paarvergleich aus der wirtschaftlichen Betrachtung zeigt, dass vor allem die rentablen Bereiche gut abschneiden. Im Güterverkehr darf davon ausgegangen werden, dass Express- und Ganzzugverkehre rentabel sind, da diese Produkte vergleichsweise günstig produziert und die Preise mit den Kunden einzeln ausgehandelt werden können. Im Gegensatz dazu zeigt sich, dass der EWLK und auch KV zum reinen Strassentransport nicht konkurrenzfähig sind und kaum rentabel betrieben werden können.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	1	1	1	1	1	6	1
IR/RE	0	1	1	0	1	0	0	3	4
S-Bahn	0	0	1	0	1	0	0	2	5
Regional	0	0	0	1	0	1	0	1	6
Ganzzug	0	1	1	1	1	1	1	5	2
Netzwerk	0	0	0	0	0	1	0	0	7
Express	0	1	1	1	0	1	1	4	3

### 4.3 Die Interessenlage der Infrastrukturbetreiberin

Auch für die Infrastrukturbetreiberin stehen vor allem betriebswirtschaftliche Aspekte im Vordergrund. Erträge generiert die EIU durch den Verkauf von Trassen und Zusatzleistungen an die Verkehrsunternehmen. Die Beiträge der öffentlichen Hand an den Ausbau und Betrieb der Infrastruktur werden nicht berücksichtigt.

Durchschnittlich bringt ein Personenzug der Infrastrukturbetreiberin rund 4.3 CHF/Zkm an Trassenpreiserträgen ein, ein durchschnittlicher Güterzug rund 6.4 CHF/Zkm. Aufgrund tageszeitlicher Schwankungen und inhomogener Produktbezeichnungen variieren die zugsgenaue Trassenpreise allerdings erheblich. Ausschlaggebend dafür ist im Personenverkehr vor allem der Deckungsbeitrag, welcher vom Verkehrserlös pro Zug abhängig ist. Schlecht ausgelastete Personenzüge in Nebenverkehrszeiten bezahlen demzufolge wesentlich geringere Trassenpreise als voll ausgelastete (oder gar überlastete) Züge zur Hauptverkehrszeit.

Zudem wurden in der Leistungsvereinbarung 2011 die Deckungsbeiträge für den Fernverkehr von bisher 8 % auf 12 % erhöht, im Regionalverkehr von 12 % auf 13 %. Vor allem im Fernverkehr werden dadurch die Trassenpreise im Vergleich zu 2010 um rund 1–4 CHF/Zkm angehoben. Auch im Entwurf des neuen Trassenpreissystems, welcher zurzeit in der Anhörung ist, ist ein Deckungsbeitrag vorgesehen. Durch das neue Trassenpreissystem werden primär die Trassenpreise im Personenverkehr steigen. Der Güterverkehr ist nur gering von Trassenpreiserhöhungen betroffen.

Tabelle 4-2 Trassenpreiserträge (Deckungsbeiträge) [CHF/Zkm] (Stand 2010)

	HVZ (Auslastung 95%)	Bei durchschnittlicher Auslastung
Durchschnitt PV	-	4.3
Durchschnitt GV	-	6.4
IC/EC* (10 EW IV)	12.7 (9.1)	6.6 (3.1)
RegioExpress*	12.5 (9.1)	5.2 (1.9)
S-Bahn-Züge (1 DPZ)	16.7 (13.7)	5.9 (2.8)
Regionalzüge*	8.8 (6.4)	3.7 (1.3)
Güterzug (1600t)	-	8.3 (0)
KV-Zg (1400t)	-	7.3 (0)

\*Standardzüge gemäss Leistungskatalog Infrastruktur

Die genauen Einnahmen durch den Verkauf von Zusatzleistungen konnten nicht ermittelt werden. Es ist davon auszugehen, dass vor allem im Personenverkehr noch Zusatzleistungen in einem signifikanten Umfang erbracht werden, z. B. durch Rangieren, Abstellen oder Vorheizen. Im Güterverkehr werden Zusatzleistungen der EIU vor allem im EWLIV, im Betrieb der Rangierbahnhöfe, erbracht. Bei den restlichen Angeboten (GZV, KV) werden von den EVU nur wenig Zusatzleistungen der EIU beansprucht.

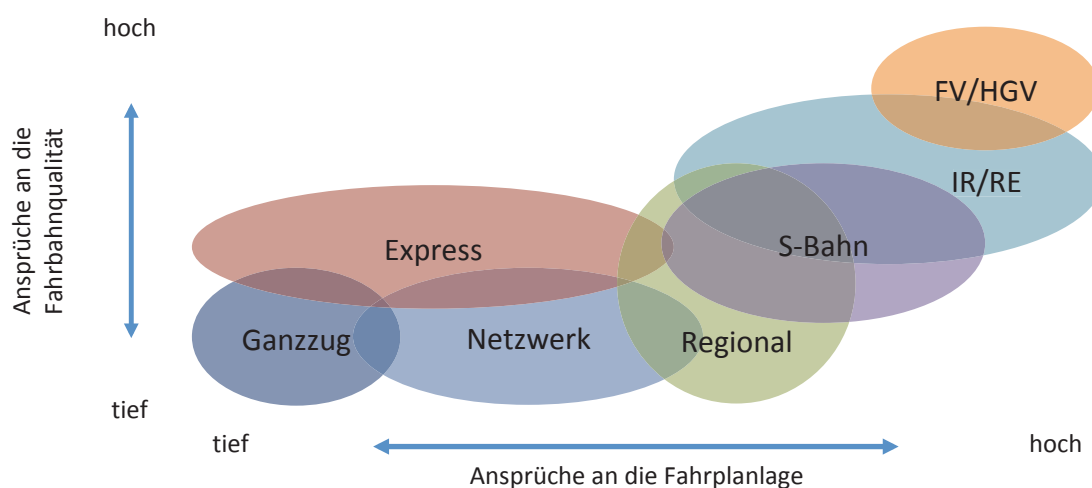


Abbildung 4-3 Ansprüche der Netznutzer an Fahrbahnqualität und Fahrplanlage

Kostenseitig unterscheiden sich die verschiedenen Netznutzer in ihren Ansprüchen an die Qualität der Fahrbahn, z. B. an die Lagegenauigkeit der Schienen, an Radien oder an die si-

cherungstechnische Ausstattung. Zusätzlich liegen auch unterschiedliche Anforderungen an die Qualität der Fahrplanlage eines Angebots vor. Je komplexer der Fahrplan (z. B. integraler Taktfahrplan), desto grössere Bahnanlagen müssen vorgehalten werden.

Die Rangfolge des Nutzens für die Infrastrukturbetreiberin zeigt, dass vor allem Ganzzugverkehre wirtschaftlich interessant sind. Einerseits fallen die Trassenpreise für Ganzzüge verhältnismässig hoch aus, andererseits stellen Ganzzüge relativ geringe Ansprüche an die Infrastruktur. Regionalzüge bezahlen aufgrund ihres geringen Gewichts nur geringe Trassenpreise. Da sie häufig Anschlüsse an übergeordnete Personenverkehrsprodukte einhalten müssen, sind ihre Ansprüche an die Infrastruktur eher hoch.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	1	0	1	0	4	<b>3</b>	
IR/RE	0	1	0	1	0	0	1	<b>6</b>	
S-Bahn	0	1	1	0	0	0	2	<b>5</b>	
Regional	0	0	0	1	0	0	0	<b>7</b>	
Ganzzug	1	1	1	1	1	1	6	<b>1</b>	
Netzwerk	0	1	1	1	0	1	3	<b>4</b>	
Express	1	1	1	1	0	1	5	<b>2</b>	

#### 4.4 Der Nutzen aus Sicht des integrierten Konzerns

Im integrierten Konzern heben sich die meisten Werte der Netznutzung gegenseitig wieder auf. Der Grossteil der Trassenenerträge, welche die Infrastrukturbetreiberin einnimmt, stammt von den konzerneigenen EVU. Deshalb können die Ziele des Gesamtkonzerns von den Partikularinteressen seiner Divisionen abweichen. Für eine Bewertung des Nutzens aus Sicht des Gesamtkonzerns eignen sich die neun Konzernziele der SBB [42]:



Tabelle 4 3 Die neun Konzernziele der SBB [42]

Ziel	Beschreibung
Kundenzufriedenheit	Attraktive, preiswerte und umweltfreundliche Mobilitätslösungen. Freundliche, sichere, saubere und pünktliche Leistungserbringung
Konzernimage	Pünktlichkeit, Zuverlässigkeit und Komfort
Personalfriedenheit	Zufriedene, motivierte Mitarbeitende
Kundenpünktlichkeit	Zentrales Qualitätsmerkmal der Bahn
Sicherheit	Menschen und Güter sicher an ihr Ziel bringen
Jahresergebnis	<i>Finanzielle Ziele</i>
Free Cash Flow	
Wettbewerbsposition/Marktanteil	Attraktivität der Dienstleistungen der SBB im Vergleich zur Konkurrenz und Preis-Leistungs-Verhältnis
Ökologische Nachhaltigkeit	<i>Positionierung der Bahn als umweltfreundliches Verkehrsmittel</i>

Da die Kundenzufriedenheit, das Konzernimage, die Kundenpünktlichkeit und die Sicherheit sich weitgehend mit den Interessen der Divisionen (Infra, PV und Cargo) decken, wird nachfolgend vor allem auf die finanziellen Ziele, die Wettbewerbsposition und die ökologische Nachhaltigkeit eingegangen, welche teilweise im Geschäftsbericht mit Zahlen hinterlegt sind.

Tabelle 4 3: Segmentinformationen aus SBB Geschäftsbericht 2010

	Personenverkehr		Güterverkehr		Infrastruktur
	Fernverkehr	Regionalverkehr	WLV	KV	
Betriebsleistung [Mio. Zkm]	63.8	72.2	19.7	10.1	
Verkehrsleistung [Mrd. Pkm]	13.1	4.4	5.6	7.5	
Verkehrsertrag [Mrd. CHF]		2.73		0.89	0.80
Leistungen der öffentlichen Hand [Mrd. CHF]	-	0.59	-	0.02	1.58
Betriebsergebnis/ EBIT [Mrd. CHF]		0.38		-0.05	-0.12
Anzahl Beschäftigte (ohne Tochtergesellschaften)	11'500 VZÄ		3'100 VZÄ		8'700 VZÄ

#### 4.4.1 Finanzielle Ziele

Der Personenfernverkehr ist der Motor für gute Jahresergebnisse bei den SBB. Im Nahverkehr sorgen die Abgeltungen von Bund, Kantonen und z. T. auch Gemeinden jeweils für ein ausgeglichenes Ergebnis. Der Regionalverkehr erbringt allerdings nur einen geringen Teil der Verkehrsleistung. Der Güterverkehr generiert gesamthaft nur gerade ein Viertel aller Verkehrserträge. Trotz steigender Transportleistung erzeugt er immer wieder Verluste. Das gesamte Risiko trägt dabei der Güterverkehr selbst, da er vom Bund nur sehr bescheidene finanzielle Unterstützung erhält. Der Free Cash Flow des SBB-Konzerns ist konstant negativ, d. h. es fehlt die finanzielle Kraft, Investitionen aus Eigenmitteln zu finanzieren.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	1	1	1	1	1	6	1
IR/RE	0	1	1	1	1	1	1	5	2
S-Bahn	0	0	1	1	1	1	1	4	3
Regional	0	0	0	1	0	1	0	1	6
Ganzzug	0	0	0	1	1	1	0	2	5
Netzwerk	0	0	0	0	0	1	0	0	7
Express	0	0	0	1	1	1	1	3	4

#### 4.4.2 Wettbewerbsposition

Im Personenverkehr ist die Wettbewerbsposition der SBB vor allem im Fern- und S-Bahn-Verkehr gut. Weniger Marktanteile hat die SBB im Regionalverkehr obwohl auch dort fast flächendeckend ein sehr attraktives Angebot gefahren wird. Der Anteil der Bahn am gesamten Personenverkehr in der Schweiz liegt bei rund 25 % (Stand 2010). Im Güterverkehr wird immer noch ein beachtlicher Modalsplit (39 %) erreicht, vor allem durch den alpenquerenden Güterverkehr wo weit über die Hälfte aller Güter mit der Bahn – insbesondere als Ganzzüge, in einem geringeren Mass im KV – transportiert werden. Expresszüge verkehren praktisch nur im Binnenverkehr und stellen eine Nische dar.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	0	1	0	1	1	4	3
IR/RE	0	1	0	1	0	1	1	3	4
S-Bahn	1	1	1	1	0	1	1	5	2
Regional	0	0	0	1	0	0	0	0	7
Ganzzug	1	1	1	1	1	1	1	6	1
Netzwerk	0	0	0	1	0	1	1	2	5
Express	0	0	0	1	0	0	1	1	6

#### 4.4.3 Ökologische Nachhaltigkeit

Die Bahn hat gegenüber Strassentransporten systeminhärente ökologische Vorteile, obwohl die Autoindustrie in den letzten Jahrzehnten grosse Fortschritte gemacht hat. Mit dem Energiesparprogramm, welches die SBB lanciert hat, soll einerseits der erwarteten Verteuerung der Energie entgegnet werden, andererseits soll der immer grössere Energieverbrauch der Bahn – durch höhere Geschwindigkeiten und zunehmende Klimatisierung von Personenzügen – etwas reduziert werden.

Fast wichtiger als die Energieproblematik, scheinen Lärmimmissionen zu werden. Der Personenverkehr ist schon vollständig lärmsaniert, einzig die Lärmproblematik im Güterverkehr bleibt aktuell, nicht zuletzt wegen des freizügigen Einsatzes von Güterwagen in ganz Europa.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	0	1	0	1	0	3	4
IR/RE	0	1	0	1	0	1	0	2	5
S-Bahn	1	1	1	1	0	1	1	5	1
Regional	0	0	0	1	0	0	0	0	7
Ganzzug	1	1	1	1	1	1	0	5	1
Netzwerk	0	0	0	1	0	1	0	1	6
Express	1	1	0	1	1	1	1	5	1

Fasst man die Resultate der wichtigsten Konzernziele in einem Paarvergleich zusammen, zeigt sich, dass vor allem der S-Bahnverkehr und weitläufige Personen- und Güterverkehre für den Konzern von zentraler Bedeutung sind.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	3	1	3	1	3	2	13	2
IR/RE	0	1	1	3	1	3	2	10	4
S-Bahn	2	2	1	3	1	3	3	14	1
Regional	0	0	0	1	0	1	0	1	7
Ganzzug	2	2	2	3	1	3	1	13	2
Netzwerk	0	0	0	2	0	1	1	3	6
Express	1	1	0	3	2	2	1	9	5

## 4.5 Organisationsexterne Sicht

### 4.5.1 Interessen der Endkunden

Für die Endkunden – die Reisenden in Personenzüge und die Verlager von Waren – besteht der Wert der Netznutzung in der Deckung eines (Mobilitäts- oder Transport-) Bedürfnisses. Verschiedene Kunden messen den Verkehrsprodukten je nach Reise-, bzw. Transportzweck verschiedene Werte zu, welche durch die Zahlungsbereitschaft für eine Verbesserung der Rei-

se-, bzw. Transportzeit monetär bemessen werden können. Unter Umständen haben die Kunden aber auch keine Alternative zum Schienenverkehr, ausser einen Umzug.

Verschiedenen Studien haben sich bereits mit den Zahlungsbereitschaften für Reise- und Transportzeiten auseinandergesetzt. Mangels detaillierter Daten zu den Verkehrszwecken im Personenverkehr und den Ausprägungen der Transportgütern, wird lediglich auf grobe Durchschnittswerte zurückgegriffen. Der durchschnittliche Reisende misst einer Stunde Reisezeitverkürzung somit einen «Wert» von 13.77 CHF/h bei [44], einem Verlagerer ist die Verkürzung der Transportzeit einer Tonne 2.23 CHF/h wert [43]. Hochgerechnet auf einen (durchschnittlichen) Zug lässt sich so ermitteln, welchen Wert die Kunden einer Verkürzung der Reisezeit des Zuges gemeinsam beimessen (Tabelle 4-3). Natürlich ergeben sich auch hier grosse Spannbreiten, je nach Auslastung oder Ausprägung eines Zuges. Nicht berücksichtigt werden in diesem Fall auch Abhängigkeiten verschiedener Transportprodukte, z. B. Nahgüterzüge als Vor- und Nachlauf zu Ferngüterzügen oder auch Regionalzüge als Zubringer zu Fernverkehrszügen und die damit verbundenen Umsteige- und Rangiervorgänge.

Tabelle 4-3 Zahlungsbereitschaften für Reisezeitverbesserungen pro Zug

		Zahlungsbereitschaft bei durchschnittlicher Auslastung [CHF/Min/Zug]
Personenverkehr	Fernverkehrszüge und HGV	45 - 60
	Beschleunigte Regionalzüge	20 - 40
	S-Bahn-Züge	30 - 35
	Regionalzüge	15 - 20
Güterverkehr	Ganzzüge für Massenwaren	15 - 40
	Netzwerkzüge	15 - 30
	Express-Züge	10 - 20

Quelle: [44]

Ist der Kunde an ein bestimmtes Verkehrsmittel gebunden – z. B. durch das Fehlen eines PW-Fahrausweises – macht eine Bemessung durch Zahlungsbereitschaften wenig Sinn, da dem Kunden die Mobilitätsalternativen fehlen. Es wird angenommen, dass rund ein Drittel der über 18-jährigen Bevölkerung der Schweiz (rund 6.2 Mio. Personen) sogenannte «Captive Riders» sind, d. h. Leute die gezwungen sind, öffentliche Verkehrsmittel oder den Langsamverkehr zur Deckung ihrer Mobilitätsbedürfnisse zu benutzen. Deshalb wird erwartet, dass – zusammen mit Schülern und Lehrlingen unter 18 Jahren – besonders viele Leute im Berufs- und Ausbildungsverkehr auf S-Bahnen und Regionalzüge angewiesen sind, wodurch eine ge-

wisse Grundlast im Nahverkehr gegeben ist. Im Fernverkehr ist hingegen die Abhängigkeit vom öffentlichen Verkehr geringer.

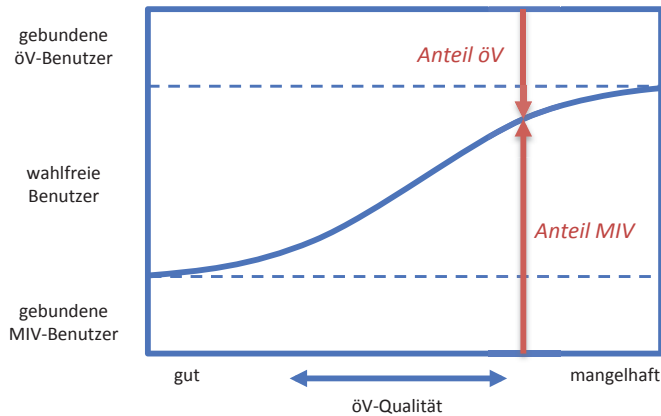


Abbildung 4-4 ÖV-Benutzung in Abhängigkeit der Qualität

Im Vergleich zum Personenverkehr sind im Güterverkehr nur wenige Branchen wirklich von der Bahn abhängig. Gesetzliche Restriktionen herrschen z. B. im alpenquerenden Verkehr von Gefahrgütern (Öl, Chemikalien). Einige Branchen jedoch – z. B. Kieswerke – sind nur aufgrund der Eigenschaften ihrer Produkte faktisch an die Bahn gebunden, meist in Form von Ganzzügen. Andere Güter – z. B. Nahrungsmittel, Maschinen, Halb- und Fertigwaren sowie die Brief- und Paketpost – werden vornehmlich auf der Strasse transportiert.

als ...									
... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	0	1	0	1	1	4	3	
IR/RE	0	1	0	1	0	1	3	4	
S-Bahn	1	1	1	1	1	1	6	1	
Regional	0	0	0	1	0	1	2	5	
Ganzzug	1	1	0	1	1	1	5	2	
Netzwerk	0	0	0	0	0	1	0	7	
Express	0	0	0	0	0	1	1	6	

#### 4.5.2 Der Nutzen aus Sicht der Politik

Der Staat verfolgt mit der Verkehrspolitik verschiedenste Ziele. Dabei ist die Verkehrspolitik per se nicht eine Kernaufgabe des Staates. Vielmehr ist die Verkehrspolitik die Ausrichtung



staatlichen Handelns auf einen maximalen Beitrag des Verkehrs zur Zielerreichung in seinen zentralen Aufgabenbereichen.

Abbildung 4-5 Die 7 Kernaufgaben des Staates und die Anforderungen an die Verkehrspolitik

<b>Aufgabenbereich</b>	<b>Zielsetzungen</b>
Wirtschaftspolitik	Maximierung der volkswirtschaftlichen Wertschöpfung
Sozialpolitik	Maximierung der Wohlfahrt für alle Menschen
Raumordnungs- politik	Ausgewogene Entwicklungsmöglichkeiten für alle Regionen und territorialer Zusammenhalt
Sicherheitspolitik	Schutz von Leib und Leben
Gesundheitspolitik	Maximierung des gesundheitlichen Wohlergehens der Menschen
Umweltpolitik	Minimierung der Nutzung natürlicher Ressourcen und der Immissionen
Finanzpolitik	Maximierung der Effizienz öffentl. Mittel und ausgeglichener Haushalt

Aus diesen 7 Kernaufgaben können die Anforderungen an die Verkehrspolitik abgeleitet werden. Darunter fallen z. B. die Verlagerungspolitik im alpenquerenden Güterverkehr, die Eigenziele des Bundes als 100 %-iger Aktionär der SBB oder auch die Sicherstellung der Grundmobilität («service public»). Die 7 Kernaufgaben bilden das Zielsystem staatlicher Tätigkeit, welches drei Aspekte aufweist:

### **Leistungsziele**

Der Beitrag der Verkehrspolitik an die Wirtschaftspolitik sind leistungsfähige, zuverlässige und kostengünstige Verkehrsangebote für alle Wirtschaftsstandorte und Branchen. Dadurch soll eine hohe Standortgunst (des Staates als Ganzes) sichergestellt werden. Zudem soll das Verkehrswesen ordnungspolitisch klar geregelt werden.

Die Sozialpolitik bezweckt die Wohlfahrt für alle Menschen. Die Verkehrspolitik trägt dazu mit der Sicherstellung der Grundmobilität – insbesondere für Behinderte, Alte und Kinder – bei («service public»). Zudem ist die Zugänglichkeit öffentlicher Einrichtungen Aufgabe des Staates.

Wie kaum einen anderen Bereich, prägt die Verkehrspolitik die Raumordnungspolitik des Staates. Einerseits sollen Ballungsräume mit leistungsfähigen Verkehrsmitteln erschlossen werden, andererseits gilt es, flächendeckende Netze bis in die Peripherie anzubieten.

Vor allem Regional- und S-Bahn-Verkehr kann als Instrument der Wirtschafts-, Sozial- und Raumordnungspolitik angesehen werden. Selbsttragende Verkehrsangebote hingegen sind nicht primär Aufgabe des Staates.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	0	0	0	1	0	1	2	5
IR/RE	1	1	0	0	1	0	1	3	4
S-Bahn	1	1	1	0	1	1	1	5	2
Regional	1	1	1	1	1	1	1	6	1
Ganzzug	0	0	0	0	1	0	0	0	7
Netzwerk	1	1	0	0	1	1	1	4	3
Express	0	0	0	0	1	0	1	1	6

### Schutzziele

Die Sicherheitspolitik bezweckt den Schutz von Leib und Leben, was durch sichere Verkehrsmittel unterstützt wird. Die Minimierung von Immissionen und Emissionen durch Schall, Verunreinigungen und elektromagnetische Strahlung sind die Ziele der Gesundheitspolitik und auch der Umweltpolitik. Diese Ziele werden primär durch den Einsatz lärmarmen Fahrzeuge und durch die Verlagerung von Strassenverkehr auf die Schiene erreicht.

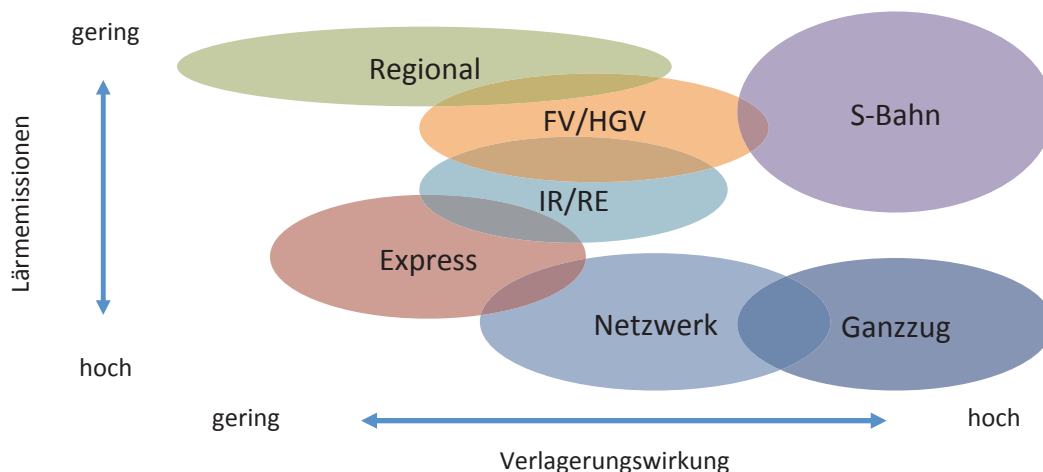


Abbildung 4-6 Zielerreichung der Schutzziele

Insbesondere der S-Bahn-Verkehr ist ein direktes Mittel der Politik, Verkehr von der Strasse auf die Schiene zu bringen. Der Güterverkehr hat zwar den verfassungsmässigen Auftrag, Güter von der Strasse auf die Schiene zu verlagern, kann aber punkto Lärmproblematik nicht mit dem Personenverkehr mithalten.

als ...									
... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	0	0	1	1	1	1	5	2
IR/RE	0	1	0	0	0	1	1	2	5
S-Bahn	1	1	1	1	1	1	1	6	1
Regional	0	1	0	1	1	1	1	4	3
Ganzzug	0	1	0	0	1	1	1	3	4
Netzwerk	0	0	0	0	0	1	1	1	6
Express	0	0	0	0	0	0	1	0	7

**Ressourcenziele**

Die Finanzpolitik hat zum Zweck, die Effizienz öffentlicher Mittel – welche zur Erreichung der Leistungs- und Schutzziele gebraucht werden – zu Maximieren. Als Eigner der Verkehrsinfrastrukturen und im Falle der SBB auch der Verkehrsunternehmung, stehen eine gute Eigenwirtschaftlichkeit und gut gestaffelte Investitionen im Vordergrund.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	1	1	1	1	1	6	1
IR/RE	0	1	1	1	0	1	0	3	4
S-Bahn	0	0	1	1	0	0	0	1	6
Regional	0	0	0	1	0	0	0	0	7
Ganzzug	0	1	1	1	1	1	0	4	3
Netzwerk	0	0	1	1	0	1	0	2	5
Express	0	1	1	1	1	1	1	5	2

Die Zusammenfassung der Leistungs-, Schutz- und Ressourcenziele zeigt, dass vor allem Regionalverkehr politisch gewollt ist. Beschleunigte Regionalzüge (IR/RE) können hingegen eher weniger als politische Instrumente angesehen werden.

als ... ... wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	2	1	2	3	2	3	13	1
IR/RE	1	1	1	1	1	2	2	8	4
S-Bahn	2	2	1	2	2	2	2	12	2
Regional	1	2	1	1	2	2	2	10	3
Ganzzug	0	2	1	1	1	2	1	7	5
Netzwerk	1	1	1	1	1	1	2	7	5
Express	0	1	1	1	2	1	1	6	6

#### 4.6 Gesamtbeurteilung

Die Ranglistenübersicht macht die Diskrepanzen zwischen den Betrachtungsebenen deutlich. Die Kategorie Fern- und Hochgeschwindigkeitsverkehr rangiert unter den ersten drei, der beschleunigte Regionalverkehr rangiert ziemlich konstant im Mittelfeld in allen Betrachtungsebenen. Alle anderen Netznutzerkategorien zeigen eine grössere Streuung der Ranglistenplätze. Allerdings zeigt sich kein klares Muster bezüglich externen und internen Betrachtungen.

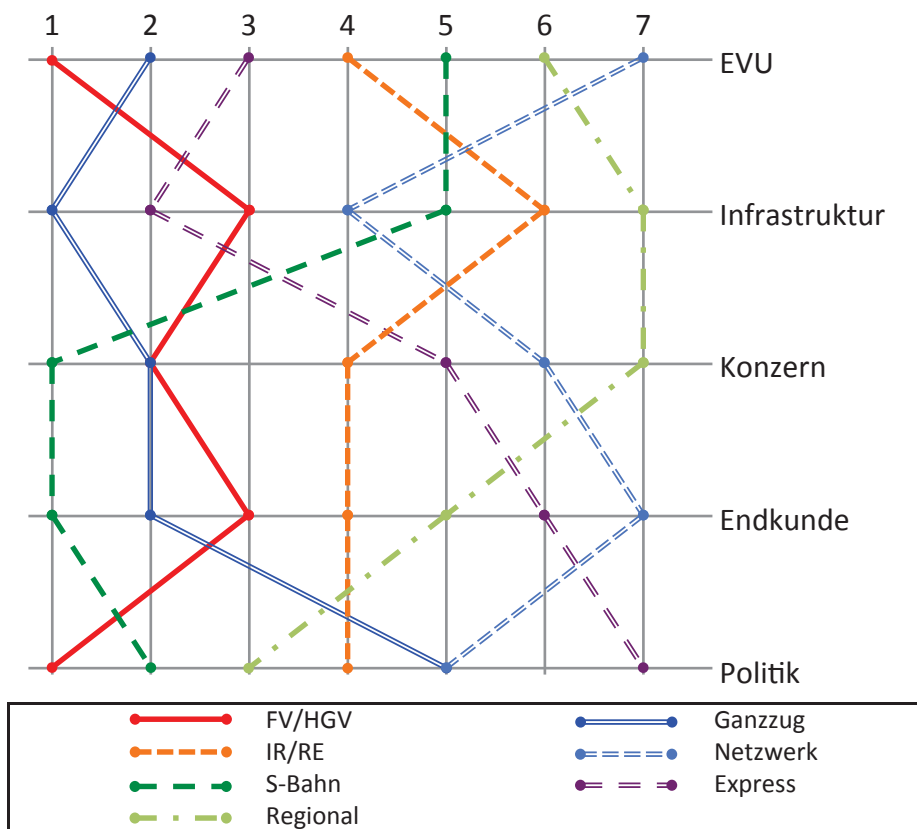
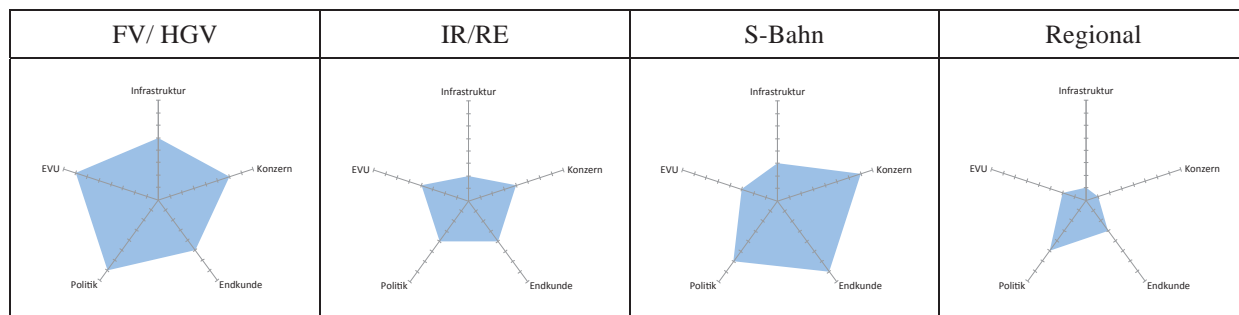


Abbildung 4-7 Übersicht über alle Netznutzer in allen Betrachtungsebenen

Die folgenden Spinnennetzdiagramme zeigen die Ränge der Netznutzer im Speziellen auf. Der tiefste Rang befindet sich jeweils im Zentrum, der höchste liegt aussen.

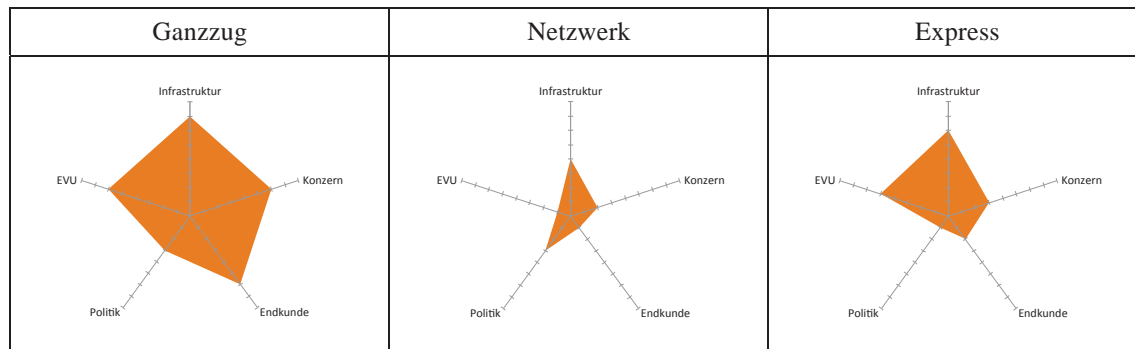
Die Verteilung der Ränge für den Fernverkehr ist gleichmässig gut. Im Mittelfeld bewegt sich der beschleunigte Regionalverkehr. Der Schwerpunkt beim Agglomerationsverkehr (S-Bahn) liegt stark auf Seite der Endkunden und der Politik, ebenso im Regionalverkehr, wenn auch auf tieferem Niveau.

Personenverkehr:



Ganzzug- und Expressverkehre sind schwergewichtig aus interner Sicht interessant, der Ganzzugverkehr jedoch stärker auch für die Endkunden von grosser Wichtigkeit. Den Netzwerkverkehren fehlt ein klarer Fokus, d. h. sie sind sowohl aus interner als auch externer Sicht nur begrenzt interessant.

Güterverkehr:



Da es sich bei Ranglisten nicht um absolute Betrachtungen, sondern um Vergleiche der verschiedenen Netznutzer handelt, dürfen keine isolierten Schlüsse daraus gezogen werden. Es geht also nicht darum, das gesamte Netz – im Bezug auf Ausbau, Prioritäten und Betriebsführung – einzig auf die Netznutzer mit dem grössten Wert auszurichten. Vielmehr steht die Frage der Angemessenheit verschiedener Verkehrsangebote im Zentrum und folglich, auf welcher Basis Kompromisse – z. B. im Netzausbau – gefunden werden sollen.

Zudem zeigen die Ranglisten auf, bei welchen Netznutzern noch Handlungsbedarf besteht, um den Nutzen – in allen Betrachtungsebenen – zu erhöhen. Eine quantitative Abschätzung des Handlungsbedarfs ist durch die Ranglisten allerdings nicht möglich und bedarf weiterer vertiefender Studien.

Nicht zu vernachlässigen sind auch zeitliche Abhängigkeiten. Die Ranglisten beruhen mehrheitlich auf Daten aus dem Jahr 2010 oder sind älter. Die Frage stellt sich, ob ohne weitere Massnahmen die Rangfolgen in dieser Form bestehen bleiben, oder ob sich die Situation für gewisse Netznutzer mit der Zeit stark verschlechtert oder verbessert.

## 5 TP5 – Formen der Kapazitätsbereitstellung

### 5.1 Definition Kapazität

#### 5.1.1 Einführung

In diesem Kapitel werden zunächst die wichtigsten Begriffe im Kontext der vorliegenden Arbeit definiert. Angefangen beim allgemeinen Begriff der „Kapazität“, der in zahlreichen verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen verwendet wird, über eine klare Abgrenzung zum Begriff der „Leistungsfähigkeit“ von Verkehrssystemen, bis zur Definition der Eisenbahnbetrieblichen Kapazität.

Dies bildet die Grundlage für eine Beschreibung von Formen der Kapazitätsnutzung, sowie für einen Ansatz zur generischen Systematisierung der Nutzungsformen der Eisenbahninfrastruktur.

#### 5.1.2 Kapazität vs. Leistungsfähigkeit

##### ***Kapazität***

Der Begriff „Kapazität“ hat seinen Ursprung im Lateinischen: „capacitas“ bedeutet Fassungsvermögen. Der Kapazitätsbegriff wird in vielen Disziplinen verwendet und hat in jedem Wissenschaftsgebiet seine eigene Bedeutung. Eine Auswahl einiger fachspezifischer Definitionen ist in folgender Tabelle ersichtlich:

Tabelle 5-1 Verwendung des Begriffs Kapazität in verschiedenen Wissenschaftsgebieten

Wissenschaftsgebiet	Definition
Elektrotechnik	Mass für die Fähigkeit eines Körpers, oder eines Systems, elektrische Ladung zu speichern
Informatik	Daten-Fassungsvermögen einer Speicher-Hardware
Thermodynamik	Vermögen eines Körpers, Energie in Form von Wärme zu speichern
Psychologie	Lernvermögen einer Person
Verkehrsplanung	Maximaler Verkehrsfluss, bzw. maximale Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage

Quelle: [32]

### **Leistungsfähigkeit**

Der Begriff „Leistungsfähigkeit“ wird im Eisenbahnwesen meist der „Kapazität“ gleichgesetzt. Dabei wird in anderen, dem Verkehrswesen verwandten Gebieten (Strassenverkehr, Logistik) genau hier eine Unterscheidung notwendig. Neben der „Leistungsfähigkeit“, also beispielsweise dem Transport eines Mediums über eine Strecke, beschreibt die „Kapazität“ ebenfalls eine Speicherung von Gegenständen oder Personen. Dies wird auch in Tabelle 5-1 ersichtlich: In der Elektrotechnik, Informatik und Thermodynamik gilt die „Kapazität“ als Mass für das Speichervermögen eines Systemelementes.

Ein anschauliches Beispiel aus dem Verkehrsbereich verdeutlicht diesen Unterschied: So entspricht bei einem Container-Terminal die Leistungsfähigkeit nicht der Kapazität. Erstere beschreibt den maximal möglichen Umschlag, also letztendlich die Bewegung von Transporteinheiten (Containern), wohingegen die Kapazität ein Mass für die (Zwischen-)Lagerung derselben darstellt. Eine Veränderung der Kapazität schlägt sich somit nicht zwangsläufig in der Leistungsfähigkeit nieder (und umgekehrt).

Auch in der Strassenverkehrsforschung existiert für die Kapazität einer Strasse eine von der Leistungsfähigkeit abweichende Definition: Die Kapazität eines Verkehrsweges ist die „größte Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom bei gegebenen Weg- und Verkehrsbedingungen an dem für ihn bestimmten Querschnitt erreichen kann“ [25]. Hierbei wird keine Aussage über die Geschwindigkeit des Verkehrsstroms gemacht, die zeitliche Dimension spielt keine Rolle. Um eine Aussage über die Qualität des Verkehrsablaufes treffen zu können, ist somit der Einbezug der zeitlichen Dimension nötig. Im Strassenverkehr wird hierfür die Geschwindigkeit



des Verkehrsstromes mitberücksichtigt, aus der sich die so genannten „Verkehrsqualitätsstufen“ (im englischsprachigen Raum „Level-of-Service“) ableiten:

Tabelle 5-2 Zusammenhang von Qualitätsstufen, mittlerer PKW-Reisegeschwindigkeit und Auslastungsgrad auf zweispurigen Richtungsfahrbahnen in Deutschland

Qualitätsstufe	$V_{PKW}$	Auslastungsgrad $a$	Beschreibung
A	$\geq 130$ km/h	$\leq 0.30$	Freier Verkehrsfluss
B	$\geq 125$ km/h	$\leq 0.55$	Nahezu freier Verkehrsfluss
C	$\geq 115$ km/h	$\leq 0.75$	Merkbare Einschränkungen
D	$\geq 100$ km/h	$\leq 0.90$	Deutliche Einschränkungen
E	$\geq 80$ km/h	$\leq 1$	Verkehrsfluss instabil, Kolonnenbildung
F	$< 80$ km/h	-	Stop-and-Go-Verkehr

Quelle: [13]

Unter der Kapazität einer Strasse wird somit die maximal mögliche „Speichermenge“ an Fahrzeugen auf einem definierten Abschnitt verstanden, die theoretisch gerade noch bei einer Mindestgeschwindigkeit von 80 km/h zäh fließend bewältigt werden kann (Qualitätsstufe E, Auslastungsgrad  $a = 1$ ).

#### Parallelen zum Eisenbahnwesen

Auch im Eisenbahnwesen wurde anhand von theoretischen Betrachtungen über die Leistungsfähigkeit von Strecken eine optimale Geschwindigkeit von 80 – 90 km/h nachgewiesen, nach der - unter Berücksichtigung der wichtigsten Einflussfaktoren – die maximale Streckenkapazität erreicht wird [3].

Die für den rechnerischen Nachweis verwandten - und im Rahmen der für den mitteleuropäischen Raum üblichen Skalen variierten - Einflussfaktoren sind:

- Bremsvermögen
- Zuglänge
- Räumabschnittslänge hinter dem Signal
- Signalstellzeit
- Blockfaktor

Diese 5 nach [3] wichtigsten Einflussfaktoren leiten sich durch das „Fahren im festen Raumabstand“ ab, dessen gebräuchlichste Darstellungsform die so genannte „Sperrzeitentreppe“ ist.

Diese ergibt sich aus der Konstruktion der Sperrzeiten für jeden einzelnen Block und deren Aneinanderreihung.

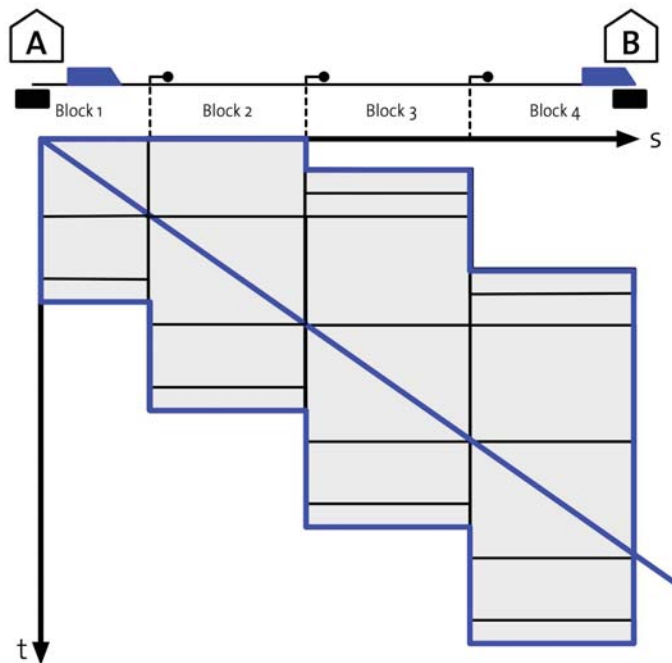


Abbildung 5-1 Sperrzeitentreppe Block 1 bis Block 4

Die grau hinterlegte und durch die blaue Linie begrenzte Fläche bildet den durch eine Zugfahrt von A nach B effektiv stattfindenden direkten Ressourcenverbrauch der Infrastruktur (hier Block 1 bis Block 4) ab. Verbleibende „Kapazität“ in Form von unbelegter Infrastruktur kann allerdings auch indirekt durch eine Zugfahrt belegt werden, z.B. wenn aufgrund des Laufweges eines anderen Zuges die Ressource zwar frei, aber nicht brauchbar ist (siehe Kap.5.2.6).

In der folgenden Abbildung 5-2 wird die Konstruktion der Sperrzeit eines Blockes detaillierter dargestellt.

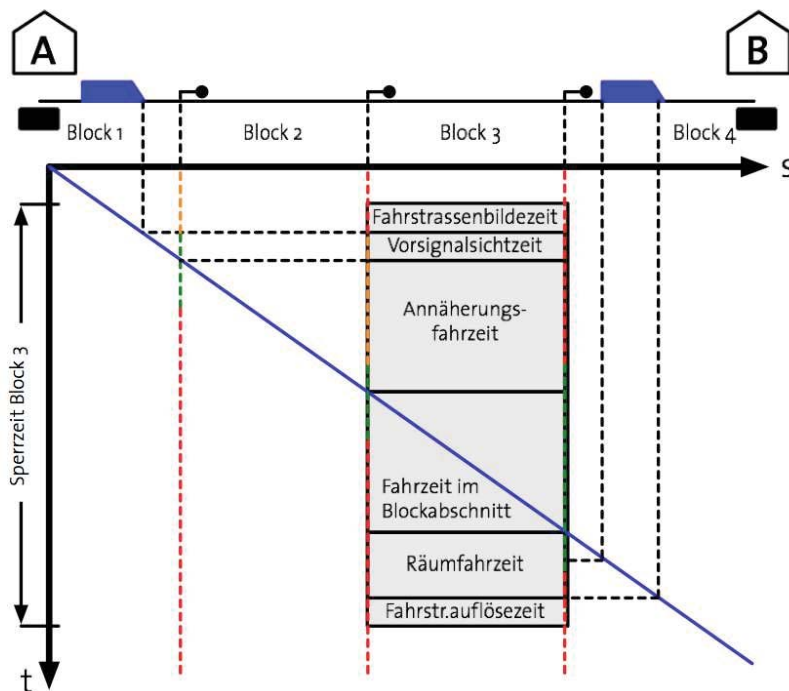


Abbildung 5-2 Konstruktion der Sperrzeit eines Streckenblocks (im Sinne einer übersichtlichen Darstellung nur Block 3)

Die physische Belegung durch einen Zug hat dabei nur einen vergleichsweise kleinen Anteil an der gesamten Sperrzeit eines Blocks (Fahrzeit im Blockabschnitt + Anteil der Räumfahrzeit).

### 5.1.3 Fazit und abschliessende Definition

Gemäss [1] wird die Leistungsfähigkeit wie folgt definiert: „Die bei einer befriedigenden Betriebsqualität und einem bestimmten Betriebsprogramm mögliche Anzahl von Zugfahrten je Zeiteinheit und Fahrtrichtung wird als „Streckenleistungsfähigkeit“ bezeichnet. Sie wird im Wesentlichen durch die Parameter Mindestzugfolgezeit und Pufferzeit bestimmt.“

Im Kontext dieser Arbeit erfolgt eine weitere Differenzierung:

Kapazität = Die maximal mögliche Fähigkeit, Nutzer in einem System aufzunehmen ohne Berücksichtigung derer Bedürfnisse/Qualitätsansprüche.

Leistungsfähigkeit = Die maximal mögliche Fähigkeit, Nutzer durch ein System zu befördern unter Berücksichtigung spezifischer Nutzerwünsche/Qualitätsansprüche.

## **5.2 Parameter zur Beschreibung einer optimalen Netznutzung**

### **5.2.1 Einleitung**

Im Folgenden werden die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Leistungsfaktoren aus Betrieb und Infrastruktur beschrieben. Im Rahmen dieser Arbeit werden diese Einflussfaktoren betrachtet:

- Geschwindigkeit
- Heterogenität
- Beschleunigungs-/Bremsvermögen
- Länge der Züge
- Laufweg der Züge
- Betriebspausen
- Stabilität
- Sicherungstechnik

### **5.2.2 Geschwindigkeit**

Die Geschwindigkeit mit der ein Zug über ein Netz verkehrt, wird von vielerlei Parametern beeinflusst:

- Zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit
- Zulässige Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge im Zugverband
- Zulässige Höchstgeschwindigkeit aufgrund des Bremsvermögens des Zuges
- Maximal erzielbare Höchstgeschwindigkeit aufgrund des Beschleunigungsvermögens des Zuges (i.W. Traktionseigenschaften, Adhäsionsverhältnisse)
- Verminderung der Geschwindigkeit aufgrund Behinderung durch einen vorausfahrenden Zug (Abweichungen vom Fahrplan, oder Synchronisationszeiten)

- Geschwindigkeitsrestriktionen aufgrund des Zugbeeinflussungssystems (punktförmige / linienförmige Zugbeeinflussungssysteme) / der Fahrdienstvorschriften
- Ausnutzung der Geschwindigkeit durch Fahrweise des Triebfahrzeugführers (Mensch-Maschine-Interaktion, Umwelteinflüsse, persönliches Fahrverhalten)

Die genannten Einflüsse sind wiederum abhängig von einer Vielzahl anderer Faktoren technischer, systembedingter, umweltbedingter oder psychologischer Art. Abbildung 5-3 verdeutlicht in Form einer „Geschwindigkeits-Kaskade“ qualitativ den Verlust zwischen theoretisch möglicher und der effektiv gefahrenen Geschwindigkeit eines Zuges durch die oben genannten Einflussfaktoren.



Abbildung 5-3 „Geschwindigkeits-Kaskade“ – Einfluss verschiedener Faktoren auf die effektiv gefahrene Geschwindigkeit eines Zuges [eigene Darstellung]

Die Geschwindigkeit der auf einer Eisenbahninfrastruktur verkehrenden Züge beeinflusst wiederum deren Kapazität / Leistungsfähigkeit

1. direkt durch die physische Belegungszeit der Ressource Infrastruktur und
2. indirekt durch die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den einzelnen Zügen.

Abbildung 5-4 lässt den direkten Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Zugzahl eines Streckenabschnittes A-B erkennen. Bei der Interpretation der folgenden Abbildungen ist

zu beachten, dass es sich um qualitative, reduzierte Darstellungen handelt, die den relativen Unterschied bei Variation der Einflussfaktoren verdeutlichen sollen.

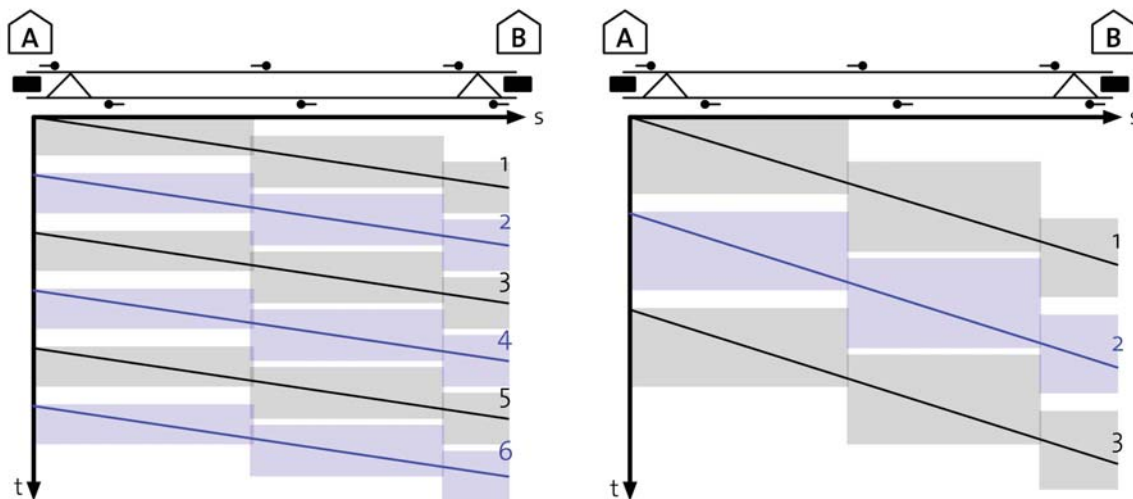


Abbildung 5-4 Beeinflussung der Streckenleistungsfähigkeit durch unterschiedliche Zuggeschwindigkeiten [eigene Darstellung]

Der indirekte Einfluss von Geschwindigkeitsunterschieden ist in [18] ersichtlich, wobei hier wiederum die Abfolge unterschiedlich schneller Züge eine Rolle spielt (siehe auch Einflussfaktor „Heterogenität“) und durch Bündelung der Züge in diesem Beispiel ein zusätzlicher (langsamerer) Zug im gleichen Zeitintervall verkehren kann.

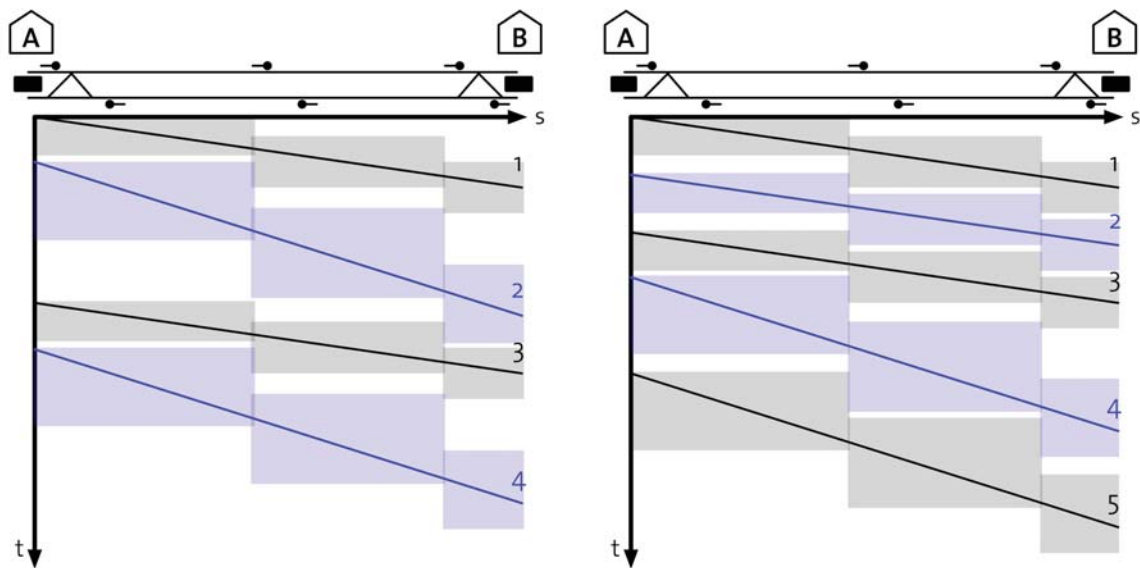


Abbildung 5-5 Beeinflussung der Streckenleistungsfähigkeit durch Variation der Zugfolge [eigene Darstellung]

Die Leistungsfähigkeit wird somit nicht nur durch die absolute Geschwindigkeit der Züge und deren Geschwindigkeitsniveau beeinflusst, sondern ebenfalls aus dem relativen Geschwindigkeitsunterschied zwischen dem langsamsten und schnellsten Zug ( $\Rightarrow$  Heterogenität).

### 5.2.3 Heterogenität

Allgemein bezeichnet die Heterogenität die Uneinheitlichkeit der Elemente einer Menge hinsichtlich eines Merkmals oder mehrerer Merkmale. Übertragen auf den Kontext der Arbeit beschreibt die Heterogenität die Zusammensetzung des Verkehrs auf einer Eisenbahninfrastruktur, also letztlich die Anteile der einzelnen Netznutzer am Gesamtverkehr, auch als Zugmix bezeichnet. Wie bereits im vorherigen Kapitel 5.2.2 beschrieben, lassen sich die Netznutzer durch charakteristische Geschwindigkeiten (direkter Einfluss) beschreiben. Für die Leistungsfähigkeitsermittlung sind neben der an einem Ort zulässigen Geschwindigkeit die durchschnittliche Geschwindigkeit und deren Differenz relevant (indirekter Einfluss).

Besonderes Augenmerk kommt der Heterogenität in Infrastrukturbereichen zu, auf denen unterschiedliche Netznutzer verkehren und sich in ihrer durchschnittlichen Geschwindigkeit unterscheiden, also auf Mischverkehrsstrecken. (Anmerkung: In Infrastruktorknoten ist weniger die durchschnittliche Geschwindigkeit, als vielmehr die zulässige Geschwindigkeit von Rele-

vanz, da diese in Knotenbereichen eher tief ist und im Allgemeinen von allen Netznutzern erreicht wird.)

Definition Mischverkehrsstrecke im Kontext der Arbeit:

Eine Eisenbahnstrecke wird dann im Mischverkehr betrieben, wenn werktäglich ein zweiter Netznutzer hierauf verkehrt, der sich dabei in den betrieblichen Eigenschaften (durchschnittliche Beförderungsgeschwindigkeit, Haltestellenabstand) signifikant unterscheidet. Ausnahmen stellen Bedienungsfahrten von Anschlussgleisen im Güterverkehr dar.

Die Zunahme der Verkehre und Geschwindigkeiten, insbesondere der Geschwindigkeitsunterschiede, über die Jahrhunderte hinweg wurde das Problem von Mischverkehrsstrecken in Europa erkannt. So existierten lediglich in grossen Städten Vorortbahnen, die aus technologischen Gründen (Stromsystem) eine eigene Infrastruktur erhielten und schon früh in kurzen Taktfolgen von 10 Minuten und weniger verkehrten (z.B. Berlin und Hamburg). Frankreich baute über die letzten drei Jahrzehnte ein eigenes HGV-Netz auf, um den TGV-Verkehr vom übrigen Eisenbahnverkehr zu trennen. Auch in Deutschland wurden schrittweise Schnellfahrstrecken errichtet, die allerdings auch dem Güterverkehr dienen sollten. Zudem wurden S-Bahn-Systeme geschaffen, die möglichst auf einer separaten Infrastruktur verkehren sollten. Insbesondere im Kernbereich der Agglomerationen mit Überlagerung der radial einfallenden Linien konnte nur so ein leistungsfähiges System geschaffen werden. Abbildung 5-6 vergleicht ausgewählte deutsche Schnellbahn-Systeme mit der Zürcher S-Bahn, dem einzigen schweizerischen S-Bahn-System, das auch über eine vergleichbare Stammstrecke verfügt (vereinzelte Güterzugfahrten zur Bedienung des rechten Zürichsee-Ufers werden hier vernachlässigt). Lediglich für die tri-nationale Agglomeration Basel liegen Pläne für ein sogenanntes „Herzstück“ vor (z.B.[16]).



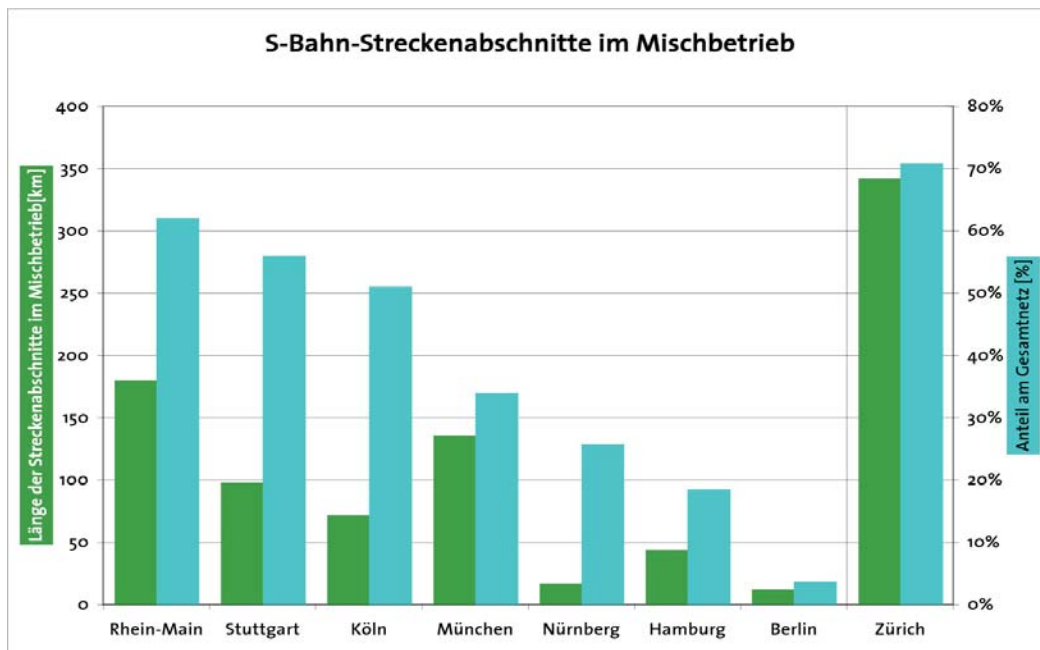


Abbildung 5-6 Vergleich der Zürcher S-Bahn mit deutschen S-Bahn-Systemen und deren Anteil von Streckenabschnitten im Mischbetrieb (eigene Darstellung nach [30])

Im Vergleich zu den deutschen S-Bahn-Systemen weist das Zürcher Netz einen sehr hohen Anteil an Strecken im Mischverkehr auf. Entscheidend ist hier auch die Definition für Mischverkehrsstrecken, respektive S-Bahnen, da eine Reihe von S-Bahn-Linien im äusseren Gürtel der Agglomeration als Express-Linien nur mit Halt an ausgewählten Stationen verkehren. Nach deutscher Definition würde es sich hierbei um RegionalExpress-Linien handeln, womit der betroffene Abschnitt unter die Kategorie Mischverkehrsstrecke fallen würde. Die der Abbildung 5-6 zugrunde gelegte Auswertung befindet sich im Anhang.

Die übrigen S-Bahn-Systeme der Schweiz werden – bis auf Stichstrecken im Randbereich der Agglomerationen – vollständig auf Mischverkehrsstrecken betrieben. Sie haben daher einen wesentlichen Einfluss auf die übrigen Netznutzer. Abbildung 5-7 zeigt eine Auswertung der durchschnittlichen Beförderungsgeschwindigkeit der schweizerischen S-Bahn-Systeme auf Mischverkehrsstrecken, verglichen mit drei ausgewählten deutschen S-Bahn-Systemen. Dabei fällt auf, dass die schweizerischen S-Bahn-Systeme trotz grösserem Haltestellenabstand eine geringere Beförderungsgeschwindigkeit aufweisen.

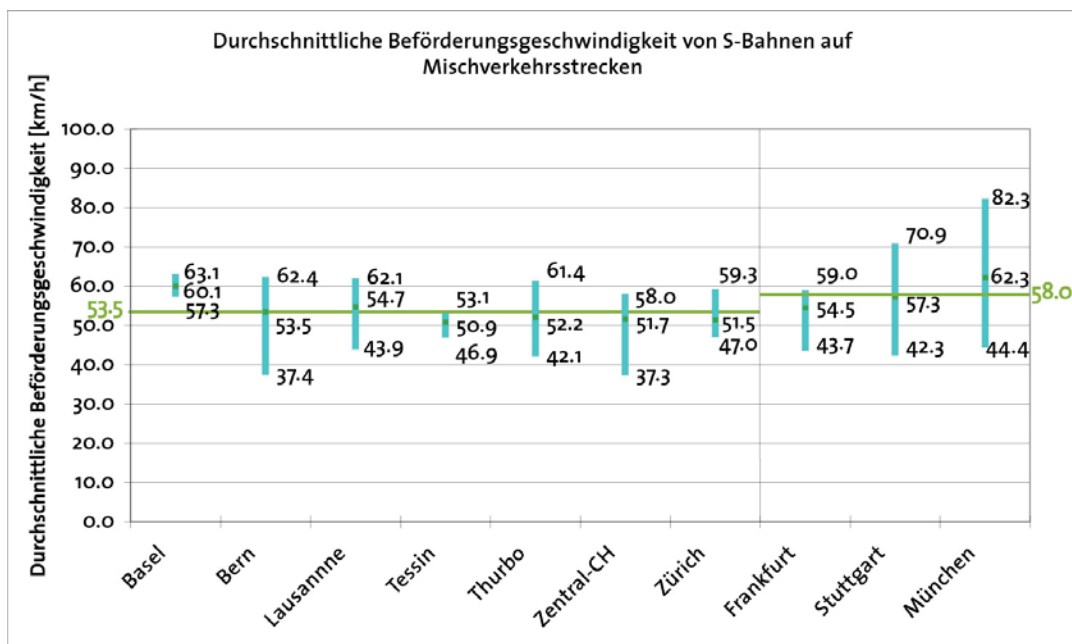


Abbildung 5-7 Auswertung durchschnittlicher Beförderungsgeschwindigkeiten von S-Bahnen auf Mischverkehrsstrecken in S-Bahnsystemen der Schweiz und in Deutschland inkl. Extremalwerte und landesweite Mittelwerte (eigene Berechnungen)

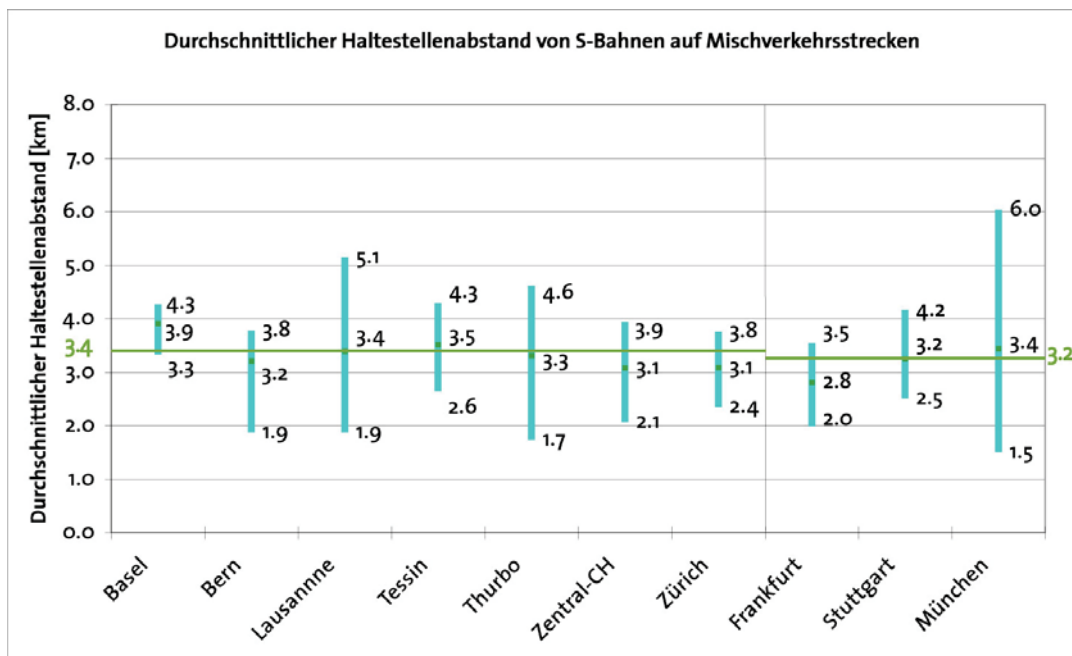


Abbildung 5-8 Auswertung durchschnittlicher Haltestellenabstände von S-Bahnen auf Mischverkehrsstrecken in S-Bahnsystemen der Schweiz und in Deutschland inkl. Extremalwerte und landesweite Mittelwerte (eigene Berechnungen)

Für die weiteren Netznutzer ist eine Auswertung erstellt worden (Berechnungsgrundlagen im Anhang), deren Ergebnis in Abbildung 5-9 ersichtlich ist.

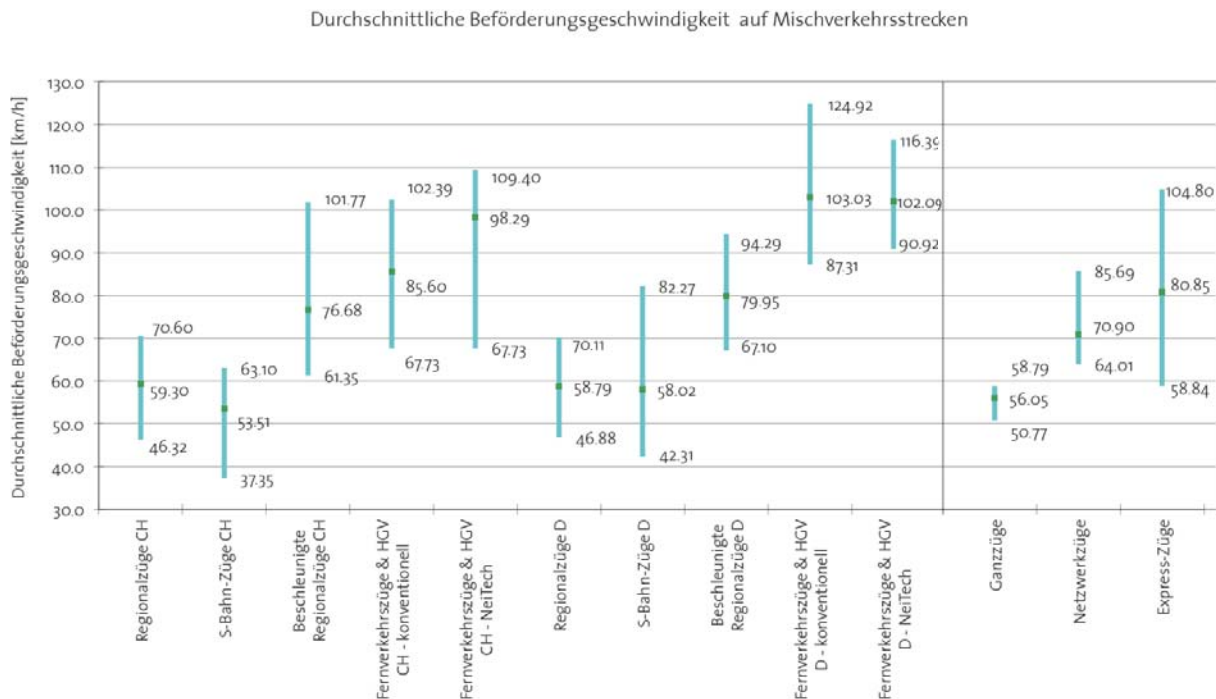


Abbildung 5-9 Auswertung durchschnittlicher Beförderungsgeschwindigkeiten der Netznutzer von Mischverkehrsstrecken in der Schweiz und in Deutschland inkl. Extremalwerte (eigene Berechnungen)

Ein Vorteil dieser Betrachtungsweise von charakteristischen Beförderungsgeschwindigkeiten der Netznutzer besteht darin, dass landesspezifische Fahrzeitreserven in diesen Auswertungen bereits enthalten sind und für die späteren Leistungsfähigkeitsuntersuchungen nicht getrennt ermittelt und beaufschlagt werden müssen.

### Zugmixtypen

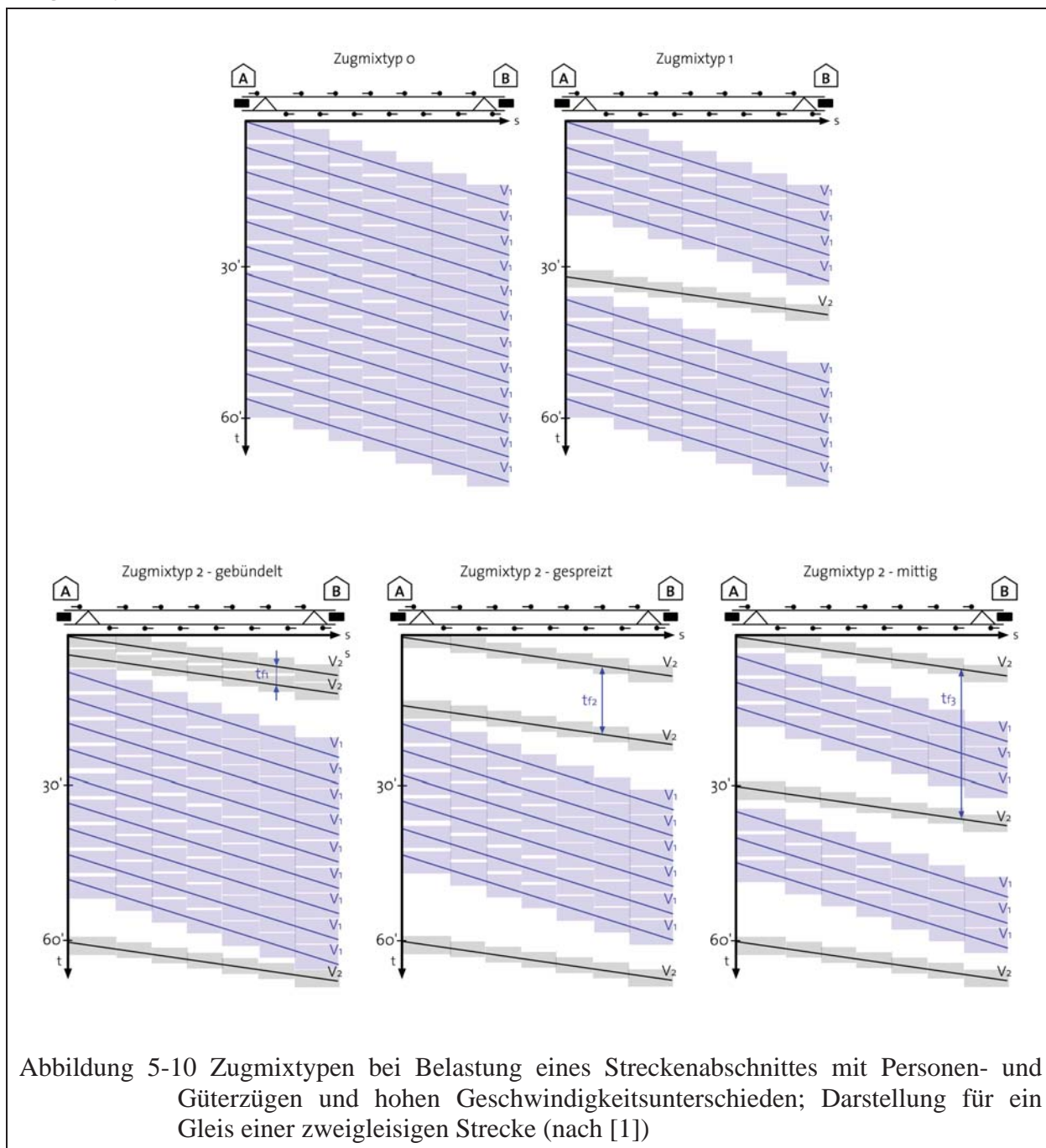


Abbildung 5-10 Zugmixtypen bei Belastung eines Streckenabschnittes mit Personen- und Güterzügen und hohen Geschwindigkeitsunterschieden; Darstellung für ein Gleis einer zweigleisigen Strecke (nach [1])

In Abbildung 5-10 ist für ein vereinfachtes Streckenelement die Belastung bei Variation der Zugzahlen und -lagen zweier Geschwindigkeitsstufen  $V_1$  und  $V_2$  während einer Stunde dargestellt.

- Zugmixtyp 0: Trassenparallelität der Züge von Geschwindigkeitsstufe  $V_1$   $\Rightarrow$  höchst mögliche Anzahl; („0“ = Anzahl der Zugtrassen der Geschwindigkeitsstufe  $V_2$ )

- Zugmixtyp 1:
- Zugmixtyp 2 – gebündelt:
- Zugmixtyp 2 – gespreizt:
- Zugmixtyp 2 – mittig:

Zugmixtypen in Anlehnung an [1]:

Tabelle 5-3 Leistungsfähigkeit für  $V_1$ -Trassen bei verschiedenen Zugmixtypen

Zugmixtyp	0	1	2-gebündelt	2-gespreizt	2-mittig
Anzahl $V_1$ -Trassen	12	9	9	6	6
Relative Leistungsfähigkeit an $V_1$ -Trassen bezogen auf Zugmixtyp 0	100 %	75 %	75 %	50 %	50 %

Quelle: [1], eigene Berechnungen

#### 5.2.4 Beschleunigungs-/Bremsvermögen

Analog zur Geschwindigkeit wird das Beschleunigungs- und Bremsvermögen eines Zuges durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Die wichtigsten werden hier kurz genannt und beschrieben:

##### **Beschleunigungsvermögen**

- Maximale Anfahrzugkraft des Triebfahrzeuges
- Maximal übertragbare Zugkraft, begrenzt durch die Adhäsionsverhältnisse (i.W. Witterung, Rad-/Schienenzustand, Fahrwerkstellung)
- Anhängelast (Masse des Zugverbands)
- Streckenneigung (i.W. Steigung, Radius)
- Maximal zulässiger Oberstrom (Begrenzung in Netzteilen bei elektrifizierten Strecken)
- Schutzstrecken (Streckenabschnitte auf denen die Stromversorgung eines elektrisch betriebenen Zuges kurzzeitig unterbrochen werden muss)

Das Beschleunigungsvermögen bei Vollbahnen, ausgedrückt in der physikalischen Einheit [m/s<sup>2</sup>], beträgt je nach Netznutzer üblicherweise 0.3 m/s<sup>2</sup> (schwere Güterzüge) bis 1.2 m/s<sup>2</sup> (S-Bahnen), oder noch höhere Werte für Triebfahrzeug-Leerfahrten.

### **Bremsvermögen**

- Maximale Bremskraft des Triebfahrzeuges
- Bremssysteme der Fahrzeuge
- Maximal übertragbare Bremskraft, begrenzt durch die Adhäsionsverhältnisse (i.W. Witterung, Rad-/Schienenzustand)
- Bremsgewicht des Zugverbands (Bremsstellung, abhängig von Zugart, Länge und Geschwindigkeit)
- Masse des Zugverbands
- Länge des Zugverbands (Durchschlagszeit)
- Streckenneigung (Gefälle)

Das Bremsvermögen und die damit zusammenhängende Verzögerung für Betriebsbremsungen bei Vollbahnen, beträgt üblicherweise 0.6 m/s<sup>2</sup> (Güterzüge) bis 1.2 m/s<sup>2</sup> (S-Bahnen).

Sowohl das Beschleunigungs-, als auch das Bremsvermögen hängen zudem stark von der Fahrweise des Triebfahrzeugführers und dessen Einschätzung der Witterungsverhältnisse, Fahrzeitreserven, etc... ab. Es sollte daher für Fahrzeitenrechnungen im Allgemeinen nicht das maximal theoretische Beschleunigungs-/Bremsvermögen in Rechnung gestellt werden.

Zusammen mit dem Einflussfaktor „Geschwindigkeit“ kann nun eine Zugfahrt in ihrer zeitlichen und örtlichen Lage beschrieben werden.

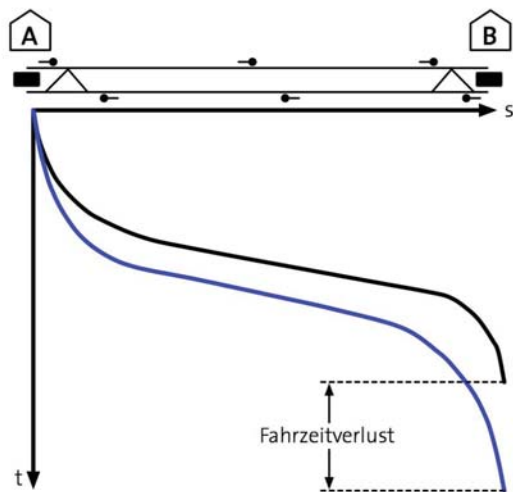


Abbildung 5-11 Fahrzeitverlust durch vermindertes Beschleunigungs-/Bremsvermögen [eigene Darstellung]

Neben dem Einfluss auf den Betriebsablauf und die Zugfahrt an sich, existiert aufgrund des Bremsvermögens eine Abhängigkeit zwischen Zug und Infrastruktur: So richtet sich der Vorsignalabstand in begrenztem Rahmen nach dem Bremsvermögen der üblicherweise auf dieser Strecke verkehrenden Züge. Da der Vorsignalabstand nicht beliebig angepasst werden kann, muss bei konstantem Bremsvermögen die zulässige Geschwindigkeit für die betroffenen Züge reduziert werden.

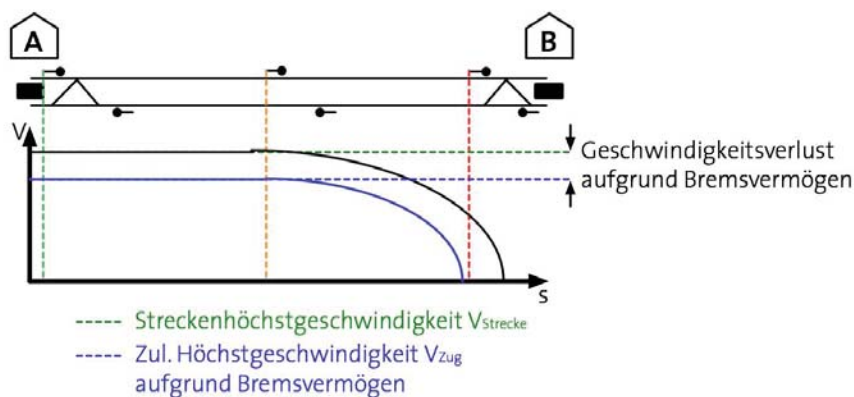


Abbildung 5-12 Geschwindigkeitsverlust aufgrund Bremsvermögen [eigene Darstellung]

### 5.2.5 Länge der Züge

Die Zuglänge definiert sich aus der Summe der „Länge über Puffer/Kupplung“ der im Zugverband vereinten Fahrzeuge. Im mitteleuropäischen Raum sind Zuglängen von mindestens 20 Meter (z.B. für Triebfahrzeugleerfahrten) bis 700 Meter üblich. Derzeit bestehen Bestrebungen die Zuglängen aus Effizienzgründen schrittweise auf bis zu 1000 Meter, langfristig gar auf 1500 Meter, anzuheben [7], [20].

Der Einfluss der Zuglänge auf die Leistungsfähigkeit schlägt sich in der Belegung der Resource Infrastruktur durch den Zug nieder. Folgende Einflussnahmen sind denkbar:

Mit zunehmender Länge eines Zuges:

- nimmt die Belegungszeit eines Infrastrukturabschnitts durch dessen physische Belegung weiter zu (siehe Abbildung 5-13),
- reichen die Bahnhofsgleislängen für einen Betriebshalt (Abstellung/Überholung), oder die Bahnsteiglängen für einen Verkehrshalt nicht mehr aus,
- steigt die Wahrscheinlichkeit, Anpassungen an der Sicherungstechnik vornehmen zu müssen (i.W. Verlängerung der Blöcke und Kontakte an Bahnübergängen) und dadurch Leistungsfähigkeit einzubüssen (siehe auch [20]).



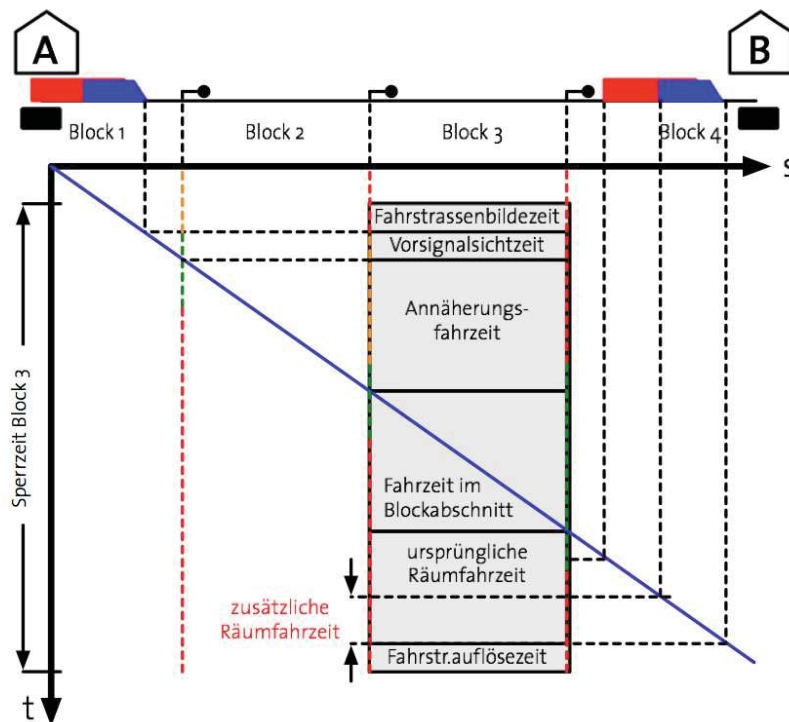


Abbildung 5-13 Verlängerung der Sperrzeit (Block 3) durch Verdopplung der Zuglänge [eigene Darstellung]

Bereits heute ist die oftmals zur Diskussion stehende Nutzung von Strecken abseits des Hauptnetzes durch die Länge der umzuleitenden Züge nur eingeschränkt möglich. Ausweichgleise in Kreuzungs- / Überholungsbahnhöfen weisen keine ausreichende Länge für Güterzüge auf, entweder aufgrund einem geringem Ausbaustandard, oder aufgrund von Rückbaumasnahmen in der Vergangenheit. Eine Untersuchung des schweizerischen Normalspurnetzes [19] ergab, dass oftmals aus diesem Grund Umleitungen über Nebenstrecken ohne aufwändige Infrastrukturanpassungen nicht möglich sind. Unter günstigen Voraussetzungen sind Zuglängen von maximal 300 bis 400 Meter möglich, um die vorhandenen Gleislängen betrieblich ohne aufwändige Infrastrukturmassnahmen nutzen zu können.

## 5.2.6 Laufweg der Züge

Der Laufweg eines Zuges setzt sich aus der längsten aus Teiltrassen zusammenhängenden Trasse zusammen und definiert dessen Infrastrukturbelegung

1. innerhalb eines Netzes (makroskopisch)

2. innerhalb eines Netzknotens oder einer Strecke (mikroskopisch)

sowohl in zeitlicher, als auch örtlicher Lage. Ein besonderes Augenmerk ist auf die Unterbruchsfreiheit in den die Teiltrassen begrenzenden Knoten zu legen, was zu einer starken Einschränkung des Lösungsraumes für die Findung von durchgehenden Trassen führt. Das Ziel aller Netznutzer ist eine möglichst hohe Reisegeschwindigkeit mit lediglich für die Behandlung des Zuges notwendigen Aufenthaltszeiten.

Die Unterscheidung zwischen mikroskopischer und makroskopischer Ebene des Laufwegs lässt sich anhand eines Beispiels näher erläutern: Betrachtet man einen bestimmten Zuglauf (hier EuroCity 101 Hamburg – Chur) auf dem Abschnitt Basel – Zürich, so zeigt Abbildung 5-14 den Laufweg innerhalb des (nordschweizerischen) Netzes.

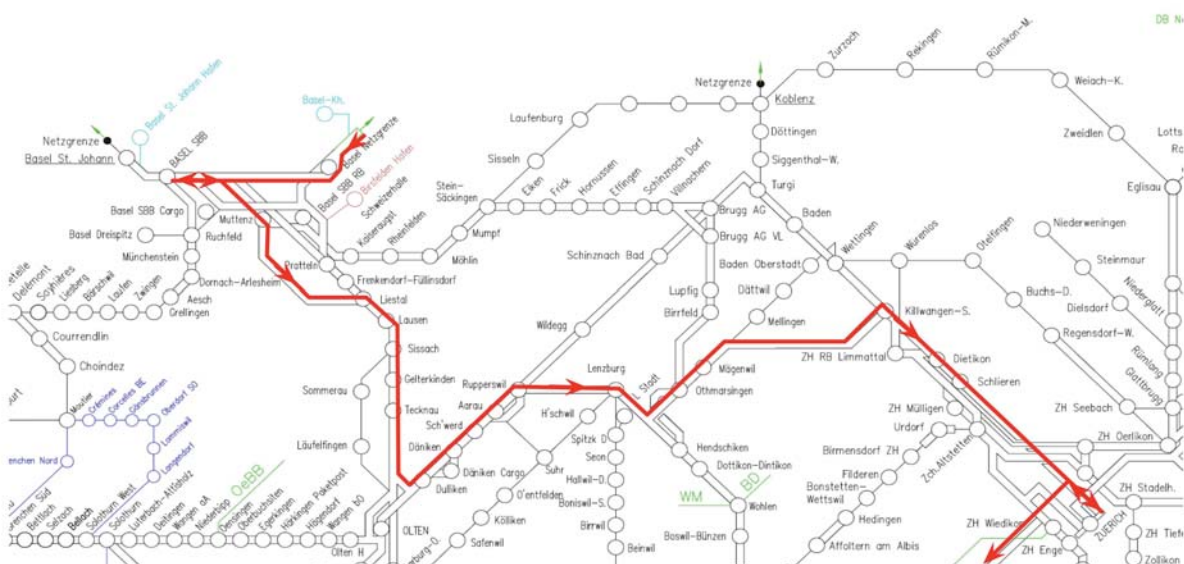


Abbildung 5-14 Laufweg eines Zuges (hier EC 101) innerhalb eines Netzes (hier Netzausschnitt Nord-Schweiz) [eigene Darstellung]

Der so genannte Regelweg eines Zuges innerhalb eines Netzes sollte aufgrund von Kundeninteressen zwingend eingehalten werden, um alle planmässigen Halte bedienen zu können. Daher ist vom Laufweg auf Netzebene nur in Ausnahmefällen abzuweichen, beispielsweise im Fall von Baustellen oder Betriebsstörungen. Meist führen Abweichungen vom Regelweg - beispielsweise eine Umleitung über eine andere Strecke - zu Verspätungen und Verspätungsübertragungen auf andere hier planmässig verkehrende Züge.



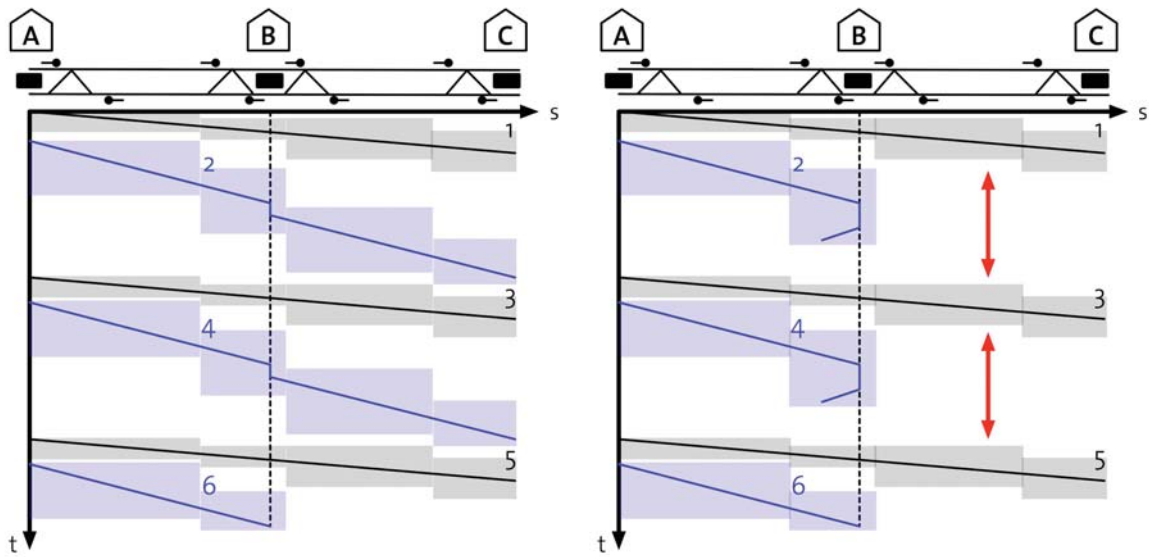


Abbildung 5-16 Kapazitätsverlust bei Verkürzung eines Zuglaufes im Bahnhof B im Streckenabschnitt B – C

Abbildung 5-17 verdeutlicht diesen Sachverhalt bei erweitertem Betrachtungsraum (Bahnhöfe A – E): Die hier lediglich im Abschnitt B – D verkehrenden Züge führen zu einem nicht nutzbaren Zeitfenster in den Abschnitten A – B und D – E. In der Literatur wird dieser Effekt oftmals auch als „verlorene Kapazität“ beschrieben.

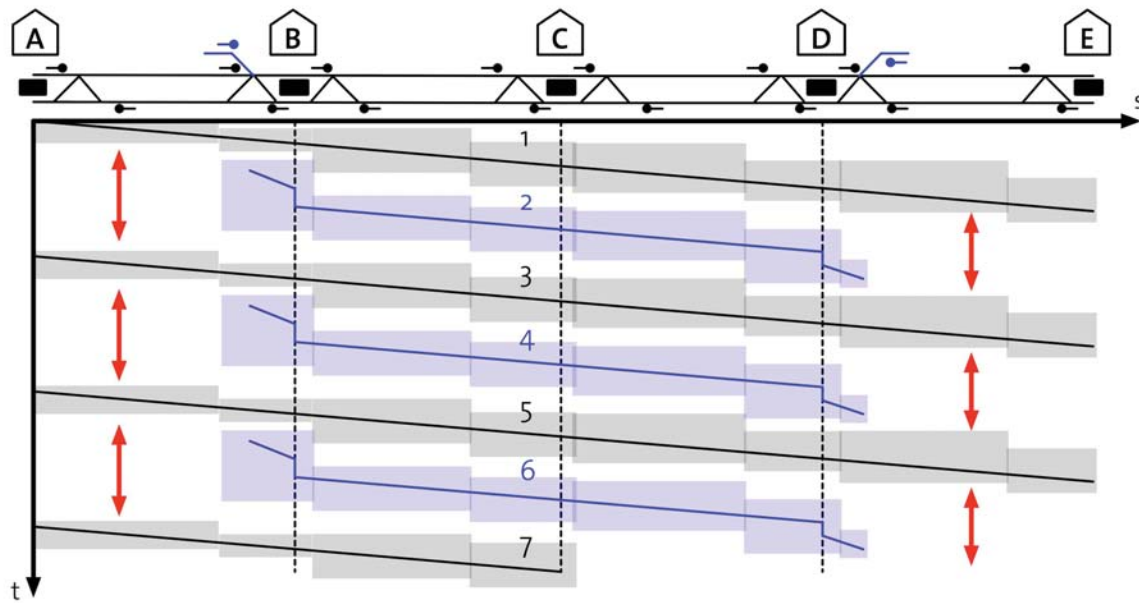


Abbildung 5-17 Kapazitätsverlust bei Teilnutzung eines Streckenabschnittes

Typische Laufweglängen innerhalb eines Netzes können aus Gründen der Produktionskonzepte eines EVU (Fernverkehr) oder Wünschen der Besteller (Nahverkehr) / Kunden (Güterverkehr) schwanken.

Tabelle 5-4 Arbeitsbereiche von Produkten im Schienengüterverkehr (im Hauptlauf)

Netznutzer	Arbeitsbereich		Beispiele
	funktional	Wertebereich	
Ganzzüge für Massenwaren	Zwischen Anschlussgleisen	100 - > 1'000 km	Basel Hafen – Tankanlage Rümplang: 119 km Wanne-Eickel – Wolfurt: 770 km
Netzwerkzüge	Zwischen Terminals/Rangierbahnhöfen	> 1'000 km (KV) < 1'000 km (WLV)	Hamburg – Novara: 1'220 km Rotterdam – Niederglatt: 1'020 km Zürich RBL – Lausanne Triage: 226 km
Express-Züge	Zwischen Anschlussgleisen/Terminals	< 500 km	Chur – Daillens: 397 km Frauenfeld – Härkingen: 113 km

Quelle: [17], [34], [23], [eigene Berechnungen]

Tabelle 5-5 Arbeitsbereiche von Produkten im Schienenpersonenverkehr

Netznutzer	Arbeitsbereich		Beispiele
	funktional	Wertebereich	
Fernverkehrszüge und HGV (ICE, TGV, EC, IC, Produktstufe A2)	Durchleiten: Zwischen in- und be- nachbarten auslän- dischen Grossstädten	130 - 600 km	ICE Hamburg – Zürich: 986 km EC München – Zürich: 359 km IC Genf – Romanshorn: 362 km
Beschleunigte Regionalzüge (IR, IRE, RE, Produktstufe B1)	Verbinden: Zwischen Gross- und dazwi- schen liegenden Mittelstädten	30 – 130 km	IR Basel – Luzern: 86 km IRE Basel – Ulm: 286 km RE St.Gallen – Chur: 106 km
S-Bahn-Züge (Produktstufe C1, C2)	Sammeln: Erschlies- sung innerer bis äus- serer Gürtel von Agglomerationen	< 30 km	S8 Zürich – Weinfelden: 60 km S2 Erstfeld – Zug: 48 km S1 Basel – Frick: 37 km
Regionalzüge (Produktstufe C3)	Sammeln: Erschlies- sung von Gebieten ausserhalb der Agglomerationen	< 30 km	Regio Ziegelbrücke – Chur: 59 km Regio Neuchâtel – Biel: 29 km

Quelle: [33], [eigene Berechnungen]

Die genannten Beispiele zeigen, dass Laufwege existieren, die den angegebenen charakteristischen Arbeitsbereich über- oder unterschreiten. Der Arbeitsbereich ist somit eher der aus Sicht des Kunden attraktiv nutzbare Teil eines Laufwegs, respektive ergibt sich aus den funktionalen Anforderungen die an das Produkt und schliesslich an den Netznutzer gestellt werden. Skaleneffekte zwischen den einzelnen Ländern können zudem zu unterschiedlich hohen Laufweglängen führen, erfüllen aber denn noch den angegebenen funktionalen Zweck.

In den letzten Jahren ist insbesondere im internationalen Fernverkehr eine Tendenz zu kürzeren Zugläufen zu erkennen, z.B. aufgrund des eingeschränkten Fahrzeugeinsatzes durch Zulassungsbeschränkungen (Umstellung von lokbespannten EC auf ICE 3 oder TGV). Der Trend zu höheren Geschwindigkeiten und die Marktöffnungen im Fernverkehr werden dieser Tendenz allerdings entgegenwirken ([24]). In Deutschland wurden ehemalige InterRegio-Linien zu Produkten des Nahverkehrs und verkehren nun als InterRegioExpress im Auftrag der Besteller, was allerdings zu fernverkehrsähnlichen Laufwegdistanzen führte. Ebenso wurden ehemalige InterRegio-Linien auf InterCity-Linien umgestellt, wodurch sich die mittlere Reisegeschwindigkeit dieser Zuggattung verringerte ([4]).



Im Güterverkehr sind hingegen durchgängige Laufwege, insbesondere im Ganzzug- und Kombinierten Verkehr, ein Baustein um in Zukunft konkurrenzfähig zu bleiben ([9]). Eine Bedingung hierfür ist der Einsatz von Mehrsystem-Triebfahrzeugen, die neben einer Angebotsverbesserung trotz erhöhter Investitionskosten zu Preissenkungen führen kann ([17]).

### **5.2.7 Betriebspausen**

Betriebspausen können zum einen aufgrund unbesetzter Stellwerke, zum anderen durch Bau-massnahmen, beispielsweise nächtliche Instandhaltungsmassnahmen, resultieren. Während der erste Fall meist auf Strecken abseits der Magistralen auftritt, sind nächtliche Sperrpausen gerade auf hoch belasteten Hauptstrecken notwendig, um dem erhöhten Anlagenverschleiss entgegenwirken zu können.

Mit zunehmender Fernsteuerung von Stellwerken aus Betriebszentralen wird die Nutzung von Ausweichrouten zunehmend attraktiver, wohingegen die Sperrpausen auf Hauptstrecken mit zunehmender Auslastung weiter zunehmen werden müssen. Erschwerend kommt hinzu, dass in den letzten Jahren das Angebot von Nacht-S-Bahnen, insbesondere an Wochenenden, ausgeweitet wurde und zwischen Betriebsschluss und –beginn immer kürzere Zeitfenster zur Verfügung stehen. Ein Ausweichen auf Sperrpausen in den Nächten So/Mo bis Do/Fr wirkt sich durch den dann stärkeren Güterverkehr wiederum ungünstig aus.

Eine weitere Tendenz hin zu mehrtägigen oder auch mehrwöchigen Betriebspausen auf einem Streckenabschnitt zur Totalsanierung der Infrastruktur ist neuerdings in Deutschland und Österreich zu erkennen [8].

### **5.2.8 Stabilität**

Die Stabilität ist ein Mass für die Fähigkeit eines Systems, Verspätungen abzubauen und steht in direktem Zusammenhang zur Leistungsfähigkeit, respektive Kapazität. Nach [28] hängt die Kapazität neben der Stabilität im Wesentlichen von der Zugzahl, der Heterogenität und der Durchschnittsgeschwindigkeit der Züge ab.

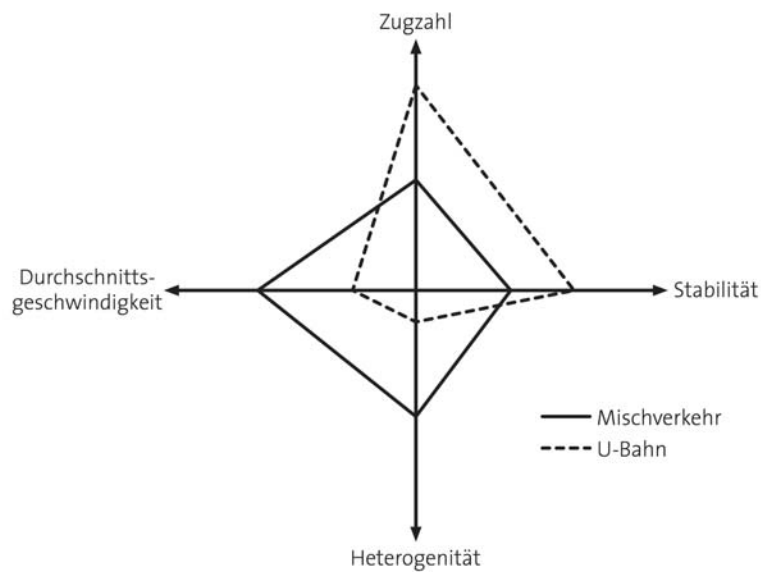


Abbildung 5-18 Kapazitätsviereck nach [28]. Der Umfang des Vierecks soll sinngemäß konstant bleiben, wenn sich eine Achse verändert.

So weisen U-Bahn-Systeme meist eine im Vergleich zur Eisenbahn im Mischverkehr niedrige Heterogenität und Durchschnittsgeschwindigkeit auf, zeichnen sich aber durch eine vergleichsweise hohe Zugzahl und Stabilität aus.



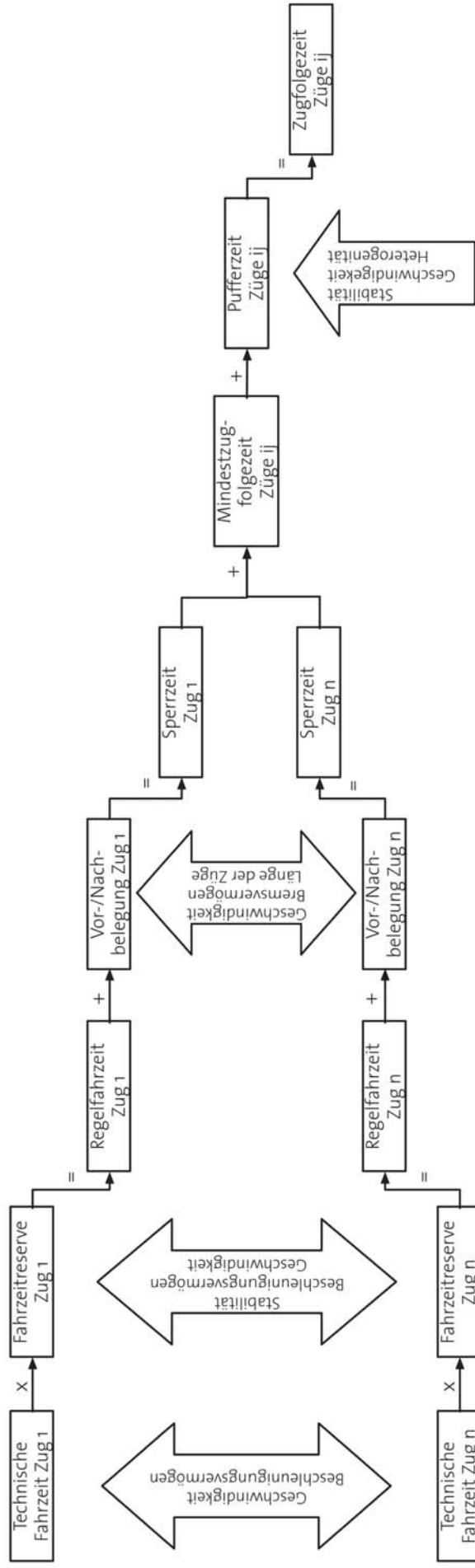


Abbildung 5-19 Ermittlung der Zugfolgezeit und Einordnung der stabilitätsbeeinflussenden Elemente Fahrzeitreserve und Pufferzeit

Wie die Stabilität ferner beeinflusst werden kann, wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

### Fahrzeitreserve

Die Fahrt eines Zuges unterliegt vielfältigen Beeinträchtigungen. Zum ersten variieren die Haltezeiten und durch Anschlusszüge werden Verspätungen übertragen. Zum zweiten basiert die Fahrzeitberechnung wie jede technische Berechnung auf Annahmen, welche im praktischen Betrieb selten vollständig erfüllt sind. Um den Betrieb zu stabilisieren und eine angemessene Fahrplanzuverlässigkeit zu gewährleisten sind daher Fahrzeitzuschläge unerlässlich.

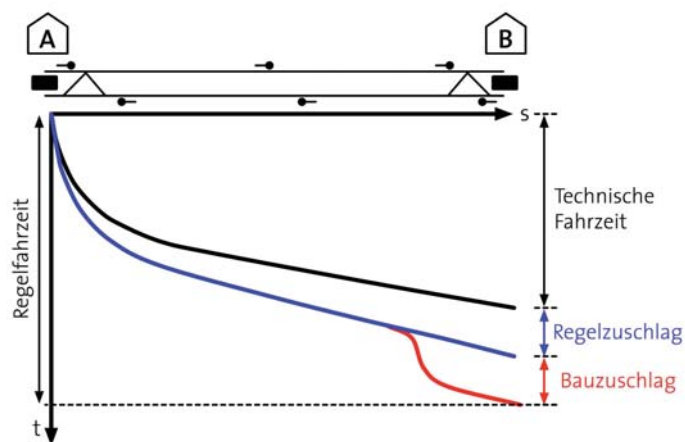


Abbildung 5-20 Bestandteile der Fahrzeitreserve (nach [14])

Die Bemessung der Fahrzeitreserve wird bei den verschiedenen Bahnen unterschiedlich gehandhabt. In der Schweiz werden prozentuale Fahrzeitreserven anhand von Erfahrungswerten individuell nach Linie festgelegt. Im netzweiten Mittel beträgt dieser 7% [32]. Die Fahrzeitreserve wird prozentual oder in absoluter Form (z.B. Minuten) der technischen Fahrzeit zugeschlagen. Die technische Fahrzeit ergibt sich aus der maximal zulässigen Geschwindigkeit, Beschleunigungs- und Bremsvermögen und wird im Allgemeinen für den planmässig ungünstigsten Fall der Zugbildung berechnet (planmässig eingesetztes Triebfahrzeug + planmässig höchste Anhängelast).

### Mindestzugfolge- und Pufferzeit

Die Mindestzugfolgezeit ist die kleinste technisch mögliche Zugfolgezeit zur behinderungsfreien Durchführung zweier Zugfahrten. Sie ergibt sich, wenn sich die Sperrzeitentrepfen zweier Züge ohne Toleranz berühren [21]. Hierdurch ergibt sich die Mindestzugfolgezeit in Abhängigkeit des Zugfolgefalls (siehe Abbildung 5-21 links). Würden Fahrpläne auf dieser Mindestzugfolgezeit basieren, würden sich Abweichungen vom Betrieb direkt auf nachfolgende Züge auswirken. Daher wird auf das Element Pufferzeit zurückgegriffen.

Die Pufferzeit ist eine bei der Fahrplankonstruktion zu berücksichtigender Zuschlag auf die Mindestzugfolgezeit zur Verminderung der Verspätungsübertragung bei Unregelmässigkeiten [21]. Sie wird im massgebenden Blockabschnitt angeordnet, dem Blockabschnitt, aus dem sich die Mindestzugfolgezeit zwischen zwei Zügen ableitet. Durch die Anordnung der Pufferzeit ergibt sich die Zugfolgezeit (siehe Abbildung 5-21 rechts).

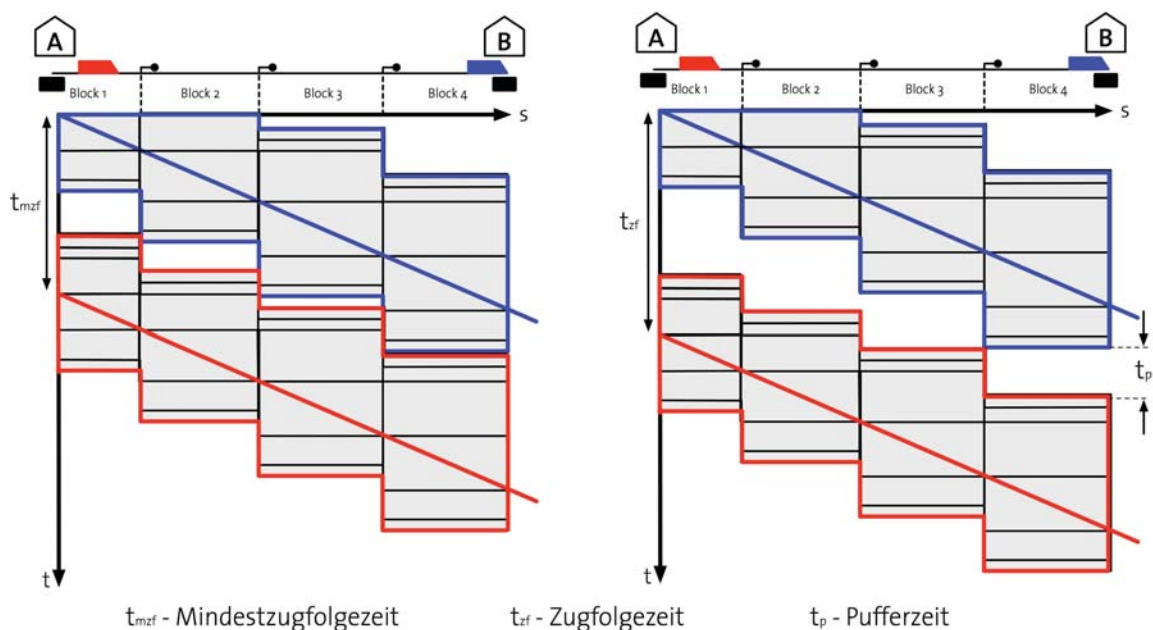


Abbildung 5-21 Mindestzugfolgezeit, Zugfolgezeit und Anordnung der Pufferzeit zwischen zwei Zügen

Die Dimensionierung der Zugfolge-Pufferzeiten zwischen zwei Zugtrassen ist nach [14] abhängig von:

- den Wahrscheinlichkeitsverteilungen des Eintretens von Verspätungen,

- den Mindestzugfolgezeiten in der planmässigen und abweichenden Reihenfolge der Züge,
- der Rangordnung und
- den zulässigen Beträgen (empirisch ermittelbar) der Folgeverspätungen weiterer Zuglagen.

Dies beschreibt die in Deutschland gängige Praxis für die Dimensionierung der Pufferzeit, basierend auf [26].

## 5.2.9 Sicherungstechnik

### ***Stellwerk- und Signaltechnik***

#### *Signalstellzeit*

Die Signalstellzeit, oftmals auch als Fahrstrassenauflöse-/bildezeit bezeichnet, bildet die durch die Stellwerkstechnik verursachte Verlustzeit beim Prozess der sicherungstechnischen Verarbeitung einer Zugfahrt ab. Sie ist abhängig von der vorhandenen Stellwerkstechnik und beträgt bei modernen Anlagen (RSTW, ESTW) 5 Sekunden [14] und in mechanischer Stellwerken bis zu 30 Sekunden und mehr (siehe Anhang und [32], [22]). Während Signalstellzeiten auf der Strecke (Blocksignal) eher einen geringen Zeitaufwand bedeuten (Bedingung für Erlaubnis der Zugfahrt: Gleisfreimeldung), müssen in Knotenbereichen neben der reinen Gleisfreimeldung zur Sicherung der Fahrstrasse gegebenenfalls weitere Elemente überprüft und in eine entsprechende Lage gebracht werden:

- (Um-)Stellung von für die Fahrstrasse erforderlichen Weichen
- (Um-)Stellung von Flankenschutz bietenden Weichen und Gleissperren<sup>5</sup>
- Vollständige Auflösung von weiteren Fahrstrassen

#### *Signal- und Sicherungstechnik*

Zugbeeinflussungssysteme, die als Bindeglied zwischen Signal-/Stellwerkstechnik und Fahrzeug dienen, lassen sich in drei Gruppen einteilen:

---

<sup>5</sup> Hiermit ist der in Deutschland übliche Begriff für Entgleisungsmittel gemeint. Dies entspricht in der Schweiz dem Begriff der Sperrschuhe, Entgleisungsvorrichtungen oder Entgleisungsweichen.

- Zugbeeinflussungssysteme mit punktueller Datenübertragung, z.B. durch Magnete oder Balisen
- Zugbeeinflussungssysteme mit teilkontinuierlicher Datenübertragung, z.B. durch Schleifen, sog. „Loops“
- Zugbeeinflussungssysteme mit kontinuierlicher Datenübertragung, z.B. durch Linienleiter, Gleisstromkreise oder Funk (GSM-R).

Historisch gewachsen ist in Europa heute eine Vielzahl an verschiedenen Systemen vorhanden, deren Einteilung in die drei Gruppen in Tabelle Tabelle 5-6 dargestellt ist.

Tabelle 5-6 Einteilung der heute und zukünftig vorhandenen Zugbeeinflussungssysteme

Zugbeeinflussungssysteme	(Nationale) Zugbeeinflussungssysteme	Abstandshalteverfahren
mit punktueller Datenübertragung	Integra-Signum (CH), Crocodile (F, B, L), PZB 90 (D, A),	Fahren im Raumabstand
mit teilkontinuierlicher Datenübertragung	ZUB 121 (CH), ETCS Level 1	Fahren im Raumabstand
mit kontinuierlicher Datenübertragung	LZB (D, A, E), ATB (NL), ETCS Level 2 und 3	Fahren im Raumabstand Fahren im absoluten Bremswegabstand

Quelle: eigene Darstellung nach [10]

In Abbildung 5-22 ist exemplarisch für die drei Gruppen der Zugbeeinflussungssysteme qualitativ der Fahrzeitverlust dargestellt (der letztlich zu einem Leistungsfähigkeitsverlust führt) für den Fall eines Halt zeigenden Blocksignals.

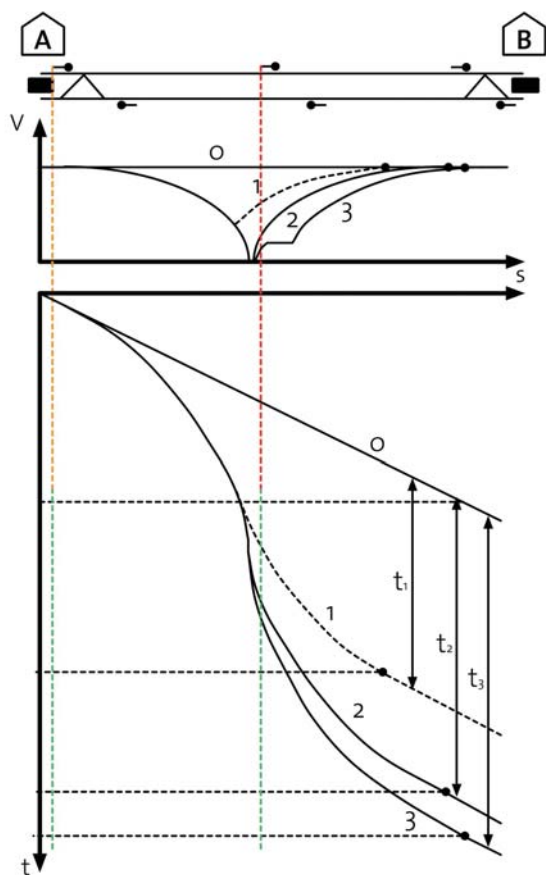


Abbildung 5-22 Fahrzeitverluste aufgrund unterschiedlicher Zugbeeinflussungssysteme

Die Referenz bildet ein Fahrtverlauf ohne Halt am Blocksignal (Index 0). Bei Annäherung an ein Halt zeigendes Signal mit einem kontinuierlich übertragenden Zugbeeinflussungssystem (z.B. LZB) kann unmittelbar nach Informationsübermittlung an den Zug durch den Triebfahrzeugführer wieder beschleunigt werden (Index 1). Es resultiert ein Fahrzeitverlust in Höhe von  $t_1$ . Für den Fall eines teilkontinuierlich übertragenden Zugbeeinflussungssystems (z.B. ZUB 121) und einem vollständigen Abbremsen des Zuges bis zum Stillstand, beispielsweise aufgrund einer eingeschränkten Wahrnehmbarkeit, kann nach Halt vor dem Blocksignal wieder auf die ursprünglich zulässige Streckengeschwindigkeit beschleunigt werden (Index 2). Ein punktuell übertragendes Zugbeeinflussungssystem, wie z.B. die PZB 90, führt aufgrund der restriktiven Geschwindigkeitsüberwachung bei Wiederanfahrt nach einem Halt zeigenden Signal zu einer noch grösseren Fahrzeitverlängerung (Index 3). Für weitergehende Informationen zu dieser Thematik sei auf [10] verwiesen.

Das heute in Europa bei Eisenbahnen übliche Betriebsverfahren „Fahren im festen Raumabstand“ nähert sich auf Strecken mit Geschwindigkeiten über 160 km/h und zur Steigerung der

Leistungsfähigkeit (z.B. LZB der S-Bahn-Stammstrecke München) durch eine immer kleinere Blockunterteilung dem „Fahren im wandernden Raumabstand“ (ETCS Level 3) an. Mit Einführung von LZB CIR-ELKE in den 90er-Jahren wurde eine Einteilung in der Praxis in bis zu 50 m „kurze“ Hochleistungsblöcke (HBL) ermöglicht (technische Machbarkeit bis minimal 37.5 m [31]). So konnte durch die Einteilung in HBL auf der Oberrhein-Strecke Offenburg – Basel gegenüber ortsfester Signalisierung im H/V-System die Leistungsfähigkeit um bis zu 30% gesteigert werden. Aufgrund der ähnlichen Charakteristik und Optimierungsansätze (Stichwort Blockteilung) bringt der Übergang zum zukünftigen ETCS Level 2 gemäss [6] keinen weiteren Zuwachs an Leistungsfähigkeit.

Eine Einführung von ETCS Level 3 ist in einem überschaubaren Zeitraum nicht zu erwarten. Erst hierdurch könnte die Leistungsfähigkeit weiter gesteigert werden, da durch den Übergang von einer „Sperrzeitentreppe“ in ein „Sperrzeitenband“ die Zugfolgezeiten weiter verringert werden könnten (siehe Abbildung 5-23).

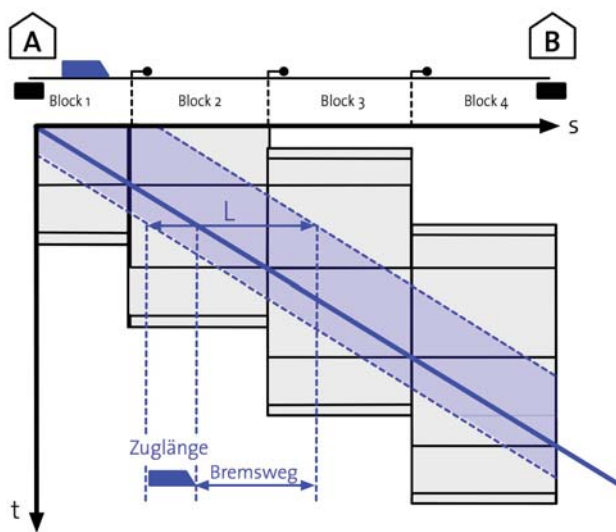


Abbildung 5-23 Sperrzeitenband (blau) bei „Fahren im absoluten Bremswegabstand“ gegenüber Sperrzeitentreppe (grau) bei konventioneller Signalisierung

Welchen Nutzen die Einführung der verschiedenen ETCS Level auf Sicht der Leistungsfähigkeit bringen würde, kann [35] entnommen werden. An dieser Stelle werden lediglich die Ergebnisse der hier analysierten, fiktiven Fallsbeispiele einer Hochgeschwindigkeitsstrecke, einer Mischverkehrsstrecke, sowie einer Nebenstrecke wiedergegeben. Die den Untersuchungen hinterlegten Modellzüge und deren Parameter sind im Anhang beschrieben.

Tabelle 5-7 Vergleich der Leistungsfähigkeiten von ETCS Level 1 bis 3

	HGV-Strecke	Mischverkehrsstrecke	Nebenstrecke
<b>Infrastrukturelle und betriebliche Randbedingungen und Annahmen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchgängige Doppelspur</li> <li>• Streckenhöchstgeschwindigkeit 300 km/h</li> <li>• Streckenlänge 100 km</li> <li>• Streckenblocklängen 5 km</li> <li>• Bahnhöfe nur an den Endpunkten der Strecke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchgängige Doppelspur</li> <li>• Streckenhöchstgeschwindigkeit 160 km/h</li> <li>• Streckenlänge 100 km</li> <li>• Streckenblocklängen 3 km</li> <li>• Bahnhöfe an den Endpunkten der Strecke</li> <li>• 2 grosse und 7 Überholungsbahnhöfe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchgängige Einspur</li> <li>• Streckenhöchstgeschwindigkeit 80 km/h</li> <li>• Streckenlänge 100 km</li> <li>• Keine Streckenblockunterteilung</li> <li>• Bahnhöfe an den Endpunkten der Strecke</li> <li>• 4 Kreuzungsbahnhöfe</li> </ul>
<b>Betriebsprogramm</b>	Personenfernverkehr: 120 Züge / Tag und Richtung Personennahverkehr: - Güterverkehr: -	Personenfernverkehr: 50 Züge / Tag und Richtung Personennahverkehr: 40 Züge / Tag und Richtung Güterverkehr: 60 Züge / Tag und Richtung	Personenfernverkehr: - Personennahverkehr: 20 Züge / Tag und Richtung Güterverkehr: 5 Züge / Tag und Richtung
Level 1	100 %	100 %	100 %
Level 1 mit zus. Infill-Balise 400m vor Hsig	103.3 % →	101.6 % →	Nicht untersucht
Level 1 limited supervision	Nicht untersucht	110.8 % →	Nicht untersucht
Level 1 mit Infill-Loop / Radio-Infill	Nicht untersucht	103.1 % →	Nicht untersucht
Level 2	116.1 % ↗	105.2 % →	100.4 % →
Level 2 mit optimierter Blockeinteilung	151.7 % ↑	137.3 % ↗	Nicht untersucht
Level 3	162.5 % ↑	142.1 % ↑	167.8 % ↑

Quelle: [35]

Dem Vorteil einer erhöhten Leistungsfähigkeit durch verringerte Zugfolgezeiten steht jedoch eine Reihe an notwendigen Investitionen und technologischen Entwicklungen gegenüber, die die baldige Einführung erschweren. Genannt seien hier nur die erforderliche „Zugintegritätsprüfung“ für jeglichen Zug, sowie die dann fehlende Rückfallebene auf ein ortsfestes Signalsystem mit Gleisfreimeldeeinrichtung.

### 5.3 Berechnung der maximalen Netznutzung

In Anlehnung an [3] kann eine vereinfachte Berechnung der maximal möglichen Anzahl Netznutzer pro Stunde für einen Streckenabschnitt und einen Typ von Netznutzer vorgenommen werden. In die Berechnung finden folgende Parameter Eingang:



- Durchschnittsgeschwindigkeit des Netznutzers
- Länge des Netznutzers
- Bremsvermögen der Netznutzer
- Annäherungs- und Räumfahrzeit

Die theoretisch maximal mögliche Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit des Bremsvermögens ergibt sich mit folgender Formel und ergibt ausgewertet für eine konstante Zuglänge von 400 Meter den untenstehenden Verlauf:

$$L_{theo,max} = \frac{2av}{Bv^2 + 2av(t_A + t_R) + 2aL} \quad \text{mit}$$

a...Bremsverzögerung in [m/s<sup>2</sup>]

v...Geschwindigkeit in [m/s]

B...Blockfaktor (hier = 2.0) [-]

t<sub>A</sub>...Zuschlag für Annäherung in [s]

t<sub>R</sub>...Zuschlag für Räumung in [s]

L...Zuglänge in [m]

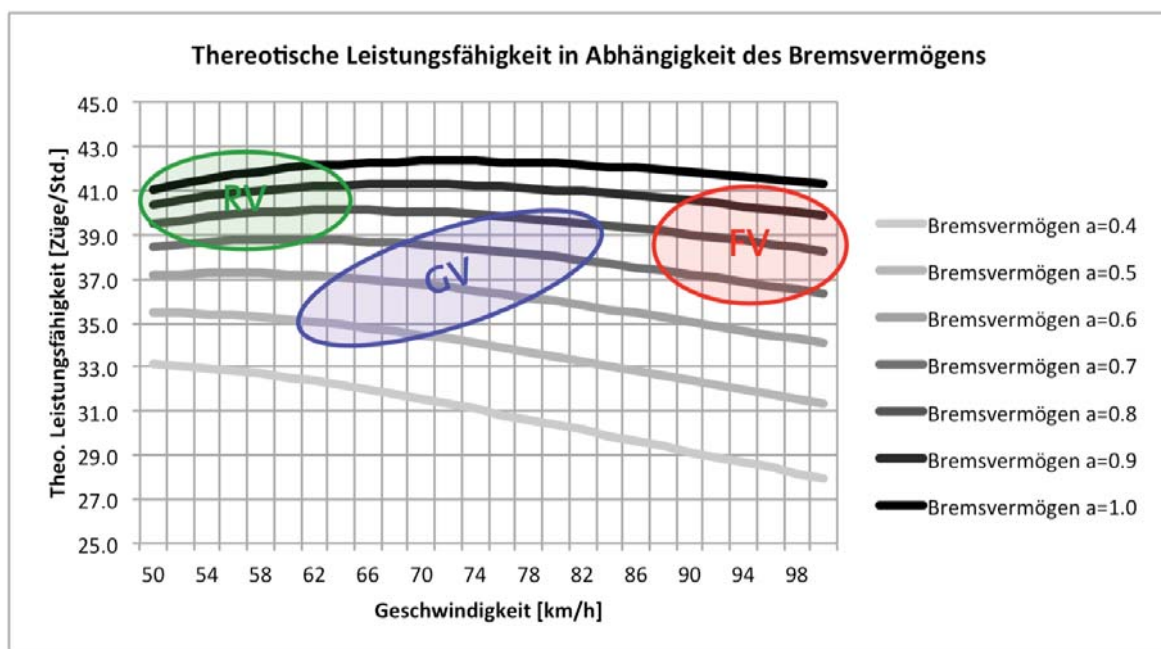


Abbildung 5-24 Theoretische Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit des Bremsvermögens (eigene Darstellung in Anlehnung an [3])

Die Abbildung lässt erkennen, dass die Netznutzergruppe des Nahverkehrs durch das hohe Bremsvermögen im Vergleich zu Fern- und Güterverkehr trotz niedrigen Geschwindigkeiten

hohe Zugzahlen pro Stunde zulassen würde. Der Effekt würde sich bei einer Berechnung mit kürzerer Zuglänge als 400m noch verstärken (aus Gründen der Übersichtlichkeit hier nicht dargestellt und mit konstanter Zuglänge für 400m gerechnet).

Die hierbei berechneten Werte sind allerdings theoretischer Natur, da sie sowohl keinerlei Pufferzeiten beinhalten, als auch eine optimale Blockteilung in Abhängigkeit des Bremsvermögens voraussetzen, welche in der Realität nur auf Infrastrukturen für einen Netznutzer auftritt (z.B. U- oder Stadtbahnen). Da sich diese Arbeit insbesondere mit Mischverkehrsstrecken befasst und auf diesen meist historisch gewachsene Sicherungseinrichtungen vorzufinden sind, muss die Formel zur Berechnung der theoretischen Leistungsfähigkeit für gegebene Blocklängen angepasst werden:

$$L_{theo,max} = \frac{v}{s_B + v(t_A + t_R) + L} \quad \text{mit}$$

v...Geschwindigkeit in [m/s]  
 s<sub>B</sub>...durchschnittl. Blocklänge in [m] (s<sub>B</sub> ∈ [700m;1'500m])  
 t<sub>A</sub>...Zuschlag für Annäherung in [s]  
 t<sub>R</sub>...Zuschlag für Räumung in [s]  
 L...Zuglänge in [m]

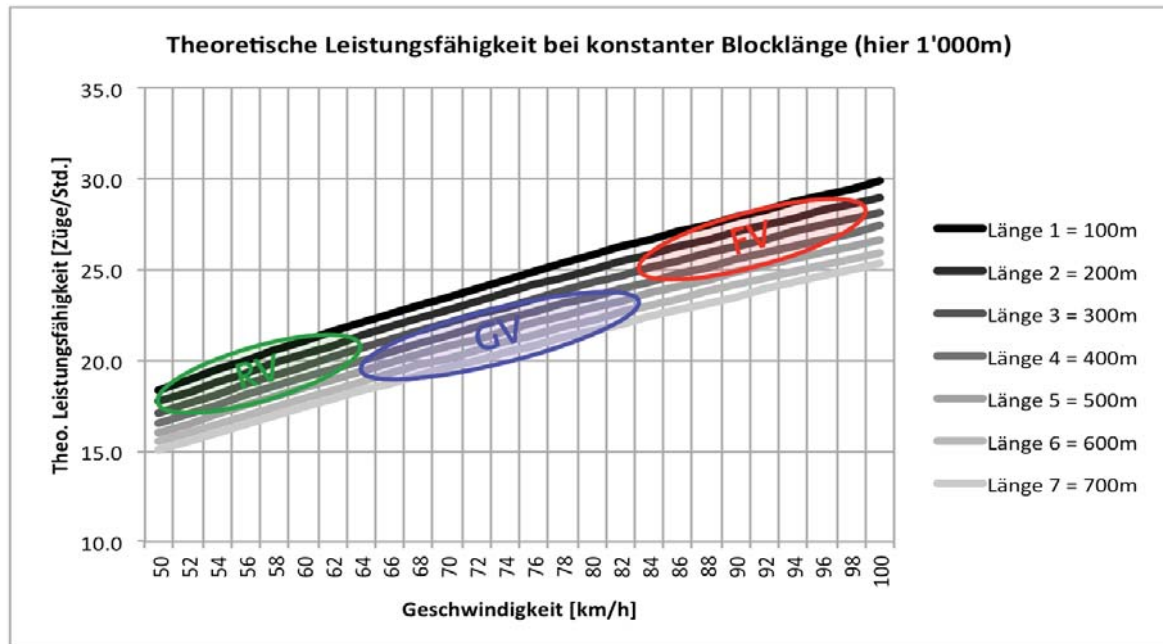


Abbildung 5-25 Theoretische Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit des Bremsvermögens (eigene Darstellung in Anlehnung an [3])

Im Vergleich zur vorhergehenden Abbildung fällt auf, dass die absoluten Zugzahlen (Bereich der Ordinate) zurückgehen. Dies liegt vorrangig am Bremsvermögen der Züge, das üblicher-

weise grösser ist, als dass die 1'000 Meter Blocklänge (= Vorsignalabstand) im hier vorliegenden Fall benötigt werden (⇒ Kapazitätsverlust aus infrastrukturellen Gründen, im Mischverkehr aber nicht zu verhindern). Zudem fällt auf, sich dass die Rangierung der günstigeren Netznutzer im Gegensatz zur vorhergehenden Abbildung verschiebt. Die höchsten Zugzahlen ergeben sich für die Netznutzergruppe des Fernverkehrs, die niedrigsten für die zwar kurzen, aber relativ langsamen Züge der Netznutzergruppe des Nahverkehrs. Die Netznutzergruppe des Güterverkehr rangiert zwischen diesen beiden konkurrierenden Gruppen. Diese Rangfolge ändert sich auch nicht grundsätzlich bei Variation der Blocklänge (respektive des Vorsignalabstandes) im Rahmen der im schweizerischen Hauptstreckennetz üblichen Werte.

Für die weiteren Betrachtungen wird daher nun aus der Netznutzergruppe des Fernverkehrs ein Vertreter als „optimaler Netznutzer“ (im Sinne der maximalen Netznutzung) gewählt, der als Referenz dienen soll.

Neben der Ableitung eines optimalen Netznutzers kann nun analog zum „Wert der Netznutzung“ in Kapitel 4 hinsichtlich der maximal möglichen Auslastung des Netzes eine Rangierung der verschiedenen Netznutzer vorgenommen werden.

als ... ...wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	1	1	1	1	1	6	1
IR/RE	0	1	1	1	1	1	0	4	2
S-Bahn	0	0	1	0	1	0	0	1	5
Regional	0	0	1	1	1	1	0	3	3
Ganzzug	0	0	0	0	1	0	0	0	6
Netzwerk	0	0	1	0	1	1	0	2	4
Express	0	0	1	1	1	1	1	4	2

Diesen Berechnungen hinterlegt ist eine Systematisierung der Netznutzer mit folgenden quantifizierbaren Eigenschaften (fett hinterlegt):

Einflussfaktoren	Schienengüterverkehr			Schienenpersonenverkehr			
	Ganzzüge für Massenwaren	Netzwerkzüge	Express-Züge	Regionalzüge	S-Bahn-Züge	Beschleunigte Regionalzüge	Fernverkehrszüge und HGV
Geschwindigkeit Min/ <b>Mittel</b> /Max	Bsp.: CS Wolfurt – Moerdijk <b>51/56/59</b> km/h	Bsp.: TEC Niederglatt – Rotterdam <b>64/71/86</b> km/h	Bsp.: Postzug Härkingen - Frauenfeld <b>59/81/105</b> km/h	Bsp.: Regio Ziegelbrücke - Chur <b>46/59/71</b> km/h	Bsp.: S-Bahn Zürich <b>37/54/63</b> km/h	Bsp.: RE St. Gallen - Chur <b>61/77/102</b> km/h	Bsp.: IC St. Gallen - Genf <b>68/86/102</b> km/h (79/98/109 km/h) <sup>6</sup>
Beschleunigungs-/Bremsvermögen	0.1/0.4 m/s <sup>2</sup>	0.2/0.5 m/s <sup>2</sup>	0.2/0.6 m/s <sup>2</sup>	0.7/0.8 m/s <sup>2</sup>	1.0/1.0 m/s <sup>2</sup>	0.6/0.8 m/s <sup>2</sup>	0.6/0.8 m/s <sup>2</sup>
Länge der Züge	Bis <b>700</b> m	Bis <b>700</b> m	200 - <b>700</b> m	<b>100</b> - 200 m	100 - <b>300</b> m	200 - <b>300</b> m	Bis <b>400</b> m
Laufweg der Züge	100 – 1000 km	100 – 1000 km	< 500 km	< 50 km	< 50 km	50 – 150 km	150 – 600 km

Tabelle 5-8 Systematisierung der Kapazitätsnutzungsformen

Durch Variation der Einflussparameter Geschwindigkeit und Länge der Netznutzer lässt sich eine Sensitivitätsanalyse der Rangierung durchführen. Zum einen werden die für eine maximale Netznutzung ungünstigsten, zum anderen die günstigsten Werte angesetzt.

<sup>6</sup> Klammerwert gilt für Fernverkehrszüge mit Neigetechnik, die fahrplanmässig nach Reihe N verkehren.

als ... ...wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	1	1	1	1	1	1	6	1
IR/RE	0	1	1	1	1	1	1	5	2
S-Bahn	0	0	1	0	0	0	0	0	7
Regional	0	0	1	1	1	0	0	2	5
Ganzzug	0	0	1	0	1	0	0	1	6
Netzwerk	0	0	1	1	1	1	1	4	3
Express	0	0	1	1	1	0	1	3	4

als ... ...wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	1	0	1	1	1	1	0	4	2
IR/RE	0	1	1	1	1	1	0	4	2
S-Bahn	0	0	1	0	1	1	0	2	4
Regional	0	0	1	1	1	1	0	3	3
Ganzzug	0	0	0	0	1	0	0	0	6
Netzwerk	0	0	0	0	1	1	0	1	5
Express	1	1	1	1	1	1	1	6	1

Da eine alleinige Nutzung des Netzes durch einen Netznutzer auf Mischverkehrsstrecken nur theoretischer Natur ist, werden im Folgenden Konfliktmuster unter den einzelnen Netznutzern bei Mischverkehr abgeleitet.

## 5.4 Konfliktmuster der Kapazitätsnutzung

### 5.4.1 Nutzungskonkurrenz aufgrund Angebotsstruktur

Analog zu den Netznutzern aus Kap. 3 werden typische Netznutzungen systematisiert, wie sie in der Schweiz, respektive in vertakteten Angeboten auftreten. Als Grundlage werden standardisierte, fiktive Infrastrukturen verwendet. Die so generierten Netznutzungen werden mit

einer maximalen Netznutzung/-auslastung verglichen, und anschliessend im Synthese-Kapitel (möglichst quantitativ, mindestens qualitativ) bewertet.

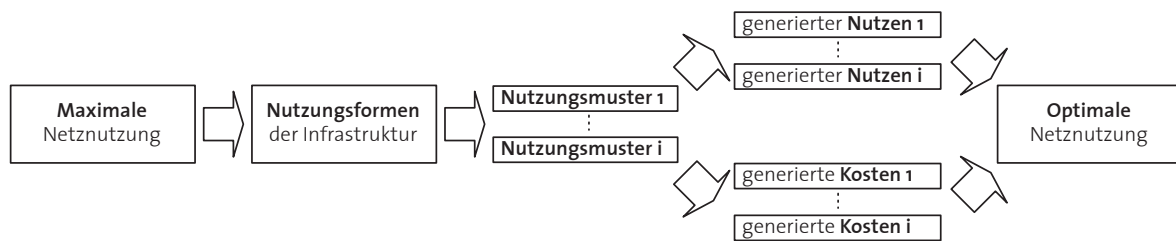


Abbildung 5-26 Vorgehen zur Ermittlung einer optimalen Netznutzung

Folgende drei Netznutzungsformen werden analysiert und mit der maximalen Netzauslastung verglichen:

- Mischverkehrsstrecke (Personenfernverkehr, sowie Regional- und Güterverkehr)
- Reine Personenfernverkehrsstrecke im Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV-Strecke)
- Reine Regionalverkehrsstrecke im dicht vertakteten S-Bahn-Verkehr (S-Bahn-Strecke)

Schwerpunkt soll auf den Erkenntnissen für die in der Schweiz weit verbreiteten „Mischverkehrsstrecken“ gelegt werden, die beiden anderen Streckentypen sollen im Sinne einer Sensitivitätsanalyse Sonderfälle in die Betrachtung miteinbeziehen.

Als Netznutzer werden drei Vertreter der jeweiligen Netznutzergruppe gewählt, deren wichtigste Eigenschaften in folgender Tabelle ersichtlich sind.

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge
Geschwindigkeit	86 km/h	71 km/h	54 km/h
Bremsvermögen	0.8 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.0 m/s <sup>2</sup>
Länge der Züge	Bis 400 m	Bis 750 m	Bis 300 m
Laufweg der Züge	130 – 600 km	100 – 1000 km	< 50 km

In Anlehnung an die in 5.3 bereits erwähnten Zugeigenschaften, die zu einer maximalen Netzauslastung führen, stellt sich für eine fiktive Strecke die maximale Zugzahl wie folgt dar:

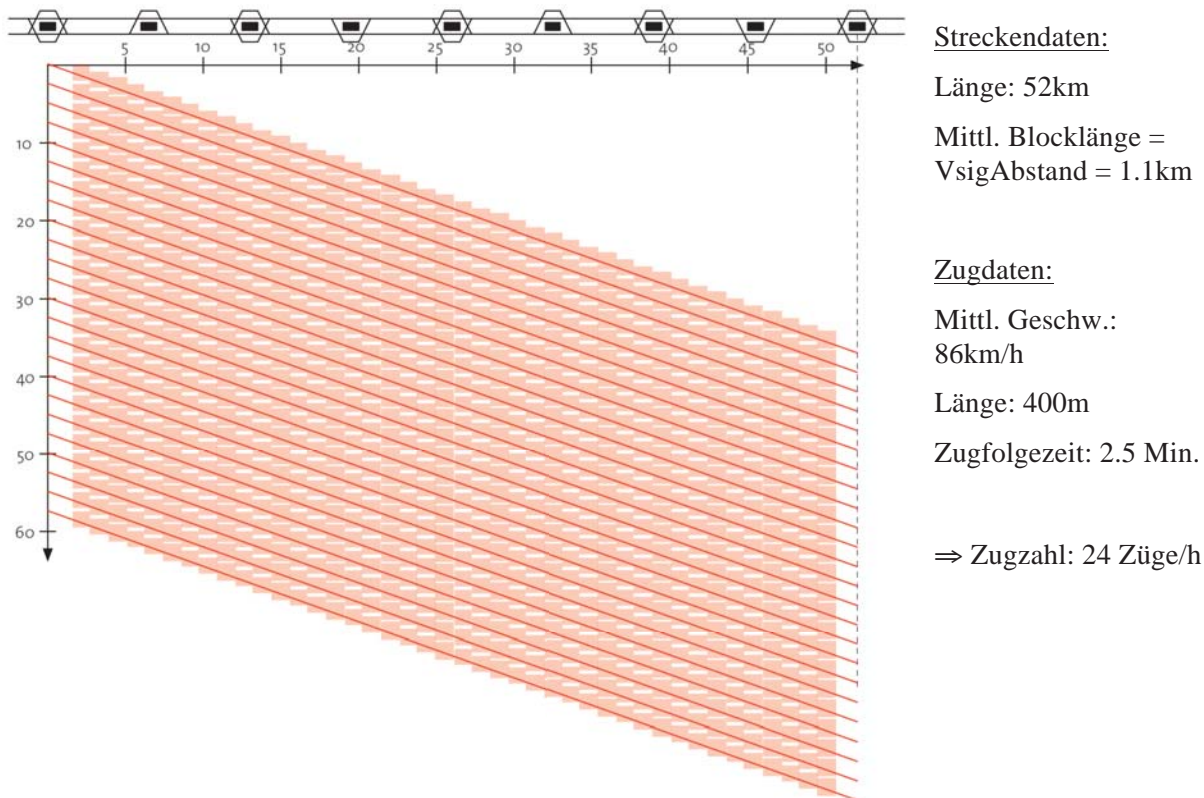


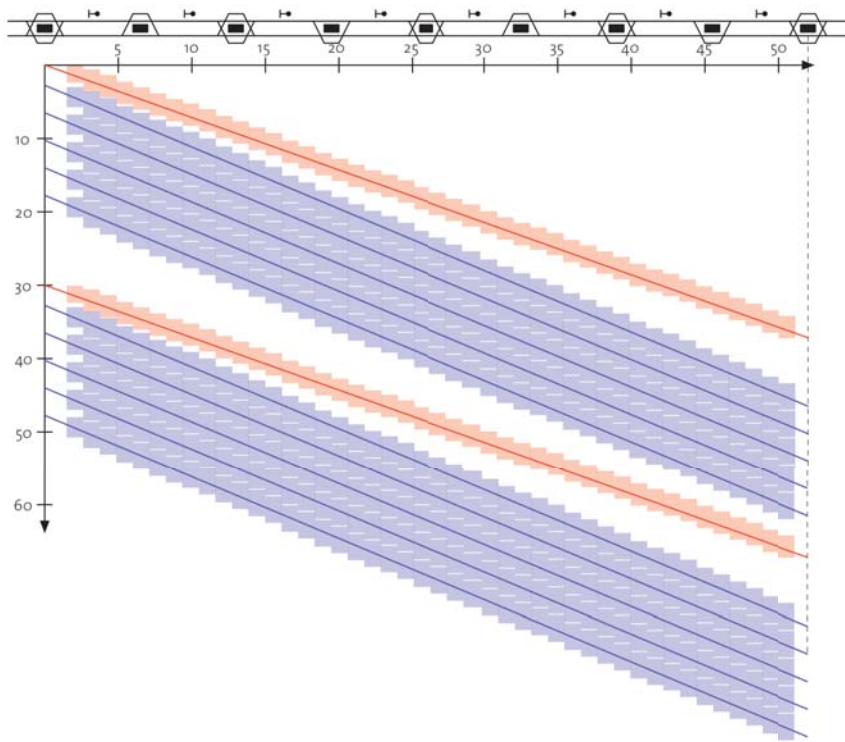
Abbildung 5-27 Theoretische, maximale Netzauslastung einer fiktiven Mischverkehrsstrecke

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen	24	0	0	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU)	24x 6.6 CHF/km		0	<b>158.4 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU)	24x 35/km			<b>840 CHF/km</b>

**Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“**

Für diesen Streckentyp werden verschiedene Nutzungsszenarien im Mischverkehr untersucht. Dabei werden die Zugzahlen der Netznutzer anhand typischer Nutzungsmuster variiert.





Streckendaten:

Länge: 52km  
 Mittl. Blocklänge =  
 VsigAbstand = 1.1km

Zugdaten:

Netznutzer 1:  
 Mittl. Geschw.: 86km/h  
 Länge: 400m  
 Netznutzer 2:  
 Mittl. Geschw.: 71km/h  
 Länge: 700m

⇒ Zugzahlen:

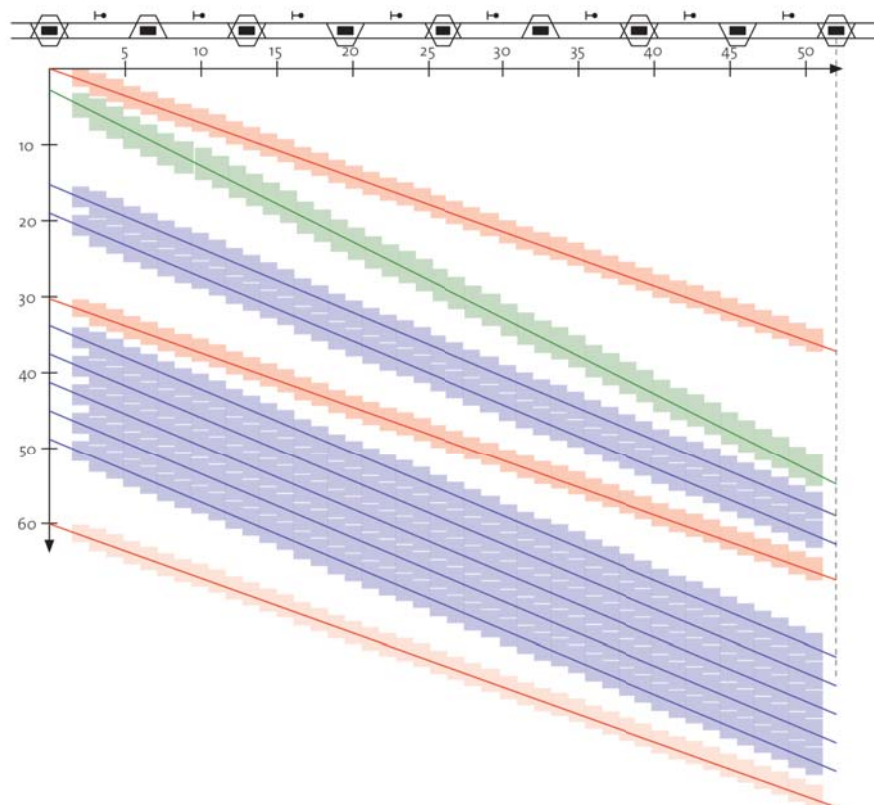
Netznutzer 1: 2 Züge/h  
 Netznutzer 2: 10 Züge/h

⇒ Verketteter  
 Belegungsgrad: 100%

Abbildung 5-28 Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“, Nutzungsmuster: Halbstunden-Takt Fernverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 1)

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen	2	10	0	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU)	2x 6.6 CHF/km	10x 7.3 CHF/km	0	<b>86.2 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU)	2x 35/km	10x 29 CHF/km		<b>360 CHF/km</b>





Streckendaten:

Länge: 52km  
 Mittl. Blocklänge =  
 VsigAbstand = 1.1km

Zugdaten:

Netznutzer 1:  
 Mittl. Geschw.: 86km/h  
 Länge: 400m

Netznutzer 2:  
 Mittl. Geschw.: 71km/h  
 Länge: 700m

Netznutzer 3:  
 Mittl. Geschw.: 54km/h  
 Länge: 200m

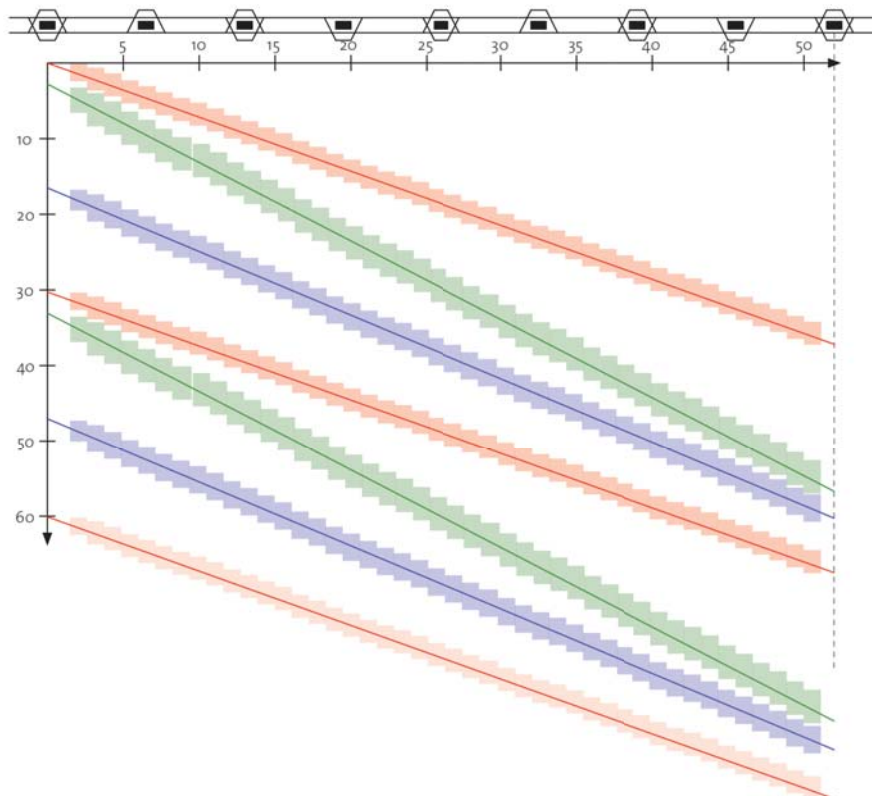
⇒ Zugzahlen:

Netznutzer 1: 2 Züge/h  
 Netznutzer 2: 7 Züge/h  
 Netznutzer 3: 1 Zug/h

⇒ Verketteter  
 Belegungsgrad: 100%

Abbildung 5-29 Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“ Halbstundentakt Fernverkehr, Stundentakt Regionalverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 2)

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen	2	7	1	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU)	2x 6.6 CHF/km	7x 7.3 CHF/km	1x 5.9 CHF/km	<b>70.2 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU)	2x 35/km	7x 29 CHF/km	1x 13 CHF/km	<b>286 CHF/km</b>



Streckendaten:

Länge: 52km

Mittl. Blocklänge =  
VsigAbstand = 1.1km

Zugdaten:

Netznutzer 1:  
Mittl. Geschw.:  
86km/h

Länge: 400m

Netznutzer 2:  
Mittl. Geschw.:  
71km/h

Länge: 700m

Netznutzer 3:  
Mittl. Geschw.:  
54km/h

Länge: 200m

⇒ Zugzahlen:

Netznutzer 1: 2 Züge/h

Netznutzer 2: 2 Züge/h

Netznutzer 3: 2 Zug/h

⇒ Verketteter  
Belegungsgrad: ca.  
90%

Abbildung 5-30 Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“ Halbstundentakt Fernverkehr, Halbstundentakt Regionalverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 3)

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen	2	2	2	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU)	2x 6.6 CHF/km	2x 7.3 CHF/km	2x 5.9 CHF/km	<b>39.6 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU)	2x 35/km	2x 29 CHF/km	2x 13 CHF/km	<b>154 CHF/km</b>

Die folgende Tabelle fasst die unterschiedlichen resultierenden Zugzahlen aus den oben dargestellten Nutzungsmustern zusammen:

Tabelle 5-9 Nutzungsmuster der Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“ im Vergleich

Nutzungsmuster	1	2	3
Bsp. Streckenabschnitt	Frick – Brugg AG	Ziegelbrücke - Sargans	Winterthur – St.Gallen
Zugzahlen / Trassen	2 FV 10 GV 0 RV	2 FV 7 GV 1 RV	2 FV 2 GV 2 RV
Verketteter Belegungsgrad	≈ 100 %	≈ 100 %	≈ 100 %
Relative Zugzahlen i.Vgl. zur maximalen Auslastung	12/24 = 50 %	10/24 = 42 %	6/24 = 25 %
Ertrag / km (EIU)	86.2 CHF/km	70.2 CHF/km	39.6 CHF/km
Ertrag / km (EVU; PV+GV)	360 CHF/km	286 CHF/km	154 CHF/km

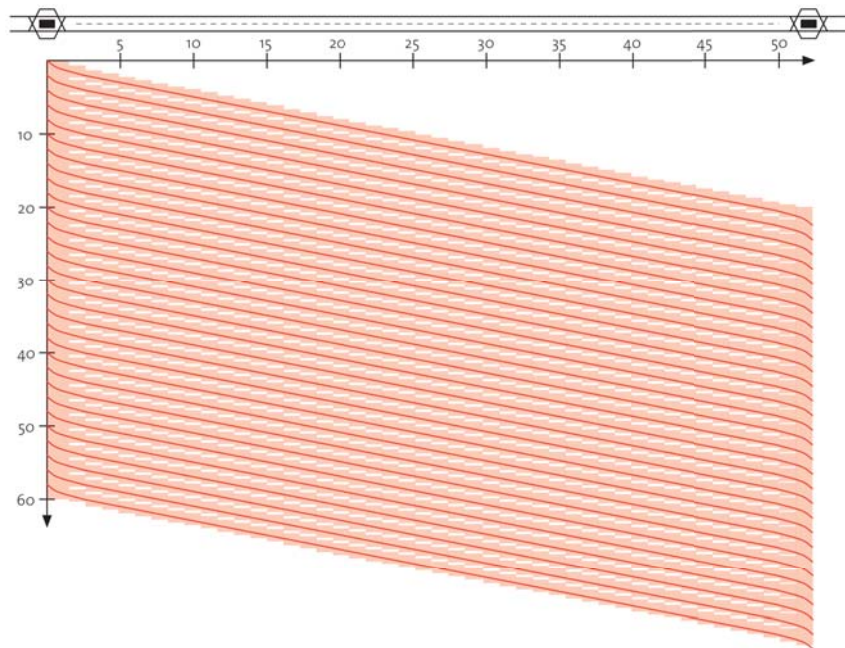
### **Netznutzungsform „HGV-Strecke“**

Bei der Betrachtung dieses Streckentyps muss die Eigenschaft „Geschwindigkeit“ der Netznutzer geändert werden, da sich ansonsten keine sinnvollen Zugzahlen ergeben. Es wird aber vereinfachend dennoch mit Durchschnittsgeschwindigkeiten gerechnet, in den Knotenbereichen allerdings ein Zuschlag für Anfahren und Abbremsen mitberücksichtigt.

Tabelle 5-10 Durchschnittliche Geschwindigkeiten der Netznutzer auf HGV-Strecken

	Fernverkehr	Güterverkehr
Durchschnittliche Geschwindigkeit	160 km/h	90 km/h

Quelle: [28]



Streckendaten:

Länge: 52km

ETCS L2

Zugdaten:

Mittl. Geschw.: 160km/h

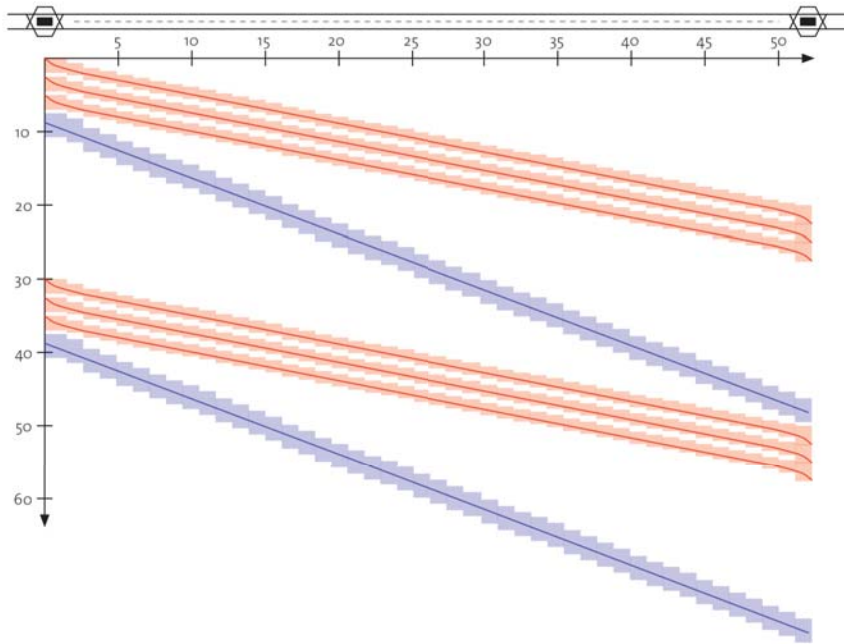
Länge: 400m

Zugfolgezeit: 2 Min.

⇒ Zugzahl: 30 Züge/h

Abbildung 5-31 Theoretische, maximale Netzauslastung einer fiktiven HGV-Strecke

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen	30	0	0	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU)	30x 6.6 CHF/km	-	-	<b>198 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU)	30x 35 CHF/km	-	-	<b>1'050 CHF/km</b>



Streckendaten:

Länge: 52km

ETCS L2

Zugdaten:

Netznutzer 1:

Mittl. Geschw.: 160km/h

Länge: 400m

Netznutzer 2:

Mittl. Geschw.: 90km/h

Länge: 700m

⇒ Zugzahlen:

Netznutzer 1: 6 Züge/h

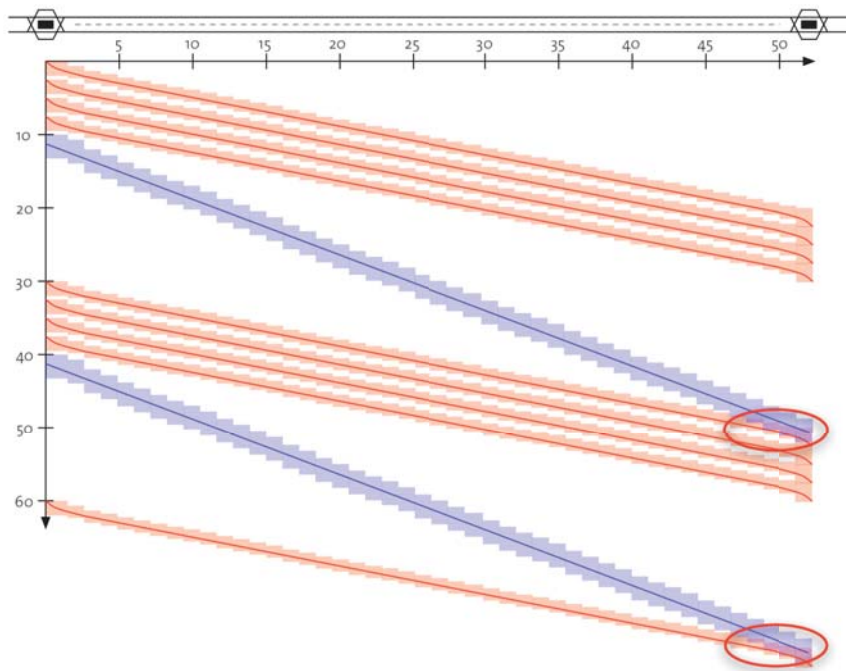
Netznutzer 2: 2 Züge/h

⇒ Verketteter

Belegungsgrad: ca. 90%

Abbildung 5-32 Netznutzungsform „HGV-Strecke“ Halbstundentakt Fernverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 1)

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen	6	2	0	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU)	6x 6.6 CHF/km	2x 7.3 CHF/km	-	<b>54.2 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU)	6x 35 CHF/km	2x 29 CHF/km	-	<b>268 CHF/km</b>



Streckendaten:

Länge: 52km

ETCS L2

Zugdaten:

Netznutzer 1:

Mittl. Geschw.: 160km/h

Länge: 400m

Netznutzer 2:

Mittl. Geschw.: 90km/h

Länge: 700m

⇒ Zugzahlen:

Netznutzer 1: 8 Züge/h

Netznutzer 2: 0 Züge/h

⇒ Verketteter

Belegungsgrad: ca. 30%

Abbildung 5-33 Netznutzungsform „HGV-Strecke“ gebündelter Halbstundentakt Fernverkehr und maximal mögliche Zugzahl Güterverkehr (Nutzungsmuster 2)

Dieses Nutzungsmuster erlaubt gerade kein Einschleiben einer Güterverkehrs-Trasse.

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen	6	0	0	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU)	6x 6.6 CHF/km	-	-	<b>39.6 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU)	6x 35 CHF/km	-	-	<b>210 CHF/km</b>

Für diesen Fall kann die „verlorene Kapazität“ annähernd als Differenz der beiden Nutzungsmuster quantifiziert werden. Bei angenommenen 18 Stunden Betriebszeit pro Tag ergibt sich pro Jahr ein entgangener Ertrag für das EIU in Höhe von ca. 96'000 CHF/km/a, sowie auf Ebene EVU von ca. 381'000 CHF/km/a.

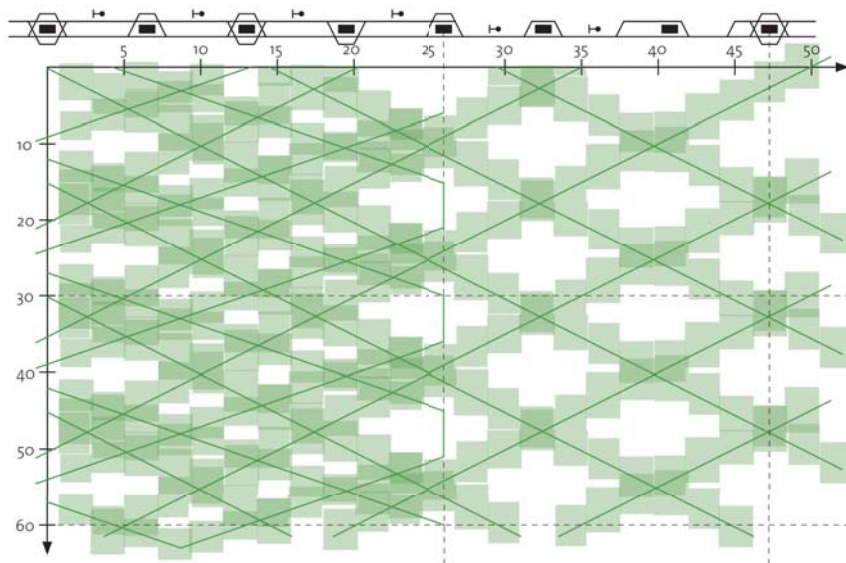
Tabelle 5-11 Nutzungsmuster der Netznutzungsform „HGK-Strecke“ im Vergleich

Nutzungsmuster	1	2
Bsp. Streckenabschnitt	GBT	NBS Bern - Olten
Zugzahlen / Trassen	6 GV 0 RV 2 FV	0 GV 0 RV 8 FV
Verketteter Belegungsgrad	≈ 90 %	≈ 30 %
Relative Zugzahlen i. Vgl. zur maximalen Auslastung	8/24 = 33 %	8/24 = 33 %
Ertrag / km (EIU)	57 CHF/km	39.6 CHF/km
Ertrag / km (EVU)	244 CHF/km	210 CHF/km

### **Netznutzungsform „S-Bahn-Strecke“**

Neben der Netznutzungsform „Mischverkehrsstrecke“ und „HGK-Strecke“ wird in die Betrachtung die Netznutzungsform „S-Bahn-Strecke“ miteinbezogen, wie Sie in S-Bahn-Netzen der Agglomerationen auftreten.





Streckendaten:  
 Länge: 47km (davon 22km Einspur)  
 Mittl. Blocklänge: 2.1km  
 Vorsignalabst.: 1km

Zugdaten:  
 Netznutzer 1:  
 Mittl. Geschw.: 59km/h  
 Länge: 200m

⇒ Zugzahlen:  
 Netznutzer 1: 4 Züge/h  
 ⇒ Verketteter Belegungsgrad:  
 Doppelspur ca. 80%  
 Einspur ca. 80%

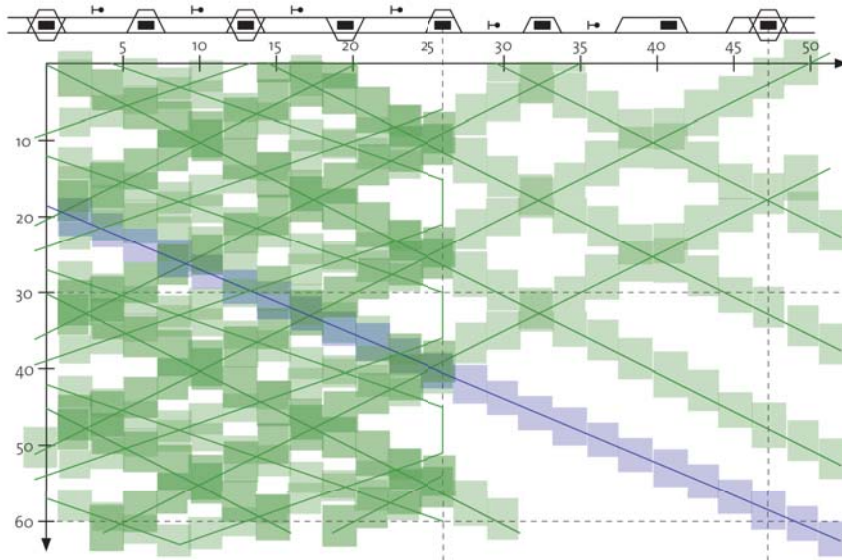
Abbildung 5-34 Netznutzungsform „S-Bahn-Strecke“ Viertelstundentakt S-Bahn (Nutzungsmuster 1)

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen Doppelspur			8 (4+4)	
Zugzahlen Einspur	-	-	8 (4+4)	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU) Doppelspur	-	-	8x 5.9 CHF/km	<b>47.2 CHF/km</b>
Ertrag / km (EIU) Einspur	-	-	8x 5.9 CHF/km	<b>47.2 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU) Doppelspur	-	-	8x 13 CHF/km	<b>104 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU) Einspur	-	-	8x 13 CHF/km	<b>104 CHF/km</b>

Diese durch den ITF vorgegebene systematische Netznutzung führt bei S-Bahn-Strecken, die infrastrukturell auf das Angebot hin ausgerichtet sind zu einer meist sehr effizienten Nutzung.



Eine dieser Systematisierung entgegenläufige, unregelmässige Nutzung würde in diesem Fall zu einer Ineffizienz führen, wie das folgende Beispiel zeigt:



Streckendaten:

Länge: 47km (davon  
22km Einspur)

Mittl. Blocklänge: 2.1km

Vorsignalabst.: 1km

Zugdaten:

Netznutzer 1:

Mittl. Geschw.: 59km/h

Länge: 200m

Netznutzer 2:

Mittl. Geschw.: 90km/h

Länge: 700m

⇒ Zugzahlen:

Netznutzer 1: 2 Züge/h

Netznutzer 2: 1 Zug/h

⇒ Verketteter  
Belegungsgrad:

Doppelspur ca. 80%

Einspur ca. 80%

Abbildung 5-35 Netznutzungsform „S-Bahn-Strecke“ Viertelstundentakt S-Bahn, unterbrochen durch weiteren Netznutzer (Nutzungsmuster 2)

Netznutzergruppe	Fernverkehr	Güterverkehr	Nahverkehr	
Netznutzer	Fernverkehrszüge und HGV	Netzwerkzüge	S-Bahn-Züge	
Zugzahlen Doppelspur		1	7 (3+4)	
Zugzahlen Einspur	-	1	5 (3+2)	Summe Ertrag
Ertrag / km (EIU) Doppelspur		1x 7.3 CHF/km	7x 5.9 CHF/km	<b>48.6 CHF/km</b>
Ertrag / km (EIU) Einspur		1x 7.3 CHF/km	5x 5.9 CHF/km	<b>36.8 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU) Doppelspur		1x 29 CHF/km	7x 13 CHF/km	<b>120 CHF/km</b>
Ertrag / km (EVU) Einspur		1x 29 CHF/km	5x 13 CHF/km	<b>94 CHF/km</b>

Zur besseren Nachvollziehbarkeit des Trassenverlustes ist die Auswirkung der zusätzlichen Non-Stop-Güterverkehrstrasse auf die Anzahl verbleibender Trassen in folgender Abbildung ersichtlich:

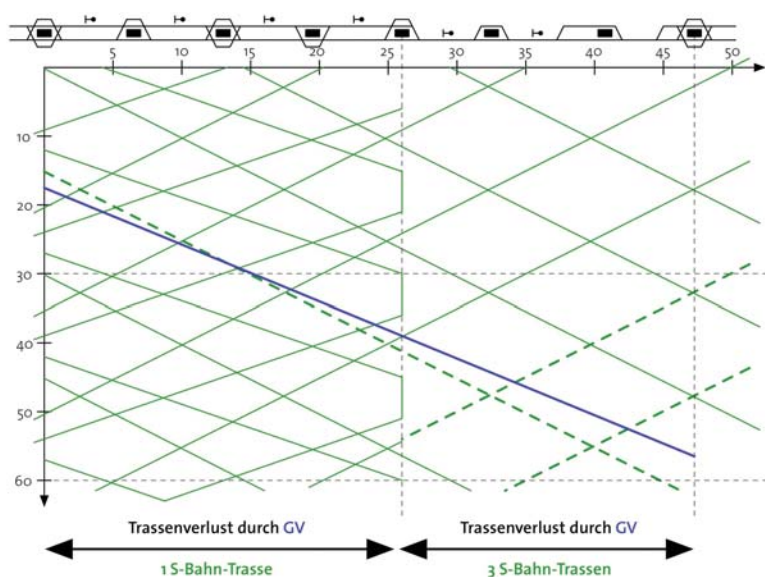


Abbildung 5-36 Trassenverlust durch zusätzliche Non-Stop-Güterverkehrstrasse im Einspur- und Doppelspurabschnitt

### 5.4.2 Nutzungskonkurrenz aufgrund Infrastruktur

#### Einleitung

Ausgehend von möglichen infrastrukturellen Massnahmen sollen die hierfür erforderlichen Gründe identifiziert werden, die eine Nutzungskonkurrenz aufgrund von infrastrukturellen

Zwängen verursachen können und zur Inhomogenität des Netzes beitragen. Sie lassen sich i.W. in drei Bereiche einteilen:

- Ursachen aufgrund der Topologie
- Defizite im Bereich der Sicherungsanlagen
- Instandhaltung der Infrastruktur

### **Topologie**

Folgende Massnahmen zur Erhöhung der Infrastruktur-Leistungsfähigkeit sind denkbar und sind begründet durch infrastrukturelle Zwänge

Tabelle 5-12 Begrenzte Leistungsfähigkeit durch topologische Zwänge

Gründe für begrenzte Leistungsfähigkeit	Massnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit
Streckengeschwindigkeit grösser als kapazitätsoptimale Geschwindigkeit	Streckenbegradigungen (höhere Geschwindigkeiten, kürzerer Weg)
Differenz der Netznutzergeschwindigkeiten zu gross aufgrund hohen zulässigen Maximalgeschwindigkeiten (z.B. SFS)	Trennung der Geschwindigkeiten
Eingleisigkeiten	Anzahl Streckengleise
Doppelbelegungen	Anzahl Perronkanten
„Flaschenhalse“ (einspurige Einbindung einer doppelspurigen Strecke in Knoten)	Anzahl Knotenzufahrtsgleise
Fahrstrassenausschlüsse in Folge von Abkreuzungen	Niveaufreie Kreuzungen/Verflechtungen
Verlängerte Fahrstrassenbildezeiten aufgrund von Bahnübergängen	

Dabei werden oftmals vordergründig infrastrukturelle Gründe, z.B. aufgrund der Topologie, für eine begrenzte Leistungsfähigkeit verantwortlich gemacht, diese resultiert aber letztlich aus der engen Verzahnung mit dem Betriebsprogramm. Besonders offensichtlich wird dies bei speziell auf ein Angebotskonzept abgestimmten Infrastrukturen, sobald dieses verändert wird.

## Sicherungsanlagen

Aufgrund von Defiziten oder Anlagenzuständen, die nicht in angemessener Relation zur Zugzahl dem Stand der Technik entsprechen, können Massnahmen an der Sicherungstechnik nötig werden. Gründe hierfür sind folgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5-13 Begrenzte Leistungsfähigkeit durch Defizite der Sicherungstechnik

Gründe für begrenzte Leistungsfähigkeit	Massnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit
Mindestzugfolgezeiten grösser als in der Angebotsplanung geforderte Zugfolgezeit	Verkürzung/Harmonisierung/Optimierung der Blockabschnitte
Nicht dem Stand der Technik entsprechende Sicherungstechnik	Mehrabschnittssignalisierung Führerstandssignalisierung (ETCS L2) „Moving Block“ (ETCS L3)
Sperrzeiten bei Knoteneinfahrt zu lang	Automatische Gleisfreimeldung Selektive Fahrstrassenauflösung Verlängerung Durchrutschwege

## Instandhaltung der Infrastruktur

Kein unmittelbar der Netzstruktur zuzuschreibender Umstand, aber der homogenen Netznutzung abträglicher Effekt sind Instandhaltungsmassnahmen der Infrastruktur. Um den Betrieb des Eisenbahnnetzes aufrecht erhalten zu können, sind Instandhaltungsmassnahmen unabdingbar. Um dennoch den Betrieb gewährleisten zu können, sind verschiedene Massnahmen möglich, die aus infrastrukturellen Zwängen resultieren.

Tabelle 5-14 Begrenzte Leistungsfähigkeit aufgrund Instandhaltungsmassnahmen

Gründe für begrenzte Leistungsfähigkeit	Massnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit
Baumassnahmen, die tlw./komplette Sperrung eines Netzteils bedingen	Langfristige Bauplanung Umfahrungsmöglichkeiten (Alternativrouten)
Nicht akzeptable Beeinträchtigung des Betriebes aufgrund Betriebspause	Kurze Bauzeit

## **6 TP6 – Kosten der Kapazität**

### **6.1 Methodik der Kostenberechnung**

#### **6.1.1 Einführung**

Grundidee des folgenden „Eisenbahn-Infrastruktur-Kostenkataloges“, kurz EIU-Kostenkatalog, ist eine quasi-makroskopische Zusammenfassung von mikroskopischen Infrastruktur-Elementen, wie Weichen oder Signale zu Bausteinen wie Haltepunkte, Abzweigstellen oder Stecken (in Anlehnung an [42]). Dadurch kann die Komplexität von Eisenbahnanlagen und der Umfang des Input-Mengengerüsts deutlich reduziert werden. Auch die Anzahl der möglichen Einheiten wird auf die gängigsten begrenzt: €/km, €/Stück, €/m<sup>2</sup>.

Der EIU-Kostenkatalog trägt ebenfalls dem Umstand Rechnung, dass für überschlägige Kostenschätzungen in der Literatur einerseits sehr detaillierte Kostensätze für jedes Element, wie z.B. einen Quadratmeter Bahnsteigfläche, vorhanden sind. Andererseits stehen Kostensätze und Erfahrungswerte – meist für bereits ausgeführte Projekte – zur Verfügung, die nur eine sehr grobe Abschätzung zulassen, in denen jegliche Infrastrukturelemente von der Strecke über Abzweigstellen bis hin zu Bahnhofsanlagen berücksichtigt sind. Derartige Kostensätze lassen sich nur selten auf andere Untersuchungsräume übertragen und tragen den dortigen Gegebenheiten gegebenenfalls keine Rechnung.

Die hier zusammengetragenen Kostensätze sind infolge von Literaturrecherchen, Expertengesprächen und Datenbank-Analysen recherchiert worden. Aufgrund der Fülle wird hier nur auf das Verzeichnis im Literaturkapitel verwiesen. Da der Grossteil der Quellen aus dem Euro-raum stammt, muss ein Umrechnungskurs zum Schweizer Franken (CHF) gewählt werden. Der Kostenkatalog wurde in den Jahren 2008/2009 erarbeitet. Sowohl in diesem Zeitraum, als auch in den Jahren davor bewegte sich der Kurs um 1 € = 1.5 CHF [54].

#### **6.1.2 Methodik**

Die zusammengefassten Eisenbahn-Infrastruktur-Elemente sind in die folgenden drei Systembereiche eingeteilt:

- – Streckenelemente
- – Bahnhofselemente
- – Kunstbauwerke

Unter den Streckenelementen sind alle Investitionskosten für Strecken verschiedenster Ausprägung zusammengefasst (Einspur, Doppelspur, elektrifiziert, etc...), aber auch Elemente wie Überleitstellen oder Abzweigstellen.

Bahnhofselemente setzen sich aus den Gleisanlagen in verschiedensten Konfigurationen (eingleisig, mehrgleisig, Durchgangsbahnhof, etc...) zusammen und sind mit den entsprechend notwendigen Bahnsteiganlagen ausgestattet.

Kunstbauwerke sind klassischerweise Bauwerke wie Tunnel und Brücken, aber auch (Bahnsteig-) Unterführungen und Zugänge. Für den EIU-Kostenkatalog wurden die einzelnen Elemente der drei Systembereiche unter Annahme von charakteristischen Ausprägungen differenziert. Dabei wurde eine Einteilung der makroskopischen Elemente in Anlehnung an [3] in drei Streckenkategorien vorgenommen:

- – Regionalstrecken
- – Hauptstrecken
- – HGV

Regionalstrecken weisen einen relativ niedrigen Ausbaustandard auf. Dies schlägt sich in eher einfachen und kostengünstigen Bauweisen nieder. Eine Annahme ist beispielsweise, dass Bahnsteiglängen maximal 200m betragen. Die Strecken-Geschwindigkeit ist relativ niedrig, was sich wiederum in kurzen Vorsignalabständen widerspiegelt.

Hauptstrecken stellen das Rückgrat der Eisenbahn-Infrastruktur dar und sind meist durch hohe Zugzahlen im Mischverkehr geprägt. Auf ihnen verkehren Züge maximaler Länge und einer Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Signaltechnisch ist der höchste Ausbaugrad vorzusehen, da beispielsweise verschiedene Geschwindigkeiten bei Ein- oder Ausfahrten signalisiert werden sollen.

Die Kategorie HGV-Strecken soll die in den letzten zwei Jahrzehnten entstandenen reinen Hochgeschwindigkeitsstrecken abdecken, die ausschliesslich für Reisezüge mit Geschwin-

digkeiten von über 300 km/h ausgelegt sind. Ein Haupt-Merkmal ist der weitgehende Verzicht auf ortsfeste Signale und Führerraum-Signalisierung mittels LZB, TVM oder ETCS L2.

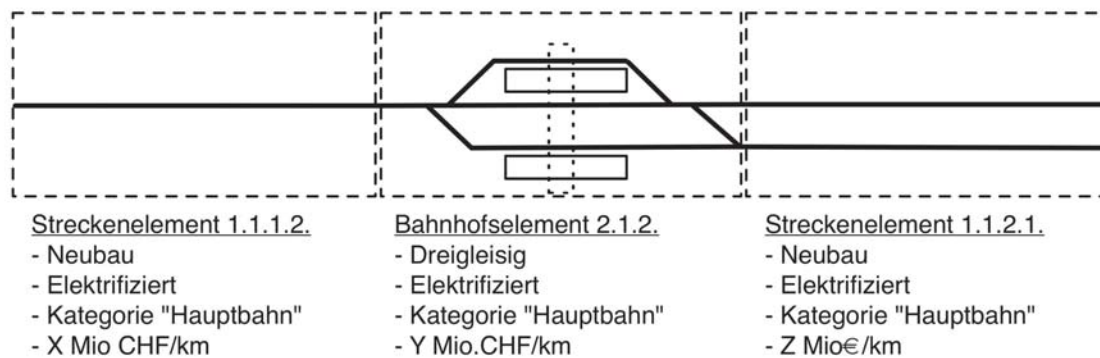


Abbildung 6-1 Prinzip des EIU-Kostenkataloges

Es werden je Element die Herstellungskosten, die Nutzungsdauer und die Kosten der Instandhaltung ausgewiesen. (Da es für etliche Elemente keine einheitliche Nutzungsdauer festgelegt werden konnte, weil die Nutzungsdauern der Teilelemente zu stark variieren, wurde die jährliche Annuität als Summe der jährlichen Annuitäten der Teilelemente bereits vorgerechnet. Mit der Gesamtinvestition des Element und der Annuitätensumme lässt sich eine Ratenrechnung durchführen, die als Ergebnis eine durchschnittliche Nutzungsdauer erzeugt. Diese wird neben dem Kostensatz und den Instandhaltungskosten als Defaultwert angeboten.)

Die Investitionskosten eines Elementes setzen sich aus den Herstellungskosten und einem Zuschlag zur Berücksichtigung der Kosten für

- Projektierung und Bauleitung, inkl. Öffentlichkeitsarbeit 20 %
- Baunebenkosten (z.B. Sicherheitsdienst) 5 %
- Bauvorbereitung (z.B. Provisorien) 5 %

zusammen.

Neben den Investitionskosten sind die zu erwartenden jährlichen Kosten für die Instandhaltung (IH) von zentraler Bedeutung, da den Folgekosten zukünftig eine gewichtigere Rolle zukommt. Hierfür stehen aufgrund der vorhandenen Datenquellen zwei unterschiedliche Berechnungsmethoden zur Verfügung:

- – Berechnung der IH-Kosten anhand von IH-Kostensätzen

- – Berechnung der IH-Kosten anhand von Prozentsätzen der Investitionskosten

Zur Berücksichtigung örtlicher Besonderheiten sind sowohl für die Herstellung, als auch für die Instandhaltung verschiedene **Ausprägungsfaktoren** vorgesehen.

## 6.2 Kosten für standardisierte Infrastrukturen

### 6.2.1 Einführung

Aufbauend auf der im vorhergehenden Kapitel vorgestellten Methodik werden für die in Kap. 5.2 identifizierten, standardisierten Streckentypen

- Mischverkehrsstrecke (Personenfernverkehr, sowie Regional- und Güterverkehr)
- Reine Personenfernverkehrsstrecke im Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV-Strecke)
- Reine Regionalverkehrsstrecke im dicht vertakteten S-Bahn-Verkehr (S-Bahn-Strecke)

Kostenabschätzungen vorgenommen. Diese sollen anschliessend auf die Nutzer umgelegt werden, um zusammen mit dem in Kap. 4 erarbeiteten Wert der Netznutzung letztlich einen Ansatz für die Zielerreichung einer optimalen Netznutzung zu erhalten.

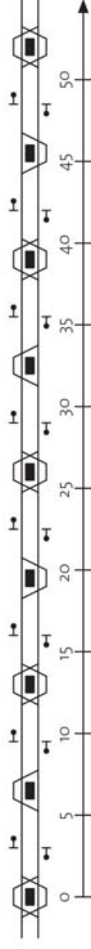
Die durchgeführten Berechnungen beinhalten lediglich Kosten für Strecken- und Bahnhofselemente, keine Kosten für Kunstbauten, da dies für die Betriebsabwicklung nicht unmittelbar nötig ist. Es wäre zu diskutieren, ob je nach Streckentyp ein charakteristischer Anteil an Kunstbauwerken anzusetzen ist (z.B. erhöhter Tunnelanteil auf HGV-Strecken).



### 6.2.2 Standardisierte Kosten einer „Mischverkehrsstrecke“

Tabelle 6-1 Berechnung Kostenbestandteile „Mischverkehrsstrecke“

Kostenbestandteile	Kostensatz	Menge	Herstellkosten	Annuitäten	IH-Kosten
Knoten	4-gleisiger Bhf. à 30 Mio.€	5	150 Mio.€	7.7 Mio.€/a	2.7 Mio.€/a
	3-gleisiger Bhf. à 23 Mio.€	4	92 Mio.€	4.8 Mio.€/a	1.7 Mio.€/a
	Haltepunkt à 4.1 Mio.€	4	16.4 Mio.€	0.9 Mio.€/a	0.25 Mio.€/a
Summe Knoten		= 19.6 km	= 258.4 Mio.€	= 13.4 Mio.€/a	= 4.7 Mio.€/a
Strecke	Oberbau 350'000 €/km	2x 35.4km	24.8 Mio.€		0.7 Mio.€/a
	Unterbau 1'000'000 €/km	2x 35.4km	70.8 Mio.€		0.3 Mio.€/a
	LST 500'000 €/km	2x 35.4km	35.4 Mio.€		1.4 Mio.€/a
	Fahrleitung 650'000 €/km	2x 35.4km	46 Mio.€		0.9 Mio.€/a
	Telekom 150'000 €/km	2x 35.4km	10.6 Mio.€		0.4 Mio.€/a
Summe Strecke			= 187.7 Mio.€	= 11.2 Mio.€/a	= 3.7 Mio.€/a
Ausprägungsfaktor „Sehr stark belastete Strecke“ (+50%)					
Zuschlag Planungs- und Baunebenkosten (+30%)			= 103.8 Mio.€	= 7.4 Mio.€/a	
Gesamtsumme Mischverkehrsstrecke = 55 km			= 579.9 Mio.€	= 32 Mio.€/a	= 12.6 Mio.€/a
Durchschnitt über 55km (Strecke)			= 10.5 Mio.€/km	0.58 Mio.€/km/a	= 0.23 Mio.€/km/a
Durchschnitt über 110km (Gleis)			= 5.27 Mio.€/km	= 0.29 Mio.€/km/a	= 0.12 Mio.€/km/a
Umrechnung €/CHF (1 €= 1.5 CHF)			= 7.9 Mio.CHF/km	= 0.44 Mio.CHF/km/a	= 0.18 Mio.CHF/km/a



### 6.2.3 Standardisierte Kosten einer „HGV-Strecke“

Tabelle 6-2 Berechnung Kostenbestandteile „HGV-Strecke“

Kostenbestandteile	Kostensatz	Menge	Herstellkosten	Annuitäten	IH-Kosten
<b>Knoten</b>					
4-gleisiger Bahnhof	à 43 Mio.€	2	86 Mio.€	4.3 Mio.€/a	2.2 Mio.€/a
Summe Knoten		= 4 km	= 86 Mio.€	= 4.3 Mio.€/a	= 2.2 Mio.€/a
<b>Strecke</b>					
Oberbau	600'000 €/km	2x 51km	61.2 Mio.€		1.8 Mio.€/a
Unterbau	2'000'000 €/km	2x 51km	204 Mio.€		0.7 Mio.€/a
LST	750'000 €/km	2x 51km	76.5 Mio.€		4.6 Mio.€/a
Fahrleitung	750'000 €/km	2x 51km	76.5 Mio.€		2.3 Mio.€/a
Telekom	150'000 €/km	2x 51km	15.3 Mio.€		1.0 Mio.€/a
Summe Strecke			= 433.5 Mio.€	= 23.9 Mio.€/a	= 10.4 Mio.€/a
Ausprägungsfaktor „Stark belastete Strecke“ (+25%)					= 3.2 Mio.€/a
Zuschlag Planungs- und Baunebenkosten (+30%)			= 156 Mio.€	= 8.5 Mio.€/a	
Gesamtsumme HGV-Strecke		= 55 km	= 649 Mio.€	= 36.7 Mio.€/a	= 15.8 Mio.€/a
Durchschnitt über 55km (Strecke)			= 11.8 Mio.€/km	= 0.67 Mio.€/km/a	= 0.29 Mio.€/km/a
Durchschnitt über 110km (Gleis)			= 5.9 Mio.€/km	= 0.33 Mio.€/km/a	= 0.15 Mio.€/km/a
Umrechnung €CHF (1 €= 1.5 CHF)			= 8.9 Mio.CHF/km	= 0.5 Mio.CHF/km/a	= 0.23 Mio.CHF/km/a



### 6.2.4 Standardisierte Kosten einer „S-Bahn-Strecke“

Tabelle 6-3 Berechnung Kostenbestandteile „S-Bahn-Strecke“

Kostenbestandteile	Kostensatz	Menge	Herstellkosten	Annuitäten	IH-Kosten
4-gleisiger Bhf.	à 30 Mio.€	3	90 Mio.€	4.6 Mio.€/a	1.6 Mio.€/a
3-gleisiger Bhf.	à 23 Mio.€	3	69 Mio.€	3.6 Mio.€/a	1.3 Mio.€/a
2-gleisiger Bhf.	à 17 Mio.€	2	34 Mio.€	1.7 Mio.€/a	0.6 Mio.€/a
Haltepunkt	à 4.1 Mio.€	4	16.4 Mio.€	0.9 Mio.€/a	0.25 Mio.€/a
Summe Knoten		= 17.4 km	= 209.4 Mio.€	= 10.8 Mio.€/a	= 4.7 Mio.€/a
Oberbau	350'000 €/km	2x16.3km+16.3km	17.1 Mio.€		0.5 Mio.€/a
Unterbau	1'000'000 €/km	2x16.3km+16.3km	48.9 Mio.€		0.2 Mio.€/a
LST	500'000 €/km	2x16.3km+16.3km	24.5 Mio.€		1.0 Mio.€/a
Fahrleitung	650'000 €/km	2x16.3km+16.3km	31.8 Mio.€		0.7 Mio.€/a
Telekom	150'000 €/km	2x16.3km+16.3km	7.3 Mio.€		0.3 Mio.€/a
Summe Strecke			= 129.6 Mio.€	= 7.8 Mio.€/a	= 2.7 Mio.€/a
Ausprägungsfaktor „Stark belastete Strecke“ (+25%)					= 1.9 Mio.€/a
Zuschlag Planungs- und Baunebenkosten (+30%)			= 101.7 Mio.€	= 5.6 Mio.€/a	
Gesamtsumme S-Bahn-Strecke		= 50 km	= 440.7 Mio.€	= 24.2 Mio.€/a	= 9.3 Mio.€/a
Durchschnitt über 50 km (Strecke)			= 8.8 Mio.€/km	= 0.48 Mio.€/a	= 0.19 Mio.€/km/a
Durchschnitt über 75 km (Gleis)			= 5.9 Mio.€/km	= 0.32 Mio.€/a	= 0.12 Mio.€/km/a
Umrechnung €CHF (1 €= 1.5 CHF)			= 8.9 Mio.CHF/km	= 0.48 Mio.CHF/km/a	= 0.18 Mio.CHF/km/a



## 6.3 Umlegung der Kosten auf Kapazitäten

### 6.3.1 Einleitung

Für die Umlegung der durch Ineffizienz auftretenden Mehrkosten auf die Kapazitäten werden drei Varianten erarbeitet, die sich nach den folgenden Prinzipien unterscheiden:

- Paritätsprinzip – Umlegung der (Mehr-)Kosten auf alle Netznutzer zu gleichen Anteilen
- Solidaritätsprinzip – Umlegung der (Mehr-)Kosten im Verhältnis zum Grad der verursachten Ineffizienz
- Verursacherprinzip – Umlegung der (Mehr-)Kosten auf den die Ineffizienz verursachenden Netznutzer

In der folgenden Abbildung werden die drei Prinzipien in Anlehnung an das einfache Beispiel für den Einfluss des Zugmixes bei zwei Netznutzern aus Kapitel 5.2.3 dargestellt.

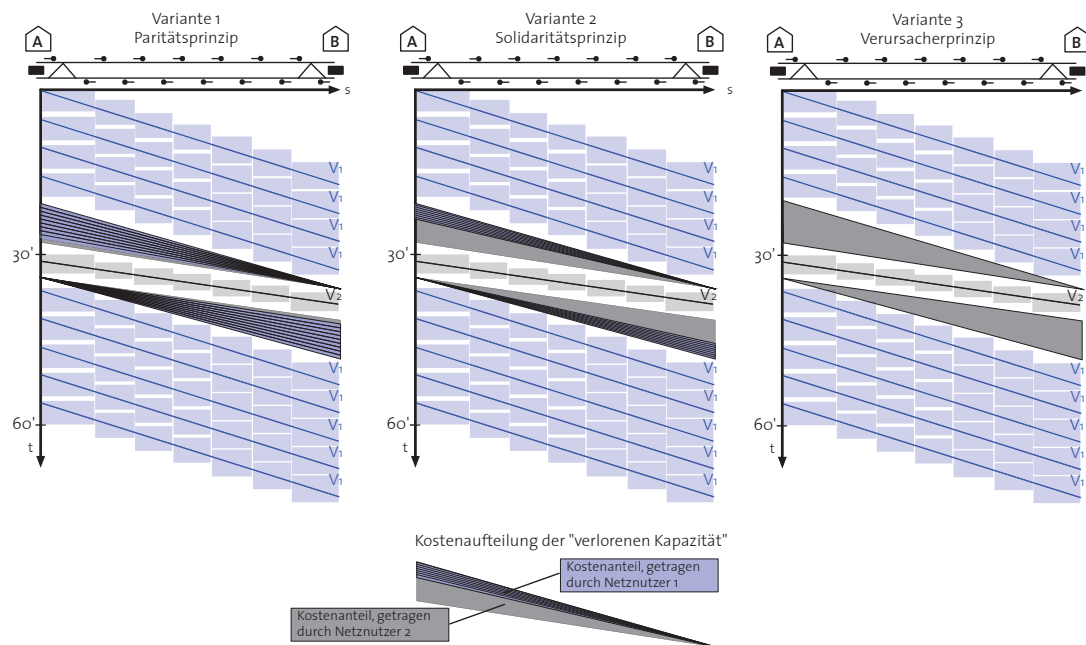


Abbildung 6-2 Varianten zur Umlegung der Kosten von „verlorener Kapazität“

Als aufzuteilende Kosten  $K$ , werden die im Kapitel 6.2 ermittelten Annuitäten angesetzt. Als Referenzwert werden die Kosten auf den Netznutzer mit der maximal möglichen (effizientesten) Zugzahl des untersuchten Streckentyps umgelegt, dem „Idealfall“:

$$K_{\max} = A$$

$$K_{\max} = n_1 \cdot p_1 \Leftrightarrow p_1 = \frac{K_{\max}}{n_1} = \frac{A}{n_1}$$

mit  $K_{\max}$ ...Kosten für EIU, die auf Netznutzer 1 umgelegt werden sollen

$A$ ...Annuitäten [CHF/km/a] (werden hier als Kosten  $K$  des EIU angesetzt)

$n_1$ ...Maximale Zugzahl des (effizientesten) Netznutzers 1 („Idealfall“)

$p_1$ ...(Theoretischer) Preis für Netznutzer 1 im „Idealfall“

Werden nun neben dem „Idealfall“ eines einzigen Netznutzers weitere Netznutzer eingelegt, ergibt sich zwangsläufig eine ineffizientere Netznutzung (mit ansteigender Nummerierung wächst die Ineffizienz). Die hierfür entstehenden Kosten  $K_{\text{mix}}$  für das EIU zur Infrastrukturvorbereitung (hier die Annuitäten) bleiben dennoch gleich und sollen wie oben beschrieben auf verschiedene Weisen umgelegt werden.

$$K_{\text{mix}} = \overline{n_1} \cdot \overline{p_1} + \overline{n_2} \cdot \overline{p_2} + \overline{n_3} \cdot \overline{p_3} = K_{\max} = A$$

mit  $K_{\text{mix}}$ ...Kosten für EIU, die auf Netznutzer umgelegt werden sollen

$\overline{n_{1,2,3}}$ ...Effektive Zugzahlen der Netznutzer 1 bis 3

$\overline{p_{1,2,3}}$ ...Preise für Netznutzer 1 bis 3

Die oben stehende Formel wird nun für die drei unterschiedlichen Varianten der Kostenumlegung variiert.

### 6.3.2 Umlegung nach Paritätsprinzip

Nach dem Paritätsprinzip werden die Mehrkosten aufgrund der „verlorenen Kapazität“, respektive der Netznutzungsineffizienz, zu gleichen Teilen auf die Netznutzer aufgeteilt, d.h. die Preise  $\bar{p}$  ist für alle Netznutzer gleich:

$$\bar{p}_1 = \bar{p}_2 = \bar{p}_3 = \bar{p}$$

$$K_{mix} = \bar{n}_1 \cdot \bar{p} + \bar{n}_2 \cdot \bar{p} + \bar{n}_3 \cdot \bar{p} = (\bar{n}_1 + \bar{n}_2 + \bar{n}_3) \cdot \bar{p} = K_{max} = A \Leftrightarrow \bar{p} = \frac{A}{(\bar{n}_1 + \bar{n}_2 + \bar{n}_3)}$$

mit  $\bar{n}_{1,2,3}$  ...Effektive Zugzahlen der Netznutzer 1 bis 3

$$\bar{p}_{1,2,3} = \bar{p} \text{ ...Preise für Netznutzer 1 bis 3}$$

### 6.3.3 Umlegung nach Solidaritätsprinzip

Neben den beiden Varianten der Umlegung nach dem Paritätsprinzip, das die Kosten auf alle Netznutzer gleichmässig verteilt, und der Variante der Umlegung nach dem Verursacherprinzip, das die Kosten einseitig dem ineffizientesten Netznutzer zuschlägt, sollen mittels des Solidaritätsprinzips die Kosten so aufgeteilt werden, dass die Netznutzer entsprechend ihrer Ineffizienz zur Kasse gebeten werden.

Zur Ermittlung der Preise, die die Netznutzer nach diesem Ansatz zu zahlen haben, wird das Verhältnis zwischen den theoretisch maximal möglichen Zugzahlen  $n_{1,2,3}$  der Netznutzer gebildet und umgekehrt proportional den zu zahlenden Preisen gleichgesetzt:

$$\frac{\bar{p}_1}{\bar{p}_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \frac{\bar{p}_1}{\bar{p}_3} = \frac{n_3}{n_1} \quad \frac{\bar{p}_2}{\bar{p}_3} = \frac{n_3}{n_2}$$

$$K_{mix} = \bar{n}_1 \cdot \bar{p}_1 + \bar{n}_2 \cdot \bar{p}_2 + \bar{n}_3 \cdot \bar{p}_3 = \bar{n}_1 \cdot \bar{p}_1 + \bar{n}_2 \cdot \frac{n_1}{n_2} \bar{p}_1 + \bar{n}_3 \cdot \frac{n_1}{n_3} \bar{p}_1 = K_{max} = A$$

Durch Umformung nach  $\bar{p}_1$  ergibt sich für Netznutzer 1 folgender Preis:

$$\bar{p}_1 = \frac{A}{\left( \bar{n}_1 + \bar{n}_2 \frac{n_1}{n_2} + \bar{n}_3 \frac{n_1}{n_3} \right)}$$

und für die übrigen Netznutzer  $\bar{p}_2 = \frac{n_1}{n_2} \bar{p}_1$  und  $\bar{p}_3 = \frac{n_1}{n_3} \bar{p}_1$

$$\bar{p}_2 = \frac{n_1}{n_2} \bar{p}_1 = \frac{n_1 \cdot A}{n_2 \left( \bar{n}_1 + n_2 \frac{n_1}{n_2} + n_3 \frac{n_1}{n_3} \right)}$$

$$\bar{p}_3 = \frac{n_1}{n_3} \bar{p}_1 = \frac{n_1 \cdot A}{n_3 \left( \bar{n}_1 + n_2 \frac{n_1}{n_2} + n_3 \frac{n_1}{n_3} \right)}$$

### 6.3.4 Umlegung nach Verursacherprinzip

Bei der dritten Variante, der Umlegung der gesamten Mehrkosten aufgrund Nutzungseffizienz auf den Verursacher, gilt folgende Bedingung:

$$K_{mix} = \bar{n}_1 \cdot \bar{p}_1 + \bar{n}_2 \cdot \bar{p}_2 + \bar{n}_3 \cdot \bar{p}_3 = K_{max} = A$$

(Anmerkung: Netznutzer 1 zahlt den bei alleiniger Nutzung zu entrichtenden Preis  $p_1$ )

$$\text{mit } \bar{p}_3 = \frac{n_2}{n_3} \bar{p}_2$$

$$K_{mix} = \bar{n}_1 \cdot \bar{p}_1 + \bar{n}_2 \cdot \bar{p}_2 + \bar{n}_3 \cdot \frac{n_2}{n_3} \bar{p}_2 = K_{max} = A$$

$$\Leftrightarrow \bar{p}_2 = \frac{A - \bar{n}_1 \cdot \bar{p}_1}{\left( \bar{n}_2 + n_3 \cdot \frac{n_2}{n_3} \right)}$$

$$\Rightarrow \bar{p}_3 = \frac{n_2}{n_3} \cdot \bar{p}_2 = \frac{n_2}{n_3} \cdot \frac{A - \bar{n}_1 \cdot \bar{p}_1}{\left( \bar{n}_2 + n_3 \cdot \frac{n_2}{n_3} \right)}$$

Die drei Prinzipien werden im folgenden Kapitel anhand der Nutzungsmuster für den Streckentyp „Mischverkehrsstrecke“ beispielhaft durchgerechnet.

### 6.3.5 Umlegung der Kosten für Streckentyp „Mischverkehrsstrecke“

Die hergeleiteten Formeln werden nun anhand der bereits definierten Nutzungsmuster für den Streckentyp „Mischverkehrsstrecke“ exemplarisch berechnet:

Tabelle 6-4 Nutzungsmuster „Mischverkehrsstrecke“, Umlegung der Kosten auf die Netznutzer

Nutzungsmuster	1	2	3
Bsp. Streckenabschnitt	Frick – Brugg AG	Ziegelbr. - Sargans	Winterthur – St.Gallen
Zugzahlen / Trassen	2 FV 10 GV 0 RV	2 FV 7 GV 1 RV	2 FV 2 GV 2 RV
Verketteter Belegungsgrad	≈ 100 %	≈ 100 %	≈ 100 %
Rel. Zugzahlen i.Vgl. zur maximalen Auslastung	12/24 = 50 %	10/24 = 42 %	6/24 = 25 %
Theoretisch maximale Zugzahlen			
Max. Trassen FV pro Jahr	$n_1 = 24 \times 24 \times 365 = 210'240$ Trassen/a		
Max. Trassen GV pro Jahr	$n_2 = 21 \times 24 \times 365 = 166'440$ Trassen/a		
Max. Trassen RV pro Jahr	$n_3 = 18 \times 24 \times 365 = 157'680$ Trassen/a		
Annuität pro Gleiskm A	440'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)		
Annuität pro Trassenkm	$A / n_1 = 2.1$ CHF/Trassenkm („Idealfall“ = nur Netznutzer 1)		
Effektive Zugzahlen			
Maximale Zugzahlen der Nutzungsmuster	$2 + 10 + 0 = 12$	$2 + 7 + 1 = 10$	$2 + 2 + 2 = 6$
Trassen pro Jahr $n_{1,2,3}$ (24 Std., 365 Tage)	Netznutzer 1: 17'520 Netznutzer 2: 87'600 Netznutzer 3: -	Netznutzer 1: 17'520 Netznutzer 2: 61'320 Netznutzer 3: 8'760	Netznutzer 1: 17'520 Netznutzer 2: 17'520 Netznutzer 3: 17'520
Annuität pro Gleiskm A	440'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)		
Variante 1:	Netznutzer		
Paritätsprinzip	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	4.2	4.2	-
Variante 2:	Netznutzer		
Solidaritätsprinzip	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	3.4	4.3	-
Variante 3:	Netznutzer		
Verursacherprinzip	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	2.1	4.6	-



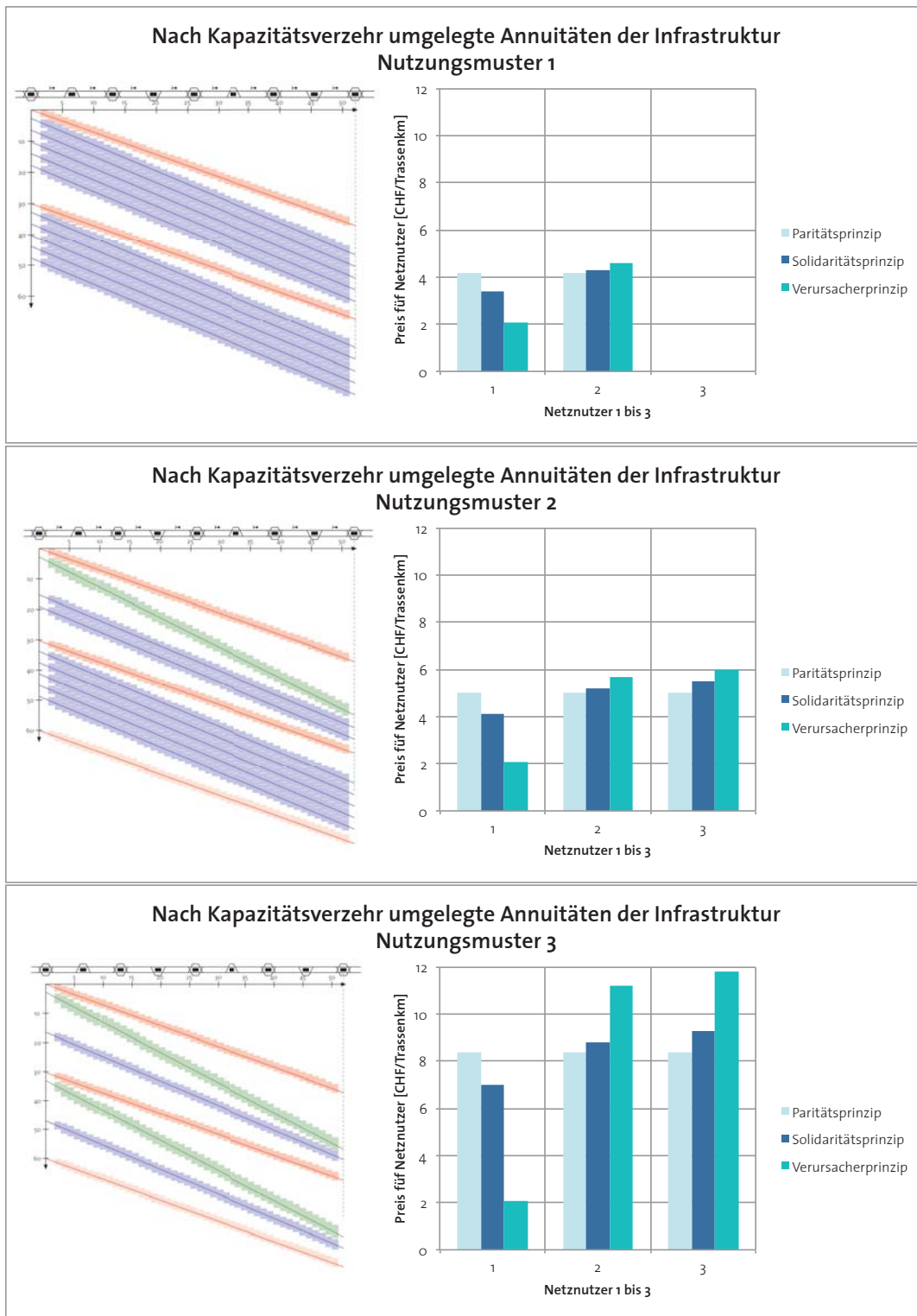


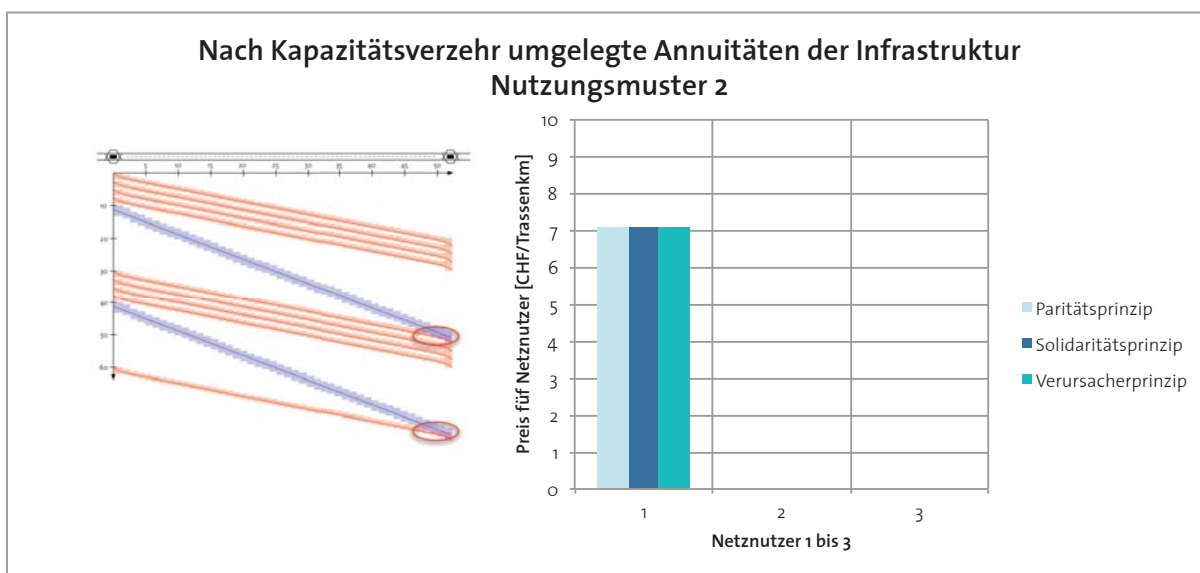
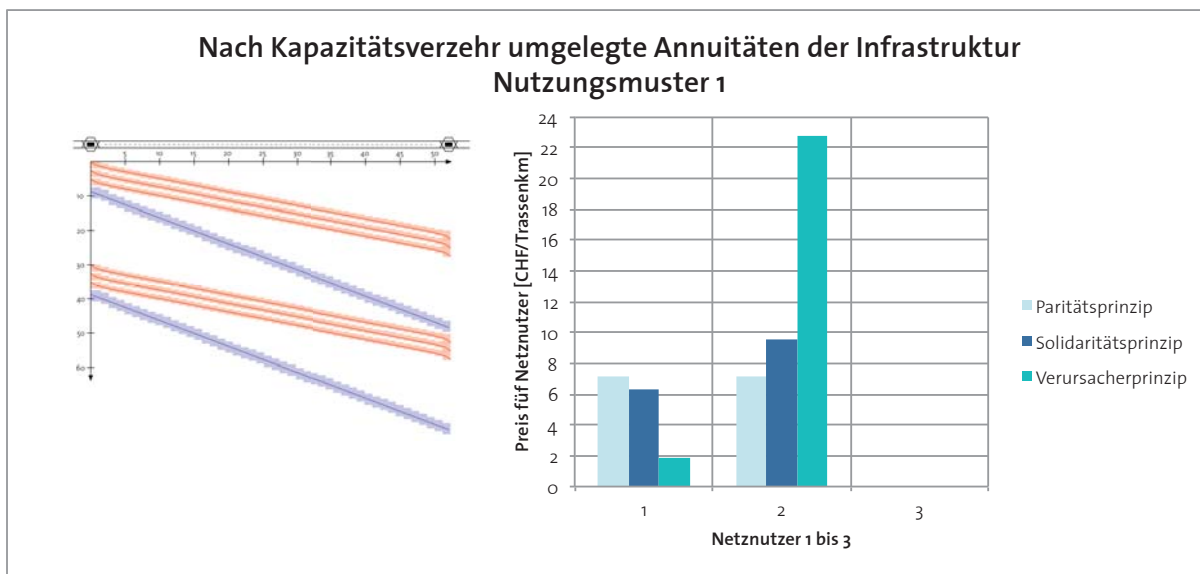
Abbildung 6-3 Ergebnisse der Annuitätenumlegung auf Kapazitätsverzehr in Abhängigkeit der Nutzungsmuster und Umlegungsprinzipien

### 6.3.6 Umlegung der Kosten für Streckentyp „HGV-Strecke“

Die hergeleiteten Formeln und Prinzipien werden nun für den Streckentyp „HGV-Strecke“ anhand von zwei typischen Nutzungsmustern angewandt:

Tabelle 6-5 Nutzungsmuster „HGV-Strecke“, Umlegung der Kosten auf die Netznutzer

Nutzungsmuster	1	2				
Bsp. Streckenabschnitt	GBT	NBS Mattstetten - Rothrist				
Zugzahlen / Trassen	6 FV 2 GV 0 RV	8 FV 0 GV 0 RV				
Verketteter Belegungsgrad	≈ 90 %	≈ 30 %				
Rel. Zugzahlen i.Vgl. zur maximalen Auslastung	8/30 = 27 %	8/30 = 27 %				
Theoretisch maximale Zugzahlen						
Max. Trassen FV pro Jahr	$n_1 = 30 \times 24 \times 365 = 262'800$ Trassen/a					
Max. Trassen GV pro Jahr	$n_2 = 20 \times 24 \times 365 = 175'200$ Trassen/a					
Annuität pro Gleiskm A	500'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)					
Annuität pro Trassenkm	$A / n_1 = 1.9$ CHF/Trassenkm („Idealfall“ = nur Netznutzer 1)					
Effektive Zugzahlen						
Maximale Zugzahlen der Nutzungsmuster	$6 + 2 + 0 = 8$	$8 + 0 + 0 = 8$				
Trassen pro Jahr $\overline{n_{1,2,3}}$ (24 Std., 365 Tage)	Netznutzer 1: 52'560 Netznutzer 2: 17'520	Netznutzer 1: 70'080 Netznutzer 2: -				
Annuität pro Gleiskm A	500'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)					
Variante 1:	Netznutzer					
Paritätsprinzip	1	2	3	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	7.1	7.1	-	7.1	-	-
Variante 2:	Netznutzer			Netznutzer		
Solidaritätsprinzip	1	2	3	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	6.3	9.5	-	7.1	-	-
Variante 3:	Netznutzer			Netznutzer		
Verursacherprinzip	1	2	3	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	1.9	22.8	-	7.1	-	-



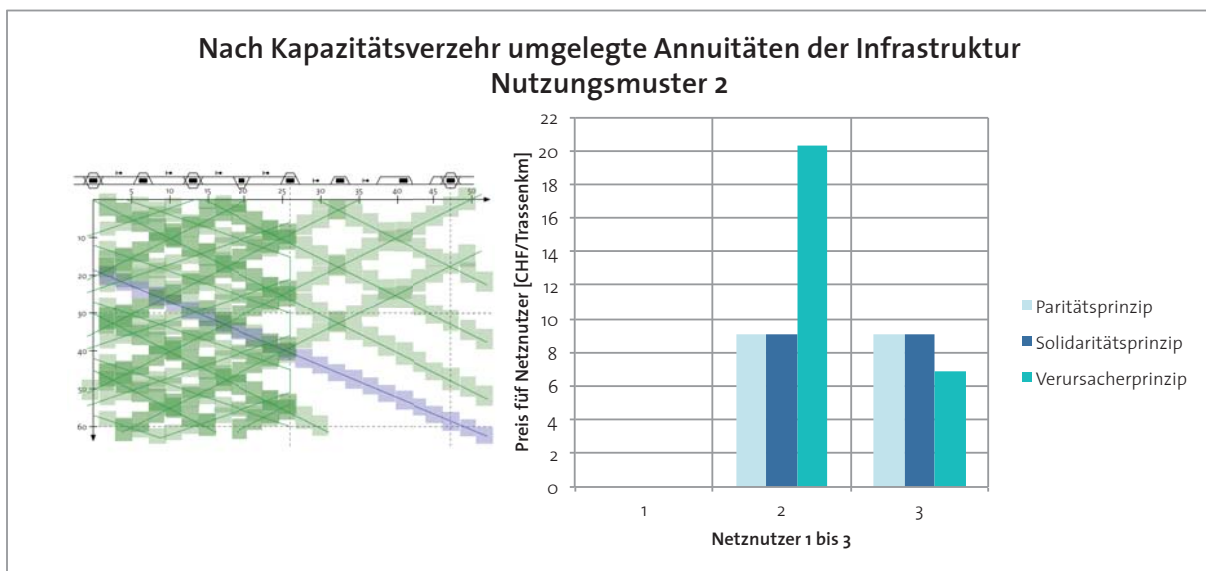
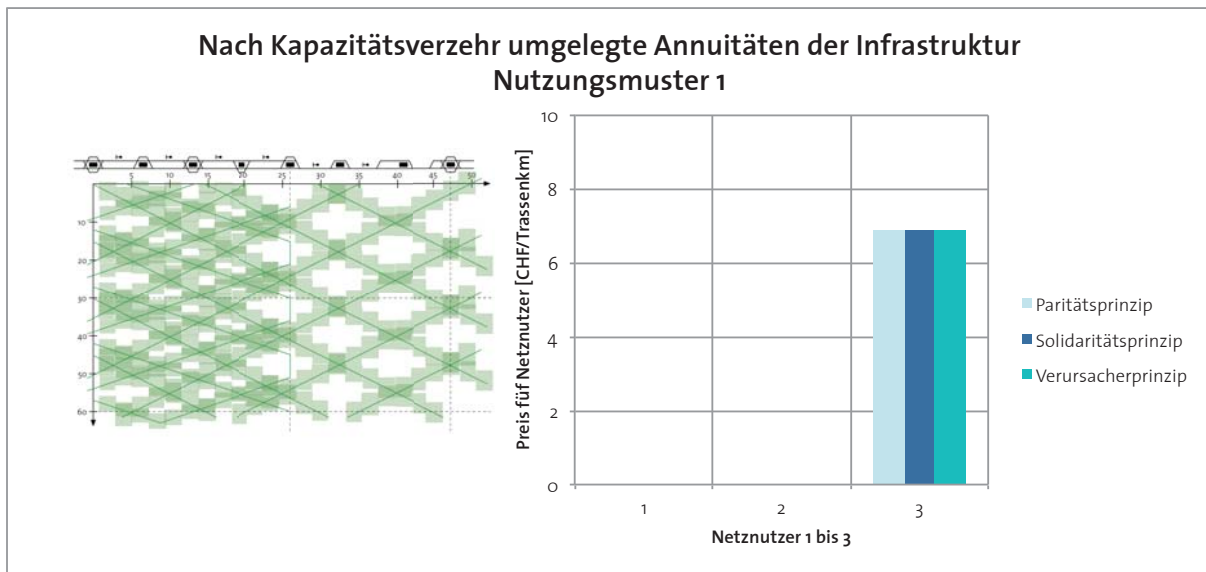
Anhand des Nutzungsmusters 2 kann die Wirkung der Umlegungsprinzipien aufgezeigt werden, falls Streckentypen z.B. aus Gründen von mangelnder Konfliktfreiheit eines bestimmten vertakteten Angebotes nur durch einen Netznutzer genutzt werden kann. Für Netznutzer 1 folgen im Nutzungsmuster 2 bei allen drei Prinzipien dieselben Kosten von 7.1 CHF/TrassenKm. Bei Annahme des Solidaritätsprinzips würde Netznutzer 1 die gegenüber Nutzungsmuster 1 „verhinderten“ Trassen des Netznutzer 2 in angemessener Weise mittragen (7.1 gegenüber 6.3 CHF/TrassenKm).

### 6.3.7 Umlegung der Kosten für Streckentyp „S-Bahn-Strecke“

Die hergeleiteten Formeln und Prinzipien werden nun für den Streckentyp „S-Bahn-Strecke“ anhand von zwei typischen Nutzungsmustern angewandt. Vereinfachend wird nur der einspurige Abschnitt betrachtet, da dieser durch die zusätzliche Trasse des Güterverkehrs im Vergleich zur Doppelspur die grössere Ineffizienz aufweist (Verlust von drei statt einer Trasse):

Tabelle 6-6 Nutzungsmuster „S-Bahn-Strecke“, Umlegung der Kosten auf die Netznutzer

Nutzungsmuster	1	2	
Bsp. Streckenabschnitt	(ZH Oerlikon –) Uster - Rapperswil		
Zugzahlen / Trassen	0 FV 0 GV 8 RV	0 FV 1 GV 5 RV	
Verketteter Belegungsgrad	≈ 90 %	≈ 90 %	
Rel. Zugzahlen i. Vgl. zur maximalen Auslastung	8/8 = 100 %	6/8 = 75 %	
Theoretisch maximale Zugzahlen			
Max. Trassen GV/RV pro Jahr $n_{1/2}$	$n_{1/2} = 8 \times 24 \times 365 = 70'080$ Trassen/a		
Annuität pro Gleiskm A	480'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)		
Annuität pro Trassenkm	$A / n_1 = 6.9$ CHF/Trassenkm („Idealfall“ = nur Netznutzer 1)		
Effektive Zugzahlen			
Maximale Zugzahlen der Nutzungsmuster	$0 + 0 + 8 = 8$	$0 + 1 + 5 = 6$	
Trassen pro Jahr $\overline{n_{1,2,3}}$ (24 Std., 365 Tage)	Netznutzer 2: - Netznutzer 3: 70'080	Netznutzer 2: 8'760 Netznutzer 3: 43'800	
Annuität pro Gleiskm A	480'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)		
Variante 1:	Netznutzer		
Paritätsprinzip	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	-	-	6.9
Variante 2:	Netznutzer		
Solidaritätsprinzip	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	-	-	6.9
Variante 3:	Netznutzer		
Verursacherprinzip	1	2	3
[CHF/Trassenkm]	-	-	6.9



Wie schon beim Streckentyp „HGV-Strecke“ werden auch bei diesem Streckentyp die Wirkungsmechanismen der drei Umlegungsprinzipien offensichtlich, falls ein Nutzungsmuster nur einen Netznutzer vorsieht. Zudem beinhalten die beiden Nutzungsmuster den Sonderfall einer Variation der Netznutzereigenschaften, wie er bei eingelagerten S-Bahn-Non-Stop-Trassen in Taktlücken der „langsameren“ S-Bahn auftritt, beispielsweise im S-Bahn-System Zürich.

Nutzungsmuster 1 stellt bei diesem Streckentyp bereits den Fall der maximalen Netzauslastung dar, einer optimalen Abstimmung von Angebot und Infrastruktur, wie er bei streckenweise einspurigen Abschnitten oftmals auftritt. In Nutzungsmuster 2 wird diese maximale Belegung durch eine eingelegte Trasse des Netznutzers 2 gestört, wodurch einige Trassen des

Netznutzers 3 verloren gehen. Lediglich das Verursacherprinzip bildet diesen Effekt ab, wohingegen das Solidaritätsprinzip Netznutzer 2 nicht „bestraft“. Grund hierfür ist die Berücksichtigung des Ineffizienz-Grades bei der Umlegung, der allerdings nicht zum Tragen kommt, da Netznutzer 2 die hier vorliegende Infrastruktur bei alleiniger Nutzung ebenfalls mit maximal 8 Trassen/Stunde belegen könnte ( $\Rightarrow$  Restriktion durch Infrastruktur, da diese optimal auf S-Bahn/Netznutzer 3 abgestimmt ist).

## 7 TP7 - Synthese

### 7.1 Wert vs. Kosten der Netznutzung

#### 7.1.1 Vorgehen

Die in den Kapiteln 4 und 6 ermittelten Rangierungen der Netznutzer sollen nun zusammengeführt werden, um Folgerungen bezüglich Kapazitätszuteilung und Investitionsallokation abzuleiten. Dabei wird mehrstufig vorgegangen und zunächst qualitativ auf den verschiedenen Betrachtungsebenen ein Vergleich der Rangierungen vorgenommen. Wo möglich - und sinnvoll - wird durch relative oder absolute Vergleichswerte quantifiziert eine optimale Netznutzung abgeleitet.

#### 7.1.2 Qualitative Betrachtungsebene – organisationsinterne Sichtweise

Zunächst wird der aus EIU-Sicht „optimale Netznutzer“ ermittelt, abhängig vom jeweiligen Wert und der maximal möglichen Netzauslastung (Überlagerung der Matrizen). Dabei werden die Nutzungsmuster zunächst noch einmal ausgeblendet und jeder einzelne Netznutzer für sich im Zusammenspiel mit den drei betrachteten Streckentypen untersucht.

#### **Mischverkehrsstrecke**

Für den Fall der fiktiven „Mischverkehrsstrecke“ wurden folgende maximalen Zugzahlen je Netznutzer ermittelt:

Netznutzer	FV/HGV	IR/RE	Express	Netzwerk	Ganzzug	Regio	S-Bahn
Maximal mögliche Trassenzahl / Std.	24	22	21	19	16	19	17

Quelle: [eigene Berechnungen]

als ... ...wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV		2	2	2	1	2	1	10	1
IR/RE	0		1	2	1	1	1	6	3
S-Bahn	0	1		1	1	0	0	3	4
Regional	0	0	1		1	0	0	2	5
Ganzzug	1	1	1	1		1	1	6	3
Netzwerk	0	1	2	2	1		0	6	3
Express	1	1	2	2	1	2		8	2

Aus EIU-Sicht ergibt sich hinsichtlich maximaler Netzauslastung und Maximierung der Trassenpreiserträge eine Präferenz für die Netznutzer „Fernverkehrszüge und HGV“, sowie „Express-Züge“ des Güterverkehrs. Die Netznutzergruppe des Regionalverkehrs mit den Vertretern „Regionalzüge“ und „S-Bahn-Züge“ sind aus diesem Blickwinkel die unattraktivsten Netznutzer, wohingegen die beschleunigten Regionalzüge und beiden übrigen Netznutzer des Güterverkehrs aus EIU-Sicht von ähnlichem Interesse erscheinen.

### **HGK-Strecke**

Für den Fall der „HGK-Strecke“ ergeben sich folgende maximale Zugzahlen (hinterlegt sind erhöhte, durchschnittliche Geschwindigkeiten). Die Netznutzer des Regionalverkehrs (Regio und S-Bahn) können für diesen Streckentyp ausgeblendet bleiben.

Netznutzer	FV/HGV	IR/RE	Express	Netzwerk	Ganzzug	Regio	S-Bahn
Mittl. Geschw./Länge	160/400	140/300	100/700	90/700	80/700	-	-
Maximal mögliche Trassenzahl / Std.	30	29	22	21	20	nicht betrachtet	

Quelle: [eigene Berechnungen]



als ... ...wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV	2	-	-	-	1	2	1	6	1
IR/RE	0	1	-	-	1	1	1	3	4
S-Bahn	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Regional	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Ganzzug	1	1	-	-	1	1	1	4	3
Netzwerk	0	1	-	-	1	1	0	2	5
Express	1	1	-	-	1	2	1	5	2

Analog zum Streckentyp „Mischverkehrsstrecke“ ergibt sich die oben stehende Rangierung für eine qualitative Betrachtung aus Sicht der Infrastrukturbetreiberin. Überlagert wurde die Rangfolge aufgrund der erzielbaren Trassenpreiserträge und der maximal möglichen Zugzahlen. Das Ergebnis fällt gegenüber der „Mischverkehrsstrecke“ etwas differenzierter aus, aber spiegelt die schon in Kapitel 4 (Wert der Netznutzung) festgestellten Rangfolgen wider: Fernverkehr, Express-Güterverkehr und Ganzzüge belegen die oberen Ränge, während der beschleunigte Regionalverkehr und Netzwerkkzüge aus Sicht der Infrastrukturbetreiberin eher ungünstig einzuordnen sind.

### S-Bahn-Strecke

Die maximal mögliche Trassenzahl ist in dieser qualitativen Bewertung für den theoretischen Fall des abwechselnden Richtungsbetriebs ermittelt worden, da Einspurstrecken hierfür die höchst möglichen Zugzahlen aufweisen und in dieser Betrachtungsebene (EIU) die Markteinflüsse zunächst ausgeblendet werden.

Netznutzer	FV/HGV	IR/RE	Express	Netzwerk	Ganzzug	Regio	S-Bahn
Maximal mögliche Trassenzahl / Std.	15	14	14	13	10	12	11

Quelle: [eigene Berechnungen]

als ... ...wichtiger	FV/HGV	IR/RE	S-Bahn	Regional	Ganzzug	Netzwerk	Express	Summe	Rang
FV/HGV		2	2	2	1	2	1	10	1
IR/RE	0		1	2	1	1	0	5	4
S-Bahn	0	1		1	1	0	0	3	5
Regional	0	0	1		1	0	0	2	6
Ganzzug	1	1	1	1		1	1	6	3
Netzwerk	0	1	2	2	1		0	6	3
Express	1	1	2	2	1	2		9	2

Auch diese qualitative Bewertung der maximal möglichen Trassenzahl und der Trassenpreiserträge ergibt eine Rangfolge aus Sicht der Infrastrukturbetreiberin, die nicht wesentlich von den Ergebnissen für die zwei vorangehenden Streckentypen abweicht.

### 7.1.3 Quantitative Betrachtungsebene – organisationsinterne Sichtweise

Für eine quantitative Ermittlung des „optimalen Netznutzers“ werden nun die in Kap. 5 und 6 definierten Nutzungsformen von Mischverkehrsstrecken herangezogen. Für jede Nutzungsform wird zunächst der Nutzen in den Betrachtungsebenen EIU, EVU und integrierter Konzern mit den Werten aus Kap. 4 berechnet.

Der Ertrag auf Ebene Konzern beinhaltet die beiden Konzernbereiche Personen- und Güterverkehr, sowie die Erlöse des EIU (Trassenpreis und Deckungsbeitrag). Ferner soll nicht unerwähnt bleiben, dass in dieser Berechnung der Einfluss des Unterhalts je nach Nutzungsmuster (und den damit zusammenhängenden Zugzahlen) unberücksichtigt bleibt. Eine weitere Vereinfachung ist die Hochrechnung der Zugzahlen pro Stunde auf ein Jahr (24 Stunden/Tag und 365 Tage/Jahr). Ein relativer Vergleich der Nutzungsmuster ist dennoch zulässig.

### Mischverkehrsstrecke

Tabelle 7-1 Nutzungsmuster „Mischverkehrsstrecke“, Berechnung der Erträge

Nutzungsmuster	1	2	3
Zugzahlen / Trassen	2 FV 10 GV 0 RV	2 FV 7 GV 1 RV	2 FV 2 GV 2 RV
Verketteter Belegungsgrad	≈ 100 %	≈ 100 %	≈ 100 %
Rel. Zugzahlen i. Vgl. zur maximalen Auslastung	12/24 = 50 %	10/24 = 42 %	6/24 = 25 %
Theoretisch maximale Zugzahlen			
Max. Trassen FV pro Jahr $n_1$	$n_1 = 24 \times 24 \times 365 = 210'240$ Trassen/a		
Max. Trassen GV pro Jahr $n_2$	$n_2 = 19 \times 24 \times 365 = 166'440$ Trassen/a		
Max. Trassen RV pro Jahr $n_3$	$n_3 = 18 \times 24 \times 365 = 157'680$ Trassen/a		
Annuität pro Gleiskm A	440'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)		
Annuität pro Trassenkm	$A / n_1 = 2.1$ CHF/Trassenkm („Idealfall“ = nur Netznutzer 1)		
Effektive Zugzahlen			
Maximale Zugzahlen der Nutzungsmuster	$2 + 10 + 0 = 12$	$2 + 7 + 1 = 10$	$2 + 2 + 2 = 6$
Trassen pro Jahr $\frac{\text{---}}{n_{1,2,3}}$ (24 Std., 365 Tage)	Netznutzer 1: 17'520 Netznutzer 2: 87'600 Netznutzer 3: -	Netznutzer 1: 17'520 Netznutzer 2: 61'320 Netznutzer 3: 8'760	Netznutzer 1: 17'520 Netznutzer 2: 17'520 Netznutzer 3: 17'520
Ebene EVU:	FV 35 CHF/Zugkm		
Nutzen je Zugkm (Erlös) (siehe Kap. 4)	GV 29 CHF/Zugkm RV 23 CHF/Zugkm (incl. Abgeltungen)		
Ebene EIU:	FV 9.7 CHF/Zugkm		
Nutzen je Zugkm (TP incl. Deckungsbeitrag)	GV 7.8 CHF/Zugkm (Mittelw. aus GZ und KV-Zug) RV 6.9 CHF/Zugkm (Mittelw. aus S-Bahn und Regio)		
Nutzungsmuster	1	2	3
EVU – FV	0.61 Mio. CHF/km/a	0.61 Mio. CHF/km/a	0.61 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	2.54 Mio. CHF/km/a	1.78 Mio. CHF/km/a	0.51 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	-	0.20 Mio. CHF/km/a	0.40 Mio. CHF/km/a
EIU	0.85 Mio. CHF/km/a	0.71 Mio. CHF/km/a	0.43 Mio. CHF/km/a
Konzern (= Summe EVU+EIU)	3.15 Mio. CHF/km/a	2.59 Mio. CHF/km/a	1.52 Mio. CHF/km/a

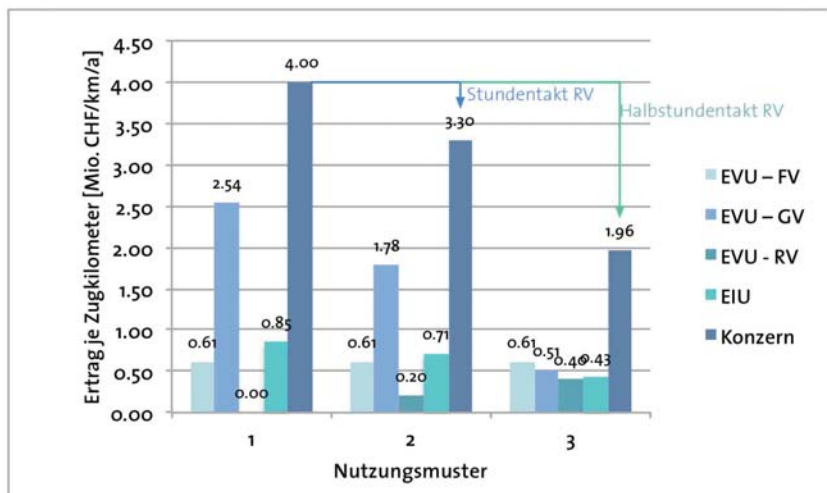


Abbildung 7-1 Ertragssätze je Kilometer in Abhängigkeit des Nutzungsmusters

Das Diagramm lässt erkennen, dass bei Einführung eines Halbstundentaktes im Regionalverkehr für diese fiktive Mischverkehrsstrecke auf Ebene Konzern der Ertrag halbiert wird. Ins Gewicht fällt der starke Verlust an Güterverkehrsstrassen und dem damit einhergehenden Ertragsverlust.

## HGV-Strecke

Tabelle 7-2 Nutzungsmuster „HGV-Strecke“, Berechnung der Erträge

Nutzungsmuster	1	2
Zugzahlen / Trassen	GBT	NBS Mattstetten - Rothrist
Verketteter Belegungsgrad	6 FV 2 GV 0 RV	6 FV 0 GV 0 RV
Rel. Zugzahlen i. Vgl. zur maximalen Auslastung	≈ 90 %	≈ 30 %
Theoretisch maximale Zugzahlen		
Max. Trassen pro Jahr $n_1$	$n_1 = 30 \times 24 \times 365 = 262'800$ Trassen/a	
Max. Trassen pro Jahr $n_2$	$n_2 = 20 \times 24 \times 365 = 175'200$ Trassen/a	
Annuität pro Gleiskm A	500'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)	
Annuität pro Trassenkm	$A / n_1 = 1.9$ CHF/Trassenkm („Idealfall“ = nur Netznutzer 1)	
Effektive Zugzahlen		
Maximale Zugzahlen der Nutzungsmuster	$6 + 2 + 0 = 8$	$8 + 0 + 0 = 8$
Trassen pro Jahr $\overline{n_{1,2,3}}$ (24 Std., 365 Tage)	Netznutzer 1: 52'560 Netznutzer 2: 17'520	Netznutzer 1: 70'080 Netznutzer 2: -
Ebene EVU:		
Nutzen je Zugkm (Erlös) (siehe Kap. 4)	FV 35 CHF/Zugkm GV 29 CHF/Zugkm	
Ebene EIU:		
Nutzen je Zugkm (TP incl. Deckungsbeitrag)	FV 9.7 CHF/Zugkm GV 7.8 CHF/Zugkm (Mittelw. aus GZ und KV-Zug)	
Nutzungsmuster	1	2
EVU – FV	1.84 Mio. CHF/km/a	2.45 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	0.51 Mio. CHF/km/a	-
EVU - RV	-	-
EIU	0.65 Mio. CHF/km/a	0.68 Mio. CHF/km/a
Konzern (= Summe EVU+EIU)	3.00 Mio. CHF/km/a	3.13 Mio. CHF/km/a

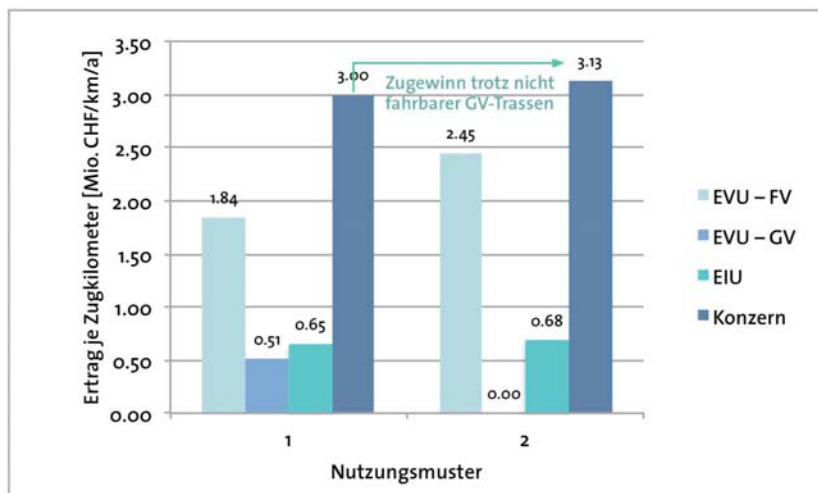


Abbildung 7-2 Ertragssätze je Kilometer in Abhängigkeit des Nutzungsmusters

Die Ergebnisse der beiden Nutzungsmuster des Streckentyps „HGV-Strecke“ zeigen gegenüber den bisherigen Schlussfolgerungen aus der „Mischverkehrsstrecke“ ein differenziertes Bild: Zwar bleibt die Zugzahl in beiden Nutzungsmuster konstant (8 Züge/Stunde), der verkettete Belegungsgrad, also die Ausnutzung der Infrastruktur, geht jedoch im Nutzungsmuster 2 von ca. 90% auf 30% zurück, die Erträge auf Ebene EVU-PV und EIU, sowie auf Konzern-ebene steigt jedoch leicht an. Insofern kann hier von einer besseren Nutzung gesprochen werden.

## S-Bahn-Strecke

Tabelle 7-3 Nutzungsmuster „S-Bahn-Strecke“, Berechnung der Erträge

Nutzungsmuster	1	2
Zugzahlen / Trassen	(ZH Oerlikon –) Uster - Rapperswil	
Verketteter Belegungsgrad	0 FV 0 GV 8 RV	0 FV 1 GV 5 RV
Rel. Zugzahlen i. Vgl. zur maximalen Auslastung	≈ 90 %	≈ 90 %
Theoretisch maximale Zugzahlen		
Max. Trassen pro Jahr $n_1$	$n_{1/2} = 8 \times 24 \times 365 = 70'080$ Trassen/a	
Annuität pro Gleiskm A	480'000 CHF/Gleiskm/a (siehe Tabelle Kosten)	
Annuität pro Trassenkm	$A / n_1 = 6.9$ CHF/Trassenkm („Idealfall“ = nur Netznutzer 1)	
Effektive Zugzahlen		
Maximale Zugzahlen der Nutzungsmuster	$0 + 0 + 8 = 8$	$0 + 1 + 5 = 6$
Trassen pro Jahr $\overline{n_{1,2,3}}$ (24 Std., 365 Tage)	Netznutzer 2: - Netznutzer 3: 70'080	Netznutzer 2: 8'760 Netznutzer 3: 43'800
Ebene EVU:	GV 29 CHF/Zugkm	
Nutzen je Zugkm (Erlös) (siehe Kap. 4)	RV 23 CHF/Zugkm (incl. Abgeltungen)	
Ebene EIU:	GV 7.8 CHF/Zugkm (Mittelw. aus GZ und KV-Zug)	
Nutzen je Zugkm (TP incl. Deckungsbeitrag)	RV 6.9 CHF/Zugkm (Mittelw. aus S-Bahn und Regio)	
Nutzungsmuster	1	2
EVU – FV	-	-
EVU – GV	-	0.25 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	1.61 Mio. CHF/km/a	1.01 Mio. CHF/km/a
EIU	0.48 Mio. CHF/km/a	0.37 Mio. CHF/km/a
Konzern (= Summe EVU+EIU)	2.09 Mio. CHF/km/a	1.63 Mio. CHF/km/a

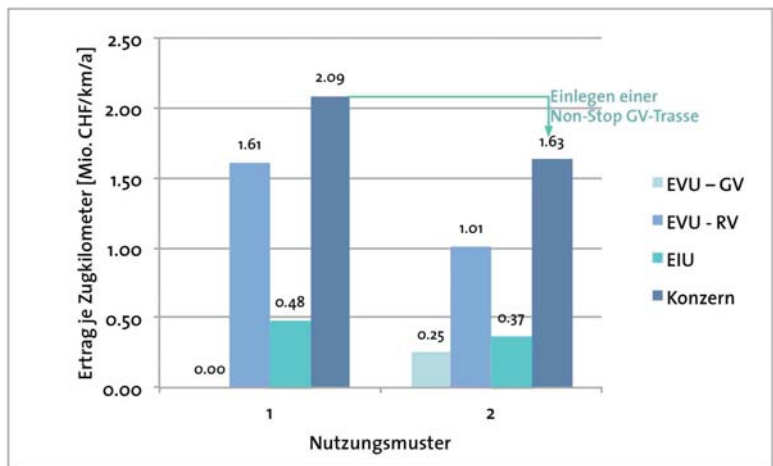


Abbildung 7-3 Ertragssätze je Kilometer in Abhängigkeit des Nutzungsmusters

Analog zu den Ergebnissen der „Mischverkehrsstrecke“ wirkt sich die ineffizientere Nutzung durch einlegen einer Non-Stop-Trasse des Güterverkehrs (in das auf den S-Bahn-Betrieb hin optimierte System aus Streckentyp und Nutzungsmuster) auf ungünstige Weise auf die Ertragssituation aus.

**Quervergleich**

Die Erträge je Streckenkilometer werden für einen Quervergleich nun gegenübergestellt:



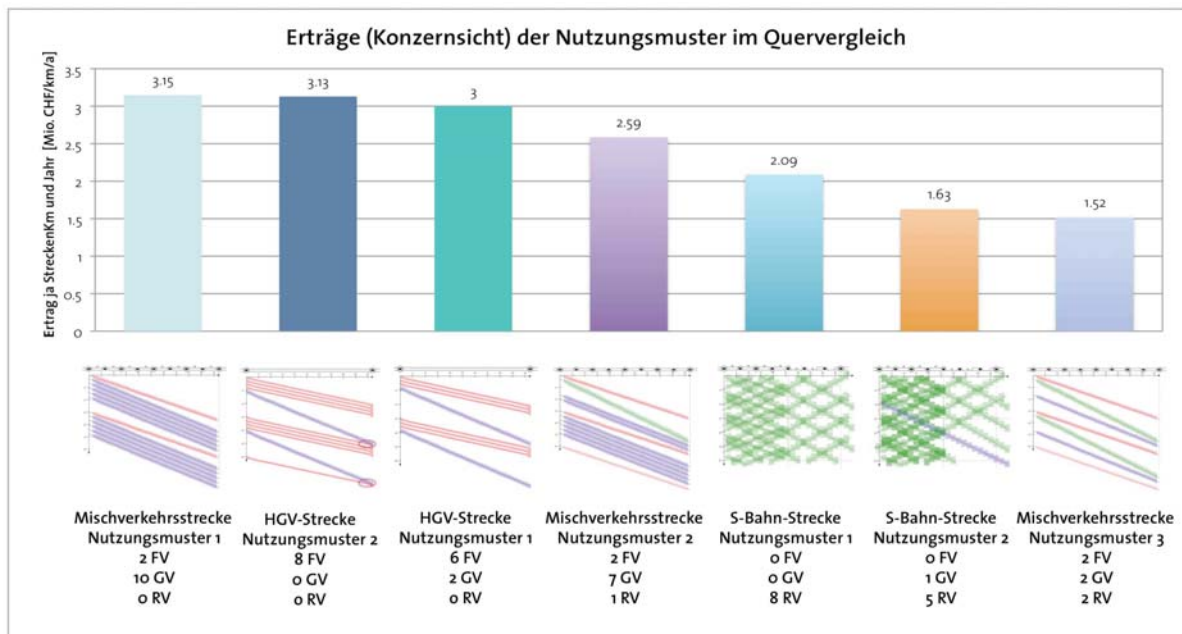


Abbildung 7-4 Ertragssätze je Kilometer aus Konzernsicht (Summe aller EVU+EIU) in Abhängigkeit der Nutzungsmuster; Quervergleich aller drei Streckentypen

Die oben stehende Abbildung lässt erkennen, welche Ertrag die verschiedenen Nutzungsmuster aus Konzernsicht ergeben. Die hoch ausgelasteten Strecken vom Typ Mischverkehrsstrecke und HGV-Strecke weisen vergleichsweise hohe Erträge auf, wohingegen Strecken mit hohem bis sehr hohem Anteil an Regionalverkehr tendenziell tiefere Erträge generieren.

### **Auswirkung einer Bepreisung des Kapazitätsverzehr auf die Erträge**

Die in Kapitel 6.3.5 diskutierten Umlegungen der Annuitäten auf die konsumierte Kapazität werden nun mit den Erträgen verglichen, um die Auswirkung einer möglichen Bepreisung des Kapazitätsverzehr auf die Ertragslage abzuschätzen und Erkenntnisse über eine dadurch mögliche Lenkungswirkung der Netznutzer zu gewinnen. Als Szenario eines möglichen Kapazitäts-Kostensatzes wird die Umlegungsvariante nach dem „Solidaritätsprinzip“ gewählt.

**Mischverkehrsstrecke**

Erträge	Nutzungsmuster 1	Nutzungsmuster 2	Nutzungsmuster 3
EVU – FV	0.61 Mio. CHF/km/a	0.61 Mio. CHF/km/a	0.61 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	2.54 Mio. CHF/km/a	1.78 Mio. CHF/km/a	0.51 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	-	0.20 Mio. CHF/km/a	0.40 Mio. CHF/km/a
abzüglich „Kapazitätskosten“ nach Solidaritätsprinzip			
EVU – FV	0.06 Mio. CHF/km/a	0.07 Mio. CHF/km/a	0.12 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	0.38 Mio. CHF/km/a	0.32 Mio. CHF/km/a	0.15 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	-	0.05 Mio. CHF/km/a	0.16 Mio. CHF/km/a
<b>Summe</b>			
EVU – FV	0.55 Mio. CHF/km/a	0.54 Mio. CHF/km/a	0.49 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	2.16 Mio. CHF/km/a	1.46 Mio. CHF/km/a	0.36 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	-	0.15 Mio. CHF/km/a	0.24 Mio. CHF/km/a

Die relativen „Verluste“ der EVU-Sparten durch eine Bepreisung nach dem Solidaritätsprinzip sind in folgender Abbildung ersichtlich:

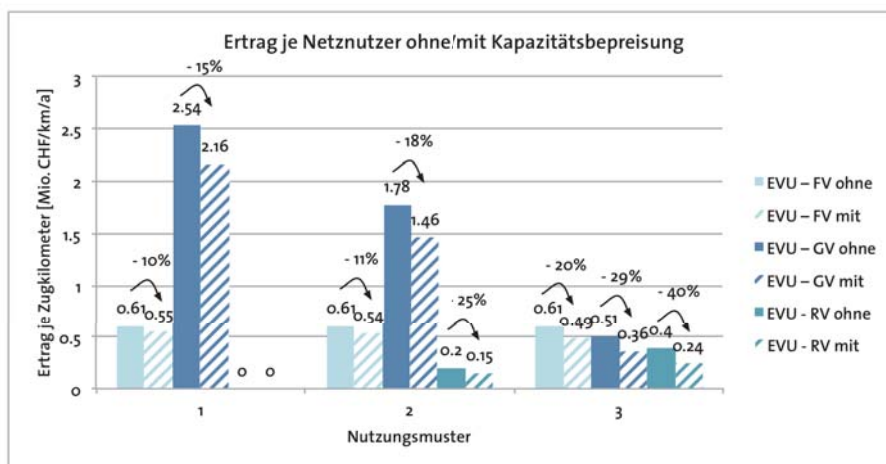


Abbildung 7-5 Ertragsätze ohne/mit Bepreisung des Kapazitätsverzehr nach dem Solidaritätsprinzip (Mischverkehrsstrecke)

**HGV-Strecke**

Erträge	Nutzungsmuster 1	Nutzungsmuster 2
EVU – FV	1.84 Mio. CHF/km/a	2.45 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	0.51 Mio. CHF/km/a	-
EVU - RV	-	-
Kapazitätskosten		
EVU – FV	0.33 Mio. CHF/km/a	0.50 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	0.17 Mio. CHF/km/a	-
EVU - RV	-	-
Summe		
EVU – FV	2.17 Mio. CHF/km/a	2.95 Mio. CHF/km/a
EVU – GV	0.68 Mio. CHF/km/a	-
EVU - RV	-	-

**S-Bahn-Strecke**

Erträge	Nutzungsmuster 1	Nutzungsmuster 2
EVU – FV	-	-
EVU – GV	-	0.25 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	1.61 Mio. CHF/km/a	1.01 Mio. CHF/km/a
Kapazitätskosten		
EVU – FV	-	-
EVU – GV	-	0.08 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	0.48 CHF/km/a	0.4 Mio. CHF/km/a
Summe		
EVU – FV	-	-
EVU – GV	-	0.17 Mio. CHF/km/a
EVU - RV	1.13 CHF/km/a	0.61 Mio. CHF/km/a

### 7.1.4 Fazit – organisationsinterne Sichtweise

#### Mischverkehrsstrecke

Bei der Interpretation der Ergebnisse wird klar, dass aus Sicht des integrierten Konzern sowohl mit, als auch ohne Kapazitätsbepreisung eine ineffiziente Nutzung die Ertragsituation klar verschlechtert und diese sich vom angestrebten Optimum entfernt. Die Erlössätze der betrachteten Netznutzer sind in einer so engen Bandbreite, dass bereits bei Verlust einer zweiten Trasse durch einen einzigen Netznutzer eine ungünstigere Situation vorliegt. Mit anderen Worten: Solange der Erlös eines Netznutzers nicht doppelt so hoch ist, als der eines anderen, bleibt die Maximierung der Trassenanzahl die einzige Möglichkeit zur Maximierung des Gesamtertrages. Beiträge zu einer Maximierung der Trassenzahl liefert beispielsweise die Harmonisierung der Netznutzergeschwindigkeiten und wo dies nicht möglich ist, die grösstmögliche Bündelung von im Geschwindigkeitsprofil ähnlichen Netznutzern. Konkretes Beispiel für eine aus Sicht der Kapazität suboptimale Netznutzung wäre das im Taktsystem übliche Verlassen der Knoten durch alle Züge des Personenverkehrs. Die im Vergleich langsamen Regional- und S-Bahn-Züge verlassen in der Regel vor den schnelleren Zügen des Güterverkehrs den Knoten (siehe folgende Abbildung).

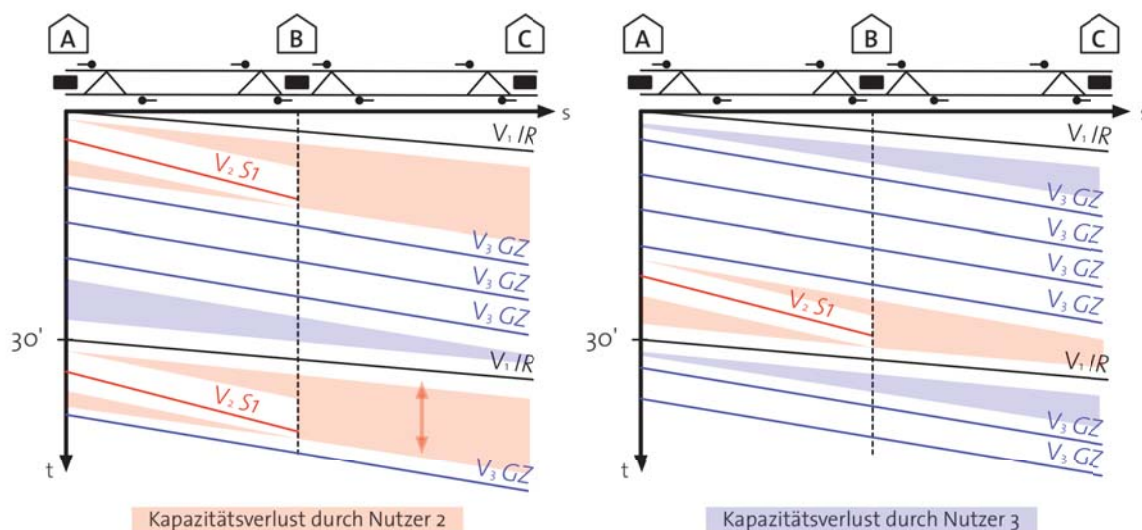


Abbildung 7-6 Darstellung des Kapazitätsverlustes bei unterschiedlicher Anordnung der Netznutzer (links: Kundenoptimum, rechts: Kapazitätsoptimum)

Aus Kundensicht stellt die Anschlussgewährung im Knoten A selbstverständlich das Optimum dar. Durch Verschiebung hinter der Bündel des Güterverkehrs könnte der Kapazitätsverlust verringert werden und eine weitere Trasse des Güterverkehrs gewonnen werden (Abhän-

gigkeiten in benachbarten Abschnitten könnten das Ergebnis verändern, sind zur Vereinfachung aber ausgeblendet). Um Missverständnisse zu vermeiden: Selbstverständlich führt die Optimierung auf die Kapazitätsnutzung natürlich nicht zwingend zu einer Optimierung des Gesamtsystems (wahrscheinliche Konsequenz im dargestellten Fall: Verlust der Attraktivität und Fahrgastverlust durch Verlängerung der Wartezeit im Knoten A). Was vielmehr aufgezeigt werden soll sind Konsequenzen in der Netznutzung durch immer weitere Angebotsausbauten. So führt eine Verdichtung des Taktes im Fernverkehr meist ebenfalls zu einer Verdichtung des Taktes im Regionalverkehr und schliesslich zu einer zunehmend ungünstigen Situation für den dritten Netznutzer, den Güterverkehr.

Als Fazit werden für eine optimale, respektive optimierte Netznutzung von Mischverkehrsstrecken folgende Massnahmen vorgeschlagen:

1. Maximierung der Zugzahl (unabhängig vom Netznutzer)
2. Harmonisierung der Geschwindigkeitsprofile (soweit unter Berücksichtigung der Angebotsspezifika möglich)
3. Maximal erreichbare Bündelung der Netznutzer (evtl. unter Inkaufnahme von Abstrichen in der Angebotsattraktivität)

### **HGV-Strecke**

Ein gegenüber der „Mischverkehrsstrecke“ um die Erkenntnisse der „HGV-Strecke“ und ihren typischen Nutzungsmustern erweitertes Fazit kommt zu folgenden Schlüssen:

Es konnte gezeigt werden, dass es im Falle der typisierten HGV-Strecke Situationen vorliegen können, in denen eine möglichst hohe Auslastung der Infrastruktur (6 Trassen des FV, 2 Trassen des GV, 90% verketteter Belegungsgrad) zu einer ungünstigeren Ertragssituation auf Konzernebene führt. Bei gleichbleibender Zugzahl, aber abnehmender Auslastung (8 Trassen des FV, 30% verketteter Belegungsgrad, Stichwort „Bündelung“), kann in diesem Beispiel eine leicht günstigere Ertragssituation erreicht werden.

Die Grundaussage, die Maximierung der Auslastung einer Strecke (im Sinne des „verketteten Belegungsgrades“) anzustreben, um die Infrastruktur optimal / effizient zu nutzen wird dadurch allerdings nicht in Frage gestellt, sondern zusätzlich bestätigt.

## **S-Bahn-Strecke**

Ähnlich wie schon bei der „HGK-Strecke“ erkennt man, dass in diesen beiden Fällen eines „spezialisierten“ Streckentyps die „Störung“ des Nutzungsmusters durch einen fremden Netznutzer zu einer ungünstigeren Situation führt. Mit anderen Worten, man nähert sich dem Streckentyp der „Mischverkehrsstrecke“ und ihren Nutzungsmustern an. Letztlich bilden alle drei Streckentypen „Mischverkehrsstrecken“ ab, sind in ihren Nutzungsmustern allerdings „homogenisiert“ und meist auf einen Nutzer hin optimiert.

### **7.1.5 Qualitative Betrachtungsebene – organisationsexterne Sichtweise**

#### **Vorgehen**

In Ermangelung einer sinnvollen Quantifizierbarkeit der Nutzen verschiedener Netznutzer aus organisationsexterner Sicht, werden für die Betrachtungsebenen Endkunde und Politik auf die qualitativen Rangfolgen der einzelnen Netznutzer zurückgegriffen. Über ein Punktesystem können somit die verschiedenen Nutzungsmuster der drei Streckentypen bewertet und wiederum rangiert werden. Die Auswahl und Punktbewertung der Nutzer erfolgt in mehreren Varianten:

- Auswahl und Punktbewertung der Netznutzer gemäss Modellrechnungen Kap. 5.4
- Punktbewertung über Mittelwertbildung aller Nutzer im Fern-, Regional- und Güterverkehr
- 1. Sensitivität: Auswahl des PV-Netznutzers mit höchster Punktezahl, gegenüber GV-Netznutzer mit niedrigster Punktezahl
- 2. Sensitivität: Auswahl des PV-Netznutzers mit niedrigster Punktezahl, gegenüber GV-Netznutzer mit höchster Punktezahl

Ergebnis dieses Vorgehens ist eine Einordnung der untersuchten Nutzungsmuster hinsichtlich ihres Wertes aus organisationsexterner Sicht.

Die Sichtweise der Endkunden auf die verschiedenen Nutzungsmuster wird sowohl aus Gesamtsicht der Kunden im Schienenverkehr, als auch aus Sichtweise der Endkunden im Personen- und der Endkunden im Güterverkehr beurteilt.

Analog wird die Sichtweise der Politik auf genereller Ebene und auf detaillierter Stufe (gemäss Kap. 4.5.2; Leistungs-, Schutz- und Ressourcenziele) miteinbezogen.

Das beschriebene Vorgehen wird zur Bewertung der 3 Nutzungsmuster einer Mischverkehrsstrecke herangezogen, die Nutzungsmuster der HGV- und S-Bahn-Strecke werden jeweils qualitativ bewertet, da lediglich zwei Nutzungsmuster je Streckentyp betrachtet werden.

### Mischverkehrsstrecke

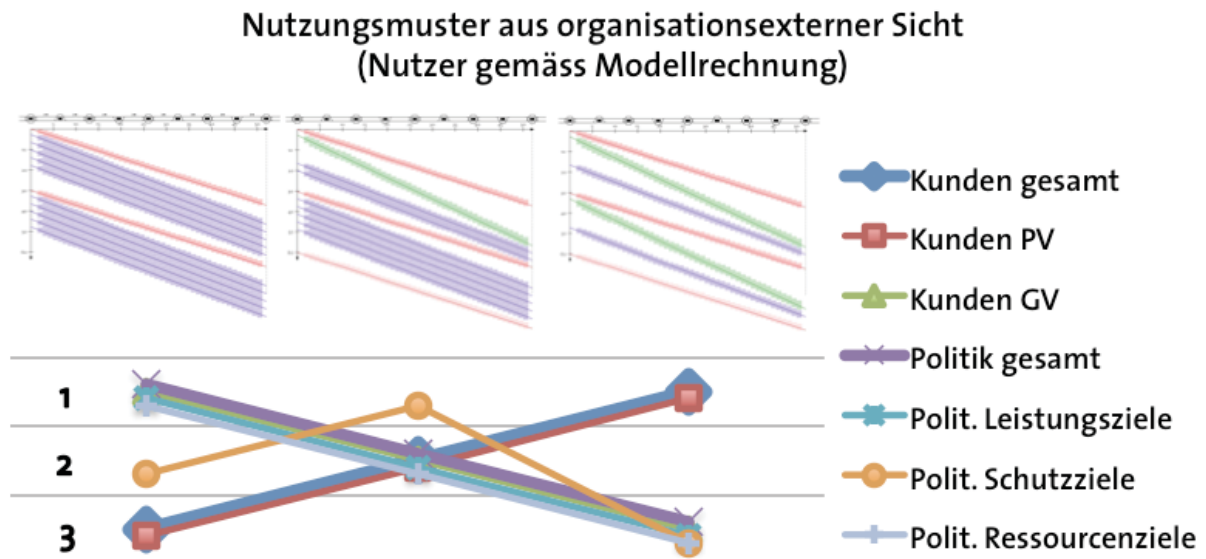


Abbildung 7-7 Vergleich der Nutzungsmuster einer Mischverkehrsstrecke aus organisations-externer Sicht (Netznutzer: Fernverkehr/HGV, S-Bahn, Netzwerkzüge)

Beispielhaft für die Ermittlung der Rangfolgen ist deren Berechnung in der folgenden Tabelle dargestellt:

#### Rangfolge aus **Kundensicht** (gesamt) gemäss Kap. 4.2

Rang Netznutzer	Punkte	Auswahl Netznutzer	Ermittlung Punktzahl	Rang Nutzungsmuster
<b>1. S-Bahn</b>	<b>7 P.</b>	FV-Trasse:	Nutzungsmuster 1:	<b>3</b>
2. Ganzzug	6 P.	FV/HGV: 5 P.	2x 5P. + 10x 1P. = 20P.	
<b>3. FV/HGV</b>	<b>5 P.</b>	RV-Trasse:	Nutzungsmuster 2:	<b>2</b>
4. Beschl. RV	4 P.	S-Bahn: 7 P.	2x 5P. + 1x 7P. + 7x 1P. = 24P.	
5. Regio	3 P.	GV-Trasse:	Nutzungsmuster 3:	<b>1</b>
6. Expressgut	2 P.	Netzwerkzug 1 P.	2x 5P. + 2x 7P. + 2x 1P. = 26P.	
<b>7. Netzwerkzug</b>	<b>1 P.</b>			

Ersichtlich wird eine Präferenz der Endkunden im Personenverkehr für Nutzungsmuster 3, wohingegen die Endkunden im Güterverkehr aufgrund der hier höheren Güter-Trassenanzahl folglich das Nutzungsmuster 1 präferieren. Aus Gesamtsicht der Endkunden belegt das Nut-



zungsmuster 3 Rang 1. Grund hierfür ist die im Punktesystem aus Kundengesamtsicht niedrige Punktezahl für Netzwerkzüge. Im Folgenden werden daher Sensitivitätsbetrachtungen durchgeführt.

Aus Sicht der politischen Leistungs- und Ressourcenziele, sowie aus politischer Gesamtsicht ergibt sich dasselbe Profil mit Nutzungsmuster 1 auf dem ersten Rang, gefolgt von Nutzungsmuster 2 und 3. Lediglich hinsichtlich der Schutzziele ergibt sich ein abweichendes Profil mit Nutzungsmuster 2 auf dem ersten Rang. Grund hierfür ist die relativ hohe Gewichtung der S-Bahn-Züge (wichtigster Netznutzer in dieser Betrachtungsebene).

### Sensitivitätsbetrachtung

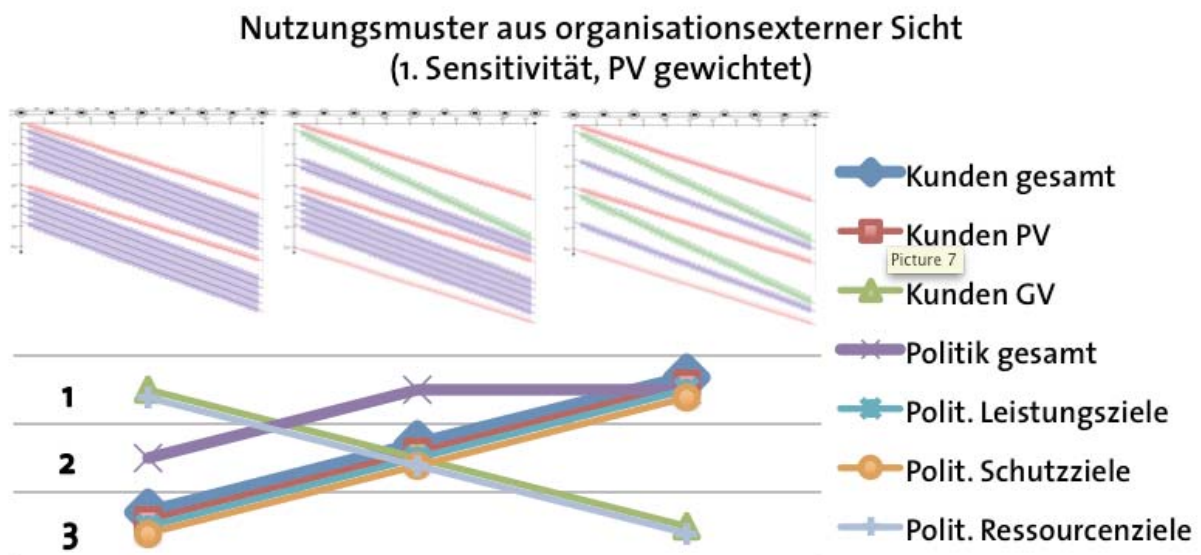


Abbildung 7-8 Vergleich der Nutzungsmuster einer Mischverkehrsstrecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: 1. Sensitivität, Gewicht auf Netznutzer des PV)

Die erste Sensitivitätsbetrachtung mit einer stärkeren Gewichtung der Personenverkehrs-Netznutzer ergibt erwartungsgemäss eine vergleichsweise hohe Präferenz für Nutzungsmuster 3. Die „güterverkehrsaffinen“ Betrachtungsebenen der Kunden im Güterverkehr, sowie der politischen Leistungsziele messen der höheren Trassenzahl jedoch auch bei stärkerer Gewichtung des Personenverkehrs stabil höheres Gewicht bei.



### Nutzungsmuster aus organisationsexterner Sicht (2. Sensitivität, GV gewichtet)

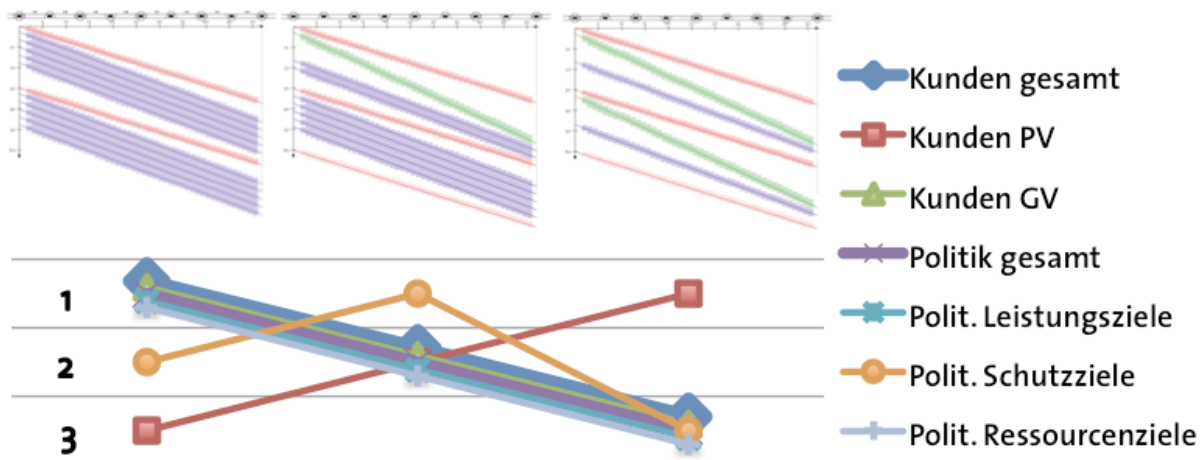


Abbildung 7-9 Vergleich der Nutzungsmuster einer Mischverkehrsstrecke aus organisations-externer Sicht (Netznutzer: 2. Sensitivität, Gewicht auf Netznutzer des GV)

Analog zur ersten Sensitivitätsbetrachtung werden nun die Netznutzer des Güterverkehrs stärker gewichtet. Wie auch schon bei der ersten Berechnung gemäss den Nutzern aus der Modellrechnung ergibt sich ein ähnliches Profil.

## HGV-Strecke

### Nutzungsmuster aus organisationsexterner Sicht

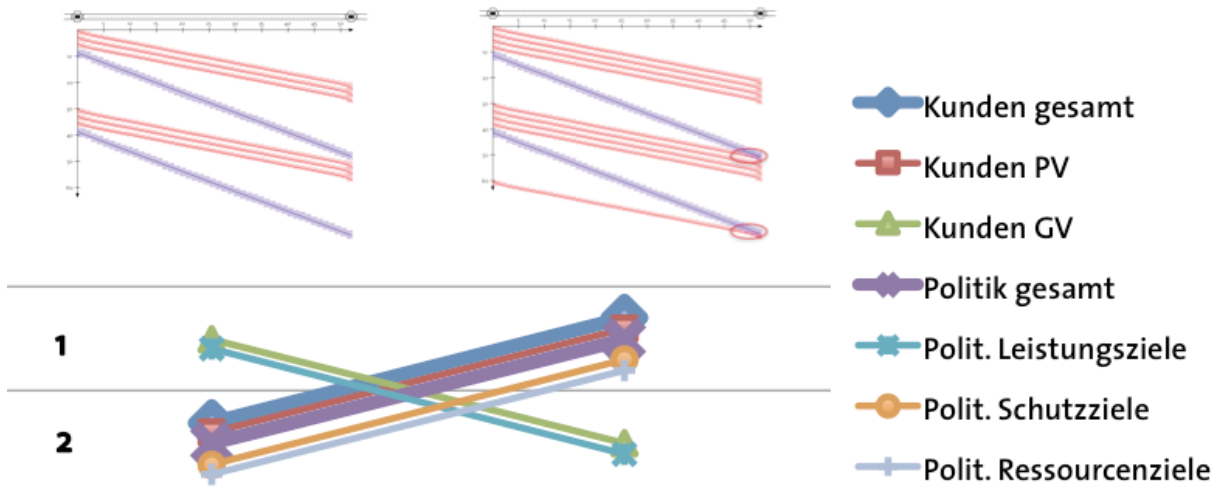


Abbildung 7-10 Vergleich der Nutzungsmuster einer HGV-Strecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: Fernverkehr/HGV, Netzwerzug)

Der Vergleich der beiden untersuchten Nutzungsmuster einer HGV-Strecke zeigt, dass die Bewertung aus allen organisationsexternen Sichtweisen - bis auf die Betrachtungsebenen der Kunden im Güterverkehr und der politischen Leistungsziele - zwei zusätzlichen Trassen des Fernverkehrs ein höheres Gewicht beimisst, als zwei Trassen des Güterverkehrs. Nutzungsmuster 2 ist aus organisationsexterner Sicht somit die bessere Netznutzung.

## S-Bahn-Strecke



Abbildung 7-11 Vergleich der Nutzungsmuster einer S-Bahn-Strecke aus organisationsexterner Sicht (Netznutzer: S-Bahn, Netzwerkzug)

Ein im Vergleich zu den bisherigen Rangfolgen deutliche Bewertung ergibt sich für die Nutzungsmuster des S-Bahn-Streckentyps. Die im homogenen Gefüge der fiktiven S-Bahn-Strecke einbrechende Trasse des Güterverkehrs wird selbst aus der „güterverkehrsaffinen“ Betrachtungsebene der politischen Ressourcenziele schlechter bewertet. Einzig die Kunden des Güterverkehrs haben aus organisationsexterner Sicht ein Interesse an der Güterverkehrstrasse (Beispiel: Anschlussfahrt -> niedrige Wertigkeit aus Gesamtsicht).

### 7.1.6 Fazit - organisationsexterne Sichtweise

Wie schon bei der organisationsinternen Sichtweise, ergibt die Bewertung der Nutzungsmuster aus organisationsexterner Sicht ebenfalls ein differenziertes Bild je nach Betrachtungsebene und Streckentyp. Dabei zeigt sich je nach Gewichtung der einzelnen Netznutzer in der Umlegung auf die Trassen der drei untersuchten Nutzungsmuster (Sensitivitätsbetrachtungen) ebenfalls eine noch stärker schwankende Rangfolge. Einzig die Betrachtungsebenen der Endkunden im Personenverkehr, der Endkunden im Güterverkehr und der politischen Ressourcenziele weisen ein (annähernd) konstantes Profil auf. Letztere weisen eine starke Ausrichtung auf Eigenwirtschaftlichkeit auf, was sich in einer geringen Bewertung von Angeboten des Regionalverkehrs - wie sie schwergewichtig in Nutzungsmuster 3 des Streckentyps Mischverkehrsstrecke auftreten - niederschlägt.

Im Vergleich der verschiedenen Nutzungsmuster der Mischverkehrsstrecke fällt auf, dass Nutzungsmuster 2 meist den zweiten, selten den ersten und nie den dritten Rang belegt, somit also aus organisationsexterner Sicht die wohl ausgewogenste Variante darstellt und einen Mittelweg zwischen den Belangen des Personen- und des Güterverkehrs darstellt.

Die beiden weiteren Streckentypen HGV und S-Bahn lassen erkennen, dass diejenigen Nutzungsmuster aus organisationsexterner Sicht am besten bewertet werden, die dem primären Zweck des Streckentyps am ehesten gerecht werden (HGV-Strecke: möglichst nur Fernverkehrszüge, S-Bahn-Strecke: möglichst nur S-Bahn-Züge). Es ist – bis auf wenige Ausnahmen – nicht zu erkennen, dass eine artfremde Nutzung dieser Streckentypen den Interessen der Kunden und der Politik entgegenläuft.

### **7.1.7 Zusammenfassendes Fazit (interne und externe Sichtweise)**

Die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchungen sind:

- Die Einteilung der Netznutzer hinsichtlich ihrer Eigenschaften auf die Kapazitätsnutzung erweist sich als komplex, aber dennoch möglich. Einerseits wird eine möglichst allgemeingültige Zusammenfassung verschiedener Zuggattungen angestrebt, andererseits weist beinahe jede Zuggattung ihre Produktspezifika auf.
- Die aggregierten Netznutzer weisen neben quantifizierbaren Eigenschaften (z.B. Gewicht, Länge, Geschwindigkeit,...) eine Reihe von nur qualitativ fassbaren Eigenheiten auf, die auf die Kapazitätsnutzung Einfluss haben (z.B. Wechsel des EVU bei Grenzübertritt, Schwankung des Traktionsvermögens,...)
- Die Eigenschaften der Netznutzer innerhalb der Gruppen Personen- und Güterverkehr sind teilweise sehr unterschiedlich (z.B. S-Bahn und HGV/Fernverkehrszüge), dafür existieren auch gruppenübergreifende Ähnlichkeiten auf (z.B. InterRegio und Express-Güterzüge). Dies liefert einen Hinweis darauf, dass die meist nicht weiter differenzierte Einteilung in Züge des Personen- und des Güterverkehrs aus betrieblicher Sicht nicht immer zielführend und angemessen erscheint.
- Die Anforderungen der Netznutzer sind in der betrieblichen Planung stark von der Orientierung des Produktes geprägt (angebots-, oder nachfrageorientiert)
- Netznutzer sind in der Trassenplanung teilweise im Minutenbereich voneinander abhängig (z.B. RV und FV), teilweise aber auch entkoppelt und damit im Stundenbereich sehr flexibel (z.B. Ganzzugverkehre). In der Betriebsabwicklung können die erwähnten Bindungen fallweise allerdings auch aufgehoben werden (z.B. aufgehobene Anschlussgewährung des RV im Falle von verspätetem FV).

- Die voran genannten Punkte stellen grösstenteils die Folge der vorherrschenden, unterschiedlichen organisatorischen Rahmenbedingungen dar (z.B. Flexibilität in der Trassenplanung in Abhängigkeit des Liberalisierungsgrades).
- Aus organisationsinterner Sicht ergibt sich auf Mischverkehrsstrecken klar eine bessere Netznutzung durch eine möglichst hohe Auslastung. Die monetäre Bandbreite des „Nutzens/Wertes“ der derzeit existierenden Netznutzer ist zu gering, als dass eine kapazitäts-suboptimale Nutzung mit weniger Trassen den Verlust einer zahlenmässig höheren Trassenanzahl aufwiegen könnte.
- Die heutige Regulation einschliesslich der Trassenpreise, aber auch Prioritätsregelungen sowohl in der Trassenplanung, als auch in der Betriebsabwicklung werden den identifizierten Resultaten für eine optimale Netznutzung nicht gerecht und vermitteln Fehlanreize. Die generelle Unterscheidung zwischen Personen- und Güterverkehr ist dabei wenig aussagekräftig.
- Im Gegensatz zu den Mischverkehrsstrecken weisen die Sonderfälle HGV- und S-Bahn-Strecke optimale Nutzungskonstellationen auf, die nicht eine maximale Auslastung zum Ziel haben.
- Die optimale Nutzung der untersuchten Streckentypen HGV- und S-Bahn-Strecke wird durch eine möglichst dem zugeordneten Zweck entsprechenden Nutzung erreicht.
- Die Ergebnisse für eine optimale Netznutzung von Mischverkehrsstrecken aus organisationsexterner Sicht schwanken je nach Betrachtungsebene und Gewichtung der einzelnen Netznutzer stark. Für die beiden Sonderfälle HGV- und S-Bahn-Strecke bestätigen die Betrachtungen aus organisationsexterner Sicht die Ergebnisse der internen Sichtweise: Diese Streckentypen sollten möglichst im Sinne ihres zugeordneten Zweckes genutzt werden. Die Ergebnisse der Nutzung von Mischverkehrsstrecken aus organisationsexterner Sicht zeigen, dass weniger die Quantität der Angebote (z.B. Anzahl Züge pro Stunde), als vielmehr das grundsätzliche Angebot von FV, RV, oder GV ausschlaggebend für die Bewertung der Nutzungsmuster ist. Es ist auf eine ausgewogene Nutzung durch den Personen- und den Güterverkehr zu achten.

## 7.2 Ableitung von Empfehlungen zur Regulation und zum Mitteleinsatz

### 7.2.1 Wirksamkeit von Lenkungsinstrumenten

In Kapitel 2 wurden verschiedene mögliche Lenkungsinstrumente beschrieben, deren Wirksamkeit zur Beeinflussung der kapazitätsrelevanten Lenkungsziele nun genauer untersucht werden soll. Von zentraler Bedeutung ist dabei die Frage, ob ökonomische Anreize eine genügend grosse Wirkung entfalten können. Dies soll primär anhand des Trassenpreissystems näher untersucht werden, welches analog auch auf andere Varianten übertragen kann.

#### **Beurteilungsparameter**

Bei ökonomischen Anreizen sind zwei grundsätzliche Aspekte zu berücksichtigen:

##### *1. Wie hoch ist der (finanzielle) Aufwand, um die Lenkungsziele zu verändern?*

Diese Frage ist naturgemäss schwierig zu beantworten, da nicht alle Akteure über die gleichen Voraussetzungen verfügen. Für eine qualitative Abschätzung können jedoch folgende zwei Aspekte beurteilt werden:

- a) Können die Lenkungsziele durch organisatorische/planerische Massnahmen verändert werden oder braucht es dazu Investitionen in Rollmaterial oder Infrastrukturen?

Je eher sich Lenkungsziele durch organisatorische/planerische Massnahmen verändern lassen, desto geringer ist tendenziell der (finanzielle) Aufwand.

- b) Können die Empfänger von finanziellen Anreizen selbständig die Lenkungsziele beeinflussen oder sind sie dafür auf andere Akteure (z.B. Kunden) angewiesen?

Je mehr Akteure zur Veränderung eines Lenkungsziels notwendig sind, desto höher wird der (finanzielle) Aufwand aufgrund von entstehenden Transaktionskosten. Zudem besteht die nicht zu unterschätzende Gefahr, dass die Transaktionskosten bei der Festsetzung der Anreizhöhe falsch eingeschätzt werden. In diesem Fall verpuffen Anreize wirkungslos, weil sie schlicht nicht bis zur Zielgruppe weitergegeben werden. Ökonomische Anreize sollen daher wenn immer möglich direkt die Akteure

erreichen, welche ein Lenkungsziel verändern können. Die Analyse in Kapitel ... liefert dazu eine wichtige Grundlage.

2. Kann das Anreizsystem so ausgestaltet werden, dass dieser (finanzielle) Aufwand abgedeckt wird?

Ein Anreizsystem muss den (finanziellen) Aufwand bei der Zielgruppe zumindest nahezu abdecken, um eine Wirkung zu erzielen. Wenn aber Anreize in bestehende Systeme wie das Trassenpreissystem integriert werden, so ist auch das bestehende Preisniveau sowie deren Bedeutung in der Kostenstruktur der Zielgruppe zu berücksichtigen. In Abbildung 7-12 zeigt sich deutlich, dass Trassengebühren nur einen geringen Anteil am Betriebsaufwand von Güter- und Personenbahnen haben.

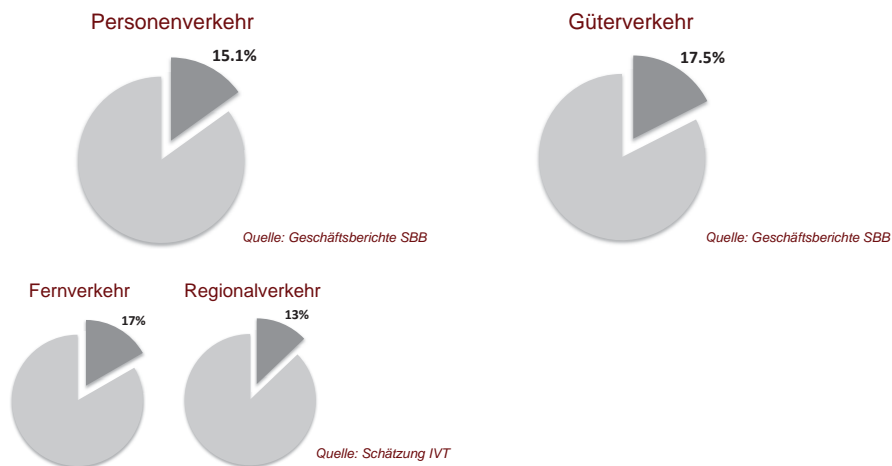


Abbildung 7-12 Anteil Trassengebühren am Betriebsaufwand (Mittelwert 2008 – 2011)

Eine wesentliche Erhöhung dieses Anteils lässt sich politisch nur schwer durchsetzen. Dass beispielsweise der durchschnittliche Trassenpreisanteil am Betriebsaufwand bei gewissen Zugattungen aufgrund von Anreizen zur Optimierung der Schienenkapazitätsnutzung beispielsweise nicht mehr 17% sondern neu 5% oder 30% betragen könnte, wird als chancenlos erachtet. Bei der Festlegung der Anreizhöhen sind demnach enge Grenzen gesetzt und müssen in ihrer Grössenordnung deutlich unter den durchschnittlichen Trassenpreisen der jeweiligen Zugattungen liegen (siehe folgende Tabelle).

Ø Trassenpreise (2010, exkl. Zusatzleistungen & Lärmbonus)	
Intercity:	6.40 CHF/Zkm
Regionalzug:	2.85 CHF/Zkm
Nahgüterzug:	2.60 CHF/Zkm
Schwerer Güterzug:	8.60 CHF/Zkm (1'600 Bto)

Abbildung 7-13 Durchschnittliche Trassengebühren 2010 (Quelle [61])

### Beurteilung

Auf Grundlage dieser beiden Beurteilungsparameter wurde nun qualitativ analysiert, ob sich die einzelnen Lenkungsziele durch ein Trassenpreissystem wirksam lenken lassen. Das Resultat ist folgender Abbildung ersichtlich. Es zeigt deutlich, dass die meisten Lenkungszielgrößen durch ein Trassenpreissystem nicht wirksam gelenkt werden können.

je Zug	Güterverkehr		Personenverkehr	
	EWLV	GZ	FV	RV
Beschleunigung	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Bremsverzögerung	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Maximale Geschw.	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Zuglänge	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
# geplante Halte	Hatched	Hatched	Yellow	Yellow
Ø Haltezeiten	Hatched	Hatched	Yellow	Yellow
Verkehrszeit	Green	Green	Yellow	Yellow
Routenwahl	Green	Green	Red	Red

Durch TPS beeinflussbar  
 Durch TPS nicht wirksam beeinflussbar  
 Durch TPS grundsätzlich nicht beeinflussbar  
 Lenkungsziel nicht gegeben

Abbildung 7-14 Wirksamkeit von Trassenpreisen (TPS) auf Lenkungsgrößen

Im Personenverkehr sind die Zuglängen, die geplanten Halte, Haltezeiten, sowie Verkehrszeiten durch die Fahrgastströme weitgehend vorgegeben. Anreizelemente können da faktisch nur wenig bewirken. Die Routenwahl der Personenzüge wird grundsätzlich als nicht durch ein Trassenpreissystem beeinflussbar erachtet. Diese müssen zwingend entlang der Verkehrsströme folgen. In der Schweiz gibt es zudem aufgrund der vergleichsweise kurzen Distanzen zwischen zwei Haltestellen meist nur eine mögliche Route.

Im Güterverkehr sind die Verkehrszeit und Routenwahl deutlich einfacher durch die Güterbahnen zu beeinflussen, wobei sich dieser Einfluss primär auf Ganzzugverkehre beschränkt. Diese werden während der Planungsphase zusammen mit den Kunden festgelegt und unterlie-



gen einem gewissen Spielraum. Je länger die Distanzen zwischen Start- und Zielort sind, desto eher kann die Routenwahl variiert werden. Auch bei der Verkehrszeit wird durch die Kunden in der Regel keine minutengenaue Abfahrts- und Ankunftszeit gefordert. Die Wirksamkeit von Anreizen in einem Trassenpreissystem könnte deshalb bereits bei einer verhältnismässig geringen Anreizhöhe gegeben sein.

Die Veränderung von Beschleunigung, Bremsverzögerung und maximaler Geschwindigkeit bedingt hingegen hohe Investitionskosten beim Rollmaterial. Es ist unwahrscheinlich, dass sich im Rahmen des heutigen durchschnittlichen Trassenpreises ein genügend hoher Anreiz schaffen lässt, um solche Investitionen innert genügender Frist zu amortisieren. Als Beispiel kann die Erhöhung der Beschleunigungsfähigkeit eines Güterzugs betrachtet werden. Angenommen, die Voraussetzungen eines finanziellen Anreizes zur Erhöhung der Beschleunigungsfähigkeit könnte durch eine zweite Lok erfüllt werden. Dann müsste dieser Anreiz wohl in der Grössenordnung von 2.5 CHF pro Zugkilometer liegen um die zusätzlichen Kosten zu decken<sup>7</sup>. Das wären fast 30% des Trassenpreises eines schweren Güterzuges (vgl. Tabelle ...). Bei leichteren Güterzügen würde dieser Anreiz gar zum absolut dominanten Faktor. Im Personenverkehr ist die Situation dahingehend etwas einfacher, als das Rollmaterial ausschliesslich durch das Bahnunternehmen gestellt wird. Im Güterverkehr können dies bei den Güterwagen allerdings auch die Kunden der Güterbahnen sein. Dies erschwert die Umsetzung eines Lenkungsziels signifikant und führt zu zusätzlichen Transaktionskosten. Auch die Zuglänge wird beim Güterverkehr nur schwer mit einem Anreiz verändert werden können. Eine möglichst hohe Auslastung der maximal erlaubten Zuglänge ist aus wirtschaftlichen Gründen bereits ein zentrales Ziel der Güterbahnen und ihren Kunden. Ein allfälliger Anreiz zur *Reduktion* der Zuglänge hingegen müsste enorm hoch ausfallen, da jeder Wagen, der nicht transportiert werden kann, zu massiven Mindereinnahmen führt.

## **Fazit**

Eine Lenkung der Infrastrukturnutzung über ein Trassenpreissystem wird nur bei der Routenwahl und Verkehrszeit von Ganzzugverkehren im Güterverkehr als potentiell wirksam erachtet. Es ist zudem kein ökonomisches Anreizsystem ausserhalb des Trassenpreissystems ersichtlich, welches eine deutlich höhere Wirksamkeit vermuten lässt.

---

<sup>7</sup> Annahmen: 400'000 CHF jährliche Kosten pro Lok für Abschreibung und Unterhalt; 150'000 km Laufleistung/Jahr

Aus diesem Grund sind für eine Beeinflussung der untersuchten Lenkungsziele für die Optimierung der Infrastruktur vorab regulatorische Massnahmen (Vorschriften) in Betracht zu ziehen.



Abbildung 7-15 Handlungsstrategien zur Lenkung hin zu einer optimalen Netznutzung

## 8 Literatur

### 8.1 TP3 – Netznutzungsformen und TP5 – Formen der Kapazitätsbereitstellung

- [1] Andersen, Sven; „Zur Problematik des Mischbetriebes von Personen- und Güterzügen bei hohen Geschwindigkeitsunterschieden“; ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 5/1995; 1995
- [2] Berndt, Thomas; „Eisenbahngüterverkehr“; 1. Auflage; Teubner; 2001; Stuttgart
- [3] Bischofberger, Nikolaus G.; „Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen“; Dissertation an der ETH Zürich; 1997; Zürich
- [4] Bodack, Karl-Dieter; „InterRegio – Die abenteuerliche Geschichte eines beliebten Zugsystems“; EK-Verlag; 2005; Freiburg/Brsg.
- [5] Art. 84 „Alpenquerender Transitverkehr“ der Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft; Download 14.7.2010 von <http://www.admin.ch/ch/d/sr/101/a84.html>
- [6] „Prognose der Verkehrsnachfrage und der Zugzahlen auf der Oberrheinstrecke 2025“; Ergänzungsbericht zur Hauptstudie; BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH; 2008; Freiburg/Brsg.
- [7] Deeg, Peter et al.; „Die technische Machbarkeit längerer Güterzüge auf dem Netz der DB AG“; Vortrag 22.VWT Dresden; 2009; Dresden
- [8] Deutsche Logistik-Zeitung; „ÖBB erwägen Vollsperrung des Brenners für drei Monate“; DVZ 22.6.2010; Hamburg
- [9] Dworaczek, Alex; „Trend: interoperabler Lokeinsatz“; Rail Business 5/2010; 2010
- [10] Fendrich, Lothar et al.; „Handbuch Eisenbahninfrastruktur“; Springer; 2007; Heidelberg
- [11] Ferk, Günther; „Xrail – The European Wagonload Alliance“; Präsentation; Download 8.7.2010 von <http://www.xrail.eu/spip.php?article2>
- [12] Fries, Nikolaus; „Market Potential and Value of Sustainable Freight Transport Chains“; Dissertation an der ETH Zürich; 2009; Zürich
- [13] „Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen“; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen; Ausgabe 2001, Fassung 2005; Köln
- [14] Heister, Gert et al.; „Eisenbahnbetriebstechnologie“; DB-Fachbuch; 2005; Heidelberg / Mainz
- [15] Heydenreich, Thomas et al.; „Krise des Einzelwagenverkehrs: Ende oder Wende?“; Güterbahnen 2/10; 2010; Düsseldorf
- [16] „Herzstück Regio-S-Bahn Basel – Vergleich und Bewertung von sechs Varianten“; Kurzbericht; Infras; 2010; Bern
- [17] Jahncke, Ralf; „Der grösste Wettbewerber des Schienengüterverkehrs sind falsche Vorurteile“; GRV-Nachrichten Folge 87; 2010; Essen

- [18] Landex, Alex; „Methods to estimate railway capacity and passenger delays“; Dissertation am Department of Transport der Technical University of Denmark; Kopenhagen; 2008
- [19] Nägeli, Lorenzo; „Nebenlinien als Entlastungsstrecken im Güterverkehr“; Projektarbeit an der ETH Zürich; Mai 2009; Zürich
- [20] Oetting, Andreas et al.; „Längere Güterzüge – technische, betriebliche und wirtschaftliche Machbarkeit“; Vortrag 22.VWT Dresden; 2009; Dresden
- [21] Pacht, Jörn; „Systemtechnik des Schienenverkehrs“, 5. Auflage; Vieweg+Teubner, 2008, Wiesbaden
- [22] Potthoff, G.; „Die Eisenbahn“; Transpress; 1979; Berlin
- [23] „InterregioCargo – Kombiniertes Verkehr im Kurz- und Mittelstreckenbereich“; Präsentation; 21.5.2010
- [24] „Kefer heralds change in DB procurement policy“; Railway Gazette International; 6/2010; 2010
- [25] Schick, Peter; „Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität von Autobahnabschnitten sowie die Stabilität des Verkehrsflusses“; Dissertation an der Universität Stuttgart; Heft 35 aus dem Institut für Strassen- und Verkehrswesen; 2003; Stuttgart
- [26] Schwanhäusser, W.; „Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn“; Dissertation an der RWTH Aachen; Heft 20 des Verkehrswissenschaftlichen Institutes; 1974; Aachen
- [27] „Eisenbahnatlas Deutschland“; Schweers+Wall GmbH; 2007; Eupen
- [28] „UIC-Codex 406 Capacity“; Union internationale des chemins de fer, UIC; 1979, überarbeitete Fassung 2004; Paris
- [29] Wägli, H.G.; „Bahnprofil Schweiz CH+“; Band 2; AS Verlag & Buchkonzept AG; 2010; Zürich
- [30] Walf, F.; „Änderung des Grundtaktes von S-Bahn-Systemen - Motive, Möglichkeiten und Auswirkungen“; Dissertation an der TU Berlin; 2009; Berlin
- [31] Wegel, H.; „Der Hochleistungsblock mit linienförmiger Zugbeeinflussung“; Die Deutsche Bahn 7/92; Hestra-Verlag; 1992; Darmstadt
- [32] Weidmann, Ulrich; „Grundlagen der Kapazitätsberechnung“; IVT-Vorlesungsskript Band 2.3; 2009; Zürich
- [33] Weidmann, Ulrich; „System- und Netzplanung – System und Netzplanung des Personenverkehrs“; IVT-Vorlesungsskript Band 1.1; 2010; Zürich
- [34] Wichser, Jost; „System und Netzplanung – Logistik und Güterverkehr“; IVT-Vorlesungsskript Band 1.3; 2010; Zürich
- [35] Winter, Peter; „Compendium on ERTMS“; 1st Edition; Eurailpress; 2009; Hamburg

## **8.2 TP2 – Lenkungsinstrumente und –wirkung**

- [36] DB Netze (2010): Das Trassenpreissystem der DB Netz AG.

- [37] Infrabel (2010): Network Statement 2011.
- [38] Weidmann, U., Wichser, J., Schmidt, P. (2008): Systemvorschlag für ein neues schweizerisches Trassenpreissystem, Schriftenreihe 137, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich
- [39] Weidmann, U., Moll, S., Schmidt, P. (2009): *Ein Trassenpreissystem aus Umweltsicht unter besonderem Augenmerk des Lärms*, Schriftenreihe 143, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich

### **8.3 TP4 – Wert der Netznutzung**

- [40] Bartling, H., Luzius, F. (2008) Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, Verlag Franz Vahlen, München
- [41] Weidmann, U. (2008) System- und Netzplanung, Vorlesungsskript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich
- [42] SBB (2011) Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2010 / Finanzbericht 2010, SBB AG, Bern
- [43] IRE/ Rapp Trans AG (2005) Bewertung von Qualitätsmerkmalen im Güterverkehr, Forschungsauftrag 2002/011, Bundesamt für Strassen (ASTRA)
- [44] IVT ETH Zürich (2008) Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit, Forschungsauftrag 2005/007, Bundesamt für Strassen (ASTRA)
- [45] BAV (2010) Kennzahlen RPV 2008, <http://www.bav.admin.ch/themen/03594/03598/index.html?lang=de>, Zugriff: 30.06.2011

### **8.4 TP6 – Kosten der Kapazität**

- [46] Baumgarnter, J.B.; „Prices and costs in the railway sector“; Laboratoire d’Intermodalité des Transports et de Planification, EPF Lausanne; 2001; Lausanne
- [47] DB-Richtlinie 413 „Infrastruktur gestalten“; Deutsche Bahn AG; 2002
- [48] Frank, Patrick et al.; Handbuch zum „Viriato Zusatzmodul Ökonomische Analyse“, 2009; Zürich
- [49] Frank, Patrick; „Vereinfachte Methodik zur Berechnung der Investitionskosten von Eisenbahninfrastrukturprojekten“; Vortrag TRANSINFRA - Tag der Forschung; 2010; Fribourg
- [50] Heinrich, Torsten et al.; „Neubau einer Eisenbahnüberführung über die Havel in Rathenow“; EI – Eisenbahningenieur 5/2010; 2010
- [51] Heintz, Rudolf; „Neubau von zwei Eisenbahnbrücken über die BAB A3 in Köln-Mülheim“; EI – Eisenbahningenieur 5/2010; 2010
- [52] Lienau, C.; „Abbildung von Infrastrukturkosten in der Eisenbahnbetriebssimulation“; Wissenschaftliche Arbeit Nr. 69 des Instituts für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und –betrieb der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover; Eurailpress, 2006; Hamburg

- [53] Lopéz-Pita, A. et al.; „Maintenance Costs of High-Speed Lines in Europe“; Journal of the Transportation Research Board, No. 2043; 2008; Washington D.C.
- [54] Oanda; „Historische Wechselkurse“; Abfrage vom 13. Juli 2011 auf [www.oanda.com](http://www.oanda.com)
- [55] Pfeifer, Rolf H. et al.; „Handbuch Eisenbahnbrücken“; Eurailpress; 2008; Hamburg
- [56] Reinhart, Peter; „Die Debatte um den deutschen Hochgeschwindigkeitsverkehr“; EI – Eisenbahningenieur 6/2011; 2011
- [57] „Bahnbrücken mit Schotterbett auf Normalspurstrecken“; Weisung SBB Infrastruktur AG; 2002; Bern
- [58] Schlaich, Johannes; „Ansätze für betriebliche und infrastrukturelle Verbesserungen einer Regionalverkehrsstrecke am Beispiel Basel – Lindau“; Diplomarbeit an der Universität Stuttgart; 2004; Stuttgart
- [59] „Ermittlung der Wahrscheinlichen Kosten des Projektes Stuttgart 21“; Viereg-Rössler GmbH; 2008; München
- [60] „Mobilitätsszenarien für die Schweiz 2030, Visionen – Chancen - Finanzierung“; VöV-Schriften-09; Verband öffentlicher Verkehr Schweiz; Mai 2009; Bern

## 8.5 TP7 - Synthese

- [61] Isenmann, T. ; „Neues Schweizerisches TPS: Herausforderungen und Würdigung des Vorschlags des BAV“; URL: [www.trasse.ch/doc/de\\_SVWG\\_neues\\_Trassenpreissystem\\_100528.pdf](http://www.trasse.ch/doc/de_SVWG_neues_Trassenpreissystem_100528.pdf); abgerufen am 25.11.2011

## Anhänge

### A 1 Lenkungsinstrumente und –wirkung

Im Schienengüterverkehr lassen sich vier verschiedene Grundtypen von Kundenbeziehungen unterscheiden (siehe Abbildung 1), wobei im Wagenladungsverkehr auch Kombinationen dieser Fälle existieren.

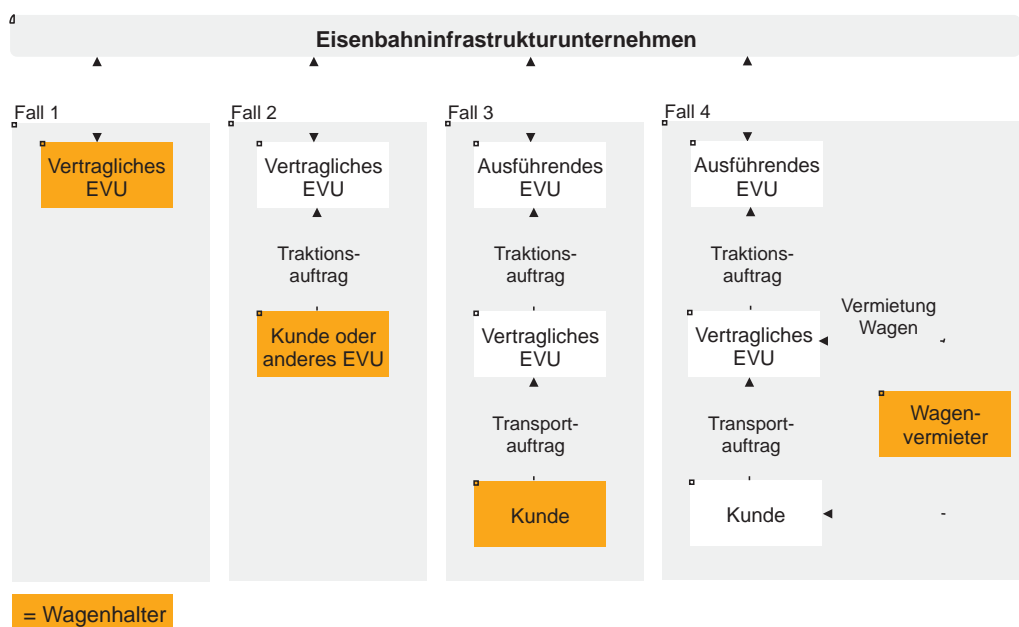


Abbildung 8-1 Grundtypen von Geschäftsbeziehungen im Güterverkehr

Im Fall 1 ist das ausführende EVU analog zum Personenverkehr identisch mit dem Wagenhalter. Darunter fallen beispielsweise alle Verkehre, welche SBB Cargo mit ihrer eigenen Güterwagenflotte durchführt.

Im Fall 2 besitzt der Kunde die zu transportierenden Wagen und steht in einem direkten Vertragsverhältnis zum ausführenden EVU (wobei auch ein anderes EVU als Kunde auftreten kann). Dieser Fall tritt beispielsweise ein, wenn die Firma Hupac ihre eigenen Tragwagen von einem Traktionär wie SBB Cargo transportieren lässt.

Im Fall 3 beauftragt ein Kunde eine Güterbahn („vertragliches EVU“) zum Transport seiner eigenen Güterwagen. Dieses wiederum vergibt die Traktion für eine bestimmte Teilstrecke einem weiteren EVU („ausführendes EVU“). Diese Konstellation kommt im internationalen Güterverkehr häufig vor. Es ist dabei zwischen dem internationalen Ganzzug- und Wagenladungsverkehr zu unterscheiden. Denn bei den Ganzzugverkehren bestellt ein Kunde einen ganzen Zug für eine bestimmte Relation, während sich beim internationalen Wagenladungsverkehr der Zug aus Wagen von mehreren Kunden zusammensetzt.

Fall 4 unterscheidet sich schliesslich von der ersten drei Fällen dahingehend, dass eine Gesellschaft ihre Güterwagen zur freien Verfügung einem Kunden oder EVU vermietet. Dieser Fall ist bedeutend, da europaweit bereits über 100'000 Güterwagen vermietet werden. Als Beispiel seien die grossen Vermietungsgesellschaften VTG, AAE, ERMEWA, GATX und TRANSWAGGON mit je über 10'000 Güterwagen erwähnt.

Quelle: [39]



Im Fall 3 beauftragt ein Kunde eine Güterbahn („vertragliches EVU“) zum Transport seiner eigenen Güterwagen. Dieses wiederum vergibt die Traktion für eine bestimmte Teilstrecke einem weiteren EVU („ausführendes EVU“). Diese Konstellation kommt im internationalen Güterverkehr häufig vor. Es ist dabei zwischen dem internationalen Ganzzug- und Wagenladungsverkehr zu unterscheiden. Denn bei den Ganzzugverkehren bestellt ein Kunde einen ganzen Zug für eine bestimmte Relation, während sich beim internationalen Wagenladungsverkehr der Zug aus Wagen von mehreren Kunden zusammensetzt.

Fall 4 unterscheidet sich schliesslich von der ersten drei Fällen dahingehend, dass eine Gesellschaft ihre Güterwagen zur freien Verfügung einem Kunden oder EVU vermietet. Dieser Fall ist bedeutend, da europaweit bereits über 100'000 Güterwagen vermietet werden. Als Beispiel seien die grossen Vermietungsgesellschaften VTG, AAE, ERMEWA, GATX und TRANSWAGGON mit je über 10'000 Güterwagen erwähnt.

Quelle: [39]

# Schriftenreihe des IVT

Herausgegeben vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der Eidgenössischen Technischen Hochschule ETH Zürich

Nr.	Titel	Autor	Jahr	Preis	Status
59	Aufteilung von Erholungsaktivitäten im Raum und in der Zeit	A. Deloukas	1986	20.-	vergriffen
60	Baulich integrierte Strassen	M. Rotach	1986	20.-	erhältlich
61	Unterhaltskosten von Trolley- und Dieselbussen in der Schweiz	H. Brändli	1986	30.-	vergriffen
62	Eichung und Validation eines Umlegungsmodelles für den Strassengüterverkehr	E. Meier	1986	10.-	erhältlich
63	Fahrpläne für die Zürcher S-Bahn	G. Rey	1986	20.-	erhältlich
64	Quergefälle in Geraden und Kurven	P. Spacek	1987	20.-	erhältlich
65	Simulation von Eisenbahnsystemen mit RWS-I	P. Giger	1987	20.-	erhältlich
66	Siedlung - Verkehrsangebot - Verkehrsnachfrage	Prof. M. Rotach	1987	20.-	vergriffen
67	N 13, Au - Haag: Auswirkungen der Sofortmassnahmen vom Sommer 1984 auf das Unfallgeschehen	Prof. K. Dietrich	1987	10.-	vergriffen
68	Entwicklung des Schweizerischen Personenverkehrs 1960 - 1990	Prof. C. Hidber	1987	30.-	vergriffen
69	MacTrac - interaktives Programm für Zuglaufrechnungen Benutzerhandbuch	P. Brunner	1988	15.-	vergriffen
70	Mehrdimensionale Bewertungsverfahren und UVP im Verkehr	Prof. C. Hidber	1988	30.-	vergriffen
71	Ein Beitrag zur Umlegung: Ausgewählte Probleme und Lösungsansätze	Prof. C. Hidber, M. Keller	1988	15.-	erhältlich
72	Flexible Betriebsweise: Die Kombination von Linien- und Bedarfsbetrieb auf einer Buslinie	Prof. H. Brändli, B. Albrecht, K. Bareiss	1988	10.-	vergriffen
73	Von der Bahn 2000 zum System OeV 2000	Prof. H. Brändli, B. Albrecht, W. Glünkin	1988	80.-	vergriffen
74	Planung des öffentlichen Verkehrs in nichtstädtischen Gebieten	Prof. H. Brändli, H. Amacker	1988	20.-	vergriffen
75	Simulation of Railway Networks with RWS-I	P. Giger	1989	15.-	erhältlich
76	Einfluss des Mischprozesses auf die Qualität bituminöser Mischungen	M. Kronig	1989	20.-	vergriffen
77	Regionale Arbeitsmobilität	W. Dietrich	1989	20.-	erhältlich
78	Zur Bewertung der Wirkung sicherheitsorientierter Massnahmen im Eisenbahnbetrieb	R. Röttinger	1989	30.-	erhältlich
79	Bewertung der offiziellen NEAT-Varianten	W. Schurter, N. Bischofsberger	1989	20.-	vergriffen
80	DQM-2: Ein Gerät zur dynamischen Querprofilmessung auf Strassen	U. Scheifele	1989	20.-	erhältlich
81	Neuverkehr infolge Ausbau und Veränderung des Verkehrssystems	E. Meier	1989	35.-	erhältlich
82	Entwicklung von Verhaltensmodellen als Grundlage eines programmierten Erhaltungskonzeptes Teil I: Modelle für bleibende Verformungen	J.-D. Zufferey	1989	20.-	vergriffen
83	Moderne EDV-Anwendungen zur Verkehrsbeeinflussung	Prof. C. Hidber, W. Schurter	1989	30.-	erhältlich
84	Berufspendlerverkehr 1950-1990 Entwicklung des Berufspendlerverkehrs der schweizerischen Agglomerationen	Prof. C. Hidber, N. Bischofsberger	1989	25.-	erhältlich
85	Drainasphalt Beobachtungen des Verhaltens von hohlraumreichen Verschleisschichten unter Verkehr	H. Köster	1990	42.-	erhältlich
86	Güterverkehrsaufkommen in Industriegebieten	P. Schirato, Prof. C. Hidber	1991	30.-	vergriffen
87	Langzeitverhalten von bituminösen Drainbelägen Teil I: Lärmverhalten von Drainbelägen	T. Isenring	1991	52.-	erhältlich
88	EDV-Anwendungen im Verkehrswesen	Prof. C. Hidber, W. Schurter	1991	50.-	erhältlich
89	Sichtweiten	F. Bühlmann, H.P. Lindenmann, P. Spacek	1991	30.-	erhältlich
90	Transporttechnik der Fussgänger	U. Weidmann	1992	30.-	erhältlich
91	Optimierung in Verkehrsplanung, Transporttechnik und Logistik	(Referate)	1992	40.-	erhältlich
92	Elemente eines computergestützten Werkzeugs zur Entwicklung von Eisenbahnsicherungsanlagen mit Petri-Netzen	M. Montigel	1993	25.-	erhältlich
93	Verkehrsangebot Schweiz 1960 - 1992	Prof. C. Hidber, N. Bischofsberger	1992	35.-	erhältlich

94	Simulationsmodell für Tramnetze	P. Brunner	1993	40.-	erhältlich
95	Desserte ferroviaire de l'aéroport de Geneve-Cointrin	Prof. C. Hidber, Dr. G. Abay, J.-P. Widmer	1993	40.-	erhältlich
96	Kostenproblematik des Schienenverkehrs: Ansätze zur Reduktion der Produktionskosten	Prof. H. Brändli, J. Wichser	1993	25.-	erhältlich
97	Think Trac: ein einfach zu portierendes Traktionsprogramm für die Berechnung von Fahrzeiten im Eisenbahnverkehr	Prof. H. Brändli, J. Hoessly	1993	30.-	erhältlich
98	Pioniere des Verkehrs. Eine Auswahl von Kurzbiographien zur Einführung in die Verkehrsgeschichte	Prof. C. Hidber u.a.	1993	30.-	erhältlich
99	Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr. Anstelle 99 kann Nr. 106 (Zusammenfassung) bestellt werden.	U. Weidmann	1994	80.-	vergriffen
100.1	Optimierung des Oberbaus bei Meterspurbahnen: Teil 1: Berechnung und Beurteilung	Prof. H. Brändli, J. Wichser, S. Rangosch, M. Kohler	1994	25.-	erhältlich
100.2	Optimierung des Oberbaus bei Meterspurbahnen: Teil 2: Grundlagen und Methodik	Prof. H. Brändli, J. Wichser, S. Rangosch, M. Kohler	1994	50.-	erhältlich
100.3	Optimierung des Oberbaus bei Meterspurbahnen: Teil 3: Literaturkatalog mit Kommentar	Prof. H. Brändli, J. Wichser, S. Rangosch, M. Kohler	1994	25.-	erhältlich
101	Zur Gestaltungsaufgabe des Bauingenieurs: Systemtheoretische Grundlagen und Folgerungen für Planung und Ausführung ein Beitrag zur Ingenieurwissenschaft	B. Meyer	1994	40.-	erhältlich
102	Modellierung und Gewährleistung von Abhängigkeiten in Eisenbahnsicherungsanlagen	M. Montigel	1994	50.-	erhältlich
103	Simulation von Eisenbahnsystemen mit RWS-1: 3. Auflage RWS Version 1.7 für Apple Macintosh	P. Giger	1994	30.-	erhältlich
104	Nationalstrasse N2, Basel-Chiasso Kapazitätsuntersuchung: Verkehrstechnische Studie zur Beurteilung der heutigen Kapazitätsverhältnisse	Prof. K. Dietrich, P. Spacek	1994	50.-	erhältlich
105	Anwendungsbeispiele zur Optimierung in Verkehrsplanung, Transporttechnik und Logistik	Prof. C. Hidber, Z. Oblozinska	1994	25.-	erhältlich
106	Grundlagen zur Berechnung der Fahrgastwechselzeit	U. Weidmann	1995	30.-	erhältlich
107	Umweltbilanz der Warenverteilung (Non Food) des Migros-Genossenschafts-Bundes	Prof. C. Hidber, E. Meier	1995	30.-	erhältlich
108	Lagestabilität lückenloser Meterspurgleise in kleinen Bogenradien	S. Rangosch	1995	80.-	erhältlich
109	Pioniere des Verkehrs. Eine Auswahl von Kurzbiographien zur Einführung in die Verkehrsgeschichte. Band 2.	Prof. C. Hidber u.a.	1995	30.-	erhältlich
110	Qualitätsmanagement von Eisenbahnstrecken.	E. Hediger	1996	20.-	erhältlich
111	Abschätzung des Zonen-Binnenverkehrs in Städten; Teil I	Prof. C. Hidber, J.-P. Widmer	1996	30.-	erhältlich
112	Vergleich: Schotterloser Oberbau / Schotteroberbau	P. Pingoud	1997	30.-	vergriffen
113	Leistungsfähigkeit von Verkehrssystemen	N. Bischofberger	1997	30.-	erhältlich
114	Do rail stations at airports allow a better distribution of air passenger transport demand among airports	R. Schilling, J.-P. Widmer	1997	50.-	vergriffen
115	Korridor-Leistungsfähigkeit - Zusammenwirken mehrerer Verkehrsträger bei Ueberlastung	Prof. C. Hidber	1997	50.-	erhältlich
116/1	Bahnerschliessung Flughäfen Stuttgart und Frankfurt a.M. Kosten-Nutzen-Analyse	J.-P. Widmer, R. Schilling, R. Gottwald	1997	25.-	erhältlich
116/2	Bahnerschliessung Flughäfen Brüssel. - Kosten-Nutzen-Analyse	J.-P. Widmer, O. Hintermeister	1997	25.-	erhältlich
116/3	Bahnerschliessung Flughäfen Paris Roissy-CDG2 und Orly. Kosten-Nutzen-Analyse	J.-P. Widmer, C. Dasen-Sender	1997	25.-	erhältlich
116/4	Bahnerschliessung Flughafen Zürich. Kosten-Nutzen-Analyse	J.-P. Widmer, R. Gottwald	1998	25.-	erhältlich
117	Berufspendlerverkehr 1980-1990-2000	C. Dasen-Sender	1997	35.-	erhältlich
118	25 Jahre IVT-Messungen zum Verkehrsablauf auf Autobahnen	Prof. K. Dietrich, H.P. Lindenmann, Y. Chabot-Zhang	1998	30.-	erhältlich

119	Qualitätsfaktor - Vergleich der Angebotsqualität im Regionalverkehr	U. Widmer, M. Neumeister	1998	40.-	vergriffen
120	Einsatz von zementstabilisiertem Asphaltgranulat in Foundationsschichten	M. Shojaati	1998	35.-	vergriffen
121	Carpools im Spannungsfeld mit dem öffentlichen Personenverkehr	S. Dasen	1999	25.-	erhältlich
122	Bonus/Malus-System; System zur Gewährleistung der Betriebsqualität auf dem für den freien Zugang geöffneten SBB-Netz.	M. Hofer	1999	40.-	erhältlich
123	Beiträge zur Soziologie und Politologie im Verkehr	Prof. C. Hidber u.A.	1999	30.-	vergriffen
124	Stabilitätsprobleme lückenloser Meterspurgleise in engen Radien und in Uebergangsbögen	F. Gallati	2001	90.-	erhältlich
125	Objektorientierte Modellierung von Infrastrukturelementen und Betriebsvorgängen im Eisenbahnwesen	D. Hürlimann	2002	60.-	erhältlich
126	Der Bettungsmodul für den Schotteroberbau von Meterspurbahnen	M. Kohler	2002	90.-	erhältlich
127	Verwendung von Eisenbahnbetriebsdaten für die Schwachstellen- und Risikoanalyse zur Verbesserung der Angebots- und Betriebsqualität	M. Ullius	2005	70.-	erhältlich
128	Netzgestaltungsgrundsätze für den öffentlichen Personennahverkehr in Verdichtungsräumen	U. Schöffeler	2005	90.-	vergriffen
129	GIS-basiertes Konzept zur Modellierung von Einzugsbereichen auf Bahn-Haltestellen	J. Jermann	2005	70.-	erhältlich
130	Fachbegriffe des öffentlichen Verkehrs	J. Wichser, H. Schneebeli, S. Bollinger	2005	40.-	erhältlich
131	Regionalisierung des Schienenverkehrs in der Schweiz	M. Rieder	2005	60.-	erhältlich
132	Parameters Of Pedestrians, Pedestrian Traffic And Walking Facilities	S. Buchmüller, Prof. U. Weidmann	2006	25.-	erhältlich
133	Strategies for Increasing Intermodal Transport Between Eastern and Western Europe, Final Report	Nikolaus Fries	2006	50.-	erhältlich
134	Europäische Marktstudie für das System Swissmetro	U. Weidmann, S. Buchmüller, M. Rieder, A. Nash, A. Erath	2006	90.-	erhältlich
135	Studie zu einem neuen schweizerischen Trassenpreissystem	U. Weidmann, N. Fries J. Wichser, P. Schmidt H. Schneebeli	2007	40.-	erhältlich
136	Regionen im Umbruch! – Regionalverkehr im Aufbruch	Tagungsband	2007	30.-	erhältlich
137	Systemvorschlag für ein neues schweizerisches Trassenpreissystem	U. Weidmann, J. Wichser, P. Schmidt	2008	40.-	erhältlich
138	Betriebsstabilität bei Buslinien mit Fahrausweisverkauf durch Fahrer	U. Weidmann, M. Lüthi S. Buchmüller, R. Dorbritz	2008	25.-	erhältlich
139	Leistungsfähigkeitsbestimmung öffentlicher Verkehrssysteme	G. Anderhub, R. Dorbritz U. Weidmann	2008	30.-	erhältlich
140	Peripherer Verkehr – Verkehrte Peripherie?	Tagungsband	2008	30.-	erhältlich
141	Mobilitätsplan Hochschulgebiet Zürich	U. Weidmann, P. Spacek K. W. Axhausen, B. Alt, G. Anderhub, R. Dorbritz, A. Frei, M. Laube, M. Scherer, C. Weis	2008	50.-	erhältlich
142	Gesamterschliessungskonzept Science City Synthesebericht	U. Weidmann, P. Frank	2008	90.-	erhältlich
143	Ein Trassenpreissystem aus Umweltsicht unter besonderem Augenmerk des Lärms – Studie	U. Weidmann, St. Moll P. Schmidt	2009	30.-	erhältlich
144	Validierung eines semi-quantitativen Ansatzes zur Risikobeurteilung in der Eisenbahntechnik	S.-L. Bepperling	2009	30.-	erhältlich
145	Verlässliche Finanzierung des öffentlichen Verkehrs in der Schweiz Konzeptstudie	U. Weidmann J. Wichser	2009	25.-	erhältlich
146	Die Revolution der Automation – Verkehrsautomatisierung und Gesellschaft im 20. und 21. Jahrhundert	Tagungsband	2009	40.-	erhältlich
147	Improving the Efficiency of Heavily Used Railway Networks through Integrated Real-Time Rescheduling	M. Lüthi	2009	60.-	erhältlich
148	Market Potential and Value of Sustainable Freight Transport Chains	N. Fries	2009	45.-	erhältlich
149	100 Jahre Gesellschaft der Ingenieure des öffentlichen Verkehrs 1910–2010, (k)ein Wunder, dass es uns noch gibt	Gdl	2009	50.-	erhältlich
150	Investigation of space-time structures in public transport networks	B. Alt			

	and their optimisation		2010	50.-	erhältlich
151	Nachhaltige Güterfeinverteilung	U. Weidmann, N. Fries B. Bopp, W. Stölzle			
152	Ein lärmabhängiges Trassenpreissystem für die Schweiz	E. Hofmann, K. Gebert	2010	40.-	erhältlich
153	Laterales Fahrverhalten	U. Weidmann, St. Moll	2010	30.-	erhältlich
154	Stabil Mobil – Komplexe Verkehrssysteme als Herausforderung unserer Gesellschaft	G. Santel	2011	45.-	erhältlich
155	Methodology for assessing the structural and operational robustness of railway networks	Tagungsband	2011	40.-	erhältlich
156	Operational stability and reliability of urban bus routes in Zurich, Switzerland	R. Dorbritz	2012	60.-	erhältlich
157	Metro/tram – Eine Perspektive für Zürich	N. Carrasco, O. Fink U. Weidmann	2012	50.-	erhältlich
158	Optimale Netznutzung und Wirksamkeit der Instrumente zu deren Lenkung	U. Weidmann, W. Huber	2012	15.-	erhältlich
		U. Weidmann, P. Frank T. Fumasoli, St. Moll	2012	60.-	erhältlich

Schriftenreihe wird fortgeführt

---

## Bestellung

Nr.	Titel	Anzahl
-----		
Meine Anschrift		
Firma		
-----		
Name		
-----		
Adresse		
-----		
PLZ/Ort		Land
-----		
Telefon		Fax
-----		
E-Mail		

Lieferung erfolgt gegen Rechnung

Bestellungen sind zu richten an:  
 Sekretariat IVT, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme  
 Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich  
 Wolfgang-Pauli-Strasse 15, HIL F 36.2  
 CH-8093 Zürich  
 Fax: +41 44 633 10 57  
 www.ivt.ethz.ch