



Amt für Raumplanung Kanton Zug

**S t a u - u n d
L a n g s a m f a h r k o s t e n i m
K a n t o n Z u g**

Schlussbericht

Martin Peter, Philipp Wüthrich, Markus Maibach

22.05.03 1146//SBStauZug1146_GZDa.doc

Inhalt

Zusammenfassung	Z-1
1. Ausgangslage und Zielsetzung.....	1
2. Methodik und Annahmen	3
2.1. Definition von Stau.....	3
2.2. Definition der Stau- und Langsamfahrkosten	4
2.3. Die wichtigsten Annahmen auf einen Blick.....	6
3. Vorgehen	7
3.1. Empirische Erhebung zur Ermittlung der Verspätungen.....	7
3.1.1. Festlegung Erhebungszeitpunkt	7
3.1.2. Festlegung Korridore	7
3.1.3. Codierung.....	8
3.1.4. Fahrtenorganisation und Erhebungsblatt	8
3.1.5. Mitarbeit TCS	8
3.1.6. Datenrücklauf und Qualität.....	8
3.2. Hochrechnung der Rohdaten.....	9
3.2.1. Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten je Abschnitt	9
3.2.2. Hochrechnung der Stauzeiten auf das Jahr 2000	12
3.3. Ermittlung der Stau- und Langsamfahrkosten.....	13
3.3.1. Fahrzweck-Aufteilung.....	13
3.3.2. Zeitansätze.....	14
4. Ergebnisse: Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug.....	15
4.1. Zeitverluste.....	15
4.1.1. Gesamtkosten nach Fahrzweck und Wochentag	15
4.1.2. Streubreite der Stau- und Langsamfahrkosten	22
4.2. Detailresultate für ausgewählte Korridore	26
4.2.1. Cham - Zug.....	26
4.2.2. Walterswil-Sihlbrugg	30
4.2.3. Root-Cham Bärenplatz.....	34
4.2.4. Baarerstrasse-Südstrasse.....	38
4.3. Sekundäre Stau- und Langsamfahrkosten	42
4.3.1. Staubedingte Betriebskosten (Treibstoffverbrauch)	42

4.3.2.	Staubedingte Umweltkosten	43
4.3.3.	Staubedingte Unfallkosten	44
4.4.	Stau- und Langsamfahrkosten im öffentlichen Verkehr.....	45
4.5.	Plausibilisierung der Zeitverluste.....	46
4.5.1.	Abnahme der Fahrgeschwindigkeiten.....	47
4.5.2.	Vergleich mit dem kantonalen Verkehrsmodell.....	48
4.5.3.	Vergleich mit ASTRA-Resultaten für Zug.....	49
4.5.4.	Vergleich mit Staukostenstudie des ASTRA 1998.....	50
4.6.	Grobprognose der Stau- und Langsamfahrkosten bis 2010	51
5.	Interpretation der Ergebnisse.....	53
5.1.	Vergleich.....	53
5.2.	Was sagen die Kosten aus?	53
5.2.1.	Monetäre und nicht-monetäre Kosten	53
5.2.2.	Interne und externe Kosten	54
5.2.3.	Resultierende Ineffizienzen im Strassenverkehr	54
6.	Folgerungen.....	56
Anhang.....		57
Anhang 1:	Fahrtenblätter/Erhebungsblatt; Grundlagen zur Datenerhebung Fahrzeiten	58
Anhang 2:	Übersicht über die ausgewählten Korridore und Auflistung der jeweils zuständigen StaufahrerInnen des TCS Kanton Zug	60
Anhang 3:	Beispiel eines Auswertungsblattes	61
Anhang 4:	Detaillierte Ergebnistabelle nach Abschnitten.....	62
Anhang 5 :	Unterlagen zur Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten des Öffentlichen Busverkehrs im Kanton Zug	67
Anhang 6:	Schätzung zur Berechnung des Vertrauensintervalls der Stau- und Langsamfahrkosten (Weibull-Verteilung)	69
Anhang 7 :	Literaturverzeichnis.....	70

Zusammenfassung

1. Der Auftrag

Informationen über Zeitverluste in verschiedenen Verkehrssituationen und sekundäre Staukosten sind eine wichtige Grundlage für die Planung und Evaluation von Verkehrsprojekten. Aus diesem Grund hat die Baudirektion des Kantons Zug INFRAS beauftragt, eine aktuelle Schätzung zu den Stau- und Langsamfahrkosten zu erstellen. Die Stau- und Langsamfahrkosten (ausgedrückt als zusätzliche Zeitkosten für die StrassenbenützerInnen aufgrund von Kapazitätsengpässen) sind hier von besonderem Interesse, weil daraus auch ein Handlungsbedarf für den zukünftigen Ausbau der Verkehrsinfrastruktur abgeleitet werden kann.

2. Erhebung der Stau- und Langsamfahrkosten

Zunächst geht es darum, eine möglichst verständliche Definition von Stau zu erarbeiten. Entscheidend ist eine Referenzsituation ohne Stau. Die wissenschaftliche Diskussion gibt hier keine eindeutigen Antworten. Normalerweise wird ein bestimmter Service-Level zu Grunde gelegt. In diesem Projekt definieren wir als *Stauschwelle* die durchschnittliche Fahrzeit, welche man in den ‚Off-Peak‘-Zeiten (Vormittag, Nachmittag und Teil der Wochenendstunden) braucht, um einen Abschnitt zu durchfahren. *Stau* wird definiert als Differenz zwischen den Fahrzeiten in den Peak-Zeitfenstern (Morgen, Mittag, Abend) und dieser Stauschwelle. Wer auf einem Abschnitt eine längere Fahrzeit aufweist als die Stauschwelle, erfährt eine Fahrzeitverzögerung und hat somit Stau- und Langsamfahrkosten. Dies ist eine pragmatische Betrachtungsweise, erlaubt aber ein transparentes Erhebungsdesign und entspricht der Logik der Verkehrsmodellierung (Unterscheidung zwischen Spitzenstundenverkehr und Tagesverkehr). Diese Definition ist gleichzeitig auch relativ extensiv. Sie lässt nicht auf tatsächliche Verkehrszusammenbrüche schliessen.

Um die Fahrzeitvergleiche repräsentativ abbilden zu können, wurden Testfahrten auf 12 Korridoren (unterteilt in 70 Abschnitte) erhoben. Die folgende Figur Z-1 zeigt das Vorgehen im Überblick.

Arbeitsschritt	Beschreibung/Teilschritte
a. Grundlagedaten für den Abschnitt	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Angaben (Start- bzw. Endpunkt, Länge, Fahrtrichtung, etc.) • StaufahrerInnen-Daten für Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag, Samstag, Sonntag
b. Berechnung der Off-Peak-Fahrzeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnung der Mittelwerte aller Off-Peak-Fahrzeiten (Stauschwelle) • Plausibilitätskontrolle mit Hilfe der mittleren Fahrgeschwindigkeit • Fahrzeitverzögerung relativ zur Stauschwelle (siehe Schritt b.)
c. Berechnung der Fahrzeug-Stauzeit	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegen der Off-Peak-/Peak-Tageszeiten unter Einbezug der Tagesganglinie der Verkehrszählung (Erläuterungen siehe unten) • Schätzung der Faktors zur Hochrechnung der Mittagsspitze (keine Messungen in den Mittagsstunden), basierend auf den Daten der Abendspitze. • Multiplikation der Stauzeit mit dem Verkehrsaufkommen in den Spitzenzeiten
d. Split: Personen-/Güterverkehr (P/G)	<ul style="list-style-type: none"> • Kantonales Verkehrsmodell Zug liefert die Anteile Personen/Güterverkehr
e. Hochrechnungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochrechnung der November-Messungen auf das Jahr 2000 mittels standardisierter Jahresganglinie VSS (siehe Anhang) • Umrechnung Fahrzeug-Stunden in Personen-Stunden mittels Belegungszahl (= 1.2 P/Fahrzeug)
f. Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten	<ul style="list-style-type: none"> • Split Pendler/Geschäftsreisende/Freizeitreisende und Güter (aus Schritt d.) • Berechnung der Kosten mit den jeweiligen Kostensätzen

Figur Z-1: Übersicht über den Ablauf der Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten.

4. Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug

Zeitverluste im privaten Strassenverkehr

Im Kanton Zug entstehen durch Fahrzeitverzögerungen bei erhöhtem Verkehrsaufkommen jährliche **Stau- und Langsamfahrkosten von rund 54 Millionen CHF**. Der Streubereich der Schätzungen liegt bei ca. +/- 30%. Die Fahrzeitverzögerungen summieren sich zu einem **Total von knapp 1.2 Millionen Staustunden pro Jahr**. Pro Tag

bedeutet dies eine Gesamtverzögerung (Summe der Zeitverluste aller privater StrassenverkehrsteilnehmerInnen) von rund 3'30 Stunden. Die Zeitverzögerungen des Güter- und des Geschäftsverkehrs stellen dabei effektive monetär fließende Kosten dar, die Kosten der Fahrzeitverzögerungen des Pendler- und des Freizeitverkehrs sind nicht monetär und werden von den jeweiligen VerkehrsteilnehmerInnen in Form von Zeitverlust selber erlitten aber nicht monetär bezahlt.

Beinahe die Hälfte dieser Kosten fällt beim Geschäftsverkehr an, obwohl lediglich 20% der VerkehrsteilnehmerInnen Geschäftsreisende sind. Die Pendler weisen mit gut 16 Millionen CHF die zweithöchsten Stau- und Langsamfahrkosten auf. Am geringsten sind die Stau- und Langsamfahrkosten beim Freizeitverkehr. Der Vergleich der Stau- und Langsamfahrkosten im Personen- und Güterverkehr zeigt die viel grössere Bedeutung des Personenverkehrs. Der Anteil des Güterverkehrs ist mit 13% im Vergleich zu seinem Anteil an den Frequenzen (gut 6%) deutlich überproportional, weil die Stundensätze beim Güterverkehr höher liegen als beim Personenverkehr.

Der grösste Teil der Stau- und Langsamfahrkosten fällt werktags an. Ein durchschnittlicher Werktag weist ca. doppelt so hohe Stau- und Langsamfahrkosten wie ein Samstag auf. Der Sonntag macht ca. 30% eines durchschnittlichen Werktages aus.

Figur Z-2 zeigt die Kosten für die einzelnen Relationen. Am kritischsten sind die Abschnitte

Bärenplatz –Steinhauserstrasse (Zug)

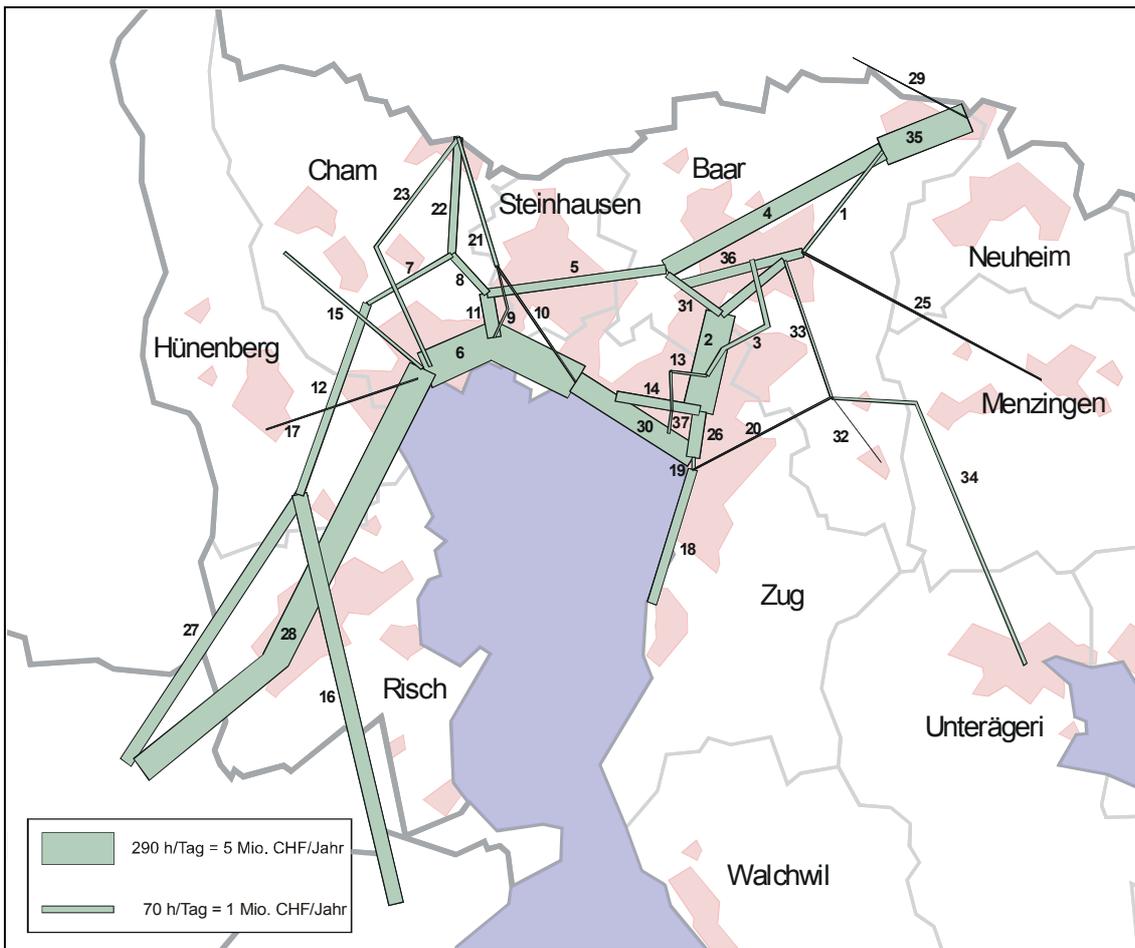
Baarerstr. –Südstrasse

Walterswil-Sihlbrugg

Root-Bärenplatz

Steinhauserstr.-Postplatz

Diese fünf Abschnitte zusammen machen etwa 44% der gesamten ausgewiesenen Stau- und Langsamfahrkosten aus. Dies führt zu Abnahmen der mittleren Fahrtgeschwindigkeit zwischen Peak- und Off-Peakzeiten von 10 bis 25 km/h.



Nr.	Abschnitt	Nr.	Abschnitt	Nr.	Abschnitt
1	Ägeristr–Walterswil	14	Gubelstr–Chamerstr	27	Root–Holzhäusern
2	Baarerstr–Südstr	15	Hagendorn–Krzg. Zuger-	28	Root–Bärenplatz
3	Baar–Göblistrasse	16	Holzhäusern Küssnacht	29	Sihlbrugg–Ebertswil
4	Baar–Walterswil	17	Hünenberg–Rabenplatz	30	Steinhauserstrasse–Postplatz
5	Baar–Zug Autobahn	18	Kolinplatz–Oberwil	31	Südstrasse–Weststrasse
6	Bärenplatz–	19	Kolinplatz–Postplatz	32	Talacher–Allenwinden
7	Blegi–Cham	20	Kolinplatz–Talacher	33	Talacher–Langgasse
8	Blegi–Zug Autobahn	21	Kr. Schwerverkehr–Krz.	34	Unterägeri–Talacher
9	Chamerstr–Grindel	22	Kreuzung Bibersee–	35	Walterswil–Sihlbrugg
10	Grindel–Chamerstr.	23	Kreuzung Bibersee–	36	Weststrasse–Ägeristrasse
11	Chamerstr–Zug Autobahn	24	Langgasse–Südstrasse	37	Gubelstrasse–Chamerstrasse
12	Cham–Holzhäusern	25	Menzingen–Sihlbruggstrasse		
13	Göblistr–Gubelstrasse	26	Postplatz–Gubelstrasse		

Figur Z-2: Übersicht über die Zeitverluste in den einzelnen Korridoren (Vergleich Peak-Offpeak, Zeitpunkt 2000).

Sekundäre Staukosten

Neben den Fahrzeitverlusten verursacht der Stau auch weitere Kosten, sogenannte sekundäre Staukosten. Diese sind allerdings im Vergleich zu den Zeitverlusten relativ bescheiden. Die staubedingten zusätzlichen Betriebskosten (v.a. infolge des höheren spezifischen Treibstoffverbrauchs) belaufen sich auf ca. 1.6 Mio. Franken pro Jahr oder 3% der Zeitkosten. Die staubedingten Umweltkosten (v.a. zusätzliche Luftverschmutzung) machen ca. 0.8 Mio. Franken aus. Die staubedingten Unfallkosten liegen gemäss einer Grobschätzung zwischen 2 und 4 Mio. Franken.

Zeitverluste im öffentlichen Verkehr

Auch der **öffentliche Verkehr** erleidet Fahrzeitverluste aufgrund von Stausituationen. Dies ist insbesondere auf den Einfallskorridoren in Richtung Zug der Fall. Oft müssen deswegen zusätzliche Fahrzeuge eingesetzt werden. Insgesamt ergeben sich dadurch – auf Basis von Informationen der Zuger Verkehrsbetriebe – Stau- und Langsamfahrkosten von 2.7 Mio. Franken pro Jahr. Diese Grössenordnung muss aber im Vergleich zu den Kosten im privaten Strassenverkehr als Untergrenze betrachtet werden, weil Fahrzeitverluste im öffentlichen Verkehr oft direkt im Fahrplan berücksichtigt werden.

5. Folgerungen

Vergleich mit bisherigen Schätzungen

Das Niveau der Stau- und Langsamfahrkosten ist im Vergleich zu den bisher ermittelten Werten für die Schweiz relativ hoch. Dies liegt weniger an einer besonderen Situation im Kanton Zug, sondern am Berechnungskonzept. Mit der Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten ist in der Schweiz Neuland betreten worden, indem mit eigenständigen repräsentativen Erhebungen die Fahrzeiten in verschiedenen Situationen gemessen worden sind. Es gibt für die Schweiz keine andere Schätzung, die bis anhin derart detaillierte Ergebnisse geliefert hat.

Berücksichtigt man nur diejenigen Situationen, in denen effektiv stehende Kolonnen und Verkehrszusammenbrüche entstehen, können die Ergebnisse mit der ASTRA-Staustatistik verglichen werden. Gemäss unseren Berechnungen ergibt sich eine Grössenordnung von **3.6 Mio. Franken für Autobahnstaus im Kanton Zug**. Insgesamt resultieren aber auf Autobahnen (Vergleich Peak-Off-Peak) Fahrzeitverzögerungen in

der Grössenordnung von 17.3 Mio. Franken. Dies zeigt deutlich, dass unsere Definition von Stau deutlich weiter gefasst ist und alle Fahrtzeitverzögerungen berücksichtigt.

Ineffizienzen in der Verkehrsabwicklung

Die in dieser Studie ermittelten **Stau- und Langsamfahrkosten** zeigen auf, dass die Kapazitätsverhältnisse im Verkehr knapp sind. Zusätzliche kapazitätsbeschränkende Massnahmen würden diese Kosten weiter erhöhen. Ist es nun deswegen angezeigt, zusätzliche Infrastruktur (z.B. Strassen) zu bauen? Ja und nein: Erst wenn die Zusatzkosten der Infrastruktur mit den gesparten Stau- und Langsamfahrkosten verglichen werden, lässt sich Konkretes dazu zu sagen: Aus ökonomischer Sicht gilt: Wenn die Strassenbaukosten geringer sind als die eingesparten Stau- und Langsamfahrkosten, dann lohnt sich ein Ausbau.¹ Ansonsten existieren zwar Stau- und Langsamfahrkosten; sie sind aber nicht als Ineffizienz des Strassenverkehrs zu betrachten, sondern als Folge von dichtem Verkehr im stadtnahen Gebiet.

Nehmen wir als Beispiel den zur Diskussion stehenden Autobahnanschluss in Baar. Gemäss unseren Berechnungen entstehen im Raum Cham jährliche Stau- und Langsamfahrkosten von ca. 10 Mio. Franken. Wenn also ein Verkehrsprojekt dazu führen würde, dass diese Fahrtzeitverzögerungen gänzlich verschwinden, kann diesem Projekt ein Nutzen von 10 Mio. Franken gutgeschrieben werden. Dieser (und auch weitere Nutzen) sind nun mit den entsprechenden Ausbaukosten zu vergleichen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Stadtbahn Zug (allenfalls auch die Fertigstellung der A4) bereits einen Teil dieser Nutzen vorweg nimmt.

Wie entwickelt sich die Situation in **Zukunft**? Zu erwarten ist, dass mit dem zusätzlichen Verkehrsvolumen vor allem die Stau- und Langsamfahrkosten zunehmen, dass auch – bei gravierenden – Kapazitätsengpässen die Stau- und Langsamfahrkosten pro Fahrt zunehmen, solange die Verkehrsinfrastruktur nicht ausgebaut wird. In Zukunft ist also der Nutzen einer Infrastrukturinvestition höher als heute, weil zusätzliche Zeitkosten vermieden werden können. Dies gilt aber sowohl für Strassenbau- wie auch für Investitionen in den öffentlichen Verkehr.

Verkehrspolitische Folgerungen

1 In einer solchen Kosten-Nutzen-Analyse müssen aber auch weitere Effekte berücksichtigt werden (z.B. Sicherheit und Umweltprobleme)

Ein unmittelbarer verkehrspolitischer Handlungsbedarf lässt sich aus den Resultaten nicht ableiten, vielmehr dienen die Informationen als Grundlage. Die Informationen über die Stau- und Langsamfahrkosten dienen als Grundlage für die zukünftige Verkehrsplanung, am besten für Zweckmässigkeits- oder Wirtschaftlichkeitsanalysen von Verkehrsinfrastrukturprojekten. Ein gutes Beispiel dafür ist das Projekt „Stadtbahn Zug“. Obwohl ein ÖV-Projekt, trägt es dazu bei, die Stau- und Langsamfahrkosten im Strassenverkehr (vor allem auf den hochbelasteten Korridoren Cham bzw. Baar–Zug) zu reduzieren, indem ein Teil des heutigen Verkehrs, vor allem aber das zukünftige Verkehrswachstum auf die Stadtbahn umgelagert werden kann. Die Informationen über die Zeitverluste auf diesem Korridor (als Teilprodukt der vorliegenden Studie) können entsprechend als Indikator für mögliche Nutzen der Stadtbahn verwendet werden. Dies wurde in der vom Amt für öffentlichen Verkehr erstellten Wirtschaftlichkeitsstudie (INFRAS 1999) effektiv auch gemacht.

Die Gesamtkosten liefern interessante und einfach kommunizierbare Grössenordnungen über die Kostenfolgen des Verkehrs. Die disaggregierten Werte (auf Korridorebene) sind aber letztlich für die Verkehrsplanung und Verkehrspolitik viel interessanter und können für die zukünftige Evaluation von Infrastrukturprojekten sinnvoll eingesetzt werden. Der Kanton Zug hat mit der detaillierten Erhebung der Stau- und Langsamfahrkosten auf verschiedenen Korridoren eine wichtige Wissenslücke geschlossen und gleichzeitig schweizerische Pionierarbeit geleistet.

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Die Baudirektion des Kantons Zug hat im Rahmen der mittel- und längerfristigen Verkehrsplanung verschiedene Stossrichtungen zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur im Rahmen eines Gesamtverkehrskonzeptes erarbeitet. Es handelt sich dabei um Planungsszenarien, die sowohl die Infrastrukturvorhaben des öffentlichen als auch diejenige des privaten Verkehrs enthalten.

Für die Evaluation von Projekten in diesem Bereich sind umfassende Grundlagen notwendig, welche die heutige Situation aus verkehrlicher und ökonomischer Sicht beschreiben. Die Kenntnis über die Kosten des Verkehrs spielen in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle, da sie es erlauben, auch nicht-monetäre Aspekte im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen einzubeziehen. Eine besondere Rolle spielen dabei die Stau- und Langsamfahrkosten, d.h. die durch Stau verursachten Zeitverluste des Verkehrs. Auf Bundesebene sind dazu verschiedene Grundlagen erarbeitet worden (vgl. z.B. INFRAS 1998, INFRAS/Econcept/Prognos 1996, ECOPLAN 1992, INFRAS 1992).

Die Baudirektion des Kantons Zug möchte eine Übersicht über die Stau- und Langsamfahrkosten im Kantonsgebiet, als Darstellung des heutigen Verkehrssystems aus ökonomischer Sicht einerseits und als Grundlage für die Evaluation der Planungen andererseits. Dazu soll folgende Kostenkomponente analysiert und berechnet werden:

- Stau- und Langsamfahrkosten, ausgedrückt als zusätzliche Zeitkosten für die StrassenbenützerInnen aufgrund von Kapazitätsengpässen. Diese Kosten stehen im Zentrum der Betrachtung, da sie für die Evaluation von zukünftigen Ausbauprojekten eine grosse Bedeutung aufweisen.

Die Schätzung soll folgende Dimensionen berücksichtigen:

- Strasse: PW, LKW, Bus
- Aktueller Zustand (1998/2000).

Die Schätzungen sollen zu folgendem Resultat führen:

- Stau- und Langsamfahrkosten zum heutigen Zeitpunkt unterteilt nach Verkehrsmitteln. Die Ergebnisse werden nach wichtigen Korridoren differenziert.

- Schätzungen über die Trend-Entwicklung in Zukunft (grobquantitativ), ohne Berücksichtigung von neuen Infrastrukturprojekten.
- Interpretation der Ergebnisse und Verwendung der Ergebnisse für die zukünftige Verkehrsplanung. Eine fundierte Übersicht über die Stau- und Langsamfahrkosten, erlaubt es, zukünftige Veränderungen durch neue Projekte besser abzubilden.

2. Methodik und Annahmen

2.1. Definition von Stau

Stau ist ein komplexes Phänomen. Deshalb ist es ausserordentlich wichtig, bei der Quantifizierung von Stau- und Langsamfahrkosten klare Definitionen festzulegen.

Die Suche nach einer Definition des Begriffes „Stau“ führt zu zwei Betrachtungsweisen, nämlich zu einer verkehrstechnischen und einer volkswirtschaftlichen. Verkehrstechnisch gesehen treten Staus dann auf, wenn auf einem bestimmten Strassenabschnitt so viele Fahrzeuge verkehren, dass der Abschnitt nicht mehr mit akzeptabler Fahrqualität befahren werden kann, wobei diese Definition interpretationsbedürftig ist: Abgeleitet von der Zustandsgleichung des Verkehrsstromes (Verkehrsmenge $q =$ Verkehrsdichte $k \cdot$ Fahrgeschwindigkeit v) können verschiedene „levels of service“ oder Qualitätszustände des Verkehrsablaufs festgelegt werden (vgl. INFRAS 1998). Diese Qualitätsgrade reichen vom „freien Verkehrsfluss“ bis hin zum eigentlichen Zusammenbruch des Verkehrssystems. Die exakten Zahlenwerte (v , k und q) sind hier nicht von Bedeutung, interessant ist lediglich die Tatsache, dass es einen Zustand gibt, in dem die Verkehrsmenge so gross ist, dass Hindernisse regelmässig zu Verzögerungen führen.

Aus volkswirtschaftlicher Sichtweise gelten als Stau „Verspätungen..., die einem Fahrzeug durch andere Fahrzeuge aufgezwungen werden“ (Thomson 1978). Nebst anderen Auswirkungen führen Staus bei den VerkehrsteilnehmerInnen zu Zeitverlusten, welche mittels geeigneten Kostensätzen in Geldbeträge umgerechnet werden können.

Das vorliegende Projekt bedient sich nun einer Kombination dieser beiden Betrachtungsweisen, indem die Zeitverzögerungen empirisch erfasst werden und anschliessend die individuellen Zeiteinbussen in die entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten umgerechnet werden. Als staubedingte Zeitverluste gelten dabei alle Fahrzeitverzögerungen gegenüber einer festgelegten Zeitschwelle (siehe nächsten Abschnitt). Unter „Stau“ versteht man demnach nicht bloss stockenden oder stehenden Kolonnenverkehr, sondern jeden (noch so kleinen) Zeitverlust im Vergleich zu einem Referenzzustand „ohne Stau“ (Referenzfahrzeit = Stauschwelle), der durch erhöhtes Verkehrsaufkommen verursacht wird.

Definition ‚Stauschwelle‘ und ‚Stau‘:

Es gibt keine sauberen und einheitlichen Kriterien für ‚Stau‘ bzw. ‚Verkehrszusammenbruch‘. In diesem Projekt definieren wir als *Stauschwelle* die durchschnittliche Fahrzeit, welche man in den Off-Peak-Zeiten (Vormittag, Nachmittag und Teil der Wochenendstunden) braucht, um einen Abschnitt zu durchfahren. *Stau* wird definiert als Differenz zwischen den Fahrzeiten in den Peak-Zeitfenstern (Morgen, Mittag, Abend) und dieser Stauschwelle. Wer auf einem Abschnitt eine längere Fahrtzeit aufweist als die Stauschwelle, erfährt eine Fahrzeitverzögerung und hat somit Stau- und Langsamfahrkosten. Dies ist eine pragmatische Betrachtungsweise, erlaubt aber ein transparentes Erhebungsdesign und entspricht der Logik der Verkehrsmodellierung (Unterscheidung zwischen Spitzenstundenverkehr und Tagesverkehr).²

2.2. Definition der Stau- und Langsamfahrkosten

a) Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Die Auswirkungen von Stau können folgendermassen gegliedert werden:

- Die VerkehrsbenützerInnen müssen Zeitverluste in Kauf nehmen. Diese können monetär bewertet werden und sind je nach Verkehrszweck unterschiedlich hoch. Am bedeutendsten sind die Zeitverluste im Geschäftsverkehr und im professionellen Verkehr, weil der Chauffeur zu einem marktkonformen Stundensatz eingesetzt werden muss.
- Die ‚Stop- and Go‘-Fahrten führen zu einem erhöhten Treibstoffverbrauch und zu höheren Emissionen. Erstere sind direkte Kosten für die VerkehrsbenützerInnen und können ebenfalls monetär bewertet werden. Letztere sind nur sehr grob ermittelbar.

2 Als Alternative hätte man auch die kürzeste Fahrzeit oder die signalisierte Höchstgeschwindigkeit als Stauschwellen verwenden können. Dies scheint jedoch als Referenzwert wenig geeignet zu sein, kann es doch auch bei einem geringeren Verkehrsvolumen aus verschiedenen Gründen zu unterschiedlichen Fahrzeiten kommen (Rotlichtwelle, Witterung, individuelles Fahrverhalten bei freier Strecke, etc.). Deshalb gehen wir davon aus, dass es in den Off-Peak-Zeiten gar keine Fahrzeitverzögerungen entstehen, welche durch das Verkehrsvolumen bzw. die Strassenkapazität bedingt sind. Eine weitere Alternative bestünde darin, nur die stehenden Staus (Verkehrskollaps) als Stau anzusehen, sowie dies das ASTRA (Bundesamt für Strassen) definiert. Wir werden dazu Vergleichsrechnungen präsentieren.

In der vorliegenden Studie sind diese beiden Effekte (mit Hilfe der empirischen Erhebung und national und international abgestützten Annahmen) detailliert pro Korridor berechnet worden. Oft werden aber noch weitere Effekte diskutiert:

- Umwegfahrten: AutofahrerInnen antizipieren den Stau und benützen von Anfang an eine staufreie, dafür längere Route zu ihrem Ziel. Sie nehmen damit freiwillig Zeitverluste in Kauf. Dieser Effekt wäre nur mit einer detaillierten Befragung erfassbar. Er wird in dieser Studie vernachlässigt.
- Folgewirkungen von Stau: Wenn vor allem im professionellen Verkehr Verspätungen infolge Staus eintreten, kann dies zu Folgekosten (bei den Transporteuren und/oder bei den Kunden) führen. Transporteure müssen im Extremfall zusätzliche Fahrzeuge einsetzen oder Reklamationen (oder gar Preisnachlässe) bei den Kunden in Kauf nehmen. Auch diese Effekte sind äusserst schwierig zu ermitteln und werden hier ebenfalls vernachlässigt.³

b) Öffentlicher Verkehr

Der öffentliche Verkehr ist fahrplangebunden. Im Kanton Zug betrachten wir nur den Busverkehr, der infolge Stau (vor allem auf den Haupteinfallachsen) trotz Busspuren stecken bleibt und so Verspätungen erleidet. Oft werden diese Verspätungen durch zusätzliche Fahrzeuge antizipiert, deren Anschaffungskosten quantifiziert werden können. Die Stau- und Langsamfahrkosten setzen sich demnach zusammen aus diesen zusätzlichen Fahrzeugkosten sowie aus den festgehaltenen Verspätungen im Vergleich zum Fahrplan. Beide lassen sich für die Region Zug grob ermitteln. Zusätzlich können auch Anschlussverspätungen entstehen, wenn der öffentliche Busverkehr ein Teil einer Transportkette darstellt. Zeitverluste infolge verpasster Anschlüsse (z.B. Zug) sind schwierig quantifizierbar und werden hier nicht berücksichtigt.

³ In einer mittelgrossen Agglomeration wie Zug lässt sich diese Annahme vertreten. Es ist zu erwarten, dass marginale Verspätungen nicht ins Gewicht fallen.

2.3. Die wichtigsten Annahmen auf einen Blick

Folgende Aufstellung gibt eine Übersicht über die in der Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten getroffenen Annahmen und die verwendeten Datenquellen:

Verwendete Datengrundlagen 2000	<ul style="list-style-type: none"> - Daten eigener Staufahrten vom November 2000 - Verkehrszählungsdaten für Autobahn, Kantons- und Gemeindestrassen im Kanton Zug (Tagesganglinien). - Daten zum Split des Verkehrs in Personen- und Güterverkehr je Abschnitt aus dem Kantonalen Verkehrsmodell Zug
Annahmen für die Hochrechnung	Erfassung der Fahrzeitverzögerungen mit Testfahrern des TCS im Monat November 2000. Hochrechnung auf die übrigen Monate und aufs Jahr, auf Basis einer Jahresganglinie gemäss der aktuellsten, erhältlichen Schweizer Norm 640'005, Typ Fern- und Regionalverkehr (Vereinigung Schweizer Strassenfachleute 1990).
Annahmen über den Besetzungsgrad :	Belegungsgrad der Personenwagen von 1.2 Personen unterstellt. Basiert auf den Mikrozensus-Daten (BFS 1996). In den Peak-Zeiten liegt dieser Belegungsgrad (mit viel Pendlerverkehr) demnach tiefer als der Gesamtdurchschnitt (1.4 Personen/Fahrzeug).
Aufteilung zwischen Personen- und Güterverkehr :	Gemäss Angaben aus dem Kantonalen Verkehrsmodell Zug zu jedem einzelnen Abschnitt. Als Güterverkehr gilt hier der Lastwagenverkehr.
Fahrtzweckaufteilung innerhalb Personenverkehr :	Aufteilung in Pendler-, Freizeit-, und Geschäftsverkehr gemäss Expertenmeinung unter Einbezug der Informationen aus dem Mikrozensus (BFS 1996) und der ASTRA-Staukostenstudie 1998.
Zeitkostensätze :	Angaben aus der ASTRA-Staukostenstudie 1998, Stundensätze angepasst an die Lohnentwicklung gemäss den Angaben des Bundesamtes für Statistik (BFS) zu den Bruttostundenlöhnen. Die Stundensätze in der ASTRA-Studie basieren auf einer breit angelegten Analyse der international zu diesem Thema verfügbaren Studien.
Streubreiten :	Für die Berechnung von Streubreiten führen wir einerseits Sensitivitätsanalysen durch, welche für zeigen, wie sensibel das Schlussresultat auf die oben genannten Annahmen reagiert. Andererseits wird für das Gesamtergebn ein Vertrauensintervall ausgewiesen.

3. Vorgehen

3.1. Empirische Erhebung zur Ermittlung der Verspätungen

Zur Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten sind wir auf ein detailliertes Mengengerüst über die Fahrzeiten und Fahrzeitverzögerungen im Kanton Zug angewiesen. Da keine in dieser Masse detaillierten und aktuellen Daten vorhanden waren, ging es zunächst darum, eine eigene Primärerhebung durchzuführen.

3.1.1. Festlegung Erhebungszeitpunkt

Die Staufahrten zur Erhebung der Fahrzeiten auf verschiedenen Korridoren fanden im November 2000 statt. Dies deshalb, weil die Messungen optimalerweise in einem Monat durchgeführt werden, in dem keine Schulferien sind und der auch sonst für Ferien weniger attraktiv ist, damit man eine möglichst alltägliche Belastungssituation erfassen kann. Zudem sollten im gewählten Monat keine grossen Bauarbeiten stattfinden. Dies macht den März und den November zu günstigen Monaten für empirische Arbeiten im Strassenverkehrsbereich. Weil im Kanton Zug im Herbst und Frühwinter zudem noch ein beträchtlicher Teil der Verkehrszählungen durchgeführt wird, die bei der Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten ebenfalls eine wichtige Rolle spielen, fiel die Wahl auf den November 2000. Im Zeitfenster der Erhebung lag Allerheiligen; an diesem Feiertag wurden keine Fahrzeiterhebungen durchgeführt, weil die Verkehrssituation an Feiertagen atypisch ist.

3.1.2. Festlegung Korridore

Basierend auf Expertenmeinungen (in enger Zusammenarbeit mit dem Amt für Raumplanung Zug) haben wir alle stausensiblen Strecken definiert und daraufhin die Korridore festgelegt, so dass sämtliche stausensiblen Strecken abgedeckt sind. Dieses Vorgehen garantiert weitgehend, dass sämtliche relevanten Fahrzeitverzögerungen im Kanton erfasst werden.

3.1.3. Codierung

Nach der Festlegung der Korridore wurde jeder der 12 Korridore⁴ in einzelne Abschnitte unterteilt. Diese Abschnitte stellen für Fahrzeiterhebungen die Etappen für die Zwischenzeiten bei den Fahrzeitmessungen dar. Jedem dieser Abschnitte wurde ein Code zugeteilt (Hinweg und Retourweg auf dem selben Abschnitt ergibt zwei Abschnittscodes). Dies war die Voraussetzung um die Auswertungen der Stau- und Langsamfahrkosten abschnittsweise und richtungsgetrennt detailliert vornehmen zu können. Insgesamt kommen 70 Abschnitte zur Auswertung.

3.1.4. Fahrtenorganisation und Erhebungsblatt

Für die Personen, welche die Erhebung der Fahrzeiten auf den 12 Korridoren durchführten, haben wir 2 Datenblatttypen erstellt (siehe Anhang 1). Zum einen das Fahrtenorganisationsblatt, das sicherstellen soll, dass an allen geplanten Wochentagen und in allen definierten Zeitfenstern die benötigten Fahrten durchgeführt werden. Das Erhebungsblatt listete für jede(n) StaufahrerIn die einzelnen Abschnitte des zugeteilten Korridors auf und stellte den Raster für die Fahrzeiteintragungen dar.

3.1.5. Mitarbeit TCS

Der Vorstand der Sektion Zug des TCS hatte sich bereit erklärt, in seinem Publikationsorgan ein Inserat zur Suche von freiwilligen StaufahrerInnen in den Reihen des TCS zu starten. Insgesamt haben sich 23 Personen bereit erklärt, im November 2000 die Fahrzeiterhebungen durchzuführen. Auf jedem Korridor kamen 2 StaufahrerInnen zum Einsatz, damit die einzelnen Messdaten auch plausibilisiert, bzw. die Auswirkungen von Sondersituationen (z.B. langsame Landwirtschaftsfahrzeuge auf der Strasse) analysiert werden konnten. Insgesamt haben die 23 TestfahrerInnen durchschnittlich gut 400 km zurückgelegt.

3.1.6. Datenrücklauf und Qualität

Der Datenrücklauf war sehr gut. Lediglich eine Person hat überhaupt keine Daten abgeliefert, alle anderen haben die vereinbarten Fahrten korrekt und engagiert durchgeführt. Wir haben die Daten danach sorgfältig auf Konsistenz überprüft. Nur rund 3% der Daten konnten wir aus verschiedensten Gründen nicht weiterverwenden, z.B. wegen temporärer

⁴ Auflistung der 12 Korridore siehe Anhang 2

Baustelle, wegen Langsamtransporten oder wegen Messfehlern. Die Messdaten der StaufahrerInnen sind von guter Qualität. Ebenfalls gut war der Rücklauf von Meldungen über Sondereffekte, welche die einzelnen Fahrzeiten beeinflussten. Diese Informationen waren für die Datenvalidierung wichtig. Als zusätzliche Qualitätskontrolle ist eine Person vom Amt für Raumplanung stichprobenmässig einige Strecken abgefahren. Der Vergleich dieser Kontrollfahrzeiten mit den Ergebnissen der einzelnen StaufahrerInnen hat gezeigt, dass die Daten der StaufahrerInnen des TCS unverzerrt sind.

3.2. Hochrechnung der Rohdaten

3.2.1. Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten je Abschnitt

a) Übersicht

Die Auswertung wurde für jeden Abschnitt nach folgenden Arbeitsschritten vorgenommen (detailliertes Abschnittsblatt, mit Referenz zu den untenstehenden Arbeitsschritten, siehe Anhang 3):

Arbeitsschritt	Beschreibung/Teilschritte
g. Grundlagedaten für den Abschnitt	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Angaben (Start- bzw. Endpunkt, Länge, Fahrtrichtung, etc.) • StaufahrerInnen-Daten für Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag, Samstag, Sonntag
h. Berechnung der Off-Peak-Fahrzeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnung der Mittelwerte aller Off-Peak-Fahrzeiten (Stauschwelle) • Plausibilitätskontrolle mit Hilfe der mittleren Fahrgeschwindigkeit • Fahrzeitverzögerung relativ zur Stauschwelle (siehe Schritt b.)
i. Berechnung der Fahrzeug-Stauzeit	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegen der Off-Peak-/Peak-Tageszeiten unter Einbezug der Tagesganglinie der Verkehrszählung (Erläuterungen siehe unten) • Schätzung der Faktors zur Hochrechnung der Mittagsspitze (keine Messungen in den Mittagsstunden), basierend auf den Daten der Abendspitze. • Multiplikation der Stauzeit mit dem Verkehrsaufkommen in den Spitzenzeiten
j. Split: Personen-/Güterverkehr (P/G)	<ul style="list-style-type: none"> • Kantonaues Verkehrsmodell Zug liefert die Anteile Personen/Güterverkehr
k. Hochrechnungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochrechnung der November-Messungen auf das Jahr 2000 mittels standardisierter Jahresganglinie VSS (siehe Anhang) • Umrechnung Fahrzeug-Stunden in Personen-Stunden mittels Belegungszahl (= 1.2 P/Fahrzeug)
l. Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten	<ul style="list-style-type: none"> • Split Pendler/Geschäftsreisende/Freizeitreisende und Güter (aus Schritt d.) • Berechnung der Kosten mit den jeweiligen Kostensätzen

Figur 1: Übersicht über den Ablauf der Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten.

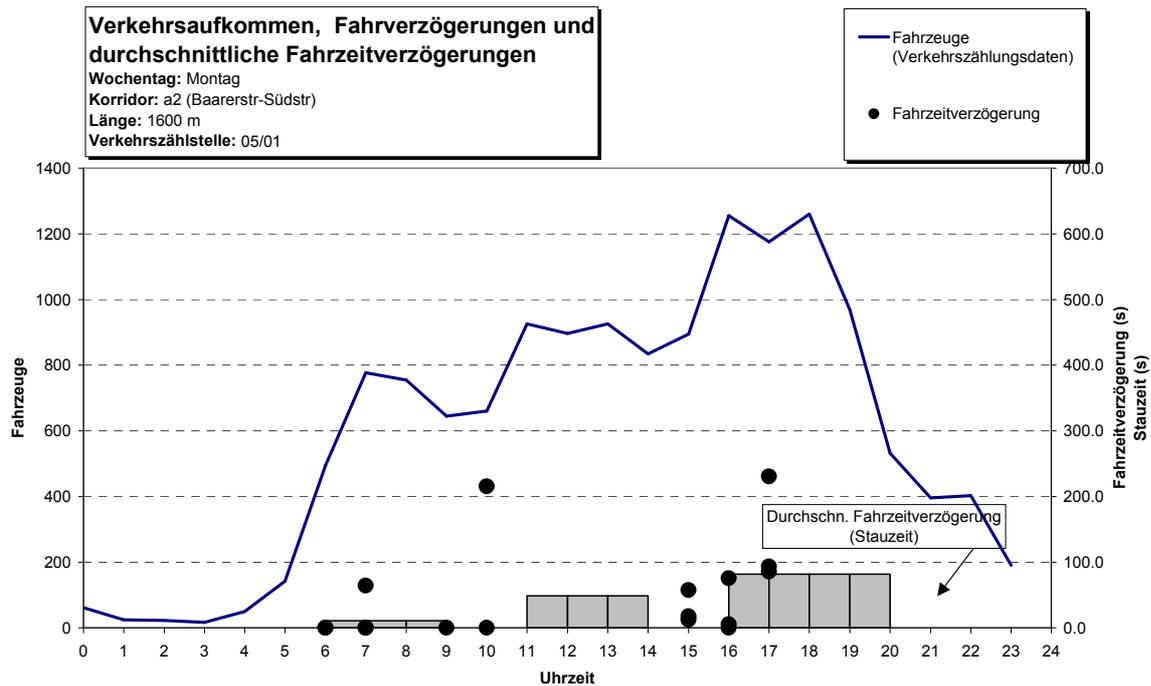
b) Auswertungsbeispiel

Die Auswertung soll kurz am Beispiel des Abschnitts Südstrasse-Baarerstrasse (b2) erläutert werden. Für jeden Abschnitt werden die verfügbaren Informationen grafisch aufbereitet (siehe Figur 2). Grundsätzlich sind die Off-Peak und Peak-Zeiten laut Datenerhebungsdesign vorgegeben (Spitzen von 6-8 Uhr, 11-14 Uhr und 16-19 Uhr). Im vorliegenden Beispiel stimmen diese Zeiten in etwa mit dem Verkehrsaufkommen überein, gewisse Anpassungen drängen sich jedoch auf. So muss die Morgenspitze bis 9 Uhr ausgedehnt und die Mittags- bzw. die Abendspitze um eine (erst ab 12 Uhr), respektive zwei Stunden (nur bis 18 Uhr) gekürzt werden. Je nach Ganglinie der Verkehrszählungsdaten wurden die Peak-/Off-Peak Zeiten auch tiefgreifender verändert, teilweise fiel die Mittagsspitze ganz weg und an Wochenenden mussten meist komplett andere Spitzenzeiten postuliert werden.

Die Messwerte, die in die Berechnung der Stauschwelle eingehen, sind ebenfalls aus der Grafik ersichtlich (z.B. vier Werte für den Morgen-Off-Peak zwischen 9–11 Uhr). Aus Überlegungen der Zumutbarkeit für die freiwilligen Testfahrer, wurde auf Fahrten in den Mittagsstunden verzichtet. Die Zeitverluste wurden daher mit einem Faktor von der Abendspitze heruntergerechnet, im untenstehenden Beispiel wurde dieser Faktor auf 0.6 geschätzt⁵. Dieser Faktor wurde entsprechend den unterschiedlichen Tagesganglinien für jeden Tag und Abschnitt neu festgelegt, um die unterschiedlichen Verkehrssituationen über Mittag möglichst gut abzubilden. Die grauen Balken repräsentieren die Stauzeit, ihre Summe ergibt für jeden Tag die auf dem Abschnitt verlorenen Fahrzeug-Stunden.

Eine analoge Auswertung fand jeweils für Montag, Dienstag bis Donnerstag, Freitag, Samstag und Sonntag statt.

5 Unterstellung einer überproportionalen Abnahme auf Grund der Staukostendynamik. Bei einer Zunahme des Verkehrsvolumens nehmen die Fahrzeitverzögerungen überproportional zu und umgekehrt.



Figur 2: Beispiel Abschnitt Südstrasse–Baarerstrasse (b2): Grafische Auswertung der Staudaten.

Dieser Ablauf stellt eine konsistente und vergleichbare Auswertung sicher, auch bei mehreren Bearbeitern. Die transparente Entwicklung des Resultats lässt auch spätere Überarbeitungen und Analysen der Teilresultate zu.

3.2.2. Hochrechnung der Stauzeiten auf das Jahr 2000

Die Fahrzeiterhebung durch die StaufahrerInnen entspricht einer Stichprobe, welche im November 2000 erhoben wurde. Als zweite Datengrundlage in den Berechnungen treten die Verkehrszählungen durch kantonale bzw. nationale Zählstellen auf, welche grossmehrheitlich in verschiedenen Wochen des Jahres 2000 durchgeführt wurden. Bei der Hochrechnung der monatlichen Zeitverluste wurde der Monat der zugehörigen Verkehrszählung berücksichtigt und mit dem Faktor aus einer normierten Jahresganglinie (Schweizer Norm Nr. 640'005, VSS) aufs Jahr hochgerechnet. Folgende Rechnung am Beispiel des Abschnitts b2 (Südstrasse-Baarerstrasse), illustriert das Vorgehen:

Verlorene Fahrzeug-Stunden (Personenverkehr) im November 2000, (Zwischenresultat nach Arbeitsschritt c., siehe Figur 1) : 1888 Fz-h

Verkehrszählung stammt aus Monat April; Faktor (nach VSS-Norm) : 1.06

Verlorene Fahrzeug-Std. im Jahr 2000 (Personenverkehr) :

$$1888 \text{ Fz-h} / 1.06 * 12 = \underline{21'373 \text{ Fz-h}}$$

Die Ergebnisse dieser Rechnungen sind im Anhang 3 aufgeführt.

Der grösste Teil der Verkehrszählungsdaten stammt aus dem Jahr 2000. In Einzelfällen sind Verkehrszählungsdaten aus früheren Jahren beigezogen wurden (z.B. Verkehrszählungsstelle 01/962, Daten von 1998).

3.3. Ermittlung der Stau- und Langsamfahrkosten

Aus den verlorenen Fahrzeug- bzw. Personen-Stunden können nun die Stau- und Langsamfahrkosten berechnet werden. Im Folgenden wird das Wertgerüst zu diesen Annahmen aufgeführt.

3.3.1. Fahrzweck-Aufteilung

Die Zusammensetzung der VerkehrsteilnehmerInnenInnen bezüglich ihrem Reisezweck ist vom Wochentag abhängig (siehe Tabelle 1). Während werktags die Pendler rund die Hälfte des Strassenverkehrs ausmachen, verschiebt sich die Gewichtung am Samstag zu den Freizeitreisenden. Am Sonntag können Pendler und Geschäftreisende ganz vernachlässigt werden. Die gewählte Fahrzweckaufteilung bezieht sich auf die Situation in den Stosszeiten (Peak-Zeiten).

	Montag–Freitag	Samstag	Sonntag
Pendler	50%	25%	0%
Geschäftsreisende	20%	5%	0%
Freizeitreisende	30%	70%	100%
Total	100%	100%	100%

Tabelle 1: Fahrzweck-Aufteilung Personenverkehr, differenziert nach Wochentagen.

In Bezug auf den Fahrzwecksplitt zwischen Personenverkehr allgemein und dem Güterverkehr schwankt der Anteil des Güterverkehrs auf den meisten Abschnitten um rund 6%, auf den Autobahnen ist er etwas höher und liegt um 8%.

3.3.2. Zeitansätze

Die monetäre Bewertung der Zeit stammt aus der Staukostenstudie für das ASTRA (1998). Die Stundensätze haben wir angepasst an die Lohnentwicklung 1996-2000 gemäss den Angaben des Bundesamtes für Statistik (BFS) zu den Bruttostundenlöhnen. Die Werte sind in Tabelle 2 zusammengefasst:

CHF/Stunde	1996	2000
Geschäftsreisende	100	105
Pendler	25	26
Freizeitreisende	10	11
Güter	100	105

Tabelle 2: Zeitkostenansätze in der vorliegenden Studie aus der ASTRA-Staukostenstudie (1998) und die an die Lohnentwicklung angepassten Sätze für 2000 (CHF).

Zeitverluste durch Staus führen dazu, dass eine Tätigkeit unterbrochen werden oder später begonnen werden kann oder länger dauert. Die Bewertung der Zeitverluste orientiert sich deshalb an der angestrebten Tätigkeit der VerkehrsteilnehmerInnen (Fahrzweck). Entsprechend ergeben sich mehrere Kategorien für die Bewertung. Die Bewertung in Zusammenhang mit Arbeit (Güterverkehr, Geschäftsreiseverkehr, Pendlerverkehr) scheint dabei einfacher, weil in diesem Bereich Zeitbewertungen üblich sind. Etwas schwieriger ist es im Bereich Freizeit. Im Bereich Arbeit verwendet man deshalb eigentliche Stundenlohnsätze, bei der Freizeit steht die Zahlungsbereitschaft im Vordergrund. Zu den einzelnen Bereichen gibt es unterdessen eine Vielzahl empirischer Studien, welche versuchen die Zeitkosten im Verkehrsbereich für verschiedene Fahrzwecke zu bewerten. Die Zeitkostenansätze in der ASTRA-Studie basieren auf einer breit angelegten Analyse dieser international zu diesem Thema verfügbaren Studien.

4. Ergebnisse: Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug

4.1. Zeitverluste

Im Kanton Zug entstehen durch Fahrzeitverzögerungen bei erhöhtem Verkehrsaufkommen **jährliche Stau- und Langsamfahrkosten von rund 54 Millionen CHF**. Die Fahrzeitverzögerungen summieren sich zu einem **Total von knapp 1.2 Millionen Staustunden pro Jahr**. Pro Tag bedeutet dies eine Gesamtverzögerung (Summe der Zeitverluste aller privater StrassenverkehrsteilnehmerInnen) von rund 3'300 Stunden. Die Zeitverzögerungen des Güter- und des Geschäftsverkehrs stellen dabei effektive monetär fließende Kosten dar, die Kosten der Fahrzeitverzögerungen des Pendler- und des Freizeitverkehrs sind nicht monetär und werden von den jeweiligen VerkehrsteilnehmerInnen in Form von Zeitverlust selber erlitten aber nicht monetär bezahlt.

4.1.1. Gesamtkosten nach Fahrzweck und Wochentag

	Pendler	Geschäftsreisende	Freizeit	Total Kosten Personenverkehr	Güterverkehr	Total Kosten
Kosten (Mio. CHF)	16.2	25.3	5.2	46.7	7.1	53.8
Anteile	30%	47%	10%	87%	13%	100%

Tabelle 3: Staubedingte Zeitkosten im Kanton Zug pro Jahr. (Mio. CHF); Basisjahr 2000.

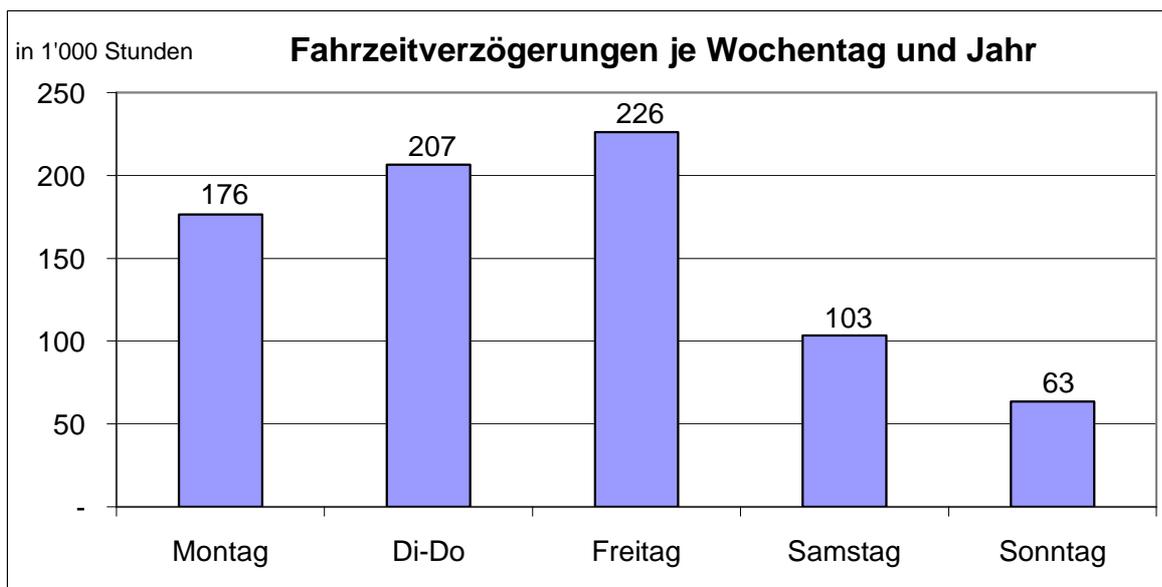
Von den gesamten Stau- und Langsamfahrkosten von rund 54 Millionen CHF fällt beinahe die Hälfte beim Geschäftsverkehr an, obwohl lediglich 20% der VerkehrsteilnehmerInnen Geschäftsreisende sind. Die Pendler weisen mit gut 16 Millionen CHF die zweithöchsten Stau- und Langsamfahrkosten auf. Am geringsten sind die Stau- und Langsamfahrkosten beim Freizeitverkehr. Der Vergleich der Stau- und Langsamfahrkosten im Personen- und Güterverkehr zeigt die viel grössere Bedeutung des Personenverkehrs. Der Anteil des Güterverkehrs ist aber im Vergleich zu seiner Bedeutung in Bezug auf die Anzahl VerkehrsteilnehmerInnen (gut 6%) deutlich überproportional, weil die Stundensätze beim Güterverkehr höher liegen als beim Personenverkehr.

Die der Kostenrechnung zu Grunde liegenden Zeitverluste sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

	Pendler	Geschäftsreisende	Freizeitreisende	Total Personen	Güter	Total
Verlorene Fahrzeugstunden pro Jahr	512'000	200'000	413'000	1'125'000	64'000	1'189'000
Verlorene Fahrzeugstunden pro Tag	1'400	550	1'150	3'100	170	3'270
Anteile	42%	17%	35%	95%	5%	100%

Tabelle 4: Staubedingte Zeitverluste im Kanton Zug für das Jahr 2000 (in Stunden pro Jahr).

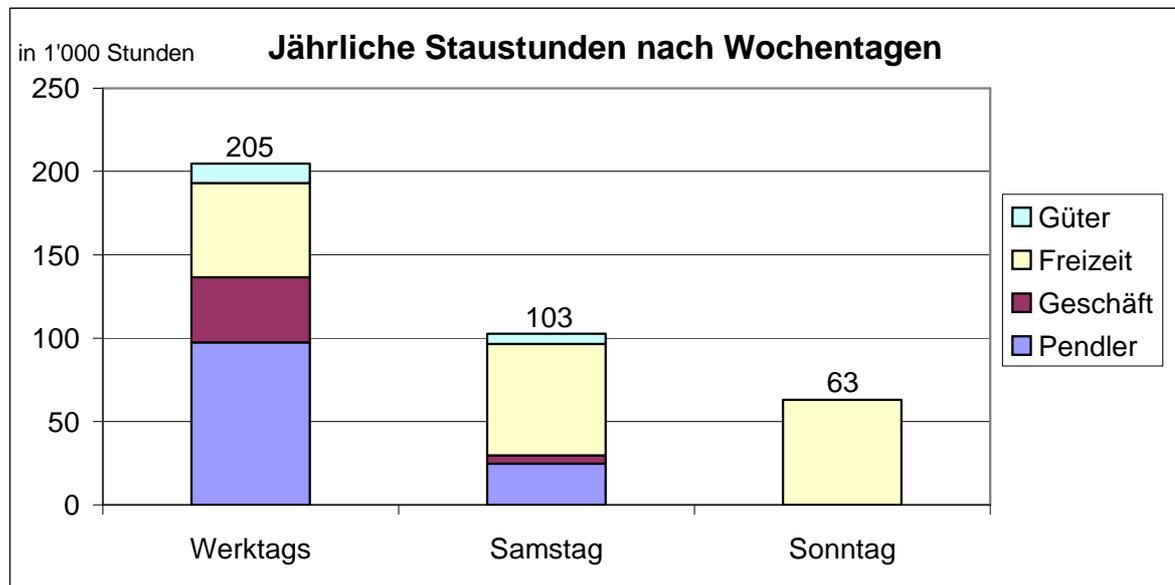
Die Zeitverluste von Geschäftsreisenden gewinnen durch den hohen Zeitwert an Bedeutung, obwohl sie nur 17% der Zeitverluste erleiden, tragen sie beinahe die Hälfte der Gesamtkosten. Der umgekehrte Effekt ist bei den Freizeitreisenden zu beobachten.



Figur 3: An welchen Wochentagen werden wie viele Stunden pro Jahr im Stau verloren?

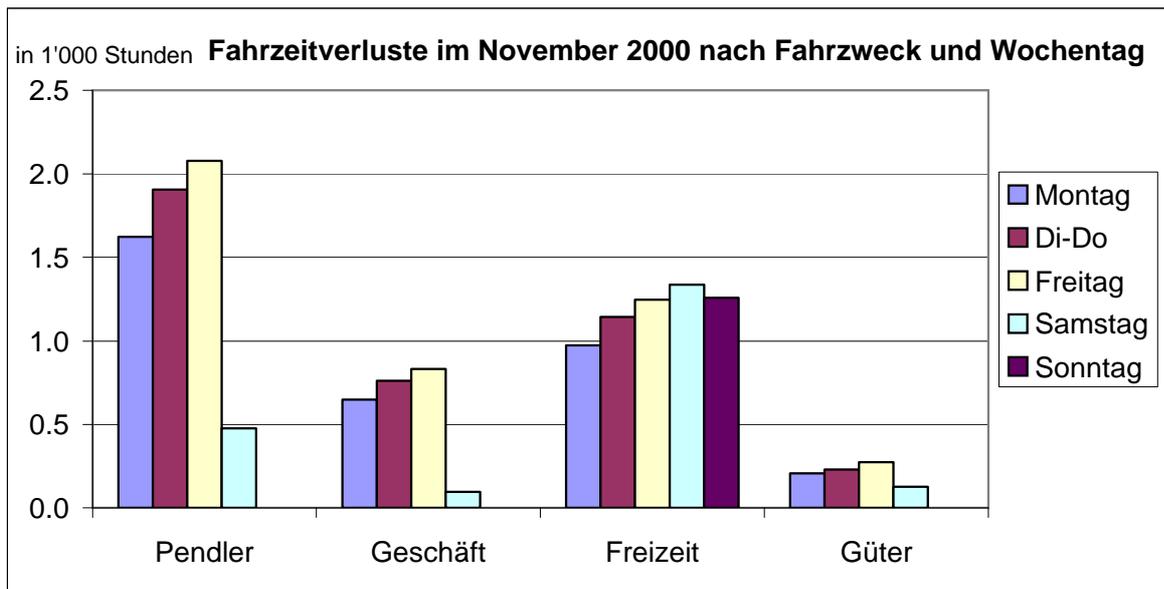
Obenstehende Figur zeigt die Verteilung der gesamten Staustunden pro Jahr auf die Wochentage. An Werktagen sind markant mehr Staustunden zu verzeichnen als am Wochenende, was auch mit dem Verkehrsaufkommen korreliert. Unter den Werktagen ist der Freitag der staustundenintensivste Tag. Am Freitagabend beendet ein Grossteil der Arbei-

tenden die Arbeit in einem relativ engen Zeitfenster, zudem sind auch verstärkt Wochen-
aufenthalter, die an ihre Wohnorte zurückkehren, auf den Strassen.



Figur 4: Staustunden pro Jahr, unterteilt nach Wochentagen (durchschnittlicher Werktag, Samstag, Sonntag).

In der Figur 4 sind die Staustunden nach Wochentagen und Fahrzweckfestlegung dargestellt. Von den gesamten Staustunden fallen gut 85% auf die Werktage.



Figur 5: Die Aufteilung der Staustunden im November 2000 nach Fahrzweck und Wochentag (pro effektiven Tag) zeigt die grössten Fahrzeitverluste beim Pendlerverkehr, gefolgt vom Freizeitverkehr.

Obenstehende Figur bezieht sich auf die Staustunden eines einzelnen Monats⁶ und soll die Ergebnisse aus Figur 4 noch verdeutlichen. Das Bild ist für alle Fahrzwecke relativ einheitlich mit einem Anstieg der Staustunden im Laufe einer Woche verbunden. Die bei den PendlerInnen anfallenden Stau- und Langsamfahrkosten steigen im Laufe der Woche relativ deutlich an, erreichen am Freitag den Höhepunkt und fallen am Samstag – bei meist merklich weniger Verkehrsaufkommen – markant tiefer aus. Freizeitverkehr gibt es an allen Wochentagen. Er ist am Wochenende mit den höchsten Stau- und Langsamfahrkosten pro Tag verbunden, weil an diesen Tagen die meisten VerkehrsteilnehmerInnen auf Ausflügen und Reisen sind.

Die folgende Karte gibt einen Überblick über die Stau- und Langsamfahrkosten auf den untersuchten Korridoren. Wir haben für jeden dargestellten Abschnitt die Staustunden pro Tag und Jahr sowie die Stau- und Langsamfahrkosten berechnet. Die Karte stellt die Staustunden auf den einzelnen Abschnitten dar. Je dicker der Balken, desto höher ist die Zahl der Staustunden pro Jahr. Diese Karte vermittelt einen guten Gesamteindruck über die

⁶ Diese Auswertung kann nur im Monat der Primärerhebung dargestellt werden, weil diese Informationen aus Konsistenzgründen bei der Hochrechnung auf das Jahresergebnis nicht beibehalten werden können.

räumliche Verteilung der Stau- und Langsamfahrkosten, zeigt die kritischen Abschnitte sowie mögliche Anknüpfungs- und Handlungsschwerpunkte für Massnahmen zur Verringerung der Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug. Kritisch zu sein scheinen zum einen der ganze Seegürtel und zum anderen der Abschnitt an der Kantonsgrenze zu Zürich (Walterswil–Sihlbrugg).

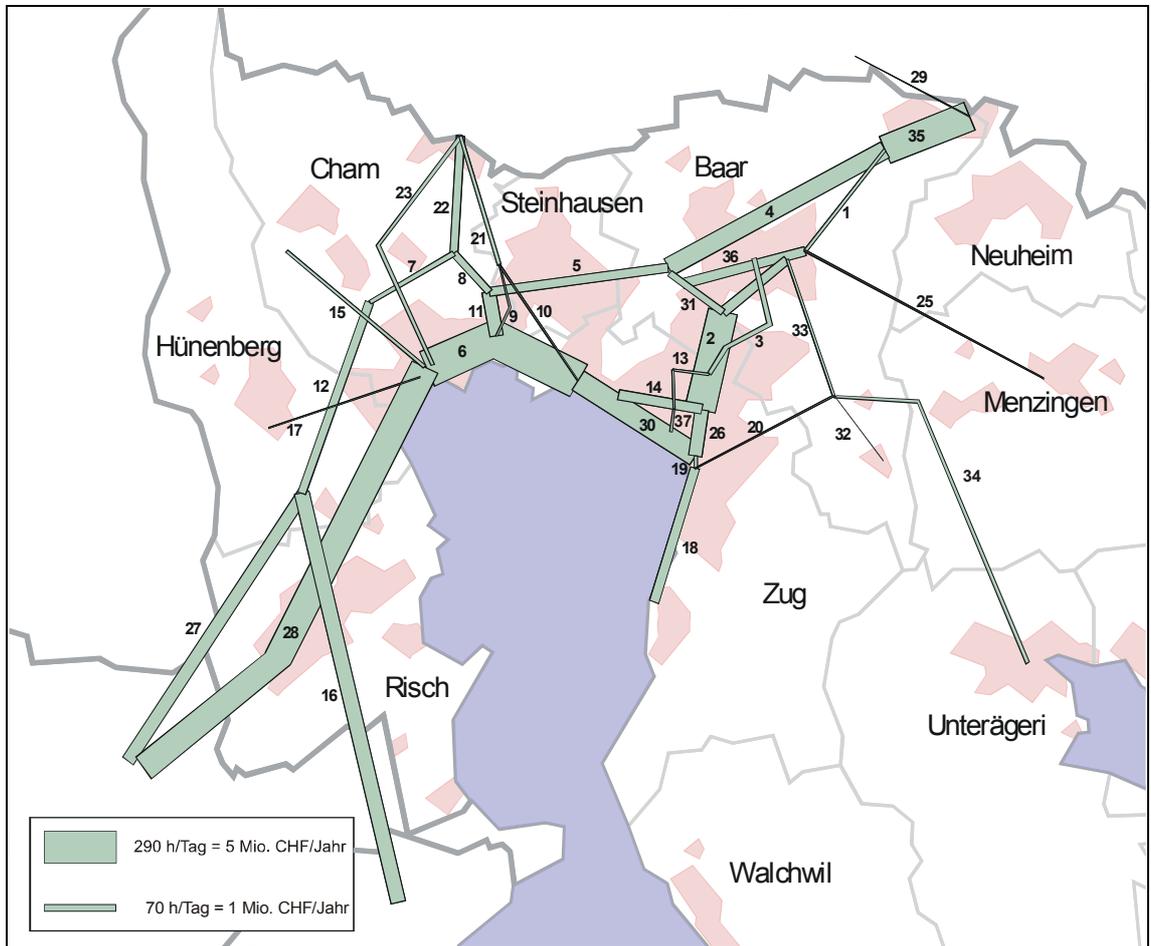
Legende zur Karte der Stau- und Langsamfahrkosten auf der nächsten Seite:

Nr. Karte	Code	Abschnittsname	Zeitverluste (Fz-h)/Jahr			Kosten (in 1000 Fr.)		
			→	←	Total	→	←	Total
1	a1/b1	Ägeristr–Walterswil	13'340	320	13'660	391	12	403
2	a2/b2	Baarerstr–Südstr	83'800	22'250	106'050	3950	1014	4964
3	a3/b3	Baar–Göblistrasse	3'490	11'110	14'600	165	525	690
4	a7/b7	Baar–Walterswil	62'670	7'920	70'600	2607	348	2954
5	a8/b8	Baar–Zug Autobahn	4'990	24'500	29'500	228	1202	1430
6	a9/b9	Bärenplatz–Steinhauserstrasse	57'540	66'730	124'270	2760	3168	5928
7	a10/b10	Blegi–Cham	11'230	6'680	17'910	421	311	732
8	a11/b11	Blegi–Zug Autobahn	21'990	5'980	27'980	889	280	1169
9	a13	Chamerstr–Grindel	3'950	--	3'950	197	--	197
10	b13	Grindel–Chamerstr.	7'750	--	7'750	321	--	321
11	a17/b17	Chamerstr–Zug Autobahn	13'030	32'670	45'700	623	1580	2203
12	a18/b18	Cham–Holzhäusern	12'080	16'780	28'860	561	764	1325
13	a19/b19	Göblistr–Gubelstrasse	3'420	3'610	7'020	161	164	325
14	a20/b20	Gubelstr–Chamerstr	32'020	1'580	33'600	1547	65	1612
15	a22/b22	Hagendorn–Krzg. Zugerstrasse	6'170	5'110	11'280	299	227	526
16	a24/b24	Holzhäusern Küssnacht	6'640	46'340	52'990	293	2009	2302
17	a25/b25	Hünenberg–Rabenplatz	3'270	190	3'460	159	9	168
18	a26/b26	Kolinplatz–Oberwil	7'420	28'750	36'170	290	1133	1424
19	a27/b27	Kolinplatz–Postplatz	2'980	9'070	12'050	128	399	527
20	a28/b28	Kolinplatz–Talacher	1'520	3'610	5'130	71	139	210
21	a31	Kr. Schwerverkehr–Krz. Biber-	10'240	--	10'240	522	--	522
22	a32	Kreuzung Bibersee–Blegikurve	24'620	--	24'620	1189	--	1189
23	a33/b33	Kreuzung Bibersee–Zugerstrasse	5'750	7'090	12'840	271	338	609
24	a34/b34	Langgasse–Südstrasse	17'370	15'710	33'080	739	709	1448
25	a35/b35	Menzingen–Sihlbruggstrasse	3'450	1'900	5'350	151	90	240
26	a36/b36	Postplatz–Gubelstrasse	10'340	40'770	51'110	370	1737	2107
27	a40/b40	Root–Holzhäusern	15330	17130	32'460	748	859	1607
28	a41/b41	Root–Bärenplatz	80'250	11'920	92'170	3884	538	4422
29	a42/b42	Sihlbrugg–Ebertswil	900	440	1'350	42	21	64
30	a45/b45	Steinhauserstrasse–Postplatz	37'820	44'160	81'980	1579	2025	3604
31	a48/b48	Südstrasse–Weststrasse	10'740	14'050	24'790	505	657	1163
32	a50/b50	Talacher–Allenwinden	40	860	890	1	39	40
33	a51/b51	Talacher–Langgasse	6'360	3'640	10'000	264	160	424
34	a52/b52	Unterägeri–Talacher	2'450	10'690	13'140	119	522	641
35	a54/b54	Walterswil–Sihlbrugg ⁷	86'200	19'950	106'150	3691	888	4579
36	a55/b55	Weststrasse–Ägeristrasse	19'540	14'680	34'220	895	655	1550
37	a67/b67	Gubelstrasse–Chamerstrasse	2'580	240	2'830	123	12	134

Tabelle 5: Legende der Abschnittsbezeichnungen zur Staukarte Kanton Zug.

7 Ausgewiesen sind die Verzögerungen auf dem Gebiet des Kantons Zug. Die Fahrzeitverzögerungen auf den Zufahrten vom Sihltal und Hirzel nach Sihlbrugg sind deshalb nicht erfasst.

Die Stau- und Langsamfahrkosten bzw. Zeitverzögerungen auf den Strassenabschnitten des Kantons Zug



Die folgende Tabelle zeigt die Gruppierung aller untersuchten Abschnitte nach der Höhe ihrer Stau- und Langsamfahrkosten in CHF:

Gruppierung der Abschnitte nach der Höhe der Stau- und Langsamfahrkosten	<0.5 Mio. CHF	0.5–1 Mio. CHF	1–2 Mio. CHF	2–3 Mio. CHF	3–4 Mio. CHF	4–5 Mio. CHF	5–6 Mio. CHF
Anzahl Abschnitte	10	8	10	4	1	3	1

Tabelle 6: *Wie viele Abschnitte weisen Stau- und Langsamfahrkosten in welcher Grössenordnung auf?*

Der grosse Teil der Abschnitte befindet sich im Bereich mit eher geringen Stau- und Langsamfahrkosten. Je höher die Stau- und Langsamfahrkosten steigen, desto weniger Abschnitte sind in den einzelnen Gruppen zu finden. Daneben gibt es aber an der im Bereich der beiden höchsten Kategorien der Stau- und Langsamfahrkosten nochmals eine gewisse Ballung. Diese fünf Abschnitte mit den höchsten Stau- und Langsamfahrkosten (Summe beider Fahrtrichtungen) werden in der folgenden Tabelle noch separat dargestellt:

Abschnitte (Hin und Retour)	Stau- und Langsamfahrkosten in Mio. CHF	Stautunden pro Jahr
Bärenplatz–Steinhauserstrasse (Zug)	5.9	124'300
Baarerstrasse–Südstrasse	5.0	106'100
Walterswil–Sihlbrugg	4.6	106'200
Root–Bärenplatz	4.4	92'200
Steinhauserstrasse–Postplatz	3.6	82'000

Tabelle 7: *Auflistung der fünf Abschnitte mit den höchsten Stau- und Langsamfahrkosten.*

4.1.2. Streubreite der Stau- und Langsamfahrkosten

Wie verändert sich das ermittelte Resultat, wenn an den wichtigen Annahmen Veränderungen vorgenommen werden? Die Antworten auf diese Frage sind zur richtigen Einschätzung und Interpretation der ausgewiesenen Stau- und Langsamfahrkosten wichtig. Zudem wollen wir Scheingenaugigkeit vermeiden und offen legen, wie die Streubreite der Resultate aussieht. Dazu führen wir in diesem Kapitel zunächst Sensitivitätsanalysen durch und zeigen auf, wie sich das Endresultat verändert, wenn wir

einzelne Basisannahmen variieren. Daraus ergibt sich auch ein Eindruck, welche Annahmen besonders sensibel sind und welche weniger Einfluss auf die Höhe des Schlussresultats haben.

Im zweiten Teil des Kapitels berechnen wir, basierend auf einer statistischen Auswertung, ein Vertrauensintervall für das gefundene Resultat – sozusagen die obere und untere Schranke der Stau- und Langsamfahrkosten unter dem gewählten Annahmen-set.

a) Sensitivitätsanalysen

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen. Wir führten sie für drei Annahmen durch: Für die unterstellte Aufteilung des Personenverkehrs in Fahrzwecke (S1), für die unterstellten impliziten Stundensätze der Fahrzeuglenker (S2) sowie für den eingesetzten Belegungsgrad der Personenwagen (S3). Die erste Zeile zeigt die Abweichung der resultierenden Stau- und Langsamfahrkosten im Vergleich zum Originalresultat, die zweite Zeile enthält die entsprechende prozentuale Veränderung des Resultats, die dritte die je Sensitivitätsanalyse resultierende Gesamtsumme der Stau- und Langsamfahrkosten.

Sensitivitätsanalysen	S1: Veränderung der Fahrzweckgewichtung beim Personenverkehr	S2: Veränderung der Zeitkostensätze	S3: Veränderung des Personenwagen-Belegungsfaktors
Abweichung in Mio. CHF	+ 11 Mio./+ 8 Mio.	+ 21 Mio./- 21 Mio.	+ 7 Mio./- 8 Mio.
Abweichung in %	+ 20%/+ 15%	+ 39%/- 39%	+ 13%/- 15%
Streubreite der Stau- und Langsamfahrkosten	65 bzw. 62 Mio. CHF	75 bzw. 33 Mio. CHF	61 bzw. 46 Mio. CHF

Tabelle 8: Sensitivitätsanalysen, ausgedrückt in Abweichungen in Mio. CHF und in Prozent zum Originalergebnis (54 Mio. CHF) sowie die in den Sensitivitätsanalysen gesamthaft resultierenden Stau- und Langsamfahrkosten.

Die **Sensitivitätsanalyse S1** untersucht die Auswirkungen der Annahmen zu den Fahrzwecken im Personenverkehr. Wir haben unterstellt, dass werktags 50% der Fahr-

zeuginsassen Pendler, 20% Geschäftsverkehr und 30% Freizeitverkehr zu beobachten sind. Für die Sensitivitätsanalyse 1 unterstellen wir eine Unterteilung der Fahrzwecke von 65% Pendlerverkehr, 25% Geschäftsverkehr und 10% Freizeitverkehr. Unter diesen Annahmen resultieren Stau- und Langsamfahrkosten von 62 Mio. CHF. Die Kosten fallen höher aus als in der ursprünglichen Berechnung, da der Verkehr mit den geringsten Zeitkostenansätzen – der Freizeitverkehr – geringer gewichtet wird. Die zweite Analyse in diesem Block unterstellt einen Split der Fahrzwecke von 50% Pendlerverkehr, 30% Geschäftsverkehr und 20% Freizeitverkehr und weist Stau- und Langsamfahrkosten von 65 Mio. CHF aus. Die Sensitivitätsanalyse 1 zeigt, dass das Resultat der Stau- und Langsamfahrkosten relativ träge auf unterschiedliche (plausible) Aufteilungen der Fahrzwecke reagiert. Der Streubereich der Resultate ist gering.

Die **Sensitivitätsanalyse S2** setzt bei den Zeitkostensätzen an. Um die wegen Fahrzeitverzögerungen im Kanton Zug „verlorenen Stunden“ auch als monetäre Grösse ausdrücken zu können, müssen wir implizite Stundenlöhne verwenden. Wir haben die Stundensätze gemäss den aktuellen Erkenntnissen verschiedener Studien zu diesem Thema gewählt. Eine Analyse dieser Studien zeigt auch die Bandbreiten der Ergebnisse zu den Stundensätzen der einzelnen Verkehrsarten (Fahrzwecke) auf.

Verkehrsart/Fahrzweck	Mittlerer Wert CHF/h	Bandbreite
Pendlerverkehr	26	+/- 20%
Freizeitverkehr	11	+/- 30%
Geschäftsverkehr	105	+/- 50%
Güterverkehr	105	+/- 50%

Tabelle 9: Verwendete Stundensätze und Bandbreite, die in der Sensitivitätsanalyse 2 zum Zug gekommen sind.

Bei der Sensitivitätsanalyse 2 haben wir alle Stundensätze je in der angegebenen Bandbreite zunächst nach oben und dann in einer zweiten Analyse nach unten variiert. Die Resultate dieser Sensitivitätsanalyse verdeutlichen die Wichtigkeit der Stundensatzhöhe. Die Resultate der Sensitivitätsrechnungen betragen 33 bzw. 75 Mio. CHF.

Die **Sensitivitätsanalyse S3** untersucht die Auswirkungen einer Veränderung des durchschnittlichen Belegungsgrades eines Personenwagens. Die Sensitivitätsanalyse legt dar, wie sich die Stau- und Langsamfahrkosten verändern, wenn statt 1.2 nur von 1.0 bzw. 1.4 Personen pro Fahrzeug ausgegangen wird. Die Stau- und Langsamfahrkosten fallen dabei 15% tiefer bzw. 13% höher aus als in unseren Ergebnissen. Die

Streubreite der Resultate ist nicht unbedeutend, allerdings stellt der verwendete Belegungsgrad doch eine ziemlich gut abgesicherte Grösse dar.

Die Sensitivitätsanalysen zeigen, dass die Stau- und Langsamfahrkosten v.a. auf eine Veränderung der Stundensätze sensibel reagieren. Wir können uns in diesem Bereich aber auf eine detaillierte Analyse der bisherigen Literatur stützen, wobei unsere Resultate in der Mitte der Streubreite der Stundensätze liegen und wir deshalb voll hinter den getroffenen Annahmen stehen.

b) Vertrauensintervall

	Pendler	Geschäftsreisende	Freizeit	Total Kosten Personen	Güter	Total Kosten
Kosten (Mio. CHF)	16.2	25.3	5.2	46.7	7.1	53.8
Vertrauensintervall	11.7–21.0	18.2–32.9	3.8–6.8	33.6–60.7	5.1–9.2	38.7–69.9

Tabelle 10: Vertrauensintervall der staubedingten Zeitkosten im Kanton pro Jahr. (Mio. CHF).

Für die Berechnung einer oberen und unteren Grenze (dazwischen liegt das Vertrauensintervall) der Stau- und Langsamfahrkosten werden die prozentualen Abweichungen der Fahrzeiten zur Stauschwelle während der Off-Peak-Zeiten beigezogen. Dazu wurden exemplarisch drei Abschnitte (a2, a7, b28) ausgewertet, was eine Stichprobe von rund 50 Werten ergibt. Die Verteilung der prozentualen Abweichungen ist rechtsschief, weshalb anstelle einer Normalverteilung die Messdaten mit einer Weibull-Verteilung angenähert wurden. Eine beidseitige 5%-Signifikanzgrenze ergibt ein Vertrauensintervall von -28% bis +30% des Gesamtergebnisses. Die totalen Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug bewegen sich demnach zwischen 39 Mio. CHF und 70 Mio. CHF.

Die Bestimmung der Grenzen des Vertrauensintervalls mit Hilfe der Weibull-Verteilung ist im Anhang 6 dargestellt.

Das oben beschriebene Verfahren setzt bei den Fahrzeitverzögerungen an und berücksichtigt daher die unterschiedlichen Verkehrsbelastungen der Abschnitte nicht. Eine nach Abschnitt differenzierte Auswertung ist einerseits recht komplex und würde andererseits die Stichprobe stark verkleinern. Vergleichbare Studien arbeiten meist mit

wesentlich gröberen Verfahren. Schliesslich wäre nach unserem Ermessen kaum ein aussagekräftigeres Resultat zu erwarten.

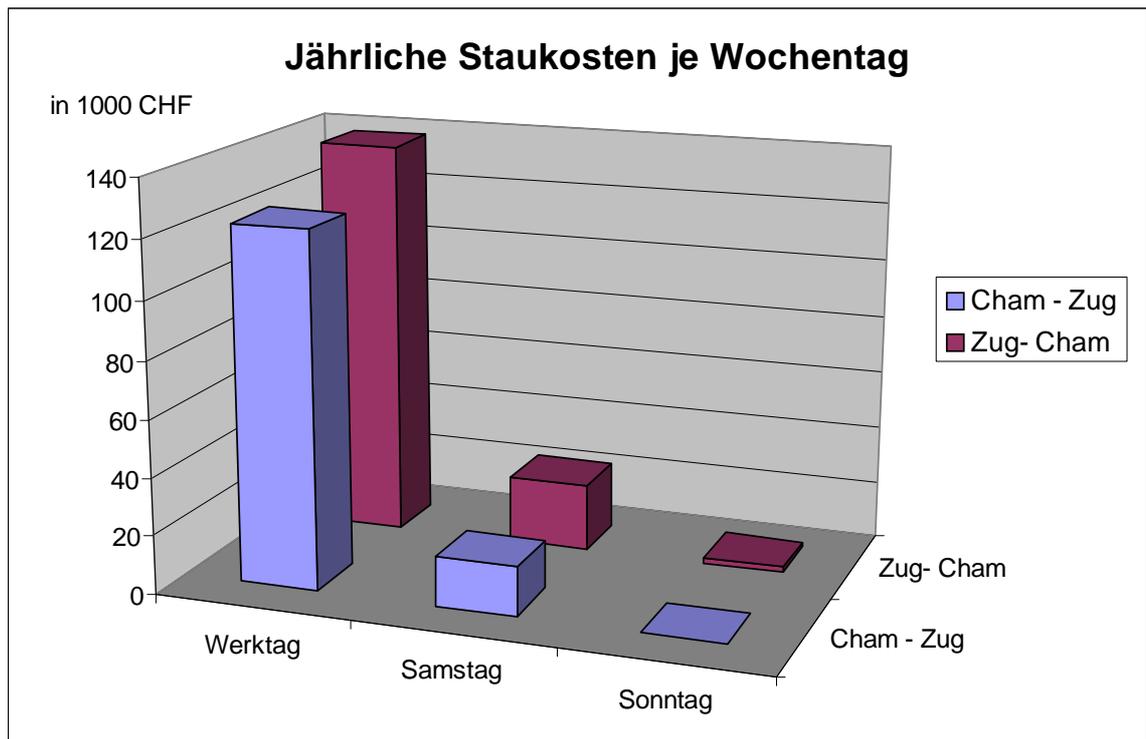
4.2. Detailresultate für ausgewählte Korridore

In diesem Kapitel werden beispielhaft für vier ausgewählte Abschnitte die detaillierteren Resultate dargestellt. Es handelt sich um vier der fünf Abschnitte mit den höchsten Stau- und Langsamfahrkosten.

4.2.1. Cham - Zug

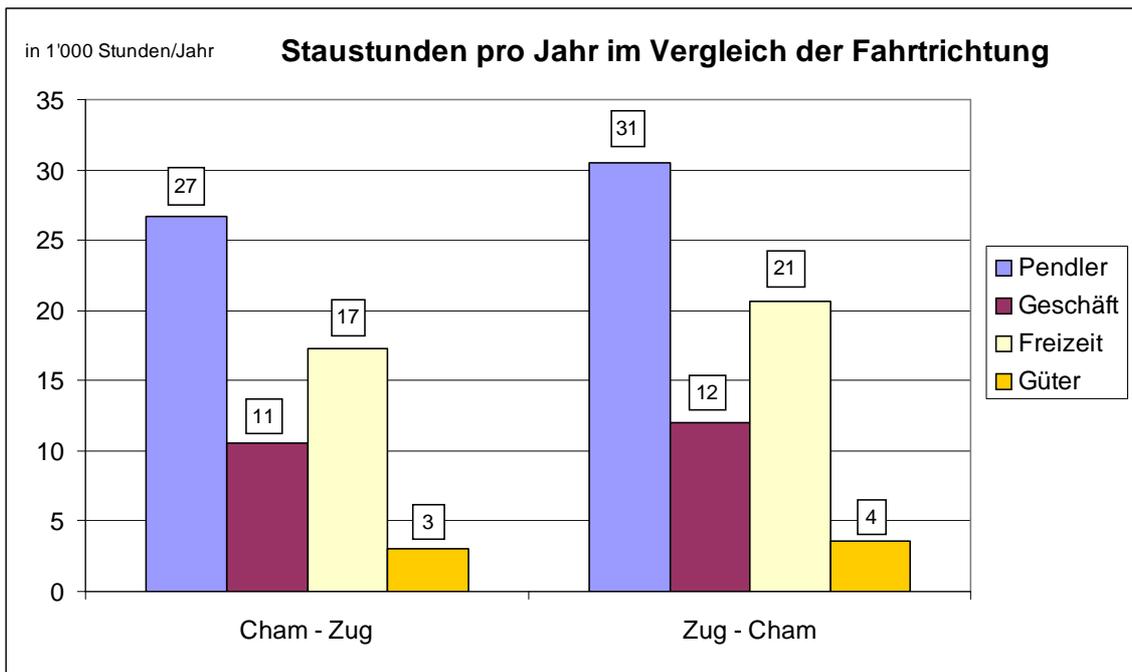
Auf dem Abschnitt Cham–Zug⁸ Zug (genauer Bärenplatz–Einmündung Steinhauserstrasse (Gemeinde Zug), Hin- und Rückfahrt) ergeben sich in einem Jahr gesamthaft Stau- und Langsamfahrkosten von knapp 6 Mio. CHF (2.8 Mio. in Fahrtrichtung Zug, 3.2 in der Gegenrichtung). Der Abschnitt gehört zu den am stärksten belasteten im ganzen Kanton. Die jährlich auf diesem Abschnitt generierten Fahrzeitverzögerungen betragen gut 124'000 Stunden.

8 Abschnitt Nummer 6 auf der Staukarte.



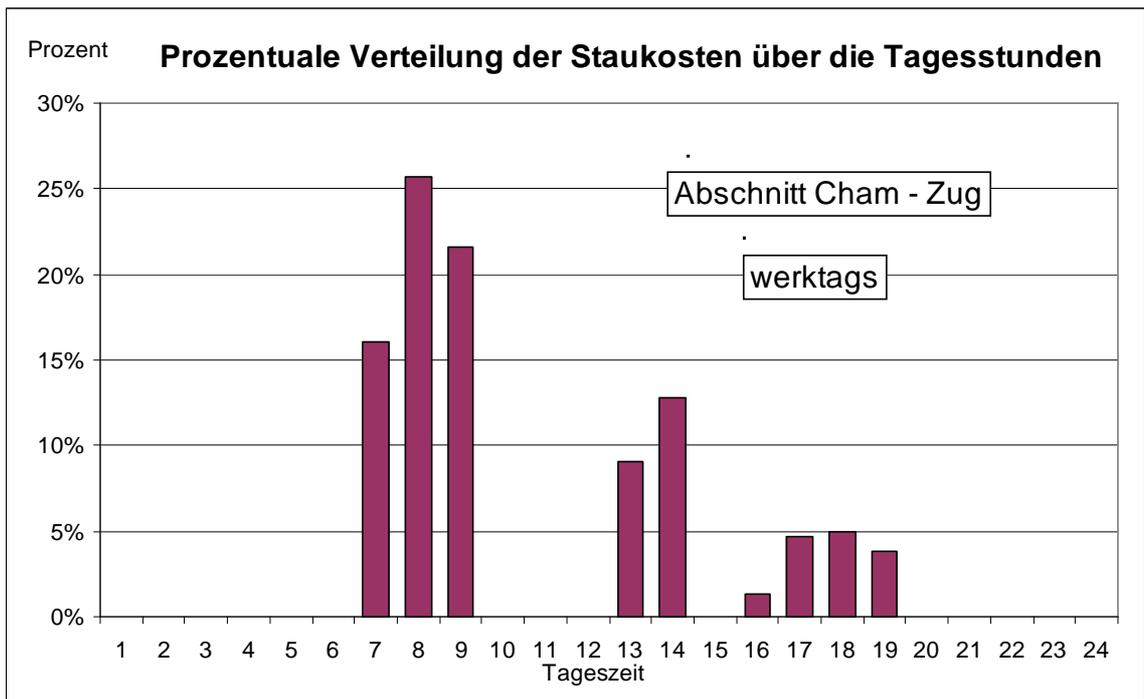
Figur 6: *Jährliche Stau- und Langsamfahrkosten je Wochentag im Vergleich der Fahrtrichtung; Cham-Zug und Zug-Cham.*

Beide Fahrtrichtungen weisen ein ähnliches Muster der Verteilung der Stau- und Langsamfahrkosten auf die Wochentage aus. In der Fahrtrichtung Zug sind werktags leicht höhere und am Wochenende tiefere Stau- und Langsamfahrkosten zu verzeichnen.

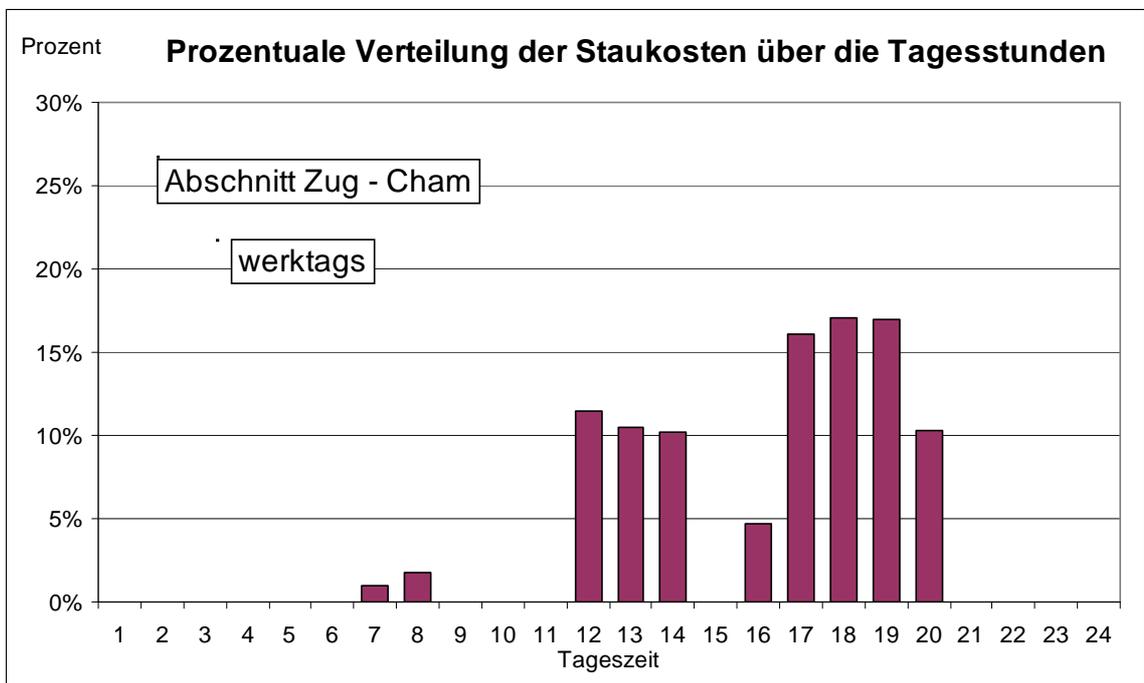


Figur 7: Stautunden pro Jahr unterteilt nach Fahrzweck und Fahrtrichtung; Cham–Zug und Zug–Cham.

Das relative Verhältnis der Stautunden je Fahrzweck ist in beiden Fahrtrichtung annähernd gleich. Auf der Fahrt von Cham nach Zug erleiden die PendlerInnen jährlich rund 27'000 Stunden an Fahrzeitverzögerungen. Der Güterverkehr von Zug nach Cham beispielsweise verliert durch Fahrzeitverzögerungen infolge erhöhtem Verkehrsaufkommen rund 4'000 Stunden pro Jahr.



Figur 8: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Cham–Zug über den Tag?



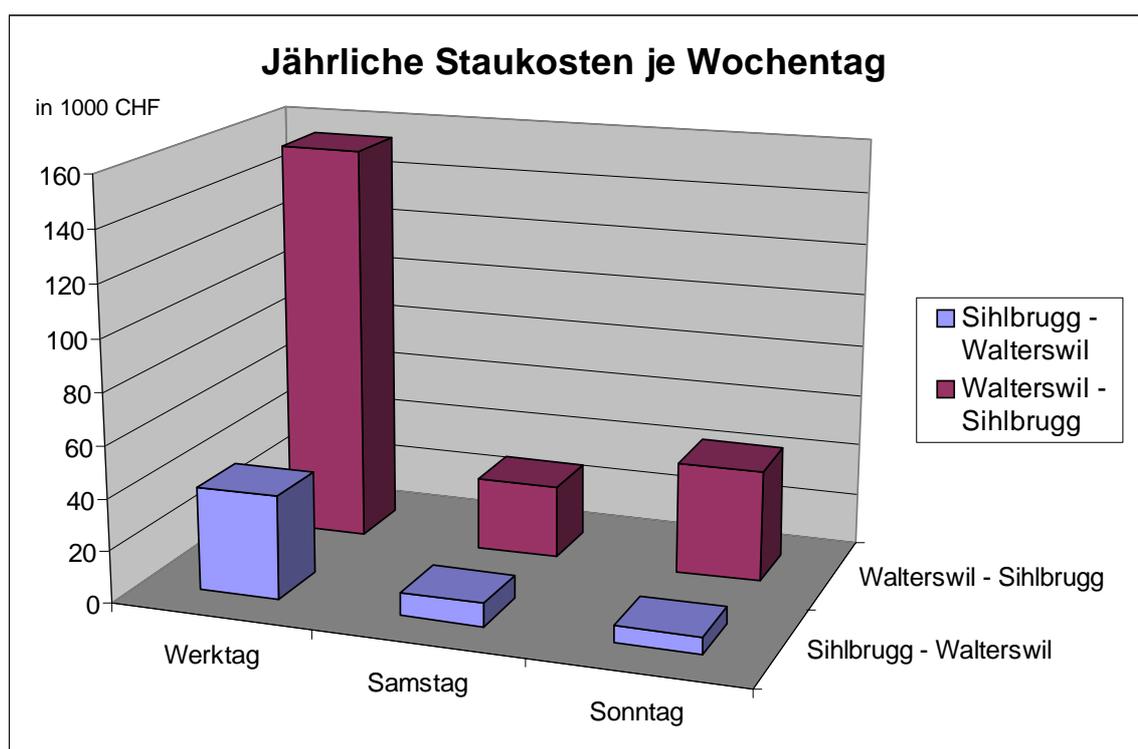
Figur 9: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Zug–Cham über den Tag?

Figur 8 und Figur 9 zeigen die Verteilung der Staustunden je Fahrtrichtung und Tageszeit. In Fahrtrichtung Zug ist v.a. deutlich zu erkennen, wann die zur Arbeit fahrenden VerkehrsteilnehmerInnen den Abschnitt passieren. Es ist eine deutliche und relativ eng begrenzte Spitze am Morgen erkennbar. In der Gegenrichtung ist die Rückfahrt der Personen von der Arbeit nach Hause erkennbar, wobei sich im Gegensatz zum Morgen die Belastung über einen längeren Zeitabschnitt hinzieht.

4.2.2. Walterswil–Sihlbrugg

Auf dem Abschnitt Walterswil–Sihlbrugg⁹ ergeben sich in einem Jahr gesamthaft Stau- und Langsamfahrkosten von 4.6 Mio. CHF (3.7 Mio. in Fahrtrichtung Sihlbrugg, 0.9 in der Gegenrichtung). Auch dieser Abschnitt gehört zu den am stärksten belasteten im ganzen Kanton. Die jährlich auf diesem Abschnitt generierten Fahrzeitverzögerungen betragen 106'200 Stunden, 86'200 in Richtung Sihlbrugg, 20'000 in Richtung Walterswil. Im Gegensatz zum Abschnitt Cham–Zug, der in beide Fahrtrichtungen etwa ähnlich belastet ist, weist dieser Abschnitt den Hauptteil der Staustunden und -kosten in der Fahrtrichtung Walterswil–Sihlbrugg auf. Dies bedeutet allerdings nicht, dass auf dieser stark befahrenen Strasse in Fahrtrichtung von Zürich Richtung Walterswil keine Fahrzeitverzögerungen oder Staus auftauchen. Die Kapazitätsengpässe liegen in dieser Fahrtrichtung jedoch auf dem Gebiet des Kanton Zürich. Die Verzögerungen und somit auch die Stau- und Langsamfahrkosten fallen somit für Verkehrsteilnehmer, welche von Zürich her durchs Sihltal oder vom Hirzel Richtung Walterswil fahren, noch im Kanton Zürich an (z.B. kurz vor Sihlbrugg). Die Stau- und Langsamfahrkosten werden entsprechend am Knoten Sihlbrugg nur ungenügend abgebildet, weil in dieser Studie die Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug erfasst werden (territoriale Abgrenzung).

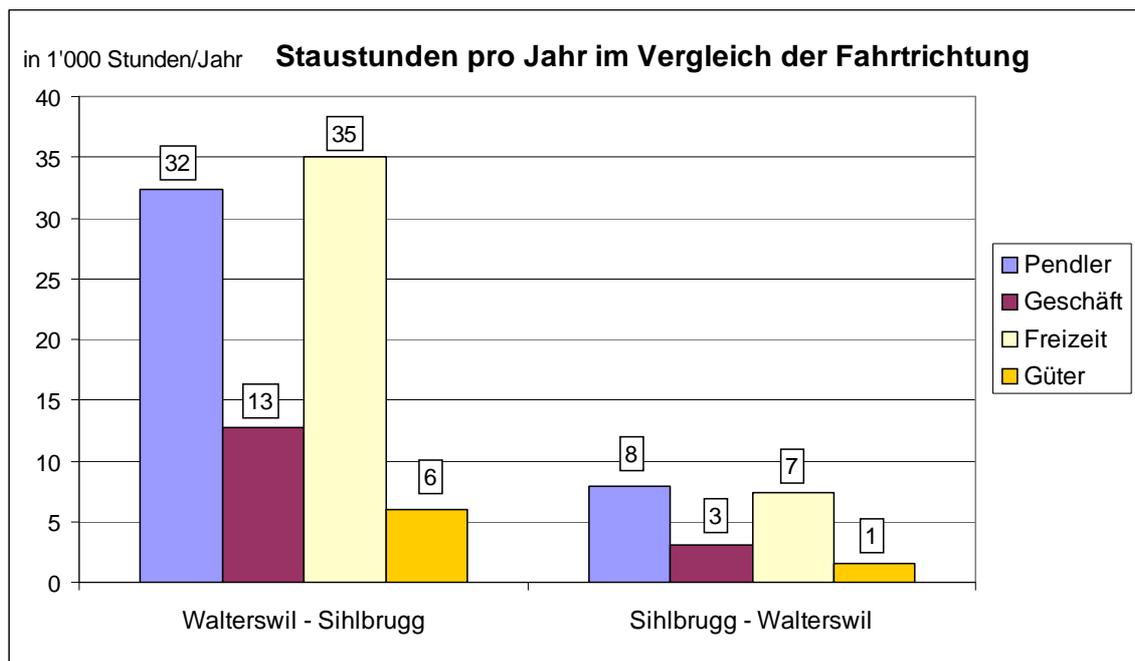
9 Abschnitt Nummer 35 auf der Staukarte.



Figur 10: *Jährliche Stau- und Langsamfahrkosten je Wochentag im Vergleich der Fahrtrichtung; Sihlbrugg–Walterswil und retour.*

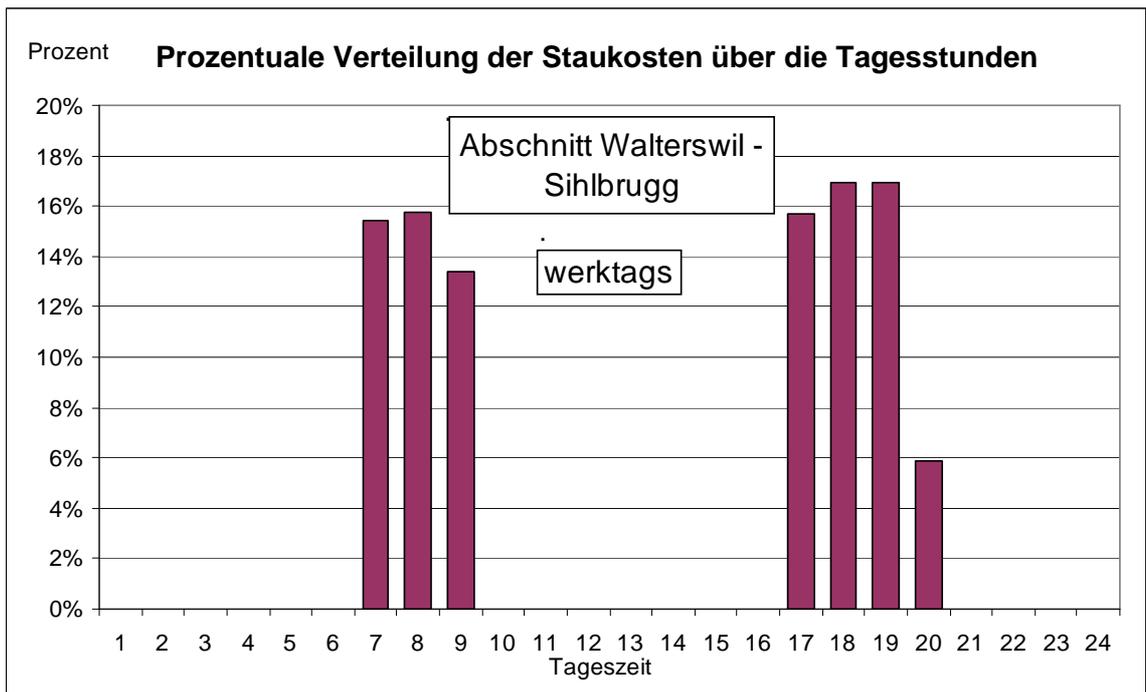
Im Gegensatz zum ersten Abschnitt, den wir genauer betrachtet haben, weist der Abschnitt Sihlbrugg–Walterswil in den beiden Fahrtrichtungen ein klar unterschiedliches Muster der Verteilung der Stau- und Langsamfahrkosten auf die Wochentage auf. Grundsätzlich fallen in Fahrtrichtung Sihlbrugg deutlich mehr Stau- und Langsamfahrkosten an, als in der Gegenrichtung. In Fahrtrichtung Walterswil sind am Wochenende nur geringe Fahrzeitverzögerungen zu verzeichnen, an den Werktagen sind sie aber auch in dieser Fahrtrichtung merklich¹⁰.

¹⁰ Die Tatsache, dass in dieser Fahrtrichtung - vom Sihltal oder vom Hirzel herkommend über Sihlbrugg nach Walterswil - vermutlich ähnlich starke Verkehrsbelastungen und auch vergleichbare Stau- und Langsamfahrkosten zu erwarten sind wie in der Gegenrichtung, die Kapazitätsengpässe aber noch auf dem Gebiet des Kantons Zürich liegen, wurde bereits erwähnt.

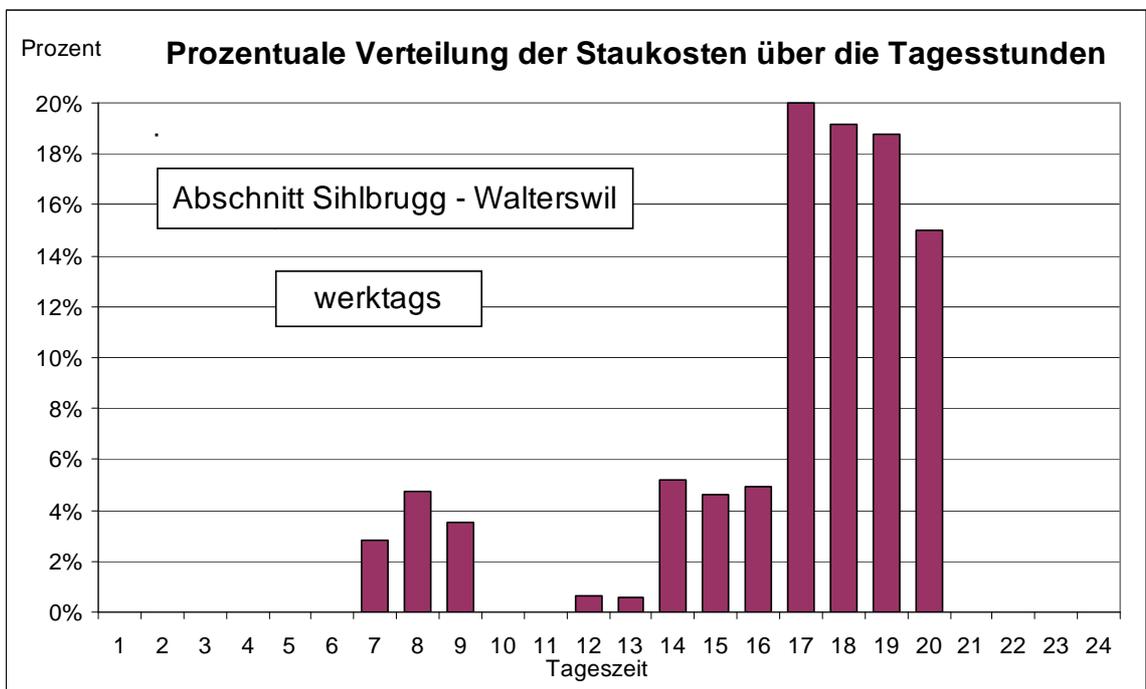


Figur 11: Stautunden pro Jahr unterteilt nach Fahrzweck im Vergleich der Fahrtrichtung; Sihlbrugg–Walterswil und retour.

Das relative Verhältnis der Stautunden je Fahrzweck ist in beiden Fahrtrichtungen ähnlich. In Fahrtrichtung Sihlbrugg fallen mehr Fahrzeitverzögerungen beim Freizeit- als beim Pendlerverkehr an, Richtung Walterswil ist es umgekehrt. VerkehrsteilnehmerInnen auf Freizeitfahrt Richtung Sihlbrugg erleiden jährlich rund 35'000 Stunden an Fahrzeitverzögerungen, die PendlerInnen rund 32'000 Stunden. Der Güterverkehr von Walterswil nach Sihlbrugg beispielsweise verliert durch Fahrzeitverzögerungen infolge erhöhtem Verkehrsaufkommen rund 6'000 Stunden pro Jahr.



Figur 12: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Walterswil–Sihlbrugg über den Tag?



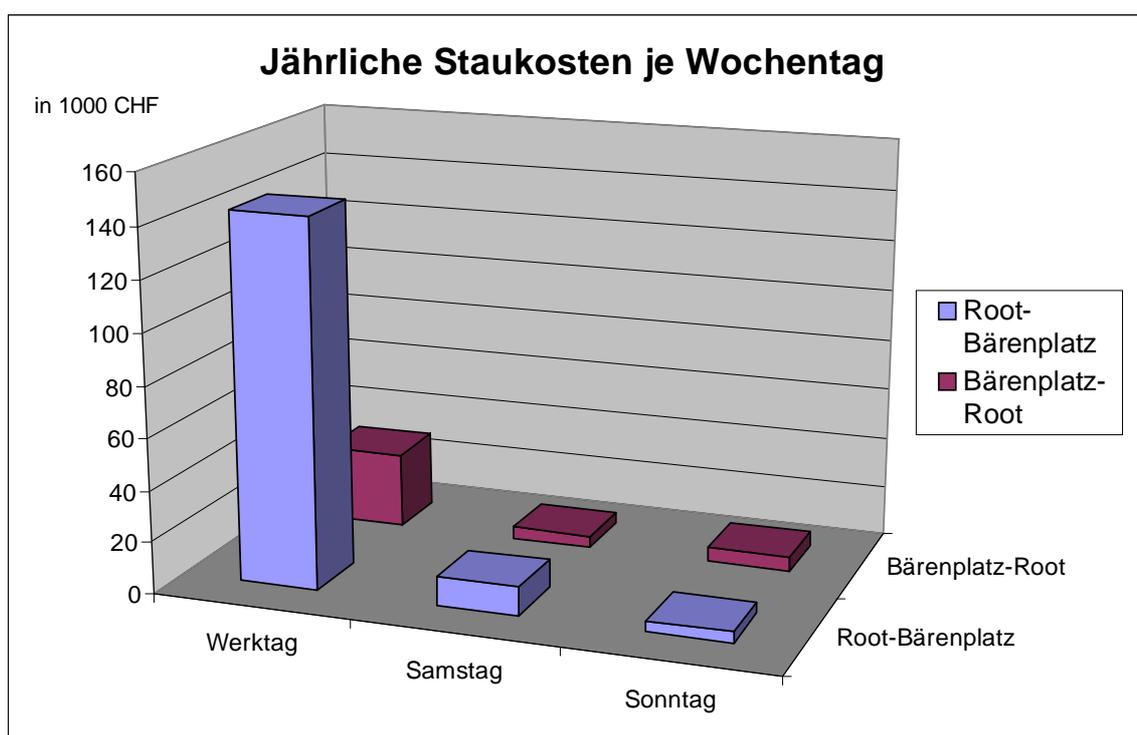
Figur 13: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Sihlbrugg–Walterswil über den Tag?

Figur 12 und Figur 13 zeigen die Verteilung der Staustunden je Fahrtrichtung und Tageszeit. In Fahrtrichtung Sihlbrugg sind ganz deutlich die zeitlich eng begrenzten Morgen- und Abendspitzen zu erkennen. Typisch für diesen Abschnitt ist, dass keine Mittagsspitze zu beobachten ist. In der Gegenrichtung ist wieder eine deutliche Abendspitze bei den Staustunden, jedoch keine Morgenspitze zu verzeichnen. Die Staustunden verteilen sich generell in Fahrtrichtung Walterswil auf mehr Stunden als in der Gegenrichtung.

4.2.3. Root–Cham Bärenplatz

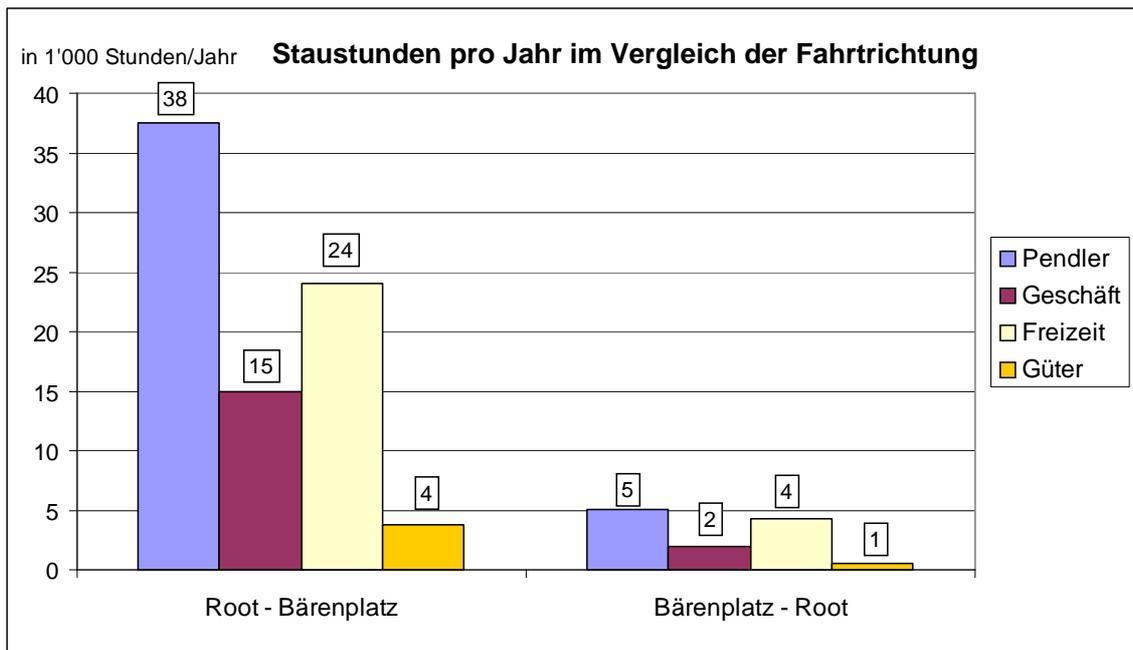
Auf dem Abschnitt Root-Cham Bärenplatz¹¹ ergeben sich in einem Jahr gesamthaft Stau- und Langsamfahrkosten von 4.4 Mio. CHF (3.9 Mio. in Fahrtrichtung Cham, 0.5 Mio. in der Gegenrichtung). Auch dieser Abschnitt gehört zu den sehr stark belasteten. Die jährlich auf diesem Abschnitt generierten Fahrzeitverzögerungen betragen 92'200 Stunden, 80'200 in Richtung Cham, 12'000 in Richtung Root. Im Gegensatz zum Abschnitt Cham–Zug und ähnlich wie Walterswil–Sihlbrugg weist dieser Abschnitt den Hauptteil der Staustunden und -kosten in eine Fahrtrichtung (Cham) auf.

11 Abschnitt Nummer 28 auf der Staukarte.



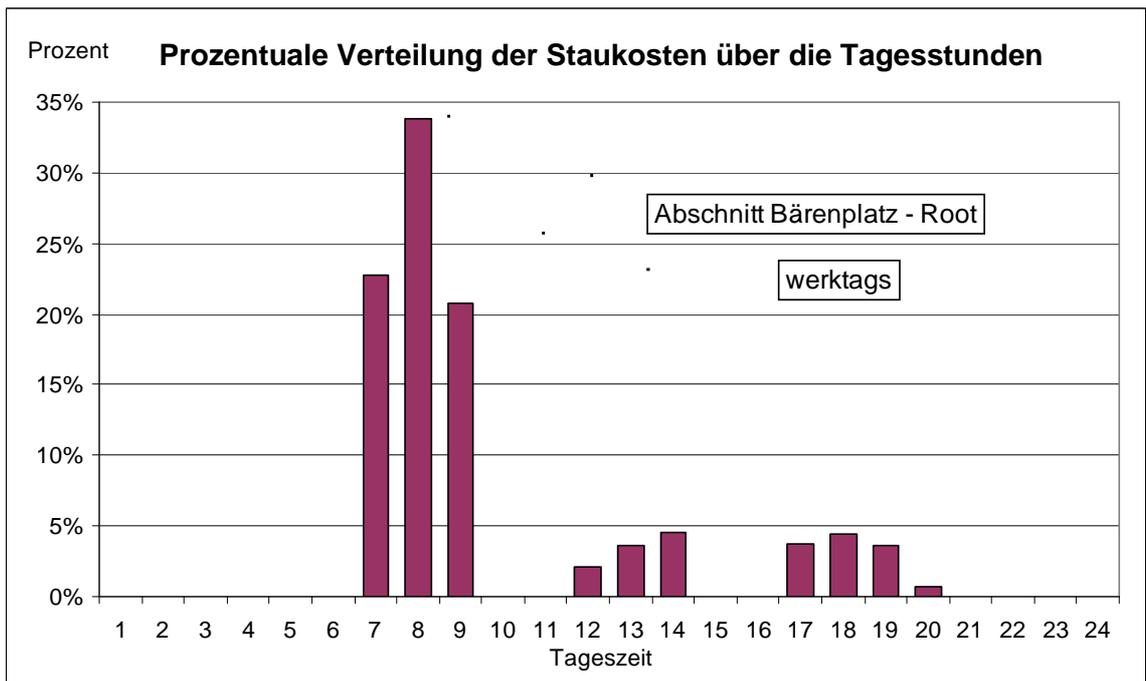
Figur 14: *Jährliche Stau- und Langsamfahrkosten je Wochentag im Vergleich der Fahrtrichtung; Root-Bärenplatz (Cham) und retour.*

Im Gegensatz zum ersten Abschnitt, den wir genauer betrachtet haben, weist der Abschnitt Root-Bärenplatz (Cham) in beiden Fahrtrichtungen ein klar unterschiedliches Muster der Verteilung der Stau- und Langsamfahrkosten auf die Wochentage auf. Grundsätzlich fallen in Fahrtrichtung Cham Bärenplatz deutlich mehr Stau- und Langsamfahrkosten an, als in der Gegenrichtung. In Fahrtrichtung Root sind an allen Wochentagen nur geringe Fahrzeitverzögerungen zu verzeichnen, wobei der durchschnittliche Werktag die relativ höchsten Kosten aufweist. In Richtung Cham ist an einem Werktag regelmässig mit hohen Stau- und Langsamfahrkosten zu rechnen, während am Wochenende ähnlich geringe Stau- und Langsamfahrkosten anfallen wie Richtung Root. Während in Fahrtrichtung Root während der ganzen Woche kaum Fahrzeitverzögerungen auftreten, sind in der Gegenrichtung werktags die starken Belastungen offensichtlich.

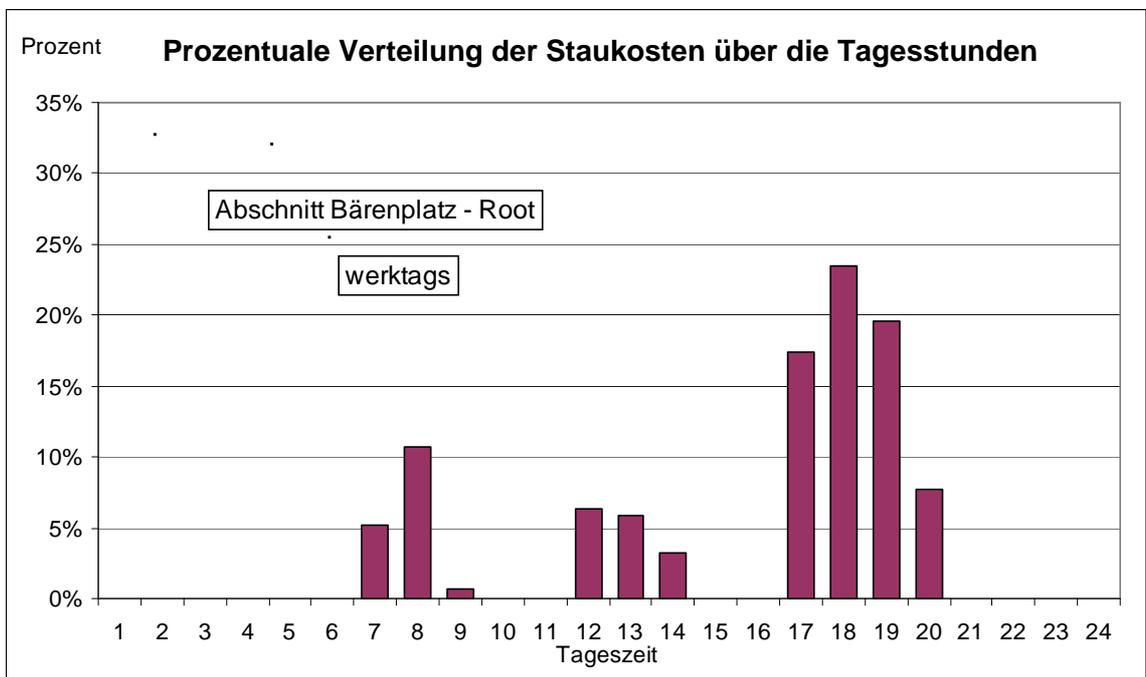


Figur 15: Stautunden pro Jahr unterteilt nach Fahrzweck im Vergleich der Fahrtrichtung; Root-Bärenplatz und retour.

Das relative Verhältnis der Stautunden je Fahrzweck ist in beiden Fahrtrichtungen ähnlich. In Fahrtrichtung Cham fallen jedoch im relativen Vergleich der Fahrzwecke mehr Fahrzeitverzögerungen beim Pendlerverkehr an als in der Gegenrichtung. PendlerInnen Richtung Cham erleiden jährlich rund 38'000 Stunden an Fahrzeitverzögerungen, der Freizeitverkehr 24'000 Stunden. Der Güterverkehr von Root nach Cham Bärenplatz beispielsweise verliert durch Fahrzeitverzögerungen infolge erhöhtem Verkehrsaufkommen rund 4'000 Stunden pro Jahr.



Figur 16: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Root-Bärenplatz über den Tag?



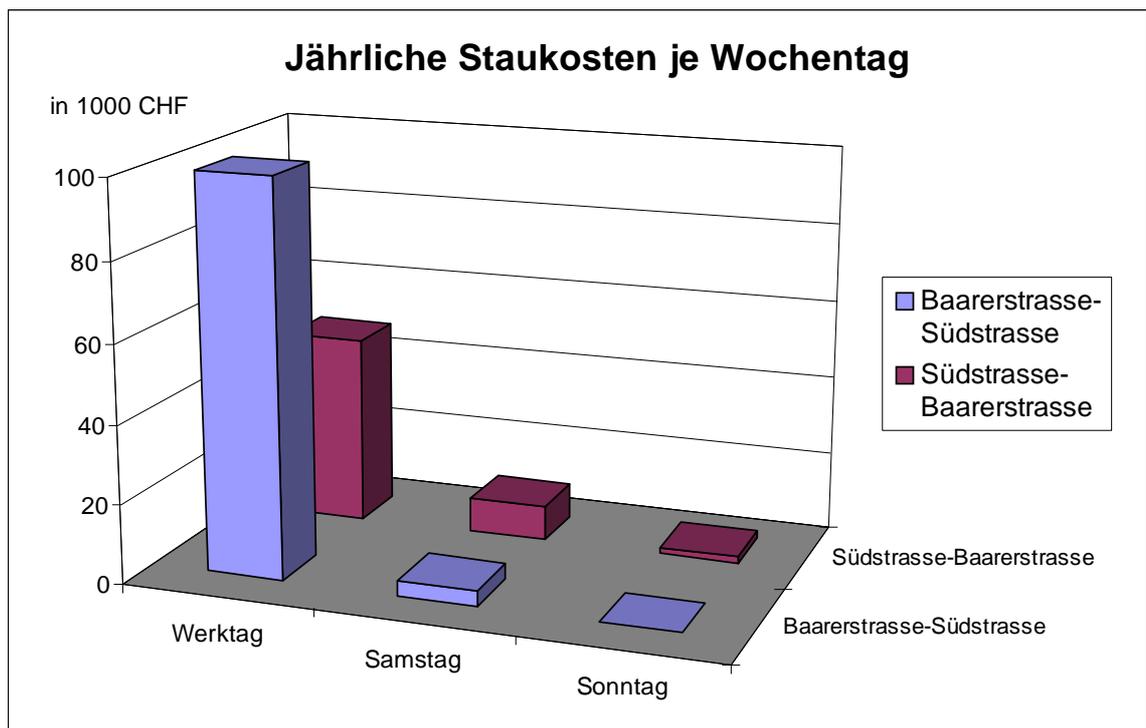
Figur 17: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Bärenplatz-Root über den Tag?

Figur 16 und Figur 17 zeigen die Verteilung der Staustunden je Fahrtrichtung und Tageszeit. In Fahrtrichtung Cham ist ganz deutlich die zeitlich eng begrenzte Morgenspitze zu erkennen. Es gibt daneben weder eine deutliche Mittags- noch eine Abendspitze. Die hohen Stau- und Langsamfahrkosten in diese Fahrtrichtung entstehen zu gut 75% in der Morgenspitze. In der Gegenrichtung ist eine leichte Morgen- und Mittagsspitze sowie eine deutliche Abendspitze zu verzeichnen. Die – in dieser Fahrtrichtung viel geringeren - Stau- und Langsamfahrkosten verteilen sich in dieser Fahrtrichtung viel regelmässiger über die Peakzeiten.

4.2.4. Baarerstrasse–Südstrasse

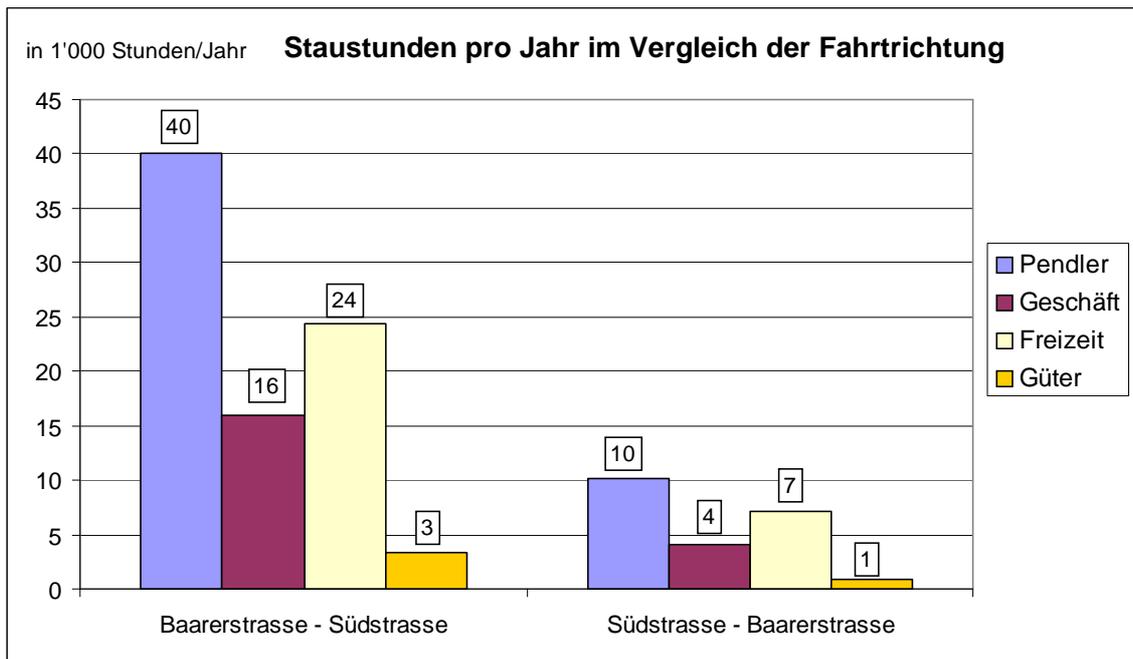
Auf dem Abschnitt Baarerstrasse–Südstrasse¹² ergeben sich in einem Jahr gesamthaft Stau- und Langsamfahrkosten von 5.0 Mio. CHF (4.0 Mio. in Fahrtrichtung Baar, 1.0 in der Gegenrichtung). Auch dieser Abschnitt gehört zu den sehr stark belasteten. Die jährlich auf diesem Abschnitt generierten Fahrzeitverzögerungen betragen 106'000 Stunden, rund 84'000 in Richtung Baar, 22'000 in Richtung Zug. Im Gegensatz zum Abschnitt Cham–Zug, der in beide Fahrtrichtungen etwa ähnlich belastet ist, weist dieser Abschnitt den Hauptteil der Staustunden und -kosten in der Fahrtrichtung Baar auf. Dieser Abschnitt weist eine sehr ähnliche Struktur der Resultate auf wie der Abschnitt Sihlbrugg–Walterswil.

12 Abschnitt Nummer 2 auf der Staukarte.



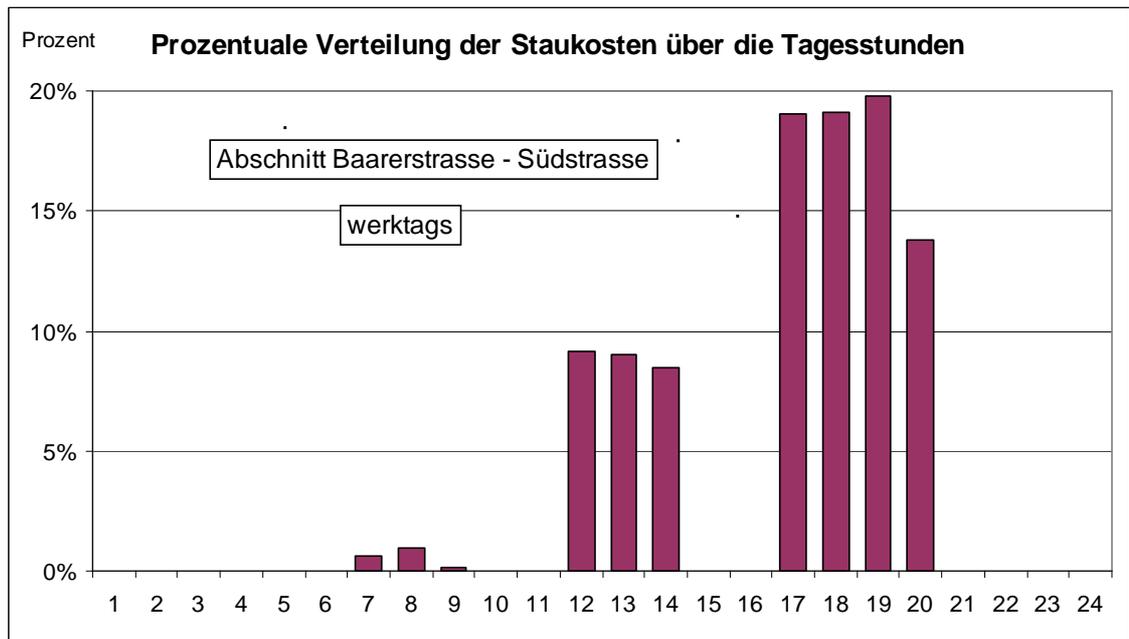
Figur 18: *Jährliche Stau- und Langsamfahrkosten je Wochentag im Vergleich der Fahrtrichtung; Baarerstrasse-Südstrasse und retour.*

Auch der Abschnitt Baarerstrasse-Südstrasse weist in den beiden Fahrtrichtungen ein klar unterschiedliches Muster der Verteilung der Stau- und Langsamfahrkosten auf die Wochentage auf. Werktags fallen in Fahrtrichtung Baar deutlich mehr Stau- und Langsamfahrkosten an als in der Gegenrichtung. Am Wochenende sind die Stau- und Langsamfahrkosten in beiden Fahrtrichtungen deutlich geringer als werktags und in Fahrtrichtung Zug generell etwas höher als in der Gegenrichtung.

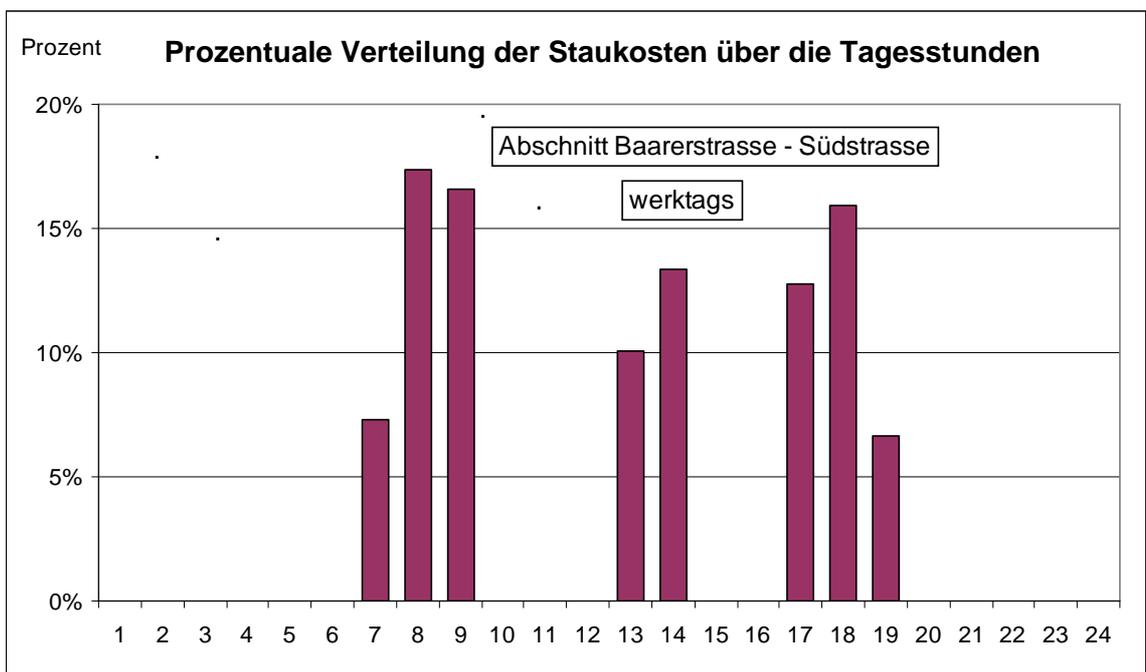


Figur 19: Stautunden pro Jahr unterteilt nach Fahrzweck im Vergleich der Fahrtrichtung; Baarerstrasse–Südstrasse und retour.

Das relative Verhältnis der Stautunden je Fahrzweck ist in beiden Fahrtrichtungen praktisch identisch. Die PendlerInnen verlieren Richtung Baar jährlich rund 40'000 Stunden in Form von Fahrzeitverzögerungen, VerkehrsteilnehmerInnen auf Freizeitfahrt 24'000 Stunden an Fahrzeitverzögerungen. Die Stau- und Langsamfahrkosten in Richtung Zug je Fahrzweck sind rund viermal geringer als in Richtung Baar.



Figur 20: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Baarerstrasse–Südstrasse über den Tag?



Figur 21: Wie verteilen sich die Staustunden auf dem Abschnitt Südstrasse–Baarerstrasse über den Tag?

Figur 20 und Figur 21 zeigen die Verteilung der Staustunden je Fahrtrichtung und Tageszeit. In Fahrtrichtung Baar ist ganz deutlich die sehr starke Abendspitze und die leichte Mittagsspitze zu erkennen. In der Fahrtrichtung fällt der grösste Teil der Stau- und Langsamfahrkosten auf diesem Abschnitt an und diese entstehen zu über 70% in der Abendspitze. In der Gegenrichtung sind die drei Spitzen praktisch ausgeglichen. Die deutlich geringeren Stau- und Langsamfahrkosten in diese Fahrtrichtung verteilen sich zudem fast gleichmässig über die Peakzeiten.

4.3. Sekundäre Stau- und Langsamfahrkosten

Staus bzw. durch hohes Verkehrsaufkommen verursachte Fahrzeitverzögerungen haben nicht nur Zeitkosten zur Folge. Weil sich das Fahrverhalten ändert, verändern sich auch die Betriebs- und Umweltkosten. Gleichzeitig verändern sich gegenüber der staufreien Situation auch die Art und Häufigkeit der Unfälle. Diese betragsmässig weniger bedeutenden Folgekosten der Stau- und Langsamfahrten werden in diesem Kapitel separat dargestellt und grob berechnet.

4.3.1. Staubedingte Betriebskosten (Treibstoffverbrauch)

Staus verursachen höhere Betriebskosten. Dazu zählen vor allem höhere Energiekosten und mehr Verschleiss wegen höherer Motorenbelastung. Generell nimmt der Treibstoffverbrauch bei Stau und starkem Stop&Go-Fahrmuster merklich zu. In der von uns angewendeten Definition von Stau gibt es aber nicht nur die Stop&Go-Fahrmuster. Als Fahrzeitverzögerung zählt auch, wenn wegen hohem Verkehrsaufkommen auf der Autobahn beispielsweise nur noch 60 statt 100 km/h gefahren werden kann. Diese Veränderung der Fahrweise kann sogar zu einem geringeren Energieverbrauch führen. Im Durchschnitt aber führen die im Kanton Zug gemessenen Fahrzeitverzögerungen zu einer Zunahme des Energieverbrauchs. Diese sollen ebenfalls monetär ausgedrückt werden. Gemäss dem Handbuch für Emissionsfaktoren (BUWAL 2000) verursacht das Stop&Go-Fahrmuster bei einem LKW einen Anstieg des Energieverbrauchs um den Faktor 3, bei den PW's auf den Autobahnen um Faktor 2 und Innerorts ebenfalls um Faktor 3. Aufgrund dieser Angaben ergibt sich, dass eine PW-Staustunde zusätzliche Energiekosten von rund 1 CHF und bei eine LKW-Staustunde entsprechend von 7.50

CHF verursacht¹³. Diese Kostensätze stellen eine Obergrenze dar, da sie effektiv auf einer Stausituation beruhen. Der grösste Teil der in Zug erfassten Stau- und Langsamfahrkosten entsteht nicht in einem effektiven Stau, sondern in dichtem Verkehr, der die Durchschnittsgeschwindigkeit senkt. Für den Kanton Zug hat dies zusätzlich zu den erfassten Zeitkosten folgende staubedingte Betriebskostenzunahme zur Folge:

	PW	LKW
Staubedingte Betriebskostenzunahme	1.1 Mio. CHF	0.5 Mio. CHF

Tabelle 11: Staubedingte Zunahme der Energiekosten im Kanton Zug.

Im Vergleich zu den Zeitkosten der Staus in Zug machen die höheren Betriebskosten knapp 3% aus. Dies verdeutlicht nochmals, wie dominant die Zeitkosten bei Stausituationen sind.

4.3.2. Staubedingte Umweltkosten

Bei den Umweltkosten wird zwischen Luftverschmutzungskosten (berechnet über NO_x Emissionen) und Klimakosten (über CO₂) unterschieden. In Stausituationen verändert sich der Schadstoffausstoss der Fahrzeuge gegenüber der unbelasteten Situation. In den bereits angesprochenen Publikationen (BUWAL 1995 und ASTRA 1997) sind die Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit und Schadstoffausstoss dargelegt. Wir beschränken uns hier darauf, die Ergebnisse der Untersuchungen auf den Kanton Zug anzuwenden. Bei den CO₂-Emissionen resultieren bei den PW im Stau Klimakosten von 15 Rappen pro Staustunde, bei den LKW solche von 1.20 CHF pro Staustunde. Bei den Luftverschmutzungskosten weist der PW mit und ohne Stau dieselben Emissionen auf, verursacht also keine zusätzlichen Kosten, beim LKW dagegen fallen Luftverschmutzungskosten von 1.60 pro Staustunde an. Dies ergibt folgende staubedingten Umweltkosten für den Kanton Zug:

13 Siehe auch ASTRA 1997: Staukosten im Strassenverkehr, Tabelle 11 „Herleitung der staubedingten Erhöhung der Energiekosten bei PW und LKW“.

Staubedingte Umweltkosten im Kanton Zug	PW	LKW
Luftverschmutzungskosten	~0	0.1 Mio. CHF
Klimakosten	0.2 Mio. CHF	0.1 Mio. CHF
Total Umweltkosten	0.2 Mio. CHF	0.2 Mio. CHF

Tabelle 12: Staubedingte Umweltkosten im Kanton Zug pro Jahr.

Die Werte dokumentieren, dass die staubedingten Umweltkosten noch geringer ausfallen als die Energiekosten und somit gegenüber den Zeitkosten unbedeutend sind.

4.3.3. Staubedingte Unfallkosten

Unfälle und Stau haben einen Zusammenhang. Einerseits ist häufig ein Unfall Ursache für einen Stau. Dieser Aspekt des Zusammenhangs interessiert hier aber nicht. Im Vordergrund steht die Frage, wie viele Unfälle sich wegen Staus ereignen und ob sich die Unfallart und die Schadenssumme von sonstigen Unfällen unterscheiden. In ASTRA (1998) wurde zu diesem Thema eine Untersuchung durchgeführt, welche sich auf die Unfallstatistik des Bundesamtes für Statistik, die Daten der Kantonspolizei Aargau zu Unfällen vor dem Baregg Tunnel und Daten der Kantonspolizei Zürich stützt. Diese Untersuchung zeigt, dass es sich bei den staubedingten Unfällen mehrheitlich um Auffahrunfälle handelt. Die nationale Unfallstatistik weist einen Anteil von rund 20% an Auffahrunfällen auf. Da nicht alle Auffahrunfälle in einem Stau geschehen, ist dies sicherlich eine Obergrenze. Gemäss den Auswertungen ist die Anzahl der Verletzten bei staubedingten Unfällen tendenziell tiefer als bei den übrigen Unfällen. Hingegen liegen die durchschnittlichen Sachschäden pro Unfall etwas höher. Wir nehmen an, dass dementsprechend zwischen 5% und 10% der gesamten Unfallkosten im Kanton Zug staubedingt sind. Wir haben von der Kantonspolizei Zug für das Jahr 2000 die genaue Unfallstatistik erhalten und darauf aufbauend die gesamten Unfallkosten errechnet¹⁴. Die staubedingten Unfallkosten im Kanton Zug betragen somit grob berechnet zwischen 2 und 4 Mio. CHF pro Jahr.

14 Details siehe Kapitel 5.1 Unfallkosten.

4.4. Stau- und Langsamfahrkosten im öffentlichen Verkehr

Auch im öffentlichen Busverkehr entstehen Stau- und Langsamfahrkosten. Zur Berechnung dieser Stau- und Langsamfahrkosten haben wir keine eigenen Datenerhebungen vorgenommen, sondern stützen uns auf die Angaben der Zugerland Verkehrsbetriebe AG. Die Stau- und Langsamfahrkosten des öffentlichen Strassenpersonenverkehrs setzen sich, wie in Kapitel 2 erwähnt, aus zwei Teilen zusammen. Einerseits sind die Verspätungen der geführten Kurse (ausgedrückt in Stunden pro Jahr) zu berücksichtigen. Betroffen sind dabei primär die Linien 3, 4, 7 und 14. Die Verspätungen entstehen in den Spitzenstunden am Morgen und am Abend. Die Anzahl der betroffenen Kurse mal die Auslastung mal die Verspätung ergeben den Zeitverlust infolge Staulagen. Im Kanton Zug beträgt dieser Zeitverlust im öffentlichen Verkehr rund 67'000 Stunden pro Jahr. In den Zeiten, in denen im ÖV gegenüber dem Fahrplan Verspätungen auftreten, ist der Fahrzwecksplit noch deutlicher Pendlerlastig als im privaten Strassenverkehr. Wir gehen von folgender Verkehrszweckaufteilung aus¹⁵: 90% Pendler, 5% Freizeit, 5% Geschäftsverkehr. Dies ergibt einen durchschnittlichen Stundensatz von gut 29 CHF. Die Stau- und Langsamfahrkosten im öffentlichen Strassenpersonenverkehr aufgrund der direkten Verspätungen beträgt pro Jahr knapp 2 Millionen CHF.

Stau- und Langsamfahrkosten öffentlicher Verkehr	Stau- und Langsamfahrkosten pro Jahr
Pendlerverkehr	1.57 Mio. CHF
Freizeitverkehr	0.04 Mio. CHF
Geschäftsverkehr	0.35 Mio. CHF
Total ÖV	1.96 Mio. CHF

Tabelle 13: Stau- und Langsamfahrkosten Kanton Zug im öffentlichen Strassenpersonenverkehr.

Der zweite Teil der Stau- und Langsamfahrkosten des ÖV ergibt sich aus der Tatsache, dass die Zugerland Verkehrsbetriebe auf einzelnen Linien in den Stosszeiten ein zusätzliches Fahrzeug einsetzen müssen, weil sie den Takt gemäss Fahrplan (z.B. ¼ h Takt) mit der normalen Anzahl Fahrzeuge nicht einhalten können, weil die Kurse we-

¹⁵ Analog zu den Annahmen bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung erste Etappe Stadtbahn Zug (INFRAS 2000).

gen Stau regelmässig Verspätung haben. Die Kosten für die zusätzlichen Kurse widerspiegeln ebenfalls Stau- und Langsamfahrkosten. Nur dank dem Einsatz dieser Zusatzkurse können weitere Fahrzeitverzögerungen für die Passagiere vermieden werden. Gemäss den Angaben der Verkehrsbetriebe betragen die Kosten für die erwähnten Zusatzkurse rund 0.7 Mio. CHF¹⁶.

Die Stau- und Langsamfahrkosten des öffentlichen Strassenpersonenverkehrs im Kanton Zug betragen somit rund 2.7 Mio. CHF. Dies entspricht etwa 5% der Stau- und Langsamfahrkosten des privaten Strassenverkehrs. Ein direkter Vergleich der beiden Werte der Stau- und Langsamfahrkosten vom öffentlichen und vom privater Verkehr ist jedoch schwierig, da die Konzepte der Stau- und Langsamfahrkosten verschieden sind. Beim ÖV ergeben sich Stau- und Langsamfahrkosten aus der Abweichung vom gedruckten Fahrplan, welcher unterschiedlich hohes Verkehrsaufkommen bereits (z.B. über eine Fahrzeitreserve) mit einbezieht. Das von uns verwendete Konzept ist deutlich feiner und führt entsprechend auch zu höheren Kosten der Fahrzeitverzögerungen, welche detailliert erfasst werden.

4.5. Plausibilisierung der Zeitverluste

In diesem Kapitel werden die ausgewiesenen Zeitverluste und Stau- und Langsamfahrkosten auf vier verschiedene Arten plausibilisiert:

- a) Wie stark unterschieden sich die Fahrgeschwindigkeiten auf ausgewählten Abschnitten in Off-Peak und Peak-Zeiten? (Kapitel 4.5.1)
- b) Wie fällt ein Vergleich unserer erfassten Fahrzeiten (Beispiel) mit den Resultaten des kantonalen Verkehrsmodells aus? Sind die Fahrzeiten ähnlich? (Kapitel 4.5.2)
- c) Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten auf den Autobahnabschnitten in Zug anhand der Staumeldungen (eine der Methoden der ASTRA-Studie). Wie unterscheiden sich diese Resultate von unseren Ergebnissen für dieselben Abschnitte? Sind die Abweichungen begründbar? (Kapitel 4.5.3)

16 Auskunft der Zuger Verkehrsbetriebe 1999.

- d) Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten für den Kanton Zug über die in der ASTRA-Studie für die ganze Schweiz errechneten Kosten. Sind die Abweichungen dieses Resultats zu unserem Ergebnis begründbar? (Kapitel 4.5.4)

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Plausibilisierungen detailliert dargestellt. Als Fazit kann man sagen:

Unsere Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten scheint plausibel. Die Fahrgeschwindigkeiten in den Peak- und Off-Peak-Zeiten sind nachvollziehbar. Der (rudimentäre) Vergleich zum Verkehrsmodell weist ebenfalls nicht auf Unstimmigkeiten hin. In Bezug auf die Stau- und Langsamfahrkosten in CHF liegt unser Resultat am höchsten. Dies hängt mit der Definition von Stau an sich zusammen. Unsere Definition erfasst bereits relativ geringe Fahrzeitverzögerungen bei erhöhtem Verkehrsaufkommen in den Peak-Zeiten, was aus verkehrsplanerischer Sicht auch sehr wichtig ist. Wenn Stau definiert ist als stockender Kolonnenverkehr oder stehender Stau wie in der ASTRA-Studie, dann fallen die Kosten deutlich geringer aus. Die Differenz unseres Ergebnisses zu den Resultaten der ASTRA-Studie sind aufgrund der Definitionsunterschiede ebenfalls plausibel.

4.5.1. Abnahme der Fahrgeschwindigkeiten

Abschn.	Name	Geschw. Off-Peak (km/h)	Geschwindigkeit Peak (km/h)			Mittlere Abnahme (km/h)
			Mo	Di-Do	Fr	
a2	Baarerstr–Südstr	34.0	26.2	18.6	21.8	-12
b2	Baarerstr–Südstr	33.8	26.0	28.1	26.1	-7
a22	Hagendorn–Krzg Zugerstr	38.7	18.4	19.2	19.7	-20
b22	Krzg Zugerstr–Hagendorn	51.3	26.9	24.7	24.4	-26
a45	Steinhauserstr–Postplatz	33.8	25.6	24.0	24.0	-9
b45	Postplatz–Steinhausertstr	39.1	37.9	34.7	34.3	-3
a7	Baar–Walterswil	81.8	43.6	60.1	66.4	-25
b7	Walterswil–Baar	97.5	97.5	92.7	90.1	-4
a18	Cham–Holzhäusern	99.7	96.2	98.5	95.3	-7
b18	Holzhäusern–Cham	115.6	93.6	108.2	106.0	-13

Tabelle 14: Fahrgeschwindigkeiten im Vergleich: Peak-, Off-Peak-Stunden.

Die von den StaufahrerInnen erfassten Zeitverluste können auch als Reduktion der Fahrgeschwindigkeit ausgewiesen werden (siehe Tabelle 14). Es wurden fünf Abschnitte zur exemplarischen Berechnung ausgewählt. Die zwei Autobahnabschnitte (a7/b7 und a18/b18) fallen durch die Differenz zwischen der Fahrgeschwindigkeiten in den beiden Fahrtrichtungen auf. Zwischen Baar und Walterswil kann am Montag zu Spitzenzeiten nur halb so schnell gefahren werden, wie in den unbelasteten Tageszeiten. Auf dem Abschnitt a2/b2, demjenigen mit dem zweithöchsten Betrag an Stau- und Langsamfahrkosten (siehe Tabelle 7), sind die absoluten Geschwindigkeitsverluste auf den ersten Blick weniger drastisch. Es handelt sich hier aber um einen sehr stark befahrenen Abschnitt, auf dem viele VerkehrsteilnehmerInnen von den Zeitverlusten betroffen sind. Im Gegensatz dazu fallen die zum Teil beträchtlichen Reduktionen der Fahrgeschwindigkeit auf dem Abschnitt a22/b22 (von rund 40 km/h auf 20 km/h) kostenmässig wenig ins Gewicht.

Generell weisen Abschnitte mit hohen Stau- und Langsamfahrkosten und vergleichbarer Belastung grössere Reduktionen der Fahrgeschwindigkeiten auf.

4.5.2. Vergleich mit dem kantonalen Verkehrsmodell

Im Rahmen des Projekts „Wirtschaftlichkeit der ersten Etappe Stadtbahn Zug“ (INFRAS 2000) haben wir uns auf Daten aus dem Verkehrsmodell der Firma Jenni und Gottardi abgestützt, um die Zeitgewinne der BahnbenutzerInnen bei einem Umsteigen vom MIV auf die Stadtbahn zu berechnen. Dazu benutzten wir die Fahrzeiten in den HVZ (17–18h). Da wir im Rahmen des Projekts über die Stau- und Langsamfahrkosten eine eigene Datenerhebung zu den Fahrzeitverzögerungen durchgeführt haben, möchten wir unsere empirischen Ergebnisse mit den damals verwendeten Daten vergleichen. Untenstehende Tabelle stellt für einen Abschnitt den Vergleich der Zahlen von Jenni und Gottardi gegenüber unseren aus den Staufahrten gewonnenen Ergebnissen. Dieser Vergleich kann auch für weitere Abschnitte durchgeführt werden.

Fahrzeit in Minuten	INFRAS 2000	Jenni und Gottardi	Differenz
Zug–Baar	13.10	12.30	40 Sekunden

Tabelle 15: Vergleich der Fahrzeiten aus den Datenerhebungen für die Studie „Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug“ mit den Modelldaten des Verkehrsmodells von Jenni und Gottardi.

Auf dem verglichenen Abschnitt sind die beiden Ergebnisse sehr ähnlich. Einen grösseren Unterschied verzeichnen wir beim Vergleich der Off-Peak-Fahrzeiten. Laut unseren Erhebungen beträgt die Fahrzeit im Off-Peak auf der Strecke Zug-Baar 8.30 Minuten, das Verkehrsmodell von Jenni und Gottardi dagegen geht von 6.10 Minuten aus. Der Unterschied kann zwei Gründe haben. Zum einen verwenden wir eine andere Definition von „Off-Peak“, indem wir den Durchschnitt der Nicht-Peak-Fahrzeiten verwenden. Im Verkehrsmodell ist es eher die gesamthaft kürzeste Fahrzeit (im verkehrärmsten Zeitfenster). Zum anderen basieren die Daten im Verkehrsmodell nicht auf empirischen Messungen sondern auf modelltheoretischen Annahmen.

4.5.3. Vergleich mit ASTRA-Resultaten für Zug

Die ASTRA-Studie (INFRAS 1998) berechnete für die gesamte Schweiz die Stau- und Langsamfahrkosten. Dabei wurden Stau definiert als stockender Kolonnenverkehr oder stehende Kolonne. Übrige Fahrzeitverzögerungen bei zunehmender Verkehrsdichte sind werden nicht betrachtet. Dieser Ansatz führt zu deutlich geringeren Stau- und Langsamfahrkosten und reduziert die Analyse auf das Phänomen des (beinahe) Verkehrszusammenbruchs.

Wie hoch würden nun die Stau- und Langsamfahrkosten auf den Autobahnen im Kanton Zug ausfallen, wenn sie nach der selben Methodik berechnet würden? Um dies zu überprüfen, nehmen wir die Autobahnabschnitte im Kanton Zug als Beispiel. Wir berechnen anhand der offiziellen Staumeldungsstatistik, nach derselben Methodik wie in der ASTRA-Studie dargelegt, die Stau- und Langsamfahrkosten auf den Autobahnen im Kanton Zug und vergleichen das Resultat mit den Stau- und Langsamfahrkosten nach unserer Definition auf denselben Abschnitten. Der Vergleich soll zeigen, welcher Teil der von uns berechneten Stau- und Langsamfahrkosten in Situationen nahe dem Verkehrszusammenbruch verursacht wird und welcher Teil lediglich auf Fahrgeschwindigkeitseinbussen zurückzuführen sind.

Gemäss unserer Definitionen der Stau- und Langsamfahrkosten betragen die Stau- und Langsamfahrkosten auf den Autobahnabschnitten im Kanton Zug 17.3 Mio. CHF. Wenn man nur stockenden Kolonnenverkehr und stehende Kolonnen als Stau berücksichtigt, dann betragen die Stau- und Langsamfahrkosten auf denselben Autobahnabschnitten 3.6 Mio. CHF. Dies entspricht 21% unseres Resultats. Etwa ein Fünftel der von uns auf den Autobahnen ausgewiesenen Stau- und Langsamfahrkosten fällt effektiv in stockendem Kolonnenverkehr oder stehenden Staus an, der Rest ergibt sich aus

der Summe der vielen kleinen Fahrzeitverzögerungen (Geschwindigkeitsverringering wegen erhöhtem Verkehrsaufkommen).

4.5.4. Vergleich mit Staukostenstudie des ASTRA 1998

INFRAS (1998) hat die Staukosten in der Schweiz (Nationalstrassen und Agglomeration) errechnet. Die Studie kommt gesamtschweizerisch auf Staukosten von 1.23 Mia. CHF pro Jahr. Unser Ergebnis für die Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug steht im Verhältnis 1:20 zum ASTRA-Resultat für die ganze Schweiz. Vergleichen wir die Anzahl im Kanton Zug gefahrenen Fahrzeugkilometer von Personenwagen mit den gesamten Anzahl Fahrzeugkilometer in der Schweiz, dann kommen wir auf ein Verhältnis von 1:70. Im Vergleich mit diesem Ergebnis erscheint das Resultat für die Stau- und Langsamfahrkosten im Kanton Zug relativ (überproportional) hoch. Der Grund dafür liegt zum einen darin, dass wir im Kanton Zug praktisch das gesamte Strassennetz erfasst haben und somit die Stau- und Langsamfahrkosten einer Region detailliert auf Basis spezieller Fahrtenerhebungen errechnet haben. Somit weisen wir eine viel vollständigere Abdeckung des Untersuchungsgebietes auf als die ASTRA-Studie. Der Hauptgrund für die Resultatsunterschiede liegt jedoch in einer anderen Definition von Stau. In der vorliegenden Studie ergeben sich die Stau- und Langsamfahrkosten aus den Fahrzeitverzögerungen gegenüber der durchschnittlichen Fahrzeit in den verkehrarmen Nebenzeiten (Off-Peak). Die ASTRA-Studie zählt eine Situation als Stau, wenn über eine gewisse Zeit eine Verkehrsbeeinträchtigung (stockender Kolonnenverkehr oder stehender Stau) auftritt.

Wenn wegen hohem Verkehrsaufkommen die Fahrzeiten zunehmen, der Verkehr aber flüssig bleibt, ergäben sich gemäss ASTRA-Studie keine Staukosten. In der vorliegenden Studie für Zug hingegen erfassen wir diese Verzögerungen als Stau- und Langsamfahrkosten. Die in unserem Konzept gewählte Staudefinition ist mit einer deutlich tieferen Stauschwelle verbunden als jene in der ASTRA-Studie und entsprechend fallen die vergleichbaren Ergebnisse unserer Auswertung höher aus.

Die ASTRA Studie weist für die gesamte Schweiz Staukosten im Umfang von 1.23 Mia. CHF aus. Wenn wir die Anzahl Fahrzeugkilometer im Kanton Zug durch die im selben Jahr für die ganze Schweiz ermittelte Anzahl Fahrzeugkilometer teilen und dann mit dem Total der Staukosten Schweiz gemäss ASTRA-Methode multiplizieren, dann erhalten wir in etwa die Staukosten des Kantons Zug gemäss ASTRA-Methode. Der Kanton Zug weist rund 1.4% der gesamtschweizerisch gefahrenen Fahrzeugkilometer auf.

Bezogen auf die 1.23 Mia. CHF Staukosten in der Schweiz, fielen demnach rund 17.8 Mio. CHF Staukosten in Zug an.

Die von uns berechneten Stau- und Langsamfahrkosten von 54 Mio. CHF liegen etwa dreimal höher. Dies verdeutlicht, dass wir eine sehr umfassende Definition von Stau angewendet haben, welche auch kleine Fahrzeitverzögerungen aufgrund von Fahrgeschwindigkeitseinbussen berücksichtigt. Für die Verkehrsplanung ist eine derart feine Erfassung des Stauphänomens äusserst sinnvoll, weil nicht nur interessiert, wo der Verkehrsfluss beinahe ganz zum Erliegen kommt, sondern wo im Gesamtsystem die kapazitätsmassig kritischen und belasteten Abschnitte (für die zukünftige Entwicklung) liegen. Bei der Kommunikation gegen aussen muss aber mit Nachdruck darauf hingewiesen werden, dass nur ein kleiner Teil der von uns ausgewiesenen Stau- und Langsamfahrkosten effektiv in Situationen nahe dem Verkehrszusammenbruch anfallen. In Zug gibt es das Phänomen des stockenden Kolonnenverkehrs oder des stehenden Staus relativ selten.

4.6. Grobprognose der Stau- und Langsamfahrkosten bis 2010

Für das Basisjahr 2000 betragen die Stau- und Langsamfahrkosten in Zug rund 54 Millionen Franken. Wie entwickeln sich diese Kosten nun in Zukunft? Eine Prognose der Stau- und Langsamfahrkosten ist mit sehr vielen Unsicherheiten behaftet, da sie von einer Vielzahl von Faktoren abhängt (Infrastrukturausbau, Angebot ÖV, Treibstoffpreise, Arbeitsplatzentwicklung, Konjunktur, etc.). Wir versuchen hier unter Darlegung der wichtigen Annahmen dennoch eine grobe Abschätzung der Entwicklung der Stau- und Langsamfahrkosten in den nächsten 10 Jahren.

In Stausituationen geht man davon aus, dass mit zunehmenden Verkehrsvolumen auf einem Strassenabschnitt die Fahrzeitverzögerungen überproportional zunehmen (Speed-flow-Diagramme). Dies deshalb, weil nahe an der Kapazitätsgrenze einer Strasse wenige zusätzliche Fahrzeuge zum Wechsel von noch flüssigem zu stockendem Verkehr führen können. Entsprechend würde man bei unveränderter Infrastrukturausstattung mit einer überproportionalen Zunahme der Stau- und Langsamfahrkosten auch in Zug rechnen.

Die statistischen Analysen der Fahrzeitverzögerungsdaten im Kanton Zug haben aber gezeigt, dass die Stauzeiten bei einer Verkehrszunahme unterproportional zunehmen. Die Stausituation im Kanton Zug ist deshalb nicht als akut einzuschätzen. Es gibt nur in Ausnahmefällen eigentliche Verkehrskollapse.

Bei unveränderter Infrastruktur (Strasse und Schiene) würde das bedeuten, dass wohl auch in Zukunft die Zunahme der Stau- und Langsamfahrkosten geringer ausfällt als das allgemeine Verkehrswachstum, im schlechteren Fall aber sicher nicht stärker als proportional zum Verkehrswachstum. Bei einem unterstellten Verkehrswachstum von 1% pro Jahr würde dies eine Zunahme der Stau- und Langsamfahrkosten auf jährlich rund 60 Mio. CHF bis ins Jahr 2010 bedeuten.

Nun plant der Kanton Zug in den nächsten Jahren Ausbauten der Verkehrsinfrastrukturen. Am konkretesten steht der Bau der ersten Etappe der Stadtbahn Zug an, welche über Umsteigeeffekte und Aufnahme des über die Jahre erwarteten Mehrverkehrs ab 2004 zu einer Verringerung der Stau- und Langsamfahrkosten auf der Strasse. 2010 beträgt die erwartete Verringerung der Stau- und durch die Stadtbahn rund 5 Mio. CHF pro Jahr (INFRAS 2000). Zudem sind verschiedene Ausbauten der Strasseninfrastruktur vorgesehen. Beispiele sind das Chamer Konzept, der direktere Anschluss von Zug an Autobahnanschluss in Baar, der Ausbau auf 6 Spuren auf der A4 von der Blegikurve-Holzhäusern, der Mittelverteiler. Ohne auf die einzelnen Projekte einzugehen, nehmen wir an, dass einige der Pläne realisiert werden und 2010 eine staumindernde Wirkung aufweisen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der induzierte Mehrverkehr allenfalls einen Teil dieser Wirkung rückgängig macht.

Insgesamt führt dies zu unserer Grobschätzung, dass die Stau- und Langsamfahrkosten in den nächsten Jahren bis zur Realisierung der Stadtbahn leicht zunehmen und danach dank der Entlastung dank der Stadtbahn und gegen Ende des Jahrzehnts auch wegen erster Strasseninfrastrukturweiterungen wieder abnehmen und bis 2010 auf einem vergleichbaren Niveau wie heute liegen.

5. Interpretation der Ergebnisse

5.1. Vergleich

Die ermittelten Stau- und Langsamfahrkosten betragen für den Kanton Zug rund 54 Mio. CHF. Praktisch vernachlässigbar sind die sekundären Staukosten, die durch den Stau zusätzlich verursachten Kosten in Form von höherem Treibstoffverbrauch, zusätzlichen Unfall- und Umweltkosten. Das Niveau der Stau- und Langsamfahrkosten ist im Vergleich zu den bisher ermittelten Werten für die Schweiz relativ hoch. Dies liegt weniger an einer besonderen Situation im Kanton Zug, sondern am Berechnungskonzept. Stau ist hier definiert als Differenz der Fahrzeiten zwischen Peak und Off-Peak, ohne dass spezifische Schwellenwerte berücksichtigt worden sind. Es handelt sich also um die Zeitverzögerungen, die pro Jahr im Kanton entstehen, weil in den Spitzenzeiten ein höheres Verkehrsvolumen zu bewältigen ist. Berücksichtigt man nur diejenigen Situationen, wo effektiv stehende Kolonnen und Verkehrszusammenbrüche entstehen, kann die ASTRA-Staustatistik zu Grunde gelegt werden. Demnach ergibt sich so eine Größenordnung von 3.6 Mio. Franken für Autobahnstaus im Kanton Zug. Gemäss unseren Berechnungen ergeben sich aber insgesamt 17.3 Mio. Franken auf Autobahnen. Dies zeigt deutlich, dass unsere Definition von Stau- und Langsamfahrkosten deutlich weiter gefasst ist und alle Fahrtzeitverzögerungen berücksichtigt.

5.2. Was sagen die Kosten aus?

5.2.1. Monetäre und nicht-monetäre Kosten

Ein Teil der ermittelten Kosten ist nicht monetär, d.h. sie fallen nicht direkt in Form von verlorenem Geld an:

- Stau- und Langsamfahrkosten: Normalerweise sind die Kosten des professionellen Verkehrs (gut die Hälfte der Stau- und Langsamfahrkosten) Kosten, die den einzelnen VerkehrsteilnehmerInnen in Form von Geldeinheiten anfallen. Die übrigen Kosten sind in erster Linie als individuelle (Zeit-)Einbussen zu interpretieren.
- Sekundäre Staukosten: Ein Teil der Kosten kann durch Todesfälle entstehen, in Form von Produktionsausfällen für die Volkswirtschaft, aber auch in Form von

Leid für die Angehörigen. Letztere Kosten sind relativ bedeutend und weisen nur dann einen monetären Bezug auf, wenn Versicherungsleistungen anfallen.

Bei den sekundären Umweltkosten sind es in erster Linie zusätzliche Gesundheitskosten für die Bevölkerung.

5.2.2. Interne und externe Kosten

Welche Kosten sind nun intern, d.h. werden durch die Verursacher selbst getragen, und wo handelt es sich um echte Externalitäten, wo also der Strassenverkehr der Allgemeinheit Kosten aufbürdet? Wir können wiederum die einzelnen Kostenarten unterscheiden:

Die Stau- und Langsamfahrkosten sind zu einem grossen Teil interne Kosten. Die AutofahrerInnen tragen die entstehenden Zeitkosten selbst. Der Bevölkerung werden höchstens Sekundäreffekte wie grössere Luftbelastungen aufgebürdet. Wie wir gesehen haben, sind diese Kosten aber praktisch vernachlässigbar. Als extern werden die Kosten dann bezeichnet, wenn zusätzliche Fahrzeuge zu einer Erhöhung der Kosten beitragen, also zusätzliche Kosten für die anderen AutofahrerInnen entstehen. In Zug sind diese externen Kosten praktisch vernachlässigbar.

5.2.3. Resultierende Ineffizienzen im Strassenverkehr

Was heisst das nun für den Verkehr im Kanton Zug? Die ermittelten Stau- und Langsamfahrkosten geben uns an, wie effizient der Verkehr abgewickelt wird. Ein Teil dieser Kosten ist intern, ein anderer extern. Aus ökonomischer Sicht müssen für diese Stau- und Langsamfahrkosten Preise berechnet werden, die dann in Form eines Road Pricings den AutofahrerInnen angelastet würden. Ein solch differenzierteres Preissystem könnte die heute wenig differenzierte fixe Motorfahrzeugsteuer oder gar ein Teil der Mineralölsteuer längerfristig ersetzen. Wenn diese Preise (z.B. für einzelne stark belastete Korridore) den externen Stau- und Langsamfahrkosten entsprechen würden, wären die Ineffizienzen beseitigt. Zu erwarten ist eine Reaktion der VerkehrsteilnehmerInnen (Ausweichen auf andere Tageszeiten, Umsteigen auf öffentlichen Verkehr, Verzicht auf Fahrten). Diese Reaktionen würden den Verkehrsfluss effizienter machen.

Eine solche Form der Internalisierung der externen Stau- und Langsamfahrkosten ist aber momentan noch Zukunftsmusik. Vielmehr geht es heute darum, aus den Kostenschätzungen Ansätze für verkehrspolitische Handlungsfelder abzulesen. Folgende Anknüpfungspunkte stehen im Vordergrund:

Die Stau- und Langsamfahrkosten zeigen auf, dass die Kapazitätsverhältnisse im Verkehr knapp sind. Zusätzliche kapazitätsbeschränkende Massnahmen würden diese Kosten weiter erhöhen. Ist es nun angesichts der ermittelten Stau- und Langsamfahrkosten auch angezeigt, zusätzliche Infrastruktur (Strassen) zu bauen? Ja und nein: Erst wenn die Zusatzkosten der Infrastruktur mit den gesparten Stau- und Langsamfahrkosten verglichen werden, lässt sich Konkretes dazu sagen: Aus ökonomischer Sicht gilt: Wenn die Strassenbaukosten geringer sind als die eingesparten Stau- und Langsamfahrkosten, dann lohnt sich ein Ausbau.¹⁷ Ansonsten sind die Stau- und Langsamfahrkosten zwar vorhanden, aber nicht als Ineffizienz des Strassenverkehrs zu betrachten, sondern als Folge von dichtem Verkehr im stadtnahen Gebiet. Auch eine noch so offensive Ausbaupolitik wird die Stau- und Langsamfahrkosten nie zum Verschwinden bringen können.

Nehmen wir als Beispiel den zur Diskussion stehenden Autobahnanschluss in Baar. Gemäss unseren Berechnungen entstehen im Raum Cham ca. jährliche Stauskosten von ca. 10 Mio. Franken. Wenn also ein Verkehrsprojekt dazu führen würde, dass diese Fahrzeitverzögerungen gänzlich verschwinden, kann diesem Projekt ein Nutzen von 10 Mio. Franken gutgeschrieben werden. Dieser (und auch weitere Nutzen) sind nun mit den entsprechenden Ausbaukosten zu vergleichen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Stadtbahn Zug bereits einen Teil dieser Nutzen vorweg nimmt.

Wie entwickelt sich die Situation in Zukunft? Zu erwarten ist, dass mit dem zusätzlichen Verkehrsvolumen die Stau- und Langsamfahrkosten insgesamt zunehmen, und dass bei gravierenden – Kapazitätsengpässen auch die Stau- und Langsamfahrkosten pro Fahrt zunehmen. In Zukunft ist also der Nutzen einer Infrastrukturinvestition höher als heute, weil zusätzliche Zeitkosten vermieden werden können. Dies gilt aber sowohl für Strassenbau- wie auch für Investitionen in den öffentlichen Verkehr.

17 Dabei sind aber auch weitere Effekte des Verkehrs (v.a. Sicherheit und Umwelt) zu berücksichtigen.

6. Folgerungen

Die obigen Ausführungen haben gezeigt, dass sich aus den ermittelten Kosten kein unmittelbarer verkehrspolitischer Handlungsbedarf ableiten lässt. Vielmehr dienen die Informationen als Grundlage für die zukünftige Verkehrsplanung, am besten für Zweckmässigkeits- oder Wirtschaftlichkeitsanalysen von Verkehrsinfrastrukturprojekten. Ein gutes Beispiel dafür ist das Projekt „Stadtbahn Zug“. Obwohl ein ÖV-Projekt, trägt es dazu bei, die Stau- und Langsamfahrkosten im Strassenverkehr (vor allem auf den hochbelasteten Korridoren Cham bzw. Baar–Zug) zu reduzieren, indem ein Teil des heutigen Verkehrs, vor allem aber das zukünftige Verkehrswachstum auf die Stadtbahn umgelagert werden kann. Die Informationen über die Zeitverluste auf diesem Korridor (als Teilprodukt der vorliegenden Studie) können entsprechend als Indikator für mögliche Nutzen der Stadtbahn verwendet werden. Dies wurde in der vom Amt für öffentlichen Verkehr erstellten Wirtschaftlichkeitsstudie (INFRAS 1999) effektiv auch gemacht.

Die Gesamtkosten liefern interessante und einfach kommunizierbare Grössenordnungen über die Kostenfolgen des Verkehrs. Die disaggregierten Werte (auf Korridorebene) sind aber letztlich für die Verkehrsplanung und Verkehrspolitik viel interessanter und können für die zukünftige Evaluation von Infrastrukturprojekten sinnvoll eingesetzt werden. Der Kanton Zug hat mit der detaillierten Erhebung der Stau- und Langsamfahrkosten auf verschiedenen Korridoren eine wichtige Wissenslücke geschlossen und gleichzeitig schweizerische Pionierarbeit geleistet.

Anhang

Anhang 1: Fahrtenblätter/Erhebungsblatt; Grundlagen zur Datenerhebung Fahrzeiten

Fahrtenblatt				
Name StaufahrerIn:				
Name Vorname _____				
Korridor: Root-Sihlbrugg (RS) und retour (SR)				
Zeitfassung (Stoppuhr)				
Startpunkt	Datum: _____ Wochentag: _____ Zeit: _____	Datum: _____ Wochentag: _____ Zeit: _____	Datum: _____ Wochentag: _____ Zeit: _____	Datum: _____ Wochentag: _____ Zeit: _____
Start-bzw. Endpunkt Root				
Nach Verzweigung Rütihof/Holzhäusern				
Nach Autobahneinfahrt Cham				
Ende Blegikurve				
Nach Autobahneinfahrt Zug				
Nach Autobahneinfahrt Baar				
Einfahrt Sihlbrugg Start-bzw. Endpunkt				

Kontroll-und Merkblatt für:							
Verantwortlich für Korridor: Name, Vorname							
Root-Sihlbrugg (RS) und retour (SR)							
Zu absolvierende Fahrten zwischen 30.10 und 19.11.2000							
Wochentag	Uhrzeit						
	6 ½ - 8		9-11 od. 14-16		16-18		
	A-B	B-A	A-B	B-A	A-B	B-A	
Mo							
Di od. Mi od. Do							
Fr							
Sa							
So							
<p>⇒ ergibt total 26 Fahrten</p> <p>Bitte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Immer gleiche Route fahren • Tempolimiten einhalten • Immer nach der Passage des Abschnitts Zeit nehmen (vor allem bei jeder Fahrt am selben Ort) • Zeiten der Fahrt im ganzen Korridor erfassen und nicht Stauzeiten <p>Anleitung Stoppuhr:</p> <ul style="list-style-type: none"> • „MODE“-Taste drücken bis oben links „00“ und „LAP“ aufleuchtet • Mit der rechten oberen Taste starten • Mit der linken oberen Taste Zwischenzeiten stoppen • Mit der rechten oberen Taste am Ende der Strecke abstoppen • Taste „RECALL“ drücken um die einzelnen Zwischenzeiten abzurufen • Nach Eintrag der Zeiten auf dem Fahrtenblatt: Mit der linken oberen Taste auf Null zurückstellen 							

Anhang 2: Übersicht über die ausgewählten Korridore und Auflistung der jeweils zuständigen StaufahrerInnen des TCS Kanton Zug

Korridore der Staukostenerhebungsfahrten und StaufahrerInnen des TCS Sektion Zug			
Korridor-Nummer	Korridor	Name StaufahrerIn	Wohnort
K1	Root-Sihlbrugg und retour	Paul Gnos	Rotkreuz
K1	Root-Sihlbrugg und retour	Ibrahim Berber	Baar
K2	Root-Walterswil und retour	René Gfeller	Baar
K2	Root-Walterswil und retour	Felix Birchler	Baar
K3	Root-Oberwil und retour	Adrian Capaul	Cham
K3	Root-Oberwil und retour	Josef Trinkler	Oberwil b. Zug
K4	Küssnacht-Steinhauserstrasse-Küssnacht	Ruedi Luthiger	Buonas
K5	Hünenberg-Allenwinden und retour	Edith Kaufmann	Hagendorn
K5	Hünenberg-Allenwinden und retour	Marin Geissmann	Hünenberg
K6	Hagendorn-Zuger-/Chamerstrasse-Hagendorn	Carmenlo Hochstrasser	Hagendorn
K6	Hagendorn-Zuger-/Chamerstrasse-Hagendorn	Robert Gottschalk	Hagendorn
K7	Walchwil-Sihlbrugg und retour	Erich Arnold	Zug
K7	Walchwil-Sihlbrugg und retour	Rita Hess	Walchwil
K8	Unterägeri-Ebertswil und retour	Lilian Züger	Allenwinden
K8	Unterägeri-Ebertswil und retour	Walter Heidelberger	Unterägeri
K9/K10	Postplatz-Autobahnausfahrt Zug-Postplatz und Rigiplatz-Autobahnausfahrt Zug-	Anton Birchler	Zug
K9/K10	Postplatz-Autobahnausfahrt Zug-Postplatz und Rigiplatz-Autobahnausfahrt Zug-	Ulrich Boenzli	Steinhausen
K9/K10	Postplatz-Autobahnausfahrt Zug-Postplatz und Rigiplatz-Autobahnausfahrt Zug-	Frida Speck	Zug
K11	Menzingen-Riedmatt und retour	Hans Schwarz	Menzingen
K11	Menzingen-Riedmatt und retour	Rainer Hallauer	Menzingen
K12	Baar-Zugerbergstrasse und retour	Caspar Hürlimann	Zug
K12	Baar-Zugerbergstrasse und retour	Hansruedi Walder	Zug

Anhang 4: Detaillierte Ergebnistabelle nach Abschnitten

Code	Abschnittsname	Staukosten pro Jahr (2000)					(= Fz-h * Belegung * Kostensatz*12/Monatsfaktor)				
		Montag					Dienstag/Mittwoch/Donnerstag				
		Pendler	Geschäft	Freizeit	Total-P	Güter	Pendler	Geschäft	Freizeit	Total-P	Güter
a1	Ageristr-Walterswil	1155	1848	277	3280	491	4989	7983	1197	14170	2123
b1	Walterswil-Ageristr.	314	502	75	891	133	79	127	19	225	34
a2	Baarerstr-Südstr	25609	40974	6146	72729	7114	69163	110660	16599	196422	19212
b2	Südstrasse-Baarerstrasse	17079	27326	4099	48504	4744	12824	20518	3078	36419	3562
a3	Baar-Göblstrasse	5523	8836	1325	15684	1534	718	1149	172	2040	200
b3	Göblstrasse-Baar	19610	31377	4707	55694	5447	3334	5335	800	9470	926
a7	Baar-Walterswil	64534	103254	15488	183276	37411	23711	37938	5691	67340	13746
b7	Walterswil-Baar	0	0	0	0	0	4116	6586	988	11690	2386
a8	Baar-Zug Autobahn	4365	6985	1048	12398	2531	1969	3150	473	5592	1141
b8	Zug Autobahn-Baar	11832	18931	2840	33602	6859	18328	29324	4399	52050	10625
a9	Bärenplatz-Steinhausstr	31713	50740	7611	90064	13495	35987	57579	8637	102203	15314
b9	Steinhausstr-Bärenplatz	46347	74156	11123	131626	19722	47540	76064	11410	135013	20230
a10	Blegi-Cham	5533	8853	1328	15714	2355	3475	5560	834	9869	1479
b10	Cham-Blegikurve	3404	5446	817	9667	1449	4548	7277	1091	12916	1935
a11	Blegi-Zug Autobahn	5636	9017	1353	16005	2398	12740	20384	3058	36182	5421
b11	Zug Autobahneinf-Blegikurve	4345	6952	1043	12340	1849	3188	5101	765	9054	1357
a13	Chamerstr-Grindel	3675	5880	882	10437	2131	1929	3087	463	5479	1118
b13	Grindel-Chamerstrasse	4326	6922	1038	12286	1841	1373	2196	329	3898	584
a17	Chamerstr-Zug Autobahn	5287	8459	1269	15014	2250	10042	16068	2410	28520	4273
b17	Autob'ausf Zug-Chamerstr	23299	37278	5592	66169	9914	22419	35870	5380	63669	9540
a18	Cham-Holzhausern	5884	9415	1412	16711	2504	5360	8576	1286	15223	2281
b18	Holzhausern-Cham	23280	37248	5587	66115	9906	6469	10350	1552	18371	2753
a19	Göblstr-Gubelstr	1518	2428	364	4311	422	2256	3609	541	6407	627
b19	Gubelstrasse-Göblstrasse	4397	7035	1055	12487	1221	1878	3004	451	5333	522
a20	Gubelstr-Chamerstr	8348	13357	2003	23708	3552	26453	42325	6349	75128	11257
b20	Chamerstr-Gubelstr	0	0	0	0	0	546	873	131	1549	232
a22	Hagendorn-Krzz Zugerstr	5475	8761	1314	15550	2330	4163	6661	999	11823	1772
b22	Krzz Zugerstr-Hagendorn	787	1259	189	2236	335	3008	4813	722	8543	1280
a24	Holzhausern Küssnacht	3024	4838	726	8587	2240	1618	2588	388	4594	1198
b24	Küssnacht-Holzhausern	6421	10273	1541	18235	4756	4094	6550	983	11626	3032
a25	Hünenberg-Rabenplatz	434	695	104	1233	185	3210	5136	770	9117	1366
b25	Rabenplatz-Hünenberg	695	1112	167	1974	296	0	0	0	0	0
a26	Kolinplatz-Oberwil	266	425	64	754	74	4005	6408	961	11375	1113
b26	Oberwil-Kolinplatz	17778	28445	4267	50489	4938	16594	26551	3983	47128	4610
a27	Kolinplatz-Postplatz	1527	2444	367	4338	424	2173	3477	522	6172	604
b27	Postplatz-Kolinplatz	1741	2786	418	4945	484	6780	10847	1627	19254	1883
a28	Kolinplatz-Talacher	3894	6231	935	11059	1657	127	202	30	359	54
b28	Talacher-Kolinplatz	6916	11066	1660	19642	2943	9	14	2	26	4
a31	Krsl Schwerverk-Krzz B'see	4981	7969	1195	14145	3689	6751	10801	1620	19172	5000
a32	Krzz Bibersee-Blegikurve	1922	3075	461	5458	818	23444	37511	5627	66581	9976
a33	Krzz Bibersee-Krzz Zugerstr	2641	4226	634	7501	1124	3468	5548	832	9848	1476
b33	Krzz Zugerstr - Krzz B'see	3096	4953	743	8792	1317	5114	8182	1227	14523	2176
a34	Langgasse-Südstrasse	8564	13702	2055	24321	2379	9578	15324	2299	27201	2660
b34	Südstrasse-Langgasse	0	0	0	0	0	13243	21188	3178	37609	3678
a35	Menzingen-Sihlbruggstrasse	1071	1714	257	3043	298	2494	3991	599	7084	693
b35	Sihlbruggstr-Menzingen	1050	1681	252	2983	292	711	1138	171	2020	198
a36	Postplatz-Gubelstrasse	4435	7097	1064	12597	1232	3335	5335	800	9470	926
b36	Gubelstrasse-Postplatz	7116	11386	1708	20210	1977	20978	33564	5035	59577	5827
a40	Root-Holzhausern	13730	21969	3295	38994	5843	11563	18501	2775	32838	4920
b40	Holzhausern-Root	21237	33980	5097	60314	12312	11224	17959	2694	31877	6507
a41	Root-Bärenplatz	37151	59442	8916	105509	15809	64702	103524	15529	183754	27533
b41	Bärenplatz-Root	12828	20524	3079	36431	5459	4661	7458	1119	13238	1984
a42	Sihlbrugg-Ebertswil	238	382	57	677	101	851	1362	204	2417	362
b42	Ebertswil-Sihlbrugg	242	387	58	687	103	190	304	46	540	81
a45	Steinhausstr-Postplatz	14308	22893	3434	40634	3974	20731	33170	4976	58877	5759
b45	Postplatz-Steinhausstr	25804	41286	6193	73283	7168	26281	42049	6307	74638	7300
a48	Südstrasse-Weststrasse	223	357	54	634	78	8066	12905	1936	22906	2830
b48	Weststr-Südstrasse	3936	6297	945	11178	1381	11882	19011	2852	33745	4169
a50	Talacher-Allenwinden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b50	Allenwinden-Talacher	808	1293	194	2296	110	473	756	113	1342	64
a51	Talacher-Langgasse	1947	3115	467	5530	977	3351	5361	804	9516	1681
b51	Langgasse-Talacher	4264	6823	1023	12110	2140	752	1203	180	2136	377
a52	Unterägeri-Talacher	4859	7774	1166	13800	2068	0	0	0	0	0
b52	Talacher-Unterägeri	5508	8813	1322	15644	2344	9753	15605	2341	27699	4150
a54	Walterswil-Sihlbrugg	32189	51502	7725	91415	18660	47389	75823	11373	134585	27472
b54	Sihlbrugg-Walterswil	4809	7695	1154	13659	2788	3384	5414	812	9610	1962
a55	Weststrasse-Ageristrasse	6797	10874	1631	19302	1888	14484	23175	3476	41135	4023
b55	Ageristrasse-Weststrasse	4601	7362	1104	13067	1278	7845	12553	1883	22281	2179
a67	Gubelstrasse-Chamerstr	2846	4554	683	8084	791	1997	3196	479	5673	555
b67	Chamerstr-Gubelstr	591	945	142	1678	164	74	119	18	211	21

Figur 23: Detaillierte Resultate Stau- und Langsamfahrkosten nach einzelnen Abschnitten Montag bis Donnerstag (in CHF).

Code	Abschnittsname	Freitag					Samstag				
		Pendler	Geschäft	Freizeit	Total-P	Güter	Pendler	Geschäft	Freizeit	Total-P	Güter
a1	Agerstr-Walterswil	3709	5935	890	10535	1579	876	701	982	2559	746
b1	Walterswil-Ägeristr.	179	286	43	507	76	49	39	55	142	41
a2	Baarerstr-Südstr	47781	76449	11467	135697	13272	1108	887	1241	3236	616
b2	Südstrasse-Baarerstasse	16225	25961	3894	46080	4507	2567	2053	2875	7494	1426
a3	Baar-Göblistrasse	5195	8312	1247	14753	1443	0	0	0	0	0
b3	Göblistrasse-Baar	10851	17362	2604	30818	3014	0	0	0	0	0
a7	Baar-Walterswil	20723	33158	4974	58855	12014	10512	8410	11773	30695	12188
b7	Walterswil-Baar	8067	12907	1936	22910	4676	1979	1583	2216	5778	2294
a8	Baar-Zug Autobahn	3541	5665	850	10056	2053	1519	1215	1701	4436	1761
b8	Zug Autobahn-Baar	10641	17025	2554	30220	6169	1065	852	1193	3110	1235
a9	Bärenplatz-Steinhausstr	48433	77493	11624	137551	20610	4470	3576	5007	13053	3804
b9	Steinhausstr-Bärenplatz	22111	35378	5307	62796	9409	6202	4962	6946	18109	5278
a10	Blegi-Cham	3614	5782	867	10263	1538	8936	7148	10008	26092	7605
b10	Cham-Blegikurve	4030	6447	967	11444	1715	151	121	169	441	129
a11	Blegi-Zug Autobahn	9272	14835	2225	26333	3946	4486	3589	5025	13100	3818
b11	Zug Autobahneinf-Blegikurve	4917	7867	1180	13965	2092	857	686	960	2504	730
a13	Chamerstr-Grindel	3972	6355	953	11279	2302	0	0	0	0	0
b13	Grindel-Chamerstrasse	9608	15373	2306	27287	4089	5055	4044	5662	14761	4302
a17	Chamerstr-Zug Autobahn	6224	9959	1494	17677	2649	911	729	1020	2660	775
b17	Autob'ausf-Zug-Chamerstr	18394	29430	4415	52239	7827	681	545	763	1990	580
a18	Cham-Holzhäusern	15528	24845	3727	44099	6608	2387	1909	2673	6969	2031
b18	Holzhäusern-Cham	9584	15335	2300	27219	4078	2533	2026	2837	7396	2156
a19	Göblistr-Gubelstr	3397	5435	815	9648	944	100	80	112	291	55
b19	Gubelstrasse-Göblistrasse	1826	2922	438	5186	507	208	166	233	606	115
a20	Gubelstr-Chamerstr	17512	28020	4203	49735	7452	0	0	0	0	0
b20	Chamerstr-Gubelstr	2417	3867	580	6863	1028	375	300	420	1095	319
a22	Hagendom-Krzg Zugerstr	2859	4575	686	8120	1217	0	0	0	0	0
b22	Krzg Zugerstr-Hagendom	3771	6034	905	10710	1605	1962	1570	2197	5729	1670
a24	Holzhäusern Küssnacht	8428	13485	2023	23936	6243	2278	1823	2552	6653	3375
b24	Küssnacht-Holzhäusern	81214	129942	19491	230647	60158	30433	24346	34085	88664	45086
a25	Hünenberg-Rabenplatz	497	795	119	1411	211	0	0	0	0	0
b25	Rabenplatz-Hünenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a26	Kolnplatz-Oberwil	4963	7940	1191	14094	1378	2888	2310	3235	8433	1604
b26	Oberwil-Kolnplatz	7315	11704	1756	20774	2032	1501	1201	1681	4383	834
a27	Kolnplatz-Postplatz	505	808	121	1434	140	256	204	286	746	142
b27	Postplatz-Kolnplatz	5051	8082	1212	14346	1403	854	683	956	2494	474
a28	Kolnplatz-Talacher	1013	1621	243	2878	431	29	24	33	86	25
b28	Talacher-Kolnplatz	2394	3830	575	6799	1019	345	276	386	1007	294
a31	Krsli Schwerverk-Krzg B'see	7305	11688	1753	20746	5411	445	356	499	1300	660
a32	Krzg Bibersee-Blegikurve	7079	11327	1699	20106	3013	0	0	0	0	0
a33	Krzg Bibersee-Krzg Zugerstr	5647	9036	1355	16039	2403	145	116	162	423	123
b33	Krzg Zugerstr - Krzg B'see	4236	6777	1017	12030	1802	555	444	622	1621	472
a34	Langgasse-Südstrasse	10538	16861	2529	29929	2927	5306	4244	5942	15492	2948
b34	Südstrasse-Langgasse	7136	11418	1713	20267	1982	3031	2425	3395	8851	1684
a35	Menzingen-Sihlbruggstrasse	1921	3074	461	5457	534	0	0	0	0	0
b35	Sihlbruggstr-Menzingen	3655	5848	877	10381	1015	0	0	0	0	0
a36	Postplatz-Gubelstrasse	1769	2831	425	5024	491	10613	8490	11886	30989	5896
b36	Gubelstrasse-Postplatz	40285	64456	9668	114409	11190	16386	13109	18352	47847	9103
a40	Root-Holzhäusern	3090	4944	742	8775	1315	0	0	0	0	0
b40	Holzhäusern-Root	2283	3653	548	6484	1324	0	0	0	0	0
a41	Root-Bärenplatz	29686	47498	7125	84309	12632	2944	2355	3297	8597	2506
b41	Bärenplatz-Root	9672	15476	2321	27470	4116	1261	1009	1412	3682	1073
a42	Sihlbrugg-Ebertswil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b42	Ebertswil-Sihlbrugg	737	1179	177	2093	314	0	0	0	0	0
a45	Steinhausstr-Postplatz	21449	34319	5148	60916	5958	15160	12128	16979	44268	8422
b45	Postplatz-Steinhausstr	37709	60334	9050	107092	10475	6074	4859	6803	17735	3374
a48	Südstrasse-Weststrasse	10274	16438	2466	29178	3605	772	618	865	2255	542
b48	Weststr-Südstrasse	5163	8261	1239	14663	1812	454	363	508	1326	319
a50	Talacher-Allenwinden	121	194	29	344	16	0	0	0	0	0
b50	Allenwinden-Talacher	742	1187	178	2107	101	0	0	0	0	0
a51	Talacher-Langgasse	3253	5204	781	9238	1632	1726	1381	1933	5041	1732
b51	Langgasse-Talacher	4410	7056	1058	12524	2213	164	131	183	478	164
a52	Unterägeri-Talacher	4288	6860	1029	12177	1824	0	0	0	0	0
b52	Talacher-Unterägeri	283	453	68	804	121	0	0	0	0	0
a54	Walterswil-Sihlbrugg	50917	81467	12220	144604	29517	6909	5527	7738	20174	8010
b54	Sihlbrugg-Walterswil	43762	70020	10503	124285	25369	2161	1729	2421	6311	2506
a55	Weststrasse-Ägeristrasse	11309	18094	2714	32117	3141	2650	2120	2968	7739	1472
b55	Ägeristrasse-Weststrasse	17617	28187	4228	50031	4894	2204	1763	2468	6435	1224
a67	Gubelstrasse-Chamerstr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b67	Chamerstr-Gubelstr	73	117	18	207	20	0	0	0	0	0

Figur 24: Detaillierte Resultate Stau- und Langsamfahrkosten nach einzelnen Abschnitten Freitag und Samstag (in CHF).

Code	Abschnittsname	Sonntag			
		Pendler	Geschäft	Freizeit	Total-P
a1	Ägeristr-Walterswil	-	-	21648	21648
b1	Walterswil-Ägeristr.	-	-	261	261
a2	Baarerstr-Südstr	-	-	0	0
b2	Südstrasse-Baarerstasse	-	-	853	853
a3	Baar-Göblistrasse	-	-	0	0
b3	Göblistrasse-Baar	-	-	0	0
a7	Baar-Walterswil	-	-	33397	33397
b7	Walterswil-Baar	-	-	2043	2043
a8	Baar-Zug Autobahn	-	-	214	214
b8	Zug Autobahn-Baar	-	-	0	0
a9	Bärenplatz-Steinhausenstr	-	-	0	0
b9	Steinhausenstr-Bärenplatz	-	-	1797	1797
a10	Blegi-Cham	-	-	2009	2009
b10	Cham-Blegikurve	-	-	910	910
a11	Blegi-Zug Autobahn	-	-	10999	10999
b11	Zug Autobahneinf-Blegikurve	-	-	0	0
a13	Chamerstr-Grindel	-	-	0	0
b13	Grindel-Chamerstrasse	-	-	0	0
a17	Chamerstr-Zug Autobahn	-	-	0	0
b17	Autob'ausf Zug-Chamerstr	-	-	0	0
a18	Cham-Holzhäusern	-	-	0	0
b18	Holzhäusern-Cham	-	-	443	443
a19	Göblistr-Gubelstr	-	-	0	0
b19	Gubelstrasse-Göblistrasse	-	-	427	427
a20	Gubelstr-Chamerstr	-	-	0	0
b20	Chamerstr-Gubelstr	-	-	670	670
a22	Hagendorn-Krzg Zugerstr	-	-	44	44
b22	Krzg Zugerstr-Hagendorn	-	-	0	0
a24	Holzhäusern Küsnacht	-	-	1946	1946
b24	Küsnacht-Holzhäusern	-	-	3300	3300
a25	Hünenberg-Rabenplatz	-	-	0	0
b25	Rabenplatz-Hünenberg	-	-	0	0
a26	Kolinplatz-Oberwil	-	-	2532	2532
b26	Oberwil-Kolinplatz	-	-	18841	18841
a27	Kolinplatz-Postplatz	-	-	943	943
b27	Postplatz-Kolinplatz	-	-	1726	1726
a28	Kolinplatz-Talacher	-	-	176	176
b28	Talacher-Kolinplatz	-	-	2837	2837
a31	KrsI Schwerverk-Krzg B'see	-	-	0	0
a32	Krzg Bibersee-Blegikurve	-	-	0	0
a33	Krzg Bibersee-Krzg Zugerstr	-	-	564	564
b33	Krzg Zugerstr - Krzg B'see	-	-	0	0
a34	Langgasse-Südstrasse	-	-	2178	2178
b34	Südstrasse-Langgasse	-	-	0	0
a35	Menzingen-Sihlbruggstrasse	-	-	1095	1095
b35	Sihlbruggstr-Menzingen	-	-	0	0
a36	Postplatz-Gubelstrasse	-	-	0	0
b36	Gubelstrasse-Postplatz	-	-	501	501
a40	Root-Holzhäusern	-	-	0	0
b40	Holzhäusern-Root	-	-	0	0
a41	Root-Bärenplatz	-	-	2184	2184
b41	Bärenplatz-Root	-	-	2939	2939
a42	Sihlbrugg-Ebertswil	-	-	107	107
b42	Ebertswil-Sihlbrugg	-	-	0	0
a45	Steinhausenstr-Postplatz	-	-	4407	4407
b45	Postplatz-Steinhausenstr	-	-	384	384
a48	Südstrasse-Weststrasse	-	-	0	0
b48	Weststr--Südstrasse	-	-	938	938
a50	Talacher-Allenwinden	-	-	12	12
b50	Allenwinden-Talacher	-	-	106	106
a51	Talacher-Langgasse	-	-	2680	2680
b51	Langgasse-Talacher	-	-	1568	1568
a52	Unterägeri-Talacher	-	-	0	0
b52	Talacher-Unterägeri	-	-	0	0
a54	Walterswil-Sihlbrugg	-	-	43104	43104
b54	Sihlbrugg-Walterswil	-	-	6555	6555
a55	Weststrasse-Ägeristrasse	-	-	0	0
b55	Ägeristrasse-Weststrasse	-	-	1310	1310
a67	Gubelstrasse-Chamerstr	-	-	0	0
b67	Chamerstr-Gubelstr	-	-	0	0

Figur 25: Detaillierte Resultate Stau- und Langsamfahrkosten nach einzelnen Abschnitten Sonntag (in CHF).

Code	Abschnittsname	Staukosten total					Weg		Abschnitt	
		Personen					Güter			
		Pendler	Geschäft	Freizeit	Total-P					
a1	Ägeristr-Walterswil	92'813	145'697	111'950	350'461	40'987	391'448	403'285		
b1	Walterswil-Ägeristr.	3'275	5'084	2'002	10'361	1'477	11'838	403'285		
a2	Baarerstr-Südstr	1'266'270	2'022'485	307'806	3'596'561	352'973	3'949'534	4'963'709		
b2	Südstrasse-Baarerstasse	323'016	508'612	89'969	921'596	92'578	1'014'175	4'963'709		
a3	Baar-Göblistrasse	52'928	84'685	12'703	150'316	14'702	165'019	690'454		
b3	Göblistrasse-Baar	168'529	269'646	40'447	478'622	46'814	525'435	690'454		
a7	Baar-Walterswil	715'037	1'110'421	342'198	2'167'657	438'890	2'606'547	2'954'427		
b7	Walterswil-Baar	97'812	150'166	38'612	286'590	61'291	347'880	2'954'427		
a8	Baar-Zug Autobahn	65'268	99'567	21'867	186'702	41'359	228'061	1'430'286		
b8	Zug Autobahn-Baar	350'736	557'769	87'926	996'430	205'795	1'202'225	1'430'286		
a9	Bärenplatz-Steinhausstr	842'282	1'333'346	217'883	2'393'510	366'025	2'759'535	5'927'888		
b9	Steinhausstr-Bärenplatz	964'200	1'522'873	260'427	2'747'500	420'852	3'168'353	5'927'888		
a10	Blegi-Cham	120'977	164'970	68'522	354'469	66'689	421'158	732'090		
b10	Cham-Blegikurve	94'008	149'930	26'733	270'671	40'261	310'932	732'090		
a11	Blegi-Zug Autobahn	255'937	395'143	121'213	772'294	116'546	888'840	1'168'504		
b11	Zug Autobahneinf-Blegikurve	85'110	133'433	23'444	241'988	37'676	279'664	1'168'504		
a13	Chamerstr-Grindel	57'597	92'155	13'823	163'576	33'390	196'965	196'965		
b13	Grindel-Chamerstrasse	95'172	136'100	40'635	271'907	49'103	321'011	321'011		
a17	Chamerstr-Zug Autobahn	190'282	301'535	48'875	540'691	82'522	623'213	2'203'009		
b17	Autob'ausf Zug-Chamerstr	483'357	771'191	118'404	1'372'952	206'844	1'579'796	2'203'009		
a18	Cham-Holzhäusern	170'237	264'743	49'258	484'238	76'504	560'741	1'325'728		
b18	Holzhäusern-Cham	232'150	363'336	66'402	661'888	103'099	764'987	1'325'728		
a19	Göblistr-Gubelstr	51'640	82'305	12'744	146'688	14'455	161'143	325'305		
b19	Gubelstrasse-Göblistrasse	52'010	82'552	14'922	149'484	14'678	164'162	325'305		
a20	Gubelstr-Chamerstr	473'789	758'062	113'709	1'345'560	201'612	1'547'172	1'612'015		
b20	Chamerstr-Gubelstr	18'804	28'886	8'513	56'203	8'640	64'843	1'612'015		
a22	Hagendorn-Krzg Zugerstr	91'622	146'595	22'166	260'382	38'988	299'370	526'021		
b22	Krzg Zugerstr-Hagendorn	68'192	102'829	23'272	194'293	32'357	226'650	526'021		
a24	Holzhäusern Küssnacht	77'569	116'819	34'420	228'807	64'209	293'016	2'302'425		
b24	Küssnacht-Holzhäusern	529'583	749'948	247'423	1'526'954	482'454	2'009'409	2'302'425		
a25	Hünenberg-Rabenplatz	48'667	77'868	11'680	138'215	20'709	158'925	168'003		
b25	Rabenplatz-Hünenberg	2'780	4'448	667	7'895	1'183	9'078	168'003		
a26	Kolinplatz-Oberwil	88'537	132'417	41'543	262'497	27'803	290'299	1'423'788		
b26	Oberwil-Kolinplatz	338'695	537'109	161'935	1'037'739	95'570	1'133'488	1'423'788		
a27	Kolinplatz-Postplatz	39'575	62'503	14'172	116'249	11'277	127'526	526'931		
b27	Postplatz-Kolinplatz	125'500	198'067	40'028	363'595	35'810	399'404	526'931		
a28	Kolinplatz-Talacher	21'519	34'336	5'971	61'827	9'207	71'034	209'605		
b28	Talacher-Kolinplatz	38'746	60'890	21'860	121'496	17'075	138'571	209'605		
a31	KrsI Schwerverk-Krzg B'see	145'430	231'264	36'470	413'165	109'045	522'210	522'210		
a32	Krzg Bibersee-Blegikurve	364'223	582'757	87'414	1'034'394	154'988	1'189'382	1'189'382		
a33	Krzg Bibersee-Krzg Zugerstr	82'281	131'187	22'514	235'982	35'260	271'242	609'172		
b33	Krzg Zugerstr - Krzg B'see	103'140	163'247	26'708	293'095	44'834	337'930	609'172		
a34	Langgasse-Südstrasse	231'720	353'775	82'998	668'493	70'262	738'755	1'447'914		
b34	Südstrasse-Langgasse	226'065	352'004	64'926	642'995	66'164	709'160	1'447'914		
a35	Menzingen-Sihlbruggstrasse	46'891	75'026	15'635	137'551	13'025	150'577	240'302		
b35	Sihlbruggstr-Menzingen	28'779	46'046	6'907	81'732	7'994	89'726	240'302		
a36	Postplatz-Gubelstrasse	113'953	148'364	64'706	327'023	43'446	370'469	2'107'079		
b36	Gubelstrasse-Postplatz	548'838	825'706	191'404	1'565'948	170'662	1'736'610	2'107'079		
a40	Root-Holzhäusern	229'160	366'656	54'998	650'815	97'515	748'329	1'607'428		
b40	Holzhäusern-Root	251'220	401'952	60'293	713'464	145'635	859'099	1'607'428		
a41	Root-Bärenplatz	1'184'957	1'886'510	303'489	3'374'957	509'249	3'884'205	4'421'988		
b41	Bärenplatz-Root	160'304	252'451	54'667	467'421	70'361	537'782	4'421'988		
a42	Sihlbrugg-Ebertswil	12'871	20'594	3'518	36'983	5'477	42'460	63'939		
b42	Ebertswil-Sihlbrugg	6'578	10'524	1'579	18'681	2'799	21'480	63'939		
a45	Steinhausstr-Postplatz	493'909	741'742	189'531	1'425'183	154'042	1'579'224	3'604'402		
b45	Postplatz-Steinhausstr	646'277	1'014'607	178'023	1'838'908	186'270	2'025'177	3'604'402		
a48	Südstrasse-Weststrasse	157'995	250'320	40'637	448'952	56'521	505'473	1'162'726		
b48	Weststr--Südstrasse	204'558	325'839	54'445	584'841	72'412	657'253	1'162'726		
a50	Talacher-Allenwinden	484	775	164	1'423	66	1'489	40'056		
b50	Allenwinden-Talacher	12'816	20'506	3'501	36'823	1'744	38'567	40'056		
a51	Talacher-Langgasse	74'616	113'862	34'705	223'183	40'907	264'089	424'058		
b51	Langgasse-Talacher	45'878	72'882	17'859	136'619	23'350	159'969	424'058		
a52	Unterägeri-Talacher	36'586	58'538	8'781	103'905	15'569	119'474	641'008		
b52	Talacher-Unterägeri	159'709	255'534	38'330	453'572	67'961	521'534	641'008		
a54	Walterswil-Sihlbrugg	1'023'507	1'615'502	442'376	3'081'385	609'357	3'690'742	4'578'634		
b54	Sihlbrugg-Walterswil	250'304	393'571	93'901	737'776	150'116	887'892	4'578'634		
a55	Weststrasse-Ägeristrasse	285'801	448'800	77'921	812'522	82'334	894'856	1'550'253		
b55	Ägeristrasse-Weststrasse	207'520	324'980	62'804	595'304	60'093	655'397	1'550'253		
a67	Gubelstrasse-Chamerstr	39'350	62'960	9'444	111'753	10'930	122'684	134'203		
b67	Chamerstr-Gubelstr	3'695	5'912	887	10'493	1'026	11'519	134'203		
	Total	16'173'636	25'312'913	5'217'659	46'704'208	7'051'994	53'756'201			

Figur 26: Summe der Stau- und Langsamfahrkosten pro Abschnitt (in CHF).

		Fz.-Stautunden		(=Fz.-Stautunden hochgerechnet aufs Jahr)					
		Personen				Güter			
Code	Abschnittsname	Pendler	Geschäft	Freizeit	Total-P		Weg	TotalAbschn	
a1	Ägeristr-Walterswil	2938	1153	8860	12951	389	13'340	13'657	
b1	Walterswil-Ägeristr.	104	40	158	302	15	317	13'657	
a2	Baarerstr-Südstr	40085	16006	24360	80452	3352	83'804	106'054	
b2	Südstrasse-Baarerstasse	10225	4025	7120	21371	879	22'250	106'054	
a3	Baar-Göblistrasse	1676	670	1005	3351	138	3'489	14'600	
b3	Göblistrasse-Baar	5335	2134	3201	10670	440	11'110	14'600	
a7	Baar-Walterswil	22635	8788	27082	58505	4168	62'673	70'596	
b7	Walterswil-Baar	3096	1188	3056	7341	582	7'923	70'596	
a8	Baar-Zug Autobahn	2066	788	1731	4585	408	4'992	29'496	
b8	Zug Autobahn-Baar	11103	4414	6959	22476	2028	24'504	29'496	
a9	Bärenplatz-Steinhauserstr	26664	10552	17243	54459	3083	57'542	124'272	
b9	Steinhauserstr-Bärenplatz	30523	12052	20610	63186	3544	66'730	124'272	
a10	Blegi-Cham	3830	1306	5423	10558	669	11'227	17'910	
b10	Cham-Blegikurve	2976	1187	2116	6278	404	6'682	17'910	
a11	Blegi-Zug Autobahn	8102	3127	9593	20822	1169	21'992	27'975	
b11	Zug Autobahneinf-Blegikurve	2694	1056	1855	5606	378	5'984	27'975	
a13	Chamerstr-Grindel	1823	729	1094	3647	305	3'952	3'952	
b13	Grindel-Chamerstrasse	3013	1077	3216	7306	449	7'755	7'755	
a17	Chamerstr-Zug Autobahn	6024	2386	3868	12278	754	13'032	45'698	
b17	Autob'ausf Zug-Chamerstr	15301	6103	9371	30775	1890	32'665	45'698	
a18	Cham-Holzhäusern	5389	2095	3898	11383	699	12'082	28'503	
b18	Holzhäusern-Cham	7349	2875	5255	15480	942	16'422	28'503	
a19	Göblistr-Gubelstr	1635	651	1009	3295	123	3'418	7'023	
b19	Gubelstrasse-Göblistrasse	1646	653	1181	3481	125	3'606	7'023	
a20	Gubelstr-Chamerstr	14998	5999	8999	29997	2023	32'020	33'604	
b20	Chamerstr-Gubelstr	595	229	674	1498	87	1'584	33'604	
a22	Hagendorn-Krzz Zugerstr	2900	1160	1754	5815	356	6'171	11'281	
b22	Krzz Zugerstr-Hagendorn	2159	814	1842	4814	296	5'110	11'281	
a24	Holzhäusern Küssnacht	2456	925	2724	6104	541	6'645	52'989	
b24	Küssnacht-Holzhäusern	16765	5935	19581	42281	4063	46'344	52'989	
a25	Hünenberg-Rabenplatz	1541	616	924	3081	189	3'271	3'457	
b25	Rabenplatz-Hünenberg	88	35	53	176	11	187	3'457	
a26	Kolinplatz-Oberwil	2803	1048	3288	7138	279	7'417	36'166	
b26	Oberwil-Kolinplatz	10722	4251	12816	27788	961	28'749	36'166	
a27	Kolinplatz-Postplatz	1253	495	1122	2869	113	2'982	12'050	
b27	Postplatz-Kolinplatz	3973	1568	3168	8708	359	9'068	12'050	
a28	Kolinplatz-Talacher	681	272	473	1426	92	1'518	5'128	
b28	Talacher-Kolinplatz	1227	482	1730	3438	171	3'610	5'128	
a31	Krsl Schwerverk-Krzz B'see	4604	1830	2886	9320	918	10'239	10'239	
a32	Krzz Bibersee-Blegikurve	11530	4612	6918	23060	1555	24'615	24'615	
a33	Krzz Bibersee-Krzz Zugerstr	2605	1038	1782	5425	322	5'747	12'839	
b33	Krzz Zugerstr - Krzz B'see	3265	1292	2114	6671	422	7'092	12'839	
a34	Langgasse-Südstrasse	7335	2800	6569	16704	667	17'371	33'080	
b34	Südstrasse-Langgasse	7156	2786	5138	15080	628	15'709	33'080	
a35	Menzingen-Sihlbruggstrasse	1484	594	1237	3316	131	3'446	5'348	
b35	Sihlbruggstr-Menzingen	911	364	547	1822	80	1'902	5'348	
a36	Postplatz-Gubelstrasse	3607	1174	5121	9902	436	10'338	51'108	
b36	Gubelstrasse-Postplatz	17374	6535	15148	39057	1712	40'769	51'108	
a40	Root-Holzhäusern	7254	2902	4353	14509	821	15'330	32'462	
b40	Holzhäusern-Root	7953	3181	4772	15905	1227	17'132	32'462	
a41	Root-Bärenplatz	37511	14930	24018	76460	3787	80'247	92'169	
b41	Bärenplatz-Root	5075	1998	4326	11399	523	11'922	92'169	
a42	Sihlbrugg-Ebertswil	407	163	278	849	54	903	1'347	
b42	Ebertswil-Sihlbrugg	208	83	125	416	28	444	1'347	
a45	Steinhauserstr-Postplatz	15635	5870	15000	36505	1311	37'816	81'979	
b45	Postplatz-Steinhauserstr	20459	8030	14089	42577	1585	44'163	81'979	
a48	Südstrasse-Weststrasse	5002	1981	3216	10199	537	10'735	24'786	
b48	Weststr--Südstrasse	6476	2579	4309	13363	688	14'051	24'786	
a50	Talacher-Allenwinden	15	6	13	34	1	35	895	
b50	Allenwinden-Talacher	406	162	277	845	15	860	895	
a51	Talacher-Langgasse	2362	901	2747	6010	348	6'358	9'999	
b51	Langgasse-Talacher	1452	577	1413	3442	199	3'641	9'999	
a52	Unterägeri-Talacher	1158	463	695	2316	133	2'449	13'139	
b52	Talacher-Unterägeri	5056	2022	3033	10112	578	10'690	13'139	
a54	Walterswil-Sihlbrugg	32400	12785	35010	80196	6005	86'201	106'150	
b54	Sihlbrugg-Walterswil	7924	3115	7431	18470	1479	19'949	106'150	
a55	Weststrasse-Ägeristrasse	9047	3552	6167	18766	775	19'541	34'217	
b55	Ägeristrasse-Weststrasse	6569	2572	4970	14112	565	14'677	34'217	
a67	Gubelstrasse-Chamerstr	1246	498	747	2491	93	2'584	2'827	
b67	Chamerstr-Gubelstr	117	47	70	234	9	243	2'827	
	Total	511'998	200'329	412'930	1'125'257	64'109	1'189'366		

Figur 27: Summe der Stautunden pro Abschnitt.

Anhang 5 : Unterlagen zur Berechnung der Stau- und Langsamfahrkosten des Öffentlichen Busverkehrs im Kanton Zug

Abklärungen i.Z. erste Etappe Stadtbahn Zug

1. Verspätungen auf den Hauptachsen

Linie 3: Abschnitt Zug–Baar (und umgekehrt)

Annahmen:

1. Verspätungen entstehen in den Spitzenstunden:
Am Morgen während 1 Stunde, 6 Kurse in Lastrichtung.
Am Abend während 2 Stunden, 12 Kurse in Lastrichtung => total 18 Kurse.
2. Auslastung der Kurse: durchschnittlich 80 Personen.
3. Die Verspätungen betragen zwischen 0 und 5 Minuten.
Wir gehen von durchschnittlich 3 Minuten aus.

Zeitverlust infolge Staulagen: 18 Kurse x 80 Personen x 3 Min. => 4300 Min./Tag.

Linie 4: Abschnitt Zug–Cham (und umgekehrt)

Annahmen:

1. Verspätungen entstehen in den Spitzenstunden:
Am Morgen während 1 Stunde, 8 Kurse in Lastrichtung.
Am Abend während 2 Stunden, 16 Kurse in Lastrichtung => total 24 Kurse.
2. Auslastung der Kurse: durchschnittlich 90 Personen.
3. Die Verspätungen betragen zwischen 3 und 8 Minuten.
Wir gehen von durchschnittlich 5 Minuten aus.

Zeitverlust infolge Staulagen: 24 Kurse x 90 Personen x 5 Minuten => 10'800 Min./Tag.

Linie 7: Abschnitt Zug–Cham

Zeitverlust infolge Staulagen: 3 Kurse x 50 Personen x 5 Minuten => 750 Min./Tag.

Linie 14: Abschnitt Zug–Baar (und umgekehrt)

Zeitverlust infolge Staulagen: 2 Kurse x 45 Personen x 3 Minuten => 270 Min./Tag.

Total Zeitverlust infolge Staulagen:

16'120 resp. 269 Std.Tag x 250 Tage=> 67'250 Std./Jahr

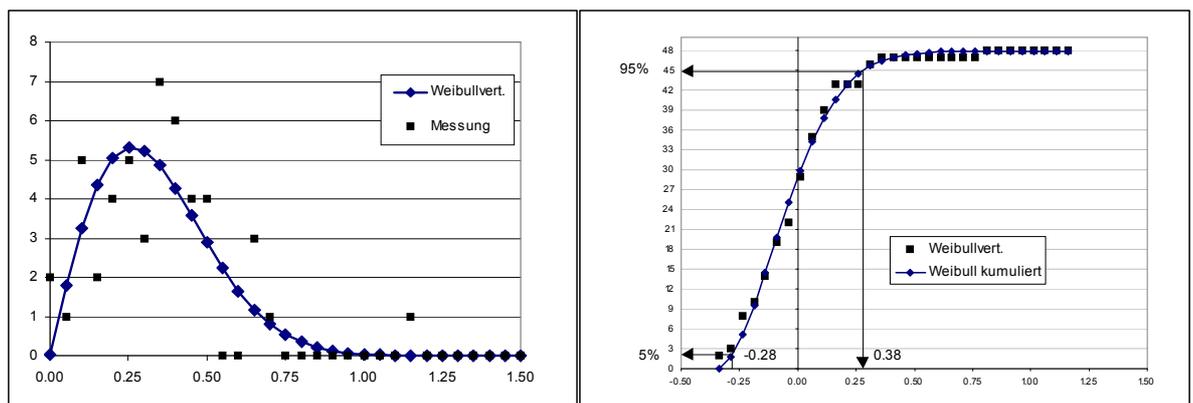
Durchschnittliche Belastung der Buskurse in den Spitzenzeiten

Linie 4	Morgenspitzen:	2 Kurse à 120 Personen 6 Kurse à 80 Personen	Gelenkbus mit 53 Sitzplätzen
	Abendspitzen	4 Kurse à 120 Personen 12 Kurse à 80 Personen	
Linie 3	Morgenspitzen:	3 Kurse à 100 Personen 3 Kurse à 80 Personen	Gelenkbus mit 53 Sitzplätzen
	Abendspitzen:	6 Kurse à 100 Personen 6 Kurse à 80 Personen	
Linie 7 und Linie 14		ca. 10–20% über der Sitzplatzzahl	

Quelle: Zugerland Verkehrsbetriebe AG

Anhang 6: Schätzung zur Berechnung des Vertrauensintervalls der Stau- und Langsamfahrkosten (Weibull-Verteilung)

Die Weibull-Verteilung stellt eine Alternative zur Normalverteilung dar und hat den Vorteil, dass mit ihr auch schiefe, nicht-symmetrische Verteilungen angenähert werden können. Figur 28 zeigt auf der linken Seite die Dichtefunktion der Weibull-Verteilung. Ihre Gestalt wird durch zwei Parameter bestimmt, einen sog. Form- (steuert die Schiefe der Kurve) und einen Lageparameter (legt das Zentrum fest). Mit den Stichprobewerten können die beiden Parameter geschätzt werden. In unserem Fall ergibt sich für den Formparameter einen Wert von 1.95 und für den Lageparameter 0.38. Mit diesen beiden Parametern lässt sich die Verteilung bestmöglich an die Messwerte anpassen.



Figur 28: Dichtefunktion, kumulative Verteilungsfunktion der Weibull-Verteilung und Messwerte (Prozentuale Abweichung der Off-Peak-Fahrzeiten von der Stauschwelle).

An der kumulativen Verteilungskurve (siehe Figur 28 rechts) lassen sich die zur Signifikanzschwelle von $\pm 5\%$ die Werte der Abweichungen ablesen. Die Werte $(-0.28, 0.36)$ geben die Grenzen des Vertrauensintervalls an. Die Messwerte der Off-Peak-Fahrzeiten schwanken also innerhalb dieser Grenzen, zwischen -28% und $+36\%$, um den Mittelwert (= Stauschwelle).

Anhang 7 : Literaturverzeichnis

- AMT FÜR UMWELT DES KANTONS ZUG (1990) Lärmsanierungsprogramm Kanton Zug, Zug.
- BAUDIREKTION DES KANTONS ZUG (1998) Gesamtverkehrskonzept, Revision kantonaler Verkehr, erster Zwischenbericht, Zug.
- BFS (1996) Verkehrsverhalten in der Schweiz 1994, Bundesamt für Statistik Sektion Verkehr und Nachrichten, Dienst für Gesamtverkehrsfragen, Bern.
- DIENST GVF (1995) Fahrleistungen des privaten Strassenverkehrs 1990–2015, GS EVED/Dienst für Gesamtverkehrsfragen, Bern.
- ECOPLAN (1992) Externe Kosten im Agglomerationsverkehr, Fallbeispiel Region Bern, Nationales Forschungsprogramm „Stadt und Verkehr“ (NFP25), Bericht 15b, Zürich.
- INFRAS (2000) Wirtschaftlichkeitsrechnung der ersten Etappe der Stadtbahn Zug, Matthias Lebküchner, Martin Peter, Markus Maibach, Amt für öffentlichen Verkehr des Kantons Zug, Zug.
- INFRAS (1999a) Faire und effiziente Preise im Verkehr – Ansätze für eine verursachergerechte Verkehrspolitik, Maibach Markus, Schreyer Christoph et al., Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Bericht D3, Bern.
- INFRAS (1999b) INFRAS, Ernst Basler + Partner, Jenni und Gottardi, Verkehrsentwicklung im Kanton Zürich bis 2025, Hrsg. Amt für Verkehr Kanton Zürich, Zürich.
- INFRAS (1998) Staukosten in der Schweiz, Mario Keller, et al., ASTRA, Schlussbericht, Zürich.
- INFRAS/ECONCEPT/PROGNOS (1996) Die vergessenen Milliarden – Externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich, Verlag Paul Haupt Bern, Stuttgart, Wien.
- INFRAS (1995) Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1950–2010, Keller Mario, et al., BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 255, Bern.
- INFRAS (1992) Internalisieren der externen Kosten des Verkehrs – Fallbeispiel Agglomeration Zürich, Maibach Markus, Iten Rolf, Mauch Samuel, Nationales Forschungsprogramm NFP Stadt und Verkehr, Bericht 33, Bern.
- ITEN (1990) Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität, Beispiel Stadt Zürich, Rolf Iten, Verlag Schellenberg, Winterthur.

KANTONSPOLIZEI ZUG (2001) Jahresstatistik 2000 Unfälle, Zug.

THOMSON (1978) Grundlagen der Verkehrspolitik, Thomson J.M., Bern/Stuttgart.

ZUGERLAND VERKEHRSBETRIEBE AG (2000) Verspätungen des öffentlichen Verkehrs auf den Hauptachsen, Zug.