



Graz University of Technology

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Prognose und Realität

Verkehrsbelastungen am Beispiel der A 10 Tauernautobahn

und

wirtschaftliche Bedeutung für die Maut

MASTERARBEIT

vorgelegt von

Manuel De Lorenzo, B.Eng.

bei

Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, am 19.03.2019

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008
Genehmigung des Senats am 01.12.2008

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, _____

Manuel De Lorenzo, B.Eng.

Statutory Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, _____

Manuel De Lorenzo, B.Eng.

Danksagung

Besonderen Dank für die Erstellung dieser Masterarbeit gebührt sowohl dem betreuenden Professor Dr. Fellendorf als auch dem MinR a.D. Dr. Estermann für die Geduld, welche aufgrund der Bearbeitungszeit des Autors, sei es für die vorgegebene Guideline, als auch für die Nutzungsüberlassung der verwandten Unterlagen, notwendig wurde.

Ebenfalls möchte ich meiner Familie Dank aussprechen. Die Notwendigkeit der Erarbeitung einer Masterarbeit können Kleinkinder nicht nachvollziehen, weshalb diese mitunter ungleich mehr Verständnis aufbringen mussten. Ohne die große Hilfestellung der gesamten Familie, insbesondere meiner Frau, wäre die Erstellung meiner Masterarbeit schlichtweg unmöglich gewesen.

Kurzfassung

Prognose und Realität – Verkehrsbelastungen am Beispiel der A 10 Tauernautobahn und wirtschaftliche Bedeutung für die Maut

109 Seiten, 38 Abbildungen, 23 Tabellen

Die vorliegende Masterarbeit gibt einen Überblick über Prognosen und deren zugrunde liegende fachspezifische Methodik, insbesondere im Hinblick auf Verkehrsprognosen. Die Methodik wird anhand einer Verkehrsprognose der TU Graz aus dem Jahre 1972 nachvollziehbar rekonstruiert. In einem weiteren Schritt werden die Prognoseergebnisse des Prognosehorizontes mit den Verkehrszahlen verglichen, um Handlungsempfehlungen ableiten zu können. Die wirtschaftliche Bedeutung von Prognosen wird im Hinblick auf die bevorstehende Einführung von Mautgebühren in Deutschland eingehend betrachtet. Der Autor erhofft sich dadurch einen interdisziplinären Erkenntnisgewinn.

Die Basis der Masterarbeit sind die Prognose für die A 10 Tauernautobahn des Prof. Dorfwrith der TU Graz aus dem Jahre 1972 und die Werte der Zählstellen des Autobahnbetreibers.

Abstract

Prognosis and reality - traffic load on the example of the A 10 Tauernautobahn and economic importance for the toll

109 pages, 38 illustrations, 23 tables

This Master's thesis gives an overview of forecasts and their underlying subject-specific methodology, especially with regard to traffic forecasts. The methodology is comprehensibly reconstructed on the basis of a traffic prognosis of the TU Graz from the year 1972. In a further step, the forecast results of the forecast horizon are compared with the values of the traffic counts in order to be able to derive recommendations for action. The economic importance of forecasts is considered in depth with regard to the imminent introduction of tolls in Germany. The author hopes thereby an interdisciplinary knowledge gain.

The basis of the master thesis is the prognosis for the A 10 Tauern-highway from the year 1972 of Prof. Dorfwirth belonging to the TU Graz and the values of the counting stations of the motorway operator.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	iv
1 Einleitung	1
2 Prognosen	2
2.1 Klassifizierung der prognostischen Modellrechnung	5
2.1.1 Sachliche Unterscheidung.....	5
2.1.2 Räumliche Unterscheidung.....	5
2.1.3 Unterscheidung nach Aktivitätsniveau	6
2.1.4 Qualitative und quantitative Unterscheidung	6
2.1.5 Unterscheidung nach Methodik.....	6
2.1.6 Unterscheidung nach Charakter und Abhängigkeit der Ausgangsdaten	7
2.1.7 Unterscheidung nach Abhängigkeit	8
2.1.8 Zeitliche Einteilung als Unterscheidungsmerkmal	8
2.2 Prognosearten	9
2.2.1 Grundbegriffe.....	9
2.2.2 Univariate Verfahren auf Basis der „Decomposition“	11
2.2.3 Univariate Verfahren auf Basis exponentiellen Glättens.....	16
2.2.4 Multivariate Verfahren auf Basis der Einfach - Regression.....	18
2.2.5 Multivariate Verfahren auf Basis der multiplen Regression [HÜTTNER, 1986]	21
2.2.6 Multivariate Verfahren auf Basis modifizierter Verfahren	22
2.3 Verkehrsprognosen	23
2.3.1 Verkehrsplanung [FELLENDORF, 2014]	23
3 Prognosen für österreichischen Bundesfernstraßen	28
3.1 Analyse des Jahres 1972 für die A 10 Tauernautobahn	29
3.1.1 Geschichtliche Entwicklung der Tauernautobahn [ASFINAG, 2012].....	29
3.1.2 Rechnerische Verkehrsumlegung Tauernautobahn 1972.....	31
3.1.3 Eingangswerte des Jahres 1968 [DORFWIRTH, 1972].....	32
3.1.4 Ablauf der Auswertung [DORFWIRTH, 1972].....	32
3.1.5 Verkehrsanalyse der A10-Tauernautobahn [DORFWIRTH, 1972].....	34
3.1.6 Umlegungsprognose zur A 10-Tauernautobahn	44
3.1.7 Ergebnisdarstellung der Verkehrsumlegung [DORFWIRTH, 1972]	51
3.2 Prognose zur A 10-Tauernautobahn	53
3.2.1 Strukturelle Grundlage der A 10-Tauernautobahn-Prognose.....	53

3.2.2 Methode der A10-Tauernautobahn-Prognose	57
3.2.3 Prognose Tauernautobahn für das Jahr 1985	58
3.2.4 Prognose Tauernautobahn für das Jahr 2000	58
3.2.5 Darstellung der Prognosewerte	59
3.2.6 Die Positionsbestimmung der Mautstellen.....	65
3.2.7 Schlussfolgerungen zur Prognose [DORFWIRTH, 1972].....	67
4 Vergleich der Prognosen mit den Verkehrszählungen	69
4.1 Die Verkehrsentwicklung auf österreichischen Bundesfernstraßen	70
4.2 Die Verkehrsentwicklung der Tauernautobahn	72
4.3 Vergleich Prognose - Realität	81
4.3.1 Berechnung der Prognosewerte für den Sommerverkehr.....	83
4.3.2 Berechnung des DTVMS für das Jahr 2000	87
4.3.3 Vergleich der Prognosewerte mit den reellen Werten.....	93
5 Wirtschaftliche Bedeutung der Prognose für die Maut.....	98
5.1 Historie	99
5.2 Wirtschaftliche Bedeutung für Straßenbenutzungsentgelte	101
5.3 Ausblick zur Mauteinführung in Deutschland	104
5.3.1 Prognose Mauteinführung Deutschland im Jahre 2010	105
5.3.2 Voraussichtliche erzielbare Verbesserung in Deutschland	108
6 Zusammenfassung und Ausblick.....	110
6.1 Zusammenfassung.....	110
6.2 Resümee	111
6.3 Ausblick.....	113
Literaturverzeichnis.....	114

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abhängigkeit zwischen verschiedenen Merkmalen [GAHSE,1971].....	8
Abbildung 2:	Census II - Verfahrensablauf [YAFFEE, 2000].....	15
Abbildung 3:	Konstantes Modell mit verschiedenen „smoothing parameters“ [YAFFEE, 2000].....	17
Abbildung 4:	Regressionsmodelle – Übersicht der Modelle [HEDDERICH, 2018]	19
Abbildung 5:	Die Reichsautobahn bei Salzburg – Als Promenade und Radweg [ASFINAG, 2012]	30
Abbildung 6:	Hollerith –Lochkarte mit den Abmessungen: 18,7cm x 8,30cm x 0,17mm	32
Abbildung 7:	Lochkartenlocher mit Bedienstation von IBM.....	33
Abbildung 8:	Straßennetzplan [DORFWIRTH, 1972]	36
Abbildung 9:	Umlegungsgesetz der Prognose [DORFWIRTH, 1972].....	37
Abbildung 10:	Belastungsplan Frühjahrsverkehr [DORFWIRTH, 1972]	38
Abbildung 11:	Belastungsplan Sommerverkehr [DORFWIRTH, 1972]	40
Abbildung 12:	Teilbelastungsplan Verkehrsspinne Villach-West [DORFWIRTH, 1972]	42
Abbildung 13:	Fahrtweitenverteilung Verkehrsspinne Villach-West [DORFWIRTH, 1972]	43
Abbildung 14:	Belastungsplan Umlegungsprognose Frühjahrsverkehr [DORFWIRTH, 1972]	46
Abbildung 15:	Belastungsplan Umlegungsprognose Sommerverkehr [DORFWIRTH, 1972].....	47
Abbildung 16:	Teilbelastungsplan Umlegungsprognose Obertauern [DORFWIRTH, 1972]	50
Abbildung 17:	Fahrtweitenverteilung Umlegungsprognose Obertauern [DORFWIRTH, 1972]	50
Abbildung 18:	Wohn- und Arbeitsbevölkerung 1968, 1985, 2000 [DORFWIRTH, 1972]	54
Abbildung 19:	Motorisierungsgrad 1968, 1985, 2000 [DORFWIRTH, 1972].....	56
Abbildung 20:	Entwicklung des durchschnittlichen Tagesverkehrs [DORFWIRTH, 1972]	62
Abbildung 21:	Prognosewerte zur A 10 – Tauernautobahn für die Jahre 1985 und 2000	64
Abbildung 22:	Beispielhafte Systemskizzen zur Mautstellenpositionierung [DORFWIRTH, 1972].....	65
Abbildung 23:	Mautstelle St. Michael im Laungau	66
Abbildung 24:	Transitverkehr in Österreich [BMVIT, 2018].....	71
Abbildung 25:	Verkehrsentwicklung der Jahre 2000 bis 2017 auf der A10 – Tauernautobahn	74
Abbildung 26:	Monatliche Gesamtverkehrsentwicklung des Jahres 2017 auf der A10	75
Abbildung 27:	Monatliche Verkehrsentwicklung A10-Zederhaus der Jahre 2008 bis 2017	76
Abbildung 28:	Jährliche Verkehrsentwicklung A10-Zederhaus mit GV der Jahre 2008 bis 2017	77
Abbildung 29:	Verkehrszählungswerte des Jahres 2000 [ASFINAG].....	82
Abbildung 30:	Prognosewerte F 1985 und S 1985 und faktorisierte Werte S 1985	85
Abbildung 31:	Prognosewerte F 2000 und S 2000 und faktorisierte Werte S 2000	86
Abbildung 32:	Berechnung für 2000 aus den Datensätzen der Jahre 2008 - 2017.....	90
Abbildung 33:	Vergleich der Messwerte und der berechneten Werte für das Jahr 2000.....	91
Abbildung 34:	Berechnete Frühjahr- und Sommerverkehrswerte für das Jahr 2000.....	92
Abbildung 35:	Prognose und reelle Werte des Frühjahrsverkehrs im Jahre 2000	94
Abbildung 36:	Prognose und reelle Werte des Sommerverkehrs im Jahre 2000	95
Abbildung 37:	Einnahmenentwicklung der Maut [ESTERMANN, 2008]	102
Abbildung 38:	Aktuelle Werte aus den Geschäftsberichten der ASFINAG [KRITZINGER, 2018].....	102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Sterbetabelle mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten [Statistik Austria, 2013]	7
Tabelle 2:	Matrix <i>Fij</i> - Verkehrserzeugung und Berechnung Verkehrsverteilung	26
Tabelle 3:	Die Tauernautobahn – Chronologie der Verkehrsfreigaben [ASFINAG, 2018]	31
Tabelle 4:	Anteil des Personen-Freizeitverkehrs am Sommerverkehr [DORFWIRTH, 1972]	39
Tabelle 5:	Vergleich des Verkehrsaufkommens 1968 – 1985 - 2000 [DORFWIRTH, 1972].....	58
Tabelle 6:	Mittlere Fahrtweiten der Prognosematrix [DORFWIRTH, 1972].....	59
Tabelle 7:	Scheitelstreckenbelastung Zederhaustal und Katschberg [DORFWIRTH, 1972]	59
Tabelle 8:	Talstreckenbelastung Pass Lueg und Villach-West [DORFWIRTH, 1972]	60
Tabelle 9:	Anteil des Freizeitverkehrs in [DORFWIRTH, 1972].....	60
Tabelle 10:	Mittlere Fahrtweiten der rekonstruierten Spinnen der A10 [DORFWIRTH, 1972]	63
Tabelle 11:	Vergleich der Mautstellen [DORFWIRTH, 1972].....	66
Tabelle 12:	Entwicklung des Kraftfahrzeugbestands in Österreich [BMVIT, 2016]	70
Tabelle 13:	Prozentuale Verkehrssteigerung in Österreich [BMVIT, 2018]	72
Tabelle 14:	A 10 Verkehrssteigerungen i.M. der Jahre 2008 bis 2017.....	73
Tabelle 15:	Gesamtsteigerungsfaktoren DTV Frühjahr - Sommer der Jahre 2008 - 2017	78
Tabelle 16:	Gesamtsteigerungsfaktoren DTV Jahreswert – Maximum der Jahre 2008 - 2017.....	79
Tabelle 17:	Zederhaus - Verkehrssteigerungen der Jahre 2008 bis 2017	80
Tabelle 18:	Rückrechnung zum DTV des Jahres 2000 aus Messwerten der Jahre 2008 - 2017.....	89
Tabelle 19:	Kostenveränderung infolge der Ausländer-Vignette [BAUM, 2010]	106
Tabelle 20:	Ressourcenveränderung infolge der Finanzierungs-Vignette [BAUM, 2010]	106
Tabelle 21:	Nutzen für Straßentypen aus der pauschalen Kilometermaut [BAUM, 2010].....	107
Tabelle 22:	Volkswirtschaftlicher Nutzenverlust durch die pauschale Maut [BAUM, 2010].....	107
Tabelle 23:	Nutzen-Kosten-Differenz der pauschalen Pkw-Maut (Mrd. €) [BAUM, 2010]	108

1 Einleitung

In Zeiten kürzerer Investitionshorizonte, aufgrund zum Teil schwieriger politischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Konstellationen, sind Prognosen wichtiger denn je. Sie schaffen ein Sicherheitsnetz, um das inhärente Risiko der gesamten wirtschaftlichen Handlungsfelder fassbar und in Zahlenwerten abbildbar zu machen. Denn die wirtschaftlichen Interessen, welche mitunter wegen grundlegender sozio-politischer Kalküle in risikoreiche Investitionen resultieren können, müssen im Vorfeld belastbar analysiert werden.

Gerade für die Infrastruktur, welche als Basis fast aller übrigen Wirtschaftszweige existenziell für die ökologische, ökonomische und politische Entwicklung der einzelnen Staaten ist, sind belastbare Prognosen wichtig, um für eine wahrscheinliche Zukunft alle notwendigen vorbereitenden Maßnahmen getroffen zu haben. Auch wenn über die wirtschaftliche Ausrichtung eines Staates, einer Staatengemeinschaft oder gar einer, den Globus umspannenden, Wirtschaftsgemeinschaft diskutiert wird, sind detaillierte Prognosen zur Infrastruktur unerlässlich.

Aufgrund der Vielzahl an Interessensgemeinschaften, welche die bestehende und künftige Infrastruktur nutzen möchten und müssen, werden Prognosen immer eine große Bedeutung für die Abschätzung des Infrastrukturbedarfs haben. Aus Prognosen werden die notwendigen Projekte zur Verbesserung oder Schaffung von Wegeverbindungen über Luft-, See- und Landwege abgeleitet. Gerade wegen der konträren ökologischen und ökonomischen Maßgaben im Bereich der Verkehrsplanung in Ballungszentren, aber ebenfalls in ländlichen Gebieten, ist es, aufgrund der begrenzten Trassenwahl, der Vielzahl an betroffenen Interessensgemeinschaften und des hohen politischen Drucks notwendig, die Maßnahmenanzahl und -dichte auf einem Mindestmaß zu halten. Zu diesem Zweck sind umfassende Verkehrsprognosen unerlässlich, welche die möglichen Verkehrsprojekte detailliert analysieren, um die Abwägung ihrer makroökonomischen Resultate und mikroökonomischen Effekte bewerten zu können. Daraus können Handlungsstrategien entwickelt werden, welche ebenfalls in der öffentlichen Diskussion durch die Gemeinschaft nahezu aller Interessensgruppen getragen werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, Prognosen, insbesondere Verkehrsprognosen, in Ihrer Methodik zu analysieren. Die in der Prognose erzeugten Ergebnisse mit den tatsächlichen Ereignissen zu vergleichen und die möglichen Einwirkungen marktwirtschaftlicher Aspekte auf die Prognoseergebnisse zu betrachten. Kurzum soll die Aussagekraft von Verkehrsprognosen am Beispiel der Verkehrsprognose des Jahres 1972 für die A 10 Tauernautobahn auf den Prüfstand gestellt werden, um deren Belastbarkeit zu testen. Weiterhin sollen die gewonnenen Ergebnisse auf künftige Verkehrsprognosen und Ihre möglichen Einflussfaktoren in Anbetracht der wirtschaftlichen Bedeutung der Mauterhebung betrachtet werden.

Dies wird in folgender Arbeit derart durchgeführt, dass in einem ersten Schritt Prognosen im Allgemeinen beleuchtet werden. In einem weiteren Schritt werden im Detail Verkehrsprognosen betrachtet und schließlich anhand der gewonnenen Erkenntnisse die Verkehrsprognose zur A 10 Tauernautobahn des Jahres 1972 analysiert.

Zudem wird die Verkehrsentwicklung in Österreich dargestellt und schließlich die Verkehrszählungen der prognostizierten Jahre analysiert. Diese werden nach rechnerischer Aufbereitung der notwendigen Werte mit den Prognosewerten verglichen, wodurch man als Ergebnis den Vergleich der Prognose mit der Realität erhält.

Zuletzt werden in Anbetracht der Mauterhebung in Österreich die möglichen Einflussfaktoren künftiger Verkehrsprognosen, die mögliche Adaption im europäischen Rahmen und die wirtschaftlichen Auswirkungen von Prognosen beleuchtet.

2 Prognosen

„Bei der *perfekten* Prognose bildet also die dem ausgewählten Punktschätzer (Quantil) zugrunde liegende Wahrscheinlichkeitsverteilung die Verteilung der tatsächlichen Ereignisse korrekt ab. Das bedeutet, dass der zugrundeliegende Prozess korrekt beschrieben wird, die Vorhersage für das konkrete Ereignis wird aber aufgrund der statistischen Natur vom tatsächlichen Ereignis abweichen.“

[FEINDT/KERZEL, 2015]

Was ist eine Prognose, wieso ist sie nur mittels komplexer Sachverhalte erklärbar, warum ist das Ergebnis nicht belastbar und findet dennoch zunehmend Verwendung und Anhänger sowohl in den verschiedenen praktischen Anwendungsgebieten als auch in allen geistes- und naturwissenschaftlichen Forschungsfeldern?

Die Prognose ist, dem Duden nach, vom spätlateinischen „*prognosis*“ abgeleitet worden, das dem griechischen „*prógnōsis*“, welches das Vorherwissen bedeutet und dem Begriff „*progignōskein*“, entlehnt ist, das übersetzt als im Vornherein erkennen zu verstehen ist.

Prognosen stehen im Fokus der Wissenschaft und werden, unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit des Ergebnisses, von den Medien massentauglich aufbereitet und vermarktet. Ob es nun eine Prognose zum Klimawandel, zur Erderwärmung, zu wirtschaftlichen Zusammenhängen ist, oder Prämissen in jedweder Zusammenstellung mit Aussicht auf ein zählbares Ergebnis sind. Ein Anwendungsgebiet, in welchem Prognosen eine besonders große Relevanz haben, sind unbedingt die Wirtschaftswissenschaften. [VOGEL, 2015].

Es ist deutlich zu erkennen, dass Prognosen einen Großteil unseres Handelns beeinflussen, ob nun direkt oder indirekt. Selbst im kleinen Maßstab bei trivialen Alltagsproblemen, wie beispielsweise der Routenwahl des Arbeitsweges, der Urlaubsplanung oder sogar der Kleidungswahl sind wir auf fremderstellte oder eigene Prognosen angewiesen. Und dies ist kein Phänomen der Neuzeit. Es zieht sich seit Menschheitsgedenken durch die Epochen, wie ein roter Faden, dass diejenigen Menschen, Personengruppen oder Volksstämme erfolgreich waren, welche die Zukunft auf Grundlage ihrer Informationen am besten prognostizieren konnten, um sich auf potentiell negative Einwirkungen optimal vorbereiten oder positive Gelegenheiten gänzlich ausschöpfen zu können. Wenn nicht genügend Information vorlag, wurden praxisfremde Gebiete in der Religion geschaffen, um Vorhersagen treffen zu können. Dies zeigt sich nicht nur in der Historie mit dem Orakel von Delphi oder den Auspices¹ der Römer, sondern ist ebenfalls in der heutigen Zeit mit Dingen wie Kartenlegen oder weiteren semi-esoterischen Geschäftszweigen zu finden, da es seitens der Nutzer mangels Informationsdichte benötigt zu werden scheint.

Auf Methoden mit esoterischem Wesen sind wir in der Wissenschaft dank der Vorteile des Informationszeitalters, der Genauigkeit unserer Messtechnik und dem allgemeinen Fortschritt nicht mehr angewiesen. Auch wenn seitens sogenannter „Wirtschaftsweiser“ in regelmäßigen Zeitabständen eine „self-fulfilling-prophecy“ ausgesprochen wird, um gezielt auf das Geschehen beispielsweise am Aktienmarkt einzugreifen, ist es uns heutzutage möglich die vermutlich seit Menschheitsgedenken genauesten Prognosen anzufertigen. Das einzige damit verbundene Problem besteht jedoch in der Probabilistik der Herangehensweise. Denn trotz umfassendem Einbezug aller erdenklichen zugrundeliegenden Informationen, also der „Big Data“, ist das stochastische Ergebnis der Trendberechnung oder Prognose im Allgemeinen noch immer mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit verknüpft. Diese entfernt sich weiter von der Eins, wird also kleiner, je komplexer das betrachtete Fachgebiet und dadurch umfangreicher die einbezogenen Informationen

¹ Synonym für Auguren, Wahrsager der Antike

sind. Dieser Zusammenhang bedeutet, dass trotz oder wegen der Einschränkung der Abgeschlossenheit eines betrachteten Systems unsere Prognose gegebenenfalls dazu führt die falschen Schlussfolgerungen zu ziehen, beispielsweise für den Sturm gerüstet in der glühenden Hitze zu enden oder umgekehrt. In diesem kleinen Maßstab ist eine Fehlprognose nicht entscheidend, aber in Anbetracht dessen, dass die meisten gravierenden Entscheidungen, sei es in der Wirtschaft und derer verschiedener Teilgebiete, in der Politik, der Medizin, der Bioinformatik und weiteren Forschungsrichtungen immer auf Prognosen beruhen, ist der Rückschluss beunruhigend. Denn eine Eintrittswahrscheinlichkeit kleiner Eins kann, bei nicht-eintreten der prognostizierten Zusammenhänge, zu immensen volkswirtschaftlichen Schäden oder sogar irreversiblen sozialen und politischen Auswirkungen führen.

Zusätzlich zur Streuung der Ergebnisbreiten ist die Subjektivität des Prognostizierenden entscheidend für die Ergebnisse der Prognose. Selbst unter der Voraussetzung penibler Vorgehensweise, im Sinne absoluter Rationalität, ist eine Prognose in ihrer Machart nicht frei von subjektiven Einflüssen. Diesen entscheidenden Gedanken spricht Nate Silver, welcher durch die Medien hinsichtlich seiner Prognosen mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit zum Guru der amerikanischen Prognostiker gemacht wurde, in „Die Berechnung der Zukunft“ [SILVER, 2013] explizit aus:

„Wie können wir unser Urteilsvermögen auf Informationen anwenden, ohne unserer Voreingenommenheit – unserem die Dinge verzerrenden Bias – zum Opfer fallen?“ [SILVER, 2013]

Trotzdem ist die „*prógnōsis*“, wenn auch durch Subjektivität verzerrt, aufgrund mangelnder Informationslage lückenhaft und durch hohe Komplexität möglicherweise fehlerbehaftet, als unerlässlich zur Vorhersage und demnach zur Anleitung unseres künftigen Handelns anzusehen.

Um die Details dieser Zusammenhänge eingehender zu betrachten, werden im Laufe dieser Arbeit in einem ersten Schritt die gängigen Prognoseverfahren und deren Werkzeuge analysiert. In einem weiteren Schritt wird der Fokus auf Verkehrsprognosen gelegt und schließlich die Probe auf Exempel unternommen, eine zeitlich abgeschlossene Verkehrsprognose auf Ihre „Richtigkeit“ beziehungsweise nachträgliche Belegbarkeit zu prüfen. Nicht jedoch mit dem Ziel die Art und Weise der Prognostizierung oder den möglicherweise fehlerbehafteten Faktorenausschluss darzulegen, welcher vor allem aufgrund der Ausgangswertschätzungen bei einer Vielzahl von Prognosen zu erkennen ist, sondern rein informationsgenerierend die damaligen Berechnungsmethoden und ihre probabilistische Aussagekraft zu untersuchen und wahrscheinlichkeitstheoretisch zu vergleichen. Dies soll weiterführend dem Ziel dienen, eine Aussage treffen zu können, ob die Prognosewerte der Verkehrsbelastungen im Verkehrswesen eingetreten sind. Obgleich dieses Vorgehen eine Gratwanderung sein kann, ist es im Zuge von Optimierung und Rationalisierung ein probates Mittel. Denn die Prognose ist aktuell, wie auch in Zukunft, das belastbarste Mittel zur Beschreibung einer möglichen Zukunft. Nicht zu unterschätzen und immer mit diesem Gedanken verbunden, sollte allerdings sein, dass es ein nicht auszumerzendes Restrisiko gibt. Und selbst wenn es im Einzelfall eine Vielzahl positiver Prognosen gibt, kann es die eine negative Vorhersage sein, welche letztendlich eintritt. Dieser Effekt wird in „Die Berechnung der Zukunft“ [SILVER, 2013] im ersten Kapitel anschaulich anhand der letzten Finanzkrise beschrieben. Doch sind die Bedeutung und Gefahr der Prognosen bereits seit Jahrzehnten im Fokus der Wissenschaft, wie bereits Manfred Hüttner in „Prognoseverfahren und ihre Anwendung“ [HÜTTNER, 1986] in seinen einleitenden Worten feststellt:

„Die Bedeutung möglichst „zuverlässiger“ Prognosen wächst ständig. Die Gründe hierfür liegen nicht nur in der zunehmenden Komplexität des wirtschaftlichen Geschehens, sondern insbesondere auch darin, daß die Zeit des immerwährenden Wachstums offenbar vorüber ist.“ [HÜTTNER, 1986]

Abgeleitet bedeutet dies, dass die Bedeutung der Prognosen stetig mit dem Rückgang der möglichen Wirtschaftsleistung, also der Marktsättigung, wächst, was den kapitalistischen Märkten, die sich über das Marktwachstum refinanzieren, entgegensteht. So steigt die Bedeutung der Prognosen indirekt proportional zum Wirtschaftswachstum, was allerdings einen Kollaps zur Folge haben kann, der eventuell ohne Prognosen nicht eingetreten wäre. An dieser Stelle soll auf den Soziologen Robert K. Merton verwiesen werden, der die Begriffe „self-fulfilling prophecy“ und „self-defeating prediction“ begründet hat. [MERTON, 1948] Diese Zusammenhänge werden seitens Friedrich August Lutz [LUTZ, 1955] anschaulich mit dem Schweinezyklus beschrieben, der den Einfluss einer Prognose auf diese selbst, bis zur Zerstörung der eigentlichen Richtigkeit, einleuchtend darlegt. Es wird zusammengefasst beschrieben, inwiefern das Aufstellen einer richtigen Prognose in einem abgeschlossenen System, bei Beachtung derselben durch die Akteure, unweigerlich dazu führt, dass die prognostizierten Auswirkungen ausbleiben, was anhand der erzielbaren Absatzpreise von Schweinemastbetrieben dargelegt wird.

Es ist bereits früh zu erkennen, dass Prognosen in unserer heutigen Zeit zwar unerlässlich, aber nicht greifbar sind und selbst bei der Erstellung bereits aufgrund der zugrundeliegenden Informationen von vornherein nicht aussagekräftig sein müssen, allerdings bei richtiger Prognose das Eintreffen des berechneten Falles gegebenenfalls ausbleibt, wenn die Menschen ihre Handlungsweise aufgrund der Prognose verändern. Die Prognose ist aber eine Hypothese, die unter dem momentanen Erkenntnisstand die Zukunft widerspiegelt und damit die wahrscheinlichste Entwicklung zum Zeitpunkt der Prognose angibt. [SPICHAL, 1988] Es ist zu bemerken, dass sich in jedweder Literatur deutlich abzeichnet, wie wichtig und dennoch unberechenbar Prognosen für uns und unsere mögliche Zukunft sind. Im nächsten Kapitel soll auf Theorien der Prognose, anhand verschiedener Berechnungsmethoden und deren zugrundeliegender Mathematik eingegangen werden.

2.1 Klassifizierung der prognostischen Modellrechnung

Die Vor- und Nachteile von Prognosen, jedoch auch ihre offensichtliche Unerlässlichkeit, stellen Prognostiker immer wieder vor entscheidende Probleme. Vor allem die Objektivitätserhaltung ist wegen der stets vorhandenen Subjektivierung der Problemstellungen enorm kompliziert, wodurch man sich gezwungen sah, die prognostischen Rechenmethoden zu standardisieren, um zumindest die Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit einzelner Prognosen zu gewährleisten. Ein Überblick über die gängigen Rechenmethoden wird im Folgenden anhand der Zusammenfassung einschlägiger Literatur strukturiert dargestellt. Dazu werden die verschiedenen Arten von Prognosen grundlegend in Entwicklungs- und Wirkungsprognosen unterschieden. Somit wird das mögliche Ergebnis einer Prognose, zum Beispiel das Verkehrsaufkommen, grundlegend von einem zu erzielenden Ergebnis einer Prognose, beispielsweise der Marketinganalyse, getrennt. Des Weiteren werden die zeitlichen Fristigkeiten (kurz-, mittel- und langfristig) anhand „Prognosehorizont“ beziehungsweise „Prognosedistanz“ [HÜTTNER, 1986] und zusätzlich nach der Art der Informationsbeschaffung und Informationsaufbereitung unterschieden. Letzteres wird in „Statistische Prognoseverfahren“ [WEBER, 1983] genauer dargestellt.

Anhand der einschlägigen Literatur wird im Folgenden versucht Prognosen, prognostische Arbeitsabläufe und prognostische Rechenmethoden zu unterteilen, um die theoretischen Grundlagen für den Hauptteil dieser Arbeit darzustellen. Dazu werden quantitative und qualitative Verfahren in Ihre Unterarten gegliedert und zusätzlich aufgrund der Informationsbasis unterschieden. Für diese werden die mathematischen Berechnungen dargelegt. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass die Genauigkeit von Prognosen abnimmt, je weiter in Teilbereiche untergliedert wird, also je spezieller die Themengebiete von Prognosen werden. [GAHSE, 1971] Die Unterscheidung der Prognosearten und -methoden sind in der Literatur nicht einheitlich gegliedert. Im Folgenden wird versucht die gängigen Ansätze zumindest anzusprechen, um einen umfassenden Überblick der Möglichkeiten von Prognosen zu bieten. Eine umfassende Darstellung aller Prognosemodelle ist aufgrund der Komplexität und Vielfältigkeit des Themengebietes im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

2.1.1 Sachliche Unterscheidung

Prognosen beginnend zu differenzieren ist aufgrund der Komplexität der Sachverhalte gefordert, um Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. In der Literatur findet sich hierzu die grundlegende Unterscheidung in technische, naturwissenschaftliche und in wirtschaftswissenschaftliche Prognosen [GAHSE, 1971]. Die meisten Prognosen werden in der Wirtschaftswissenschaft benötigt, um Vorgänge monetär vorbewerten zu können. Die naturwissenschaftlichen und technischen Prognosen sind vor allem in der Wissenschaft zu finden, sei es beispielsweise bei der Abwägung der Durchführbarkeit von Forschungsprojekten, der Erläuterung von Zusammenhängen, die sich dem menschlichen Auge entziehen, oder der technischen Beanspruchbarkeit von Stoffen, welche allerdings eher stochastisch betrachtet wird. Die Vielzahl an Wirtschaftsvorhersagen lässt sich weiter in makroökonomische, branchenorientierte, unternehmensorientierte, werksorientierte und ergebnisorientierte Wirtschaftsprognosen unterteilen [GAHSE, 1971].

2.1.2 Räumliche Unterscheidung

Es gibt auch weitere grundsätzliche Unterscheidungen. In der Betrachtung der geografischen Räumlichkeit von Prognosen sind die eingehenden Werte am Ursprungsort in internationale (mit

Import- und Exportbetrachtungen), nationale, kommunale und lokale Prognosen zu unterscheiden. [GAHSE, 1971]. Diese Einteilung ist weniger Ziel- und Ausgangspunktorientiert, sondern vielmehr ursprungswertbezogen, was bedeutet, dass die möglichen Faktoren nach geografischer Herkunft eingeteilt werden.

2.1.3 Unterscheidung nach Aktivitätsniveau

Hinsichtlich der Zusammenhänge von Prognose, Planung und Entscheidung [HÜTTNER, 1986] wird bei der Unterscheidung nach Aktivitätsniveau davon ausgegangen, dass -bei Vorliegen vorangegangener Entscheidungen- die Informationen eine Möglichkeit bieten, SOLL und IST zu vergleichen, um mit weiteren Entscheidungen nachzusteuern. Aus der Entscheidungsdichte, dem Aktivitätsniveau des Marketings [HÜTTNER, 1986] des eigenen Unternehmens lassen sich Prognosen grob in Entwicklungs- und Wirkungsprognosen unterteilen. Dies gilt ebenfalls für das Umfeld, sei es die Konkurrenz, oder der Markt an sich. Bei reinen Entwicklungsprognosen werden Marketingfaktoren komplett ausgeblendet, bei reinen Wirkungsprognosen werden hingegen ausschließlich die erzielbaren Ergebnisse aus den Marketingverfahren dargestellt. Es ist darauf hinzuweisen, dass es keine in ihrer Machart „reinen“ Prognosen geben kann, da die Zeit bei allen Entwicklungen ein wichtiger Faktor ist, wodurch es immer kombinierte Entwicklungs- und Wirkungsprognosen sind, welche erstellt werden. [HÜTTNER, 1986]

2.1.4 Qualitative und quantitative Unterscheidung

Die grundlegende Einteilung bezüglich qualitativer und quantitativer Maßgaben wird aufgrund der - bereits eingangs erwähnten- Subjektivität von Prognosen verwendet. Subjektive oder intuitive Verfahren werden als qualitative Prognosen bezeichnet. Im Gegensatz dazu stehen objektive und dadurch reproduzierbare Verfahren, welche als quantitative Prognosen Verwendung finden. [HÜTTNER, 1986]. Der Unterschied in der Methodik zeigt sich anschaulich bei Stichprobenverfahren, welche aufgrund der Repräsentativität und niedrigen Investitionskosten in vielen wirtschaftlichen und technischen Bereichen Anwendung finden, ebenfalls in der Verkehrswirtschaft. Anhand der „willkürlichen Auswahl“ oder der „bewußten Auswahl“ [WEBER, 1983] wird dabei ein wichtiges Instrument der Prognose geschaffen. Die bewusste Auswahl führt notwendigerweise zu einer Subjektivierung des Prognoseergebnisses, anders bei der willkürlichen Stichprobe, welche zwar quantitativ, also reproduzierbar ist, aber nicht unbedingt auf die Grundgesamtheit schließen lässt.

Es wird an dieser Stelle ersichtlich, dass die Methodenwahl, welche unbedingt abhängig vom Investitionsrahmen einer Prognose ist, bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Projektierung einer Prognose die Prognoseergebnisse im hohen Maße beeinflusst.

2.1.5 Unterscheidung nach Methodik

Bei den dargelegten Vorhersagemethoden wird in Hinblick auf die Sicherheit von Prognosen in stochastische und deterministische Vorhersagen unterschieden [GAHSE, 1971]. Stochastische Vorhersagen sind der Wahrscheinlichkeitsverteilung, beispielsweise einer Normalverteilung oder Pearson-III-Verteilung, unterworfen und zeigen deshalb Ihre Prognose mit einer zugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeit unter einem gewissen Sicherheitsniveau an. Zur Verdeutlichung wird hierfür beispielhaft die Lebenserwartung von Frauen und Männern in Österreich von Statistik Austria in der folgenden Tabelle angeführt. I ist hierbei die Wahrscheinlichkeit für die Prognose von x.

Tabelle 1: Sterbetabelle mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten [Statistik Austria, 2013]

Männer und Frauen (Unisex-Tafel)							Genaueres Alter (am x-ten Geburtstag) in Jahren
Sterbe- wahr- scheinlichkeit im Altersintervall x bis x+1	Über- lebende im Alter x	Ge- storbene im Alters- intervall x bis x+1	Stationäre Bevölkerung		Fernere Lebens- erwartung im Alter x in Jahren	x	
			im Alters-intervall x bis x+1	ab dem Alter x			
q_x	l_x	d_x	L_x	T_x	e_x		
0,00309	100.000	309	99.721	8.107.412	81,07	0	
0,00007	99.580	7	99.576	7.111.073	71,41	10	
0,00040	99.395	40	99.375	6.115.969	61,53	20	
0,00039	98.989	39	98.970	5.123.997	51,76	30	
0,00079	98.397	78	98.358	4.136.694	42,04	40	
0,00271	96.916	262	96.785	3.158.618	32,59	50	
0,00697	92.807	647	92.483	2.206.890	23,78	60	
0,01653	83.087	1.373	82.400	1.321.399	15,90	70	
0,04603	64.251	2.957	62.772	572.293	8,91	80	
0,16099	26.203	4.218	24.094	107.070	4,09	90	
0,38587	2.040	787	4.266	4.266	2,09	99	

Anders verhält es sich mit der deterministischen Vorhersage, welche auf unabänderlichen Daten basiert und daher keine Unsicherheit erwarten lässt. [GAHSE, 1971] Diese wird nur selten im Einzelfall, beispielsweise Absatzplanung oder Stücklistenauflösung, angewendet, weswegen in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen werden wird. Erwähnenswert ist, dass ausschließlich durch Verwendung von deterministischen Ausgangsdaten und deterministische Operatoren eine deterministische Prognose zustande kommt. Andernfalls ist es immer eine stochastische Prognose.

Die Methoden der stochastischen Vorhersage sind anhand der angewandten Herangehensweise eingeteilt. So lassen sich graphische, mathematische, manuelle und maschinelle Prognosen unterscheiden. [GAHSE, 1971]

2.1.6 Unterscheidung nach Charakter und Abhängigkeit der Ausgangsdaten

Die Ausgangsdaten sind natürlicherweise für die Prognoseerstellung unverzichtbar und wegweisend. So sind beim Stichprobenverfahren bereits durch die Methode Verfahren vorgegeben. Denn für einfache, geschichtete oder klumpige Stichproben werden mehrstufige Auswahlverfahren, systematische oder zweiphasige Stichprobenverfahren vorgegeben [WEBER, 1983]. Denn nur so sind die charakterlichen Eigenheiten der Ausgangsdaten, die konstant, trendförmig, zyklisch mit oder ohne Trend sein können, gegeben. [GAHSE, 1971] In anderer Literatur ist außerdem die „Saison“ als gewichteter Zyklus als zusätzliche charakterliche Ausprägung zu finden. [HÜTTNER, 1986] Aufgrund der Eingangsdatenbegebenheit ist die Vorhersageart mathematischer Natur sehr verschieden und soll im Kapitel 2.2 genauer betrachtet werden.

2.1.7 Unterscheidung nach Abhängigkeit

Eine weitere Unterscheidungsform ist die Unterscheidung nach der Abhängigkeit von anderen Merkmalen. Dies führt zu einer Klassifizierung in unabhängige, abhängige und interdependente Vorhersagen. [GAHSE, 1971] Dies ist anschaulich an der unten aufgeführten Abbildung zu sehen.

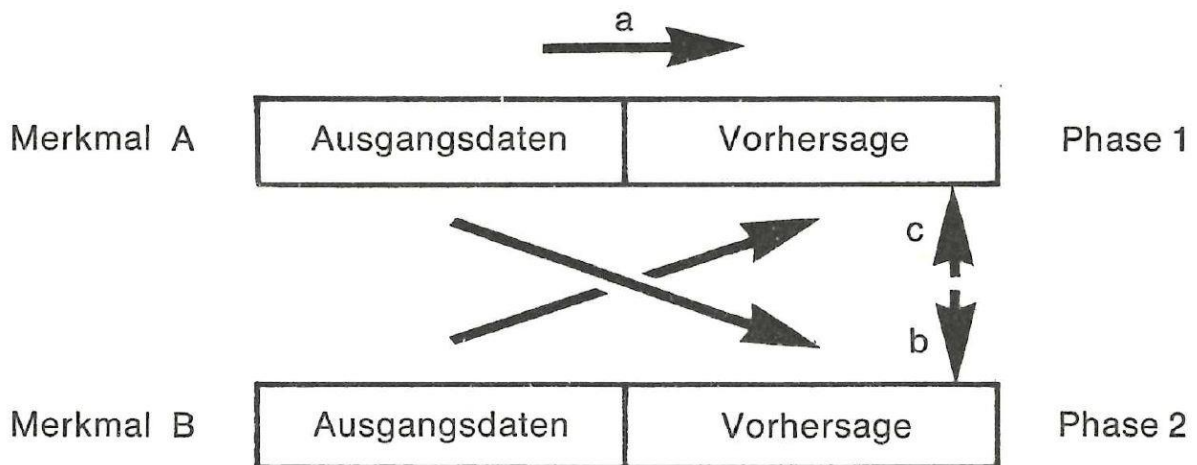


Abbildung 1: Abhängigkeit zwischen verschiedenen Merkmalen [GAHSE,1971]

Hierbei symbolisiert Pfeil a die unabhängigen Prognosen aus unabhängigen Ausgangsdaten, Pfeil b die abhängigen Prognosen, wegen der Abhängigkeit der Merkmale von den Vorhersagen und Pfeil c die interdependenten Prognosen, bei denen sowohl die Prognosen, als auch die Merkmale gegenseitig voneinander abhängen. [GAHSE, 1971]

2.1.8 Zeitliche Einteilung als Unterscheidungsmerkmal

Es wird in der Literatur darauf hingewiesen, dass es zur zeitlichen Einteilung von Prognosen uneinheitliche Abgrenzungen, vor allem in der amerikanischen Literatur gibt. Die allgemein anzutreffenden Unterscheidungen der Fristigkeit sind kurz-, mittel-, oder langfristige Vorhersageverfahren. [GAHSE, 1971] Dies stellt den „Prognosehorizont“ oder die „Prognosedistanz“ dar, welche im zeitlichen Rahmen von kleiner eins und größer drei anzusiedeln sind. [HÜTTNER, 1986] Diese Einteilung wird zuletzt genannt, weil diese das Hauptkriterium darstellt nach welchem die meisten mathematischen Verfahren vorausgewählt werden, welche dann aufgrund der charakterlichen Ausprägung der Daten nachgesteuert werden. Zum Beispiel eignen sich für mittelfristige Vorhersageverfahren die exponentielle Glättung höherer Ordnung, die Regressionsanalyse oder die zyklische Korrektur. [GAHSE, 1971] Im Gegensatz dazu ist beispielsweise für kurzfristige Vorhersagen die Mittelwertbildung ausreichend. Auf die verschiedenen Möglichkeiten der mathematischen Vorgehensweisen zur Vorhersage über den Prognosehorizont und die charakterlichen Gegebenheiten der Ausgangswerte wird im nächsten Kapitel im Detail eingegangen.

2.2 Prognosearten

Zur Auswahl stehen bei der Erstellung einer Prognose prinzipiell drei Verfahren.

Zum einen das im vorhergehenden Kapitel erwähnte Stichprobenverfahren, bei welchem die „willkürliche“ oder „bewusste“ Auswahl der einfachen, geschichteten oder klumpigen Stichprobe zu verschiedenen Auswahl- und Stichprobenverfahren führt. [WEBER, 1983] Die Stichprobe wird dann je nach Fragestellung des Prognostizierenden mathematisch ausgewertet.

Zum zweiten existiert das Extrapolationsverfahren, welches mittels verschiedenen Schätzungsarten, wie beispielsweise der Regressionsschätzung, bei einer hohen Korrelation zwischen Untersuchungsmerkmal A und dem Bezugsmerkmal B die Präzision im Gegensatz zur freien Hochrechnung steigert. [WEBER, 1983] Diese Vorgehensweise deckt einen Großteil der Gesamtheit der Prognosen ab und wird deswegen eingehender betrachtet.

Zum dritten und Letzten das Simulationsverfahren, welches versucht, die Gesamtheit über ein theoretisches Abbild nachzuahmen und somit Schlussfolgerungen für die Zukunft, also Prognosen, abzuleiten. [WEBER, 1983] Dieses Verfahren erfordert eine hohe Rechenkapazität und ist de facto durch die Automatisierung, welche mit der Programmierung einhergeht, in seiner Nachvollziehbarkeit beschränkt.

2.2.1 Grundbegriffe

In Hinblick auf die folgenden Berechnungen werden Grundwerte und Grundrechenarten, welche Voraussetzung zum Verständnis der Materie sind kurz erläutert. Zugrunde gelegt wird zur Vereinfachung eine Zufallsstichprobe an Daten, welche normalverteilt sind.

Mittelwert und Median

Der Mittelwert ist die Summe aller Daten durch die Anzahl der Daten. Folgend durch die Formel erläutert.

$$A(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i$$

Der Median hingegen ist ein, in der Datentabelle, real existierender Wert und kann als „am mittigsten liegender Wert“ anstatt des Mittelwerts herangezogen werden.

Gleitender Mittelwert

Der gleitende Mittelwert ist der Berechnung nach wie der normale Mittelwert, allerdings dynamisch, das heißt, dass der Zeitpunkt i gleitet. Dadurch wird der Wert „dynamisch“. [GAHSE, 1971]

$$M_i = \frac{1}{k} \sum_{j=i}^{k+i-1} A_j$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m - k + 1$$

Dadurch werden die Zeitreihen geglättet, ähnlich der exponentiellen Glättung, allerdings mit dem Unterschied, dass die Ausgangselemente gleich gewichtet werden. Dies dient der Anpassung des Mittelwertes.

Varianz des Mittelwertes

Die Varianz $V^2(x)$ des Mittelwertes beschreibt die Streubreite der einzelnen Daten um den Mittelwert.

$$V^2(x) = \frac{\sum(x - A(x))^2}{m}$$

Standardabweichung

Die Standardabweichung $S(x)$ resultiert aus der Varianz und beschreibt die mittlere Abweichung der Daten vom Mittelwert.

$$S(x) = \sqrt{V^2(x)}$$

Mittlerer Prognosefehler

Der „mittlere quadratische Fehler“ oder „Mean-square-error“ [HÜTTNER, 1986] beschreibt das Fehlermaß des mittleren Prognosefehlers.

$$ME = \frac{1}{l} \sum_{t=n+1}^{n+l} e_t$$

Dabei ist n das Ende des Stützbereichs und l die Prognosedistanz.

Korrelationskoeffizient

Bei zwei verschiedenen Datenreihen, welche in Abhängigkeit stehen könnten, gibt es einen Korrelationskoeffizienten r .

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum(x - A(x))(y - A(y))}{\sqrt{\sum(x - A(x))^2 - \sum(y - A(y))^2}}$$

Dieser beschreibt die Abhängigkeit von Datenreihen zueinander.

Regressionskoeffizient

Der Regressionskoeffizient b dient der Untersuchung zur Abhängigkeit einer unabhängigen Variablen x (in der Literatur *predictor/Regressor*) zu einer abhängigen Variablen y (in der Literatur *criterion/Regressand*)

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} = \frac{\sum(x - A(x))(y - A(y))}{\sum(x - A(x))^2}$$

Dies ist eine analoge Schreibweise zum Korrelationskoeffizienten, da der Regressionskoeffizient mit diesem zusammenhängt. Eine andere Darstellungsweise zeigt folgende Formel.

$$y = bx + c$$

c beschreibt dabei die Regressionskonstante.

Beide Rechenarten sind zur Verwendung für die Regressionsanalyse in der Regressionsfunktion geeignet.

Die vier Komponenten von Zeitreihen [HÜTTNER, 1986]

Bevor mit einer Berechnung begonnen werden kann, ist eine „Decomposition“ [YAFFEE, 2000], also eine Zeitreihenzerlegung ratsam, da durch die Zerlegung sowohl das Vorgehen, als auch die Ergebnisdichte vereinfacht werden können. Die Zerlegung sollte nach vier folgenden Komponenten erfolgen.

1. Der Trend
ist vereinfacht als Abschätzung zur Steigung der Ausgleichsgeraden, welche aus den Datenwerten resultiert zu sehen. Zur Berechnung kann die Methode der gleitenden Durchschnitte oder die Methode der kleinsten Quadrate herangezogen werden.
2. Die zyklische Komponente
ist als mehrjährige Schwankung ähnlich der Konjunktur zu sehen. Die Existenz dieser Komponente ist umstritten. Dennoch wird versucht die Datenreihen hinsichtlich der zyklischen Komponente über die Zykluslänge zu bereinigen.
3. Die Saison
stellt die unterjährigen Schwankungen der Daten dar. Anschaulich am Beispiel eines Hotels in einem Skigebiet erklärbar, welches durch die natürlichen Gegebenheiten starken saisonalen Schwankungen unterworfen ist. Die Schwankungen können sich allerdings anstatt auf Quartale auch auf einzelne Tage herunterbrechen lassen. Ermittelt werden hierbei die Saisonfaktoren beziehungsweise Saisonzahlen, welche aufgrund einer Bezugsbasis als additive oder multiplikative (prozentuale Faktoren) aus dem beispielsweise „Normalmonat“ hervorgehen. Eine Methode für die Saisonfaktorenermittlung bei mehrjährigen Datenreihen ist die „Durchschnittsprozentmethode“, bei der teilweise der Median anstelle des Mittelwertes verwandt wird.
4. Die Restkomponente
beinhaltet ähnlich der zyklischen Komponente irreguläre Schwankungen welche die Ergebnisse verzerren, was versucht wird mittels gleitender Durchschnitte abzugrenzen.

2.2.2 Univariate Verfahren auf Basis der „Decomposition“

Dieses Verfahren wird für Prognosen verwendet, welche auf der klassischen Zeitreihenzerlegung basieren. Dazu werden, wie oben erläutert Schritt für Schritt die Komponenten der gegebenen Zeitreihe aufgeteilt. Das univariate Verfahren betrifft Prognosen, bei denen nur ein Merkmal in die Rechnung eingeht. Der Trend, die zyklische Komponente, die Saison und die irreguläre Komponente müssen einzeln erfasst werden, um sie aus der Berechnung herausnehmen zu können, da sie diese verfälschen würden. Nach der Berechnung der benötigten Werte werden diese allerdings erneut dem berechneten Wert hinzugefügt, sei es additiv oder als Faktor.

Der Trend

Zur Berechnung des Trends werden in der Literatur verschiedene Herangehensweisen zur Ermittlung angeführt. Da zum Teil auch graphische Verfahren Anwendung finden, soll im Weiteren allein die mathematische Ermittlung mit infinitesimalen Methoden aufgrund Ihrer Nachvollziehbarkeit betrachtet werden. Um den fiktiven Verlauf einer beliebigen Datenmenge auf der Zeitachse in die Zukunft zu verlängern ist es erforderlich, den Vorhersagezeitraum besonders klein in Relation zum Zeitachsenabschnitt der vorliegenden Daten zu halten. Ist dies der Fall, können sogar „naive Verfahren“ [HÜTTNER, 1986] angewandt werden, um eine Vorhersage zur Zukunft treffen zu können.

$$A(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i$$

Wobei $A(x)$ das arithmetische Mittel der vorhandenen Datenmenge ist und die Prognosedistanz 1 ist.

Es gibt auch triviale Herangehensweisen. Diese, ebenfalls „naive Verfahren“ [HÜTTNER, 1986], wie beispielsweise das Prinzip der gleitenden Durchschnitte, wobei diese bereits irreguläre Komponenten miteinbeziehen. Zum einen das Prinzip des „no-change“, bei dem der Prognosewert dem letzten Wert in der Zeitreihe entspricht, was nur dann Verwendung finden kann, wenn kein Trend vorhanden ist. Falls ein Trend vorhanden ist, kann man ebenfalls die Differenz der letzten zwei Daten in der Zeitachse auf den letzten Wert auftragen, um das „same-change“-Prinzip [HÜTTNER, 1986] zu erreichen. Andernfalls werden die gleitenden Durchschnitte verwendet,

$$M_i = \frac{1}{k} \sum_{j=i}^{k+i-1} A_j$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m - k + 1$$

Dabei werden zur Durchschnittsbildung nur jeweils die letzten k -Werte herangezogen. Beispielsweise kann somit aus einer Datenreihe mittels Bildung „gleitender 3er Durchschnitte“ [HÜTTNER, 1986] die Datenreihe in die Zukunft fortgesetzt werden. Da es allerdings zu Beginn und zum Ende von Datenreihen bei diesem Prinzip merklich zu Zuordnungs- und Wertermittlungsschwierigkeiten kommt, kann noch die Methode der doppelten gleitenden Durchschnitte herangezogen werden, deren Ergebnis „gewogene Durchschnitte“ [HÜTTNER, 1986] sind, also die gleitenden Mittelwerte nicht mit derselben Gewichtung in die Prognose miteingehen. Beispielhaft wäre hierfür, dass nahe Mittelwerte stärker in die Berechnung eingehen, als Werte zu Beginn der Datenreihe.

Besser als die naiven Methoden, welche zur überschlägigen und folgerichtig zur kostengünstigen Berechnung des Trends herangezogen werden können, ist allerdings die Methode der kleinsten Quadrate (OLS=Ordinary Least Squares) [HÜTTNER, 1986]. Diese Methode, welche im Jahre 1809 unter anderen von Friedrich Gauß entwickelt worden ist, entspricht einer Regression auf der Zeitachse, also eine Bezugssetzung der einzelnen Werte zur Zeitachse mit anschließender Funktionsbestimmung. Dies bedingt jedoch eine aufkeimende Problematik, dass alle Werte oder Daten der Zeitreihe mit derselben quantitativen Gewichtung in die Regressionsanalyse eingehen. Dies hat zur Folge, dass Prognosen, welche eine starke Basis haben, also eine große Menge zugrundeliegender Datensätze besitzen eine Gewichtungsproblematik besitzen kann. Wenn die Datensätze der Prognosebasis zeitlich sehr weit zurückreichen, diese Werte jedoch mit derselben Gewichtung eingehen, sinkt die Aussagekraft der Prognose durch den großen zeitlichen Abstand. Dennoch ist für univariate Verfahren das Prinzip der kleinsten Quadrate vorherrschend. Es ist allerdings zu unterscheiden, welche Funktion dem Trend zugrunde liegt. Deshalb werden lineare und nicht lineare Trends unterschieden. Die nichtlinearen Trends sind beispielsweise halblogarithmische oder exponentielle Wachstumsfunktionen. Zur Vereinfachung wird folgend nur kurz die Methodik einer univariaten Regressionsanalyse für die lineare Trendfunktion gezeigt.

Die zugrundeliegende Formel ist aus der Geometrie bekannt.

$$y = mx + t$$

Dabei ist t der y -Achsenabschnitt am Ursprung und m die Steigung der Funktion. Im Falle der linearen Trendfunktion ist also m die Steigung der Trendlinie und somit die Grundlage der Prognose. Daraus resultieren die Normalgleichungen nach der Herleitung mit der Dummy-Variablen l [HÜTTNER, 1986] wie folgt:

$$l: \quad m \sum x + lt = \sum y$$

$$II: \quad m \sum x^2 + t \sum x = \sum xy$$

Daraus ergeben sich die Lösungen durch die Normalgleichungen für die lineare Trendfunktion.

$$m = \frac{\frac{1}{l} \sum xy - \frac{1}{l} \sum x \frac{1}{l} \sum y}{\frac{1}{l} \sum x^2 - \left(\frac{1}{l} \sum x\right)^2}$$

$$t = \frac{1}{l} \sum y - m \frac{1}{l} \sum x$$

Anstelle der einzusetzenden Jahreszahlen für x werden Kennziffern eingesetzt, deren Summe Null ergibt, dadurch vereinfacht sich die Rechnung, dass die Werte sogar händisch berechnet werden können. [HÜTTNER, 1986] Es sei erwähnt, dass ebenfalls eine Berechnung zum gleitenden Mittelwert existiert, welche eine lineare Gewichtung der zugrundeliegenden Daten erlaubt. Diese ist in neuerer Literatur zu finden und ermöglicht, die aktuelleren Werte stärker in die Berechnung des Prognosewertes eingehen zu lassen. [YAFFEE, 2000]

$$x_{t+1} = x_t + \frac{3}{4}x_{t-1} + \frac{2}{4}x_{t-2} + \frac{1}{4}x_{t-3}$$

Wobei die Variable x die verschiedenen gleitenden Mittelwerte darstellt, welche sich über die - jeweils betrachteten- Zeiträume $T = 1, 2, \dots, t-1, t$ ergeben. Dadurch erreicht man eine gewichtete Berechnung der linearen Trendprognose.

Bei gewählten Trendfunktionen, welche nicht-linearen Charakter haben, ist die Berechnung im Prinzip dieselbe, allerdings je nach Funktion komplexer. Es lässt sich feststellen, dass durch die Wahl der zugrundeliegenden Trendfunktion bereits viele Parameter vorweggenommen oder sogar übergangen werden. Mit Hilfe größerer Rechnerkapazitäten ist jedoch das Erreichen eines vorgegebenen Minimums der Funktionsdifferenzflächen möglich, allerdings verkompliziert dieses Vorgehen die Funktion unter Umständen in der Weise, dass eine übersichtliche Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse für die Vorhersage nicht mehr möglich ist.

Die Saison

Saisonelle Schwankungen können unter Umständen die Trendberechnung – je nach gewählter Trendfunktion und betrachtetem Zeitraum – außer Kraft setzen. Deswegen ist es von entscheidendem Vorteil saisonale Einflüsse in den Datenreihen differenziert betrachten zu können, um die Berechnung des Trends ohne die Schwankungen aus der Saison durchzuführen und anschließend den saisonalen Schwankungswert nachträglich hinzuzufügen. Diese Berechnungsmethode wird mittels saisonunabhängiger Trendberechnung über die Kleinstquadrat-Methode mit anschließendem Wiedereinbezug der Saisonwerte durchgeführt. Die Ermittlung von „Saisonindizes“ dient der Berechnung von „saisonbereinigten Werten“, der Aufteilung der Jahresergebnisse auf die einzelnen Monate, der Prognose des Jahresergebnisses und der Prognose von Monatswerten. [HÜTTNER, 1986]

Eine weitere Methode zur Ermittlung der Saisonindizes ist die „Durchschnittsprozentmethode“ („Average Percentage Method“) [HÜTTNER, 1986]. Hierbei wird zuerst der Jahresdurchschnitt gebildet, dieser auf die Monate verteilt, also eine Gewichtung anhand der Wertgrößen durchgeführt. Dies ermöglicht es die Berechnung der Mittelwerte für die gleichen Monate -bei Betrachtung von Perioden, welche länger als 2 Jahre sind- durchzuführen. Dabei ist entscheidend, wie mit „statistischen Ausreißern“ verfahren wird, da diese die gewichteten Monatsindizes erheblich beeinträchtigen. Dies ist im Einzelfall zu entscheiden. Es existieren auch Programme, welche eine automatische Bereinigung nach vorgegebenem Sicherheitsniveau erlauben, um die Werte zu glätten.

Dies führt zu einem weiteren Verfahren, der Saisonalindizesermittlung, welches auf Basis der Methode der gleitenden Durchschnitte funktioniert und zur Erfassung der Saisonalität verwendet wird. Die Vorgehensweise ist dabei identisch der „Durchschnittsprozentmethode“, allerdings werden die Datenreihen wie bei der Trendberechnung geglättet.

Die irreguläre Komponente

Die irreguläre Komponente, welche aus der zyklischen Komponente und der Restkomponente besteht, ist entweder durch Bereinigungen oder mittels der Bildung von Zyklusindizes zu berechnen und aus der Berechnung auszuschließen. Bei ersterem ist im Vorfeld dabei bei saisonalen Einflüssen bereits die „Saisonbereinigung“ und die „Trendbereinigung“ [HÜTTNER, 1986] durchzuführen. Anschließend kann über die Bildung von gleitenden Durchschnitten die irreguläre Komponente herausgefiltert und ausgeschlossen werden.

Entscheidend für die zweite Herangehensweise ist allerdings die „Zykluslänge“ [HÜTTNER, 1986] zu kennen, um ident dem Saisonbereinigungsverfahren die Zykluskomponente aufteilen zu können. Allerdings gibt es wie eingangs erwähnt hinsichtlich der Existenz und der Beschaffenheit von Zyklen, beispielsweise in der Wirtschaft, große Unterschiede in der Auffassung derselben. Es sind verschiedene Wellenlängen [HÜTTNER, 1986] mit verschiedenen zugrundeliegenden Beobachtungen im Fokus der Wissenschaft. Für kürzere Perioden sind vier bis fünf Jahre als „Wachstumszyklen“, für mittlere Perioden zehnjährige „Juglar-Zyklen“, und für lange Zyklen die „Innovationszyklen“ im Gespräch. [HÜTTNER, 1986] Allerdings sind diese angenommen Zyklen bisher in der Wirklichkeit nicht bestätigt worden. [YAFFEE, 2000]

Die Voll-Erhebung [HEDDERICHS, 2018]

Die Voll-Erhebung, beziehungsweise das X-11 Verfahren, besser bekannt als CENSUS-Verfahren, entwickelt im „Bureau of the Census“² in den USA durch die Herren Shiskin, Young und Musgrave im Jahre 1967, hat grundlegend fünf Schritte zur Zeitreihenzerlegung: [YAFFEE, 2000]

1. Anpassung der Regression an die Arbeitstage des betrachteten Landes
2. Schätzung der Trendzyklen aufgrund der Schätzung der irregulären Komponente
3. Ermittlung der Saisonindizes
4. Glättung der Extremwerte
5. Erstellung der eigentlichen Statistik zur Kontrolle der angenommenen Werte

Diese fünf Schritte beschreiben ein iteratives Verfahren, welches durch Schätzung des Zyklus der Trendlinie mittels gleitender Mittelwerte, durch Vorbereitung von Saisonalindizes und ihrer Anwendbarkeit und durch Glättung von Extremwerten die Erstellung von „Komponententafeln“ „hochgerechnete Summenstatistiken“ [YAFFEE, 2000] erzeugt. Die Schritte Schätzung der Trendzyklen aufgrund der Schätzung der irregulären Komponente, die Ermittlung der Saisonindizes und die Glättung der Extremwerte werden ständig wiederholt. Somit findet dieses Verfahren erst aufgrund schneller Rechenmaschinen und gut funktionierender Programme zunehmend Verwendung. Die „variable Saisonfigur“, das iterative Vorgehen ohne definiertes Gütekriterium und die ständigen Wiederholungen von Rechenvorgängen machen eine Darstellung schwierig. [HÜTTNER, 1986] Es haben sich viele Unterarten zum X-11 gebildet, wie beispielsweise das X11-ARIMA und das SPSS X11ARIMA [YAFFEE, 2000] Es wurde bereits das X-12 entwickelt, welches von US-Behörden verwendet wird, in welchem die Verbesserungen des X11ARIMA und eine lineare Regression mit den ARIMA-Fehlern und somit „forecasts“, „backcasts“ und „preadjusts“ ermöglicht. [YAFFEE, 2000] Eine schematische Übersicht zum Census II – Verfahren findet sich in folgender Abbildung.

² Internetauftritt www.census.gov, Stand 14.12.2018

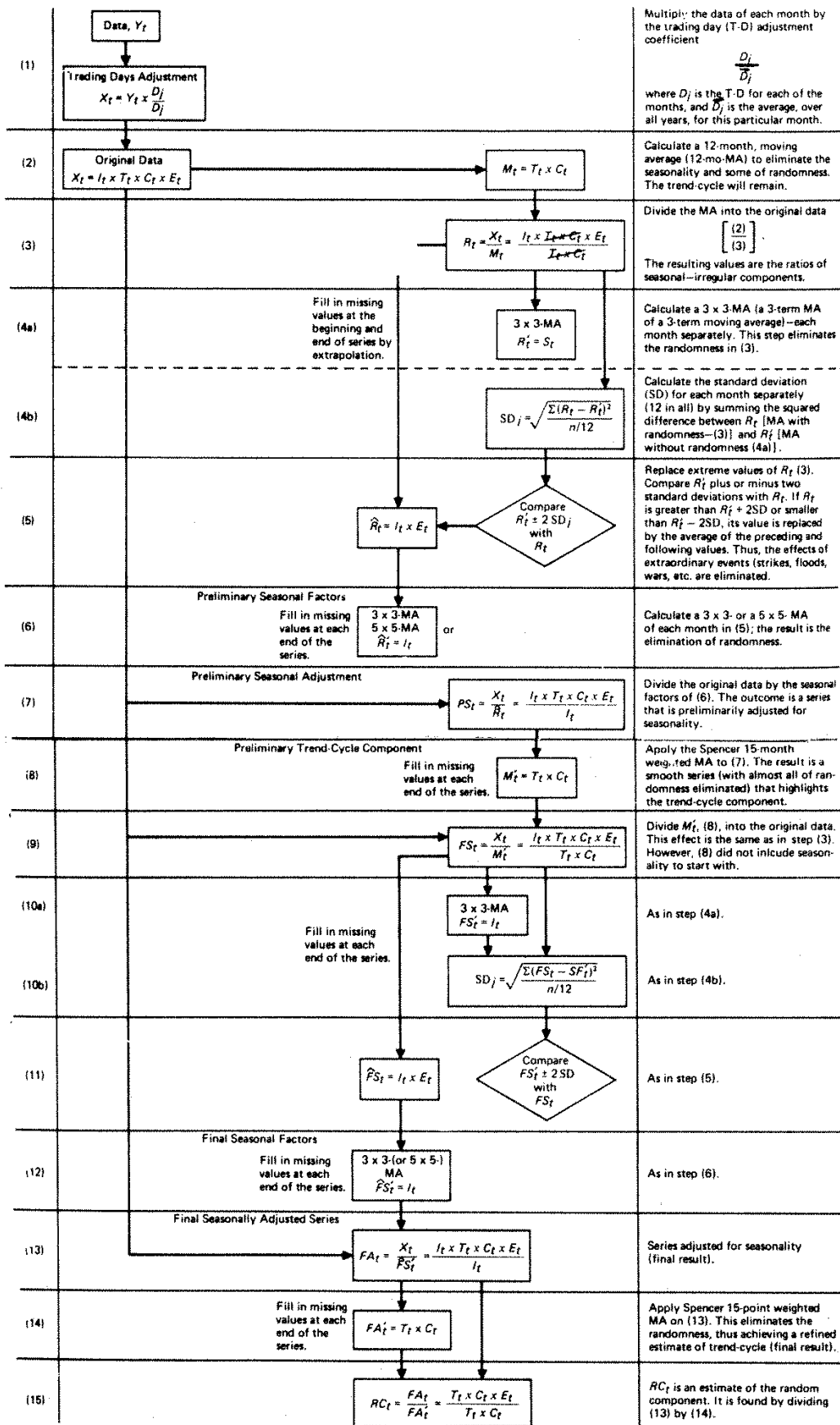


Abbildung 2: Census II - Verfahrensablauf [YAFFEE, 2000]

2.2.3 Univariate Verfahren auf Basis exponentiellen Glättens

Das Verfahren des exponentiellen Glättens oder des „exponential smoothings“ wurde anfangs der 30er Jahre in den USA von Robert Macaulay erstmals verwendet und im Laufe des zweiten Weltkrieges von Robert Brown weiterentwickelt. [YAFFEE, 2000] Es handelt sich hierbei um eine Methode, die jener Methode der gleitenden Mittelwerte ähnlich ist, sich jedoch um einen festgelegten betrachteten Zeitabschnitt dreht, welcher auf der Zeitachse wandert, und deswegen immer neue Mittelwerte ergibt. Es ist bei Durchführung der Prognoseberechnung zu beachten, ob es sich um ein konstantes Modell, ein Trendmodell oder ein Saisonmodell handelt. Da es sich allerdings nicht zwingend um Prognosemodelle handelt, welche prinzipiell versuchen die Natur im Modell nachzubilden, sondern in ihrem Vorgehen vielmehr „ad hoc forecasting formulas“ sind, welche die zugrundeliegenden Datensätze unmittelbar verwenden, ist es in diesem Zusammenhang eigentlich verwirrend von Modellen zu sprechen. [HÜTTNER, 1986] Besser wäre es, die Vorgehensweisen als verschiedene „Prognosearten“ zu beschreiben. Eine weitere Unterscheidung dieser Prognosearten liegt darin, dass es bei der Wahl der Rechenmethode von Bedeutung ist, ob die Trend-beziehungsweise Saisonbestandteile additiv oder multiplikativ in die Rechnung eingehen. Zusammenfassend ist das Verfahren der exponentiellen Glättung eine „verblüffend einfache Idee: Je weiter ein Zeitraum zurückliegt, mit desto geringerem Gewicht geht der Wert dafür in die Berechnung ein.“ [HÜTTNER, 1986]

Das konstante Modell - EXPO 1 (First order exponential smoothing)

Im konstanten Modell werden „Faktoren“, wie der Trend oder die Saison, nicht beachtet. Dadurch und durch die Vorgabe von einem Beobachtungszeitraum von zehn Beobachtungen, wird das Prinzip des exponentiellen Glättens leicht verständlich. [YAFFEE, 2000]

$$M_{t+1} = \left(1 - \frac{1}{10}\right)M_t + \frac{1}{10}x_t$$

Dabei ist M_{t+1} der Prognosewert aus dem gleitenden Mittelwert und M_t der vorangegangene gleitende Mittelwert aus wiederum zehn Beobachtungen, wobei neun Beobachtungen mit dem neuen gleitenden Mittelwert identisch sind. Anstatt der Betrachtung von zehn Beobachtungen wird im Allgemeinen die „smoothing constant“ [YAFFEE, 2000], welche $\alpha = \left(\frac{1}{10}\right)$ lautet, eingeführt. Außerdem wird der gesuchte gleitende Mittelwert M_{t+1} zur Verallgemeinerung zu F_{t+1} , welches auf den englischen Begriff „forecast“ zurückgeht. Die allgemeine Form für die konstante Art der Berechnung ist folgende: [YAFFEE, 2000]

$$F_{t+1} = \alpha x_t + (1 - \alpha)F_t$$

In einem weiteren Schritt wird ein Transfer durchgeführt, indem die Berechnung auf der Zeitachse einen Schritt in die Vergangenheit führt. Dies erfolgt dadurch, dass für F_t die Formel zur Berechnung eingesetzt wird. [YAFFEE, 2000]

$$F_{t+1} = \alpha x_t + (1 - \alpha)[\alpha x_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}]$$

Durch Vereinfachung:

$$F_{t+1} = \alpha x_t + \alpha(1 - \alpha)x_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1}$$

Wenn man diesen Schritt nun für alle Zeitabschnitte der Datenmenge durchführt, erhält man folgende Form, welche verrät, warum die Vorgehensweise exponentielles Glätten genannt wird.

$$F_{t+1} = \alpha x_t + \alpha(1 - \alpha)x_{t-1} + (1 - \alpha)^2 F_{t-1} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} x_{t-n+1} + (1 - \alpha)^n F_{t-n+1}$$

Dabei ist α zwischen Null und Eins ein Steuerungsinstrument, mit welcher eine Gewichtung weiter zurückliegende Werte in der Berechnung ermöglicht wird. Je größer die „smoothing constant“ oder die „Reaktionspartner“ [HÜTTNER, 1986], desto mehr Beachtung wird den neueren, beziehungsweise

präsenanteren Werten gegeben. Der Wert α beschreibt also die Gewichtung des letzten Wertes in der Zeitreihe. [GAHSE, 1971] Dies wird anhand der folgenden Grafik verdeutlicht, wobei α als a bezeichnet wird.

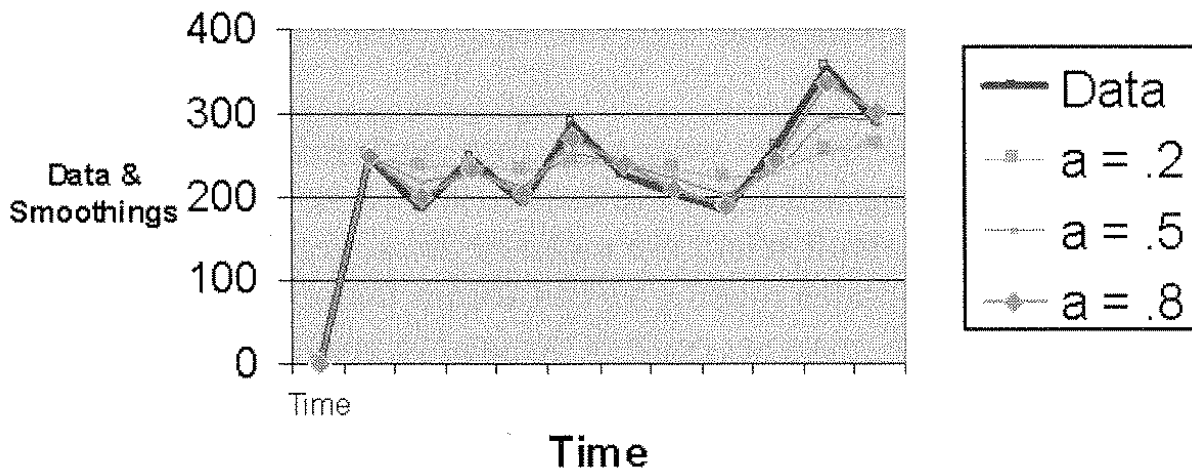


Abbildung 3: Konstantes Modell mit verschiedenen „smoothing parameters“ [YAFFEE, 2000]

Durch die Wahl des „Reaktionspartners“ [HÜTTNER, 1986] oder der „smoothing parameter“ [YAFFEE, 2000] wird das Ergebnis der Prognose stark beeinträchtigt. Es wird deswegen empfohlen, bei subjektivem Vorgehen die Wertigkeit in einem engen Rahmen mit $0,1 < \alpha < 0,3$ [HÜTTNER, 1986] festzulegen, da ansonsten Ausreißer das Ergebnis verfälschen würden.

Bei objektiver Vorgehensweise kommt die „Grid-Search-Technik“ [HÜTTNER, 1986], also die „Suchgittertechnik“ zur Anwendung, bei der, durch Annahme einer Schrittweite für die Werte von α , jeweils ein zugehöriger mittlerer quadratischer Fehler (MSE) berechnet wird und im Anschluss das α mit dem minimalen MSE gewählt wird. Dadurch wird sowohl die Nachvollziehbarkeit verbessert, als auch der Fehlerwert minimiert.

Trendmodelle – EXPO zweiter Ordnung (Second order exponential smoothing)

Bisher wurde der Trend in der Herangehensweise vernachlässigt. Allerdings werden in der Literatur einige verschiedene Methoden angeboten, so dass diese im Weiteren nur kurz Erwähnung finden. Es handelt sich dabei um das lineare exponentielle Glätten von Holt [YAFFEE, 2000] (auch „Zwei-Parameter-Verfahren“ [HÜTTNER, 1986]), das gedämpfte lineare Trendmodell mit exponentieller Glättung [YAFFEE, 2000] und das „Brown’sche linear exponential smoothing“ [HÜTTNER, 1986], bei dem nur ein Parameter Verwendung findet. Bei letzterem werden zwei Größen, der Trendanstieg b_t und die Konstante a_t in die Berechnung eingehen.

$$a_t = 2F_{t+1}^{(1)} - F_{t+1}^{(2)}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (F_{t+1}^{(1)} - F_{t+1}^{(2)})$$

Dabei wird aus den Beobachtungswerten x_t der bisherige Glättungswert $F_{t+1} = F_{t+1}^{(1)}$ (Glättungswert 1.Ordnung) und daraus $F_{t+1}^{(2)} = F_t^{(2)} + \alpha(F_{t+1}^{(1)} + F_t^{(2)})$ (Glättungswert 2.Ordnung) berechnet. Aus der Konstante und dem Trendanstieg lässt sich somit der Prognosewert für den Trend zweiten Grades ableiten.

$$x_{t+1} = a_t + b_t$$

Für Trends höheren Grades findet das „Fundamental theorem of exponential smoothing“ von Brown [HÜTTNER, 1986] Anwendung, was eine identische, immer wiederkehrende mathematische Berechnung der einzelnen Komponenten zu Folge hat. Analog wird mit nicht-linearen Trends verfahren, was in der Praxis jedoch selten Anwendung findet. [HÜTTNER, 1986]

Saisonmodelle – EXPO höherer Ordnung (Winter’s Method) [YAFFEE, 2000]

Auf Verfahren der reinen Saisonberechnung wird nicht eingegangen, da in der Praxis nahezu immer von kombinierten Trend- und Saisonmodellen ausgegangen werden kann. Das behandelte Winters-Verfahren basiert im Gegensatz dazu auf dem zuvor angeschnittenen Prinzip von mehr Parametern, weswegen es in der Literatur auch unter dem Namen „Holt-Winters-Verfahren“ zu finden ist. [HÜTTNER, 1986] Diese Art der Berechnung basiert auf drei Parametern, wobei a_t und b_t aus der Trendberechnung bekannt sind und $s_{k,t}$ für die Saisonalität steht. Daraus ergeben sich folgende Beziehungen: [HÜTTNER, 1986]

$$\text{Periodengrundwert:} \quad a_t = \alpha \frac{x_t}{s_{k,t-L}} + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Trend:} \quad b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\text{Saisonfaktor:} \quad s_{k,t} = \gamma \frac{x_t}{a_t} + (1 - \gamma)s_{k,t-L}$$

Wobei $k = t \bmod L$ (Beispielsweise ist bei $L=12$ dann $k=1, \dots, 12$) ist und α, β, γ Parameter sind, welche die Fortschreibung der drei Komponenten beschreiben.

Daraus ergibt sich die Prognose für l Perioden [HÜTTNER, 1986]:

$$F_{t+l} = (a_t + l b_t) s_{k,t+l-L}$$

Trotz des relativ komplizierten Verfahrens, welches in aktuellerer Literatur mittels Programmalgorithmien dargestellt wird, entstehen dennoch Schwierigkeiten hinsichtlich der Subjektivität der Prognose. Denn die Reaktionsparameter und Startwerte sind frei wählbar. Es empfiehlt sich somit, zur Wahrung der Objektivität, bei der simultanen Optimierung der Reaktionsparameter auf die „Suchgittertechnik“ zurückzugreifen. [HÜTTNER, 1986] Die Berechnung der Startwerte hat je nach verwendetem Programm hinterlegte Verfahren, welche beispielsweise über Reihenteilung oder aber über Vorprognosen und Nachbesserung erfolgt.

Wenn Statistiker für mehrere anstatt einer Variablen der Datenmenge Vorhersagen treffen müssen, dann benötigen sie Verfahren, welche diese Möglichkeit zulassen. Aufgrund ihres engen inhaltlichen Zusammenhangs wird beispielsweise eine Prognose zum Bruttosozialprodukt ebenfalls zur Prognose der Arbeitslosigkeit herangezogen werden können. [WENZEL, 2001] Außerdem besteht die Möglichkeit, dass es mehrere Prognosen zu verschiedenen Variablen gibt. Um diese Prognosen zu einer zusammenfassen zu können, ist eine andere Vorgehensweise als die bislang genannte notwendig, weswegen in den folgenden Abschnitten die Methodik der multivariaten Werkzeuge erläutert wird.

2.2.4 Multivariate Verfahren auf Basis der Einfach - Regression

Die Regressionsanalyse geht im Allgemeinen davon aus, dass Vergangenheitswerte -in Form einer Datenmenge über die Zeit- als Funktion in eine mathematische Form gebracht werden können. Mathematische Funktionen können hierbei unter anderen Geradengleichungen,

Exponentialgleichungen, Logarithmische Funktionen und Parabeln sein. [GAHSE, 1971] Auch eine Kombination der Funktionen ist denkbar und sogar wahrscheinlich, um die Natur abzubilden. Ziel der Regression ist es somit, mittels mathematischer Modelle eine realitätsabbildende Funktion zu erstellen und anhand dieser die Vorhersage treffen zu können. Dies gilt unter der Annahme, dass die Parameter und Gesetzmäßigkeiten erhalten bleiben. [GAHSE, 1971] In diesem Falle kann, anders als bei den bisherigen „Rechenmodellen“, von einem echten Modell gesprochen werden.

Regressionsanalytische Verfahren werden durch zwei Kriterien unterschieden. Das erste Kriterium ergibt, inwiefern die zu prognostizierende Variable von einer oder mehreren anderen Variablen abhängt. Dies ergibt die Einteilung in einfache und multiple Regression. Anhand des zweiten Kriteriums der linearen Abhängigkeit der betrachteten Variablen zeigt sich weiter die Beschaffenheit der Regressionsfunktion. [HÜTTNER, 1986]

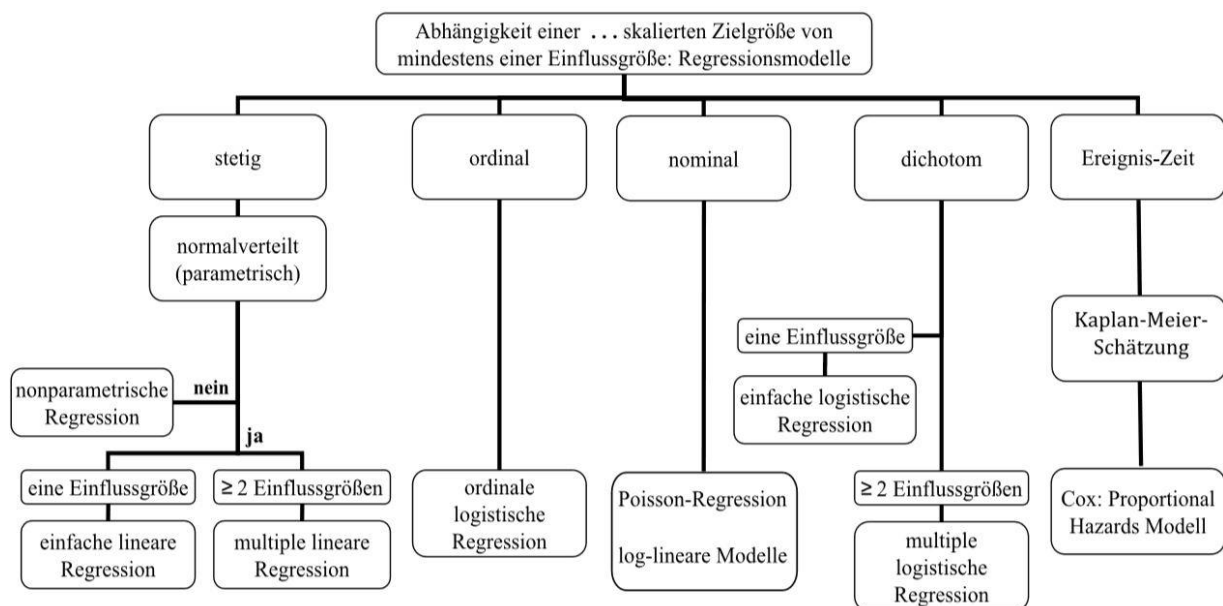


Abbildung 4: Regressionsmodelle – Übersicht der Modelle [HEDDERICH, 2018]

Die lineare Einfach-Regression beschreibt den Fall, dass die Variablen linear abhängig voneinander sind. Dieser Zusammenhang zwischen den Variablen A und B ist vereinfacht in folgender Formel wiedergegeben.

$$y = bx + c$$

x ist dabei die unabhängige Variable und y die abhängige Variable. Die Bezeichnungen in der Literatur für x sind aufgrund des vorgehenden Charakters „predictor“ oder „Regressor“. y hingegen wird durch x bedingt und wird „criterion“ oder „Regressand“ genannt. Die Parameter b und c sind die Werte, welche die lineare Abhängigkeit der Variablen repräsentieren und werden „Regressionskoeffizient“ und „Regressionskonstante“ genannt. Um die Zahlenwerte für den Regressionskoeffizienten und die Regressionskonstante ermitteln zu können, kommt die Methode der kleinsten Quadrate zur Anwendung. Ziel ist es dabei die Differenz zwischen den Schätzwerten γ und den Beobachtungswerten y minimal zu erhalten.

$$\sum (y - \gamma)^2 = \text{Min}$$

Durch Einsetzen und differentielle Ableitung werden die Minima und daraus folgend das zu verwendende b , aus welchem sich c ergibt, ermittelt. Der Parameter m ist dabei die Anzahl an Werten in den Datenreihen.

$$b = \frac{\frac{1}{m} \sum xy - \frac{1}{m} \sum x \frac{1}{m} \sum y}{\frac{1}{m} \sum x^2 - \left(\frac{1}{m} \sum x\right)^2}$$

$$c = \frac{1}{m} \left(\sum y - b \sum x \right)$$

Durch diese Vorgehensweise über die Methode der kleinsten Quadrate ist nun ein Zusammenhang der zwei Variablen entstanden. Über dieses Modell ist die Prognose anhand der Ausgangswerte einfach und nachvollziehbar möglich. Inwiefern und in welcher Intensität die Variablen allerdings wirklich voneinander abhängen, ist anhand der Methode der kleinsten Quadrate nicht erkennbar. Hierfür wird der Korrelationskoeffizient nützlich, beispielsweise der „Bravais-Pearsons’sche Maßkorrelationskoeffizient“ r , der mittels Normierung zwischen $-1 < r < +1$ Stärke und Beschaffenheit der Korrelation zweier Variablen angibt. Dieser Zusammenhang wird mittels Kovarianz und den Standardabweichungen der vorliegenden zwei Datenreihen ermittelt.

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum(x - A(x))(y - A(y))}{\sqrt{\sum(x - A(x))^2 - \sum(y - A(y))^2}}$$

Der Korrelationskoeffizient r beschreibt die Abhängigkeit von Datenreihen zueinander. Beispielsweise ist bei $r = -1$ die vollkommen gegenläufige Entwicklung der Datenreihen gegeben, bei $r = 0$ liegt keine Korrelation vor und bei $r = 1$ ergibt sich eine vollkommen gleichläufige Entwicklung der Ausgangsdaten. Dieser Wert kann sich ebenfalls aus dem „Bestimmtheitsmaß“ [HÜTTNER, 1986] ergeben, welches das Verhältnis der erklärten zur totalen Streuung darstellt.

$$r = \sqrt{B} = \sqrt{\frac{\sum(y' - A(y))^2}{\sum(y - A(y))^2}}$$

Die Berechnung zeigt eine Streuungszerlegung der totalen Streuung. Und zwar zum einen in die „erklärte – die Streuung der auf der Regressionsgeraden liegenden Werte um den Mittelwert“ und zum anderen in die „nicht-erklärte: $\sum(y - A(y))^2$, die Streuung der Beobachtungs- um die Schätzwerte.“ [HÜTTNER, 1986]

Analog zum Korrelationskoeffizienten existiert die allgemeine Formulierung für den Regressionskoeffizienten, in welchem die Kovarianz und Varianz eingehen.

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2} = \frac{\sum(x - A(x))(y - A(y))}{\sum(x - A(x))^2}$$

Um die Aussagekraft und Richtigkeit der Koeffizienten zu prüfen bedarf es sogenannter Signifikanztests [HÜTTNER, 1986]. Dies wird durchgeführt, indem eine Nullhypothese erzeugt wird. Diese Werte werden mittels des Koeffizienten der Nullhypothese berechnet, also beruhend auf der Annahme, dass der „wahre Wert in der Grundgesamtheit“ [HÜTTNER, 1986] Null ergebe. Diese Werte werden anschließend verglichen. Für die Berechnung wird der „Standardfehler der Schätzung“ ermittelt, welcher sich aus dem Durchschnitt der nicht erklärten Streuung ergibt und durch Multiplikation mit $\frac{m}{m-2}$ zum „unverzerrten Standardfehler der Schätzung“ [HÜTTNER, 1986] wird.

$$s_u = \sqrt{\frac{\sum(y - y')^2}{m - 2}}$$

Daraus folgt der „Standardfehler des Regressionskoeffizienten“ [HÜTTNER, 1986]:

$$s_b = \frac{s_u}{\sqrt{\sum(x - A(x))^2}}$$

Aus weiteren Umformungen ergibt sich die „Testgröße“ beispielsweise für den Koeffizienten b : [HÜTTNER, 1986]

$$t_{emp(b)} = \frac{b}{s_b}$$

Dieser Wert dient dazu das Signifikanz-Niveau anhand „statistischer Tafeln“ nachzuweisen. Bei einem ermittelten Wert, der deutlich höher als der theoretische Wert ausfällt, gilt die Signifikanz des Koeffizienten als gegeben.

In der Realität sind aber zumeist mehrere abhängige wie auch unabhängige Faktoren oder Einflussgrößen für eine Beobachtungsreihe zu finden. Die Einfach-Regression ist also nur für sehr simple oder bewusst simpel gehaltene Prognosen und Prognosemodelle zu verwenden. Für eine realitätsnähere Modellierung sind multivariate Verfahrensweisen zielführend.

2.2.5 Multivariate Verfahren auf Basis der multiplen Regression [HÜTTNER, 1986]

Im Vergleich zur Einfach-Regression wird bei dieser Vorgehensweise mindestens eine weitere unabhängige Variable in die Betrachtung miteinbezogen. Bei dieser Prognosemethode lässt sich feststellen, dass durch Hinzunahme einer einzigen Variablen eine weitere, dritte Normalgleichung [HÜTTNER, 1986] zustande kommt, was analog zur Einfach-Regression eine geringe Verkomplizierung der Berechnung zur Folge hat. Bei weiter steigender Zunahme der Variablenanzahl empfiehlt sich jedoch die Zuhilfenahme von Computerprogrammen. [HÜTTNER, 1986] Dargestellt wird diese Berechnung anhand der „Matrizenschreibweise unter Verwendung standardisierter Regressionskoeffizienten“ [HÜTTNER, 1986]. Dies bewirkt, dass die Konstanten c bei dieser Vorgehensweise entfallen und somit die Matrizenwerte einzeln miteinander vergleichbar werden. Diese Matrizenwerte werden als „beta-Koeffizienten“ [HÜTTNER, 1986] bezeichnet und ergeben sich entweder direkt aus der Standardisierung der Beobachtungswerte oder indirekt über die Beziehung der Standardabweichungen.

$$z_i = \frac{x_i - x}{s}$$

$$beta_{x_j} = b_{x_j} \frac{s_{x_j}}{s_y}$$

Es ergeben sich für die weitergehende Berechnung andere, an die Einfach-Regression angelehnte Formeln zur Bestimmung der notwendigen Prognoseparameter. Das „multiple Bestimmtheitsmaß“ [HÜTTNER, 1986] ergibt sich ähnlich bei der Einfach-Regression für n Prediktoren:

$$R^2 = \sum beta_{x_j} r_{x_j y}$$

Und daraus ergibt sich wiederum der „multiple Korrelationskoeffizient“ [HÜTTNER, 1986]:

$$R = \sqrt{R^2}$$

Der Signifikanztest für die multiple Regression kann einzeln über die unterschiedlichen Regressionskoeffizienten, wie bei der Einfach-Regression, oder aber über die „Regressionsfunktion im Ganzen“ [HÜTTNER, 1986] durchgeführt werden. Diese Werte werden wiederum mit Tabellenwerten verglichen um das Signifikanzniveau nachzuweisen.

2.2.6 Multivariate Verfahren auf Basis modifizierter Verfahren

Es haben sich im Laufe der Entwicklung der Prognosemethodik einige Vorgehensweisen herauskristallisiert, welche sich auf Grundlage der bisherigen Theorie in manchen Punkten angepasster an die gegebene Situation erwiesen haben. Dazu zählen die „schrittweise Regression“, die „Regression mit dummy-Variablen“, „Ökonometrische Modelle“ und „Wachstumsfunktionen und Sättigungsmodelle“ [HÜTTNER, 1986], bei welchen das Prognosemodell den jeweiligen Problemstellungen optimal angepasst wurde. Für die folgenden Auswertungen beziehungsweise Ausführungen der Verkehrsprognose des Prof. Dr. Dorfwirth sind diese weiteren Verfahren von untergeordneter Bedeutung. Deshalb werden diese Prognosearten und Prognosemodelle nicht detailliert betrachtet. Bei bestehendem Interesse darf auf die einschlägige Literatur verwiesen werden.

2.3 Verkehrsprognosen

Verkehrsprognosen sind hinsichtlich des Haushaltsbudgets der Länder oft im Fokus der öffentlichen Wahrnehmung. Sie stellen das Steuerungsinstrument der Verkehrsplanung dar und sorgen dafür, dass zum einen die meist kostenintensive Erstellung neuer Verkehrswege sich als langfristige Investition auszahlt, dass zum anderen die Erneuerung bestehender Verkehrsnetze den kommenden Bedarf deckt und dass zudem die Verkehrssicherheit durch aktive Maßnahmen verbessert und erhalten wird. Sie sind Grundlage für eine gut funktionierende Volkswirtschaft. Im Zuge dessen muss allerdings beachtet werden, dass Verkehrsprognosen sich aufgrund des wissenschaftlichen Wandels ebenfalls verändert haben. Wurden früher Aufteilungsmodelle verwendet, finden heute diskrete Modelle Anwendung. Somit ist die Verkehrsprognose immer an das verwendete Modell gebunden, welches sich im Falle der Verkehrsprognose für die A 10 Tauernautobahn von den heutigen Modellen und Herangehensweisen unterscheidet. Ebenfalls sind die Berechnung von Verkehrsmodellen und Ihre Anwendung im Einzelfall für einen bestimmten Streckenabschnitt gültig, welcher bereits besteht, oder erstellt werden soll. Diese Eingrenzung ist unumgänglich, da die Einflussfaktoren bereits in der regionalen Betrachtung vollkommen unterschiedlich gestaltet sein können. Je größer der betrachtete Raum ist, desto unschärfer wird bereits bei der Erhebung der Datensätze die resultierende Prognose, da die Faktoren und deren Abhängigkeiten nicht in Gänze festzulegen sind. Außerdem ist ebenfalls zu erkennen, dass jede Begrenzung eines Betrachtungsraumes zwangsläufig eine Verzerrung zur Folge hat, da Abhängigkeiten von Faktoren im Allgemeinen über den Betrachtungsraum hinweg bestehen können. Da sich allerdings die, im vorhergehenden Kapitel erläuterten prognostischen Methoden nicht unverändert auf das Spezialgebiet Verkehrsprognose anwenden lassen und sogar weitere Methoden Verwendung finden, sollen im Folgenden die gängigsten Verfahrensweisen von Verkehrsprognosen aufgezeigt werden, um die Grundlage der späteren Auswertung zu schaffen.

2.3.1 Verkehrsplanung [FELLENDORF, 2014]

Die Verkehrsplanung umfasst im Wesentlichen drei Bereiche. Die strategische, operative und technische Verkehrsplanung. Durch diese verschiedenen Bereiche soll die Mobilität der Bevölkerung, des Dienstleistungs- und Warenverkehrs gewährleistet werden. Mobilität lässt sich ebenfalls als vektorielle Größe mit den Parametern Häufigkeit und Länge der Strecke darstellen. Dies führt zur Klassifikation der bestehenden Verkehrsnachfrage, welche nach Länge, Zweck und Raumbezug des Verkehrs ermittelt wird. Die wesentlichen Verkehrsmittel sind der nMIV (nicht motorisierter Individualverkehr), der MIV (Motorisierter Individualverkehr) und der ÖV (Öffentlicher Personenverkehr, auch ÖPNV). Es gibt hinsichtlich der Mobilität verschiedene Kennziffern, welche sich grundlegend in personenspezifische und wegespezifische Aussagen einteilen lassen. Personenspezifische Kennziffern sind beispielsweise die Häuslichkeitsquote oder die Wegehäufigkeit. Als wegespezifische Kennziffern gelten zum Beispiel die Wegeschwindigkeit und die Wegedauer.

Die Einflussfaktoren der Mobilität sind soziodemographischer (zum Beispiel Alter, Familienstand und Einkommen) oder allgemeiner Natur (beispielsweise Raum-Siedlungsstruktur) und bedingen ebenfalls die Verkehrsnachfrage.

Wir sehen an dieser Stelle, inwieweit die theoretische Herangehensweise eine starke Reduktion der Realität beinhalten muss, da die Natur der einfachsten Zusammenhänge viele Faktoren und Bedingungen verknüpft. Diese Komplexität bedingt bereits zu Beginn einer Modellierung eine Reduktion der Einflussgrößen, um eine anschließende plausible Berechnung zu ermöglichen. Diese Vorgehensweise ist im gesamten Verkehrsplanungsprozess zu erkennen und bei der Bewertung der

Güte von Verkehrsprognosen zu berücksichtigen. Ausschlaggebend zur Verkehrsnetzgestaltung und zur Wahl der richtigen Variante sind die generalisierten Kosten, welche den Zeitaufwand, die Lagegunst, den Komfort, die Verkehrssicherheit und die Fahrtkosten darstellen. Die Ermittlung, beziehungsweise die Prognose dieser Faktoren, ist für den Verkehrsplanungsprozess unerlässlich.

Der Ablauf des Verkehrsplanungsprozesses ist in folgende Schritte zu fassen. In der Eingangsphase wird das verkehrsplanerische Problem erkannt und eine Vororientierung betrieben. Im Anschluss wird die Problemanalyse mittels inhaltlicher, räumlicher und zeitlicher Systemabgrenzung durchgeführt und die zu erreichenden Ziele werden formuliert. Im weiteren Verfahren werden nun verschiedene Varianten in Anbetracht der Rahmenbedingungen geschaffen und es wird eine Wirkungsermittlung zumeist anhand der Kosten /Nutzen-Betrachtung durchgeführt. Auf Grund dieser Grundlage wird eine Variante ausgewählt und umgesetzt. Schließlich wird eine Wirkungsermittlung durchgeführt, um zu prüfen, inwieweit die gesteckten Ziele erreicht worden sind.

Als Entscheidungshilfe im Verkehrsplanungsprozess stehen dabei formalisierte und teil-formalisierte Vorgehensweisen zur Verfügung, um die subjektive Komponente der Betrachtung zu minimieren.

Dabei sind die teil-formalisierten Verfahren Wirtschaftlichkeitsanalysen, welche in den „Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen“ beispielsweise mit der Nutzen-Kosten-Untersuchung (RVS 02.01.11) systematisch den Weg zur Entscheidungsfindung darlegt. Die Zielerforderung durch die Wirkungsbeschreibung wird mittels Indikatoren erreicht, welche eine repräsentative, voneinander unabhängige Möglichkeit der Wirkungsbeschreibung ermöglichen.

Die Kosten-Nutzen-Analyse-Diskontierung wird wie folgt berechnet:

$$IK = IA * a_f$$

$$a_f = \frac{\frac{p}{100} (1 + \frac{p}{100})^d}{(1 + \frac{p}{100})^d - 1}$$

Ebenfalls sind Bewertungsrelevante Investitionskosten als Indikatoren geeignet:

$$BIK = IK \frac{1+z}{100} F_{lzk}$$

Für die formalisierten Verfahren werden die Kosten in die Betrachtung miteinbezogen und die Nachvollziehbarkeit der Faktoren und Eingangswerte gewährleistet, um eine Entscheidung wiederholbar und die Kausalzusammenhänge rational und schlüssig darstellen zu können. Gängige Verfahren hierzu sind die Nutzwertanalyse, die Nutzen-Kosten-Analyse und die Kostenwirksamkeitsanalyse, in welchen die Kosten und Nutzwerte auf verschiedenen Ebenen betrachtet und bewertet werden. Diese Prozesse basieren auf Modellen, welche die begrenzten Einflussfaktoren zumeist multivariat betrachten und aufgrund abhängiger Merkmale und weiteren Prognosen, beispielsweise aus der Volkswirtschaft, den IST – Zustand darstellen und die Zukunft abbilden wollen.

Zur Berechnung von Prognosen zu möglichen Effekten der eingesetzten Verkehrsplanung sind Erhebungen notwendig. Zur Ermittlung der notwendigen Faktoren ist es möglich entweder Beobachtungen, wie Querschnittszählungen oder streckenbezogene Zählungen, oder Befragungen durchzuführen. In beiden Fällen ist es zumeist nur möglich, die Daten über eine Stichprobe zu erhalten. Dabei ist der Stichprobenumfang bereits zu diesem Zeitpunkt entscheidend für die später zu ermittelnden Ergebnisse. Aus diesem Grund gibt es den notwendigen Stichprobenumfang n , der sich aus der Grundgesamtheit N , dem gewählten Sicherheitsniveau, welches mit einem Tabellenwert t_a^2 in die Rechnung eingeht, dem relativen Stichprobenfehler e_r und dem „Variationskoeffizienten des Pretests“ V , welcher sich aus der Streuung S und dem Mittelwert $A(x)$ ergibt, zusammensetzt:

$$n \geq \frac{N * t_a^2}{t_a^2 + (N - 1) * \left(\frac{e_r}{V}\right)^2}$$

$$V = \frac{S}{A(x)}$$

Sind die Umstände für eine normale Stichprobe ungünstig, oder erscheint es sinnvoller die Stichprobe dem Querschnitt der Bevölkerung anzupassen, so eignet sich die geschichtete Zufallsprobe. Hierbei geht in die Berechnung des Stichprobenumfangs zusätzlich der Anteilssatz des größten Anteils $(1 - p)$ und e_a^2 , ein Produkt desselben und des relativen Fehlers e_r ein:

$$n \geq \frac{t_a^2 * N * (1 - p) * -p}{t_a^2 * (1 - p) * -p + (N - 1) * e_a^2}$$

Dadurch ist gewährleistet, dass die Erhebung der Daten auf einem gewissen Sicherheitsniveau gewährleistet wird. Denn Beobachtungen erzeugen rein stochastische Zahlenwerte, welche das Verkehrsaufkommen über ein bestimmtes Zeitfenster repräsentativ darstellen. Im Gegenteil dazu ergeben Befragungen Aktivitätenketten, welche, je nach Repräsentativität der befragten Personen, ein genaues Abbild der Realität und weitere Betrachtungen und Modellierungen tatsächlich ermöglichen. Bei der Berechnung von Aufwandskenngrößen ist die Beachtung von Quellverkehrs- und Zielverkehrsbeziehung unerlässlich, um eine Modellrechnung zu ermöglichen. Wichtige Eingangswerte sind beispielhaft die Berechnung der Kenngrößen für den Quellbezirk AQ_{ik} oder den Zielbezirk AZ_{ik} anhand maßgebender Strukturgrößen für den Zielbezirk SZ_j oder den Quellbezirk SQ_i und der Summe der Strukturgrößen für den Ziel- oder Quellbezirk (SZS oder SQS) in Verbindung mit der Aufwandsgröße A_{ijk} der Verkehrsbeziehung von i nach j mit k . Diese Zusammenhänge sind in folgenden Formeln dargestellt:

$$AQ_{ik} = \sum_{j=1}^n \frac{SZ_j}{SZS} A_{ijk}$$

$$AZ_{ik} = \sum_{i=1}^n \frac{SQ_i}{SQS} A_{ijk}$$

Anhand dieser Werte ist ebenfalls die Wertigkeit einer Verkehrsart in einem Gebiet zu ermitteln:

$$AG_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{SQ_i}{SQS} \frac{SZ_j}{SZS} A_{ijk}$$

Außerdem lässt sich ebenfalls die Lagegunst unter Zuhilfenahme des Gewichtungsfaktors einer Verkehrsart a_k und der Bewertungsfunktion $F(A_{ijk})$ berechnen:

$$LQ_{ik} = \sum_{i=1}^n \frac{SZ_i}{SZS} a_k F(A_{ijk})$$

Eine bessere Beziehung zweier Zellen lässt die Konsumententheorie zu, in welcher die Attraktivität von Nachbarzellen proportional zur Entfernung ist und deswegen beispielsweise bei einer Verdoppelung der Attraktivität der Grenznutzen dennoch abnimmt. Dies wird mittels folgender Formel dargestellt, wobei E_i die Erreichbarkeit der Zelle ist, X_j die Gelegenheiten (beispielsweise

Einwohnerzahl der Zelle j) ist und $K_{i,j}$ die generalisierten Kosten darstellen, welche über den Formfaktor β angepasst werden:

$$E_i = l_n \sum_{\forall i,j} X_j e^{\beta K_{i,j}}$$

Diese Modellierung wird aufgrund der Datenerhebung mittels verschiedener Validierungs- und Kalibrierungsschritte zur Berechnungsreife der verfeinerten Modelle geführt. Der „4-Stufen-Algorithmus“ ist das bekannteste Verkehrsplanungsmodell, welches seit Ende der 60er Jahre vor allem durch Wilfried Ruske in der Verkehrsplanung zum Tragen kam. [SCHÖNHARTING,2010] Mithilfe dieses Vorgehens ist es möglich, nicht nur die Nachvollziehbarkeit der Herangehensweise zu erhalten, sondern ebenfalls große Zusammenhänge im Verkehrsnetz sinngemäß abzubilden und nachträglich zu optimieren. Indem man die vier Stufen, welche die Verkehrserzeugung, die Verkehrsverteilung, die Verkehrsaufteilung und die Verkehrsumlegung sind, durchführt, wird schließlich eine Simulation ermöglicht. Dabei wird die Verkehrserzeugung durch den Quell- und Zielverkehr oder die „Productions“ und „Attractions“ aufgrund homogener Nachfrageschichten durchgeführt und das spezifische Verkehrsaufkommen für den betrachteten Fall ermittelt. Die Ergebnisse werden in die Summen einer Nachfragematrix eingetragen. Die Ermittlung der Zahlenwerte wird zum einen über den spezifischen Beiwert von sozialen Personengruppen berechnet, beispielsweise Schülern oder Arbeitstätigen, welche durch die Gruppenzugehörigkeit ein spezifisches Mobilitätsverhalten und vorgegebene Tagesabläufe aufzuzeigen. Zum anderen können aber auch Beobachtungen oder Befragungen in die Matrixränder miteingehen. Die Matrix zeigt alle Verkehrsverbindungen zwischen verschiedenen festgelegten Gebieten und die Stärke derselben. In folgender Matrix sind die Werte der Verkehrserzeugung aufgeteilt auf die „Productions“ P_i (in Tabelle 2 gelb) und „Attractions“ A_j (in Tabelle 2 grün).

Tabelle 2: Matrix F_{ij} - Verkehrserzeugung und Berechnung Verkehrsverteilung

$F_{ij} =$

		Ziel				
Quell		1	2	3	4	Pi
1		-				
2			-			
3				-		
4					-	
	Aj					

Somit lassen sich nach dem Schritt der Verkehrserzeugung die Ergebnisse auf die einzelnen Knoten-beziehungsweise Verbindungspunkte (in Tabelle 2 blau) aufteilen. Die Verkehrsverteilung erfolgt nach verschiedenen Modellen, wie beispielsweise dem Zufallsmodell, dem Gravitationsmodell, der Nutzenmaximierung durch das Logit-Modell oder dem Entropiemodell. Das Gravitationsmodell beschreibt beispielsweise, inwiefern Reisedauer, Reisekosten und die Entfernung zum Ziel einen Reisewiderstand bedingen. Die Widerstandsfunktion $f(w_{ij})$ ist wiederum abhängig von α . Dieser Wert zeigt den Widerstand zwischen den Verkehrszellen an und bedingt zwingend die Verteilung.

$$F_{ij} = F * \frac{P_i * A_j * f(w_{ij})}{\sum_{i,j} (P_i * A_j * f(w_{ij}))}$$

$$F_{ij} = f * \frac{(Q_i * Z_j)^\beta}{w_{ij}^\alpha}$$

Auch andere Verteilungsmodelle, wie beispielsweise das zweidimensional gekoppelte Verteilungsmodell werden in der Praxis verwendet. Der Unterschied besteht darin, dass eine iterative Annäherung mit einer mathematischen Lösung verknüpft wird. Allerdings müssen zuvor folgende Bedingungen gelten:

$$\sum_j F_{ij} = P_i$$

$$\sum_i F_{ij} = A_j$$

$$\sum_i \sum_j F_{ij} = \sum_i P_i = \sum_j A_j$$

Zum Erfüllen dieser Vorbedingungen mag es in der Praxis ratsam erscheinen, die Bedingungen in den Zahlenwerten zu integrieren. Sind die Bedingungen erfüllt, dann besteht die Möglichkeit mittels Lagefaktoren für die Erzeugerzelle u_i und für die Attraktionszelle v_j die genauen Zahlenwerte zu berechnen.

$$F_{ij} = u_i * P_i * v_j * A_j * f(w_{ij})$$

$$u_i = \frac{1}{\sum_j v_j * A_j * f(w_{ij})}$$

$$v_j = \frac{1}{\sum_i u_i * P_i * f(w_{ij})}$$

Die Verkehrsaufteilung nach der Verkehrsmittelwahl erfolgt mittels verschiedener empirischer oder diskreter Modelle. Schlussendlich erfolgt die Verkehrsumlegung nach verschiedenen Verfahren, wie dem „Capacity-Restraint-Verfahren“, dem Sukzessivverfahren oder Gleichgewichtsverfahren, wie dem Wardrop-Prinzip.

Die beschriebene Vorgehensweise zeigt den stringenten Verlauf des „4-Stufen-Algorithmus“. Indem die vier Stufen der Verkehrserzeugung, der Verkehrsverteilung, der Verkehrsaufteilung und der Verkehrsumlegung durchgeführt werden, ist schließlich die Verkehrssimulation möglich. Vor den diskreten Modellen der heutigen Zeit, in welchen die Nutzenfunktion ebenfalls betrachtet wird, waren vor allem Aufteilungsmodelle die gängigste Methode zur Erstellung von Prognosen. Dies wird im nächsten Kapitel verdeutlicht.

3 Prognosen für österreichischen Bundesfernstraßen

Die Prognosen für die österreichischen Bundesfernstraßen wurden in der Vergangenheit bis zum Jahre 1987 durch den Erlass des „Bundesministeriums für Bauten und Technik“ (seit dem Jahre 1987 Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, seit 2000 Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) und in diesem Zusammenhang durch die Ämter der zuständigen Landesregierungen bei Ingenieurbüros und Hochschulen in Auftrag gegeben. Diese Gutachten wurden bereits im Jahre 1967 als Grundlage für ein mögliches Mautsystem in Österreich, welches bekanntlich erst im Jahre 1997 für den PKW-Verkehr eingeführt wurde, in Auftrag gegeben. Somit zeigt sich die Tragweite und der Prognosehorizont dieser Gutachten. Für jeden bestehenden Abschnitt der Bundesfernstraßen existieren Verkehrsgutachten und Prognosen, allerdings auch für Projekte, welche noch nicht, beziehungsweise möglicherweise nicht mehr, umgesetzt werden. Ein Beispiel für derartige Prognosen sind die Prognosen aus den verschiedenen Jahrzehnten, welche den Plöckentunnel in Osttirol betreffen. Zur Auswertung beziehungsweise für einen Prognose-Realitäts-Vergleich eignen diese sich trivialerweise nicht, da das Projekt nie umgesetzt wurde. Anders verhält es sich mit den Prognosen zu bestehenden Bundesfernstraßen, wie beispielsweise der Pyhrnautobahn A9, der Brennerautobahn A13 oder aber der Tauernautobahn A10. Diese ehemaligen Prognosen eignen sich hinsichtlich Ihrer zentralen wirtschaftlichen Bedeutung, welche bis in unsere heutige Zeit besteht, hervorragend zum Vergleich und zur Auswertung der reinen Zahlenwerte, aber auch der Prognosemodelle. Es sei erwähnt, dass die Prognosen, welche durch die Regierung und ihrer Ministerien in Auftrag gegeben wurden, zumeist nicht nur reine zeitliche Hochrechnungen sind, sondern Verkehrsumlegungsanalysen enthalten und meist auch Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung bestimmter Projekte waren. Somit sind die meisten dieser Prognosen eng mit der volkswirtschaftlichen Bedeutung des Baus neuer Trassen und nicht nur mit der statistischen Hochrechnung anhand von volkswirtschaftlichen Trends und Prinzipien verbunden. Dies gilt zwar ebenfalls für Prognosen zu weiteren Projekten, welche aufgrund der Ergebnisse oder aufgrund politischer Entscheidungen nicht umgesetzt wurden, allerdings ist der Vergleich hier nicht möglich. Dies begrenzt das Suchraster zur Durchführung eines Vergleichs von Prognose und Realität relativ strikt, weshalb nur eine Handvoll Projekte im österreichischen Bundesfernstraßennetz sich zur Auswertung bezüglich des Vergleichs einer Prognose mit den eingetretenen Werten der Realität eignen.

3.1 Analyse des Jahres 1972 für die A 10 Tauernautobahn

Schwerpunkt der Betrachtung von erstellten Prognosen in dieser Arbeit soll das „Verkehrsgutachten Tauernautobahn“ [DORFWIRTH, 1972] der Technischen Hochschule Graz aus dem Jahre 1972 sein, welches vom Amt der Kärntner Landesregierung im November 1967, aufgrund eines Erlasses des Bundesministeriums für Bauten und Technik vom Oktober 1967, in Auftrag gegeben wurde. Die Besonderheit dieser Prognose, beziehungsweise dieses Verkehrsgutachtens, ist einerseits der Umfang des Gutachtens unter Miteinbezug vieler Verkehrskomponenten und Vorberechnungen und andererseits die Prognose in zwei Stufen, für die Jahre 1985 und 2000. Das Gutachten wurde zu einem Zeitpunkt erstellt, da die Tauernautobahn nur im Bereich Knoten Salzburg bis Anschlussstelle Golling auf einer Strecke von 27,10 km existierte. Die Prognose der Technischen Hochschule Graz sollte zeigen, inwiefern diese Wegeverbindung in Form der Tauernautobahn grundsätzlich notwendig sei. Somit ist der Großteil Arbeit dieser Prognose eine Auswertung von Querschnitts- und Stromzählungen der bestehenden Infrastrukturnetze, die für die rechnerische Umlegung auf die fiktive Tauernautobahntrasse im Verkehrsnetz Verwendung findet. Daraus folgernd wird die Erstellung eines Wegenetzes, der Teilbelastung und Fahrweitenverteilung der Verkehrsumlegung auf die Tauernautobahn durchgeführt. Der eigentliche die Zukunft prognostizierende Teil des Gutachtens beruht somit auf den bereits getroffenen Annahmen der Umlegung und ist deswegen zwangsweise einigen Prämissen unterworfen. Zum besseren Verständnis der Umstände des Verkehrsgutachtens wird ein chronologischer Vorgriff getätigt und der Verlauf der Erstellung der Tauernautobahn im Folgenden vorgezogen.

3.1.1 Geschichtliche Entwicklung der Tauernautobahn [ASFINAG, 2012]

Bei der Tauernautobahn gehen die ersten Planungen und sogar erste Baumaßnahmen ähnlich anderen Autobahnstrecken in Österreich auf die nationalsozialistische Besatzung zurück, deren Ziel es war, südlich des Alpenkammes gelegene Gebiete besser und vor allem wintersicher anzubinden. Außerdem war die politische und wirtschaftliche Integration des südosteuropäischen Raumes ein wichtiges Kalkül der damaligen Zeit. Allerdings war die Fortsetzung der Reichsautobahn über Kärnten hinaus in Richtung des ehemaligen Jugoslawiens und Italiens nicht vorgesehen. Somit wurde 1938 eine Planer Gruppe unter zwei österreichischen Ingenieuren mit der Planungsvorbereitung für die Verbindung Salzburg – Klagenfurt beauftragt. Das Ergebnis nach zahlreichen Trassenstudien, Untersuchungen und Begehungen war die Linienführung Salzburg – Werfen – Eben – Flachau – Tauerntunnel – Murtal – Katschbergtunnel – Liesertal – Spittal/Drau – Villach – Klagenfurt, welche zur Aufnahme in das Autobahnnetz vorgeschlagen wurde. Damit begonnen wurden die Bauarbeiten sowohl in Salzburg, als auch in Spittal/Drau bereits im Mai 1939. Die Bauarbeiten mussten allerdings in Anbetracht der politischen Lage in Europa im Jahre 1942 eingestellt werden. Die Baumaßnahmen waren in diesem Zeitraum nur soweit fortgeschritten, dass lediglich das kurze Teilstück vom Knoten Salzburg bis zur damaligen Anschlussstelle Salzburg-Süd fertiggestellt werden konnten, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass dieser Teilabschnitt als Zufahrt zu Hitlers Berghof am Obersalzberg in Berchtesgaden galt und deswegen schwerpunktmäßig zuerst erstellt worden war.



Abbildung 5: Die Reichsautobahn bei Salzburg – Als Promenade und Radweg [ASFINAG, 2012]

Im Jahre 1953 wurde dieses Teilstück allerdings in den Autobahnverlauf Salzburg – Linz – Wien mitaufgenommen, welche durch die Bundesregierung zum Weiterbau beschlossen wurde. Erst in den späten 1950er Jahren wurde die Erstellung einer wintersicheren und leistungsfähigen Verbindung nach Süden über den Alpenhauptkamm wieder interessant, vor allem für das Land Kärnten wegen der potenziellen Zunahme des Fremdenverkehrs. Im Zuge abschnittsweiser Beschlüsse, welche jeweils der Zunahme des Verkehrs in den Teilbereichen Rechnung trug, wurden Teilabschnitte von Salzburg Richtung Golling in den Folgejahren für den Verkehr freigegeben. Allerdings kam erst in den frühen 1960er Jahren die grundlegende Verbesserung der Randbedingungen zur Umsetzung der Strecke Salzburg – Kärnten, was auf den Einsatz der gegründeten „Studiengesellschaft Tauern-Autobahn“ und die wirtschaftliche Notwendigkeit der Verkehrsader für die Länder Salzburg und Kärnten zurückzuführen ist. Im Jahre 1968 im Zuge einer Novelle zum Bundesfernstraßengesetz die „Tauernautobahn“ in das Verzeichnis der Autobahnen aufgenommen. In diesem Zuge wurde wegen der schwierigen Finanzierungslage 1969 das Tauernautobahn-Finanzierungsgesetz beschlossen, mit dem der Bund die Finanzierung, den Bau und den Unterhalt der Aktiengesellschaft „Tauern Autobahn AG“ übertrug, was endgültig den Bau der geplanten Trasse sicherstellte. Nach dreijähriger Planungsarbeit wurde 1971 mit dem Bau der beiden großen Tunnel (Tauern und Katschberg) für die Tauernautobahn begonnen, welche bereits 1975 fertiggestellt wurden. Die Erstellung der Tunnelbauwerke wird als Meilenstein in der Durchsetzung und Verbreitung der „New Austrian Tunneling Method“ (NATM) gesehen, bei der das zu untertunnelnde Gebirge als das wesentliche tragende Bauteil gesehen wird, was eine erhöhte Wirtschaftlichkeit des Baus zur Folge hat. In den folgenden Jahren wurden weitere Teilabschnitte im Norden und im Süden zeitgleich gebaut. Schließlich wurde, trotz widriger geologischer Bedingungen im Bereich Rennweg bis Spittal -aus diesem Grund ist im Bereich der mäandrierenden Lieser die Autobahn zu 50 % auf Brücken gelegen-, die Tauernautobahn endgültig fertiggestellt, wodurch im Jahre 1988 die Verkehrsfreigabe bis zum Knoten Villach gelang.

Tabelle 3: Die Tauernautobahn – Chronologie der Verkehrsfreigaben [ASFINAG, 2018]

A 10 Tauern Autobahn		
1942	Kn Salzburg (A 1) - ASt Salzburg Süd	7,524
15.7.1959	ASt Salzburg Süd - Niederalm	1,100
4.6.1970	Niederalm - ASt Hallein	6,724
29.6.1968	ASt Hallein - HAST Kuchl	5,854
28.7.1972	HAST Kuchl - ASt Golling	5,885
10.10.1974	ASt Golling - ASt Paß Lueg	6,141
25.10.1977	ASt Paß Lueg - HAST Werfen	8,747
30.6.1979	HAST Werfen - Kn Pongau (re RFB)	5,000
25.10.1979	HAST Werfen - Kn Pongau (li RFB)	-,—
30.6.1979	Kn Pongau - ASt Eben/Pongau	12,467
21.6.1975	ASt Eben/Pongau - ASt St. Michael/Lungau	44,071
21.12.1974	ASt St. Michael/Lungau - ASt Rennweg	8,860
27.7.1978	ASt Rennweg - Rauchenkatsch (re RFB)	4,400
31.8.1978	ASt Rennweg - Rauchenkatsch (li RFB)	-,—
27.6.1980	Rauchenkatsch - ASt Gmünd-Maltatal	12,534
2.7.1976	ASt Gmünd-Maltatal - Kn Spittal/Millstättersee	9,638
30.6.1973	Kn Spittal/Millstättersee - ASt Spittal/Drau Ost	7,300
3.7.1986	ASt Spittal/Drau Ost - ASt Villach West	26,195
28.6.1988	ASt Villach West - Kn Villach (A 2,A 11)	9,864
8.6.1978	Villach Ost - Kn Villach (A 2,A 11)	0,600
2.7.1976	Lieserhofen - Kn Spittal-Millstättersee (A 10)	1,940
30.6.1973	Kn Spittal-Millstättersee (A 10) - Lendorf	4,185
1986	Kn Pongau - Bischofshofen	3,680
in Betrieb		192.709

Die fertiggestellte A10 Tauernautobahn wurde seitdem wiederkehrend instandgesetzt. Als Reaktion auf den verheerenden Tunnelbrand im Tauerntunnel im Jahre 1999 wurde durch ein Investitionsprogramm zur Erhöhung der Sicherheit in österreichischen Autobahntunneln sowohl für den Katschbergtunnel (Fertigstellung 2008), als auch für den Tauerntunnel (Fertigstellung 2010), eine zweite Röhre gebaut und in Betrieb genommen. Die Tauernautobahn hat in Ihrer wirtschaftlichen Bedeutung im Verlauf der Jahrzehnte in Hinblick auf Europa und die Liberalisierung der Binnenmärkte stetig an Bedeutung gewonnen und gilt noch heute als wichtiges innereuropäisches Verbindungsglied für Handel und Tourismus. [ASFINAG, 2012]

3.1.2 Rechnerische Verkehrsumlegung Tauernautobahn 1972

Im Zuge der Prognoseerstellung für die Tauernautobahn Anfang der 1970er Jahre war es für Prof. Dr. Dorfwirth der Technische Hochschule Graz notwendig, die Grundlagen für die Prognostizierung der Verkehrswerte für die Jahre 1985 und 2000 zu schaffen. Denn die mangelnden Erfassungswerte für die Tauernautobahn waren nur mit einer aufwendigen Umlegungsprognose zu ermitteln. Die Umlegungsprognose war besonders aufgrund des großen betrachteten Analysegebietes mit einer

Vielzahl an regionalen und überregionalen Faktoren belegt. Die genaue Vorgehensweise wird im Folgenden anschaulich erklärt, da die ermittelten Werte in die Prognosen und somit ebenfalls in den Vergleich miteingehen und zum Teil für die Erläuterung von Unregelmäßigkeiten in der Auswertung herangezogen werden.

3.1.3 Eingangswerte des Jahres 1968 [DORFWIRTH, 1972]

Die Eingangswerte für die folgende Berechnung wurden seitens der Technischen Hochschule Graz im Jahre 1968 an verschiedenen, strategisch sinnvollen, Zählstellen erhoben. Es wurde zur Unterscheidung der saisonalen Einflüsse im Frühjahr und nochmals ausgewählte Zählstellen im Sommer besetzt. Die Zählstellen wurden im 16 h oder im 24 h Betrieb betrieben, um Datensätze zu generieren. Vorausschauenderweise wurden nicht nur Querschnittszählungen, sondern ebenfalls Befragungen mittels Verkehrsaufhaltungen durchgeführt. Die gewonnen Datensätze hatten somit einen höheren Informationsgehalt über die Verkehrsbeziehungen von „productions“ und „attractions“ und damit eine größere Aussagekraft als reine Querschnittszählungen. Diese Werte wurden mittels Faktoren abgeändert, wie beispielsweise der Einwohnerzahl, den Arbeitsplätzen und der Kraftfahrzeuganzahl der Zählbezirke, welche in sinnvolle Abschnitte eingeteilt worden waren. Auf Grund der großen Bedeutung der Nord – Süd – Verbindung wurden internationale Verkehrsbeziehungen dargestellt, wobei nur Deutschland, Italien und das ehemalige Jugoslawien intern in weitere Zählbezirke unterteilt waren. Innerhalb von Österreich waren die Zählbezirke Zusammenschlüsse von Gemeinden welche durch das Verkehrsnetz sinngemäß gemeinsam zu betrachten waren. Die Zählstellen wurden sowohl an der angedachten Tauernautobahntrasse und deren unmittelbar umliegenden Verkehrsadern, sondern ebenfalls an Routen positioniert, welche durch die Tauernautobahn entlastet würden. Im Einzelnen waren die Zählstellen in Villach West, Spittal/Drau, Lieserbrücke, Katschberg, Obertauern, Radstadt, Mallnitz, Hochtorn/Großglockner, Felbertauern, Bischofshofen und Pass Lueg gelegen.

3.1.4 Ablauf der Auswertung [DORFWIRTH, 1972]

Die Eingangswerte werden in einem, aus heutiger und damaliger Sicht, sehr aufwendigen Verfahren anonymisiert, um sie elektronisch weiterverarbeiten zu können. Hierzu werden die einzelnen erhobenen Daten der Umfragen jeweils mit einer Zahlenreihe dargestellt, welche sich aus der Zählstellenummer, der Kraftfahrzeugart, der Quelle, des Zieles, der Fahrtrichtung und dem Wiederholungsfall der Fahrt zusammensetzt. Diese Information wird verschlüsselt auf Lochkarten übertragen. Außerdem werden die reinen Verkehrszählungen ebenfalls auf Lochkarten übertragen.

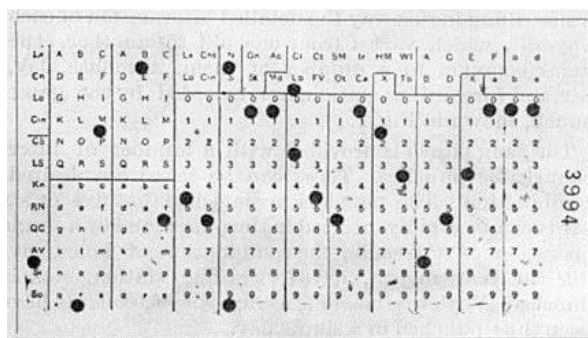


Abbildung 6: Hollerith –Lochkarte mit den Abmessungen: 18,7cm x 8,30cm x 0,17mm³

³http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hollerith_punched_card.jpg#mediaviewer/File:Hollerith_punched_card.jpg Stand vom 30.12.14

In einem weiteren Schritt werden die Lochkarten eingelesen und zeitgleich im Computer sortiert und auf Magnetbänder gespeichert. Diese Schritte sind notwendig, um in der damaligen Zeit die statistische Auswertung mittels eines Computers zu ermöglichen.



Abbildung 7: Lochkartenlocher mit Bedienstation von IBM⁴

Im Anschluss wurden für die Grundgesamtheit der Fahrzeuge das Pkw-Äquivalent und die Stichprobenaufwertung berechnet.

$$FZ = \frac{M24}{MST} WFZ$$

Wobei in der Formel FZ den Aufwertefaktor der Zählstellenmatrix, $M24$ die Verkehrsmenge in 24 Stunden, MST die Verkehrsmenge der Stichprobe und WFZ den Wertigkeitsfaktor der verschiedenen Fahrzeugarten darstellen.

Im weiteren Verlauf der Auswertung werden für jede Zählstelle vier Matrizen aus den ermittelten Zahlenwerten erstellt und zwar für die drei verschiedenen Verkehrsbeziehungen. Diese sind der Personen-Freizeitverkehr, der Personen-Wirtschaftsverkehr und der Güterverkehr. Die letzte Matrix der Zählstelle ist für den Gesamtverkehr und somit für die Summe der drei vorausgegangenen Matrizen. Die Matrizenwerte ergeben sich aus der Anzahl der Verkehrsbeziehungen und werden aus symmetriegründen für den 24 h Verlauf für Richtung und Gegenrichtung gleichgesetzt, da davon ausgegangen wird, dass in der Regel innerhalb von 24 h an den Ausgangsort zurückgekehrt wird. Dies wird damit begründet, dass die Annahme in Hinblick auf den hohen DTV hinreichend genau ist. Außerdem werden die Werte unter der Hauptdiagonalen aus programmtechnischen Gründen gleich Null gesetzt, wodurch diese als „unechte“ Nullen zu sehen sind. [DORFWIRTH, 1972] Die Gesamtmatrix wird anschließend aus den ermittelten drei Matrizen gewonnen, wobei die Zeilensummen dieser Ergebnismatrix die gesamten Verkehrsbeziehungen eines Zählbezirkes zu den übrigen Zählbezirken widerspiegeln. Diese Zahlenwerte sind mit der heutzutage gängigen Praxis der „Productions“ in der Verkehrserzeugungsmatrix vergleichbar. Diese Vorgehensweise wird für alle Zählstellen durchgeführt. Aufgrund der sich ergebenden Zusammenhänge ist es nun möglich, allgemeine Gesamtmatrizen zu verschiedenen Merkmalen zu erstellen. Sinn des Unterfangens ist es,

⁴http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lochkartenauswerteger%C3%A4t_IBM_mit_Bedienstation.jpg#mediaviewer/File:Lochkartenauswerteger%C3%A4t_IBM_mit_Bedienstation.jpg Stand vom 30.12.14

den Sommer- und Frühjahrsgesamtverkehr vergleichen zu können. Allerdings muss für diese Matrix der Fall beachtet werden, dass ein Teil der erhobenen Fahrten an mehreren Zählstellen aufgenommen worden ist. Das führt möglicherweise zu einem nicht unerheblichen Fehler, der durch die Bearbeiter derlei umgangen wird, dass eine Gewichtung der einzelnen Zählungen durchgeführt wird. Ein Fahrzeug, das am Erhebungstag beispielsweise die Strecke Salzburg – Klagenfurt gefahren ist, also sieben Zählstellen passiert, nur mit einem siebtel pro Zählstelle in die Gesamtmatrix eingehen kann, wodurch bei obiger Formel zusätzlich der Wiederholungsfall $\frac{1}{WF}$ als Faktor rechts des Gleichheitszeichens ergänzt wird. Aus den „globalen“ Matrizen werden die einzelnen Zeilensummen gebildet, welche das „durchschnittliche Gesamtverkehrsaufkommen eines Zählbezirks in Bezug auf die Tauernautobahn beziehungsweise den ganzen Zählbereich“ [DORFWIRTH, 1972] darstellen. Die gewonnen fehlerbereinigten Daten haben somit die geeignete Form für eine weitere analytische Vorgehensweise erreicht.

3.1.5 Verkehrsanalyse der A10-Tauernautobahn [DORFWIRTH, 1972]

Der nächste Schritt in der Erstellung des Verkehrsgutachtens ist die Analyse der vorangegangenen Ergebnisse mittels einer einfachen und nachvollziehbaren Systematik. Zu Beginn wird zuerst ein Wegenetz erstellt, dieses mittels Routensuche und Verkehrsumlage nachgebessert, dann die Belastung des bestehenden Straßennetzes modelliert und anschließend durch Teilbelastungen und Fahrtweitenverteilung ausgewertet.

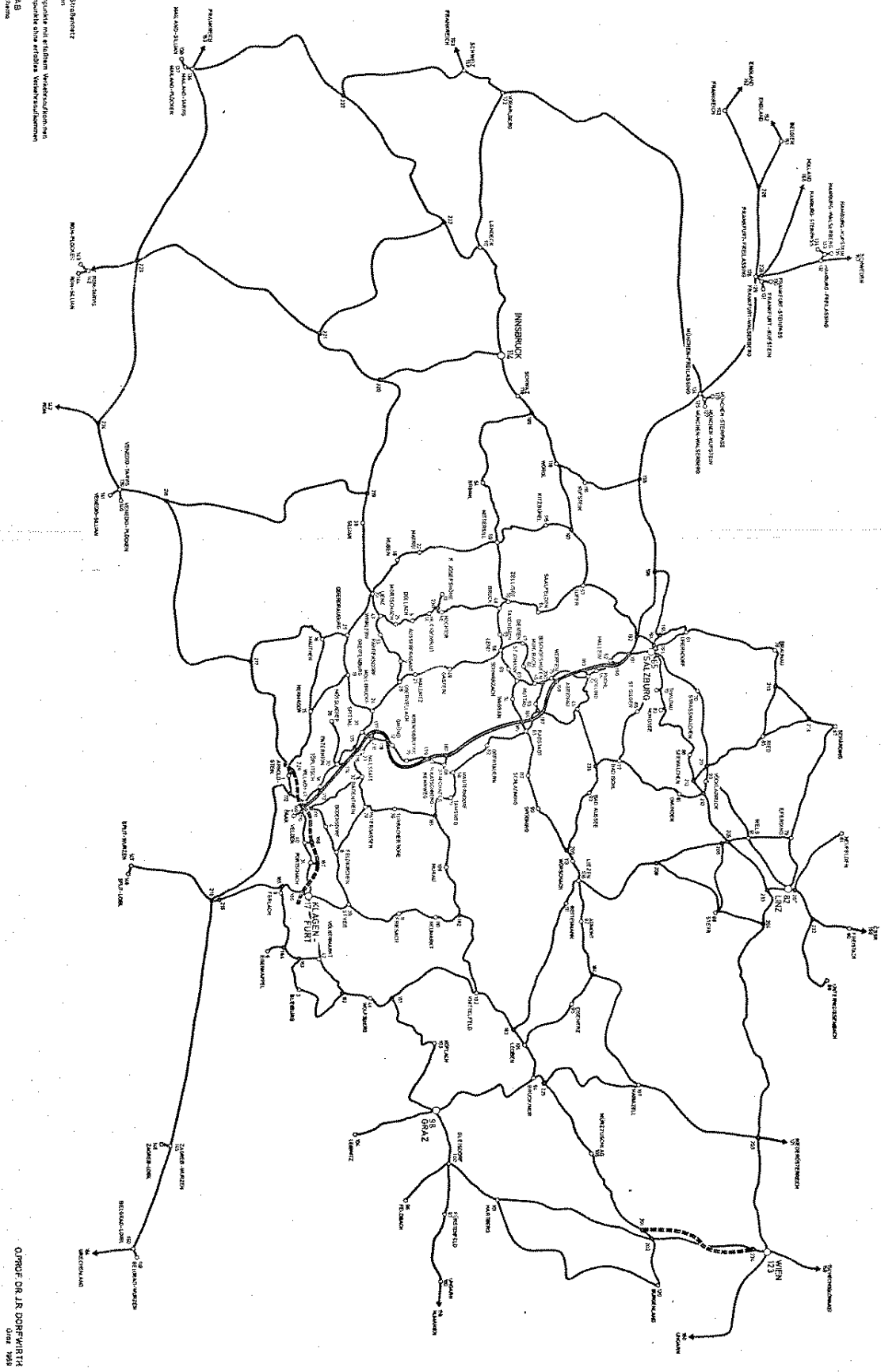
Im Detail bedeutet dieses Vorgehen, dass zuerst ein Straßennetzplan für die Analyse erstellt wird. In diesem Plan sind sowohl die vorhandenen Straßenverbindungen, als auch die geplanten Verkehrsverbindungen der Tauernautobahn und Südautobahn dargestellt.

LEGENDE

- Bundesfernstraßen
- Landesstraßen
- Gemeindestraßen
- Kreisstraßen
- Kreisstraßen ohne arbeits Verkehrsleistungen
- Kreisstraßen ohne arbeits Verkehrsleistungen
- Kreisstraßen ohne arbeits Verkehrsleistungen

LANGENMASSSTAB

1:100000



VERKEHRSGUTACHTEN TAVERNUTOBAHN
 ANALYSE UND PROGNOSE
 STRASSENNETZPLAN 1

Abbildung 8: Straßennetzplan [DORFWIRTH, 1972]

Der Straßennetzplan besteht grundlegend aus Knoten, welche durch Strecken miteinander verbunden werden. Durch die Nummerierung der Knoten wird eine eindeutige Zuordenbarkeit sowohl der Knoten als auch der Strecken möglich. Es wird sogar durch die Bezeichnung der Strecke über die angrenzenden Punkte möglich, die Fahrtrichtung des Verkehrs darzustellen. Beispielsweise ist der Verkehr zwischen Knoten 41 und 53 auf der Strecke 41 – 53 denkbar und der Verkehr auf der Strecke 53 – 41 ist dabei der Gegenverkehr auf diesem Streckenabschnitt. Durch diese eindeutige Zuordnung, also die Adressierbarkeit des Verkehrsaufkommens, kann den einzelnen Verkehrsbeziehungen ein bestimmter Widerstand zugeordnet werden, der eine Funktion der Reisezeit ist. Diese Reisezeiten werden mittels Testfahrten erhoben und zusätzlich wird -im Einzelfall- ein „psychologische Moment“ [DORFWIRTH, 1972] der Fahrtstrecke im Widerstandswert berücksichtigt. Für das Gutachten werden im Straßennetzplan 235 Knotenpunkte benötigt, wobei davon 160 Knotenpunkte die Zählstellenpunkten darstellen. Die zusätzlichen 75 Knotenpunkte werden zur weiteren Berechnung im Routensuchprogramm benötigt, oder stellen weitere wichtige Straßenknotenpunkte dar. Allerdings haben die Hilfsknotenpunkte die Einschränkung, dass sie in der weiteren Berechnung weder Quelle noch Ziel der Verkehrsbeziehungen sind, also kein Verkehrsaufkommen besitzen. [DORFWIRTH, 1972]

Im erstellten Wegenetz muss die Wegewahl nun derart erfolgen, dass die „M-besten Wege“ [DORFWIRTH, 1972] erzeugt werden, welche den realen Verkehrsfluss abbilden. Es wird hierbei darauf geachtet, dass die Routenwahl nicht ausschließlich aufgrund der Weglänge erfolgt, sondern ebenfalls mit den Widerständen einzelner Wegstrecken zu berechnen ist. Um dieses Vorgehen realitätsgetreu nachzuempfinden, werden für die einzelnen Verkehrsbeziehungen jeweils drei Routen mit unterschiedlichen Widerständen verglichen. Im Einzelfall, dass beispielsweise wegen der örtlichen Gegebenheiten der Verkehrsbeziehungen nur maximal zwei Routen zu Verfügung stünden, wird die Verkehrsaufteilung nur auf die verfügbaren Wege durchgeführt. Es werden zur realitätsgetreuen Abbildung ebenfalls Umwege in die Betrachtung miteinbezogen, welche ausschließlich bei Freizeitverkehr in nennenswerter Zahl vorkommen. Um allerdings den Praxisbezug aufrechtzuerhalten, werden diese „Umwege“ auf ihr tatsächliches Verkehrsaufkommen hin untersucht. Nachdem alle Routen bekannt sind werden in einem weiteren Schritt die Verkehrsanteile der Verkehrsmengen V berechnet, welche auf den M -Wegen in einer Verkehrsbeziehung fallen. Dazu wird das Umlegungsgesetz in folgender Form verwendet:

$$Y(L) = e^{-[K \cdot X(L)]^2}$$

$$X(L) = \frac{W(L) - W(1)}{W(1)}$$

$$A(L) = \frac{Y(L)}{\sum_{L=1}^M Y(L)} * V$$

Dabei ist $Y(L)$ die Umlegungskurve, $X(L)$ der Umweg des L -ten Weges gegenüber dem kürzesten Weg, M die Anzahl der gefundenen Wege, $W(L)$ die Summe der Streckenwiderstände des L -ten Weges, $W(1)$ die Summe der Streckenwiderstände des kürzesten Weges, K der Parameter des Umlegungsgesetzes, V die Verkehrsmenge V , die vom Knoten I zum Knoten J fließt und $A(L)$ der Anteil der Verkehrsmenge V , der auf den L -ten Weg entfällt.

Der Parameter K wird durch Kontrollzählungen geeicht, welche durch Belastungsrechnungen mit verschiedenen Parametern iterativ durchgeführt wird, bis eine hinreichend genaue Übereinstimmung der erhobenen Verkehrsmengen mit den modellgerechneten Verkehrsmengen auftritt. Für die Untersuchung der Tauernautobahn wird ein K -Wert in der Höhe von sieben berechnet.

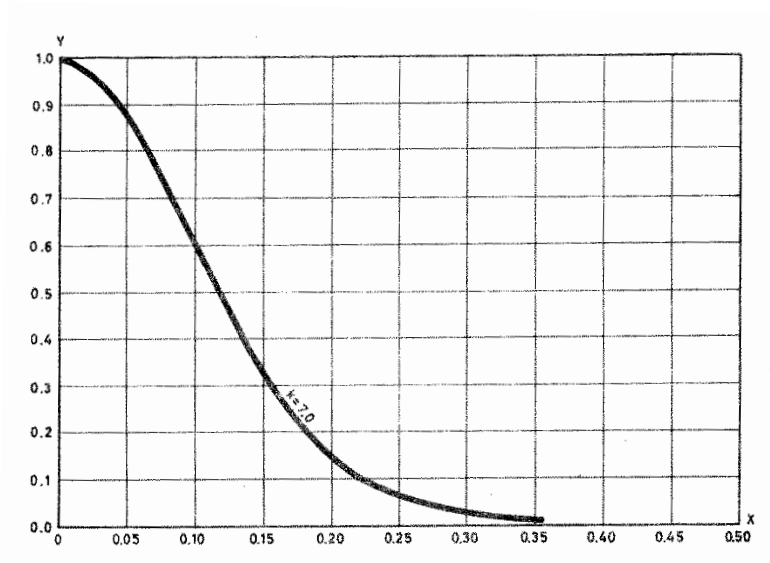


Abbildung 9: Umlegungsgesetz der Prognose [DORFWIRTH, 1972]

Aufgrund des Umlegungsgesetzes, des Routensuch-Algorithmus wird durch die Berechnung mit einem Programm die Belastungsrechnung durchgeführt. Die resultierenden Verkehrsmengen für den Güterverkehr, den Personen-Wirtschaftsverkehr und den Personen-Freizeitverkehr werden dabei addiert.

In einem weiteren Schritt wird das erzeugte Modell mit den Daten aus dem Frühjahrs- und Sommerverkehr belastet.

Der Belastungsplan vermittelt einen Überblick über den gesamten Verkehr, der an 11 Zählstellen erfasst wurde, wobei der Güterverkehr schwarz, der Personen-Wirtschaftsverkehr weiß und der Personen-Freizeitverkehr strichliert dargestellt wird. Die Summe der Verkehrsaufkommen entspricht dem DTV der entsprechenden Jahreszeit. Aufgrund der Darstellung sind erste nennenswerte Erkenntnisse zu verzeichnen. Dabei ergibt sich, dass die größten Verkehrsbelastungen zwischen Salzburg und Bischofshofen in Kärnten und Salzburg auftreten. Beispielsweise fahren westlich von Villach 2 x 3807 [PKW-E/24h], östlich von Spittal an der Drau 2 x 4338 [PKW-E/24h], in Bischofshofen 2 x 3350 [PKW-E/24h] und am Pass Lueg 2 x 3179 [PKW-E/24h]. Außerdem wird ersichtlich, dass der Alpenübergang mit der maximalen Frequentierung im Tunnel bei Mallnitz mit 2 x 835 [PKW-E/24h] liegt. Es lässt sich feststellen, dass kaum Güterverkehr an den Alpenübergängen zu finden ist und außerdem, dass der Personen—Wirtschaftsverkehr an diesen alpenquerenden Hochpunkten ebenfalls verschwindend gering ist, was an den mangelnden Wirtschaftsbeziehungen zwischen Kärnten und Salzburg festgemacht wird. Die genauen Zahlenwerte zu den unterschiedlichen Verkehrsbeziehungen sind im Gutachten nachzulesen. Ergebnisorientiert ergibt sich für den Frühjahrsverkehr, dass eine Nord-Süd Verbindung in Form der Tauern-Autobahn vor allem für den Personen—Freizeitverkehr von Interesse ist. Diese Schlussfolgerung manifestiert sich bei Betrachtung des Sommerverkehrs zusätzlich.

Tabelle 4: Anteil des Personen-Freizeitverkehrs am Sommerverkehr [DORFWIRTH, 1972]

	Gesamtver- kehr pro Fahrt- richtung	Personen- Freizeit- verkehr in PKW-E	Personen- Freizeitver- kehr in % vom Gesamtverkehr
Katschberg	1844	1656	89,8
Obertauern	2190	1766	80,6
Mallnitz-Tunnel	1425	1334	93,6
Hochtor	2266	2228	98,3
Felbertauern-Tunnel	1717	1608	93,7

Anhand der ersten Werte der Verkehrsumlegung lässt sich feststellen, dass die Erstellung einer Tauernautobahn rechnerisch vor allem dem Durchgangsverkehr, welcher primär Freizeitverkehr ist, aber auch der Erschließung der Regionen Kärnten und Osttirol für den Tourismus dient. Denn von den an der nördlichen Staatsgrenze einfahrenden 3588 [PKW-E/24h] verlassen nur 1362 [PKW-E/24h] Österreich im Süden. [DORFWIRTH, 1972] Außerdem wird ersichtlich, dass das Sommerverkehrsaufkommen circa viermal höher ist, als im Frühjahr.

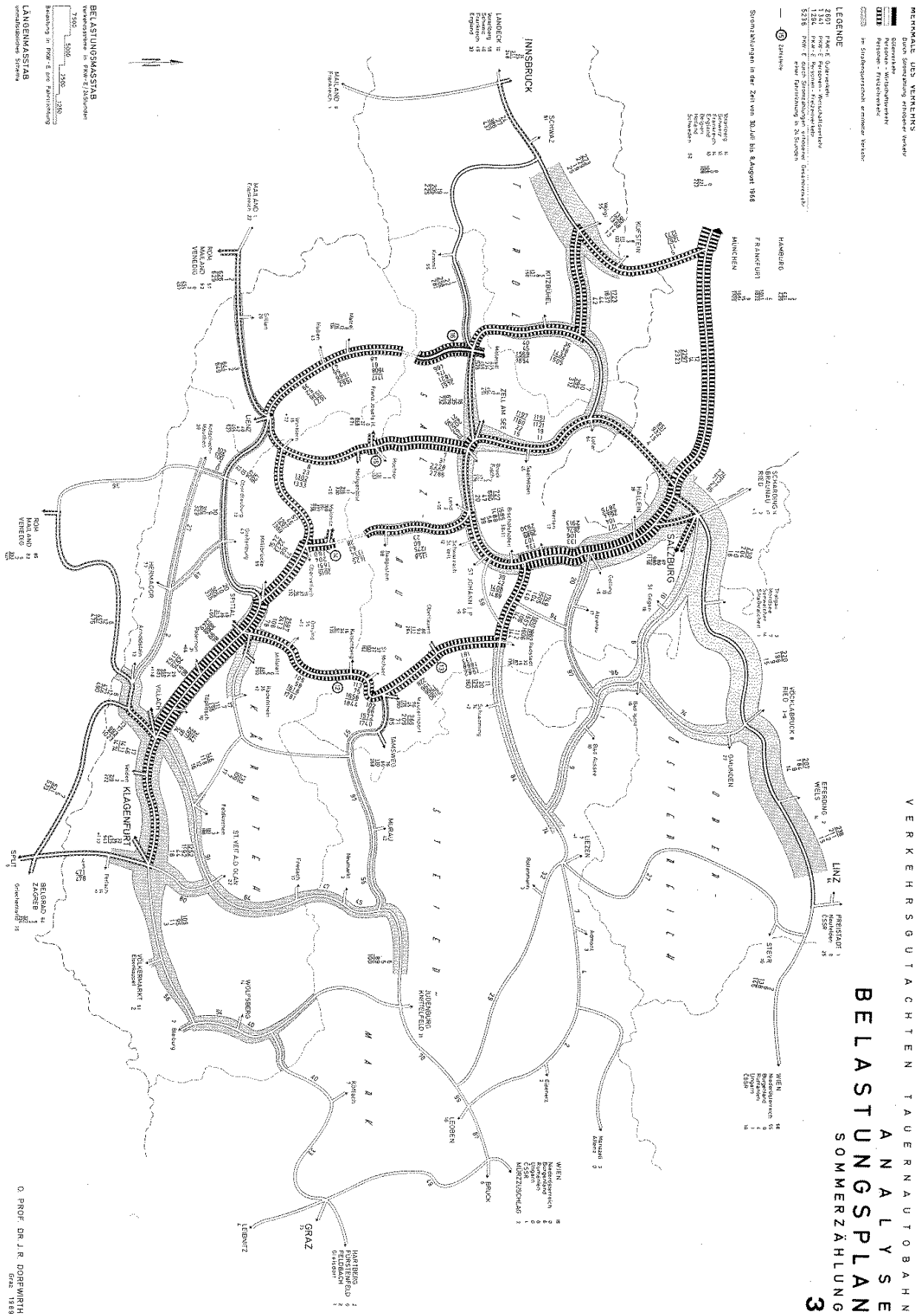


Abbildung 11: Belastungsplan Sommerverkehr [DORFWIRTH, 1972]

In der weiteren Betrachtung fließen nun die Teilbelastungen und Fahrtweitenverteilungen der Verkehrsbeziehungen des betrachteten Verkehrsraumes ein. Dies wird anhand von „Verkehrsspinnen“ [DORFWIRTH, 1972] durchgeführt, welche durch das zuvor beschriebene Routensuchprogramm erstellt werden und über die Zusammensetzung des Verkehrs, die Fahrtweitenverteilung, das Verkehrsaufkommen und über die Wegewahl des an einer Zählstelle anfallenden Verkehrs Auskunft geben. Die grafische Darstellung erfolgt ähnlich den Belastungsplänen.

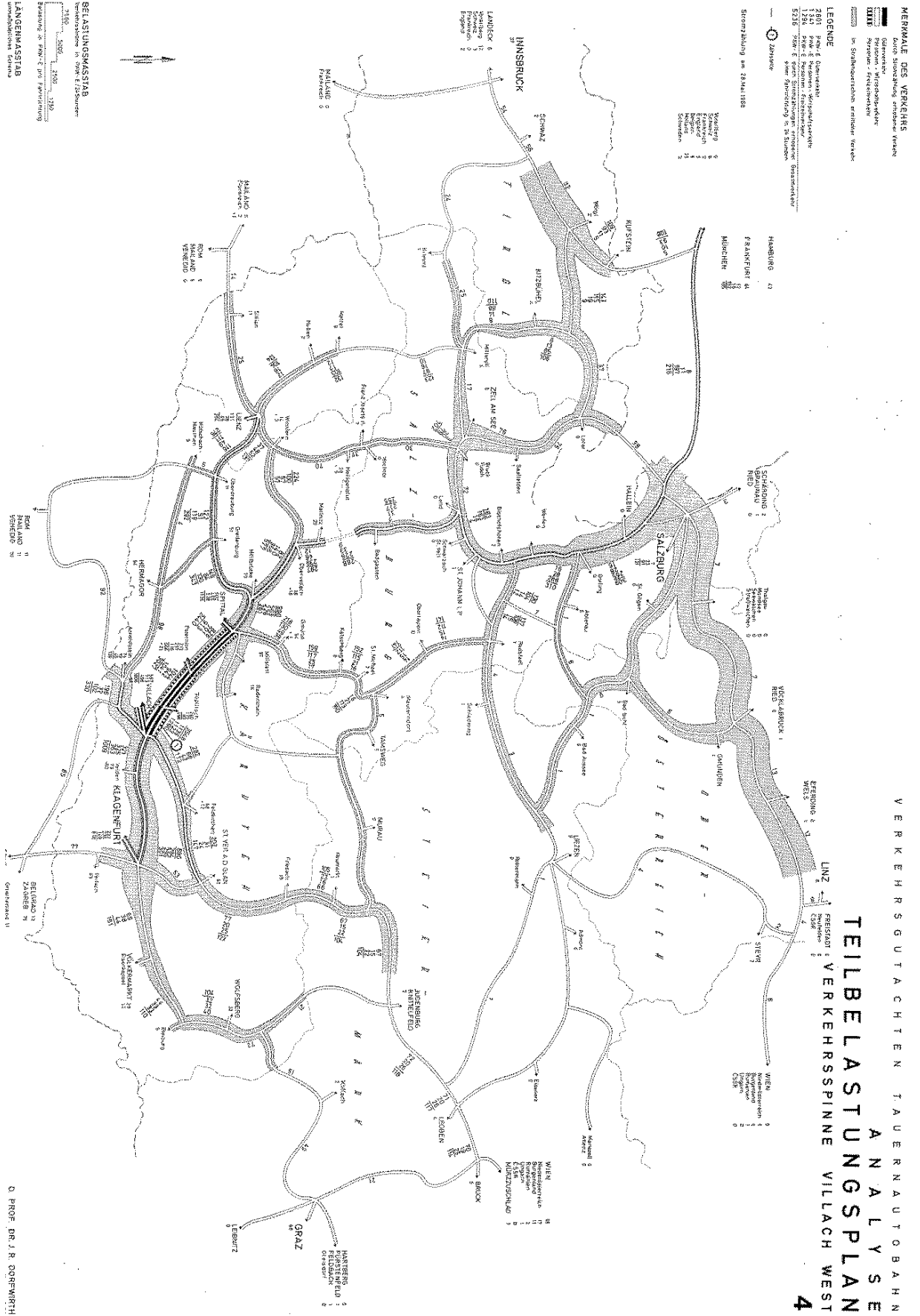
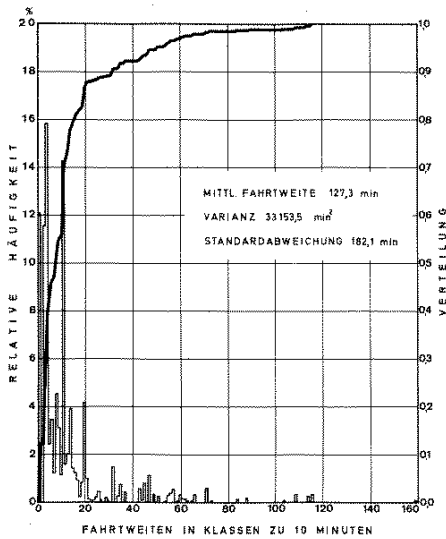


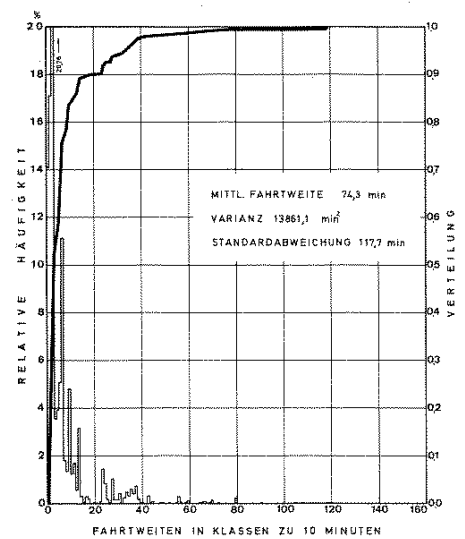
Abbildung 12: Teilbelastungsplan Verkehrsspinne Villach-West [DORFWIRTH, 1972]

Die Verkehrsbelastung einer Straße allein ist kein hinreichendes Kriterium für den Aus- und Neubau eines Verkehrsweges, denn es gibt keine starre Grenze, die einen mehrspurigen Ausbau fordert oder nicht. [DORFWIRTH, 1972] Verkehrsbehinderungen von kurzer Dauer werden von den Verkehrsteilnehmern anstandslos akzeptiert. Nur eine Anhäufung der Verkehrsbehinderungen über die Fahrtweite führt möglicherweise zu zusätzlichen Verkehrsgefährdungen bei ohnehin negativen volkswirtschaftlichen Folgen hinsichtlich der Fahrtzeit und den Fahrtkosten. Deswegen wird in einem weiteren Schritt die Verteilung der Fahrtweiten als Beurteilungskriterium für einen neuen leistungsfähigen Verkehrsweg herangezogen. Hierzu werden mittels einer Verteilungsfunktion und unter Ausschluss des Ortsverkehrs die Fahrtweiten getrennt nach diesen drei Merkmalen (Fahrzeit, Fahrtkosten und Fahrtweiten) berechnet. Die Fahrtweiten werden hierbei in 10 Minuten-Cluster aufgeteilt.

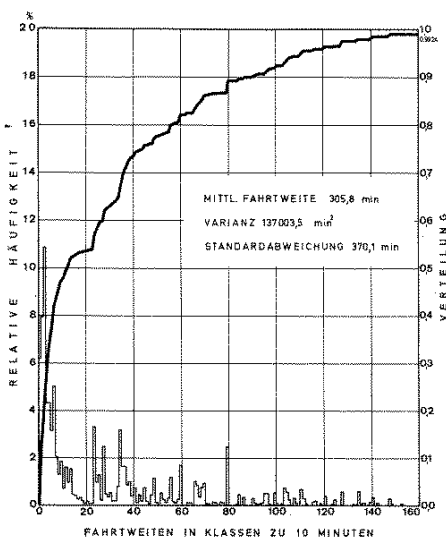
VERKEHRSGUTACHTEN TAUERNAUTOBAHN
ANALYSE
FAHRTWEITENVERTEILUNG
VERKEHRSSPINNE VILLACH WEST



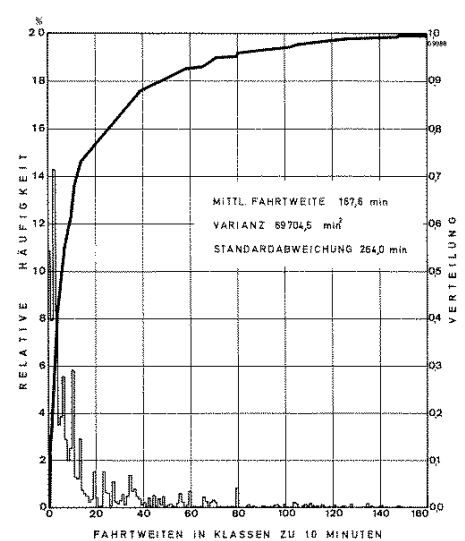
GÜTERVERKEHR



PERSONEN - WIRTSCHAFTSVERKEHR



PERSONEN - FREIZEITVERKEHR



GESAMTVERKEHR

Abbildung 13: Fahrtweitenverteilung Verkehrsspinne Villach-West [DORFWIRTH, 1972]

Es wird die relative Häufigkeitsverteilung berechnet:

$$HR(LA) = \frac{HA(LA)}{N}$$

$$HS(LB) = \sum_{LA=1}^{LA=LB} HR(LA)$$

Dabei ist $HR(LA)$ die relative Häufigkeit der Fahrten, $HA(LA)$ die absolute Häufigkeit der Fahrten, N die Anzahl der Fahrten und $HS(LB)$ die Verteilungsfunktion. Die ermittelten Werte werden für die wichtigsten Straßenquerschnitte grafisch dargestellt.

Die Ergebnisse der statistischen Verteilungsfunktion bestätigen das Lill'sche Reisegesetz. [DORFWIRTH, 1972] Zusätzlich wird die mittlere Zeitentfernung ZM und die Varianz S^2 berechnet, wobei D das Klassenintervall darstellt.

$$ZM = \sum_{LA=1}^{\infty} \left(D * LA - \frac{D}{2} \right) HR(LA)$$

$$S^2 = \frac{N}{N-1} \sum_{LA=1}^{\infty} \left(D * LA - \frac{D}{2} - ZM \right)^2 * HR(LA)$$

Dieses Vorgehen wird für die Verkehrsspinnen Villach, Spittal an der Drau Ost, Lieserbrücke, Katschberg, Obertauern, Radstadt, Mallnitz, Hochtort, Felbertauern, Bischofshofen und Pass Lueg durchgeführt, wodurch es zu einer realistischen Abbildung der Verkehrsflüsse an den wichtigsten Verkehrsknotenpunkten kommt. Es werden für alle möglichen Verkehrsverbindungen zwischen und über diesen Knotenpunkten Zahlenwerte berechnet, welche die Verkehrslage am Knotenpunkt selbst, aber bei überblickender Betrachtung ebenfalls im gesamten Verkehrsbereich der Tauernautobahn, nachvollziehbar darstellen. Diese Analyse zeigt insbesondere, welche Fahrtweiten für die verschiedenen Verkehrsarten an welchem Knotenpunkt vorliegen und bei welchen Prozentsätzen der einzelnen Verkehrsarten eine untere Grenze der Fahrtweiten an einem Knotenpunkt existiert. Alle einzelnen detaillierten Fahrtweitenverteilungen und berechneten Werte sind im Gutachten nachzuschlagen. Nach der Analyse der Verkehrsströme werden die gewonnenen Erkenntnisse für die Umlegungsprognose herangezogen.

3.1.6 Umlegungsprognose zur A 10-Tauernautobahn

Die Umlegungsprognose zur A10- Tauernautobahn behandelt das analysierte Wegenetz erneut, jedoch unter anderen Vorbedingungen. Prinzipiell betrachtet man dasselbe Wegenetz wie im vorhergehenden Kapitel, allerdings mit dem entscheidenden Unterschied, dass die Tauernautobahn als zusätzliche Verkehrsverbindung ins Wegenetz aufgenommen wird. Außerdem wird für die Umlegungsprognose der Bau der Südautobahn (Klagenfurt – Villach – Staatsgrenze) als abgeschlossen angenommen. Die Tauernautobahn und die damit enthaltenen Teilstrecken zwischen den Knotenpunkten erhalten für das Routensuchprogramm und die Verkehrsumlegung ebenfalls Widerstände zugeordnet. Diese Widerstände ergeben sich aus den Wegelängen der einzelnen Teilstrecken und der Fahrzeit, welche auf die zulässige Fahrtgeschwindigkeit auf österreichischen Autobahnen zurückzuführen ist.

Ein entscheidender Faktor für die Wegewahl wird aufgrund der eingehenderen Problematik und der Ungewissheit über Höhe und Beschaffenheit in der Umlegungsprognose vernachlässigt. Es handelt sich dabei um die Maut, welche rückwirkend betrachtet zur Berechnung des Verkehrsaufkommens eine vernachlässigbare Rolle vor allem für den Personen-Freizeitverkehr spielt.

In Anbetracht der Reisezeiten in Urlaubsgebiete und der festgelegten Höhe der Maut, scheint sich der Personen-Freizeitverkehr nicht auf untergeordnete Straßensysteme zur Vermeidung der Maut zu verlagern.

Im nächsten entscheidenden Schritt wird die Tauernautobahn mittels des Routensuchprogramms mit dem berechneten Verkehr belastet, was ein Ergebnis für die Darstellung erzeugt, wie der Verkehr im Jahre 1968 geflossen wäre, wenn die Tauernautobahn zu diesem Zeitpunkt bereits in voller Länge bestanden hätte. [DORFWIRTH, 1972] Die Ergebnisse für den Frühjahrsverkehr werden im Belastungsplan (Abbildung 13) dargestellt. Es zeigt sich, dass der am meisten belastete Streckenabschnitt der Tauernautobahn der Teilbereich Werfen bis Salzburg wäre. Weiter ist festzustellen, dass durch das Ergänzen der Tauernautobahn das gesamte Straßennetz entlastet würde, insbesondere jedoch die Alpenpässe. Eine verkehrliche Abhängigkeit der beiden Autobahnen Phyrn- und Tauernautobahn ist in der Umlegung nur im kleinen Rahmen festzustellen.

Für den Sommerverkehr wird nur der alpenquerende Verkehr zwischen Spittal an der Drau bis Radstadt aufgrund der Sommerzählungen mit den gemessenen Werten hinterlegt. Bei den Bereichen Spittal an der Drau bis Villach und Radstadt bis Salzburg ist von einem weitaus größeren Verkehrsaufkommen auszugehen, als in der folgenden Darstellung angenommen, welche nur den alpenquerenden Verkehr beinhaltet.

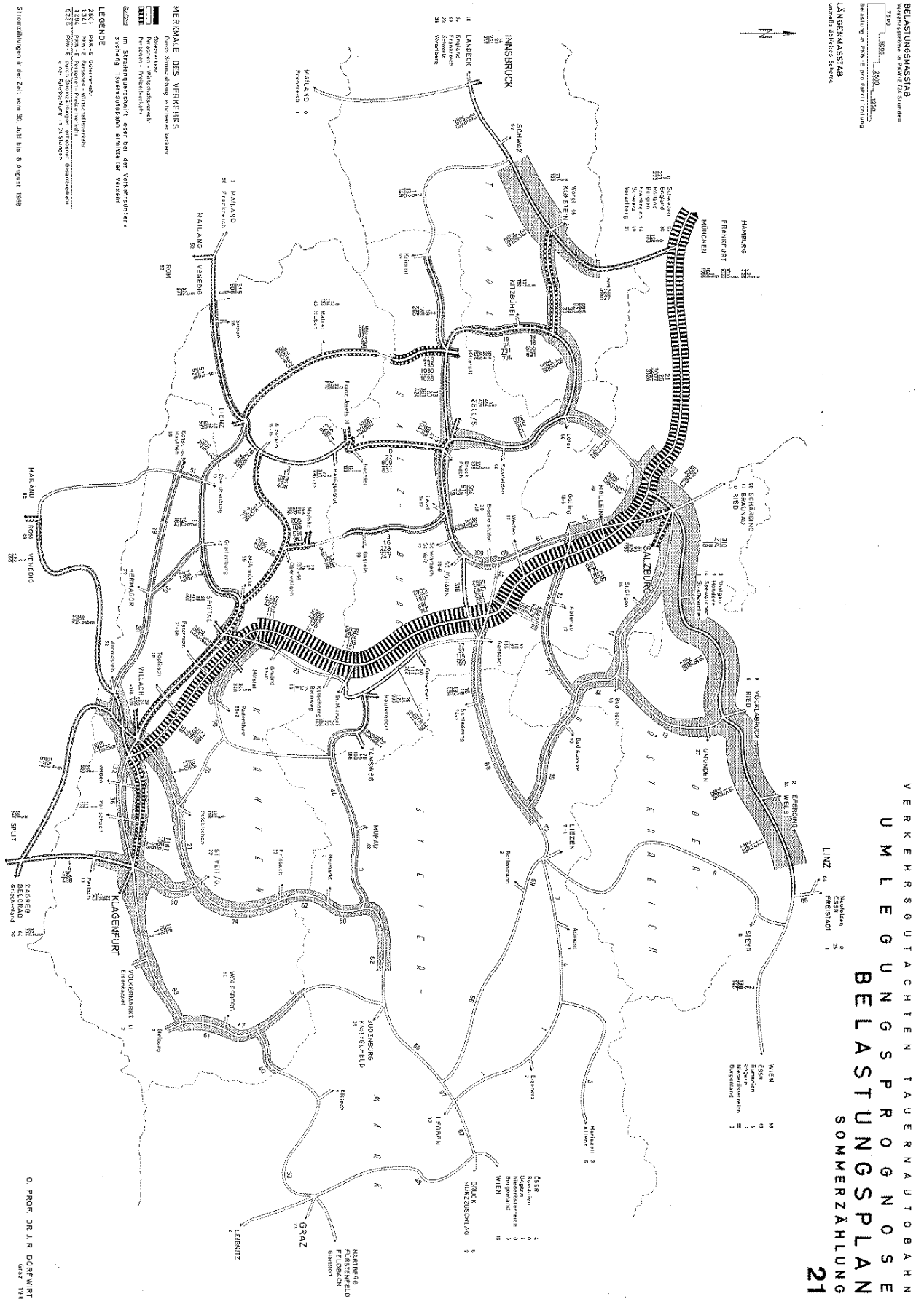


Abbildung 15: Belastungsplan Umlegungsprognose Sommerverkehr [DORFWIRTH, 1972]

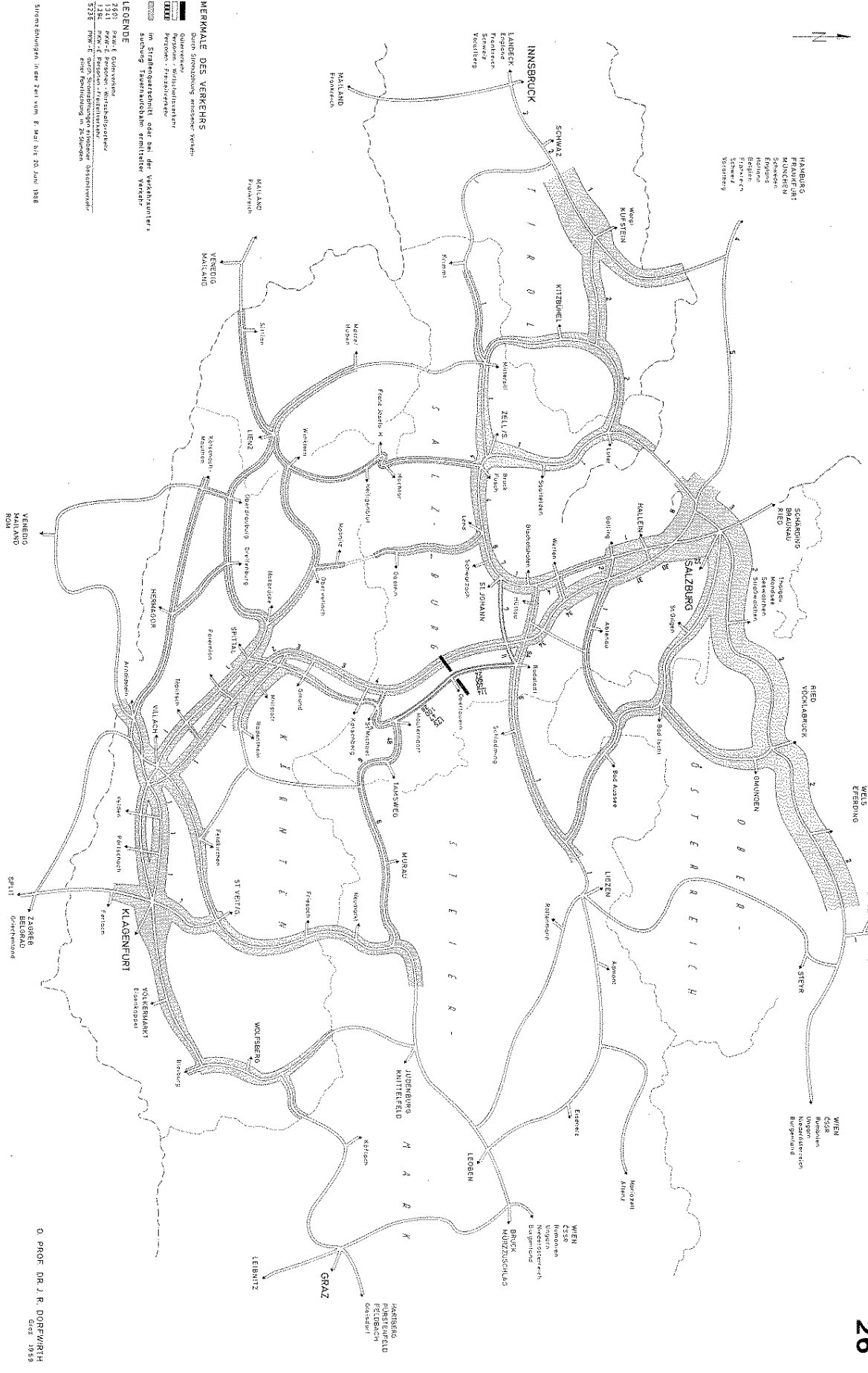
Für den Sommerverkehr wird ersichtlich, dass aufgrund des deutlich höheren Verkehrsaufkommens im Vergleich zum Frühjahr, vor allem die Alpenpässe durch die Tauernautobahn entlastet werden. Nur mehr ein Bruchteil des Passverkehrs ist zu verzeichnen. Beispielsweise sinkt der Verkehr am Katschbergpass von 2 x 1844 [PKW-E/24h] auf 2 x 83 [PKW-E/24h]. Diese enorme Entlastung der Passstraßen resultiert möglicherweise auch aus der Vernachlässigung einer möglichen Maut für die Tunnelbauwerke. Außerdem ist die Annahme getroffen worden, dass der Personen – Freizeitverkehr langfristig gesehen nicht äußeren, schlecht kalkulierbaren, Faktoren folgt, wie Witterungsbedingungen oder „Sightseeing“, sondern die Besonderheiten in seinem Hauptreisebereich kennt und deswegen den rationalsten Weg wählt. Dadurch wird im Ablauf der Umlegungsprognose der Personen-Freizeitverkehr von der Herangehensweise zur Wegewahl mit dem Personen-Wirtschaftsverkehr gleichgestellt.

Um die Ergebnisse zu erfassen, wird mittels der Teilbelastungen des Systems an den Kreuzungspunkten beziehungsweise den Verkehrsspinnen die Fahrtweitenverteilung durchgeführt, sei es für die Autobahnabschnitte der Tauernautobahn oder für die Straßenabschnitte des untergeordneten Wegenetzes und den auf diesen verbleibenden Restverkehr. Die Ergebnisse der Teilbelastungen spiegeln sich in den Verkehrsspinnen wieder, welche die Frequentierungen der einzelnen Tauernautobahnabschnitte und deren spezifisches Verkehrsaufkommen darstellen. Diese Berechnungen der Querschnitte werden für den Frühjahrs- als auch für den Sommerverkehr am Katschberg, in Obertauern, in Mallnitz, am Hohtor, am Felbertauern und im Zedernhaustal mittels rekonstruierter Verkehrsspinnen durchgeführt. Die Werte am Hohtor werden nicht grafisch aufbereitet, da aufgrund des Großglocknerverkehrs von einer Fehlerquelle für die Berechnung des Umlegungsverkehrs ausgegangen wird, welche sich bezüglich der Größenordnung nicht einschätzen lässt. Für die übrigen Teilabschnitte führt dies allerdings nicht zu weiteren Verzerrungen.

Exemplarisch wird in folgender Abbildung die Teilbelastung für die rekonstruierte Spinne Obertauern dargestellt.

BELASTUNGSMASSE
 Verteilung im PAVE/PA SYSTEM
 1:2000 1:3000 1:4000 1:5000
 Belastung in PAVE/PA pro Bauartklasse

LÄNGENMASSTAB
 unmaßstäbliches Schema



VERKEHRSGUTACHTEN TAÜERNAUTOBAHN
 UMLERUNGSPROGNOSE
TEILBELASTUNGSPLAN
 REKONSTRUIERTE SPINNE OBERTAUERN
 LINZ (MA 100)

26

MERKMALE DES VERKEHRS
 Durch Streckungsart und Verkehrsmittel
 (1) Person-Verkehr
 (2) Post-Verkehr
 (3) im Straßengüterverkehr oder bei der Wirtschaftsverkehr
 (4) im Güterverkehr

LEGENDE
 2801 Strasse
 1341 Strasse
 1342 Strasse
 2731 Strasse
 2732 Strasse

Straßenstudien in der Zeit vom 8. Mai bis 20. Juni 1968

O. PROF. DR. J. R. DORFMEYER
 Wien 1969

Abbildung 16: Teilbelastungsplan Umlegungsprognose Obertauern [DORFWIRTH, 1972]

Daraus ergeben sich folgende Fahrtweitenverteilungen für den Güterverkehr, den Personen-Wirtschaftsverkehr und den Personen – Freizeitverkehr:

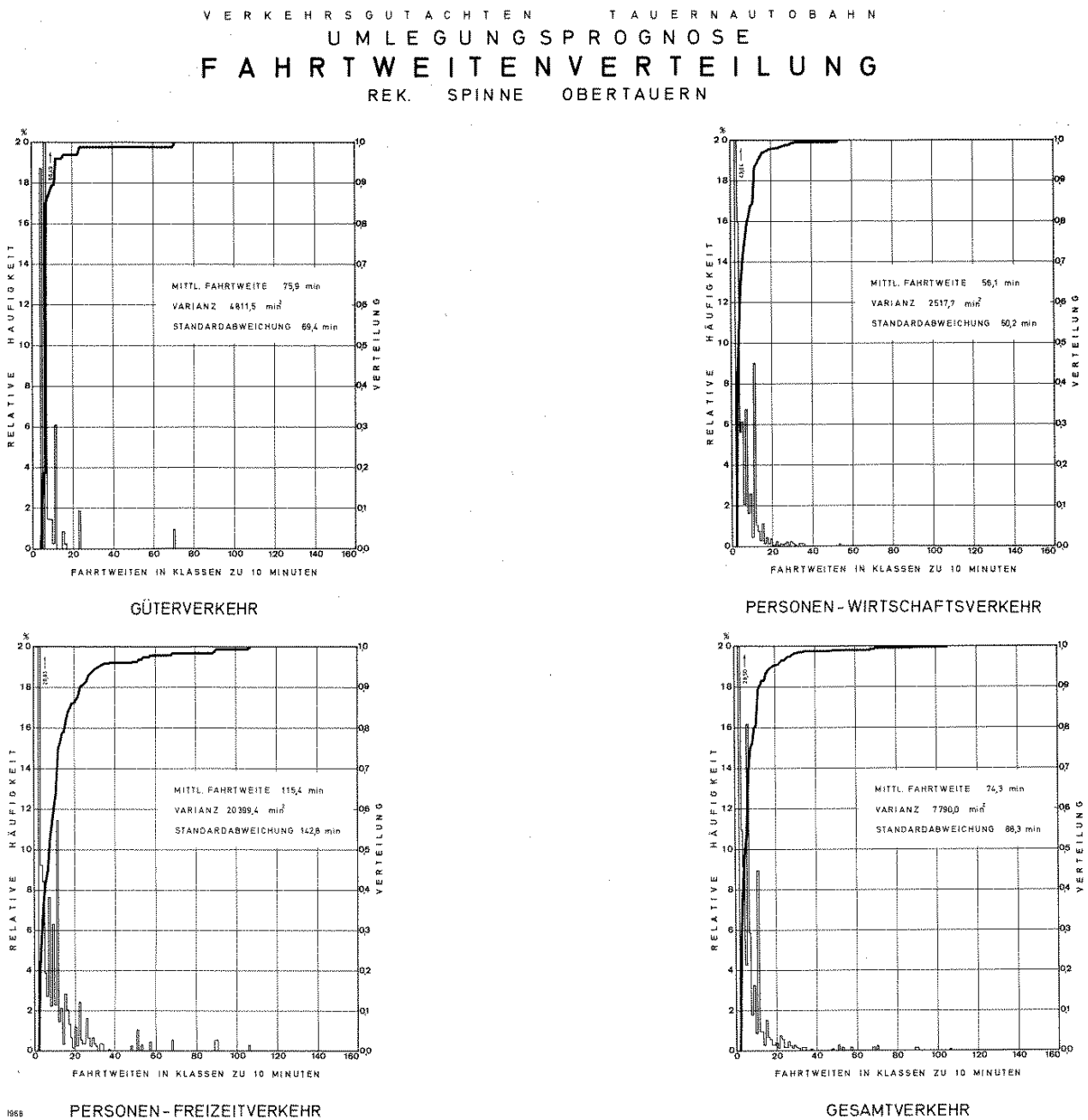


Abbildung 17: Fahrtweitenverteilung Umlegungsprognose Obertauern [DORFWIRTH, 1972]

Bei der Rekonstruktion der Verkehrsspinne wird zugrunde gelegt, dass keine baulichen Maßnahmen auf den bestehenden Passstraßen durchgeführt werden, welche die Widerstände für die einzelnen Routen ändern. Es wird das Verkehrsaufkommen ausschließlich auf dem bestehenden Netz mit Hinzunahme der Tauernautobahn gerechnet.

Die so erhaltenen Ergebnisse zeigen die Verkehrsflüsse im Jahre 1968, wenn zu diesem Zeitpunkt bereits die Tauernautobahn bestanden hätte. Natürlicherweise enthält diese theoretische Herangehensweise einigen Interpretationsspielraum, welcher im folgenden Kapitel präzisiert wird.

3.1.7 Ergebnisdarstellung der Verkehrsumlegung [DORFWIRTH, 1972]

Am Beispiel des Abschnitts Obertauern wird kurz dargelegt, inwiefern das Nachvollziehen der Umlegungsprognose aus dem Jahre 1972 das Verständnis für die resultierenden Werte erhöht. Für den Frühjahrsverkehr bedeutet die Tauernautobahn eine erhebliche Entlastung von ca. 70 % des bestehenden Verkehrs insbesondere durch die Verlegung des Güter-, Fern- beziehungsweise Schwerverkehrs auf die höherrangige Verkehrsverbindung werden die übrigen Verkehrsteilnehmer entlastet. Die Fahrtweiten verringern sich dadurch für alle Verkehrsteilnehmer drastisch, ebenfalls auf dem untergeordneten Straßennetz für den verbleibenden Straßenverkehr.

Für den Frühjahrsverkehr bedeutet das im Detail, dass sich die Fahrtweiten bei 50 % des Güterverkehrs um mindestens 160 Minuten [min] bis zu für die am meisten von der Umlegungsanalyse profitierenden 10 % um maximal 390 [min] ändern. Bei 50 % des Personen-Wirtschaftsverkehrs wird eine Fahrtweitenverkürzung um mindestens 100 [min] bis zu 180 [min] für nur mehr 10 % dieses Verkehrsanteils bewirkt. Für den Personen-Freizeitverkehr ergeben die Zahlenwerte bei 50 % der Gesamtmenge eine Fahrtzeitverkürzung von mindestens 190 [min] auf bis zu 460 [min] bei den besten 10 %. Es zeigt sich also, dass die Tauernautobahn bereits im Jahre 1968 ein volkswirtschaftlicher Gesamtgewinn für alle Verkehrsteilnehmer der betroffenen Regionen gewesen wäre, insbesondere jedoch für den Güterverkehr und den Personen-Freizeitverkehr. Für den Gesamtverkehr lassen sich die Zahlen somit wie folgt zusammenfassen: Bei 50 % des Gesamtverkehrs nehmen die Fahrweiten um mindestens 120 [min] und für 10 % des Gesamtverkehrs um maximal 420 [min] ab.

Beim Sommerverkehr stellt sich die Sachlage ähnlich dar. Nur, dass aufgrund der allgemein größeren Belastung des Verkehrsnetzes die entlastende Wirkung der Tauernautobahn stärker zur Geltung kommt und sich deswegen die Ergebnisse, insbesondere für den Güter und Personen-Freizeitverkehr, sehr stark auf die Fahrtweiten auswirken. Dies führt beispielsweise bei den profitabelsten 10 % des Gesamtverkehrs zu einer Fahrtweitenverringerung von maximal 840 [min]. Die mittlere Fahrtweite nimmt allerdings für den Gesamtverkehr ebenfalls um 407,9 [min] ab, was deutlich die entlastende Wirkung der Tauernautobahn nach erfolgter Verkehrsumlegung widerspiegelt.

Aus der Diskussion der berechneten Knotenpunkte nach der Verkehrsumlegung lassen sich weiterhin einige Schlussfolgerungen ziehen. Vor allem für die anschließende Prognose sind einige dieser Punkte entscheidend. Die folgenden Schlussfolgerungen beziehen sich dabei auf verschiedene Teilbereiche der Strecke und deren spezifische Änderungen hinsichtlich des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsverteilung, aber auch globale Betrachtungen gehen ein:

1. Die größten Verkehrsbelastungen treten in Kärnten und Salzburg auf, wobei in diesen Bereichen ein erhöhtes Maß an Güter- und Personen-Wirtschaftsverkehr anzutreffen ist. Diese Verkehrsströme queren jedoch nur in sehr geringem Umfang die Alpen. Auf den Alpenkämmen ist im Frühjahr kaum Verkehr, und im Sommer das bis zu sechsfache an Verkehr zu erwarten, allerdings fast ausschließlich, genauer 94 [%], Personen-Freizeitverkehr vorherrschend. [DORFWIRTH, 1972]
2. Nur 19 % des alpenquerenden Gesamtverkehrs sind Durchgangsverkehr, welcher in nördlichen beziehungsweise südlichen Anrainerstaaten sowohl Quell- als auch Zielpunkt hat. Die übrigen 81 % haben ihre Quelle oder ihr Ziel in Österreich. Bisher hatte sich aber noch kein nennenswerter Güterverkehr über die Alpenkämme entwickelt, da die Verkehrsbeziehungen dies nicht zuließen. [DORFWIRTH, 1972]

3. Bei Bestand der Tauernautobahn zu diesem Zeitpunkt wäre bereits ein relativ hohes Verkehrsaufkommen eingetreten. Vor allem der Personen-Freizeitverkehr wäre an der Sommerspitze mit 2×5042 [PKW-E/24h] mit einer Mächtigkeit von 92 % beteiligt. Die zeigt ebenfalls die entzerrende Wirkung der Autobahn auf, da eine Sortierung des Verkehrs stattfindet. Die örtlichen, kurzen Verkehrsbeziehungen bleiben erhalten und das untergeordnete Straßennetz gewinnt in dem Maße an Fahrtqualität, wie der Fernverkehr das hochrangige Straßennetz verwendet und dadurch ebenfalls an Qualität, hinsichtlich des Komforts, der Sicherheit und des Zeitaufwands, zulegt. [DORFWIRTH, 1972]

Diese Schlussfolgerungen zeigen richtungsweisende Entwicklungen für die Verkehrssituation in den beobachteten Gebieten rund um die geplante Autobahntrasse der Tauernautobahn auf. Es stellt sich für die an der Durchführung der Umlegungsprognose für das Jahr 1968 Beteiligten so dar, dass aufgrund der Verringerungen der Fahrtweiten, im Speziellen hinsichtlich der Fahrlänge und der Fahrzeit, eine massive Verkehrsgenerierung in der Zukunft ergeben wird. Diese Berechnungen werden in der anschließenden Prognose erläutert und mit belastbaren Zahlenwerten hinterlegt.

3.2 Prognose zur A 10-Tauernautobahn

Zur Erstellung der Prognose zur A10 - Tauernautobahn ist es im Anschluss an die probabilistische Verkehrsumlegung des vorangegangenen Kapitels notwendig, die strukturellen Grundlagen für die Prognose aufzugreifen, zu bewerten und einzugrenzen. Diese Eingrenzung der Vorbedingungen ist für die Prognose des Verkehrsaufkommens und somit der Verkehrsentwicklung bis zu den Jahren 1985 und 2000 wichtig, um die Nachvollziehbarkeit und die Vergleichbarkeit der Zahlenwerte zu sichern.

3.2.1 Strukturelle Grundlage der A 10-Tauernautobahn-Prognose

Für die Prognose des zukünftigen Verkehrs werden im Jahre 1972 die Grundlagen des Verkehrsaufkommens - nicht unähnlich unserem heutigen Vorgehen – in der Anzahl und der Entwicklung der Wohnbevölkerung, der Arbeitsbevölkerung, der Fremdbevölkerung und dem Motorisierungsgrad gesehen. [DORFWIRTH, 1972] Diese Werte werden für alle in der Analyse definierten statistischen Bezirke im Jahre 1968 erhoben, um eine Fortschreibung mit Langzeiterwartungen für die Jahre 1985 und 2000 möglich zu machen. Es ist an dieser Stelle bereits erkennbar, dass eine Vereinfachung der Eingangswerte zur Prognose unerlässlich ist, da andernfalls unter Miteinbezug von mehreren Teilbeiwerten und unter genauer Beachtung und Betrachtung der einzelnen volkswirtschaftlichen Zusammenhänge, die Komplexität der verwandten Formeln, wie im Theorieteil dieser Arbeit detailliert dargelegt, exponentiell zu den verwendeten Prämissen und Variablen ansteigt. Dies führt in Anbetracht der zu erzielenden Werte zur Undurchführbarkeit einer Plausibilitätsprüfung und zur Verzerrung der Basis-Werte durch Überlagerung, sowohl der einzelnen statistischen Fehler, als auch zusätzlicher Fortschreibungsfehler. In der Abgrenzung der betrachteten Werte auf eine einfache, aber breite Basis, ist sowohl die Nachvollziehbarkeit der einzelnen Fortschreibungen, als auch eine gewisse Fehlerkorrektur durch die verschiedenen Fortschreibungen in den unterschiedlichen Teilbereichen durchführbar. Allerdings ist festzuhalten, dass zur Prognose einer hochrangigen Verkehrsverbindung, wie einer Autobahn, welche in unserem Beispiel zusätzlich alpenquerend und dadurch international bedeutsam ist, die Eingangswerte aufgrund des großen Einzugsgebietes vielen Faktoren unterliegen, welche teils voneinander abhängig sind und teils keine Schnittpunkte haben. Dies wird bei der Bewertung der Prognoseergebnisse an Bedeutung gewinnen.

Zur Erhebung der Datensätze werden verschiedene in- und ausländische Publikationen herangezogen. Diese einzelnen Werte beziehungsweise Faktoren der Prognose werden für die Einzugsgebiete erhoben und zum Teil extrapoliert. Für die Wohnbevölkerung werden die Werte des Österreichischen Statistischen Zentralamtes, zusätzlich die Jahrbücher der Nachbarländer verwendet und diese im Trend extrapoliert. Es ergeben sich erwartete Zuwächse von 9 % bis 26 % für das Jahr 1985 und von 16 % bis 49 % für das Jahr 2000 je nach betrachteter Region.

Für die Arbeitsbevölkerung werden die ständigen Arbeitsplätze in den statistischen Bezirken betrachtet und anhand der „Bevölkerungsprognose 1980“ [BUNDESMINISTERIUM für Bauten und Technik, 1968] des statistischen Zentralamtes interpoliert. Es zeigt sich eine abgemilderte Erwartung im Vergleich zur Wohnbevölkerung. Und zwar werden je nach Region Zuwächse von 6 % bis 20 % für das Jahr 1985 und von 11 % bis 38 % für das Jahr 2000 errechnet. Die Ergebnisse werden übersichtlich dargestellt.

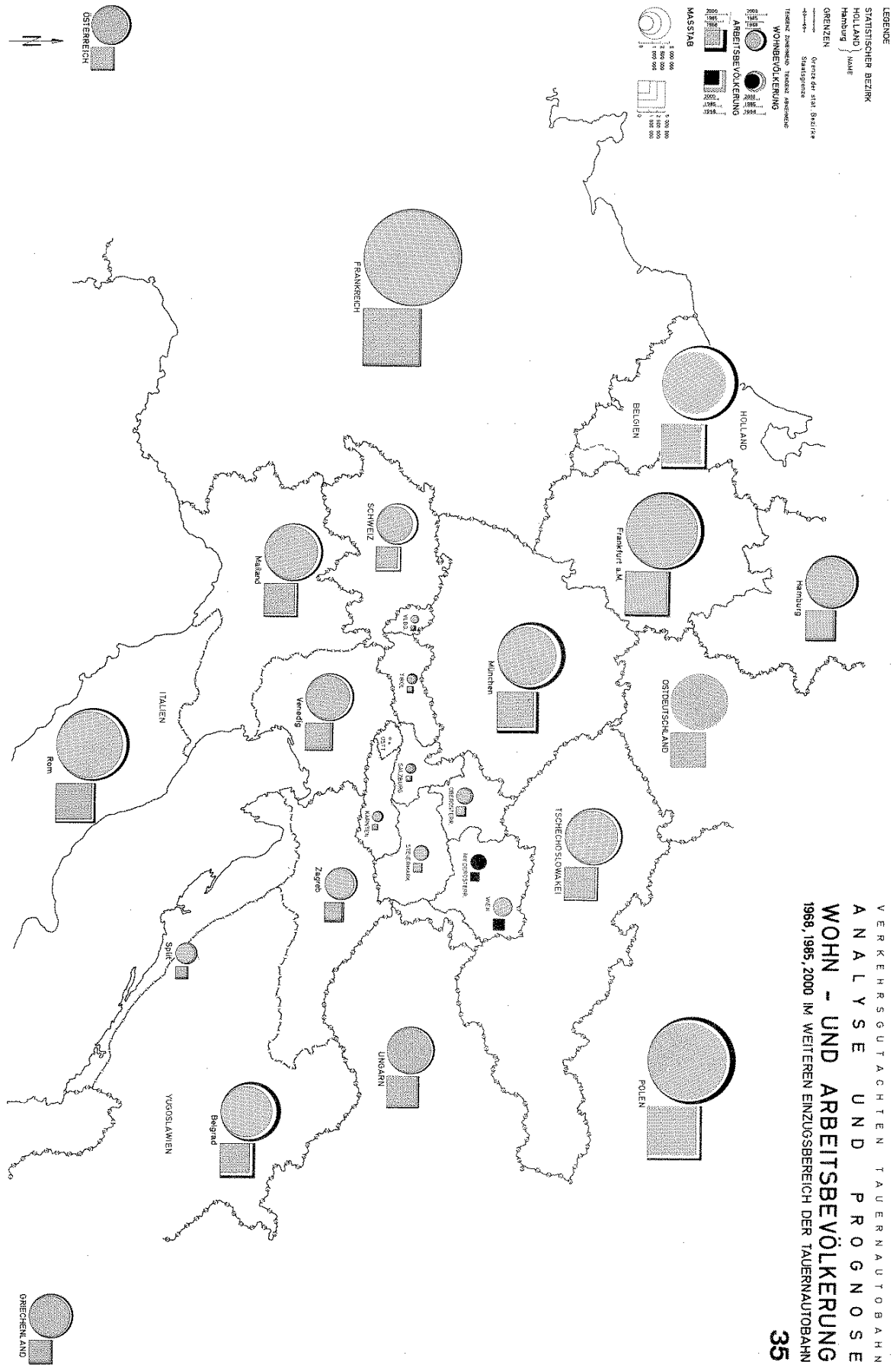


Abbildung 18: Wohn- und Arbeitsbevölkerung 1968, 1985, 2000 [DORFWIRTH, 1972]

Wichtig ist, dass der Faktor einer Verbesserung der Infrastruktur durch die Tauernautobahn selbst nicht in die Berechnung der prognostischen Eingangswerte eingeht, um die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse zu erhalten. Es lässt sich dadurch festhalten, dass die erzielbaren Ergebnisse des Prognoseverkehrs sogar höher angesetzt werden könnten, wenn dieser Umstand in die Berechnungen einginge.

Ein weiterer Wert, die Fremdbevölkerung, also der Personenfreizeitverkehr, ist vor allem im Urlaubsbeziehungsweise Urlaubstransitland Österreich saisonalen Schwankungen unterworfen, weswegen die Mittelwerte für die Haupt- und Nebensaison getrennt gebildet werden, um in die Frühjahrsbeziehungsweise Sommerverkehrszahlen eingehen. Es gehen dabei sowohl die Übernachtungen in Österreich, als auch die erwarteten Übernachtungen im damaligen Jugoslawien ein. Die Zuwachsraten werden von 45 % bis 133 % für das Jahr 1985 und von 64 % bis 188 % für das Jahr 2000 errechnet.

Der Motorisierungsgrad wird, aufgrund von vorangegangenen Studien der TU Graz, vor allem für das Inland im Jahre 1972 als nicht gesättigt angesehen, voraus sich für Österreich hohe Zuwachsraten ergeben und erst im Jahre 2000 von einem Motorisierungsgrad von 40 % ausgegangen wird.

Rückblickend lässt sich feststellen, dass trotz der ersten und zweiten Ölkrise, welche unter Anderem den Fahrzeugabsatz der Automobilindustrie schmälerten, die angenommenen, beziehungsweise prognostizierten Werte aus dem Jahre 1972 zu niedrig angesetzt werden, da immerhin im Jahre 2000 der Motorisierungsgrad in Österreich bei knapp über 50 % [UBA, 2012] lag. Dies ist allerdings im europäischen Vergleich relativ hoch, da der Mittelwert der Motorisierung bei 40 % liegt. Diese erhöhte Motorisierung ist sicherlich auch auf die Zersiedelung beziehungsweise den hohen Anteil der Landbevölkerung in Österreich zurückzuführen, was zwangsläufig aufgrund der Rationalisierung des Gewerbes, des Gesundheitswesens und des Bildungswesens, speziell für höhere Schulen und Universitäten, zur Notwendigkeit der Mobilitätserhöhung beiträgt.

Das für die Prognose herangezogene Wegenetz unterscheidet sich von dem der vorangegangenen Analyse für die jeweils betrachteten Jahre 1985 und 2000 in einigen Besonderheiten. Es wird davon ausgegangen, dass im Jahre 1985 die Tauernautobahn durchgängig von Salzburg bis Villach fertiggestellt ist. Zusätzlich gelten die Prämissen, dass die Inntalautobahn von Rosenheim bis Innsbruck, die Südautobahn von Villach bis zur Staatsgrenze und die Pyhrnautobahn bereichsweise fertiggestellt sind. Im Jahre 2000 wird zusätzlich davon ausgegangen, dass die Pyhrnautobahn fertiggestellt ist, und kleinere Schnellstraßen ebenfalls Verbindungsfunktion mit den Nachbarstaaten aufweisen. Diese zusätzlich zur Analyse hinzugekommenen Strecken werden ebenfalls mit spezifischen Widerständen versehen, welche sich aus der Fahrzeit und Streckenlängen ergeben.

Da die Grundlagen für die Prognose mit der Bestimmung der Eingangswerte und prognostischen Fortschreibung derselben über die Teilbereiche und den Gesamtbereich des Einzugsgebietes der Tauernautobahn ermittelt sind, wird es nun möglich, die Verkehrsprognose für den Frühjahrs- und Sommerverkehr für die Jahre 1985 und 2000 in Angriff zu nehmen.

3.2.2 Methode der A10-Tauernautobahn-Prognose

Die einzelnen Handlungsschritte einer heutigen Verkehrsprognose werden, wie im Kapitel 2.3.1 dargelegt, anhand des 4 –Stufen – Algorithmus durchgeführt, der durch die Wiederholung der Modellierungsabläufe zur Verfeinerung der Prognose beiträgt. Allerdings wird dieses Vorgehen für die Erstellung der A10-Tauernautobahn-Prognose aufgrund der Größe und der Bedingungen des betrachteten Gebiets nicht umgesetzt, da zu viele unbekannte Variablen die Aussagekraft verringern. Somit wird für die Prognose der Tauernautobahn ein modifiziertes System des Gravitationsmodells genutzt, welches mittels einer Regressionsanalyse zur Parameterbestimmung und der Anwendung einer geeichten Analysematrix zur Ermittlung der Strukturwerte verändert wird.

Für die drei großen Verkehrsströme des Personen-Freizeitverkehrs, des Personen-Wirtschaftsverkehrs und des Güterverkehrs werden jeweils mit einer Abwandlung des folgenden, allgemein gehaltenen, Zusammenhangs ausgedrückt.

$$F(I,J) = K(I,J) * \frac{M(I,J)}{(D(I,J) + KD)^G}$$

Daraus resultieren die Verkehrsmengen $F(I,J)$ die sich aus der Konstante $K(I,J)$ dem Massenanalogon $M(I,J)$, welches sich aus den Strukturdaten der Zellen I und J ergibt, und der Zeitentfernung $D(I,J)$, welche mit der Zeitkonstante der Zeitentfernung KD und der Verkehrsartkonstante G abgeändert wird, zusammensetzen. Detailliert fließen die verschiedenen Strukturdaten durch die Regression in die Formfaktoren ein und ergeben dadurch für die jeweilige Verkehrsart spezifische Verkehrsaufkommen. Um das Lill'sche Reisegesetz allerdings auch hinsichtlich der Zeitkonstanten KD zu verbessern, wird der Umstand abgeändert, dass die kürzesten Verkehrsbeziehungen nicht, wie ursprünglich angedacht, bei abnehmender Entfernung stark zunehmen. Dies bedeutet, dass für KD die Ordinate als Asymptote wirkt und, dass der Mindestwert von KD mit 15 min eingeführt wird. Dies hat zur Folge, dass trotz der Netzverbesserung ausschließlich Verkehrsbeziehungen, die über diesem Wert liegen mittels dieser Koordinatentransformation in die Berechnungen eingehen.

Als Prämissen für die Prognose des Frühjahrsverkehrs und Sommerverkehrs 1985 und 2000 wird vorausgesetzt, dass die prognostizierten Strukturdaten keinen großen Umwälzungen unterworfen sind. Das bedeutet, dass die wirtschaftliche Entwicklung in Gesamteuropa keine großen Einschnitte, wie Wirtschaftskrisen, Finanzkrisen oder Ölkrisen erfährt. Zusätzlich wird festgelegt, dass die Höhe der Streckenbenutzungsabgabe keine Verkehrsteilnehmer von der Routenwahl über die Tauernautobahn abhält. Außerdem wird darauf verwiesen, dass die Ermittlung der Prognosematrix eine probabilistische Schätzung der Statistik ist. Dies zieht nach sich, dass nach dem Gesetz der großen Zahlen verfahren wird, so dass kleine Verkehrsbeziehungen mit relativ großen Fehlern behaftet sein können, die sich allerdings in der Summation zur Ermittlung der Querschnittsbelastungen relativieren, wodurch der Fehler auf den Querschnittsbelastungen sehr klein ist. Die Betrachtung der Verkehrsbeziehungen ist demnach in der Gesamtheit anzustellen, da andernfalls der Fehler nicht abschätzbar ist.

Es ist außerdem festzuhalten, dass in der Methodik der Prognose die absoluten Werte der Querschnittsbelastungen rückwirkend auf die verschiedenen Zählstellen heruntergebrochen werden. Dadurch kommt es weiterhin zu einer Fehlerquelle, welche nicht über das Gesetz der großen Zahlen relativiert wird.

3.2.3 Prognose Tauernautobahn für das Jahr 1985

Resultierend aus der Berechnung mittels sogenannter Elektronenrechner ergibt sich für das Jahr 1985 eine Steigerung zum Basiswert von 1968 von Faktoren zwischen maximal 2,57 und minimal 1,54. Im Detail stellen sich die errechneten Werte wie folgt dar:

Der Gesamtverkehr steigt auf das circa zweifache des Wertes von 1968. Die Steigerung ist saisonal unterschiedlich, was dazu führt, dass im Frühjahr die Gesamtverkehrsstärke auf das 1,91-fache steigt, der Sommerverkehr allerdings auf das 2,19-fache. Dies ist vor allem damit zu erklären, dass der Personenwirtschaftsverkehr und der Güterverkehr im Sommer höher steigen als im Frühjahr. Insgesamt wird eine Steigerung auf den doppelten Wert der Analysewerte des Jahres 1968 berechnet.

3.2.4 Prognose Tauernautobahn für das Jahr 2000

Für das Jahr 2000 ist, im Zuge der weiteren Hochrechnung im Vergleich zur Prognose für das Jahr 1985, folgerichtig die Streuung der Ergebnisse aufgrund des längeren Betrachtungszeitraumes größer.

Die Werte für den Gesamtverkehr sind erneut den saisonalen Schwankungen unterworfen und variieren zum Bezugswert der Analyse von 1968 vom 3,11-fachen im Frühjahr zum 3,48-fachen im Sommer. Die größten saisonalen Schwankungen haben, bei detaillierter Betrachtung, erneut der Personenwirtschaftsverkehr und der Güterverkehr, wohingegen der Freizeitverkehr im Sommer gegenläufig zu dieser Entwicklung gemäßigt abnimmt. Die genauen Werte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5: Vergleich des Verkehrsaufkommens 1968 – 1985 - 2000 [DORFWIRTH, 1972]

Werte in PKW-E	Analyse 1968 ohne Binnenver- kehr	Prognose 1985		Prognose 2000	
		absol.	Zun.	absol.	Zun.
Frühjahr	Freizeitverkehr	8237	18714 2,27	32184	3,91
	Personenwirtschafts- verkehr	6361	12328 1,94	21174	3,33
	Güterverkehr	8875	13672 1,54	19627	2,21
	Gesamtverkehr	23473	44714 1,91	72985	3,11
Sommer	Freizeitverkehr	18597	40261 2,17	62332	3,35
	Personenwirtschafts- verkehr	966	2289 2,37	4677	4,85
	Güterverkehr	917	2357 2,57	4165	4,54
	Gesamtverkehr	20479	44907 2,19	71174	3,48

Allerdings ist anzumerken, dass die relativ großen Schwankungen, vor allem beim Güterverkehr nur aufgrund der Verzerrung in der Analyse entstanden sind. Denn der Frühjahrsverkehr der Analyse beinhaltet den alpenquerenden Verkehr und der Voralpenverkehr, der Sommerverkehr allerdings nur den Fernverkehr über die Alpen. Dies ist damit zu erklären, dass bei der Erhebung der Daten im Frühjahr aufgrund der schlechten Befahrbarkeit der Alpenpässe ein Güterverkehrsaufkommen kaum existent war, also nur ein mittlerer österreich-interner Binnenverkehr aufgezeichnet wurde. Im Sommer wiederum wurde primär der Fernverkehr aufgenommen, wodurch die beschriebene Verzerrung eingetreten ist. Bei Rückrechnung über die Tonnenkilometer der Beförderungsleistung ergibt sich ein zweifacher Zuwachsfaktor für das Jahr 2000, was nach Auffassung des Autors die

ermittelten Werte für den Frühjahrsverkehr bestätigt. Diese Zusammenhänge werden im folgenden Kapitel genauer untersucht und in ihrer Bandbreite dargestellt.

3.2.5 Darstellung der Prognosewerte

Die in der Prognose berechneten Ergebnisse bilden eine Vielzahl von Ebenen des Informationsgewinns ab. Diese Werte werden nach dem Prinzip der großen Zahlen für die Zukunftsszenarien im Ganzen abgebildet, im Anschluss jedoch auf die einzelnen Teilbereiche heruntergebrochen, um den Einfluss der einzelnen Faktoren auf die ortsfesten Verkehrsströme herauszufiltern. Die Annahmen aus der Vorberechnung fließen in die Überprüfung mit ein. Beginnend mit dem Gesamtüberblick wird die spezifische Fahrtweitenverteilung der Prognosefälle Frühjahr und Sommer für die Jahre 1985 und 2000 dargestellt.

Tabelle 6: Mittlere Fahrtweiten der Prognosematrix [DORFWIRTH, 1972]

		Prognose 1985	Prognose 2000
		Werte in Minuten	
Frühjahr	Freizeitverkehr	219	216
	Personenwirtschafts- verkehr	56	58
	Güterverkehr	144	147
	Gesamtverkehr	151	151
Sommer	Freizeitverkehr	395	392
	Personenwirtschafts- verkehr	128	123
	Güterverkehr	230	223
	Gesamtverkehr	373	365

In der Gegenüberstellung der Fahrtweiten wird deutlich, dass der Sommerverkehr signifikant größere Fahrtweiten hat, was darauf zurückzuführen ist, dass dieser fast ausschließlich den alpenquerenden Verkehr darstellt. Die, im Gegenteil dazu, im Allgemeinen niedrig ausfallenden Werte für den Personen-Wirtschaftsverkehr und den Güterverkehr, sind einerseits auf die miteinbezogenen Pendler andererseits auf die Minimierung der alpenquerenden Wirtschaftsbeziehungen auf das Mindestmaß zurückzuführen. Es zeigt sich außerdem, dass die Fahrtweiten der Jahre 1985 und 2000 sich kaum unterscheiden. In einem weiteren Schritt werden zur genaueren Feststellung der Entwicklungen der Sommer- beziehungsweise Frühjahrsverkehrslage die Passspitzenwerte (Zederhaustal und Katschberg) ermittelt:

Tabelle 7: Scheitelstreckenbelastung Zederhaustal und Katschberg [DORFWIRTH, 1972]

		Gesamtverkehr in PKW-E in beiden Richtungen	Umlegungs- prognose 1968	Prognose 1985		Prognose 2000	
				absolut	Zunahme- faktor	absolut	Zunahme- faktor
Zeder- haustal	Frühjahr		3338	7200	2,2	14742	4,4
	Sommer		10084	20296	2,0	37972	3,8
Katsch- berg	Frühjahr		3214	6964	2,2	13786	4,3
	Sommer		10016	20532	2,1	37724	3,8

Und ebenso wird mit der Tallagenentwicklung (Pass Lueg und Villach-West) verfahren:

Tabelle 8: Talstreckenbelastung Pass Lueg und Villach-West [DORFWIRTH, 1972]

		Gesamtverkehr in PKW-E in beiden Richtungen	Umlegungs- prognose 1968	Prognose 1985		Prognose 2000	
				absolut	Zunahme- faktor	absolut	Zunahme- faktor
Paß Lueg	Frühjahr		6640	11442	1,7	25798	3,9
	Sommer ^{+))}		9322	20000	2,1	38136	4,1
Villach- West	Frühjahr		4348	11340	2,6	20760	4,8
	Sommer ^{+))}		5578	17094	3,1	31086	5,6

Es ergibt sich, dass die Passüberfahrten eine höhere Zunahme erfahren, als die Gesamtverkehrsentwicklung. Bei den belastungsstärksten Tallagen der Tauernautobahn zeigt sich, dass die Verkehrsentwicklung künftig mit Faktoren bis zu 5,6 für den Sommerverkehr des Jahres 2000 steigen wird, was signifikant auf den hohen Freizeitverkehrsanteil zurückzuführen ist.

Tabelle 9: Anteil des Freizeitverkehrs in [DORFWIRTH, 1972]

Werte in %	Frühjahr, Prognose			Sommer, Prognose		
	1968	1985	2000	1968	1985	2000
Zederhaustal	65	64	66	92	90	88
Katschberg	66	66	70	94	91	90
Paß Lueg	46	59	56			
Villach-West	42	56	59			

Dies unterstreicht erneut die Bedeutung der Autobahn für den Tourismus, was für die Überlegungen zum Bau der Trasse sicherlich ein entscheidender Faktor war.

In der weiteren Betrachtung der Prognosewerte wird die durchschnittliche Jahresverkehrsmenge anhand der Jahressganglinien der Dauerzählstellen ermittelt. Dies ist erforderlich, da die Prognosewerte aus dem Verkehr der Grundlagenermittlung hervorgehen, also nur die Prognose für die Wochentage und die Jahreszeit der Erhebung widerspiegeln. Um die Allgemeingültigkeit zu gewährleisten, ist es erforderlich diese Werte auf eine durchschnittliche Jahresverkehrsmenge zu transferieren. Die Möglichkeit der Berechnung ergibt sich aus der Betrachtung, dass beim Bau einer Autobahn die Trennung des Lokal- und des Fernverkehrs stattfindet. Wird für die Hauptverkehrsader Autobahn der durchschnittliche Jahreswert benötigt, so ist der Lokalverkehr aus dieser Betrachtung herauszunehmen. Dies wird in der Prognose damit erreicht, dass die Verkehrsströme der erhobenen

Querschnitte (Zählstellen) und die benachbarten Zählstellen (Dauerzählstellen) rechnerisch miteinander verglichen werden, um aus dem Verhältnis die bereinigte durchschnittliche tägliche Verkehrsmenge der Querschnitte zu erhalten. Diese Berechnung wird mit folgender Formel sowohl für den Sommer-, als auch für den Frühjahrsverkehr durchgeführt.

$$DTV_Z = DTV_{DZ} - \Delta TV_{DZ} * \frac{TV_{Z,F}}{TV_{DZ,F} - \Delta TV_{DZ}}$$

Dabei ist in dieser Formel $TV_{DZ,F}$ der Tagesverkehr an der Dauerzählstelle, $TV_{Z,F}$ der Tagesverkehr an der Zählstelle -beide in diesem Fall für das Frühjahr F - und ΔTV_{DZ} die Differenz des Lokalverkehrs an der Zählstelle und Dauerzählstelle. Diese Differenz soll bei der Bereinigung der Ergebnisse herausgefiltert werden. Anhand dieser Nachberechnung werden somit die fehlerbereinigten Prognosewerte unter zu Hilfenahme österreichweiter Straßenverkehrszählungen für den Zeitraum von 1965 bis 1970 grafisch dargestellt.

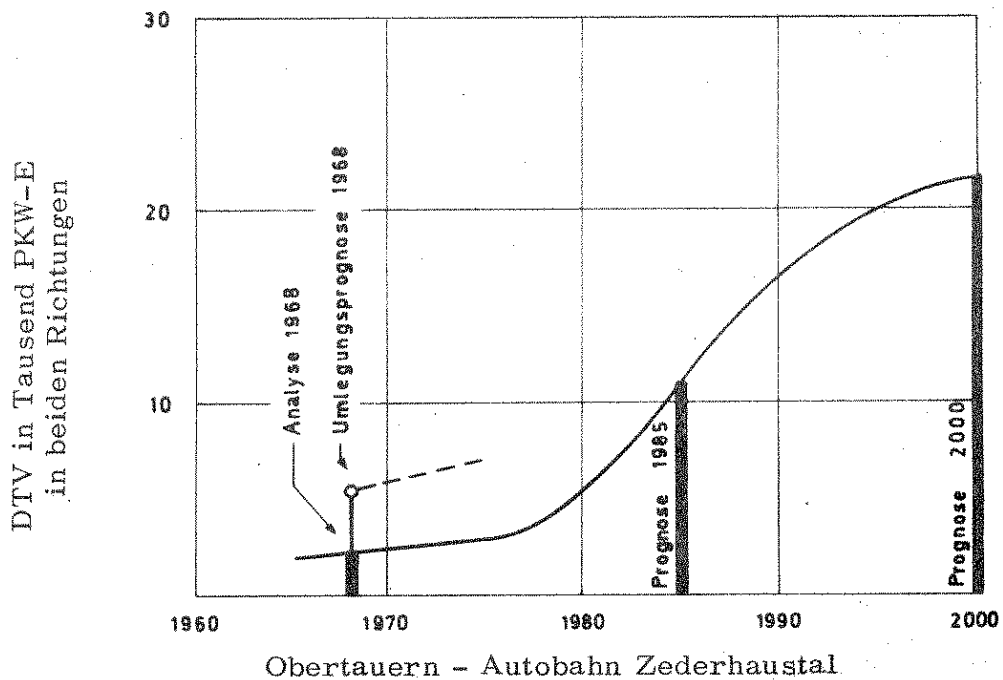
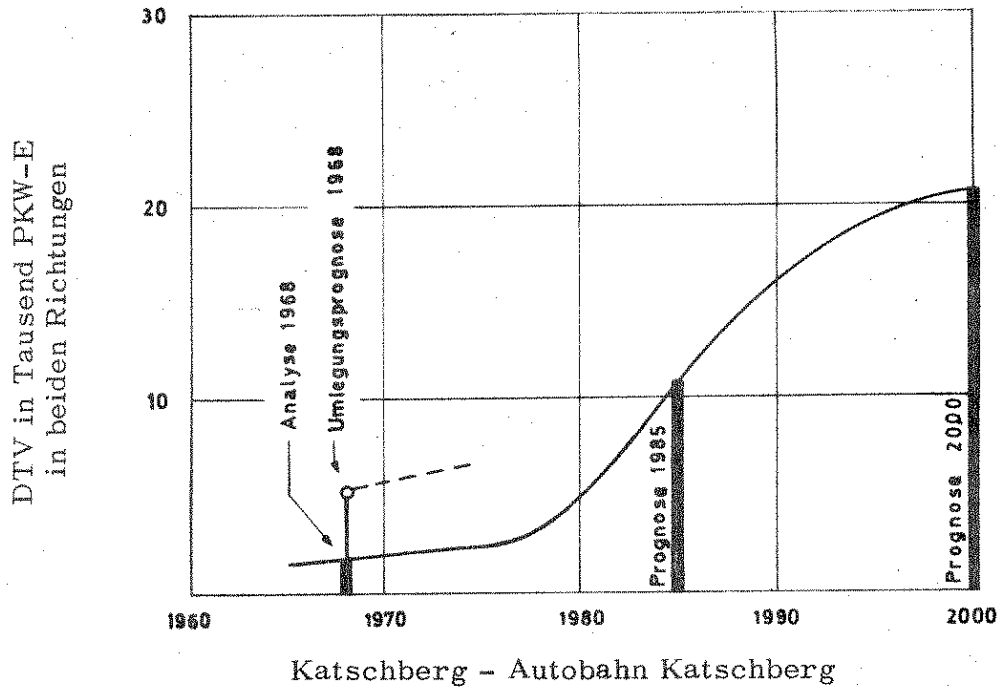


Abbildung 20: Entwicklung des durchschnittlichen Tagesverkehrs [DORFWIRTH, 1972]

Für die weitergehende Verwendung der Prognosewerte werden durch das Gutachten weiterhin die einzelnen maßgebenden Verkehrsspinnen mit deren spezifischen Prognosewerten betrachtet, um die genaue Verteilung des Prognoseverkehrs darstellen zu können und daraus zusätzlich die Positionierung der Mautstellen ableiten zu können.

Tabelle 10: Mittlere Fahrtweiten der rekonstruierten Spinnen der A10 [DORFWIRTH, 1972]

Werte in Minuten		Frühjahrsprognose		Sommerprognose	
		F 1985	F 2000	S 1985	S 2000
Autobahn Zederhaustal	Freizeitverkehr	449	396	526	478
	Personenwirtschaftsverkehr	256	215	241	203
	Güterverkehr	376	330	289	258
	Gesamtverkehr	411	362	500	450
Autobahn Katschberg	Freizeitverkehr	449	401	513	472
	Personenwirtschaftsverkehr	264	228	224	202
	Güterverkehr	408	378	332	301
	Gesamtverkehr	421	379	493	450
Autobahn Paß Lueg	Freizeitverkehr	354	308		
	Personenwirtschaftsverkehr	151	131		
	Güterverkehr	325	244		
	Gesamtverkehr	314	260		
Autobahn Villach-West	Freizeitverkehr	345	329		
	Personenwirtschaftsverkehr	98	95		
	Güterverkehr	287	262		
	Gesamtverkehr	276	264		

Die Wertermittlung ist für die prognostizierten Jahre damit abgeschlossen. Die Prognosewerte stellen sich für die Jahre 1985 und 2000 für den Frühjahrs- und Sommerverkehr, wie in der folgenden grafischen Auswertung dargestellt, dar.

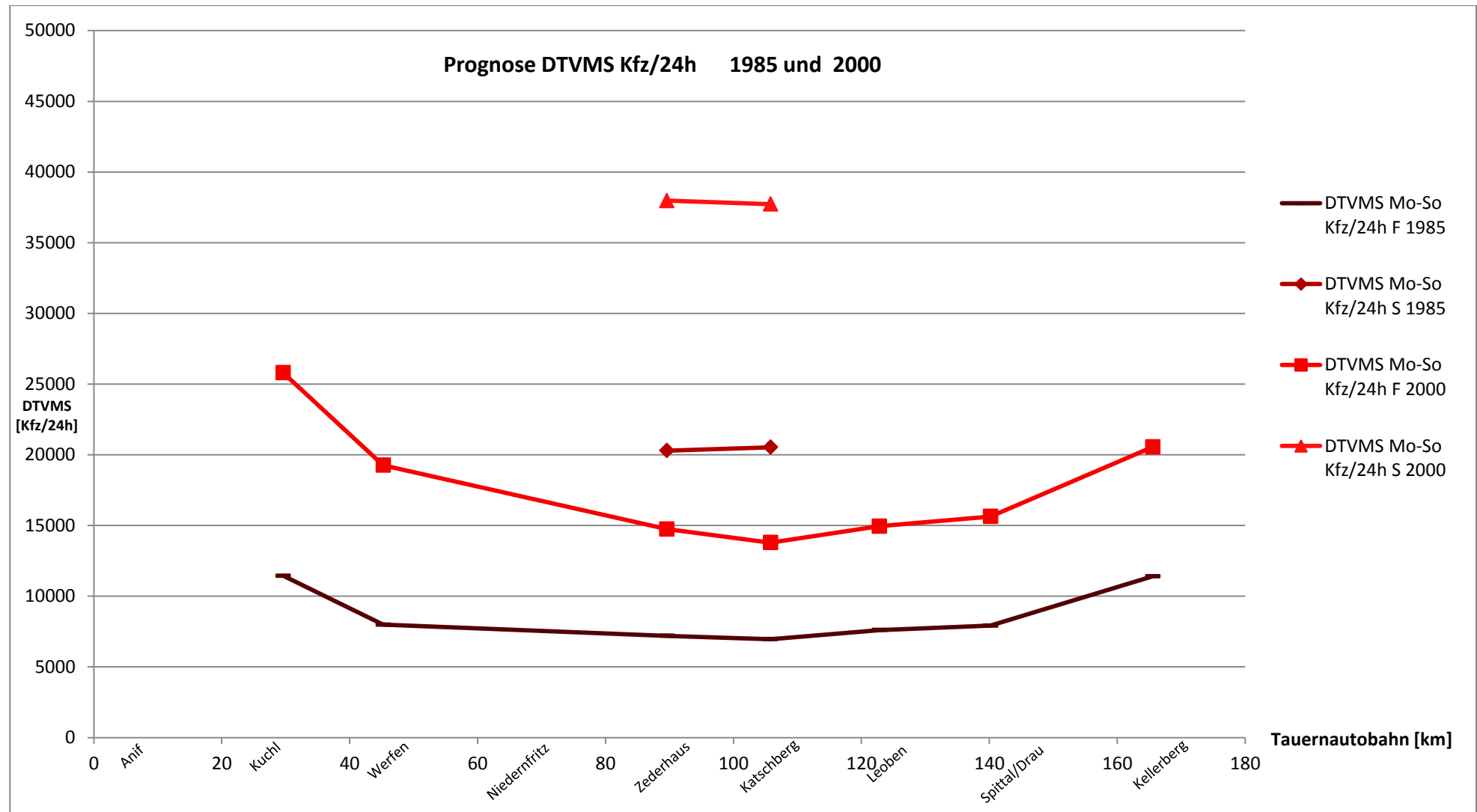


Abbildung 21: Prognosewerte zur A 10 – Tauernautobahn für die Jahre 1985 und 2000

In der grafischen Auswertung werden die Prognosewerte in einer anschaulichen Form über die gesamte Strecke der Tauernautobahn aufgetragen. Es wird erkennbar, dass beim Prognoseergebnis sowohl die Anfangs-, als auch die Endbereiche der Tauernautobahn höher frequentiert werden, als der alpenquerende Bereich. Ebenfalls wird erkennbar, dass die Verkehrssteigerung bis zum Jahre 2000 ebenfalls in den Randbereichen der Tauernautobahn höher ausfällt, als im alpenquerenden Bereich. Außerdem wird die erwartete, deutliche Steigerung der Frühjahrswerte, anhand der höheren Sommerwerte, -leider jedoch ausschließlich für den alpenquerenden Bereich- veranschaulicht. Besser wäre es für den späteren Vergleich der Prognosewerte mit den reellen Werten, wenn die prognostizierten Sommerverkehrswerte ebenso wie für den Frühjahrsverkehr für die gesamte Tauernautobahn und nicht ausschließlich für den alpenquerenden Verkehr zwischen den Dauerzählstellen Zederhaus und Katschbergtunnel erstellt worden wären. Dies wird bei der Auswertung zum Tragen kommen.

Die Prognosewerte werden im letzten Schritt des vorliegenden Gutachtens dazu verwendet, die Möglichkeiten der Positionierung notwendiger Mautstellen zu beleuchten.

3.2.6 Die Positionsbestimmung der Mautstellen

Für die Positionierung der Mautstellen werden in Anbetracht der genauen Eingangswerte aus der Prognoserechnung vier Möglichkeiten der Handhabung angeboten. Nebst der Möglichkeit der Positionierung von jeweils einer Mautstelle an den Punkten Zederhaustal und Katschberg für beide Richtungsfahrbahnen, wird noch die Variation dieser Möglichkeit mit nur jeweils einer Aufhaltung pro Richtungsfahrbahn dargelegt. Außerdem wird die Möglichkeit ins Auge gefasst, dass man nur eine Mautstelle bei St. Michael im Lungau anordnet mit der Variation, dass der auf – und abfahrende Verkehr der Anschlussstelle St. Michael im Lungau ebenfalls mit einer Maut belegt wird.

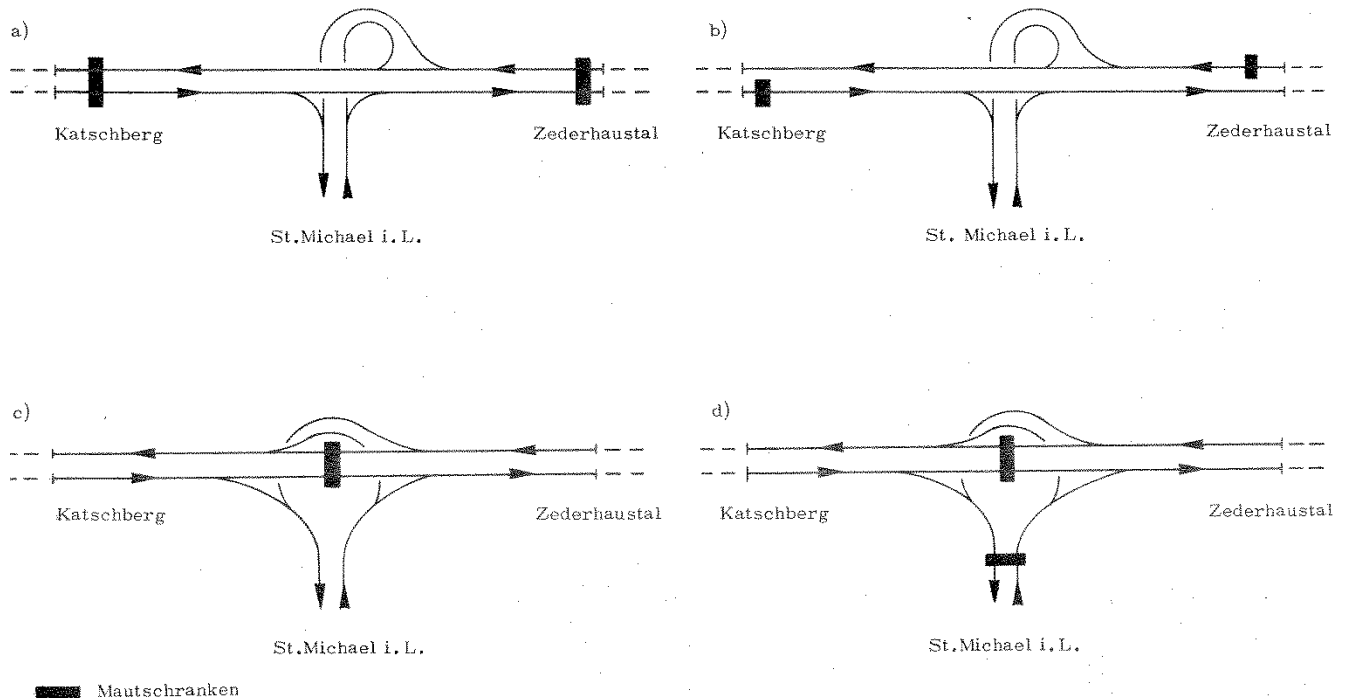


Abbildung 22: Beispielhafte Systemskizzen zur Mautstellenpositionierung [DORFWIRTH, 1972]

Für diese Varianten werden die unterschiedlichen wirtschaftlichen Faktoren, wie die Möglichkeit der Zusammenführung der Tunnelwartungsbelegschaft mit der Mautbelegschaft und andere Faktoren betrachtet. Ebenfalls wird auf den Fahrkomfort, auf die Psychologie der Mautvermeidung und auf

die politischen Aspekte der Bundesländer Rücksicht genommen. Es fällt dabei zudem ins Gewicht, wie viele Aufhaltungen aufgrund der Beschränkung des prognostischen Verkehrs notwendig sind, um die Maut erheben zu können.

Tabelle 11: Vergleich der Mautstellen [DORFWIRTH, 1972]

Zeile		Situierungsmöglichkeit			
		a	b	c	d
1	Erfasste PKW-E/Tag beim DTV 1985	21960	21116	20272	21960
2	Erfasste PKW-E/Tag beim DTV 2000	42318	40913	39509	42318
3	Anzahl der notwendigen Stops alpenquerender KFZ/Ri	2	1	1	1
4	Anzahl der Mautstellen	2	2	1	1
5	Angehaltene PKW-E/Tag 1985	43920	21116	20272	21960
6	Angehaltene PKW-E/Tag 2000	84636	40913	39509	42318

Rückblickend lässt sich bereits aufgrund dieser frühen Überlegung unter Bezugnahme der Prognoseverkehrswerte erkennen, dass die Möglichkeit a) aufgrund der hohen Zahl der Aufhaltungen nicht durchzusetzen ist. In Anbetracht der Wirtschaftlichkeit nur eines Standortes und der Notwendigkeit jeden Verkehrsteilnehmer mit einer Maut zu belegen, sind die Varianten b) und c) ebenfalls nicht zur Ausführung gekommen, wodurch sich die Variante d) der Mautstelle für beide Richtungsfahrbahnen an der AS St. Michael im Lungau - mit zusätzlicher halbiertem Maut für den auf- und abfahrenden Verkehr- durchgesetzt hat und heutzutage in dieser Form zu finden ist.



Abbildung 23: Mautstelle St. Michael im Lungau⁵

⁵<http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/55114197.jpg> Stand vom 21.12.2018

3.2.7 Schlussfolgerungen zur Prognose [DORFWIRTH, 1972]

Aus dem Verkehrsgutachten lassen sich nach Auffassung des Autors folgende Schlussfolgerungen aufgrund der prognostizierten Verkehrsmengen ableiten:

1. Der Tauernautobahn kommt große Bedeutung für den Fremdenverkehr beziehungsweise Tourismus zu, da sich bei genauer Aufschlüsselung der Verkehrsmengen für das Frühjahr 21 % Durchgangsverkehr, 32 % Quell- und Zielverkehr und 47 % Binnenverkehr ergeben. Für den Sommerverkehr ergeben sich hingegen 30 % Durchgangsverkehr, 31 % Quell- und Zielverkehr und 39 % Binnenverkehr. Die absolute tägliche Verkehrsmenge am Katschberg liegt für das Jahr 2000 bei 2 x 7371 [PKW-E/24h] im Frühjahr und 2 x 18.862 [PKW-E/24h] beispielhaft im Sommer, wobei an allen Scheitelstrecken der Freizeitverkehrsanteil im Frühjahr von 66 bis 70 % und im Sommer von 88 bis 90 % ausmacht. Dies deutet auf die hohe Bedeutung der Tauernautobahn für den Tourismus im In- und Ausland hin.
2. Für den Personen-Wirtschaftsverkehr hat die Tauernautobahn kaum Bedeutung, da der Anteil am Gesamtverkehr bis zum Jahr 2000 relativ konstant bleibt. Im Jahre 2000 beträgt er laut Prognose im Frühjahr von 30 bis 34 % und im Sommer 10 bis 12 %. Vor allem in Hinblick auf den Vergleich der Pässstrecken mit den Talstrecken wird deutlich, inwiefern der Personen-Freizeitverkehr das Verkehrsgeschehen auf den Pässstrecken dominiert, während die Talstrecken einen bis zu 140 % höheren Anteil an Personen-Wirtschaftsverkehr und bis zu 55 % höheren Anteil am Güterverkehr haben. Es liegt somit nahe, dass ein Pendelverkehr durch den Personen-Wirtschaftsverkehr über die Pässstrecken auch nach Bau der Tauernautobahn nicht wahrscheinlich ist.
3. Die große Bedeutung für die Wirtschaft wird dennoch aufgrund der geographischen Bereiche deutlich, die durch die Tauernautobahn verbunden werden. Die Einzugsgebiete der Tauernautobahn sind im Norden der Salzburger Zentralraum mit Bayern und im Süden der Kärntner Zentralraum mit Norditalien und dem ehemaligen Jugoslawien, beziehungsweise den heutigen Balkanländern. Die Autobahn erschließt für diese Einzugsgebiete das nördliche Voralpengebiet mit den Regionen des Salzachtales und des oberen Ennstales. Im südlichen Voralpengebiet verbindet sie das Drautal und den Kärntner Zentralraum.
4. Die Entlastung der übrigen Verkehrsadern wird anhand der ermittelten Zahlen verdeutlicht und in Hinblick darauf betont, dass durch den Bau der Tauernautobahn keine weiteren baulichen Maßnahmen im Bestand der Verkehrsbeziehungen für die Fassung der höheren Verkehrsströme durch die erhöhte Mobilität und den höheren Motorisierungsgrad notwendig wären. Die Benutzung der bestehenden Pässstraßen beispielsweise ist rechnerisch für den Katschberg auf einen täglichen Verkehr von 2 x 218 [PKW-E/24h] im Sommer 2000 gesunken, was nahezu ausschließlich den Ausflugsverkehr repräsentiert. Die vollständige Verlagerung des Durchgangsverkehrs auf die Tauernautobahn hat zur Folge, dass nur Quell- und Zielverkehr die umliegenden Verkehrsadern belastet.
5. In Hinblick auf die großen Verkehrsspitzen des Durchgangsverkehrs im Sommer ist für die Mauterhebung mit einer hohen Rentabilität zu rechnen. Es wird anhand der Dauerzählstelle Gmünd der durchschnittliche tägliche Verkehr für die Pässe Zederhaustal und Katschberg und die Anschlussstelle St. Michael im Lungau ermittelt. Die Werte liegen mit 20.785 [PKW-E/24h] deutlich über den Frühjahrswerten, da die Sommerspitzen extrem ausgeprägt sind. Für die Positionierung der Mautstellen wird erneut die Variante mit der gemeinsamen

Mautstelle bei St. Michael im Lungau postuliert, um die Rentabilität der Tauernautobahn zu steigern.

Damit schließt das Gutachten, beziehungsweise die Verkehrsprognose, zur Tauernautobahn des Prof. Dr. Dorfwirth der Technischen Hochschule Graz aus dem Jahre 1972 mit der Datenerhebung von 1968. Die Prognose enthält die notwendigen Fakten zur damaligen Zeit, welche für ein weiteres Vorgehen benötigt werden. Die Resultate der Berechnungen zeugen von den zu erwartenden Verkehrsströmen der näheren und fernerer Zukunft und deuteten darauf hin, dass dringender Handlungsbedarf bezüglich der Fertigstellung einer zusätzlichen Alpenquerung mit einem Autobahnquerschnitt als Nord- Süd- bzw. Nord-Ost-Verbindung erforderlich ist. Die Prognose ist demnach ursächlich dafür verantwortlich, dass die ausstehenden Investitionen für den Bau beziehungsweise die Fertigstellung der Tauernautobahn getätigt wurden, um die positiven volkswirtschaftlichen Auswirkungen, wie beispielsweise die verbesserten Fahrweiten und Fahrzeiten voll ausschöpfen zu können und die negativen Auswirkungen einer nicht getätigten Investition abzuwehren, die beispielsweise aufgrund des fehlenden -wirtschaftlich belastbaren- Anschluss des Bundeslands Kärnten an die übrigen Wirtschaftsräume entstanden wären. Die Prognose des Prof. Dr. Dorfwirth der Technischen Hochschule Graz hat somit durchwegs dazu beigetragen, die wirtschaftliche Situation in Österreich zu verbessern. Dabei zeigt sich wiederum deutlich die Verantwortung, die je nach Umfang und Betrachtungsraum der Prognose ungeahnte Ausmaße annehmen kann. Von allerhöchster Urgenz ist folgerichtig, dass die Zahlenwerte der Prognose sich in der Realität wiederfinden. Dies soll im folgenden Kapitel überprüft werden.

4 Vergleich der Prognosen mit den Verkehrszählungen

Zuvor wurde die Prognose zur A10-Tauernautobahn detailliert mit allen wissenschaftlichen Handlungsschritten, den einbezogenen Faktoren und den ermittelten Ergebnissen dargestellt. Es zeigt sich anhand der Vorgehensweise, dem Einbezug möglichst wenig fehlerbehafteter Faktoren in die Hochrechnung, der umfassend erhobenen Daten und der Fehlerkorrekturen, dass die Prognose nach allen gängigen Regeln der Wissenschaft erstellt worden ist. Da es sich allerdings um eine Prognose handelt, welche per se fehlerbehaftet sein kann, wird im Folgenden umfassend geprüft, inwiefern die prognostizierten Ereignisse eingetreten sind und wie sich die Annahmen der prognostizierenden Stelle bewahrheitet haben.

Dazu werden in einem ersten Schritt die erhobenen Verkehrsmengen der österreichischen Bundesfernstraßen analysiert, welche durch die ASFINAG an den Dauerzählstellen erhoben werden. Schließlich werden die bearbeiteten Verkehrswerte der A10-Tauernautobahn an den einzelnen Zählstellen mit den prognostizierten Verkehrsmengen verglichen.

4.1 Die Verkehrsentwicklung auf österreichischen Bundesfernstraßen

Der Individualverkehr ist in hohem Maße der demografischen Entwicklung der Bevölkerung geschuldet. [KUHLMANN, 1984] Um die genauen Zusammenhänge der Verkehrsentwicklung fassen zu können, ist es insbesondere in Hinblick auf österreichischen Bundesfernstraßen erforderlich, die Mobilitätsentwicklung nicht nur der österreichischen Bevölkerung, sondern vor allem die Entwicklung der Mobilität in den Nachbarländern, wie Slowenien, Deutschland, Italien und Kroatien zu betrachten. Insbesondere das Mobilitätsverlangen der Bevölkerung ist ursächlicher Gradmesser für die Verkehrsentwicklung, welche sich zum Beispiel aus dem Motorisierungsgrad ableiten lässt. Die gesamtwirtschaftlichen Zusammenhänge und die Faktoren wirtschaftlicher Entwicklung der einzelnen Regionen, sind linear abhängig.

Tabelle 12: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestands in Österreich [BMVIT, 2016]

Jahr	Kraftfahrzeuge							Sonstige Kfz 4)	insgesamt	Anhänger	Fahrzeuge insgesamt	
	Motor-fahräder 1)	Motorräder 2)	PKW Diesel Benzin	Kombi	Omni-busse	LKW 3) bis 3,5t über 3,5t bis 12t über 12t	Zug-maschinen					
1948 5)		98.918	34.382			1.927	35.869	11.702	2.985	185.781	13.642	199.423
1950 5)		139.035	51.314			3.269	43.870	17.763	3.648	258.899	25.528	284.427
1955 5)	81.878	301.569	143.099			4.263	62.682	55.939	5.406	654.836	43.727	698.563
1960 5)	384.164	304.089	404.042			4.815	74.414	125.718	13.867	1.311.109	55.389	1.366.498
1970	482.945	113.148	1.041.527	155.957		6.804	121.048	250.381	30.113	2.201.021	89.199	2.290.220
1980	483.137	90.967	1.621.811	625.139		8.890	183.724	333.396	37.338	3.384.492	194.425	3.578.917
1990	442.858	105.177	2.991.284			9.402	252.504	398.438	52.121	4.239.784	339.775	4.579.559
2000	352.984	279.728	4.097.145			9.918	328.784	442.949	71.936	5.581.444	535.794	6.117.238
2010	321.030	406.822	4.441.027			9.648	379.965	460.755	72.634	6.091.881	661.760	6.753.641
2011	318.350	425.079	4.513.421			9.602	390.704	465.039	73.012	6.195.207	679.002	6.874.209
			2.506.511 1.991.596				336.322 13.462 40.920					
2012	316.045	446.347	4.584.202			9.546	400.203	469.336	74.077	6.299.756	694.729	6.994.485
			2.570.124 1.994.839				346.397 13.077 40.729					
2013	309.530	466.807	4.641.308			9.579	408.560	473.968	75.039	6.384.791	710.563	7.095.354
			2.621.133 1.997.302				355.214 12.727 40.519					
2014	302.652	485.532	4.694.921			9.585	418.594	478.200	76.682	6.466.166	728.617	7.194.783
			2.663.063 2.004.724				365.686 12.235 40.673					

Außerdem ist die Entwicklung der einzelnen Wirtschaftsstandorte für die Verkehrszahlen entscheidend, da damit ebenfalls die Handelsbeziehungen zwischen den beteiligten Standorten und der damit verbundene Gütertransfer dargestellt werden. Dieser wird bisweilen durch Sonderzölle, bis hin zu Freihandelsabkommen, zusätzlich gestaltet, und beeinflusst damit unmittelbar die Verkehrsmenge auf den betrachteten Bundesfernstraßen.

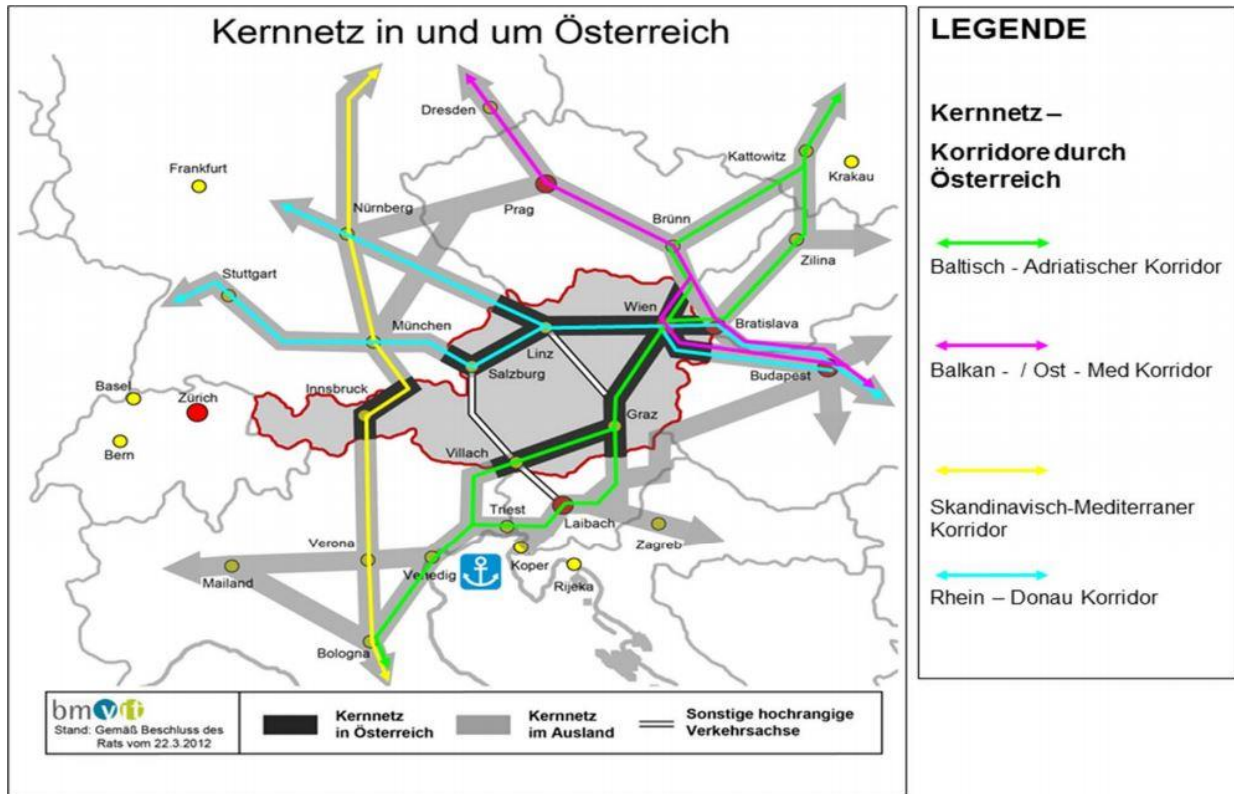


Abbildung 24: Transitverkehr in Österreich [BMVIT, 2018]

In Anbetracht dieses Zusammenhangs miteinander verknüpfter Faktoren, ergibt sich zusätzlich zur eigenen Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung das Verkehrsaufkommen für das „Transitland Österreich“ mit der Vielzahl seiner Nachbarländer.

Trotz der, in unregelmäßigen Abständen eintretenden, abschwächenden Ereignisse, wie beispielsweise Ölkrisen und Wirtschaftskrisen, oder gar tiefer einschneidenden Ereignisse, wie beispielsweise der Jugoslawienkrieg und andere politische Brennpunkte, ist sowohl der Motorisierungsgrad, als auch der Mobilitätsgrad der europäischen Bevölkerung stetig gestiegen. Als Haupttriebfeder für diese Entwicklung ist im Allgemeinen der Wohlstand der Bevölkerung, welcher den Großteil des Freizeitverkehrs bedingt, zu nennen. Zudem ist die steigende Flexibilität am Arbeitsmarkt, welche die Fahrtweiten der Pendler, beziehungsweise des Wirtschafts-Personenverkehrs, deutlich erhöht -zum Teil sogar grenzüberschreitend- ein entscheidender Faktor. Das Entfallen der Grenzhemmnisse für den motorisierten Individualverkehr, was zu zusätzlichen grenzüberschreitenden Einkaufsfahrten geführt hat sind ebenfalls für den stetigen Wachstum der Wirtschaft und der damit verbundenen Transfers von Wirtschaftsgütern von Bedeutung. Insbesondere wird dieser Effekt allerdings durch den Freihandel im vereinten Europa befeuert.

Dazu ist ebenfalls die Betrachtung der erneuten Grenzhemmnisse im Zuge der zeitweisen Wiedereinführung der Grenzkontrollen im Schengenraum seit Beginn des Jahres 2016 zu nennen, die sich in den automatisierten Verkehrszählungen in Form eines klar erkennbaren Rückgangs des grenzüberschreitenden Verkehrs auf den Bundesfernstraßen äußert.

4.2 Die Verkehrsentwicklung der Tauernautobahn

Die Verkehrsentwicklung der Tauernautobahn ist, in Hinblick auf die gesamtösterreichische Verkehrsentwicklung, wegen Ihrer Lage in besonderer Weise von den verkehrssteigernden Faktoren betroffen. Diese Entwicklung findet sich ebenfalls in der österreichischen Verkehrsentwicklung wieder.

Tabelle 13: Prozentuale Verkehrssteigerung in Österreich [BMVIT, 2018]

Jahre	Alle Tage DTV (%) 1)	Zeitbereiche		
		Werktage DTV _w (%) 2)	Feiertage DTV _s (%) 3)	Urlaubszeit DTV _u (%) 4)
1980/81	0,2	0,7	-1,2	0,4
1981/82	3,3	4,1	2,5	3,2
1982/83	3,9	4,9	4,6	2,6
1983/84	4,9	5,3	4,7	4,7
1984/85	3,7	4,6	2,9	3,5
1985/86	8,5	10,6	7,1	7,3
1986/87	8,9	6,2	8,1	11,3
1987/88	9,3	11,5	8,0	8,3
1988/89	8,7	10,4	6,6	8,0
1989/90	5,3	5,5	6,1	4,9
1990/91	3,4	6,3	3,3	0,7
1991/92	5,9	5,3	4,1	7,3
1992/93	2,5	2,1	0,2	3,4
1993/94	5,0	7,1	5,7	3,0
1994/95	3,0	2,5	1,9	4,3
1995/96	4,1	4,1	5,4	3,6
1996/97	2,2	3,5	0,1	1,9
1997/98	4,8	4,8	3,9	5,1
1998/99	3,8	4,7	2,8	3,0
1999/2000	3,3	4,0	2,2	4,1
2000/2001	2,3	2,2	3,3	2,2
2001/2002	3,5	3,6	3,3	2,9
2002/2003	2,5	2,4	2,0	3,0
2003/2004	1,6	1,4	0,7	2,2
2004/2005	0,9	1,7	1,2	0,2
2005/2006	2,7	3,3	-0,2	3,5
2006/2007	3,0	2,7	3,8	3,0
2007/2008	2,0	-	-	-
2008/2009	-1,3	-2,2	0,6	-1,3
2009/2010	1,5	2,3	-1,0	1,2
2010/2011	1,9	2,0	2,1	3,1
2011/2012	0,4	-0,2	0,3	-0,6
2012/2013	2,1	1,3	2,0	4,0
2013/2014	3,6	3,7	3,6	3,9
2014/2015	3,3	2,9	3,3	4,1
2015/2016	3,7	4,0	3,1	3,7

Seit Beginn der letzten Finanzkrise, deren Auswirkungen immer noch bis zum heutigen Tage reichen, ist besonders im Zeitraum 2008/2009 ein starker Rückgang der Wirtschaftsleistung unter anderem aufgrund der strukturellen Unsicherheit zu verzeichnen. Diese ungebremsste Rezession war der Fall, bevor die Staatengemeinschaft -angetrieben von den Exportforderungen der global vernetzten Partnerländer- mittels der Null-Zins-Politik ein Marktwachstum ausgelöst hat, um die Auswirkungen der Wirtschaftskrise zu verringern, beziehungsweise über einen längeren Zeitraum abzufedern. Die Wirtschaftskrise hatte und hat dennoch weiterhin negative Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten in österreichischen Verkehrsnetzen. Ebenfalls der zweite, kleinere Einbruch der Finanzmärkte im Jahre 2011/2012 ist in vorhergehender Tabelle an den DTV der Jahre 2011/2012 erkennbar. Die Effekte der Marktbeschleunigung lassen sich aufgrund der engen Vernetzung von Wirtschaft und Verkehr nachvollziehen. Unabhängig von derlei Extremereignissen steht jedoch fest, dass der Trend einer ungebremssten Verkehrssteigerung gleichbleibend über die Jahre voranschreitet, da das Mobilitätsverlangen der Bevölkerung und damit auch der Motorisierungsgrad weiterhin stetig steigen.

Dies zeigt sich ebenfalls an den folgenden grafischen Auswertungen der aktuellen und vergangenen Verkehrszahlen der A 10 Tauernautobahn. Der betrachtete Zeitraum der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 lässt einen solchen Schluss zu. Denn die Verkehrszahlen steigen relativ regelmäßig von Jahr zu Jahr. Nur im Bereich des Güterverkehrs sind manche Verkehrsbeziehungen in wenigen Jahren rückläufig gewesen, weswegen der Mittelwert bei diesen Zählstellen negativ ausfällt.

Tabelle 14: A 10 Verkehrssteigerungen i.M. der Jahre 2008 bis 2017

	Anif	Puch b. Hallein	Hallein	Kuchl	Ofen. Tunnel
Kfz	1,86%	2,53%	1,41%	1,33%	2,11%
Kfz > 3,5t hzG	0,02%	1,96%	0,28%	-0,31%	0,52%
Kfz <= 3,5t hzG	2,08%	2,60%	1,51%	1,55%	2,34%

	Tenneck	Werfen	Reitsam	Niedernfritz	Eben i. Pongau
Kfz	2,46%	1,43%	2,95%	1,19%	2,74%
Kfz > 3,5t hzG	-0,16%	0,53%	3,46%	0,62%	0,64%
Kfz <= 3,5t hzG	2,84%	1,57%	2,84%	1,65%	3,16%

	Flachau	Zederhaus	Leoben	Spittal a.d.Drau	Kellerberg
Kfz	0,71%	3,48%	3,63%	4,12%	3,23%
Kfz > 3,5t hzG	1,68%	1,68%	1,73%	2,54%	3,35%
Kfz <= 3,5t hzG	0,93%	3,90%	4,03%	3,87%	3,21%

Die Verkehrszahlen lassen den Schluss zu, dass die Steigerung gerade im alpenquerenden Segment der A 10 Tauernautobahn hohe Steigerungsraten von über 3 % aufweist. Bei einem betrachteten Zeitraum von zehn Jahren ist der Trend hinsichtlich des Wirtschaftswachstums in Europa vielversprechend. In den vier folgenden grafischen Auswertungen lässt sich die Verkehrsentwicklung der A 10 Tauernautobahn in einer Gesamtübersicht und in detaillierten Auszügen gut nachvollziehen. Zum einen wird die Gesamtverkehrsentwicklung der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 streckenabhängig veranschaulicht. Zum anderen wird die Bedeutung der Saison auf der Tauernautobahn, anhand der monatlichen Verkehrszahlen des Jahres 2017, streckenabhängig dargestellt. Zudem werden Saison und Trend am Beispiel der Dauerzählstelle Zederhaus aufgezeigt. Letztendlich wird der Trend der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 an der Dauerzählstelle Zederhaus mit Unterscheidung der Verkehrsarten grafisch ausgewertet.

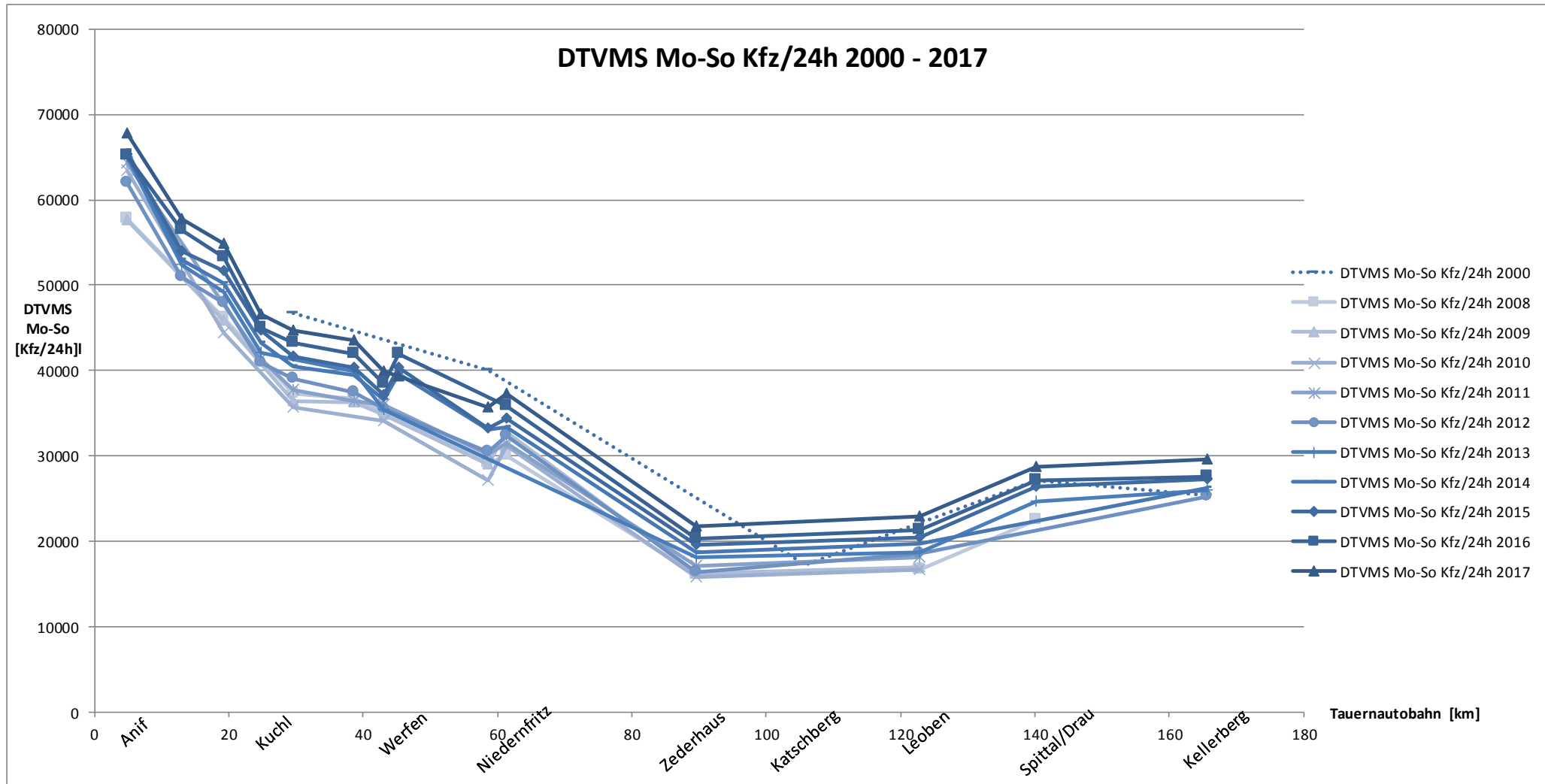


Abbildung 25: Verkehrsentwicklung der Jahre 2000 bis 2017 auf der A10 – Tauernautobahn

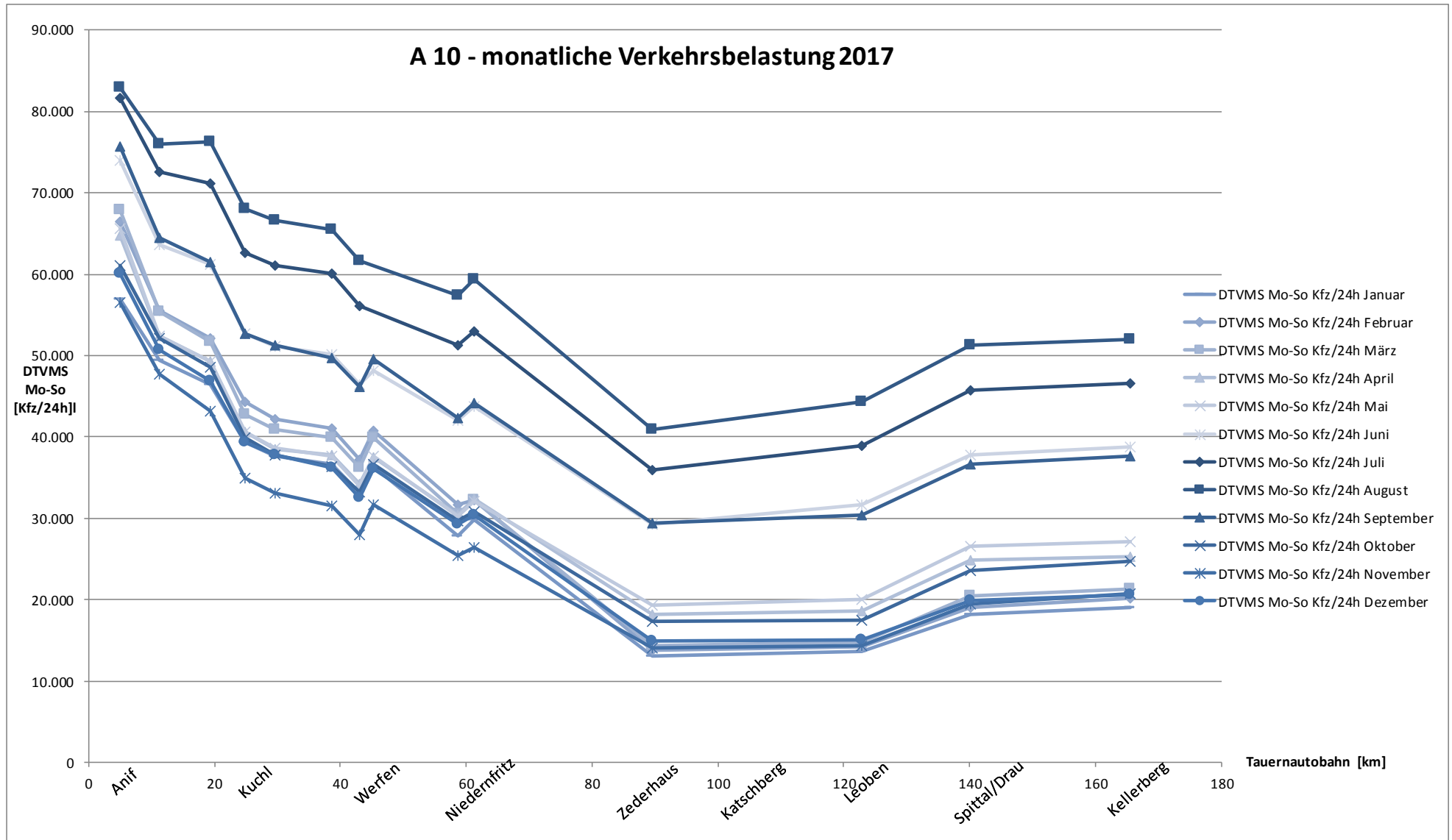


Abbildung 26: Monatliche Gesamtverkehrsentwicklung des Jahres 2017 auf der A10

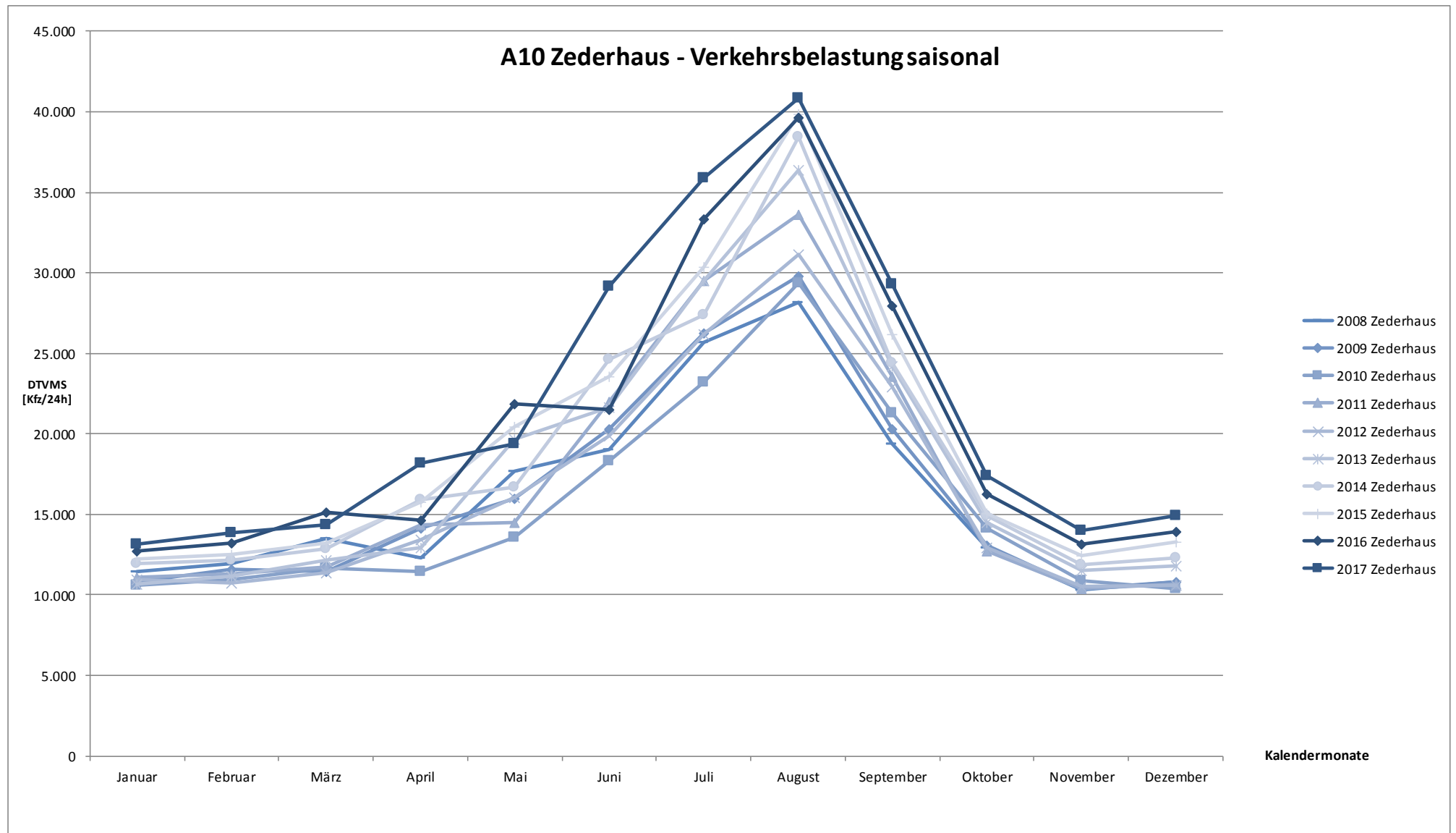


Abbildung 27: Monatliche Verkehrsentwicklung A10-Zederhaus der Jahre 2008 bis 2017

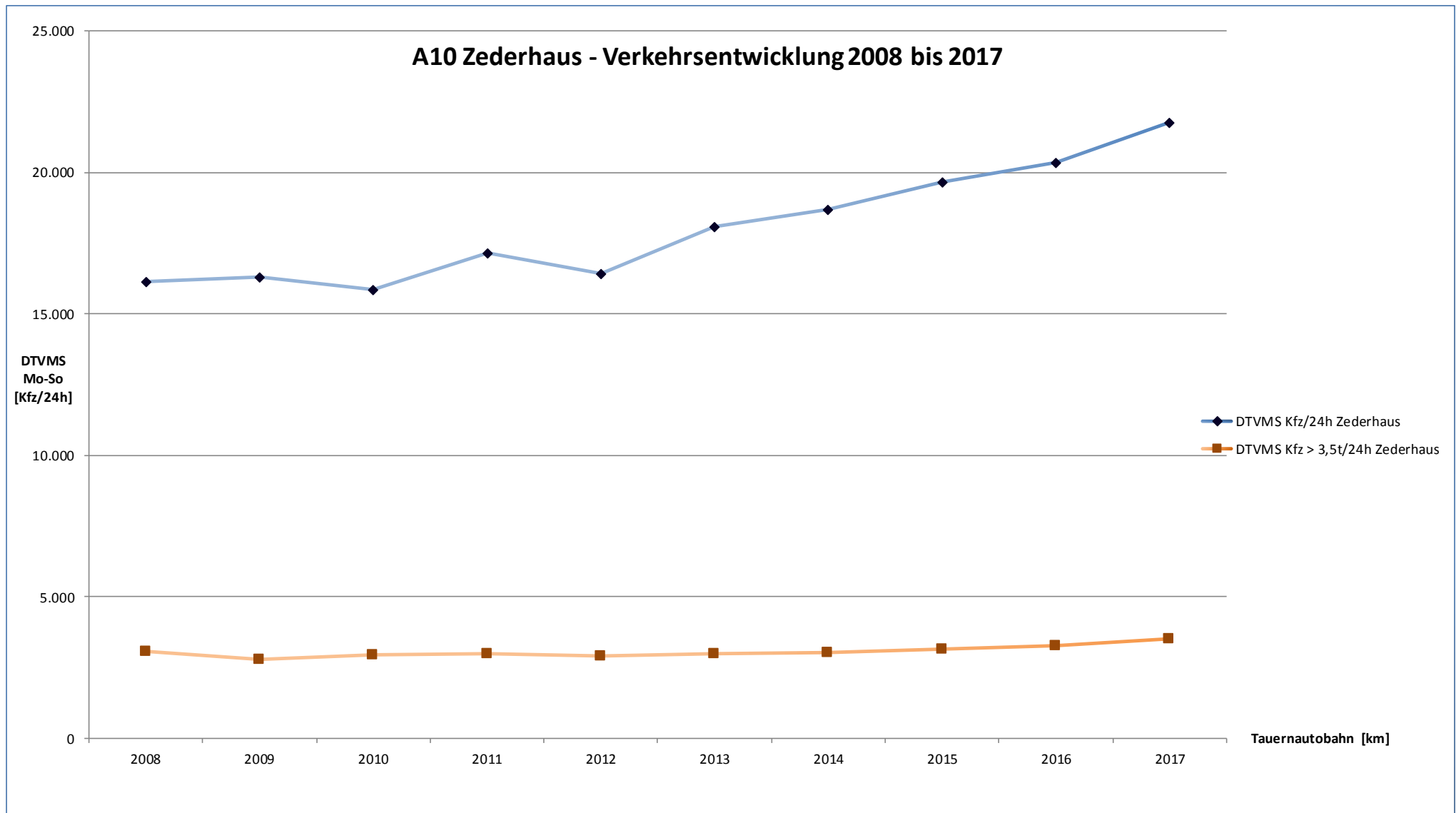


Abbildung 28: Jährliche Verkehrsentwicklung A10-Zederhaus mit GV der Jahre 2008 bis 2017

Allgemein wird aus diesen grafischen Auswertungen der aktuellen und zurückliegenden Datensätze der Verkehrszählungen ersichtlich, dass das Verkehrsaufkommen auf der A 10 Tauernautobahn stetig steigt, vor allem im alpenquerenden Bereich. Das höchste Verkehrsaufkommen gibt es aufgrund der Wirtschaftsstärke und der Grenznahe insbesondere im Land Salzburg, wo Höchstwerte im durchschnittlichen täglichen Verkehr die Höchstmarke von über 80.000 [Kfz/24h] für beide Richtungsfahrbahnen im Jahre 2017 erreichen. Deutlich niedriger liegen die Absolutwerte im alpenquerenden Segment der Tauernautobahn. Dort liegen die Höchstwerte im Jahre 2017 bei circa 40.000 [Kfz/24h] für beide Richtungsfahrbahnen. Allerdings ist bei diesem Wert zu beachten, dass die saisonalen Schwankungen, welche vor allem dem Freizeitverkehr geschuldet sind, deutlich über dem Durchschnittswert liegen, was sich bei eingehender Betrachtung der monatlichen Verkehrsentwicklungen des Jahres 2017 nachvollziehbar ist. Die Verkehrsverteilung auf der gesamten Strecke bleibt im grafischen Funktionsverlauf sehr ähnlich, allerdings steigt diese zur Hauptreisezeit von Mai bis September im Vergleich zur verkehrsschwachen Saison von Oktober bis April deutlich an.

Tabelle 15: Gesamtsteigerungsfaktoren DTV Frühjahr - Sommer der Jahre 2008 - 2017

	Faktor Frühjahr Sommer 2008	Faktor Frühjahr Sommer 2009	Faktor Frühjahr Sommer 2010	Faktor Frühjahr Sommer 2011	Faktor Frühjahr Sommer 2012
4,925 Anif	1,42	1,42	1,42	1,46	1,43
11,270 ASt Puch/Urstein					1,67
19,350 Hallein	1,69	1,61	1,66	1,76	1,75
24,850 Kuchl				1,11	1,98
29,605 OfenauerTunnel	1,89	1,86	1,61	1,87	1,77
38,640 Tenneck	1,94	1,98	1,96	1,90	2,04
43,100 Werfen	1,94	2,00	1,90	1,84	2,04
45,250 Reitsam					
58,650 Niedernfritz	2,13	2,12	1,76	2,07	2,27
61,300 Eben Im Pongau	2,06	2,42	1,98	2,09	2,24
89,580 Zederhaus	2,74	2,86	2,84	3,24	2,95
105,8 Katschberg					
122,830 Leoben	2,89	3,10	2,90	3,04	3,31
140,2 Spittal/Drau	2,49	2,88	1,49		1,99
165,590 Kellerberg					2,54

	Faktor Frühjahr Sommer 2013	Faktor Frühjahr Sommer 2014	Faktor Frühjahr Sommer 2015	Faktor Frühjahr Sommer 2016	Faktor Frühjahr Sommer 2017
4,925 Anif	1,45	1,43	1,65	1,40	1,47
11,270 ASt Puch/Urstein	1,72	1,71	1,71	1,63	1,59
19,350 Hallein	1,82	1,85	1,82	1,78	1,76
24,850 Kuchl	2,07	2,02	2,01	1,97	1,94
29,605 OfenauerTunnel	2,12	2,14	2,10	2,05	2,01
38,640 Tenneck	1,95	2,20	2,16	2,11	2,08
43,100 Werfen	2,28	2,20	2,25	2,20	2,21
45,250 Reitsam	1,58	2,23	2,18	2,14	1,57
58,650 Niedernfritz	2,45	2,50	2,40	1,40	2,25
61,300 Eben Im Pongau	1,68	2,40	2,29	2,29	2,25
89,580 Zederhaus	3,40	3,25	3,27	3,11	3,11
105,8 Katschberg					
122,830 Leoben	3,38	3,64	3,46	2,27	3,24
140,2 Spittal/Drau	2,96	1,99	2,96	2,83	2,82
165,590 Kellerberg	2,76	2,73	2,81	2,74	2,74

Beispielsweise erhöht sich die Verkehrsstärke im Sommer des Jahres 2017 im Vergleich zum Frühjahrsverkehr an den Dauerzählstellen um einen Faktor von 1,47 bei Anif, von 2,08 bei Werfen, von 3,11 bei Zederhaus, von 3,24 bei Leoben, bevor er wieder bei Kellerberg auf 2,74 sinkt. Da die Ergebnisse der Verkehrszählungen in Mittelwerten angegeben werden, ist der Faktor des Mittelwertes auf den Sommer- bzw. Maximalwert zur Auswertung zu ermitteln. Die Ergebnisse sind anschaulich in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 16: Gesamtsteigerungsfaktoren DTV Jahreswert – Maximum der Jahre 2008 - 2017

	Faktor Jahreswert Maximum 2008	Faktor Jahreswert Maximum 2009	Faktor Jahreswert Maximum 2010	Faktor Jahreswert Maximum 2011	Faktor Jahreswert Maximum 2012
4,925 Anif	1,21	1,25	1,25	1,26	1,26
11,270 ASt Puch/Urstein					1,36
19,350 Hallein	1,32	1,28	1,33	1,42	1,41
24,850 Kuchl				1,05	1,49
29,605 OfenauerTunnel	1,38	1,41	1,32	1,47	1,42
38,640 Tenneck	1,40	1,46	1,46	1,46	1,52
43,100 Werfen	1,40	1,46	1,47	1,41	1,50
45,250 Reitsam			1,41		
58,650 Niedernfritz	1,49	1,53	1,41	1,55	1,62
61,300 Eben Im Pongau	1,46	1,65	1,90	1,54	1,57
89,580 Zederhaus	1,75	1,83		1,96	1,90
105,8 Katschberg					
122,830 Leoben	1,79	1,92	1,87	1,92	1,99
140,2 Spittal/Drau	1,70	1,76	1,27		1,54
165,590 Kellerberg					1,75

	Faktor Jahreswert Maximum 2013	Faktor Jahreswert Maximum 2014	Faktor Jahreswert Maximum 2015	Faktor Jahreswert Maximum 2016	Faktor Jahreswert Maximum 2017
4,925 Anif	1,26	1,26	1,30	1,22	1,22
11,270 ASt Puch/Urstein	1,39	1,40	1,40	1,33	1,32
19,350 Hallein	1,42	1,45	1,46	1,42	1,39
24,850 Kuchl	1,54	1,54	1,53	1,40	1,46
29,605 OfenauerTunnel	1,51	1,57	1,57	1,52	1,49
38,640 Tenneck	1,52	1,59	1,59	1,54	1,50
43,100 Werfen	1,57	1,59	1,62	1,57	1,55
45,250 Reitsam	1,29	1,60	1,60	1,55	1,26
58,650 Niedernfritz	1,56	1,66	1,71	1,17	1,61
61,300 Eben Im Pongau	1,32	1,68	1,66	1,64	1,59
89,580 Zederhaus	2,02	2,06	2,04	1,96	1,88
105,8 Katschberg					
122,830 Leoben	2,03	2,12	2,11	1,60	1,94
140,2 Spittal/Drau	1,90	1,55	1,86	1,86	1,79
165,590 Kellerberg	1,84	1,87	1,87	1,84	1,76

Es zeigt sich, dass der Jahresdurchschnittswert beispielsweise des Jahres 2017 bei Anif zur Hauptreisezeit mit einem Faktor 1,22 zu beaufschlagt ist, um die täglichen Verkehrsströme des Augusts im Jahre 2017 zu erhalten. Selbiges ist bei den Dauerzählstellen Zederhaus mit einem Faktor von 1,88 und bei Kellerberg mit einem Faktor von 1,76 durchzuführen um die maximalen

monatlichen Verkehrsströme des Augusts im Jahre 2017 zu reproduzieren. Es verdeutlicht sich somit, dass zum einen das Gesamtverkehrsaufkommen jährlich größer wird und zum anderen die saisonalen Schwankungen erheblich auf das Verkehrsaufkommen wirken.

Am Beispiel der Zählstelle Zederhaus lässt sich die saisonale Verkehrsentwicklung der letzten Jahre genau ablesen. Abgesehen davon, dass die angesprochenen saisonalen Unterschiede aufgezeigt werden und die Abgrenzung der Hauptreisezeit von Mai bis September sich eindeutig abzeichnet, kristallisiert sich ebenso heraus, dass das Gesamtverkehrsaufkommen deutlich zunimmt und sich diese Entwicklung im Jahre 2018 sogar verstärkt zeigen wird. Möglicherweise wird diese Entwicklung jedoch mit der Wiedereinführung der Grenzkontrollen im Schengenraum gebremst.

Tabelle 17: Zederhaus - Verkehrssteigerungen der Jahre 2008 bis 2017

		2008	2009	2010	2011	2012
Verkehrszählung DTV	Kfz	16.144	16.294	15.868	17.163	16.423
	Kfz > 3,5t hzG	3.058	2.768	2.933	3.000	2.891
	Kfz <= 3,5t hzG	13.086	13.526	12.935	14.163	13.531
proz. Steigerung zum Vorjahr	Kfz	-	0,93%	-2,61%	8,16%	-4,31%
	Kfz > 3,5t hzG	-	-9,48%	5,96%	2,29%	-3,62%
	Kfz <= 3,5t hzG	-	3,36%	-4,37%	9,49%	-4,46%

		2013	2014	2015	2016	2017
Verkehrszählung DTV	Kfz	18.083	18.688	19.638	20.335	21.769
	Kfz > 3,5t hzG	2.963	3.039	3.158	3.272	3.515
	Kfz <= 3,5t hzG	15.120	15.648	16.481	17.062	18.254
proz. Steigerung zum Vorjahr	Kfz	10,11%	3,35%	5,08%	3,55%	7,05%
	Kfz > 3,5t hzG	2,49%	2,57%	3,90%	3,63%	7,41%
	Kfz <= 3,5t hzG	11,74%	3,49%	5,32%	3,53%	6,99%

Zudem sind anhand der Betrachtung der jährlichen Verkehrsentwicklung an der Dauerzählstelle Zederhaus drei Erkenntnisse klar abzugrenzen.

Zum einen sind die Auswirkungen der zuvor erwähnten einschlägigen Ereignisse der letzten Wirtschaftskrise von 2008/2009 und der Spätausläufer von 2011 anhand der grafischen Aufarbeitung und den Tabellenwerten zu erkennen. Das Verkehrsaufkommen zeigt negative Aspekte im gesamtwirtschaftlichen Gefüge besonders sensibel auf. Gut zu sehen ist dies am Rückgang des Güterverkehrs im Jahre 2009 von über 9 %. Ebenfalls ist die -bereits eingangs erwähnte- Befuerung des Marktes über die Null-Zins-Politik anhand der Wachstumszahlen der vergangenen Jahre, ebenfalls in Relation mit den Veränderungen früherer Jahre, festzustellen.

Anhand der grafischen Auswertung ist ein weitreichender Trend zur Verkehrssteigerung abzusehen, welcher sogar über einer linearen Entwicklung liegt.

Schließlich ergibt sich, dass das absolute Schwerverkehrsaufkommen der letzten Jahre Schwankungen unterworfen ist, der Mittelwert jedoch relativ stabil ist. Dies hat bei gleichbleibender Entwicklung langfristig zur Folge, dass der Schwerverkehrsanteil im Zuge der weiteren Gesamtverkehrssteigerung abnimmt, was hinsichtlich des Wirtschaftswachstums in Österreich und in der gesamten Eurozone nur mit einer steigenden Verlagerung des Schwerverkehrs auf andere Infrastrukturnetze erklärbar ist.

Da die Auswertung der reinen Verkehrszählungen bereits einen Erkenntnisgewinn mit sich bringt, steht nachfolgend der Vergleich der Prognosewerte mit den realen Werten an.

4.3 Vergleich Prognose - Realität

Der Vergleich der aufbereiteten Verkehrszählungswerte mit den Werten aus der Prognose von 1972 gestaltet sich gerade für die Prognosewerte des Jahres 1985 als ungemein schwierig. Aufgrund der zum Teil mangelhaften Datenlage des Autobahnbetreibers, insbesondere bezüglich der historischen Daten, ist der Vergleich der Prognose mit den Messungen, beziehungsweise Verkehrszählungen, nur punktuell oder eingeschränkt möglich. Die Datenlage des Autobahnbetreibers ist für das Jahr 2000 aufgrund der bereits zum Teil verwendeten Digitalisierung der Verkehrszählungen zumindest vorhanden, wenn auch bereichsweise mangelhaft. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass Messfehler beziehungsweise Systemausfälle in der digitalen Erfassung häufiger waren und weniger schnell behoben wurden.

Bei Durchsicht der erhobenen Datensätze zur A10 Tauernautobahn und Auswertung der aktuellen und einige Jahre zurückliegenden Verkehrszählungen lässt sich erkennen, dass die Fehlerhäufigkeit in den Ergebnissen abnimmt, die Betreuung der Dauerzählstellen und die Programmstabilität für die Verkehrszählungen sichtbar zugenommen hat. Ebenfalls wurde die Messstellendichte deutlich erhöht, was eine genaue Darstellung und Auswertung der Verkehrsflüsse ermöglicht und ein belastbareres Ergebnis zur Folge hat. Im Vergleich der vorliegenden Datensätze mit den Prognosewerten für die Jahre 1985 und 2000 profitiert man allerdings nicht von diesem Trend. Besonders bei der Umstellung auf die digitalen Speichermedien wurden die zurückliegenden Daten der Verkehrszählungen nicht übertragen und sind nicht mehr vorhanden. Trotz intensiver Recherche sind laut Autobahnbetreiber die Datensätze vor der Digitalisierung nicht existent und stehen demnach für die Auswertung des Vergleichs der Prognose mit der Realität nicht zur Verfügung⁶. Zudem wurden deutlich weniger Zählstellen betrieben, als für die aktuellen Verkehrszählung verwendet werden können, was die detaillierte Betrachtung der Verkehrsströme nur eingeschränkt zulässt. Beispielsweise wurde die Verkehrszählung des alpenquerenden Verkehrs ausschließlich im Katschbergtunnel erhoben. Bei Betrachtung der vorhergehenden Dauerzählstellen (Niedernfritz und Spittal an der Drau) und deren Verkehrsströme lässt sich jedoch bereits erahnen, dass ein großer Teil des Verkehrs die eingeschränkt wirtschaftlichere aber touristisch attraktivere Route über den Tauern- und Katschbergpass gewählt haben könnte.

Um diese Effekte abzumildern werden zusätzliche Rechenschritte benötigt, um einen aussagekräftigen Vergleich der Prognosewerte mit den realen Werten zu ermöglichen. Zum einen sind die Prognosewerte ausschließlich für den Frühjahrsverkehr für die gesamte Länge der Tauernautobahn dargestellt. Die Werte für den Sommerverkehr sind nur für den Bereich Zederhaus und Leoben vorhanden. Um die Vergleichbarkeit aber ebenfalls im Jahresmittel erreichen zu können, ist die Hochrechnung der Frühjahrswerte auf die Sommerwerte erforderlich. Dies kann über die Faktoren der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 erfolgen. Über diese Zeitspanne sind die Steigerungswerte bereits solide und über den Betrachtungszeitraum nahezu statisch. Durch die Anpassung der Prognosewerte über die realen Faktoren lässt sich eine hohe Genauigkeit generieren, welche den Vergleich der Prognosewerte mit den realen Werten besonders aussagekräftig gestaltet. Zum anderen sind die Verkehrszählungsdatensätze nicht in Reinform für den Vergleich heranzuziehen. Dies wird am Datensatz des Jahres 2000 in folgender Grafik veranschaulicht.

⁶ Schriftverkehr des Autors mit der Betreibergesellschaft von 2014 bis 2016

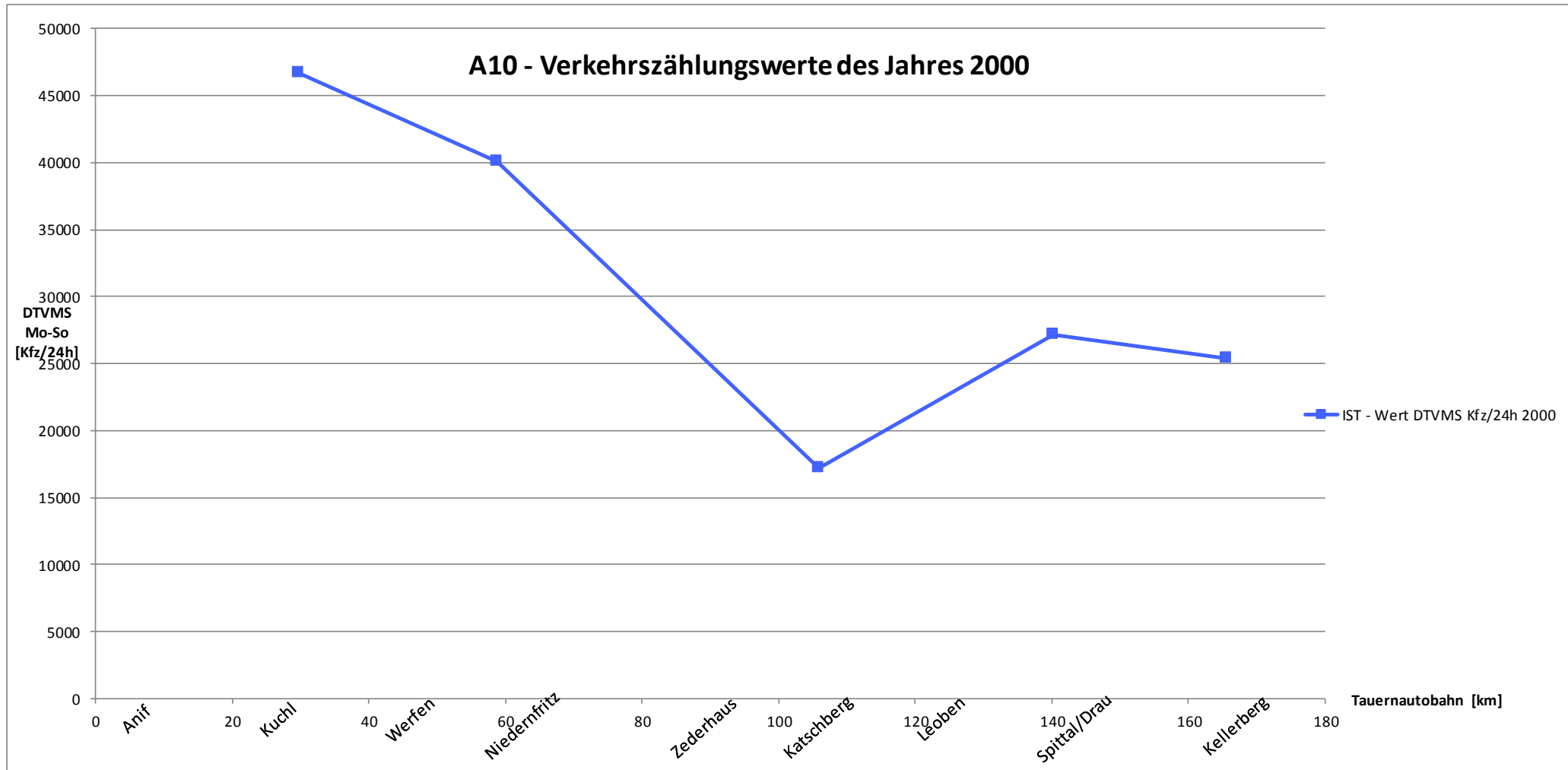


Abbildung 29: Verkehrszählungswerte des Jahres 2000 [ASFINAG]

Die Verkehrszählungen des Jahres 2000 sind in vorliegender Beschaffenheit nicht verwendbar, da die Plausibilitätsprüfung der Werte in Relation zu den Ergebnissen aus dem Betrachtungszeitraum 2008 bis einschließlich 2017 keine Übereinstimmung zeigt. Die Werte der Verkehrszählungen der Jahres 2000 sind möglicherweise fehlerhaft, da die Steigerungsraten der jährlichen Verkehrsströme relativ gleichbleibend sind und der Trend nur eine Richtung, und zwar die ungebremste Steigerung auf immer neue Rekordhöhen, kennt. Dadurch liegt es auf der Hand, dass Zählwerte aus dem Jahre 2000 nicht über den aktuellen Werten liegen können, sondern vielmehr deutlich darunter liegen müssen. Bei eingehender Betrachtung müssten die Werte des Jahres 2000 circa 20 Prozent unter den Werten der Dauerzählstellen von 2010 liegen.

Bei eingehender Betrachtung der vorhandenen Datensätze und der Prognosewerte ist eine eindeutige Tendenz herauszuarbeiten, welche anstelle der Messwerte den Vergleich der Prognose mit der Realität für das Jahr 2000 auf der A 10 Tauernautobahn ermöglicht. Bevor der Vergleich der Parameter erfolgen kann, sind jedoch die Nebenrechnungen durchzuführen, um belastbare Ergebnisse beim Vergleich der der Prognose mit der Realität erzielen zu können.

4.3.1 Berechnung der Prognosewerte für den Sommerverkehr

Die Prognoseergebnisse bilden eine Vielzahl von Ebenen des Informationsgewinns ab. Diese Werte werden allerdings für die detaillierte Auswertung auf einzelne Teilbereiche heruntergebrochen. Für eine übersichtlichere Darstellung der gewonnenen Werte, insbesondere für jene des Sommerverkehrs, ist es erforderlich, die Faktoren des Verhältniswertes des Frühjahrverkehrs zum Sommerverkehr zu berechnen. Der Faktor ist das Verhältnis des Minimums zum Maximum jedes Jahres. Somit ist es möglich, die fehlenden Werte der Prognose zum Sommerverkehr über die punktuelle Prognose -des rein alpenquerenden Sommerverkehrs- hinaus zu berechnen und nachzutragen, da die Prognose andernfalls die mögliche Realität nur in einem sehr eingeschränkten Maße abbildet. Zur Ermittlung der saisonalen Faktoren wird eine Betrachtung der Faktoren über einen Zeitraum von 10 Jahren als hinreichend angesehen. Die Faktoren des Betrachtungszeitraumes der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 wurden aus dem Quotienten der jährlichen Minimal- und Maximalwerte gebildet und im vorgehenden Kapitel bereits tabellarisch aufgezeigt. Auf eine stärkere Gewichtung der näher liegenden Werte wird aufgrund der dargelegten Zusammenhänge aus der vergangenen Wirtschaftskrise verzichtet, da diese Effekte überproportional in die berechneten Ergebnisse einfließen würden. Über die Faktoren ist nun die Berechnung aller Prognosewerte für den Sommerverkehr möglich.

Es zeigt sich deutlich, dass der Faktor aus Frühjahrverkehr und Sommerverkehr wenigen Schwankungen unterworfen ist. Die ermittelten Faktoren werden in einem weiteren Schritt dafür verwandt, die prognostizierten Werte der Frühjahrverkehrs realitätsgetreu auf den Sommerverkehr zu adaptieren. Die Faktoren resultieren aus den Betrachtungen der einzelnen Zählstellen und bilden deshalb die Tauernautobahn in Gänze punktuell ab. Werden die prognostizierten Werte des Frühjahrverkehrs mit dem Faktor multipliziert, welcher aus dem Verhältnis des Minimums und des Maximums der monatlichen Verkehrsaufkommen über das Jahr hervorgeht, erhält man die hochgerechneten Prognosewerte für den Sommerverkehr. Die eigentlichen Maxima und Minima, also die täglichen Extremwerte, werden dabei im Zuge der Glättung über die monatlichen Mittelwerte bereits im Vorfeld zur Hochrechnung der prognostischen Frühjahrswerte berücksichtigt. Deshalb sind die ermittelten Werte für den Sommerverkehr nicht als oberstes Maximum, sondern als realistische Einschätzung zu verstehen. Dies zeigt sich ebenfalls daran, dass die bereits berechneten Prognosewerte für den Sommerverkehr im Bereichs Zederhaus und Katschberg [DORFWIRTH, 1972] der Tauernautobahn den Werten der Hochrechnung sehr ähnlich sind.

Die Ergebnisse werden in den folgenden zwei Grafiken für die Jahre 1985 und 2000 dargelegt.

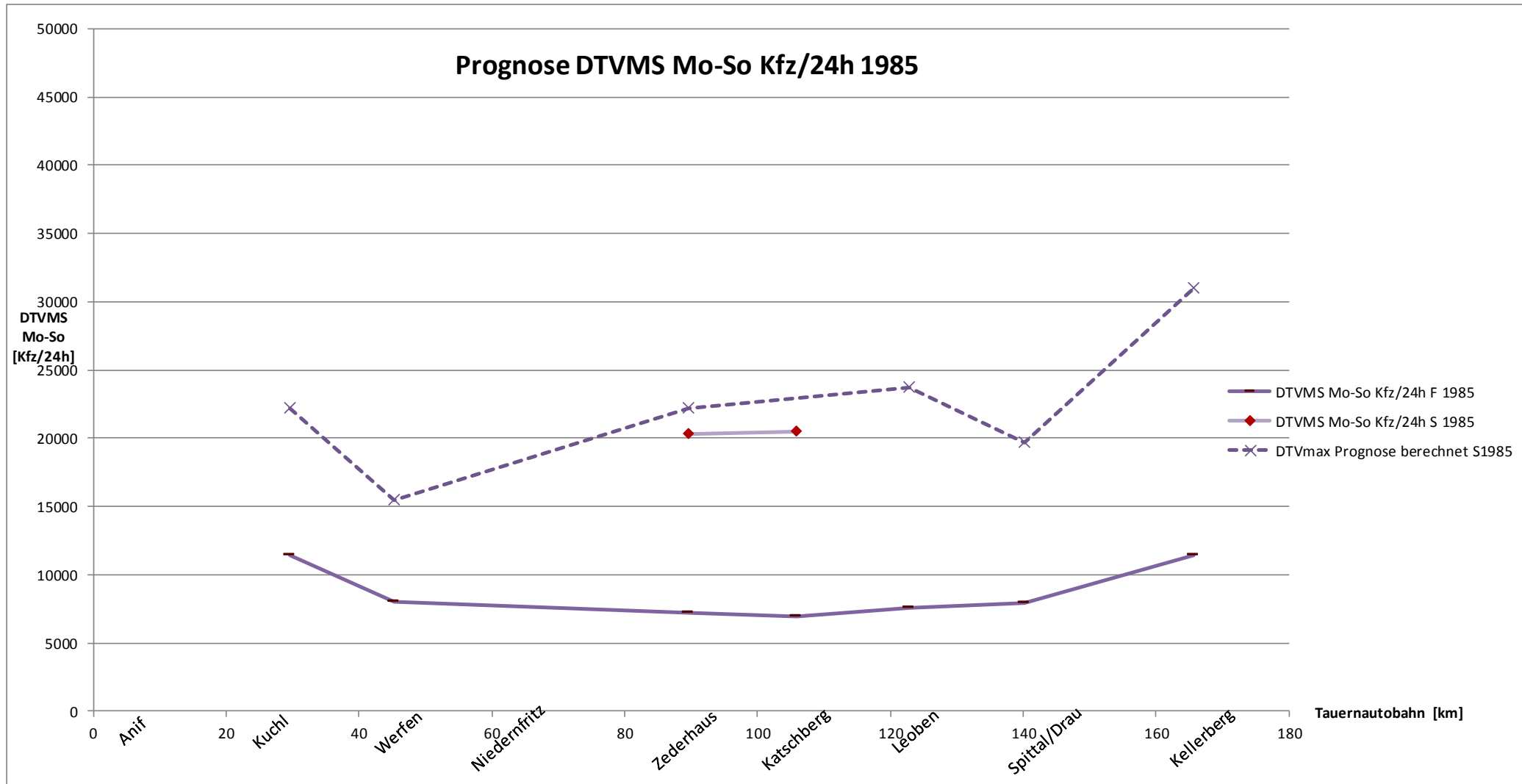


Abbildung 30: Prognosewerte F 1985 und S 1985 und faktorisierte Werte S 1985

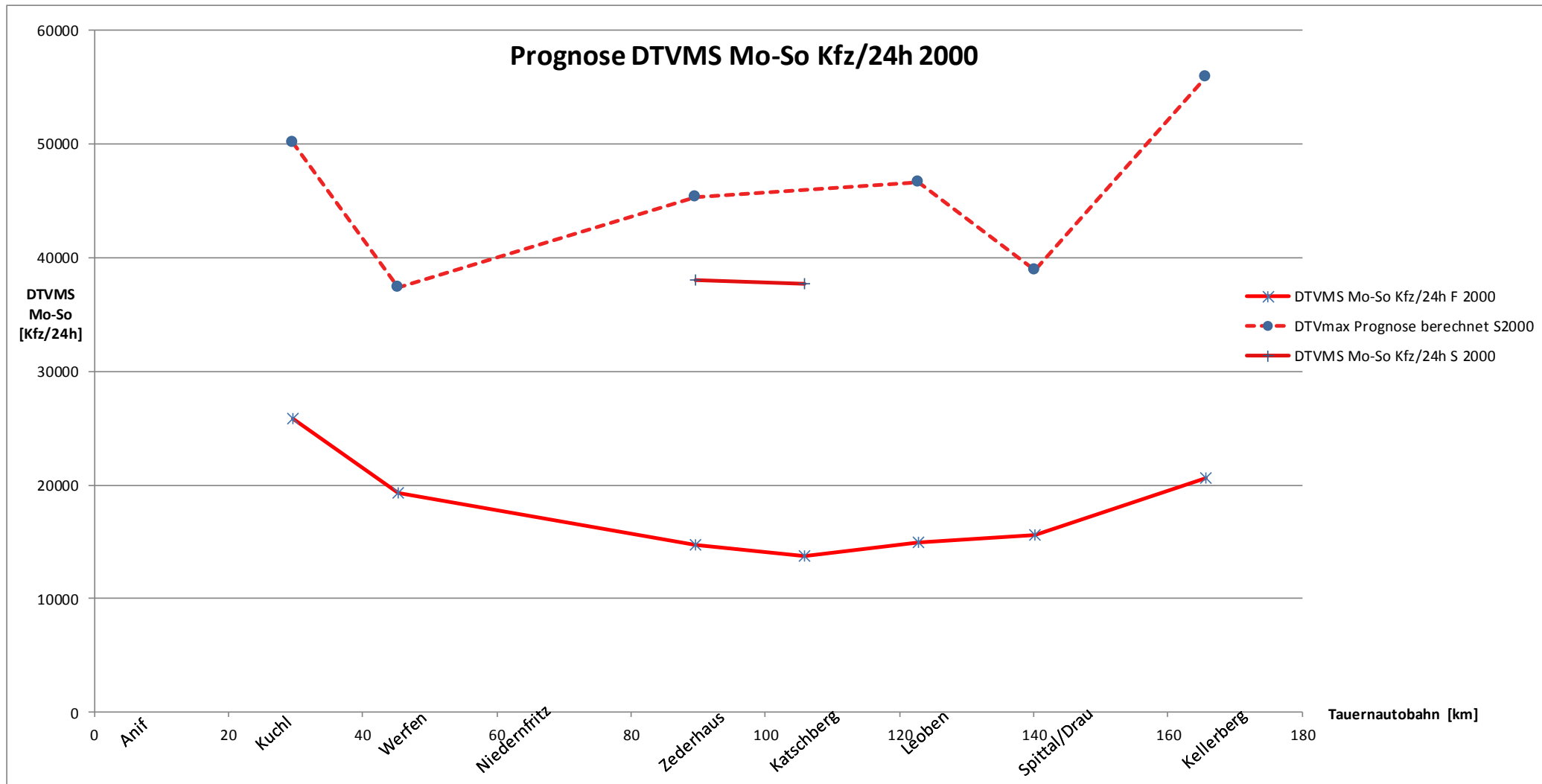


Abbildung 31: Prognosewerte F 2000 und S 2000 und faktorisierte Werte S 2000

4.3.2 Berechnung des DTVMS für das Jahr 2000

Für das Jahr 2000 liegen im Vergleich zu den Prognosewerten des Jahres 1985 Verkehrszählungsdaten vor. Die für den Vergleich der Prognose und Realität für das Jahr 2000 vorliegenden Werte der Verkehrszählung sind -wie bereits erläutert- unvollständig oder fehlerhaft, weshalb die Verwendung der vorliegenden Daten des Jahres 2000 nicht ratsam erscheint. Die fehlerhafte Datenlage ist vor allem daran festzumachen, dass die Werte aus 2000 deutlich über den Werten der letzten zehn Jahre liegen, was in Anbetracht der relativ fixen jährlichen Steigerungsraten unplausibel ist. Deswegen wird der Trend, also die Verkehrssteigerungsraten der einzelnen Zählstellen, über die vergangenen zehn Jahre betrachtet und zu einer Rückrechnung auf das Jahr 2000 verwendet. Die Ergebnisse der Rückrechnung zeigen, dass vermutlich die große Ausfallsrate der Dauerzählstellen mittels elektronischer Erfassung in den Anfangsjahren den Betreiber dazu genötigt hat, die fehlenden Messdaten zu schätzen. Dies geschieht bei Ausfall der Messstationen nach wie vor, allerdings in einem weitaus begrenzteren Rahmen, da die Ausfallszeiten die Dauer von drei Monaten nur noch selten überschreiten und die Schätzungen aufgrund der Umgebungsdaten, die nunmehr in einem engeren Netz vorliegen, einen geringen Schätzfehler zulassen. Für das Jahr 2000 galten diese Randbedingungen allerdings nicht. Es böte sich ebenfalls an, die fehlenden Werte für das Jahr 1985 über die Rückrechnung zu ermitteln, allerdings ist die Aussagekraft aufgrund des Betrachtungszeitraumes im Verhältnis mit der Rückrechnungsperiode nicht belastbar. Deshalb wird auf eine weitere Verwendung der ermittelten Werte verzichtet.

Die Werte des Jahres 2000 sind, im Gegensatz dazu, aufgrund der Nähe zum Betrachtungszeitraum der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 und der geringen Trendschwankungen, welche sich im Betrachtungszeitraum ergeben haben, belastbar. Für den weiteren Vergleich sind die ermittelten Werte aus der probabilistischen Sichtweise verlässlicher, als die Werte des Autobahnbetreibers, welche einer Plausibilitätsprüfung der Schätzwerte über eine Rückrechnung entbehren. Die Berechnung der rückgerechneten Werte des Jahres 2000 mittels der zugehörigen Faktoren erfolgt tabellarisch. In der Tabelle werden ausschließlich die berechneten Werte dargestellt. Die vorhandenen Datensätze wurden nicht erneut aufgetragen, sind allerdings die Ausgangswerte für die Datenreihen. Die Ergebnisse sind Jahresmittelwerte, welche mit den Jahresmittelwerten der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 grafisch dargestellt werden. In der folgenden grafischen Auswertung werden die Messwerte des Betreibers und die berechneten Jahresmittelwerte des Jahres 2000 gezeigt. Schließlich müssen die berechneten Jahresmittelwerte des Jahres 2000 für den kommenden Vergleich mit den Prognosewerten aufbereitet werden. Das bedeutet, dass die Jahresmittelwerte aufgrund der fehlenden Saison mit den ermittelten Faktoren der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 angepasst werden müssen, um die Frühjahrs- und die Sommerverkehrswerte des Jahres 2000 zu erhalten.

Tabelle 18: Rückrechnung zum DTV des Jahres 2000 aus Messwerten der Jahre 2008 - 2017

	Anif	Puch b. Hallein	Hallein	Kuchl	Ofen. Tunnel	Tenneck	Werfen	Reitsam	Niedernfritz	Eben i. Pongau	Flachau	Zederhaus	Leoben	Spittal a.d.Dr.Kellerberg	
2014								2014 39.634 4.317 35.316							
2013								2013 38.486 4.189 34.330							
2012		2012 50.941 5.108 45.833						2012 37.371 4.064 33.371						2012 25.243 3.101 22.142	
2011		2011 49.622 5.007 44.615						2011 36.288 3.942 32.439						2011 24.409 2.995 21.414	
2010		2010 48.337 4.909 43.429						2010 35.237 3.824 31.533						2010 23.602 2.892 20.710	
2009		2009 47.085 4.812 42.275						2009 34.216 3.710 30.653						2009 22.822 2.793 20.029	
2008	2008 57.835 6.392 51.443	2008 45.866 4.684 41.441	2008 46.080 5.271 40.809	2008 39.726 5.023 34.703	2008 37.250 4.840 32.410	2008 36.725 4.763 31.962	2008 35.278 4.605 30.673	2008 33.225 3.599 29.797	2008 29.174 4.273 24.901	2008 30.034 4.425 25.609	2008 16.821 3.089 13.732	2008 16.144 3.058 13.086	2008 16.648 2.944 13.704	2008 22.524 3.384 19.140	2008 22.068 2.698 19.371
2007	2007 56.747 6.398 50.352	2007 44.678 4.592 40.340	2007 45.130 5.260 39.871	2007 38.985 5.011 33.976	2007 36.436 4.819 31.619	2007 35.979 4.746 31.235	2007 34.767 4.586 30.181	2007 32.262 3.492 28.965	2007 28.467 4.251 24.218	2007 29.252 4.401 24.853	2007 16.167 3.039 13.110	2007 15.542 3.008 12.536	2007 15.986 2.894 13.094	2007 21.858 3.337 18.523	2007 21.338 2.605 18.734
2006	2006 55.679 6.403 49.284	2006 43.521 4.501 39.268	2006 44.199 5.249 38.956	2006 38.259 4.999 33.264	2006 35.640 4.798 30.847	2006 35.249 4.729 30.524	2006 34.263 4.567 29.698	2006 31.327 3.388 28.156	2006 27.778 4.228 23.555	2006 28.490 4.377 24.119	2006 15.538 2.989 12.516	2006 14.963 2.959 12.009	2006 15.350 2.845 12.510	2006 21.212 3.290 17.925	2006 20.633 2.516 18.118
2005	2005 54.631 6.409 48.238	2005 42.394 4.412 38.224	2005 43.287 5.238 38.061	2005 37.545 4.987 32.567	2005 34.861 4.776 30.094	2005 34.533 4.712 29.830	2005 33.766 4.548 29.222	2005 30.420 3.287 27.370	2005 27.105 4.206 22.909	2005 27.748 4.354 23.407	2005 14.934 2.940 11.949	2005 14.405 2.911 11.504	2005 14.740 2.797 11.953	2005 20.586 3.244 17.347	2005 19.951 2.430 17.522
2004	2004 53.603 6.415 47.215	2004 41.296 4.325 37.208	2004 42.394 5.228 37.186	2004 36.845 4.975 31.885	2004 34.099 4.755 29.360	2004 33.832 4.695 29.152	2004 33.277 4.529 28.754	2004 29.539 3.188 26.606	2004 26.448 4.184 22.281	2004 27.025 4.330 22.716	2004 14.354 2.892 11.407	2004 13.868 2.863 11.020	2004 14.153 2.750 11.421	2004 19.977 3.198 16.788	2004 19.292 2.346 16.946
2003	2003 52.595 6.421 46.214	2003 40.227 4.240 36.219	2003 41.520 5.217 36.332	2003 36.159 4.963 31.217	2003 33.354 4.735 28.643	2003 33.145 4.678 28.489	2003 32.795 4.510 28.293	2003 28.683 3.093 25.863	2003 25.808 4.163 21.670	2003 26.321 4.307 22.045	2003 13.795 2.845 10.890	2003 13.352 2.816 10.557	2003 13.590 2.703 10.912	2003 19.387 3.153 16.247	2003 18.654 2.266 16.389
2002	2002 51.605 6.426 45.233	2002 39.185 4.156 35.256	2002 40.664 5.206 35.497	2002 35.484 4.951 30.563	2002 32.625 4.714 27.944	2002 32.472 4.661 27.840	2002 32.319 4.491 27.839	2002 27.852 3.001 25.140	2002 25.183 4.141 21.076	2002 25.636 4.284 21.394	2002 13.259 2.798 10.397	2002 12.854 2.770 10.113	2002 13.050 2.658 10.426	2002 18.814 3.109 15.723	2002 18.038 2.188 15.850
2001	2001 50.634 6.432 44.274	2001 38.171 4.074 34.319	2001 39.825 5.195 34.682	2001 34.823 4.940 29.922	2001 31.912 4.693 27.262	2001 31.851 4.645 27.207	2001 31.851 4.473 27.393	2001 27.045 2.911 24.438	2001 24.573 4.119 20.499	2001 24.968 4.261 20.762	2001 12.743 2.753 9.926	2001 12.531 2.725 9.688	2001 12.531 2.613 9.961	2001 18.258 3.066 15.216	2001 17.442 2.113 15.329
2000	2000 49.681 6.438 43.335	2000 37.182 3.994 33.407	2000 39.003 5.185 33.885	2000 34.174 4.928 29.295	2000 31.215 4.672 26.597	2000 31.167 4.628 26.588	2000 31.389 4.454 26.954	2000 26.261 2.824 23.756	2000 23.977 4.098 19.937	2000 24.318 4.238 20.149	2000 12.248 2.708 9.476	2000 11.914 2.681 9.281	2000 12.032 2.569 9.518	2000 17.718 3.023 14.725	2000 16.865 2.041 14.825

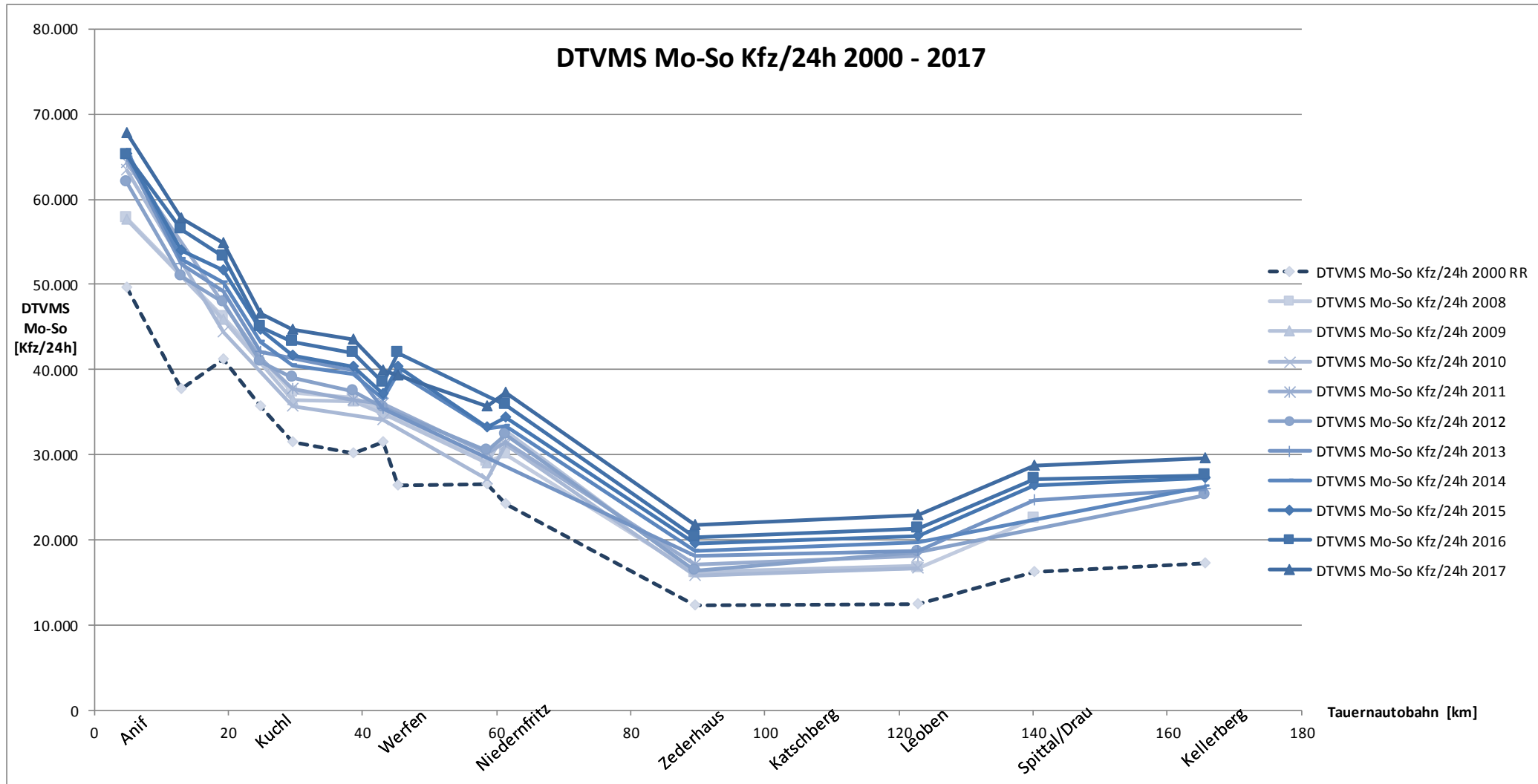


Abbildung 32: Berechnung für 2000 aus den Datensätzen der Jahre 2008 - 2017

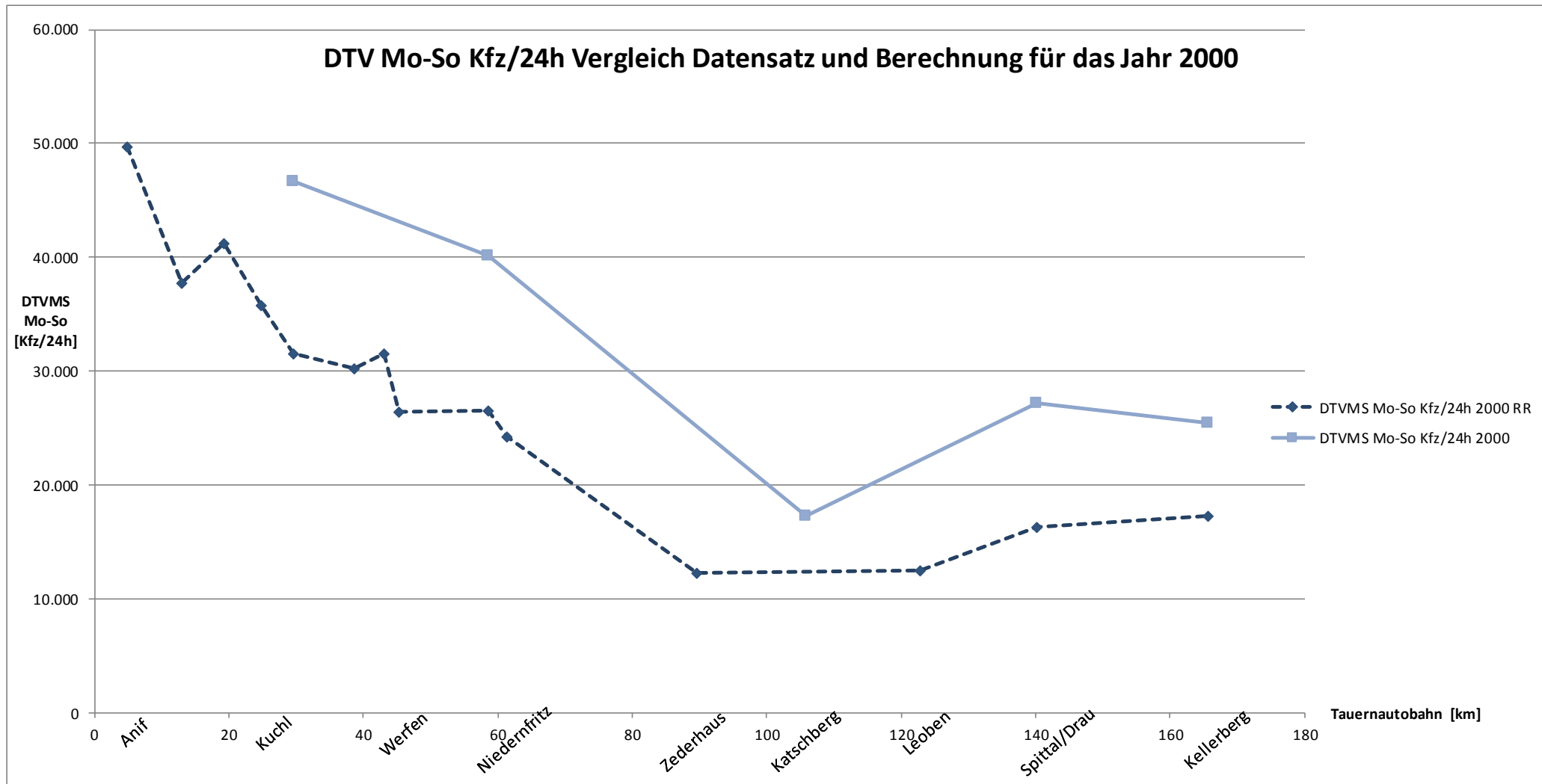


Abbildung 33: Vergleich der Messwerte und der berechneten Werte für das Jahr 2000

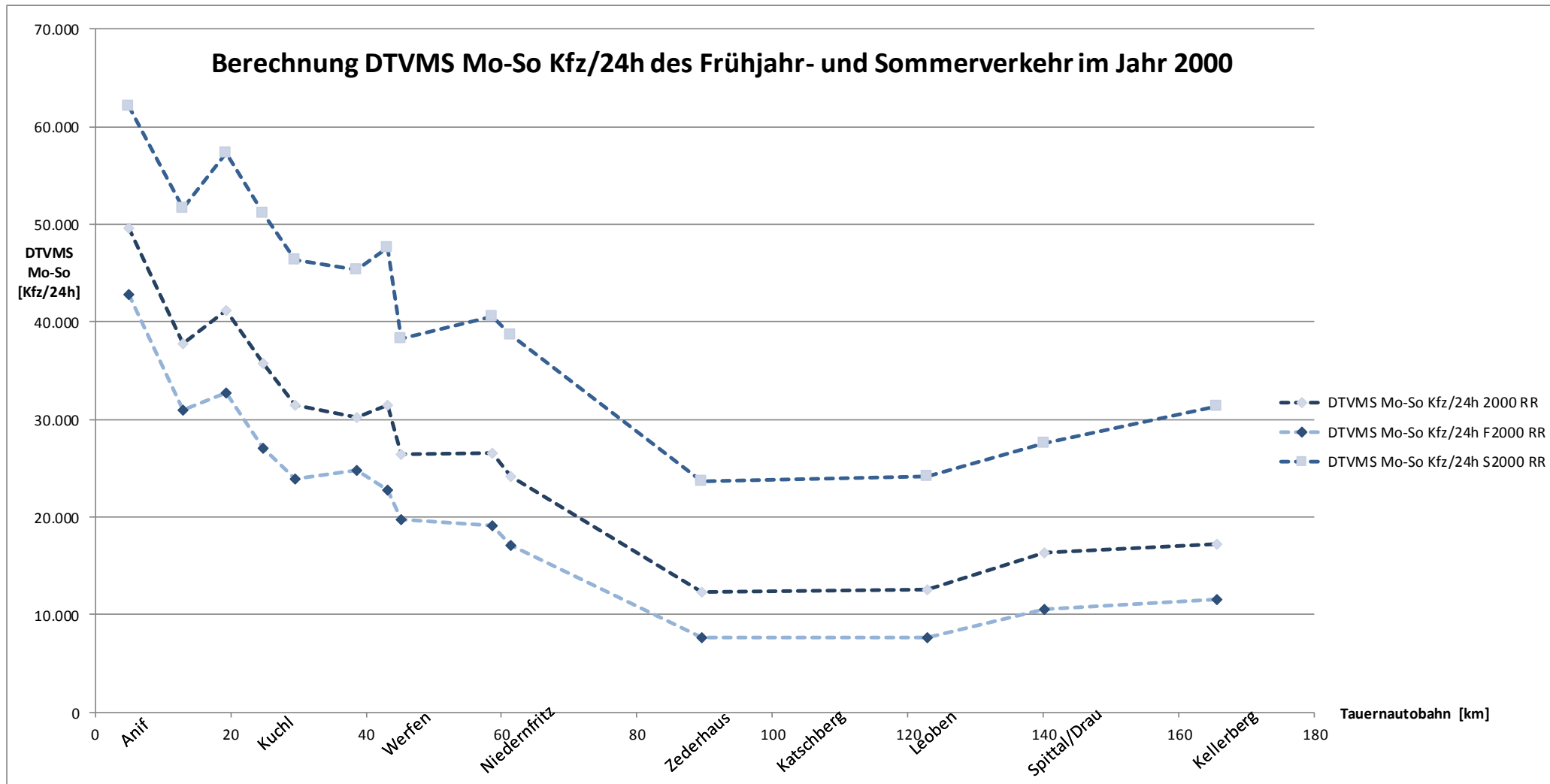


Abbildung 34: Berechnete Frühjahr- und Sommerverkehrswerte für das Jahr 2000

Wie in den grafischen Auswertungen ersichtlich wird, sind die Werte des Jahres 2000 aufgrund der genauen Berechnung und Transformation mit den realen Faktoren des Betrachtungszeitraumes der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 detailliert dargestellt. Ebenfalls sind die Berechnungen der saisonalen Komponenten für den Frühjahrs- und Sommerverkehr aufgrund der Belastbarkeit der Faktoren durchwegs plausibel und stehen demnach für die weitere Auswertung uneingeschränkt zur Verfügung.

4.3.3 Vergleich der Prognosewerte mit den realen Werten

Aufgrund der vorangegangenen Schritte sind die Unwägbarkeiten der Datenlage und der zum Teil nur abschnittsbezogenen Prognosen für das Jahr 2000 beseitigt, wodurch ein aussagekräftiger Vergleich der Werte dieses Jahres möglich wird. Die genaue Auswertung wird in Anbetracht der Werte der Verkehrsprognose von Prof. Dr. Dorfwith für den Frühjahrsverkehr und für den Sommerverkehr des Jahres 2000 mit den zugehörigen realen Werten im Zuge einer besseren Übersichtlichkeit grafisch separat ausgewiesen. Der Vergleich für das Jahr 1985 unterbleibt aufgrund der für die Datenerhebung notwendigen Vielzahl an Rechenschritten, welche die Belastbarkeit der Ergebnisse in Mitleidenschaft ziehen könnte. (Die Einsicht in die genauen Datensätze der Vergleichsrechnung ist, bei Interesse, in der zugehörigen Datei des Datenverarbeitungsprogramms, unter dem Reiter „Prognosewerte“ zu finden.) Die verworfenen Messwerte für das Jahr 2000 sind ebenfalls nicht als aussagekräftig einzustufen, da die Anzahl und Lage der Messtellen keine genaue Betrachtung der Verkehrsflüsse zulässt, keinerlei Unterscheidung der Jahreszeiten getroffen wurde und den Werten hinsichtlich der Verkehrsentwicklung der vergangenen zehn Jahre einer fälschlichen Schätzung zugrunde gelegt wurde. Deshalb finden diese, wie zuvor festgelegt, keine Anwendung.

Verglichen werden die berechneten Verkehrsströme für den Frühjahrsverkehr mit den reinen Prognosewerten aus der Verkehrsprognose des Prof. Dorfwith. In einem weiteren Schritt werden die berechneten Verkehrsströme des Sommerverkehrs mit den reinen Prognosewerten der Verkehrsprognose und den über die Faktoren berechneten Prognosewerten des Jahres 2000 verglichen.

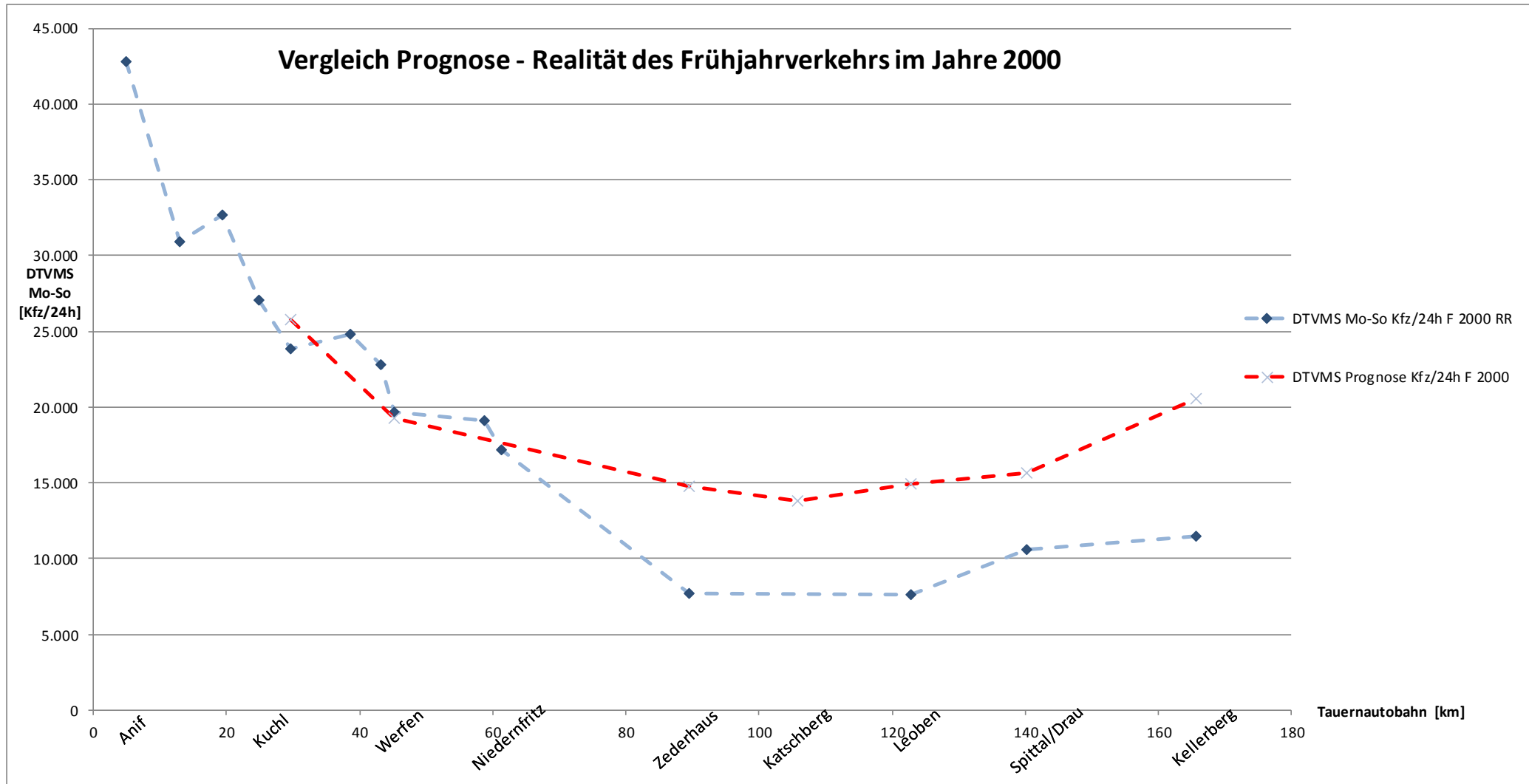


Abbildung 35: Prognose und reelle Werte des Frühjahrverkehrs im Jahre 2000

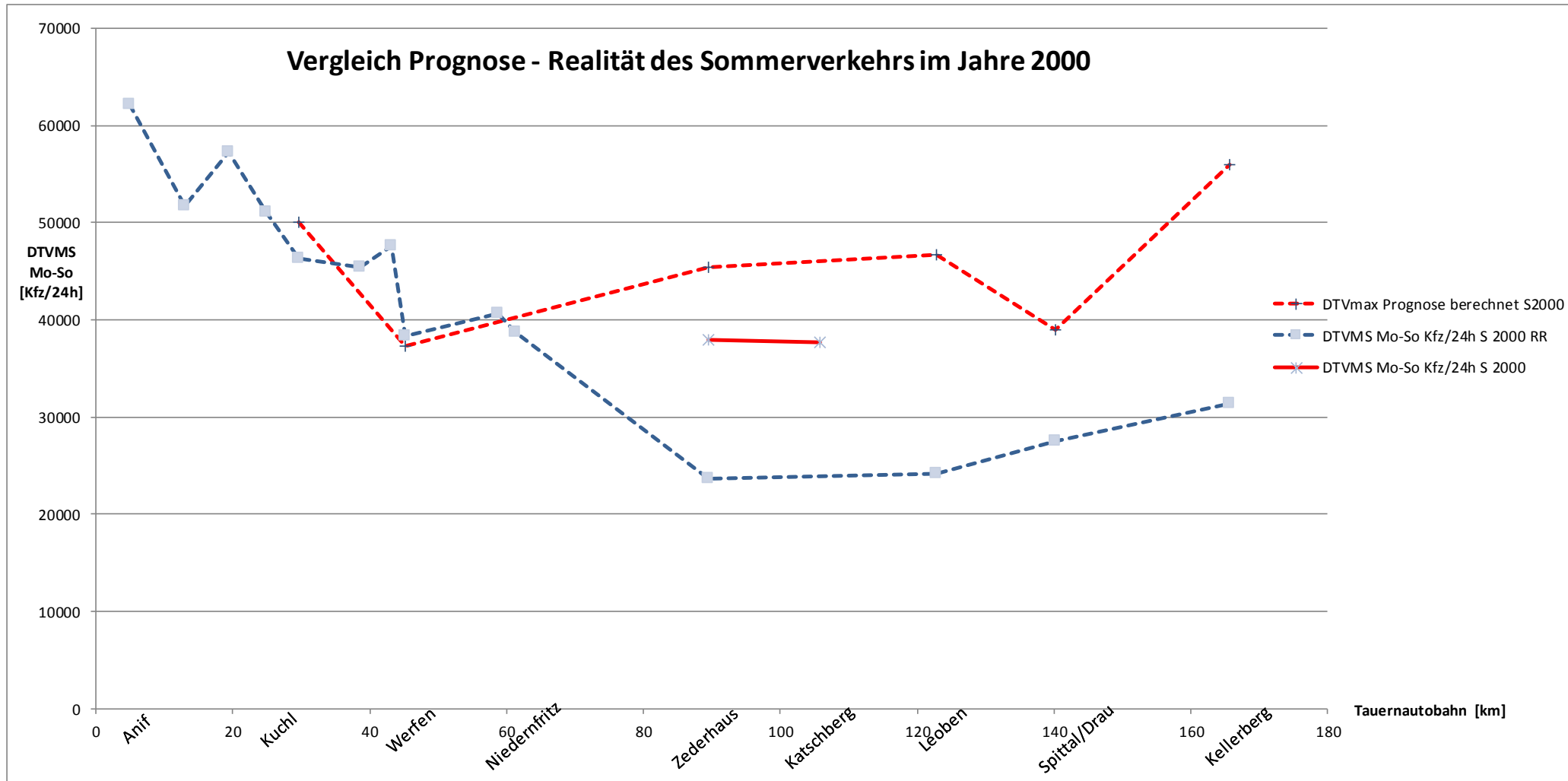


Abbildung 36: Prognose und reelle Werte des Sommerverkehrs im Jahre 2000

Die Auswertung zeigt die berechneten Verkehrsströme für das Gesamtjahr 2000 im Vergleich mit den Prognosewerten für den Frühjahrs- und Sommerverkehr 2000. In der Darstellung der berechneten Werte und der Prognosewerte, seien es die zum Teil berechneten oder die originär aus der Verkehrsprognose stammenden, wird ersichtlich, dass das Verkehrsaufkommen im Prognosejahr 2000 für den Frühjahrsverkehr andere Werte hat, als das Verkehrsaufkommen des Sommerverkehrs.

Für den Frühjahrsverkehr des Jahres 2000 ist insbesondere im Bereich der Messstellen Kuchl bis Niedernfritz die Deckungsgleichheit der Prognosewerte mit den reellen Verkehrswerten frappierend. Ebenfalls lässt die Steigung des Prognosewertgrafens selbige Wertgenauigkeit bis zum Beginn der A 10 Tauernautobahn, also bis zur Messtelle Anif, erahnen. Die Werte der Prognose und des berechneten reellen Verkehrsaufkommens liegen demnach für den Frühjahrsverkehr des Jahres 2000 von Anif bis Niedernfritz sehr eng beisammen, was die Prognose in diesem Bereich erstaunlich gut vorherzusagen wusste. Nur beim alpenquerenden Verkehr liegt die Verkehrsprognose deutlich höher als die berechneten Werte des reellen Verkehrsaufkommens und zwar um einen Faktor von bis zu 1,9. Allerdings sind die Verläufe beider Grafen in ihrer Lage im Verlauf der A 10 Tauernautobahn bezüglich ihrer Steigungen und Täler nach wie vor beinahe deckungsgleich. Nur in den erreichten Endwerten der Messtellen liegt die Prognose im Mittel um 50 % höher als der Basiswert der berechneten Verkehrsströme. Interessant ist allerdings hierbei, dass der Messtellenwert des Jahres 2000 in diesem Bereich nahezu deckungsgleich mit dem Prognosewert ist. Die Prognosewerte übertreffen im Bereich der Tauernautobahn von Niedernfritz bis Spittal an der Drau die Prognosewerte des Frühjahrsverkehrs im Jahre 2000 die reellen Werte deutlich und die Prognose ist in diesem Streckenbereich als zu hoch anzusehen ist, obgleich die Grafenverläufe nahelegen, dass die Randbedingungen des Verkehrsaufkommens durch die Prognose richtig abgebildet wurden.

Für den Sommerverkehr des Jahres 2000 zeigt sich ein, dem Grunde nach, identisches Bild, was dem Umstand zuzurechnen ist, dass die Faktoren für die Berechnung der höheren Werte des Sommerverkehrs, sei es für die Prognosewerte des Frühjahrs oder die Jahreswerte berechneten reellen Werte, linear abhängig voneinander sind. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die Faktoren allesamt aus dem Betrachtungszeitraum der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 herrühren, weshalb für die Umrechnung des Frühjahrverkehrs in Sommerverkehr und für die Umrechnung des Jahresverkehrs im Mittel in den Sommerverkehr dieselben Daten zugrunde liegen. Die Grafenverläufe sind demnach von den Dauerzählstellen Kuchl bis Niedernfritz beinahe deckungsgleich und die Steigung lässt selbigen Schluss für den Bereich Anif bis Kuchl zu. Die Werte der Prognose ab der Messtelle Niedernfritz bis zur Dauerzählstelle Spittal an der Drau liegen deutlich über dem berechneten Sommerverkehr des Jahres 2000. Außerdem ist die Steigung des Grafen zwischen den Messtellen Leoben und Spittal an der Drau der Steigung des reellen Verkehrsaufkommens gegenläufig, was allerdings nicht der Prognose geschuldet ist, sondern den Faktoren des Betrachtungszeitraumes. Interessant ist allerdings ebenfalls der Vergleich der prognostizierten Sommerverkehrswerte mit den berechneten reellen Verkehrsaufkommen der Autobahnbereiche Zederhaus bis Katschberg. Hierbei liegen die Prognosewerte ebenfalls mit einem Faktor von circa 1,8 deutlich höher als die reellen Verkehrswerte, allerdings zeigt sich dabei, dass die Faktoren der Prognose für den betrachteten Zeitraum der Prognose näher an der Realität lagen, als die Faktoren, welche aus dem Betrachtungszeitraum der Jahre 2008 bis einschließlich 2017 rühren. Dennoch ist die Prognose in diesem Bereich zu hoch, denn die Werte von über 39.000 [Kfz/24h] wurden erst im August des Jahres 2013 übertroffen. Somit war die Prognose des Sommerverkehrs des Jahres 2000 im Bereich des alpenquerenden Verkehrs mit einem Faktor von circa 1,8 deutlich höher als die berechneten reellen Verkehrswerte. Leider lässt sich dies nicht im gleichen Maße für die übrigen Bereiche der A 10 Tauernautobahn nachverfolgen, da die Prognosewerte des Sommerverkehrs ausschließlich für den hochsensiblen Bereich des Tauern- und Katschbergtunnels erstellt wurden.

Aus den vorliegenden grafischen Ausarbeitungen der aktuellen und zurückliegenden Daten der Verkehrszählungen und Prognosen wird rückschließend ersichtlich, dass das Verkehrsaufkommen auf der A 10 Tauernautobahn im Allgemeinen sehr hoch ist, insbesondere im Bereich der Ballungsgebiete, aber auch im alpenquerenden Bereich, obgleich hier der Pendlerverkehr kaum Gewichtung hat. Die vorliegende Prognose zur A10 Tauernautobahn, welche in Anbetracht der zugrundeliegenden Messwerte aus den Jahren 1968 und 1969 als deutliche Steigerung zu sehen ist, hat sich bei Betrachtung der vorliegenden Faktoren von $-0,2$ bis $+1,9$ der Prognosewerte im Vergleich mit den Werten der Realität sowohl für den Frühjahrs-, als auch für den Sommerverkehr, als realistische Einschätzung herausgestellt. Gerade der Bereich der Tauernautobahn mit den immensen Verkehrsströmen der Ballungsgebiete und dem hohen Pendleraufkommen wurden durch die Prognose in einer Weise vorhergesagt, dass die Ergebnisse nahezu deckungsgleich sind. Für die weiteren Bereiche der A 10 Tauernautobahn insbesondere für den alpenquerenden Verkehr war die Prognose mit Ihren Werten Ihrer Zeit ein Stück voraus, da die Werte abgebildet wurden, die erst dreizehn Jahre später an dieser Stelle eingetreten sind. Die Tendenz wurde allerdings durch die Prognose ebenso realistisch erfasst wie auch die Größenordnung der Verkehrsströme und dies, obwohl die Tauernautobahn im Vergleich mit den umliegenden infrastrukturellen Gegebenheiten einen sehr hohen Stellenwert für das wirtschaftlich geeinte Europa besitzt, was zum Zeitpunkt der Prognoseerstellung in dieser Art nicht zu erwarten war. Deshalb ist die Prognose für die Tauernautobahn als außergewöhnliches Beispiel einer realitätsgetreuen Abbildung der Zukunft mittels einer Prognose zu begreifen, die in dieser Detailtreue nicht zu erwarten war. Gerade Verkehrsprognosen scheinen im Vergleich zu allen Prognosearten aufgrund der weitreichenden Einflussfaktoren und der Gesetzmäßigkeiten der großen Zahlen eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit aufzuweisen.

Gerade für die monetäre Bewertung von Bauvorhaben im Vorfeld eines Planfeststellungsbeschlusses sind Prognosen deshalb von hoher Relevanz. Insbesondere für die wirtschaftliche Ausrichtung einer Region oder eines Landes sind die Baukosten selbst meist in Anbetracht der Vielzahl an positiven Effekten von Infrastrukturprojekten meist vernachlässigbar. Allerdings ist dies nur der Fall, wenn die Infrastruktur im volkswirtschaftlich orientierten Verwaltungsverbund liegt. Ist die Verwaltung und der Bau Obliegenheit einer privatrechtlich agierenden Organisation oder Institution, erfahren Projekte unter Umständen andere Motivatoren als volkswirtschaftliche.

In Anbetracht der innereuropäischen aber auch globalen Entwicklung der Schaffung und Weitergabe der Planungs- und Betriebshoheitsaufgaben der Autobahnen an Betreibergesellschaften sind weitreichende Folgen zu sehen und zukünftig weiterhin zu erwarten. Vor allem ist durch das wirtschaftliche Interesse einer Autobahnbetreibergesellschaft die Erhebung einer Maut unerlässlich. Die Art und Weise der Mauterhebung ist dabei eine der wichtigsten Größen, weshalb sie ebenfalls in der Prognose zur Tauernautobahn Anwendung gefunden hat, und soll am Beispiel der österreichischen Maut im Folgenden aufgegriffen werden.

5 Wirtschaftliche Bedeutung der Prognose für die Maut

Die wirtschaftliche Bedeutung und Ausrichtung des Infrastrukturnetzes innerhalb und außerhalb Europas hat ein neues Bewusstsein für die Entwicklung der Infrastruktur geschaffen und wird dies auch zukünftig weitreichend verändern. Besonders mit der Teil- oder Vollprivatisierung von Fernstraßen sind erhebliche volkswirtschaftliche Risiken verbunden. Gerade Nutzer von Wegeverbindungen, welche außerhalb der Ballungszentren und wichtigsten Handelsrouten liegen, müssen möglicherweise in der Zukunft tiefgreifende Einschnitte hinnehmen. Die Infrastruktur in wirtschaftlich schwachen Regionen wird gegebenenfalls, als Resultat der Gewinnmaximierung, auf ein Mindestmaß heruntergefahren werden müssen, was in Rücksichtnahme auf die damit verbundenen möglichen monetären Verluste, zunächst verständlich erscheint. Allerdings ist somit ebenfalls eine weitere wirtschaftliche Verschlechterung bereits entwicklungschwacher Regionen zu erwarten, was bereits in vielen europäischen Ländern, die ihre Infrastruktur teilprivatisiert hat, mit zum Teil prekären Verhältnissen derselben geendet hat. Ebenfalls ist bei einer Wegeverbindung, welche aufgrund Ihrer Lage einen sehr hohen Stellenwert hat, ebenfalls damit zu rechnen, dass in Anbetracht der Wirtschaftlichkeit ein Investitionsstau entsteht, da diese wichtigen Wegeverbindungen nicht beziehungsweise nur in einem Mindestmaß beeinträchtigt werden. Der Ausfall einer schlichtweg rentablen Straße erscheint ebenfalls als nicht vertretbar. Gerade in Hinblick auf marode Brücken ist dieser Umstand kürzlich wieder in den Fokus der Öffentlichkeit getreten, als die Talbrücke in Genua die Tragfähigkeit verlor. In der politischen Diskussion war eine Verstaatlichung der Infrastruktur als Konsequenz durchaus denkbar und wurde genauestens geprüft. In Anbetracht der unter Umständen hohen Entschädigungszahlungen die zum Teil vor internationalen Schiedsgerichten gezahlt werden müssten, wurde die Möglichkeit allerdings in der öffentlichen Diskussion nicht final diskutiert. Interessant ist dennoch, dass bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Privatisierung von Staatseigentum der Ruf laut wird, das weltweite Geschehen rückgängig machen zu wollen. Gerade vor diesem Hintergrund ist die Tatsache umso spannender, dass im Nachbarland Deutschland die Autobahn privatisiert werden sollte und dazu in einem ersten Schritt den Bundesländern die eigenständige Kompetenz entzogen wird, um die „Infrastrukturgesellschaft Autobahn“ zentralistisch gestalten zu können. Dies ist ausschließlich möglich, wenn eine Maut erhoben wird, welche als einzige Einnahmequelle der geschaffenen Gesellschaft fungiert, wie am bereits bestehenden österreichischen Modell, welches dem deutschen als Vorbild dienen soll, zu sehen ist.

Das österreichische Mautsystem hat im letzten Jahrhundert einen großen Wandel durchlaufen müssen, um seine heutige Erscheinungsform anzunehmen. Viele dieser Schritte waren kausal der damaligen Zeit und den damit verbundenen Umständen geschuldet. So ist zum Beispiel die Papiervignette nach Auffassung von Hr. Gansterer, Leiter des Verkehrsclubs Österreich, veraltet, entsprach aber dem damaligen Stand der Technik. "Wenn Österreich heute noch mal eine Maut einführen würde, würde man sicher eine elektronische Maut wählen." [ZEIT, 2018]

Es stellt sich nun die Frage, inwiefern das bestehende Mautsystem den Erwartungen, welche bei Einführung gestellt wurden, entspricht und inwiefern die Preispolitik der österreichischen Vignette der verschiedenen Entwicklungen im Lande Rechnung trägt. In Zuge dieser Betrachtung lässt sich eventuell herausarbeiten, was andere Länder und Autobahngesellschaften aus der österreichischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft lernen können und welche mögliche Bedeutung diese Zusammenhänge für künftige Prognosen haben.

5.1 Historie

Die Maut blickt auf eine lange geschichtliche Entwicklung zurück, was allein anhand der Begriffsherkunft zu ersehen ist. Die Wortherkunft leitet sich vom gotischen *mota* [Enzyklo, 2018] ab, was Gebühr bedeutet. Der Begriff stammt aus dem vierten Jahrhundert und hat sich in ganz Europa verbreitet. Sein Pendant das lateinische *tolenum* [Enzyklo, 2018] ist zu unserem heutigen Zoll geworden. Bereits in jener Zeit war es üblich, für die Benutzung der Straße und des Weges für deren Unterhalt Abgaben zu zahlen. [Enzyklo, 2018] Auch in Österreich war diese Vorgehensweise üblich und ist an den Ortsnamen entlang der Nord-Süd Trasse über den Tauern, welche bereits im Mittelalter bestand, zu sehen. Ortschaften wie Mauterdorf im Lungau und Mauthausen führen den Namen bereits seit der damaligen Zeit.

Im letzten Jahrhundert, als in ganz Europa die Autobahnverbindungen geplant und über Jahrzehnte gebaut wurden, was bereits am Beispiel der Tauernautobahn ausführlich geschildert wurde, entwickelten sich durch die verschiedenen Finanzierungssysteme unterschiedliche Herangehensweisen zur Taxierung der Straßen, um sowohl den Bau, als auch den Unterhalt zu refinanzieren. Daher ist es wenig überraschend, dass die erste Autobahn Europas, welche in Italien im Jahre 1924 für den Verkehr freigegeben wurde, um eine Verbindung zwischen Mailand und Varese zu schaffen, für die damalige Zeit mit der sehr geringen Motorisierung nicht lukrativ war und erst realisiert wurde, als klar wurde, dass eine Maut das Bauvorhaben refinanzieren konnte. [SZ, 2012]

In Österreich hingegen ist die stetige Entwicklung des Autobahnnetzes vor allem dem Umstand zuzuschreiben, dass es einen fixen Haushalt als Teil der Mineralölsteuer für die Finanzierung von Autobahnen gab, so dass zwischen den Jahren 1954 und 1964 zusätzlich zu den bestehenden 28 km weitere 259 km erstellt worden sind. Der Ausbau selbst war allerdings nicht mit einem gesetzlich verankerten Autobahnausbauprogramm gesichert, wie es in Deutschland oder Italien der Fall war, sondern wurde abschnittsweise in Bundesstraßengesetzesnovellen festgelegt. [ASFINAG, 2012]

Im Jahre 1964 kam es allerdings, vor allem wegen des relativ hohen Baubedarfs und der geringen möglichen Bauzeiten, zu einer Umstrukturierung des bestehenden Systems. Der Autobahnbau sollte bis zu diesem Zeitpunkt kreditfrei aus dem Haushalt bestritten werden. Deswegen wurde für den Bau des Brenners die Brenner Autobahn AG gegründet, deren Aufgabe es war, die Refinanzierung des Autobahnbaus mittels einer Maut sicherzustellen. Aktionäre der Aktiengesellschaft waren das Land, in diesem Falle Tirols, und der Bund. [ASFINAG, 2012] Hauptweisungsbefugt für den Bau war das Land. Die Erhebung der Maut und deren Höhe war allerdings immer noch dem Bund, im Speziellen dem Finanzministerium, vorbehalten, weswegen die Maut relativ hoch angesetzt wurde. [ASFINAG, 2012]

Diese Form der Beteiligungsstrategie wurde auch für die noch folgenden Straßenbaugesellschaften beibehalten. Diese fünf im Laufe der Jahre entstandenen Sondergesellschaften waren nach demselben Prinzip einer staatlichen AG strukturiert, für welche der Staat die volle Ausfallhaftung übernahm. Die übrigen Autobahnen und Projekte wurden nach wie vor mit der Mineralölsteuer finanziert und waren deswegen frei von Maut. Erst im Jahre 1975 kam im Zuge der Dringlichkeitsreihung der Vorschlag einer allgemeinen, zeitabhängigen Straßenbenutzungsgebühr zur Finanzierung der anstehenden Projekte. Allerdings zog dieses Unterfangen große Proteste nach sich und wurde deswegen nicht umgesetzt. Hauptargumente der Autofahrerclubs und Länder war, dass die Maut die Nutzung der Autobahnen reduzieren würde und deswegen das Unfallrisiko auf den untergeordneten Straßennetzen steigen würde. Um dennoch einen weiteren Autobahnausbau zu beschleunigen, wurden Sonderkonzepte mit Fremdfinanzierung, teilweise sogar durch die Baufirmen, ähnlich den heutigen PPP – Modellen, umgesetzt. [ASFINAG, 2012]

Im Jahre 1978 wurde der Straßenverkehrsbeitrag für Lastkraftwagen eingeführt. Dies war eine zeitbezogene Abgabe, welche vom Prinzip mit der EURO-Vignette vergleichbar war. Im weiteren Verlauf wurde die Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft im Jahre 1982 mit dem ASFINAG – Gesetz ins Leben gerufen, welche die Sondergesellschaften entlastete und die Finanzierungsaufgaben wahrnehmen sollte.

Im Jahre 1996 wurde mittels des Bundesstraßenfinanzierungsgesetzes die Erhebung einer Maut mittels Vignette beschlossen, welche relativ kurzfristig im Jahre 1997 eingeführt wurde. Die eigentliche Lastkraftwagenmaut wurde wegen der technischen Möglichkeiten erst im Nachgang von der Vignette losgelöst und konnte sich mit ihrer elektronischen fahrleistungsabhängigen Erhebungsart erst im Jahre 2004 durchsetzen. [ASFINAG, 2012] Diese „Übergangslösung“ einer Papiervignette wurde wegen der relativen Unkompliziertheit als beste Möglichkeit der Mauterhebung angesehen und vor allem auch von der Bevölkerung akzeptiert, da zum einen die Einnahmen direkt dem staatlichen Unternehmen der ASFINAG zugutekommen und in den Bau und den Erhalt des Bundesfernstraßennetzes reinvestiert werden sollte. Zum anderen war die Höhe der Maut verhältnismäßig gering, was schließlich dazu führte, dass diese Art der Mauterhebung sich bis heute durchgesetzt hat.

Mit den detaillierten wirtschaftlichen Auswirkungen von Prognosen und deren Treffgenauigkeit, insbesondere mit dem Fokus auf Verkehrsprognosen für Bundesfernstraßen, den Betreibern und daraus folgend der Zielgruppe der Resultate von Prognosen in Anbetracht der Maut wird im Weiteren eingegangen.

5.2 Wirtschaftliche Bedeutung für Straßenbenutzungsentgelte

Prognosen nehmen in der Projektierung der Infrastruktur eine Schlüsselposition ein. Die Prognoseergebnisse werden für die Planung, den Ausbau und die Umsetzung sämtlicher Infrastrukturprojekte herangezogen. Aufgrund der Ergebnisse werden Maßnahmenkataloge erarbeitet, vergleichbar mit dem deutschen Bundesverkehrswegeplan, nach Dringlichkeit sortiert und für die kommenden Jahre fest- und fortgeschrieben. Die Prognosen haben somit bezüglich der Dringlichkeitsreihung einen sehr hohen Stellenwert für die Probabilität der Umsetzung. Es zeigt sich, wenn die europaweit fortschreitende Privatisierung der vorrangigen Verkehrswege betrachtet wird, dass gerade zur Finanzierung der Projekte Zusammenhänge aus Prognosen zum Tragen kommen. Die Dringlichkeitsreihung der entscheidungsfähigen Projekte steht nämlich ebenfalls im Verhältnis zu den erzielbaren Einnahmen auf den betrachteten Streckenabschnitten. Deswegen werden Infrastrukturmaßnahmen der Gegenwart und Zukunft verstärkt an Ihrer "Kostendeckungszahl" gemessen werden. Sind die Projekte der Vergangenheit noch Großteils der Kalkulation des volkswirtschaftlichen Nutzens unterworfen, so werden aktuelle Infrastrukturprojekte, voraussichtlich zukünftige Projekte bereits in einem noch größeren Umfang, an Ihrer Profitabilität gemessen werden. Dies kann in entwicklungsschwachen Regionen, abseits der Haupthandelsrouten, zu einem Rückgang der Investitionen, im schlimmsten Falle zu einem Investitionsstopp führen. Gerade für das geeinte Europa hätte diese negative Progression für den Binnenmarkt zum Teil erhebliche wirtschaftliche Schäden für bereits entwicklungssträge Regionen zur Folge. Diese Entwicklung würde fortfolgend zu einer Verschlechterung der politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Beziehungen und damit einer Erschütterung des Gesamtgefüges führen können.

Um diese möglichen negativen Auswirkungen abzumildern oder ihnen sogar gegenzusteuern, ist es unabdingbar, dass die Prognosen nahezu frei sind von wirtschaftlichen Zusammenhängen, beziehungsweise derer resultierender Rentabilität. Die Verkehrsprognose muss stets der Nutzenfunktion näher sein, als der Nutzen-Kosten-Relation. Die Rentabilität des Infrastrukturnetzes muss global betrachtet werden, ähnlich der Berechnung der Rentensysteme oder Krankenkassen, damit die Adern des Handelsnetzes alle Regionen gleichermaßen miteinander verbinden. Die fehlende Rentabilität der weniger frequentierten Netzbereiche muss über die Straßenbenutzungsentgelte der Hauptrouten zumindest ausgeglichen werden.

In Anbetracht der weithin postulierten nutzungsabhängigen Maut, im Gegensatz zur Pauschalmaut, ist dies nur über inverse Netzknotenfaktoren zur Berechnung der ortsbezogenen Maut möglich. Die hoch frequentierten Netzbereiche müssen somit mit einer ungleich höheren Maut beziffert werden, als die wenig frequentierten Netzbereiche. Im Einzelfall geht mit diesem Ansatz bereits eine Verbesserung des Verkehrsflusses einher, wenn der Nutzer etwaige Umwege in Kauf nimmt, um wirtschaftliche Vorteile zu generieren.

Bei der in Österreich bereits zwei Jahrzehnte gängigen und in Deutschland geplanten Pauschalmaut hat die Umverteilung der Einnahmen bereits im Vorfeld zur Erhebung stattgefunden, da die Gesamtkosten des gesamten betrachteten Netzes zum Tragen kommen. Dies hat allerdings zur Folge, dass die Maut gleichermaßen auf die Nutzer verteilt wird, unabhängig von deren Frequentierung und Streckenwahl, was dazu führt, dass die Maut somit sozial ungerecht und benutzungsunabhängig wird, worauf nachfolgend genauer eingegangen wird.

Die Einnahmen der Maut in Österreich haben sich rasant entwickelt, wie in folgender Abbildung zu sehen ist. Allerdings ist ein Teil der Steigerung darauf zurückzuführen, dass die Mauthöhe zur Einführung bemerkenswert niedrig war, um die Zustimmung in der Bevölkerung hoch halten zu können. [ESTERMANN, 2008]

Entwicklung der Einnahmen aus Mauten und Vignette

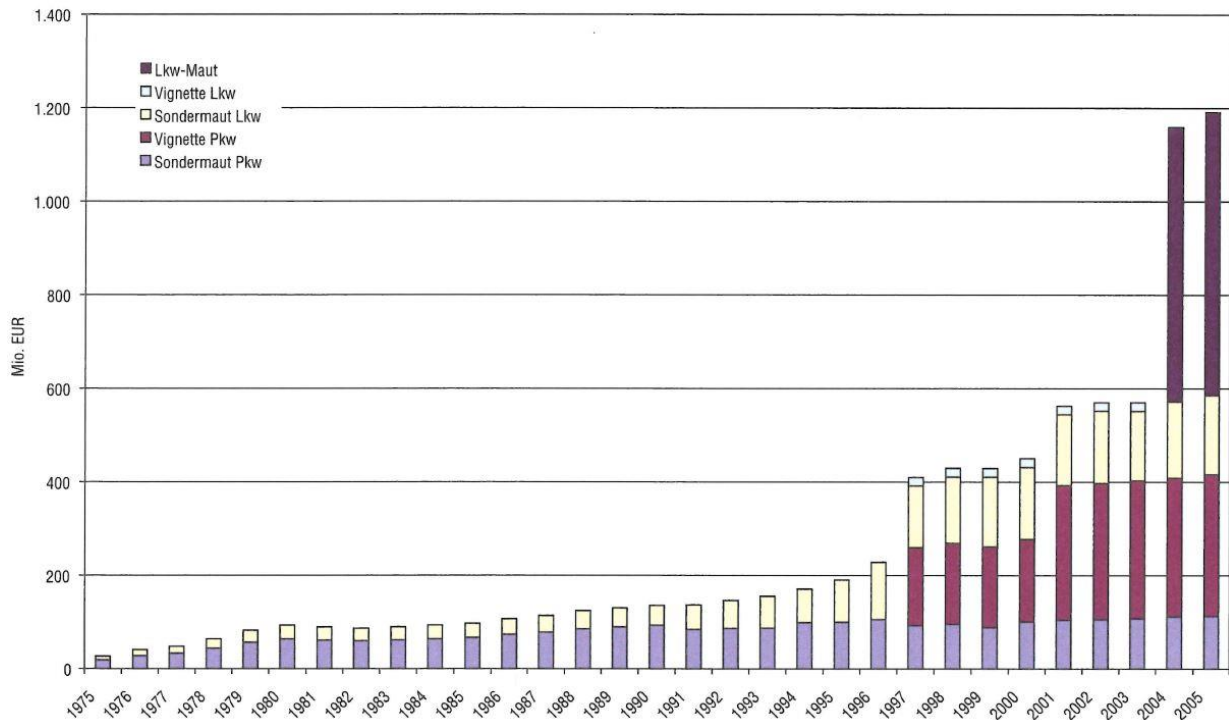


Abbildung 37: Einnahmenentwicklung der Maut [ESTERMANN, 2008]

Diese anfänglichen niedrigen Einnahmen wurden im weiteren zeitlichen Verlauf mehrfach angepasst, um die Kostendeckung der Infrastrukturprojekte und des Verwaltungsapparates sicherstellen zu können. Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Einnahmen der Pauschalmaut deutlich unter den erzielbaren Einnahmen der streckenbezogenen Maut liegen, da gerade der hochfrequentierende motorisierte Individualverkehr deutlich höhere Einnahmen zur Folge hätte, als mit den zurückgehenden Einnahmen aus den seltenen Verkehrsteilnehmern verloren ginge. Allein die Kosten für die Erhebung würden die zusätzlichen Einnahmen negativ beeinflussen. In Anbetracht der fortschreitenden Digitalisierung der Infrastruktur ist möglicherweise eine deutliche Kostenreduzierung unter Wahrung der Persönlichkeitsrechte der Verkehrsteilnehmer zu erwarten, was zu einer durchwegs modernen Erhebung der Straßenbenutzungsgebühren führen könnte und deren Vorteile ausschöpfbar macht. Die aktuellen Daten der ASFINAG bestätigen diese Entwicklung:

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Mauterlöse										
Sondermauterlöse	Mio. €	118	122	124	131	136	147	155	157	173
jährl. Wachstum			3,8%	1,4%	5,5%	4,2%	7,6%	5,7%	1,4%	9,8%
Vignettenerlöse	Mio. €	336	338	357	368	383	406	428	449	472
jährl. Wachstum			0,7%	5,5%	3,3%	4,0%	6,1%	5,4%	4,9%	5,1%
Lkw- und Bus-Mauterlöse										
(inkl. Sondermautstrecken)	Mio. €	1.062	926	1.031	1.062	1.103	1.135	1.242	1.253	1.274
jährl. Wachstum	Mio. €		-12,8%	11,3%	3,0%	3,8%	2,9%	9,4%	0,9%	1,7%

Abbildung 38: Aktuelle Werte aus den Geschäftsberichten der ASFINAG [KRITZINGER, 2018]

Bezogen auf die Prognosen, welche unabhängig vom politischen oder wirtschaftlichen Geschehen weiterhin als wichtigstes Instrument für die Gestaltung und Planung der künftigen Infrastrukturmaßnahmen erhalten bleiben werden, ist die weltweite Entwicklung dennoch schwerwiegend. Denn die Ausrichtung der Infrastruktur auf reine Gewinnmaximierung über die Vereinnahmung einer Maut und die Verringerung aller möglichen Kosten, könnten zu einem

Umbruch in ihrer Herangehensweise führen. Besonders bei einer Herangehensweise mit wenig Fokus auf volkswirtschaftlichen Nutzen und der Konkurrenz verschiedener Infrastrukturdienstleister in einem Land, sind die Zukunftsaussichten wenig rosig. Die rein marktwirtschaftliche Ausrichtung des Allgemeingutes Mobilität ist mit erheblichen Risiken verbunden, welche am Beispiel des Polcevera-Viaduktes in Genua eindrücklich aufgezeigt wurde.[WELT, 2018] Deswegen ist es eine Trennung der Bewertung und Prognose der Infrastrukturnetze von deren Betrieb deutlich zu trennen, da die Prognosen von den Bedingungen des freien Marktes möglicherweise derart beeinflusst werden, dass sie die notwendige Unabhängigkeit verlieren.

5.3 Ausblick zur Mauteinführung in Deutschland

Die aktuellen Diskussionen im Nachbarland Deutschland hinsichtlich einer Mauteinführung zur Finanzierung der maroden Straßenverhältnisse, stellen die vorhergehenden Argumentationen erneut in den Fokus. Es wird ersichtlich, dass die Herangehensweise, die Berechnung und die Schwerpunkte sich trotz des verhältnismäßig großen zeitlichen Abstandes im Kern nicht verändert haben. Bereits im Vorfeld sind in Deutschland Bestrebungen zu erkennen, die Pkw-Maut derart zu gestalten, dass die bekannten einhergehenden Nachteile und Ungleichverteilungen bereits im Vorfeld ausgemerzt und verhindert werden sollen, was sich allerdings hinsichtlich der Investitionsbereitschaft des Staates und der Komplexität der Möglichkeiten bereits als nahezu unmögliches Unterfangen herausstellt. In der Bevölkerung, aber auch der Wirtschaft und der Wissenschaft gibt es deswegen einen Dissens zur Argumentation der Politik. Dies ist an folgenden Hauptthesen der Studien der Universität Köln zur Einführung einer Pkw-Maut festzumachen: [BAUM, 2005]

- Verteuerung des Straßenverkehrs führt zu geringeren Einnahmen
- Gesamtwirtschaftliche Schäden können entstehen
- Lenkungswirkung nur durch starke Verteuerung möglich
- Zweckbindung Mauterhebung notwendig aber politisch unsicher
- Effizienzsteigerung Verkehrsabläufe möglich
- Verkehrsverlagerung auf nachrangiges Straßennetz
- Erhebungsverfahren durch mögliche Kostenexplosion strittig
- Kostenbeteiligung ausländischer PKW möglich
- Sozial unausgewogene Maut

Allerdings entstehen die meisten Kritikpunkte sowohl zur Erhebungsart, als auch der anschließenden Verwendung der gewonnenen Geldmittel aufgrund der unsicheren Aussagen der politischen Ebene. Wäre diesbezüglich eine klare strukturierte Linie zu erkennen, könnte der Zuspruch in der Bevölkerung und der Wirtschaft erheblich höher liegen. Die möglichen Ergebnisse einer fahrstreckenabhängigen und eventuell einkommensabhängigen Maut, welche ausschließlich für die Verbesserung und Instandhaltung der Infrastrukturverhältnisse aufgewendet würde, sind für alle Beteiligten sowohl von wirtschaftlichen als auch ökologischen Vorteilen geprägt. Allerdings ist die Erstellung eines solchen Mautsystems mit hohen Investitionskosten verbunden und die zweckgebundene Verwendung der Mittel hinsichtlich der politischen Volatilität möglicherweise nicht gegeben. Deswegen wird in Deutschland als Übergangslösung eine Pkw-Maut in Vignettenform angestrebt. Diese entbehrt allerdings, ähnlich der Vignetteneinführung in Österreich, der umfassenden Zustimmung der Wirtschaft und der Bevölkerung und zusätzlich kommt erschwerend hinzu, dass die Grundbedingungen der Länder aufgrund der geografischen Lage sehr unterschiedlich sind. Denn in Deutschland liegt der Anteil des ausländischen Verkehrs bezogen auf den gesamten PKW-Verkehr bei nur 4,5 %, wobei gerade ein Drittel davon Durchgangsverkehr ist. [BAUM, 2005] Allerdings ist die Maut auf allen Straßenkategorien nicht umsetzbar, da eine umfassende Kontrolle nicht gewährleistet werden kann, weswegen eine Einführung der Vignette exakt nach österreichischem Vorbild am wahrscheinlichsten erscheint.

Im weiteren Verlauf und mit Zunahme der technischen Möglichkeiten ist mit einer streckenbezogenen Maut zu rechnen, wobei die Berechnung der Preise aufgrund des Einbezugs von grundverschiedenen Werten interessant wird. Für Deutschland gehen die Berechnungen der „Pällmann-Kommission“ dahin, dass zur Deckung der Bau-, Erhaltungs-, Unterhaltungs- und Betriebskosten für Autobahnen mit 1,5 Cent und für Bundesstraßen mit 5,0 Cent pro Kilometer

anzusetzen sind. [BAUM, 2005] Externe Kosten, wie Umweltschäden oder soziale Kosten werden dabei noch nicht beachtet. Für Großbritannien ist eine ähnliche Studie unter Beachtung ebenjener Kosten entstanden, welche sogar die Kosten bei Stauung für die übrigen Fahrzeuge mitbeachtet und deswegen auf einen Betrag von 15 Cent pro Kilometer veranschlagt. Außerdem ist im Jahre 2009 ein Versuch in den Niederlanden gemacht worden, eine strecken- und spitzenzeitenbezogene Maut im Land zu installieren, was allerdings wegen der Komplikationen hinsichtlich der steuerrechtlichen Ausgleichsmaßnahmen und in Hinblick auf den Datenschutz ohne genaue Zeitangabe verschoben wurde. [KFZ-Auskunft, 2018] Für diese Mautvariante in den Niederlanden ist -in einschlägiger Literatur- eine Nutzen – Kosten – Analyse zu finden.

5.3.1 Prognose Mauteinführung Deutschland im Jahre 2010

In einer Studie der Universität Köln wird zum einen der politischen Diskussion Rechnung getragen, zum anderen den Erwartungen und Wünschen des nunmehr interessierteren Bürgers. Es werden die verschiedenen Mautvarianten, welche in drei Hauptgruppen aufzuteilen sind mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse auf ihre volkswirtschaftlichen Auswirkungen überprüft, um eine Entscheidungsgrundlage möglich zu machen. Die nach europäischem Recht beklagte Ausländervignette, die allgemeine Autobahnvignette und die streckenbezogene Maut. Die streckenbezogene Maut wird in sich nochmals in die standardmäßige, also gleichmäßige streckenweite, und intelligente, das heißt in Ballungsräumen und nach Uhrzeiten unterschiedliche Streckenmaut unterschieden. Die Bewertungskriterien sind die ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit sowie der Administrationseffekt, welcher den Aufwand der Mauterhebung beachtet, und der europäische Rechtsrahmen. Diese Faktoren werden in der Nutzen-Kosten-Analyse mit dem Straßenverkehrssimulationsmodell, der Input-Output-Analyse, der Preisindexstatistik und Inzidenzforschung, zur Ermittlung der Belastung verschiedener Einkommensgruppen, geprüft. Die Methodik der Analyse geht in vier analytischen Schritten vor: [BAUM, 2010]

1. Wirkungen auf Verkehr, Energie, Umwelt und Verkehrssicherheit
2. Wirtschafts- und sozialpolitische Wirkungen
3. Finanzierungseffekte
4. Technische, administrative und rechtliche Machbarkeit

Diese Herangehensweise erlaubt mit einigen Zwischenschritten, den direkten Vergleich der volkswirtschaftlichen Auswirkungen zu den Varianten des Straßenbenutzungsentgeltes durchzuführen. Hierzu werden Annahmen getroffen, welche die Prognose möglichst umfassend und realitätsgetreu darstellen soll. Beispielsweise wird die Preiselastizität von -0,3 angenommen, was im unelastischen Bereich angesiedelt ist und eine unterproportionale Mengenänderung bedeutet. Ein vergleichbarer Wert ist der Preiselastizitätsindex für Kraftstoff, welcher bei -0,43 liegt. [Bundeszentrale für Politische Bildung, 2018] Es ist allerdings für die Sensitivität der Nachfrage, also die Elastizitätskoeffizienten, das absolute Preisniveau, von welchem die Preisvariation einsetzt, ebenfalls von großer Bedeutung. [TEICHMANN, 1982] Da das Preisniveau in Deutschland im Vergleich zu Österreich zu Beginn ähnlich liegen wird, ist mit einer höheren Steigerung zu rechnen, wodurch die Preiselastizität möglicherweise anders geartet sein könnte. Für die Ausländer – Vignette ergeben die verschiedenen Annahmen, dass Zeit-, Unfall-, Lärm-, Schadstoffbelastungskosten für die Bundesautobahnen und Bundesstraßen betrachtet werden.

Tabelle 19: Kostenveränderung infolge der Ausländer-Vignette [BAUM, 2010]

Bewertete Effekte in Mio. €	Nutzen BAB	Mehrkosten Bundesstraßen	Mobilitäts-einschränkung	Nutzen-Kosten-Differenz
Kfz-Betriebskosten	88,19	-77,66	-44,10	-33,57
Zeitkosten	85,09	-59,18	-42,55	-16,63
Unfallkosten	4,96	-12,90	-	-7,95
Lärmkosten	2,10	-2,00	-	0,10
Kosten der Schadstoffbelastung	0,24	-0,16	-	+0,08
CO₂-Emissionskosten	10,30	-7,70	-	2,60
Verlust Konsumentenrente			-10,76	-10,76
Summe bewertete Effekte	190,89	-159,61	-97,40	-66,13

Es wird ersichtlich, dass die Kostenersparnis und die Zusatzeinnahmen von den Auswirkungen zum einen der Mautvermeidung, zum anderen des Verkehrsentfalls deutlich überstiegen werden und deshalb zu einem volkswirtschaftlichen Schaden führen.

Bei der Finanzierungsvignette, also der Autobahnmaut nach österreichischem Vorbild für alle Verkehrsteilnehmer, welches nach aktueller politischer Lage die wahrscheinlichste Variante für die Zukunft sein wird, stellt sich der Sachverhalt anders dar, wobei das Ergebnis ähnlich bleibt.

Tabelle 20: Ressourcenveränderung infolge der Finanzierungs-Vignette [BAUM, 2010]

Bewertete Effekte in Mio. €	Nutzen BAB	Mehrkosten Bundesstraßen	Mobilitäts-einschränkung	Nutzen-Kosten-Differenz
Kfz-Betriebskosten	1.676,75	-891,88	-838,38	-53,51
Zeitkosten	1.057,96	-669,31	-528,98	-140,32
Unfallkosten	236,96	-344,18	-	-107,23
Lärmkosten	45,01	-24,91	-	20,10
Kosten der Schadstoffbelastung	3,04	-1,13	-	1,91
CO₂-Emissionskosten	171,94	-68,62	-	103,32
Verlust Konsumentenrente			-81,25	-81,25
Summe bewertete Effekte	3.191,67	-2.000,04	-1.448,61	-256,97

Die prinzipielle Ersparnis und die Zusatzeinnahmen werden durch die Mobilitätseinschränkung der Bevölkerung als Reaktion auf das Straßenbenutzungsentgelt in Vergleich zum heutigen Stand mehr als nur ausgeglichen. Durch die geringe Verringerung der Fahrleistungen auf Autobahnen von 7,5 % steigen die volkswirtschaftlichen negativen Auswirkungen angesichts des Mobilitätsverlustes und volkswirtschaftlichen Verlustes deutlich über die Zusatzeinnahmen und Ersparnisse.

Bei der streckenbezogenen, netzweiten, pauschalen Maut stellt sich die Situation anders dar. Dabei wird die Maut in diesem Szenario auf allen Netzen der Bundesrepublik Deutschland erhoben, um damit den Ausweichverkehr auf die Bundesstraßen und die negativen Auswirkungen zu verhindern. Diese Variante wurde in der Politik als Lösung der Problematik durch die Mauteinführung präsentiert. Aufgrund der geänderten Variablen wird bei diesem Fall davon ausgegangen, dass diese Variante einen Mobilitätsrückgang von rund 15 % zur Folge hat.

Tabelle 21: Nutzen für Straßentypen aus der pauschalen Kilometermaut [BAUM, 2010]

Effekte (in Mio. €)	BAB	Bundes- straße	Landes- straße	Kreis- straße	Gemeinde- straße	Summe
Kfz-Betriebskosten	3.307,49	2.058,69	2.301,62	1.158,18	3.494,06	12.320,04
Zeitkosten	1.427,26	1.169,33	1.308,94	664,81	1.984,55	6.554,89
Unfallkosten	465,90	774,85	864,87	433,67	1.313,16	3.852,46
Lärmkosten	89,31	56,44	63,04	31,66	95,70	336,15
Kosten der Schadstoffbelastung	5,62	3,10	3,48	1,77	5,29	19,27
CO₂-Emissionskosten	334,12	178,49	200,19	101,19	303,95	1.117,94
Summe	5.629,71	4.240,90	4.742,14	2.391,29	7.196,71	24.200,75

Das eindrucksvolle Ergebnis für den Gesamtnutzen resultiert aus dem Verkehrsrückgang und dem Umstand, dass dieser Rückgang sich nicht auf ein nachgeordnetes Straßennetz verlagern kann. Allerdings sind die volkswirtschaftlichen Verluste möglicherweise viel höher als in den bisherigen Varianten.

Tabelle 22: Volkswirtschaftlicher Nutzenverlust durch die pauschale Maut [BAUM, 2010]

	Nutzenverlust Mobilität	Mehrkosten Rationalisierung	Mehrkosten Umstieg ÖPNV	Summe Kosten
Kfz-Betriebskosten	-5.254,83	-160,66	-4.426,44	-9.841,93
Zeitkosten	-2.795,84	-4.741,34	-2.175,46	-9.712,64
Unfallkosten			-242,12	-242,12
Lärmkosten			-	-
Kosten der Schadstoffbelastung			-	-
CO₂-Emissionskosten			-126,41	-126,41
Konsumentenrente Mobilität	-956,25			-956,25
Systemkosten				-4.500,00
Summe	-9.006,92	-4.902,00	-6.970,43	-25.379,35

Die Kosten sind vor allem dem Wegfall der Mobilität, aber auch der Mobilitätsänderung der Bürger durch den Umstieg auf den öffentlichen Personennahverkehr geschuldet. Der vollkommene Wegfall von 15 % der Mobilität hat enorme volkswirtschaftliche Auswirkungen auf große Wirtschaftsbereiche und ist somit mit langfristigen Folgen zu sehen. Die Rationalisierung des Verkehrs, also die Ausnutzung der Fahrzeugkapazität durch Mitfahrgelegenheiten schlägt durch die erhöhte „Unterwegszeit“ [BAUM, 2010] und den höheren Besetzungsgrad und den damit verbundenen Energiekonsum zu Buche. Daraus ergibt sich nun die volkswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Differenz für die pauschale streckenabhängige Maut im Gesamtnetz.

Tabelle 23: Nutzen-Kosten-Differenz der pauschalen Pkw-Maut (Mrd. €) [BAUM, 2010]

	Nutzen	Kosten	Nutzen-Kosten-Differenz
Kfz-Betriebskosten	12,30	-9,84	2,46
Zeitkosten	6,55	-9,71	-3,16
Unfallkosten	3,85	-0,24	3,61
Lärmkosten	0,33	0,00	0,33
Kosten der Schadstoffbelastung	0,02	0,00	0,02
CO₂-Emissionskosten	1,12	-0,13	0,99
Konsumentenrente Mobilität		-0,96	-0,96
Systemkosten		-4,50	-4,50
Summe	24,20	-25,38	-1,18

Es ergibt sich erneut, dass die Einführung einer Maut in Anbetracht der eintretenden Umstände wahrscheinlich langfristig zu einem volkswirtschaftlichen Schaden führen wird, weswegen ebenfalls für die Standardmaut keine gesellschaftlich-ökonomische Rentabilität gegeben ist. [BAUM, 2010]

Bei der „intelligenten Maut“ [BAUM, 2010] wird zusätzlich in Ballungsräumen und zu Spitzenzeiten ein Mautaufschlag für diese Bereiche veranlagt. Allerdings sind die Ergebnisse sehr ähnlich mit denen der pauschalen Maut, da der Zeitverlust die Zusatzeinnahmen und anderen Vorteile wieder nihiliert.

Es lässt sich also feststellen, dass keine der Mautvarianten langfristig einen volkswirtschaftlichen Nutzen nach sich zieht. Alle Möglichkeiten führen in unterschiedlicher Intensität zu einer volkswirtschaftlichen Verschlechterung der Lage. Des Weiteren ist die reine Kaufkraftabschöpfung mittels einer Vignette nicht mehr zeitgemäß. Heute noch auf eine Vignette zu setzen, sei so ähnlich, "wie ein neues Büro mit Schreibmaschinen auszustatten", meint Hr. Gansterer, Leiter des Verkehrsclubs Österreich (VCÖ). Ein weiterer Kommentar aus der Schweiz vom Leiter des Schweizer Verkehrsclubs Tschopp Löw geht sogar noch weiter und meint „Die Papiermaut ist aus dem letzten Jahrtausend.“ [ZEIT, 2018]

5.3.2 Voraussichtliche erzielbare Verbesserung in Deutschland

Im letzten Kapitel sind anschaulich, wenn auch teils einseitig, Argumente zu den möglichen Effekten einer Pkw-Maut vorgebracht worden. Allerdings sollen ebenfalls die Vorteile einer Einführung der Pkw-Maut in Deutschland hervorgehoben werden. Letztlich ist dies allerdings wiederum nur für den Fall möglich, dass eine streckenabhängige Maut auf den Bundesautobahnen mit elektronischem Grundsystem zugrunde gelegt wird, die Mauthöhe den Verkehr wenig beeinflusst und der Datenschutz der erhobenen Fahrtwege sichergestellt wird. Außerdem sollen die Einnahmen der Maut ausschließlich der Infrastruktur in voller Gänze zu Gute kommen. Die Vorteile liegen hierbei auf der Hand. Es ergibt sich einerseits die Möglichkeit Verkehrsstromlenkung möglich zu machen. Außerdem führen die zusätzlichen Mittel einerseits im Straßenbau und Instandhaltung zu einer höheren Verkehrssicherheit und zu einer effektiveren Erhaltung eines gleichbleibend guten Straßenbildes, andererseits sind Mittel für den Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs gegeben, deren Nachfrage auch wegen der Mauteinführung stetig zunimmt. Es ist also mit einer Win-Win-Situation auf verschiedenen Ebenen und unter den unterschiedlichsten Beteiligten zu rechnen.

Geht man in einem weiteren Schritt sogar von der Möglichkeit aus, dass untergeordnete Straßensysteme ebenfalls mit einer Maut beaufschlagt werden können, ergibt sich unter der Annahme, dass dank der elektronischen Ermittlung ebenfalls ein alternierendes „road-pricing“ möglich wird die Möglichkeit der vollkommenen Lenkung nahezu aller Verkehrsströme des Landes. Langfristig führt dies zu einer Zunahme der Verkehrssicherheit und ebenfalls zu einem Rückgang der Investitionskosten und Instandhaltungskosten.

Es lässt sich also feststellen, dass die negativen Argumente hinsichtlich der Ergebnisse einer Pkw-Maut sicherlich überwiegen, solange das Mautsystem nicht fein justiert ist und die hohen Investitionssummen für sehr hochentwickelte Systeme nicht zur Verfügung gestellt werden. Stellten sich die Randbedingungen anders dar, könnte eine Mauteinführung zu einer volkswirtschaftlichen Verbesserung des Infrastruktursektors führen und langfristig zu einem enormen Imagegewinn für Zusatzausgaben im volkswirtschaftlichen Rahmen führen. Allerdings wurden die Grundvoraussetzungen für diese Variante nicht geschaffen. Wichtig ist allerdings in jedem Falle, dass Verkehrsprognosen, welche die Grundlage künftiger Infrastrukturnetze und derer Belastbarkeit bilden, weiterhin stets aufgrund volkswirtschaftlichen Nutzenzusammenhängen und auf Basis unabhängiger Zahlenwerte beziehungsweise Verkehrszählungen erstellt werden. Nur auf diese Weise ist es möglich, die Vereinbarkeit wirtschaftlicher Interessen und des volkswirtschaftlichen Nutzens für künftige Generationen zu gewährleisten.

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung

Der Vergleich der Prognose des Prof. Dr. Dorfwirth mit den Werten der Verkehrszählungen der ASFINAG wird im Bearbeitungsverlauf in Hinblick auf einen großen Informationsgewinn durchgeführt.

Zum einen wird der Theorie der prognostischen Modellrechnung Rechnung getragen und das wissenschaftliche Feld der Zukunftsforschung mit seinen Grundelementen, den Unterscheidungsarten nach Sachlichkeit, Räumlichkeit, Aktivitätsniveau, Qualität, Quantität, Methodik, Charakter, Abhängigkeit der Ausgangsdaten und zeitlicher Einteilung behandelt. Zum anderen werden die Spielarten der Prognosearten univariater und multivariater Art beleuchtet, um schließlich die Theorie der Verkehrsprognosen und ihren Eigenheiten eingehender zu behandeln. Die theoretischen Erkenntnisse werden anhand des Gutachtens zur A10-Tauernautobahn des Prof. Dr. Dorfwirth aus dem Jahre 1972 vertieft. Die Datenerhebung, die Auswertung der Datensätze, die Analyse und die Umlegungsprognose sind nachvollziehbare Abläufe, die der Prognoseerstellung vorangehen müssen. Die ermittelten Zusammenhänge und Werte gehen in die strukturelle Grundlage der Prognose ein und ebnen damit den Weg für die eigentliche Prognosemethode, die die gewünschten prognostischen Verkehrswerte ergibt.

Die Verkehrszählungen, welche durch den Autobahnbetreiber automatisiert an Dauerzählstellen auf der gesamten A10-Tauernautobahn erhoben werden, bieten eine gute Grundlage, um die theoretischen Handlungsstrategien bezüglich des Trends und der Saison anhand reeller Werte filtern zu können. Aufgrund der schlechten Datenlage vor dem Jahre 2008 ist es für den Vergleich unerlässlich, diese bisherigen Erkenntnisse vertieft anzuwenden, um das hohe Fehlerpotential der weit zurückliegenden Grundwerte nachträglich minimieren zu können. Als weitere Vorleistung ist es ebenso erforderlich, die Werte der Prognose bereichsweise aufzubereiten, um die gesamte Bandbreite der A 10-Tauernautobahn mit verlässlichen Prognosewerten zu bestücken. Diese Vorleistungen, die primär der schlechten Datenlage geschuldet sind, ermöglichen den eigentlichen Vergleich der Prognosewerte mit den realen Verkehrswerten. Die Auswertung des Vergleichs zeigt deutlich, dass die vorliegende Prognose mit einem hohen Sicherheitsniveau die Realität abgebildet hat. Der Prognosewert des Frühjahrsverkehrs bei Reitsam mit 19.262 [Kfz/24h] liegt der Verkehrszählungsrückrechnung mit 19.700 [Kfz/24h] sehr nahe. Für die übrigen Streckenbereiche liegt die Frühjahrsprognose über den Verkehrswerten mit einem Faktor von bis zu 2,0. Für die Prognosewerte des Sommerverkehrs bei Reitsam mit 37.339 [Kfz/24h] liegt der Verkehrszählungsrückrechnung mit 38.277 [Kfz/24h] ebenfalls in einem nahezu deckungsgleichen Bereich. Für die übrigen Streckenbereiche liegt die Sommerprognose über den Verkehrswerten mit einem Faktor von bis zu 1,9. Jedoch ausschließlich für den alpenquerenden Verkehr, also primär den Personen-Freizeitverkehr liegen die Werte der Prognose höher, als die in Trend und Saison angepassten Zählwerte. Betrachtet man den Prognosehorizont sind diese Abweichungen nachvollziehbar und schmälern nicht die eindrucksvolle Genauigkeit der Prognose.

In einem weiteren Schritt wird auf die gesamtwirtschaftlichen Zusammenhänge eingegangen, welche die schleichende Privatisierung des Infrastruktursektors bedingen könnte. Ebenfalls wird die Straßenbenutzungsgebühr vor dem Hintergrund der kommenden Einführung in Deutschland anhand der Vorbilds Österreich betrachtet. In Hinblick auf die Prognose als wichtigstes Instrument der Infrastrukturpolitik wird zusammenfassend ein Appell für die kommenden Generationen formuliert, da Prognosen unabhängig von wirtschaftlichen Interessen von Interessensgruppen, mit Fokus auf den volkswirtschaftlichen Nutzen frei erstellt werden und künftig weiterhin werden sollten, um eine zukunftsorientierte Mobilität in modernen Infrastrukturnetzen zu garantieren.

6.2 Resümee

Es lässt sich feststellen, dass am Beispiel der A 10 Tauernautobahn die Beziehung der Prognose zur Realität der Verkehrsentwicklungen deutlich zutage getreten ist. Die Eingangswerte und die genaue Vorgehensweise bei der Erstellung einer umfangreich gestützten Prognose sichern dabei nicht das Eintreffen derselben zu. Die Güte der Prognose lässt sich demnach nicht an den Ergebnissen, sondern an der Aussagekraft der Vorgehensweise festmachen. Dennoch wurde bei der Prognose zur A 10 Tauernautobahn die Realität überaus genau abgebildet, nur dass die endgültige Höhe der Werte den Trend vermutlich höher eingeschätzt hätte. Dennoch wurde der zukünftige Verkehr in hoher Detailliertheit abgebildet, und dies obwohl die Unsicherheiten von 30 Jahren in den Faktoren enthalten waren. Es stellt sich damit heraus, dass Verkehrsprognosen im Vergleich mit den übrigen Prognosefeldern ein hohes Maß an Eintrittswahrscheinlichkeit erreichen können. Allerdings ist dies nicht auf andere Prognosen übertragbar. Der erklärte und berechnete zukünftige „Trend“ im Sinne eines Richtungspfeiles ist gerade bei Verkehrsprognosen das eigentliche Ziel der Prognose, wenn man Zeiträume von über 30 Jahren betrachtet.

„Von dem Zeitpunkt an, an dem sich die -zentrale- Sättigungshypothese auf den Verlauf der Prognose auszuwirken beginnt, bleiben die Prognosewerte hinter der - von konjunkturellen Einflüssen abgesehen- nicht abschwächenden Motorisierungsentwicklung zunehmend zurück“ [LEUTZBACH, 2000]

Die Folgen der bislang aber im Allgemeinen zu niedrig ausgefallenen Prognosen sind europaweit an den wichtigen Verkehrsknotenpunkten und im Bereich der Ballungszentren deutlich zu beobachten. Die Entwicklung der Verkehrsströme insbesondere der Anteil und die Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs wurde und wird -nach wie vor- deutlich unterschätzt. Die vorliegende Entwicklung der letzten Jahrzehnte und der anhaltende Trend bezüglich der zunehmenden Zahl der europaweit neuangemeldeten und bereits angemeldeten Fahrzeugen ließ sich zum Zeitpunkt der Prognoseerstellung unserer beispielhaften Prognose zur A 10-Tauernautobahn nicht in dieser Form vermuten. Wirtschaftliche Faktoren wie Ressourcenkrisen und Umweltfaktoren lassen sich für einen Beobachtungszeitraum aus der Vergangenheit nicht unbegrenzt in den Prognosehorizont übertragen. Gerade in Zeiten des politischen Umbruchs bezüglich des Umgangs und der Verwendung von begrenzten Ressourcen und den Auswirkungen der bisherigen Handhabung lassen sich Entwicklungen selbst für die nahe Zukunft kaum vorhersehen. Beispielsweise sind, unabhängig von den stärker zutage tretenden negativen Einwirkungen für die Umwelt, insbesondere in Ballungsräumen, und der damit einhergehenden Verschlechterung der Arbeits- und Lebensbedingungen die Neuanmeldungen für sportliche Geländewagen merklich gestiegen. Einer übergeordneten inneren Logik folgt dieser Umstand erkennbar nicht. Andererseits ist zeitgleich ein Aufwärtstrend für umweltfreundliche Politik an neueren Wahlergebnissen festzumachen. Allerdings sind Teilkatastrophen, als Ergebnis von Bevölkerungswachstum, Umweltbelastungen, Energie- und Ressourcenknappheit entscheidend für die Umformung einer Gesellschaft. [HEINZE, 1992] Möglicherweise ist die Beschleunigung dieser Umwälzung die zugrundeliegende Logik der Handelnden.

Betrachtet man die vielzähligen Einflussfaktoren, bei denen gerade die politisch motivierten besonders unberechenbar sind, zeigt sich ebenfalls für künftige Prognosen, inwiefern eine Ungenauigkeit erhalten bleiben wird. Aber gerade in Hinblick auf die aufkeimende E-Mobilität lässt sich bereits zum jetzigen Zeitpunkt erkennen, dass das Mobilitätsverhalten und -verlangen voraussichtlich unabhängig vom jeweiligen Energieträger ist und sich somit der abzeichnende Trend des ungebrochenen Mobilitätsverlangens in der näheren Zukunft gleich bleiben wird. Die politischen Lenker geben aber die Verantwortung für den Betrieb und die Erhaltung und ebenfalls für den Neubau der Fernstraßennetze europaweit schrittweise an private oder teilprivate Betreiber. Dies

führt in Anbetracht der vielzähligen Einflussfaktoren möglicherweise zu einer Rationalisierung der Prognosen. Gerade in Hinblick auf die österreichische Maut und den eingesetzten Autobahnbetreiber lassen sich die eingetretenen und kommenden Entwicklungen auch vor dem Hintergrund der europäischen Verkehrsbeziehungen genauer beleuchten. Denn von der möglichen marktwirtschaftlichen Ausrichtung einer Prognose und der geänderten Zielsetzung sind künftige Generationen an Verkehrsteilnehmern betroffen. Die Möglichkeiten der Steuerung mittels Mautabgaben und der Verkehrsentwicklung in unserer modernen Zeit der Kapitalisierung von Staatseigentum sind die Prognosen von übergeordneter Bedeutung.

Von den immer stärker zutage tretenden negativen Einwirkungen für die Umwelt, insbesondere in Ballungsräumen, und der damit einhergehenden Verschlechterung der Arbeits- und Lebensbedingungen mit ihren zusätzlichen Auswirkungen auf die Lebenserwartung sind die Effekte spürbarer geworden. Im Gegensatz dazu stehen dennoch anhaltende und gleichbleibende Trends der Mobilisierung mit den wirtschaftlichen Folgen der drohenden Verknappung der fossilen Brennstoffe und der langanhaltenden volkswirtschaftlichen Folgen im alltäglichen Verkehrsaufkommen (zunehmenden Verkehrsstörungen etc.) nicht mehr vernünftig zu erklären. Eher erkennt man den hohen Stellenwert der individuellen Mobilität in der Bevölkerung in dieser widersinnigen Entwicklung, welche aufgrund der zweifelhaften Logik nicht prognostisch zu erfassen war, ist und möglicherweise sein wird. Wichtig ist allerdings, dass Prognosen beziehungsweise ihre Eingangswerte und abgeleiteten Aussagen während des Prognosehorizonts mehrfach überprüft werden, um gegebenenfalls Anpassungen vornehmen zu können. Durch die Nachsteuerung der Prognoseergebnisse wird es dem Prognostizierenden ermöglicht, die Wirklichkeit detaillierter abzubilden und neuerliche Entwicklungen zu beachten, wodurch die Prognose die Wirklichkeit nicht abzubilden versucht, sondern vielmehr begleitet. [LEUTZBACH, 2000]

6.3 Ausblick

Wie zu Beginn dieser Arbeit erwähnt, sind Prognosen gerade in unsicheren und risikoreichen Zeiten von besonderer Bedeutung für alle Wirtschaftszweige der Weltpolitik und grundlegend an der Gestaltung unserer Zukunft beteiligt. Gerade was Eintrittswahrscheinlichkeit von Prognosen betrifft, ist die Beachtung der maximal möglichen Anzahl an Faktoren ausschlaggebend für deren Größe. Durch die Technisierung der Wissenschaft und die Generierung großer Datenvolumen werden viele Prognosen, die menschliche Faktoren besitzen, wie beispielsweise Verkehrsprognosen, die das Mobilitätsverhalten der Menschen vorhersagen sollen, nicht mehr eine verzerrte Abbildung der regional beschränkten Datenmengen sein. Möglicherweise werden künftige Prognosen aufgrund der gesteigerten Rechenkapazität und der Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung derart berechnet, dass aufgrund der Vielzahl der sekundlich generierten Informationen eine feste Aussage getroffen werden kann, welche Entwicklungen eintreten werden. Doch selbst in einer für eine perfekte Prognose gilt der Grundsatz, dass eine Zeitplanung aufgrund zurückliegender Ereignisse stets einer Autofahrt mit Blick in den Rückspiegel gleicht. Demnach sollte folgende Aussage des Prof. Leutzbach auch für künftige Prognosen gelten:

„Aus all dem folgt die Notwendigkeit der Abkehr von einer Planung in Richtung auf einen Optimalzustand, wie er sich zeitpunktbezogen ergibt. Planung muss vielmehr zu einer permanenten Planung werden, die nicht einen bestimmten zukünftigen Zustand, sondern den Ablauf der Entwicklung zu optimieren sucht. Ihr Anspruch ist es nicht, Fehler zu vermeiden, sondern Fehler zu minimieren. Das wird Ihr umso besser gelingen, je besser man lernt, Einblick in die Triebkräfte zu bekommen, die unsere Zukunft bestimmen werden.“ [LEUTZBACH, 2000]

Jedoch stehen wir bezüglich der „*prógnōsis*“ der alten Griechen grundlegend an den Anfängen eines grenzenlosen Instrumentes, das nur darauf wartet seinen Beitrag zur Evolution leisten zu können.

Literaturverzeichnis

- ASFINAG (2012): 30 Jahre ASFINAG, Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Wien
- BAUM, H. (2010): PKW-Maut für Deutschland? – Eine verkehrs- und wirtschaftspolitische Bewertung, Studie
- BUNDESMINISTERIUM für Bauten und Technik (1968): Bevölkerungsprognose 1980, Carl Ueberreuter Verlag, Wien
- BUNDESMINISTERIUM für Verkehr, Innovation und Technologie (2016): Statistik Straße & Verkehr, Abteilung IV/IVVS1, Wien
- BUNDESMINISTERIUM für Verkehr, Innovation und Technologie (2018): Statistik Straße & Verkehr, Abteilung IV/IVVS1, Wien
- Bundeszentrale für Politische Bildung, Verfügbar unter:
<http://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/20312/preiselastizitaetStand>,
[Datum des Zugriffs: 21.12.2018]
- BRAUN, J.; WERMUTH, M. (1973): VPS 3 – Konzept und Programmsystem eines analytischen Gesamtverkehrsmodells, Schriftenreihe Institut für Verkehrsplanung und Verkehrswesen Heft 6, TU München, München
- Deutsche Enzyklopädie, Verfügbar unter: <http://www.enzyklo.de/Begriff/Maut> , [Datum des Zugriffs: 21.12.2018]
- DORFWIRTH, J. R. (1972): Verkehrsgutachten Tauernautobahn, Technische Hochschule in Graz
- ESTERMANN, G. (2008): Entwicklung der Maut in Österreich, Straßenforschungsauftrag Nr. 3.318 des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Heft 572, Wien
- FELLENDORF, M., Prof. Dr. (2014): Vorlesungsunterlagen „Verkehrsplanung“, Verkehrsinstitut der TU Graz, Graz
- FEINDT, M. / KERZEL, U. (2015): Prognosen bewerten, Springer Verlag, Berlin
- GAHSE, S. (1971): Mathematische Vorhersageverfahren und ihre Anwendung, Verlag Moderne Industrie, Augsburg
- HÜTTNER, M. (1986): Prognoseverfahren und Ihre Anwendung, Walter de Gruyter & Co.
- HEDDERICH, J.; SACHS, L. (2018): Angewandte Statistik, Springer Spektrum, Berlin
- HEINZE, W.; KILL, H. (1992): Verkehrspolitik für das 21. Jahrhundert, Verband der Automobilindustrie
- LUTZ, F.A. (1955): Das Problem der Wirtschaftsprognosen, Tübingen
- LEUTZBACH, W. (2000): Das Problem mit der Zukunft: Wie sicher sind Voraussagen?, Alba Fachverlag, Düsseldorf
- KFZ-Auskunft, Verfügbar unter: <https://www.kfz-auskunft.de/news/5861.html>, [Datum des Zugriffs: 21.12.2018]
- KRITZINGER, S. u. A. (2018): Überprüfung der Mauttarife auf Österreichs Autobahnen und Schnellstraßen, Zentrum für integrierte Verkehrssysteme, Endbericht Prognos, Basel
- KUHLMANN, A. (1984): Auto und Verkehr bis 2000, TÜV Rheinland SÜD, Springer Verlag, Köln
- MERTON, K. R. (1948): The self-fulfilling prophecy; The Antioch Review Vol. 8, pp. 193-210
- SCHÖNHARTING, J.; SCHUHMANN, M. (2010): Die Entwicklung der Verkehrsplanung bis heute, Straßenverkehrstechnik, Kirschbaum Verlag, Bonn

- SILVER, N. (2012): Die Berechnung der Zukunft [Deutsche Ausgabe 2013], Wilhelm Heyne Verlag
- SPICHAL, M. (1988): Prognose der Verkehrsnachfrage auf Grundlage dynamisierter, soziodemografischer Determinanten, TU Braunschweig, Dissertation
- STATISTIK AUSTRIA (2013): Sterbetabelle mit Eintrittswahrscheinlichkeiten, Bundesanstalt Statistik Österreich
- SZ -Süddeutsche Zeitung, Verfügbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/auto/jahre-autobahn-in-deutschland-nicht-die-ersten-aber-die-schnellsten-1.1430845-2>, [Datum des Zugriffs: 21.12.2018]
- TEICHMANN, U. (1982): Messung der Beeinflussbarkeit des Individualverkehrs in Städten mit Hilfe von Preis- und Einkommenselastizitäten, Universität Köln, Dissertation
- VOGEL, J. (2015): Prognose von Zeitreihen, Springer Fachmedien, Wiesbaden
- WEBER, H. (1983): Statistische Prognoseverfahren, Minerva Publikation
- WELT, Verfügbar unter: <https://www.welt.de/wirtschaft/article181164288/Italien-Eingestuerzte-Bruecke-in-Genua-hat-noch-zwei-baugleiche-Schwestern.html> [Datum des Zugriffs: 21.12.2018]
- WERMUTH, M. (1978): Struktur und Effekte der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs, Bock+ Herchen, Bad Hornef
- WENZEL, T. (2001): Die Kombination von Prognosen unter Berücksichtigung statistischer Bewertungskriterien, Josef Eul Verlag GmbH
- YAFFEE, R. (2000): Introduction to Time Series Analysis and Forecasting, ACADEMIC PRESS
- ZEIT, Verfügbar unter: <https://www.zeit.de/mobilitaet/2014-08/pkw-maut-oesterreich-schweiz>, [Datum des Zugriffs: 21.12.2018]