

Wetterexposure von Schweizer Bergbahnen

Masterarbeit

Institutsdirektor: Prof. Dr. Claudio Loderer

Betreuender Assistent: Demian Berchthold, M Sc BA

Verfasser: Patrick Zaugg

Trub BE

Matrikelnummer: 05-125-505

Alpenstrasse 13

3653 Oberhofen am Thunersee

E-Mail padeschuan@hotmail.com

Oberhofen am Thunersee, 20.04.2011

Disclaimer:

Die in der vorliegenden Arbeit vertretenen Ansichten sind diejenigen des Verfassers und nicht notwendigerweise die Ansichten des Instituts für Finanzmanagement. Das Institut für Finanzmanagement übernimmt keine Verantwortung für allfällige Fehler.

I. Executive Summary

Der Geschäftsverlauf der Schweizer Bergbahnen wird neben der allgemeinen Wirtschaftslage, Wechselkursen und weiteren Einflussfaktoren massgebend durch das Wetter beeinflusst.

Rund 33% aller Schweizer Bergbahnen sind nicht überlebensfähig, was in den letzten Jahren zu Restrukturierungen, Übernahmen und Fusionen hin zu grösseren Unternehmen führte.¹

Wie die Branchenanalyse von Bieger und Laesser (2005) zeigt, stehen viele Bergbahnen unter einem enormen Investitionsdruck.

Für die meisten Bergbahnen ist das Wetter ein massgebender Faktor, der mitverantwortlich ist für den Geschäftserfolg. Das Wetter ist eine Thematik, die in den Geschäftsberichten der Bergbahnen laufend diskutiert wird, wie die folgenden Zitate aufzeigen: „Die Wetterabhängigkeit – ein Problem, das der Rigi immer wieder Rückschläge beschert.“² „Hohe Temperaturen und kleine Niederschlagsmengen zusammen mit schlechten Wetterverhältnissen an vielen Wochenenden führten in der Saison 2006/2007 im gesamten Alpenraum zu äusserst schlechten Bedingungen für den Wintersport.“³

Die vorliegende Arbeit untersucht den Zusammenhang zwischen dem Wetter und der Anzahl transportierter Personen (Frequenzen) der Bergbahnen. Der Einfluss des Wetters wird anhand der Parameter Temperatur, Sonnenschein und Niederschlag untersucht. Im Zentrum der Untersuchung stehen die folgenden Fragen: Welche Wettereinflüsse beeinflussen die Umsätze der Bergbahnen? Sind die Bahnen einem Wetterexposure ausgesetzt und kann dieses Exposure mit Wetterderivaten abgesichert werden?

Die empirische Untersuchung basiert auf Frequenz- und Wetterdaten über die Jahre 2005 bis 2009. Um das Wetterexposure zu bestimmen wird ein multivariates Regressionsmodell aufgestellt, welches Wetterprognosen, Ferienzeit, Wochenende, saisonale Effekte und jährliche Trends berücksichtigt. Mit der Aufteilung und Anpassung des Modells in Winter- und Sommersaison wird das saisonal unterschiedliche Angebot der Bergbahnen berücksichtigt und daraus folgernd eine Differenzierung des Wetterexposure gemacht.

Nach der Erfassung und Analyse des Wetterexposure wird dieses mit Wetterderivaten abgesichert. Basierend auf den Resultaten der multivariaten Regression und in Rücksprache mit

¹ Nach Bieger und Laesser (2005) gilt eine Bergbahn mit min. 0.2 Cashflow-Umsatz Ratio und min. 0.05 Cashflow-Gesamtkapital Ratio als wirtschaftlich überlebensfähig.

² Rigi Bahnen AG, Geschäftsbericht 2008, S. 7.

³ Jungfraubahn Holding AG, Geschäftsbericht 2007, S. 9.

den Bahnen wird das Wetterexposure der jeweiligen Bergbahn abgesichert. Diese Absicherung und Analyse erfolgt mit Wetterderivaten von CelsiusPro AG anhand einer historischen Simulation über den Untersuchungszeitraum 2005 bis 2009.

Die Resultate zeigen, dass die untersuchten Bergbahnen ein Wetterexposure haben. Weiter kann belegt werden, dass jede untersuchte Bahn ein unterschiedliches Exposure hat. Es hat sich zudem herausgestellt, dass das Exposure je nach Bahn und Saison von unterschiedlichen Wetterparametern und in unterschiedlicher Stärke beeinflusst wird. Es liegt Evidenz vor, dass insbesondere die Wetterparameter Niederschlag und Sonnenschein sowie die Wetterprognosen die Frequenzen der Bergbahnen beeinflussen. Unter anderem zeigt die vorliegende Untersuchung, dass die Frequenzzahlen der Jungfraujochbahn in der Sommersaison um 2.1% steigen, wenn in Interlaken eine Stunde mehr Sonnenschein gemessen wird. Andererseits sinken die Frequenzen um 3.9%, wenn mehr als 3 Millimeter Regen gemessen werden.

Die Analyse des Wetterhedgings kommt zum Schluss, dass keine Evidenz für eine Absicherung des Exposures besteht. Die historische Simulation belegt, dass mit Wetterderivaten an Schlechtwettertagen zusätzliche Einnahmen generiert werden können. Die erzielten Payouts sind im Verhältnis zu den Umsätzen sehr tief und deshalb kann keine Umsatzglättung erreicht werden. Einzelne Wetterderivate wurden nicht ausgelöst und erzielten somit keine Payouts aber verursachten Absicherungskosten. Die Absicherungskosten für alle Bahnen und Jahre betragen rund 1'117'410 CHF. Demgegenüber steht die Summe der Payouts von 705'906 CHF, was zu einer negativen Bilanz von -588'496 CHF für die Bergbahnen führt. Diese generelle Bilanz deckt sich mit der Schlussfolgerung, dass die Wetterabsicherung mit Derivaten bei den meisten Bahnen mehr Kosten als Nutzen verursacht.

II.	Inhaltsverzeichnis	
I.	Executive Summary	I
II.	Inhaltsverzeichnis	III
III.	Tabellenverzeichnis	V
IV.	Abbildungsverzeichnis	VI
V.	Abkürzungsverzeichnis	VI
1.	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	4
1.3	Relevanz	5
1.4	Aufbau der Arbeit	7
2.	Theorieteil	7
2.1	Bergbahnindustrie und untersuchte Unternehmen	7
2.1.1	Jungfraubahn Holding AG	9
2.1.2	Rigi Bahnen AG	10
2.1.3	Bergbahnen Engadin St. Moritz AG	10
2.1.4	Zermatt Bergbahnen AG	11
2.2	Wetterexposure von Bergbahnen	11
2.3	Wetterderivate von CelsiusPro AG	15
3.	Empirischer Teil	19
3.1	Definition der Variablen	19
3.1.1	Frequenzdaten, Wettervariablen und Prognosedaten	19
3.1.2	Kontrollvariablen	23
3.2	Methodisches Vorgehen	24
3.3	Empirische Analyse und Resultate der Wetterexposure	26
3.3.1	Deskriptive Statistik der Frequenz und Wetterdaten	26
3.3.2	Univariate Regression	35
3.3.3	Multivariate Regression	40
3.3.4	Zusammenfassung der Resultate und Interpretation	53

3.4	Wetterhedging für Bergbahnen	56
3.4.1	Allgemeines Vorgehen	56
3.4.2	Vorgehen und Auswertung	58
3.4.3	Interpretation der Resultate	65
4.	Schlussfolgerungen	67
4.1	Fazit.....	67
4.2	Ausblick	69
	Anhang A: Details zur Folgetagprognosecodierung:.....	70
	Anhang B: Details zur Mittelfristprognosekontrolle:	71
VI.	Literaturverzeichnis	73
VII.	Selbständigkeitserklärung	77

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Wetterderivate von CelsiusPro.....	16
Tabelle 2: Definition der Variablen	20
Tabelle 3: Übersicht der Datenverknüpfung.....	21
Tabelle 4: Definition der Kontrollvariablen	24
Tabelle 5: Deskriptive Statistik für jede Bahnanlage und Grundgesamtheit in der Sommersaison	27
Tabelle 6: Deskriptive Statistik für jede Bahnanlage und Grundgesamtheit in der Wintersaison	27
Tabelle 7: Deskriptive Statistik über alle Wetterstationen für die Variablen Temperatur, Regentag und Sonnenstunden in der Sommersaison	28
Tabelle 8: Deskriptive Statistik über alle Wetterstationen für die Variablen Temperatur, Regentag und Sonnenstunden in der Wintersaison	29
Tabelle 9: Spearman Korrelationsanalyse für Frequenz und Wettervariablen aufgeteilt nach Bergbahn	30
Tabelle 10: Augmented Dickey-Fuller-Test für alle Variablen	32
Tabelle 11: Skewness/Kurtosis Test für Normalverteilung.....	33
Tabelle 12: Test auf Autokorrelation für Frequenz und Wetterdaten.....	35
Tabelle 13: Univariate Regression für Wintersaison	38
Tabelle 14: Univariate Regression Sommersaison	39
Tabelle 15: Multivariate Regression der Sommersaison für alle Bahnen	42
Tabelle 16: Multivariate Regression der Wintersaison für alle Bahnen	42
Tabelle 17: Vier Lagvariablen Sommersaison.....	45
Tabelle 18: Vier Lagvariablen Wintersaison.....	46
Tabelle 19: Multivariate Regression aller Bahnen für die Sommersaison mit Newey-West Standardfehlern	49
Tabelle 20: Multivariate Regression aller Bahnen für die Wintersaison mit Newey-West Standardfehlern	51
Tabelle 21: Wetterderivate Zermatt.....	58
Tabelle 22: Auswertung Kleines Matterhorn Derivate	59
Tabelle 23: Wetterderivate Rigi.....	61
Tabelle 24: Auswertung Rigi Derivate	62
Tabelle 25: Wetterderivate Jungfraujoch	62
Tabelle 26: Auswertung Jungfraujoch Derivate.....	63
Tabelle 27: Wetterderivate Harder	63
Tabelle 28: Auswertung Harder Derivate	64

Tabelle 29: Wetterderivate Celerina.....	65
Tabelle 30: Auswertung Celerina Derivate.....	65

IV. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geographische Struktur der Branche.....	8
Abbildung 2: Übersichtskarte Wetterstationen und Bergbahnen.....	22
Abbildung 3: Box Plot der Frequenzen aller Bahnen	33
Abbildung 4: Box Plot der Wettervariablen Sonnenstunden und Temperatur	34
Abbildung 5: Payout Diagramm Zermatt Sommer 2005.....	60

V. Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
°C	Grad Celsius
CAT	Cumulative Average Temperatur
CDD	Cooling Degree Days
cm	Centimeter
CME	Chicago Mercantile Exchange
EBITDA	Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
et al.	Et alia
h	Stunden
HDD	Heating Degree Day
IFM	Institut für Finanzmanagement
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KWh/m ²	Kilowattstunde pro Quadratmeter
Max.	Maximum
Mia.	Milliarden
Min.	Minimum
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
Obs.	Observations

OLS	Ordinary Least Squares
OTC	Over-the-counter
resp.	respektive
S.	Seite
Std. Dev.	Standard Deviation
SIBA	Swiss Insurance Brokers Association
Vgl.	Vergleiche
W/m ²	Watt pro Quadratmeter

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Im Jahr 1866 nahm die erste Seilbahn in der Schweiz ihren Betrieb auf. Heute sind in der Schweiz rund 1'716 Seilbahnen in Betrieb und die Branche ist heterogen, vielseitig und einzigartig.⁴ Es gibt Sommer-, Winter- und Ganzjahresbahnen welche meist als Gross- oder Kleinunternehmen in Aktiengesellschaften organisiert sind. Aufgrund des zunehmenden Investitionsdrucks vollzog sich in den letzten Jahren gemäss einer Analyse von Bieger und Laesser (2005) ein Strukturwandel in der Schweizer Branche. Dieser Analyse zufolge sind rund 33% aller Schweizer Bergbahnen nicht überlebensfähig⁵ und infolge dessen kam es zu Restrukturierungen, Übernahmen und Fusionen.

Befindet sich eine Branche in einer Umstrukturierungsphase, befasst man sich vermehrt mit der Frage, was den Erfolg oder Misserfolg dieser Branche auslöst.

Gemäss Bieger und Laesser (2005) sind, neben der allgemeinen Wirtschaftslage und Wechselkursen, die folgenden Faktoren für die Bergbahnbranche von Bedeutung: Abhängigkeit von regionalen Partnern, lange Investitionshorizonte, Finanzierung der Investitionen, Wetter- und Standortrisiken.

Vergleicht man diese Faktoren mit den Schweizer Bergbahnen, so nennen viele Bergbahnen das Wetter als einen der entscheidenden Faktoren, der den Geschäftsverlauf massgebend beeinflusst. Die folgenden Zitate aus Geschäftsberichten von Schweizer Bergbahnen belegen diese Aussage: „Die Verbindung von Zermatt nach Cervinia / Valtournenche war während 59 Tagen wetterbedingt geschlossen.“⁶ „Bei den Rigi Bahnen, deren Marktgegebenheiten im Tagestourismus stark durch das Wetter dominiert sind, liegen Erfolg und Misserfolg nahe beieinander.“⁷ „[...] sehr gute Schnee- und Wetterverhältnisse bescherten uns im Januar und Februar überdurchschnittliche Frequenzen.“⁸ „Externe Einflüsse wie Wirtschaftsgang und Wetter führen jedoch unverändert dazu, dass die Ergebnisse in einer gewissen Bandbreite schwanken.“⁹ „In allen Wintermonaten des Jahres 2008 bot das Wetter beste meteorologische Voraussetzungen zum Verweilen in den winterlichen Bergen und zur Ausübung von Sportak-

⁴ Vgl. Seilbahnen.org (Geschichte 2010)

⁵ Nach Bieger und Laesser (2005) gilt eine Bergbahn mit min. 0.2 Cashflow-Umsatz Ratio und min. 0.05 Cashflow-Gesamtkapital Ratio als wirtschaftlich überlebensfähig.

⁶ Zermatt Bergbahnen AG, Geschäftsbericht 2008/09, S. 6.

⁷ Rigi Bahnen AG, S. 1.

⁸ Rigi Bahnen AG, S. 4.

⁹ Jungfraubahn Holding AG, Geschäftsbericht 2009, S. 26.

tivitäten. Zum Jahresende allerdings erzwang der Föhn die Schliessung der Bahn an mehreren Tagen.“¹⁰

Wie diese Zitate zeigen, hat das Wetter einen grossen Einfluss auf den Geschäftsverlauf und die Frequenzzahlen der Bahnen. Bei nachteiligem Wetter sinken die Frequenzen und bei gutem Wetter steigen sie. Demzufolge haben die Bergbahnen ein Wetterexposure, welches deren Geschäftserfolg massgeblich beeinflusst.

Der Klimawandel wird oft im Zusammenhang mit Bergbahnen als Gefahr für die Branche genannt. Wie der Bericht von Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) zeigt, wird es durch den Klimawandel vermehrt zu extremen Wetterlagen und –ereignissen kommen. Koenig und Abegg (1997) befassen sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus in der Schweiz und zeigen, dass Skigebiete in den tieferen Lagen in der Wintersaison nicht mehr als schneesicher gelten werden. Zudem werden heute viele Skipisten beschneit, um den Wintersportbetrieb abzusichern. Der Klimawandel ist prinzipiell nicht schlecht für die Bergbahnen. Beispielsweise kann es sein, dass es im Sommer extrem heiss ist und die Gäste in den kühleren Bergen verweilen wollen.

Alle Unternehmen die ein Wetterexposure haben, müssen sich gemäss Clemmons (2002) damit befassen und versuchen, ihr Wetterrisiko zu managen. Weshalb sollten sich Unternehmen gegen Risiken wie Wetterexposure absichern? Einige Vorteile des Risikomanagement sind nach Smith und Stulz (1985) die Steuerreduktion bei progressiven Steuern und die Reduzierung der Insolvenzwahrscheinlichkeit sowie der Aversion der Manager Risiken gegenüber. Das Risikomanagement kann gemäss Stulz (1996), die Wahrscheinlichkeit von kostspieligen Extremereignissen, welche zur Insolvenz führen oder das Unternehmen von der Investitionstätigkeit abhalten, reduzieren.

Die Vorteile und Notwendigkeit des Risikomanagements sind eindeutig. Wie sieht das Risikomanagement für Wetterexposure aus? Welche Möglichkeiten bestehen, das Wetterrisiko der Schweizer Bergbahnen zu managen?

Grundsätzlich muss das Risikomanagement entscheiden, ob ein Risiko eingegangen, reduziert oder absichert wird. Daraus ergeben sich drei Möglichkeiten. Die Bergbahnen könnten das Wetterexposure reduzieren, indem sie das Risiko diversifizieren.¹¹ Eine weitere Möglichkeit um das Wetterexposure zu managen, ist das Eingehen des Risikos und das Halten von dementsprechenden Reserven. Nocco und Stulz (2006) setzten die Reserven einem Substitut für

¹⁰ Jungfraubahn Holding AG, Geschäftsbericht 2008, S. 24.

¹¹ Die Diversifikation des Geschäftsfeldes ist bei den meisten Bergbahnen nicht möglich.

Eigenkapital gleich. Dies bedeutet für Manager, dass sie vor einem Trade-off zwischen aktivem Risikomanagement und dem Halten von Kapitalreserven stehen. Nocco und Stulz (2006) belegen, dass Unternehmen nicht unbeschränkt Reserven halten können, um Ertragsschwankungen abzufedern. Diese Lösung ist für die Bergbahnbranche und insbesondere für kleine Betriebe eher ungeeignet, da ein Investitionsdruck besteht, der nicht das Halten von zusätzlichen Reserven vorsieht.

Bei Katastrophen-, Umwelt- und operativen Risiken können Versicherungen abgeschlossen werden, um das finanzielle Risiko abzusichern. Diese Möglichkeit existiert für Wetterrisiken nicht. Andere Risiken wie Währungs-, Rohstoff- oder Zinsrisiken können mit Derivaten zu tiefen Transaktionskosten abgesichert werden. In der Schweiz gibt es keine Börse wie die Chicago Mercantile Exchange (CME), an welcher standardisierte Wetterderivate gehandelt werden. Die Bergbahnen müssten auf den Over the Counter Handel (OTC) zurückgreifen. In der Schweiz ist die CelsiusPro AG führender Anbieter von individuellen Wetterderivaten für kleinere und mittlere Unternehmen. Auf der Homepage von CelsiusPro¹² können sich Bergbahnen je nach Standort und Wetterexposure spezifische Wetterderivate zusammenstellen und damit ihr Exposure absichern.

Als Beispiel für Wettermanagement mit Wetterderivaten von Bergbahnen kann die Arosa Bergbahn genannt werden. Die Arosa Bergbahnen AG versprach ihren Kunden im Vorverkauf der Saisonkarten 2009/10 eine Sonnengarantie. Dahinter steht ein Wetterderivat von CelsiusPro, welches den Kunden Rabattgutscheine für die darauffolgende Saison verspricht, wenn die Saison weniger als 60 Sonnentage hat.¹³ Die Bergbahnen von Arosa schlagen zwei Fliegen auf einen Streich. Einerseits erregen sie Aufsehen mit dieser Marketingkampagne und verhoffen sich damit die Umsätze zu steigern. Andererseits wird das Wetterexposure welchem die Kunden und indirekt die Bergbahn ausgesetzt sind, an CelsiusPro übertragen.

Das Beispiel zeigt, dass es in der Schweiz Bergbahnen gibt, welche ihr Wetterexposure mit Wetterderivaten absichern. Wie sieht es mit anderen Bergbahnen aus? Eine Umfrage in Österreich von Bank und Wiesner (2009) belegt, dass sich die meisten Bergbahnen ihrem Wetterexposure bewusst sind. Absichern dagegen tut sich praktisch keine der befragten Bahnen. Deshalb ist anzunehmen, dass auch die Mehrheit der Bergbahnen in der Schweiz sich nicht gegen das Wetterexposure absichert.

¹² <https://www.celsiuspro.ch/>

¹³ Vgl. Arosa Bergbahnen AG, 2009. Mindestens 4 Stunden Sonnenschein sind als ein Sonnentag definiert.

In der Literatur gibt es einzelne Studien über Wetterexposure und -hedging für die Landwirtschaft- oder Energiebranche.¹⁴ Eine Arbeit im Bereich Tourismus stammt von Tang und Jang (2010). In dieser Arbeit wird das Hedging des Schneerisikos von Skigebieten in den USA behandelt. Für einige Bergbahnen ist die Schneesicherheit tatsächlich ein Risiko, allerdings beschneien heute die meisten Skigebiete ihre Pisten künstlich. Die Frequenzen der Bergbahnen werden auch im Frühling, Sommer und Herbst vom Wetter beeinflusst. Wenn unerwünschtes Wetter herrscht, gehen Touristen, Wanderer und Mountainbiker nicht in die Berge und die Bahnen machen keine Umsätze. Dies wird sich in den Finanzen der Bergbahnen niederschlagen. Den Bergbahnen fehlen Einnahmen und die Fixkosten fallen trotzdem an. In der Folge kann es sein, dass die Bergbahnen rote Zahlen schreiben und in finanzielle Schwierigkeiten geraten können.

Die Schweizer Bergbahnen müssen aktiv werden und sich mit ihrem Wetterexposure auseinandersetzen. Insbesondere für kleine Bergbahnen, welche nicht über grössere finanzielle Reserven verfügen, kann das Wetterexposure ein beträchtliches Risiko darstellen, welchem die Verantwortlichen Rechnung tragen sollten.

Im Moment bestehen Forschungslücken für die Beurteilung des Wetterexposures von Bergbahnen. Zudem ist nicht klar, wie das Wetterexposure berechnet wird und ob dieses Exposure mit Wetterderivaten abgesichert werden kann. Diese Arbeit leistet einen Beitrag für die bessere Beurteilung und Absicherung des Wetterexposure von Schweizer Bergbahnen.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, den Zusammenhang zwischen Wetter und Performance von Schweizer Bergbahnen zu erforschen. Anhand täglicher Frequenzdaten¹⁵ von Bergbahnen und Wetterdaten aus den Jahren 2005 bis 2009 wird das Wetterexposure der einzelnen Bahnen berechnet. Es wird das Wetterexposure der folgenden Bergbahnanlagen untersucht:

Jungfraubahnen, Rigi Bahnen, Zermatt Bergbahnen und Bergbahnen Engadin St. Moritz.

Die Wetterdaten stammen von automatischen Wetterstationen der MeteoSchweiz. Die Variablen *Lufttemperatur, Regentag* und *Sonnenscheindauer* werden berücksichtigt.

Nach der Analyse des Wetterexposures der Bergbahnen, wird in einem zweiten Schritt das Exposure mit Wetterderivaten von CelsiusPro mit einer Simulation für die Jahre 2005 bis

¹⁴ Weitere Informationen im Kapitel Relevanz.

¹⁵ Die Frequenzzahl gibt die Anzahl Personen an, welche an einem Tag transportiert werden.

2009 abgesichert. Für jede Bergbahn wird eine relevante Wettervariable ausgewählt und ein Absicherungsprodukt zusammengestellt. Anhand einer Simulation wird aufgezeigt, wie erfolgreich das Hedging für die Bergbahnen war und wie hoch die Absicherungskosten gewesen wären.

1.3 Relevanz

Das folgende Kapitel gibt Übersicht über eine Auswahl bestehender wissenschaftlicher Arbeiten, welche sich mit Wetterexposure und –absicherung befassen.

Einen Einstieg in die Thematik der Wetterderivate und -absicherung gibt die Arbeit von Cao et al. (2003). Die Arbeit beschreibt den Markt, die Produkte und die möglichen Anwendungen anhand theoretischer Wetterabsicherungsbeispiele für Energieunternehmen, Skigebiete und Gastronomieunternehmen. Im Beispiel Skigebiete wird aufgezeigt, wie diese sich gegen das Ausbleiben von Schnee mit einem Forward Contract auf Schneefall und mit einer Calloption auf Temperatur absichern können. Die Studie ist empirisch und somit liegt keine Analyse und Auswertung des Hedgings vor.

Eine empirische Analyse liefert die Arbeit von Tang und Jang (2010). Dabei wird das Schneefallexposure von US Skigebieten auf der Basis von Quartals Cash Flows analysiert. Die Autoren belegen, dass Skigebiete, welche geographisch diversifiziert sind, das Schneefallexposure mit einem Hedging erfolgreich absichern können.

Weitere empirische Untersuchungen und Analysen bezüglich Wetterexposure und –absicherung wurden insbesondere im Bereich Weinanbau und Gashandel verfasst.

Beispielsweise untersucht Zara (2008) die Wettersensitivität des Weinbaus. Zara stellt dabei fest, dass die Versicherung der Traubenernte nicht effizient ist und das Temperaturreisiko ungenügend abdeckt ist. Deshalb schlägt Zara vor, dieses Exposure mit Wetterderivaten resp. Cooling Degree Days (CDD) Derivaten abzusichern. Zara kommt zum Schluss, dass das Temperaturreisiko der DOC Oltrepò Pavese Bonarda Rotweintraupe am effektivsten mit einem Straddle gehedget werden kann.

Weitere Beispiele sind Zanotti et al. (2003) sowie Leggio und Lien (2002), welche den Gashandel, dessen Wettersensitivität und die Wetterabsicherung untersuchen.

Basierend auf der Gasnachfrage resp. dem Energieverbrauch in Palermo (1994-2000) und Milan (1997-2000) führt Zanotti et al. (2003) eine empirische Untersuchung durch. Die Re-

sultate belegen, dass ein Temperaturrisiko vorliegt und dieses mit einem Heating Degree Day (HDD) Derivat abgesichert werden kann.¹⁶

Leggio und Lien (2002) untersuchen anhand von monatlichen Gasrechnungen über 8 Jahre wie das Wetterexposure abgesichert werden kann.¹⁷ Zur Absicherung der Gaslieferungen werden HDD Derivate und Futures auf den Gaspreis verwendet. Diese Studie zeigt, dass ein optimales Hedging nur möglich ist, wenn Preis- und Wetterrisiko abgesichert werden.

Ein Problem bei der Absicherung von Wetterexposure stellt das Basisrisiko dar.¹⁸ Darüber wurden diverse Arbeiten verfasst. Beispielsweis Manfredo und Richards (2009) untersuchen dieses Problem anhand von Nektarinenernten aus Kalifornien über die Jahre 1882 bis 2003. Die Analyse zeigt auf, dass das Basisrisiko nur minimiert werden kann, wenn der genaue Zusammenhang zwischen der Wettervariable und der abzusichernden Zielvariable bekannt ist. Eine weitere Arbeit welche sich dem Problem des Basisrisikos annimmt, verfasste Musshoff et al. (2005). Diese Arbeit kann, anhand von Daten der Getreideproduktion aus Deutschland, beweisen, dass das Basisrisiko mit zunehmender Distanz zur Wetterstation ansteigt. Dies bedeutet, dass für ein effizientes Hedging die Wetterstation möglichst nahe beim abzusichernden Exposure aufgestellt sein sollte.

Die vorgestellten Arbeiten zeigen, dass viele Branchen direkt oder indirekt vom Wetter beeinflusst werden. Insbesondere die Schweizer Bergbahnbranche, welche kapital- und investitionsintensive sowie wetterabhängige ist, sollte sich mit ihrem Wetterexposure auseinandersetzen. Neben der Analyse des Einflusses des Wetters, müssen die Unternehmen ebenfalls ihr Risikomanagement überprüfen und allenfalls Massnahmen treffen.

Die vorliegende Arbeit ergänzt bisherige Arbeiten für den Bereich der Bergbahnbranche. Das Wetterexposure der Schweizer Bergbahnbranche wird empirisch belegt werden. Weiter wird eine Möglichkeit des Wetterrisikomanagements mit Wetterderivaten aufgezeigt, welche von den Bergbahnen genutzt werden könnte.

¹⁶ $HDD = \max(18 C - T_{avg}; 0)$ diese Variable ist positiv wenn die Temperatur unter 18 Grad Celsius fällt oder 0.

¹⁷ Die Gasunternehmen sind einem Preisrisiko von der Marktseite und einem Nachfragerisiko von der Kundenseite ausgesetzt sind.

¹⁸ Jorion (2007) definiert das Basisrisiko folgendermassen: Basisrisiko ist die Differenz zwischen der Ausprägung des Derivats und des Underlying. Basisrisiko entsteht, wenn die Merkmale des Derivats und der abzusichernden Position unterschiedlich sind.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in drei Hauptteile gegliedert. Im Theorieteil der Arbeit werden die Bergbahnbranche, ihr Wetterexposure mit den Hypothesen und die Absicherungsmöglichkeiten mit Wetterderivaten von CelsiusPro erläutert. Im zweiten Abschnitt der Arbeit wird der empirische Teil behandelt. Zu Beginn werden die Frequenzdaten und die Wettervariablen sowie die Kontrollvariablen vorgestellt. Im Weiteren wird das methodische Vorgehen erklärt. Im Zentrum des empirischen Abschnitts stehen die deskriptive Statistik, die univariate und die multivariate Regression. Abgeschlossen wird dieses Kapitel mit einer Zusammenfassung der Resultate und deren Interpretation. Anschliessend folgt das Kapitel Wetterhedging, welches die Absicherung des Wetterexposures mit OTC Wetterderivaten von CelsiusPro behandelt. Dabei wird nach dem beschriebenen Verfahren für jede Bergbahn eine Wettervariable ausgewählt und ein Wetterderivat zusammengestellt. Anschliessend wird mit Backtesting analysiert, wie diese Derivate das Wetterexposure abgesichert haben. Im letzten Teil der Arbeit werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst. Abgerundet wird die Arbeit mit einem Ausblick auf zukünftige Forschung.

2. Theorieteil

2.1 Bergbahnindustrie und untersuchte Unternehmen

In der Schweiz gibt es 524 Seilbahnbetreiber, welche 1'774 Seilbahn- und Skiliftanlagen unterhalten. Im Jahr 2009 erwirtschaftete die Branche mit rund 9'500 Mitarbeitern einen Umsatz von 1.08 Mia. CHF, wobei der grösste Anteil des Umsatzes in der Wintersaison erwirtschaftet wurde. Die Bahnen in der Schweiz sind über eine aufsummierte Strecke von über 1'700 Kilometern gebaut und überwinden gesamthaft eine Höhendifferenz von rund 500 Kilometern. Die Branche hat die folgende geographische Struktur (siehe dazu Abbildung 1): Rund 26% der Anlagen befinden sich im Kanton Wallis, 19% in Graubünden, je 15% im Kanton Bern und in der Zentralschweiz.

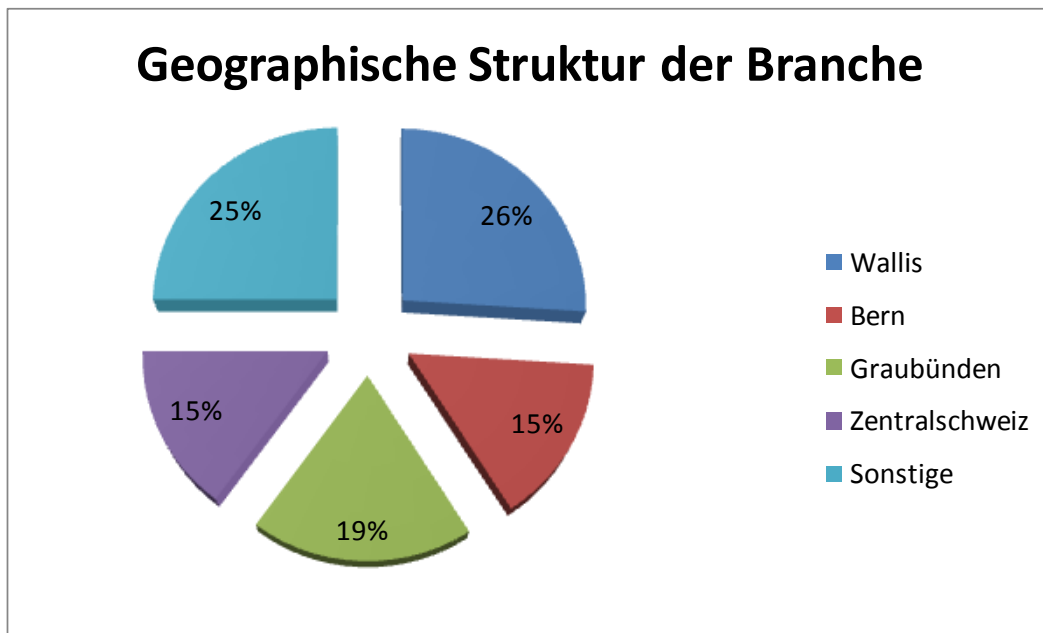


Abbildung 1: Geographische Struktur der Branche

Die Bahnen sind vorwiegend als Aktiengesellschaften organisiert. Rund zwei Drittel aller Aktien sind im Besitz von Privaten, gefolgt von 22%, welche im Besitz der öffentlichen Hand sind. Oft werden Bergbahnen im Interesse der öffentlichen Hand beeinflusst und kontrolliert, weil die Bergbahnen das Rückgrat der entsprechenden Bergregion und des Tourismussektors sind.¹⁹

Rund 30% aller Unternehmen weisen einen Umsatz von weniger als 1 Mio. CHF aus und sind kleingewerblich strukturiert. Die Bahnen im Berner Oberland sind wirtschaftlich und finanziell besser ausgestattet als die Bahnen im Tessin, Jura oder in den Westschweizer Alpen. Die Analyse der Ertragskraft und der strategischen Investitions- und Finanzierungstätigkeiten zeigt einen Konflikt zwischen geringer Ertragskraft und Investitionsstau. Wird viel investiert, steigt die Ertragskraft, parallel dazu entstehen Finanzierungsprobleme. Aus diesem Grund kam es in den letzten Jahren in der Bergbahnbranche zu einer Konsolidierung. Diese Konsolidierung hat sich insbesondere in den Tourismusregionen der Kantone Wallis und Graubünden vollzogen. Es formierten sich in diesen Regionen grosse Gesellschaften formiert, welche heute die grössten Verkehrsumsätze der Bergbahnen aus der Schweiz generieren.

In der Branche besteht ein Investitionsnachholbedarf obwohl jährlich rund 390 Mio. CHF in die Infrastruktur investiert wird. Die Finanzierung der Investitionen mit Bankkrediten kann

¹⁹ Vgl. Seilbahnen Schweiz (2010).

aufgrund der langen Investitionshorizonte, der Abhängigkeit von regionalen Partnern, der Wetter- und der Standortrisiken problematisch sein.²⁰

Eine weitere Möglichkeit die Investitionen zu finanzieren ist das Leasing. Aufgrund der Eigenart und speziellen Risiken der Bergbahnbranche werden jedoch weitere neue Finanzierungsmodelle gefordert.

In den letzten Jahren wurde intensiv in die technische Beschneidung (über 80 Mio. CHF pro Jahr) investiert. Rund 36% der gesamten Pistenfläche sind im Winter 2009/10 mit künstlichem Schnee präpariert worden. Diese Investitionen lohnen sich, weil der Wintersportbetrieb insbesondere über die Weihnachtstage gesichert werden kann. Diese Periode ist für gewisse Bahnen überlebenswichtig, weil in dieser Zeit rund ein Viertel des Winterumsatzes generiert wird. Dank der künstlichen Beschneidung können, unabhängig vom Schneefall, die Pisten mit Schnee bedeckt werden.²¹

Um die Wetterabhängigkeit zu reduzieren, investieren viele Bergbahnen in eigene Gastronomie, Hotellerie oder Vermietungstätigkeit, um direkt mehr Einnahmen mit den gleichen Kunden generieren zu können. So können die Bahnen neben dem Personentransport auch bei Schlechtwetter von den Einnahmen der Hotellerie und Gastronomie profitieren.

Die Bergbahnbranche ist sehr heterogen, weil jede Bahn ein unterschiedliches Einzugsgebiet, Angebot und Zielpublikum hat, wird ein individuelles Wetterexposure abgeleitet. Deshalb werden die untersuchten Unternehmen in den folgenden Kapiteln kurz vorgestellt.

2.1.1 Jungfraubahn Holding AG

Die Jungfrau Holding AG wurde 1994 gegründet. Die Holding umfasst folgende Tochtergesellschaften: Jungfraubahn AG, Harderbahn AG, Wengernalpbahn AG, Firstbahn AG, Bergbahn Lauterbrunnen-Mürren AG, Parkhaus Lauterbrunnen AG, Jungfraubahnen Management AG und Sphinx AG Jungfrauoch. Heute verfügt die Aktiengesellschaft über eine Marktkapitalisierung von 256'740'000 CHF. Die Aktie wird an der SIX Swiss Exchange und an der BX Bern Exchange gehandelt. Im Jahr 2009 erwirtschaftete die Holding 134.3 Mio. CHF Umsatz, 51.2 Mio. CHF EBITDA und 22.1 Mio. CHF Gewinn. Mit rund 650 Vollzeitstellen betreibt die Holding sieben Bahnen in der Jungfrau Region. Die Jungfraubahn AG und die Wengernalpbahn AG sind für die Gruppe die wichtigsten Bahnen. Ziel der Holding ist der Betrieb ihrer Bahnen in der "Eiger Mönch & Jungfrau Region" und die Vermarktung des "Jungfrau-

²⁰ Vgl. Bieger und Laesser (2005).

²¹ Vgl. Seilbahnen Schweiz (Fakten und Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche 2010).

joch - Top of Europe".²² Da in dieser Arbeit die Daten der Harderbahn und der Jungfraujochbahn zur Verfügung stehen, werden diese beiden Bahnen vorgestellt.

Die Harderbahn ist eine Drahtseilbahn, welche die Gäste in acht Minuten von Interlaken auf den Hausberg Harder Kulm auf 1'322 Meter über Meer befördert. Der Harder Kulm ist ein idealer Ausgangspunkt für Bergwanderungen oder Familienausflüge. Die Bahn ist von Ende April bis Ende Oktober in Betrieb.²³

Die Jungfraubahn fährt von der Kleinen Scheidegg durch die Berge Eiger und Mönch. Die Zwischenstationen Eismeer und Eigerwand bieten den Besuchern eine grossartige Aussicht. Endstation ist das Jungfraujoch - Top of Europe. Der Bahnhof liegt auf 3'454 Meter über Meer und ist der höchste Europas.²⁴

2.1.2 Rigi Bahnen AG

Die Rigi Bahnen AG entstand 1992 aus der Fusion von Rigibahn-Gesellschaft und Arth-Rigi-Bahn.²⁵ Heute beschäftigt die Rigi Bahnen AG 138 Personen, wobei 50% der Angestellten im Stundenlohn arbeiten.²⁶ Das Aktienkapital beträgt 11'600'000 CHF und die Aktien werden an der BX Bern Exchange gehandelt. Die Rigi Bahnen AG erwirtschaftete 2009 einen Betriebsertrag von 14.3 Mio. CHF, ein EBITDA von 2.1 Mio. CHF und einen Verlust von 336'350 CHF.²⁷ Die AG betreibt eine Zahnradbahn, welche die Gäste von Arth-Goldau und Vitznau auf die Rigi befördert. Anzumerken ist, dass die Vitznau-Rigi-Bahn die älteste Bergbahn von Europa ist. Weiter wird eine Panorama-Luftseilbahn betrieben, welche von Weggis nach Rigi Kaltbad fährt.

2.1.3 Bergbahnen Engadin St. Moritz AG

Die St. Moritzer Bergbahnen, die Suvretta Piz Nair AG, die Celeriner Bergbahnen AG und die Diavolezza Bahnen AG fusionierten im November 2006 zur Bergbahnen Engadin St. Moritz AG. Die neuentstandene Aktiengesellschaft ist mit einer Bilanzsumme von 90 Mio. CHF eine der bedeutendsten Bergbahnen der Schweiz. Zudem hat sie sich zum Ziel gesetzt, eines

²² Vgl. Jungfraujoch Holding AG, Geschäftsbericht 2009.

²³ Vgl. Jungfraubahn Holding AG, Harderbahn 2010.

²⁴ Vgl. Jungfraubahn Holding AG, Jungfraujoch 2010.

²⁵ Vgl. Rigi Bahnen AG, Bergbahnen, Bahngeschichte, 2010.

²⁶ Dies entspricht 85 Vollzeitstellen.

²⁷ Vgl. Rigi Bahnen AG, Geschäftsbericht 2009.

der zehn besten Skigebiete der Welt zu werden. Die Bergbahnen beschäftigen rund 360 Mitarbeiter im Winter und 180 im Sommer, wobei 120 Jahresangestellte sind.²⁸

In der Saison 2008/2009 wurde ein Netto Betriebsertrag (inkl. Nebenerträge) von 56.7 Mio. CHF, ein EBITDA von 17.5 Mio. CHF und ein Jahresgewinn von 590'954 CHF erwirtschaftet.²⁹

Im Fokus dieser Arbeit steht die sogenannte Zubringerbahn Celerina – Marguns. Diese Bahn bringt die Gäste vom Tal in das Skigebiet Corviglia. In den Sommermonaten ist die Bahn ebenfalls in Betrieb und befördert Biker und Wanderer.

2.1.4 Zermatt Bergbahnen AG

Im Februar 2002 fusionierten die Sunnegga-Express AG, die Rothornbahn AG und die Matterhornbahnen AG zur Zermatt Bergbahnen AG. Die Zermatt Bergbahnen AG erwirtschaftete in der Saison 2008/2009 mit 239 Vollzeitstellen einen Betriebsertrag von 66.2 Mio. CHF, ein EBITDA von 32.3 Mio. CHF und einen Gewinn von 2.8 Mio. CHF.³⁰

Von dieser Gesellschaft stehen die Frequenzdaten der Bahn Trockener Steg – Kleines Matterhorn zur Verfügung. 1979 wurde diese Luftseilbahn in Betrieb genommen. Die Bergstation liegt auf 3'820 Meter über Meer und ist damit die höchste Luftseilbahn Europas.³¹

Das Kleine Matterhorn ist ein Ausgangspunkt für Hochtouren, erschliesst das grösste Sommerskigebiet Europas und bietet ein einmaliges Panorama der italienischen, französischen und schweizerischen Alpen.³²

2.2 Wetterexposure von Bergbahnen

Brocket et al. (2005) definiert Wetterexposure als $\Delta E/\Delta W$. Gemäss dieser Definition ist ΔE die Veränderung des Einkommen und ΔW die Veränderung der Wettervariable.³³ Ein Beispiel dazu: Steigt die Regenmenge, führt dies zu einer Veränderung der Einnahmen. Ähnliche Aussagen sind in den Geschäftsberichten der Bergbahnen zu finden. Das Wetterexposure besteht nicht nur aus negativen Auswirkungen aufgrund des schlechten Wetters. So kann zum Beispiel schönes Wetter einen positiven Einfluss auf die Einnahmen haben. In dieser Arbeit steht

²⁸ Vgl. Bergbahnen Engadin St. Moritz AG, 2010.

Vgl. Bergbahnen Engadin St. Moritz AG, ÜBER UNS, 2010.

²⁹ Vgl. Bergbahnen Engadin St. Moritz AG, Geschäftsbericht 2008/2009.

³⁰ Vgl. Zermatt Bergbahnen AG, Geschäftsbericht 2008/2009.

³¹ Vgl. Zermatt Tourismus, Eckdaten, Zermatter Geschichte, 2009.

³² Vgl. Zermatt Tourismus, Erlebnisse, Peaks, Matterhorn glacier paradise, 2010.

³³ Vgl. Brocket et al. (2005) S. 128.

jedoch das Abwärtsrisiko, dementsprechend das schlechte Wetter im Vordergrund, weil die Bergbahnen sich gegen unerwünschtes Wetter absichern sollten.

Um ein Verständnis für das Wetterexposure von Bergbahnen zu erhalten, wird an dieser Stelle erklärt, welche Wettervariablen einen Einfluss auf das Einkommen der Bergbahnen haben können und damit einhergehend die Hypothesen dieser Arbeit formuliert.³⁴

Aufgrund der Zitate aus den Geschäftsberichten, wird vermutet, dass die Variablen Temperatur, Niederschlag und Sonnenschein einen Einfluss auf die Einnahmen haben und deshalb ein Teil des Wetterexposures der Bergbahnen darstellen. Weil diese Variablen in der Nähe aller Bergbahnen von Wetterstationen gemessen werden und für diese Arbeit zur Verfügung stehen, können die folgenden Hypothesen formuliert und im empirischen Teil untersucht werden.³⁵ Für jede Wettervariable wird eine eigenständige Hypothese formuliert, damit der unterschiedliche Effekt der Wettervariablen auf die Frequenzen der Bergbahnen berücksichtigt wird.

Die erste Hypothese untersucht den Effekt des Niederschlags. Es wird eine negative Korrelation zwischen Niederschlag und Frequenz unterstellt. Dabei wird vermutet wird, dass die Regenmenge selber nicht im Vordergrund steht. Massgebend ist, ob es regnet oder nicht. Bei wenig Regen werden die Frequenzen leicht sinken, doch übersteigt die Regenmenge einen bestimmten Wert, dann bleibt die Kundschaft aus, egal wie gross die Niederschlagsmenge ist. Um diese Hypothese zu untersuchen wird eine binäre Variable Regentag aus der Niederschlagsmenge generiert. Liegt die Niederschlagsmenge über 3 Millimeter pro Tag, wird dies als *Regentag* gewertet. Wird dieser Wert nicht überschritten, gilt dies als *Keinregentag*.

Hypothese 1: Ist die Niederschlagsmenge grösser als 3mm, sind die Frequenzen tiefer, als wenn diese Schwelle nicht überschritten wird.

Die zweite Hypothese untersucht den Effekt der Sonnenscheindauer. Es wird ein linearer Zusammenhang und eine positive Korrelation zu der Frequenz vermutet. Wenn die Sonne scheint, wird dies als schönes Wetter bezeichnet, was sich positiv auf die Zahlen der Bergbahnen auswirken sollte. Demzufolge wird die folgende Hypothese formuliert.

³⁴ Beim untersuchten Wetterexposure handelt es sich um nicht-katastrophale Wetterereignisse.

³⁵ Weitere Wettervariablen können nicht berücksichtigt werden, weil diese nicht für alle Wetterstationen und den ganzen Untersuchungszeitraum vorliegen.

Hypothese 2: Je länger die Sonnenscheindauer desto höher die Frequenz.

Allgemein ausgedrückt: Je schöner das Wetter desto eher geht die Kundschaft der Bahnen in die Berge. Da im Sommer und Winter das Angebot der Bahnen und die Erwartungen der Kunden unterschiedlich ist, ergeben sich für die beiden Saisons auch unterschiedliche Wetterexposures. Um diesen Saisonunterschied zu berücksichtigen werden die Hypothesen 3 und 4 getrennt nach Saison aufgestellt.³⁶ Die Hypothese 3 bringt die Bedeutung der Temperatur in der Sommersaison auf den Punkt. So gehen insbesondere im Sommer viele Kunden bei höheren Temperaturen in die Berge, weil dort angenehmere und kühlere Temperaturen herrschen als im Unterland. Sinken die Temperaturen jedoch, gehen die Kunden nicht in die Berge, weil es dort rasch kälter wird.

Hypothese 3: In der Sommersaison führt eine höhere Temperatur zu einer höheren Frequenz.

Im Winter ist der Einfluss der Temperatur komplex, weil die Variable Temperatur andere Faktoren beeinflusst, wie beispielsweise Niederschlag oder Schneefall. Viele Kunden der Bergbahnen benutzen die die Bahnen nur, wenn es genügend Schnee hat. Deshalb beschneien die meisten Skigebiete ihre Skipisten, um genügend Schnee für die ganze Saison zu haben. Damit die Beschneiungsanlagen Schnee produzieren können, müssen die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit in einem bestimmten Bereich liegen. Auch natürlicher Schnee fällt nur bei tiefen Temperaturen. Aufgrund dieser Behauptungen, kann man davon ausgehen, dass in der Wintersaison tiefere Temperaturen für die Bergbahnen besser sind. Doch sind die Temperaturen extrem tief, lockt dies nicht viele Gäste in die Skigebiete. Wahrscheinlich meiden viele Kunden bei schlechtem Wetter und tiefen Temperaturen sogar das Skifahren.

Doch wie sieht es aus, wenn die Temperaturen ansteigen? Die Kunden kommen vermehrt in die Skigebiete. Nebeneffekt bei hohen Temperaturen ist jedoch das der Schnee schmilzt und die Beschneiungsanlagen können nicht optimal betrieben werden. Damit nimmt die Qualität der Skipisten ab und es kommen kaum mehr Gäste zum Skifahren. Dieses Beispiel zeigt den komplexen Zusammenhang zwischen Temperatur und Frequenz in der Wintersaison. Dieser lässt sich nicht immer eindeutig zuordnen. Die folgende Hypothese hält, den Zusammenhang zwischen Temperatur und Frequenzen für die Wintersaison fest.

³⁶ Bei den restlichen Wettervariablen wird ein geringer Saisonereffekt vermutet und deshalb auf eine Aufteilung der Hypothesen verzichtet.

Hypothese 4: In der Wintersaison gibt es für die Temperaturen Schwellenwerte, welche zu höheren Frequenzen führen; liegen die Temperaturen höher oder tiefer als die Schwelle, sinken die Frequenzen.

Gemäss diversen Zeitungsberichten beeinflussen die Wetterprognosen die Entscheidungen der Bergbahnkunden und damit die Frequenzen der Bergbahnen.³⁷ Gäste welche das Hotel, die Ferienwohnung und den Skipass bereits im Voraus gebucht haben, reagieren weniger sensibel auf die Wetterprognosen. Bei den Tagesausflugtouristen wird jedoch ein stärkerer Einfluss des Wetterberichtes vermutet. So schreckt ein negativer Wetterbericht die spontanen und flexiblen Kunden davon ab, in die Berge zu gehen. Die Touristen werden andere Freizeitaktivitäten planen, welche bei schlechtem Wetter ausgeführt werden können. Auf der anderen Seite sollte ein positiver Wetterbericht die Kunden animieren, in die Berge zu gehen und daher zu höheren Frequenzen führen. Um den Effekt der Wetterprognosen zu untersuchen werden zwei Hypothesen formuliert. Die Hypothese 6 untersucht den Schönwetterprognoseeffekt anhand des Sonnenscheins, weil viel Sonnenschein allgemein als schönes Wetter empfunden wird.

Hypothese 5: Je höher die Sonnenscheindauer prognostiziert wird desto höher die Frequenzen.

Der Schlechtwetterprognoseeffekt wird mit der Hypothese 6 untersucht. Dies wird anhand der Niederschlagsprognosen gemacht, weil Regen als schlechtes Wetter empfunden wird.

Hypothese 6: Je mehr Niederschlag prognostiziert wird desto tiefer die Frequenzen.

Weitere Variablen wie zum Beispiel Feuchtigkeit, Wind, Schneemenge und Schneefall sind ebenfalls Bestandteile des Wetterexposures der Bergbahnen. Es gilt zu beachten, dass Wettervariablen sich gegenseitig beeinflussen und in Wechselwirkung stehen. So ist zum Beispiel die Luftfeuchtigkeit eine wichtige Wettervariable, welche Einfluss auf die Sicht, die Art des Niederschlags und die gefühlte Temperatur hat. Da diese Daten nicht für alle Wetterstationen vorliegen, können sie in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt und untersucht werden.

³⁷ Vgl. Thuner Tagblatt, 05.02.2011, Lieber keine Prognosen von mehr als drei Tagen. Vgl. 20 Minuten, 11.11.2010, Skigebiete: Donnerwetter wegen Meteo-Prognosen.

Aufgrund der Ausführungen zum Wetterexposure und den Hypothesen wird ersichtlich, dass das Wetterexposure von Bergbahnen je nach Zielpublikum und Saison unterschiedlich sein kann und keineswegs trivial ist.

Die Hypothesen werden anhand der Resultate der multivariaten Regressionen getestet. Die Resultate und Interpretationen werden im Kapitel 3.3.4 (Zusammenfassung der Resultate und Interpretation) präsentiert.

2.3 Wetterderivate von CelsiusPro AG

Die CelsiusPro AG ist der erste Anbieter in Europa, der den Handel von Wetterderivaten³⁸ über das Internet anbietet. Aufgrund dieses Angebotes wurde im Jahr 2009 der Innovationspreis der Schweizer Assekuranz vom Fachmagazin „Schweizer Versicherung“, dem Versicherungsbrokkerverband SIBA und Accenture an CelsiusPro verliehen. Auf der Homepage von CelsiusPro³⁹ können Kunden Wetterzertifikate auf unterschiedliche Wettervariablen von mehr als 100 europäischen Wetterstationen kaufen. Das Angebot von CelsiusPro richtet sich insbesondere an kleinere und mittlere Unternehmen, welche ab einem Prämienbetrag von 5'000 CHF Wetterderivate bei CelsiusPro kaufen können. Auf der Homepage von CelsiusPro finden die Kunden einen Onlinepreisrechner, individuellen Support und einen Online Konto um die Derivate zu handeln.⁴⁰

Die nachfolgende Tabelle 1 liefert eine Übersicht der Wetterderivate, welche von CelsiusPro angeboten werden.

³⁸ Gemäss Brocket et al. (2005) unterscheiden sich Wetterderivate in folgenden Punkten von üblichen Optionen: Underlying „Wetter“ lässt sich nicht handeln und die Option kann nicht mit Black – Scholes Modell bewertet werden.

³⁹ <https://www.celsiuspro.ch/>

⁴⁰ Vgl. Schweizer Versicherung (2009).

Tabelle 1: Übersicht der Wetterderivate von CelsiusPro

Kategorie	Produkt	Index
Temperatur	Heisser Tag	Tagesdurchschnittstemperatur in °C
	Hitzetag	Tageshöchsttemperatur in °C
	HDD Put	Tagesdurchschnittstemperatur in °C
	CAT Call	kumulierte Tagesdurchschnittstemperatur in °C
	Kalter Tag	Tagesdurchschnittstemperatur in °C
	Frosttag	Tagestiefsttemperatur in °C
	HDD Call	Tagesdurchschnittstemperatur in °C
	CAT Put	kumulierte Tagesdurchschnittstemperatur in °C
Niederschlag	Trockentag	Täglicher Niederschlag in mm
	Trockensaison	kumulierter Niederschlag in mm
	Regentag	Täglicher Niederschlag in mm
	Regensaison	kumulierter Niederschlag in mm
Schneefall	Schneetag	Täglicher Schneefall in cm
	Wenig-Schnee Tag	Täglicher Schneefall in cm
Sonnenstunden	Sonnentag	Tägliche Sonnenscheindauer in h
	Sonnensaison	kumulierte Sonnenscheindauer in h
	Wenig-Sonnenstunden-Tag	Tägliche Sonnenscheindauer in h
	Wenig-Sonnenstunden-Saison	kumulierte Sonnenscheindauer in h
Wind	Windtag	Durchschnittliche Geschwindigkeit in m/s
Wasserabfluss	Wenig-Abflussmenge	kumulierte m ³ /s
Strahlung	Wenig-tägliche Globalstrahlung	kumulierte kWh/m ²

Die Produkte von CelsiusPro werden im folgenden Abschnitt beschrieben und erläutert:⁴¹

Temperatur: Es wird unterschieden zwischen einer Wetterdeckung für Wärme und Kälte. Für die Absicherung von zu hohen Temperaturen werden folgende Derivate angeboten: „Heisser Tag“ (Tagesdurchschnittstemperatur in °C), „Hitzetag“ (Tageshöchsttemperatur in °C), „Heating Degree Day“ (HDD) Put (Tagesdurchschnittstemperatur in °C) und „Cumulative Average Temperatur“ (CAT) Call (kumulativer Tagesdurchschnittstemperatur-Index in °C). Die Produkte basieren jeweils auf der Variable in der Klammer. Zum Beispiel basiert das Derivat „Heisser Tag“ auf der Durchschnittstemperatur und generiert für jeden Tag über dem definierten Strike einen Payout. Für den „Hitzetag“ gibt es einen Payout, wenn die Tageshöchsttemperatur über dem Strike liegt. Das HDD Put Zertifikat zahlt für jeden HDD, wenn die kumulierten HDD's unter dem Strike liegen. Mit dem CAT Call wird für jedes Grad Cel-

⁴¹ Vgl. CelsiusPro AG, Branchen, 2010. Theoretisch kann auf jede Wettervariable ein Wetterderivat geschrieben werden. Es müssen jedoch Wetterstationen vorhanden sein, welche die Daten messen. Zudem müssen die Daten verlässlich sein und sollten nicht manipuliert werden können von den Derivatkäufern und -verkäufern.

sus über dem Strike ein Payout bezahlt, falls der Durchschnittstemperatur-Index den Strike übertrifft. Mit den Produkten „Kalter Tag“ (Tagesdurchschnittstemperatur), „Frosttag“ (Tagesstiefsttemperatur), HDD Call Zertifikat (Tagesdurchschnittstemperatur), CAT Put Zertifikat (kumulative Tagesdurchschnittstemperatur) können Risiken für zu tiefe Temperaturen abgesichert werden. Diese Produkte funktionieren wie die Derivate für die Absicherung der Wärme.

Niederschlag /Schneefall: In dieser Kategorie werden Produkte für Trockenheit, Regen oder Schnee angeboten. Dabei werden sogenannte Saisonprodukte benützt, welche über eine bestimmte Periode laufen. Es existieren „Trockentag“ (tägliches Index) und „Trockensaison“ (kumulativer Index in mm) um das Ausbleiben von Niederschlag abzusichern. Auf der anderen Seite gibt es „Regentag“ (tägliches Index) und „Regensaison“ (kumulativer Index in mm), um den Niederschlag abzusichern. Das „Trockentag“ oder „Regentag“ Derivat zahlt für jeden Tag, an dem der Niederschlag unter oder über dem Strike liegt. Die Saisonderivate zahlen einen fixen Betrag für jeden Millimeter unter oder über dem kumulierten Strike. Regenderivate sind beispielsweise geeignet um den finanziellen Ausfall von Openairveranstaltungen abzusichern. Das Absichern von Schneefall, wird mit den Produkten „Schneetag“ und „Wenig-Schnee Tag“ gemacht. Auch hier wird die Option honoriert, wenn die Schneefallmenge über oder unter dem festgelegten Strike liegt. Das „Schneetag“ Derivat kann beispielsweise zum Absichern der Schneeräumungskosten für Städte und Flughäfen verwendet werden.

Sonnenstunden: „Sonnentag“ (tägliches Index), „Wenig-Sonnenstunden-Tag“ (tägliches Index), „Sonnensaison“ (kumulierter Index in h) und „Wenig-Sonnenstunden-Saison“ (kumulativer Index in h) sind die Produkte mit denen das Sonnenexposure gehedget werden kann. Die Auszahlung erfolgt nach dem gleichen Muster wie bei Niederschlag.

Strahlung: Um eine tiefe Strahlung abzusichern wird das Produkt „Wenig-tägliche Globalstrahlung“ (kumulativer Index in KWh/m^2) angeboten. CelsiusPro bietet dieses Produkt für das Hedging von Solarstromproduktion an. Da die Strahlung abhängig ist von der Bewölkung, könnte mit einem solchen Produkt die Bewölkung abgesichert werden. Dieses Zertifikat zahlt einen Betrag für jeden KWh/m^2 , welcher unter dem definierten kumulierten KWh/m^2 Strike liegt.

Wind und Wasserabfluss: Diese Exposure können mit den Zertifikaten „Windtag“ (durchschnittliche tägliche Windgeschwindigkeit) und „Wenig-Abflussmenge“ (kumulativer Index

in m^3/s) abgesichert werden. Mit diesen Produkten könnten Stromkonzerne ihre Produktionsrisiken von Windanlagen und Fließkraftwerken absichern.

3. Empirischer Teil

3.1 Definition der Variablen

3.1.1 Frequenzdaten, Wettervariablen und Prognosedaten

In dieser Arbeit wird das reale ökonomische Exposure über die Variable Frequenz und nicht über Umsatz oder Cash Flow berechnet. Diese Kennzahl bildet die tatsächliche Nachfrage ab. Sie kann nicht mit buchhalterischen Eingriffen verändert werden und enthält keine Hedgingträge und –kosten. Die Frequenzdaten wurden von verschiedenen Bahnbetreibern zur Verfügung gestellt. Folgende Daten werden für die Arbeit verwendet: Ankunftsahlen Jungfrau-joch (Jun) und Harder (Har) der Jungfrau-bahn Holding AG, Anzahl Tal- und Bergfahrten zwischen Trockener Steg und Klein Matterhorn (Ste, Mat) der Zermatt Bergbahnen AG, Frequenzdaten der Gondelbahn Celerina – Marguns (Cel) der Bergbahnen St. Moritz AG, Summe der Berg- und Talankunft Arth-Rigi Bahn (Ri1), Vitznau-Rigi Bahn (Ri2) und der Luftseilbahn Weggis Rigi Kaltbad (Ri3) der Rigi Bahnen AG.⁴²

Die Wettervariablen wurden von MeteoSchweiz zur Verfügung gestellt. Die Daten stammen von folgenden Wetterstationen: Interlaken, Jungfrau-joch, Luzern, Zermatt und Samedan. Folgende Wettervariablen werden in dieser Arbeit verwendet: Lufttemperatur in Grad Celsius (Tem), Regentag (RegT)⁴³ und Sonnenscheindauer in Stunden (Son).⁴⁴ Für die Untersuchung wurden automatische Wetterstationen ausgewählt, welche in der Nähe der Bahnen sind und auf denen der Kauf von Wetterderivaten von CelsiusPro möglich ist.⁴⁵ Alle verwendeten Daten stehen auf täglicher Basis über den Zeitraum 2005 bis 2009 zur Verfügung.

⁴² Vgl. Tabelle 2.

⁴³ Binärvariable wird abgeleitet aus Niederschlag (Reg).

⁴⁴ Vgl. Tabelle 2.

⁴⁵ Je näher die Wetterstation und die Bergbahn sind desto kleiner sollte das Basisrisiko sein. Eine geographische Übersicht der Wetterstationen und Bergbahnen gibt die Abbildung 2.

Tabelle 2: Definition der Variablen

Variable	Definition
<i>Frequenzvariablen (Fre)</i>	
Har	Frequenz Bergstation Harder
Jun	Frequenz Bergstation Jungfraujoch
Cel	Frequenz Talstation Celerina
Mat	Frequenz Bergstation Kleines Matterhorn
Ste	Frequenz Talstation Trockener Steg
Ri1	Summe der Frequenz Tal- und Bergstation Arth-Rigi
Ri2	Summe der Frequenz Tal- und Bergstation Vitznau-Rigi
Ri3	Summe der Frequenz Tal- und Bergstation Weggis Rigi Kaltbad
<i>Wettervariablen</i>	
Tem	Tagesmittel der Lufttemperatur in Grad Celsius 2 Meter über dem Boden
RegT	Binärvariable für Regentage. Nimmt den Wert 1 an wenn der Tagesniederschlag über 3mm liegt. Liegt der Niederschlag nicht über dieser Schwelle nimmt die Variable den Wert 0 an
Son	Tagessonnenscheindauer in Stunden
<i>Kurzfristprognosevariablen MeteoSchweiz (Folgetag)</i>	
Tn	Minimal prognostizierte Temperatur
Tx	Maximal prognostizierte Temperatur
ProS	Sonnenscheinprognose in Variablen 0 bis 5. Wobei 0 kein Sonnenschein bedeutet
ProR	Niederschlagsprognose in Variablen 0 bis 4. Wobei 0 kein Niederschlag bedeutet
WF	Windprognose in Variablen 0 bis 5. Wobei 0 kein Wind bedeutet
<i>Mittelfristprognosevariablen MeteoSchweiz (Fünftage)</i>	
MProR	Niederschlagsprognose in Variablen 0 bis 5. Wobei 0 kein Niederschlag bedeutet
MProSoBe	Sonnenscheinprognose für die Berge in Variablen 0 bis 4. Wobei 0 kein Sonnenschein bedeutet
MProSoFl	Sonnenscheinprognose für das Flachland in Variablen 0 bis 4. Wobei 0 kein Sonnenschein bedeutet
MProTemAb	Prognose der Temperaturabweichung zur Norm in Variablen -3 bis +3. Wobei der Wert -3 mehr als -8°C Abweichung bedeutet

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick, welche Bahnfrequenz in der Regression mit welcher Wetterstation gegenüber gestellt wird. Es wurde versucht eine Wetterstation auszuwählen, die möglichst nahe bei der Bergbahn liegt.

Tabelle 3: Übersicht der Datenverknüpfung⁴⁶

Frequenz der Bahnanlage:	Wetterdaten der Wetterstation:
Jungfrauoch (Jun)	Interlaken und Jungfrauoch
Harder (Har)	Interlaken
Rigi (Ri1, Ri2, Ri3)	Luzern
Celerina (Cel)	Samedan
Zermatt (Ste, Mat)	Zermatt

Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über die räumliche Anordnung aller Bergbahnen und Wetterstationen. Übersichtshalber wird die Wetterstation Jungfrauoch in dieser Abbildung nicht dargestellt. Die Wetterstation befindet sich jedoch am gleichen Standort wie die Bergstation Jungfrauoch.

⁴⁶ Jun_Jun stellt die Frequenz Jungfrauoch den Wetterdaten des Jungfrauochs gegenüber. Jun_Int dementsprechend den Wetterdaten von Interlaken.

Übersichtskarte

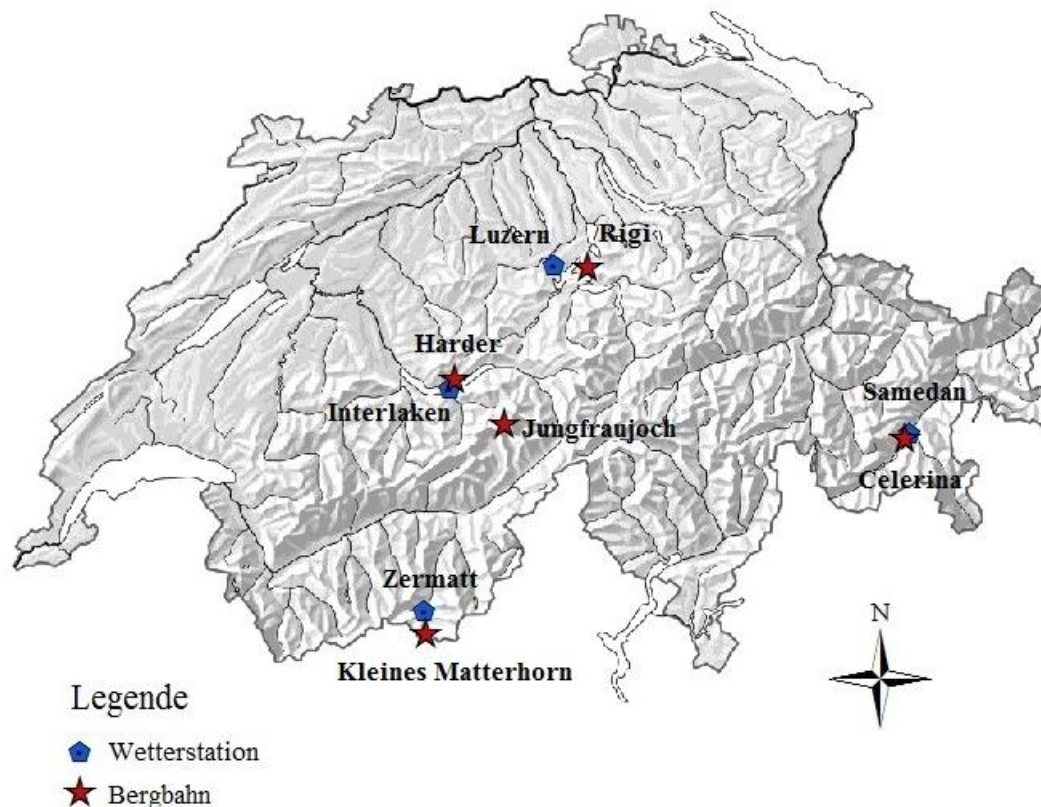


Abbildung 2: Übersichtskarte Wetterstationen und Bergbahnen

Wie auf der Karte ersichtlich ist, liegt die Wetterstation Luzern nicht in unmittelbarer Nähe der Rigibahnen. Ebenfalls zwischen der Wetterstation Interlaken und Jungfrauoch liegt eine beträchtliche Distanz. Da keine andere Wetterstation im Raum Rigi verfügbar ist auf der Wetterderivate gemacht werden können, wird diese verwendet.

Um den Effekt von Wetterprognosen zu berücksichtigen, stellt MeteoSchweiz ihre Wetterberichtsdaten zur Verfügung. MeteoSchweiz codiert ihre Wetterberichte, um die Prognosequalität zu überprüfen. In dieser Arbeit werden die Codierungen der Folgetagprognose und der Mittelfristprognosen berücksichtigt. Die Folgetagprognose wird um 12 Uhr veröffentlicht und für 14 Regionen codiert. Die Daten sind in folgende Kategorien unterteilt: Sonnenscheindauer, Niederschlag, Temperatur und Wind.⁴⁷ Die untersuchten Bergbahnen werden folgenden Regionen zugewiesen: Zermatt „Region 1 Wallis“, Interlaken „Region 8 Berner Oberland“, Rigi „Region 9 Zentralschweiz“ und Celerina „Region 12 Engadin“.

⁴⁷ Vgl. Tabelle 2 und Anhang A.

Bei der Mittelfristprognose handelt es sich um die Wetterprognose, welche fünf Tage im Voraus für einen entsprechenden Tag herausgegeben wird. Diese Prognose wird für die Regionen Ost, West und Süd herausgegeben. Zur Region Ost gehören Interlaken, Jungfrau und Rigi. Zermatt gehört zur Region West und Celerina gehört zur Region Süd. Diese Prognosen werden codiert für Sonnenschein, Niederschlag und Temperatur Abweichung zur Norm resp. zum historischen Durchschnitt.⁴⁸

3.1.2 Kontrollvariablen

Die Frequenzen der Bergbahnen werden jedoch von weiteren Faktoren beeinflusst. Diese Faktoren stehen nicht im Fokus dieser Arbeit, müssen aber trotzdem berücksichtigt werden um den korrekten Einfluss der Wettervariablen messen zu können. So sind zum Beispiel je nach Bahn die Frequenzen an den Wochenenden oder in der Ferienzeit bedeutend höher als an Wochentagen. Weiter weisen die Frequenzen der Bahnen oft saisonale Schwankungen und jährlichen Trends aus. Um diese Faktoren zu berücksichtigen, werden Kontrollvariablen, wie in Tabelle 4 definiert, in das Modell der Regression integriert. Dank dieser Variablen kann der Einfluss der Wettervariablen exakt bestimmt werden.

Bei einigen Bahnen werden an den Wochenenden höhere Frequenzen und Umsätze generiert. Deshalb wird eine Wochenende Dummyvariable für alle Samstage und Sonntage erzeugt (Wek). Es handelt sich um eine Binärvariable, welche an den Wochenenden den Wert Eins ausweist und an den übrigen Wochentagen den Wert Null. Dank dieser Variable kann differenziert werden, wie gross der Wochenendeffekt bei dieser Bahn ist. Die Ferienkontrollvariable (Fer)⁴⁹ kontrolliert nach dem gleichen Schema, nur auf den Effekt zwischen Nichtferien- und Ferienzeit. Neben der Ferienzeit unterliegen viele Bahnen einer Saisonalität oder einem jährlichen Trend der mit Monats- (Mon) und Jahresdummyvariablen (Jah) berücksichtigt werden kann. Weitere Ausführungen und Definitionen sind in der Tabelle 4 ersichtlich.

⁴⁸ Vgl. dazu Tabelle 2 und Anhang B.

⁴⁹ Schulferienliste gemäss Schweizerischer Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren.

Tabelle 4: Definition der Kontrollvariablen

Variable	Definition
<i>Kontrollvariablen</i>	
Fer	Binärvariable, die den Wert Eins annimmt, wenn Schulferien sind. Ansonsten ist der Wert Null
Wek	Binärvariable, die den Wert Eins annimmt, wenn Wochenende ist. Ansonsten ist der Wert Null
Mo1 - Mo12	Variablen für die Monate Januar bis Dezember, die den Wert Eins annehmen, wenn eine Beobachtung dem entsprechenden Monat zugeordnet wird. Ansonsten ist der Wert Null
Jah05 - Jah09	Variablen für die Jahre 2005 bis 2009, die den Wert Eins annehmen, wenn eine Beobachtung dem entsprechenden Jahr zugeordnet wird. Ansonsten ist der Wert Null. Basis Jahr ist 2005

3.2 Methodisches Vorgehen

Dieses Kapitel vermittelt einen Überblick des Vorgehens der empirischen Analyse der Wetterexposure. Bei den untersuchenden Datensätzen der Frequenzen und Wettervariablen handelt es sich um Zeitreihen täglicher Basis. Da die Ordinary Least Squares (OLS) Methode angewendet wird, gibt es Probleme, die berücksichtigt werden müssen. Es gilt zu beachten, dass Zeitreihen keine Zufallsstichproben sind und ein einem stochastischen Prozess unterliegen, der eine gewisse Dynamik hat. Stochastische Prozesse zeigen sich in Zeitreihen in Form von Trends und saisonalen Effekten, die berücksichtigt werden müssen. Weiter gilt es zu beachten, dass alle vergangenen Beobachtungen, den aktuellen Wert beeinflussen können und die Daten der Zeitreihe stationär sein müssen. Zudem müssen die folgenden Annahmen erfüllt sein, damit die Schätzer von OLS mit Zeitreihen erwartungstreu sind: Linear in den Parametern, keine perfekte Kollinearität und unkorrelierte Störterme. Weiter müssen die Fehlerterme unabhängig sein und eine Normalverteilung ausweisen, damit die OLS Standardfehler, t-Statistik und F-Test verwendet werden dürfen.⁵⁰

Um korrekte Rückschlüsse über die Schätzer zu machen, müssen die Daten homoskedastisch sein und es darf keine Autokorrelation vorliegen. Gemäss Pres (2009) sind Wetterdaten autokorreliert und heteroskedastisch. Bestätigt sich dies für die vorliegenden Daten, werden die

⁵⁰ Vgl. Wooldridge (2004) Kapitel 10.

Standardfehler mit dem Newey-West Ansatz geschätzt und die Resultate dementsprechend interpretiert.⁵¹

Das Vorgehen der empirischen Analyse des Wetterexposures ist in die folgenden Kapitel unterteilt. Der erste Teil präsentiert die deskriptive Statistik der Daten für jede Bahnfrequenz und Wetterstation. Zudem liefert die Spearman Korrelationsanalyse einen Überblick der Zusammenhänge zwischen den Daten. Diese Analyse zeigt, ob zwischen den unabhängigen Variablen eine Korrelation besteht, liefert erste Hinweise bezüglich Hypothesen und prüft die Multikollinearität der Daten. Am Ende dieses Kapitels werden die Daten Tests für Stationarität, Normalverteilung und Autokorrelation unterzogen, um Annahmen für die empirische Analyse zu überprüfen. Mit dem Augmented Dickey-Fuller Test wird geprüft, ob die Variablen stationär sind. Weiter wird anhand der Boxplots und dem Skewness-Kurtosis-Test untersucht, ob die Daten normalverteilt sind. Zuletzt wird mit dem Test von Drukker auf Autokorrelation getestet.

Im nächsten Kapitel wird für jede Bahnfrequenz und Wettervariable eine univariate Regression mit OLS gemäss Modell (1) durchgeführt. Da je nach Jahreszeit ein unterschiedliches Wetterexposure besteht, werden alle Regressionen jeweils für die Sommer- und die Wintersaison berechnet.⁵² Im Modell (1) stellen die Frequenzen der Bergbahnen (i) die abhängige Variable $\text{Log}(\text{Fre}_{ti})$ dar. Die Wettervariablen der entsprechenden Wetterstation (i) werden durch die unabhängigen Variablen (Tem_{ti} , RegT_{ti} und Son_{ti}) abgebildet. Die Frequenzdaten werden in den natürlichen Logarithmus⁵³ umgewandelt und den Wetterdaten der entsprechenden Wetterstation gegenübergestellt. Diese univariaten wie auch die multivariaten Regressionen werden gemäss dem Datenset der Tabelle 3 für jede Bergbahnanlage separat aufgestellt.

(1)

$$\text{Log}(\text{Fre}_{ti}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Tem}_{ti} + \varepsilon_{ti}$$

$$\text{Log}(\text{Fre}_{ti}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{RegT}_{ti} + \varepsilon_{ti}$$

$$\text{Log}(\text{Fre}_{ti}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Son}_{ti} + \varepsilon_{ti}$$

⁵¹ Die Newey-West Standardfehler lassen sich nur bei Zeitreihen anwenden, deshalb werde die Resultate jeweils für jede Bahn einzeln ausgewiesen und es gibt keine Aggregation zu Panels.

⁵² Die Bahnen werden meistens in der Zwischensaison für Revisionsarbeiten geschlossen. Diese Periode grenzt jeweils die Saison ab. Da dies nicht bei allen Bahnen gleichzeitig erfolgt, ist die Saison für jede Bahn individuell festgelegt.

⁵³ Diese Form mindert das Problem der Heteroskedastizität und lässt eine einfachere Interpretation bezüglich der Frequenzen zu.

An dieser Stelle werden die Datensets geprüft auf Homoskedastizität.⁵⁴ Falls ein Heteroskedastizitätsproblem vorliegt und die Wetterdaten autokorreliert sind, werden Newey-West Standardfehler verwendet, was zu korrekter Inferenz führt.

Nach dieser Analyse folgt die multivariate Regression. Wie bereits bei der univariaten Regression wird bei der multivariaten Regression mit OLS eine separate Regression für die Sommer- und Wintersaison gemacht. In einem ersten Schritt werden die Frequenzvariablen mit allen Wettervariablen in einer Regression aufgestellt.⁵⁵ In einem zweiten Schritt wird die Formel mit sogenannten Lageeffekten versehen, um zu kontrollieren, ob gewisse Wettervariablen einen zeitlich verzögerten und signifikanten Effekt auf die Frequenz haben. Falls dies der Fall ist, werden diese in das Modell integriert.

$$(2) \quad \text{Log}(\text{Fre}_{ti}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Son}_{ti-1} + \beta_2 * \text{Tem}_{ti} + \beta_4 * \text{RegT}_{ti} \\ (+ \beta_5 * \text{Tn}_{ti} + \beta_6 * \text{Tx}_{ti} + \beta_7 * \text{ProS}_{ti} + \beta_8 * \text{ProR}_{ti} + \beta_9 * \text{WF}_{ti} + \beta_{10} * \text{MProR}_{ti} + \beta_{11} * \text{MProSoBe}_{ti} + \\ \beta_{12} * \text{MProSoFl}_{ti} + \beta_{13} * \text{MProTemAb}_{ti} + \delta_0 * \text{Wek}_{ti} + \delta_1 * \text{Fer}_{ti} + \delta_3 * \text{Mo}_{ti} + \delta_4 * \text{Jah}_{ti}) + \varepsilon_{ti}$$

In einem dritten Schritt wird das Modell mit Wetterprognosen und Kontrollvariablen ergänzt (siehe Klammern des Modells (2)), um zusätzliche Effekte zu berücksichtigen.⁵⁶ Basierend auf diesem Modell kann das Exposure der jeweiligen Bergbahnen bestimmt und die Absicherung des Exposure gemacht werden.

3.3 Empirische Analyse und Resultate der Wetterexposure

3.3.1 Deskriptive Statistik der Frequenz und Wetterdaten

Dieses Kapitel gibt einen Überblick der verwendeten Daten. Die Daten werden getrennt für Winter und Sommersaison präsentiert. In der Tabelle 5 ist für jede Bahnanlage die Anzahl Beobachtungen (Obs.), der Mittelwert (Mean), die Standardabweichung (Std. Dev.), das Minimum (Min.), das 0.25-Quantil (0.25-Q.), das 0.5-Quantil (0.5-Q.), das 0.75-Quantil (0.75-Q.) und das Maximum (Max.) für jede Frequenzvariable in der Sommersaison angegeben. Die gleichen Angaben sind in der Tabelle 6 jeweils für die Wintersaison abgebildet. Die täglichen

⁵⁴ Heteroskedastische Daten haben erwartungstreue und konsistente OLS Schätzer. Die Inferenz ist jedoch verzerrt.

⁵⁵ Siehe Formel (2) ohne Wetterprognosen und Kontrollvariablen in der Klammer.

⁵⁶ Vgl. Zanotti et al. (2003).

Frequenzdaten wurden von den Bergbahnen übernommen und weder bearbeitet noch verändert.

Tabelle 5: Deskriptive Statistik für jede Bahnanlage und Grundgesamtheit in der Sommersaison

Bergbahn	Variable	Obs.	Mean	Std. Dev.	Min.	0.25-Q.	0.5-Q.	0.75-Q.	Max.
Celerina	Frequenz	561	113	130	1	30	65	156	947
Harder	Frequenz	869	368	193	9	239	333	459	1'865
Jungfraujoch	Frequenz	917	2'635	1'113	443	1'835	2'428	3'168	7'330
Kleines Matterhorn	Frequenz	841	900	579	1	444	875	1'246	3'567
Trockener Steg	Frequenz	864	670	486	1	278	594	981	3'058
Rigi1	Frequenz	1'064	1'188	1'050	0	455	897	1'576	8'116
Rigi2	Frequenz	1'064	1'476	906	162	771	1'293	2'008	4'959
Rigi3	Frequenz	1'064	863	564	0	435	733	1'130	4'418
Total	Frequenz	8'161	1'263	1'146	0	384	920	1'838	8'116

Tabelle 6: Deskriptive Statistik für jede Bahnanlage und Grundgesamtheit in der Wintersaison

Bergbahn	Variable	Obs.	Mean	Std. Dev.	Min.	0.25-Q.	0.5-Q.	0.75-Q.	Max.
Celerina	Frequenz	739	2'641	1'487	1	1'509	2'623	3'636	6'636
Harder	Frequenz	Keine Messung							
Jungfraujoch	Frequenz	899	832	469	1	523	725	1'013	4'447
Kleines Matterhorn	Frequenz	871	1'925	1'472	1	214	1'991	3'332	4'523
Trockener Steg	Frequenz	896	158	89	1	100	162	208	627
Rigi1	Frequenz	607	1'108	1'133	81	365	710	1'374	7'320
Rigi2	Frequenz	607	737	550	153	375	565	867	4'063
Rigi3	Frequenz	607	794	727	0	314	532	1'023	4'590
Total	Frequenz	6'125	1'121	1'186	0	297	673	1'458	7'320

Aus der Spalte Beobachtungen (Obs.) ist ersichtlich, dass die Frequenzdatensätze nicht für alle Bahnen komplett sind. Dies lässt sich auf Bahnrevisionen, Tage an denen die Bahnen offiziell geschlossen sind, unterschiedliche Saison oder auf fehlende Beobachtungen zurückführen. Zu erwähnen gilt es, dass die Harderbahn nur im Sommer im regulären Betrieb ist und deshalb im Winter keine Beobachtungen aufweist. Die Datensätze der Frequenzzahlen Trockener Steg und Kleines Matterhorn weisen unterschiedliche Resultate aus, obwohl es sich um dieselbe Bahn handelt. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Gäste im Winter mit der Bahn hoch fahren, um mit den Skiern zur Talstation fahren zu können, was zu einseitigen Frequenzen führt. Im Sommer dagegen fahren die Gäste mit der Bahn hoch, machen eine Wanderung oder geniessen die Aussicht und fahren mit der Bahn wieder ins Tal zurück. Dies führt im Sommer zu ähnlichen Frequenzzahlen.

In der Tabelle 7 und Tabelle 8 sind die deskriptive Statistik für jede Wetterstation und die Wettervariablen abgebildet aufgeteilt in Sommer- und Wintersaison. MeteoSchweiz führt bei allen Wetterdaten eine Plausibilitätsprüfung durch und mutiert die Daten gegebenenfalls.

Weiter muss erwähnt werden, dass auf dem Jungfraujoch kein Niederschlag gemessen wird, aus diesem Grund fehlt die Wettervariable bei dieser Wetterstation. Bei den übrigen Wettervariablen fehlen einzelne Beobachtungen. Zudem variiert die Anzahl Beobachtungen, weil die Saison bei jeder Bahn individuell festgelegt wird.

Tabelle 7: Deskriptive Statistik über alle Wetterstationen für die Variablen Temperatur, Regentag und Sonnenstunden in der Sommersaison

Wetterstation	Variable	Obs.	Mean	Std. Dev.	Min.	0.25-Q.	0.5-Q.	0.75-Q.	Max.
Samedan	Temperatur	561	10.1	3.8	-5.0	7.9	10.3	12.9	17.5
Samedan	Regentag	561	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Samedan	Sonnenstunden	561	5.8	3.4	0.0	2.9	6.6	8.7	11.9
Interlaken	Temperatur	919	15.3	4.1	3.2	12.4	15.6	18.3	24.3
Interlaken	Regentag	919	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Interlaken	Sonnenstunden	915	5.8	4.1	0.0	2.1	5.8	9.2	14.1
Jungfraujoch	Temperatur	919	-2.0	4.0	-16.6	-4.6	-1.5	0.9	6.3
Jungfraujoch	Regentag	Keine Messung							
Jungfraujoch	Sonnenstunden	919	5.7	4.4	0.0	1.2	5.8	9.4	14.8
Zermatt	Temperatur	920	10.4	4.2	-3.2	7.6	10.5	13.4	20.0
Zermatt	Regentag	920	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Zermatt	Sonnenstunden	920	5.6	2.9	0.0	3.4	6.3	8.0	9.8
Luzern	Temperatur	1'064	15.2	4.7	1.3	12.1	15.6	18.4	26.0
Luzern	Regentag	1'064	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Luzern	Sonnenstunden	1'064	5.5	4.4	0.0	1.3	4.8	9.1	14.8
Alle Wetterdaten	Temperatur	8'350	11.9	6.9	-16.6	8.7	13.0	16.8	26.0
Alle Wetterdaten	Regentag	7'431	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Alle Wetterdaten	Sonnenstunden	8'300	5.7	4.0	0.0	2.0	5.8	8.7	14.8

Tabelle 8: Deskriptive Statistik über alle Wetterstationen für die Variablen Temperatur, Regentag und Sonnenstunden in der Wintersaison

Wetterstation	Variable	Obs.	Mean	Std. Dev.	Min.	0.25-Q.	0.5-Q.	0.75-Q.	Max.
Samedan	Temperatur	739	-5.7	6.2	-22.0	-10.4	-5.0	-0.7	7.4
Samedan	Regentag	739	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Samedan	Sonnenstunden	739	4.2	3.0	0.0	1.1	4.7	6.6	10.1
Interlaken	Temperatur	907	3.2	4.9	-10.0	-0.2	2.8	6.5	17.0
Interlaken	Regentag	907	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Interlaken	Sonnenstunden	906	3.1	3.0	0.0	0.1	2.6	5.2	11.3
Jungfraujoch	Temperatur	907	-11.5	5.1	-28.1	-14.8	-11.0	-7.8	-0.5
Jungfraujoch	Regentag	Keine Messung							
Jungfraujoch	Sonnenstunden	907	4.3	3.7	0.0	0.1	4.1	7.5	12.7
Zermatt	Temperatur	906	-1.4	5.1	-15.8	-4.8	-1.3	2.0	12.9
Zermatt	Regentag	906	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Zermatt	Sonnenstunden	906	3.9	2.6	0.0	1.5	4.5	5.7	8.8
Luzern	Temperatur	607	2.0	4.1	-8.5	-0.9	1.7	4.7	14.3
Luzern	Regentag	607	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Luzern	Sonnenstunden	607	2.4	3.0	0.0	0.0	0.8	4.3	11.0
Alle Wetterdaten	Temperatur	7'093	-1.1	6.9	-28.1	-4.9	-0.2	3.4	17.0
Alle Wetterdaten	Regentag	6'186	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
Alle Wetterdaten	Sonnenstunden	7'091	3.4	3.1	0.0	0.1	3.1	5.8	12.7

Die Tabelle 9 gibt einen Überblick der Korrelation von Frequenz- und Wettervariablen, unterteilt nach Bergbahnen. Auf eine Aufteilung dieser Analyse nach Saison wird aufgrund der Übersicht verzichtet. Es wird die Spearman Rangkorrelation durchgeführt, damit allfällige Ausreisser in der Analyse nicht übergewichtet werden. Allgemein sind die Resultate dieser Korrelationsanalyse nachvollziehbar und bestätigen die Erwartungen. Gemäss der Korrelationsanalyse der Tabelle 9 sind die Frequenzen negativ mit den Niederschlagsdaten korreliert. In allen Datensätzen, ausser denjenigen von Celerina und Matterhorn, sind Sonnenstunden und Temperatur positiv mit den Frequenzzahlen korreliert. Was insbesondere bei der Bahn von Celerina darauf zurückzuführen ist, das die Frequenzen in der Wintersaison viel höher sind als in der Sommersaison. Andererseits sind Temperatur und Frequenzen bei den Sommerbergbahnen ziemlich hoch positiv korreliert wie beispielsweise das Jungfraujoch.

Tabelle 9: Spearman Korrelationsanalyse für Frequenz und Wettervariablen aufgeteilt nach Bergbahn

Matterhorn (obs = 1712)					Celerina (obs = 1301)				
	Fre	Tem	RegT	Son		Fre	Tem	RegT	Son
Fre	1				Fre	1			
Tem	-0.153	1			Tem	-0.737	1		
RegT	-0.414	0.102	1		RegT	-0.248	0.196	1	
Son	0.382	0.406	-0.452	1	Son	-0.037	0.237	-0.477	1
Steg (obs = 1760)					Harder (obs = 866)				
	Fre	Tem	RegT	Son		Fre	Tem	RegT	Son
Fre	1				Fre	1			
Tem	0.621	1			Tem	0.413	1		
RegT	-0.172	0.093	1		RegT	-0.211	-0.056	1	
Son	0.532	0.402	-0.466	1	Son	0.427	0.497	-0.498	1
Rigi1 (obs = 1812)					Jungfrauoch_Interlaken (obs = 1811)				
	Fre	Tem	RegT	Son		Fre	Tem	RegT	Son
Fre	1				Fre	1			
Tem	0.185	1			Tem	0.822	1		
RegT	-0.430	0.039	1		RegT	-0.128	0.061	1	
Son	0.423	0.507	-0.361	1	Son	0.573	0.471	-0.460	1
Rigi2 (obs = 1812)					Jungfrauoch_Jungfrauoch (obs = 1816)				
	Fre	Tem	RegT	Son		Fre	Tem	Son	
Fre	1				Fre	1			
Tem	0.540	1			Tem	0.777	1		
RegT	-0.349	0.039	1		Son	0.395	0.293	1	
Son	0.564	0.507	-0.361	1					
Rigi3 (obs = 1812)					Total (obs = 12855)				
	Fre	Tem	RegT	Son		Fre	Tem	RegT	Son
Fre	1				Fre	1			
Tem	0.229	1			Tem	0.149	1		
RegT	-0.447	0.036	1		RegT	-0.239	0.100	1	
Son	0.475	0.518	-0.372	1	Son	0.304	0.379	-0.430	1

Untereinander sind die Wettervariablen über alle Wetterstationen beinahe identisch korreliert.⁵⁷ Negativ korreliert ist Regentag mit Sonnenstunden. Eine tiefe Korrelation nahe Null haben Temperatur und Regentag. Positiv korreliert ist Temperatur mit Sonnenstunden. Allgemein unterliegen die meisten Wetterparameter aufgrund der Jahreszeiten gewissen Schwankungen, welche an dieser Stelle beschrieben werden. So ist zum Beispiel je nach Jahreszeit die maximale theoretische Anzahl Sonnenscheinstunden durch den Stand der Sonne

⁵⁷ Einzig die Wetterdaten von Interlaken und Samedan weisen leicht unterschiedliche Korrelationswerte aus.

vorgegeben, was je nach Wetterlage zu grossen Schwankungen führen kann. Der Niederschlag ist nur bedingt von der Jahreszeit abhängig. Der Verlauf der Temperatur folgt einem ähnlichen Schema wie Sonnenstunde, da die maximale Temperatur ebenfalls vom Sonnenstand abhängig ist. So schwanken auch die Temperaturen je nach Wetterlage in einer gewissen Bandbreite.

Nach der Einführung zu den Daten werden die Daten verschiedenen Tests unterzogen, um die Annahmen für OLS zu überprüfen. Damit OLS bei Zeitreihen angewendet werden darf, müssen die Daten stationär sein und eine Normalverteilung haben. Mit dem Augmented Dickey-Fuller-Test wird untersucht, ob die Variablenreihen stationär sind. Die Nullhypothese unterstellt, dass die Variable nicht-stationär ist. In der Tabelle 10 sind die Testresultate abgebildet. Da bei allen Variablen die Teststatistik über den kritischen Werten ist, kann bei allen Variablen die Nullhypothese verworfen werden kann. Dies bedeutet, dass die Daten stationär sind und keine Anpassungen gemacht werden müssen.

Tabelle 10: Augmented Dickey-Fuller-Test für alle Variablen

Wetterstation	Variable	Z(t)
Celerina	Frequenz	-7.57
Harder	Frequenz	-19.43
Jungfrau	Frequenz	-14.77
Matterhorn	Frequenz	-20.65
Rigi1	Frequenz	-26.26
Rigi2	Frequenz	-22.26
Rigi3	Frequenz	-22.61
Steg	Frequenz	-13.98
Interlaken	Regentag	-30.19
Jungfrau	Regentag	No Observations
Luzern	Regentag	-30.64
Samedan	Regentag	-31.20
Zermatt	Regentag	-30.64
Interlaken	Sonnenstunden	-24.54
Jungfrau	Sonnenstunden	-28.85
Luzern	Sonnenstunden	-23.75
Samedan	Sonnenstunden	-27.64
Zermatt	Sonnenstunden	-27.32
Interlaken	Temperatur	-5.57
Jungfrau	Temperatur	-9.18
Luzern	Temperatur	-5.76
Samedan	Temperatur	-6.41
Zermatt	Temperatur	-6.12

Kritischer Wert 1% = -3.43

Kritischer Wert 10% = -2.57

Anhand des Skewness-Kurtosis-Test und den Boxplots werden die Variablen auf die Normalverteilung geprüft. Die Tabelle 11 zeigt die Resultate des Skewness-Kurtosis-Tests. Die Nullhypothese unterstellt, dass die Variable normalverteilt ist. Diese Nullhypothese wird für alle Variablen verworfen. Was bedeutet, dass die Daten nicht normalverteilt sind.

Tabelle 11: Skewness/Kurtosis Test für Normalverteilung

	Variable	Obs.	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	Prob>chi2
Celerina	Frequenz	1'300	0	0	.	0
Harder	Frequenz	869	0	0	.	0
Jungfraujoch	Frequenz	1'800	0	0	.	0
Kleines Matterhorn	Frequenz	1'700	0	0	.	0
Rigi1	Frequenz	1'800	0	0	.	0
Rigi2	Frequenz	1'800	0	0	.	0
Rigi3	Frequenz	1'800	0	0	.	0
Trockener Steg	Frequenz	1'800	0	0	.	0
Alle Wetterstationen	Regentag	15'000	0	0	.	.
Alle Wetterstationen	Temperatur	16'000	0	0	.	0
Alle Wetterstationen	Sonnenstunden	16'000	0	0	.	.

Auch die Boxplots der Frequenzen in der Abbildung 3 zeigen, dass die Daten nicht der Normverteilung entsprechen. Es ist ersichtlich, dass der Median unter der Mitte der Box ist und deshalb die Verteilungen rechtsschief sind. Zudem sind die Boxplots nicht symmetrisch und haben viele Ausreiser nach oben. Bei den zum Teil extremen Ausreißern der Rigi- und Jungfraubahnen handelt es sich um Schönwettertage mit Spitzenfrequenzen. Gegen unten können keine Ausreisser vorliegen, weil keine negativen Frequenzen möglich sind.

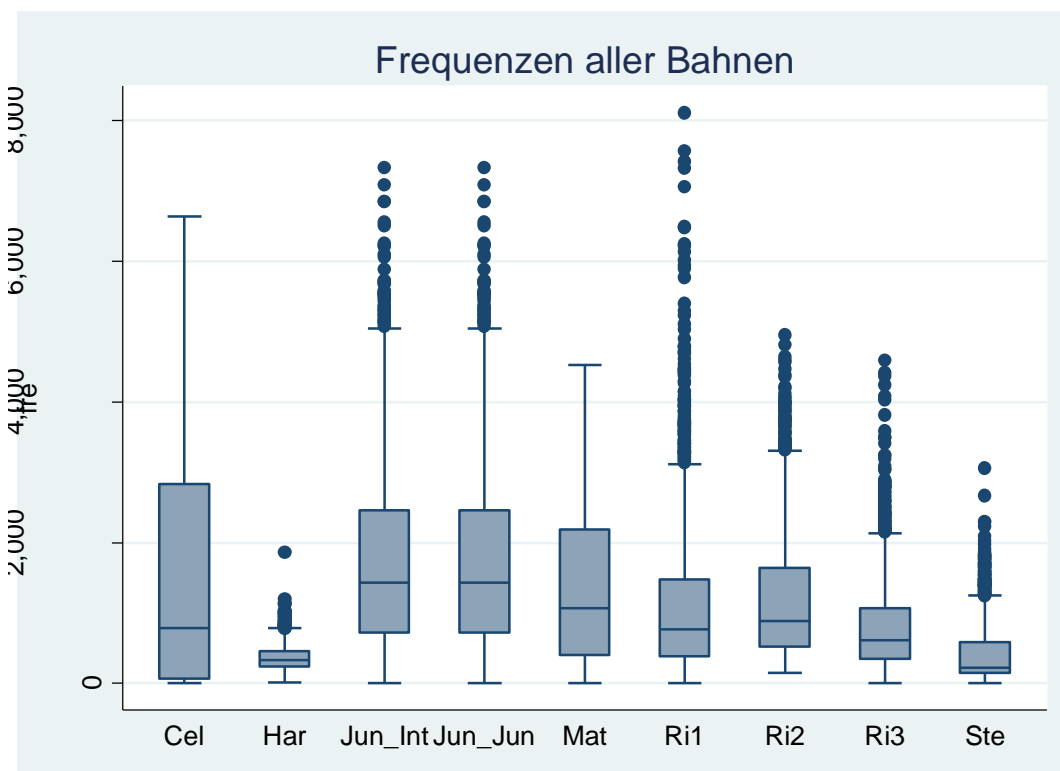


Abbildung 3: Box Plot der Frequenzen aller Bahnen

Die Abbildung 4 zeigt die Boxplots der Sonnenstunden und Temperatur. Bei der Temperatur ist die Box leicht weiter oben und unten liegen Ausreisser vor. Bei den Sonnenstunden liegen

keine Ausreiser vor, dafür ist die Box zu weit unten um eine symmetrische Box darzustellen. Auch diese Plots sind nicht symmetrisch was zeigt, dass die Daten nicht normalverteilt sind und die Resultate der Skewness-Kurtosis-Tests bestätigt.

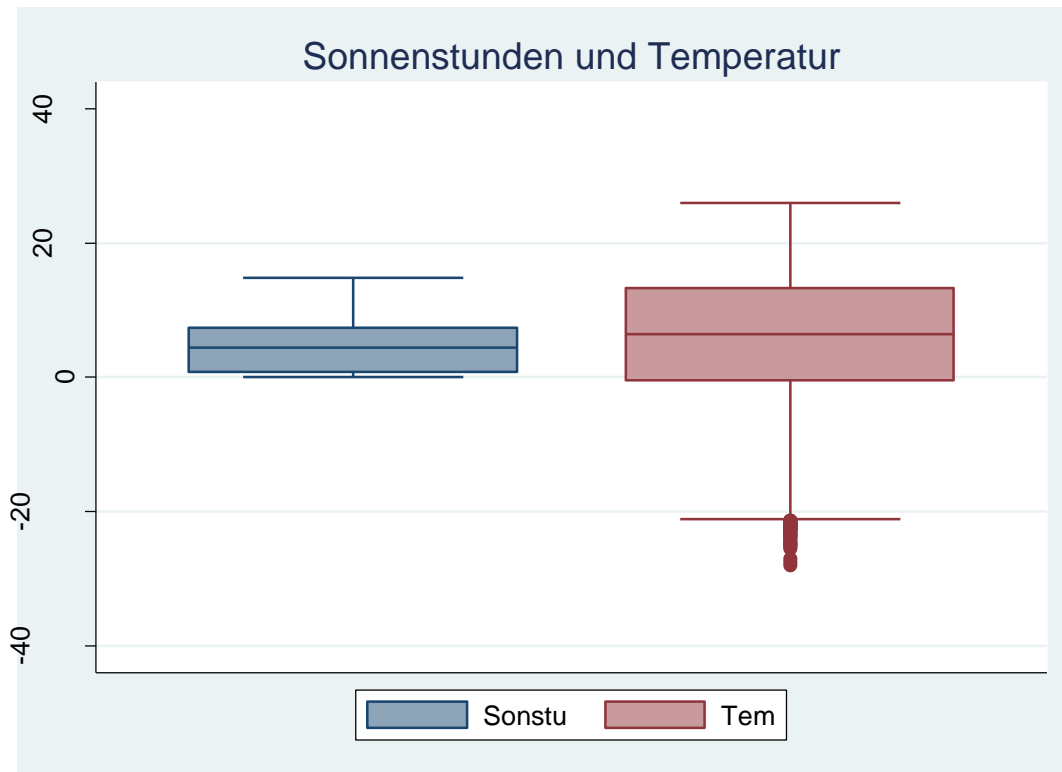


Abbildung 4: Box Plot der Wettervariablen Sonnenstunden und Temperatur

Die Resultate belegen, dass die verwendeten Daten nicht normalverteilt sind. Dies verletzt eine Annahme der klassisch linearen Regression Modelle und würde bedeuten, dass die Schätzer von OLS nicht korrekt sind. Da es sich jedoch um eine hinreichend grosse Stichprobe handelt, gilt der zentrale Grenzwertsatz. Gemäss diesem sind bei hinreichend grossen Stichproben die OLS Schätzer annähernd normalverteilt und OLS kann trotzdem angewendet werden.

Mit dem Drukker Test wird überprüft, ob die Wetterdaten autokorreliert sind. Die Tabelle 12 zeigt den Output dieses Tests für alle Wettervariablen. Die Nullhypothese unterstellt, dass die Daten nicht autokorreliert sind. Die Teststatistik zeigt mit einem Wert von 0.00, dass die Nullhypothese nicht verworfen werden kann und die Daten demnach autokorreliert sind.

Tabelle 12: Test auf Autokorrelation für Frequenz und Wetterdaten

D.Lfre	Koeffizient	t
Tem		
D1.	-0.012	(-1.74)
RegT		
D1.	-0.259 ***	(-4.45)
Son		
D1.	0.083 ***	(5.55)
N	12'619	
R	0.14	

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 7) = 136.92$

Prob > F = 0.00

Dies bedeutet, dass die gewöhnlichen Standardfehler von OLS nicht verwendet werden dürfen. Für eine korrekte Interpretation der Schätzer werden Newey-West Standardfehler verwendet, weil diese für Homoskedastizität und Autokorrelation korrigiert sind. Die Newey-West Standardfehler können nicht bei Panelanalysen angewendet werden, deshalb werden die Zeitreihenresultate jeweils für jede Bergbahn einzeln ausgewiesen und nicht zu einem Panel aggregiert. Alle weiteren Annahmen der klassisch linearen Regression sind erfüllt und das Modell kann, wie im Kapitel *Methodisches Vorgehen* erklärt, verwendet werden.⁵⁸

3.3.2 Univariate Regression

Nach der deskriptiven Analyse der Daten werden die Wettervariablen den Frequenzvariablen in einer univariaten Regression gegenübergestellt. Grundsätzlich sollten die Resultate denen der Korrelationsanalyse entsprechen. Unterschiedliche Resultate lassen sich damit erklären, dass bei der Korrelationsanalyse den Werten Ränge zugeteilt wurden und bei der univariaten Regression mit den tatsächlichen Werten gerechnet wird.⁵⁹

Im Folgenden werden die Zeitreihen der Bergbahnen jeweils für jede Bahn einzeln berechnet und aufgrund der Saisonalität nach Winter und Sommer aufgeteilt. Die Definition der Saison wird bei jeder Bahn individuell festgelegt, wobei der Saisonwechsel oft mit einer Revisionsperiode abgegrenzt wird. Die unterschiedlichen Resultate der Winter- und Sommersaison bestätigen, dass je nach Saison ein unterschiedliches Wetterexposure vorliegt.

⁵⁸ Vgl. Wooldridge (2004) S. 162 ff.

⁵⁹ Dementsprechend haben Ausreisser einen grösseren Einfluss.

Um allfälliger Heteroskedastizität entgegen zu wirken, ist die Frequenzvariable logarithmiert und es werden die robusten Newey-West Standardfehler verwendet.⁶⁰ Die Wettervariablen sind nicht logarithmiert, weil die Temperaturvariable negative Werte enthält und diese Werte mit dem Logarithmus verloren gehen. Die Koeffizienten der Regression werden demzufolge nach dem Log –Level Model interpretiert. Die einfache ceteris paribus Interpretation lautet: $\% \Delta y = (100 * \beta_i) \Delta x$ und ist exakt bei einem kleinen Delta x. Für grosse Delta x gilt die folgende Formel: $\% \Delta y = 100 * [\exp(\Delta \beta_i * \Delta x_i) - 1]$.⁶¹ Alle Interpretation in dieser Arbeit werden ceteris paribus gemacht, dies bedeutet, dass jeweils eine Variable variiert wird und alle anderen Bedingungen gleich bleiben. Anhand der Tabelle 13 wird ein Beispiel für Rigi1 die Interpretation der Koeffizienten mit einem kleinen Delta x gegeben: Steigt die Temperatur um 1 °C, dann sinkt die Frequenz um 9.9%. An einem Tag mit mehr als 3 Millimeter Niederschlag sind die Frequenzen um 94.5% tiefer als wenn diese Schwelle nicht überschritten wird. Eine Stunde mehr Sonnenschein führt zu 8.6% höheren Frequenzen. Alle Koeffizienten sind signifikant von Null verschieden.

Die Tabelle 13 zeigt die Resultate der univariaten Regression für jede Bahn in der *Wintersaison*. In der ersten Zeile sind die Frequenzen und die Temperatur zu finden. Die zweite Zeile zeigt die Resultate für Regentag und Frequenz. Frequenzen und Sonnenstunden sind in der dritten Zeile abgebildet. Die jeweiligen Resultate der *Sommersaison* sind in der Tabelle 14 dargestellt.

In der *Wintersaison* sind die Vorzeichen der Koeffizienten Temperatur je nach Bahn unterschiedlich und liegen zwischen -9.9% und 4%. Der Koeffizient der Celerinabahn ist negativ, dies lässt sich damit begründen, dass es sich um eine Wintersportbahn handelt. Eine Erklärung für das negative Vorzeichen der Rigi Bahnen könnte im Zusammenhang stehen mit der Wetterstation Luzern, welche eine beträchtliche Distanz zu der Bahn hat. Der Koeffizient für Regentag ist bei allen Bahnen negativ und liegt zwischen -252.1% und -34.8%. Erstaunlich tief ist der Koeffizient der Matterhornbahn, welcher bei einem Regentag zu 252% tieferen Frequenzen führt. Es konnte keine plausible Erklärung gefunden werden, um dieses Resultat zu interpretieren oder begründen. Die Sonnenscheinkoeffizienten liegen zwischen 5.8% und 53.3%. Mit 53% höheren Frequenzen liegt das Kleine Matterhorn deutliche über den anderen Bahnen. Bei denen steigen die Frequenzen bei einer Stunde längerem Sonnenschein zwischen 5.8% und 14.3%.

⁶⁰ Alle Frequenzen mit dem Wert 0 werden in den Wert 1 umgewandelt, so dass diese nicht verloren gehen.

⁶¹ Vgl. Wooldridge (2004) S. 45.

In der *Sommersaison* liegen die Koeffizienten der Temperatur der Bergbahnen zwischen 4.4% und 9.9%. Der Koeffizient für Regentag liegt zwischen -21.3% und -91.6%. Zusätzlich Sonnenstunden führen in der Sommersaison zu 4.2% und 20.4% höheren Frequenzen. Ebenfalls in der Analyse der Sommersaison weisen die Koeffizienten des Kleinen Matterhorns im Vergleich zu den anderen Bahnen extreme Werte aus. Bemerkenswert ist, dass alle Koeffizienten in der Sommer- und Wintersaison mindestens auf dem 90% Niveau signifikant von Null verschieden sind.

Der Vergleich der Sommer- und Winteranalyse zeigt, dass die Bahnen je nach Saison in unterschiedlicher Art und Weise von den Wetterparametern beeinflusst werden. Die Resultate deuten darauf hin, dass je nach Jahreszeit und Bergbahn das Wetterexposure unterschiedlich ist und differenziert betrachtet werden muss.

Tabelle 13: Univariate Regression für Wintersaison

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. Analog ** und *** auf dem 95 und 99 Prozent Niveau.

Lfre	Celerina		Jungfrau_Int		Jungfrau_Jun		Matterhorn		Rigi1		Rigi2		Rigi3		Steg	
	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t
Tem	-0.066***	(-3.54)	0.039***	(6.86)	0.040***	(7.93)	0.051***	(2.75)	-0.099***	(-8.31)	-0.035***	(-3.95)	-0.074***	(-6.16)	0.013*	(1.78)
Achsenabschnitt	7.133***	(37.27)	6.460***	(191.59)	7.042***	(106.30)	6.411***	(53.43)	6.765***	(103.60)	6.463***	(129.95)	6.478***	(103.34)	4.828***	(106.55)
N	739		899		899		871		607		607		607		896	
RegT	-0.534***	(-3.95)	-0.348***	(-7.25)			-2.521***	(-10.34)	-0.948***	(-11.51)	-0.515***	(-9.86)	-0.768***	(-10.58)	-0.694***	(-8.41)
Achsenabschnitt	7.647***	(74.82)	6.717***	(186.81)	No observations		6.928***	(63.59)	6.932***	(100.77)	6.590***	(139.60)	6.626***	(105.78)	4.984***	(121.95)
N	739		899				871		607		607		607		896	
Son	0.075***	(3.79)	0.085***	(11.83)	0.058***	(10.28)	0.533***	(15.95)	0.086***	(5.81)	0.060***	(6.53)	0.078***	(6.06)	0.143***	(11.61)
Achsenabschnitt	7.189***	(47.46)	6.319***	(166.42)	6.336***	(150.82)	4.204***	(22.22)	6.364***	(72.94)	6.251***	(112.18)	6.147***	(78.65)	4.247***	(56.97)
N	739		898		899		871		607		607		607		896	

Tabelle 14: Univariate Regression Sommersaison

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. Analog ** und *** auf dem 95 und 99 Prozent Niveau.

Lfre	Celerina		Harder		Jungfrau_Int		Jungfrau_Jun		Matterhorn		Rigi1		Rigi2		Rigi3		Steg	
	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t
Tem	0.059***	(2.71)	0.060***	(8.83)	0.057***	(15.43)	0.050***	(12.96)	0.044**	(2.36)	0.077***	(9.35)	0.076***	(14.66)	0.064***	(8.43)	0.099***	(6.43)
Achsenabschnitt	3.570***	(15.75)	4.842***	(41.20)	6.917***	(116.44)	7.891***	(350.82)	5.869***	(27.41)	5.526***	(35.57)	5.937***	(63.06)	5.552***	(39.28)	4.989***	(27.16)
N	561		869		917		917		841		1'064		1'064		1'064		864	
RegT	-0.669***	(-5.69)	-0.276***	(-6.35)	-0.213***	(-7.20)			-0.916***	(-6.35)	-0.714***	(-9.43)	-0.570***	(-12.58)	-0.621***	(-11.50)	-0.677***	(-5.67)
Achsenabschnitt	4.418***	(44.97)	5.880***	(186.94)	7.883***	(272.92)	No observations		6.643***	(86.14)	6.990***	(107.76)	7.330***	(205.77)	6.787***	(191.70)	6.264***	(70.85)
N	561		869		917				841		1'064		1'064		1'064		864	
Son	0.142***	(8.21)	0.061***	(11.00)	0.059***	(16.60)	0.042***	(12.95)	0.204***	(8.28)	0.095***	(9.46)	0.086***	(17.02)	0.085***	(13.04)	0.188***	(9.12)
Achsenabschnitt	3.338***	(26.54)	5.405***	(106.71)	7.446***	(262.44)	7.551***	(255.37)	5.174***	(29.57)	6.165***	(96.78)	6.615***	(156.51)	6.056***	(98.80)	4.969***	(34.22)
N	561		866		913		917		841		1'050		1'050		1'050		864	

3.3.3 Multivariate Regression

Wie bereits bei der univariaten Regression wird bei der multivariaten Regression die Sommer- und Wintersaison differenziert für jede Bahn betrachtet. Auch bei diesen Regressionen werden *ceteris paribus* Interpretationen gemacht und Newey-West Standardfehler verwendet. In einem ersten Schritt werden die Frequenzvariablen mit allen Wettervariablen in eine Regression gestellt und so das Exposure für jede Bahn berechnet. Einen detaillierten Überblick diese *Sommer-* und *Wintersaisonresultate* für jede Bahn geben die Tabelle 15 und Tabelle 16.

Die Resultate der *Sommeranalyse* zeigen, dass die Temperatur über alle Bahnen einen positiven Effekt auf die Frequenz hat. Der Koeffizient ist bis auf das Kleine Matterhorn für alle Bahnen signifikant verschieden von Null. Der Koeffizient liegt zwischen 3.7% und 6.8%. Der Regentagkoeffizient ist bis auf das Jungfraujoch bei allen Bahnen signifikant von Null verschieden und hat einen negativen Effekt auf die Frequenzen. Die Koeffizienten liegen zwischen -12% bis -48%. Der tiefste Koeffizient legt wird von der Rigi1bahn mit -48% ausgewiesen. Diese Diskrepanz deckt sich mit den Resultaten der univariaten Regression, wobei das Kleine Matterhorn nicht mehr den tiefsten Koeffizienten ausweist. Der Koeffizient des Sonnenscheins ist bei allen Bahnen signifikant von Null verschieden und liegt zwischen 3.2% und 16.7%.

Die Resultate der *Wintersaison* zeigen, dass die signifikanten Temperatur Koeffizienten zwischen -8.8% und 3.5% liegen. Der Koeffizient Trockener Steg ist nicht signifikant von Null verschieden. Der Koeffizient des Kleinen Matterhorn ist auf dem 90% Niveau signifikant von Null verschieden und verweist auf einen positiven Effekt der Temperatur. Die Rigi1bahnen und Celerina haben negative Koeffizienten, welche zwischen -3% und -8.8% liegen. Beim Jungfraujoch und Kleinen Matterhorn ist der Effekt der Temperatur positiv und liegt zwischen 2.8% und 3.5%. Die unterschiedlichen Vorzeichen der Koeffizienten können mit dem unterschiedlichen Angebot, den Präferenzen der Kunden und dem Wetterexposure der Bahnen erklärt werden. Der Koeffizient für Regentage ist bei allen Bahnen signifikant von Null verschieden mit der Ausnahme Celerina. Die signifikanten Koeffizienten liegen zwischen -25% und -121%, wobei das Kleine Matterhorn mit -121% im Vergleich zu den anderen Bahnen ein extrem tiefer Koeffizient ist. Dieser Koeffizient kann damit erklärt werden, dass es sich um eine Bahnanlage handelt, die von Skifahrern benutzt wird und dadurch volatiler ist. Der Koef-

fizient des Sonnenscheins ist bei allen Bahnen signifikant von Null verschieden und liegt zwischen 4% und 11%.

Ein Vergleich über alle Bahnen zeigt, dass die Resultate der multivariaten Regression den bisherigen Ergebnissen aus der Korrelations- und univariaten Regressionsanalyse entsprechen.

Tabelle 15: Multivariate Regression der Sommersaison für alle Bahnen

Lfre	Celerina		Harder		Jungfrau_Int		Jungfrau_Jun		Matterhorn		Rigi1		Rigi2		Rigi3		Steg	
	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t
Tem	0.037*	(1.87)	0.043***	(6.12)	0.038***	(10.15)	0.040***	(11.15)	0.006	(0.32)	0.052***	(5.40)	0.054***	(10.26)	0.040***	(5.75)	0.068***	(4.36)
RegT	-0.333***	(-2.66)	-0.120***	(-2.83)	-0.030	(-1.17)			-0.376***	(-2.66)	-0.480***	(-7.04)	-0.344***	(-8.34)	-0.396***	(-7.55)	-0.227***	(-1.96)
Son	0.106***	(5.88)	0.033***	(6.06)	0.039***	(9.77)	0.032***	(10.59)	0.167***	(6.79)	0.044***	(3.60)	0.041***	(7.41)	0.044***	(7.34)	0.134***	(5.73)
Achsenabschnitt	3.300***	(13.85)	4.963***	(44.39)	6.997***	(125.80)	7.688***	(255.92)	5.451***	(25.82)	5.853***	(36.66)	6.184***	(66.88)	5.832***	(43.58)	4.645***	(25.03)
N	561		866		913		917		841		1'050		1'050		1'050		864	

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. Analog ** und *** auf dem 95 und 99 Prozent Niveau.

Tabelle 16: Multivariate Regression der Wintersaison für alle Bahnen

Lfre	Celerina		Jungfrau_Int		Jungfrau_Jun		Matterhorn		Rigi1		Rigi2		Rigi3		Steg	
	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t
Tem	-0.059***	(-3.04)	0.035***	(7.30)	0.033***	(6.91)	0.028*	(1.75)	-0.088***	(-9.58)	-0.030***	(-3.64)	-0.066***	(-6.43)	0.007	(1.02)
RegT	-0.173	(-1.22)	-0.250***	(-5.44)			-1.211***	(-4.78)	-0.579***	(-6.83)	-0.341***	(-5.75)	-0.466***	(-5.62)	-0.349***	(-3.82)
Son	0.040***	(2.13)	0.051***	(7.70)	0.049***	(9.37)	0.420***	(10.42)	0.072***	(5.46)	0.046***	(4.71)	0.065***	(4.79)	0.110***	(7.72)
Achsenabschnitt	7.044***	(30.16)	6.407***	(153.24)	6.748***	(93.27)	4.978***	(20.01)	6.790***	(74.38)	6.470***	(95.69)	6.484***	(71.11)	4.475***	(46.65)
N	739		898		899		871		607		607		607		896	

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. Analog ** und *** auf dem 95 und 99 Prozent Niveau.

Der Vergleich der Resultate der Bahnen zeigt, dass der Einfluss der einzelnen Wetterparameter je nach Bergbahn in unterschiedlichem Ausmass die Frequenz beeinflussen kann. So liegen zum Teil unterschiedliche Vorzeichen und Koeffizienten vor. Dies zeigt, dass jede Bahn ein eigenes spezifisches Wetterrisiko hat und das Exposure individuell abgesichert werden muss.

In einem zweiten Schritt wird die Formel mit sogenannten Lageeffekten versehen, um zu kontrollieren, ob die Wettervariablen einen zeitlich verzögerten Effekt auf die Frequenzen haben. Aufgrund der Multikollinearität der Wetter- und Lagvariablen kann es zu einer Verzerrung der Schätzer kommen.⁶² Eine Korrelationsanalyse der Wetter- und Lagvariablen zeigt, dass die Temperatur eine hohe positive Korrelation über die Zeit hat. Die Analyse der Regentage und Lags zeigt bis zum zweiten Lag eine leicht positive Korrelation und bei den späteren Lags keine Korrelation mehr. Bei den Sonnenstunden besteht eine positive Korrelation, welche mit jedem Lag abnimmt. Aufgrund dieser Analyse steht fest, dass bei den Lags der Variablen Regentage und Sonnenstunden das Multikollinearitätsproblem vernachlässigt werden kann. Problematisch ist die hohe Korrelation der Temperaturvariablen über die Lags. Deshalb sollten die Koeffizienten des Temperatur-Lags mit Vorsicht interpretiert werden.

Ein weiteres Problem der zeitlich verzögerten Wettervariablen ist die Autokorrelation des Fehlerterms. Dieses Problem wird jedoch behoben, indem Newey-West Standardfehler verwendet werden, welche für Autokorrelation korrigiert sind.⁶³

In der Tabelle 17 wird das Modell der Sommersaison mit jeweils vier Lags der Wettervariablen ergänzt. Auf dem 99% Niveau signifikant sind die Koeffizienten der Temperatur Lags eins (L.Tem) für Harder, Jungfrau_Int, Jungfrau_Jun, Kleines Matterhorn und Trockener Steg. Das zweite Lag der Temperatur (L2.Tem) ist bei den Bahnen Jungfrau_Int und Rigi2 auf dem gleichen Niveau signifikant. Für Rigi2 ist zusätzlich noch das vierte Lag der Temperatur (L4.Tem) signifikant. Das erste Lag der Regentage (L.RegT) ist beim Kleinen Matterhorn, Rigi1, Rigi2 und Rigi3 auf dem 99% Niveau signifikant von Null verschieden. Die Regentagelags zwei (L2.RegT), drei (L3.RegT) und vier (L4.RegT) sind bei Jungfrau_Int und Trockener Steg auf dem 99% Niveau signifikant. Der Lag eins (L.Son), zwei (L2.Son), drei (L3.Son) und vier (L4.Son) für Sonnenschein ist vereinzelt beim Jungfraujoch, Rigi1, Rigi2, Rigi3 und Trockener Steg auf dem 99% Niveau signifikant. Einzig bei der Bahn Celerina gibt

⁶² Vgl. Wooldridge (2004) S. 316.

⁶³ Vgl. Wooldridge (2004) S. 355 und 376.

es keine signifikanten Wetterlags. Die Tabelle 18 zeigt die Lagerweiterung für die Wintersaison. Bei dieser Analyse ist für Celerina kein Lagkoeffizient auf dem 99% Niveau signifikant. Auf dem 99% Niveau signifikant sind der Temperaturlag eins (L.Tem) für Rigi3 und das Lag vier (L4.Tem) für Jungfrau_Int und Rigi2. Der Sonnenscheinlag eins (L.Son) ist bei Jungfrau_Jun und Matterhorn signifikant auf dem 99% Niveau. Rigi1, Rigi2 und Rigi3 weisen signifikante Koeffizienten für das Regenlag eins (L.RegT) und Trockener Steg für das Regenlag drei (L3.RegT) aus.

Der Vergleich der Resultate zeigt, dass je nach Bahn und Saison unterschiedliche Lagvariablen einen signifikanten Einfluss auf die Frequenzen haben. Es können nicht alle signifikanten Variablen berücksichtigt werden, deshalb wird eine Auswahl getroffen. Im Sommer haben bei vielen Bahnen das erste Lag der Temperaturen (L.Tem) und der Regentage (L.RegT) einen signifikanten Einfluss, deshalb werden diese Lags in das Sommermodell der multivariaten Regression aufgenommen. Bei den meisten Bahnen macht dieser Koeffizient Sinn und wird im Folgenden begründet. Ein Tag nach dem Regen gefallen ist, wird das Gelände in den Bergen schwerer zugänglich und deshalb gehen die Kunden nicht in die Berge. Ähnlich sieht es bei der Temperatur aus. Nach einem Kälteeinbruch dauert es ein paar Tage bis die Temperaturen wieder ansteigen und die Gäste wieder kommen. In das Wintermodell werden keine Lags integriert, weil kein Lagkoeffizient bei der Mehrheit der Bahnen signifikant ist und keine mögliche Begründung vorliegt.

Tabelle 17: Vier Lagvariablen Sommersaison

Lfre	Celerina Koeffizient t	Harder Koeffizient t	Jungfrau_Int Koeffizient t	Jungfrau_Jun Koeffizient t	Matterhorn Koeffizient t	Rigi1 Koeffizient t	Rigi2 Koeffizient t	Rigi3 Koeffizient t	Steg Koeffizient t
Tem	0.061** (2.36)	0.065*** (3.63)	0.042*** (5.16)	0.058*** (10.09)	0.044 (1.18)	0.066*** (2.78)	0.051*** (4.77)	0.049*** (3.81)	0.065** (2.30)
RegT	-0.297*** (-2.60)	-0.103** (-2.54)	-0.063*** (-2.69)		-0.229* (-1.76)	-0.337*** (-4.99)	-0.291*** (-7.47)	-0.310*** (-6.17)	-0.197* (-1.81)
Son	0.099*** (5.97)	0.030*** (4.87)	0.034*** (9.23)	0.028*** (9.83)	0.149*** (6.01)	0.049*** (4.38)	0.045*** (8.42)	0.048*** (7.92)	0.119*** (5.16)
L.Tem	-0.043 (-1.49)	-0.050*** (-2.80)	-0.031*** (-3.18)	-0.032*** (-5.08)	-0.142*** (-3.40)	-0.036* (-1.95)	-0.026** (-2.12)	-0.018 (-1.23)	-0.059** (-1.99)
L2.Tem	0.023 (0.80)	0.023 (1.21)	0.031*** (3.06)	0.011* (1.95)	0.088** (2.24)	0.041** (2.28)	0.028*** (2.63)	0.007 (0.45)	0.021 (0.63)
L3.Tem	-0.016 (-0.71)	0.024 (1.27)	-0.010 (-1.21)	-0.001 (-0.17)	-0.008 (-0.22)	-0.011 (-0.59)	-0.004 (-0.30)	0.002 (0.10)	-0.000 (-0.01)
L4.Tem	0.000 (0.02)	-0.006 (-0.58)	0.014** (2.55)	0.012** (2.56)	0.024 (0.82)	0.021 (1.45)	0.023*** (2.74)	0.022* (1.87)	0.035 (1.60)
L.RegT	-0.008 (-0.08)	-0.071* (-1.65)	-0.012 (-0.52)		-0.357*** (-3.03)	-0.348*** (-5.64)	-0.204*** (-5.65)	-0.234*** (-5.34)	-0.088 (-0.84)
L2.RegT	-0.056 (-0.45)	0.002 (0.04)	0.076*** (3.17)		-0.063 (-0.51)	-0.091 (-1.61)	-0.012 (-0.34)	-0.072* (-1.69)	0.120 (1.21)
L3.RegT	-0.036 (-0.33)	-0.011 (-0.25)	0.071*** (3.03)		0.031 (0.27)	-0.086 (-1.64)	-0.056 (-1.59)	-0.070 (-1.53)	0.031 (0.28)
L4.RegT	-0.024 (-0.20)	0.010 (0.21)	0.049** (2.10)		0.065 (0.55)	-0.083 (-1.29)	0.011 (0.30)	0.034 (0.74)	0.262** (2.42)
L.Son	0.015 (1.07)	-0.005 (-0.84)	0.006* (1.88)	0.004 (1.62)	0.022 (0.90)	-0.014* (-1.70)	-0.006 (-1.31)	-0.015*** (-2.88)	0.031* (1.68)
L2.Son	0.006 (0.38)	0.003 (0.44)	-0.009*** (-2.68)	-0.007*** (-2.96)	0.025 (0.95)	-0.025*** (-2.81)	-0.013*** (-2.95)	-0.014*** (-2.68)	0.025 (1.58)
L3.Son	0.000 (0.01)	-0.010 (-1.61)	0.006* (1.87)	-0.001 (-0.34)	0.028 (1.15)	-0.013 (-1.27)	-0.002 (-0.48)	-0.007 (-1.37)	0.040** (2.05)
L4.Son	0.010 (0.61)	-0.006 (-1.03)	-0.005* (-1.69)	-0.005* (-1.94)	-0.009 (-0.42)	-0.028*** (-3.00)	-0.016*** (-3.49)	-0.017** (-2.20)	0.015 (0.78)
Achsenabschnitt	3.317*** (8.43)	4.913*** (39.46)	6.824*** (99.32)	7.777*** (144.89)	5.236*** (13.87)	6.019*** (35.33)	6.173*** (57.52)	5.889*** (40.32)	4.027*** (12.40)
N	561	858	901	917	841	1'046	1'046	1'046	864

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. Analog ** und *** auf dem 95 und 99 Prozent Niveau.

Tabelle 18: Vier Lagvariablen Wintersaison

Lfre	Celerina		Jungfrau_Int		Jungfrau_Jun		Matterhorn		Rigi1		Rigi2		Rigi3		Steg	
	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t
Tem	-0.049**	(-2.38)	0.006	(0.78)	0.026***	(5.27)	0.013	(0.30)	-0.097***	(-7.25)	-0.030***	(-2.61)	-0.077***	(-5.54)	-0.003	(-0.20)
RegT	-0.173	(-1.32)	-0.231***	(-5.32)			-1.031***	(-3.94)	-0.505***	(-6.58)	-0.284***	(-5.64)	-0.383***	(-5.55)	-0.351***	(-3.97)
Son	0.040**	(2.19)	0.045***	(7.14)	0.045***	(9.07)	0.382***	(9.30)	0.075***	(5.96)	0.052***	(5.78)	0.073***	(6.14)	0.096***	(7.43)
L.Tem	0.003	(0.22)	0.007	(0.67)	-0.001	(-0.26)	-0.013	(-0.24)	0.036**	(2.50)	0.020*	(1.94)	0.036***	(2.75)	0.003	(0.19)
L2.Tem	0.004	(0.35)	0.020**	(2.49)	0.005	(0.85)	0.029	(0.59)	0.016	(1.03)	0.008	(0.70)	0.019	(1.38)	0.011	(0.75)
L3.Tem	-0.010	(-0.95)	-0.009	(-0.87)	-0.002	(-0.38)	0.034	(0.65)	-0.010	(-0.76)	0.002	(0.23)	-0.014	(-1.19)	0.004	(0.25)
L4.Tem	-0.022	(-1.48)	0.019***	(2.84)	0.008*	(1.76)	-0.049	(-1.23)	-0.035**	(-2.54)	-0.028***	(-2.75)	-0.024**	(-2.04)	-0.013	(-0.93)
L.RegT	-0.041	(-0.38)	-0.029	(-0.71)			-0.201	(-0.94)	-0.245***	(-3.52)	-0.173***	(-3.43)	-0.245***	(-3.61)	-0.003	(-0.04)
L2.RegT	-0.071	(-0.61)	-0.025	(-0.66)			-0.234	(-1.02)	-0.103	(-1.62)	-0.105**	(-2.21)	-0.102	(-1.51)	0.015	(0.19)
L3.RegT	-0.030	(-0.26)	-0.022	(-0.47)			0.412*	(1.86)	-0.055	(-0.76)	-0.056	(-1.09)	-0.130*	(-1.79)	0.230***	(2.93)
L4.RegT	-0.104	(-0.69)	-0.006	(-0.14)			-0.101	(-0.50)	-0.027	(-0.33)	-0.055	(-0.94)	-0.080	(-1.17)	0.042	(0.54)
L.Son	-0.011	(-0.67)	0.010*	(1.75)	0.014***	(2.70)	0.116***	(3.09)	0.004	(0.40)	-0.003	(-0.37)	-0.008	(-0.76)	0.031**	(2.32)
L2.Son	0.013	(0.80)	0.003	(0.39)	-0.000	(-0.08)	-0.005	(-0.14)	-0.012	(-1.15)	-0.004	(-0.61)	-0.006	(-0.59)	-0.006	(-0.53)
L3.Son	0.017	(0.92)	-0.007	(-1.25)	-0.003	(-0.73)	0.034	(0.82)	-0.008	(-0.65)	-0.008	(-0.93)	-0.004	(-0.36)	0.025*	(1.70)
L4.Son	0.012	(0.59)	0.005	(0.77)	0.002	(0.47)	0.007	(0.19)	-0.009	(-0.75)	-0.014	(-1.63)	-0.027**	(-2.08)	0.008	(0.68)
Achsenabschnitt	6.885***	(16.64)	6.398***	(93.88)	6.743***	(66.46)	4.493***	(10.95)	6.969***	(55.31)	6.642***	(66.28)	6.727***	(53.44)	4.224***	(23.68)
N	735		890		895		867		603		603		603		892	

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. ** und *** analog auf dem 95 und 99 Prozent Niveau.

In einem dritten Schritt werden die Wetterprognosen und Kontrollvariablen dem Modell hinzugefügt. Dank diesen zusätzlichen Kontrollvariablen können Effekte wie Ferienzeit, Wochenende, Saisonalität und Trends berücksichtigt werden. Das Modell wird mit dem OLS Verfahren und Newey-West Standardfehlern geschätzt.⁶⁴

Die Tabelle 19 zeigt die Resultate die Sommersaison über alle Bahnen. Der Koeffizient der Temperatur ist in der Sommersaison bei Celerina (6.7%) und Jungfrau_Jun (1.7%) signifikant von Null verschieden und hat einen positiven Effekt auf die Frequenz. Bei den meisten Bahnen ist dafür der Koeffizient der maximalen Temperaturprognosen (Tx) signifikant von Null verschieden. Diese Resultate deuten darauf hin, dass die Frequenzschwankungen besser durch Temperaturprognosen erklärt werden können als durch die tatsächliche Temperatur. Der Effekt der Regentage ist bei den Bahnen Jungfrau_Int (-3.9%), Rigi2 (-10.4%) und Rigi3 (-12.3%) signifikant. Bei den anderen Bahnen ist der Koeffizient Regentag nicht signifikant. Ein Vergleich mit den Regenprognosenkoeffizienten (ProR), zeigt dass diese Koeffizienten bei allen Bahnen, mit der Ausnahme Harderbahn, signifikant sind. Bei der Mittelfristregenprognose (MProR) sind alle Koeffizienten bis auf den der Celerinabahn signifikant und weisen ein negatives Vorzeichen aus. Der Sonnenscheinkoeffizient ist bei allen Bahnen signifikant und liegt zwischen 1.7% und 10.7% mehr Frequenz. Auch bei dieser Analyse weist das Kleine Matterhorn mit 10.7% einen deutlich höheren Koeffizienten als die anderen Bahnen aus. Bei den Lags ist einzig der Temperaturlagkoeffizient der Jungfrau_Jun mit einem negativen Vorzeichen signifikant von Null verschieden. Dieses Resultat wird für das Jungfraujoch folgendermassen gedeutet: Steigt die Temperatur heute um 1 C° dann steigen die Frequenzen um 1.7%. Waren jedoch die Temperaturen vom Vortag um 1 C° höher, dann sinkt die Frequenz um 2.1%. Für diesen signifikanten Effekt konnte keine Erklärung gefunden werden und er ist auch bei keiner anderen Bahn zu finden. Die Koeffizienten Ferien und Weekend zeigen klar auf, welche Bahn ein Ausflugsziel oder eine Feriendestination ist. Bei den Bahnen Harder, Kleines Matterhorn, Trockener Steg und Rigi sind die Wochenendkoeffizienten signifikant von Null verschieden. Die Frequenzen am Wochenende sind zwischen 21.6% und 74.9% höher als an normalen Wochentagen. Der Ferienkoeffizient ist für Celerina, Kleines Matterhorn, Trockener Steg, Jungfraujoch und Rigi2 signifikant von Null verschieden, was für die Bahnen bedeutet, dass diese in der Ferienzeit zwischen 11% und 49% höhere Frequenzen als in der Nichtferienzeit machen. Bei dieser Analyse sind die Koeffizient Kleines Matterhorn

⁶⁴ Das Modell wird wie beschrieben mit Monats- und Jahresdummy's korrigiert. Aufgrund der Übersichtlichkeit werden diese Koeffizienten nicht ausgewiesen.

und Trockener Steg bedeutend höher als bei den anderen Bahnen. Dies kann der Grund sein weshalb diese Bahnen bei der bisherigen Analyse zum Teil extreme Werte aufwiesen. Ein kurzer Überblick der Prognosekoeffizienten zeigt, dass der Koeffizient Temperaturminimum (T_n) bei keiner Bahn signifikant von Null verschieden ist und die Windprognose einzig beim Kleinen Matterhorn aussagekräftig ist. Aufgrund dieser Resultate wird bestätigt, dass das Temperaturminimum für die Gäste der Bergbahnen nicht relevant ist, weil dieses oft in der Nacht erreicht wird. Der signifikante Windprognosekoeffizient könnte daher kommen, dass die Bahn bei Sturm nicht in Betrieb ist oder die Gäste die Bahn nicht benutzen wollen, wenn Sturm angesagt ist. Die übrigen Prognosekoeffizienten sind je nach Bahn signifikant und weisen in der Regel die erwarteten Vorzeichen aus.

Erstaunliche Vorzeichen zeigen die signifikanten Koeffizienten der Mittelfristprognosen für Sonnenschein im Flachland und Sonnenschein in den Bergen. Beispielsweise sinkt die Frequenz der Rigi1 um 18.3% wenn für die Berge eine Stufe mehr Sonnenschein prognostiziert wird. Auf der anderen Seite steigt die Frequenz um 17.8% wenn im Flachland eine Stufe mehr Sonnenschein prognostiziert wird. Eine mögliche Erklärung für diese Resultate wäre, dass die Kunden bei schlechtem Wetter im Flachland, beispielsweise bei Nebel, nicht daran denken in die Berge zu gehen. Ist jedoch das Wetter im Flachland schön, dann denken die Kunden an einen Ausflug in die Berge und setzen diesen ebenfalls um.

Tabelle 19: Multivariate Regression aller Bahnen für die Sommersaison mit Newey-West Standardfehlern

Lfre	Celerina		Harder		Jungfrau_Int		Jungfrau_Jun		Matterhorn		Rigi1		Rigi2		Rigi3		Steg	
	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t
Tem	0.067***	(3.67)	0.026	(1.24)	0.017	(1.60)	0.017***	(3.07)	-0.025	(-0.58)	-0.010	(-0.35)	0.004	(0.43)	0.004	(0.38)	-0.020	(-0.65)
RegT	-0.095	(-1.57)	-0.032	(-0.93)	-0.039*	(-1.75)	no obs.		-0.090	(-0.78)	-0.044	(-0.85)	-0.104***	(-4.01)	-0.123**	(-2.52)	-0.131	(-1.44)
Son	0.077***	(6.94)	0.025***	(4.41)	0.021***	(6.50)	0.017***	(6.46)	0.107***	(4.63)	0.024***	(3.02)	0.030***	(6.89)	0.027***	(4.45)	0.072***	(3.18)
L.Tem	-0.025	(-1.31)	-0.009	(-0.75)	-0.009	(-1.27)	-0.021***	(-4.55)	-0.041	(-1.28)	-0.006	(-0.28)	0.003	(0.39)	-0.011	(-1.35)	-0.017	(-0.74)
L.RegT	0.031	(0.57)	0.042	(1.37)	0.031*	(1.74)	no obs.		-0.191**	(-1.98)	-0.046	(-1.17)	-0.006	(-0.23)	-0.024	(-0.82)	-0.077	(-0.91)
Fer	0.286***	(4.25)	0.070	(1.23)	0.143***	(3.97)	0.154***	(4.15)	0.358***	(2.61)	0.046	(0.41)	0.110***	(2.72)	0.016	(0.31)	0.490***	(4.77)
Wek	0.076	(1.18)	0.344***	(10.30)	0.029	(1.53)	0.022	(1.17)	0.279***	(3.03)	0.749***	(13.91)	0.413***	(19.67)	0.502***	(14.04)	0.216***	(2.93)
ProS	0.008	(0.29)	0.025	(1.18)	0.036***	(3.65)	0.035***	(3.87)	-0.066	(-1.16)	0.087***	(3.11)	0.068***	(4.47)	0.046	(1.50)	-0.011	(-0.26)
ProR	-0.075**	(-2.07)	-0.029	(-1.25)	-0.033***	(-2.89)	-0.032***	(-2.79)	-0.165**	(-2.48)	-0.076**	(-2.07)	-0.059***	(-3.93)	-0.070***	(-2.85)	-0.086*	(-1.78)
Tn	-0.001	(-0.17)	-0.005	(-1.44)	-0.001	(-0.24)	-0.000	(-0.02)	-0.015	(-0.82)	-0.020	(-1.29)	-0.004	(-1.59)	-0.002	(-0.80)	-0.003	(-0.17)
Tx	0.030**	(2.39)	0.026***	(2.88)	0.008	(1.48)	0.020***	(4.22)	0.056*	(1.92)	0.064***	(4.66)	0.028***	(4.28)	0.042***	(3.44)	0.065***	(3.28)
MProR	-0.060	(-1.42)	-0.061***	(-2.76)	-0.042***	(-3.12)	-0.043***	(-3.21)	-0.191**	(-2.26)	-0.106***	(-3.39)	-0.086***	(-5.57)	-0.090***	(-4.67)	-0.147**	(-2.33)
MProSoBe	0.048	(0.73)	-0.070**	(-2.27)	-0.039**	(-2.55)	-0.040***	(-2.64)	0.095	(1.36)	-0.183***	(-2.95)	-0.107***	(-5.05)	-0.170***	(-4.52)	0.028	(0.49)
MProSoFl	-0.030	(-0.45)	0.044	(1.59)	0.035***	(2.61)	0.030**	(2.20)	-0.097	(-1.46)	0.178***	(3.05)	0.095***	(4.55)	0.165***	(4.27)	-0.042	(-0.75)
MProTemAb	-0.044	(-0.90)	-0.050**	(-2.28)	-0.028**	(-2.38)	-0.024*	(-1.95)	0.038	(0.63)	-0.060	(-1.64)	-0.031**	(-2.05)	-0.039	(-1.62)	-0.040	(-1.01)
WF	Dropped b. o. coll		0.005	(0.28)	-0.017	(-1.41)	-0.014	(-1.14)	-1.114***	(-2.86)	-0.005	(-0.28)	-0.015	(-1.08)	0.011	(0.63)	-0.572**	(-2.57)
Achsenabschnitt	1.617***	(8.29)	4.376***	(22.38)	6.925***	(78.76)	6.798***	(48.58)	4.318***	(7.10)	4.682***	(19.61)	5.619***	(53.86)	5.292***	(33.86)	4.818***	(12.34)
N	544		866		913		917		841		1'050		1'050		1'050		864	
Monat und Jahres Dummy	Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert	

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. ** und *** analog auf dem 95 und 99 Prozent Niveau. Dropped b. o. coll = dropped because of collinearity.

In der Tabelle 20 sind die Resultate der Wintersaison für alle Bahnen dargestellt. Der Koeffizient der Temperatur ist bei allen Bahnen bis auf Rigi2 auf mindestens auf dem 90% Niveau signifikant von Null verschieden und liegt zwischen -6.8% und 13%. Wie bereits bei den vorherigen Analysen ist das Vorzeichen dieses Koeffizienten nicht bei allen Bahnen gleich. Beispielsweise weisen die Koeffizienten der Rigi- und Celerinabahnen negative Vorzeichen und eine Frequenzeffekt zwischen -2.2% und -6.8% aus. Das Kleine Matterhorn, der Trockene Steg und das Jungfraujoch haben positive Vorzeichen und Koeffizienten zwischen 2.4% und 13%.

Tabelle 20: Multivariate Regression aller Bahnen für die Wintersaison mit Newey-West Standardfehlern

Lfre	Celerina		Jungfrau_Int		Jungfrau_Jun		Matterhorn		Rigi1		Rigi2		Rigi3		Steg	
	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t	Koeffizient	t
Tem	-0.022*	(-1.80)	0.044***	(3.58)	0.013*	(1.75)	0.130***	(3.75)	-0.068***	(-5.57)	-0.013	(-1.30)	-0.035**	(-2.50)	0.024**	(2.08)
RegT	-0.017	(-0.14)	-0.097**	(-2.42)	no obs.		-0.756***	(-2.88)	-0.260***	(-4.32)	-0.137***	(-3.58)	-0.142***	(-2.67)	-0.288***	(-3.43)
Son	0.023	(1.16)	0.024***	(3.27)	0.031***	(5.84)	0.225***	(4.73)	0.037***	(3.40)	0.031***	(3.95)	0.045***	(3.64)	0.037**	(2.54)
Fer	0.971***	(3.58)	0.213***	(3.71)	0.219***	(3.81)	0.122	(0.59)	0.766***	(7.31)	0.607***	(7.69)	0.671***	(7.51)	0.150**	(2.02)
Wek	0.202**	(2.23)	0.128***	(4.11)	0.132***	(4.38)	0.198	(1.14)	0.753***	(14.53)	0.483***	(12.86)	0.604***	(12.23)	0.013	(0.20)
ProS	0.053	(1.45)	0.057***	(3.97)	0.032***	(2.70)	0.118	(1.30)	0.074***	(3.28)	0.061***	(3.30)	0.088***	(3.37)	0.043	(1.26)
ProR	-0.094	(-1.54)	-0.033**	(-2.19)	-0.024	(-1.43)	-0.456***	(-3.81)	-0.133***	(-4.81)	-0.072***	(-3.23)	-0.100***	(-3.51)	-0.137***	(-3.38)
Tn	0.005	(1.43)	-0.004**	(-1.97)	-0.003	(-1.23)	-0.016	(-0.56)	-0.004	(-1.16)	-0.002	(-0.68)	-0.003	(-0.76)	-0.001	(-0.12)
Tx	-0.002	(-0.12)	-0.012	(-1.01)	0.007	(0.72)	-0.046**	(-2.06)	-0.004	(-0.46)	-0.003	(-0.60)	-0.009	(-0.82)	-0.025***	(-2.94)
MProR	0.041	(0.58)	-0.020	(-0.78)	-0.025	(-0.99)	-0.126	(-0.93)	-0.012	(-0.28)	0.005	(0.16)	-0.021	(-0.54)	-0.079	(-1.46)
MProSoBe	0.072	(1.12)	-0.018	(-0.74)	-0.000	(-0.02)	-0.129	(-1.41)	-0.068	(-1.52)	-0.078***	(-2.64)	-0.103***	(-2.77)	-0.053	(-1.44)
MProSoFl	-0.038	(-0.62)	0.062***	(2.77)	0.037*	(1.81)	0.136	(1.54)	0.101***	(2.59)	0.094***	(3.49)	0.117***	(3.52)	0.030	(0.85)
MProTemAb	0.072	(0.89)	-0.053**	(-2.36)	-0.032	(-1.28)	-0.102	(-0.94)	0.069*	(1.85)	0.027	(0.97)	0.050	(1.53)	0.018	(0.47)
WF	Dropped b. o. coll		-0.029*	(-1.94)	-0.018	(-1.30)	-1.250***	(-3.36)	0.011	(0.52)	0.054***	(2.89)	-0.017	(-0.63)	-0.406***	(-2.90)
Achsenabschnitt	6.978***	(27.44)	6.011***	(71.02)	6.001***	(43.35)	6.382***	(12.83)	6.208***	(41.31)	5.930***	(57.28)	5.959***	(42.84)	4.681***	(24.44)
N	698		872		873		844		580		580		580		869	
Monat und Jahres Dummy	Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert		Korrigiert	

* signifikant auf dem 90 Prozent Niveau verschieden von Null. ** und *** analog auf dem 95 und 99 Prozent Niveau. Dropped b. o. coll = dropped because of collinearity.

Die Resultate dieser Analyse zeigen, dass die Prognosen der Temperatur in der Wintersaison nicht von gleicher Bedeutung sind wie in der Sommersaison. Die Koeffizienten T_x , T_n und $MProTemAb$ sind nur bei vereinzelt Bahnen signifikant. Weiter ist der Koeffizient Regentage bei allen Bahnen mit der Ausnahme Celerina signifikant von Null verschieden und liegt zwischen 9.7% und 75.6%. Auch bei dieser Analyse stammt der grösste Koeffizient vom Kleinen Matterhorn. Für die gleichen Bahnen liegen Koeffizienten der Sonnenstunden vor welche signifikant von Null verschieden sind und zwischen 2.4% und 22.5% liegen. Der maximale Koeffizient wird wiederum vom Kleinen Matterhorn gestellt.

Die signifikanten Kontrollvariablen Wochenende und Ferien zeigen, dass die meisten Bergbahnen in den Ferien und Wochenenden höhere Frequenzen haben. Einzig für das Kleine Matterhorn sind diese Koeffizienten nicht signifikant von Null verschieden und für den Trockenen Steg ist nur der Ferienkoeffizient signifikant von Null verschieden. Die Analyse der Wetterprognosekoeffizienten fällt je nach Bergbahn unterschiedlich aus. So ist beispielsweise für Celerina keiner der Prognosekoeffizienten signifikant von Null verschieden. Dies belegt, dass die Wetterprognosen von MeteoSchweiz keinen Einfluss auf die Frequenzen dieser Bergbahn haben. Für Jungfrau_Int haben die Prognosen $ProS$, $ProR$, T_n , $MProSoFl$, $MProTemAb$ und Wf einen massgeblichen Einfluss auf die Frequenzen. Beim Kleinen Matterhorn und Trockenen Steg haben die Koeffizienten $ProR$, T_x und Wf einen relevanten Einfluss auf die Frequenzen. Weiter haben bei den Rigibahnen hauptsächlich die Variablen $ProS$, $ProR$, $MProSoBe$ und $MProSoFl$ einen bedeutenden Einfluss auf die Frequenzen. Im Winter ist für die Frequenzen der meisten Bahnen die kurzfristige Prognose für Sonnenschein und Niederschlag ein wichtiger Einflussfaktor.

Die Resultate zeigen, dass die Frequenzen jeder Bergbahn von unterschiedlichen Wetter- und Prognosefaktoren beeinflusst werden. Auffällig ist, dass die Koeffizienten des Kleinen Matterhorns im Vergleich zu den anderen Bahnen extrem ausfallen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Frequenzen dieser Bahn wettersensitiver sind als die anderen. Weiter besteht die Gefahr der Verzerrung durch das Basisrisiko, weil die Messstation im Tal von Zermatt liegt und die Bergbahn auf einem Gipfel. Aus diesen Gründen sind die Resultate des Kleinen Matterhorns mit Vorsicht zu interpretieren. Erstaunlich sind ebenfalls die Vorzeichen der Mittelfristprognosen für Sonnenschein im Flachland und in den Bergen. Wobei die Resultate der Wintersaison bestätigen, dass die Prognose für das Flachland für die Bergbahnen wichtiger ist als der Sonnenschein in den Bergen. Als Beispiel kann das Resultat der Wintersaison für Jungfrauoch und Rigi1 herangezogen werden. Dabei wird ersichtlich, dass die Prognose für das Flachland ein positives Vorzeichen und einen signifikanten Koeffizienten

ausweist. Die Koeffizienten für die Bergprognose haben bei diesem Beispiel keinen signifikanten Einfluss auf die Frequenzen. Die Resultate dieser Analyse belegen, dass für die Bergbahnen korrekte Wetterprognosen essentiell sind, weil der Effekt der Wetterprognose auf die Frequenzen bei den meisten Bergbahnen bemerkenswert ist.

3.3.4 Zusammenfassung der Resultate und Interpretation

Die Analyse zeigt, dass die Resultate je nach Bahn differenziert ausfallen. Dies lässt sich mit unterschiedlichen Eigenschaften der Bergbahnen, deren Kundschaft und dem Einzugsgebiet erklären. Zudem können unterschiedliche Wettergegebenheiten der Messstation und des Untersuchungsgebietes die Resultate zusätzlich beeinflussen. Weiter besteht die Gefahr, dass die Resultate durch das Basisrisiko, unterschiedliche Wettergegebenheiten der Messstation und des Untersuchungsgebietes beeinflusst werden. Dies kann zu Verzerrungen der Resultate führen. Es besteht der Verdacht auf Basisrisiko bei einigen Bahnen, da die Wetterstationen zum Teil beträchtliche Distanzen zu den jeweiligen Untersuchungsgebieten aufweisen und unterschiedliche lokale Witterungsbedingungen herrschen können. Die Interpretation und die Synthese der Hypothesen basiert auf den Resultaten der Tabelle 19 und Tabelle 20.

Hypothese 1: Ist die Niederschlagsmenge grösser als 3mm, sind die Frequenzen tiefer, als wenn diese Schwelle nicht überschritten wird.

Die Hypothese 1 unterstellt einen negativen Zusammenhang zwischen Regen und Frequenzen. Um dies zu untersuchen, wird der Koeffizient für Regentage analysiert. Dieser Koeffizient gibt an, wie sich die Frequenz verändert wenn an einem Tag mehr als 3 mm Niederschlag gemessen werden. Im Sommer ist dieser Koeffizient beim Jungfraujoch, Rigi2 und Rigi3 signifikant von Null verschieden und führt bei einem Regentag zu -3.9% bis -12.3% tieferen Frequenzen. In der Wintersaison sind die Koeffizienten des Jungfraujochs (-9.7%), Kleinen Matterhorn (-75.6%), Rigi1 (-26%), Rigi2 (-13.7%), Rigi3 (-14.2%) und Trockener Steg (-28.8%) signifikant von Null verschieden. Die Resultate bestätigen die Hypothese und zeigen, dass es je nach Bahn grosse Unterschiede gibt. Weiter ist in der Sommeranalyse ersichtlich, dass der Koeffizient der Regenprognose signifikant sein kann und derjenige des Regentages nicht. Dies belegt, dass die Frequenzschwankungen besser erklärt werden können anhand der Prognosen als am tatsächlichen Wetter und die Prognosen demnach einen wichtigen Einfluss auf die Bergbahnfrequenzen haben.

Hypothese 2: Je länger die Sonnenscheindauer desto höher die Frequenz.

Die Hypothese 2 lässt auf einen positiven Zusammenhang von Sonnenschein und Frequenzen schliessen. In der Sommersaison weisen die Resultate für alle Bahnen signifikante Sonnenstundenkoeffizienten aus. Die Frequenzen steigen gemäss diesen Resultaten bei einer zusätzlichen Stunde Sonnenschein um 1.7% bis 10.7%. In der Wintersaison ist der Koeffizient von Celerina nicht signifikant. Die anderen Koeffizienten sind signifikant von Null verschieden und liegen zwischen 2.4% und 22.5%. Wobei die Mehrheit der Koeffizienten zwischen 2.4% und 4.5% liegt. Aufgrund dieser Resultate wird die Hypothese 2 bestätigt.

Hypothese 3: In der Sommersaison führt eine höhere Temperatur zu einer höheren Frequenz

Der Koeffizient Temperatur gibt an, wie sich die Frequenz verändert, wenn die Temperatur sich verändert. Anhand dieses Koeffizienten wird die Hypothese 3 geprüft. Die Resultate zeigen, dass einzig die Koeffizienten von Celerina (6.7%) und Jungfrau_Jun (1.7%) Koeffizienten ausweisen die signifikant von Null verschieden sind. Für diese beiden Bahnen kann die Hypothese 3 bestätigt werden. Bei den restlichen Bahnen kann die Hypothese 3 nicht bestätigt werden, weil die Koeffizienten nicht signifikant sind. Aus den Resultaten wird jedoch ersichtlich, dass bei vielen Bahnen dafür der Koeffizient der Temperaturprognosen signifikant von Null verschieden ist. Dies deutet darauf hin, dass die Prognosen gleich wie bei der Hypothese 1 einen bedeutenden Einfluss auf die Frequenzen haben.

Hypothese 4: In der Wintersaison gibt es für die Temperaturen Schwellenwerte, welche zu höheren Frequenzen führen; liegen die Temperaturen höher oder tiefer als die Schwelle, sinken die Frequenzen.

Die Koeffizienten der Temperatur in der Wintersaison unterscheiden sich bezüglich Vorzeichen und Stärke. Alle Koeffizienten mit der Ausnahme Rigi2 sind signifikant von Null verschieden. Aufgrund der Vorzeichen ergibt sich kein allgemeines Bild, was die Temperatur für einen Einfluss auf die Frequenz hat. Positive Temperatureffekte bestätigen die Bahnen Jungfraujoch (4.4% oder 1.3%), Kleines Matterhorn (13%) und Trockener Steg (2.4%). Die Bahnen Celerina (-2.2%), Rigi1 (-6.8%) und Rigi3 (-3.5%) deuten einen negativen Zusammenhang an. Aufgrund dieser Resultate ist keine allgemeine Aussage möglich und die Hypothese 4 kann nicht bestätigt werden. Es besteht der Verdacht, dass jede Bahn ein anderes Tempera-

turexposure hat. Zudem wird der Standort der Messstation einen Einfluss auf die Resultate haben und es ist möglich, dass nicht der Tagesdurchschnitt sondern die maximale Temperatur für die Frequenzen ausschlaggebend ist. Im Vergleich zur Sommersaison ist auffällig, dass die Temperaturprognosen praktisch keinen Einfluss auf die Frequenzen haben.

Hypothese 5: Je höher die Sonnenscheindauer prognostiziert wird, desto höher die Frequenzen.

Für die Überprüfung der Hypothese 5 werden die Koeffizienten der Variablen ProS, MProSoBe und MProSoFl betrachtet. Diese Koeffizienten geben an, wie sich die Frequenz verändert, wenn die Sonnenprognose um eine Stufe höher liegt. In der Sommersaison sind die Koeffizienten ProS des Jungfraujochs (3.6% oder 3.5%), Rigi1 (8.7%) und Rigi2 (6.8%) signifikant von Null verschieden. Bei der Mittelfristprognose für Sonnenschein in den Bergen (MProSoBe) sind alle signifikanten Koeffizienten negativ und liegen zwischen -3.9% und -18.3%. Es handelt sich dabei um die Harder-, Jungfraujoch- und Rigibahn. Dieses Resultat entspricht nicht den Erwartungen und widerspricht der Hypothese 5. Die Koeffizienten der Sonnenscheinprognosen für das Flachland (MProSoFl) sind signifikant für Jungfraujoch (3.5% oder 3%) und alle Rigibahnen (17.8%, 9.5% oder 16.5%). Dieser Koeffizient bestätigt wiederum die Hypothese 5. In der Wintersaison sind die MProSoFl Koeffizienten der Rigi (10.1%, 9,4% und 11,7%) und das Jungfraujoch (6.2% und 3,7%) signifikant von Null verschieden. Die Vorzeichen entsprechen denen der Sommersaison und die Koeffizienten sind ähnlich oder tiefer. Schlussendlich bestätigen die Resultate der Koeffizienten ProS und MProSoFl die Hypothese 5 für die Bahnen Jungfraujoch und Rigi. Jedoch widersprechen die Vorzeichen des Koeffizienten MProSoBe der Hypothese 5. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Kunden der Bergbahnen sich an den Prognosen des Flachlandes orientieren. Deshalb wird die Hypothese 5 unter Vorbehalt verworfen, weil die Vorzeichen der Bergprognose (MProSoBe) die Hypothese nicht bestätigen und die Prognosekoeffizienten der meisten Bergbahnen nicht signifikant sind.

Hypothese 6: Je mehr Niederschlag prognostiziert wird, desto tiefer die Frequenzen.

Für die Überprüfung der Hypothese 6 werden die Koeffizienten der Variablen ProR und MProR analysiert. Alle Koeffizienten ProR bis auf die der Harderbahn sind signifikant von Null verschieden und liegen zwischen -3.2% und -16.5%. Beim Koeffizienten MProR ist Ce-

lerina nicht signifikant. Bei den anderen Bahnen ist dieser Koeffizient signifikant und liegt zwischen -4.2% und -19.1%. Bei diesen Koeffizienten stellt das Kleine Matterhorn den höchsten und das Jungfrauoch den tiefsten Koeffizienten. Aufgrund dieser Resultate wird die Hypothese 6 bestätigt.

3.4 Wetterhedging für Bergbahnen

Die Resultate bestätigen, dass es nicht ein Bergbahnexposure gibt, sondern bei jeder Bahn ein unterschiedliches Wetterexposure vorliegt und dementsprechend abgesichert werden sollte. Die folgenden Kapitel beschreiben das Vorgehen des Wetterhedging mit Wetterderivaten von CelsiusPro und liefert eine Auswertung dieser Absicherung am Beispiel einer Simulation über die Jahre 2005 bis 2009.

3.4.1 Allgemeines Vorgehen

Aufgrund des unterschiedlichen Wetterexposures der Bergbahnen und des Saisonunterschiedes wird für jede Bahn und jede Saison ein Derivat ausgewählt, welches mit Backtesting für die Jahre 2005 bis 2009 getestet wird. Die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit und Auswertung basiert auf den historischen Preise und Payouts der Derivate. Die Payouts werden, anhand der Wetterdaten von MeteoSchweiz, berechnet und CelsiusPro berechnet die historischen Preise der Derivate. CelsiusPro benötigt dafür die folgenden Informationen: Underlying, Wetterstation, Derivattyp, Periode, Threshold, Strike, Payout und maximaler Payout.

Aufgrund der Resultate der multivariaten Regressionsanalyse ist nicht ersichtlich, welche Wettervariable die einflussreichste für die Bergbahnen ist und demnach abgesichert werden muss. Deshalb bestimmt jede Bergbahn, welches Underlying respektive welche Wettervariable abgesichert wird. Die Bergbahnen treffen ihre Entscheidung basierend auf den eigenen Erfahrungen und den Resultaten der multivariaten Regressionsanalyse. Die Bergbahnen entscheiden sich meistens für Regen- und oder Sonnenscheinderivate. Für die Derivate wird dieselbe Wetterstation gewählt wie bei der Regressionsanalyse.⁶⁵ Der Derivattyp wird aufgrund der Resultate und der Empfehlung von CelsiusPro als kritischer Tag gewählt. Die Absicherungsperiode, wird anhand der Wochenend- und Monatskoeffizienten der multivariaten Regression bestimmt. Der Threshold für einen Regentag wird bei 3 Millimeter und für Wenig-Sonntag bei 4 Stunden festgelegt. Der Strike und der Maximale Payout werden von

⁶⁵ Vgl. Tabelle 3.

CelsiusPro vorgegeben. Um den Payout pro Strike zu berechnen bestehen verschiedene Ansätze. Clemmons und Radulski (2002) präsentieren den einfachen Best Worst Ansatz⁶⁶ und den multivariaten linearen Regressionsansatz. Der letzte Ansatz wird von Pres (2009) angewendet und mit Dummyvariablen erweitert, um die Saisonalität der Wettervariablen zu berücksichtigen.⁶⁷ Gemäss Pres (2009) sichert der multivariate lineare Regressionsansatz das Exposure am exaktesten ab. Deshalb wird der Ansatz der multivariaten Regression verwendet. Um diesen Ansatz anzuwenden muss das bisherige Regressionsmodell umgewandelt werden. Die Frequenzzahlen müssen in eine finanzielle Grösse umgerechnet werden. Deshalb werden die Frequenzen mit Ticketpreisen⁶⁸ multipliziert, was einen theoretischen Tagesumsatz ergibt. Weiter werden die Wettervariablen gemäss dem definierten Threshold in Wassertage umstrukturiert. Zum Beispiel wird jeder Tag mit weniger als 4 Stunden Sonnenschein in einen Wenig-Sonntag umgerechnet.⁶⁹ Die täglichen Umsätze stellen die abhängige Variable dar und die Wassertage und bisherigen Variablen stellen die unabhängigen Variablen dieses neuen Modells dar. Mit dieser Form des Modells kann der Payout pro Strike von den Betakoeffizienten der Wassertage abgelesen werden.

CelsiusPro bietet sogenannte Wochenendderivate an. Bei diesen Produkten handelt es sich um gewöhnliche Sonnenschein- oder Regenderivate, welche jeweils an den Wochenenden aktiv sind. Um den Payout pro Strike dieser Wochenendderivate zu berechnen, werden die Variablen Wochenende und der entsprechende Wassertag miteinander multipliziert. Diese Interaktionsvariable wird in das Regressionsmodell anstelle der Wassertagvariable gesetzt. Anhand des Betakoeffizienten dieser Interaktionsvariable kann der gesuchte Payout abgelesen werden. Dieser Koeffizient gibt beispielsweise an, wie hoch der Umsatzverlust ist, wenn es an einem Wochenendtag mehr als 3 Millimeter regnet.

Problematisch bei dieser Art von Payoutberechnung ist der Strike der Derivate. Diese Berechnung unterstellt, dass kein Strike vorhanden ist. Jedoch haben diese Derivate einen Strike. Demnach erhalten die Bergbahnen keine Entschädigung für Schlechtwassertage, bis der Strike erreicht ist. Dies entspricht einem Selbstbehalt, den die Bahnen tragen müssen. Trotzdem erleiden die Bahnen bis zum Erreichen des Strikes Umsatzeinbussen aufgrund des Wetters. Erst nach dem Erreichen des Strikes, werden die Bahnen für jeden zusätzlichen Wassertag korrekt

⁶⁶ Tick Value = $\Delta\text{Sales}/\Delta\text{Weather} = (\text{Sales}_{\text{BestYear}} - \text{Sales}_{\text{WorstYear}}) / (\text{Index}_{\text{BestYear}} - \text{Index}_{\text{WorstYear}})$.

⁶⁷ Vgl. dem Zusatz der multivariaten Regression und Zanotti et al. (2003).

⁶⁸ Die Ticketpreise entsprechen der aktuellen Preisliste, welche auf der Homepage der Bergbahnen veröffentlicht sind.

⁶⁹ Die Regentage sind bereits definiert und werden übernommen.

entschädigt. Dies führt dazu, dass der Payout eigentlich zu tief angesetzt ist. Der Payout könnte erhöht werden, was jedoch zu höheren Prämien führt. Diese Problematik wird in der vorliegenden Arbeit vernachlässigt und es werden die Payouts aus der multivariaten Regression verwendet.

3.4.2 Vorgehen und Auswertung

Die folgenden Kapitel geben einen kurzen Überblick bei der Bestimmung der Wetterderivate für die jeweiligen Bergbahnen und deren Auswertung.

3.4.2.1 Zermatt Bergbahnen

In Rücksprache mit den Zermatt Bergbahnen werden nur die Umsätze des Kleinen Matterhorns mit Sonnenscheinderivaten abgesichert. Basierend auf den Resultaten der multivariaten Regression werden in der Wintersaison die Monate Januar, Februar und März für die Jahre 2005 bis 2009 abgesichert. In der Sommersaison werden die Wochenende der Monate Juli, August und Oktober der gleichen Jahre abgesichert. Der Payout wird analog zum allgemeinen Vorgehen berechnet, dabei wird die Frequenz mit einem Ticketpreis von 13.50 CHF⁷⁰ multipliziert. Die Tabelle 21 zeigt die Derivate für das Kleine Matterhorn. Diese Eigenschaften gelten für die jeweiligen Jahre 2005 bis 2009.

Tabelle 21: Wetterderivate Zermatt

Zermatt Winter:		Zermatt Sommer:	
Underlying:	Sonnenschein	Underlying:	Sonnenschein
Typ:	Kritischer Tag	Typ:	Kritischer Tag
Wetterstation:	Zermatt	Wetterstation:	Zermatt
Periode:	Januar, Februar, März	Periode:	Juli, August, September, Oktober
Weekend /Wochentag:	Alle Tage	Weekend /Wochentag:	Weekend
Threshold:	<4h	Threshold:	<4h
Strike:	40	Strike:	12
Payout per index point:	2'215	Payout per index point:	2'616
Max Payout:	75'310	Max Payout:	26'160

Anhand dieser Angaben berechnet CelsiusPro jeweils die historischen Preise für die Jahre 2005 bis 2009, welche für die Auswertung notwendig sind.

Die Auswertung für die Absicherung des Kleinen Matterhorn wird in der Tabelle 22 dargestellt. In der Zeile Prämie sind die jeweiligen Preise der Derivate für jedes Jahr abgebildet. In der Zeile Indextage sind die berechneten Wassertage festgehalten. Liegt dieser Wert über dem Strike, dann gibt es einen Payout, welcher in der Zeile Payout ersichtlich ist. Der Payout er-

⁷⁰ Entspricht einfaches Ticket Halbtaxabonnement.

gibt sich aus der Anzahl Indextage, welche höher sind als der Strike, multipliziert mit dem Payout pro Indexpunkt. In der letzten Spalte sind jeweils die Prämien und Payouts über alle Jahre aufsummiert. In der untersuchten Periode generierte das Produkt Sonnenschein an den Wochenenden eine Auszahlung im Jahr 2005 von 7'848 CHF und generierte Kosten von 29'878 CHF. Das Derivat für alle Tage wurde nie ausgelöst und verursachte Kosten in der Höhe von 39'972 CHF. Dieses Derivate ist ein Beispiel dafür, dass es über fünf Jahre zu keiner Auszahlung eines Wetterderivates kommen kann.

Tabelle 22: Auswertung Kleines Matterhorn Derivate

Zermatt Winter Sonnenschein						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	8'792	8'076	7'803	7'594	7'707	39'972
Payout	0	0	0	0	0	0
Indextage	27	35	39	32	38	

Zermatt Sommer Sonnenschein Wochenende						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	6'699	6'330	6'312	5'644	4'893	29'878
Payout	7'848	0	0	0	0	7'848
Indextage	15	11	3	6	8	

Die Abbildung 5 zeigt das Payout Diagramm des Derivat Zermatt Sommer für das Jahr 2005. Bei dieser Darstellung ergibt sich der Totalpayout sich aus der Anzahl Indextage, welche höher sind als der Strike, multipliziert mit dem Payout pro Indexpunkt minus der Prämie. Die Prämie für dieses Derivat beträgt 6'699 CHF und der Strike liegt bei 12 Indextagen. Wird dieser Strike übertroffen werden 2'616 CHF pro Indexpunkt über dem Strike bezahlt. Der maximale Payout liegt bei 26'160 CHF.

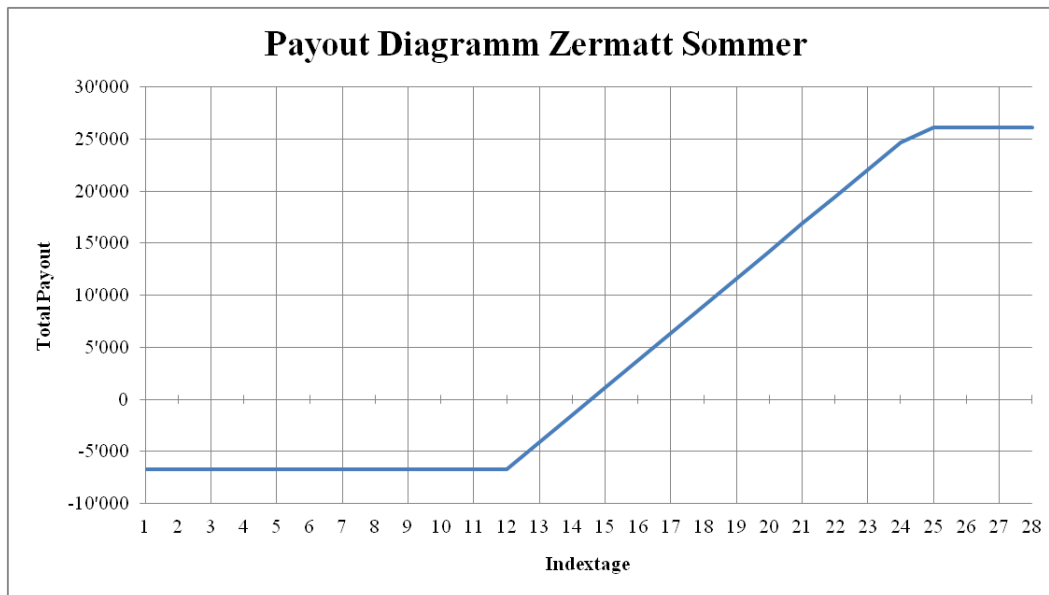


Abbildung 5: Payout Diagramm Zermatt Sommer 2005

3.4.2.2 Rigi Bahnen

Die Rigi Bahnen wollen den Sonnenschein absichern. Da die drei Bahnen im gleichen Gebiet liegen und gemäss den Regressionsanalysen ein ähnliches Wetterexposure haben, werden die drei Bahnen jeweils mit einem Wetterderivat abgesichert. In der Sommersaison wird mit zwei Derivaten abgesichert. Einerseits werden alle Tage und andererseits nur die Wochenenden der Monate August, September und Oktober abgesichert. In der Wintersaison werden die Weihnachtsferien im Dezember und Januar abgedeckt. Die Umsatzrechnung basiert auf einem Ticketpreis von 35.- CHF für Rigi-Retour. Die Struktur der Derivate sind in der Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Wetterderivate Rigi

Rigi Sommer alle Tage:		Rigi Winter:	
Underlying:	Sonnenschein	Underlying:	Sonnenschein
Typ:	Kritischer Tag	Typ:	Kritischer Tag
Wetterstation:	Luzern	Wetterstation:	Luzern
Periode:	August, September, Oktober	Periode:	Ferien: Januar, Dezember
Weekend /Wochentag:	alle Tage	Weekend /Wochentag:	alle Tage
Threshold:	<4h	Threshold:	<4h
Strike:	52	Strike:	13 / 7 (2009)
Payout per index point:	7'541	Payout per index point:	7'541
Max Payout:	165'902	Max Payout:	22'623 / 7'541 (2009)
Rigi Sommer Weekend:			
Underlying:	Sonnenschein		
Typ:	Kritischer Tag		
Wetterstation:	Luzern		
Periode:	August, September, Oktober		
Weekend /Wochentag:	Weekend		
Threshold:	<4h		
Strike:	15		
Payout per index point:	35'875		
Max Payout:	358'750		

Der Payout pro „Wenig-Sonntag“ wird für jede Rigibahn separat berechnet und anschliessend aufaddiert für den Payout des Rigi Derivats. Der Payout des Wochenendderivates wird analog berechnet.

Die Auswertung der Derivate für die Rigi sind in Tabelle 24 dargestellt.⁷¹ Das Sonnenscheinderivate für alle Tage des Sommers generierte keine Payouts und führte zu Prämienkosten von 112'858 CHF. Ein solches Resultat ist aus der Sicht der Bergbahnen nicht erwünscht. Zudem fehlen im Jahr 2009 Wetterdaten aufgrund einer Störung der Wetterstation und deshalb kann für diese Periode die Anzahl Indextage und der Payout nicht berechnet werden. Das Sonnenscheinderivat für die Wochenenden war in den Jahren 2005 und 2006 für die Rigibahn ein Erfolg. Es wurde ein Totalpayout von 215'250 CHF erzielt. Dank dieser Auszahlungen konnte ein grosser Teil der Prämienkosten von 356'314 CHF gedeckt werden. Die Kosten werden trotzdem nicht vollständig gedeckt und zudem fehlen im Jahr 2009 Wetterdaten, um Indextage und Payouts zu berechnen. Ähnlich sieht die Bilanz der Absicherung der Winterferien aus. In den Jahren 2007 und 2008 wurden eine Payoutsumme von 37'705 CHF generiert, welche jedoch einer Prämiensumme von 60'207 CHF gegenüber stehen.

⁷¹ Im Sommer 2009 war das Messgerät der Sonnenstunden in Luzern rund 2 Wochen defekt, deshalb fehlen einzelne Daten und es ist keine Auswertung möglich.

Tabelle 24: Auswertung Rigi Derivate

Rigi Sonnenschein Sommer						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	23'947	23'507	22'127	20'736	22'541	112'858
Payout	0	0	0	0	-	0
Indextage	47	48	46	52	Fehlende Daten	

Rigi Sonnenschein Sommer Wochenende						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	71'627	70'647	68'693	64'384	80'963	356'314
Payout	179'375	35'875	0	0	-	215'250
Indextage	20	16	10	12	Fehlende Daten	

Rigi Sonnenschein Winterferien						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	13'958	12'500	11'981	17'243	4'525	60'207
Payout	7'541	0	15'082	15'082	0	37'705
Indextage	14	13	15	15	7	

3.4.2.3 Jungfraubahnen

Für die Absicherung der Umsätze des Jungfraujochs wird die Wetterstation Interlaken ausgewählt, weil die Bahnen den Niederschlag absichern möchten und dieser auf dem Jungfrauoch nicht gemessen wird. In der Sommersaison werden nach Absprache mit den Jungfraubahnen die Regentage und in der Wintersaison jeweils der Sonnenschein an den Wochenenden der Monate April und Dezember abgesichert. Für die Umsatzberechnung ist ein Ticketpreis mit Retourfahrt von 150.- CHF hinterlegt. Die Tabelle 25 zeigt die Eigenschaften der Derivate für das Jungfrauoch.

Tabelle 25: Wetterderivate Jungfrauoch

Jungfrauoch Sommer:		Jungfrauoch Winter:	
Underlying:	Regen	Underlying:	Sonnenschein
Typ:	Kritischer Tag	Typ:	Kritischer Tag
Wetterstation:	Interlaken	Wetterstation:	Interlaken
Periode:	Juni, Juli, August und September	Periode:	April und Dezember
Weekend /Wochentag:	Alle Tage	Weekend /Wochentag:	Weekend
Threshold:	3mm	Threshold:	<4h
Strike:	38	Strike:	10
Payout per index point:	23'600	Payout per index point:	18'238
Max Payout:	472'000	Max Payout:	109'428

In der Tabelle 26 ist die Auswertung der Derivate für das Jungfrauoch abgebildet. Das Hedging des Sommers mit dem Regenderivat war erfolgreich. Die Summe der Auszahlungen von 330'400 CHF ist höher als die Kosten des Derivates von 278'004 CHF. Die Absicherung der

Wintersaison erzielte in den ersten beiden Jahren Payouts von 72'952 CHF; in den restlichen Jahren wurde der Strike nicht überschritten. Gleichwohl konnte ein grosser Anteil der Prämien von 119'240 CHF dank diesen Payouts gedeckt werden.

Tabelle 26: Auswertung Jungfrauoch Derivate

Jungfrauoch Sommer Regen						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	50'562	48'867	48'061	65'705	64'809	278'004
Payout	0	0	283'200	47'200	0	330'400
Indextage	34	36	50	40	37	

Jungfrauoch Winter Sonnenschein Wochenende						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	24'831	24'512	24'463	22'466	22'968	119'240
Payout	36'476	36'476	0	0	0	72'952
Indextage	12	12	7	7	9	

Bei der Harderbahn wurde mit den Bahnen vereinbart, dass der Sonnenschein und der Regen abgesichert werden soll. Da die Harderbahn eine Bahn mit hohen Wochenendfrequenzen ist, wird zusätzlich mit einem Sonnenscheinwochenendderivate abgesichert. Für die Umsatzberechnung wird ein Ticketpreis von 25.- CHF angenommen.⁷² Die Merkmale dieser Derivate sind in der Tabelle 27 abgebildet.

Tabelle 27: Wetterderivate Harder

Harder Sonne alle Tage:		Harder Regen:	
Underlying:	Sonnenschein	Underlying:	Regen
Typ:	Kritischer Tag	Typ:	Kritischer Tag
Wetterstation:	Interlaken	Wetterstation:	Interlaken
Periode:	Juli, August, September, Oktober	Periode:	Juli, August, September, Oktober
Weekend /Wochentag:	Alle Tage	Weekend /Wochentag:	Alle Tage
Threshold:	<4h	Threshold:	3mm
Strike:	54	Strike:	35
Payout per index point:	1'276	Payout per index point:	359
Max Payout:	40'832	Max Payout:	7'539

Harder Sonne Weekend:	
Underlying:	Sonnenschein
Typ:	Kritischer Tag
Wetterstation:	Interlaken
Periode:	Juli, August, September, Oktober
Weekend /Wochentag:	Weekend
Threshold:	<4h
Strike:	15
Payout per index point:	3'962
Max Payout:	39'620

⁷² 27.- CHF entspricht Retourticket 2. Klasse.

Die Resultate der Auswertung Harderbahn sind in der Tabelle 28 abgebildet. Auch dieses Regenderivat vermochte im Jahr 2007 einen Payout von 1'795 CHF zu generieren. Das Regenderivat wurde nur im Jahr 2007 ausgelöst und erzielte einen Payout von 1'795 CHF. Dieser Absicherung stehen Gesamtkosten von 3'681 CHF gegenüber. Beim Sonnenscheinderivat über alle Tage wurde der Strike in keinem Jahr übertroffen und demzufolge erfolgte keine Auszahlung. Diese Absicherung ohne Payout kostet die Harderbahn 26'893 CHF, was für die Bahn eine finanzielle Belastung darstellen würde. Erfreulicher sieht die Bilanz des Wochenenderivats aus. Dieses Derivat erzielt in den ersten beiden Jahre Auszahlungen von 23'772 CHF. Mit diesen Payouts kann rund die Hälfte der Derivatprämien von 49'486 CHF gedeckt werden.

Tabelle 28: Auswertung Harder Derivate

Harder Regen						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	739	707	678	776	781	3'681
Payout	0	0	1'795	0	0	1'795
Indextage	27	32	40	34	31	

Harder Sonnenschein						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	6'713	5'816	5'478	4'749	4'137	26'893
Payout	0	0	0	0	0	0
Indextage	45	49	45	51	45	

Harder Sonnenschein Weekend						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	11'387	10'166	9'332	8'716	9'885	49'486
Payout	19'810	3'962	0	0	0	23'772
Indextage	20	16	7	14	14	

3.4.2.4 Bergbahnen Engadin St. Moritz

Die Umsätze von Celerina werden im Sommer mit einem Sonnenscheinderivat und im Winter mit einem Regenderivat abgesichert. Bei beiden Derivaten werden jeweils alle Tage der jeweiligen Monate abgesichert. Für die Umsatzberechnung ist ein Ticketpreis von 20.- CHF festgelegt.⁷³ Die weiteren Angaben der Derivate von Celerina sind in der Tabelle 29 abgebildet.

⁷³ Entspricht Erwachsenenpreis Retour Sommersaison 2010.

Tabelle 29: Wetterderivate Celerina

Celerina Winter:		Celerina Sommer:	
Underlying:	Regen	Underlying:	Sonnenschein
Typ:	Kritischer Tag	Typ:	Kritischer Tag
Wetterstation:	Samedan	Wetterstation:	Samedan
Periode:	Januar, Februar, März	Periode:	August, September, Oktober
Weekend /Wochentag:	alle Tage	Weekend /Wochentag:	alle Tage
Threshold:	3mm	Threshold:	<4h
Strike:	9	Strike:	40
Payout per index point:	7'810	Payout per index point:	282
Max Payout:	78'100	Max Payout:	8'178

In der Tabelle 30 sind die Resultate für die Absicherung von Celerina zusammengefasst. Das Sonnenscheinderivat wurde in den Jahren 2005 und 2006 ausgelöst und führte zu zwei Auszahlungen von 282.- CHF. Die Kosten dieses Derivates betrug für die gesamte Periode 7'393 CHF. Das Regenderivat der Wintersaison erzielte im Jahr 2009 einen Payout von 15'620 CHF, welcher die Hälfte der Totalenprämien von 33'484 CHF zu decken vermag. Aus der Sicht der Bergbahn verursachte die Absicherung mit diesen Derivaten viel mehr Kosten als Nutzen.

Tabelle 30: Auswertung Celerina Derivate

Celerina Sommer Sonnenschein						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	1'556	1'613	1'603	1'352	1'269	7'393
Payout	282	282	0	0	0	564
Indextage	41	41	30	32	27	

Celerina Winter Regen						Total
Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	
Prämie	7'349	6'657	6'520	6'203	6'755	33'484
Payout	0	0	0	0	15'620	15'620
Indextage	7	5	9	6	11	

3.4.3 Interpretation der Resultate

Um die zusammengestellten Derivate auf ihre Wirtschaftlichkeit zu überprüfen, wird in den vorangehenden Kapiteln eine historische Analyse über die Jahre 2005 bis 2009 durchgeführt. Dazu werden die jährlichen Payouts den jeweiligen Prämien gegenübergestellt. Die Resultate dieses Backtestings zeigen eine durchgezogene Bilanz. Einerseits kann gezeigt werden, dass Umsatzeinbussen, ausgelöst durch das Wetterexposures, abgedeckt werden können. Auf der anderen Seite, gab es zahlreiche Wetterderivate, welche im Untersuchungszeitraum nicht aus-

gelöst wurden und damit den Bergbahnen nicht bei der Absicherung ihres Wetterexposures helfen konnten.

Neun von zwölf Wetterderivaten wurden mindestens einmal ausgelöst und erzielten einen Payout. Über alle Derivate und Jahre wurde ein Payout von 705'906 CHF generiert. Demgegenüber steht die Summe der Prämien von 1'117'410 CHF. Bei dieser Zusammenfassung sind die Kosten der Derivate deutlich höher als ihr Nutzen. Bei diesem Zusammenschluss handelt es sich um eine starke Vereinfachung. Die detaillierten Auswertungen zu den einzelnen Derivaten sind in den vorangehenden Kapiteln beschrieben.

Die Resultate zeigen, dass es keine universal Lösung für die Wetterabsicherung der Bergbahnen gibt. Jede Bahn hat ein unterschiedliches Wetterexposure und muss aufgrund dessen entscheiden, ob eine Wettervariable abgesichert wird. Zudem stellt sich die Frage, ob die Bergbahnen genügend finanzielle und personelle Ressourcen aufwenden können und wollen, um diese Exposure abzusichern. Aus dieser Analyse geht hervor, dass in einigen Jahren dank der Derivate Payouts generiert werden können. Es hat sich jedoch auch gezeigt, dass in anderen Jahren keine Payouts erfolgen. Die Prämienkosten müssen die Bahnbetreiber gleichwohl begleichen. In den meisten Fällen dieser Analyse sind die Kosten der Derivate höher als die Payouts und deshalb nicht attraktiv für die Bergbahnen. Zudem hat sich herausgestellt, dass die Payouts im Vergleich zu den Umsätzen sehr klein sind und deshalb die Absicherung einen marginalen Effekt auf die Umsätze hat.

4. Schlussfolgerungen

4.1 Fazit

Die Resultate der Regressionsanalyse zeigen, dass die Bergbahnen ein Wetterexposure haben. Es liegt Evidenz vor, dass die Bahnen unterschiedliche Exposure haben und die Exposure für Sommer und Winter getrennt betrachtet werden müssen. Die Auswertung der Regression zeigt, dass die Temperatur im Sommer bei der Bahn von Celerina und Jungfrauoch einen positiven Einfluss auf die Frequenz hat. Bei den anderen Bahnen hat die Temperatur keinen signifikanten Einfluss auf die Frequenz. In der Wintersaison hat die Temperatur bei der Bahn von Celerina, Rigi1 und Rigi3 einen negativen Einfluss auf die Frequenz. Einen positiven Effekt auf die Frequenz liegt bei den Bahnen Jungfrauoch, Kleines Matterhorn und Trockner Steg vor. Für die Rigi2 ist der Temperatureffekt nicht signifikant von Null verschieden. Aufgrund dieser Resultate lässt sich kein allgemeiner Effekt der Temperatur in der Wintersaison ableiten. Die Wetterparameter Regen und Sonnenschein sind in der Sommersaison gemäss den Bergbahnen die wichtigsten Einflussfaktoren der Frequenzen. Generell sinken die Frequenzen, wenn es Niederschlag gibt und die Frequenzen steigen, wenn die Sonne länger scheint. Aufgrund der Resultate sinken die Frequenzen der Bahnen Jungfrauoch, Rigi2 und Rigi3 um 3.9% bis 12.3%, wenn der Niederschlag höher als 3 mm gemessen wird. Bei den übrigen Bahnen ist dieser Koeffizient nicht signifikant von Null verschieden. In der Wintersaison liegt ein ähnlicher Effekt vor. Bei den Bahnen Jungfrauoch (-9.7%), Kleines Matterhorn (-75.6%), Rigi1 (-26%), Rigi2 (-13.7%), Rigi3 (-14.2%) und Trockener Steg (-28.8%) sinken die Frequenzen, wenn der Niederschlag über 3 mm liegt. Extrem ist der Effekt des Koeffizienten des Kleinen Matterhorns. Da bei den anderen Koeffizienten dieser Bahn ebenfalls Extremwerte vorliegen, sollten die Resultate des Kleinen Matterhorns mit Vorsicht interpretiert werden. Der Effekt des Sonnenscheins ist in der Sommersaison bei allen Bahnen signifikant von Null verschieden und weist einen positiven Effekt auf die Frequenz aus. Die Frequenzen steigen bei den Bahnen Celerina (7.7%), Harder (2.5%), Jungfrauoch (2.1% oder 1.7%), Kleines Matterhorn (10.7%), Rigi1 (2.4%), Rigi2 (3%), Rigi3 (2.7%) und Trockener Steg (7.2%) mit jeder Sonnenstunde. In der Wintersaison sind die Sonnenstunden der Bahnen Jungfrauoch (2.4% oder 3.1%), Kleines Matterhorn (22.5%), Rigi1 (3.7%), Rigi2 (3.1%), Rigi3 (4.5%) und Trockener Steg (3.7%) signifikant von Null verschieden. Einzig der Sonnenscheinkoeffizient der Celerinabahn ist nicht signifikant von Null verschieden.

Die Resultate zeigen, dass je nach Bahn und Saison unterschiedliche Wetterparameter einen Einfluss auf die Frequenz der Bahn haben. Zudem ist anzunehmen, dass in der Wintersaison

weitere Wettervariablen wie Schneefall oder Schneemenge die Frequenzen beeinflussen. Diese Variablen sind für die meisten Wetterstationen nicht verfügbar und deshalb können diese im Modell nicht berücksichtigt werden.

Neben den gemessenen Wettervariablen haben die Wetterprognosen einen bedeutenden Einfluss auf die Frequenzen der Bergbahnen. Doch auch hier bestehen Unterschiede je nach Bahntyp.⁷⁴ Die Resultate der Regressionsanalyse zeigen, dass die Regenprognose für den Folgetag und die Mittelfristprognose bei den meisten Bahnen in der Sommersaison einen signifikanten Einfluss auf die Frequenz haben. Bei den Ausflugsbahnen Rigi und Jungfraujoch hat in der Sommersaison zudem die Sonnenscheinprognose einen bedeutenden Einfluss auf die Frequenzen. Weiter sind bei einigen Bahnen die Koeffizienten der Temperaturprognosen signifikant von Null verschieden. In der Wintersaison haben meist die Folgetagprognosen für Sonnenschein und Regen einen bedeutenden Einfluss auf die Frequenzen der Bergbahnen. Vereinzelt hat die Mittelfristprognose des Sonnenscheins einen signifikanten Einfluss, wobei oft die Prognose für das Flachland massgebend ist. Was darauf zurückzuführen ist, dass die Gäste eher in die Berge gehen, wenn für das Flachland sonniges Wetter prognostiziert wird. Abschliessend kann gesagt werden, dass die Wetterprognosen das Freizeitverhalten der Bergbahnkunden mehr beeinflusst als das effektive Wetter.

Das Prinzip der Absicherung mit Wetterderivaten basiert auf Wetterdaten von Wetterstationen. Problematisch sind die Distanz respektive die Auswahl der Wetterstation für die jeweilige Bergbahn.⁷⁵ Es stellt sich die Frage, welche Wetterstation für die Bergbahn relevant ist. Entweder wird eine Wetterstation möglichst in der Nähe der Bergbahn verwendet oder eine Wetterstation im Einzugsgebiet der Bahn. Ein gutes Beispiel liefern die Resultate für das Jungfraujoch. Es steht eine Wetterstation in Interlaken oder auf dem Jungfraujoch zur Verfügung. Aufgrund der Resultate hat sich herausgestellt, dass die Wetterstation Interlaken, welche weit weg von der Bahn ist, die Frequenzschwankungen besser erklären kann als die Wetterstation auf dem Jungfraujoch. Dies widerspricht der Theorie, dass die Wetterstation möglichst nahe bei der Bergbahn sein sollte. Deshalb sollten die Resultate kritisch betrachtet werden und von einer Allgemeinerung ist abzusehen. Es gilt in jedem Fall zu prüfen, welche Wetterstation das Exposure am besten erklären kann. Dieses Beispiel zeigt, dass die Wahl der Wetterstation nicht trivial ist.

⁷⁴ Weitere Details im Kapitel 3.3.4 Zusammenfassung der Resultate und Interpretation.

⁷⁵ Auch bekannt als das Problem des Basisrisikos.

Aufgrund der Resultate der multivariaten Regression und den Empfehlungen der Bergbahnen, haben Niederschlag und Wenig-Sonnenschein einen bedeutenden Einfluss auf die Frequenzen und sollten demnach abgesichert werden. Für den Untersuchungszeitraum in den Jahren 2005 bis 2009 wurden diverse Derivate für die Bahnen zusammengestellt. Neun von zwölf Wetterderivaten erreichten den Strike und erzielten mindestens eine Auszahlung. Generell kann dies als Erfolg gedeutet werden. Doch bei der genauen Erfolgsanalyse zeigt sich, dass die Derivate in den meisten Jahren keine Payouts generierten und hohe Kosten verursachen. Über alle Jahre und Bahnen verursachte die Absicherung Prämienkosten von 1'117'410 CHF. Gesamthaft wurden Payouts von 705'906 CHF erzielt. Dies führt zu einem Defizit von -411'504 (=705'906 - 1'117'410). Die Bilanz der Bergbahnen ist demnach negative. Trotzdem konnten Payouts generiert werden, was dazu beigetragen hat, dass die Umsatzeinbussen des schlechten Wetters reduziert werden konnten. Als Problematisch erweist sich der Strike dieser Derivate. Die gewählten Derivate können nur rentieren, wenn der Strike überschritten wird. Bis dies der Fall ist, braucht es eine längere Periode mit schlechtem Wetter, welches von der Wetterstation gemessen wird. In dieser Periode gibt es kein Hedging für die Bahnen und es fallen gleichwohl Prämienkosten für die Absicherung an.

4.2 Ausblick

Das Regressionsmodell der Bergbahnen für die Berechnung des Wetterexposures könnte verbessert werden mit zusätzlichen Wettervariablen wie Schneefall. Es könnte weiter sinnvoll sein, für verschiedene Bahntypen unterschiedliche Modelle anzuwenden, um damit deren Eigenschaften gerecht zu werden. Eine Ausweitung der Studie über einen längeren Zeithorizont und mit weiteren Bergbahnen wäre denkbar und kann helfen ein besseres Verständnis des Wetterexposures zu erhalten. Weiter stellt sich die Frage, welche Wetterstation ist für die Bergbahn relevant: Muss die Wetterstation im Bergbahngebiet stehen oder im Einzugsgebiet der Kundschaft? All diese Details könnten helfen, dass Wetterexposure der Bergbahnen besser zu erfassen und zu bestimmen.

Bei der Absicherung des Exposure bestehen zum Teil Unsicherheiten bei der Wahl der Wettervariable. Aufgrund der multivariaten Regression ist nicht ersichtlich, welche Variable den grössten Einfluss auf die Frequenz hat. Deshalb ist ein Verfahren zur Auswahl der abzuschließenden Variable sehr hilfreich. Weiter könnten unterschiedliche Verfahren für die Berechnung des Payouts pro Indexpunkt getestet werden. Demnach können all die genannten Aspekte helfen, die Erfassung und Absicherung des Wetterexposures in weiteren Forschungsarbeiten zu verbessern.

Anhang A: Details zur Folgetagprognosecodierung:

Alle Angaben stammen von MeteoSchweiz

Bewölkung:

- *Klasse 0 (0-4%):* bedeckt; stark bewölkt; stark bewölkt bis bedeckt; Niederschlag ohne Bewölkungsangabe
- *Klasse 1 (5-30%):* (meist) bewölkt; bewölkt oder/bis bedeckt; wechselnd bewölkt (ohne Zusatz); wechselnd bis/oft/zeitweise stark bewölkt; vorwiegend//meist/oft/häufig stark bewölkt/bedeckt; mässig, zeitweise stark bewölkt; unterschiedlich bewölkt (ohne präzisierende Angaben über die Sonne) vorwiegend Hochnebel; veränderlich/wechselhaft (ohne präzisierende Angaben über die Sonne) einzelne/kurze Aufhellungen; Tendenz zu Aufhellungen; einige Aufhellungen möglich; kaum / nur wenig Sonne; zeitweise etwas Sonne; kurze sonnige Abschnitte;
- *Klasse 2 (20-50%):* zeitweise/oft/häufig bewölkt (einige) (zeitweise) Aufhellungen; grössere / schöne Aufhellungen; teilweise/zeitweise sonnig; zum Teil sonnig; (längere) sonnige Abschnitte freundlich, recht freundlich
- *Klasse 3 (40-70%):* ziemlich/recht sonnig;
- *Klasse 4 (60-90%):* vorwiegend/meist/zum großen Teil sonnig; allgemein/im Allgemeinen sonnig; leicht bewölkt
- *Klasse 5 (70-100%):* Sonnig; schön

Niederschlag: Limit für Niederschlag ist generell 0,3 mm

- *Klasse 0 (0%):* keine Niederschläge im Text; trocken; Flocken / Tropfen möglich
- *Klasse 1 (<17% der Stationen in je 6 Std.):* etwas/einige Niederschläge/ Schauer/ Gewitter möglich; einzelne Schauer/Gewitter; einzelne Gewitterherde; etwas Regen nicht ausgeschlossen; meist / im Allgemeinen trocken; kaum Niederschlag; kein Niederschlag von Bedeutung; wahrscheinlich kein Niederschlag; leichte Tendenz zu Niederschlag; leicht gewitterhaft; einzelne Schneeflocken; kaum mehr Regen, geringes Risiko; ein paar Tropfen; Nebelregen
- *Klasse 2 (17-50%):* Neigung zu Schauern/Gewittern; zeitweise/einige/etwas Niederschläge wahrscheinlich, (einige) Gewitterherde; da und dort Gewitter, wenig oder kein Niederschlag; (mässige) Tendenz zu Niederschlag; mässig gewitterhaft; örtlich/gebietsweise Niederschlag; vorübergehend etwas Regen; Risiko von Schauern / Gewittern

- *Klasse 3* (>50%, Mittel <5mm/6Std.): Regnerisch; anhaltende Niederschläge; einige Niederschläge/Schauer/Gewitter, etwas Regen/ Schnee; gelegentlich/zeitweise/ab und zu Niederschlag; gelegentlich etwas/schwacher Regen Ausnahme: gelegentlich schwacher Schneefall: Klasse 2; verbreitet Schauer oder Gewitter; einige/zum Teil heftige Gewitter; gewitterhaft, veränderlich
- *Klasse 4* (>50%, mind. einmal >5mm/6Std): ergiebige Niederschläge; z. Teil recht intensive/ergiebige Niederschläge; heftige Schneefälle; verbreitet heftige Schauer/Gewitter; zeitweise heftige Gewitterregen

Wind:

- *Klasse 0*: kein Wind in der Prognose; schwacher/leichter/etwas ...-wind (möglich); Tendenz zu ...; zeitweise mässiger / auffrischender / böiger ...wind; föhnig; unter Föhneinfluss ohne spezielle Erwähnung des Föhnwindes.
- *Klasse 1*: Föhn (mässig bis stark); Regionen 1+4, 8-11; Föhn in Region 4; zeitweise Föhn; Föhneinbruch
- *Klasse 2*: (zeitweise) Nordföhn (mässig/stark): Regionen 13+14; in den oberen Tälern: nur Region 13
- *Klasse 3*: Bise (mässig/stark oder ohne Attribut): Regionen 2, 3, 5-7
- *Klasse 4*: Westwind (mässig oder stark): Regionen 2-10; starke Böen, böig
- *Klasse 5*: (zeitweise) Weststurm: Regionen 2-10; starker bis stürmischer Wind

Anhang B: Details zur Mittelfristprognosekontrolle:*Sonnenscheinklasse:*

- Klasse 0: (0-4%) stark bewölkt, bedeckt, meist stark bewölkt, oft stark bewölkt, unfreundlich, unbeständig.
- Klasse 1: (5-25%) bewölkt, meist bewölkt, starke Bewölkung mit kurzen Aufhellungen, kurze sonnige Abschnitte.
- Klasse 2: (26-50%) Aufhellungen, zum Teil sonnig, freundlich, föhnig, sonnige Abschnitte.
- Klasse 3: (51-70%) sonnig, zeitweise Wolkenfelder, Quellwolken, recht schön.
- Klasse 4: (71-100%) sonnig, schön, wolkenlos, einige Quellwolken.

Niederschlagsklassen:

- Klasse 0: (0.00-0.2mm) trocken, kaum Regen, wenig oder kaum Regen.

- Klasse 1: (0.3-3.0mm) wenig/etwas Regen, ab und zu Regen, einzelne Niederschläge.
- Klasse 2: (3.1-9.9mm) einige Niederschläge, vorübergehend Regen, zeitweise Regen.
- Klasse 3: (10-17.9mm) Regen, oft/häufig Regen, anhaltender Regen, Schneefälle.
- Klasse 4: (>18mm) ausgiebiger Regen, intensiver Niederschlag, starker Regen.

Abweichung der Temperatur von der Norm

- Klasse +3: >8 °C
- Klasse +2: 5 bis 7.9 °C
- Klasse +1: 2 bis 4.9 °C
- Klasse 0: +/- 1.9 °C
- Klasse -1: -2 bis -4.9 °C
- Klasse -2: -5 bis -7.9 °C
- Klasse -3: <-8 °C

VI. Literaturverzeichnis

Arosa Bergbahnen AG, 2009. Sonnengarantie,

<http://www.arosa.ch/data/media/dokumente/sonnengarantie.pdf>, 2. November 2010.

Bank, M., Wiesner, R., 2009. Determinants of weather derivatives usage in the Austrian winter tourism industry. *Tourism Management*, S. 1-7.

Bergbahnen Engadin St. Moritz, Geschäftsbericht 2008/2009.

Bergbahnen Engadin St. Moritz AG, 2010. <http://www.best.ch/>, 17. Dezember 2010.

Bergbahnen Engadin St. Moritz AG, ÜBER UNS, 2010.

<http://www.best.ch/ueberuns/portrait/>, 17. Dezember 2010.

Bieger, T., Laesser, C., 2005. Erfolgsfaktoren, Geschäfts- und Finanzierungsmodelle für eine Bergbahnindustrie im Wandel. Universität St. Gallen, Institut für Öffentliche Dienstleistungen und Tourismus, St. Gallen.

Cao, M., Li, A., Wei, J., 2003. Weather Derivates: A New Class of Financial Instruments. Working Paper, York University - Schulich School of Business, Toronto.

CelsiusPro AG, Branchen, 2010.

<http://www.celsiuspro.ch/yourindustry/tabid/55/language/de-DE/Default.aspx>, 18. Dezember 2010.

Clemmons, L., 2002. Introduction to Weather Risk Management, in E. Banks (ed.) *Weather Risk Management: Market, Products and Applications*. Palgrave, London, S. 3-12.

Clemmons, L., Radulski, D., 2002. The economics of weather, in E. Banks (ed.) *Weather Risk Management: Market, Products and Applications*. Palgrave, London, S. 44-51.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Fourth Assessment Report (AR4), *Climate Change 2007, Synthesis Report*. IPCC, Geneva, Switzerland.

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm, 2. November 2010.

Jorion, P. 2007. Financial Risk Manager Handbook. Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Jungfraubahn Holding AG, Geschäftsbericht 2007.

Jungfraubahn Holding AG, Geschäftsbericht 2008.

Jungfraubahn Holding AG, Geschäftsbericht 2009.

Jungfraubahn Holding AG, Harderbahn, 2010.

<http://www.jungfrau.ch/sommer/tourismus/ausflugsziele/harder-kulm/erlebnisse/>, 21. Dezember 2010.

Jungfraubahn Holding AG, Jungfraujoch, 2010.

<http://www.jungfrau.ch/de/sommer/tourismus/ausflugsziele/jungfraujoch-top-of-europe/erlebnisse/>, 21. Dezember 2010.

Koenig, U., Abegg, B., 1997. Impacts of Climate Change on Winter Tourism in the Swiss Alps. *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 5, No. 1, S. 46-58.

Leggio, K., B., Lien, D., 2002. Hedging Gas Bills with Weather Derivatives. *Journal of Economics and Finance*, Vol. 26 Num. 1, S. 88-100.

Manfredo, M., R., Richards, T., J., 2009. Hedging with weather derivatives: a role for options in reducing basis risk. *Applied Financial Economics*, Vol. 19, S. 87-97.

Musshoff, O., Odening, M., Xu, W., 2005. Zur Reduzierung niederschlagsbedingter Produktionsrisiken mit Wetterderivaten. Working Paper, Humboldt Universität Berlin, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften an der Landwirtschaftlich- Gärtnerischen Fakultät.

- Nocco, B., W., Stulz, R., M., 2006. Enterprise Risk Management: Theory and Practice. Journal of Applied Corporate Finance, Vol. 18, No. 4, S. 8-20.
- Pres, J., 2009. Measuring Non-Catastrophic Weather Risks for Businesses. The Geneva Papers, No. 34, S. 425-439.
- Rigi Bahnen AG, Geschäftsbericht 2008.
- Rigi Bahnen AG, Bergbahnen, Bahn-Geschichte, 2010. <http://www.rigi.ch/de/navpage-TransportWVR-RigiBahnenWVR-54665.html>, 23. Dezember 2010.
- Schweizer Versicherung, 2009. Monatsmagazin für Finanz und Assekuranz, Nr. 12 Dezember 2009.
http://www.celsiuspro.com/Portals/0/Downloads/Press%20Releases/December_2009_SchweizerVersicherung.pdf, 16. Dezember 2010.
- Seilbahnen Schweiz, Schweizer Seilbahnen, 2010. <http://www.seilbahnen.org/>, 11. Dezember 2010.
- Seilbahnen Schweiz, Fakten und Zahlen zur Schweizer Seilbahnbranche Ausgabe 2010.
http://www.seilbahnen.org/dcs/users/174/Fakten_Zahlen_2010_d.pdf, 11. Dezember 2010.
- Seilbahnen.org, Geschichte, 2010. <http://www.seilbahnen.org/Geschichte.html>, 11. März 2011.
- Stulz, R., 1996. Rethinking Risk Management. Journal of Applied Corporate Finance, Vol. 9, Nr. 3, S. 8-24.
- Smith, C., W., Stulz, R., M., 1985. The Determinants of Firms' Hedging Policies. The Journal of Finance and Quantitative Analysis, Vol. 20, No. 4, S. 391-405.
- Tang, C., Jang, S., 2010. Weather risk management in ski resorts: Financial hedging and geographical diversification. International Journal of Hospitality Management, S. 1-11.

Thuner Tagblatt, 05.02.2011, Lieber keine Prognosen von mehr als drei Tagen.

Zanotti, G., Gabbi, G., Laboratore, D., 2003. Climate Variables and Weather Derivatives: Gas Demand, Temperature and Seasonality Effects in the Italian Case. Working Paper, Bocconi University.

Zara, C., 2008. Weather Derivatives in the Wine Industry. Working Paper, Bocconi University.

Zermatt Bergbahnen AG, Geschäftsbericht 2008/09.

Zermatt Tourismus, Eckdaten, Zermatter Geschichte, 2009.

<http://files.gadmin.ch/17602?CFID=5753334&CFTOKEN=8e370563f1711825-59045F68-EB40-0626-85F6EA08AC1945F6&jsessionid=423098eace46ccdc549c493d26e241e47837>, 20. Dezember 2010.

Zermatt, Erlebnisse, Peaks, Matterhorn glacier paradise, 2010.

http://www.zermatt.ch/de/page.cfm/erlebnis/peaks/matterhorn_glacier_paradise, 20. Dezember 2010.

20 Minuten, 11.11.2010, Skigebiete: Donnerwetter wegen Meteo-Prognosen.

VII. **Selbständigkeitserklärung**

«Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet. Mir ist bekannt, dass andernfalls der Senat gemäss Art. 36 Abs. 1 lit. o des Gesetzes über die Universität vom 05. September 1996 zum Entzug des aufgrund dieser Arbeit verliehenen Titels berechtigt ist.»

Oberhofen am Thunersee, 20.04.2011

Patrick Zaugg

05-125-505