

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Fakultät für Geo- und Atmosphärenwissenschaften
Fakultät für LehrerInnenbildung

Institut für Geographie (Fach: Geographie/ Wirtschaftskunde)

Bachelorarbeit

EINFLUSS VON KLIMA UND TOURISMUS AUF DIE ENTWICKLUNG DES SKISPORTS IN GARMISCH-PARTENKIRCHEN SEIT 1920

zur Erlangung des akademischen Grades eines

Bachelor of Education

Vorgelegt von:

Isabel Antonie Mörtl

Matrikelnummer: 01419981

E-Mail: Isabel.Moertl@student.uibk.ac.at

Abgabe:

23.06.2022

Betreuer:

Univ.-Prof. Dr. U. Strasser

E-Mail: Ulrich.Strasser@uibk.ac.at

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder inhaltlich den angegebenen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Ich erkläre mich mit der Archivierung der vorliegenden Bachelorarbeit einverstanden.

23.06.2022

Datum

Isabel A. Mork

Unterschrift

Zusammenfassung

Seit über 100 Jahren spielt der Skitourismus in Garmisch-Partenkirchen eine wichtige Rolle und lockt Besucher/-innen aus aller Welt an. Allerdings ist aufgrund der aktuellen klimatischen Entwicklungen nicht sicher, wie lange der bisherige Skibetrieb in dieser Form noch weitergeführt werden kann.

Demnach ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, die folgende Forschungsfrage zu beantworten: Wie beeinflussen Klima und Tourismus die Entwicklung des Skisports in Garmisch-Partenkirchen seit 1920? Dies wird mithilfe von (Mess-)Daten, Statistiken, Literatur und Interviews untersucht. Es werden Daten und Informationen von meteorologischen Forschungsinstituten, Statistikämtern, Wissenschaftlern/-innen, Tourismusbüros, Archiven und Skifahrern/-innen analysiert und ausgewertet.

Die Analyseergebnisse zeigen, dass die untersuchten Parameter von Klima- und Tourismusentwicklungen zwar in der Theorie eng miteinander verknüpft sind, sich in der Praxis jedoch nur teilweise gegenseitig bedingen. Beispielsweise nehmen die Skitourismuszahlen in ihrem zeitlichen Verlauf zu, obwohl die mittleren Jahrestemperaturen und deren Folgetrends (z.B.: schnellere Schneeschmelze, Abschmelzen von Gletschern) stetig ansteigen und somit negative Auswirkungen auf den Skisport nicht klar erkenntlich sind.

Abstract

For about 100 years the ski tourism plays an important role in Garmisch-Partenkirchen and attracts visitors from all over the world. However, due to the current climatic developments it is not sure how long the seasonal ski-activity can be continued in this form.

Therefore, the aim of this work is to answer the following research question: How do climate and tourism influence the development of ski-activity in Garmisch-Partenkirchen since 1920?

Therefore, data and content from meteorological research institutes, statistical offices, scientists, tourist offices, archives and professional skiers are analyzed.

The results show that the investigated parameters of climate and tourism development are closely linked in theory, but in practice they are only partly mutually dependent. For example, the numbers of ski tourists are increasing over time, even though the average annual temperatures and their subsequent trends are constantly rising and thus no negative effects on ski-activity could be identified.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildungsverzeichnis..... | 4 |
| 1. Einleitung..... | 5 |
| 2. Hauptteil: Entwicklung von Klima und Tourismus in den Skigebieten von Garmisch-Partenkirchen. 6 | |
| 2.1 Entwicklung des Skisports | 6 |
| 2.2 Skigebiete in Garmisch-Partenkirchen: Garmisch-Classic, Zugspitze..... | 7 |
| 2.3 Klimatische Entwicklung in den Skigebieten Garmisch-Partenkirchens seit 1920..... | 9 |
| 2.4 Touristische Entwicklung in den Skigebieten Garmisch-Partenkirchens seit 1920..... | 16 |
| 2.5 Methodik | 18 |
| 2.6 Einfluss von Klima und Tourismus auf den Skisport in Garmisch-Partenkirchen seit 1920: Ergebnisse und Diskussion | 19 |
| 3. Fazit | 23 |
| Literaturverzeichnis..... | 24 |
| Anhang | 28 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Entwicklung der Lufttemperaturen (°C) im Skigebiet Garmisch-Classic in den Monaten Januar, Februar und März von 1985 bis 2022 (vertretend: Hausberg, 1273m ü. NHN) | 10 |
| Abbildung 2: Entwicklung der Lufttemperaturen (°C) im Skigebiet Zugspitze in den Monaten Januar, Februar und März von 1920 bis 2020 (Zugspitze, 2962m ü. NHN) | 12 |
| Abbildung 3: Entwicklung der Schneefallmengen [cm] im Skigebiet Garmisch-Classic im Zeitraum 2008 bis 2022 (repräsentativ: Hausberg,1273m ü. NHN) | 13 |
| Abbildung 4: Entwicklung der Schneehöhe [cm] im Skigebiet Zugspitze im Zeitraum 1920 bis 2021.. | 14 |

1. Einleitung

„Die Häufung wärmerer Winter stellt bereits eine ernste Gefahr für die Schneesicherheit in den Skigebieten der Alpen und folglich für die wintersportorientierte regionale Wirtschaft da“ (Doering& Hamberger, 2007, S.3). So lautet ein Zitat aus einem Artikel des BUND Naturschutz in Bayern über den „künstlichen Winter“ aufgrund des Einsatzes von Schneekanonen in Skigebieten.

Immer wieder tauchen derartige Zeilen in verschiedensten Medien auf und verknüpfen die Themen Klima und Klimawandel eng mit dem Wintertourismus in den Alpen. Sollten langfristig erhöhte Jahresdurchschnittstemperaturen herrschen und in einem entsprechenden Szenario dadurch weniger Schnee fallen, könnte dies deutliche Auswirkungen auf den touristischen Bereich der entsprechenden Ski-Regionen haben.

Es ist daher das Ziel dieser Arbeit, die klimatischen Entwicklungen sowie die Entwicklung des Tourismus in ausgewählten Skigebieten der Alpen am Beispiel Garmisch-Partenkirchen langfristig darzustellen.

Die Forschungsfrage, ob und wie Klima und Tourismus die Entwicklung des Skisports [in dieser Arbeit: Fokus auf den Skiabfahrtslauf] in Garmisch-Partenkirchen seit 1920 beeinflussen, wird mit Hilfe von aktueller und historischer Literatur sowie Auswertung von Messdaten von Klimainstituten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz beantwortet. Zusätzlich werden für die Untersuchungen zur touristischen Entwicklung neben der Literaturrecherche auch Interviews durchgeführt und ausgewertet.

Nach einer einführenden Übersicht über die Entwicklung des Skisports (Kapitel 2.1) sowie über die Skigebiete „Garmisch-Classic“ und „Zugspitze“ bezüglich ihrer Skiareale und ihres Skitourismus in Kapitel 2.2 werden die klimatischen und touristischen Entwicklungen analysiert (Kapitel 2.3 und Kapitel 2.4) und die zugrundeliegende Methodik dargestellt (Kapitel 2.5). Anschließend werden aus den gewonnenen Erkenntnissen der Einfluss von Klima und Tourismus auf den Skisport diskutiert (Kapitel 2.6). Das abschließende Fazit fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick.

2. Hauptteil: Entwicklung von Klima und Tourismus in den Skigebieten von Garmisch-Partenkirchen

Im folgenden Hauptteil der Bachelorarbeit werden zunächst die allgemeine Entwicklung des Skisports (Kapitel 2.1) und die beiden größten Skigebiete Garmisch-Partenkirchens – Garmisch-Classic und Zugspitze – vorgestellt (Kapitel 2.2). Im Anschluss folgen die klimatischen und touristischen Entwicklungen in diesen Skigebieten seit 1920 (Kapitel 2.3, 2.4), welche in Kapitel 2.6 in den Kontext des Skisports gestellt und danach diskutiert werden. Die für die Resultate benötigten und angewendeten Methoden werden in Kapitel 2.5 erörtert.

2.1 Entwicklung des Skisports

Unter dem Begriff Skisport werden verschiedene Disziplinen zusammengefasst, für die man eine Skiausrüstung verwendet: Skiabfahrtslauf (Ski Alpin), Langlauf, Skisprung und Nordische Kombination (Nordischer Skisport), Biathlon, Ski Cross und Freestyle Skiing (Deutscher Skiverband e.V., 2021). In dieser Arbeit wird der Fokus auf den **Skiabfahrtslauf** gelegt.

Dieser zählt zu den beliebtesten Sportarten Deutschlands, und bildet zudem einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor, da etwa 13% der Gesamtkonsumausgaben des Sports allein auf das Skifahren fallen (An der Heiden, Meyrahn, Preuß & Ahlert, 2013). Der Grund dafür liegt vor allem in den vielen Reisen, die wegen des Wintersports durchgeführt werden: für den „Skisport wird fast doppelt so viel für Sporturlaube ausgegeben wie für andere Sportarten“ (An der Heiden et al., 2013). So fallen im Durchschnitt etwa 915 Euro der jährlichen Ausgaben pro Sportler/-in auf den Skisport (An der Heiden et al., 2013).

Die Ursprünge des Skisports reichen zurück bis in die Steinzeit, aus deren Epoche Überreste von Skiern gefunden wurden [„Ski von Kalvsträsk/Schweden: 3200 v.Chr.“ (Müller, 2011)].

Anfang des 19. Jahrhunderts begann die Entwicklung des modernen Skisports mithilfe der sogenannten traditionellen Bauernskier in Norwegen und verbreitete sich rasch nach Mitteleuropa, Amerika und Australien (Müller, 2011). Verstärkt wurde dieser Popularitätsstrom durch Berichte des norwegischen Polarforschers Fridtjof Nansen, der 1888 auf Skiern durch Grönland reiste (Lobenhofer-Hirschbold, 2006), und des Schweizer Skipioniers Christoph Iselin (Müller, 2011).

In den 1890er Jahren wurde der Skisport im Alpenraum bekannt, wo unter anderem durch die Entwicklung der Stemmschwungtechnik des österreichischen Skipioniers Mathias Zdarsky der Grundstein des heutigen alpinen Skilaufs gelegt wurde (Müller, 2011).

Im weiteren Verlauf ab ca. 1900 wurden die ersten Skivereine gegründet, welche Skikurse, Touren und Skirennen organisierten, die Skilauftechniken verbessert und weitere alpine Disziplinen wie zum Beispiel Langlauf oder Skispringen gefördert. Zudem entstanden größere Skiproduzenten (z.B. Stöckli/Schweiz) und neue Wintersportzentren (z.B. St. Moritz/Schweiz). Durch die Verwendung von Skiern als Fortbewegungsmittel beim Militär und dem darauffolgenden Aufbau der Gebirgsjäger und -truppen (ab ca. 1911) gewann der Skisport weiter an Anziehungskraft (Müller, 2011).

Ab den 1950er Jahren entwickelte sich der Skisport, bedingt durch den Bau technischer Aufstiegshilfen am Berg wie beispielsweise Skilifte und den massiven Ausbau der Bergbahnen, hin zum Breitensport und Massentourismus (Müller, 2011).

Auch in der heutigen Zeit ist der Skisport nach wie vor beliebt und wird in seinen Techniken (z.B. Carving), Innovationen (z.B. Monoski) und Ausrüstungen (z.B. funktionale Skibekleidung) stetig weiterentwickelt.

2.2 Skigebiete in Garmisch-Partenkirchen: Garmisch-Classic, Zugspitze

Die Skigebiete Garmisch-Classic und Zugspitze befinden sich südlich des Marktes Garmisch-Partenkirchen in Bayern /Deutschland auf den Bergen Hausberg (1335m ü. NHN), Kreuzeck (1651m ü. NHN) und Alpspitze (2628m ü. NHN) sowie auf der Zugspitze (2962m ü. NHN). Sie alle sind Teil des Wettersteingebirges der nördlichen Kalkalpen (Tollmann, 1976) und sind durch Gebirgsketten miteinander verbunden. Für Skifahrer/innen gibt es jedoch nur vereinzelt direkte Verbindungsmöglichkeit zwischen ihnen.

Beide Skigebiete gelten außerdem aufgrund der aktiven und intensiven Überwachung durch den Lawinenwarndienst Bayern sowie der regelmäßig durchgeführten Lawinensprengungen als sicher. Analysiert man dazu die **Lawinenlageberichte** des Lawinenwarndienstes Bayern für die Werdenfelser Alpen, so lässt sich erkennen, dass die Gefahrenstufen „Zwei“ und „Drei“ im Zeitraum 1998 bis 2021 am häufigsten ausgerufen wurden (Lawinenwarndienst Bayern, 2022). Dies bedeutet mäßige [z.B. durch die Selbstausslösung von Nassschneelawinen in tiefen und mittleren Lagen wegen Aufweichens verharster Schneedecken und oberflächlichen Durchfeuchten von Schnee (Lawinenwarndienst Bayern, 2022: Lagebericht vom 23.02.2003] bis erhebliche [z.B. durch tiefreichende Durchfeuchtung in

tiefen und mittleren Lagen vor allem an noch nicht entladenen steilen Wiesenhängen (Lawinenwarndienst Bayern, 2022: Lagebericht vom 05.01.2018] Lawinengefahr. Sehr große Lawinengefahren mit Gefahrenstufe „Fünf“ [z.B. durch instabile Altschneedecken, ungenügende Bindung von Neuschneeauflagen oder die Störanfälligkeit bindungsarmer Graupelschichten in der Neuschneeauflage (Lawinenwarndienst Bayern, 2022: Lageberichte vom 24.02.1999 und 18.03.2000] kommen dagegen nur äußerst selten vor: im Zeitraum 1998 bis 2021 wurde diese Stufe insgesamt nur acht Mal ausgerufen, dabei sechs Mal im Februar 1999 und zwei Mal im Februar bzw. März 1990 (Lawinenwarndienst Bayern, 2022).

Das Skigebiet **Garmisch-Classic** erstreckt sich über drei Berge (Hausberg, Kreuzeck und Osterfelderkopf als Nebengipfel der Alpspitze) auf einer durchschnittlichen Höhe von 1681m ü. NHN und weist etwa 40 Pistenkilometer sowie vier regelmäßig beschneite Talabfahrten (Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG, 2021a) auf, darunter die für diverse Skiwettkämpfe (zum Beispiel: Alpiner Skiweltcup) sehr bekannte Kandahar-Abfahrt. Zudem stehen dem/der Skifahrer/in Pisten in allen drei Schwierigkeitsgraden (blau, rot, schwarz) zur Verfügung und sind somit sowohl für Skifahreranfänger/innen als auch für Profis geeignet. Für die erfahrenen Wintersportler/innen gibt es abhängig von der jeweiligen Schneelage mehrere Skifunparks und Freeriding-Abfahrten.

Über die genaue geschichtliche Entwicklung von Garmisch-Classic ist trotz sorgfältiger Recherchen aus zuverlässigen Quellen wenig bekannt; jedoch kann man davon ausgehen, dass ein Teil des heutigen Skigebiets bereits vor 1936 eröffnet wurde. So wurde im Buch „Olympia 1936“ beschrieben, dass einige Skirennen der Olympischen Winterspiele 1936 in Garmisch-Partenkirchen auf dem Kreuzeck und somit auch auf der Kandahar-Abfahrt ausgetragen wurden (Richter, 1936). Dies bestätigt auch ein Artikel aus dem Historischen Lexikon Bayerns, in dem zusätzlich zur Spielstätte Kreuzeck die Skipisten von Hausberg und Kochelberg gelistet wurden (Schwarz Müller, 2019).

Das Skigebiet **Zugspitze** liegt auf dem 2600m ü. NHN hohen Zugspitzplatt der insgesamt 2962m ü. NHN hohen Zugspitze und weist etwa 20 schneesichere Pistenkilometer (Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG, 2021b) auf. Es ist durchschnittlich von November bis Anfang Mai geöffnet, da es sich um ein Gletscherskigebiet handelt und so für längere Zeiten geöffnet werden kann (im Vergleich **Garmisch-Classic**: Öffnungszeiten meist Dezember bis Ende März/Anfang April). Beschneite Pisten gibt es keine, dafür ausschließlich Strecken mit Naturschnee leichten bis mittelschweren Schwierigkeitsgrades (blau, rot), sodass diese ebenso wie im Skigebiet **Garmisch-Classic** von unterschiedlichen Skifahrertypen genutzt werden können.

Die Entwicklung dieses Skigebiets hat mit dessen Eröffnung 1949 (Deutscher Alpenverein, 2020) begonnen. Zu der Zeit ist es mittels der Zugspitz-Zahnradbahn und der Tiroler Zugspitz-Seilbahn (mit

Tunnel zum Zugspitzplatt) zu erreichen gewesen. Zusätzlich hat es dort eine Übernachtungsmöglichkeit in dem Hotel Schneefernerhaus gegeben, welches seit 1999 ausschließlich als reine Umweltforschungsstation (Deutscher Alpenverein, 2020), unter anderem vom Deutschen Wetterdienst und Helmholtz Zentrum München, genutzt wird.

Durch die stetige Modernisierung der Skiliftanlagen sowie der zusätzlichen Eibsee-Seilbahn 1963 bzw. der neuen Seilbahn 2017 (Deutscher Alpenverein, 2020) konnte das Skigebiet Zugspitze einerseits den Komfort für die Touristen und Sportler/innen erhöhen und gleichzeitig auch höhere Kapazitäten bieten. So konnte der Bekanntheitsgrad erhöht und die Anzahl der Skifahrer/innen und Tagesgäste gesteigert werden.

Allerdings ist laut Experten nicht klar, wie lange das Skigebiet noch erhalten werden kann, da die Gletscher (u.a. Nördlicher und Südlicher Schneeferner) seit ca. 1979 stetig abschmelzen und die Fläche abnimmt (STMUV Bayern & BAdW, 2021). Das Gletschereis verliert an Dicke, sodass an einigen Stellen (z.B.: an den Gletscherzungen) nur mehr „Reste“ von wenigen Zentimetern vorhanden sind. Nach dem zweiten Bayerischen Gletscherbericht ist es gemäß aktuellen Messentwicklungen und Prognosen „sehr wahrscheinlich, dass in Bayern ab 2030 nur noch unscheinbare Reste der ehemaligen Gletscher vorhanden sind“ (StMUV & BAdW, 2021, S.50).

2.3 Klimatische Entwicklung in den Skigebieten Garmisch-Partenkirchens seit 1920

Dieses Kapitel beschreibt die klimatische Entwicklung in den Skigebieten Garmisch-Classic und Zugspitze in Garmisch-Partenkirchen seit 1920. Dabei werden ausgewählte Klimaparameter (Lufttemperatur, Schneefallmenge, Schneedeckenhöhe, Sonnenscheindauer und Kohlenstoffdioxidkonzentration) analysiert und interpretiert. Diese stammen vor allem vom Deutschen Wetterdienst, vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung sowie für Atmosphärische Umweltforschung (kurz: IMK-IFU) Garmisch-Partenkirchen, vom meteorologischen Schweizer Unternehmen meteoblue und vom Forschungsinstitut HISTALP der österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG.

Im Folgenden werden die zur vorliegenden Arbeit herangezogenen Klimaparameter in der oben genannten Reihenfolge aufgezeigt. Der Fokus liegt in der Analyse der Messdaten der Monate Januar, Februar und März, da in diesem Zeitraum beide Skigebiete zugleich und sicher geöffnet haben (Stand: Mai 2022) und die Anzahl der Wintertourist/innen am höchsten ist (Stand: 2020).

Ein wichtiger Faktor für den Betrieb der Skigebiete stellt dabei die **Lufttemperatur** dar, welche „ein Maß für den Wärmezustand eines Luftvolumens“ (Deutscher Wetterdienst, 2022b) und ein Indikator

dafür ist, ob und ab welcher Höhe Niederschlag in Form von Schnee fällt, ob der Schnee liegen bleibt, wie schnell er schmilzt und ob künstliche Beschneieung praktisch möglich ist.

Für das Skigebiet **Garmisch-Classic** stehen Temperaturdaten (in zwei Meter Höhe über dem Boden) aus zuverlässigen Datenquellen erst ab 1985 zur Verfügung, weswegen der Schwerpunkt für deren Bearbeitung auf den Zeitraum 1985 bis 2022 gesetzt wird. Zudem werden die Monatsmitteltemperaturen verwendet, welche aus den stündlich simulierten Wetterdaten von Wettermodellsimulationen des Schweizer Unternehmens meteoblue berechnet worden sind.

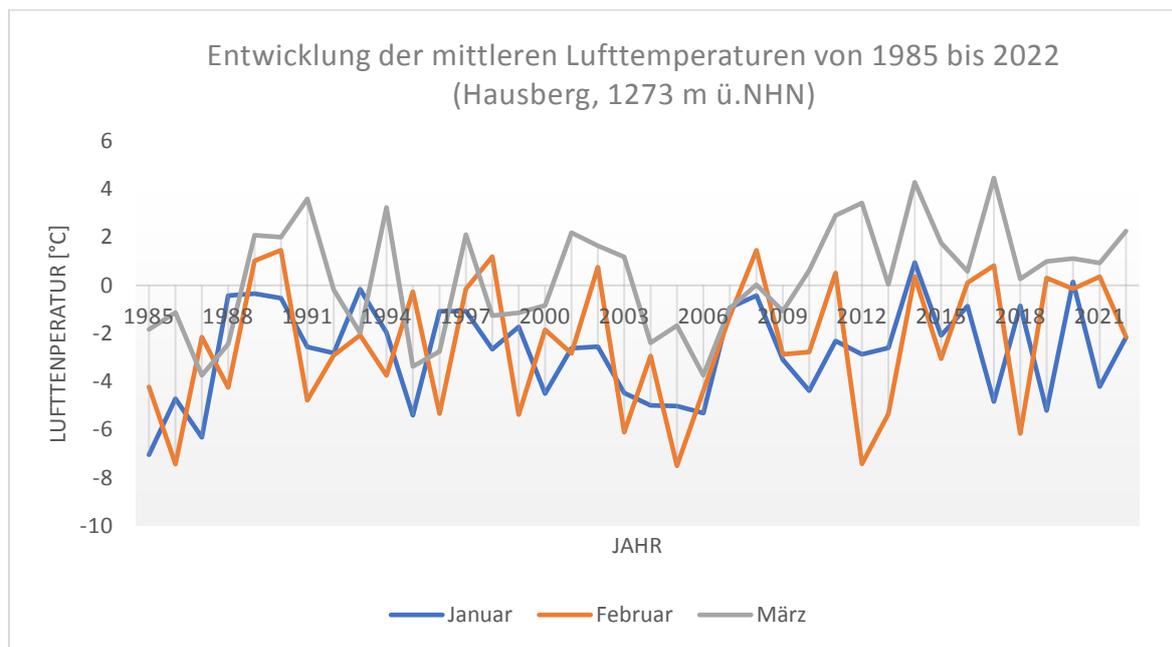


Abbildung 1: Entwicklung der Lufttemperaturen (°C) im Skigebiet Garmisch-Classic in den Monaten Januar, Februar und März von 1985 bis 2022 (vertretend: Hausberg, 1273m ü. NHN)
Quelle: Eigene Darstellung nach meteoblue (meteoblue, 2022a)

In der obenstehenden Abbildung 1 ist die Entwicklung der durchschnittlichen Lufttemperatur auf dem für **Garmisch-Classic** repräsentativen Hausberg in den Monaten Januar, Februar und März von 1985 bis 2022 dargestellt.

Wie am Verlauf der Temperaturkurven erkennbar ist, gibt es einige Schwankungen im zeitlichen Verlauf, welche vor allem im Januar und im März vermehrt auftreten. Auch die starken Temperaturspitzen nach oben nehmen zu, im März beispielsweise deutlich ab dem Jahr 2010. Auch sind die Monatsmitteltemperaturen im März häufig im positiven Bereich: im Vergleich zum Januar, in dem insgesamt 5,26% der Lufttemperaturen positiv sind und zum Februar mit 28,95%, sind im März bereits 57,89% der Daten positiv. Diese Temperaturentwicklungen könnten sich derart auswirken, dass sich das Schneegebiet durch stärkere Schmelze schneller verkleinert und auch eine künstliche

Beschneigung erschwert wird, da diese erst ab Temperaturen von unter -3°C (Doering& Hamberger, 2008, S.15) effektiv eingesetzt werden kann.

Desweiteren lässt sich durch Betrachtung der jeweiligen monatlichen Einzelkurven sowie durch Berechnungen feststellen, dass starke Temperaturspitzen nach unten (zum Beispiel: Februar 1986 mit $-7,43^{\circ}\text{C}$, Februar 1996 mit $-5,34^{\circ}\text{C}$) im zeitlichen Verlauf abnehmen, wodurch sich ableiten lässt, dass die Lufttemperaturen im gegebenen Zeitrahmen von 37 Jahren im Durchschnitt stetig etwas ansteigen. Dies bestätigen auch die errechneten Durchschnittstemperaturen des Zeitraums: im Januar ist eine Monatsmitteltemperatur von $-2,74^{\circ}\text{C}$ berechnet worden, im Februar $-2,39^{\circ}\text{C}$ und im März $+0,29^{\circ}\text{C}$. Wenn zusätzlich die jährliche Temperaturänderung auf dem Hausberg betrachtet wird, ist abzulesen, dass der Trend der Lufttemperaturen beinahe linear zunimmt (meteoblue, 2022b).

Eine ähnliche Tendenz ist auch im Skigebiet **Zugspitze** zu beobachten, jedoch ausschließlich bei negativen Lufttemperaturen und einem größeren Zeitraum von 1920 bis 2020.

Nach den vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellten historischen und aktuellen Messdaten lässt sich ableiten, dass in den betrachteten Monaten relativ gleichmäßige Temperaturschwankungen aufgetreten sind, welche sich außerdem in Temperaturspitzen nach oben und unten auf die Mitteltemperatur des jeweiligen Monats über den 100-jährigen Zeitraum einpendeln [durchschnittliche Lufttemperatur (1920-2020) im Januar: $-10,92^{\circ}\text{C}$, im Februar: $-11,24^{\circ}\text{C}$ und im März: $-9,49^{\circ}\text{C}$, berechnet aus den archivierten Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (Deutscher Wetterdienst, 2022a)]. Außerdem ist erkennbar, dass im zeitlichen Verlauf die Temperaturen anstiegen [Beispiel: Januar 1955: $-8,13^{\circ}\text{C}$ und Januar 1989: $-5,89^{\circ}\text{C}$ (Deutscher Wetterdienst, 2022a)].

Verdeutlicht wird dies zudem in Abbildung 2, in welcher die Entwicklung der mittleren Lufttemperaturen in den Monaten Januar, Februar und März von 1920 bis 2020 graphisch veranschaulicht ist.

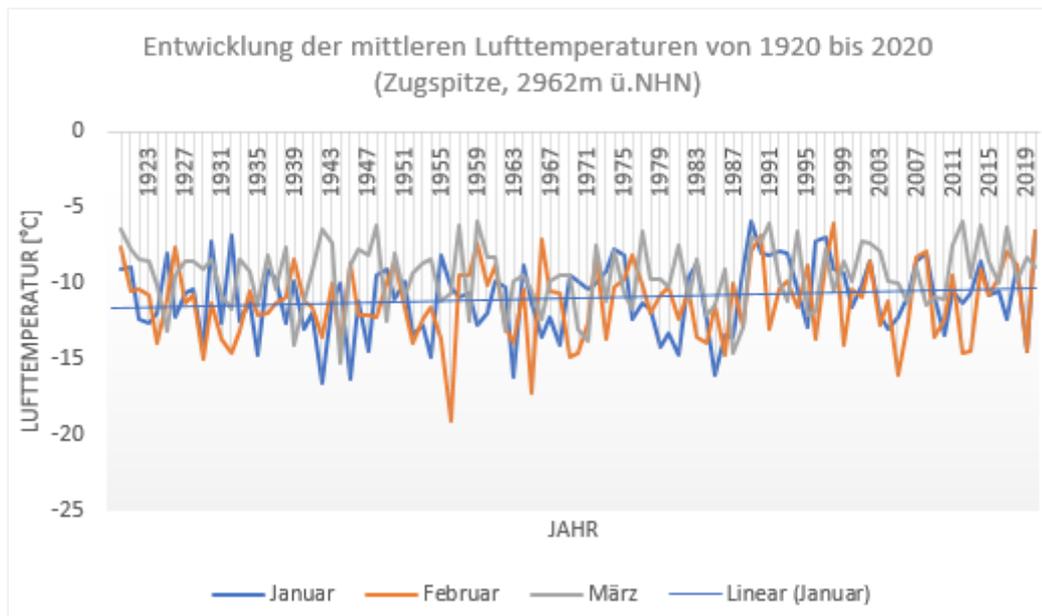


Abbildung 2: Entwicklung der Lufttemperaturen (°C) im Skigebiet Zugspitze in den Monaten Januar, Februar und März von 1920 bis 2020 (Zugspitze, 2962m ü. NHN)
 Quelle: Eigene Darstellung nach dem Deutschen Wetterdienst (Deutscher Wetterdienst, 2022a)

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Lufttemperaturen in den betrachteten Skigebieten über die Zeiträume von 1985 bis 2022 bzw. von 1920 bis 2020 stetigen Schwankungen unterworfen sind, mit einer kontinuierlichen Entwicklung hin zu höheren Temperaturen, vor allem im Monat Januar (vgl. Abbildung 2: lineare Trendlinie im Januar). Welche Auswirkungen eine dementsprechende Weiterentwicklung auf die Entwicklung des Skisports haben könnte, wird in Kapitel 2.6 erörtert.

Ein weiterer wichtiger Klimaparameter für die Skigebiete in Garmisch-Partenkirchen ist die **Schneefallmenge**, also die gefallenen Niederschlagsmengen in Form von Schneestern und -flocken (Deutscher Wetterdienst, 2022c).

Für das Skigebiet **Garmisch-Classic** liegen vollständige Messdaten aus seriösen Literaturquellen erst ab 2008 vor, sodass nur der Zeitraum von 2008 bis 2022 genau betrachtet wird.

Aus den stündlichen Messdaten von meteoblue und deren Veranschaulichung lässt sich erkennen, dass die Schneefallmengen, gemessen in Zentimetern, wie auch die Lufttemperaturen, in den Monaten Januar, Februar und März stets leicht schwanken und sich der durchschnittlich gefallenen Schneefallmenge des jeweiligen Monats annähern. Auch starke Ausschläge nach oben bzw. unten kommen vor, jedoch nur vereinzelt [Beispiel: 2018: 141,05cm und 2019: 299,46cm (meteoblue, 2022a)]. Die Tendenz der Schneefallmengen in den einzelnen Jahren insgesamt ist leicht zunehmend, wie die Abbildung 3 zeigt.

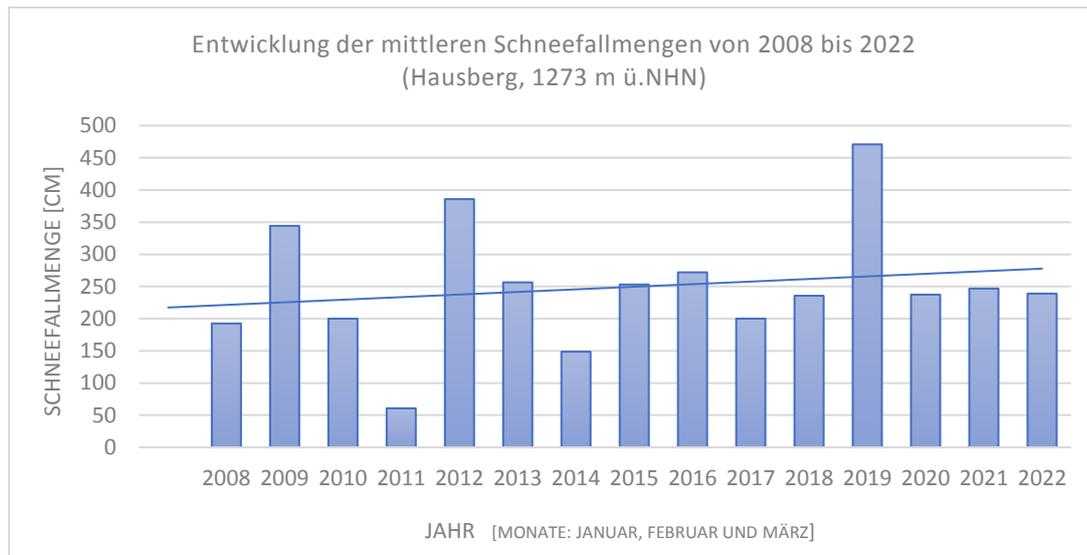


Abbildung 3: Entwicklung der Schneefallmengen [cm] im Skigebiet Garmisch-Classic im Zeitraum 2008 bis 2022 (repräsentativ: Hausberg, 1273m ü. NHN)

Quelle: Eigene Darstellung nach meteoblue (meteoblue, 2022a)

Allerdings lässt sich aus den durchschnittlich gefallenen Schneefallmengen (siehe Abbildung 3) nicht exakt auf die Schneeverhältnisse in den Skigebieten folgern, da gefallener Schnee nicht auf den Pisten in Gänze genutzt werden kann, sondern je nach Bodenverhältnissen und Wetterlage auch unterschiedlich schnell abschmelzen kann.

Zur Auswertung der gefallenen Schneemengen auf dem Skigebiet **Zugspitze** sind aufgrund nicht verfügbarer direkter Messdaten die durchschnittlichen Niederschlagsmengen in den Monaten Januar, Februar und März des Zeitraums 1920 bis 2020 in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Niederschlagsform ausgewertet worden.

Es ist zu erkennen, dass die Niederschlags-bzw. Schneemengenentwicklung, wie auch in Garmisch-Classic, Schwankungen unterworfen ist, dabei sind letztere relativ ausgewogen. Aufgefallen ist, dass die Niederschlagsmengen, gemessen in Millimetern, in den Jahren 1920 bis 1931 recht niedrig erscheinen [Beispiel: 1924 mit 34,3mm Niederschlag im Januar (Deutscher Wetterdienst, 2022a)].

Ferner zeigt sich, dass oft nur an etwa 50-75% der Tage des jeweiligen Monats Niederschlag gefallen ist. Anhand dieser Daten in Verbindung mit der Temperaturentwicklung kann man folgern, dass der gefallene Schnee im Skigebiet liegengeblieben sein muss, sodass für den Skibetrieb keine große Masse an Neuschnee erforderlich war.

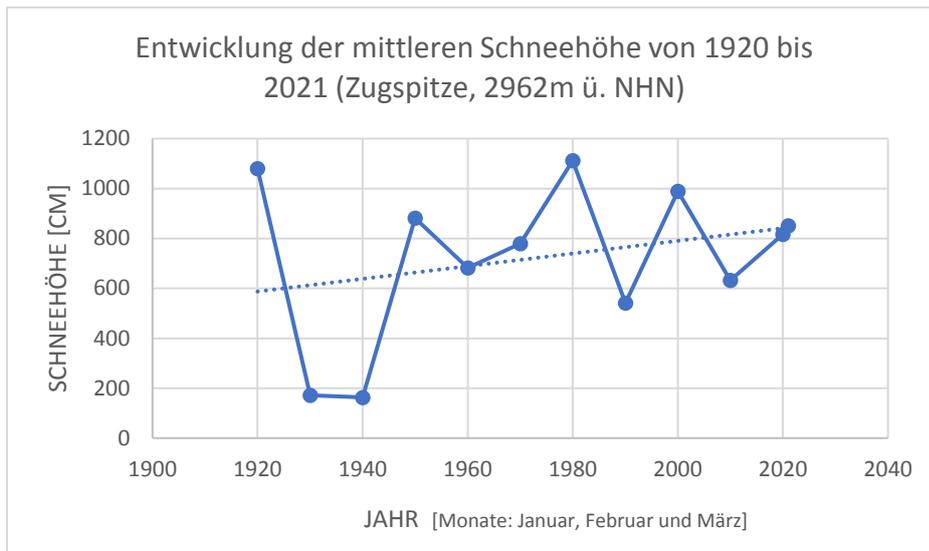


Abbildung 4: Entwicklung der Schneehöhe [cm] im Skigebiet Zugspitze im Zeitraum 1920 bis 2021
 Quelle: Eigene Darstellung nach den Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (Deutscher Wetterdienst, 2022a)

In Abbildung 4 ist die Entwicklung der **Schneehöhe**, welche „die senkrecht zum Erdboden gemessene Höhe einer Decke aus festen Niederschlägen“ (Deutscher Wetterdienst, 2022d) angibt, im Skigebiet **Zugspitze** im Zeitraum 1920 bis 2021 (dekadische Einteilung) für die Monate Januar, Februar und März (zusammengerechnet) dargestellt.

Es ist abzulesen, dass die Schneehöhe ganz allgemein im Verlauf der Jahre immer wieder in die positive als auch in die negative Richtung schwankt. Die durchschnittliche Schneehöhe beträgt 725,21 cm (Deutscher Wetterdienst, 2022a). In den Monaten Januar und Februar pendeln sich die Werte auf einem recht stabilen Niveau ein, im März dagegen verlaufen die Balken oberhalb der mittleren dekadischen Schneehöhe von 279,5 cm des Monats (Deutscher Wetterdienst, 2022a), was für eine größere Schneedeckenhöhe im März spricht. Dies zeigen ebenfalls die einzelnen Messdaten (Deutscher Wetterdienst, 2022a) sowie die berechneten durchschnittlichen Monatswerte. Der Schnee kann auf dem Zugspitzskigebiet im Vergleich zum Garmisch Classic Skigebiet aufgrund der höheren Lage und der tieferen Temperaturen länger liegen bleiben und kumulieren, was sich günstig für den Erhalt des Zugspitzskigebietes auswirkt.

Für eine Analyse der Schneehöhenentwicklung des Skigebiets **Garmisch Classic** liegen lediglich Messdaten eines Anbieters (Mountain News) vor. Dieser stellt durchschnittliche Messwerte zur Schneehöhe für die Winter 2012 bis 2022 zur Verfügung. Bei der Auswertung fallen zum Teil starke Schneedeckenhöhenschwankungen auf, besonders deutlich in den Wintermonaten 2012/2013 (Schneehöhe: 122cm) und 2013/2014 (Schneehöhe: 62cm) sowie 2016/17 (Schneehöhe: 38cm) und 2017/18 (Schneehöhe: 154cm) (Mountain News, 2022). Die mittlere Schneehöhe des Zeitraums

beträgt laut Berechnung 82,10cm [entspricht etwa 11,32% der mittleren Schneedeckenhöhe des Skigebiets Zugspitze]. Dabei gilt zu berücksichtigen, dass das Skigebiet Garmisch-Classic eine tiefere Höhenlage als das Zugspitzgebiet und die Pisten verschiedene Hangausrichtungen, meist in Südlage, haben.

Ferner ist der Klimaparameter **Sonnenscheindauer** relevant für die klimatische Entwicklung in den Skigebieten. Dieser gibt an, wie lange ein bestimmter Ort in einem bestimmten Zeitraum direkte Sonneneinstrahlung erhalten hat (Deutscher Wetterdienst, 2022e). Daraus können Rückschlüsse u.a. über die Schneedeckendauer und das Wetter gezogen werden, was wiederum relevant für die Nutzungsdauer der Skigebiete ist.

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG Österreich hat in ihrem Forschungsprojekt HISTALP Messdaten zur Sonnenscheindauer in Garmisch-Partenkirchen im Zeitraum 1936 bis 2015 (Winter) erhoben. Aus den Daten und dem Plot der Sonnenscheindauer lässt sich ablesen, dass diese im zeitlichen Verlauf leicht schwankt und tendenziell zunimmt. Zum Beispiel während Garmisch-Partenkirchen im Januar 1942 nur ca. 21 Stunden direkte Sonnenstrahlung bekam, sind es im Januar 1955 ca. 76 Stunden und im Januar 2008 99 Stunden (ZAMG,2022) gewesen. Auch aus den berechneten durchschnittlichen Werten der einzelnen Monate Januar, Februar und März im Zeitraum 1936 bis 2015 ergibt sich ein erwartungsgemäß jahreszeitlich bedingt ansteigender Verlauf [Januar: 61,66 h, Februar: 90,30 h, März: 144,34 h (ZAMG, 2022)].

Die steigende Sonnenscheindauer könnte kurzfristig positive Auswirkungen auf die Entwicklung des Skisports bzw. des Skitourismus haben, da an sonnigen Tagen mehr Skifahrer/innen auf die Pisten gehen. Langfristig jedoch könnte aufgrund der längeren Sonneneinstrahlung der Schnee schneller schmelzen und die Dauer der Skisaisons aufgrund von entstehendem Schneemangel und Pistenschließungen verkürzen.

Auch die **Kohlenstoffdioxidkonzentration** in der Luft beeinflusst die klimatische Entwicklung der Skigebiete Garmisch Classic und Zugspitze. Forschungen des IMK-IFU-Instituts Garmisch-Partenkirchen zufolge nehmen die Konzentrationen von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre im Laufe der Jahre deutlich zu (Sussmann& Rettinger, 2020). Dies wirkt sich negativ auf die Luftqualität der Skigebiete aus und fördert zusätzlich den Temperaturanstieg.

2.4 Touristische Entwicklung in den Skigebieten Garmisch-Partenkirchens seit 1920

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts hat Garmisch-Partenkirchen als Zentrum des Werdenfelser Landes [Werdenfelser Land: „oberbayerische Region an der Grenze zu Österreich“ (Diercke,2017)] aufgrund seiner peripheren Lage und Industriemangel mit zu den ärmsten Regionen in Deutschland gezählt (Diercke, 2017).

Dies hat sich im Jahr 1889 geändert, als eine neue Bahnlinie von München nach Garmisch eröffnet worden ist und erste Ausflügler und Bergwanderer in die Region gekommen sind (Diercke, 2017). Zur gleichen Zeit haben sich Sportbegeisterte in Garmisch in Vereinen und Clubs zusammengefunden, welche auch Wintersportarten wie Rodeln und Skispringen verfolgten und somit entscheidend zur Aktivitätserhöhung des Wintersports beigetragen haben (Lobenhofer-Hirschbold, 2006). Bereits wenige Jahre später wurde der Skisport populär, was unter anderem auch begeisternden Berichten des norwegischen Polarforschers Fridtjof Nansen über seine Expeditionen durch Grönland zu verdanken ist (Lobenhofer-Hirschbold, 2006).

Um 1900 sind erste Skivereine in Garmisch gegründet worden [die Ortschaften Garmisch und Partenkirchen waren noch getrennt. Die Fusion zum Doppelort Garmisch-Partenkirchen erfolgte im Jahr 1935 (Diercke, 2017)] und Garmisch entwickelte sich fortlaufend zu einem beliebten Reiseziel. Seither besitzt der Tourismus eine gewachsene bzw. hohe wirtschaftliche Relevanz für die gesamte Region (Diercke, 2017).

Durch die Austragung der Olympischen Winterspiele 1936, die Austragung von größeren Wintersportfesten (u.a. Ski-Weltmeisterschaften) und den stetigen Ausbau der Skigebiete [Beispiele: Eröffnung der Zugspitz-Zahnradbahn 1930, Bau von neuen Seilbahnen, Ausbau der Bergbahnen und Skilifte ab 1950 (Diercke, 2017)] hat sich der Winter- und Skitourismus in Garmisch-Partenkirchen inzwischen zum Massentourismus entwickelt (Diercke, 2017).

Dies ist auch an der **Anzahl der Erstzutritte** der Skigebiete Garmisch-Classic und Zugspitze erkennbar, welche (bis auf die Einbrüche bzw. die Nicht-Erfassung der Daten aufgrund der Einschränkungen der COVID-19-Pandemie 2020/21) in der Bilanz im Zeitraum 2001 bis 2022 kontinuierlich leicht zugenommen haben (Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG, 2022). Im Skigebiet **Garmisch Classic** übersteigen die Zahlen der Erstzutritte im Winter deutlich die des Sommers, was für eine große Anzahl von Wintersport-Tourist/innen spricht. Auf der **Zugspitze** halten sich die Zutrittszahlen von 2001 bis 2022 insgesamt gesehen auf einem ausgewogenen Niveau zwischen Winter und Sommer. Ein Grund könnte sein, dass die Zugspitze als höchster Berg Deutschlands sowohl im Winter als auch im Sommer viele Attraktionen zu bieten hat [Beispiele: schneesichere Skipisten, Rodelstrecken, Iglu-Dorf,

Kletterrouten, Wanderwege, Erlebnismuseum, Hochzeiten und Gottesdienste in der Zugspitzkapelle Mariä Heimsuchung, Panoramaterrasse]. Die exakten Entwicklungszahlen können aus Datenschutzgründen in dieser Arbeit nicht angeführt werden (Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG, 2022).

Damit die Region weiterhin ein beliebtes Skisport-Reiseziel bleibt, bietet sie neben den beiden Skigebieten mit Abfahrtslauf, Skitouren und Freeriding auch viele Kilometer Skilanglaufloipen, Skispringen, Schneeschuhwandern, internationale Skirennen, Events und Après-Ski-Veranstaltungen mit guter Gastronomie. Außerdem weist das Skigebiet Garmisch-Classic bezüglich seiner Bergbahnen mit eine der höchsten Beförderungskapazitäten Bayerns auf (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2006).

Dass Garmisch-Partenkirchen im Winter gut besucht ist, bestätigen zum Beispiel die **Gäste- und Übernachtungszahlen** im Zeitraum 1990 bis 2019, welche vor allem ab dem Jahr 2005 stetig deutlich steigen (Albrecht, 2020). Im zeitlichen Verlauf von 1920 bis 2020 ist dieser Langzeittrend trotz kleinerer Schwankungen bei den Gästezahlen ebenfalls zu erkennen (Marktarchiv, 2022); besonders deutlich in den Jahren mit großen Veranstaltungen wie zum Beispiel der Olympiade 1936 oder der Skiweltmeisterschaften 1978 und 2011 (Albrecht, 2020 & Marktarchiv Garmisch-Partenkirchen, 2022). Auch die regelmäßigen FIS Ski-Weltcuprennen (zum Beispiel auf der Kandahar-Abfahrt) haben ihren Anteil daran und sollten weiterhin durchgeführt werden.

Anhand vorliegender Daten, welche aus Datenschutzgründen nicht im Detail genannt werden, ist zu erkennen, dass die **durchschnittliche Aufenthaltsdauer** der Touristen/-innen im Winter in den Jahren 1920 bis etwa 1965 sowie von 1990 bis 1995 fast kontinuierlich ansteigt, jedoch ab 1996 stetig leicht sinkt (Marktarchiv Garmisch-Partenkirchen, 2022 & Albrecht, 2020). Vermutlich könnte dies mit den kürzeren Saisonlängen der Skigebiete zusammenhängen oder auch finanzielle Gründe haben [eigene durchgeführte Interviews am 1. Mai 2022: mehrere Skitouristen/-innen bemängeln hohe Preise der Skipässe, verglichen mit anderen Skigebieten].

Differenziert man die mittlere Aufenthaltsdauer zusätzlich nach den **Herkunftsländern** der Touristen/-innen, so lassen sich teilweise gegensätzliche Trends erkennen; vor allem bei westlichen und südlichen Staaten. Bei diesen (z.B. Großbritannien, USA, Spanien, Portugal) steigt die Aufenthaltsdauer im Durchschnitt leicht (Albrecht, 2020). Eine Vermutung dafür wäre die lange Anreise dieser Gäste, sodass sich erst ein längerer Aufenthalt in Garmisch-Partenkirchen lohnt. So hätten sie genügend Zeit, um beispielsweise einen Skikurs zu machen oder Après-Ski-Events zu besuchen. Dies wiederum könnte sich positiv auf die Entwicklung des Skisports auswirken, da dann mehr Zeit für eine defensive Fahrweise beim Skifahren bleibt und demnach weniger Unfälle passieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Skitourismus in den Garmischer-Skigebieten positiv entwickelt, steigende Gäste- und Übernachtungszahlen berichtet werden. Lediglich bei der Aufenthaltsdauer sind seit 1996 leicht sinkende Zahlen zu erkennen.

2.5 Methodik

Für eine Analyse der Themenbereiche Klima, Tourismus und Skisport in Garmisch-Partenkirchen sind sowohl intensive **Literaturrecherchen** in wissenschaftlichen Artikeln, Büchern, Berichten, Statistiken und Lexika, als auch **Analysen von Wetter- und Klimadaten** durchgeführt worden. Letztere entstammen vor allem renommierten meteorologischen Forschungsdiensten (z.B.: Deutscher Wetterdienst), Forschungsunternehmen (z.B.: meteoblue) und -instituten (z.B.: Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Campus Alpin Garmisch-Partenkirchen).

Zur Untersuchung der klimatischen Entwicklung in den Skigebieten Garmisch-Classic und Zugspitze sind die zur Verfügung stehenden Messdaten in Excel-Tabellen eingetragen und graphisch veranschaulicht worden, wobei die durchschnittlichen monatlichen sowie jährlichen Werte oftmals aus vorhandenen stündlichen Messzahlen errechnet wurden.

Die für die (ski-)touristische Entwicklung notwendigen Daten stammen vor allem aus **Tourismusberichten** der GaPa Tourismus GmbH, dem **Marktarchiv** Garmisch-Partenkirchen und Statistiken der **Bayerischen Zugspitzbahn Bergbahn AG**.

Es sind dabei bewusst nur Daten aus verlässlichen Quellen verwendet worden, auch wenn dadurch für manche Zeitabschnitte keine Daten zur Verfügung standen.

Hinzu kommen selbst durchgeführte **Interviews** von (Ski-)Touristen/-innen des Skigebiets Zugspitze am 1. Mai 2022. Sie sind beispielsweise befragt worden, welchen Veränderungen der Skisport aus ihrer Sicht in den letzten 100 Jahren unterworfen war oder ob bestimmte Attraktionen (z.B. Virtual Reality, Ski-Events) die Entwicklung des Skisports in Garmisch-Partenkirchen begünstigen könnten. Eine Zusammenführung der gesagten Inhalte findet sich im Anhang dieser Arbeit.

2.6 Einfluss von Klima und Tourismus auf den Skisport in Garmisch-Partenkirchen seit 1920: Ergebnisse und Diskussion

Um den **Einfluss des Klimas** auf den Skisport der Skigebiete Garmisch-Classic und Zugspitze seit 1920 näher zu untersuchen, werden ausgewählte **Klimaparameter** (wie Lufttemperatur, Schneefallmenge, Schneedeckenhöhe, Sonnenscheindauer und CO₂-Konzentration) analysiert. Der Fokus liegt auf den Monaten Januar, Februar und März, da in diesem Zeitraum beide Skigebiete sicher geöffnet haben, die Anzahl der Wintertouristen/-innen am höchsten ist und zuverlässige Daten vorliegen. Für die beiden Skigebiete stehen zwar teilweise Daten zu verschiedenen Zeiträumen (Beispiel: Temperaturdaten) zur Verfügung, jedoch sind Tendenzen durch die gewählten großen Zeiträume trotzdem sicher erkennbar.

Bezüglich der **Lufttemperaturen** lässt sich anhand der Daten erkennen, dass der Trend zu steigenden Lufttemperaturen in Garmisch-Classic fast linear zunimmt, vor allem im Monat März. Eine ähnliche Entwicklung ist auch im Skigebiet Zugspitze zu beobachten, jedoch ausschließlich mit negativen Lufttemperaturen.

Bezüglich der **Schneefallmenge** schwanken die Daten für Garmisch-Classic stärker als für das Zugspitzgebiet, jedoch ist überraschenderweise eine leichte Zunahme für Garmisch-Classic in den Jahren 2008 bis 2022 und auch für die Zugspitze in den Jahren 1920 bis 2020 festzustellen. Auch die **Schneedeckenhöhe** steigt auf der Zugspitze vor allem in den Jahren 1920 bis 1980 an, nähert sich aber im weiteren Verlauf der durchschnittlichen Höhe des jeweiligen Monats im betrachteten Zeitraum an. Im Skigebiet Garmisch-Classic schwankt sie sehr stark, was an der tieferen Höhenlage im Vergleich zur Zugspitze in Verbindung mit den verschiedenen Hangausrichtungen der Pisten liegen könnte.

Die **Sonnenscheindauer** nimmt in beiden Skigebieten leicht zu, was kurzfristig positive Auswirkungen auf die Skisportentwicklung haben könnte, da an sonnigen Tagen mehr Skifahrer/-innen auf den Pisten fahren. Langfristig könnte jedoch aufgrund der längeren Sonneneinstrahlung der Schnee schneller schmelzen und die Dauer der Skisaison verkürzen.

Die **CO₂-Konzentration** der Luft nimmt im Lauf der Jahre deutlich zu, was den Temperaturanstieg zusätzlich fördert und zusätzlich die Luftqualität der Skigebiete negativ beeinflusst.

Die ausgewählten Klimaparameter decken ein breites Spektrum ab, um Klimaveränderungen in den Skigebieten Garmisch-Classic und Zugspitze zu messen bzw. zu analysieren.

Erwartungsgemäß und dem Klimawandel entsprechend zeigen die Daten der Lufttemperaturen, Sonnenscheindauer und der CO₂-Konzentration eine leichte Tendenz in Richtung Erwärmung. Überraschend sind jedoch die Daten des Schneefalls und der Schneehöhe, die eine leicht gegenteilige Entwicklung aufzeigen.

Es zeigt sich, dass zur weiteren Beobachtung der Klimaentwicklung und ihrer Auswirkungen auf die Skigebiete zukünftig noch weitere detaillierte Analysen notwendig sind. Zusätzlich könnten auch Daten zur Gletscherschmelze auf der Zugspitze benötigte Erkenntnisse liefern.

Um den **Einfluss des Tourismus** auf den Skisport der Skigebiete Garmisch-Classic und Zugspitze seit 1920 zu analysieren, werden ausgewählte **Kenngößen** wie Zutrittszahlen, Gäste- und Übernachtungszahlen und die durchschnittliche Aufenthaltsdauer analysiert. Allerdings werden in dieser Arbeit aus datenschutzrechtlichen Gründen nur die Analyseergebnisse der touristischen Entwicklungen ohne konkrete Daten präsentiert.

Der Fokus liegt auf den Daten der Wintermonate, jedoch werden bei den Zutrittszahlen der Skigebiete auch Daten der Sommermonate zu Vergleichszwecken herangezogen. Zum Beispiel übersteigen im Skigebiet Garmisch-Classic die Zahlen der Erstzutritte im Winter deutlich die des Sommers. Dies zeigt die besondere Ausrichtung von Garmisch-Partenkirchen auf den Wintertourismus.

Bezüglich der Anzahl der **Erstzutritte** zeigt sich in beiden Skigebieten eine geringe, aber kontinuierliche Zunahme im Zeitraum 2001 bis 2022. Auf der Zugspitze sind die Zahlen dabei auf einem ausgewogeneren Niveau bezüglich Winter und Sommer, vermutlich weil die Zugspitze als höchster Berg Deutschlands eine saison-unabhängige Attraktion darstellt.

Bezüglich der **Gäste- und Übernachtungszahlen** im zeitlichen Verlauf von 1920 bis 2020 zeigt sich ein ansteigender Langzeittrend und ein deutlicher Anstieg ab 2005. Besondere Spitzenwerte werden in den Jahren mit größeren Veranstaltungen wie zum Beispiel der Olympiade 1936 oder der Skiweltmeisterschaften 1978 und 2011 erreicht (Albrecht, 2008 & Marktarchiv Garmisch-Partenkirchen, 2022).

Bei der **durchschnittlichen Aufenthaltsdauer** der Touristen/-innen im Winter zeigt sich ein langfristiger Aufwärtstrend von 1920 bis 1965 und von 1990 bis 1995, jedoch ab 1996 wird er gestoppt und die Aufenthaltsdauer (1996 bis 2020) sinkt leicht. Dies könnte mit den kürzeren Saisonlängen der Skigebiete zusammenhängen oder auch monetäre Gründe haben.

Eine kleine Datenmenge wie beispielsweise Skitourengänger/-innen kann man nur schwer erfassen und entgeht der Analyse, aber im Vergleich zur großen Menge der verwendeten Daten, die analysiert wurden, sind sie nicht zu berücksichtigen.

Führt man die Analyseergebnisse zu den klimatischen, touristischen und (Ski-)sportlichen Entwicklungen in den Skigebieten Garmisch-Partenkirchens seit 1920 zusammen, so wird ersichtlich, dass die Faktoren Klima und Tourismus den Skisport nicht so stark beeinflussen wie anfangs vermutet.

Die Anzahl der Gäste und Übernachtungen bzw. die der Erstzutritte zu den Skigebieten hat insgesamt wachsende Tendenzen, obwohl die mittleren Lufttemperaturen beispielsweise im Lauf der Zeit ansteigen und sich somit die Saisonlängen entsprechend verkürzen. Auch eine Erhöhung der CO₂-Konzentrationen (gemessen auf der Zugspitze) und die damit sich verschlechternde Luftqualität hält die Skitouristen/-innen nicht davon ab, die vorhandenen Skigebiete zu nutzen.

In der Gesamtschau der vorliegenden Daten lässt sich sagen, dass die Skigebiete Garmisch-Classic und Zugspitze früher wie heute sehr gut besucht sind, mit leicht steigender Tendenz. Durch die positiven Daten zu Schneefallmenge und Schneedeckenhöhe dürfte die Tendenz mittelfristig anhalten, jedoch sollte die zunehmende Erwärmungstendenz, weiter beobachtet werden.

Die Auswertung der vorliegenden Daten ist wichtig, da der Skisport sehr sensibel auf Wetter- und Klimaschwankungen reagiert, und stark von vor allem Temperaturen und Schneefall abhängt. Allein bei einer Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur um + 2,0°C ist nur noch das Skigebiet Zugspitze natürlich schneesicher (Steiger, 2013).

Hinzu kommt, dass bei Lufttemperaturen von über – 3°C kein Kunstschnee mehr erzeugt werden kann (Doering& Hamberger, 2007), was wiederum negative Auswirkungen u.a. auf Saisonlänge des jeweiligen Skigebiets und die Schneequalität auf den Pisten mit sich zieht. So würden beispielsweise die Skigebiete bedingt durch negative Schneeveränderungen und die daraus resultierenden Pistensperrungen kleiner werden. Dies könnte zur Folge haben, dass die bestehenden Liftanlagen umgebaut oder sogar neugebaut werden müssen, um das Skigebiet an die neue Situation anzupassen. So würden zusätzliche Kosten und zeitliche Verzögerungen entstehen, was die Entwicklung des Skisports in Garmisch-Partenkirchen ebenfalls negativ beeinflussen könnte. Zum Beispiel könnten die Preise für die Skikarten steigen [laut den geführten Interviews seien die Preise aktuell schon sehr hoch] oder es würde längere Wartezeiten an den Seilbahnen bzw. den Skiliften geben, was für allem für Garmisch-Classic mit einer der höchsten Beförderungskapazitäten Bayerns (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2006) ernsthafte Konsequenzen hätte.

Doch nicht nur das Skigebiet Garmisch-Classic ist vor große Herausforderungen gestellt, auch das Skigebiet Zugspitze. Zwar gilt dieses als schneesicher und ohne künstliche Beschneigung auskommend, jedoch könnte der Gletscherskisport in den Monaten April und Mai aufgrund eines massiven Gletscherschwunds [relevant für das Skigebiet: Nördlicher Schneeferner] gefährdet sein; in früheren Jahren ist noch Sommerskifahren möglich gewesen. Verfolgt man historische Aufzeichnungen über die Entwicklung der Gletscher auf der Zugspitze, so sind drastische Änderungen erkennbar: während auf dem Zugspitzplatt im 18. Jahrhundert noch ein großer zusammenhängender Gletscher, genannt

Plattacher Ferner, mit einer Fläche von etwa 300 ha (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, 2012) bestand, so haben dessen heutige Restgletscher [Nördlicher und Südlicher Schneeferner] zusammen nur mehr eine Fläche von etwa 45 bis 50 ha (Weber, 2003), Tendenz fallend. Mithilfe von weißen Folienabdeckungen im Sommer hat man daraufhin versucht, die Gletscher an ihrem schnellen Abschmelzen zu hindern (Weber, 2003), was allerdings die Entwicklungstrends nur etwas abschwächen konnte. Nur wenn in den Sommermonaten häufig Neuschneefälle auftreten, kann die Schmelzung für eine begrenzte Zeit unterbrochen und der Massenverlust verringert werden (Escher-Vetter, 2001).

3. Fazit

Der Klimawandel in den Alpen wird bei Experten/-innen und in der breiten Bevölkerung diskutiert und lässt vermuten, dass er auch bereits Einfluss auf den Skisport in Garmisch-Partenkirchen genommen hat.

Um festzustellen, ob und wie Klima und Tourismus die Entwicklung des Skisports in Garmisch-Partenkirchen seit 1920 beeinflussen, wurde aktuelle und historische Literatur verwendet und Messdaten von Klimainstituten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz analysiert. Auch Interviews wurden verwendet.

Die Analysen zeigen, dass sich die Entwicklung verschiedener Klimaparameter wie Lufttemperatur, Sonnenscheindauer und CO₂-Konzentration der Skigebiete Garmisch-Classic und Zugspitze zwar in Richtung Erwärmung bzw. des Klimawandels bewegt, jedoch überraschenderweise bei den Parametern Schneehöhe und Schneefallmenge in die leicht entgegengesetzte Richtung. Es ist also eine kleine Tendenz hin zu einer Erwärmung zu erkennen, die jedoch noch keine negativen Auswirkungen auf den Skisport zeigt. Dies zeigt die Analyse der Tourismusedwicklung, die sich kontinuierlich positiv zeigt.

Die Faktoren Klima und Tourismus beeinflussen also den Skisport in Garmisch-Partenkirchen nicht so stark wie man vermuten könnte.

Da jedoch der Klimawandel allgemein stetig voranschreitet, wird es zukünftig wichtig sein, für die Skigebiete Garmisch-Classic und Zugspitze weitere Daten zur Klima- und Tourismusedwicklung zu sammeln und sie fortlaufend zu analysieren und Erkenntnisse zu nutzen.

Vorbeugend könnte man beispielsweise effektives Schneemanagement oder Snowfarming einführen, damit der für Garmisch-Partenkirchen wichtige Skisport noch lange stattfinden kann.

Literaturverzeichnis

Albrecht, A. (2020). Tourismusbericht für das Jahr 2019. In GaPa Tourismus GmbH (Hrsg.), *Garmisch-Partenkirchen*.

An der Heiden, I., Meyrahn, F., Preuß, H. & Ahlert, G. (2013). Wirtschaftsfaktor Wintersport. In Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.), *Aktuelle Daten zur Sportwirtschaft | Dezember 2013*. Berlin, Bonn: Druck des BMWi und des Bundesinstituts für Sportwissenschaft.

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2006). *Skipistenuntersuchung Bayern. Landschaftsökologische Untersuchungen in den bayerischen Skigebieten – Endauswertung*. Augsburg: Druck vom Bayerischen Landesamt für Umwelt.

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit [StMUG] (Hrsg.). (2012). *Bayerische Gletscher im Klimawandel – ein Statusbericht*. Hof: Mintzel Druck.

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz [StMUV] & Bayerische Akademie der Wissenschaften [BAW] (2021). Zukunft ohne Eis. *Zweiter Bayerischer Gletscherbericht: Klimawandel in den Alpen, 1*, 1-50.

Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG (2021a). *Garmisch-Classic*. Verfügbar unter: <https://zugspitze.de/de/Garmisch-Classic> (letzter Zugriff: 15.06.2022).

Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG (2021b). *Skigebiet Zugspitze*. Verfügbar unter: <https://zugspitze.de/de/Zugspitze/Winter/Skigebiet> (letzter Zugriff: 15.06.2022).

Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG (2022). *Erstzutritte. Zugspitze, Garmisch-Classic, Wank*. Pressestelle der Bayerischen Zugspitzbahn Bergbahn AG.

Deutscher Alpenverein (2020). *Zugspitze – 200 Jahre Erstbesteigung*. Verfügbar unter: <https://www.alpenverein.de/stories/zugspitze/> (letzter Zugriff: 06.06.2022).

Deutscher Skiverband e.V. (2021). *DSV-Leistungssport*. Verfügbar unter: https://www.deutscherskiverband.de/startseite_de,500.html (letzter Zugriff: 11.06.2022).

Deutscher Wetterdienst (2022a). *Klimadaten Deutschland – Monats- und Tageswerte (Archiv)*. Verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klarchivtagmonat.html?nn=16102#buehneTop> (letzter Zugriff: 03.06.2022).

Deutscher Wetterdienst (2022b). Lufttemperatur. In Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), *Wetter- und Klimalexikon*. Verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101518&lv3=101632> (letzter Zugriff: 23.05.2022).

Deutscher Wetterdienst (2022c). Schneefall. In Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), *Wetter- und Klimalexikon*. Verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=102248&lv3=102440> (letzter Zugriff: 23.05.2022).

Deutscher Wetterdienst (2022d). Schneehöhe. In Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), *Wetter- und Klimalexikon*. Verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102248&lv3=637560> (letzter Zugriff: 23.05.2022).

Deutscher Wetterdienst (2022e). Sonnenscheindauer. In Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), *Wetter- und Klimalexikon*. Verfügbar unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102248&lv3=102532> (letzter Zugriff: 23.05.2022).

Diercke (2017). Wettersteingebirge – Tourismus. Alpen-Tourismus und Umwelt. In Westermann Bildungsmedien Verlag GmbH (Hrsg.), *Diercke Drei. Universalatlas*. Verfügbar unter: <https://diercke.westermann.de/content/wettersteingebirge-tourismus-978-3-14-100870-8-95-3-1> (letzter Zugriff: 18.06.2022).

Doering, A. & Hamberger, S. (2007). Der künstliche Winter. Mit Schneekanonen gegen den Klimawandel: Salto Mortale in die Vergangenheit. In Bund Naturschutz in Bayern (Hrsg.), *Der künstliche Winter: Information des Bund Naturschutz in Bayern e.V.*, 2, 1-36.

Escher-Vetter, H. (2001). Zum Gletscherverhalten in den Alpen im zwanzigsten Jahrhundert. In Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), *Klimastatusbericht 2001*, 51-57.

Google Earth Pro (2009). *Wettersteingebirge*. Verfügbar unter: <https://www.google.com/intl/de/earth/versions/#earth-pro> (letzter Zugriff: 15.06.2022).

Lawinenwarndienst Bayern (2022). *Archiv Lawinenlageberichte*. Verfügbar unter: <https://www.lawinenwarndienst-bayern.de/res/archiv/lageberichte/> (letzter Zugriff: 23.06.2022).

Lobenhofer-Hirschbold (2006). Fremdenverkehr (Von den Anfängen bis 1945). In Bayerische Staatsbibliothek (Hrsg.), *Historisches Lexikon Bayerns*. Verfügbar unter: [https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Fremdenverkehr_\(Von_den_Anfaengen_bis_1945\)](https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Fremdenverkehr_(Von_den_Anfaengen_bis_1945)) (letzter Zugriff: 11.06.2022).

Marktarchiv Garmisch-Partenkirchen (2022). *Fremdenstatistik Garmisch, Partenkirchen und Diagramm der Übernachtungszahlen 1882-2009*. Archiv – Markt Garmisch-Partenkirchen.

meteoblue (2022a). *history+ – Stündliche historische Wettersimulationsdaten seit 1979*. Verfügbar unter: <https://www.meteoblue.com/de/historyplus> (letzter Zugriff: 17.06.2022), Nutzung zur Anfertigung einer Studienarbeit.

meteoblue (2022b). Jährliche Temperaturänderung Hausberg. In meteoblue (Hrsg.), *Historie und Klima – Klimawandel*. Verfügbar unter: https://meteoblue.com/de/climate-change/hausberg_deutschland_2908950 (letzter Zugriff: 17.06.2022).

Mountain News (2022). *Schneefallstatistik und Schneehistorie | Garmisch-Classic – Garmisch-Partenkirchen*. Verfügbar unter: <https://www.skiinfo.de/oberbayern/garmisch-partenkirchen/schneestatistik> (letzter Zugriff: 04.06.2022).

Müller, R. (2011). Skisport. In Schweizerische Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften – Schweizerische Gesellschaft für Geschichte (Hrsg.), *Historisches Lexikon der Schweiz (HLS)*. Verfügbar unter: <https://hls-dhs-dss.ch/de/articles/026210/2011-11-21/> (letzter Zugriff: 12.06.2022).

Richter, W. (1936). Die Olympischen Spiele 1936. In Berlin und Garmisch-Partenkirchen. In Cigaretten-Bilderdienst Altona-Bahrenfeld (Hrsg.), *Olympia 1936. Band 1: Die Olympischen Winterspiele. Vorschau auf Berlin*. Bielefeld: E. Gundlach Aktiengesellschaft.

Schwarz Müller, Am (2019). Olympische Winterspiele, Garmisch-Partenkirchen 1936. In Bayerische Staatsbibliothek (Hrsg.), *Historisches Lexikon Bayerns*. Verfügbar unter: https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Olympische_Winterspiele,_Garmisch-Partenkirchen_1936 (letzter Zugriff: 15.06.2022).

Steiger, R. (2013). *Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum*. (Projektabschlussbericht). Universität Innsbruck.

Sussmann, R. & Rettinger, M. (2020). Can We Measure a COVID-19-Related Showdown in Atmospheric CO₂ Growth? Sensitivity of Total Carbon Column Observations. *Remote Sensing of Greenhouse Gases and Air Pollution*, 12 (15): 2387, 1-22.

Tollmann, A. (1976). *Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen* Wien: Franz Deuticke.

Weber, M. (2003). Gletscherschwund und Klimawandel an der Zugspitze und am Vernagtferner (Öztaler Alpen). In Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), *Informationen zum Gletscherschwund*, 1-10.

ZAMG (2022). Monthly data homogenized series CSV Export. In ZAMG (Hrsg.), *HISTALP [Historical Instrumental Climatological Surface Time series of the Greater Alpine Region] – Garmisch-Partenkirchen SU1 Winter*. Verfügbar unter: <http://www.zamg.ac.at/histalp/dataset/station/csv.php> (letzter Zugriff: 04.06.2022).

Anhang

Anhang 1: Zusammenführung der spontanen Interviews von (Ski-)Touristen/-innen des Skigebiets Zugspitze (1. Mai 2022)

Zusammenführung der Interviews vom 01. Mai 2022 [Zugspitze]

Durchgeführt: Isabel Antonie Mörtl

Ort: Talstation der Seilbahn Zugspitze

Datum: 01.05.2022

Befragte Personen: Elf Skifahrer/innen, darunter sechs professionelle Skifahrer/innen

Welche Veränderungen hat der Skisport aus Ihrer Sicht in den letzten 100 Jahren erfahren?

Schwankungen wegen unterschiedlicher Schneeverhältnisse, Weiterentwicklung des Equipments, neue Lifte und Attraktionen (zum Beispiel Funparks), neue Einrichtungen, „alles schneller und actionreicher“, künstliche Beschneigung, Sicherheit der Skipisten

Welche Veränderungen hat das Klima in dieser Zeit hier erfahren? Was wissen Sie dazu?

Klimawandel -> es fällt weniger Schnee, Gletscher auf der Zugspitze schmelzen, Zeiten mit griffigem Schnee nehmen ab, Temperaturen nehmen zu, kürzere Winter

Wie wirken sich diese Veränderungen auf den Skisport hier aus?

„schlechterer“ Schnee durch weniger Neuschnee und mehr Beschneigung, Skisaisons werden kürzer, Ski müssen öfter nachgewachst werden, teure Preise der Skipässe

Was sind weitere Steuergrößen außer dem Klima?

Tourismus, der Mensch und sein Handeln (zum Beispiel Bebauungen), Naturgefahren als Folgen und damit wieder als Auswirkungen für Schäden

Was erwarten Sie hier in der Region außer Skisport?

Gute Gastronomie, (bezahlbare) Hotellerie, Wellness und Entspannung (zum Beispiel Massage), Informationen über die Region, regionale Gerichte, Treffen mit Einheimischen, Events (zum Beispiel Ski-WM oder Eishockey-Spiele)

Was wird es Ihrer Meinung nach auch noch in 50 Jahren hier geben? Zum Beispiel Skisport, Après-Ski?

Museen zu den Entwicklungen (zum Beispiel: Wie hat es hier mal ausgesehen? Was hat sich verändert? Wie geht es weiter?), Gastronomie, etwas Hotellerie, künstliche Eis- und Schneeanlagen, Events und Veranstaltungen (zum Beispiel Messen)

Was denken Sie: würde eine erneute Bewerbung Garmisch-Partenkirchens für die Olympischen Winterspiele (wie 1936) eine Weiterentwicklung des Skisports in Garmisch-Partenkirchen bewirken? (zum Beispiel durch die Modernisierung bestimmter Anlagen)

Wahrscheinlich nur kurz- oder mittelfristig wirkend, da die Sportstätten hinterher unbenutzt bleiben (-> Kosten), Vergleich zu 1936 möglich (-> spannend); Fokus wieder kurzzeitig auf Garmisch-Partenkirchen und seine Skigebiete, aber mit negativen Folgen: zum Beispiel für die Einheimischen durch hohe Kosten und neue Bebauungen

Könnten bestimmte Attraktionen (zum Beispiel Ski-Events, Virtual Reality) bzw. monetäre Anreize (zum Beispiel Skipass in Kombination mit Kulinarik) die Entwicklung des Skisports begünstigen? Wenn ja, wie?

Ja...Fokus auf Garmisch-Partenkirchen, Garmisch-Partenkirchen noch bekannter machen, Gewinnung von Förderern (wichtig: Miteinbezug der Einheimischen), preisliche Angebote reizvoll

Nein...kaum Änderungen in den Skigebieten selbst, wahrscheinlich nur kurzfristige Wirkung, Fokus auf Garmisch-Partenkirchen statt auf den Skigebieten

Könnte ein mögliches Angebot zu ganzjährigem Skifahren (zum Beispiel durch den Bau einer Skihalle) den Ski-Standort Garmisch-Partenkirchen attraktiver machen?

Ja...gibt es nicht oft in Deutschland (besonders im Süden nicht), man kann das ganze Jahr über Skifahren (-> angenehm im Sommer durch kühle Temperaturen in der Skihalle), vielleicht ließen sich so Überfüllungen in den Skigebieten vermeiden

Nein...es gibt klaren Winter- und Sommertourismus, nicht nachhaltig wegen hohem Energieverbrauch bzw. hohen Energiekosten, eventuell nicht rentabel

Wie könnte man den Skisport Ihrer Meinung nach nachhaltiger gestalten (zum Beispiel durch direkte Zug-/Busverbindungen nur für Skifahrer-/innen, Skilifte mit Solarbetrieb)?

Weniger Beschneigung, sondern bessere Anpassung an den Naturschnee (-> weniger Energieverbrauch, Schutz der Umwelt); mehr Skibusse und -züge, vor allem in den Stoßzeiten; Verwendung von nachhaltiger Energie; geregelte Anzahl von Skifahrern/-innen