



universität
wien

MASTER THESIS

Titel der Master Thesis / Title of the Master's Thesis

„Der Einfluss des Klimawandels auf das Einsatzspektrum
und die Einsatzzahlen der Flugrettung in den Ostalpen“

verfasst von / submitted by

Dr. Markus Thaler

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2023 / Vienna 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
Postgraduate programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 992 242

Universitätslehrgang lt. Studienblatt /
Postgraduate programme as it appears on
the student record sheet:

Risikoprävention und Katastrophenmanagement

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ. Prof. Dr. Harald Willschke MSc.

Danksagung

Vor allem dir Vroni, und auch euch meinen beiden Kindern Anisja und Jakob: Danke für das Verständnis und die Nachsicht für die zwei fordernden Jahre in Wien. Ohne eure Unterstützung wäre das alles und vor allem die Erstellung der Masterthesis nicht möglich gewesen.

Danke an alle, die in irgendeiner Form zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Allen voran meinem Betreuer, aber auch den vielen ExpertInnen, Forschenden, Arbeitskolleginnen und Freunden für spannende Gespräche und Diskussionen, für kritisches Feedback und Gedanken, für Tipps, wie manches besser gelingen könnte und dass manches besser nicht geschrieben werden sollte. Danke an das ÖKAS für die Unterstützung rund um Zahlen, Daten, Fakten....

Danke auch meinen beiden Mitstudierenden und Freunden Berni und Flo. Ich habe viel mit und vor allem auch von euch gelernt.

Danke

„Change is coming, whether you like it or not.“

Greta Thunberg, UN-Klimagipfel 2019

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung	1
2 Aktueller Forschungsstand, Hypothese und Forschungsfragen.....	5
2.1 Ziel dieser Arbeit.....	6
2.2 Hypothese (H).....	6
2.2.1 Forschungsfrage 1	7
2.2.2 Forschungsfrage 2	7
2.2.3 Forschungsfrage 3	7
3 Methodik und Aufbau der Arbeit.....	9
3.1 Experteninterview	9
3.2 Literatursuche.....	10
3.2.1 Analyse:berg	11
3.2.2 bergundsteigen – Menschen – Berge – Unsicherheit.....	11
4 Datenerhebung	13
4.1 Datenquelle GeoSphere Austria (vormals ZAMG)	13
4.2 Daten des österreichischen Kuratoriums für alpine Sicherheit	14
4.3 Daten ÖAMTC Flugrettung	15
4.4 Daten medizinische Notfallaufnahme Landeskrankenhaus Innsbruck (LKI)	15
4.5 Limitationen der Datenerhebung	16
5 Auswirkungen von Klimawandel und Hitze in den Ostalpen.....	17
5.1 Ergebnis und Interpretation der Experteninterviews.....	17
5.1.1 Kernaussagen der Experten.....	17
5.1.2 Interpretation der Experteninterviews und Kontext zur bestehenden Literatur	20
5.1.3 Conclusio aus den Experteninterviews, der Literatursuche und weiterer Aufbau der Arbeit	27
5.2 Erholung in den Alpen im geschichtlichen Kontext – ein Exkurs	29
5.3 Hitze, Hitzewellen und Auswirkungen auf die Gesundheit	30
5.3.1 Wärmehaushalt und der menschliche Organismus.....	32
5.3.2 Hitzekrankheit (Heat illness).....	33
5.4 Globale Auswirkungen von Hitze auf Menschen	36

5.5	Hitze und Hitzewellen in Europa und im alpinen Raum	38
5.6	Hitzeindex, WBGT und Risikoeinschätzung	42
5.6.1	Wet-bulb globe temperatur (WBGT)	42
5.6.2	Thermischer Klimaindex - Universal thermal Climate Index (UTCI).....	45
6	Ergebnisse und Interpretation der Datenerhebung	47
6.1	Daten des österreichischen Kuratoriums für alpine Sicherheit.....	47
6.2	Daten der Notfallaufnahme des LKI	49
6.3	Daten der ÖAMTC Flugrettung	52
6.3.1	Hintergrundinformationen	52
6.3.2	Ergebnisse und Interpretation der Daten.....	52
6.4	Temperaturdaten und Hitzeindices in mittlerer alpiner Höhe	57
7	Zusammenfassung und Conclusio	59
8	Fazit und Perspektiven.....	61
9	Literaturverzeichnis	65
	Kurzfassung.....	70
	Abstract	71
	Anhang.....	72
	Experteninterview	72
	Handprotokoll Nr.____	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der sportausübenden Personen in Abhängigkeit von der Distanz der vorhandenen Strukturen (Quelle: handgefertigte Zeichnung E 2 während des Interviews).....	18
Abbildung 2: Anzahl unverletzte, verletzte und tote Mountainbiker in den letzten 10 Jahren im Mittel in Österreich (Quelle: ÖKAS, 2023c)	22
Abbildung 3: Potenzielle Auswirkungen von Gletscherabschmelzen und Permafrost Degradation (PRÖBSTL-HAIDER et al., 2021: 128).....	23
Abbildung 4: Visualisierung des Südgipfels des Fluchthorns nach den Messungen mittels Laser Scanning(Quelle: AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 2023).....	24
Abbildung 5: Ursprünglicher Gipfel (blau Linie), Gipfel nach Felssturz (graue Linie)(Quelle: AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 2023)	25
Abbildung 6: Mure nach Felssturz am Fluchthorn/Gemeinde Galtür (Foto: Markus Isser, Bergrettung Tirol).....	25
Abbildung 7: Eisbruch Marmolada- Italien (Quelle: ERCC - EMERGENCY RESPONSE COORDINATION CENTRE, 2022)	27
Abbildung 8: Wärmebildung und Wärmeabgabe mit zunehmender Arbeit (Quelle: LEYK et al., 2019: 538).....	33
Abbildung 9: Fließender Übergang zwischen den Hitzeerkrankungen (Quelle: LEYK et al., 2019: 540)	35
Abbildung 10: Auswirkungen des globalen Temperaturanstieges auf Ozeane und Kryosphäre (PÖRTNER et al., 2019: 43).....	36
Abbildung 11: WBGT und Todesfälle von nepalesischen Gastarbeitern (Quelle: PRADHAN et al., 2019: 41).....	37
Abbildung 12:Jahreswerte der Lufttemperatur global und in Österreich von 1880 bis 2022 (CCCA 2023)	38
Abbildung 13: Räumliche Verteilung der Abweichung der Monatsmittelwerte der Lufttemperatur 2022, Bezugszeitraum 1961-1990 (Quelle: CCCA 2023).....	39
Abbildung 14: Mittlere Anzahl der Hitzetage (Quelle: ZAMG)	40
Abbildung 15: durchschnittliche jährliche Hitzebedingte Todesfälle an aufeinander folgenden Hitzetagen für unterschiedliche klimatische und sozio-ökonomische Entwicklungen (Quelle: HAAS et al., 2014)	41
Abbildung 16: Risikotabelle zur näherungsweisen Bestimmung des WBGT in Fahrenheit (HUGGINS et al., 2016).....	43
Abbildung 17: Risikotabelle zur näherungsweisen Bestimmung des WBGT in Grad Celsius (Quelle: HUGGINS et al., 2016: 7)	43
Abbildung 18: Risikotabelle für die WBGT (Quelle: World Athletics 2020)	44
Abbildung 19: Flüssigkeitssubstitution und Belastung/Pausen Empfehlungen in Abhängigkeit von der WBGT (Quelle: STO/NATO – Task Group HFM-187, 2013).....	44
Abbildung 20:WBGT-Richtwerte für fünf Klassen von Energieumsatzniveaus (BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN, 2023)	45

Abbildung 21: Konzept der Berechnung des UTCI für eine aktuelle Bedingung (Quelle: Bröde et al., 2013).....	46
Abbildung 22: Anzahl der dokumentierten Ereignisse der Alpinpolizei im Bundesland Tirol in Abhängigkeit von der Tageshöchsttemperatur (Quelle: Alpinpolizei/ÖKAS)	48
Abbildung 23: Anzahl der Patienten pro Tag > 18 Jahre in Abhängigkeit von der Tageshöchsttemperatur (Quelle: Landeskrankenhaus Innsbruck).....	49
Abbildung 24: Anzahl der Patienten > 65Jahre pro Tag in Abhängigkeit von der Tageshöchsttemperatur (Quelle: Landeskrankenhaus Innsbruck).....	50
Abbildung 25: Anzahl Patientenaufnahmen Juni – Juli - August 2019 (Quelle: Landeskrankenhaus Innsbruck).....	51
Abbildung 26: Jahresstatistik 2021-22 der in Tirol ganzjährig stationierten NAH (Quelle: ÖAMTC Flugrettung).....	52
Abbildung 27: Notfallkategorien aufgeschlüsselt nach Art (Quelle: ÖAMTC Flugrettung).....	53
Abbildung 28: Unfall-Freizeit Alpin aufgeschlüsselt nach Unfallart bzw. Sportart (Quelle: ÖAMTC Flugrettung).....	54
Abbildung 29: Hitzeperioden (Wellen) während der Sommer 2015 -2022 (Quelle: Spartacus/ZAMG)	54
Abbildung 30: Anzahl der Tage mit einer Hitzewelle und ohne Hitzewelle Juni- August 2015-2022 (Quelle: ÖAMTC Flugrettung auf Datengrundlage Spartacus/ZAMG).....	55
Abbildung 31: Einsätze der Stützpunkte C1, C4 und C5 jeweils 01. Juni bis 31. August in den Jahren 2015-2022, Orange: Tage mit einer Hitzewelle, Blau: Tage ohne Hitzewelle (Quelle: ÖAMTC Flugrettung).....	56
Abbildung 32: Sommer 2015 mit den jeweiligen Alpineinsätzen zu Tage mit und ohne Hitzewellen (Quelle: ÖAMTC Flugrettung).....	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verunfallte in Österreichs Bergen nach Bergsportdisziplinen – 01.01.2022 bis 31.12.2022 und Zehnjahresmittel (ÖKAS, 2023a: 4-5)	2
Tabelle 2: Histalp Langzeitklimareihen – Österreich Messdaten 2022 als Abweichung zum Mittel 1961-1990 (Quelle: GEOSPHERE AUSTRIA, 2023)	5
Tabelle 3: Aufstellung der Experteninterviews (eigene Darstellung).....	10
Tabelle 4: Anzahl Datensätze (Eigene Erhebung)	47
Tabelle 5: Tageshöchstwerte der Temperatur und der relative Luftfeuchtigkeit Sommer 2022 Seefeld, rel=Luftfeuchtigkeit Tagesmittel, rel07=Luftfeuchtigkeit zum Beobachtungstermin, tmax=Tagesmaximum der Lufttemperatur (eigene Darstellung)	58

Abkürzungsverzeichnis

AVS	Alpenverein Südtirol
BRD	Bergrettungsdienst
CCCA	Climate Change Center Austria
CNSAS	Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico
DAV	Deutscher Alpenverein
DWD	Deutscher Wetterdienst
ERC	European Resuscitation Council
E	Experte
KKT	Körperkerntemperatur
HI	Hitzeindex
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics
NAH	Notarzthubschrauber
ÖAV	Österreichischer Alpenverein
ÖKAS	österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit
SAC	Schweizer Alpen Club
UTC	Universal Time Coordinated
UTCI	Universal Thermal Climate Index
WBGT	Wet-bulb globe temperature index

1 Einleitung

Der Umgang mit den Auswirkungen von Naturgefahren gehört seit der Besiedlung der Alpen zum soziokulturellen Leben der Bewohner. Seit der Industrialisierung um die Mitte des 18. Jahrhunderts kommt auch der Klimawandel zunehmend zum Tragen und erhöht mitunter auf diverse Weise das Risiko, dass die in den alpinen Regionen lebende Bevölkerung dadurch zusätzlich zu Schaden kommt. Der Klimawandel hat vor allem in den letzten Jahren dazu geführt, dass Schadensereignisse in ihrer Häufigkeit, Dauer und Intensität immer mehr zunehmen. Parallel dazu ändern sich Risikoexposition und Vulnerabilität der Menschen, die in alpinen Regionen leben laufend. Zunehmende Be- und Zersiedelung, Bodenversiegelung, Erschließung von ursprünglich weitgehend unberührter Natur und ein Zunehmen von Breitensportarten haben ebenso Einfluss auf die Häufigkeit und Intensität von extremen Schadensereignissen. (vgl. GLADE et al., 2020: 21-23)

Der Klimawandel in den Alpen zeigt sich durch immer rascher fortschreitende Gletscherschmelze, kürzere Schneedeckenperioden und eine Zunahme von Felsstürzen und Muren. Die weltweite Temperaturerhöhung ist in Europa bzw. den Alpen im Verhältnis zu anderen Regionen der Erde nochmals messbar stärker ausgeprägt und beläuft sich mittlerweile messbar auf das Doppelte als der globale Mittelwert. (vgl. OLEFS et al., 2021: 19 ff).

Touristen und Bergsportler, die Erholung in den Bergen suchen, sind diversen alpinen Gefahren ausgesetzt. Im 10-Jahres Mittel verletzen sich in Österreich ca. 7.300 Personen jährlich bei Alpinunfällen, weitere 270 verunglücken tödlich (ÖKAS, 2023d: 20-21). Bei einer Vielzahl dieser Alpinunfälle und akuten anderen Notfällen wie Herzinfarkt, Krampfanfall und Erschöpfung wird die Flugrettung zur Versorgung und Rettung der Betroffenen herangezogen. Ca. 40% aller Einsätze der Flugrettungsstützpunkte in Tirol finden im alpinen Raum statt. Während in den Wintermonaten dabei hauptsächlich Verletzungen beim Skifahren, Freeriden, Skitourengehen und Rodeln zu versorgen sind, passieren die Unfälle im Sommer hauptsächlich beim Wandern, Bergsteigen, Klettern und Mountainbiken. Seltenere Unfälle bzw. Notfälle im alpinen Raum sind Forstunfälle, Straßenunfälle, Suizide und Jagdunfälle (Tab.1).

Tabelle 1: Verunfallte in Österreichs Bergen nach Bergsportdisziplinen – 01.01.2022 bis 31.12.2022 und Zehnjahresmittel (ÖKAS, 2023a: 4-5)

Unfalldisziplin	2022	Mittel 10 Jahre	%-Anteil 2022	%-Anteil Mittel 10 Jahre
SOMMER	4706	3821	37 %	33 %
Wandern/Bergsteigen	2772	2278	22 %	20 %
Mountainbiking	860	674	7 %	6 %
Klettern	582	472	5 %	4 %
Flugunfall	293	223	2 %	2 %
Kombinierte Tour/Hochtour	111	103	1 %	1 %
Wildwassersport	62	52	0 %	0 %
Seilgärten	23	16	0 %	0 %
Höhlenunfälle	3	3	0 %	0 %
WINTER	7366	7055	58 %	62 %
Piste/Skiroute	5728	5518	45 %	48 %
(Ski-)Tour	710	600	6 %	5 %
Liftunfall	212	245	2 %	2 %
Variante	359	387	3 %	3 %
Rodeln	311	264	2 %	2 %
Langlauf	29	24	0 %	0 %
Eisklettern	17	18	0 %	0 %
SONSTIGE	651	562	3 %	3 %
Forstunfall u. Ä.	173	170	1 %	1 %
Straßenverkehr	23	40	0 %	0 %
Suizid	39	33	0 %	0 %
Jagd	18	22	0 %	0 %
Sonstiges	398	297	3 %	3 %
Summe Verunfallte	12723	11438	100 %	100 %

Sturz, Stolpern und Ausgleiten werden häufig als auslösende Unfallursache beim Wandern genannt (17%). Weitere Ursachen sind Absturz, Blockierung, Steinschlag und im Winter Kollisionen auf Skipisten und Skirouten. (ÖKAS, 2022: 46 ff; ÖKAS, 2023b) Ob und inwieweit allerdings auch der Klimawandel direkt bei Einzelereignissen eine Rolle spielt, ist für die Ostalpen noch wenig untersucht. Denkbar wäre durchaus, dass der Klimawandel mitunter auch das Risiko für Unfälle bzw. Schadensereignisse bei Touristen und Bergsportlern erhöht. Aktuelle Literatur, mediale Berichterstattung und Expertenaussagen geben hier durchaus Hinweise auf ein steigendes Gefahrenpotential. Hierbei ist besonders an gravitative Massenbewegungen wie Steinschlag, Felssturz und Blockschlag zu denken. Aber auch zunehmender Blitzschlag, Extremwetterereignisse, Wetterstürze und Verirren könnten indirekt mit Klimaveränderungen in Korrelation gebracht werden. Einzelne entsprechende Unfallereignisse scheinen in der Unfallstatistik des österreichischen Kuratoriums

für alpine Sicherheit und in entsprechenden Expertenberichten auf. Hier fällt allerdings oft die Beurteilung schwer, ob nun ein Wetterereignis per se ausschlaggebend war oder ob der Klimawandel über die zunehmende Änderung der Wetterbedingungen und gehäuften Extremwetterereignissen mitursächlich für Unfälle und Notfälle im alpinen Raum ist.

Ziel dieser Arbeit soll es sein, über ein schrittweises Vorgehen zu ermitteln, ob es einen direkten Zusammenhang zwischen Klimawandel und dem Einsatzspektrum bzw. den Einsatzzahlen der Flugrettung in den Ostalpen gibt.



2 Aktueller Forschungsstand, Hypothese und Forschungsfragen

Klimawandel im Alpenen Raum

Die aktuelle Forschung zeigt, wie sich klimatische Veränderungen auf die diversen Ökosysteme, die Kryosphäre und Biosphäre, aber auch auf soziale Gefüge und Verhalten von Menschen auswirken. Die Temperatursteigerung schreitet in Europa bzw. den Alpen im globalen Vergleich wesentlich rascher voran als vormals angenommen. In den Gipfelregionen hat sich die Atmosphäre seit der vorindustriellen Zeit um etwa 1,8 °C erwärmt, an manchen Messpunkten entlang des Alpenhauptkammes sogar bis zu 2,3°C. Tabelle 2 zeigt eindrücklich die Messdaten aus dem Jahr 2022 in Österreich, die parallel zur Temperaturerhöhung auch die damit verbundene intensivere Sonnenscheindauer wiedergibt. Im Vergleich zum globalen Mittel haben sich die Alpen etwa um das Doppelte erwärmt (vgl. BEGERT UND FREI, 2018).

Tabelle 2: Histalp Langzeitklimareihen – Österreich Messdaten 2022 als Abweichung zum Mittel 1961-1990 (Quelle: GEOSPHERE AUSTRIA, 2023)

	Tiefland				Gebirge
	<i>Nord</i>	<i>Südost</i>	<i>Inneralpin</i>	<i>West</i>	
Temperatur	3. wärmstes +2,4°C	3. wärmstes +2,4°C	4. wärmstes +2,1°C	wärmstes +2,6°C	wärmstes +2,3°C
Niederschlag	78. trockenstes -2%	8. trockenstes -26%	9. trockenstes -15%	64. trockenstes -5%	n.a.
Sonnenscheindauer	10. sonnigstes +17%	10. sonnigstes +20%	12. sonnigstes +10%	4. sonnigstes +18%	10. sonnigstes +13%

Der Klimawandel hat aber neben einer signifikanten Temperaturerhöhung in Bergregionen in Mitteleuropa noch einige bereits deutlich spürbare Änderungen bewirkt. So hat die natürliche Schneedeckendauer und Schneehöhe in allen Höhenlagen signifikant abgenommen und bis zum Ende des 21. Jahrhunderts muss je nach Höhenlage mit einer Abnahme von 50-90% gerechnet werden. Weiters ist davon auszugehen, dass konvektive Extremwetterereignisse und damit das Risiko für Starkregen, Überflutungen, Gewitter und Hagel weiter in Frequenz und Magnitude zunehmen werden. Umgekehrt ist durch die Stabilisierung von Großwetterlagen mit einer zunehmenden Gefahr von lang anhaltenden Dürren zu rechnen. (vgl. OLEFS et al., 2021: 19 ff)

Durch den Klimawandel ist weiter davon auszugehen, dass es durch den damit verbundenen Gletscherrückzug und die Permafrost-Degradation neben einer deutlichen Landschaftsveränderung auch zu einer Erhöhung des Risikos für Wanderer und Hochtourengehern kommt. Neben Steinschlag, Felssturz und Murgang können auch das Abschmelzen von Schneebrücken und die Spaltbildung bzw. die Randkluftbildung Personen gefährden. Auch Hitzewellen werden zunehmend eine Belastung vor allem für Kinder und ältere erholungssuchende Menschen darstellen. Im Gegenzug dazu ist allerdings auch durch die Temperaturerhöhung in den Übergangsjahreszeiten mit positiven Effekten und damit einer Saisons Verlängerung zu rechnen. (vgl. PRÖBSTL-HAIDER et al., 2021: 123ff)

Schwann schreibt in einem aktuellen Artikel in Bergundsteigen, dass der Klimawandel eine zentrale Rolle bei der Häufung von Naturprozessen im alpinen Raum spielt. Es gilt daher, diese Gefahren zu erkennen und adäquate Anpassungsstrategien zu finden. Wichtig sei in diesem Kontext ein Monitoring der Risiken und eine entsprechende Risikoeinschätzung. Aber auch die Hüttenbewirtschaftung sollte in vielerlei Hinsicht geändert werden und vor allem Wasser und Energieverbrauch sollten überdacht werden. Weiteres appelliert Schwann an die Eigenverantwortung der Bergsteiger, da Berge nie zu 100% sicher gemacht werden können. Der Bergsportler sollte in der Lage sein, Gefahren zu erkennen und einzuschätzen. (vgl. SCHWANN, 2023: 94)

2.1 Ziel dieser Arbeit

Der Klimawandel und dessen Auswirkungen im alpinen Raum ist sichtbar und messbar. Gletschermassen nehmen ab, die Vegetation ändert sich und erreicht immer höhere Lagen, Extremwetterereignisse und Naturereignisse nehmen zu. Weitgehend unbeantwortet ist die Frage, ob klimatisch bedingte Änderungen und Vorgänge auch Auswirkungen auf die Art und Häufigkeit von Einsätzen der alpinen Rettungsorganisationen und Flugrettung außerhalb des Siedlungsraumes in den Ostalpen haben.

2.2 Hypothese (H)

Klimawandel beeinflussen das Einsatzspektrum und die Einsatzzahlen der Flugrettung in den Ostalpen.

2.2.1 Forschungsfrage 1

Welche klimatischen Veränderungen können laut Expert:innen direkt und indirekt schädigenden Einfluss auf Touristen, Bevölkerung und Bergsportler im alpinen Raum ausüben?

2.2.2 Forschungsfrage 2

Gibt es Hinweise in der Unfallstatistik/Ereignisstatistik im alpinen Raum, die auf klimabedingte bedingte Schädigung von Touristen und Bergsportlern schließen lässt? (Steinschlag, Murgänge, Felssturz etc.)

2.2.3 Forschungsfrage 3

Kommt es während Hitzewellen zu einem Anstieg der Einsatzzahlen in der Flugrettung in alpinen Regionen der Ostalpen?

3 Methodik und Aufbau der Arbeit

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen erläutert. **Erster Schritt** der Arbeit war, aktuelles Expertenwissen zum Thema Klimawandel und dessen Risiken in den Ostalpen zu ermitteln. Dieses einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogene Wissen wurde mit bestehender Fachliteratur verglichen und schlussendlich wurde dieses Ergebnis auf Plausibilität (Literaturvergleich, aktueller Forschungsstand) und eventuellen Einschränkungen hin untersucht und im Ergebnissteil einer abschließenden Bewertung unterzogen.

Nachfolgend werden nun die jeweiligen Methoden im Detail erläutert.

3.1 Experteninterview

Experteninterviews dienen in der Regel dazu, ein besonderes Fach, Praxis- und Handlungswissen zu ermitteln und unterliegen einem strengen wissenschaftlichen Vorgehen.

Für diese Masterthesis wurden insgesamt 5 Interviews in der Dauer von insgesamt ca. 30-45 Minuten geführt. Die Interviewpartner verfügen alle über ein besonderes Fach, Praxis- und Handlungswissen bzgl. Klimawandel im alpinen Raum und Naturgefahren. Für diese Arbeit wurden ausschließlich männliche Personen interviewt und daher wird in weiterer Folge der Ausdruck „Experte“ verwendet. Das Wissen der Experten wurde anhand eines halboffenen Interviews und entsprechenden Haupt- und Detailfragen (Anhang) ermittelt und digital aufgezeichnet. Im Laufe der Interviews wurden durch den zunehmenden Erkenntnisgewinn die Detailfragen immer weiter angepasst. Anschließend wurden alle Aufzeichnungen transkribiert und eine Inhaltsanalyse nach Mayring durchgeführt. (MAYRING, 2015)

Die Transkripte wurden elektronisch mit MAXQDA Version 2022 codiert, die Codierungsergebnisse im Einzelnen jedoch nicht zur Darstellung in dieser Masterthesis gebracht, da der weitere Fokus aufgrund Limitationen nur auf Hitze und deren Auswirkung auf Menschen im alpinen Raum gelegt wurde. Einzelne Aussagen der Experten zum Klimawandel in alpinen Regionen wurden in dieser Arbeit zitiert. Methodisch wurde für die Experteninterviews zusätzlich für jedes Interview ein eigenes Handprotokoll erstellt. Eine Zustimmungserklärung bzw. Datenschutzerklärung (Vorlage der Universität Wien) wurde für jedes Interview in zweifacher Ausführung erstellt bzw. vom jeweiligen Experten unterschrieben und ausgehändigt. Transkripte und Datenschutzerklärung sind nicht Teil der gedruckten Master-thesis, können aber jederzeit beim Verfasser eingesehen werden. Die Transkripte

wurden nach Fertigstellung den Experten zur Durchsicht und Freigabe zugesendet. Von allen Interviewpartnern kam eine positive Rückmeldung zur Freigabe.

Die in den Experteninterviews erhobenen Erkenntnisse und Aussagen zu Klimawandel in alpinen Regionen wurden anhand einer Literaturrecherche überprüft und in den Kontext zum dazu vorhanden Wissenstand gebracht. Die Experteninterviews waren in weiterer Folge die Grundlage dafür, sich in der Datenanalyse und Diskussion schwerpunktmäßig auf Hitze und Hitzewellen im alpinen Raum zu fokussieren.

Tabelle 3: Aufstellung der Experteninterviews (eigene Darstellung)

Experte[E] Nr.	Beruf/e	Alter
1.	Fachautor, Berg- und Skiführer, Sachverständiger Alpinunfälle	50
2.	Alpinwissenschaftler, Berg- und Skiführer, Sachverständiger, Risikomanager alpine Naturgefahren	54
3.	Bergführer/Heeresbergführer, Flugretter, Ground Operation Manager	49
4.	Geograph, Bergführer, Leiter einer alpinen Vereinigung	46
5.	Naturgefahrenforscher, Bergführer, IT-Techniker	49

Notabene: Interview 1 und 2 wurde als Doppelinterview geführt

3.2 Literatursuche

Die Literatursuche für diese Masterarbeit erfolgte über die üblichen Suchmaschinen Google scholar, Pubmed (Schwerpunkt Medizin) und in der elektronischen Datenbank der Universität Wien (u:search).

Besonders erwähnt werden sollen auch folgende Literaturquellen, da sie ebenfalls händisch durchsucht und zur Beantwortung der Forschungsfragen beigetragen haben.

3.2.1 Analyse:berg

Dabei handelt es sich um ein Fachmagazin für Alpinunfallanalysen und Alpinunfallstatistik. Im Fachmagazin analyse:berg des Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit (ÖKAS) werden halbjährlich die Alpinunfallzahlen in Österreichs Bergen publiziert. Diese Unfälle werden analysiert und aus verschiedenen fachlichen Blickwinkeln beleuchtet. Dadurch ergeben sich wertvolle Empfehlungen für alpine Sicherheit. Die detaillierten Analysen und Berichte inkl. Hintergrundinformationen sind jeweils jahreszeitlich in der Winter- und Sommerausgabe, sowie in einzelne Bergsportdisziplinen gegliedert. Grundlage, der in Analyse:berg wiedergegebenen Unfallstatistiken bilden Erhebungen der österreichischen Alpinpolizei, die jeden behördlich bekannt gewordenen Alpinunfall erfassen und elektronisch dokumentieren. Zusammen mit dem ÖKAS werden diese Daten verwaltet und können auf vielfältige Weise wissenschaftlichen Untersuchungen unterzogen werden. (ÖKAS, 2023b)

3.2.2 bergundsteigen – Menschen – Berge – Unsicherheit

Hierbei handelt es sich um ein Printmedium des Deutschen Alpenvereins, Schweizer Alpenclubs, des Alpenvereins Südtirol und des Österreichischen Alpenvereins, das 4-mal jährlich gemeinsam herausgegeben wird. Eine Vielzahl von Wissenschaftlern aus diversen Bereichen publizieren hier regelmäßig Artikel aus dem Bereich alpine Naturgefahren, die somit einem ausgewählten Fachpublikum zugänglich werden.

Bergundsteigen versteht sich als Printmedium, welches z.B. wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Schnee- und Lawinenkunde einem breiteren Publikum zugänglich macht und somit eine zentrale Rolle im alpinen Risikomanagement von Lawinen einnimmt. Weiteres werden Erkenntnisse aus der Materialforschung, psychologischen Verhaltensweisen von Menschen am Berg und in Gruppen, Unfallforschung, Sicherungstechniken und Medizin publiziert.

In dieser Arbeit wird auch auf Artikel dieses Fachmagazins Bezug genommen. Diese handeln oftmals von lokalen Beschreibungen von klimatischen Veränderungen, Vorgängen in umschriebenen Regionen und von einzelnen Experten gemachte Beobachtungen.(vgl. ÖAV et al., o.J.)

Weiteres wurden in dieser Masterthesis an einigen Stellen angeführte Informationen nicht aus aktuell vorliegender Fachliteratur übernommen und entsprechend zitiert. Dies hat den Grund, dass über einige erst kurz zurückliegende Ereignisse (z.B. Felssturz Fluchthorn) noch keine Fachliteratur zugänglich ist oder lokales Expertenwissen oder Wissen beteiligter Personen nicht entsprechend in der Fachliteratur veröffentlicht wurde. Detailwissen von Experten, Beteiligten an Naturereignissen oder sogenanntes „Insiderwissen“ wurde entsprechend gekennzeichnet.

4 Datenerhebung

Im **zweiten Schritt** der Arbeit wurde nach Auswertung der Experteninterviews eine Datenerhebung mit Fokus Hitze und Hitzewellen im Kontext von Einsatzzahlen und Patientenzahlen durchgeführt. Dabei wurden Daten bezüglich Tageshöchsttemperatur und Luftfeuchtigkeit, Daten zu Unfallereignissen im alpinen Raum, Daten zu Einsatzzahlen in der ÖAMTC Flugrettung und Daten zu Patientenaufkommen in der Notaufnahme des Landeskrankenhauses Innsbruck erhoben.

Im Folgenden wird für die einzelnen Datenquellen die Art der Erhebung, die Art der Speicherung und Visualisierung beschrieben.

4.1 Datenquelle GeoSphere Austria (vormals ZAMG)

Meteorologische Daten von Österreich sind über die Seite <https://data.hub.zamg.ac.at> abrufbar. Für die Jahre 2015 – 2022 wurden für den Standort bzw. Gittermesspunkt Kranebitter Allee, 6020 Innsbruck Tageshöchstwerte in C° jeweils von 01.06.-31.08 erhoben. Die Tageshöchstwerte wurden als csv Datensatz heruntergeladen. Diese Datensätze wurden mit Excel/Windows weiterverarbeitet. Die Tageshöchstwerte wurden entsprechend in Korrelation zu den Datensätzen der Alpinpolizei gebracht und visualisiert.

In einem weiteren Schritt wurde über das Datenprojekt Spartacus der Beobachtungsdatensatz für die Ermittlung und Visualisierung von Hitzetagen bzw. Hitzewellen für den Gittermesspunkt Kranebitter Allee in Innsbruck herangezogen. Online kann zusätzlich über die Seite <https://b.staticfiles.at/elm/static/2022-07-hitzewellen/embed/index.html?nf02938nc298n9238c3nc8> für allen Gittermesspunkte in Österreich eine Headmap erzeugt werden.

Das Projekt Spartacus umfasst in ganz Österreich insgesamt 61.000 Rasterfelder mit einer Auflösung von 1km x 1km. Die Wetterdaten werden 1-mal täglich aktualisiert und umfassen Niederschlagsmenge und minimale und maximale Tagestemperatur. Die Erfassung der Daten dienen dem Klimamonitoring bzw. der Modellevaluierung. Zusätzlich sollen damit potenzielle Klimawandelsignale detektiert werden. (vgl. HIEBL UND FREI, 2016)

4.2 Daten des österreichischen Kuratoriums für alpine Sicherheit

Die Alpinpolizei erfasst strukturiert jedes Unfallereignis im alpinen Raum, von welchen sie behördlich Kenntnis erhalten. Bei jedem Notruf im alpinen Raum Tirols, welcher über die Leitstelle Tirol eingeht und der zu einer organisierten Rettungsaktion führt, wird automatisch die Alpinpolizei mitinformiert bzw. alarmiert.

Miterfasst werden in der Regel im alpinen Raum auch nicht traumatologische Schäden an Personen anderer Ursache wie z.B.: Herzinfarkt, Erschöpfung, Unterzucker, Hitzschlag, sofern über einen offiziellen Weg eine Rettungskette in Gang gesetzt wird. Alle tödlich verlaufenden Unfälle oder akuten Erkrankungen und alle Ereignisse mit Fremdverschulden werden ausnahmslos dokumentiert. Eine Unterscheidung zwischen Unfall oder Erkrankung wird nicht in jedem Fall getroffen, sodass im Einzelfall auch ein medizinisch bedingter Notfall als Unfall in der Dokumentation aufscheint.

Die Protokolle der Alpinpolizei werden als digitale Datensätze an das Kuratorium für alpine Sicherheit weitergeleitet und dort für Analysen, wissenschaftliche Forschung und in weiterer Folge für Unfallprävention aufbereitet.

Offiziell wurde für die eigene Datenauswertung eine Anfrage an das ÖKAS gestellt, welche positiv beantwortet wurde. Für diese Masterthesis wurde die Datenbank nach Schlagworten untersucht und zur weiteren Auswertung als Excel Datei für die Masterthesis zu Verfügung gestellt. Alle Dateien sind nach DSGVO anonymisiert und ohne Personenbezug.

Als Suchbegriffe in der Datenbank wurden folgende Wörter verwendet und in den jeweiligen dazugehörigen Filtern eingegeben:

Disziplin:	Klettern, kombinierte Tour/Hochtour, Wandern/Bergsteigen
Unfallursache:	Erkrankung, Erschöpfung, Herz-Kreislaufstörung
Unfallfolge:	Erkrankung, lebensbedrohlich verletzt, leicht verletzt, schwer verletzt, Sonstiges, tot, unbekannt, unverletzt, Verletzung unbestimmten Grades

Für die Jahre 2015 – 2022 wurden die Anzahl der Datensätze der Alpinpolizei, die sich für oben genannte Suchbegriffe ergeben haben, jeweils vom 01. Juni bis zum 31. August pro Tag ausgezählt und in einer Excel Tabelle dem jeweiligen Datum zugeordnet. Anschließend wurde jedem Datum die dazugehörige Tageshöchsttemperatur zugeordnet, welche zuvor über GeoSphere Austria erhoben wurde. Die jeweiligen Anfragen, Excel Dateien und alle zugehörigen Auswertungen sind beim Verfasser einsehbar.

4.3 Daten ÖAMTC Flugrettung

Nach schriftlicher Anfrage an die ÖAMTC Flugrettung wurden von deren Business Management mittels BO (digitales Auswertungsprogramm der Dokumentation Software Leonardo) die angefragten Daten exportiert und für diese Masterthesis anonymisiert zur Verfügung gestellt. Als Betrachtungszeitraum wurden jeweils die Zeiträume Juni bis inklusive August der Jahre 2015 bis 2022 ausgewertet. Als Filter wurde Unfall -Sport -Freizeit alpin + Bergnot verwendet. Die Abfrage in dieser Form erfasst aufgrund methodischer Schwierigkeiten im Gegenzug zu den Daten der Alpinpolizei keine Stichwörter wie Erkrankung, Erschöpfung oder Herz-Kreislauf. Die Daten umfassen Datum, NACA-Grad und die Frage (Polytrauma ja/nein). Für die Fragestellung „erhöhtes Einsatzaufkommen während Hitzewellen“ wurden jene Tage bzw. Zeiträume herangezogen, die von der ZAMG als Hitzewelle gekennzeichnet wurden. Als Hitzewelle wurden dabei jene der Jahre 2015 -2022 herangezogen. Die Visualisierung der Daten wurde von einem Mitarbeiter der ÖAMTC Flugrettung durchgeführt. Durch das Erheben und Visualisieren der Daten auf Seite der ÖAMTC Flugrettung wurde gewährleistet, dass keinerlei sensible Patientendaten für diese Masterthesis dem Verfasser zur Verfügung gestellt wurden. Ausgewertet wurden die Stützpunkte Christophorus 1 (Innsbruck), Christophorus 4 (Reith bei Kitzbühel) und Christophorus 5 (Landeck-Zams). Der in Lienz/Osttirol stationierte Rettungshubschrauber wurde nicht ausgewertet. Alle zusätzlichen Einsatzdaten, Unfallstatistiken und Jahreskennndaten können beim Verfasser eingesehen werden und sind in der Masterthesis mit „Quelle: ÖAMTC- Flugrettung“ gekennzeichnet.

4.4 Daten medizinische Notfallaufnahme Landeskrankenhaus Innsbruck (LKI)

Um die für den alpinen Raum erhobenen Einsatzdaten vergleichen bzw. in Korrelation setzen zu können, wurde das Patientenaufkommen der medizinischen Notfallaufnahme der Landeskrankenhauses Innsbruck während Hitzewellen in Tirol untersucht. Die jeweiligen Temperaturdatensätze der GeoSphere Austria der Jahre 2015-2022 wurden zuvor an die auswertende Abteilung des LKI als Exceldateien übermittelt. Ausgewertet wurde das ambulante Patientenaufkommen in der neurologischen, medizinischen und neurochirurgischen Notfallambulanz des Medizin Zentrums Anichstraße. Die Daten selbst wurden von der Abteilung für Finanzen- und Beteiligungscontrolling der Tirol Kliniken GmbH erhoben, ausgewertet, graphisch dargestellt und zur Veröffentlichung für diese Masterthesis über die Rechtsabteilung des LKI freigegeben. Daten mit unmittelbarem Patientenbezug wurden zu keinem Zeitpunkt an den Verfasser ausgegeben.

4.5 Limitationen der Datenerhebung

Ein methodisches Problem dieser Arbeit beziehend auf Datenerhebung und Datenvergleich ergibt sich durch die Tatsache, dass zu einem jeweiligen Zeitpunkt nur annäherungsweise erhoben werden kann, wie viele Personen sich im alpinen Bereich aufhalten. Dies deckt sich auch mit den Aussagen in einem Artikel in *AnalyseBerg*. Dort kommen die Autoren zum Schluss, dass die absoluten Zahlen (Basisrate) der exponierten Personen – d.h. der ausübenden Bergsportler weitgehend fehlen. Weiteres führen sie aus, dass vielfach nicht auf wissenschaftliche Arbeiten, sondern auf nationale Datenbanken und auf Daten von Webseiten zurückgegriffen werden muss. Somit beruht die Einschätzung des Risikos für verschiedene Bergsportaktivitäten und deren Sterberisiko häufig nur auf Schätzungen. (GATTERER et al., 2022). Es kann aber angenommen werden, dass sich in den identen Monaten, bei etwa identen Nächtigungszahlen in den letzten Jahren an Schönwettertagen annäherungsweise etwa gleich viele Personen im alpinen Raum aufhalten (STATISTIK AUSTRIA, 2023). An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass die Sommer 2020-21 durch die SARS-CoV. 19 Pandemie und die mit Lock down verbundenen Einschränkungen hier eine Ausnahme bilden. Die Zeiträume während der Pandemie wurden nicht eigens untersucht.

5 Auswirkungen von Klimawandel und Hitze in den Ostalpen

5.1 Ergebnis und Interpretation der Experteninterviews

Bereits nach den ersten Experteninterviews stellte sich in den Gesprächen heraus, dass nicht nur ein möglicher Zusammenhang zwischen Klimawandel und schädigenden Einflüssen auf die Menschen im alpinen Raum besteht, sondern dass parallele dazu eine Vielzahl von Verhaltensänderungen und anderen Phänomenen unserer Zeit einen Einfluss auf die Ereignis- und Unfallstatistik hat. Somit stehen viele derzeitige Änderungsprozesse in wechselseitiger Wirkung zueinander. Alpine Regionen werden zunehmend erschlossen und touristisch vermarktet. Das eigenverantwortliche Bergsteigen, Wandern und Hochtouren haben sich dahingehend zum Teil zumindest zu einer Art „Konsum“ der alpinen Regionen und touristischen Angebote entwickelt. Vor allem haben sich die letzten Jahrzehnte einige Sportarten im alpinen Raum zu Breitensportarten entwickelt. Diese Breitensportarten haben, wie einer der Experten ausführt, neben einer Steigerung der Anzahl der Ausführenden auch eine räumliche Ausdehnung im alpinen Raum erfahren.

Viele Naturereignisse, darunter vor allem die gravitativen Massenbewegungen nehmen laut Experten an Häufigkeit und Intensität zu. Dadurch werden vielfach auch Wegenetze beeinträchtigt und Infrastruktur zerrstört und neue Gefahrenstellen entstehen, die potenziell zu Notsituationen führen können. In den folgenden Seiten sollten markante Aussagen der Experten näher betrachtet werden und aktuelle Forschung, Literatur und die Datengrundlage zu diesen Aussagen dargestellt werden.

5.1.1 Kernaussagen der Experten

Eine der markantesten Aussagen kommt von Experte 1, der sinngemäß meint, dass sich der Bergsteiger in den letzten Jahren zunehmend zum Bergsportler entwickelt hat. Damit verbunden sieht er weiters ein abnehmendes Risikobewusstsein und einen zunehmenden „Konsum“ alpiner Regionen.

E 1: „Sagen wir so, auch ohne Klimawandel, was sich in den letzten zehn fünfzehn zwanzig Jahren massiv verändert hat, ist, dass der Bergsport ein Breitensport geworden ist. Also das ist eine von den prinzipiell großen Änderungen. Also, der Bergtourismus, das Bergsteigen hat sich massiv verändert und das Ganze war ein bisschen eine Veränderung von die-

sem eigenverantwortlichen Bergsteigen, mit diesen durchaus bewussten Risiko- und Erlebnisgedanken im Naturraum, hin zu einem – also Bergsteigen ist Bergsport geworden.“ (E1_E2_17.01--edited, Pos. 52, 17.01.23)

E1 führt weiter aus, dass mittlerweile der Bedarf gegeben ist, Naturraum noch mehr zu erschließen. Das eigenverantwortliche Bergsteigen mit einem bewussten Risiko- und Erlebnisgedanken geht zunehmend verloren. Die zunehmende Masse an Menschen in den Bergen verlangt nach einem mehr an Betreuung und besser ausgebauter Infrastruktur.

Neben dem verändertem Nutzungsverhalten von Menschen im alpinen Raum hat sich auch die Anzahl der Menschen und entsprechende Besucherströme im alpinen Raum verändert. Experte 2. führt dazu aus, dass gerade in der Nähe von stark besiedeltem urbanem Raum die angrenzenden Gebiete zunehmend erschlossen werden und wurden.

E. 2: „urbanen Raum, also da leben wir und dann hat man so quasi relativ nahe herum, da gibt es diese ganzen Strukturen. Diese Strukturen, die jetzt diesen ganzen Bergsport, wie es der E 1. gesagt hat, ermöglicht. Ob jetzt das Mountainbike Wege sind, ob das jetzt Klettersteige sind, ob das Wanderwege sind, einfach da gibt es total viele so quasi da unmittelbar an diesen urbanen Raum angrenzenden Räumen. Da hat sich das ganze abgespielt diese Vervielfachung der Personenzahlen“ (E1_E2_17.01--edited, Pos. 78, 17.01.23)

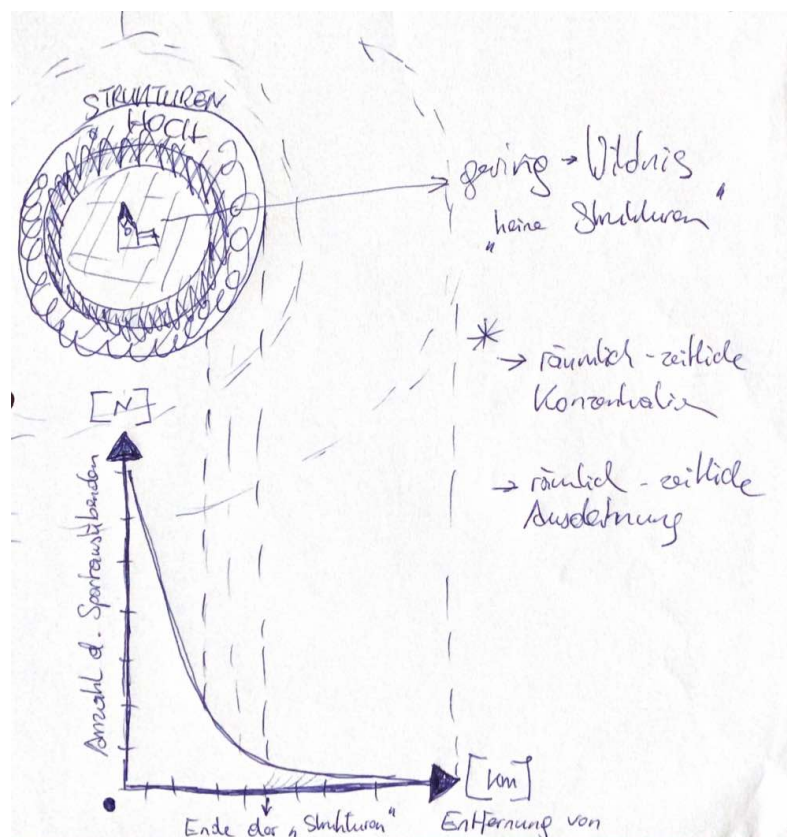


Abbildung 1: Anzahl der sportausübenden Personen in Abhängigkeit von der Distanz der vorhandenen Strukturen (Quelle: handgefertigte Zeichnung E 2 während des Interviews)

Die von E2 handgefertigte Zeichnung (Abb. 1) zeigt, dass in der Nähe urbaner Strukturen viel Sportausübende zu finden sind. Alpine Regionen wurden in den letzten Jahrzehnten zunehmend erschlossen (Lifтанlagen, Klettergärten, Klettersteige, Bike Parks), sodass es zu einer räumlichen Ausdehnung der Masse an Personen im alpinen Raum gekommen ist. Vereinfacht gesagt sind immer mehr Menschen in immer höheren Regionen unterwegs. E3 erkennt vor allem in den Sportarten Bergsteigen, Skitouren und Pistenskilauf, dass sich auch die Gesellschaft stark ändert. Das Bewegen in der Natur ist laut seinen Aussagen salonfähig, eine gewisse Art des Lifestyles. Industrie und Mode haben mittlerweile ebenso darauf reagiert. (E3_Pos.10, 26.01.23)

Mehrmals sprechen die Experten auch die Anpassung der Personenströme an die sich ändernden Jahreszeiten beziehungsweise Saisonen an. Die klassische Trennung zwischen Winter- und Sommersportarten hebt sich zunehmend auf. Es wird zum Teil jener Sport betrieben, der jeweils von den Umgebungsbedingungen aus möglich ist. Liegt etwa in den Monaten November oder Dezember noch kein Schnee, so gehen die Menschen auch noch Mountainbiken oder machen Bergtouren. Umgekehrt kann es auch sein, dass nach einem sehr späten Schneefall noch lange bis in das Frühjahr oder in den Frühsommer hinein Skitouren durchgeführt werden. Auch Versorger passen sich entsprechend an diese Bedingungen an, sodass Hütten im alpinen Bereich zum Teil wesentlich früher die Saison beginnen beziehungsweise im Herbst länger offenlassen.

Alle Experten erwähnen bzw. fokussieren in den Interviews immer wieder sehr stark auf die sich verändernde alpine Landschaft. Sie stellen neben dem Rückzug der Gletscher eine sehr starke Beeinflussung der Infrastruktur durch den Klimawandel fest. Wege und vor allem Hochtouren sind teilweise stark von Steinschlag und Muren beeinflusst. In Zusammenhang mit oft kleinräumigen Ereignissen werden Tourenplanungen immer schwieriger und eine Risikoeinschätzung oft auch komplexer.

E4 meint dazu: „...in erster Linie die Temperaturveränderung, weil die Temperaturveränderung schlussendlich diejenige ist, die am meisten bewirkt, wenn wir zum Beispiel im Sommer über Hochtouren reden. Gerade in dem Bereich passiert wahnsinnig viel oder ist auch wahnsinnig viel passiert in den letzten Jahren. Wege, Routen, die teilweise noch in Führerliteratur beschrieben sind oder auf Webseiten sind so stark verändert, dass man sie auch nicht mehr gehen kann. Und wenn man sich trotzdem dafür entscheidet, mit höherem Risiko nur mehr zu begehen sind.“ (E4_Pos. 2, 13.02.2023)

E3, der bereits über 25 Jahre als Bergführer arbeitet, berichtet, dass bei bestimmten Standardrouten auf den Großglockner, Großvenediger oder auf der Wildspitze Anseilpunkte durch Verlust der Gletscherfläche teilweise hunderte Meter weit weg sind oder zum Teil ganz verschwunden sind. (E3_Pos 2; 26.01.23)

Vereinzelt berichten Experten auch von selbst erlebten Unfallereignissen, wie einem Blockschlag am Zuckerhütl in den Stubai Alpen: am Abstieg löste sich plötzlich ein mehr als 2 Tische großer Felsblock und verletzte eine Person, die vom Notarzthubschrauber gerettet werden musste. In Bergführer Kreisen führte dieses Ereignis zur Diskussion, inwieweit man verschiedene Hochtouren gegebenenfalls nicht mehr begehen sollte. Insgesamt wird das klassische Führen am Berg viel komplexer, da natürliche Prozesse durch Kalt/Warm - Perioden und Starkniederschläge eine besondere bis daher nicht gekannte Dynamik erlangen.

Auch lange trocken Perioden und zunehmend fehlendes Wasser in alpinen und hochalpinen Regionen wird aus Sicht der Experten zunehmend zum Problem. Einige Schutzhütten mussten bereits schließen oder können nur mehr mit einem sehr hohen wirtschaftlichen Aufwand betrieben werden. Wassermangel bzw. geschlossene Berghütten sind ein Risikofaktor, da Dehydration auf Bergtouren gerade an sehr warmen Tagen mitunter eine gesundheitliche Gefährdung darstellt. Laut E5 hat der Schweizer Alpenclub eine große Studie zur Standortgefährdung ihrer Hütten gemacht, die das Einzugsgebiet, den Zugang und die Touren von der Hütte miteinschließt. Ein immer „Höher-Schneller-Weiter“ erkennt der Experte als durchaus eingebremst. (E5_Pos. 12, 01.03.23)

5.1.2 Interpretation der Experteninterviews und Kontext zur bestehenden Literatur

Zusammenfassend zeigen die Expert:inneninterviews, dass das Zusammenspiel Klimawandel und potenziell schädigende Ereignisse im alpinen Raum sehr komplex ist. Auf der einen Seite werden klimatische Veränderungen von Seiten der Experten detektiert, andererseits auch das veränderte Nutzungsverhalten von Bergsteigern, Sportlern und Touristen im alpinen Raum angeführt. Die entsprechende Fachliteratur, Publikationen und die aktuellen Klimaberichte geben in vielen Punkten das oben angeführte Expert:innenwissen wieder und decken sich mit deren Aussagen.

Bezugnehmend auf die diversen Risiken im alpinen Raum scheint es unterschiedliche Wahrnehmungen von Bergtourist:innen zu geben. Ein Teil von 49% legt vor allem Wert auf ein Naturerlebnis (Ausblick, Intakte Wege, Landschaft) und fokussiert wenig auf vorhandene Risiken. Diese Gruppe würde bei steigendem Risiko auch in Zukunft ihr Ausflugsziel ändern. 39% sind sehr an der Bergwelt interessiert und befassen sich intensiv mit vorhandenen Risiken und würden auch bei steigendem Risiko weiterhin der alpinen Region treu bleiben. Die restlichen 12 % stellen sehr geringe Ansprüche an die alpine Infrastruktur

und tolerieren in hohem Maße natürliche Landschaftsveränderungen durch Muren und Steinschlag. (PRÖBSTL-HAIDER et al., 2021: 131-132)

Auch in Bezug auf aufsteigenden „Konsum“ alpiner Regionen durch diverse Sportarten gibt es ausreichend Fach- und Expertenwissen. Vielfach zeichnet sich in den Ausführungen ab, dass mit steigenden Zahlen an Ausübenden auch Risiken zunehmen.

Wie in einer Aussendung des ÖKAS vom 21.06 dieses Jahres ersichtlich, kam es in den letzten 10 Jahren in Österreich zu einer Verdreifachung der Mountainbike Unfälle (Abb. 2). In Tirol wurde sogar eine Vervierfachung der Unfälle verzeichnet. Das Kuratorium führt dies auf eine deutliche Zunahme der Menschen zurück, die in den letzten Jahren mit dem Mountainbiken begonnen haben. Nicht zuletzt hat auch das E-Mountainbiking dazu geführt, dass immer mehr Personen mit wenig Kondition und Erfahrung alpine Räume erreichen. Dies deckt sich mit der Aussage aus den Interviews, dass es im Bereich der diversen Sportarten, die im alpinen Raum ausgeübt werden, regelrecht zu einem Boom gekommen ist.

Vergleicht man das Alter der Betroffenen von Mountainbike Unfällen, so sieht man, dass es vor allem Personen > 60 Jahre sind, die eine Herz-Kreislaufstörung während des Mountainbikens erleiden (Cave: Ereignisse mit internistischer, neurologische o.a. Ursache werden von Seiten der Alpinpolizei auch als Unfall dokumentiert). Diese Herz-Kreislaufereignisse passieren meistens während des Bergauffahrens, wo bekanntermaßen die körperliche Belastung am größten ist. Jüngere Sportler, vor allem 11- bis 20-jährige und dann ab 40 Jahren tragen am meisten zu den gestiegenen Unfallzahlen bei, der Altersbereich von 21-40 am wenigsten. Im Zeitraum vom 1.11.2021 bis 31.10.2022 gab es zwölf Todesfälle beim Mountainbiken (10-Jahresmittel: 8). Bei fünf der tödlichen Unfälle waren Herz-Kreislauf-Störungen ausschlaggebend (42 %), bei sechs davon Stürze (50 %). Ein tödlicher Unfall ist auf einen Absturz zurückzuführen. 46% der Verunfallten sind aus Österreich, deutsche Bundesbürger machen einen Anteil von 39% aus, die restlichen Betroffenen verteilen sich auf diverse andere Nationen. Die Aussendung des ÖKAS ist Teil der Kampagne „Mehr Sicherheit im Freizeitradspport“, einem von der EU-Kofinanziertem Interreg Projekt: Ziel des Projektes ist, die Unfälle im Bereich des Radsports im alpinen Raum zu senken, den Sport als gesundheitsfördernd darzustellen und Nutzer dahingehend zu sensibilisieren. Im Wesentlichen empfiehlt das ÖKAS eine im Vorfeld gute Tourenplanung, gibt Hinweise auf Vermeidung von Stürzen und empfiehlt sich körperlich nicht zu überlasten. (ÖKAS, 2023c)

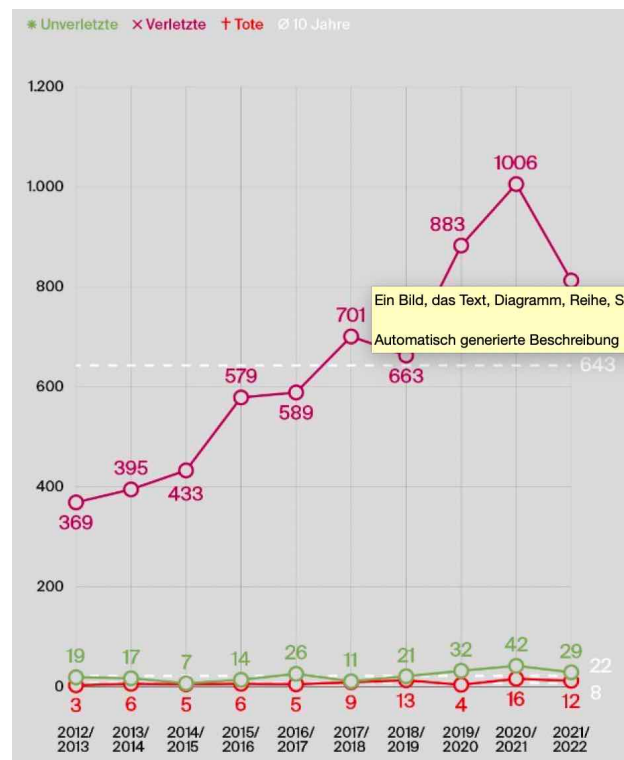


Abbildung 2: Anzahl unverletzte, verletzte und tote Mountainbiker in den letzten 10 Jahren im Mittel in Österreich (Quelle: ÖKAS, 2023c)

Steinschlag und Felssturz werden von den Experten mehrfach als evidentes, durch Klimaveränderungen zumindest mitverursacht steigendes Risiko im Alpinsport genannt. In der Analyse:berg vom ÖKAS finden sich in den letzten Ausgaben mehrere Berichte über zum Teil tödlich verlaufende Ereignisse durch gravitative Massenbewegungen.

Auszugsweise werden einige der Unfälle aufgelistet:

12. Juli 2020 Steinschlag: In der Eisriesenwelt im Salzburger Tennengebirge kommt es zu einem Steinschlag, bei dem ein Jugendlicher getötet und eine weitere Person schwer verletzt wird. Aus geologischer Sicht handelte es sich bei diesem Steinschlag um einen natürlichen Erosionsprozess. Trotzdem wird das finale Versagen des Kluftkörpers in einem kausalen Zusammenhang mit einem Starkregenereignis wenige Stunden vor dem Unfall gebracht. Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Ereignisses wurde mit einer Jährlichkeit bemessen. (ÖKAS, 2021a: 98-100)

25. Juli 2020 Felssturz: Am Schrankkogel (3.497m) in den Stubaier Alpen wird eine Person durch einen Felssturz tödlich verletzt. Der Felsausbruch löste sich laut Zeugen flächig wie ein Hangrutsch bzw. eine Lawine talwärts. Dabei wurde im Verlauf der Sturzbahn eine Person tödlich verletzt. Am Unfalltag waren mindestens noch zehn weitere Bergsteiger an

derselben Stelle unterwegs, blieben aber alle unverletzt. Der Unfallbericht lässt keine Rückschlüsse auf auslösende Ursachen des Felssturzes zu. (ÖKAS, 2021b: 115)

04. September 2019 Felssturz: Am Kammerschartenweg (Gemeinde Kaprun) in der so genannten Bärenrinne unterhalb des Hochschobers wurden 4 Wanderer von einem Felssturz getroffen. Dabei wurde eine Person getötet, eine Person leicht- und eine Person schwerverletzt. Die geologische Analyse am Folgetag durch den Landesgeologen aus Salzburg ergab einen Ausbruch im Ausmaß von ca. 50 Metern Breite. Dabei dürften etwa 500 Kubikmeter Gestein ausgebrochen sein. Nachdem zudem weitere Gefahrenstellen ausgemacht wurden, wurde der Wanderweg Nr. 726 (Kammerschartenweg) nach Rücksprache mit dem Bürgermeister aus Kaprun vorsorglich gesperrt. Auf eine mögliche klimatisch bedingte Ursache wird im Bericht nicht eingegangen. **Quelle?**

Bezugnehmend auf die von den Experten angesprochene Thematik sehen auch die Autoren Pröbstl und Damm einen klaren Zusammenhang zwischen Gletscherrückzug und Permafrost – Degradation. Wanderer, Bergsteiger und Hochtouristen sind dadurch diversen Gefahren wie Steinschlag, Felssturz und Murgang ausgesetzt. Diese können zu einem direkten Schadensereignis an Menschen führen. Aber auch über zerstörte alpine Infrastruktur kann es zu einer Erschwernis oder Bedrohung in der Begehung von Wegen kommen. Teilweise können hochalpine Regionen soweit verändert sein, dass sie nicht mehr oder nur mehr mit einem extremen Risiko begangen werden können. Zeitgleich hat auch die Landschaftsveränderung durch Naturereignisse und Ausapern von Gletschergebieten per se oft einen negativen Einfluss auf den Tourismus. (vgl. Abb.3)

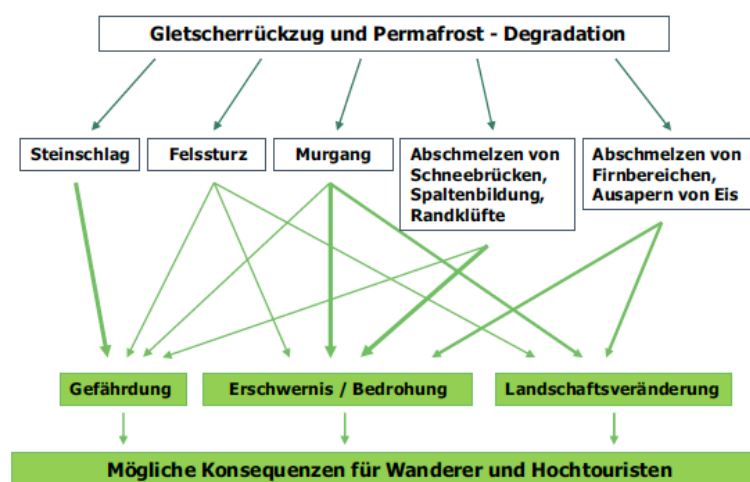


Abbildung 3: Potenzielle Auswirkungen von Gletscherabschmelzen und Permafrost Degradation (PRÖBSTL-HAIDER et al., 2021: 128)

Als Beispiele für die durch Gletscherschmelze bzw. durch das Auftauen von Permafrost ausgelösten gravitativen Massenbewegungen können wie folgt zwei Ereignisse aus der jüngsten Vergangenheit genannt werden:

Bergsturz Fluchthorn, Paznaun 2023:

Am 13. Juni 2023 kam es im hinteren Paznauntal am Fluchthorn (3.400m) im Silvretta Gebiet (Gemeinde Galtür) zu einem massiven Felssturz. Insgesamt brachen an diesem Tag ca. 1 Million Kubikmeter (Abb. 4) Material ab und verlegten dabei zum Teil alpine Hochwege im Bereich der Jamtalhütte. Eine vom Land Tirol durchgeführte Messung mittels Laser-Scanning hat ergeben, dass der neue Gipfel 19 Meter tiefer liegt und sich nun ca. 30 Meter in nordöstlicher Richtung befindet (Abb. 5). Laut Landesgeologen Thomas Figl war aufgetauter Permafrost die Ursache für dieses Bergsturzereignis. Verletzt wurde bei diesem Bergsturz niemand. (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 2023)

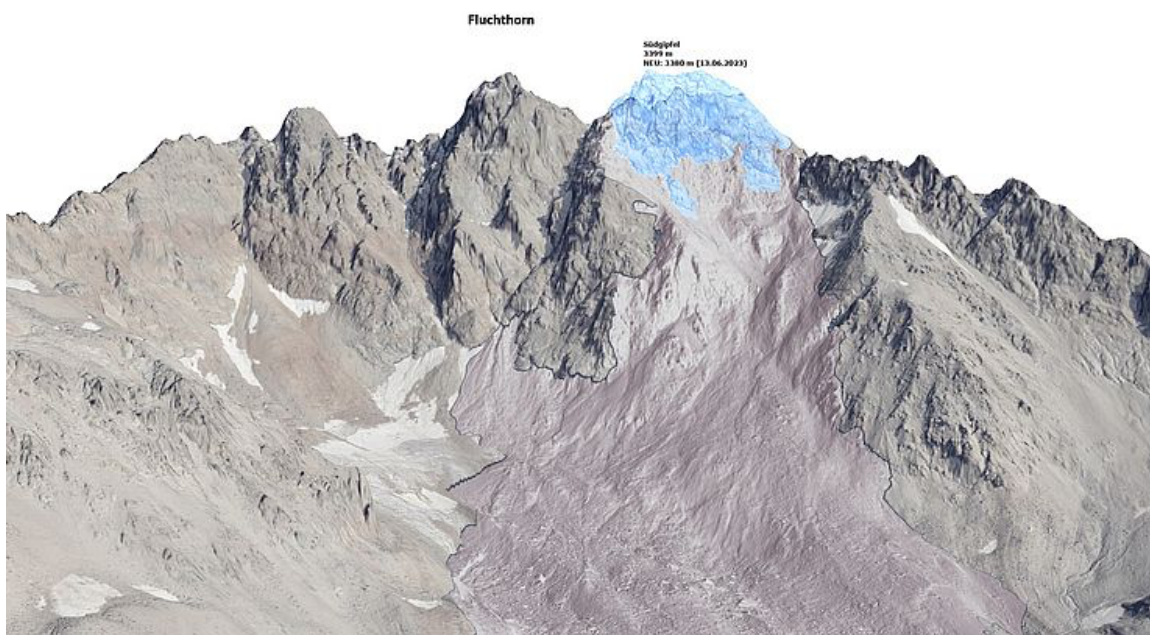


Abbildung 4: Visualisierung des Süd Gipfels des Fluchthorns nach den Messungen mittels Laser Scanning (Quelle: AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 2023)

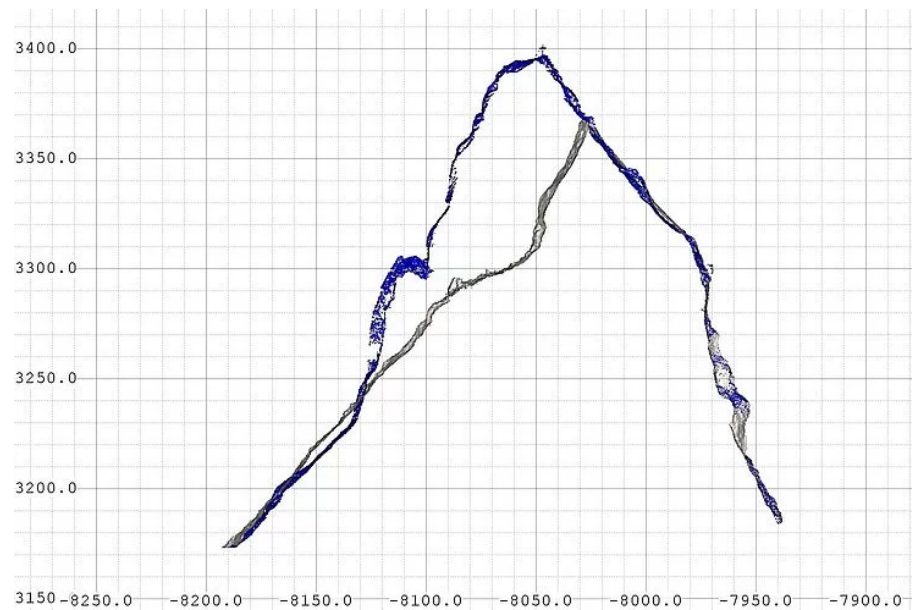


Abbildung 5: Ursprünglicher Gipfel (blau Linie), Gipfel nach Felssturz (graue Linie)(Quelle: AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 2023)

Der durch den Bergsturz ausgelöste Murgang gefährdete allerdings eine Gruppe der Bergrettung Tirol. Diese hatte zum Zeitpunkt des Ereignisses eine Ausbildung unterhalb des Fluchthorns, sie konnten allerdings rechtzeitig vom Murabgang gewarnt werden und die Sturzbahn verlassen. (Informationen aus direktem Gespräch mit Markus Isser, Bergrettung Tirol, als Betroffener selbst vor Ort)



Abbildung 6: Mure nach Felssturz am Fluchthorn/Gemeinde Galtür (Foto: Markus Isser, Bergrettung Tirol)

Gletschersturz – Eisbruch, Marmolata Italien (2022):

Die Marmolata ist ein großes Gletschermassiv, gehört zu den Dolomiten und liegt an der Grenze zwischen den Provinzen Trient und Belluno. Der Hauptgipfel (Punta Penia) liegt auf einer Höhe von 3.342 m.

Am Nachmittag des 3. Juli 2022 kommt es nach einer langen sehr warmen Schönwetterperiode zum Ausbruch einer großen Eisformation auf der Marmolata. Die Temperaturen im Gipfelbereich betrugen am 1. Juli 6,8 °C und stiegen bis zum Unfalltag auf 10,7 °C. Im Juni 2022 wurde die höchste Tagestemperatur von 13,1 °C gemessen. Der Gletscherabbruch führte zu einer Lawine aus Eis und Gestein. Die Lawine erfasste mehrere Bergsteiger:innen, die sich zu diesem Zeitpunkt im Bereich der Sturzbahn befanden. Insgesamt wurden bei diesem Ereignis 11 Personen getötet und 8 zum Teil schwer verletzt (ERCC - EMERGENCY RESPONSE COORDINATION CENTRE, 2022) (vgl. Abb. 7). Laut einer italienischen Pressemitteilung kommt der Glaziologe Christian Casarotto zum Schluss, dass der Eisbruch an der Marmolata durch die hohen Temperaturen ausgelöst wurde. Eisbruch, Oberflächen- und Tiefenwasser verursachten eine Erschwernis des Gletscherkörpers und begünstigten das Gleiten der Schneemassen und führten somit schlussendlich zum Gletschersturz. (vgl. APA, 2022)

Der Gletschersturz wurde als Fallbeispiel eines alpinen Großunfalles beim 7. Mitteleuropäischen Flugrettungssymposium im Oktober 2022 in Bozen vom Rettungspiloten Cpt. Karl Messner vorgetragen. Das Ereignis führte zu einer groß angelegten Rettungsaktion. Bergespezialisten, Rettungshubschrauber und Mitglieder des Zivilschutzes aus den Provinzen Belluno, Trient und Südtirol waren an der Rettung beteiligt. Inhaltlich konnte der Referent dabei gut darstellen, dass Notfälle im alpinen Raum mit einer Vielzahl von Verletzten die Rettungskräfte vor immer größere Herausforderungen stellen. Die Übersicht über die Einsatzstelle war aufgrund der langen Sturzbahn schwierig. Die einzelnen Einsatzstellen waren über einen großen Raum verteilt und zum Teil bestand eine erhebliche Nachlawinen und Eisschlaggefahr. Laut Vortragendem war die Kommunikation der einzelnen Rettungshubschraubern aus den Provinzen Belluno, Trient und Bozen aufgrund der unterschiedlichen Funkfrequenzen erschwert.

Im Frühjahr 2023 wurde am Grödner Joch in Südtirol eine überregionale alpine Großübung mit Schwerpunkt Kommunikation veranstaltet. Mehrere Rettungsstellen der deutschen Bergrettung im AVS (BRD) und italienischen Bergrettung (CNSAS) aus der Region und die Rettungshubschrauber aus den Provinzen Bozen, Trient und Belluno nahmen teil. Beübt wurde dabei die Zusammenarbeit und die Kommunikation zwischen den einzelnen Rettungsorganisationen mit dem Ziel, für kommende Großunfälle im alpinen Raum gut vorbereitet zu sein. (Übungsprotokoll beim Verfasser der Masterthesis)

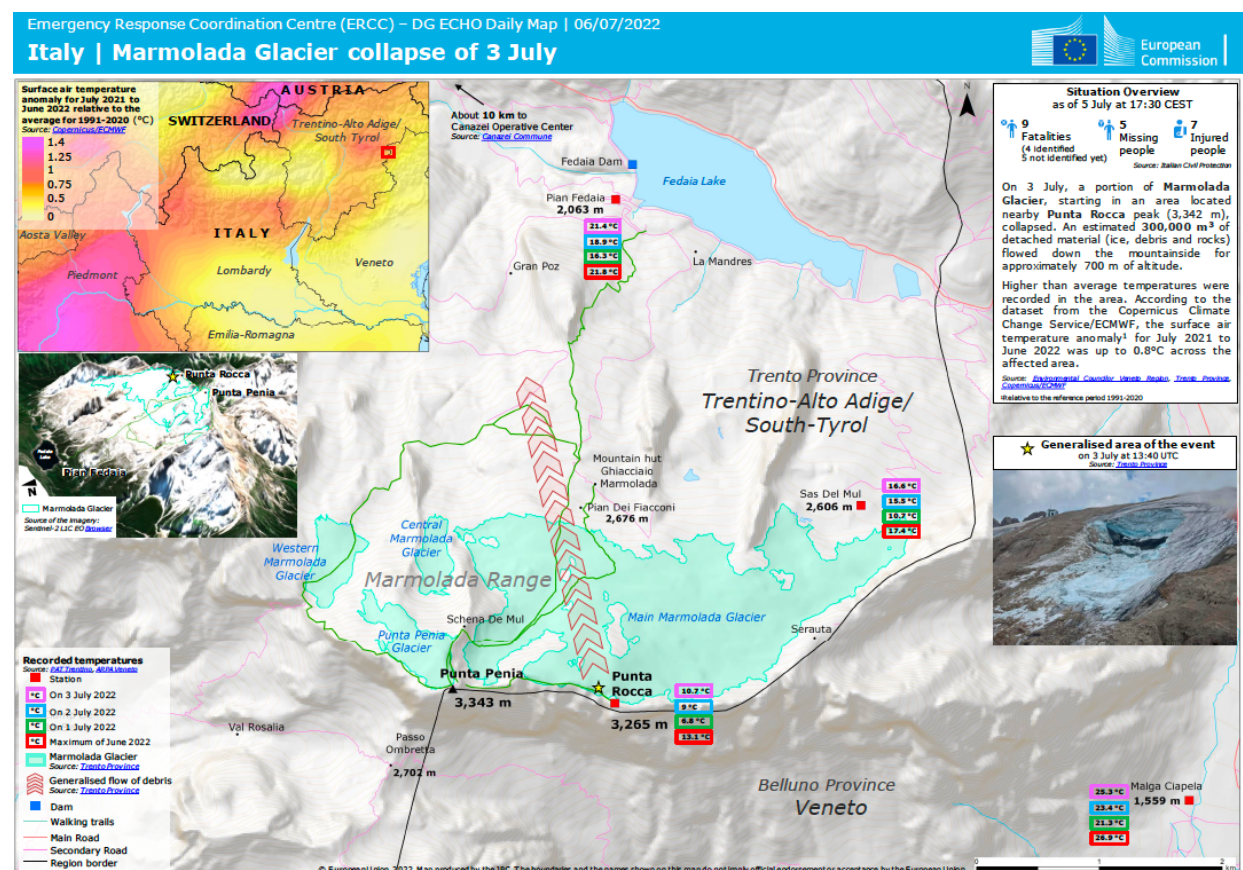


Abbildung 7: Eisbruch Marmolada- Italien (Quelle: ERCC - EMERGENCY RESPONSE COORDINATION CENTRE, 2022)

Im Klimastatusbericht Österreich 2022 wird auch auf eine zunehmende Gefahr von Steinschlag- und Felssturz hingewiesen. Gletscher- und Permafrostrückgang machen es möglich, dass für gravitative Prozesse mehr Material zur Verfügung steht. Vor allem dort, wo sich nun vermehrt Schutt und Moränenfelder bilden, ist mit erhöhter Gefahr zu rechnen. Am Kitzsteinhorn werden seit 2011 detaillierte Aufzeichnungen für Steinschlagereignisse geführt und es konnten rund 270 Steinschläge dokumentiert werden. In Felsbereichen, die durch den Gletscherrückgang freigelegt werden, kommt es acht Mal häufiger zu Aktivitäten als in Zonen, die vom Gletscherrückgang nicht betroffen sind. (vgl. STANG et al., 2023: 35)

5.1.3 Conclusio aus den Experteninterviews, der Literatursuche und weiterer Aufbau der Arbeit

Die **Forschungsfrage 1** kann wie folgt beantwortet werden:

Eine Reihe von klimatischen Veränderungen im alpinen Raum nehmen laut Experten bzw. derzeit vorliegender Literatur Einfluss auf Touristen, Bergsportler und Bevölkerung im alpinen Raum:

Direkte Einflüsse:

- Steinschlag, Felssturz, Gletscherbruch, Murgang
- Extremwetterereignisse
- Hitze und Hitzewellen

Indirekte Einflüsse:

- zerstörte Infrastruktur, Wegenetze
- Wassermangel und dadurch Schließungen von Hütten
- erschwerte Begehung von Wegen und Hochtouren
- Landschaftsveränderung (z.B. Windwürfe) mit Verlust von Naturraum und Naherholungsraum

Die **Forschungsfrage 2** kann wie folgt beantwortet werden:

Es gibt Unfallereignisse mit Personenschäden im alpinen Raum, die auf klimabedingte Ursachen zurückzuführen sind. Dabei ist allerdings eine Differenzierung, inwieweit der Klimawandel hauptursächlich oder nur zum geringen Teil eine Rolle gespielt hat, nicht immer möglich.

Als Ergebnis des ersten Teils der Arbeit hat sich neben der Spezifizierung der Hypothese die zusätzliche Forschungsfrage 3 unter 2.2.3 aufgedrängt:

Kommt es während Hitzewellen zu einem Anstieg der Einsatzzahlen in der Flugrettung in alpinen Bereichen in Tirol?

Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde auf die Auswirkungen der Hitze im alpinen Raum fokussiert und entsprechende Datenerhebung und ein erneuter Literaturvergleich durchgeführt.

5.2 Erholung in den Alpen im geschichtlichen Kontext – ein Exkurs

„Sommerfrische“ war um das 19. Jahrhundert ein weit verbreiteter Begriff und wird im Wörterbuch der Gebrüder Grimm mit „erholungsaufenthalt der städter auf dem-lande zur sommerzeit, summerfrischen“ erklärt. (GRIMM, 1905). Wohlhabenden Menschen war es damals möglich, den heißen und teils unhygienischen Bedingungen der Städte zu entfliehen, und aufs Land zu ziehen, um dort „Kühlung“ und Erholung zu finden. Mit Sommerfrische meinte man somit einen längeren Aufenthalt von Stadtbewohnern auf dem Land um die Wende des 19. Jahrhunderts. Dieses Phänomen, welches anfänglich vor allem wohlhabenden Städtern vorbehalten war, diente zur Genesung und Erholung. Der Aufenthalt in der „Natur“ und in der „guten Luft“ sollte Erholung vom geplagten Alltagsleben in der Stadt bringen. Teilweise, sofern es sich der jeweilige Stadtbewohner leisten konnte, wurden diese Ortswechsel sogar für mehrere Wochen, ja sogar Monate durchgeführt.(vgl. SCHMIDT-LAUBER, 2017: 209 ff).

In Österreich konnten sich durch das gesellschaftliche Phänomen der Sommerfrische viele vormals arme Regionen, Orte und Dörfer zu vermehrtem Wohlstand verhelfen. Zumal kann der Zustrom von Besuchern aus der Stadt historisch auch als Teil des heutige etablierten Sommertourismus gesehen werden.

In einigen Ortschaften bzw. Regionen Südtirols, so etwa auf dem Ritten (Hochplateau Oberhalb von Bozen) oder auf dem Karerpass im Eggental besitzen viele wohlhabende Familien aus Bozen eine „Sommerwohnsitz“ und pflegen immer noch die jahrzehntelange Tradition, den Sommer dort zu verbringen. Der Bozner Talkessel gilt als besonders heiß und so wird der Aufenthalt außerhalb als erfrischende Erholung angesehen. „Andare al frescho“ – also in die Kühle gehen oder diese suchen ist ein gängiger Ausdruck, der von italienischsprachigen Gästen auch heute noch häufig zu hören ist. In vielen touristisch geprägten Ortschaften in Südtirol war es lange Zeit auch Tradition, dass um Ferragosto (15. August), der Haupturlaubszeit in Italien, aus den Großstädten wie Mailand, Bologna und Rom ganze Familien der Hitze entfliehen und in den Bergen Urlaub machen.

Geschichtlich zeigt sich, dass das Entfliehen aus der Hitze vor allem jenen vorbehalten war, die es sich auch finanziell leisten konnten. Wenngleich mittlerweile weit über hundert Jahre vergangen sind, so trifft global gesehen die Hitze auch heute vor allem Menschen und Bevölkerungsschichten, die es sich nicht leisten können, vor ihr zu entfliehen oder sich mit kostspieligen Maßnahmen davor zu schützen.

5.3 Hitze, Hitzewellen und Auswirkungen auf die Gesundheit

Folgende meteorologische Definitionen und Begrifflichkeiten sind für die Einordnung und die Bewertung in dieser Arbeit wichtig und werden in weiter Folge vorab erläutert bzw. definiert.

Für Hitzewellen bzw. Hitzeepisoden gibt es keine einheitliche Definition. Für diese Arbeit wurde folgende Beschreibung herangezogen:

Hitzeepisode nach Kyseli

- mindestens drei aufeinanderfolgende Tage mit $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$
- darauffolgende Tage mit $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$, solange die mittlere Maximaltemperatur der gesamten Episode über 30°C bleibt.

Wie bereits an der Definition erkennbar, werden 1 oder 2 Tage über 30°C noch nicht als Episode berücksichtigt und kürzere Einbrüche unter 30°C nach dem dritten Tag werden toleriert, solange die mittlere Maximaltemperatur über 30°C bleibt. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass Tage mit Maxima knapp unter 30°C nicht aus einer langen Episode mehrere kurze machen, da ja die Länge der Hitzeperiode, auch wenn 30°C nicht erreicht werden, für das Wohlbefinden des Menschen von großer Bedeutung ist. Je länger es heiß ist, desto mehr überheizen sich Gebäude, so dass es kaum noch zum für den Menschen erholbaren nächtlichen Abkühlung kommt. (vgl. FORMAYER et al., 2009)

Weitere meteorologische Definitionen, die für das Verständnis dieser Arbeit relevant sind (Auszug aus dem Web basierten Glossar des Deutschen Wetterdienstes):

Klima

Der Begriff Klima geht zurück auf das griechische Wort klimatos = Neigung, nämlich die Neigung der Erdoberfläche gegen die Ebenen Ihrer Umlaufbahn um die Sonne. Das Klima ist definiert als die Zusammenfassung der Wettererscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder in einem bestimmten mehr oder weniger großen Gebiet charakterisiert. Es wird repräsentiert durch die statistische Gesamteigenschaft (Mittelwert, Extremwerte, Häufigkeiten, Andauerwerte u.a.) über einen genügend langen Zeitraum. Im Allgemeinen wird ein Zeitraum von 30 Jahren zugrunde gelegt, die sogenannte Normalperiode, es sind aber auch durchaus kürzere Zeitabschnitte gebräuchlich. (DWD, 2023)

Heißer Tag

Ein Heißer Tag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$ beträgt. Ein Heißer Tag wurde früher auch als Tropentag bezeichnet. Die Anzahl der Heißen Tage ist

immer $\leq$ der Anzahl der Sommertage. Die Anzahl der Heißen Tage ist ein Maß für die Güte eines Sommers. Diese Aussage kann durch das Hinzuziehen der Sommertage ergänzt werden. (DWD, 2023)

Sommertag

Ein Sommertag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur $\geq 25^{\circ}\text{C}$ beträgt. Die Menge der Sommertage enthält auch die Untermenge der Heißen Tage. Die Anzahl der Sommertage ergänzt die Aussage zur Güte eines Sommers, welcher primär anhand der Anzahl der Heißen Tage ermittelt wird. Die mittlere Anzahl der Sommertage pro Jahr kann zur Effektiven Klimaklassifikation verwendet werden (DWD, 2023).

Tropennacht

Eine Tropennacht ist eine Nacht in der das Minimum der Lufttemperatur $\geq 20^{\circ}\text{C}$ beträgt. (täglicher Messzeitraum: 18 UTC bis 06 UTC) (DWD, 2023)

Feuchtkugeltemperatur (Psychrometer)

(griechisch:psychrós = frostig, kalt) Das Psychrometer ist ein meteorologisches Instrument zur Bestimmung von Luftfeuchteparametern. Dazu wird die psychometrische Differenz, d.h. die Differenz zwischen dem feuchten und dem trocknen Thermometer gemessen und auf deren Grundlage z.B. die relative Luftfeuchte oder der Taupunkt bestimmt. Je größer die psychometrische Differenz ist, umso geringer ist der Wasserdampfgehalt der Luft. In gesättigter Luft (relative Luftfeuchte beträgt 100 Prozent) ist die Differenz Null. (DWD, 2023)

Gefühlte Temperatur

In Wettervorhersagen wird üblicherweise die tatsächliche Temperatur angegeben. Das Temperaturempfinden des Menschen entspricht der herrschenden Lufttemperatur aber nur, wenn man sich mit der Temperatur angemessener Kleidung bei mittlerer Luftfeuchtigkeit und Windstelle langsam im Schatten bewegt. In der Sonne und bei hohem Wasserdampfgehalt der Luft empfindet man die Temperatur als höher, bei Wind – besonders im Winter – als geringer. Zur Berechnung dieser „Gefühlten Temperatur“ setzt der DWD das Klima-Michel-Modell ein, das den Wärmehaushalt eines Modellmenschen bewertet. Die „gefühlte Temperatur“ steigt unter sommerlichen Bedingungen viel schneller als die Lufttemperatur an. Ist es jedoch kühl bei schwachem bis mäßigem Wind, kann sie auch unter die Lufttemperatur absinken. Bei Hitze wird sich mit zunehmender Abweichung vom Behaglichkeitsbereich eine Belastung für das Herz-Kreislaufsystem einstellen. Insbesondere für ältere oder kranke Personen kann die Überschreitung bestimmter Schwellenwerte der „gefühlten Temperatur“ eine frühzeitige Warnung sein. (DWD, 2023)

5.3.1 Wärmehaushalt und der menschliche Organismus

Der menschliche Organismus ist darauf ausgelegt seine Körperkerntemperatur (KKT) zwischen 35,7 und 37,3°C konstant zu halten. Dabei spielt sowohl Verhaltensweise der jeweiligen Person als auch seine autonome Thermoregulation eine Rolle. Aufsuchen von Schatten, das Trinken von kalten Flüssigkeiten, den Kopf mit Wasser übergießen und das Tragen lockerer, heller Kleidung sind Verhaltensweisen, die zu einer Senkung der KKT führen können. Die von Verhaltensweisen unabhängige zentrale Thermoregulation wird dagegen über temperatursensitive Neuronen im Hypothalamus gesteuert, welche wiederum periphere und zentrale Signale von Thermorezeptoren der Haut, der Bauchorgane, vom Rückenmark und Hirnstamm erhalten. Über ein Weitstellen von Gefäßen in der Haut (Vasodilatation) bzw. über Aktivierung von Schweißdrüsen in der Haut versucht der Körper jedem Temperaturanstieg entgegenzuwirken.

Die KKT ist grundsätzlich abhängig von der körpereigenen Wärmeproduktion und dem Temperatúrausgleich mit der Umgebung über Konvektion, Konduktion, Evaporation und Radiation. Wie stark bzw. ob ein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfinden kann, hängt von Ausmaß der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Windgeschwindigkeit und der Sonneneinstrahlung ab. Übersteigt die Wärmeaufnahme bzw. körpereigene Wärmeproduktion die Wärmeabgabe, so kommt es zu einer Überhitzung des Körpers, der ggf. bis zum Versterben des Individuums führen kann. Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index, Verhältnis von Körperoberfläche zu Körpergröße und körperliche Fitness sind weitere personenbezogene Faktoren, die in engen Grenzen ebenfalls Einfluss auf die Körpertemperaturregulation haben.(vgl.: PÉRIARD et al., 2021)

Bei normalen Außentemperaturen gibt ein Körper ca. 50% der produzierten Wärme über Schweißbildung an die Umgebungstemperatur über Verdunstung ab. Ab 35°C Außentemperatur ist die Schweißbildung die einzige Möglichkeit der Wärmeabgabe für den Körper. Dabei kann unter akuter Hitzebelastung bis zu 4l/h Schweiß produziert werden, längerfristig nach 8h nur mehr 1l/h. Pro Tag sind bis zu 15l Flüssigkeitsverlust möglich. Die meiste Verdunstung findet über Kopf und Oberkörper statt, die Beine tragen nur zu 25% zur gesamten Schweißbildung bei. Kopfbedeckungen scheinen im besonderen Maße für die Entstehung von Hitzekrankheit verantwortlich zu sein. Potenziell ist es möglich, sich durch Akklimatisierung in gewissen Grenzen an Hitze zu gewöhnen. Über eine Abnahme der Elektrolytkonzentration im Schweiß sinkt der dabei der tägliche Salzbedarf. Weiteres kann über eine Steigerung der Schweißsekretion und eine Abnahme der Schwitzschwelle eine Anpassung an Hitze erfolgen. Durch eine verbesserte Verdunstungskühlung sinkt im Zeitraum von etwa 1-2 Wochen das Herzzeitvolumen und es entstehen dadurch Reserven für zusätzliche körperliche Belastung. Besonders effektiv ist eine Akklimatisation an Hitze bei einer täglichen körperlichen Belastung von 2h, um nach etwa 10-14 Tagen eine adäquate Anpassung zu erzielen. Danach besteht die Hitzeakklimatisierung für ca. 1 Woche nach

Beendigung der Hitzebelastung fort, um dann um ca. 75% innerhalb von 3 Wochen ab zu sinken.(vgl. NEITZEL UND OSTFELD, 2015: 488 ff)

Die Abbildung 8 zeigt, wie sich die Art der Wärmeabgabe unter fortschreitender Arbeit ändert: Während am Anfang einer Belastung Konvektion und Radiation noch einen wesentlichen Teil der Wärmeabgabe ausmachen, bekommt die Wärmeabgabe durch Schweißbildung bei fortbestehender körperlicher Arbeit eine zunehmende Relevanz. Unter maximaler Belastung ist es vor allem die Evaporation, die die Wärmeabgabe eines Körpers garantiert. Aus dieser Abbildung ist auch ersichtlich, dass alles, was die Schweißabgabe verhindert, zu einer Erhöhung der Körpertemperatur beitragen kann.

Wärmebildung/-abgabe (Watt)

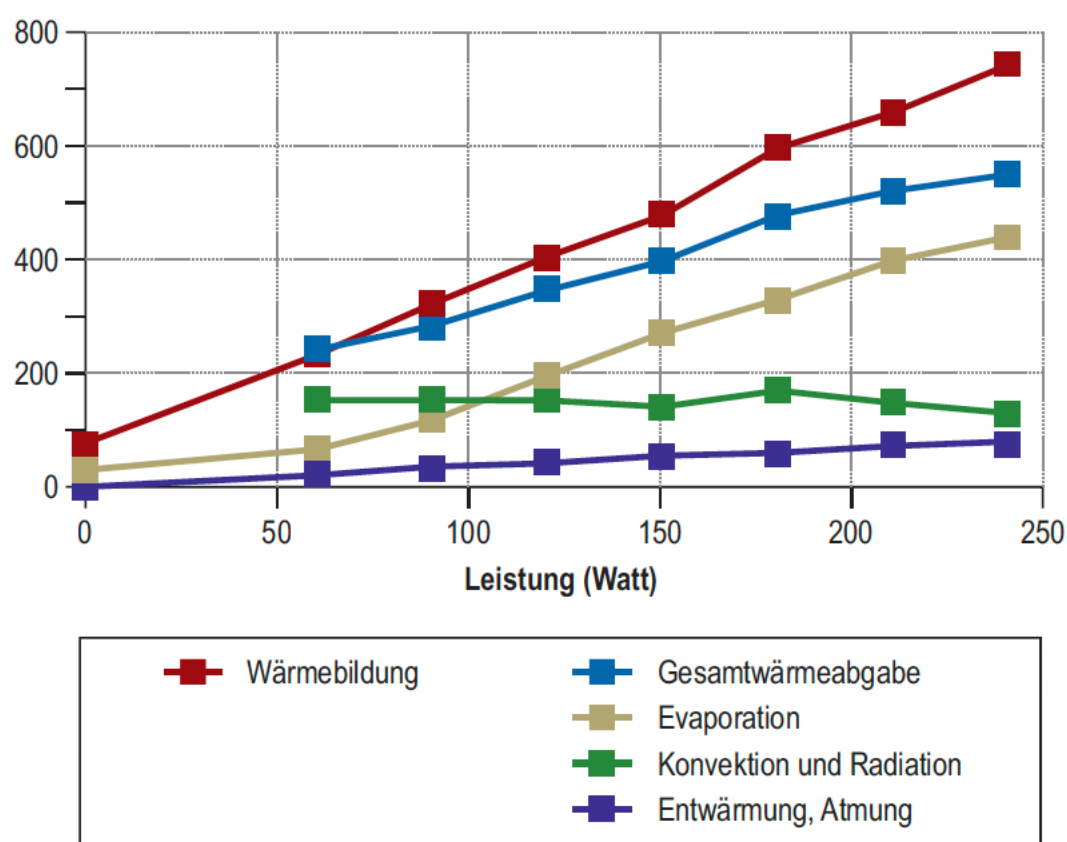


Abbildung 8: Wärmebildung und Wärmeabgabe mit zunehmender Arbeit (Quelle: LEYK et al., 2019: 538)

5.3.2 Hitzekrankheit (Heat illness)

Das Spektrum der Hitzekrankheit reicht von milden selbstlimitierenden Verläufen bis hin zum lebensbedrohlichen Hitzeschlag. Als Hyperthermie wird im Allgemeinen der Anstieg

der Körperkerntemperatur über 37,5 C° verstanden welche ab einer Temperatur von 40 °C und mehr lebensbedrohlich wird.

Im Wesentlichen werden folgende Erkrankungen im Kontext von Hitzeexposition oder Belastung unter hohen Temperaturen gefunden:

Hitze Ödeme: eine durch Flüssigkeit Ansammlung hervorgerufene Schwellung der unteren Extremität

Hitze Krämpfe: schmerzhafte, unwillkürliche Krämpfe während oder unmittelbar nach Belastung

Hitze Dermatitis, Hitzeausschlag („Rush“): prinzipiell harmloser pustulöser Hautausschlag, meist in heißen, feuchten Regionen, der durch Verstopfung von Schweißdrüsen hervorgerufen wird

Hitzesynkope: vorübergehender Verlust des Bewusstseins, hervorgerufen durch hitzebedingte Weitstellung der Blutgefäße

Hitzeerschöpfung: hitzebedingte Erschöpfung kann entweder durch Exposition gegenüber extremer Hitze oder durch exzessive körperliche Belastung auftreten. Zeichen bzw. Symptome einer Hitzeerschöpfung sind extremes Durstgefühl, Schwäche, Unwohlsein, Schwindel, Übelkeit und Brechreiz. Die KKT liegt über 37 C°, jedoch noch unter 40 C°. Bei weiterer Exposition oder Belastung kann die Erschöpfung zum lebensbedrohlichen Hitzschlag werden.

Hitzeschlag (Heat Stroke): komplexes Versagen der Wärmeregulation des Körpers mit fortschreitendem Multiorganversagen. Dabei kommt es zu einem Anstieg der KKT > 40 C°. Verwirrtheit, Krämpfe bis hin zum Koma sind die Folge. Bei nicht rascher, adäquater Therapie kann es über ein Multiorganversagen zum Tod kommen. (LIPMAN UND GAUDIO, 2021,371 ff)

Prinzipiell zählen Hitze Krämpfe und Ödeme zu den milden Hitzeerkrankungen, während Hitzesynkope und Hitzeerschöpfung zu den moderaten Erkrankungen zählen.

Der Hitzeschlag ist wie bereits ausgeführt die schwerste Form der Schädigung durch Hitze und hat eine Mortalität um die 30 %. (LIPMAN UND GAUDIO, 2021: 373) Sehr rasch kann es dabei zu einem Multiorganversagen kommen. Über anfängliche Symptome wie Tachykardie, Muskelkrämpfe, Schwindel, Übelkeit und Brechreiz kann es in kurzer Zeit zu Bewusstseinsverlust mit Koma und Krampfanfällen kommen. Wird die Wärmeexposition nicht unterbrochen und keine rasche Kühlung eingeleitet, kommt es zur Schocksymptomatik mit Lungen-, Kreislauf-, Nieren- und Blutgerinnungsversagen, welches schlussendlich zum Tod der betroffenen Person führt. Prinzipiell kann man zwei Arten vom Hitzeschlag unterscheiden: einerseits der klassische Hitzeschlag, der vor allem durch hohe Umgebungstemperaturen ausgelöst wird und vulnerable Personengruppen wie alte und chronisch kranke

Menschen betrifft. Als weitere Form existiert der durch extreme sportliche oder körperliche Belastung ausgelöste anstrengungsinduzierten Hitzeschlag „Exertional Heat-Stroke“. Dieser betrifft in der Regel junge gesunde Menschen, Athleten und z.B. Bauarbeiter in sehr heißen Regionen. Im urbanen Bereich sind es vor allem Säuglinge, Kleinkinder, Schwangere, chronisch Kranke und alte Menschen, die gefährdet sind, eine Schädigung durch Hitze zu erleiden. Sportler, Arbeiter, Angehörige des Militärs, Flüchtlinge und Pilger sind wiederum Personengruppen, die durch anhaltende Exposition und Wärmeproduktion gefährdet sind. Weitere konstitutionelle prädisponierende Faktoren für Hitzeschlag sind Übergewicht, niedriger Fitnesslevel, fehlende Hitzeakklimatisation, Dehydratation und Schlafmangel. Aber auch Medikamente wie Antihistaminika, Benzodiazepine, Beta-blocker und Psychopharmaka sowie Alkohol können einen Hitzeschlag begünstigen. Gerade bei Athleten und Militärpersonen kann ein hoher Leistungswille oder Leistungsdruck bei inadäquater Leistungsbreite als mentaler Faktor prädisponierend für das Erleiden einer Hitzeerkrankung zu Grunde liegen.(vgl. SORENSEN UND HESS, 2022: 1404 ff),(LEYK et al., 2019: 541)

Wie aus der Abbildung 9 hervorgeht, existiert ein fließender Übergang von milden Symptomen einer beginnenden Hitzeerkrankung bis zum Vollbild des Hitzeschlages. Die Symptome müssen nicht alle hintereinander auftreten, können sich unabhängig voneinander und schlagartig entwickeln.

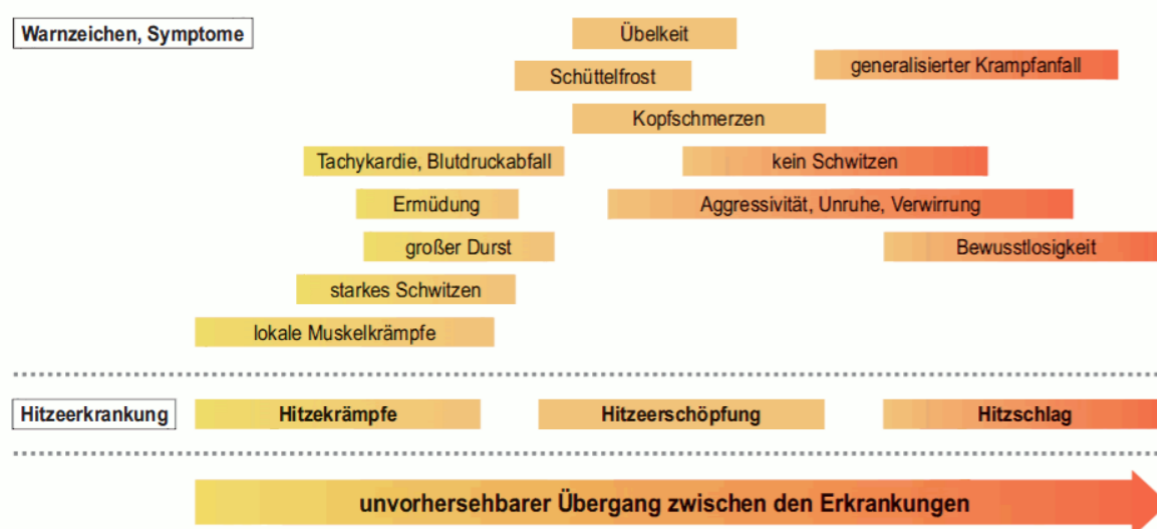


Abbildung 9: Fließender Übergang zwischen den Hitzeerkrankungen (Quelle: LEYK et al., 2019: 540)

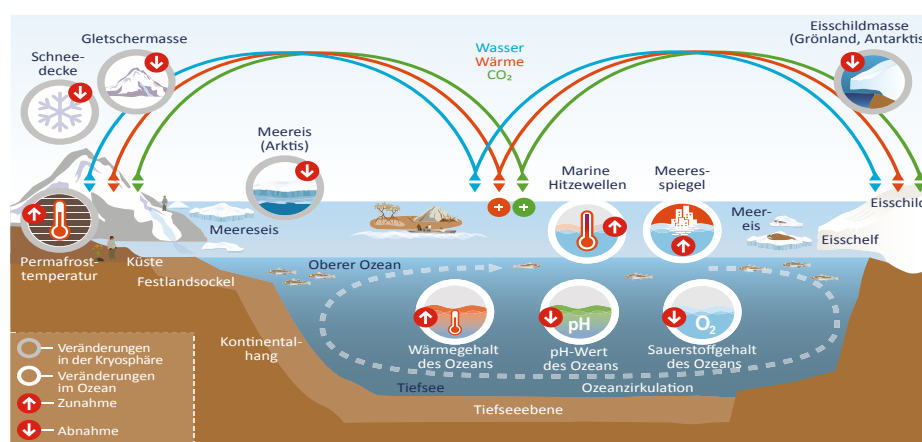
In gemäßigten Zonen in Europa waren bisher Rettungsdienste, Notfallmediziner und Notaufnahmen mit dem durch Hitze bedingte Krankheitsbilder nicht gehäuft gefordert. Vor

allem in Österreich ist es eher extreme Kälte, die immer wieder zu schweren temperaturbedingten Notfällen führt. Entsprechend intensiv wird auch in Ausbildungsprogrammen von Notartztkursen, Symposien und Kongressen vorwiegend auf Hypothermie eingegangen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass auch in Europa Notfälle, die durch übermäßige Hitze hervorgerufen werden, weiter zunehmen werden. Der Europäische Rat für Wiederbelebung (ERC) bezeichnet die den Hitzschlag als ein neu aufgetretenes gesundheitliches Problem aufgrund einer steigende Umwelttemperatur, die durch steigende Treibhausgasemissionen verursacht wird. Mittlerweile wird in den aktuellen Reanimationsleitlinien 2021 im Kapitel „Kreislaufstillstand unter besonderen Umständen“ eigens auf die Hyperthermie eingegangen, Risikofaktoren beschrieben und eine entsprechende Therapie empfohlen.(vgl. LOTT et al., 2021: 480-481)

5.4 Globale Auswirkungen von Hitze auf Menschen

Der Anstieg der mittleren Temperatur hat weltweit neben Auswirkungen auf Ozeane, Kryosphäre, Atmosphäre und Ökosysteme vielfältige Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen (Abb. 10). Insgesamt gehen die Autoren des aktuellen IPCC-Berichtes davon aus, dass die steigenden Temperaturen zu einem Verlust von Lebensraum für viele Millionen von Menschen führen wird. Dürre und langanhaltende Trockenzeiten führen dabei zu Lebensmittelkrisen, viele Regionen werden aus biometereologischen Gründen unbewohnbar. Zeitgleich wird der Meeresspiegelanstieg durch das Abschmelzen des Grönland-eises und Polkappen zu einem erheblichen Verlust von Landmasse führen. (vgl. SHUKLA et al., 2023)

Schlüsselkomponenten und Veränderungen in Ozean und Kryosphäre



Quelle: Abb. TS.2. SROCC (2019)

Abbildung 10: Auswirkungen des globalen Temperaturanstieges auf Ozeane und Kryosphäre (PÖRTNER et al., 2019: 43)

Im Rahmen der 10 Jahre dauernden Baumaßnahmen für die Fußballweltmeisterschaft in Qatar geht Amnesty international von mehreren tausend Todesfällen bei jungen gesunden Gastarbeitern aus. Eine nähere Auswertung der Todesfälle zeigte, dass Hitze bei nepalesischen Gastarbeitern eine der Hauptursache für deren Versterben war. Dabei konnten die Studienautoren eindrücklich zeigen, dass kardiovaskuläre Notfälle eine starke Korrelation zur aktuellen maximalen WBGT hatte (Abb. 11). Die Autoren kommen weiters zum Schluss, dass viele dieser Todesfälle durch eine angepasste Arbeitssicherheit hätten vermieden werden könne. (PRADHAN et al., 2019)

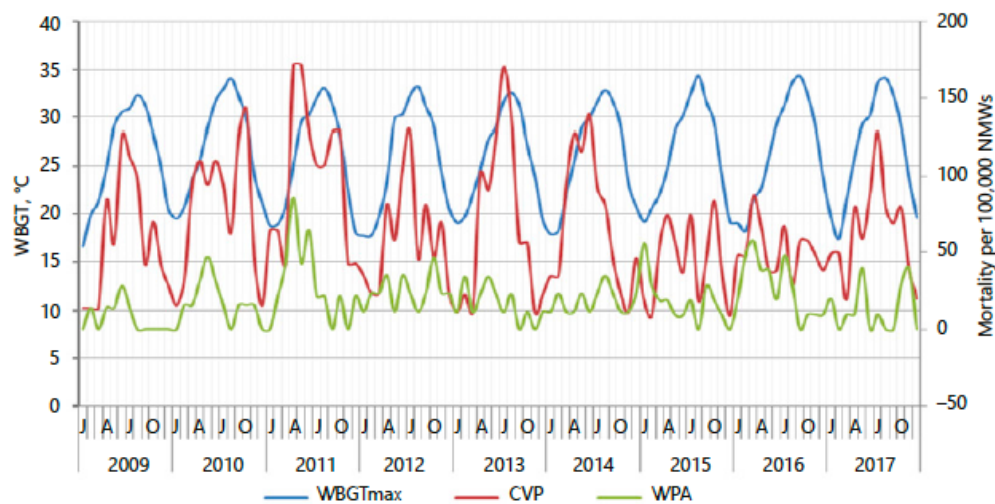


Abbildung 11: WBGT und Todesfälle von nepalesischen Gastarbeitern (Quelle: PRADHAN et al., 2019: 41)

Auch Spitzensportler und Ausdauerathleten sind bei hohen Temperaturen, vor allem in Kombination mit erhöhter Luftfeuchtigkeit der Gefahr von Hitzeerkrankungen ausgesetzt. 2014 wurde die FIFA von einem Arbeitsgericht in Brasilien dazu verpflichtet, ab einer WBGT-Marke von 28°C regelmäßige Spielpausen zum Schutz der Spieler einzulegen. Die Erfahrungen der FIFA aus den Weltmeisterschaften 1994 in den USA und 2014 in Brasilien, wo ein Teil der Spiele bei einer WBGT > 30°C stattgefunden haben, hat dazu geführt, dass die Weltmeisterschaft in Qatar von Zeitraum Juni-Juli auf den Zeitraum November-Dezember verschoben wurde. Das Wissen um die Gefährlichkeit von hohen Temperaturen hat mittlerweile dazu geführt, dass für internationale Sportereignisse umfassende Vorgaben zur Vermeidung von hitzeinduzierten Notfällen erarbeitet wurden. Man orientiert sich dabei in der Regel an die WBGT in enger Zusammenarbeit mit den nationalen bzw. regionalen Wetterdiensten, um eine zeitnahe Risikoabschätzung zu ermöglichen und eventuell Spiele verschieben zu können. Weiters wird den Sportlern selbst eine entsprechende Akklimatisation empfohlen. Ausreichende Trinkpausen und Kühlmaßnahmen sollen ebenso zur Risikoreduktion beitragen wie verpflichtende Spielunterbrechungen und Pausen zur Erholung. Um in Zukunft die Auswirkungen der Hitze auf Sportler besser abschätzen zu können, soll ein nationales bzw. internationales Register etabliert werden. (vgl. GOUTTEBARGE et al., 2023: 1-5)

Neben akuter Gesundheitsbelastung kann Hitze aber auch zu chronischen negativen Folgeerscheinungen führen. Feldarbeiter, die einer dauernden erhöhten Temperatur ausgesetzt sind, können durch thermale Belastungen chronische Folgeerkrankungen entwickeln. Dazu zählen neben Schädigungen der Haut und der Entwicklung von Hautkrebs vor allem chronische Nierenerkrankungen, die bis zu einem totalen Nierenversagen führen können. Bei Arbeitern auf Zuckerrohrfeldern in Mittelamerika, Feldarbeitern in Sri Lanka und Indien findet man eine erhöhte Inzidenz von Nierenversagen, die zeitgleich zu einer erhöhten Sterblichkeit in dieser Bevölkerungsschicht führen. Ursächlich für die Entwicklung der Nierenerkrankung wird die eine chronische Muskelbelastung, lange Arbeitszeiten, mangelnde Flüssigkeitszufuhr und das zu sich nehmen von Fruktose haltigen Getränken wird als Ursache für den chronischen Nierenschaden angenommen. (vgl. CHAPMAN et al., 2021; HANSSON et al., 2020)

5.5 Hitze und Hitzewellen in Europa und im alpinen Raum

Wie aus dem Klimastatusbericht Österreich hervorgeht, wich die Lufttemperatur 2022 in Österreich im Schnitt überall erneut von der Norm der Jahre 1961-1990 ab und erreichte im Schnitt $+2,3\text{ °C}$. In den Hochtälern Salzburg fiel die Abweichung mit $+2,0\text{ °C}$ geringer aus, während sie im Rheintal und im Innviertel bis zu $+2,8\text{ °C}$ am wärmsten war (Abb. 12). Insgesamt war somit das Jahr 2022 österreichweit nach dem Jahr 2018 das zweitwärmste seit es Aufzeichnungen gibt. In höheren Lagen West- und Südosterreichs und in den östlichen Randgebieten war 2022 sogar das wärmste Jahr der Messgeschichte. Insgesamt schreitet der Trend der stärkeren Erwärmung im globalen Vergleich in den Alpen somit fort: in den letzten vier Jahrzehnten war der Temperaturanstieg in Österreich etwa doppelt so stark ausgeprägt wie global. Ursächlich wird dabei die bodennahe Zunahme der Sonneneinstrahlung durch verminderte Aerosolkonzentration und die sich rascher erwärmende Luft innerhalb eines Kontinents gesehen. Ozeane sind thermisch wesentlich träger und können mehr Energie absorbieren als die Kontinente.

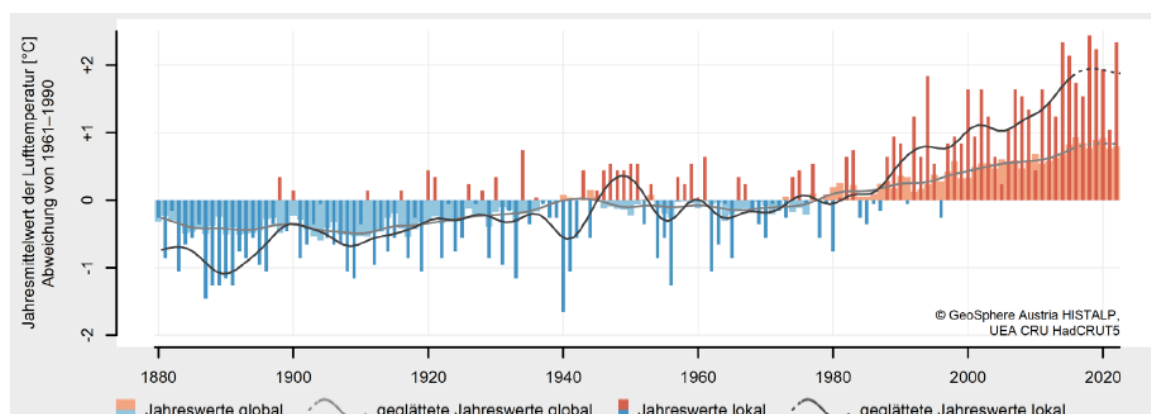


Abbildung 12: Jahreswerte der Lufttemperatur global und in Österreich von 1880 bis 2022 (CCCA 2023)

Sieht man sich die räumliche Verteilung der Abweichung der Monatsmittelwerte auf, so fällt auf, dass in den Wintermonaten Jänner und Februar 2022 es vor allem im Osten Österreichs deutlich wärmer war. Nahezu in allen anderen Monaten des Jahres 2022 war es vor allem in den Bergregionen Österreichs deutlich wärmer. Auffallend ganz besonders der Juni 2022, wo deutlich eine Abweichung von 3,5-4,5 °C vom langjährigen Mittel in den Ostalpen zu sehen ist (Abb.13). Dies bestätigt wiederum, dass es vor allem die Alpen sind, die sich überdurchschnittlich rasch erwärmen. In diesem Zusammenhang ist es auch erklärbar, dass die Vegetationsperiode im alpinen Bereich 15 statt sieben Wochen dauerte. (vgl.: STANG et al., 2023: 10 ff)

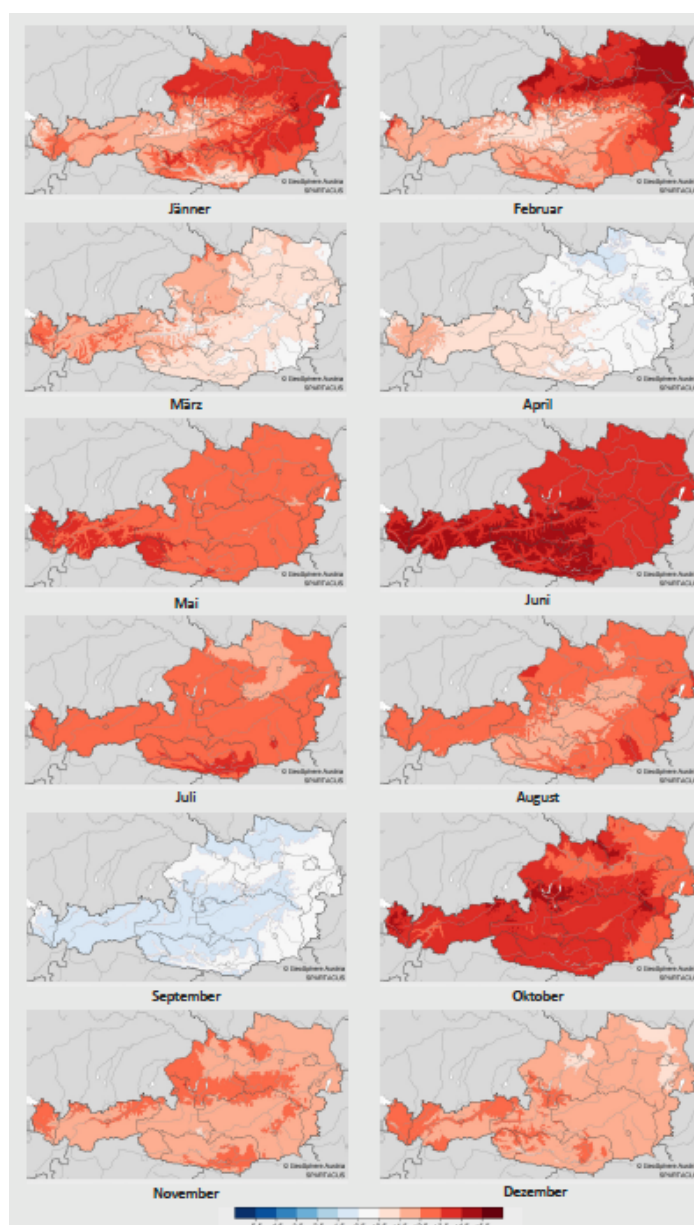


Abbildung 13: Räumliche Verteilung der Abweichung der Monatsmittelwerte der Lufttemperatur 2022, Bezugszeitraum 1961-1990 (Quelle: CCCA 2023)

Auch in Österreich haben sich Tage über 30 °C in den letzten Jahren verdoppelt bis verdreifacht. Im Zeitraum 1961 bis 1990 gab es in den Landeshauptstädten in Österreich pro Jahr zwischen 3 und 12 Hitzetage, im Zeitraum von 1990 bis 2020 bereits zwischen 9 und 23 Hitzetage. Ohne Reduktion der Treibhausgase und globalem Klimaschutz kann es bis zum Jahr 2100 zu einer weiteren Verdoppelung bis Verdreifachung der Hitzetage kommen. Abbildung 14 zeigt eindrücklich, das Innsbruck bereits jetzt schon zu den heißesten Bundeshauptstädten gehört und sowohl mit Erreichen des Pariser Klima-Zieles wie auch ohne Klimaschutz den stärksten Zuwachs und auch absolut die meisten Hitzetage in Zukunft österreichweit haben wird. (GEOSPHERE AUSTRIA, 2022)

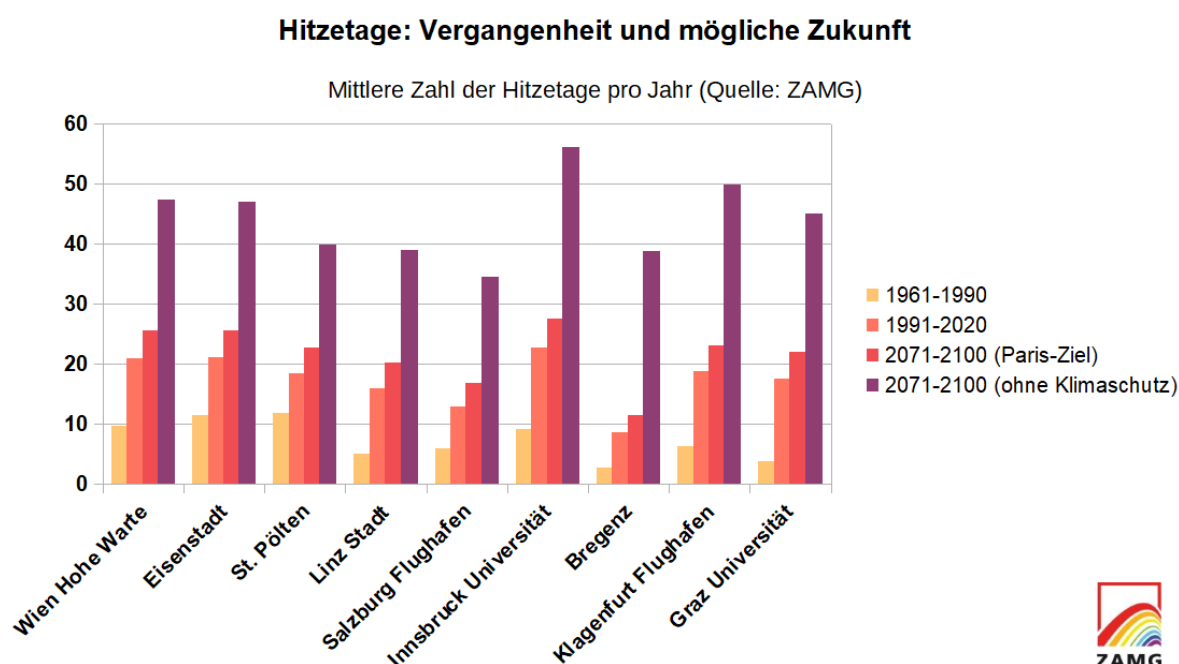


Abbildung 14: Mittlere Anzahl der Hitzetage (Quelle: ZAMG)

Besonders belastend sind Hitzewellen immer dann, wenn auch nachts die Temperaturen nicht wesentlich absinken und dem Körper die Möglichkeit genommen wird, sich zu erholen. Diese sogenannten Tropennächte, definiert durch ein fehlendes Absinken der Lufttemperatur ab 18 Uhr unter 20°C, haben ebenso wie die Hitzetage bzw. Hitzewellen signifikant zugenommen. Gerade in Städten sind durch die fehlende nächtliche Abkühlung Tropennächte wesentlich häufiger zu finden als in ländlichen Gebieten. In Wien gab es von 1971-2000 etwa 1-2 Tropennächte pro Jahr, mittlerweile verzeichnete man z.B.: in den Jahren 2018 und 2019 41 Tropennächte. Auch in der Schweiz zeigt sich eine Steigerung der Tropennächte mindestens um das Doppelte in den letzten 2 Jahrzehnten. Messungen im Stadtzentrum Zürich dokumentieren für die Extremsommer 2003 und 2015 20

bis 30 Tropennächte. Auch in Deutschland waren Tropennächte bis in die 1990 Jahre selten. Beispielhaft trat im Bundesland Hessen im Zeitraum 1961-1990 nur ca. alle 5 Jahre eine Tropennacht auf. Neben einer Zunahme der heißen Tage und der Tropennächte werden selbst in Lagen über 1000 Meter Seehöhe Temperaturen über 30°C immer häufiger. (GEOSPHERE AUSTRIA, 2020)

Hitze und Hitzewellen haben wie bereits dargestellt negativen Einfluss auf die menschliche Gesundheit. In Europa zeigen Daten, dass es während Hitzewellen zu einer deutlichen Übersterblichkeit kommt. So werden allein in den Jahren 2018, 2019 und 2020 die hitzebedingten Sterbefälle in Deutschland auf 8700, 6900 bzw. 3700 geschätzt. (WINKLMAYER et al., 2022). Im Sommer 2003 kam es in Europa zu einer der extremsten Hitzewellen seit Aufzeichnungen. Während dieser Hitzewelle kam es in Westeuropa zu einer Übersterblichkeit, die auf 25.000 - 70.000 zusätzliche Tote hinweist. (D'IPPOLITI et al., 2010).

Das Climate Change Centre Austria evaluierte im Projekt COIN (Cost of Inaction) die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels für Österreich. Als Hauptergebnisse stellen sie fest, dass in den drei Klimaszenarien (schwacher, moderater, starker Klimawandel) und den drei sozio-ökonomischen Szenarien die Gesundheitsbelastung durch Hitze in den nächsten Jahrzehnten steigt. Unter der Annahme eines starken Klimawandels werden zwischen 2016 und 2045 bis zu rund 1200 Hitzetote erwartet, zwischen 2036 und 2065 bis zu rund 3000 (Abb.15). Weiters stellen sie fest, dass neben hitzebedingter Einbußen der Lebensqualität aller Menschen auch das Gesundheitssystem durch Spitzenbelastungen während Hitzeperioden extrem gefordert wird. (vgl.: HAAS et al., 2014)

Hitzebedingte Todesfälle pro Jahr Relativ zu Ø 1981-2010	Klimawandel				
			schwach	moderat	stark
Ø 2016-2045	Sozio-ökonomische Entwicklung (Sensitivität*)	gering	540	370	1010
		mittel	580	400	1100
		hoch	640	430	1200
Ø 2036-2065		gering	640	920	2280
		mittel	730	1060	2610
		hoch	830	1200	2960

*Ergebnissensitivität hinsichtlich der sozioökonomischen Eingangsparameter

Abbildung 15: durchschnittliche jährliche Hitzebedingte Todesfälle an aufeinander folgenden Hitzetagen für unterschiedliche klimatische und sozio-ökonomische Entwicklungen (Quelle: HAAS et al., 2014)

5.6 Hitzeindex, WBGT und Risikoeinschätzung

Um den Hitzestress auf den Körper abschätzen beziehungsweise messen zu können, wurden diverse Messsysteme, Modelle und Indizes entwickelt. Grundsätzlich ist vor allem die gefühlte Temperatur und nicht ausschließlich die gemessene Temperatur ausschlaggebend für das Wohlbefinden einer Person. Eine wesentliche Rolle spielt dabei demnach die zum aktuellen Zeitpunkt herrschende Luftfeuchtigkeit. Zusätzlich relevant sind direkte oder indirekte Sonneneinstrahlung, Bewölkungsgrad, Windgeschwindigkeit, Ausmaß der körperlichen Belastung und die Art der Bekleidung der jeweiligen Personen. Weltweit werden von Sportverbänden, Fachgesellschaften, Arbeitsmedizinern und Behörden diverse Bewertungssysteme zur Risikoeinschätzung herangezogen. Der Physiological Äquivalent Temperatur (PET), der modifizierte PET, der Hitzeindex, der Universal Thermal Climate Index (UTCI) und die Wet-bulb globe temperatur (WBGT) sind die am häufigsten verwendeten Systeme. Bei Kenntnis der wesentlichen Grundparameter wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit können einige dieser Werte auch App- bzw. Webbasiert zu mindestens näherungsweise ermittelt werden. (vgl.: ADAMI et al., 2020).

5.6.1 Wet-bulb globe temperatur (WBGT)

Die Wet-bulb globe temperatur (WBGT) ist ein Wert abgeleitet aus der jeweils gemessenen Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und der direkten Sonneneinstrahlung. Kann dieser Wert nicht mit einem dafür geeigneten elektronischen WBGT-Gerät gemessen werden, so kann anhand von Tabellen der Wert mittels relativer Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur näherungsweise abgeschätzt werden. Die Tabelle existiert sowohl für die in Europa gebräuchliche Angabe der Temperatur in Celsius (Abb. 17) als auch für die vor allem im angloamerikanischen Raum verwendete Temperaturangabe in Fahrenheit (Abb. 16).

Die Berechnung der WBGT außerhalb von Gebäuden erfolgt nach der Formel:

$$\text{WBGT} = 0,7 \times \text{Tnw} + 0,2 \times \text{Tg} + 0,1 \times \text{Ta}$$

Tnw = Temperatur eines natürlich belüfteten Thermometers

Tg = globe Temperatur – Messung der Solarstrahlung

Ta = Trockentemperatur

Die Gefährdung durch Hitzeeinwirkung (Thermische Belastung) wird in Summe von diversen Einflussgrößen zusätzlich zur WBGT bestimmt bzw. abgeschätzt. Luftgeschwindigkeit,

energetische Arbeitsbelastung, Wärmeisolation der Bekleidung und Expositionszeit spielen somit eine weitere Rolle in der Beurteilung der Hitzebelastung. (vgl. BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN, 2023)

CHART A: FAHRENHEIT

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity																
Relative Humidity (%)	Temperature in Degrees Fahrenheit															
	68.0	71.6	75.2	78.8	82.4	86.0	89.6	93.2	96.8	100.4	104.0	107.6	111.2	114.8	118.4	122.0
0	58.6	60.9	64.3	65.5	67.7	69.9	72.1	74.3	76.4	78.5	80.6	82.6	84.7	86.8	88.6	90.5
5	59.6	62.1	65.6	67.0	69.3	71.7	74.0	76.4	78.6	80.9	83.1	85.3	87.5	89.9	92.1	94.2
10	60.7	63.3	66.9	68.4	70.8	73.3	75.8	78.2	80.7	83.0	85.5	88.0	90.3	92.8	95.1	97.6
15	61.7	64.5	68.1	69.6	72.2	74.8	77.4	80.0	82.6	85.2	87.8	90.2	92.8	95.4	98.0	
20	62.7	65.6	69.4	70.9	73.6	76.3	79.2	81.8	84.5	87.1	89.8	92.5	95.2	97.8		
25	63.8	66.7	70.5	72.2	75.1	77.8	80.6	83.4	86.2	89.0	91.8	94.6	97.4			
30	64.8	67.6	71.7	73.4	76.3	79.2	82.1	84.9	87.8	90.8	93.6	96.6	99.4			
35	65.6	68.6	72.7	74.6	77.5	80.5	83.5	86.4	89.4	92.4	95.3	98.3				
40	66.7	69.6	73.8	75.7	78.8	81.8	84.8	87.8	90.9	94.0	97.0					
45	67.5	70.6	74.8	76.8	79.9	83.0	86.1	89.2	92.3	95.4	98.6					
50	68.4	71.5	75.8	77.8	81.1	84.1	87.4	90.5	93.7	96.9						
55	69.3	72.4	76.7	78.8	82.1	85.3	88.5	91.9	95.1	98.3						
60	70.1	73.3	77.7	79.8	83.2	86.4	89.8	93.1	96.3	99.6						
65	70.9	73.8	78.6	80.9	84.2	87.5	90.8	94.1	97.5							
70	71.7	75.0	79.5	81.7	84.9	88.6	91.9	95.3	98.6							
75	72.4	75.9	80.3	82.7	86.1	89.6	92.9	96.4								
80	73.2	76.7	81.2	83.6	87.1	90.4	93.9	97.4								
85	74.0	77.4	82.0	84.5	88.0	91.5	94.9	98.5								
90	74.7	78.2	82.9	85.3	88.9	92.3	95.9	99.4								
95	75.5	78.9	83.6	86.1	89.6	93.2	96.8									
100	76.1	79.7	84.4	86.9	90.5	94.1	97.7									
NOTE: This chart is calculated using temperature and humidity, assuming a very clear sky (maximal solar load), and atmospheric pressure of 1ATA (760 mmHg). Chart A was developed by Professor Yoram Epstein to be used in Ariel's Checklist for hikers in Israel.																

Abbildung 16: Risikotabelle zur näherungsweisen Bestimmung des WBGT in Fahrenheit (HUGGINS et al., 2016)

CHART A: CELSIUS

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity																	
Relative Humidity (%)	Temperature in Degrees Celstus																
		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	0	14.8	16.1	18.0	18.6	19.8	21.1	22.3	23.5	24.7	25.8	27.0	28.1	29.3	30.3	31.4	32.5
	5	15.3	16.7	18.7	19.4	20.7	22.0	23.3	24.6	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.2	33.4	34.6
	10	16.0	17.4	19.4	20.2	21.6	23.0	24.3	25.7	27.1	28.4	29.7	31.1	32.4	33.8	35.1	36.4
	15	16.5	18.0	20.1	20.9	22.4	23.8	25.2	26.7	28.1	29.6	31.0	32.4	33.8	35.2	36.7	38.1
	20	17.1	18.7	20.8	21.6	23.1	24.6	26.2	27.7	29.2	30.6	32.1	33.6	35.1	36.6	38.2	39.7
	25	17.6	19.3	21.4	22.3	24.0	25.5	27.0	28.6	30.1	31.7	33.2	34.8	36.3	37.9	39.5	
	30	18.2	19.8	22.0	23.0	24.6	26.2	27.8	29.4	31.0	32.7	34.2	35.9	37.4	39.1		
	35	18.7	20.3	22.6	23.6	25.3	26.9	28.6	30.2	31.9	33.5	35.2	36.8	38.5			
	40	19.3	20.9	23.2	24.3	26.0	27.6	29.4	31.0	32.7	34.4	36.1	37.8	39.5			
	45	19.7	21.5	23.8	24.9	26.6	28.3	30.1	31.8	33.5	35.2	37.0	38.7				
	50	20.2	22.0	24.3	25.5	27.3	29.0	30.8	32.5	34.3	36.1	37.9	39.6				
	55	20.7	22.4	24.8	26.0	27.8	29.6	31.4	33.3	35.0	36.8	38.6					
	60	21.1	22.9	25.4	26.6	28.4	30.2	32.1	34.0	35.7	37.5	39.4					
	65	21.6	23.2	25.9	27.1	29.0	30.9	32.7	34.5	36.4	38.2						
	70	22.1	23.9	26.4	27.6	29.4	31.4	33.3	35.1	37.0	38.9						
75	22.5	24.4	26.9	28.2	30.1	32.0	33.8	35.8	37.7	39.5							
80	22.9	24.8	27.4	28.7	30.6	32.5	34.4	36.3	38.2								
85	23.3	25.2	27.8	29.2	31.1	33.0	35.0	36.9	38.9								
90	23.7	25.7	28.3	29.6	31.6	33.5	35.5	37.5	39.5								
95	24.2	26.1	28.7	30.1	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0								
100	24.5	26.5	29.1	30.5	32.5	34.5	36.5	38.5									

NOTE: This chart is calculated using temperature and humidity, assuming a very clear sky (maximal solar load), and atmospheric pressure of 1ATA (760 mmHg). Chart A was developed by Professor Yoram Epstein to be used in Ariel's Checklist for hikers in Israel.

Abbildung 17: Risikotabelle zur näherungsweisen Bestimmung des WBGT in Grad Celsius (Quelle: HUGGINS et al., 2016: 7)

Anhand des somit ermittelten WBGT-Wertes in Zusammenschau mit den Einflussgrößen der thermischen Belastung kann eine Risikoeinschätzung bezüglich des Hitzestress gemacht werden (Abb. 18). Diese Risikoeinschätzung gilt für gesunde, fitte Personen. Für unerfahrene, nicht akklimatisierte Personen gilt diese Tabelle nicht. Ebenso sind Übergewichtige und Personen mit Schlafentzug von der Risikobewertung ausgenommen

Heat Index (WBGT)		Comment
Temperature in °C	Temperature in °F	
Above 30°C	Above 86°F	Danger
28°C to 30°C	82,4°F to 86°F	Severe Warning
25°C to 28°C	77°F to 82,4°F	Warning
21°C to 25°C	69,8°F to 77°F	Caution
Below 21°C	Below 69,8°F	Almost Safe

Abbildung 18: Risikotabelle für die WBGT (Quelle: World Athletics 2020)

Die gemessene oder über meteorologische Werte näherungsweise ermittelte WBGT wird vom Militär(STO/NATO, 2013), der arbeitsmedizinischen Fachgesellschaften und Behörden(BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN, 2023) und großen Sportverbänden(ADAMI et al., 2020) zur Risikobewertung unter Hitzebelastung herangezogen. Die Nato gibt dabei noch zusätzlich eine Empfehlung zur stündlichen Flüssigkeitsaufnahme und eine Empfehlung zum Arbeit/Pausen Verhältnis abhängig vom WBGT (Abb. 19).

Heat Category	WBGT (°C) (°F)	Easy Work		Moderate Work		Hard Work	
		Work/ Rest	Water Intake (L/h)	Work/ Rest	Water Intake (L/h)	Work/ Rest	Water Intake (L/h)
1	25.6-27.7 (78-82)	NL	~1/2	NL	~3/4	40/20 min	~3/4
2 (Green)	27.7-29.4 (82-85)	NL	~1/2	50/10 min	~3/4	30/30 min	~1
3 (Yellow)	29.4-31.1 (85-88)	NL	~3/4	40/20 min	~3/4	30/30 min	~1
4 (Red)	31.1-32.2 (88-90)	NL	~3/4	30/30 min	~3/4	20/40 min	~1
5 (Black)	> 32.2 (>90)	50/10 min	~1	20/40 min	~1	10/50 min	~1

Abbildung 19: Flüssigkeitssubstitution und Belastung/Pausen Empfehlungen in Abhängigkeit von der WBGT (Quelle: STO/NATO – Task Group HFM-187, 2013)

Im Bereich des Arbeitsschutzes wird die körperliche Belastung je nach Energieumsatz in insgesamt 4 Stufen eingeteilt. Je höher der Energieumsatz während der körperlichen Belastung, umso geringer ist der Richtwert der erlaubten Temperatur nach WBGT. Zusätzlich wird in nochmals zwischen akklimatisierten und nicht akklimatisierten Personen unterschieden. Bei akklimatisierten Personen wird je nach Energiesatz eine 1-3 °C höhere WBGT akzeptiert.

Energieumsatz (Klasse)	Energieumsatz [W]	WBGT-Richtwert für akklimatisierte Personen [°C]	WBGT-Richtwert für nicht akklimatisierte Personen [°C]
Klasse 0 Energieumsatz im Ruhe- zustand	115	33	32
Klasse 1 Niedriger Energieumsatz	180	30	29
Klasse 2 Mittlerer Energieumsatz	300	28	26
Klasse 3 Hoher Energieumsatz	415	26	23
Klasse 4 Sehr hoher Energieumsatz	520	25	20

Abbildung 20: WBGT-Richtwerte für fünf Klassen von Energieumsatzniveaus (BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN, 2023)

5.6.2 Thermischer Klimaindex - Universal thermal Climate Index (UTCI)

Der UTCI beschreibt und bewertet am umfassendsten die thermischen Umweltbedingungen. Er ist im Wesentlichen weltweit in allen Klimazonen und zu allen Jahreszeiten anwendbar und erfüllt somit die Voraussetzung, die humane Biometereologie umfassend zu beschreiben. Als meteorologische Faktoren gehen bei der UTCI-Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Sonneneinstrahlung in die Berechnung mit ein. Von Seiten der exponierten Person spielen Haut- und Körperkerntemperatur, Ausmaß der Schweißproduktion, Expositionszeit und vor allem Art der Bekleidung eine Rolle für die Berechnung (Abb.21). Der UTCI findet Anwendung für Vorhersagen und Warnungen, Bioklimadaten, Stadt- und Regionalplanung, Umweltepidemiologie und Klimawirkforschung

Der UTCI ermöglicht eine Bewertung der thermischen Bedingungen im Freien und im Gegensatz zur WBGT kann er auch bei Kälte eingesetzt werden. (vgl. JENDRITZKY et al., 2009: 96 ff)

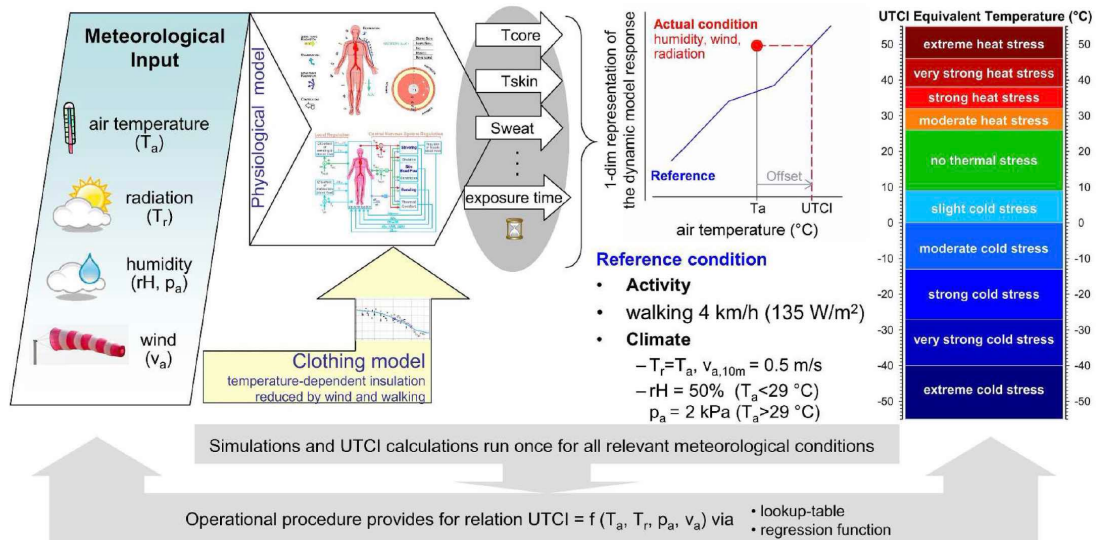


Abbildung 21: Konzept der Berechnung des UTCI für eine aktuelle Bedingung (Quelle: Bröde et al., 2013)

6 Ergebnisse und Interpretation der Datenerhebung

6.1 Daten des österreichischen Kuratoriums für alpine Sicherheit

Für die Jahre 2015 bis 2022 wurden alle dem ÖKAS vorliegenden alpinpolizeilich erhobenen Ereignisse für die Stichwörter in der Unfallursache Erkrankung, Erschöpfung und Herzkreislaufstörung ausgewertet. Von den Sportdisziplinen wurden Klettern, kombinierte Tour/Hochtour, Wandern und Bergsteigen berücksichtigt. Als Unfallfolge wurden alle Schweregrade von unverletzt bis tot in die Auswertung aufgenommen. Untersucht wurden ausschließlich die Datensätze des Bundeslandes Tirol.

Insgesamt ergaben sich somit in einem 8-jährigen Beobachtungszeitraum in Summe 950 Datensätze, die der jeweiligen Tagestemperatur zu einem bestimmten Datum in den Sommermonaten vom 01.Juni bis 31. August zugeordnet wurden (Tab. 4).

Aufgeteilt auf die Jahre 2015-2022 ergab sich somit folgende Aufteilung:

Tabelle 4: Anzahl Datensätze (Eigene Erhebung)

Erhobenes Jahr (01.06 - 31.08)	Anzahl Datensätze Alpinpolizei
2015	104
2016	112
2017	117
2018	83
2019	112
2020	136
2021	113
2022	173

Die höchste Tagestemperatur (Gittermesspunkt Kranebitter Allee, 6020 Innsbruck) lag am 27.06.2019 bei 36,6 °C. Die meisten Einsätze wurden am 10.07.2016 mit 9 Events bei 34,3 °C und am 29.07.2017 bei 27,7 °C mit ebenfalls 9 Events registriert.

Die Auswertung der Daten und die Darstellung als Diagramm ergaben wie in Abbildung 22. angeführt folgendes Bild:

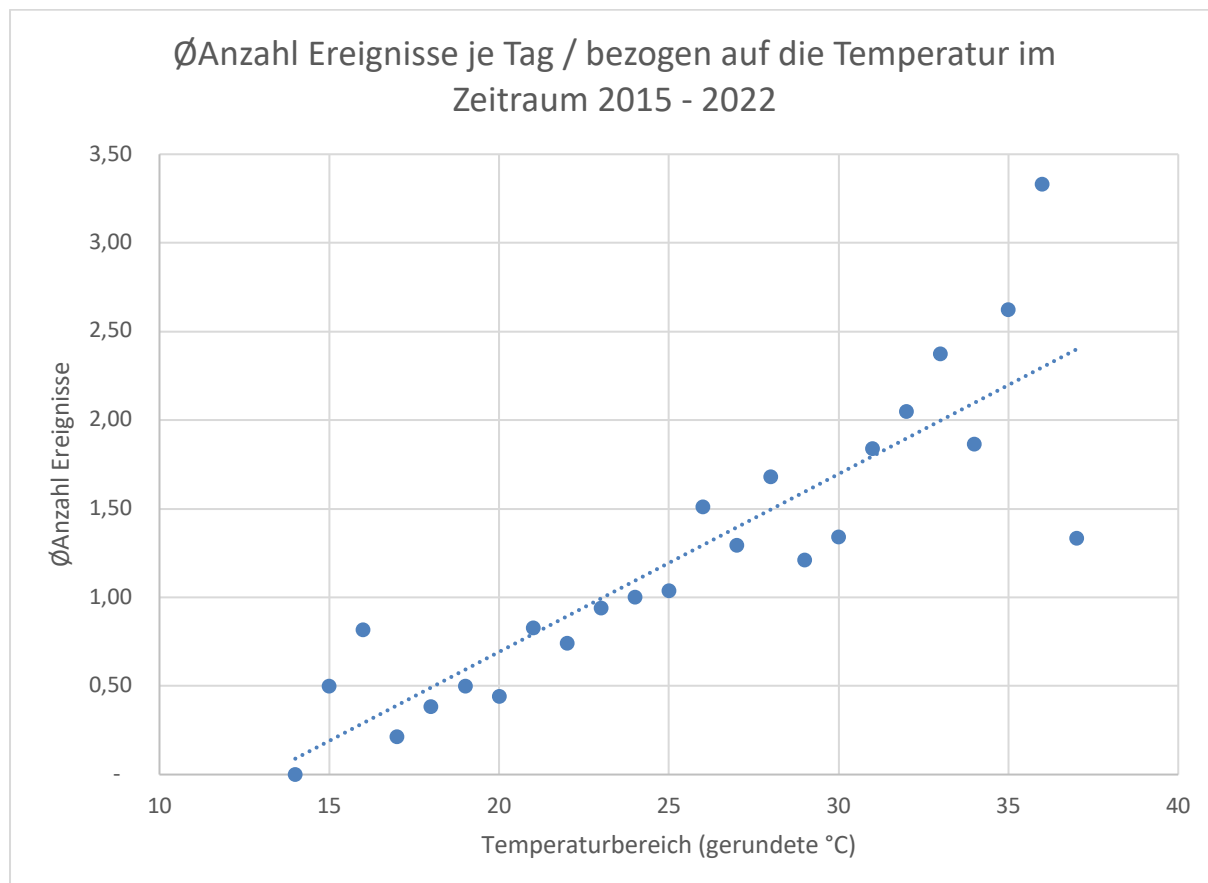


Abbildung 22: Anzahl der dokumentierten Ereignisse der Alpinpolizei im Bundesland Tirol in Abhängigkeit von der Tageshöchsttemperatur (Quelle: Alpinpolizei/ÖKAS)

Deutlich erkennbar die Korrelation zwischen Tageshöchstwerten und Anzahl der Ereignisse pro Tag. Bis 25 °C ist in etwa mit einem Notfallereignis pro Tag zu rechnen, während es ab etwa 32 °C bereits zu einer Verdoppelung der Einsätze kommt. Limitierend ist zu erwähnen, dass gerade bei kühleren Temperaturen möglicherweise auch schlechteres Wetter mit Regen und Nebel vorgeherrscht hat und daher auch weniger Menschen im alpinen Gelände zu finden sind. Umgekehrt kann es sein, dass an sehr heißen Tagen bewusst alpine Regionen aufgesucht werden, um der Hitze im urbanen Raum zu entfliehen. Auf die fehlende Basisrate wurde bereits in Punkt 4.5 eingegangen.

6.2 Daten der Notfallaufnahme des LKI

Beim Medizin Zentrum Anichstraße (MZA) des Landeskrankenhauses Innsbruck handelt es sich um eine Struktur, die ambulant hauptsächlich internistische und neurologische und zusätzlich zu einem geringen Teil auch neurochirurgische Akutfälle betreut, eine Diagnostik durchführt und gegebenenfalls die Patient:innen stationär aufnimmt. In der MZA werden Patient:innen aus Innsbruck und zum Teil auch aus Innsbruck Land betreut. Schwere, akut lebensbedrohliche Erkrankungen wie Herzinfarkt und Schlaganfall werden aus dem ganzen Bundesland Tirol ebenfalls über die MZA aufgenommen und versorgt.

Für die Datenauswertung wurden als Kennzahl die Anzahl der ambulanten Patienten pro Tag auf den jeweiligen Ambulanzen verwendet. Als Zeitraum wurden die Tage vom 01. Juli bis zum 31. August jeweils der Jahre 2015 bis inklusive 2022.

Die Abbildung 23 zeigt die Korrelation der auf ganze Zahlen gerundeten Tageshöchsttemperatur zu den durchschnittlichen ambulanten Aufnahmen auf der MZA-Notfallambulanz. Es sind alle Patient:innen aller Altersgruppen enthalten.

An Tagen ab 30°C liegt das durchschnittliche Patient:innen-Aufkommen bei 131,26 Aufnahmen. An Tagen bis 25°C sind es 124,71 Aufnahmen. An sehr heißen Tagen kann man somit mit einer Steigerung der Patientenzahlen von etwa 5% rechnen, dies entspricht in der medizinischen Notfallaufnahme etwa 4-7 Patienten mehr pro Tag.

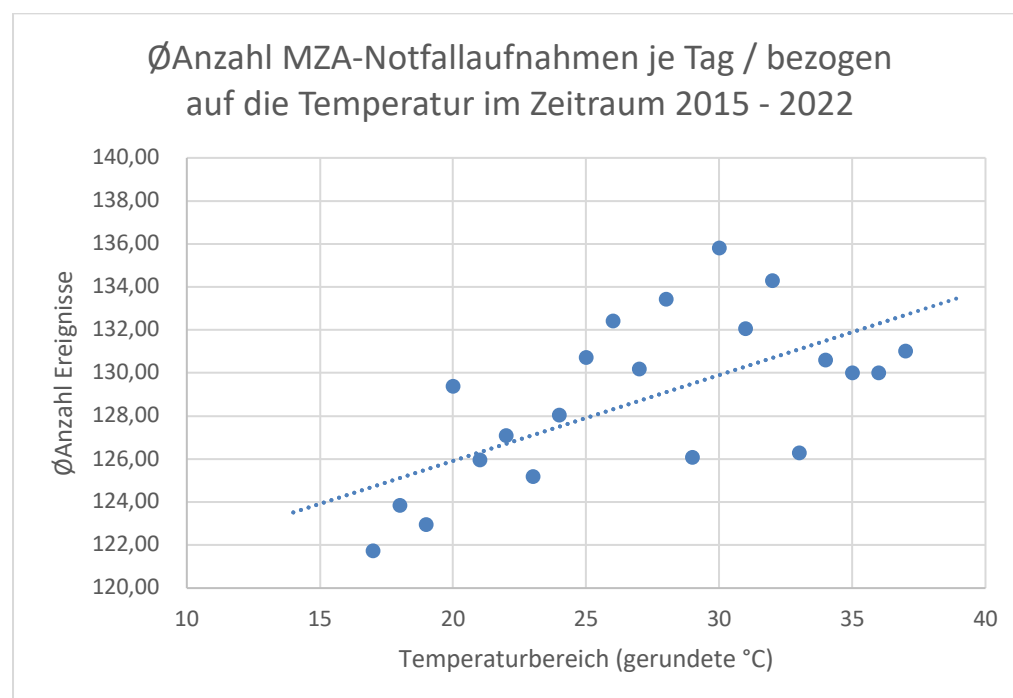


Abbildung 23: Anzahl der Patienten pro Tag > 18 Jahre in Abhängigkeit von der Tageshöchsttemperatur (Quelle: Landeskrankenhaus Innsbruck)

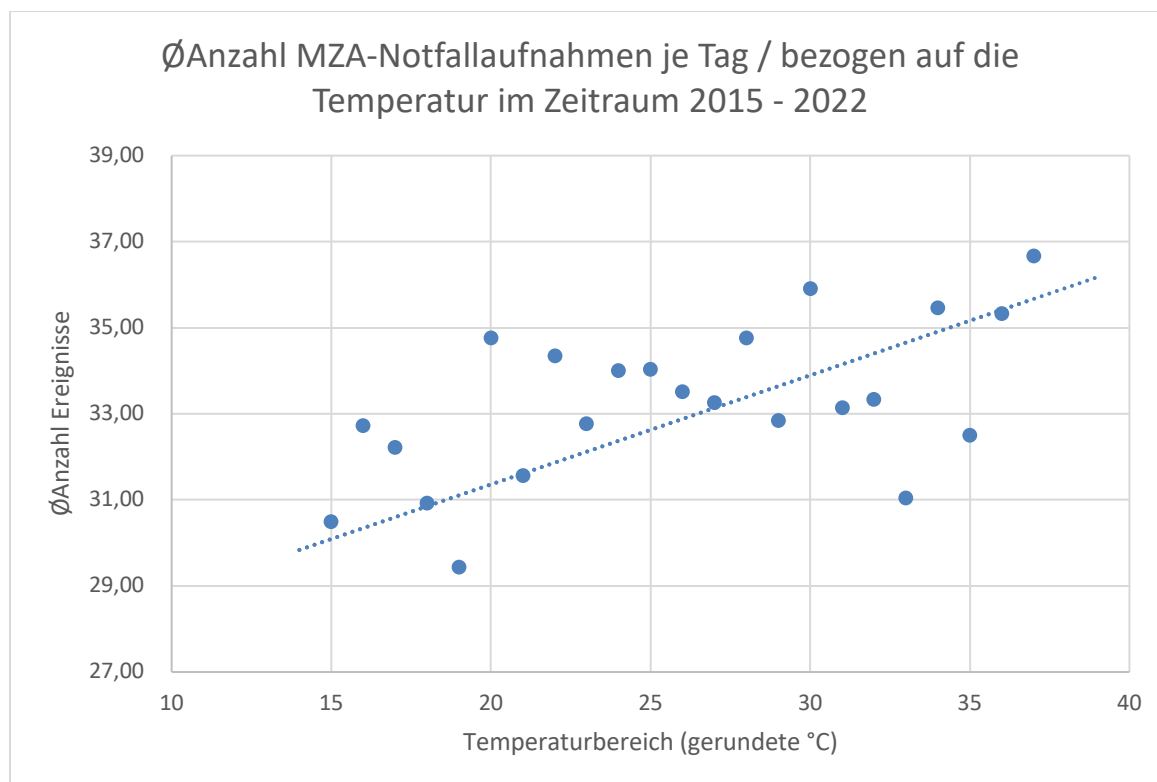


Abbildung 24: Anzahl der Patienten > 65Jahre pro Tag in Abhängigkeit von der Tageshöchsttemperatur (Quelle: Landeskrankenhaus Innsbruck)

Auch für Patient:Innen über 65 Jahren kann eine Korrelation von vermehrten ambulanten Behandlungen während Hitzetagen registriert werden. (Abb. 24). Gerade ältere Personen gehören wie bereits ausgeführt zu den gefährdeten Gruppen, wenn es um erhöhte Temperaturen und das Risiko einer Hitzeerkrankung geht.

Exemplarisch für das Jahr 2019 (Abb. 25) sieht man auf der Zeitreihe den Zusammenhang von Hitzewellen (5-Tages Durchschnitt $\geq 30^{\circ}\text{C}$) und Aufnahmen. Vor allem zwischen 15.7. und ca. 20.8. ist der Zusammenhang recht deutlich zu sehen:

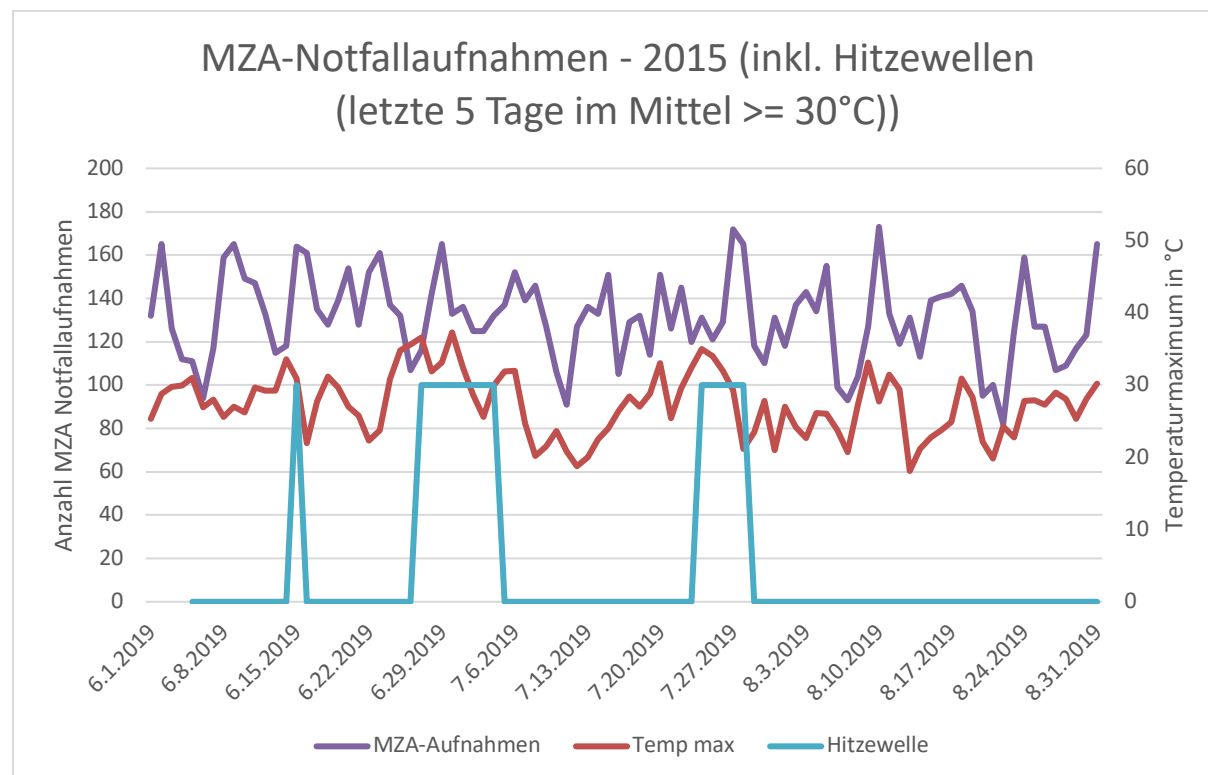


Abbildung 25: Anzahl Patientenaufnahmen Juni – Juli – August 2019 (Quelle: Landeskrankenhaus Innsbruck)

Zusammenfassend kann man sagen, dass auch für Innsbruck ein Zusammenhang zwischen Hitzetagen, Hitzewellen und vermehrtem Patient:Innen Aufkommen in der medizinischen Notfallaufnahme zu sehen ist. Einschränkend ist zu sagen, dass nicht ausschließlich die absolute Tageshöchsttemperatur das Maß für die den tatsächlichen Hitzestress ergibt. Hier wäre der Hitzeindex, die Wet-bulb Globe Temperatur oder der Universal Thermal Climat Index möglicherweise idealer, um eine noch exaktere Korrelation zwischen Hitze und gesundheitlicher Auswirkung darzustellen. Ebenso wie es für den alpinen Raum schwierig ist eine Basisrate an Personen, die sich an einem bestimmten Tag im Gelände befinden zu benennen, ist es auch für den Stadtbereich Innsbruck schwierig zu sagen, wie groß die Anzahl an Personen ist, die potenziell medizinisch versorgt werden müssen. Inwieweit zum Beispiel Wochenenden, Urlaubszeiten oder große Veranstaltungen ebenso einen Einfluss auf die Aufnahmen der Notfallambulanz Einfluss nehmen, wurde nicht in der Datenauswertung berücksichtigt.

6.3 Daten der ÖAMTC Flugrettung

6.3.1 Hintergrundinformationen

Die ÖAMTC Flugrettung betreibt in Tirol insgesamt 4 Ganzjahresstützpunkte (Dienstbetrieb 01.01-31.12) und zusätzlich noch 2 saisonale Notarzthubschrauber Stützpunkte nur im Winterbetrieb (Oktober – April). Alarmiert und disponiert werden alle Notarztmittel in Tirol von der Leitstelle Tirol. Dementsprechend werden auch Alpineinsätze, sofern es vom Meldebild her erforderlich scheint, mit Notarzthubschraubern beschickt.

Als „Alpineinsatz“ werden solche Einsätze bezeichnet, bei denen der bodengebunden Rettungsdienst geländebedingt nicht oder nur sehr erschwert den Einsatzort erreichen kann. In der Regel befinden sich diese Einsatzorte außerhalb befahrbarer Straßen. Teilweise gibt es Örtlichkeiten, wo ein bodengebundenes Rettungsmittel zwar in den Nahbereich zufahren kann, die verunfallten oder erkrankten Hilfesuchenden allerdings erschwert geborgen werden können. Auch hier wird die Rettung oftmals luftgebunden durchgeführt und scheint fallweise dann unter Alpineinsatz auf. Handelt es sich bei einem Alpineinsatz vom Meldebild her um eine schwere oder potenziell lebensbedrohliche Erkrankung oder Unfall, so wird ein notarztbesetztes Rettungsmittel alarmiert. Ist dies nicht der Fall, wird der Einsatz in der Regel von der zuständigen Ortstelle des Österreichischen Bergrettungsdienstes bewältigt.

6.3.2 Ergebnisse und Interpretation der Daten

Insgesamt werden von den Ganzjahres Stützpunkten (Stationierung 01.01 -31.12) der ÖAMTC Flugrettung in Tirol Jährlich ca. 3000 Einsätze bewältigt. (Abb.7). Dabei fielen 2022 ca. 82 % auf Primäreinsätze, 13 % auf Sekundärtransporte und 5 % auf Fehleinsätze.

Stützpunkt	2021	2022	2022 in %	Diff. 21/22
Christophorus 4 - Kitzbühel	633	949	32,3%	49,9%
Christophorus 1 - Innsbruck	628	774	26,3%	23,2%
Christophorus 5 - Zams	590	867	29,5%	46,9%
Christophorus 7 - Lienz	320	341	11,6%	6,6%
Sonstige	12	9	0,3%	-25,0%
Gesamtergebnis	2.183	2.940	100,0%	34,7%

Abbildung 26: Jahresstatistik 2021-22 der in Tirol ganzjährig stationierten NAH (Quelle: ÖAMTC Flugrettung)

Notfallkategorie	2021	2022	2022 in %	Diff. 21/22
Internistischer Notfall	599	747	25,4%	24,7%
Neurologischer Notfall	232	280	9,5%	20,7%
keine Angabe	143	152	5,2%	6,3%
Unfall Freizeit / Sport / Touristik alpin	701	1.185	40,3%	69,0%
Unfall Haushalt	86	110	3,7%	27,9%
Unfall Verkehr	71	87	3,0%	22,5%
Unfall Sport/Freizeit	85	90	3,1%	5,9%
Unfall Arbeit	101	89	3,0%	-11,9%
Pädiatrischer Notfall	57	78	2,7%	36,8%
Chirurgischer Notfall	50	46	1,6%	-8,0%
Suizid/Suizidversuch	9	11	0,4%	22,2%
Vergiftung	7	5	0,2%	-28,6%
Sonstiger Notfall	3	12	0,4%	300,0%
Psychiatrischer Notfall	5	7	0,2%	40,0%
Geburtshilflicher Notfall	10	11	0,4%	10,0%
Bergnot	13	17	0,6%	30,8%
Gynäkologischer Notfall	11	13	0,4%	18,2%
Gesamtergebnis	2.183	2.940	100,0%	34,7%

Abbildung 27: Notfallkategorien aufgeschlüsselt nach Art (Quelle: ÖAMTC Flugrettung)

Wie man aus der Aufstellung der Notfallkategorien (Abb. 27) erkennen kann, werden etwa 40 % aller Unfall Einsätze (Kategorie Unfall/Freizeit/Sport alpin) der Flugrettung in Nordtirol im alpinen Raum bewältigt. Ein weiterer großer Anteil sind internistische und neurologische Notfälle, die zum größten Teil im urbanen Raum absolviert werden.

Im Winter sind es vor allem Ski, Snowboard und Rodelunfälle, während es im Sommer Wander-, Hochtouren-, Kletter- und Mountainbike Unfälle sind (Abb.28), die als alpine Einsätze gewertet werden. Nachdem sich die Auswertung auf die Sommermonate Juni, Juli und August bezieht, sind es also klassische Sommersportarten, die in die Unfallstatistik einfließen. Nicht abgebildet werden in der Auswertung beziehungsweise in der Berechnung der Einsätze pro Hitzetag z.B. Erkrankungen, Herz-Kreislaufstillstände oder Hypoglykämien, die durchaus durch Hitze mitverursacht sein können. Die automatisierte Auswertung der unfallbedingten Alpineinsätze inkludiert nicht automatisiert auch internistische/oder neurologische Einsätze im alpinen Raum. Diese Auswertung müsste händisch erfolgen und sprengt einerseits den Rahmen dieser Masterthesis, andererseits wäre dies auch mit Offenlegung von Patientendaten verbunden gewesen und hätte somit beträchtliche Hürden im Bereich des Datenschutzes gebracht.

Unfallart	2021	2022	2022 in %	Diff. 21/22
Schi alpin/Piste	228	674	56,1%	195,6%
Wandern	134	126	10,5%	-6,0%
Sonstige/keine Angabe	99	109	9,1%	10,1%
Schitour	40	40	3,3%	0,0%
Mountainbike	46	43	3,6%	-6,5%
Schi alpin/freies Gelände	33	34	2,8%	3,0%
Klettern	26	33	2,7%	26,9%
Hochalpin	36	35	2,9%	-2,8%
Paragleiter	19	28	2,3%	47,4%
Snowboard/Piste	17	36	3,0%	111,8%
Rodeln	9	21	1,7%	133,3%
Schi nordisch	9	13	1,1%	44,4%
Snowboard/freies Gelände	9	2	0,2%	-77,8%
Canyoning	2	6	0,5%	200,0%
Spaltensturz	5	1	0,1%	-80,0%
Hängegleiter	0	0	0,0%	0,0%
Motocross	0	0	0,0%	0,0%
Reitsport	0	0	0,0%	0,0%
Kajak	1	0	0,0%	-100,0%
Schwimmen	1	0	0,0%	-100,0%
Fallschirm	0	0	0,0%	0,0%
Radrennen	0	1	0,1%	100,0%
Segelflug	0	0	0,0%	0,0%
Gesamtergebnis	714	1.202	100,0%	68,3%

Abbildung 28: Unfall-Freizeit Alpin aufgeschlüsselt nach Unfallart bzw. Sportart (Quelle: ÖAMTC Flugrettung)

Um die jeweiligen Kalendertage zu identifizieren, an welchen laut der Definition von **Kyselí** eine Hitzeepisode in Tirol in den Sommern 2015-2022 bestand, wurde über das Datenportal Spartacus der ZAMG eine Head Map erstellt und die jeweiligen Hitzeperioden während der Sommermonate Juli bis einschließlich August identifiziert (Abb. 29) . (Referenz Kranebitter Allee Innsbruck).

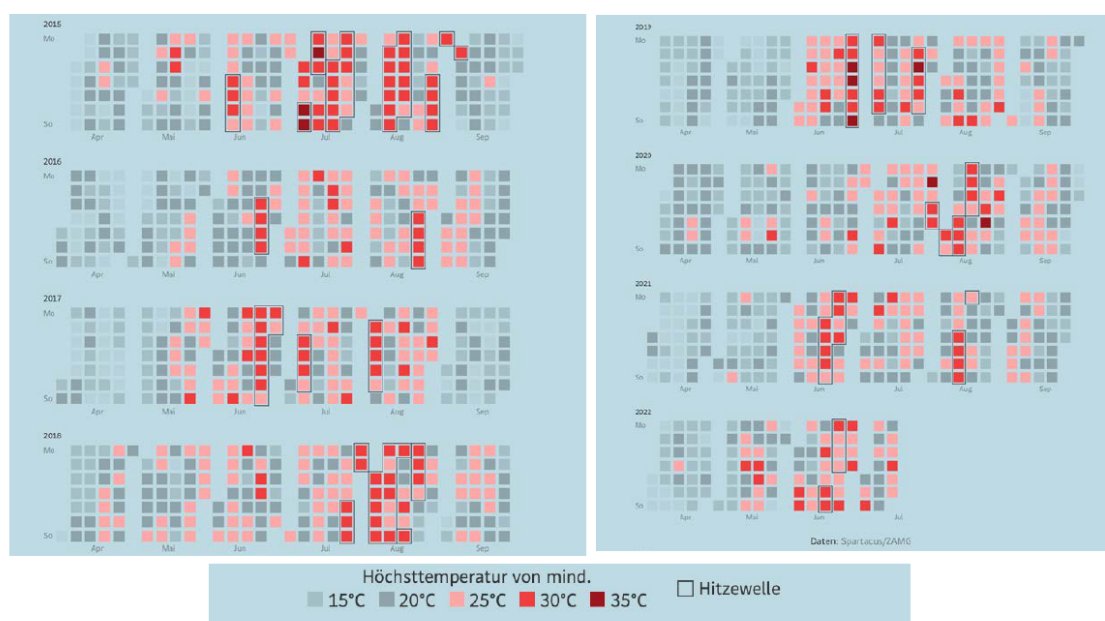


Abbildung 29: Hitzeperioden (Wellen) während der Sommer 2015 -2022 (Quelle: Spartacus/ZAMG)

Aus der Abbildung 30 ist ersichtlich, dass in sehr heißen Sommern wie z.B. 2015 in 30% der Tage die Definition einer Hitzewelle erfüllt war. Nicht abgebildet bzw. in die Statistik eingeflossen sind einzelne heiße Tage $> 30^{\circ}\text{C}$.

Hitzewelle	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Tage ohne Hitzewelle	56	84	74	69	74	81	78	86
Tage mit einer Hitzewelle	36	8	18	23	18	11	14	6

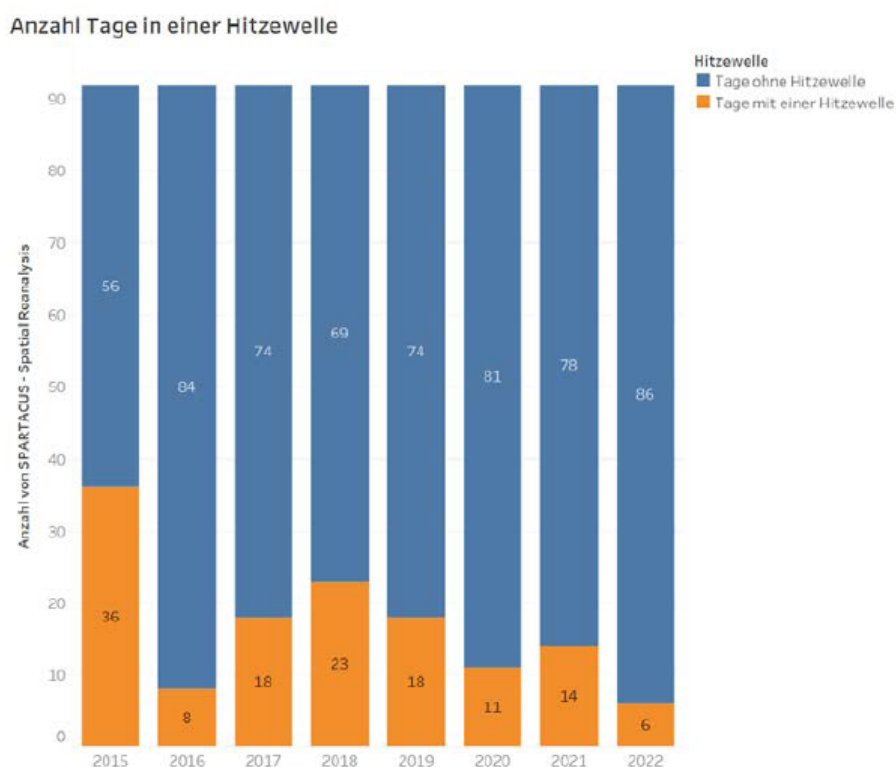


Abbildung 30: Anzahl der Tage mit einer Hitzewelle und ohne Hitzewelle Juni- August 2015- 2022 (Quelle: ÖAMTC Flugrettung auf Datengrundlage Spartacus/ZAMG)

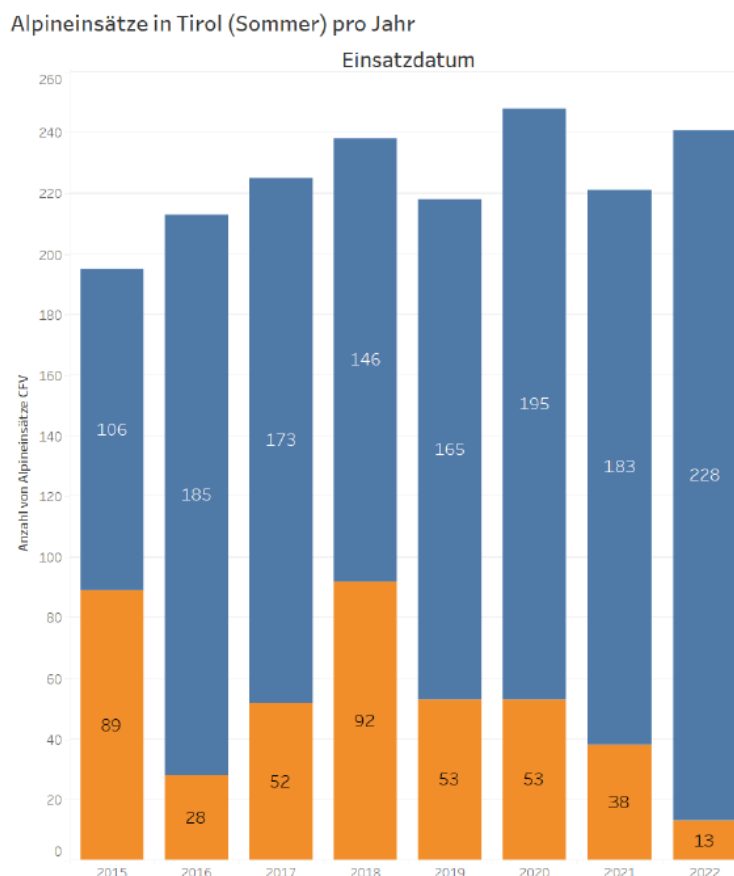


Abbildung 31: Einsätze der Stützpunkte C1, C4 und C5 jeweils 01. Juni bis 31. August in den Jahren 2015-2022, Orange: Tage mit einer Hitzewelle, Blau: Tage ohne Hitzewelle (Quelle: ÖAMTC Flugrettung)

Die Daten der ÖAMTC Flugrettung für den Auswertungszeitraum 2015-2022 besagen somit, dass die durchschnittliche Anzahl von Einsätzen pro Tag, wenn keine Hitzewelle vorherrscht, sich auf 2,99 beläuft. Die Durchschnittliche Anzahl von Einsätzen pro Tag während einer Hitzewelle beträgt 3,45. Dies entspricht einem Plus von ca. 15% an Einsätzen während heißer Perioden. Die Auswertung der Flugrettungszahlen zeigt, dass es während Hitzeperioden zu mehr Einsätzen in der Flugrettung in Tirol kommt.

Die Steigerung der Einsatzzahlen lässt allerdings keinen direkten Rückschluss zu, ob Steigerung der Einsätze nur durch die Hitze bedingt ist. Während heißer Tage kann es ebenso sein, dass sich mehr Menschen in Alpinen Regionen aufhalten und es daher zu vermehrt Einsätzen kommt. Weiteres muss nochmals angeführt werden, dass auch die jeweilige relative Luftfeuchtigkeit eine wesentliche Rolle spielt, wie belastend heiße Tage empfunden werden. Die relative Luftfeuchtigkeit wurde nicht berücksichtigt. In Punkt 6.4 soll die Relevanz bzw. die Wichtigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit nochmals eigens aufgezeigt werden.

(Notabene: für August 2022 sind keine Daten zur Klassifizierung als Hitzewelle vorhanden)

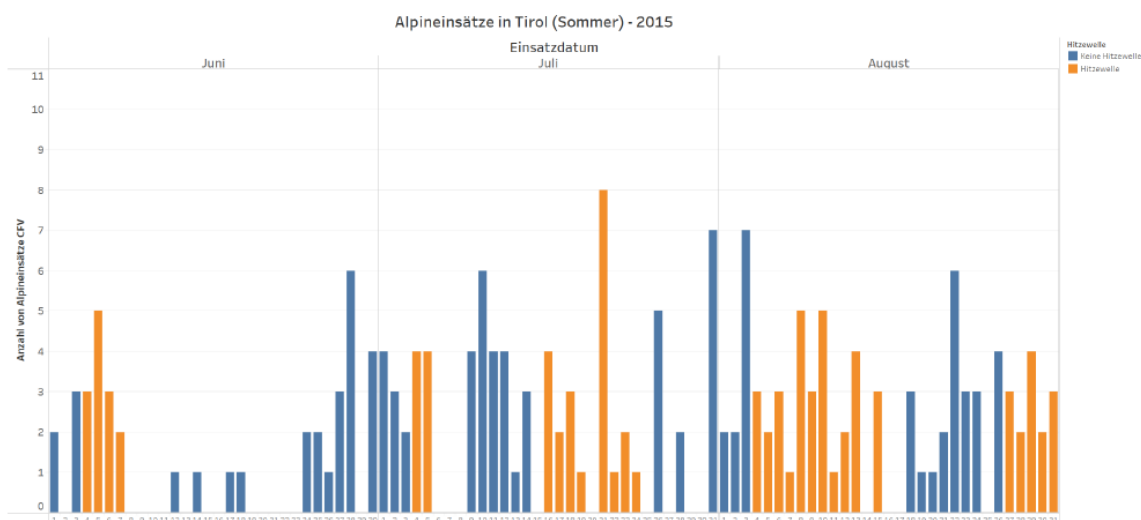


Abbildung 32: Sommer 2015 mit den jeweiligen Alpineinsätzen zu Tage mit und ohne Hitzewellen (Quelle: ÖAMTC Flugrettung)

Exemplarisch in der Abbildung 32 sind die Anzahl der Alpineinsätze an den jeweiligen Wochentagen während Tagen mit und ohne Hitzewelle für den Sommer 2015 abgebildet.

6.4 Temperaturdaten und Hitzeindices in mittlerer alpiner Höhe

Für die Messtation 11706 Seefeld, welche auf 1181 Höhenmeter liegt, wurde für den Zeitraum 01. Juni bis 31. August 2022 über den öffentlich zugängliche Datendienst der Geosphere Austria die Tageshöchstwerte und die dazugehörige relative Luftfeuchtigkeit als Datenreihe ermittelt. Im Anschluss wurden die 10 höchsten Tagesmaxima (Lufttemperatur in 2 Meter) mit der dazugehörigen relativen Luftfeuchtigkeit in eine Excel Tabelle übertragen (Tab.2). Für diese Werte wurden die jeweilige dazugehörige WBGT (Näherungswert, geschätzter Wert) aus der CHART A Tabelle von Ariels Checklist (Abb.17) ermittelt und Farbcodiert nach dem WBGT-Wert zugeordnet. Sowohl Luftfeuchtigkeit bzw. Temperatur wurden dabei jeweils auf gerade Zahlen ab- bzw. aufgerundet. (vgl. HUGGINS et al., 2016).

Aus der Tabelle 5 geht hervor, dass auch in mittleren Höhen es durchaus zu kritischen Hitzestress kommen kann. Teilweise werden Werte erreicht, wo von Seiten der Sportverbände oder Arbeitsmedizinern von sportlichen Tätigkeiten oder ausgiebigen körperlichen Belastungen abgeraten wird.

Tabelle 5: Tageshöchstwerte der Temperatur und der relative Luftfeuchtigkeit Sommer 2022 Seefeld, rel=Luftfeuchtigkeit Tagesmittel, rel07=Luftfeuchtigkeit zum Beobachtungstermin, tmax=Tagesmaximum der Lufttemperatur (eigene Darstellung)

TAG-Datensatz_20220601_20220831-4

Station	time	rel	rel07	tmax	WBGT
11706	2022-06-18T	48.0	66.0	27.3	
11706	2022-06-19T	42.0	57.0	30.0	
11706	2022-06-27T	62.0	64.0	29.0	
11706	2022-07-14T	41.0	76.0	29.8	
11706	2022-07-19T	46.0	63.0	29.4	
11706	2022-07-20T	60.0	59.0	30.5	
11706	2022-07-22T	72.0	83.0	28.9	
11706	2022-07-25T	62.0	73.0	29.8	
11706	2022-08-03T	61.0	83.0	27.4	
11706	2022-08-04T	59.0	79.0	28.5	

Wie die Auswertung in Tabelle 5 zeigt, ist somit in vielen alpinen Regionen mittlerer Höhe in Tirol durchaus während Hitzewellen erhöhte Vorsicht geboten.

Viele Berg-, Wander- und Mountainbike Touren starten z.T. unter 1000 Höhenmeter und daher ist davon auszugehen, dass sich Bergsportler oder Touristen an heißen Tagen in Tirol in gesundheitlich belastende klimatische Bereiche bewegen. So kann zum Beispiel die Innsbrucker Nordkette ausgehend vom Talboden Innsbruck von knappen 600 m. ü. A über diversen Forst- und Alm Wege mit dem Mountainbike befahren bzw. über Wanderwege begangen werden. Fehlende körperliche Belastung, Fähigkeit, höheres Alter, zu wenig Flüssigkeitsaufnahme und unzureichende Tourenplanung sind dann möglicherweise Faktoren, die zu einer relevanten gesundheitlichen Störung durch zusätzliche Hitzebelastung führen können.

7 Zusammenfassung und Conclusio

Der Klimawandel beeinflusst in vielfacher Weise die Umwelt und Menschen in den Ostalpen. Experten sehen durchaus eine Gefährdung von Wanderern, Hochtourengehern, Bergsportlern und Touristen durch zunehmenden Gletscherschwund, Extremwetterereignisse und vermehrt gravitative Massenbewegungen ausgelöst vor allem durch steigende Temperaturen. Gleichzeitig stellen sie aber auch fest, dass sich das Verhalten und somit Exposition und Vulnerabilität der Menschen durchaus geändert hat. Mittlerweile haben sich einige Bergsportarten wie z.B. Skibergsteigen, Berglauf oder Mountainbiken die letzten Jahrzehnte regelrecht zu Breitensport entwickelt. Zeitgleich gibt es in vielen Regionen auch immer mehr Angebote, die Menschen in die Natur und in die Berge locken. Nachdem sich demnach auf der einen Seite die Gefahr, auf der anderen Seite allerdings auch die Anzahl der Personen (Exposition) in den Alpen verändert, ist es demnach nicht abschließend möglich eine Aussage zu treffen, wie stark sich der Klimawandel auf die Einsatzzahlen der Rettungsorganisationen bzw. der Flugrettung in den Ostalpen bzw. im Bundesland Tirol auswirkt.

Zahlen zu Naturereignissen wie etwa Steinschlag und Muren sind, da sie teilweise kleinräumig und weit ab des Siedlungsraumes auftreten zwar teilweise vorhanden, dürften aber mit einer erheblichen Dunkelziffer behaftet sein. Ebenso kann die jeweilige Zahl, wie viele Menschen sich zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem bestimmten alpinen Gebiet befinden, jeweils nur geschätzt werden (vgl. GATTERER et al., 2022). Diese fehlende Basisrate macht es schwierig, Risiken zuverlässig zu berechnen.

Zuverlässig seit Jahrzehnten dokumentiert werden in ganz Österreich meteorologische Daten. Für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und weitere Messdaten besteht somit ein großer wissenschaftlich auswertbarer Datenpool. Unfälle und Notfälle im alpinen Raum werden seit 2014 ebenso, sofern sie über Notrufzentralen offiziell gemeldet werden, von der Alpinpolizei erhoben und dokumentiert. Somit war es bedingt durch Vorliegen dieser beiden Datenpools für diese Arbeit naheliegend zu ermitteln, ob Hitze und Hitzewellen auch in alpinen Regionen Einfluss auf die Einsatzzahlen bzw. das Einsatzspektrum der Flugrettung haben.

Erste Ergebnisse deuten zumindest auf eine Korrelation zwischen hohen Temperaturen und vermehrt Unfällen und Notfällen im alpinen Raum hin. Diese Erkenntnisse decken sich auch mit den höheren Aufnahmehäufigkeiten in der medizinischen Notaufnahme der Klinik Innsbruck während Hitzewellen.

Schlechte Wetterbedingungen führen im Allgemeinen dazu, dass sich weniger Menschen im alpinen Raum aufhalten. Möglicherweise zieht es auch an sehr heißen Tagen mehr Menschen ins Gebirge. Dies sind sicherlich zwei Punkte, die als Limitationen in dieser Arbeit zu werten sind. Zusätzlich wurde für diese Arbeit angenommen, dass die Definition eines Hitzetages bzw. Hitzewellen jeweils am gleichen Tag bzw. gleichen Zeitraum für den

Großraum Innsbruck bzw. für ganz Tirol gilt. Als Referenz wurde für ein jeweiliges Datum der Gittermesspunkt Kranebitter, Innsbruck verwendet. Nicht untersucht wurde daher, ob bei bestehender Hitzewelle in Innsbruck die Definition einer Hitzewelle auch an anderen Messpunkten auf etwa identer Meereshöhe in Tirol vollumfänglich gegeben war.

Conclusio:

In Zusammenschau aller erhobenen Daten und der vorhandenen Literatur zum Thema Hitze und deren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit kann angenommen werden, dass der Klimawandel und insbesondere die zunehmende Hitze und Hitzewellen zu einer Veränderung der Einsatzzahlen und des Einsatzspektrums der Flugrettung im alpinen Raum führt.

Somit kann die Hypothese (H)

„Klimawandel beeinflussen das Einsatzspektrum und die Einsatzzahlen der Flugrettung in den Ostalpen“

mit entsprechender Berücksichtigung der Limitationen als verifiziert betrachtet werden.

8 Fazit und Perspektiven

Zunehmende Hitze wird in Zukunft weltweit zu einer der größten Herausforderungen werden, die es gesamtgesellschaftlich zu bewältigen gilt. Die Auswirkungen der Steigerung der globalen Temperatur macht auch nicht vor alpinen Regionen und der dort tätigen Rettungsorganisationen und der Flugrettung halt. Die Bedrohung durch Hitze und Hitzewellen kann dabei durch Einwirkung unmittelbare auf den menschlichen Organismus schlagend werden oder indirekt über Folgewirkungen. Dazu gehören in den alpinen Räumen z.B. der zunehmende Wassermangel, Gefährdung durch Verlust von Permafrost oder durch an Häufigkeit zunehmende und intensivere Extremwetterereignisse.

Im urbanen Bereich haben Behörden, Rettungsorganisationen und Gesundheitssysteme bereits auf die zunehmende Bedrohung von Hitze reagiert. Viele Länder bzw. Bundeshauptstädte in Österreich haben bereits Hitzeschutzpläne und versuchen somit gegen diese Bedrohung anzukommen (MAGISTRAT DER STADT WIEN, 2022).

Für eine persönliche Risikoeinschätzung von Hochtourengehern, Bergsportlern und Touristen vor Unternehmungen und sportlichen Aktivitäten im alpinen Raum erscheint es sinnvoll, auch die jeweilige vorhergesagte Temperatur oder noch besser Hitzeindizes heranzuziehen und in die Tourenplanung miteinzubeziehen. Besonders die WBGT scheint hier geeignet zu sein, da sie neben der Lufttemperatur noch Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Windgeschwindigkeit mitberücksichtigt. Die Wilderness Medical Society schreibt dazu in ihren Empfehlungen zur Prävention und Therapie von Hitzekrankheit: „WBGT should be used for the assessment of heat Risk“ und klassifiziert diese Aussage gleichzeitig als 1.A Empfehlung. (LIPMAN et al., 2019: 340).

Laut telefonischer Auskunft von Alexander Radlherr, Meteorologe der GeoSphere Austria wird daran gearbeitet, für definierte alpine Regionen in Österreich das täglich aktuelle Hitzerrisiko in hoher Auflösung online zugänglich zu machen. Dabei ist im Zuge eines Projekts des österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit (ÖKAS) in Zusammenarbeit mit GeoSphere Austria geplant, den thermischen Hitzeindex UTCI nutzerfreundlich darzustellen, um so dem User eine individuelle Risikoeinschätzung zu ermöglichen. Vorteil des UTCI-Systems gegenüber der WBGT ist, dass dieser Wert erstens den Einfluss von Wind berücksichtigt und zweitens auch für Kälte geeignet ist. Schlussendlich bleibt es dann in der Verantwortung jedes einzelnen Bergsportlers, Wanderers und Touristen, ob er dieses Angebot auch wahrnimmt und für seine geplante alpine Tour in Bezug auf die Wärmebelastung entsprechende Vorkehrungen trifft.

Für große Sportveranstaltungen im alpinen Raum, wie zum Beispiel der im Juni 2023 in Innsbruck durchgeführten World Mountain and Trail Running Championships sind Risikokonzepte und Präventionsmaßnahmen, die auf Hitze fokussieren, bereits vorgesehen. Entsprechende ausführliche schriftliche Vorgaben und Leitlinien sind in der Regel von den jeweiligen Verbänden bereits ausgearbeitet und müssen von den jeweiligen Veranstaltern

umgesetzt werden. Speziell auf Hitze bezogen gilt es dabei, ausreichend präventive Maßnahmen zu setzen und im Falle einer Hitzeschädigung eines Athleten ausreichend suffizient einzugreifen. Dies geht sogar so weit, dass über den ganzen Streckenverlauf ärztlich betreut eine Akutbehandlung von Hitzeschlägen jederzeit möglich sein muss. Dies beinhaltet auch das Vorhalten von Eisbädern und Equipment zur intensivmedizinischen Behandlung. (vgl. ADAMI et al., 2020)

Im Bereich des Tourismus und des Breitensports im alpinen Raum gilt es in Zukunft sicherlich, vermehrt auf das Risiko von negativer Auswirkung von hohen Temperaturen hinzuweisen. Durch entsprechende Aufklärung, Sensibilisierung, Kampagnen und Riskmanagement im professionellen Leistungssportbereich sollte hier versucht werden, entsprechend präventiv einzugreifen.

Nicht außer Acht gelassen werden darf die Tatsache, dass extreme Temperaturen auch negative Auswirkungen auf die Leistung der eingesetzten Rettungshubschrauber haben. Die in Tirol am meisten verwendeten Notarzt-Hubschrauber des Typs Eurocopter 135 kommen an sehr heißen Tagen in hochalpinen Regionen regelmäßig an ihre Leistungsgrenzen. Bergeverfahren an der Leistungsgrenze von Hubschraubern schmälern den Handlungsspielraum und lassen Rettungsaktionen dadurch nur mehr in einem höheren Risikolevel zu. Bestimmte Bedingungen, wie extreme Hitze über 3000 Metern in Kombination mit den für Tirol typischen Föhnlagen können auch dazu führen, dass Hilfesuchenden mit dem Hubschrauber nicht mehr direkt geholfen werden kann und die Bergeaktion gegebenenfalls terrestrisch durchgeführt werden muss.

Auch für die Flugrettungscrew selbst gilt es in Zukunft ein vermehrtes Augenmerk auf die Belastung im Dienstbetrieb durch Hitze zu richten. Entsprechende atmungsaktive Schutzkleidung, ausreichende Flüssigkeitsaufnahme und Pausen, gesundes Essen und körperliche Fitness eines jeden Einzelnen können hier die Basis eines guten Riskmanagements bzgl. thermischem Stress darstellen. Im täglichen morgendlichen Briefing sollte die Hitzeentwicklung über den Tag, möglichst ausgedrückt durch einen entsprechenden von Wetterdienst zu Verfügung gestellten Index Platz finden. Auch die an besonders heißen und schwülen Tagen typisch auftretenden Extremwetterereignisse sollten antizipierend angesprochen werden. Unmittelbar im laufenden Einsatzbetrieb sind in Zukunft sicherlich die Piloten noch einmal mehr gefordert, vermehrt Augenmerk auf mögliche herannahende Gewitterzellen zu legen. Starkwetterereignisse der letzten Zeit mit extremem Hagel bergen eine enorme Gefahr für die Rettungscrews und die eingesetzten Hubschrauber.

... noch ein Blick in die Zukunft des Bergsteigens:

Georg Kaser, Meteorologe und Mitautor des aktuellen IPCC-Berichtes meint in einem Interview zum Thema Klimawandel und Bergsteigen in bergundsteigen „... wir befinden uns in einer extrem dramatischen Situation. Die Frage, ob man in Zukunft noch Bergsteigen wird können wird sich dann nicht mehr stellen“. Weiters führt er aus: „...,wenn es gelingen würde, das Steuer in den nächsten 10 bis 15 Jahren gänzlich herumzureißen, dann könnten wir eine klimaneutrale, sozial gerechte, ökologisch gesunde und ressourcenschonende Welt schaffen – eine Welt, die viel schöner wäre als die jetzige.

Unsere heutige Gesellschaft ist überdreht und krank, modernes Sklaventum und Ausbeute sind vorherrschend und nichts hält mehr zusammen. Wir wehren uns vor dem Sprung in einen kühlen Bergsee, aber wenn wir den Sprung wagen, ist es fantastisch“ (SCHWANN, 2022: 116-117)

9 Literaturverzeichnis

- ADAMI, P., BERMON, S., GARANDES, F. UND GUADAGNINI;GALA (2020): Competition Medical Guidelines for World Athletics Series Events- A Practical Guide. World Athletics 2020, Monaco.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 2023. Nach Messung auf Fluchthorn: Messergebnisse stehen fest. In: LAND TIROL (ed.) *Pressemeldung 16.06.2023*. Sicherheit - Geoinformation und Karten.
- APA (2022): Marmolata-Gletscher wird laut Experten in 30 Jahren verschwinden. Austria Presse Agentur - Science Redaktion. <https://science.orf.at/stories/3213921/>
- BEGERT, M. UND FREI, C. (2018): Long-term area-mean temperature series for Switzerland—Combining homogenized station data and high resolution grid data. – In: International Journal of Climatology, 38 (6), 2792-2807.
- BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN (2023): Ermittlung und Beurteilung - Hitze. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung/Gefaehrdungsbeurteilung/Hanbuch-Gefaehrdungsbeurteilung/Expertenwissen/Arbeitsumgebungsbedingungen/Klima/Autorenbeitraege/grenzwerte-hitze.html> (16.06.2023).
- CHAPMAN, C. L., HESS, H. W., LUCAS, R. A. I., GLASER, J., SARAN, R., BRAGG-GRESHAM, J., WEGMAN, D. H., HANSSON, E., MINSON, C. T. UND SCHLADER, Z. J. (2021): Occupational heat exposure and the risk of chronic kidney disease of nontraditional origin in the United States. – In: Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 321 (2), R141-r151.
- D'IPPOLITI, D., MICHELOZZI, P., MARINO, C., DE'DONATO, F., MENNE, B., KATSOUYANNI, K., KIRCHMAYER, U., ANALITIS, A., MEDINA-RAMÓN, M., PALDY, A., ATKINSON, R., KOVATS, S., BISANTI, L., SCHNEIDER, A., LEFRANC, A., IÑIGUEZ, C. UND PERUCCI, C. A. (2010): The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. – In: Environmental Health, 9 (1), 37.
- DWD (2023): Das Wetter- und Klimalexikon des DWD. Deutscher Wetterdienst. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html> (23.05.2023).
- ERCC - EMERGENCY RESPONSE COORDINATION CENTRE (2022): Italy - Marmolada Glacier collapse of 3 July. European Commission. <https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/ECHO-Products/Maps#/maps/4124>
- FORMAYER, H., HASS, P., MATIULLA, C., FRANK, A. UND SEIBERT, P. (2009): Untersuchungen regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich. (Endbericht StartClim2004.B, November 2003). – In: Boku-Met Report 5, (5), S.20.
- GATTERER, H., POSCH, M., NIEDERMEIER, M., POCECCO, E., FRÜHAUF, A., MENZ, V. UND RUEDEL, G. (2022): Risiko für Tödliche Unfälle und Notfälle bei verschiedenen Sommer-Bergsportaktivitäten. – In: Österreichisches Kuratorium für alpine Sicherheit Analyse Berg, 34 (2020/21), 30-39.

- GEOSPHERE AUSTRIA (2020): Aus extrem wurde Normal: Sommer in Deutschland, der Schweiz und Österreich immer heißer. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/aus-extrem-wurde-normal-sommer-in-deutschland-der-schweiz-und-oesterreich-immer-heisser> (16.07.2023).
- GEOSPHERE AUSTRIA (2022): Massive Zunahme an Hitzetagen <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/massive-zunahme-an-hitzetagen> (15.07.2023).
- GEOSPHERE AUSTRIA (2023): Hitzalpe Österreich Jahresbericht 2022. – In: *Newsletter Geosphere Austria, Department Klima-Folgen-Forschung*.
- GLADE, T., MERGILI, M. UND SATTLER, K. (2020): Extrema 2019. Aktueller Wissenstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich. Vienna University Press, Göttingen.
- GOUTTEBARGE, V., DUFFIELD, R., HOLLANDER, S. D. UND MAUGHAN, R. (2023): Protective guidelines and mitigation strategies for hot conditions in professional football: starting 11 Hot Tips for consideration. – In: *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 9 (3), e001608.
- GRIMM, G. 1905. Deutsches Wörterbuch von Jacob Grimm und Wilhelm Grimm. Leipzig: Kompetenzzentrum – Trier Center for Digital Humanities Universität Trier.
- HAAS, W., WEISZ, U., MAIER, P., SCHOLZ, F., THEMEL, M., WOLF, A., KRICHBAUM, MICHAEL UND PECH, M. (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit des Menschen. – In: (Hrsg.): CCA Fact Sheet #6. Climate Change Centre Austria, Graz.
- HANSSON, E., GLASER, J., JAKOBSSON, K., WEISS, I., WESSELING, C., LUCAS, R. A. I., WEI, J. L. K., EKSTRÖM, U., WIKSTRÖM, J., BODIN, T., JOHNSON, R. J. UND WEGMAN, D. H. (2020): Pathophysiological Mechanisms by which Heat Stress Potentially Induces Kidney Inflammation and Chronic Kidney Disease in Sugarcane Workers. – In: *Nutrients*, 12 (6),
- HIEBL, J. UND FREI, C. (2016): Daily temperature grids for Austria since 1961—concept, creation and applicability. – In: *Theoretical and Applied Climatology*, 124 (1), 161-178.
- HUGGINS, R., CASA, D. UND EPSTEIN, Y. (2016): Ariel's Checklist. <https://ksi.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/1222/2015/06/Ariels-Checklist.pdf>
- JENDRITZKY, G., BRÖDE, P., FIALA, D., HAVENITH, G., WEIHS, P., BATCHVAROVA, E. UND DEDEAR, R. (2009): Der Thermische Klimaindex UTCI -Klimastatusbericht 2009. – In: *Deutscher Wetterdienst*, 97-101.
- LEYK, D., HOITZ, J., BECKER, C., GLITZ, K. J., NESTLER, K. UND PIEKARSKI, C. (2019): Health Risks and Interventions in Exertional Heat Stress. – In: *Dtsch Arztebl Int*, 116 (31-32), 537-544.
- LIPMAN, G. S. UND GAUDIO, F. (2021): Heat Illnesses. – In: BRUGGER, H., ZAFREN, K. UND FESTI, L. (Hrsg.): *Mountain Emergency Medicine*. Edra, Milland. 371-384.
- LIPMAN, G. S., GAUDIO, F. G., EIFLING, K. P., ELLIS, M. A., OTTEN, E. M. UND GRISSOM, C. K. (2019): Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Heat Illness: 2019 Update. – In: *Wilderness Environ Med*, 30 (4s), S33-s46.
- LOTT, C., TRUHLÁŘ, A., ALFONZO, A., BARELLI, A., GONZÁLEZ-SALVADO, V., HINKELBEIN, J., NOLAN, J. P., PAAL, P., PERKINS, G. D., THIES, K. C., YEUNG, J., ZIDEMAN, D. A. UND SOAR, J. (2021): European

- Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. – In: Resuscitation, 161, 152-219.
- MAGISTRAT DER STADT WIEN (2022): Hitzeaktionsplan der Stadt Wien. Magistrat der Stadt wien, Wien.
- MAYRING, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse : Grundlagen und Techniken. Beltz, Weinheim ; Basel.
- NEITZEL, C. UND OSTFELD, I. (2015): Warme Klimazonen. – In: NEITZEL, C. UND LADEHOF, K. (Hrsg.): Taktische Medizin: Notfallmedizin und Einsatzmedizin. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 486-499.
- ÖAV, SAC, DAV UND AVS (o.J.): bergundsteigen. <https://www.bergundsteigen.com>
- ÖKAS (2021a): Steinschlag Eisriesenwelt. – In: Analyse Berg, Ausgabe Sommer 2021, 98-100.
- ÖKAS (2021b): Unfallbericht Schrankkogel. – In: Analyse Berg, Ausgabe Sommer 2021, 115.
- ÖKAS (2022): Statistik Wandern. – In: Analyse Berg, Sommer 2022 (23), 46-57.
- ÖKAS (2023a): Alpinunfälle in Österreich 2022 - ein Jahresrückblick. Presseaussendung am 5. April 2023. https://alpinesicherheit.at/wp-content/uploads/2023/04/230405_PA_Jahresrueckblick_2022.pdf
- ÖKAS (2023b): Fachmagazin für Alpinunfallanalysen und Alpinunfallstatistik. Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit. <https://alpinesicherheit.at/produkt/analyseberg-winter-2022-23/>
- ÖKAS (2023c): Statistik Mountainbike: mehr Biker, mehr Verletzte. Presseaussendung 21. Juni 2023. https://alpinesicherheit.at/wp-content/uploads/2023/06/230206_PA_BIKEKAMPAGNE_final.pdf
- ÖKAS (2023d): Überblick Alpinunfälle Österreich. – In: Analyse Berg - Sommer 2022, (23), 21.
- OLEFS, M., FORMAYER, H., GOBIET, A., MARKE, T., SCHÖNER, W., FISCHER, A. UND AIGNER, G. (2021): Klimawandel – Auswirkungen mit Blick auf den Tourismus. – In: PRÖBSTL-HAIDER, U., LUND-DURLACHER, D., OLEFS, M. UND PRETTENTHALER, F. (Hrsg.): Tourismus und Klimawandel. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. 19-46.
- PÉRIARD, J. D., EIJSVOGELS, T. M. H. UND DAANEN, H. A. M. (2021): Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. – In: Physiological Reviews, 101 (4), 1873-1979.
- PÖRTNER, H.-O., ROBERTS, D. C., MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., TIGNOR, E. UND (EDS.) (2019): IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing climate. – In: IPCC (Hrsg.): Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York. 755 pp.
- PRADHAN, B., KJELLSTROM, T., ATAR, D., SHARMA, P., KAYASTHA, B., BHANDARI, G. UND PRADHAN, P. K. (2019): Heat Stress Impacts on Cardiac Mortality in Nepali Migrant Workers in Qatar. – In: Cardiology, 143 (1), 37-48.
- PRÖBSTL-HAIDER, U., HÖDL, C., GINNER, K., FALK, M., BORGWARDT, F., FORMAYER, H., OLEFS, M. UND ILLING, K. (2021): Outdooraktivitäten und damit zusammenhängende Einrichtungen im Sommer und in den Übergangszeiten. – In: PRÖBSTL-HAIDER, U., LUND-DURLACHER, D., OLEFS, M. UND PRETTENTHALER, F. (Hrsg.): Tourismus und Klimawandel. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. 123-156.

- SCHMIDT-LAUBER, B. (2017): Die Europäische Ethnologie und die Sommerfrische. – In: Handlungsmacht, Widerständigkeit und kulturelle Ordnungen: Potenziale kulturwissenschaftlichen Denkens. Festschrift für Silke Göttisch-Elten, 208.
- SCHWANN, C. (2022): Der Sprung ins kalte Wasser oder die Erklärung, warum die Frage nach sich verändernden Bedingungen für das Bergsteigen durch den Klimawandel am Ende keine wichtige sein wird - Interview mit Prof. Georg Kaser. – In: Bergundsteigen, Mensch Berge Unsicherheit, 121 (Winter 2022-23), 110-117.
- SCHWANN, C. (2023): Wenn's wärmer wird, sollten wir vielleicht die Taktik ändern. – In: Bergundsteigen, Mensch Berge Unsicherheit, 123/Sommer 23, 94-103.
- SHUKLA, P. R., SKEA, J., SLADE, R., KHOURDAJIE, A. A., VAN DIEMEN, R., MCCOLLUM, D., PATHAK, M., SOME, S., VYAS, P., FRADERA, R., BELKACEMI, M., HASIJA, A., LISBOA, G., LUZ, S. UND MALLEY, J. (2023): IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.
- SORENSEN, C. UND HESS, J. (2022): Treatment and Prevention of Heat-Related Illness. – In: New England Journal of Medicine, 387 (15), 1404-1413.
- STANG, M., WILFINGER, P., WOLF, A., FORMAYER, H., HIEBL, J., ORLIK, A., HINGER, D. UND BAUER, C. (2023): Klimastatusbericht Österreich 2022. – In: CCCA, 6-50.
- STATISTIK AUSTRIA (2023): Ankünfte und Nächtigungen. <https://www.statistik.at/statistiken/tourismus-und-verkehr/tourismus/beherbergung/ankuenfte-naechtigungen>
- STO/NATO (2013): Management of Heat and Cold Stress Guidance to NATO Medical Personnel- Findings of Task Group HFM-187.
- WINKLMAYER, C., MÜLLERS, S., NEIMANN, H., MÜCKE, H.-G. UND AN DER HEIDEN, M. (2022): Heat-related mortality in Germany from 1992 to 2021. – In: Dtsch. Arztebl Int 2022, 119, 451-7.

Kurzfassung

Klimawandel und dadurch ausgelöste Naturereignisse in den Ostalpen bedrohen Bergsportler, Touristen und die dort lebende Bevölkerung. Steinschlag, Felssturz und Muren, aber auch Extremwetterereignisse nehmen zu. Ob und wie weit Klimawandel auch auf die Einsatzzahlen und das Einsatzspektrum der Flugrettung Einfluss nimmt, soll in dieser Arbeit beantwortet werden. Expert:inneninterview und Literaturrecherche liefern einen Überblick über den Einfluss des Klimawandels in den Alpen. Gleichzeitig wird dargestellt, dass sich auch das Verhalten und damit Exposition und Vulnerabilität, aber auch die Anzahl von Bergsporttreibenden und Tourist:innen stark verändert hat. Auch zunehmende Hitze belastet alpine Regionen. Die Auswirkung von Hitzetagen und Hitzewellen auf die menschliche Gesundheit und die Unfallzahlen wird in dieser Arbeit dargestellt. Eine entsprechende Datenerhebung während der Sommermonate 2015-2022 in der medizinischen Notfallaufnahme Innsbruck, im Datensatz der Alpinpolizei und der ÖAMTC Flugrettung bildet hier eine entsprechende Korrelation zwischen Hitze und negativen Ereignissen ab. In der abschließenden Diskussion wird neben limitierenden Faktoren dieser Arbeit gezeigt, dass steigende Temperaturen auch in alpinen Regionen Menschen zunehmend belasten werden und die Flugrettung entsprechend mit mehr Einsätzen und einem geänderten Einsatzspektrum an heißen Tagen rechnen muss.

Abstract

Climate change and the natural events it triggers in the Eastern Alps pose a threat to mountaineers, tourists and the local population. Rockslides, rockfalls and mudslides, as well as extreme weather events, are on the rise. This study aims to investigate whether and to what extent climate change also influences the number and scope of air rescue operations. Expert interviews and literature research provide an overview of the impact of climate change in the Alps. At the same time, it is shown that behaviors, and thus exposure and vulnerability, as well as the number of mountaineers and tourists, have undergone significant changes. Increasing heat also burdens alpine regions. This work presents the effects of hot days and heatwaves on human health and accident rates. Corresponding data collected during the summer months from 2015 to 2022 in the Innsbruck medical emergency room, the alpine police dataset, and the ÖAMTC air rescue service demonstrate a clear correlation between heat and negative incidents. In the concluding discussion, besides addressing the limitations of this study, it is shown that rising temperatures will increasingly burden people in alpine regions, and as a result, air rescue services must anticipate more operations and a modified scope of operations on hot days.



universität
wien

Experteninterview

Handprotokoll Nr. ____

Datum ____ Ort ____

Name des Befragten ____

Alter ____

Beruf 1.

2.

3.

Zustimmungserklärung/Datenschutzmitteilung



Aufnahme Gerät (Speicherplatz, Akku)



Beginn Interview ____:____

Ende Interview: ____:____

Dauer (Min): ____

Gesprächsnotizen:

Postskriptum

Neue Fragestellungen:

Besondere Hinweise, Literatur, Kontakt:

Zitate:

Besonderheiten/Störungen:

Der Einfluss des Klimawandels auf das Einsatzspektrum der Flugrettung im alpinen Raum

Qualitative Datenerhebung durch ein halbstrukturiertes Leitfaden-Interview

Fragebogen Experteninterview (Stand 14.01.2023)

Ziel der Befragung soll sein, dein/ihr Fach, bzw. Praxis- und Handlungswissen bezüglich Klimawandel im alpinen Raum zu erfragen und in einen Kontext zu den daraus potenziell resultierenden Naturgefahren zu bringen.

Hauptfrage (HF)

1. Welche klimatischen Veränderungen beeinflussen den alpinen Raum?

Detailfragen (DF)

- a. Welche alpinen Gefahren steigen durch Klimawandel besonders?
- b. Gibt es Gefahren, die durch den Klimawandel sinken?
- c. Kennen sie Naturereignisse bzw. Unfälle im alpinen Raum, die auf den Klimawandel zurückzuführen sind?

Hauptfrage (HF)

2. Wie wirken sich die genannten Veränderungen auf Touristen (TO), Bergsportler (BS) und auf die im alpinen Raum lebende Bevölkerung (BEV) aus?

Detailfragen (DF)

- a. Stellen sie durch den Klimawandel eine Veränderung des Verhaltens von TO /BS fest, die im alpinen Raum Sport betreiben oder Erholung suchen?
- b. Gibt es Sportarten/Aktivitäten, die im Besonderen durch den Klimawandel betroffen sind?
- c. Wie schätzen sie das Risikobewusstsein der genannten Gruppen ein (TO, BS, BEV)?

Hauptfrage (HF)

3. Welchen Einfluss hat der Klimawandel auf sie persönlich im Rahmen ihrer beruflichen und privaten Tätigkeit im alpinen Raum? Können sie allgemein anwendbare Empfehlungen daraus ableiten?

Abschlussfrage (AF)

Wie könnte aus ihrer Sicht die Flugrettung/alpine Rettung in Zukunft mit den Herausforderungen durch den Klimawandel umgehen?