

Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotenzial

Zentralanstalt für Meteorologie und
Geodynamik

Meteorologisches Institut der
Universität Freiburg



Prof. Dr. Andreas Matzarakis, Dipl.-Met. Christina Endler, Robert Neumcke, Meteorologisches Institut, Universität Freiburg, Werderring 10, D-79085 Freiburg

Dr. Elisabeth Koch, Dr. Ernest Rudel, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 38, A-1190 Wien

Wien, im Juli 2007

StartClim2006.D2

Teilprojekt von StartClim2006

Projektleitung von StartClim2006:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2006 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMGFJ, des BMWF, des BMWA und der Österreichischen Hagelversicherung gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Abstract	5
D2-1 Einleitung	6
D2-2 Stand der Wissenschaft	7
D2-3 Methodik und Daten	11
D2-4 Ergebnisse	15
D2-4.1 Gemessene Daten für den Zeitraum 1950-2005	15
D2-4.2 Klimasimulationen mit dem REMO-Modell	39
D2-5 Schlussfolgerung	46
Literaturverzeichnis	48
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	51

Kurzfassung

Wetter und das Klima zählen neben der geographischen Lage, der Topographie, dem Landschaftsbild, der Vegetation und der Tierwelt zu den natürlichen Faktoren des Tourismus- und Freizeitangebots. Sie sind aber auch limitierende Faktoren und Steuergrößen des Angebots. Aus diesem Grund wird der Klimawandel auch auf den Sommertourismus in Österreich Auswirkungen zeigen.

Im vorliegenden Bericht werden zunächst die meteorologischen und klimatologischen Größen aus der Tourismus-Klimatologie und der Human-Biometeorologie bestimmt, anschließend die Methodik zur Quantifizierung des klimatischen Tourismuspotenzials in Fremdenverkehrsarten erarbeitet und folglich allgemein verständliche Darstellungsdiagramme und Erklärungsschemata zur Beschreibung des Klimas für Fremdenverkehrszwecke entwickelt und eingesetzt. Als erstes wurden die Klimabedingungen für den Zeitraum 1950-2005 auf der Grundlage von Klimadaten der ZAMG ausgearbeitet. Mit Hilfe der vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg berechneten Klimaprojektionen für 1961 – 2050 werden Sommertourismusbedingungen auf der Grundlage von Anzahl von Tagen mit geeigneten Bedingungen für ausgewählte Gebiete untersucht und tourismusrelevant ausgearbeitet.

Es zeigt sich, dass es zu einer Verlängerung der Sommerperiode kommen wird, die allerdings auch von negativen Folgen wie z.B. Hitzestress begleitet sein wird. Die erzielten Ergebnisse und Informationen sind für Fremdenverkehrsanbieter und –behörden und für alle Interessierten hilfreich und bilden eine Basis für Präventions- und Adaptationsmaßnahmen.

Abstract

Weather and climate as well as topographical and orographical conditions, vegetation and fauna play a prominent part in the assessment of tourism and leisure facilities. However, they are limiting and controlling factors too. Therefore climate change will have considerable consequences on summer tourism in Austria. In the project first of all we will determine all the meteorological and climatological factors, which are important for tourism and human biometeorology and then develop a methodology to quantify the climatic tourist potential under a changed climate. Within the project there is the aim to compile and develop simple diagrams for the description of the climate for tourism. The conditions have been analysed based on climate data of the ZAMG in a tourism-climate manner. Additionally, climate scenarios of the climate conditions for 1961 - 2050 calculated by the Max-Planck-Institute for Meteorology in Hamburg have been used in order to quantify the amount of days with acceptable tourism-climate conditions. From the results can be extracted that the summer tourism period will be extended in the future but accompanied with negative impacts a.e. heat waves. The here obtained results and information are helpful for tourism industry and administration and for all who are interested and build the basis for recent and future mitigation and adaptation possibilities.

D2-1 Einleitung

Der Klimawandel, wie schon in den letzten 50 Jahren beobachtet, hat einen erheblichen Einfluss auf die Winterschneedecke. Die Veränderung der Schneedecke und des Wintertourismus ist Gegenstand von mehreren Untersuchungen im Alpenbereich und für die Mittelgebirge gewesen. Die bereits durchgeführten Untersuchungen kommen zum Ergebnis, dass sich die Dicke und Andauer der Schneedecke reduzieren werden und dies sozio-ökonomische und ökologische Folgen haben wird. Die bereits im Einsatz befindlichen bzw. geplante technische Anpassungsmaßnahmen, wie Beschneiungsanlagen, sind nur für höhere Lagen ab 1200 m bzw. 1500 m geeignet, weil die technischen Voraussetzungen (Lufttemperaturen kleiner 4 °C) nicht gegeben sind oder die technische Infrastruktur nicht ausreicht (limitierte Beförderungskapazität und niedrige Besucherfrequenz). Allerdings steht der Verkürzung der Wintersportsaison durch wärmere Klimabedingungen eine Veränderung der Sommertourismusteilnahme entgegen. Eine Untersuchung des Umweltbundesamtes von Deutschland besagt hinsichtlich des Sommertourismus, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf den Sommertourismus vielschichtiger und weniger vorhersagbar sind und somit keine speziellen Strategien zur Anpassung formuliert werden können (UBA, 2005).

Schon durchgeführte Untersuchungen für Österreich z.B. das ACTIVE-Projekt (Austrian Climate and Tourism Initiative (Koch et al., 2005)) haben gezeigt, dass auf der Grundlage von modernen human-biometeorologischen und tourismus-klimatologischen Methoden, das Klimapotenzial für spezielle Anwendungen, wie Tourismus, anders und genauer abgeschätzt werden kann. Hierfür werden moderne Bioklimaindizes (Physiologisch Äquivalente Temperatur oder Predicted Mean Vote) angewendet, die auf Grundlage der Energiebilanz des Menschen beruhen und den Einfluss der thermischen Umgebung des Menschen beschreiben und quantifizieren können. Die im Rahmen von ACTIVE erzielten Ergebnisse liefern Information auf monatlicher Basis für den Zeitraum 1991-2000, geben jedoch nur eine retrospektive Analyse und keine Projektion für die zukünftig zu erwartenden Klimabedingungen. Der Vorteil der modernen Bioklimaindizes liegt darin, dass man eine integrale Bewertung durchführen kann, die den Einfluss von meteorologischen/klimatologischen Größen (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und kurz- und langwellige Strahlungsflüsse) und die für den Menschen spezifischen thermo-physiologischen Parameter (Aktivität und Bekleidung) berücksichtigt. Die bereits existierenden Methoden aus der Tourismus-Klimatologie und Human-Biometeorologie erlauben eine Analyse des Sommertourismuspotezials unter veränderten Klimabedingungen (Koch et al., 2005, Rudel et al., 2005, de Freitas, 2003, Matzarakis, 2006, 2007)

Neueste Untersuchungen der Klimaprojektionen u.a. des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg liefern hochaufgelöste räumliche (10 km) und zeitliche (Tagesauflösung) Daten für die Zeiträume 1961 – 2050 zur Analyse und Bewertung des Klimas für den Sommertourismus (Jacob et al., 2001).

D2-2 Stand der Wissenschaft

Für die Beschreibung und Quantifizierung des Klimas einer Region bedient sich die Tourismus-Klimatologie Methoden aus der angewandten Meteorologie und Klimatologie sowie aus der Human-Biometeorologie (Harlfinger, 1985, VDI, 1998, Matzarakis und de Freitas, 2001, Matzarakis et al., 2004, Matzarakis, 2006)).

Die bis jetzt eingesetzten Methoden zur Beschreibung des Klimas für den Fremdenverkehr (Lecha und Shackleford, 1997, Schackleford und Olson, 1995) beruhen auf einfachen Ansätzen, die meteorologische Parameter kombinieren wie z.B. der Klima-Index von Davies (1968). Die vorhandenen Klima-Tourismus-Indizes haben alle den Nachteil, dass sie nicht alle notwendigen Parameter wie Strahlungsflüsse oder auch Windgeschwindigkeit zur Beschreibung des Klimas für Tourismuszwecke berücksichtigen und somit nur für bestimmte Klimaregionen anwendbar sind. Sie können nur auf Jahres- oder Monatsbasis bestimmt werden und sind nicht anwendergerecht getestet worden (Matzarakis, 2006).

Der bekannteste und bis heute oft angewandte Tourismus-Klima-Index (TCI) wurde von Mieczkowski (1985) entwickelt. Der TCI besteht aus einer Kombination von sieben Parametern, wobei drei davon Einzelparameter und zwei bioklimatische Kombinationsgrößen sind (Gl. 1):

$$TCI = 8 * C_{Id} + 2 * C_{Ia} + 4 * R + 4 * S + 2 * W \quad (1).$$

In Gleichung (1) stellt C_{Id} den Komfort-Index während des Tages dar, bestehend aus dem täglichen Maximum der Lufttemperatur $T_{a,max}$ (°C) und dem täglichen Minimum der relativen Luftfeuchtigkeit RH (%), C_{Ia} ist der tägliche thermische Komfort-Index, bestehend aus dem Tagesmittelwert der Lufttemperatur (°C) und der mittleren relativen Luftfeuchtigkeit (%), R ist der Niederschlag (mm), S die tägliche Sonnenscheindauer (h) und W der Tagesmittelwert der Windgeschwindigkeit (m/s). Im Gegensatz zu anderen Klima-Indizes ist jeder beitragende Faktor klassifiziert und kann bis zu fünf Punkte erreichen. Außerdem ist er gewichtet und ermöglicht TCI-Werte bis 100. TCI Werte ≥ 80 bedeuten exzellente Bedingungen und TCI-Werte zwischen 60 und 79 beschreiben gute bis sehr gute Bedingungen. Niedrigere TCI-Werte (zwischen 40 – 59) beschreiben akzeptable Bedingungen, aber Werte < 40 implizieren schlechte bzw. schwierige Bedingungen für den Tourismus (Abegg 1996, Mieczkowski 1985).

Die verwendeten Klima-Indizes haben jedoch gewisse Nachteile. Sie berücksichtigen, aus der Sicht der angewandten Klimatologie und Human-Biometeorologie, den Einfluss der kurz- und langwelligen Strahlung nicht (Matzarakis und Mayer, 1996, Matzarakis et al., 2000, 2007). Dieser Einfluss kann aber auf der Grundlage von Bewölkungsinformationen bestimmt werden (VDI, 1998, Matzarakis et al., 2007). Ein weiterer Nachteil des TCI ist, dass bei der Bestimmung des thermischen Komforts nur die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit berücksichtigt werden und er somit im Allgemeinen keine thermo-physiologische Relevanz aufweist. Die vollständige Bewertung des thermischen Bioklimas ist nur mit dem Einsatz von Energiebilanz-Modellen des Menschen gewährleistet, die schon im Projekt ACTIVE für die bioklimatische Landschaftszonierung von Österreich Anwendung fanden. Die notwendigen Methoden existieren bereits und konnten somit für Österreich eingesetzt werden. Das thermische Bioklima des Menschen mit den thermischen Indizes wie PMV (Predicted Mean Vote) (Fanger, 1972), PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) (Matzarakis und Mayer 1997, VDI, 1998, Höpfe 1999, Matzarakis et al., 1999), SET* (Standard Effective Temperature) (Matzarakis 2001) oder OUT_SET* (de Dear and Pickup, 1999) und Gefühlte Temperatur (Matzarakis, 2001)

geben zwar detaillierte Informationen über das thermische Empfinden von Menschen sowie über die thermische Belastung wieder und bilden folglich aber nur eine Facette in der Beurteilung der klimatischen Bedingungen für die Belange des Fremdenverkehrs.

In der Human-Biometeorologie wird üblicherweise bei den Wirkungen der atmosphärischen Umgebung mit dem Menschen nicht von der Wirkung eines einzelnen Parameters ausgegangen, sondern von einer Akkordwirkung von verschiedenen atmosphärischen Größen. Hier werden die Akkordwirkungen in Wirkungskomplexe unterteilt (VDI, 1998, Matzarakis, 2001, WMO, 1999, Kaiser, 2002). Die für den Fremdenverkehr wichtigen Wirkungskomplexe sind:

- der thermische Wirkungskomplex,
- der lufthygienische Wirkungskomplex,
- der aktinische Wirkungskomplex,
- der Lärm,
- die Gerüche.

Der thermische Wirkungskomplex umfasst die meteorologischen Elemente Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlungsflüsse, die sich thermo-physiologisch auf dem Menschen auswirken. Die Bewertung des thermischen Wirkungskomplexes erfolgt mit thermischen Indizes, die auf der Energiebilanz des Menschen beruhen (VDI, 1998, Matzarakis, 2001).

Der lufthygienische Wirkungskomplex beinhaltet die festen, flüssigen und gasförmigen natürlichen und anthropogenen Luftbeimengungen, die gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen haben. Die lufthygienischen Bedingungen hängen maßgeblich von der Emission, Transmission und Immission von Luftverunreinigungen ab, aber auch von den meteorologischen Größen wie Schichtung, Wind, Niederschlag sowie Luftfeuchtigkeit und Sonnenstrahlung. Die Bewertung der lufthygienischen Komponente erfolgt mit lufthygienischen Indizes (EPA, 1999, Mayer et al., 2002).

Der aktinische Wirkungskomplex umfasst den sichtbaren und ultravioletten Bereich der Sonnenstrahlung, der eine direkte biologische Wirksamkeit hat, die über die Wärmewirkung hinausgeht. Die Bewertung bzw. Wirkung der für den Menschen schädlichen UV-Strahlung kann sehr gut mit den UV-Index erfasst werden (Kiefer, 1977, Bühring und Jung, 1992, WHO, 2002).

Gerüche beeinträchtigen das Wohlbefinden des Menschen und stellen einen Belastungsfaktor dar. Die Beurteilung der Gerüche kann mit verschiedenen Methoden erfasst werden (VDI, 1993).

Lärm stellt ebenfalls für den Menschen eine physiologische Belastung dar, deren Ausmaß mit zunehmender Lärmintensität und –dauer ansteigt. Die Bewertung des Lärms erfolgt mit physikalischen Methoden (TA Lärm, 1968, VDI, 1985, IMBW, 1994).

In der Tourismus-Klimatologie geht man ebenfalls von verschiedenen Facetten bzw. Komponenten aus (Tab. 1). De Freitas (1990, 2001, 2003) unterteilt diese Facetten in

- ästhetisch,
- physikalisch,
- thermisch,

und gibt deren Bedeutung und Wirkung an.

Die ästhetische Komponente bzw. Facette beinhaltet Größen oder Faktoren wie die Sonnenscheindauer bzw. Bewölkung, Sichtweite und Tageslänge.

Die physikalische Facette berücksichtigt die Größen Wind, Regen, Schnee, Eis, Wetterbedingungen, Luftqualität, UV-Strahlung, Gerüche und Lärm.

Die thermische Facette berücksichtigt die integrale Wirkung des thermischen Milieus und ist deckungsgleich mit dem thermischen Wirkungskomplex aus der Human-Biometeorologie.

Tab. D2-1: Klimafacetten, deren Signifikanz und Wirkung (nach de Freitas, 2003, Matzarakis, 2006, modifiziert)

Klimafacetten	Signifikanz	Wirkung
Ästhetisch Sonnenscheindauer/ Bewölkung Sichtweite Tageslänge	Erlebnisqualität Erlebnisqualität Annehmlichkeit	Genuss, Attraktivität Genuss, Attraktivität Verfügbares Tageslicht
Physikalisch Wind Regen Schnee Eis Extremes Wetter Luftqualität UV-Strahlung Gerüche Lärm	Belästigung Belästigung, Reiz Winter Sport/Aktivitäten Belästigung, Gefahr Belästigung, Gefahr Gefahr, Unattraktivität Belästigung Belästigung	Verwehte Sachen, Sand, Staub, ... Nässe, reduzierte Sichtweite, Genuss Teilnahme an Sportaktivitäten Verletzungsgefahr, Verletzung von Eigentum Alles Gesundheit, Wohlbefinden, Allergien Gesundheit, Sonnenbräune und –brand Attraktivität Attraktivität
Thermisch Synerget. Wirkung von Lufttemperatur, Wind, kurz- und langwelliger Strahlung, Luftfeuchte, metabolische Rate, Bekleidung	Thermischer Komfort/Belastung Therapeutisch, Erholsam	Umweltstress Physiologischer Stress Hypothermie Hyperthermie Potenzial für Rehabilitation

Weitere Faktoren bilden die Mobilitäts- und Aktivitätskomponente von Besuchern und Touristen, die in der naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise nicht berücksichtigt werden, aber sinnvoll sind.

Aus dem Stand der Wissenschaft wird ersichtlich, dass keine integrale Methode zur Bestimmung bzw. Bewertung des Wetters oder des Klimas für den Tourismus bzw. den Fremdenverkehr existiert. Verschiedene Tagungen (WTO, 2003) und Workshops (Matzarakis und de Freitas, 2001, Matzarakis et al., 2004) zu Beginn des 21. Jahrhunderts sowie neueste Erkenntnisse aus der Fachliteratur (de Freitas, 2003, Amelung et al., 2004, Matzarakis et al., 2004, Matzarakis, 2006, 2007) haben gezeigt, dass das Klima für den Tourismus ein wichtiger Faktor ist, ein Bedarf besteht und daran geforscht wird

(Matzarakis et al., 2004). Die Methoden sind momentan noch in der Entwicklungsphase und werden hier eingesetzt (Matzarakis und de Freitas, 2005, Matzarakis, 2007).

D2-3 Methodik und Daten

„Wetter und Klima“ prägen nicht nur das touristische Angebot, sondern auch die Nachfrage. Sie beeinflussen u.a. die Entscheidung, wohin die Reise geht bzw. welche Aktivitäten ausgeübt werden. Die klimatischen Gegebenheiten spielen in den drei Phasen der Reise: vor, während und danach eine entscheidende Rolle (Abegg, 1996, Matzarakis, 2006). Die meteorologischen bzw. klimatischen Bedingungen beeinflussen auch die Gestaltung des Tagesablaufes.

Zusammengefasst kann Folgendes festgestellt werden:

- „Wetter und Klima“ sind limitierende Faktoren im Tourismus.
- „Wetter und Klima“ sind Steuergrößen der touristischen Nachfrage.

Unter „Wetter und Klima“ versteht man nicht nur die Lufttemperatur und den Niederschlag, sondern die ganze Palette der meteorologischen Größen und Phänomene der „atmosphärischen Umwelt“ (Matzarakis, 2006). Die Beschreibung und Bewertung des aktuellen Wetters und der klimatischen Bedingungen sind Grundbestandteil der Tourismus-Klimatologie (Matzarakis und de Freitas, 2001, Matzarakis et al., 2004). Kenntnis dieser Bedingungen bildet die notwendige Grundlage für das Tourismuspotenzial eines Ortes oder einer Region (Matzarakis, 2006). Die Quantifizierung und Beschreibung des Klimas einer Region für Tourismusbelange erfolgt über den in Kapitel D2-2 beschriebenen TCI.

Da die Bewertung des thermischen Bioklimas des Menschen mit thermischen Indizes (PMV, PET, SET) lediglich nur eine Facette in der Beurteilung der klimatischen Bedingungen für die Belange des Fremdenverkehrs abbilden, müssen zusätzliche Facetten und Faktoren aus der Human-Biometeorologie und Tourismus-Klimatologie bei der Analyse des Klimas für zukünftige Tourismusfragestellungen berücksichtigt werden.

Die hier eingeschlagene Methode beruht auf der Implementation von thermischen/human-biometeorologischen, physikalischen und ästhetischen Faktoren, die die meisten Faktoren und Größen zur Beschreibung des Klimas für den Tourismus beinhalten (de Freitas, 2001, 2003, Matzarakis, 2006, 2007). Im Detail werden berücksichtigt:

- a) grundlegende Klimagrößen (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Bedeckungsgrad, Niederschlag) auf Tagesbasis, die für viele Stationen verfügbar sind,
- b) Hochaufgelöste zeitliche Informationen auf der Basis von Monatsdekaden (Aufteilung der einzelnen Monate in drei Intervalle),
- c) Analyse von klimatischen und bioklimatischen Bedingungen basierend auf Häufigkeitsklassen und Schwellenwerten auf der Grundlage von PET,
- d) Berücksichtigung des thermischen Komforts, der Wärme- und Kältebelastung und der „Schwüle“,
- e) Berücksichtigung des Niederschlags und dessen Höhe als beeinflussende Faktoren,
- f) Berücksichtigung der Nebelhäufigkeit und der Sonnenschein-/ Bewölkungsverhältnisse,
- g) Berücksichtigung der Extremwindsituationen.

In der ersten Phase des Projektes werden die Daten von Stationen der ZAMG für lange Zeitreihen im Nord-Süd- und Ost-West-Transekt mit der Höhe sowie tourismus-

klimatisch orientiert analysiert (Koch et al., 2005, Matzarakis et al., 2004, Matzarakis, 2006).

Die Daten der elf ausgewählten Stationen (Tab. D2-2) umfassen vom Zeitraum 1950-2005 und umfassen folgende Parameter:

- Tagesmaximum der Lufttemperatur (°C),
- Tagesminimum der Lufttemperatur (°C),
- Lufttemperatur um 14 Uhr (°C),
- Relative Luftfeuchtigkeit um 14 Uhr (%),
- Windgeschwindigkeit um 14 Uhr (m/s),
- Bedeckungsgrad um 14 Uhr (1/8),
- Tagesmittelwert der Windgeschwindigkeit (m/s),
- Sonnenscheindauer (h),
- Tägliche Niederschlagssumme (mm).

Eine weitere Möglichkeit für die Integration von Klima/Bioklimainformationen für Tourismus-zwecke stellt das Klima-Tourismus-Informationen-Schema (CTIS) dar. Auf der Grundlage der Häufigkeitsdarstellungen werden bedeutende bioklimatische und klimatische Parameter in ein Schema integriert und prozentual angegeben. Zusätzlich können die Häufigkeiten von Extremereignissen dargestellt werden. Die Angabe von Ereignissen entsprechend der Region kann, je nachdem ob es für saisonalen oder ganzjährigen Tourismus benötigt wird, einfach erfolgen.

Aus den zur Verfügung stehenden Daten werden auf der Grundlage der VDI-Richtlinie 3787 (VDI, 1998) die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) berechnet. Für die Bewertung der thermischen Umgebung des Menschen werden die klimatischen (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlungsflüsse) und thermo-physiologischen Faktoren (Kleidung und Aktivität) berücksichtigt. Aus diesem Datensatz werden die Häufigkeiten von PET-Klassen berechnet, die auch im Rahmen vom ACTIVE-Projekt als Grundlage dienen (Koch et al., 2005). Die Häufigkeitsberechnungen der PET-Klassen erfolgen hier in 10-Tagesintervallen (Aufspaltung der Monate in drei Intervalle). Die Analyse umfasst mittlere Werte von Tagen mit verschiedenen Überschreitungen von Schwellenwerten. Die Analyse der anderen Komponenten, z.B. Niederschlag, erfolgt ebenfalls in 10-Tagesintervallen in Form von Klassen und Häufigkeiten (Matzarakis, 2007).

Für die vorliegende Untersuchung sind die prozentualen Häufigkeiten der folgenden Größen bzw. Parameter ausgewählt worden:

- Thermische Eignung (PET zwischen 18 °C und 29 °C),
- Hitzestress (PET > 35 °C),
- Kältereiz (PET < 0 °C),
- Sonnenreichtum (Bedeckungsgrad < 5/8),
- Nebel (relative Luftfeuchtigkeit > 93 %),
- Schwüle (Dampfdruck > 18 hPa),
- Kein Niederschlag (Niederschlag < 1 mm),
- Langer Regen (Niederschlag > 5 mm),
- Sturm (Windgeschwindigkeit > 8 m/s).

Tab. D2-2: Ausgewählte Stationen und Koordinaten

Station	Geogr. Länge	Geogr. Breite	Höhe (m)
Obergurgl	11.027	46.868	1938
Wien-Hohe Warte	16.356	48.249	198
Klagenfurt	14.333	46.650	447
Graz-Universität	15.448	47.080	366
Innsbruck-Universität	11.385	47.261	577
Sonnblick	12.958	47.054	3105
Villacher Alpe	13.673	46.604	2140
Salzburg-Flughafen	13.002	47.801	430
Badgastein	13.133	47.117	1100
Feldkirch	9.600	47.267	439
Hoersching	14.191	48.241	298

Für die Durchführung der Untersuchung wurden gemessene Daten und Klimaprojektionen benutzt. Grundlage für die Analyse von gemessenen Daten bilden elf ausgewählte Stationen des Klimamessnetzes der ZAMG (Tab. D2-2). Die ausgewählten Stationen wurden nach folgenden Kriterien ausgesucht:

- Lange Zeitreihen (1950 – 2005) und Verfügbarkeit der Datenreihen für die Klimatermine 7, 14 und 19 MEZ,
- Repräsentanz eines Nord-Süd- und Ost-West-Gradienten,
- Repräsentanz eines Höhengradienten.

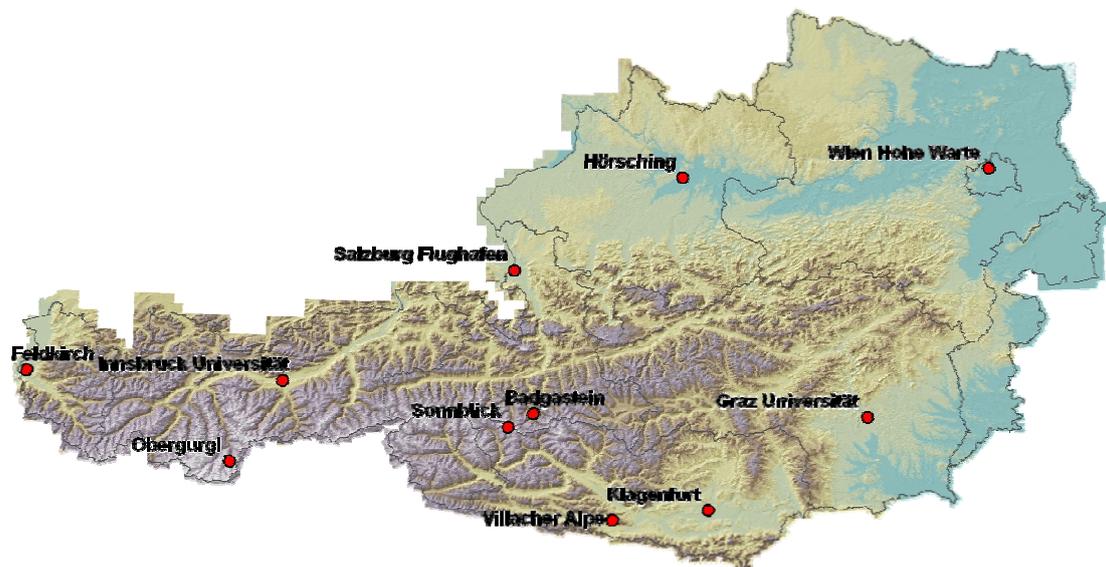


Abb. D2-1: Geographische Verteilung der verwendeten Stationen

Die neuesten Klimaprojektionen, die mit dem REMO-Modell (Jakob et al., 2001) vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg gerechnet wurden, liefern hoch aufgelöste räumliche (10 km) und zeitliche (Tagesauflösung) Daten, die für die Zeiträume 1961 – 2000 und 2001 – 2050 zur Analyse und Bewertung des Klimas für Sommertourismus verwendet werden.

D2-4 Ergebnisse

D2-4.1 Gemessene Daten für den Zeitraum 1950-2005

Alle Berechnungen wurden für 14 Uhr durchgeführt, außer dem Niederschlag der die Tagessumme repräsentiert. Die Analyse der Eingangsdaten und der berechneten Daten wurde auf der Grundlage von klimatischen, human-biometeorologischen und tourismusklimatologischen Verfahren nach folgender Vorgehensweise durchgeführt:

- Analyse des thermischen Bioklimas auf der Grundlage von PET:
 - Häufigkeitsklassen für 10-Tagesintervalle für den Zeitraum 1950-2005,
 - Berücksichtigung der PET-Klassen nach Matzarakis und Mayer (1996),
 - Berücksichtigung des langjährigen Mittels, des absoluten Maximums und des Minimums von PET,
 - Berücksichtigung der Tage mit sehr starker thermischer Belastung (Anzahl der Tage mit $PET > 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$),
 - Berücksichtigung der Tage mit starker thermischer Belastung (Anzahl der Tage mit $PET > 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$),
 - Berücksichtigung der Tage mit „mäßiger“ thermischer Belastung (Anzahl der Tage mit $PET > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$),
 - Berücksichtigung der Tage mit neutraler bis mäßiger thermischer Belastung (Anzahl der Tage mit $PET > 18$ und $< 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$),
 - Berücksichtigung der Tage mit thermische Behaglichkeit und leichter Belastung (Anzahl der Tage mit $PET > 15$ und $< 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Analyse des Niederschlags und weiterer physikalischer und ästhetischer Faktoren:
 - Häufigkeitsklassen für 10-Tagesintervalle des Niederschlags für den Zeitraum 1950-2005,
 - Berücksichtigung der Niederschlagsklassen: kein Niederschlag, $< 1 \text{ mm}$, $1-3 \text{ mm}$, $3-5 \text{ mm}$, $5-10 \text{ mm}$, $10-15 \text{ mm}$, $15-20 \text{ mm}$ und $> 20 \text{ mm}$,
 - Berücksichtigung der langjährigen Monatssummen des Niederschlags,
 - Berücksichtigung des langjährigen Mittels und des absoluten Maximums des Niederschlags,
 - Berücksichtigung der Anzahl der Tage mit Nebel (Schwellenwert der relative Luftfeuchtigkeit von $93 \text{ } \%$),
 - Berücksichtigung der Anzahl der Tage mit hoher Windgeschwindigkeit (Schwellenwert der Windgeschwindigkeit von 8 m/s),
 - Berücksichtigung der Tage mit „Schwüle“ (Schwellenwert des Dampfdrucks von 18 hPa),
 - Berücksichtigung sonnenreicher Tage (Schwellenwert des Bedeckungsgrads $< 5/8$).
- Darstellung des CTIS (Klima-Tourismus-Informationen-Schema) für den gesamten Zeitraum für 10-Tagesintervalle und unter Berücksichtigung von:
 - Thermischer Eignung ($PET > 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und $< 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$),

- Hitzestress (PET > 35 °C),
- Kältestress (PET > 0 °C),
- Sonnenreichtum (Bedeckungsgrad < 5/8),
- Nebel (relative Luftfeuchtigkeit > 93 %),
- Schwüle (Dampfdruck > 18 hPa),
- trockene Tage (Tage mit Niederschlag < 1 mm),
- nasse Tage (Tage mit Niederschlag > 5 mm),
- windige Tage (Tage mit Windgeschwindigkeit > 8 m/s).
- Trends von CTIS-Faktoren für den Zeitraum 1950 – 2005:
 - Mittelwert von PET (°C),
 - Absolutes Maximum von PET (°C),
 - Absolutes Minimum von PET (°C),
 - Anzahl der Tage mit PET > 25 °C,
 - Anzahl der Tage mit PET > 30 °C,
 - Anzahl der Tage mit PET > 35 °C,
 - Jährliche Niederschlagssumme (mm),
 - Maximale Niederschlagssumme (mm),
 - Sonnenreiche Tage (Bedeckungsgrad < 5/8),
 - Nebel (relative Luftfeuchtigkeit > 93 %),
 - Schwüle (Dampfdruck > 18 hPa),
 - Windige Tage (Tage mit Windgeschwindigkeit > 8 m/s).

Die vier oben beschriebenen Vorgehensweisen und ihre entsprechenden Parameter sowie deren Darstellung in 10-Tagesintervallen berücksichtigen die wichtigsten tourismus-klimatologischen Faktoren und Facetten und sind zudem auch leicht verfügbar bzw. berechenbar.

Die jeweils erstellten drei Diagramme (PET-Diagramm, Niederschlagsdiagramm und CTIS-Diagramm) sowie die Tabellen mit den Trends von ausgewählten CTIS-Faktoren sind im Nachfolgenden für die elf ausgewählten Stationen aus dem Klimamessnetz des ZAMG dargestellt und besprochen.

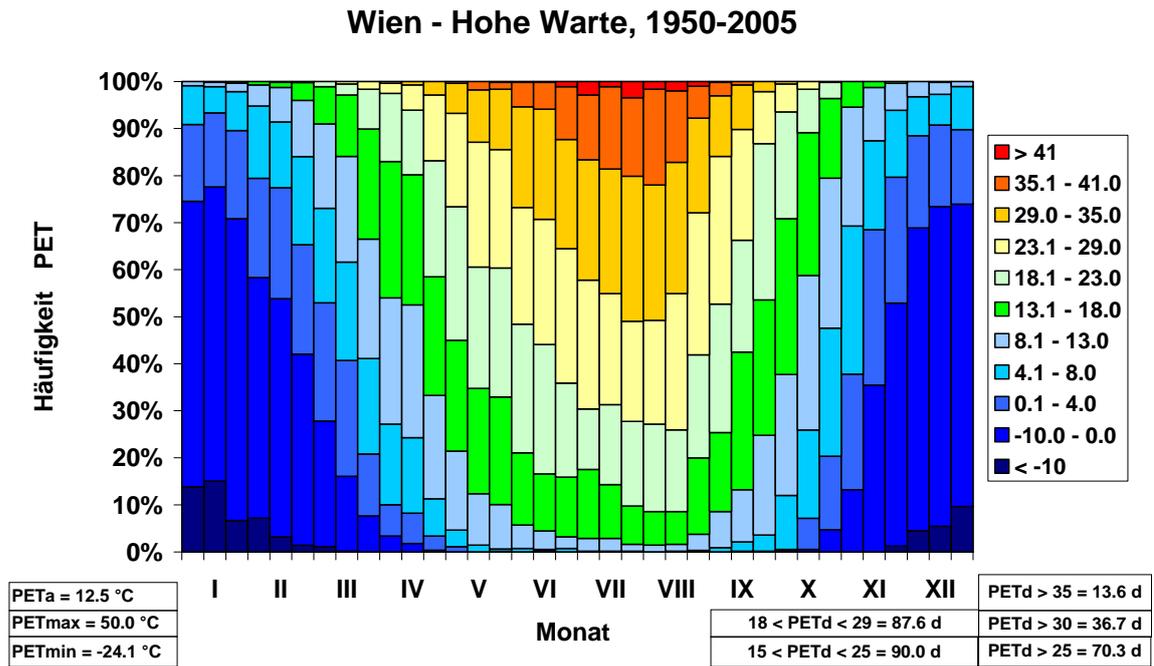


Abb. D2-2: PET-Diagramm für Wien – Hohe Warte für den Zeitraum 1950-2005

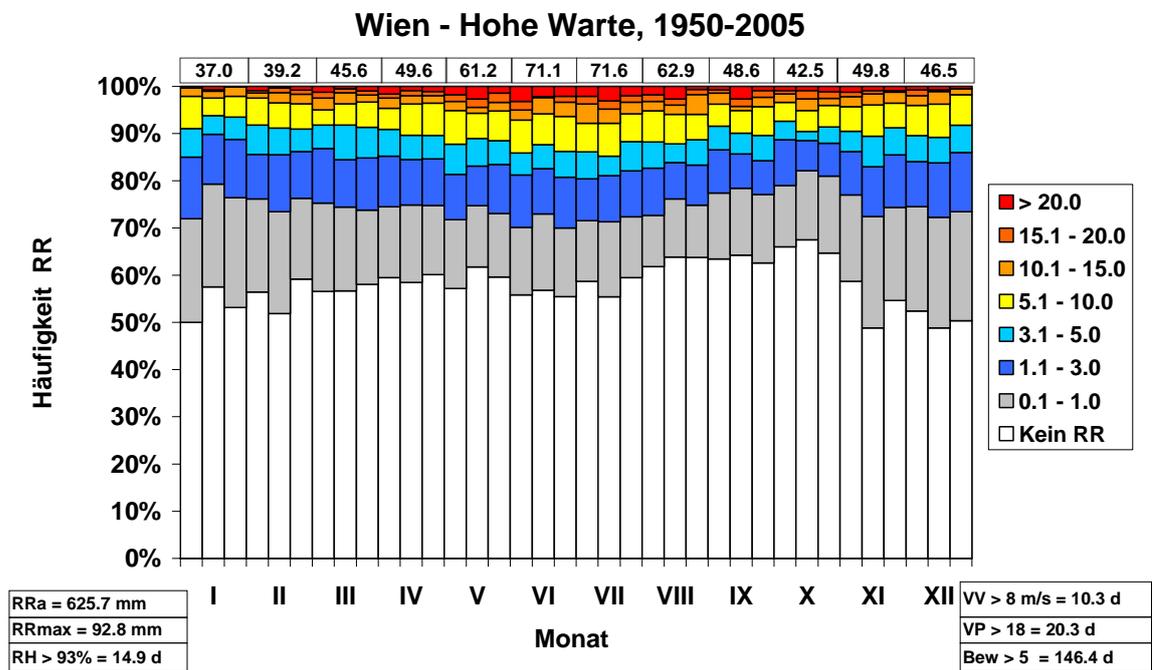


Abb. D2-3: Niederschlagsdiagramm für Wien – Hohe Warte für den Zeitraum 1950-2005

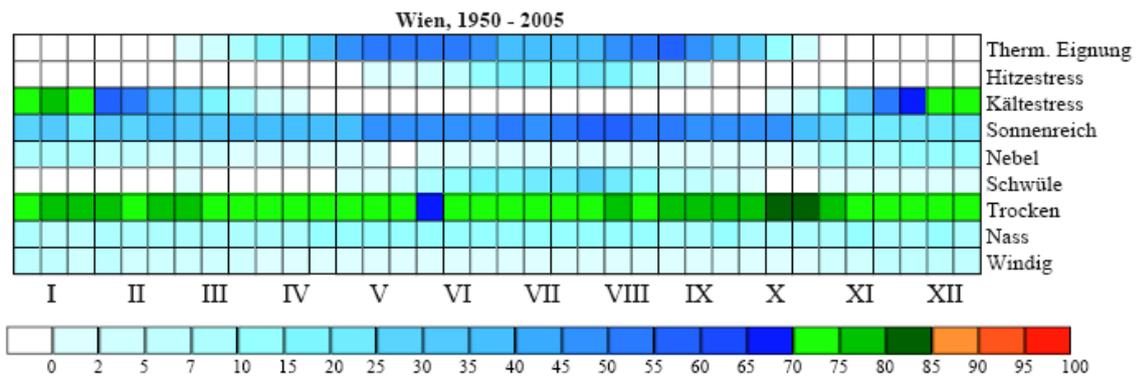


Abb. D2-4: CTIS-Kennzahlen für Wien – Hohe Werte für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-3: CTIS für Wien - Hohe Werte für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	12.6	12.2	11.7	12.5	13.0	13.1
PETmax [°C]	49.4	45.1	46.4	47.0	50.0	44.9
PETmin [°C]	-24.1	-20.3	-17.5	-21.1	-17.0	-19.9
PETd > 25 [d]	71.5	70.7	58.1	71.2	74.2	82.0
PETd > 30 [d]	37.9	37.6	26.6	35.4	41.9	45.0
PETd > 35 [d]	13.3	15.5	9.0	11.2	16.6	18.8
RRa [mm]	645.2	630.8	602.4	586.5	668.7	611.2
RRmax [mm]	92.8	70.6	78.1	59.5	84.9	77.1
RH > 93% [d]	11.2	11.7	13.0	22.4	18.2	12.0
Bew < 5 [d]	141.5	143.3	135.7	150.8	158.2	151.8
VP > 18 [d]	17.2	17.2	11.5	19.3	27.7	38.6
VV > 8 m/s [d]	15.0	15.0	11.7	5.9	4.3	8.0

Aus den Abbildungen D2-2 bis D2-4 wird ersichtlich, dass thermisch behagliche Bedingungen in Wien – Hohe Werte durchschnittlich an 87,6 Tagen im Jahr auftreten. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme liegt bei 625,7 mm. Dabei ist ein leicht negativer Trend von 1950 bis 1990 zu verzeichnen. Die Anzahl der Tage mit Sturmtätigkeit nahm ebenfalls von 1950 bis 2000 kontinuierlich ab (vgl. Tab D2-3). Die mittlere PET (PETa) erfährt ab 1971 eine leichte stetige Zunahme. Auch die Tage mit mäßiger (PETd > 30) sowie starker (PETd > 35) Wärmebelastung und Schwüle nehmen zu. Waren es in den 1950er Jahren 37,9, 13,3 und 17,2 Tage, so stieg die Zahl in den Jahren 2001-2005 auf 45,0 und 18,8 für mäßige und starke Wärmebelastung. Die Zahl der schwülen Tage erhöhte sich um das 2,25-fache und liegt zu Beginn des 21. Jahrhunderts bei 38,5. Die Bewölkung ist im Mittel an 146,4 Tagen kleiner als 5 Achtel. Die Tendenz geht hin zu bewölkungsärmeren Tagen. Das CTIS-Diagramm (Abb. D2-4) zeigt, dass in Wien die Periode mit thermischer Eignung Anfang März beginnt und Ende Oktober endet. Hitzestress ist von Ende Juni bis Ende September anzutreffen. In Sommermonaten können bis zu 25 % der Tage mit Hitzestress belastet sein.

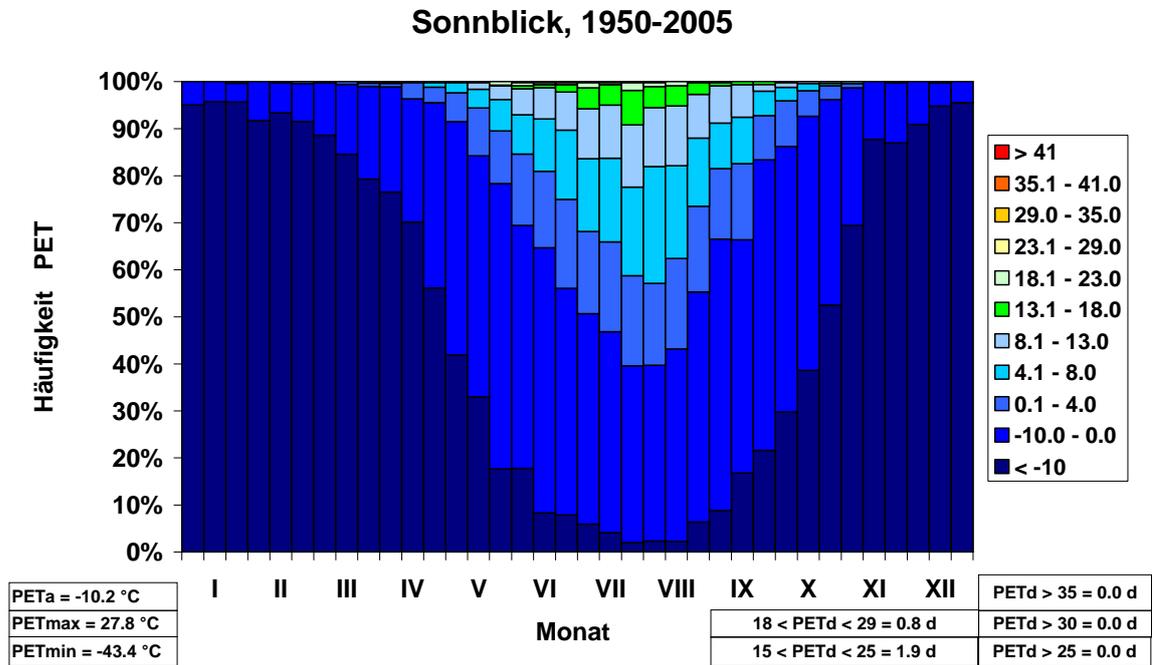


Abb. D2-5: PET-Diagramm für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005

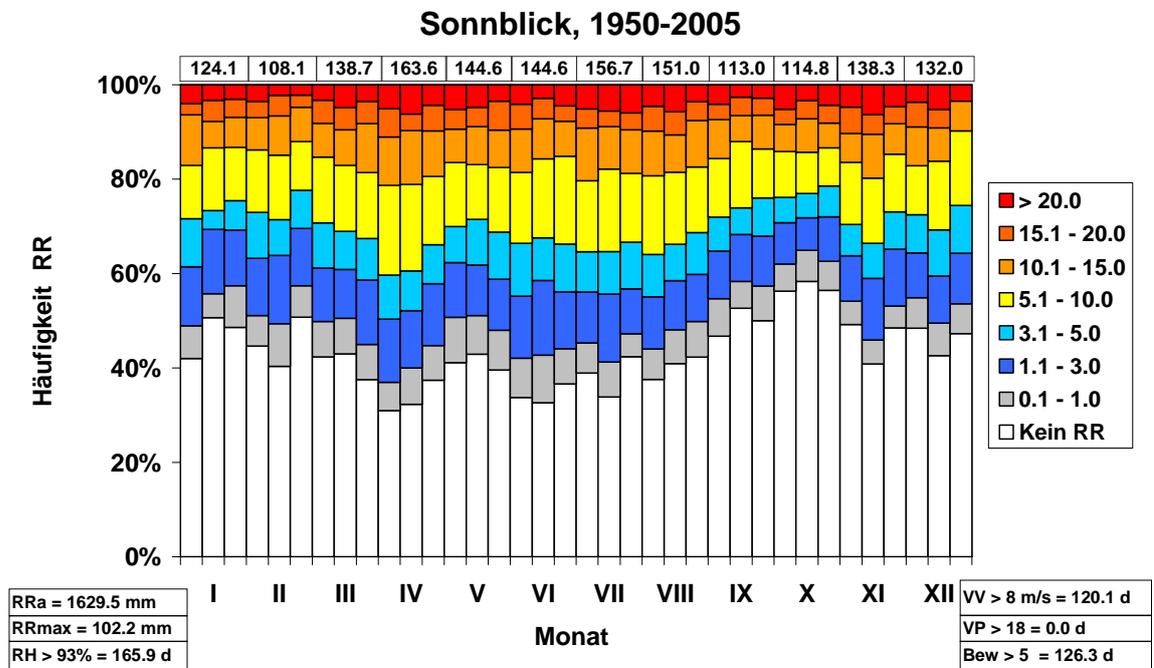


Abb. D2-6: Niederschlagsdiagramm für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005

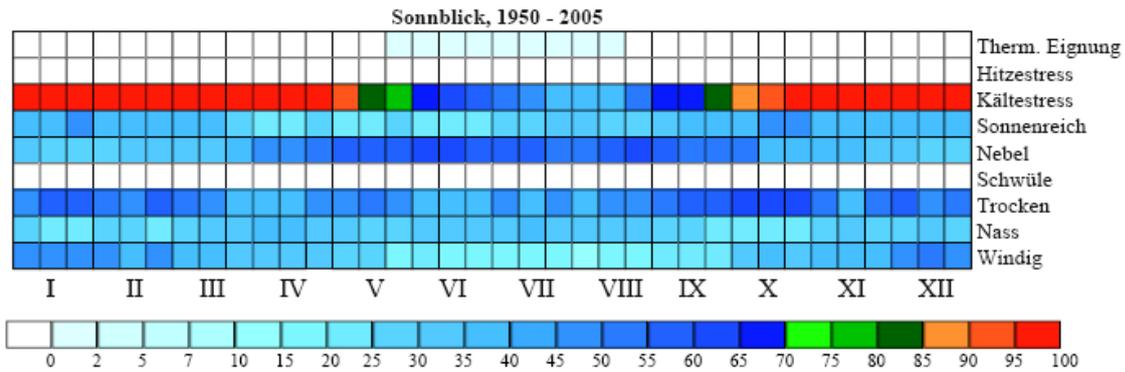


Abb. D2-7: CTIS-Kennzahlen für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-4: CTIS für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	-10.8	-10.8	-10.4	-9.6	-9.6	-10.1
PETmax [°C]	19.0	24.9	24.1	24.5	22.5	27.8
PETmin [°C]	-41.0	-43.4	-39.3	-41.1	-38.9	-36.2
PETd > 25 [d]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
PETd > 30 [d]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PETd > 35 [d]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RRa [mm]	1416.6	1604.9	1705.5	1550.7	1760.9	1890.1
RRmax [mm]	69.7	102.2	52.1	49.8	50.8	59.5
RH > 93% [d]	169.0	159.7	163.4	168.4	162.6	178.4
Bew < 5 [d]	107.6	119.9	123.2	142.8	135.8	134.6
VP > 18 [d]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VV > 8 m/s [d]	115.1	124.1	107.4	94.3	134.5	172.2

Sonnblick weist durch seine exponierte Höhenlage (3105 m ü. NN) an nur 0,8 Tagen thermische Behaglichkeit auf (Abb. D2-5). Tage mit Schwüle sowie mit mäßiger und starker Wärmebelastung gibt es im Untersuchungszeitraum nicht. Der jährliche Niederschlag liegt bei 1629,5 mm und zeigt bis 2005 einen leichten positiven Trend (Abb. D2-6 und Tab. D2-4). Die Anzahl der Sturmaktivität nimmt mit Ausnahme von den Jahren 1971-1990, in denen die Sturmtage zurückgehen ebenfalls zu. Die durchschnittliche, maximale und minimale Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) weisen eine gewisse Variabilität auf, ein positiver Trend ist jedoch bemerkbar. Während das Maximum von PET in den 1950ern noch bei 19,0 °C lag, stieg es bis zu Beginn des 21. Jahrhunderts auf 27,8 °C an. Auch die Minimumtemperatur verringerte sich innerhalb des Beobachtungszeitraums um 4,8 K. Die Jahresdurchschnittstemperatur der PET erhöhte sich um 0,7 K. Die Zahl der Sonnentage erfuhr einen Zuwachs von 27 Tagen von 107,6 auf 134,6 Tage (vgl. Tab. D2-4). Thermischer Stress ist am Sonnblick über das ganze Jahr nicht anzutreffen und die thermische Eignung nur im Zeitraum von Ende Juni bis Mitte August (Abb. D2-7). Kältestress ist auf dem Sonnblick ganzjährig vorhanden und variiert für die Dekaden zwischen 50 % (im Sommer) und über 90 % (im Winter).

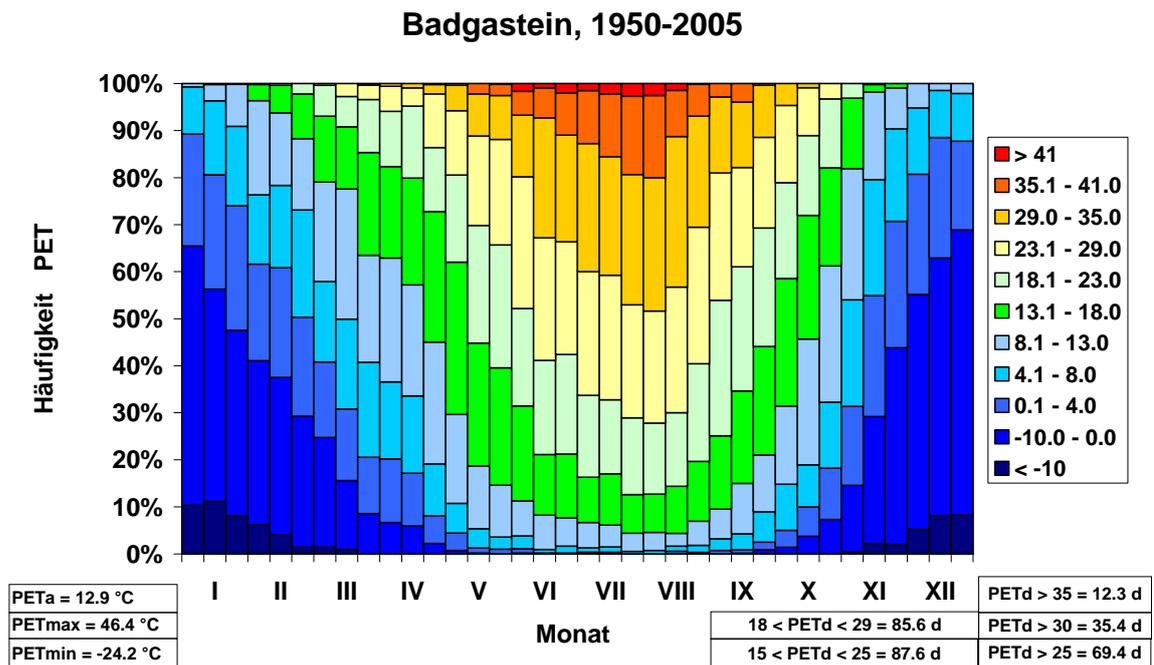


Abb. D2-8: PET-Diagramm für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005

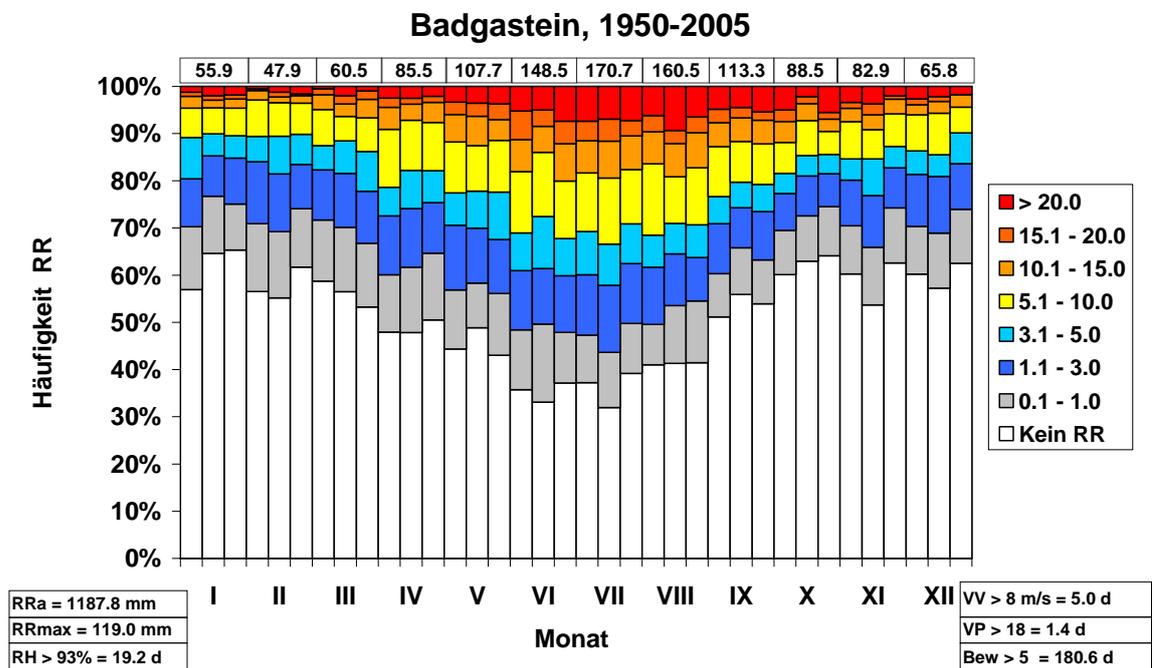


Abb. D2-9: Niederschlagsdiagramm für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005

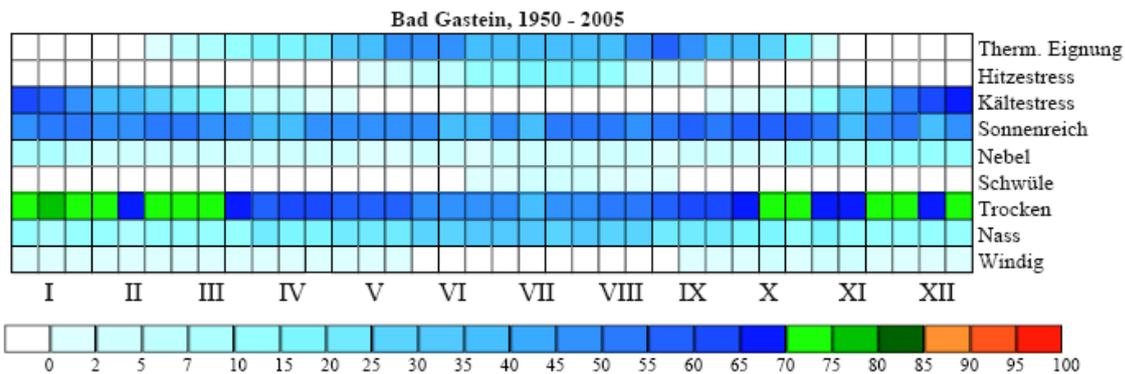


Abb. D2-10: CTIS-Kennzahlen für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-5: CTIS für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	10.0	12.5	11.7	14.4	14.5	15.8
PETmax [°C]	43.1	45.1	45.6	46.4	45.0	45.2
PETmin [°C]	-24.2	-19.4	-20.9	-21.3	-17.6	-15.2
PETd > 25 [d]	40.2	68.3	50.3	86.6	86.7	105.0
PETd > 30 [d]	16.1	33.9	20.6	46.2	48.3	63.4
PETd > 35 [d]	4.0	9.8	5.2	17.0	17.6	29.8
RRa [mm]	1248.6	1212.2	1095.4	1157.5	1176.8	1272.3
RRmax [mm]	81.0	114.6	119.0	92.7	55.8	81.5
RH > 93% [d]	19.5	12.8	21.0	24.0	16.1	24.2
Bew < 5 [d]	173.5	186.0	188.8	177.5	179.5	177.8
VP > 18 [d]	3.5	1.6	0.6	1.2	0.4	1.0
VV > 8 m/s [d]	10.0	1.8	5.2	5.4	3.9	1.0

Thermisch indifferente Bedingungen, d.h. weder Kälte- noch Wärmebelastung, lassen sich in Badgastein durchschnittlich an 85,6 Tagen finden (Abb. D2-8). Jedoch stieg die Zahl der stark wärme belastenden Tage in den letzten 55 Jahren auf ein 7,45-faches rapide an. Allgemein ist ein deutlicher Trend zu wärmeren Temperaturen erkennbar. Die Minimumtemperaturen gehen explizit zurück, die mittlere Physiologisch Äquivalente Temperatur (PETa) erhöhte sich sukzessiv mit Ausnahme von 1971-1980 um ca. 2 K pro Jahrzehnt und erreicht für den Zeitraum 2001-2005 ihr Maximum von 15,8 °C. Die steigenden Temperaturen sind jedoch nicht mit der Anzahl der schwülen Tage korreliert. Es ist eine tendenzielle Abnahme der schwülen Tage zu verzeichnen, die auch durch die Höhenlage der Station (1100 m) beeinflusst wird. Der durchschnittliche Wert liegt bei 1,4 Tagen. In Badgastein fällt im Mittel 1187,8 mm Niederschlag (Abb. D2-9). Die Anzahl der Sonnentage ist hier mit 180,6 Tagen unter den elf betrachteten Stationen am höchsten. Da sowohl der Niederschlag als auch die Bewölkung sensitive Parameter und somit variabel sind, ist noch kein eindeutiger Trend erkennbar. In Badgastein ist die thermische Eignung von Anfang März bis Ende Oktober anzutreffen (Abb. D2-10). Thermischer Stress (bis zu 20 % der Tage) ist nur in den Sommermonaten anzutreffen und schwüle Tage gibt es nur von Ende Juni bis Ende August.

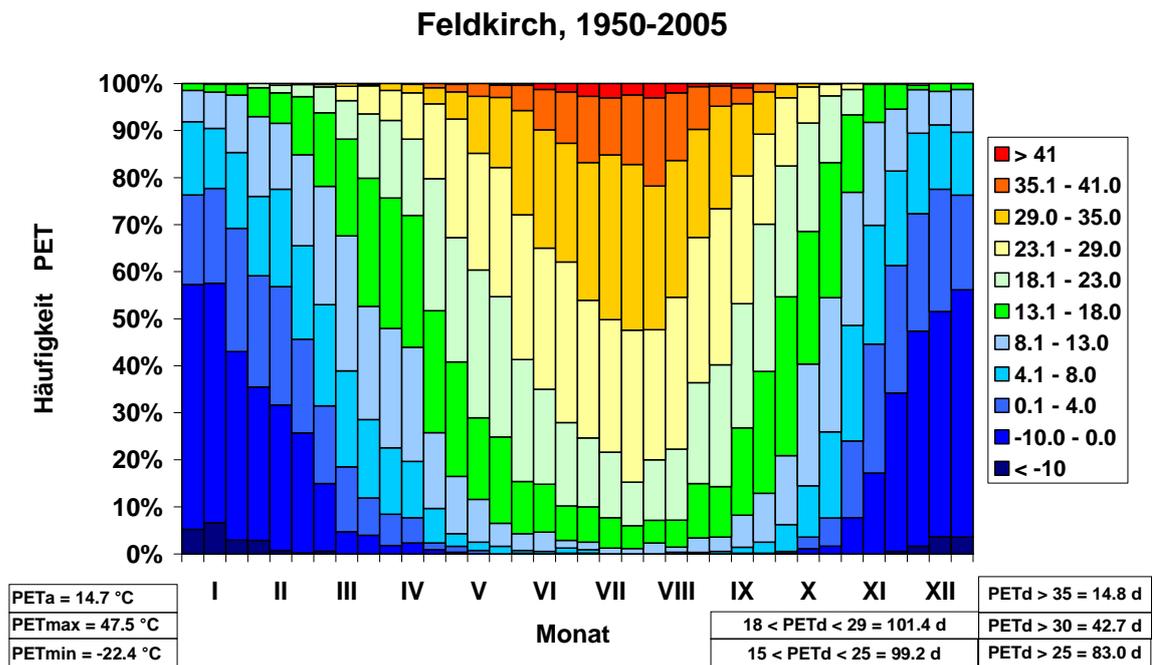


Abb. D2-11: PET-Diagramm für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005

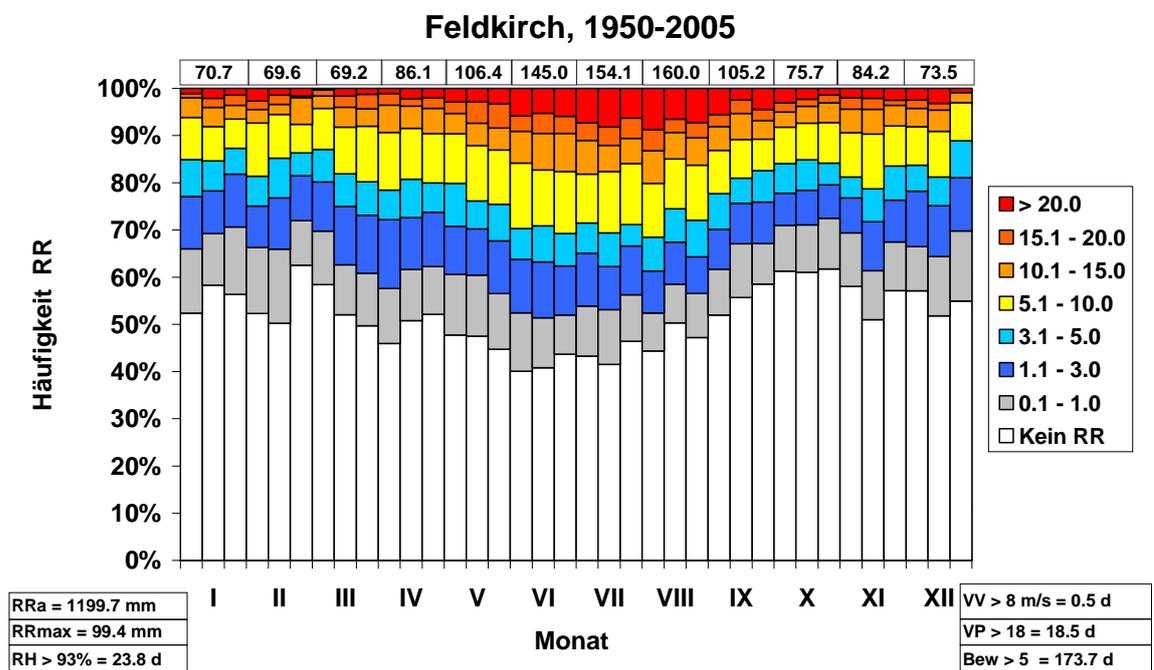


Abb. D2-12: Niederschlagsdiagramm für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005

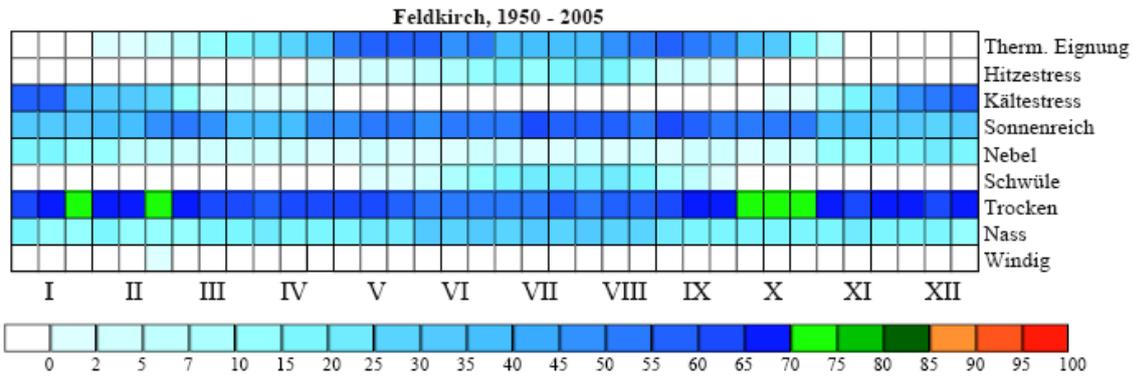


Abb. D2-13: CTIS-Kennzahlen für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-6: CTIS für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	15.5	13.8	14.1	14.2	15.1	16.0
PETmax [°C]	47.5	46.0	44.6	46.4	47.4	47.0
PETmin [°C]	-22.4	-20.0	-14.4	-20.3	-12.4	-14.0
PETd > 25 [d]	97.6	76.0	70.3	78.9	85.2	94.2
PETd > 30 [d]	56.1	37.6	35.0	38.9	40.3	51.4
PETd > 35 [d]	24.6	13.0	9.8	11.3	12.0	19.2
RRa [mm]	1143.5	1190.6	1151.1	1269.9	1268.9	1159.7
RRmax [mm]	65.4	70.0	72.5	99.1	83.5	99.4
RH > 93% [d]	29.1	17.4	23.5	28.5	22.6	18.8
Bew < 5 [d]	153.0	152.6	161.8	190.2	197.3	204.6
VP > 18 [d]	18.8	19.5	9.7	16.1	20.5	34.4
VV > 8 m/s [d]	0.8	0.8	0.3	0.6	0.1	0.0

Feldkirch stellt mit durchschnittlich 101,4 Tagen das Maximum der Tage mit behaglichen Bedingungen von den ausgewählten elf Stationen (Abb. D2-11). Die jährliche Niederschlagssumme liegt bei 1199,7 mm und weist mit Ausnahme von 1971-1980 und 2001-2005 einen leichten Anstieg auf. Auch die maximale Niederschlagsmenge (RRmax) zeigt außer in der Zeit von 1991-2000 einen steten, aber unregelmäßigen Zuwachs (Abb. D2-12 und Tab. D2-6). Die Zahl der bewölkungsarmen Tage erhöht sich im Laufe des Untersuchungszeitraumes kontinuierlich von 153,0 auf 204,6 Tage. Im Mittel gibt es 173,7 Tage mit geringer Bewölkung. Die Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur von PET schwankt, aber mit einer leicht positiven Tendenz zu höheren Werten. Während die Maximalwerte von PET relativ gleich bleiben (zwischen 46 und 47 °C), weisen die PET-Minimalwerte eine recht hohe Schwankungsbreite auf mit Tendenz zu geringeren Minimalwerten (zwischen -12 und -22 °C). Die Tage mit starker Wärmelastung verlaufen parabelförmig: Kontinuierliche Abnahme von 1950 bis 1980 und anschließende Zunahme von 1981 bis 2005. Die durchschnittliche Anzahl der schwülen Tage beträgt 18,5. Ab 1971-1980 nimmt sie kontinuierlich zu und verdoppelt sich nahezu bis 2005 verglichen mit Untersuchungsbeginn (Tab. D2-6). In Feldkirch ist Hitzestress von Ende Mai bis Ende September vorhanden (Abb. D2-13). Tage mit Nebel sind über das ganze Jahr vorhanden. Schwüle Tage sind im Zeitraum von Juni bis Ende September anzutreffen, liegen aber nicht höher als 20 % der Tage (Abb. D2-13).

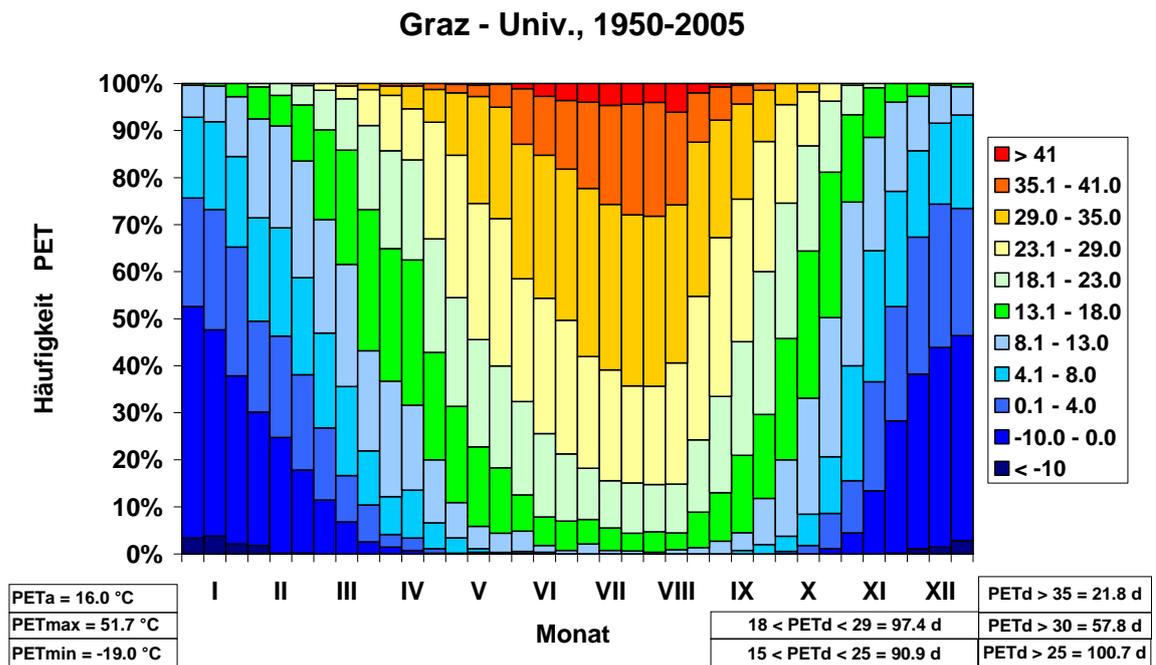


Abb. D2-14: PET-Diagramm für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005

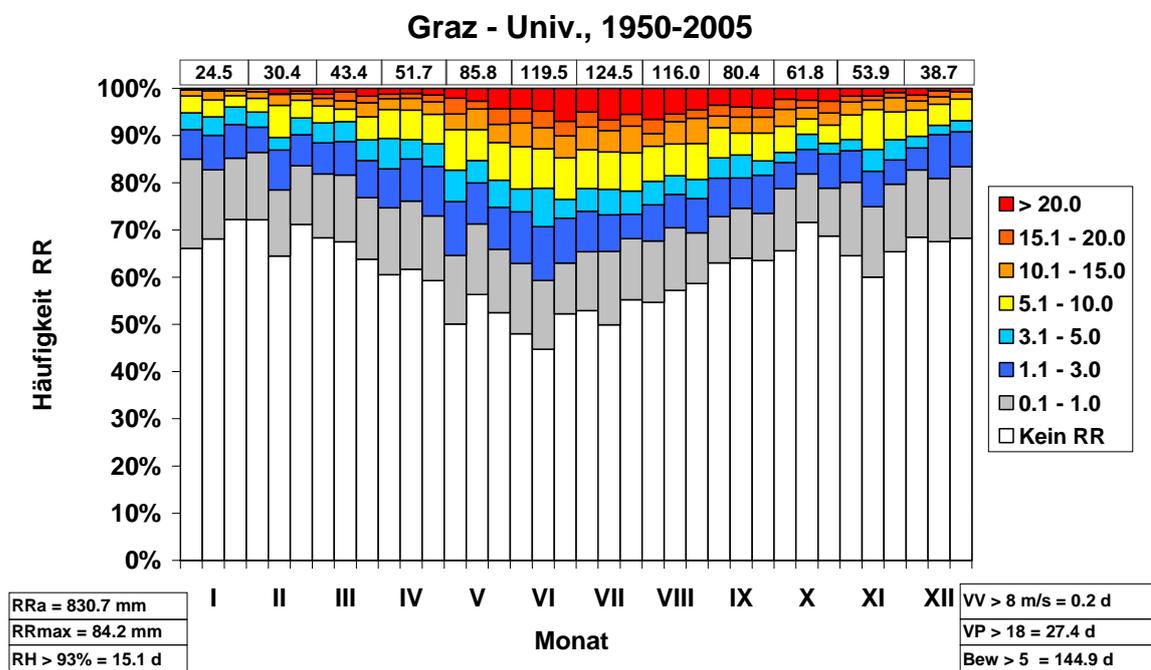


Abb. D2-15: Niederschlagsdiagramm für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005

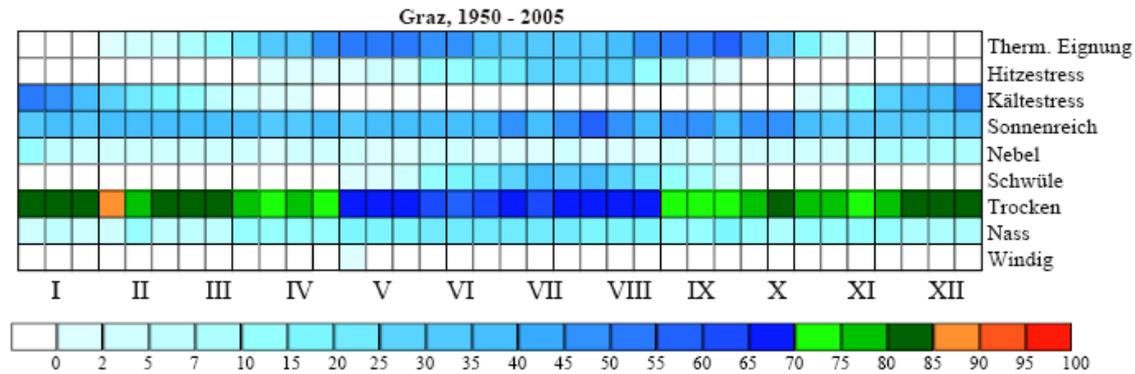


Abb. D2-16: CTIS-Kennzahlen für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-7: CTIS für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	16.3	15.6	16.0	16.2	16.0	16.1
PETmax [°C]	51.7	46.7	46.9	44.5	49.0	45.0
PETmin [°C]	-19.0	-15.0	-14.5	-15.5	-13.2	-15.3
PETd > 25 [d]	103.8	95.7	96.5	104.6	101.4	103.4
PETd > 30 [d]	64.4	54.0	50.7	59.8	57.9	61.2
PETd > 35 [d]	28.9	20.7	18.6	19.4	19.6	23.8
RRa [mm]	824.4	901.5	806.4	805.2	843.7	776.3
RRmax [mm]	73.0	84.2	79.1	60.3	67.1	70.9
RH > 93% [d]	8.5	13.9	13.7	18.3	21.1	16.6
Bew < 5 [d]	156.3	154.5	142.3	141.6	132.0	138.8
VP > 18 [d]	16.8	21.4	29.4	30.0	32.7	43.0
VV > 8 m/s [d]	0.5	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0

Die Station Graz – Universität ist gekennzeichnet durch eine mittlere Niederschlags-summe von 830,7 mm (Abb. D2-15). Ein eindeutiger Trend bzgl. des Niederschlags bis 2005 ist nicht sichtbar. Die durchschnittliche Jahrestemperatur von PET ist recht konstant bei 16 °C (Tab. D2-7). Die Anzahl der Tage mit thermischer Behaglichkeit beläuft sich im Mittel auf 97,4 Tage im Jahr (Abb. D2-14). Sowohl Tage mit mäßiger als auch mit starker Wärmebelastung gehen bis 1980 auf 50,7 bzw. 18,6 Tage zurück und nehmen anschließend wieder langsam zu. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts hat Graz 61,2 Tage mit mäßiger und 23,8 Tage mit starker Wärmebelastung. Die Anzahl der schwülen Tage allerdings erfahren schon seit 1950 eine stete Zunahme. Dabei fand die stärkste Zunahme von 10,3 Tagen zwischen den letzten beiden Zeitschnitten des Untersuchungszeitraumes statt (Tab. D2-7). Der Durchschnitt liegt bei 27,4 Tagen. Die Zahl der bewölkungsarmen Tage hingegen nimmt bis Ende des 20. Jahrhunderts kontinuierlich ab und steigt zu Beginn des 21. Jahrhunderts wieder um 6,8 Tage an. Die durchschnittliche Anzahl von Tagen mit geringer Bewölkung liegt bei 144,9. Tage mit erhöhter Sturmaktivität gibt es kaum. In Graz taucht die thermische Eignung, auf der Grundlage von PET, zwischen Mitte Februar bis Anfang November auf (D2-16). Die Hitzestressbedingungen sind schon Anfang April anzutreffen und können bis Ende September andauern. Sie liegen maximal bei 30 % der Tage im Sommer. Schwüle Tage sind vom Mai bis September vorhanden und die Nebeltage ganzjährig. Sonnereiche Tage sind mit Werten von über 30 % übers ganze das Jahr verteilt.

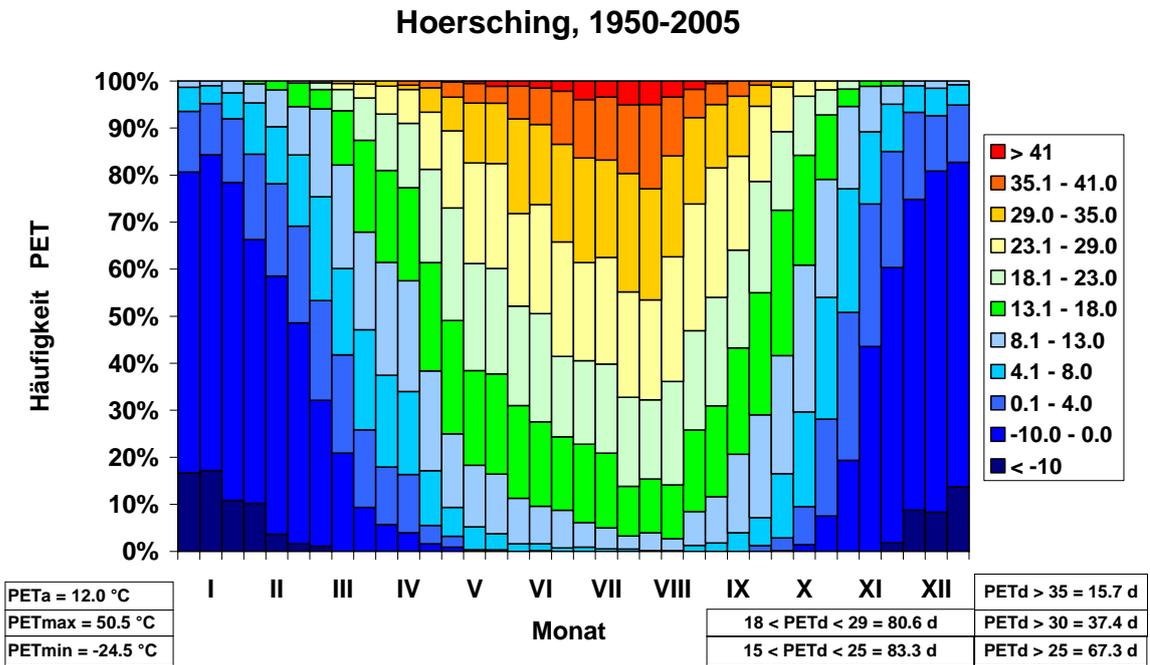


Abb. D2-17: PET-Diagramm für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005

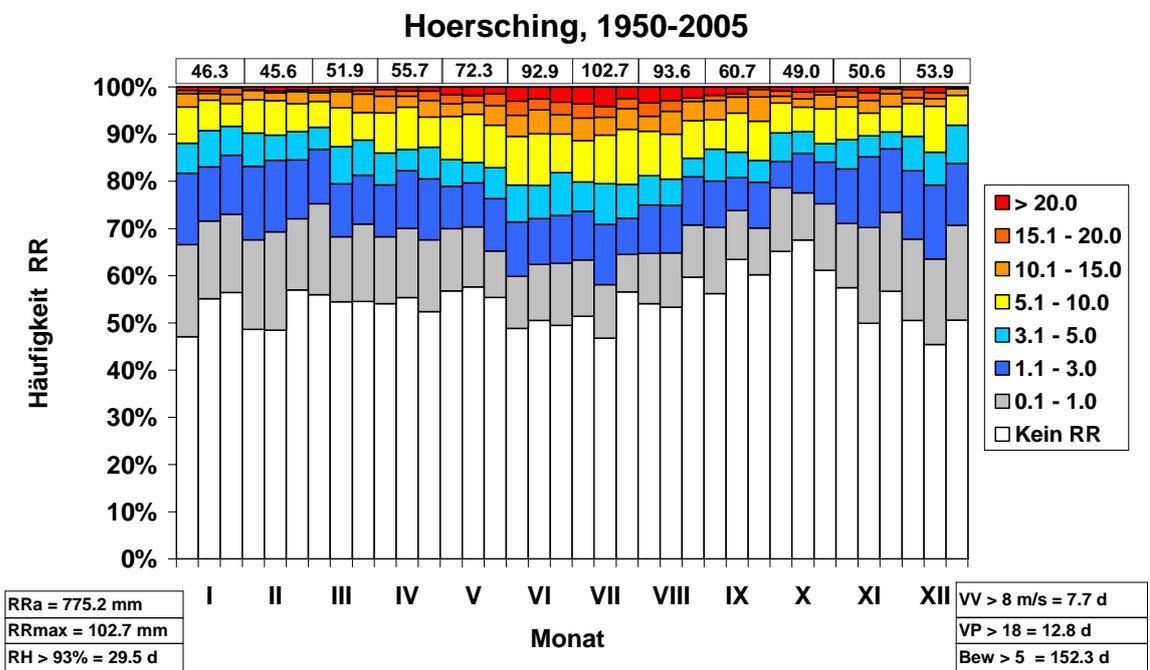


Abb. D2-18: Niederschlagsdiagramm für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005

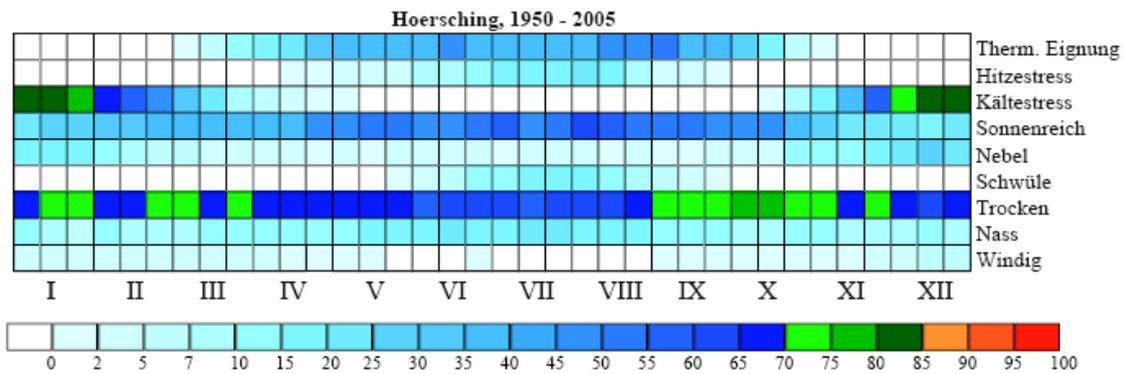


Abb. D2-19: CTIS-Kennzahlen für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-8: CTIS für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	12.3	11.5	11.5	11.7	12.3	13.3
PETmax [°C]	50.3	46.7	48.7	47.5	50.5	47.2
PETmin [°C]	-24.5	-20.4	-18.6	-24.3	-18.2	-18.7
PETd > 25 [d]	70.6	64.2	60.8	65.9	69.3	78.4
PETd > 30 [d]	41.9	36.0	30.3	34.2	39.2	47.8
PETd > 35 [d]	18.7	14.8	11.8	10.4	18.3	24.0
RRa [mm]	788.8	797.3	696.3	750.1	811.9	836.2
RRmax [mm]	79.2	66.3	59.5	51.8	47.4	102.7
RH > 93% [d]	19.1	33.6	31.0	35.2	28.2	32.0
Bew < 5 [d]	152.3	151.7	151.2	153.2	149.1	160.6
VP > 18 [d]	14.0	16.0	4.2	6.5	17.3	24.2
VV > 8 m/s [d]	7.6	6.2	8.2	8.0	9.2	6.0

Thermische Behaglichkeit findet man in Hoersching an 80,6 Tagen (Abb. D2-17). Die durchschnittliche Jahrestemperatur von PET wächst ab der zweiten Dekade (1961-1970) langsam an und erreicht ihr Maximum mit 13,3 °C im Zeitraum 2001-2005. Die stärkste Zunahme von 1 K findet ebenfalls in diesem Zeitraum statt. Auch die Zahl der Tage mit mäßiger und starker Wärmebelastung steigt seit den letzten 2 Dekaden kontinuierlich an mit Maximalwerten zum Ende des Untersuchungszeitraumes: Im Mittel sind 2001-2005 47,8 Tage mäßig wärme belastend und 24,0 Tage stark wärme belastend (Tab. D2-8). Die Jahressumme des Niederschlags beträgt im Durchschnitt 775,2 mm (Abb. D2-18), Tendenz zunehmend. Die Anzahl schwüler Tage hat sich seit 1971-1980 versechsfacht. Der Durchschnittswert liegt bei 12,8 Tagen (Tab. D2-8). Bewölkungsarme Tage sind 152,3 mal im Jahr anzutreffen. In Hoersching ist im Jahresverlauf die thermische Eignung von Anfang März bis Anfang November vorhanden (D2-19), thermischer Stress und Schwüle von Mitte April bis Ende September bzw. von Ende Juni bis Ende September. Sonnenreiche Tage liegen über das ganze Jahr über 30 % mit den höchsten Werten im Sommer (> 60 %).

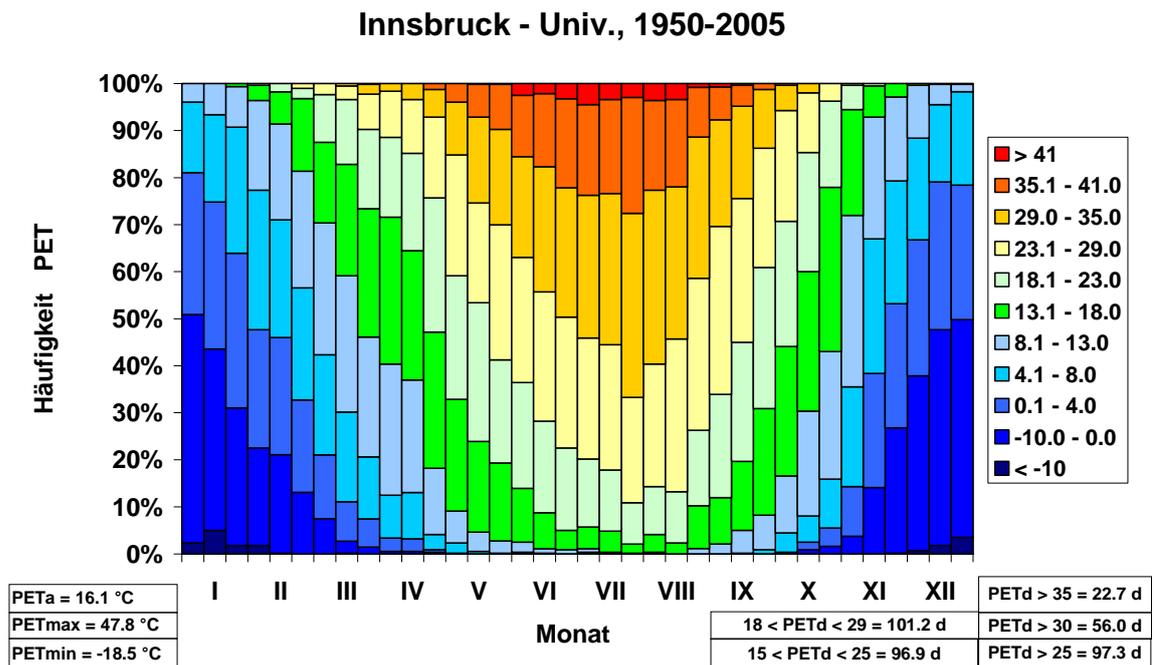


Abb. D2-20: PET-Diagramm für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005

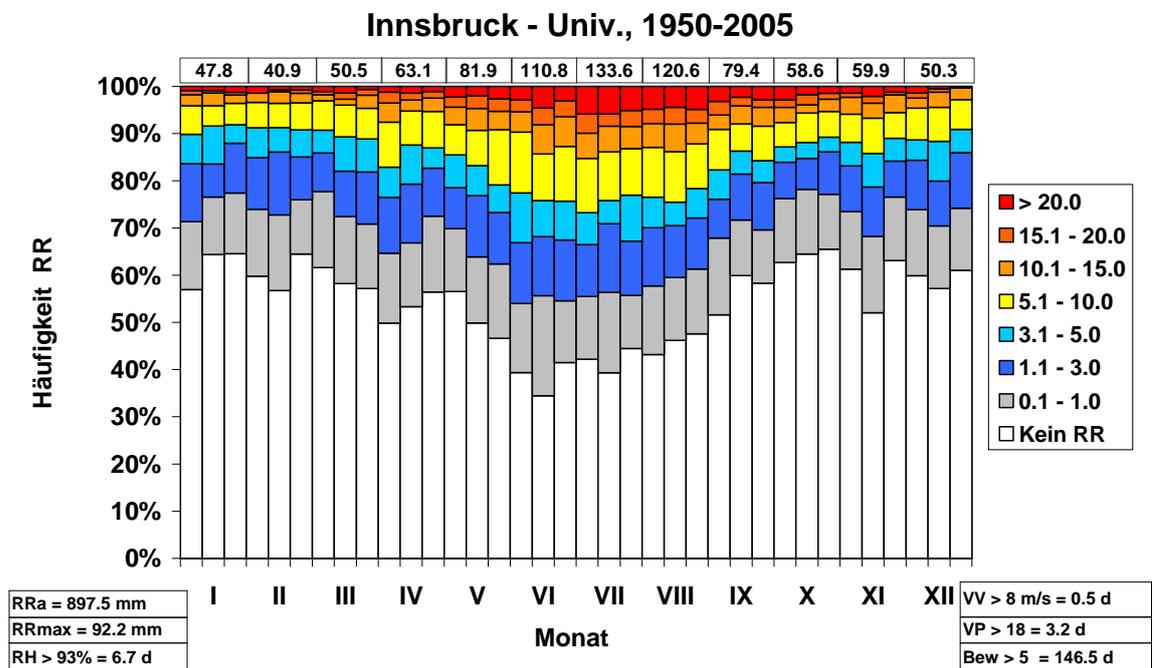


Abb. D2-21: Niederschlagsdiagramm für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005

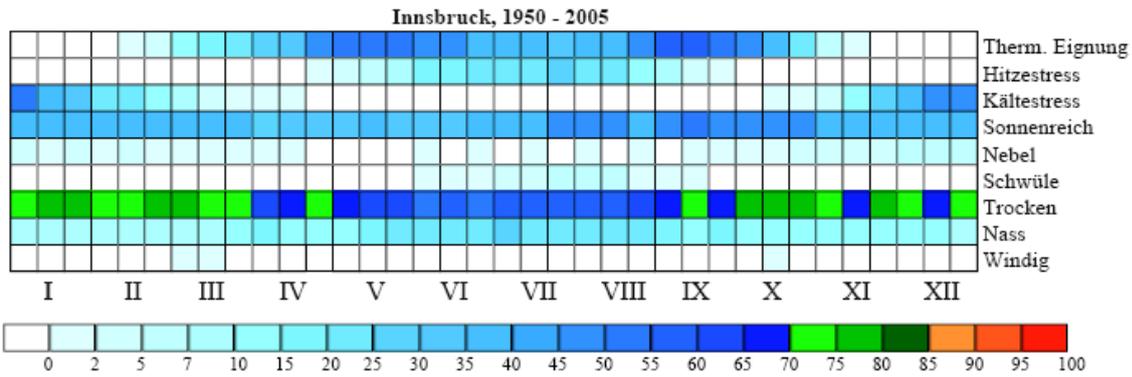


Abb. D2-22: CTIS-Kennzahlen für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-9: CTIS für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	16.5	16.0	16.2	15.9	15.7	15.9
PETmax [°C]	46.7	46.7	44.8	47.8	45.2	47.2
PETmin [°C]	-18.5	-16.9	-14.0	-16.1	-12.6	-11.9
PETd > 25 [d]	104.7	100.5	95.9	95.2	91.7	92.4
PETd > 30 [d]	61.9	56.0	55.6	55.1	50.7	56.0
PETd > 35 [d]	24.5	22.9	23.7	20.9	20.0	25.6
RRa [mm]	937.5	915.6	861.2	859.3	925.8	865.3
RRmax [mm]	64.9	71.7	66.0	83.5	92.2	65.2
RH > 93% [d]	7.5	2.2	7.0	7.4	9.1	7.2
Bew < 5 [d]	161.0	152.4	145.2	139.9	138.7	134.4
VP > 18 [d]	2.4	2.5	1.9	4.4	4.8	3.8
VV > 8 m/s [d]	1.1	0.3	0.2	0.9	0.2	0.0

Es gibt durchschnittlich 101,2 Tage in Innsbruck, die thermisch komfortabel sind (Abb. D2-21). Die Tage mit leichter Wärmebelastung gehen zurück, wohingegen Tage mit starker Wärmebelastung zunehmen. Die Anzahl der Tage mit Schwüle variiert von 2 bis 5 Tagen. Im Durchschnitt gibt es 3,2 Tage. Dabei liegen die Werte ab 1981 über dem Durchschnitt mit einem Maximum von 4,8 Tagen im Zeitraum 1991-2000. Der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 897,5 mm (Abb. D2-22). Eine Tendenz zu erhöhtem oder verringertem Niederschlag ist nicht erkennbar. Die Tage mit erhöhter Sturmaktivität gingen von einem Tag (1950-1960) bis zu keinem Tag (2001-2005) zurück (Tab. D2-9). Die Tage mit geringer Bewölkung nahmen stetig ab. Seit 1971 liegt die Anzahl der sonnenreichen Tage unter dem Durchschnitt von 146,5 Tagen. In Innsbruck beginnt die thermische Eignung Ende Februar und endet Anfang November mit den höchsten Werten im Sommer um 50 % (Abb. D2-22). Thermischer Stress kann Ende April schon beginnen und endet erst Ende September. Kältestress hingegen ist von Mitte Oktober bis Mitte April in Innsbruck anzutreffen. Sonnenreiche Tage (Bewölkung < 5) sind über das ganze Jahr anzutreffen mit Minima im Winter (30 %) und Maxima im Sommer mit Werten bei 60 %. Schwüle taucht nur in den Sommermonaten auf und der Nebel kann fast über das ganze Jahr erscheinen mit wenigen Ausnahmen von Mai bis Ende August.

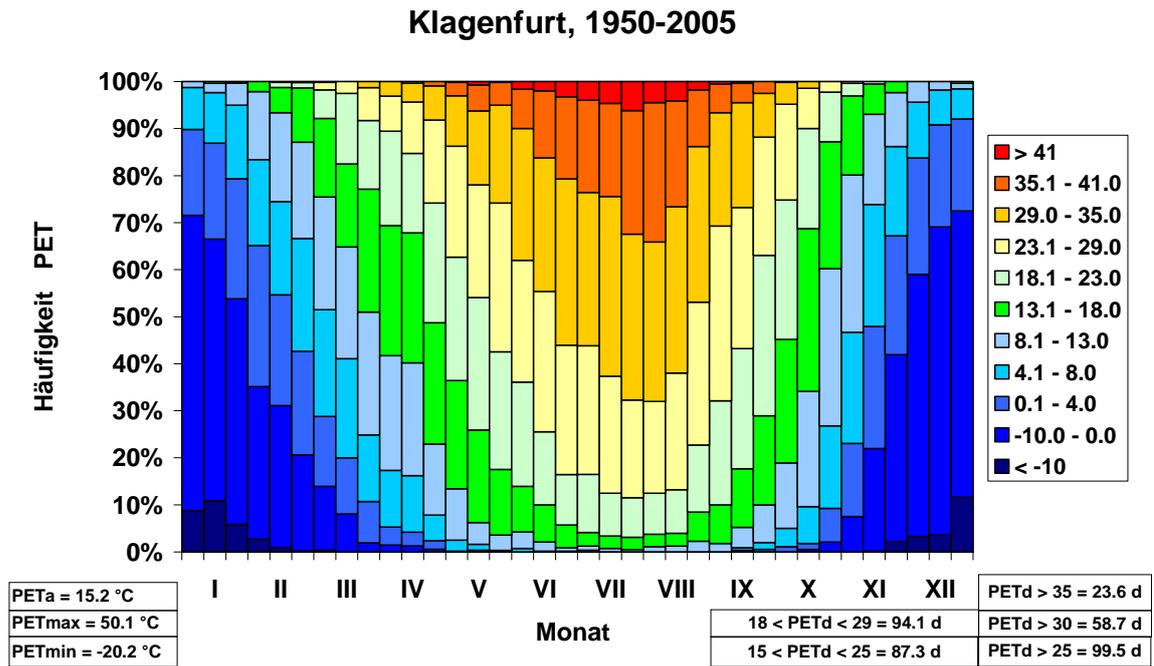


Abb. D2-23: PET-Diagramm für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005

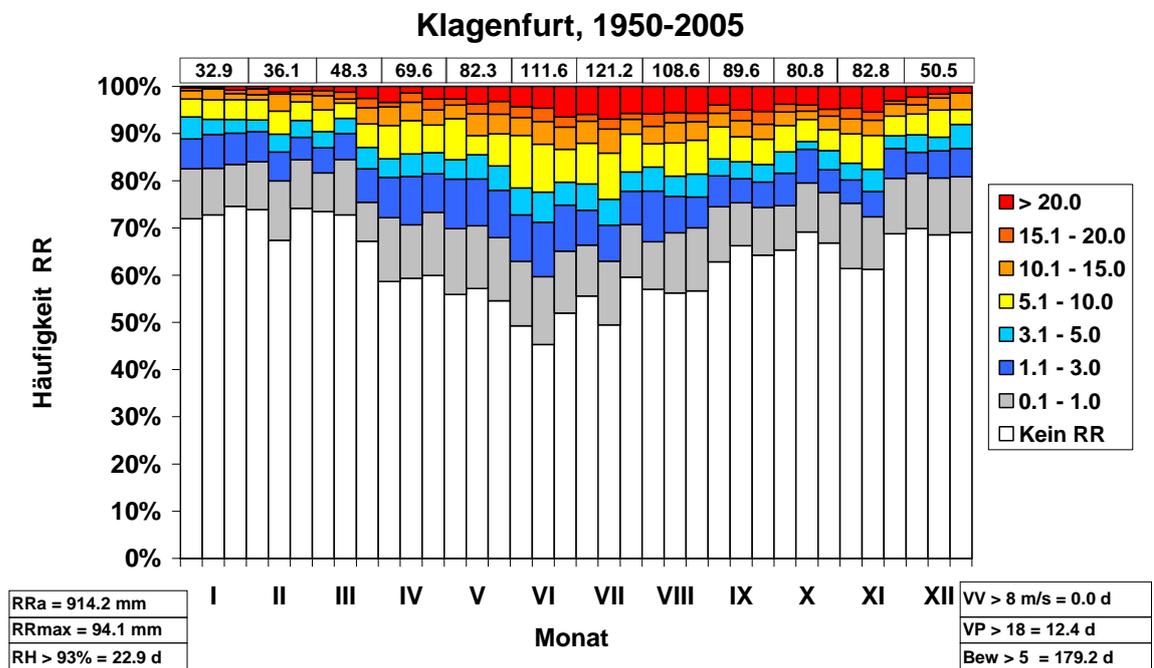


Abb. D2-24: Niederschlagsdiagramm für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005

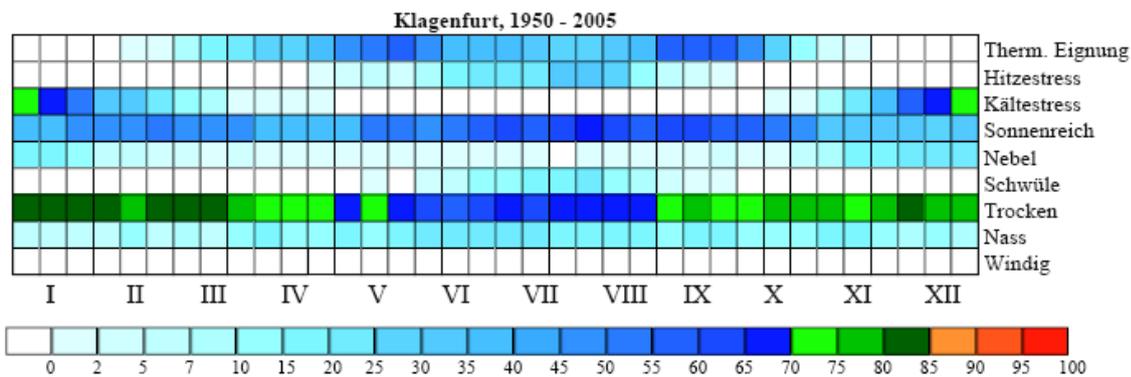


Abb. D2-25: CTIS-Kennzahlen für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-10: CTIS für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	15.3	15.0	15.0	15.3	14.9	15.8
PETmax [°C]	50.1	46.2	46.6	48.8	46.6	45.1
PETmin [°C]	-18.9	-17.9	-17.3	-20.2	-16.2	-15.2
PETd > 25 [d]	98.7	99.6	92.0	104.5	99.1	106.8
PETd > 30 [d]	59.1	56.3	53.8	62.8	57.6	66.8
PETd > 35 [d]	24.5	21.8	19.0	25.0	24.9	29.6
RRa [mm]	945.7	949.8	915.7	836.2	911.7	931.7
RRmax [mm]	59.3	62.8	94.1	78.6	68.8	80.4
RH > 93% [d]	21.8	23.1	25.8	25.9	22.1	15.0
Bew < 5 [d]	163.5	169.8	177.3	192.9	187.5	192.2
VP > 18 [d]	11.6	14.8	11.9	8.0	9.6	24.2
VV > 8 m/s [d]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2

Im Mittel erreicht Klagenfurt pro Jahr 94,1 Tage mit thermisch behaglichen Bedingungen (Abb. D2-23). Die durchschnittliche Physiologisch Äquivalente Temperatur weist über die Jahre keine extremen Schwankungen auf und erreicht Werte um die 15 °C. 23,6 Tage pro Jahr sind im Durchschnitt stark wärme belastend. Seit 1981 liegen die Werte leicht über dem Durchschnitt, zu Beginn des 21. Jahrhunderts sogar 6 Tage über dem Durchschnitt. Die jährliche Niederschlagssumme beträgt 914,2 mm (Abb. D2-24). Die Anzahl der schwülen Tage ist durch eine hohe Variabilität charakterisiert: 8 bis 24,2 Tage. Im Mittel gibt es 12,4 schwüle Tage. Diese Anzahl hat sich 2001-2005 verdoppelt. Der Trend geht hin zu mehr sonnenreichen Tagen (Tab. D2-10). Das Mittel liegt bei 179,2 Tagen pro Jahr. Tage mit Sturmaktivität gibt es kaum. Klagenfurt weist Hitzestress von Ende April bis Ende September auf (Abb. D2-25). Der Zeitraum mit thermischer Eignung beginnt Ende September und endet Anfang November. Nebel und sonnenreiche Tage sind ganzjährig vorhanden bei über 30 % der Tage.

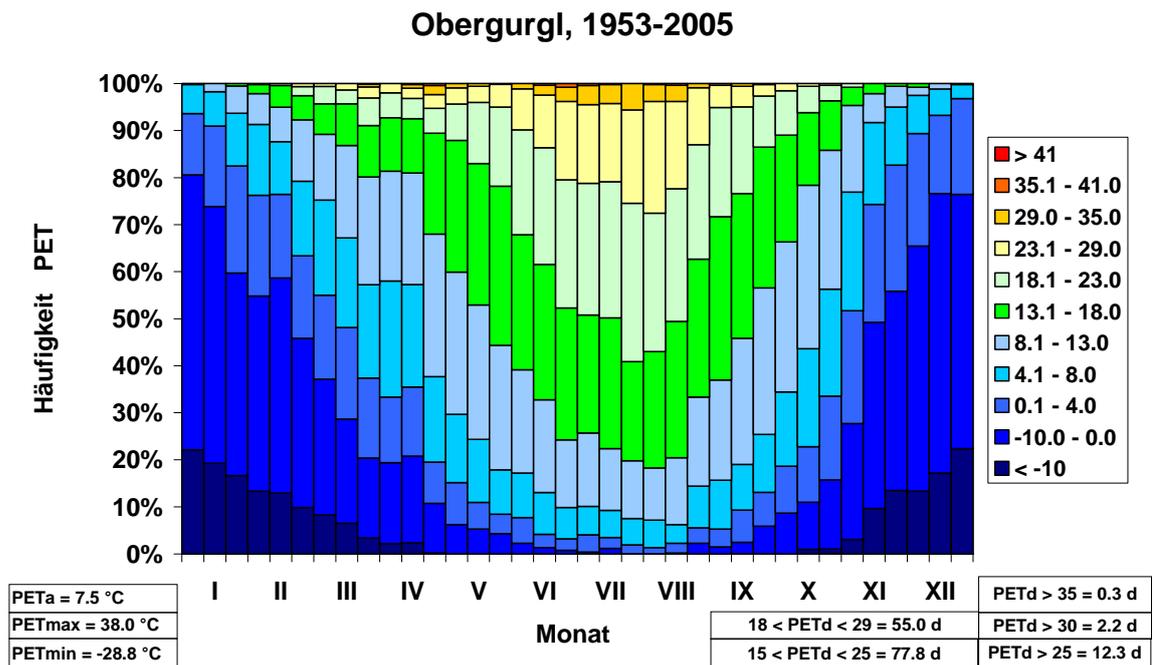


Abb. D2-26: PET-Diagramm für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005

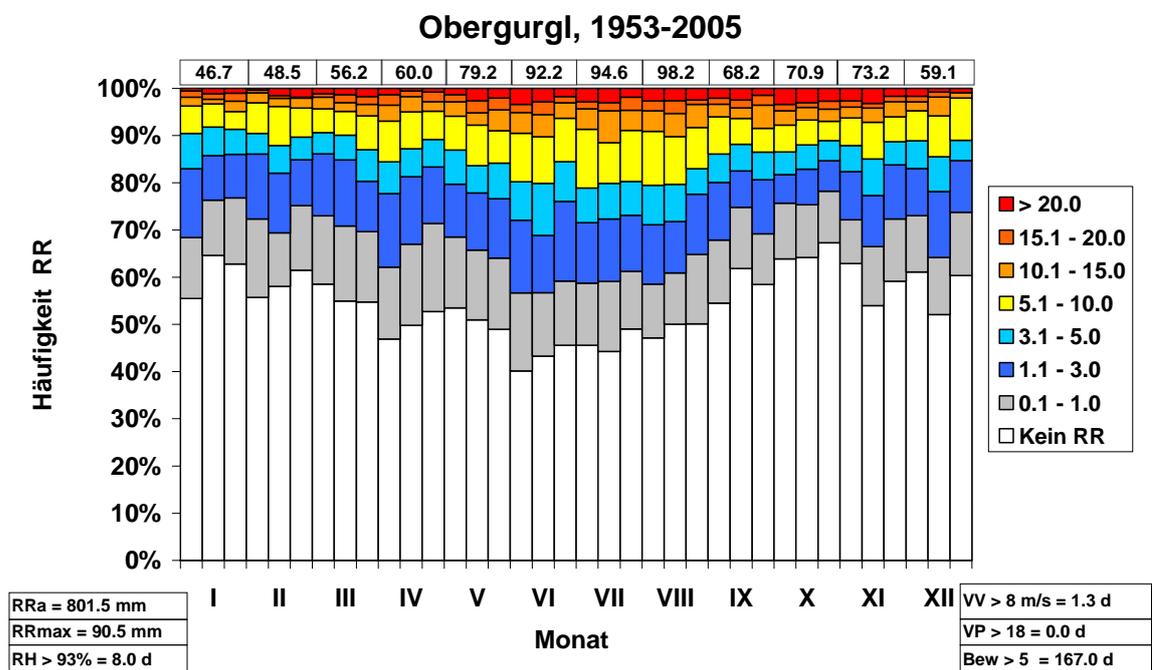


Abb. D2-27: Niederschlagsdiagramm für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005

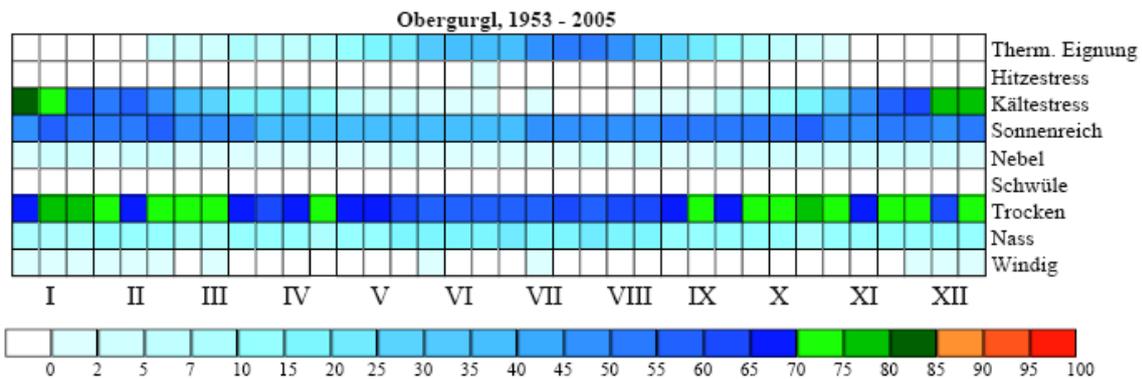


Abb. D2-28: CTIS-Kennzahlen für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005

Tab. D2-11: CTIS für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005

Parameter	1953-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	8.6	8.6	6.5	7.2	6.9	7.7
PETmax [°C]	37.9	38.0	35.3	34.4	32.3	36.4
PETmin [°C]	-25.2	-27.7	-28.8	-25.2	-22.7	-21.3
PETd > 25 [d]	15.4	15.4	7.2	12.3	11.9	19.4
PETd > 30 [d]	3.1	4.3	1.6	1.2	0.9	3.2
PETd > 35 [d]	0.1	1.2	0.2	0.0	0.0	0.2
RRa [mm]	858.9	892.6	689.6	862.4	908.6	896.2
RRmax [mm]	84.2	90.5	71.2	86.8	83.5	71.7
RH > 93% [d]	7.5	3.6	7.3	10.9	11.8	10.0
Bew < 5 [d]	220.0	193.4	172.1	174.7	156.4	155.8
VP > 18 [d]	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
VV > 8 m/s [d]	0.8	3.3	2.4	0.5	0.5	0.2

Für den Zeitraum 1953-2005 sind in Obergurgl (1938 m ü. NN) durchschnittlich 55 Tage thermisch behaglich (Abb. D2-26). Die mittlere Jahrestemperatur von PET tendiert zu niedrigeren Temperaturen. Im Vergleich zu den anderen Stationen erfährt Obergurgl eine Abkühlung. Tage mit mäßiger Wärmebelastung (PETd > 30) nehmen ebenfalls bis Ende des 20. Jahrhunderts auf 0,9 Tage ab und steigen zu Beginn des 21. Jahrhunderts rapide auf 3,2 Tage an. Schwüle Tage traten mit Ausnahme von 1961-1970 nicht auf. Die mittlere Niederschlagssumme liegt bei 801,5 mm und tendiert im Laufe der Jahre zu leicht höheren Durchschnittswerten (Abb. D2-27 und Tab. D2-11). Die Anzahl der bewölkungsarmen Tage nimmt ebenfalls kontinuierlich ab. Während 1953-1960 noch 220 sonnenreiche Tage zu verzeichnen waren, sind es 2001-2005 nur noch 155,8 Tage, 64,2 Tage weniger. Der Mittelwert liegt bei 169,7 Tagen. Tage mit Sturmaktivität verringerten sich seit 1961 um ein dreifaches. In Obergurgl sind die Tage mit thermischer Eignung von Ende Februar bis Anfang November und liegen meistens in der warmen Jahreszeit bei Werten über 40 % (Abb. D2-28). Nebel ist fast ganzjährig anzutreffen und vorwiegend mit Werten unter 10 %. Tage mit starkem Wind sind in Obergurgl in den Monaten November bis März anzutreffen sowie Tage mit langen Niederschlagsereignissen. Thermischer Stress ist in den Sommermonaten anzutreffen und liegt bei Werten unter 20 %.

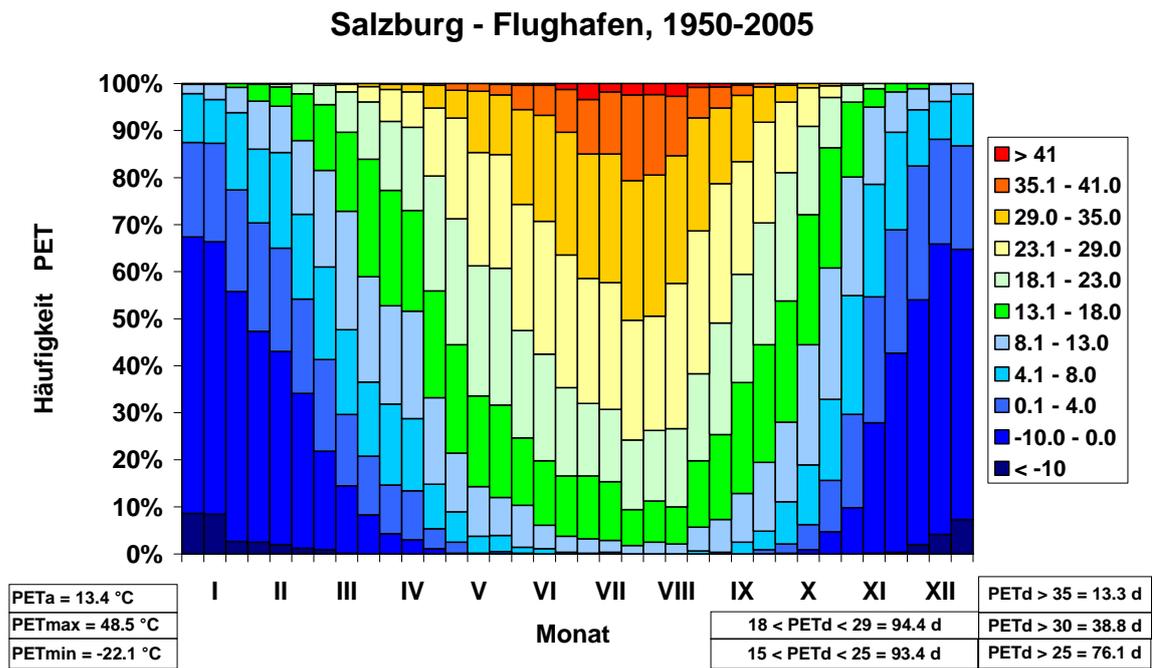


Abb. D2-29: PET-Diagramm für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005

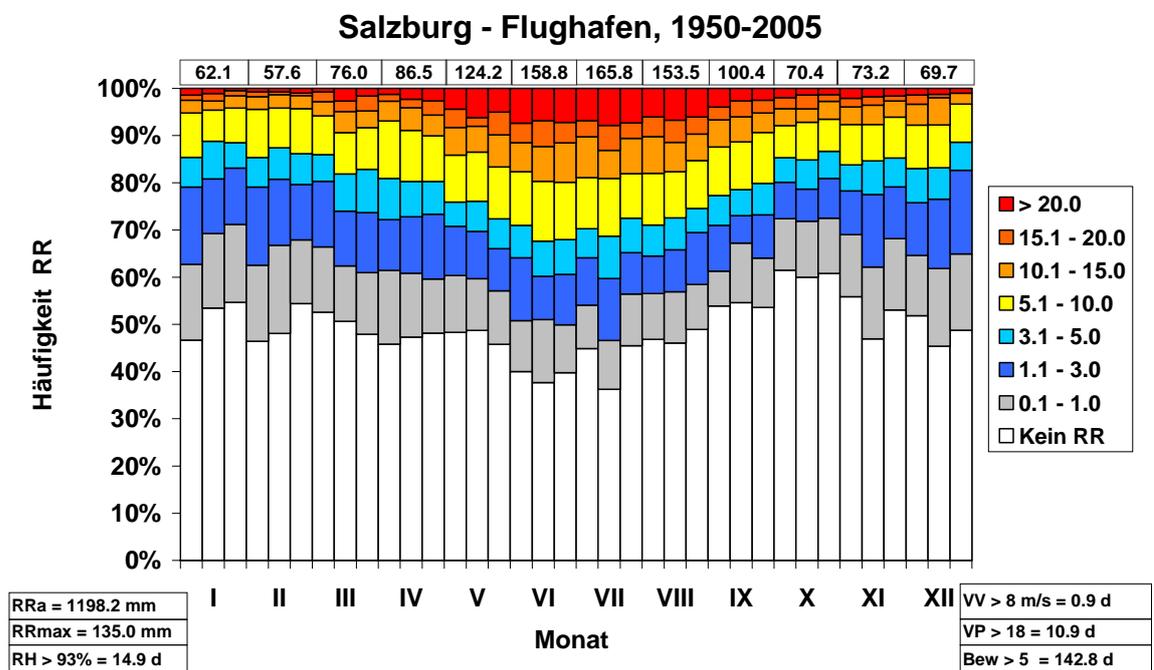


Abb. D2-30: Niederschlagsdiagramm für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005

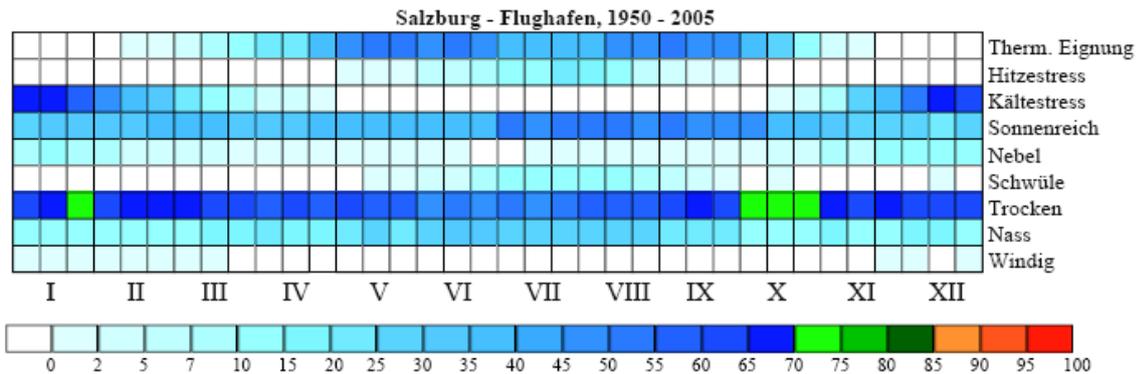


Abb. D2-31: CTIS-Kennzahlen für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-12: CTIS für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	14.0	12.9	12.9	13.9	13.3	13.5
PETmax [°C]	47.7	45.4	44.8	48.5	46.5	42.9
PETmin [°C]	-20.2	-18.0	-17.3	-22.1	-14.9	-14.7
PETd > 25 [d]	83.5	73.3	68.9	80.0	74.5	74.6
PETd > 30 [d]	46.5	36.3	31.1	41.1	38.1	39.2
PETd > 35 [d]	17.9	12.0	8.7	14.6	12.8	13.8
RRa [mm]	1257.5	1184.6	1122.5	1202.8	1225.8	1182.2
RRmax [mm]	135.0	86.2	116.7	88.8	82.1	101.5
RH > 93% [d]	14.9	14.6	16.8	14.0	15.8	11.6
Bew < 5 [d]	142.8	146.5	143.5	152.5	133.1	133.8
VP > 18 [d]	16.5	8.4	7.7	9.4	11.4	10.0
VV > 8 m/s [d]	1.9	1.5	0.8	0.2	0.2	0.2

Für Salzburg – Flughafen ergeben sich durchschnittlich 94,4 Tage mit thermischer Behaglichkeit (Abb. D2-29). Sowohl mäßig als auch stark wärme belastende Tage weisen einen anfänglichen Rückgang bis 1971-1980 auf und variieren anschließend mit ± 2 Tagen. Die Zahl der schwülen Tage liegt im Mittel bei 10,9 Tagen. Auch hier lässt sich ein abnehmender Trend bis 1971-1980 verzeichnen, anschließend nimmt die Anzahl wieder leicht zu. Der Niederschlag beträgt durchschnittlich 1198,2 mm, jedoch ist noch kein eindeutiger Trend ersichtlich (Abb. D2-29 und Tab. D2-12). Im Mittel gibt es 142,8 Tage von sonnenreichen Tagen. Während in den ersten 4 Dekaden die Zahl der Tage mit geringer Bewölkung noch überdurchschnittlich hoch war, nehmen sie ab 1990 ab. Die sturmaktiven Tage gehen ebenfalls sukzessive von 1,9 Tage auf 0,2 Tage zurück. In Salzburg treten die Tagen mit thermischer Eignung im Zeitraum von Ende Februar bis Anfang November auf (Abb. D2-31). Hitzestress taucht zwischen Anfang Mai und Ende September auf und die schwülen Tage sind von Anfang Mai bis Anfang Oktober typisch. Sonnenreiche Tage sind über das ganze Jahr verteilt und vorwiegend mit Werten über 30 % und im Sommer werden sie maximal über 40 %. Tage mit starkem Wind sind vom Mitte November bis Mitte März typisch.

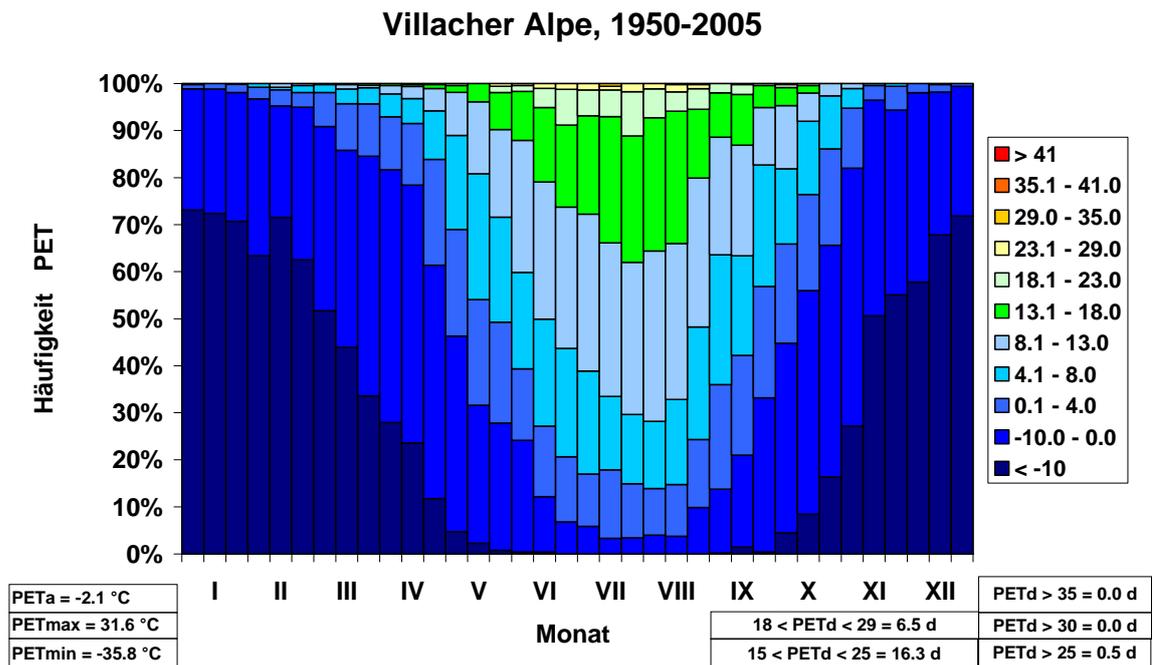


Abb. D2-32: PET-Diagramm für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005

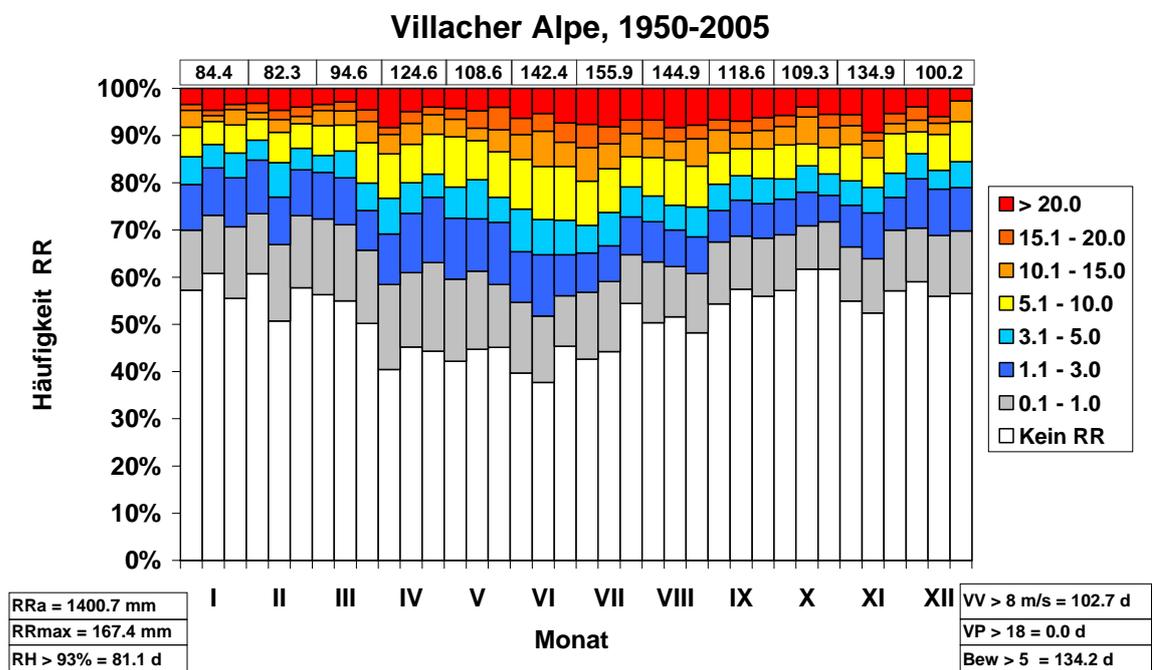


Abb. D2-33: Niederschlagsdiagramm für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005

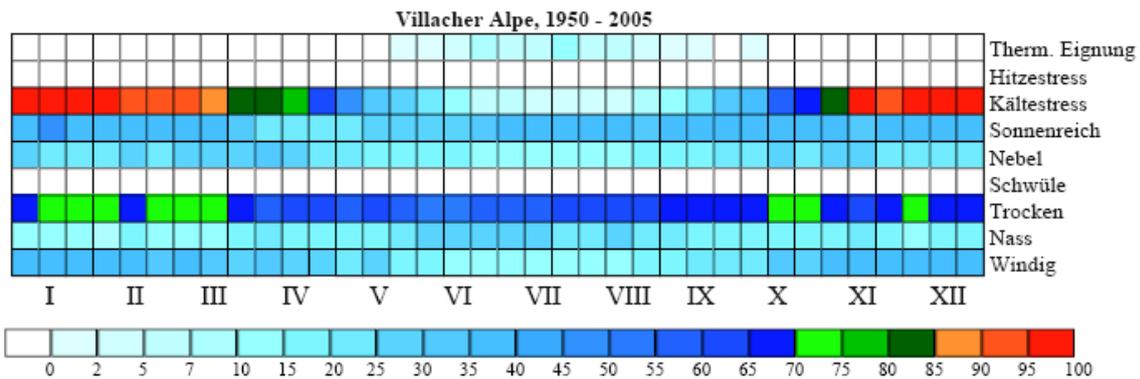


Abb. D2-34: CTIS-Kennzahlen für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005

Tab. D2-13: CTIS für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005

Parameter	1950-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2005
PETa [°C]	-1.3	-2.2	-3.0	-2.4	-1.9	-1.8
PETmax [°C]	28.8	31.6	22.9	24.9	25.6	29.3
PETmin [°C]	-35.8	-32.4	-33.0	-31.3	-33.6	-29.4
PETd > 25 [d]	0.8	1.4	0.0	0.0	0.1	1.0
PETd > 30 [d]	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
PETd > 35 [d]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RRa [mm]	1718.6	1503.7	1371.1	1180.6	1278.6	1239.0
RRmax [mm]	167.4	141.1	147.4	94.5	107.7	113.8
RH > 93% [d]	70.4	88.0	90.3	82.4	69.4	94.0
Bew < 5 [d]	143.2	122.4	116.6	148.0	136.5	141.2
VP > 18 [d]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VV > 8 m/s [d]	72.7	79.3	117.8	111.6	129.5	113.8

Aufgrund der exponierten Höhenlage der Villacher Alpe (2140 m ü. NN) sind im Durchschnitt pro Jahr nur 6,5 Tage thermisch komfortabel (Abb. D2-32). Wärme belastende und schwüle Tage gibt es nicht. Die Jahresdurchschnittstemperatur von PET erhöhte sich seit 1971-1980 um ca. 0,5 K pro Dekade. Die mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt 1400,7 mm, Tendenz abnehmend (Abb. D2-33 und Tab. D2-13). Im Allgemeinen erfahren die Tage mit Sturmaktivität eine Zunahme. Die durchschnittliche Anzahl sonnenreicher Tage liegt bei 134,2 Tage. Die Tendenz ist seit den letzten 2 Dekaden steigend. An der Villacher Alpe beginnt die Periode mit thermischer Eignung Ende Mai und endet erst Ende September mit Unterbrechungen Mitte September (Abb. D2-34). Hitzestress sowie schwüle Tage sind aufgrund der Höhenlage gar nicht anzutreffen. Nebeltage sind ganzjährig anzutreffen und liegen bei Werten von über 25 %. Tage mit starkem Wind und viel Niederschlag sind ganzjährig vorhanden und die Werte liegen meistens über 20 %. Die sonnenreichen Tage weisen im Winter höhere Werte auf als im Sommer.

D2-4.2 Klimasimulationen mit dem REMO-Modell

Das Klimaszenario A1B wurde hier benutzt, um tourismus-klimatische Berechnungen und Analysen durchzuführen. Grundlage bildeten die Klimaszenarienberechnungen des REMO-Modells. Folgende Vorgehensweise wurde zugrunde gelegt:

- Aus den Stundendaten des REMO-Modells wurden die Werte für 14 Uhr MEZ extrahiert und daraus Analysen und Berechnungen von PET durchgeführt. Die dafür benötigten Daten waren die Lufttemperatur, Taupunkt, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung und Albedo. Aus den extrahierten Größen wurden der Dampfdruck und mittels des RayMan-Modells (Matzarakis et al., 2000, 2007) die mittlere Strahlungstemperatur T_{mrt} und die Physiologisch Äquivalente Temperatur PET bestimmt. Die Berechnungen wurden für 14 Uhr MEZ durchgeführt weil zu diesem Zeitpunkt die höchsten bzw. angenehmsten thermischen Bedingungen zu erwarten sind.
- Aus den Stundendatensätzen wurde die tägliche Niederschlagsmenge und das tägliche Maximum der Windgeschwindigkeit extrahiert.
- Aus den extrahierten und berechneten Daten wurden tourismus-klimatische Kenngrößen berechnet.

Aus den Berechnungen wurden die dekadischen Trends für den Zeitraum 1960 – 2050 bestimmt. Die ausgewählten Größen und Parameter sind in den nachfolgenden Tabellen (D2-21 bis D2-31) dargestellt. Die Tabellen enthalten folgende tourismus-klimatischen Faktoren:

- Mittelwert der Lufttemperatur T_a (°C)
- Anzahl der Tage mit Lufttemperatur $T_a > 30$ (d)
- Mittelwert der Physiologisch Äquivalenten Lufttemperatur PET_a (°C)
- Absolutes Maximum der Physiologisch Äquivalenten Lufttemperatur PET_{max} (°C)
- Absolutes Minimum der Physiologisch Äquivalenten Lufttemperatur PET_{min} (°C)
- Anzahl der Tage mit Physiologisch Äquivalenter Temperatur $PET_d < 0$ (d) (Kältestress)
- Anzahl der Tage mit Physiologisch Äquivalenter Temperatur $PET_d < 8$ (d) (Kältereiz)
- Anzahl der Tage mit Physiologisch Äquivalenter Temperatur PET_d $18 \leq PET \leq 29$ (d) (Thermische Eignung)
- Anzahl der Tage mit Physiologisch Äquivalenter Temperatur $PET_d > 30$ (d) (mäßige Wärmebelastung)
- Anzahl der Tage mit Physiologisch Äquivalenter Temperatur $PET_d > 35$ (d) (Hitze stress)
- Jährliche Niederschlagssumme RR_a (mm)
- Anzahl der Tage ohne Niederschlag $RR \leq 1$ mm (d) (trockene Tage)
- Anzahl der Tage mit Niederschlag $RR > 5$ mm (d) (nasse Tage)
- Anzahl der Tage mit Bewölkung $Bew < 5$ (d) (Sonnenreiche Tage)

- Anzahl der Tage mit Dampfdruck VP > 18 hPa (d) (Schwüle Tage)
- Anzahl der Tage mit Maximum der Windgeschwindigkeit VV > 8 m/s (d) (windige Tage)
- Anzahl der Tage mit Schneedecke > 10 cm (d) (Skifahrpotenzial)
- Anzahl der Tage mit relativer Luftfeuchte RH > 93 % (d) (Nebeltage)

Aus den Tabellen für die elf ausgewählten Stationen sind im Nachfolgenden die wichtigsten Faktoren zusammengefasst:

- Anzahl der Tage mit Kältestress (Tab. D2-14)
- Anzahl der Tage mit Hitzestress (Tab. D2-15)
- Anzahl der Tage mit thermischer Eignung (Tab. D2-16),
- Anzahl der schwülen Tage (Tab. D2-17)
- Anzahl der Sonnentage (Tab. D2-18)
- Anzahl der trockenen Tage (Tab. D2-19)
- Anzahl der nassen Tage (Tab. D2-20)
- Anzahl der windigen Tage (Tab. D2-21)

Hinsichtlich der Tage mit Kältestress (Tage mit PET < 0°) zeichnet sich an allen ausgewählten Stationen ein abnehmender Trend (Tab. D2-14). Der Trend der Abnahme des Kältestresses ist an den höher gelegenen Stationen (Sonnblick und Obergurgl) etwas höher als an den niedrig gelegenen Stationen. Insgesamt liegen die Werte der Abnahme bei mehr als 20 Tagen für die Klimanormalperiode 1961-1990 und die Zeitperiode 1991-2000.

Tab. D2-14: Trend der Tage mit Kältestress (PET < 0 °C) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	73.4	82.5	78.6	67.5	62.0	60.4	57.1
Sonnblick	208.4	210.1	206.4	204.1	204.3	193.6	188.7
Badgastein	171.0	173.6	177.3	170.6	167.9	160.5	155.1
Feldkirch	94.6	94.1	98.9	90.3	78.6	78.7	74.5
Graz-Universität	66.5	74.8	65.4	57.8	52.9	51.1	48.7
Hoersching	82.8	93.2	94.7	81.7	77.0	69.3	68.0
Innsbruck-Universität	130.5	131.7	136.3	127.5	121.0	124.0	116.2
Klagenfurt	59.7	63.7	57.0	51.4	47.5	40.3	37.9
Obergurgl	225.5	229.5	223.7	219.7	218.0	210.0	203.0
Salzburg	88.4	102.5	97.8	88.8	82.9	76.8	76.8
Villacher Alpe	76.3	81.5	78.2	67.4	64.0	56.6	56.9

Die Anzahl der Tage mit Hitzestress (Anzahl der Tage mit PET > 35 °C) nimmt an den ausgewählten Stationen unterschiedlich zu (Tab. D2-15). In Wien liegt die Zunahme unter 4 Tagen und auf der höchst gelegenen Station treten auch zur Mitte des 21. Jahrhunderts keine Tage mit Hitzestress auf. Das Gleiche gilt auch für Obergurgl und Badgastein, wo Hitzestress auch in der Zukunft kein Störfaktor sein wird. In Badgastein erhöht sich zwar der Wert von Hitzestresstagen, liegt aber in jeder Dekade unter 2 Tagen pro Jahr. Die höchste Zunahme an Hitzestresstagen ist in tiefer gelegenen Bereichen im

Süden und im Südosten zu erwarten (bis zu 41,7 Tagen in Klagenfurt). Die Zunahme in den anderen niedrig gelegenen Gebieten liegt bei unter 10 Tagen.

Tab. D2-15: Trend der Tage mit Hitzestress (PET > 35 °C) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	30.7	30.9	27.7	32.0	38.2	38.2	34.0
Sonnblick	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Badgastein	0.6	0.1	0.7	1.1	0.9	1.5	1.2
Feldkirch	11.4	9.3	12.3	11.8	16.2	14.1	16.4
Graz-Universität	21.8	21.2	21.9	25.3	28.4	31.5	29.6
Hoersching	19.1	17.1	15.7	18.7	22.3	26.1	22.6
Innsbruck-Universität	3.7	3.2	4.7	4.4	7.4	5.8	7.6
Klagenfurt	25.4	27.7	27.2	29.3	35.9	36.7	41.7
Obergurgl	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Salzburg	15.2	14.1	16.4	16.4	19.4	21.2	18.6
Villacher Alpe	11.3	10.1	11.1	12.7	16.0	16.5	19.4

Hinsichtlich der Veränderung der Sommertourismusperiode wurde auch der Bereich von PET ausgewählt, an denen die Werte zwischen 19 und 29 °C liegen. Die Werte im Bereich der thermischen Neutralität bzw. thermischer Behaglichkeit und leichter thermischer Belastung erhöhen sich in Wien kaum (Tab. D2-16). Dafür kommt es zu einer Zunahme der Anzahl der Tage in den höheren Lagen (Sonnblick, Badgastein und Obergurgl) um etwa 10 Tage. Die Werte im Osten und Südosten verändern sich und verzeichnen teilweise eine Abnahme. Die ausgewählten Stationen im Osten weisen ebenfalls eine Zunahme von ca. 10 Tagen auf.

Tab. D2-16: Trend der Tage mit thermischer Eignung (PET zwischen 18 und 29 °C) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	78.8	77.3	81.0	78.0	73.0	74.7	80.0
Sonnblick	20.9	24.4	23.7	26.1	32.0	28.8	29.9
Badgastein	38.9	37.0	39.9	39.0	44.4	50.3	48.5
Feldkirch	71.7	74.8	71.9	73.6	66.0	74.3	80.6
Graz-Universität	88.1	84.8	93.0	87.5	82.1	85.5	87.5
Hoersching	76.1	74.1	78.6	78.7	71.7	78.1	78.7
Innsbruck-Universität	58.6	59.2	60.5	61.2	59.2	66.4	67.7
Klagenfurt	90.1	86.2	87.4	87.0	82.8	87.1	84.4
Obergurgl	14.1	15.8	16.9	17.7	24.0	22.0	25.4
Salzburg	71.4	68.5	69.7	72.7	65.1	70.6	75.0
Villacher Alpe	89.2	83.9	92.0	89.1	83.4	93.8	90.8

Ein traditioneller Wert bzw. eine thermische Situation, die in der Bevölkerung große Beliebtheit besitzt, ist die Schwüle. Die Schwüle kann auch als Tage ausgedrückt werden, an denen der Dampfdruck einen Wert größer 18 hPa besitzt (Tab. D2-17). Bei den schwülen Tagen ist an allen Stationen ein zunehmender Trend zu verzeichnen, wobei er in den tiefer gelegenen Bereichen sehr ausgeprägt ist. Teilweise ist eine Erhöhung von ca. 20 Tagen zu erwarten (Graz-Universität). In den östlichen, südöstlichen, nordöstlichen und nördlichen Gebieten erhöhen sich die Werte bis zu 20 Tagen und im westlichen Teil von Österreich bis zu 15 Tagen. Die höher gelegenen Stationen weisen keine schwülen Tage auf.

Tab. D2-17: Trend der schwülen Tage (VP > 18 hPa) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	35.4	38.3	39.3	37.8	47.6	44.9	51.9
Sonnblick	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Badgastein	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2
Feldkirch	16.0	17.5	19.4	18.4	28.7	28.4	31.4
Graz-Universität	29.2	35.5	32.7	32.4	44.7	36.5	47.1
Hoersching	30.2	32.6	35.7	34.0	43.4	40.5	48.2
Innsbruck-Universität	0.7	0.7	1.5	1.9	2.6	2.1	4.7
Klagenfurt	17.9	21.5	20.5	20.3	28.2	26.4	33.2
Obergurgl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Salzburg	29.0	31.9	33.3	31.3	42.5	41.1	44.0
Villacher Alpe	15.6	19.5	17.4	18.4	24.9	24.2	31.7

Ein weiteres Maß, welches aus den Klimadaten extrahiert werden kann, sind die Tage mit keiner, niedriger und mäßiger Bewölkung (< 5/8). Die Bewölkung kann als Parameter für die ästhetische Komponente des klimatischen Tourismuspotenzials herangezogen werden (Tab. D2-18). Hier zeigt sich kein eindeutiger Trend für die ausgewählten Stationen. Nur die höher gelegenen Stationen (Sonnblick und Obergurgl) zeigen eine Zunahme von sonnenreichen Tagen. Sonst haben die Werte eine leicht negative bzw. positive Tendenz.

Tab. D2-18: Trend der Sonnenreichen Tage (Bew. < 5/8) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	209.8	207.2	204.8	209.1	211.9	207.0	204.9
Sonnblick	147.2	152.0	156.5	151.4	153.1	152.7	159.2
Badgastein	192.2	190.7	187.7	193.3	195.2	195.5	192.9
Feldkirch	239.9	244.6	232.9	238.1	246.9	232.5	239.6
Graz-Universität	210.0	210.7	211.9	211.3	217.5	216.1	213.3
Hoersching	202.4	199.2	197.0	201.8	205.9	205.5	197.9
Innsbruck-Universität	244.8	242.6	239.0	238.9	247.6	239.2	241.5
Klagenfurt	222.7	219.6	220.0	223.5	225.2	228.6	224.6
Obergurgl	158.4	167.3	172.8	166.0	169.3	167.3	178.5
Salzburg	180.3	181.5	181.2	180.2	184.5	183.4	185.2
Villacher Alpe	230.0	229.3	228.7	233.8	239.3	239.3	234.9

Hinsichtlich der physikalischen Komponente des klimatischen Tourismuspotenzials wird der Niederschlag herangezogen. Vor allem die Tage ohne Niederschlag und Tage mit Niederschlag kleiner als 1 mm werden in Betracht gezogen. Für Österreich zeigt sich (Tab. D2-19), dass diese sich in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts nicht verändern werden.

Für die Tage mit Niederschlagswerten von mehr als 5 mm zeigt sich ebenfalls kein klares eindeutiges Signal für die Zukunft (Tab. D2-20). An manchen Stationen gibt es einen leichten abnehmenden Trend (Obergurgl) und an anderen Stationen eine Zunahme von mehr als 10 Tagen (Badgastein).

Tab. D2-19: Trend der trockenen/niederschlagsarmen Tage (< 1 mm) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	267.1	266.8	256.3	264.8	259.8	269.9	262.2
Sonnblick	168.4	165.8	160.6	165.6	165.0	176.4	168.0
Badgastein	179.9	172.1	154.2	173.6	171.2	182.9	166.8
Feldkirch	199.7	199.5	189.7	193.6	199.8	203.7	201.6
Graz-Universität	266.6	265.6	262.1	272.7	265.8	272.3	263.7
Hoersching	248.2	239.6	231.0	241.4	241.3	246.4	239.4
Innsbruck-Universität	162.4	162.3	147.1	161.2	163.6	168.5	163.7
Klagenfurt	250.7	255.5	252.2	251.5	249.3	261.9	253.1
Obergurgl	244.6	248.3	242.6	242.6	245.2	249.7	250.1
Salzburg	210.2	203.5	191.8	209.0	205.9	211.2	203.7
Villacher Alpe	242.6	246.2	242.7	240.6	240.4	252.0	244.2

Tab. D2-20: Trend der Tage mit nassen Tage (RR> 5 mm) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	36.7	37.3	43.4	36.7	41.9	39.3	41.7
Sonnblick	88.8	89.5	91.8	92.6	92.4	88.1	93.3
Badgastein	96.4	105.5	116.5	104.0	107.9	103.2	111.9
Feldkirch	101.1	104.0	112.5	107.7	101.1	99.6	100.9
Graz-Universität	47.9	49.7	50.1	43.5	48.4	42.3	48.3
Hoersching	46.5	48.6	54.4	49.3	51.2	51.0	55.1
Innsbruck-Universität	117.1	115.5	123.7	119.5	116.0	114.6	123.3
Klagenfurt	58.1	57.1	58.2	57.3	63.2	53.0	60.7
Obergurgl	50.0	45.5	48.1	51.5	51.0	47.9	46.3
Salzburg	75.6	80.3	89.6	78.6	82.0	82.2	86.2
Villacher Alpe	65.2	63.3	65.2	67.9	69.3	59.3	68.6

Die Tage mit hohen Windgeschwindigkeiten (Maximum des Tageswertes der Windgeschwindigkeit größer 8 m/s) wird als ein weiteres Maß für die physikalische Komponente des klimatischen Tourismuspotenzials herangezogen (Tab. D2-21). Es zeigt sich, dass in den höher gelegenen Lagen die Anzahl der Tage pro Dekade zunimmt und dass in allen anderen Gebieten die Veränderung nicht eindeutig ist, aber dass es zu Veränderungen bis zu 5 Tagen pro Jahrzehnt kommen kann.

Tab. D2-21: Trend der Tage mit windigen Tagen ($v > 8$ m/s) für die ausgewählten Stationen in Österreich

	1961-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Wien-Hohe Warte	2.9	2.3	2.7	2.8	2.9	3.2	4.7
Sonnblick	28.0	34.0	33.0	30.0	26.4	27.3	32.6
Badgastein	25.4	24.6	27.3	24.5	26.1	27.9	28.2
Feldkirch	4.1	3.8	3.4	3.7	3.8	4.8	5.0
Graz-Universität	10.0	10.3	11.7	10.4	10.5	10.5	11.5
Hoersching	51.6	48.9	45.8	47.2	45.6	48.4	52.1
Innsbruck-Universität	0.6	0.6	1.0	0.2	0.4	0.2	0.7
Klagenfurt	2.1	1.7	2.3	1.6	1.3	2.6	2.4
Obergurgl	43.4	48.0	50.2	45.7	41.7	46.8	50.4
Salzburg	1.6	1.2	1.7	1.6	0.7	0.9	1.5
Villacher Alpe	0.2	0.1	0.8	0.4	0.2	0.6	0.7

Hinsichtlich der modellierten Daten mittels des REMO-Modells wird darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse in diesem Unterkapitel nur simulierte Daten sind und verschiedene Schwächen aufweisen.

Tab. D2-22: Vergleich der realen Stationen und der extrahierten Gitterpunkt von REMO

	Station			REMO-Mittelwert		
	geog. Länge	geog. Breite	Seehöhe m	geog. Länge	geog. Breite	Seehöhe m
Badgastein	13 133	47 117	1100	13.15	47.14	1547
Feldkirch	9 600	47 267	439	9.62	47.28	550
Graz - Universität	15 448	47 080	366	15.48	47.05	380
Hörsching	14 191	48 241	298	14.23	48.24	285
Innsbruck - Universität	11 385	47 261	577	11.45	47.23	1177
Klagenfurt	14 333	46 650	447	14.34	46.66	480
Obergurgl	11 027	46 868	1938	10.98	46.85	2702
Salzburg - Flughafen	13 002	47 801	430	12.95	47.75	645
Sonnblick	12 958	47 054	3105	12.9	47.04	2248
Villacher Alpe	13 673	46 604	2140	13.71	46.64	990
Wien - Hohe Warte	16 356	48 249	198	16.34	48.21	192

Die Höhenlage der Stationen wird aufgrund des benutzten Rasters von 10 km räumlicher Auflösung für die in den Alpen gelegenen ausgewählten Gebiete falsch eingeschätzt, so dass ein direkter Vergleich der Klimaszenarien mit den gemessenen Daten nicht möglich ist. Dies trifft vor allem für die Villacher Alpe, Sonnblick und Obergurgl zu (Tab. D2-22). Zudem kommt noch hinzu, dass der modellierte Niederschlag nicht mit dem gemessenen übereinstimmt. Für die hier durchgeführten Berechnungen wurde der Niederschlag des jeweiligen Gitterpunktes mit dem gemessenen Niederschlag für die Klimanormalperiode (1961-1990) verglichen und falls es für den jeweiligen Gitterpunkt keine gute Übereinstimmung gab, wurde das Mittel über 9 Gitterpunkte herangezogen.

In den Abbildungen (siehe dazu im Anhang auf CD und unter <http://www.austroclim.at/index.php?id=startclim2006>) sind die CTIS-Diagramme dargestellt, die auf der Grundlage von REMO-Simulationen durchgeführt worden sind. Für eine bessere Vergleichsmöglichkeit sind die Klimanormalperioden 1961 – 1990 und die Periode 2021 – 2050 dargestellt. Obwohl es sich für den Zeitraum 1961 – 1990 um Simulationen handelt, kann man im direkten Vergleich mit den Zeitraum 2021 – 2050 die Veränderungen im Jahresverlauf quantifizieren. Im Folgenden werden die Veränderungen für die beiden Zeiträume besprochen.

In Wien erhöht sich die thermische Eignung im Jahresverlauf und der Hitzestress wird im Sommer häufiger auftreten. Die Kältestressperiode wird kleiner und nicht mehr so intensiv. Die Tage mit wenig oder keinem Niederschlag gehen im Sommer zurück. Hingegen kommt es zu einer kleinen Zunahme der Tage mit langem Regen. Das Skifahrpotenzial wird weniger und die Zeiträume weisen Lücken auf.

Auf dem Sonnblick nimmt generell das Skifahrpotenzial ab und die Zeiträume mit thermischer Eignung werden länger. Ebenso nimmt der Sonnenreichtum zu. Die Perioden mit Tagen mit geringem Regen häufen sich. Die Zeiträume mit langen Niederschlägen nehmen in der kalten Jahreszeit zu und im Sommer ab. Durch die Lage des Sonnblicks wird auch in Zukunft die Schwüle und der thermische Stress kein Thema sein.

Sowohl die thermische Eignung als auch die Hitzestressperiode in Badgastein werden sich im Jahresverlauf etwas ausbreiten. Der Kältestress nimmt insgesamt zu und die Perioden mit Nebel werden geringer. Die Perioden mit Tagen ohne Niederschlag werden im Sommer länger und das Skifahrpotenzial kürzer. Der Sonnenreichtum wird in der

kalten sowie in der warmen Jahreszeit weniger. Schwüle wird in Zukunft nicht vorkommen und der Hitzestress erfährt eine leichte Zunahme.

In Feldkirch gibt es eine starke Abnahme des Skifahrpotenzials und eine leichte Abnahme des Sonnenreichtums in der kalten Jahreszeit. Im Sommer gibt es kaum Veränderungen. Die Perioden mit langen Niederschlägen zeigen im Sommer eine leichte Zunahme. Der Kältestress nimmt in seiner Intensität ab und der Zeitraum wird etwas kürzer. Der Hitzestress erfährt bzgl. der Periode keine sonderbare Veränderung.

Die Hitzestressperiode erfährt in Graz eine Zunahme und der Kältestress eine Abnahme. Der Sonnenreichtum nimmt ab und somit die Bewölkung zu. Außerdem nimmt die Periode mit Nebeltagen ab. Tage mit wenig sowie mit andauerndem Niederschlag nehmen im Winter zu. Die Tage mit zu starken Windverhältnissen häufen sich und sorgen für Beeinträchtigungen im Freizeit- und Tourismussektor. Das Skifahrpotenzial erfährt eine Abnahme. Im Sommer wird der lange Regen seltener vorkommen.

In Hoersching wird die Periode mit thermischer Eignung länger und die Periode mit Kältestress kürzer und schwächer. Die Periode mit Hitzestress verändert sich nicht, wird aber etwas schwächer in ihrer Intensität. Die Periode mit schwülen Tagen wird nicht merklich länger, aber dafür intensiver. Die Häufigkeit von Perioden mit keinem oder wenig Niederschlag werden schwächer und der langanhaltende Regen nimmt leicht zu. Die Perioden für das Skifahrpotenzial werden hier ebenfalls kürzer.

Die Periode mit thermischer Eignung sowie der Hitzestresszeitraum werden in Innsbruck etwas länger. Die Schwüleperiode nimmt leicht zu und der Kältestress ab. Die Häufigkeiten von langen Niederschlagsereignissen nimmt im Sommer ab. Die Häufigkeit von sonnenreichen Tagen nimmt in Innsbruck im Sommer ab. Das Skifahrpotenzial erfährt eine Abnahme in der Periode und in der Häufigkeit von Tagen mit ausreichend Schnee.

In Klagenfurt kommt es zu wenig nennenswerten Veränderungen in der thermischen Komponente sowie in der Zunahme der Intensität und der Periode der schwülen Tage. Die Anzahl der Tage mit wenig Niederschlag nimmt im Sommerzeitraum leicht ab. Die sonnenreichen Tage nehmen ebenfalls ab. Die Tage mit starkem Wind nehmen leicht zu und das Skifahrpotenzial wird geringer.

In Obergurgl ist eine Abnahme des Skifahrpotenzials in seiner Häufigkeit zu verzeichnen. Kältestress nimmt generell ab und die Periode mit thermischer Eignung verlängert sich. Die Häufigkeit von langen Niederschlägen wird im Sommer weniger, die der sonnenreichen Tage größer. Nebeltage bleiben gleich und die Schwüle stellt in dieser Höhenlage kein Problem dar.

In Salzburg kommt es zu einer Verlängerung der Periode mit thermischer Eignung und des Hitzestresses. Der Kältestress erfährt eine Verkürzung in der Periode und in der Häufigkeit. Die schwülen Tage werden häufiger und die Periode wird länger. Langanhaltender Sommerregen nimmt in seiner Häufigkeit ab. Die sonnenreichen Tage nehmen ebenfalls leicht ab. Das Skifahrpotenzial erfährt eine Abnahme in der Häufigkeit und in der Periode, wo es für Skisport möglich ist.

In Villacher Alpe kommt es zu einer Zunahme der Häufigkeit von thermischer Eignung für Freizeit und Erholung und einer Zunahme der Häufigkeit des Hitzestresses sowie zu einer Abnahme des Kältestresses. Schwüle tritt häufiger auf und Perioden mit keinem Niederschlag nehmen sowohl im Winter als auch im Sommer zu. Langer Regen nimmt in Sommer leicht zu. Die Starkwindereignisse hingegen nehmen im Winter zu und im Sommer ab. Auch das Skifahrpotenzial nimmt in seiner Periode und Häufigkeit ab.

D2-5 Schlussfolgerung

Die bereits existierenden Methoden aus der Tourismus-Klimatologie und Human-Biometeorologie erlauben eine Analyse des Sommertourismuspotenzials unter veränderten Klimabedingungen. Die hier eingesetzten Methoden und Ergebnisse basierend auf Klimaszenarien und retrospektive Analyse mit Klimadaten der ZAMG für das thermische Bioklima und anderen tourismus-klimatischen Faktoren geben zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Informationen für Entscheidungsträger über die zukünftigen Bedingungen für den Sommertourismus in Österreich.

Die Kombination von bioklimatischen Bedingungen in Häufigkeitsdarstellungen verknüpft mit den Häufigkeitsverteilungen von Niederschlagsbedingungen und Überschreitungshäufigkeiten von Tagen mit neutralen thermischen Bedingungen, Hitzestress, Schwüle, Nebel, geringer Bewölkung und Extremwindverhältnissen können aus den Daten von den Klimastationen der ZAMG und den Ergebnissen aus Klimaszenarien leicht berechnet und in leicht verständlichen Diagrammen dargestellt werden. Die ausgewählten Parameter beinhalten nicht nur human-biometeorologische Wirkungskomplexe wie thermischer und aktinischer, sondern auch Facetten aus der Tourismus-Klimatologie wie z.B. die physikalische (Wind, Nebel) oder auch die ästhetische (Sonnenscheindauer) und der thermische Wirkungskomplex (de Freitas, 2003, Matzarakis, 2006, 2007).

Die schon erzielten Informationen geben eine umfassende Beschreibung des schon vorhandenen klimatischen Tourismuspotenzials wieder. Durch den Einsatz von Daten aus Klimaszenarien wird die Beschreibung und Quantifizierung der zukünftigen tourismus-klimatischen Bedingungen für den Sommer möglich. Die Defizite in Anpassungsstrategien und Ausweichmöglichkeiten für Wintersporttourismus werden durch die hier gewonnenen Daten über die Sommerbedingungen in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung hilfreich für Entscheidungsträger sein.

Durch die Unterteilung der Monate in drei Intervalle ist es möglich, eine gute zeitliche Auflösung von Klimainformationen für den Tourismus und Erholungsbereich zu erzielen. Des Weiteren können durch die Angabe von Häufigkeitsklassen von klimatischen und bioklimatischen Größen auf der Grundlage der verschiedenen Facetten des Klimas für Tourismuszwecke einfach verständliche und umfassende Diagramme erstellt werden. Je nach Region und Zweck können unterschiedliche Größen oder Facetten des Klimas in dem CTIS berücksichtigt werden.

Zusammenfassend kann geschlussfolgert werden:

- Die Anzahl der Tage mit Kältestress verringert sich bis zu 20 Tagen vor allem im Süden und Südosten Österreichs.
- Die Anzahl der Tage mit Hitzestress nehmen in der Zukunft zu, wobei die höheren Lagen über 1000-1200 m nicht davon betroffen sind. Die Anzahl der Tage mit Hitzestress kann sich in der Zukunft bis auf mehr als 40 Tage im Südosten des Landes erhöhen.
- Die Anzahl der Tage, die thermisch komfortable Bedingungen besitzen, erhöht sich um ca.10 Tage, wobei die Trends nicht eindeutig sind. Städtische Bereiche zeigen einen gleichbleibenden Trend.
- Die Anzahl der Sonnentagen erhöht sich nur in den höheren Lagen.
- Insgesamt gibt es einen leicht zunehmenden Trend für die Tage mit viel Niederschlag.

- Im Jahresverlauf kommt es zeitlich zu einer verkürzten Periode mit Kältestress, einer Verlängerung der Hitzestressperiode und einer Verlängerung der thermischen Eignung für Freizeit und Erholung. Es erfolgt auch eine Verlängerung der Perioden mit schwülen Tagen und eine Zunahme ihrer Anzahl.
- Tage mit geringem oder keinem Niederschlag sowie Tage mit lang anhaltendem Niederschlag gewinnen im Sommer an Häufigkeit.
- Das Skifahrpotenzial wird geringer und ist in den höheren Lagen gewährleistet.
- Die Anzahl der Nebeltage geht generell zurück.
- Über die Veränderung der Starkwindverhältnisse (speziell für Freizeit und Erholung) können keine konkreten Aussagen getroffen werden.

Auf der Grundlage der berechneten tourismus-klimatischen Kennfaktoren ergibt sich eine Situation für ganz Österreich mit einer Zunahme der Tage mit geeigneten thermischen Bedingungen für den Tourismus, aber gleichzeitig eine Zunahme der Tage mit Hitzebelastung, was entgegenwirkt und Gefahren für die Erholungssuchenden bedeutet. Hinsichtlich der anderen tourismus-klimatischen Faktoren zeigt sich, dass auf der Grundlage des verwendeten Klimaszenariums eine leichte Zunahme der physikalischen und ästhetischen Faktoren zu erwarten ist.

Zu guter Letzt, sei noch angemerkt, dass die Klimasimulationen hinsichtlich der gängigen Extremereignisse, wie Überflutungen und Stürme, keine eindeutigen Hinweise geben. Somit ist es, äußerst schwierig, eine eindeutige Aussage für das zukünftige klimatische Tourismuspotenzial zu treffen.

Die Sommertourismusverhältnisse können aber ziemlich gut mit den thermischen Bedingungen (PET) und den Feuchteverhältnissen (Schwüle) beschrieben werden und zeigen, dass neben einer Verlängerung der Tourismussaison mit angenehmen thermischen Bedingungen auch die Anzahl der schwülen Tage stark zunimmt und dies Gefahren für die Erholungssuchenden birgt. Hinsichtlich der zweiten wichtigen Komponente, des Niederschlags und seiner Abnahme im Sommerzeitraum ergeben sich positive Faktoren für den Sommertourismus.

Zusammengefasst kann geschlussfolgert werden, dass sich in Österreich die Sommertourismusperiode in der Vorsaison und Nachsaison verlängert. Diesem Trend wirken drei Faktoren entgegen: a) Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hitzestress (PET-Verhältnisse) sowie eine Erhöhung der Tage mit Schwüle in den Lagen unter 1000 m, b) Zunahme der Perioden mit thermischer Eignung für Freizeit und Erholung und c) ein Rückgang der Niederschlagstage mit leichtem oder keinem Niederschlag, aber eine leichte Erhöhung der Tage mit langen Ereignissen (RR > 5 mm).

Literaturverzeichnis

- Abegg, B. (1996) Klimaänderung und Tourismus. Schlussbericht NFP 31. - vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Amelung, B., Blazejczyk, K., Matzarakis, A., Viner, D. (eds.) (2004) Climate Change and Tourism: Assessment and Coping Strategies. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. (in Druck).
- Bühning, M., Jung, E.G. (1992) UV-Biologie und Heliotherapie. Stuttgart, Hippokrates.
- Davies, N.E. (1968) An optimum summer weather index. *Weather* 23, 305-317.
- De Dear, R., Pickup, J. (1999) An outdoor thermal comfort index (OUT_SET*) – Part II – Applications. In: *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium*. In: (ed. by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems). Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026, 285-290.
- De Freitas, C.R. (1990) Recreation climate assessment. *Int. J. Climatol.* 10, 89-103.
- De Freitas, C.R. (2001) Theory, concepts and methods in climate tourism research. In: A. Matzarakis and C. R. de Freitas (eds). *Proceedings of the first international workshop on climate, tourism and recreation*. International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation. December 2001. 3-20.
- De Freitas, C.R. (2003) Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *Int. J. Biomet.* 48, 45-54.
- EPA (1999) Guideline for reporting of daily air quality – air quality index (AQI). United States Environmental Protection Agency, EPA-454/R-99-010.
- Fanger, P. O. (1972) *Thermal comfort*. New York, McGraw Hill.
- Harlfinger, O. (1985) *Bioklimatischer Ratgeber für Urlaub und Erholung*. Gustav Fischer Verlag.
- Höppe, P. (1999) The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biomet.* 43, 71-75.
- IMBW (1994) *Städtebauliche Lärmfibel. Hinweise für die Bauleitplanung*. Innenministerium Baden-Württemberg.
- Jacob, D., U. Andrae, G. Elgered, C. Fortelius, L. P. Graham, S. D. Jackson, U. Karstens, Chr. Koepken, R. Lindau, R. Podzun, B. Rockel, F. Rubel, H.B. Sass, R.N.D. Smith, B.J.J.M. Van den Hurk, X. Yang, (2001) A Comprehensive Model Intercomparison Study Investigating the Water Budget during the BALTEX-PIDCAP Period. *Meteorology and Atmospheric Physics* 77, 19-43.
- Kaiser, M. (2002) *How the weather affects your health*. Michelle Anderson Publishing, Melbourne.
- Kiefer, J. (Hrsg.) (1977) *Ultraviolettes Strahlen*. Berlin, New York, Walter de Gruyter.
- Koch, E., Marktl, W., Matzarakis, A., Nefzger, H., Rudel, E., Schunder-Tatzber, S., Zygmuntowski, M. (2005) *Klimatherapie in Österreich. Broschüre zu den Potentialen der Klimatherapie in Österreich*. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.
- Lecha, L., Shackelford, P. (1997) Climate services for tourism and recreation. *WMO Bulletin* 46, 46-47.
- Matzarakis, A. (2001) Die thermische Komponente des Stadtklimas. *Wiss. Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg* Nr. 6, 265 pp.

- Matzarakis, A. (2002) Examples of climate and tourism research for tourism demands. 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology joint with the International Congress on Biometeorology. 27th October to 1st November 2002, Kansas City, Missouri, 391-392.
- Matzarakis, A. (2006) Weather and climate related information for tourism. *Tourism and Hospitality Planning & Development* 3, 99-115.
- Matzarakis, A. (2007) Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Integration von Wetter- und Klimabedingungen im Tourismus. *Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg* Nr. 16, 73-79.
- Matzarakis A., de Freitas, C.R. (Ed.) (2001) Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation. December 2001. <http://www.mif.uni-freiburg.de/isb>
- Matzarakis, A., de Freitas, C.R. (2005) Neueste Entwicklungen aus der Tourismus-Klimatologie. *Mitt. DMG* 1/2005, 2-4.
- Matzarakis, A., Mayer, H. (1996) Another kind of environmental stress: Thermal stress. WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, *NEWS-LETTERS* 18, 7-10.
- Matzarakis, A., Mayer, H. (1997) Heat stress in Greece. *Int. J. Biomet.* 41, 34-39.
- Matzarakis, A., de Freitas, C., Scott, D., 2004 (eds.): *Advances in tourism climatology*. *Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg* Nr. 12.
- Matzarakis, A., Karatarakis, N., Sarantopoulos, A. (2005) Tourism climatology and tourism potential for Crete, Greece. *Annalen der Meteorologie* 41, Vol. 2, 616-619.
- Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M. (1999) Heat stress in Greece. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int. J. Biomet.* 43, 76-84.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H. (2000) Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. In: *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium*. In: R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems (eds). *Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026, 273-278*.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H. (2007) Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Application of the RayMan model. *Int. J. Biomet.* 51, 323-334.
- Matzarakis, A., Zygmontowski, M., Koch, E., Rudel, E. (2004) Mapping the thermal bioclimate of Austria for recreation tourism. In: Matzarakis, A., de Freitas, C., Scott, D. (eds.) *Advances in tourism climatology*. *Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg* Nr. 12, 10-18.
- Mayer, H., Kalberlah, F., Ahrens, D., Reuter, U. (2002) Analysis of indices for the assessment of the air. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft* 62, 177-183
- Mieczkowski, Z. (1985) The tourism climate index: A method for evaluating world climates for tourism. *The Canadian Geographer* 29, 220-233.
- Rudel, E., Matzarakis, A., Koch, E. (2005) Potential increase of heat load on humans in a changing climate. *World Resource Review* 17, 32-44.
- Shackleford, P., Olsson, L.E. (1995) Tourism, climate and weather. *WMO Bulletin* 44, 239-242.
- TA-Lärm (1968) Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm. Allgemeine Verwaltungsvorschrift über genehmigungsbedürftige Anlagen nach § 16 der Gewerbeordnung.
- UBA (2005) Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimarelevanter Systeme. - *Climate Change* 08/05.

- VDI (1985) VDI 2058, Blatt 1, Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft. Berlin, Beuth Verlag.
- VDI (1993) VDI 3883 Blatt 2, Wirkung und Bewertung von Gerüchen. Ermittlung von Belästigungsparametern durch Befragungen: Wiederholte Kurzbefragung von ortsansässigen Probanden. Berlin, Beuth Verlag.
- VDI (1998) Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung, Teil I: Klima. - VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2. Berlin, Beuth-Verlag.
- WHO (2002) Global Solar UV Index: A practical guide. WHO.
- WMO (1999) Climate and human health. World Climate News 14, 3-5.
- WTO (2003) Climate Change and Tourism. Proc. of the 1st International Conference on Climate Change and Tourism. WTO.
- Zaninovic, K., Matzarakis, A., Cegnar, T., (2006) Thermal comfort trends and variability in the Croatian and Slovenian mountains. Meteorologische Zeitschrift 15, 243-251.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. D2-1: Geographische Verteilung der verwendeten Stationen-----	13
Abb. D2-2: PET-Diagramm für Wien – Hohe Warte für den Zeitraum 1950-2005 -----	17
Abb. D2-3: Niederschlagsdiagramm für Wien – Hohe Warte für den Zeitraum 1950-2005 -----	17
Abb. D2-4: CTIS-Kennzahlen für Wien – Hohe Warte für den Zeitraum 1950-2005 -----	18
Abb. D2-5: PET-Diagramm für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005 -----	19
Abb. D2-6: Niederschlagsdiagramm für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005-----	19
Abb. D2-7: CTIS-Kennzahlen für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005-----	20
Abb. D2-8: PET-Diagramm für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005 -----	21
Abb. D2-9: Niederschlagsdiagramm für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005-----	21
Abb. D2-10: CTIS-Kennzahlen für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005 -----	22
Abb. D2-11: PET-Diagramm für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005 -----	23
Abb. D2-12: Niederschlagsdiagramm für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005 -----	23
Abb. D2-13: CTIS-Kennzahlen für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005 -----	24
Abb. D2-14: PET-Diagramm für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005 -----	25
Abb. D2-15: Niederschlagsdiagramm für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005 -----	25
Abb. D2-16: CTIS-Kennzahlen für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005 -----	26
Abb. D2-17: PET-Diagramm für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005 -----	27
Abb. D2-18: Niederschlagsdiagramm für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005-----	27
Abb. D2-19: CTIS-Kennzahlen für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005-----	28
Abb. D2-20: PET-Diagramm für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005 -	29

Abb. D2-21: Niederschlagsdiagramm für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005-----	29
Abb. D2-22: CTIS-Kennzahlen für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005 -----	30
Abb. D2-23: PET-Diagramm für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005-----	31
Abb. D2-24: Niederschlagsdiagramm für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005 -----	31
Abb. D2-25: CTIS-Kennzahlen für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005-----	32
Abb. D2-26: PET-Diagramm für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005 -----	33
Abb. D2-27: Niederschlagsdiagramm für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005-----	33
Abb. D2-28: CTIS-Kennzahlen für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005-----	34
Abb. D2-29: PET-Diagramm für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005 ----	35
Abb. D2-30: Niederschlagsdiagramm für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005 -----	35
Abb. D2-31: CTIS-Kennzahlen für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005 -	36
Abb. D2-32: PET-Diagramm für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005-----	37
Abb. D2-33: Niederschlagsdiagramm für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005 -	37
Abb. D2-34: CTIS-Kennzahlen für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005-----	38
 Tabellen	
Tab. D2-1: Klimafacetten, deren Signifikanz und Wirkung (nach de Freitas, 2003, Matzarakis, 2006, modifiziert) -----	9
Tab. D2-2: Ausgewählte Stationen und Koordinaten-----	13
Tab. D2-3: CTIS für Wien - Hohe Warte für den Zeitraum 1950-2005 -----	18
Tab. D2-4: CTIS für Sonnblick für den Zeitraum 1950-2005 -----	20
Tab. D2-5: CTIS für Badgastein für den Zeitraum 1950-2005 -----	22
Tab. D2-6: CTIS für Feldkirch für den Zeitraum 1950-2005 -----	24
Tab. D2-7: CTIS für Graz – Universität für den Zeitraum 1950-2005 -----	26

Tab. D2-8: CTIS für Hoersching für den Zeitraum 1950-2005	28
Tab. D2-9: CTIS für Innsbruck – Universität für den Zeitraum 1950-2005	30
Tab. D2-10: CTIS für Klagenfurt für den Zeitraum 1950-2005	32
Tab. D2-11: CTIS für Obergurgl für den Zeitraum 1953-2005	34
Tab. D2-12: CTIS für Salzburg – Flughafen für den Zeitraum 1950-2005	36
Tab. D2-13: CTIS für Villacher Alpe für den Zeitraum 1950-2005	38
Tab. D2-14: Trend der Tage mit Kältestress (PET < 0 °C) für die ausgewählten Stationen in Österreich	40
Tab. D2-15: Trend der Tage mit Hitzestress (PET > 35 °C) für die ausgewählten Stationen in Österreich	41
Tab. D2-16: Trend der Tage mit thermischer Eignung (PET zwischen 18 und 29 °C) für die ausgewählten Stationen in Österreich	41
Tab. D2-17: Trend der schwülen Tage (VP > 18 hPa) für die ausgewählten Stationen in Österreich	42
Tab. D2-18: Trend der Sonnenreichen Tage (Bew. < 5/8) für die ausgewählten Stationen in Österreich	42
Tab. D2-19: Trend der trockenen/niederschlagsarmen Tage (< 1 mm) für die ausgewählten Stationen in Österreich	43
Tab. D2-20: Trend der Tage mit nassen Tage (RR> 5 mm) für die ausgewählten Stationen in Österreich	43
Tab. D2-21: Trend der Tage mit windigen Tagen (v > 8 m/s) für die ausgewählten Stationen in Österreich	43
Tab. D2-22: Vergleich der realen Stationen und der extrahierten Gitterpunkt von REMO	44