

Kapitel 5

Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Nebel

5

Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Nebel

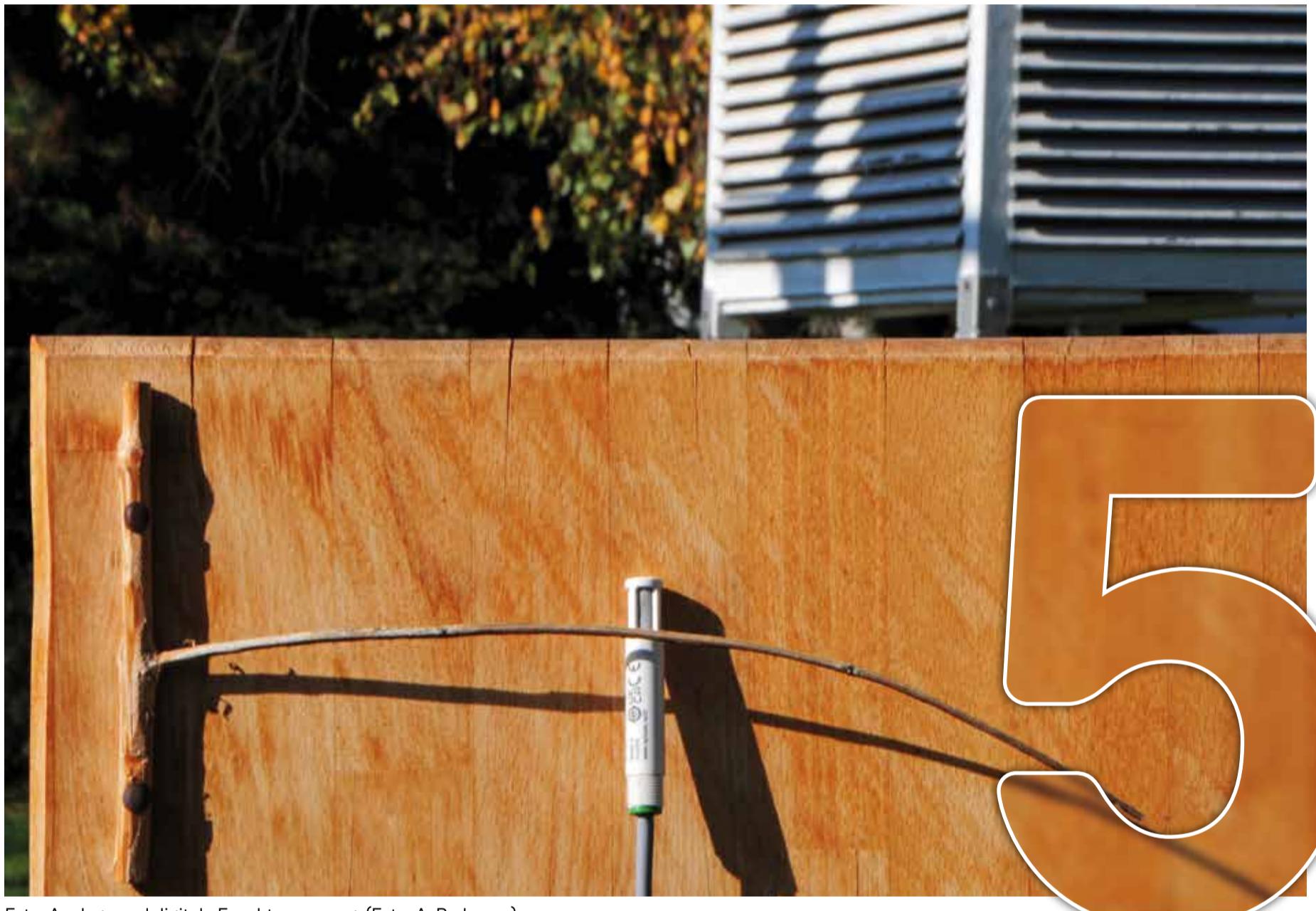


Foto: Analoge und digitale Feuchtemessung. (Foto: A. Podesser)

Autoren:

Christian Pehsl
Alexander Podesser

Inhaltsverzeichnis

5 Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Nebel	103
5.1 Einleitung	105
5.2 Luftfeuchtigkeit	105
5.2.1 Relative Feuchte	105
5.2.2 Dampfdruck und Taupunkt.....	107
5.2.3 Änderung der Luftfeuchtigkeit in der Vergangenheit und der Zukunft	108
5.3 Bewölkung	110
5.3.1 Messung und Beobachtung von Bewölkung	110
5.3.2 Jahresgang der Bewölkung und der relativen Häufigkeiten des Bedeckungsgrades	110
5.3.3 Tagesgang der Bewölkung	115
5.3.4 Heitere, trübe und freundliche Tage	116
5.3.5 Änderung der Bewölkungsverhältnisse in der Vergangenheit und der Zukunft	121
5.4 Nebel	124
5.4.1 Definition von Nebel und Nebelarten.....	124
5.4.2 Jahresgang des Nebels	126
5.4.3 Tagesgang des Nebels	127

5.1 Einleitung

Wasser kommt in der Atmosphäre in allen drei Aggregatzuständen vor. Den weitaus größten Anteil nimmt der gasförmige Zustand in Form von Wasserdampf ein, die flüssige Phase in Form von Wassertröpfchen und die feste Phase in Form von Eiskristallen treten verhältnismäßig deutlich seltener auf.

Der globale Wasserkreislauf zwischen Atmosphäre und Erdoberfläche ist für das Leben auf der Erde essentiell (Liljequist et al., 1994). Aus den Ozeanen und über Land verdunstet Wasser und gelangt so als Wasserdampf in die Atmosphäre. Hier kondensiert oder sublimiert

der Wasserdampf, es entstehen Wasser- und Eiswolken, aus denen Regen, Schnee oder Hagel wieder auf die Erdoberfläche zurückfallen (siehe auch Kapitel 6 „Niederschlag“).

Die Luftfeuchte ist ein Maß für die Menge an Wasserdampf in der Atmosphäre. Dieser Anteil ist sehr variabel und kann zwischen 0,1% und 4,0% schwanken (z.B. Wallace und Hobbs, 2006). Der Wasserdampfgehalt der Luft ist für viele Zwecke der angewandten Meteorologie von großer Bedeutung. Insbesondere im Bereich der Klimatechnik (Ent- bzw. Befeuchtung, Wohnraumlüftung) und für biokli-

matische Fragestellungen stellt die Kenntnis der Feuchteverhältnisse eines Gebietes eine wertvolle Planungsgrundlage und Information dar (Auer, 2001).

Es gibt verschiedene Maßzahlen, die den Wasserdampfgehalt der Luft charakterisieren. Häufig verwendete Größen sind die relative Feuchte, der Dampfdruck oder auch der Taupunkt. Die Eigenschaft der Luft, nur eine bestimmte Menge an Wasserdampf halten zu können, bevor Kondensation auftritt, bildet die enge Verbindung der Luftfeuchtigkeit mit der Wolken- und Nebelbildung.

5.2 Luftfeuchtigkeit

5.2.1 Relative Feuchte

Die relative Feuchte gibt das Verhältnis zwischen der Masse an Wasserdampf, welche die Luft tatsächlich enthält, und der Masse

an Wasserdampf, die sie maximal enthalten könnte, an (siehe auch Kapitel 5.2.2). Bei höherer Temperatur kann die Luft mehr Wasserdampf aufnehmen als bei niedriger. Die Angabe der relativen Feuchte erfolgt in Prozent.

Aus der alleinigen Information der relativen Feuchte kann man keine Rückschlüsse auf den absoluten Wasserdampfgehalt erlangen. Gesättigte Luft hat eine relative Feuchte von 100%. Der maximale Dampfdruck, der dabei

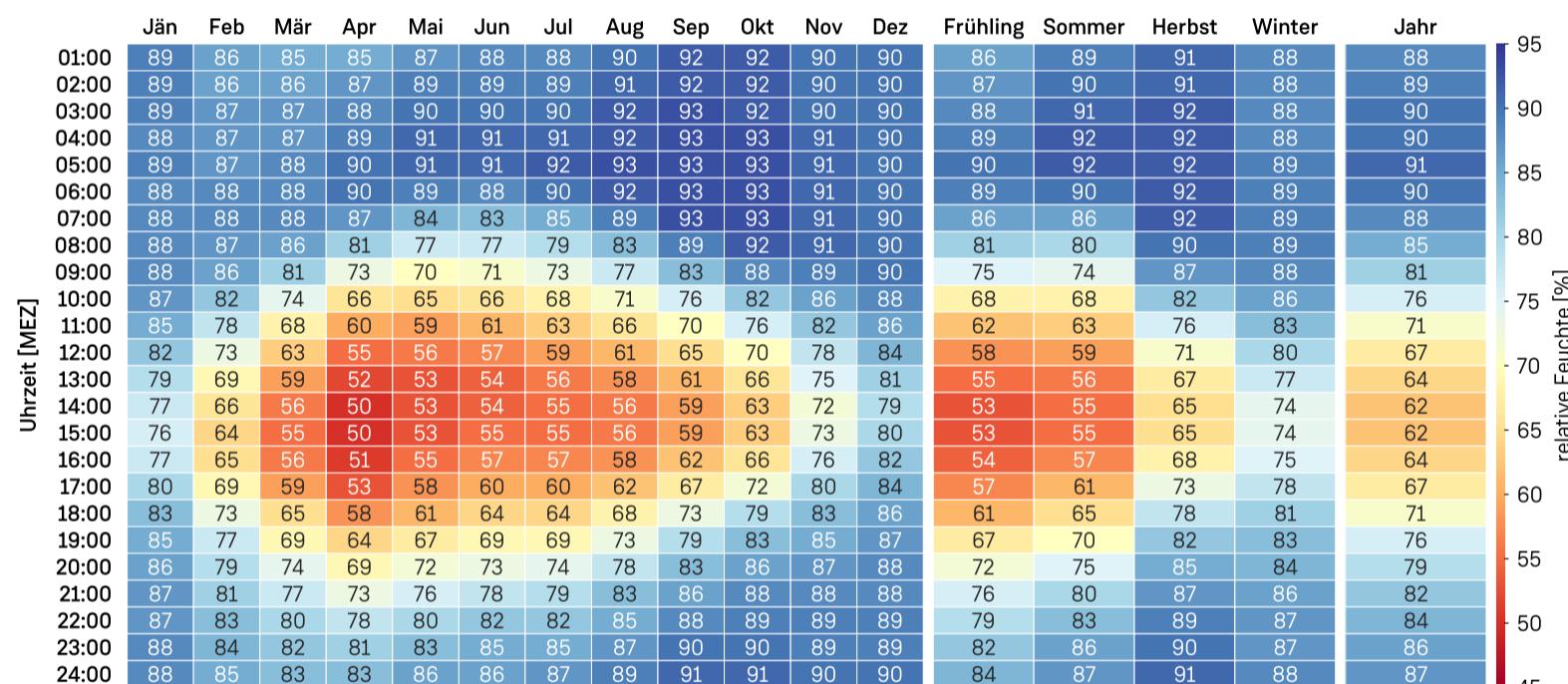
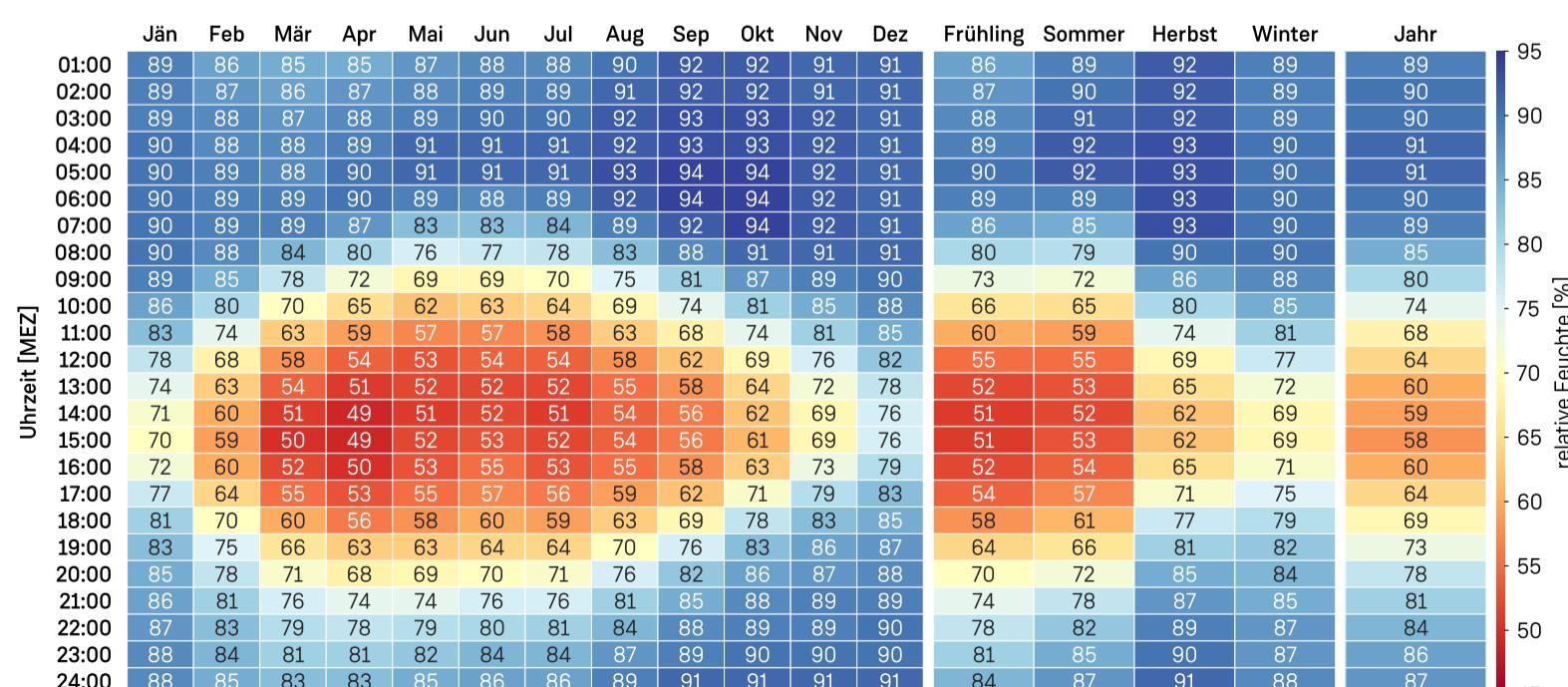


Abbildung 5.1: Mittlerer Jahres- und Tagesgang der relativen Feuchte [%] für die Gegenwart (1991 – 2020) für die Station Aigen im Ennstal.



dann vorherrscht, wird Sättigungsdampfdruck genannt (vgl. Kapitel 5.2.2). In der Regel tritt ab einer relativen Feuchte von 100% auch Kondensation ein. Da der Sättigungsdampfdruck über einer ebenen Wasseroberfläche aber geringer ist als über einem Tropfen, müssen in der Atmosphäre Übersättigungen vorherrschen, um den Kondensationsprozess in Gang zu setzen. Bedingt durch kleine Partikel (auch

Aerosole genannt), die als Kondensationskeime agieren, sind aber nur geringe Übersättigungen von wenigen Prozent erforderlich.

Jahres- und Tagesgang der relativen Feuchte für die Gegenwart (1991 – 2020)

Für die nachfolgende Darstellung der mittleren Jahres- und Tagesgänge der relativen Feuchte (Abbildungen 5.1 bis 5.6) wurden die stündli-

chen Messdaten der Klimanormalperiode für die Gegenwart (1991 – 2020) an ausgewählten Stationen verwendet.

Die Ergebnisse fallen an den Stationen in den Talbecken der Obersteiermark sehr ähnlich aus wie an den Stationen im Vorland. In tiefen Lagen ist durch die strahlungsbedingte Erwärmung ein stärkerer Einfluss des Bodens auf die Temperaturschwankungen festzustel-

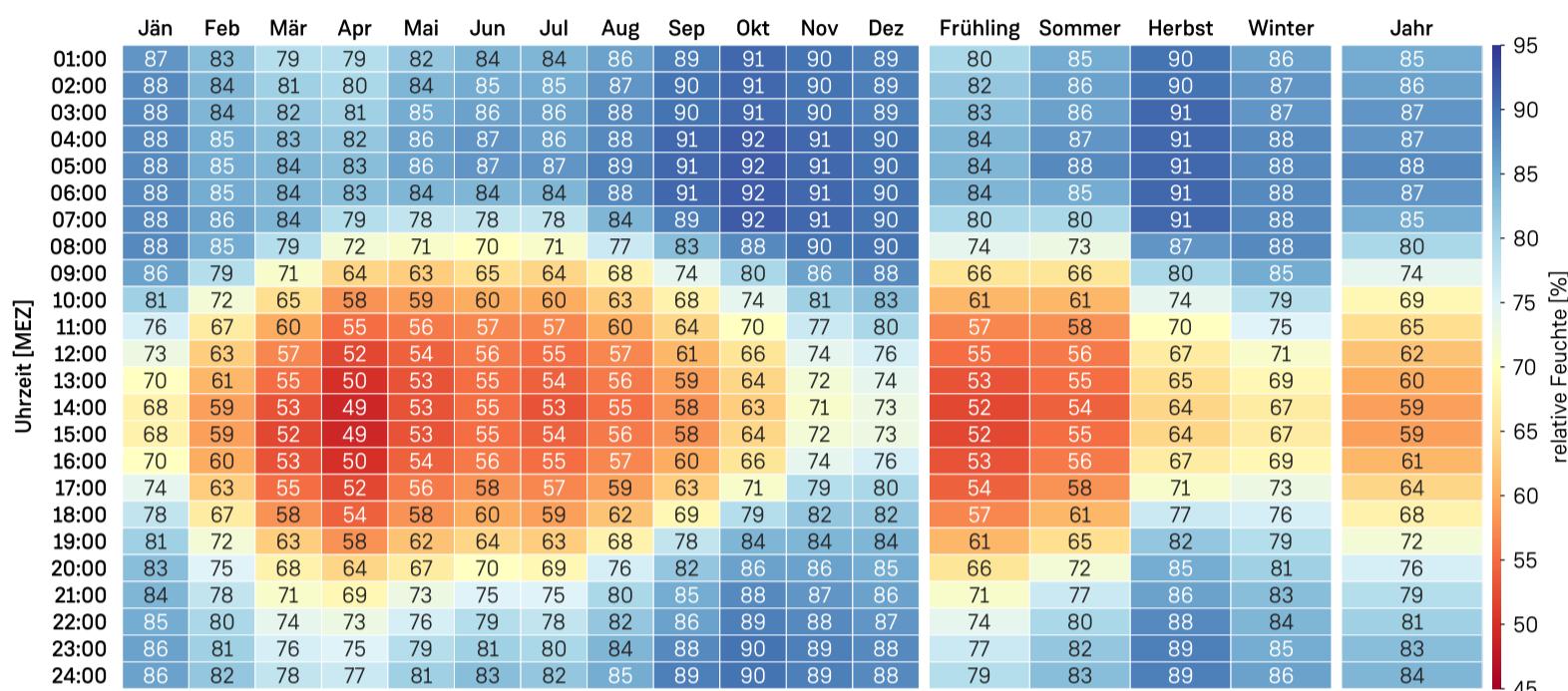


Abbildung 5.3: Mittlerer Jahres- und Tagesgang der relativen Feuchte [%] für die Gegenwart (1991 – 2020) für die Station Graz Universität.

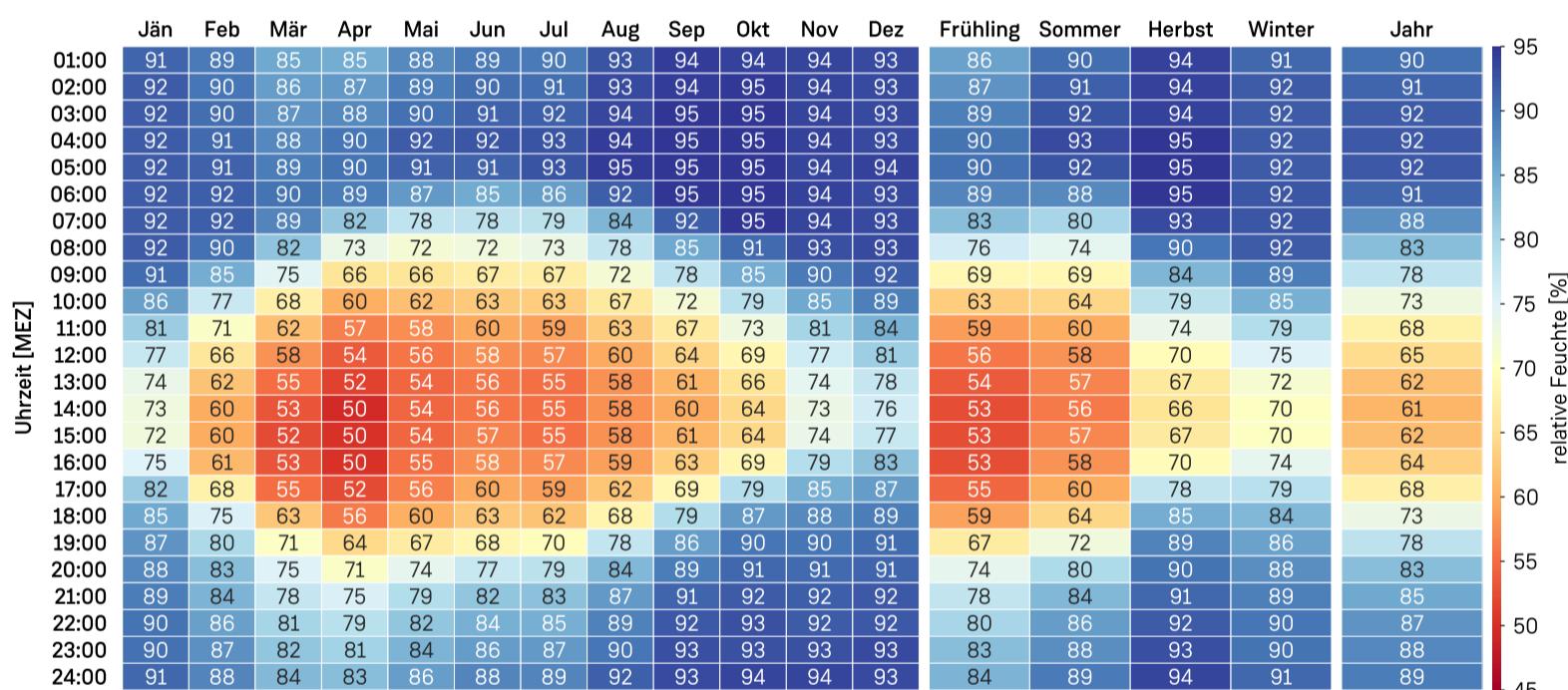
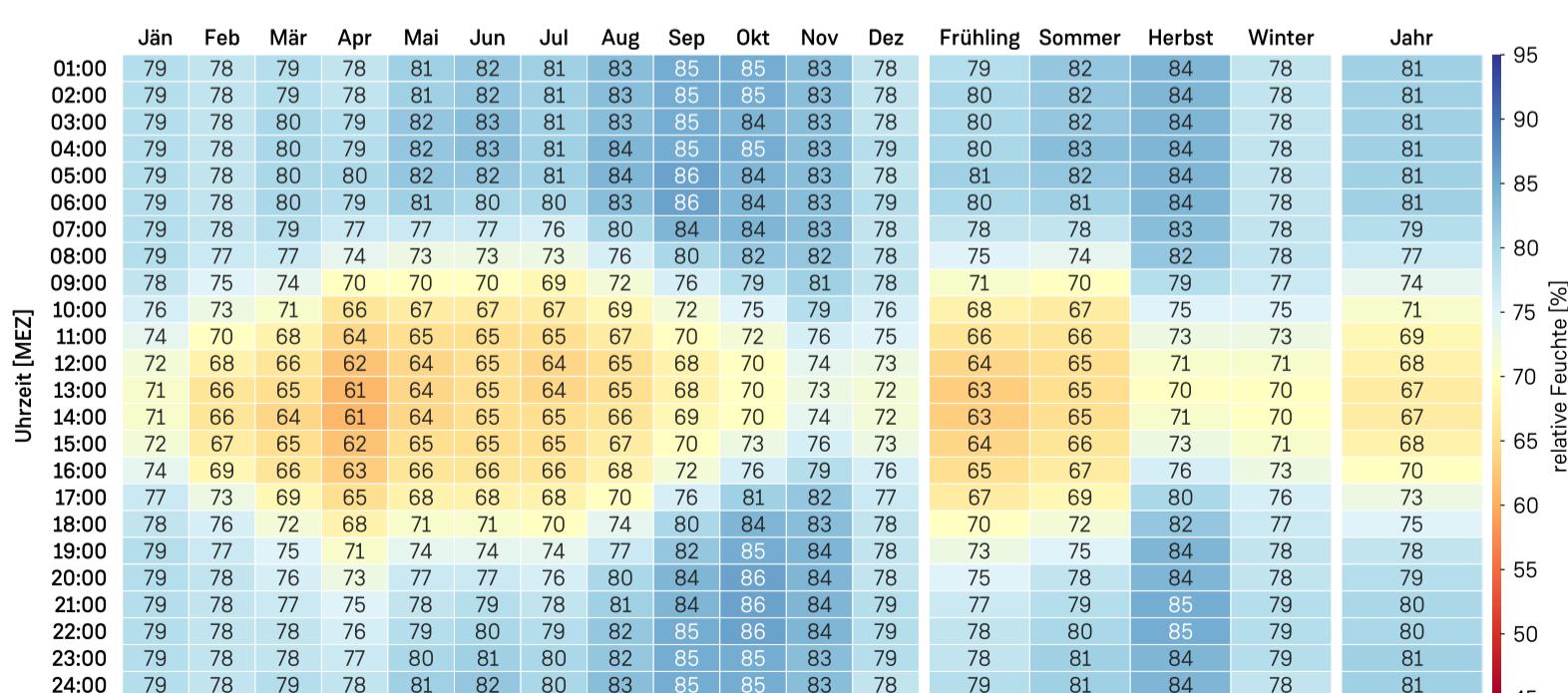


Abbildung 5.4: Mittlerer Jahres- und Tagesgang der relativen Feuchte [%] für die Gegenwart (1991 – 2020) für die Station Deutschlandsberg.



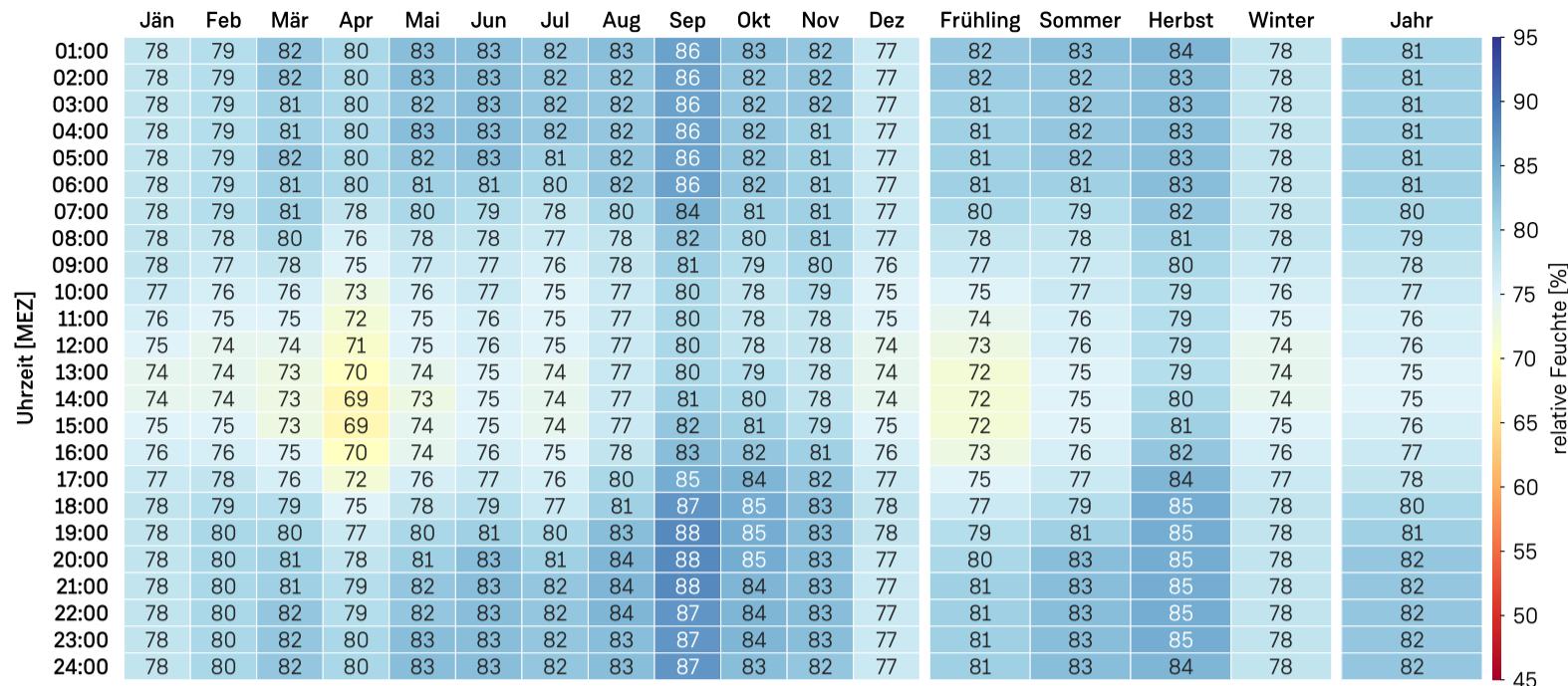


Abbildung 5.6: Mittlerer Jahres- und Tagesgang der relativen Feuchte [%] für die Gegenwart (1991 – 2020) für die Station Schöckl.

len. Dieser Umstand wirkt sich natürlich auch auf die relative Feuchte aus. Allgemein treten die höchsten Mittelwerte der relativen Feuchte mit rund 90% bis 95% in den Nacht- und Morgenstunden auf. Die hohen Werte halten sich im Herbst und Winter bedingt durch den späteren Sonnenaufgang etwas länger in den Vormittag hinein, erreichen am frühen Nachmittag dann allgemein das Tagesminimum. In den Talbecken der Obersteiermark sowie im Vorland sind die niedrigsten Feuchtwerte von März bis Mai zwischen 13:00 Uhr und 16:00 Uhr lokaler Winterzeit (MEZ) mit rund 50% zu erwarten. Die gesamte Schwankungsbreite der stündlichen Mittelwerte der relativen Feuchte über alle Tages- und Jahreszeiten beträgt in den Tieflagen etwa 40% bis 45%. Die niedrigsten Stundenmittelwerte der relativen Feuchte an den exponierteren Standorten Fischbach (1034 m) und Schöckl (1443 m) treten ebenfalls in den frühen Nachmittagsstunden zwischen März und Mai auf. Diese fallen mit rund 60% bzw. 70% aber höher als im Tiefland aus. Durch die zudem allgemein etwas niedrigeren Feuchtwerte in den Nacht- und Morgenstunden ist der Schwankungsbereich der relativen Feuchte über alle Tages- und Jahreszeiten betrachtet geringer als an den tiefer gelegenen Standorten.

5.2.2 Dampfdruck und Taupunkt

Im Gegensatz zur relativen Feuchte ist der Dampfdruck eine Maßzahl für den absoluten Feuchtegehalt der Luft. Der höchste Wert, den der Dampfdruck erreichen kann, hängt von der Temperatur ab. Bei höheren Temperaturen kann die Luft mehr Wasserdampf aufnehmen als bei niedrigeren Temperaturen; wird der Maximalwert erreicht, so spricht man vom Sättigungsdampfdruck.

Der logarithmische Zusammenhang zwischen Sättigungsdampfdruck und Temperatur kann durch die Magnus-Formel empirisch beschrieben werden, wobei auf den Unterschied des Sättigungsdampfdruckes über Eis (E_e in hPa) und über Wasser (E_w in hPa) geachtet werden muss.

$$E_e = 6,1 \cdot 10^{\frac{9,5T}{265,5}}$$

$$E_w = 6,1 \cdot 10^{\frac{7,5T}{237,2}}$$

Die relative Feuchte lässt sich über das Verhältnis des vorherrschenden Dampfdruckes zum Sättigungsdampfdruck darstellen. Umgekehrt kann der Dampfdruck (e) dann aus der vorherrschenden Temperatur (T in °C) und

der relativen Feuchte (RF in %) durch die Beziehung

$$e = \frac{RF \cdot E}{100}$$

errechnet werden. Damit lässt sich der Dampfdruck in Abhängigkeit von Lufttemperatur und Feuchte in Abbildung 5.7 anschaulich darstellen. Die Kurve mit einer angenommenen relativen Feuchte von 100% (schwarz) wird als Taupunktkurve bezeichnet. Der Taupunkt entspricht somit jener Temperatur, bei der die Luft Sättigung erreicht.

Die Abhängigkeit von der Temperatur ist für die in der Atmosphäre vorkommenden Dampfdruckwerte bzw. Taupunkte der hauptsächlich prägende Faktor. Dadurch treten im Winter markant niedrigere Werte des Dampfdruckes als im Sommer auf und es besteht auch eine starke Abhängigkeit von der Seehöhe mit signifikant niedrigeren Dampfdrücken in höheren Lagen gegenüber dem Tiefland. Exemplarisch ist in Abbildung 5.8 der durchschnittliche Jahresgang des Dampfdruckes an drei Stationen (Graz Universität, Fischbach, Schöckl) ersichtlich. Die höchsten Werte werden dabei jeweils im Juli bzw. August erreicht, die niedrigsten Werte im Dezember und Jänner.

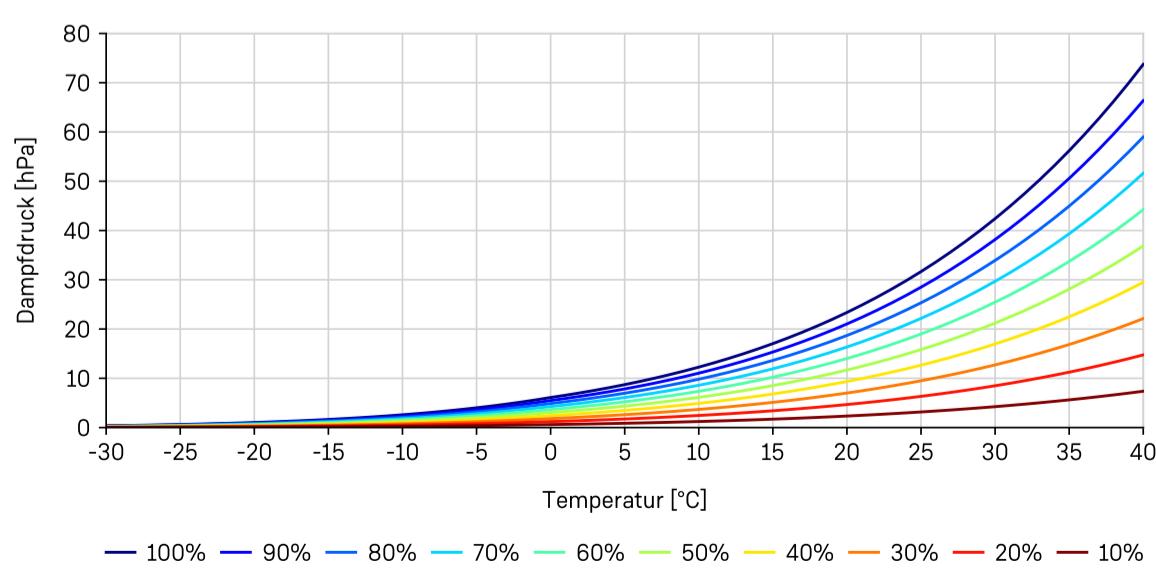


Abbildung 5.7: Dampfdruck (über 0°C über Wasser, unter 0°C über Eis) in Abhängigkeit von Lufttemperatur und relativer Feuchte (analog Auer, 2001).

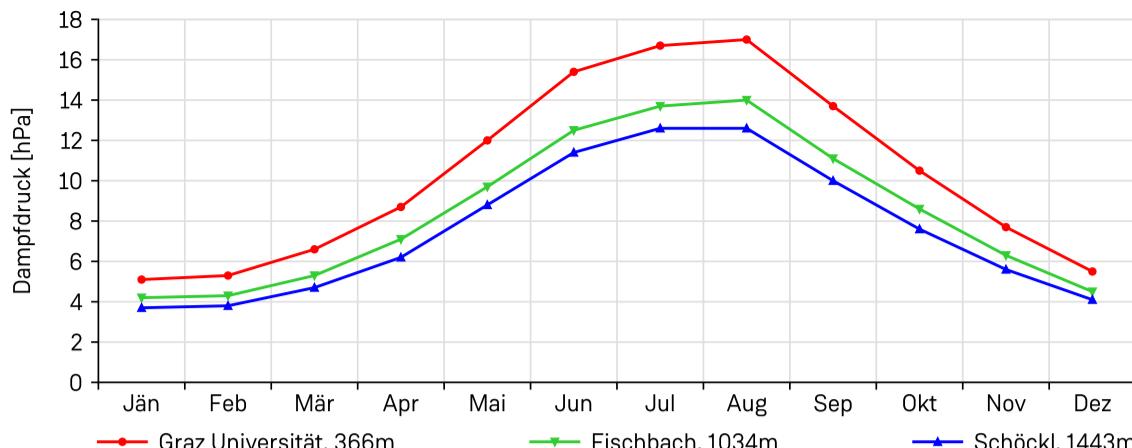


Abbildung 5.8: Durchschnittlicher Jahresgang des Dampfdruckes in hPa an ausgewählten Stationen für die Gegenwart (1991 – 2020).

ner. Die Amplitude des Jahresganges ist in tiefen Lagen stärker ausgeprägt, die Maxima liegen bei rund 17 hPa an der Station Graz Universität und 12 hPa am Schöckl, im Winter sind Dampfdrücke zwischen 5 und 6 hPa an der Station Graz Universität und rund 4 hPa am Schöckl zu erwarten.

In der flächigen Gegenüberstellung der mittleren Dampfdrücke im Sommer (Abbildung 5.11) und Winter (Abbildung 5.12) ist die Temperatur- und Seehöhenabhängigkeit ebenfalls deutlich erkennbar. Im Mittel ist in der Steiermark im Sommer ein Dampfdruck von 13,3 hPa gegeben, die höchsten Werte liegen bei 16,5 hPa im südöstlichen Alpenvorland, am niedrigsten sind die Werte mit 8 hPa im Hochgebirge. Auch im Winter sind mit 5,4 hPa die Maxima im Südosten anzutreffen, der logarithmische Zusammenhang zwischen Temperatur und Feuchtigkeit sorgt aber nur mehr für eine Differenz von etwa 3 hPa zu den Minima im Hochgebirge.

In der Meteorologie bzw. Wettervorhersage werden neben den Prognosen und Analysen

der relativen Feuchte sehr häufig Taupunktformationen jenen des Dampfdruckes vorgezogen. Der Zusammenhang von Dampfdruck und Taupunkt wurde bereits anhand von Formeln und Diagrammen beschrieben. Konkret entsprechen die mittleren 16,5 hPa im Sommer im südöstlichen Alpenvorland umgerechnet einem Taupunkt von etwa 14,5°C.

Ein sehr anschauliches Problem in der Praxis lässt sich mit Hilfe des Taupunktes gut beschreiben. So sind moderne Gebäude oft sehr gut abgedichtet, wodurch ein Luftaustausch verhindert wird, um Heizkosten zu sparen. Dadurch kann allerdings auch die Feuchtigkeit von innen nicht mehr entweichen und die Luftfeuchtigkeit in den Innenräumen steigt an. Kondenswasser an den Fenstern oder im schlimmsten Fall Schimmelbildung kann die Folge sein. Richtiges Lüften von Wohn- und Kellerräumen ist daher zwingend erforderlich, um die Feuchtigkeit zu regulieren. Herrscht beispielsweise im Sommer in einem Keller- raum eine Temperatur von 20°C bei einer relativen Feuchte von 75% vor, so liegt die

Taupunkttemperatur bei rund 15°C. Um den Feuchtegehalt der Kellerluft nun zu reduzieren, muss die Außenluft einen geringeren Taupunkt aufweisen. Auf Basis der stündlichen Messwerte der Station Graz Universität ist im Juli und August an nur 50% bis 60% der Stunden ein Taupunkt unter 15°C gegeben, Taupunkte unter 12°C sind gar seltener als an 30% der Stunden im Juli und August zu erwarten. An der Station Zeltweg hingegen ist die absolute Luftfeuchtigkeit bzw. der Dampfdruck allgemein geringer, damit einhergehend wird auch ein Taupunkt von beispielsweise 14°C im Sommer deutlich häufiger unterschritten als in Graz (vgl. Abbildungen 5.9 und 5.10).

5.2.3 Änderung der Luftfeuchtigkeit in der Vergangenheit und der Zukunft

Der SPARTACUS-Datensatz eignet sich für Trendanalysen der Parameter Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer auf lo-

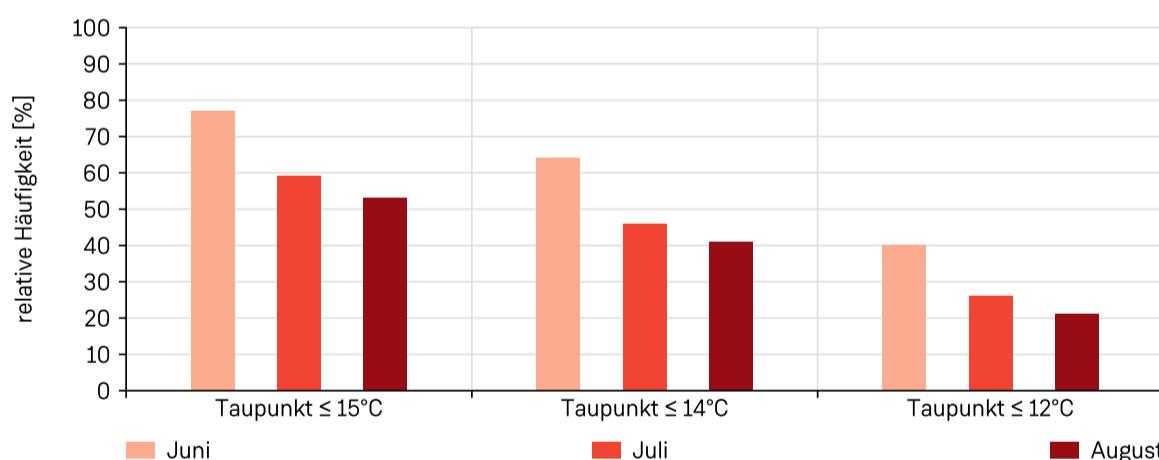


Abbildung 5.9: Anzahl der Stunden mit definierter Taupunktunderschreitung, Daten der Station Graz Universität.

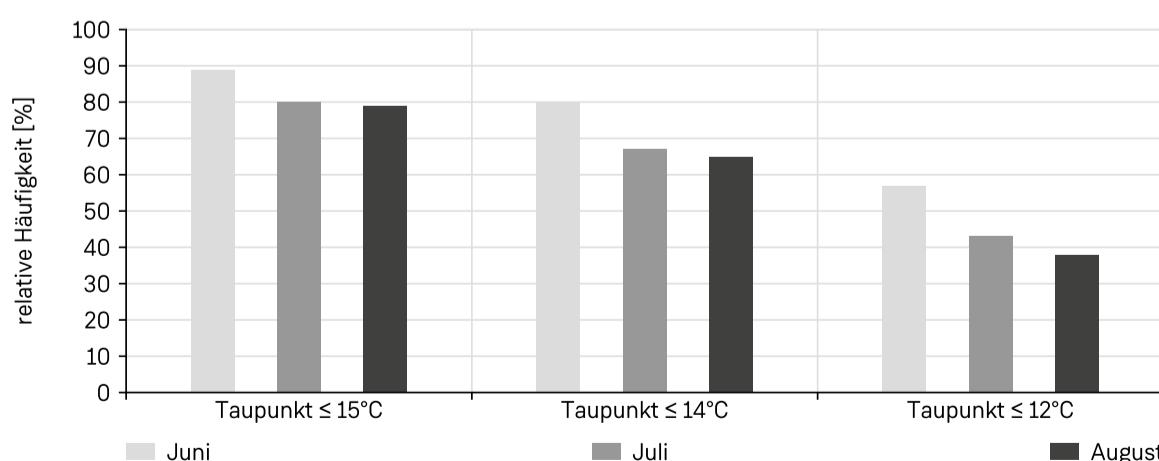


Abbildung 5.10: Anzahl der Stunden mit definierter Taupunktunderschreitung, Daten der Station Zeltweg.

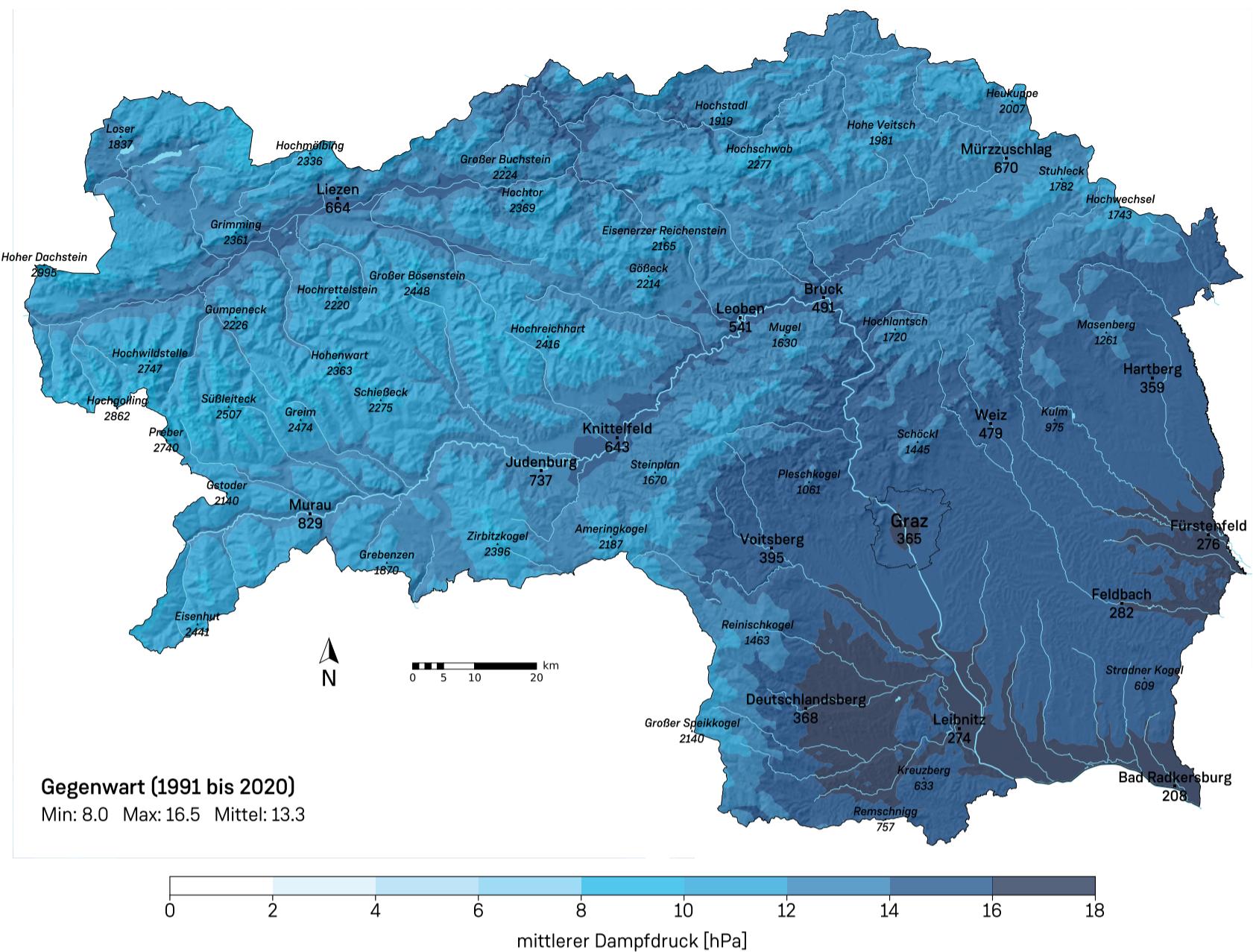


Abbildung 5.11: Mittlerer Dampfdruck im Sommer für die Gegenwart (1991 – 2020).

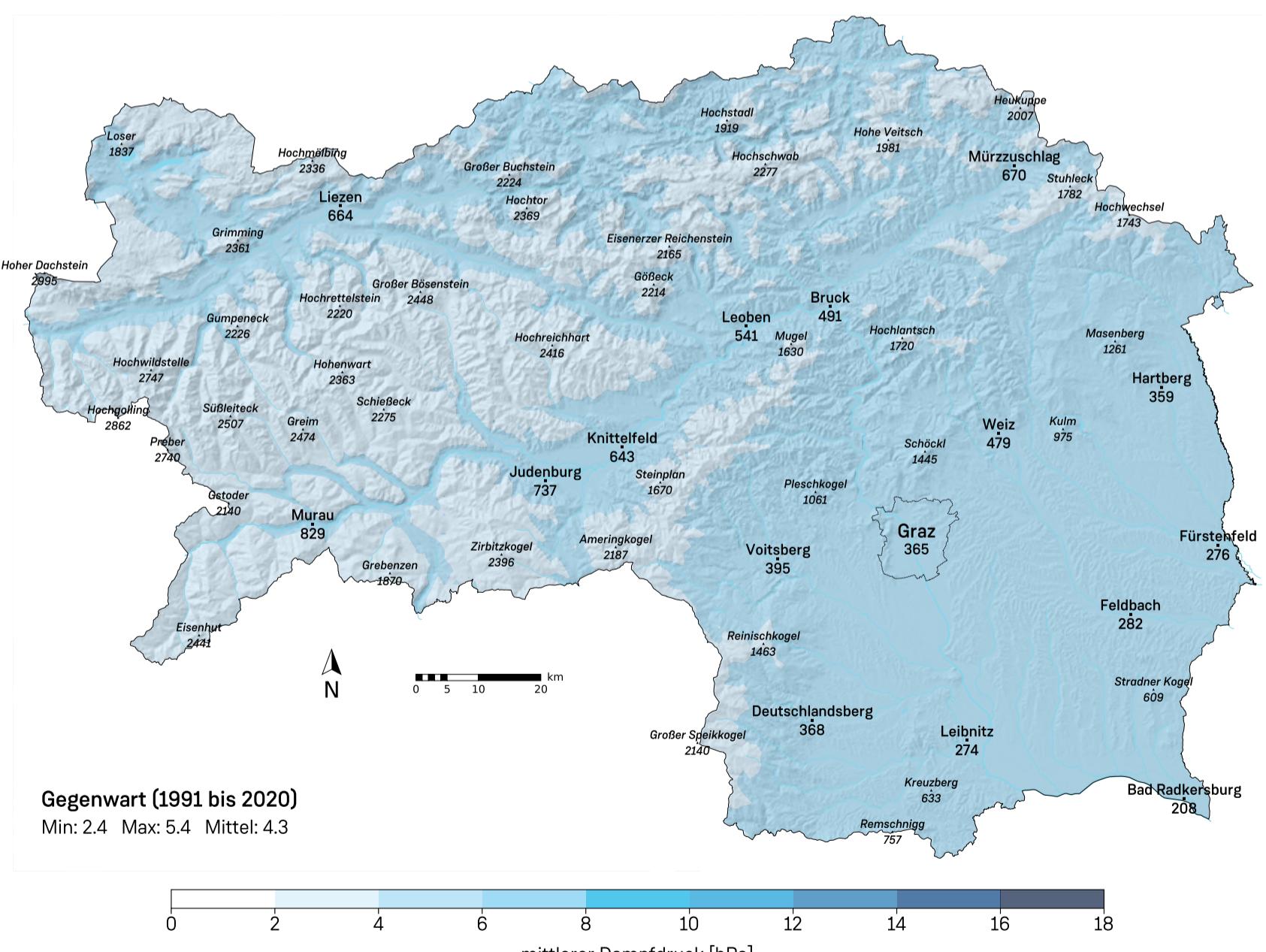


Abbildung 5.12: Mittlerer Dampfdruck im Winter für die Gegenwart (1991 – 2020).

kaler Ebene ausreichend gut. Die Luftfeuchtigkeit bzw. allgemein die Feuchtemaße liefern hingegen fragwürdige Muster und signifikant abweichende Trends in geographisch und klimatologisch betrachtet ähnlichen Regionen. Zudem zeigen die Homogenisierungsergeb-

nisse von Chimani und Auer (2016) von 34 österreichischen Beobachtungsreihen von 1948 bis 2013 einen deutlichen und signifikanten Rückgang der relativen Luftfeuchtigkeit, der im SPARTACUS-Datensatz nicht ersichtlich ist, sodass die Ergebnisse größtenteils wider-

sprüchlich sind. Gepaart mit dem Umstand, dass die Klimaszenarien für die Zukunft auch keine Feuchtemaße beinhalten, wird in diesem Werk auf Trendanalysen der Luftfeuchtigkeit in der Vergangenheit und in der Zukunft verzichtet.

5.3 Bewölkung

Wolken üben schon seit jeher eine Faszination auf uns Menschen aus. Durch ihren komplexen Entstehungsmechanismus, abhängig von Wind-, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen in der Atmosphäre, gleicht keine Wolke der anderen. Ihr Erscheinungsbild reicht von weißen, kleinen, wattebauschähnlichen Schönwetterwolken über mächtige, dunkle Gewittertürme bis hin zu grauen, kompakten und konturlosen Schichtwolken, die den Himmel vollständig bedecken. Im Zusammenspiel mit der Sonne können Wolken auch beeindruckende Farbtöne insbesondere in den Dämmerungsphasen aufweisen (Abendrot, Morgenrot). Wolken vermitteln den Menschen somit ausdrucksstark das aktuelle Wettergeschehen, spielen aber vor allem auch für die Energiebilanz der Erde und damit für unser Klima allgemein eine gewichtige Rolle.

Die Klassifizierung von Wolken wird international einheitlich über die Art der Entstehung, der Höhe und Dichte sowie den Grad der Himmelsbedeckung durchgeführt. Daraus ergeben sich zehn Wolkengattungen und daraus abgeleitet noch zahlreiche Unterarten und Sonderformen. Für Details, Aufzählungen und Bildmaterial wird an dieser Stelle an den Karlsruher Wolkenatlas verwiesen (Mühr, n.d.). In diesem Kapitel werden häufig die Begriffe „stratiforme Wolken“ und „cumuliforme Wolken“ verwendet. Dabei handelt es sich um das Hauptunterscheidungsmerkmal bei der Klassifizierung der Wolken, deren Entstehung in unseren Breiten von bestimmten Jahreszeiten und Wetterlagen abhängt. Stratiforme Wolken (auch Schichtwolken, Foto 5.1) bilden sich durch großräumige Hebungsprozesse, die durch Aufgleitbewegungen von warmen Luftmassen auf kalter, schwerer Luft entstehen (Anm.: Warmfronten). In der kalten Jahreszeit können sich im Zuge von Hochdruckgebieten durch Absinkinversionen großflächige Nebel- und Hochnebeldecken bilden, welche ebenfalls zur stratiformen Bewölkung zählen. Bei cumuliformen Wolken bzw. konvektiven Wolken (Foto 5.2) oder einfach auch Haufenwolken spielen kleinräumige, dafür aber oft wesentlich stärkere Hebungsprozesse die entscheidende Rolle. Eine typische Wetterlage für die Bildung von Haufenwolken ist dabei im Sommer zu beobachten. Bedingt durch die astronomisch gegebene hohe Sonneneinstrahlung erwärmt sich der Erdboden stark, es setzt Konvektion und die Bildung von Quellwolken ein. Bei ausreichender Luftfeuchtigkeit und Hebung können in weiterer Folge riesige Gewittertürme entstehen. Auch beim

und nach dem Durchzug von Kaltfronten sind mit dem Einfließen kalter, polärer Luftmassen vorwiegend konvektive Wolkenformationen zu beobachten.

5.3.1 Messung und Beobachtung von Bewölkung

An vielen Standorten in Österreich werden neben einer automatisierten Detektion von Niederschlagsart und -intensität auch der Bedeckungsgrad des Himmels sowie die Wolkenuntergrenzen instrumentell ermittelt. Dies wird durch Ceilometer durchgeführt, welche Lasertechnologie bzw. LIDAR (Foto 5.3) verwenden. Eine weitere Möglichkeit besteht auch in der systematischen Auswertung von Bildern von Wetterkameras, die in vielen Regionen immer häufiger und mit teils exzellenter Bildqualität vorliegen.

Für klimatologische Auswertungen, die einen möglichst langen Datenzeitraum benötigen, sind aber nach wie vor Aufzeichnungen von Klimabeobachtern unerlässlich. Die Anzahl der Beobachtungsstandorte ist insgesamt zwar rückläufig, es gibt aber in der Steiermark noch zahlreiche Augenbeobachtungen, die einen wertvollen Beitrag für die klimatologische Beschreibung einer Region auch im Hinblick auf die Klimaveränderung liefern. Die Registrierung der Bewölkung erfolgt über die Einschätzung des Bedeckungsgrades und der Dichte der Wolken durch Augenbeobachtung zu den drei Terminen 07:00 Uhr, 14:00 Uhr und 19:00 Uhr MEZ. Die Einteilung erfolgt in Zehntel der Himmelsbedeckung, wodurch sich eine 11-teilige Skala zwischen dem Bewölkungsgrad 0 (wolkenlos) bis 10 (bedeckt) ergibt. Die Dichte gliedert sich in 3 Stufen (0 = dünn, 1 = mittel, 2 = dick). Zusätzlich gibt es an den Flughafenstandorten der Steiermark in Graz Flughafen, Zeltweg und Aigen im Ennstal genauere Angaben über die Bewölkung in dreistündlicher Auflösung. Mit Hilfe solcher Synop-Beobachtungsstationen lassen sich detaillierte Tagesgänge darstellen.

Generell sind bei der Datenverarbeitung und Interpretation von Wolkenbeobachtungen einige grundlegende Punkte zu beachten: Durch die menschliche Beobachtung muss trotz Schulungsmaßnahmen und steigender Routine ein gewisser subjektiver Einfluss bei den Aufzeichnungen in Kauf genommen werden. So kann beispielsweise auch ein Wechsel des Beobachters bzw. der Beobachterin an einem Standort für eine Unstetigkeit der Beobach-

tungsreihe sorgen. Zudem eignen sich die Mittelwerte der Beobachtungstermine 07:00 Uhr, 14:00 Uhr und 19:00 Uhr zwar recht gut für einen Vergleich verschiedener Regionen untereinander, geben aber nur unbefriedigende Auskunft über die tatsächlichen Bewölkungsverhältnisse. Da bedeckter Himmel (10 Zehntel) am weitaus häufigsten klassifiziert wird, gefolgt von wolkenlosem Himmel (0 Zehntel), ergeben sich Mittelwerte zwischen 4 und 8 Zehntel, welche in Wirklichkeit seltener sind (Wakonigg, 1978). Für die Abschätzung der tatsächlichen Bewölkungsverhältnisse verwendet man zur Charakterisierung des Wetters daher oft auch die Maßzahlen „heitere Tage“, „freundliche Tage“ (oder „Schönwettertage“) und „trübe Tage“.

Nicht nur durch den Umstand, dass die Anzahl der menschlichen Beobachter zurückgeht, werden instrumentelle Messungen auch beim Bewölkungsgrad in Zukunft eine größere und wichtigere Rolle spielen. Auch die Objektivität von Messgeräten und die zeitlich kaum eingeschränkte Auflösung der Daten können als Vorteile angesehen werden.

5.3.2 Jahresgang der Bewölkung und der relativen Häufigkeiten des Bedeckungsgrades

Die durchschnittlichen Bewölkungsverhältnisse werden nachfolgend auf Basis einiger Standorte in der Steiermark beschrieben. Dabei werden einerseits relative Häufigkeiten des Bedeckungsgrades separat zu den Beobachtungsterminen 07:00 Uhr, 14:00 Uhr und 19:00 Uhr MEZ betrachtet und andererseits wird das Bewölkungsmittel aller drei Termine im Jahresgang untersucht. Neben einer monatlichen Darstellung wird im Detail auf die Unterschiede in den vier Jahreszeiten eingegangen. Leider steht in der Steiermark keine langjährige Beobachtung im Mittel- oder Hochgebirge zur Verfügung. Daher wurde für den Vergleich der Bewölkungsverhältnisse oftmals auf Beobachtungsdaten vom Hohen Sonnblick (Salzburg) zurückgegriffen.

Relative Häufigkeiten des Bedeckungsgrades

Sowohl die Stationen im Vorland (Graz Flughafen und Fürstenfeld) als auch die Station Aigen im Ennstal zeigen zum 7-Uhr-Termin im Herbst und Winter einen deutlichen Überhang von hohen Bewölkungsgraden (Abbildungen 5.13 – 5.15). Ein vollständig bedeckter



Foto 5.1: Schichtbewölkung einer aufziehenden Warmfront (stratiforme Wolken). Planneralm: Blick nach Norden Richtung Hochstein. (Foto: A. Podesser)



Foto 5.2: Aufbau einer cumuliformen Wolke im Osten von Graz. (Foto: A. Podesser)



Foto 5.3: LIDAR, Laser-Wolkenhöhenmesser Vaisala CL31 der Austro Control GmbH am Standort Graz Flughafen. (Quelle: ACG)

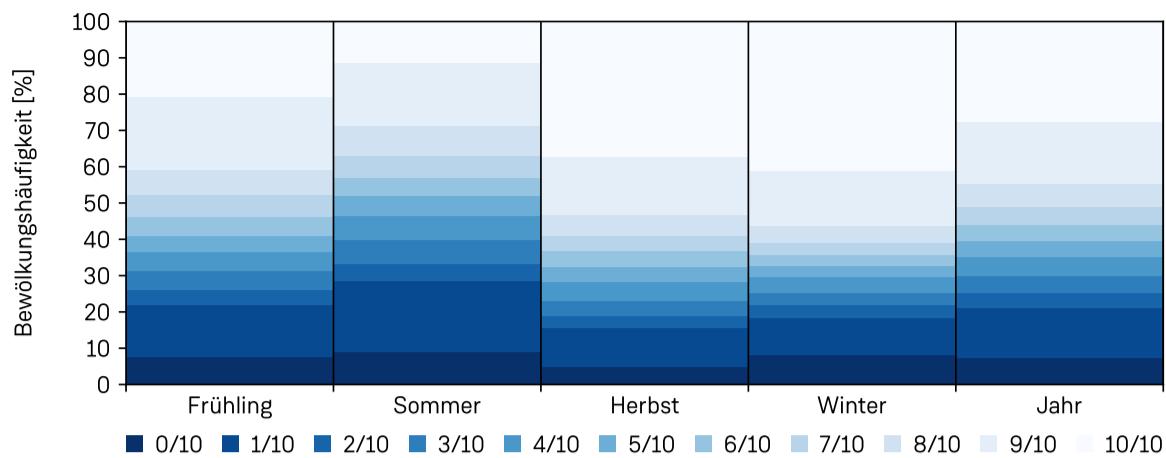


Abbildung 5.13: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 07:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Graz Flughafen für die Gegenwart (1991 – 2020).

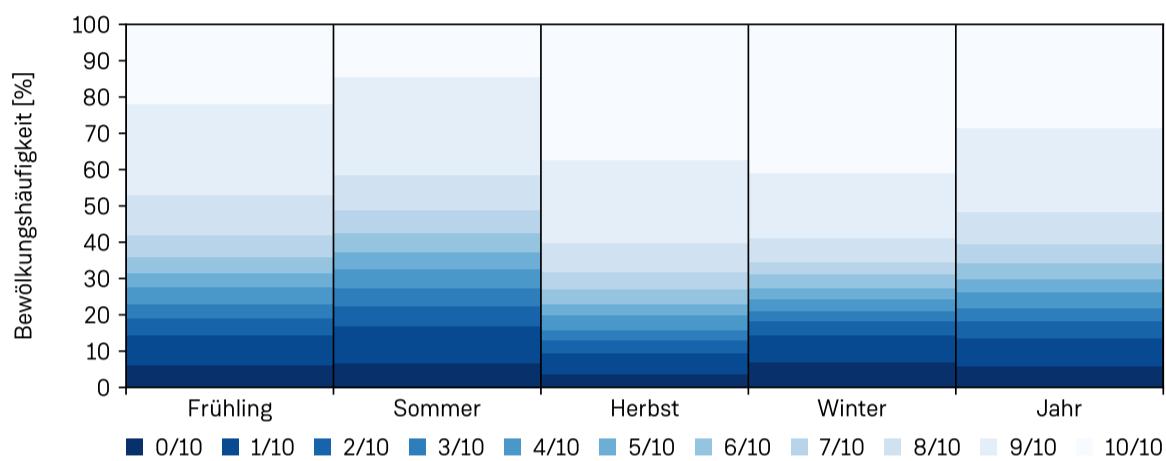


Abbildung 5.14: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 07:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Aigen im Ennstal für die Gegenwart (1991 – 2020).

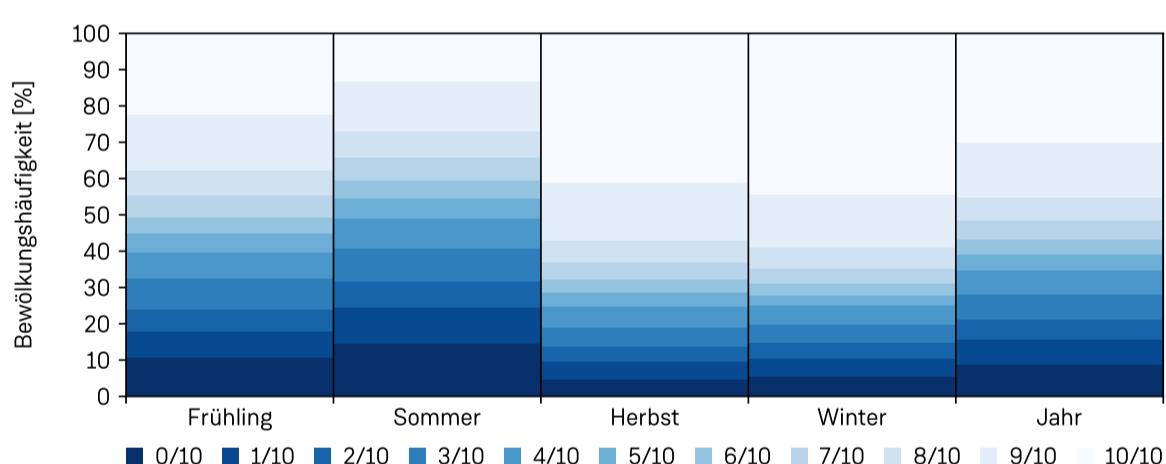


Abbildung 5.15: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 07:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Fürstenfeld für die Gegenwart (1991 – 2020).

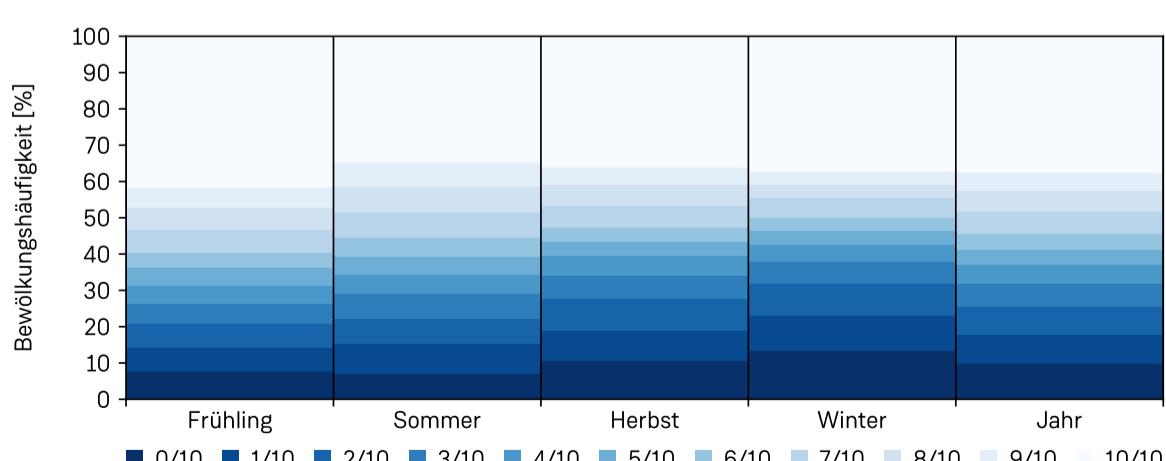


Abbildung 5.16: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 07:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Sonnblick für die Gegenwart (1991 – 2020).

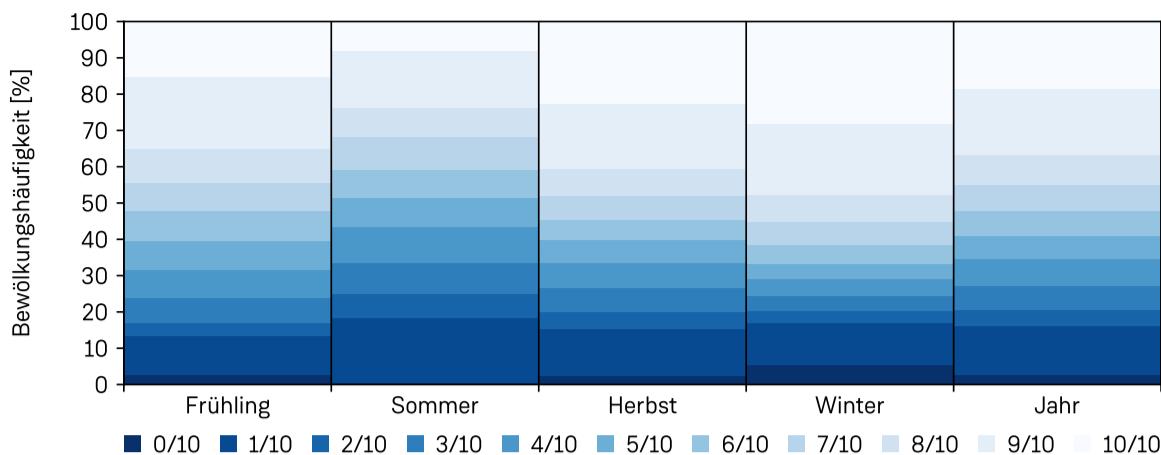


Abbildung 5.17: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 14:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Graz Flughafen für die Gegenwart (1991 – 2020).

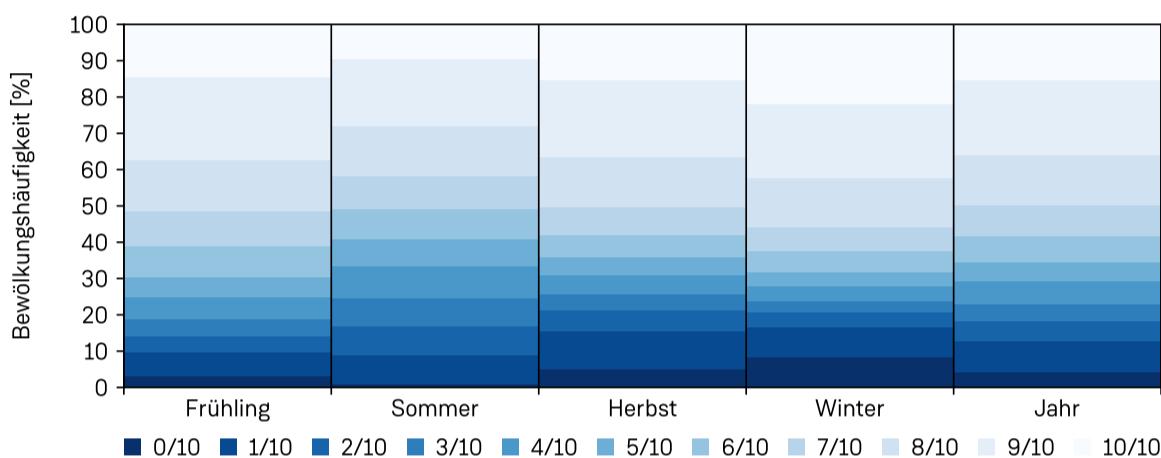


Abbildung 5.18: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 14:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Aigen im Ennstal für die Gegenwart (1991 – 2020).

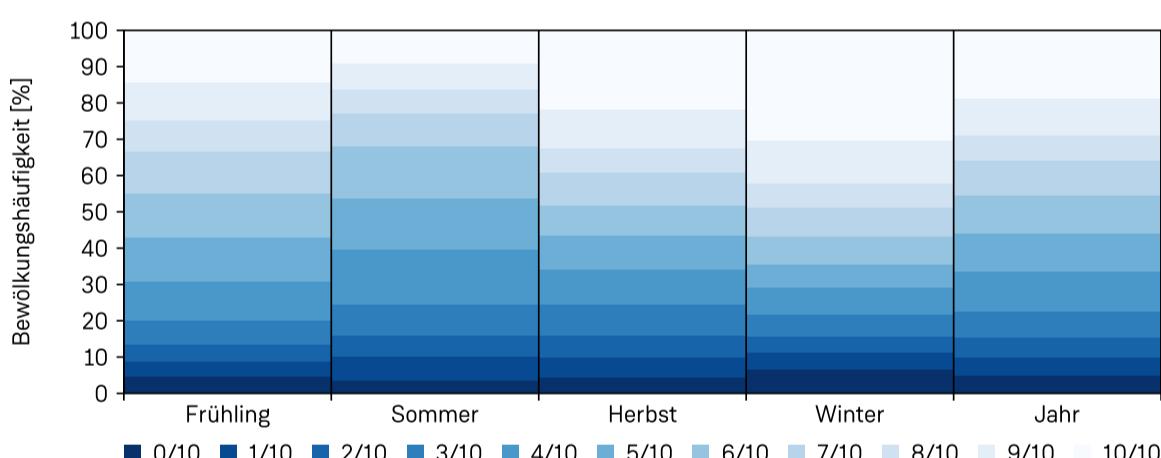


Abbildung 5.19: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 14:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Fürstenfeld für die Gegenwart (1991 – 2020).

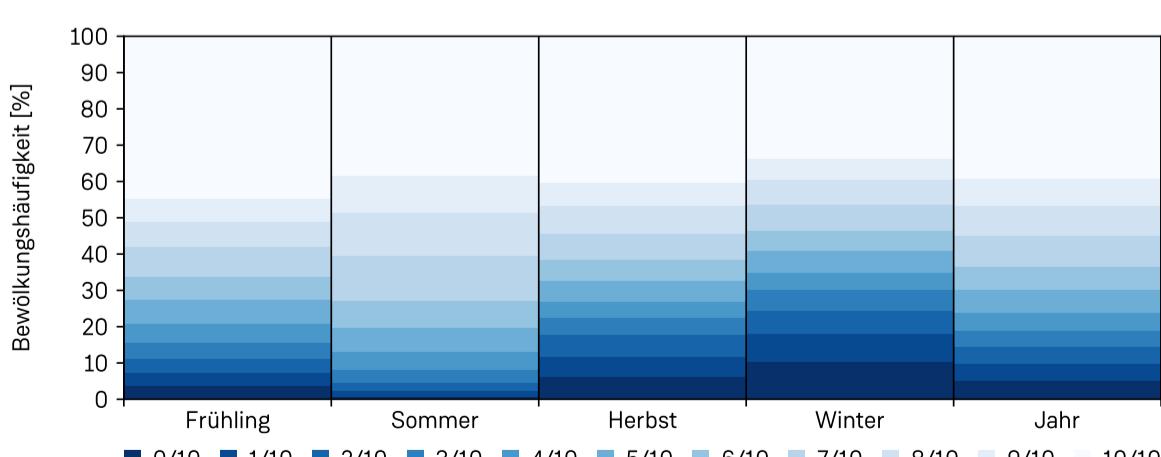


Abbildung 5.20: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 14:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Sonnblick für die Gegenwart (1991 – 2020).

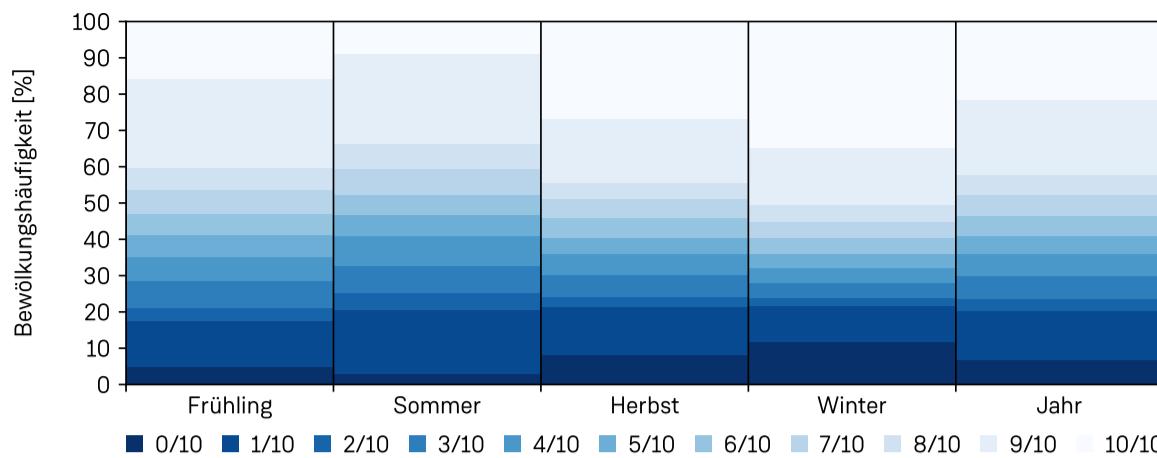


Abbildung 5.21: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 19:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Graz Flughafen für die Gegenwart (1991 – 2020).

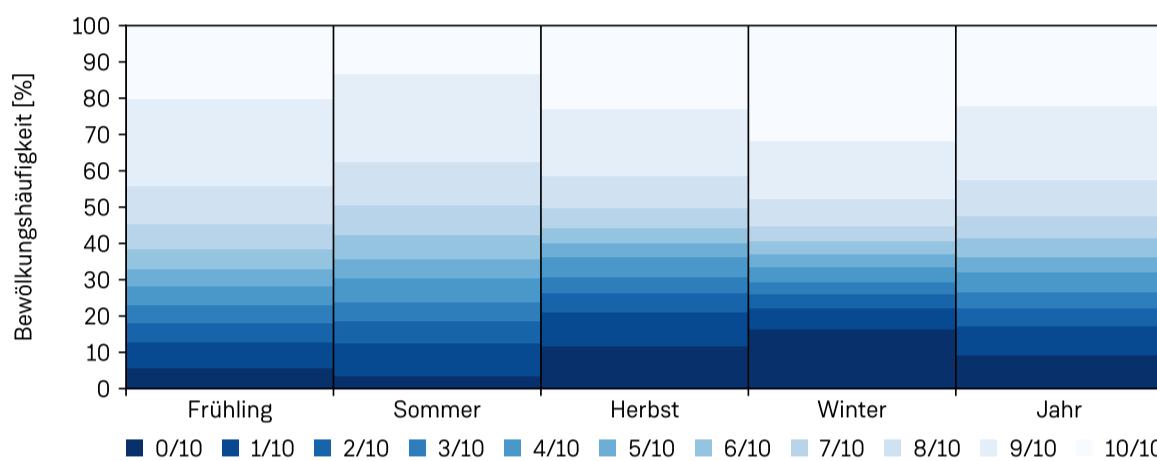


Abbildung 5.22: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 19:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Aigen im Ennstal für die Gegenwart (1991 – 2020).

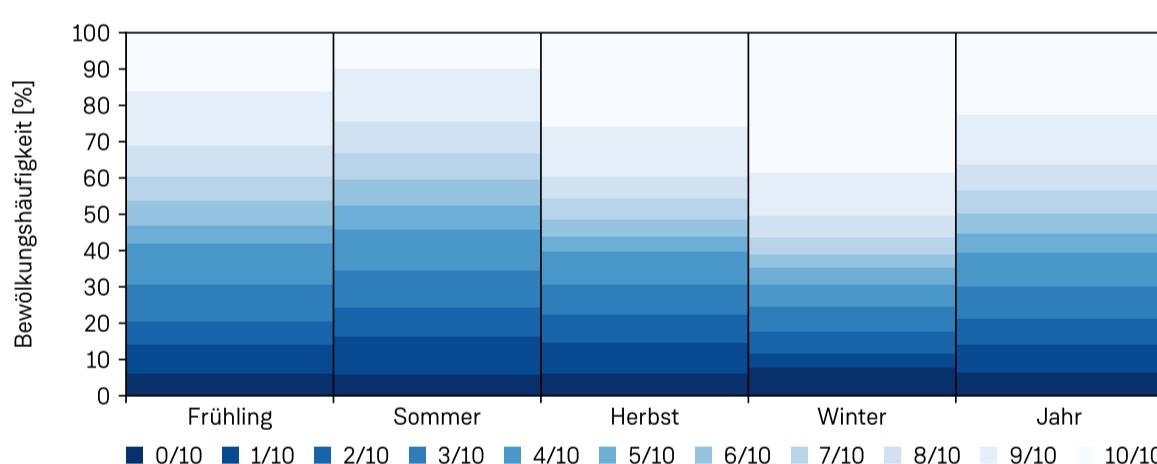


Abbildung 5.23: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 19:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Fürstenfeld für die Gegenwart (1991 – 2020).

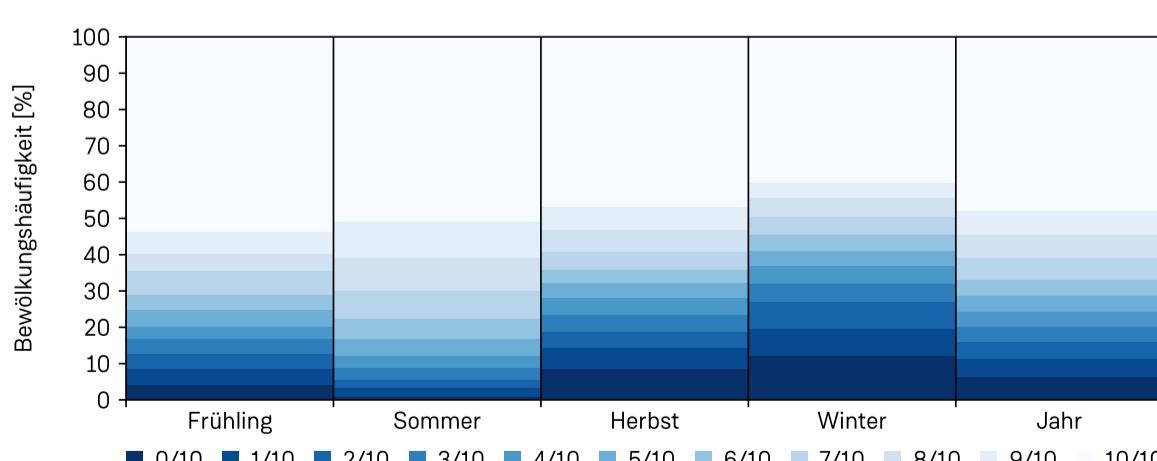


Abbildung 5.24: Mittlere relative Häufigkeit des Bedeckungsgrades um 19:00 Uhr für die vier Jahreszeiten und das gesamte Jahr der Station Sonnblick für die Gegenwart (1991 – 2020).

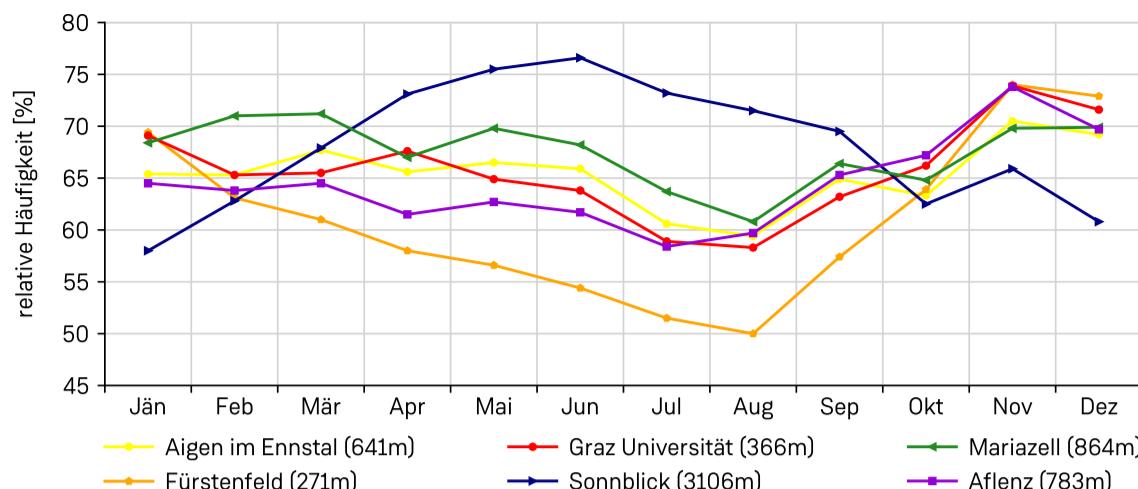


Abbildung 5.25: Mittlerer Jahresgang des Bedeckungsgrades in Prozent für die Stationen Aigen im Ennstal, Fürstenfeld, Graz Universität, Sonnblick, Mariazell und Aflenz für die Gegenwart (1991 – 2020).

Himmel (10 Zehntel) oder 9 Zehntel Bewölkung werden an über 50% der 7-Uhr-Termine beobachtet. Zurückzuführen ist dies auf die Nebel- und Hochnebelhäufigkeit in den Morgenstunden der Wintermonate. Dementsprechend sind die Anteile hohen Bewölkungsgrades im Frühjahr und Sommer an Tal- und Vorlandstationen zum Frühtermin deutlich geringer, wolkenlose bzw. wolkenarme Verhältnisse sind häufiger.

Zum 14-Uhr-Termin (Abbildungen 5.17 – 5.20) gleichen sich die jahreszeitlichen Unterschiede des Bewölkungsgrades in den Tälern und Niederungen etwas aus. Nebel- und Hochnebel lösen sich im Herbst und Winter tagsüber teilweise auf. Somit werden die hohen Bewölkungsgrade zum 14-Uhr-Termin in der kalten Jahreszeit seltener, da sich ruhige Hochdrucklagen dann eher auch im Bewölkungsbild bemerkbar machen. Der relative Anteil der Beobachtungen mit freundlichen Bewölkungsverhältnissen (Bewölkungsgrad ≤ 5 Zehntel) bleibt auch zum 14-Uhr-Termin im Sommer am höchsten. Interessant ist dabei die Tatsache, dass völlig wolkenlose Verhältnisse im Sommer zum 14-Uhr-Termin sehr selten sind, was mit der einstrahlungsbedingten Entstehung von Konvektionsbewölkung in den Nachmittagsstunden zu erklären ist.

Zum 19-Uhr-Termin (Abbildungen 5.21 – 5.24) werden die höheren Bewölkungsgrade in den Tälern sowie im Vorland im Herbst und Winter wieder häufiger beobachtet, erreichen aber noch nicht die Werte des 7-Uhr-Termins. Im Frühjahr und Sommer fallen die Unterschiede zwischen den beiden Terminen geringer aus. Im Hochgebirge sind die tageszeitlichen Un-

terschiede über das Jahr gesehen in Summe gering, Beobachtungen mit sehr geringen Bewölkungsgraden treten auch zum 19-Uhr-Termin im Winter am häufigsten auf.

Jahresgang des mittleren Bedeckungsgrades

Der Jahresgang der Bewölkung ist eng an die jeweils vorherrschenden Wetterlagen gekoppelt. Es ergeben sich dabei je nach Region charakteristische Muster (Abbildung 5.25). Im Vorland sind im Herbst und Winter eindeutig die bewölkungsreichsten Phasen des Jahres zu erwarten. Teils beständige Nebel- und Hochnebefelder verhindern trotz Hochdrucklagen oft sonniges und wolkenarmes Wetter. In der Südoststeiermark (Fürstenfeld) ist im Frühjahr und Sommer dann ein deutlich stärkerer Rückgang des Bedeckungsgrades als unmittelbar südlich des Randgebirges (Graz Universität) zu beobachten. Dies ist auf die vermehrte Bildung von Konvektionsbewölkung im nahen Bergland zurückzuführen. In den Tallagen der Obersteiermark (Aflenz, Mariazell, Aigen im Ennstal) sind die Jahresgänge der Bewölkung ähnlich denen des Vorlandes. Die Minima werden meist im Sommer erreicht, die höheren Bedeckungsgrade sind im Winter anzutreffen. Im Vergleich zu den Beobachtungen im Vorland fallen die mittleren Werte aber in der kalten Jahreszeit teilweise geringer aus, dafür sind sie im Sommer meist eine Spur höher. Die niedrigsten Werte werden allgemein im August erreicht.

Im Hochgebirge sind die Verhältnisse ziemlich konträr. Hier ist die Konvektionsbewölkung im Frühjahr und Sommer so dominant, dass der

mittlere Bewölkungsgrad am Sonnblick zwischen April und Juni den Höchststand erreicht und die Minima im Jänner zu verzeichnen sind. Der markante Unterschied der mittleren Bewölkung zwischen dem Hochgebirge und den Beobachtungsstandorten im Tal bzw. dem Vorland lässt sich auch anhand der Darstellung in den vier Jahreszeiten veranschaulichen (Abbildung 5.26). Im Winter sind die Bewölkungsverhältnisse am Sonnblick am geringsten, im Vorland hingegen sehr hoch. Auch in der oft von trüben Nordstaulagen betroffenen Region Mariazell erweist sich der Winter als bewölkungsreichste Jahreszeit. Im Frühjahr und Sommer kehren sich die Verhältnisse um, im Hochgebirge nehmen die mittleren Bewölkungsverhältnisse konvektionsbedingt zu, im Vorland dominiert verhältnismäßig freundlicheres Wetter. Auch in den Tallagen der Obersteiermark ist die mittlere Bewölkung im Sommer am geringsten, die Schwankungen zwischen den Jahreszeiten sind aber nicht so stark ausgeprägt wie im Vorland. Im Herbst herrschen allgemein die geringsten Unterschiede der mittleren Bewölkung zwischen den Regionen.

5.3.3 Tagesgang der Bewölkung

Wie eingangs erwähnt, werden an Synop-Beobachtungsstellen alle drei Stunden Wolkenbeobachtungen durchgeführt. Primär erfolgen solche Beobachtungen an ganztägig besetzten Flughäfen, in der Steiermark sind diese Daten an den Standorten der Fliegerhorste Ai-

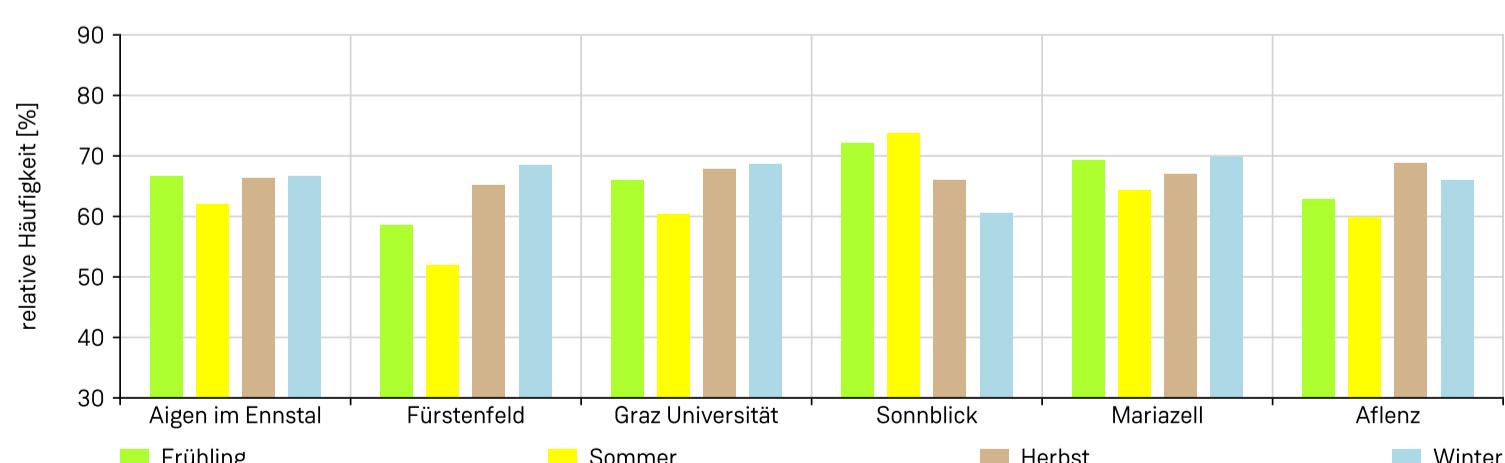


Abbildung 5.26: Mittlere Bewölkung in den vier Jahreszeiten in Prozent für die Stationen Aigen im Ennstal, Fürstenfeld, Graz Universität, Sonnblick, Mariazell und Aflenz für die Gegenwart (1991 – 2020).

Tabelle 5.1: Mittlerer Jahresgang des Bewölkungsgrades ausgewählter Stationen in der Steiermark in Prozent für die Gegenwart (1991 – 2020).

Stationsname, Seehöhe	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Aflenz, 783m	64.5	63.8	64.5	61.5	62.7	61.7	58.4	59.7	65.3	67.2	73.8	69.7	62.9	59.9	68.8	66.0	64.4
Aigen im Ennstal, 641m	65.4	65.3	67.7	65.6	66.5	65.9	60.6	59.4	64.9	63.3	70.5	69.2	66.6	62.0	66.2	66.6	65.4
Bad Gleichenberg, 269m	68.2	61.3	58.4	57.9	53.5	51.8	45.0	46.2	52.9	60.7	71.3	70.7	56.6	47.7	61.6	66.7	58.2
Bad Mitterndorf, 814m	63.4	64.7	65.3	63.6	66.3	65.3	61.8	57.9	62.4	59.9	67.1	66.6	65.1	61.7	63.1	64.9	63.7
Bad Radkersburg, 207m	67.7	60.1	59.6	57.6	56.7	53.4	48.8	49.5	56.1	63.0	73.6	73.7	58.0	50.6	64.2	67.2	60.0
Bruck an der Mur, 482m	68.0	64.8	67.3	66.5	65.7	65.6	61.2	61.4	68.8	71.3	75.6	72.3	66.5	62.7	71.9	68.4	67.4
Deutschlandsberg, 354m	65.6	61.5	63.4	62.1	63.3	61.9	57.0	54.1	58.9	63.8	73.9	68.9	62.9	57.7	65.5	65.3	62.9
Fischbach, 1034m	56.7	56.5	57.4	54.0	54.8	53.6	50.0	47.6	53.2	53.8	61.4	56.7	55.4	50.4	56.1	56.6	54.6
Fürstenfeld, 271m	69.4	63.1	61.0	58.0	56.6	54.4	51.5	50.0	57.4	63.9	74.0	72.9	58.5	52.0	65.1	68.5	61.0
Gleisdorf, 377m	70.1	64.3	62.3	61.3	59.5	56.7	53.1	52.0	59.1	63.8	75.1	73.3	61.0	53.9	66.0	69.2	62.6
Graz Flughafen, 340m	66.5	61.3	61.8	60.7	60.2	56.9	52.7	51.1	58.3	63.4	72.5	70.6	60.9	53.6	64.7	66.1	61.3
Graz Universität, 366m	69.1	65.3	65.5	67.6	64.9	63.8	58.9	58.3	63.2	66.2	73.9	71.6	66.0	60.3	67.8	68.7	65.7
Hall bei Admont, 637m	73.8	69.8	71.0	68.8	71.6	72.1	68.3	66.6	71.9	69.3	77.3	78.4	70.5	69.0	72.8	74.0	71.6
Irdning-Gumpenstein, 697m	58.9	61.2	63.0	62.6	63.9	63.7	60.3	58.0	59.6	54.9	60.4	60.0	63.2	60.7	58.3	60.0	60.5
Laßnitzhöhe, 530m	64.8	58.4	58.2	55.2	55.3	52.8	47.7	48.5	53.5	59.2	71.4	68.4	56.2	49.7	61.4	63.9	57.8
Mariazell, 864m	68.4	71.0	71.2	67.0	69.8	68.2	63.7	60.8	66.4	64.8	69.8	69.9	69.3	64.2	67.0	69.8	67.6
Mürzzuschlag, 705m	62.7	59.2	60.1	57.8	59.6	57.6	54.3	53.4	60.7	60.5	68.8	67.0	59.2	55.1	63.3	63.0	60.1
Ramsau am Dachstein, 1207m	63.0	61.3	64.1	60.9	62.4	62.2	58.5	55.1	60.3	59.1	67.4	66.9	62.5	58.6	62.3	63.7	61.8
Zeltweg, 678m	59.5	60.6	62.7	65.0	65.7	63.9	60.1	59.8	64.6	63.8	68.2	63.8	64.5	61.3	65.5	61.3	63.1

gen im Ennstal und Hinterstoisser in Zeltweg des Österreichischen Bundesheeres sowie am Flughafen Graz-Thalerhof verfügbar.

Durch die 3-stündige Beobachtung können die jahreszeit- und tageszeitbedingten typischen Bewölkungsverhältnisse besser identifiziert werden als nur anhand der Klimabeobachtungen zu den drei Hauptterminen. Stratiforme Bewölkung (siehe Kapitel 5.3) entsteht vor allem nachts durch Ausstrahlung des Erdbodens. Es kann sich Nebel oder Hochnebel bilden, stärker ausgeprägt in der kalten Jahreszeit, bedingt durch längere Nächte. Tagsüber sorgt die Einstrahlung für Verdunstung und führt zu einer Rückbildung der Bewölkung bzw. einer teilweisen Auflösung des Nebels. In der warmen Jahreszeit bildet sich bevorzugt tagsüber durch Erwärmung des Erdbodens und der bodennächsten Schicht cumuliforme Bewölkung. Dies bewirkt im Frühjahr und Sommer im Mittel ein Bewölkungsmaximum in den Nachmittagsstunden. Nachts führt die

Abkühlung zu einer Stabilisierung und Bewölkungsrückbildung. Der Tagesgang der Quellbewölkung im Sommer ist zwar in allen Regionen erkennbar, speziell im Gebirge und Hochgebirge aber sehr stark ausgeprägt. Anhand der Abbildungen 5.27 – 5.29 werden obige Erklärungen und Annahmen durch die Beobachtungen an den Flughafenstationen auch bestätigt. Die Linien gleichen Bedeckungsgrades zeigen zwischen Oktober und Februar an allen drei Beobachtungsstandorten ein morgendliches Bewölkungsmaximum. Dieses dehnt sich im Hochwinter teils bis in die Mittagsstunden aus und ist auf zunehmend beständige Nebel- und Hochnebelfelder zurückzuführen. In der kalten Jahreszeit ist die mittlere Bewölkung am Nachmittag am geringsten. Im Frühling kehrt sich dieses Verhalten um, morgendliche Nebelfelder verlieren an Relevanz und es kommt vermehrt zu einer Quellbewölkung in den Mittags- und Nachmittagsstunden. Insgesamt ist der Effekt

der Quellbewölkung in Zeltweg und Aigen im Ennstal stärker ausgeprägt als am Beobachtungsstandort Graz Flughafen, da dort die geographische Entfernung zum konvektionsförderlichen Bergland größer ist. Die geringsten Bewölkungsmittel treten allgemein in den Frühlings- und Sommernächten sowie auch an den Vormittagen im August auf.

5.3.4 Heitere, trübe und freundliche Tage

Die Mittelwerte der Bewölkung eignen sich nicht, um detaillierte Aussagen über die Bewölkungsverhältnisse einer Region zu geben. Zur Charakterisierung des Wetters in der Klimatologie werden dafür die Maßzahlen der „heiteren“, „trüben“ und „freundlichen Tage“ herangezogen. Dabei handelt es sich um Schwellenwerte für bestimmte Bewölkungsstufen. Ist das Tagesmittel der Bewölkung aus



Foto 5.4: Heiteres Wanderwetter mit wenig Wolken oberhalb des Hochnebels in den Eisenerzer Alpen. (Foto: A. Podesser)

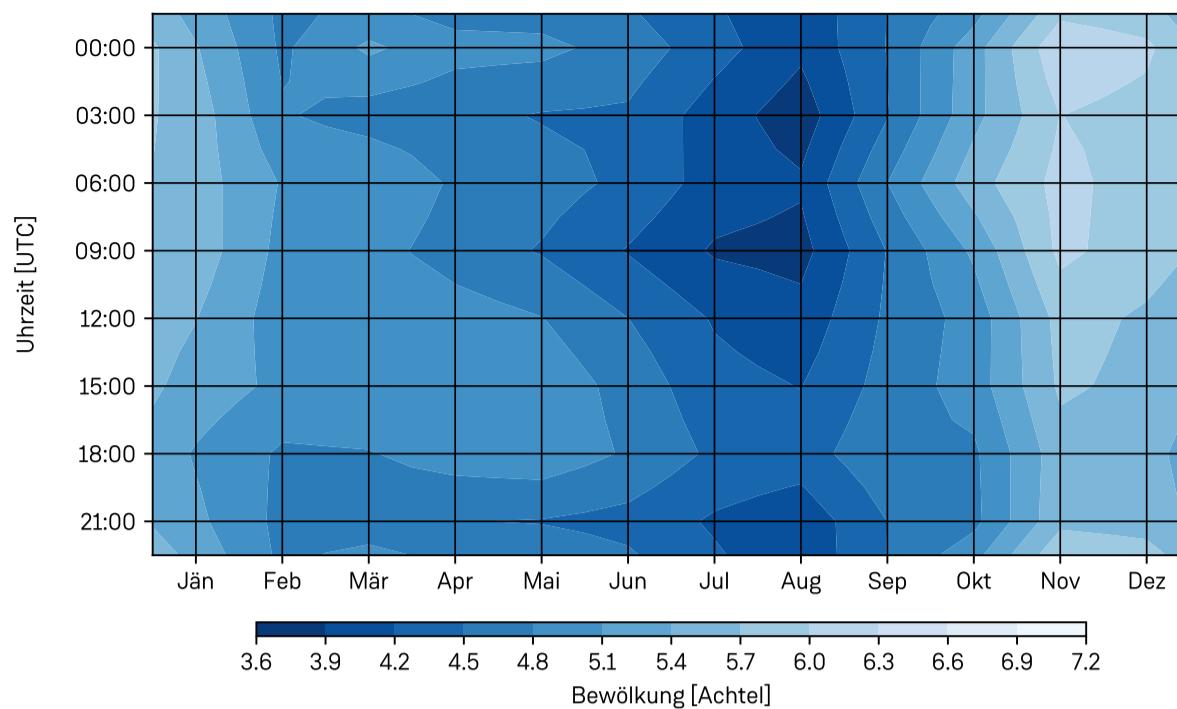


Abbildung 5.27: Durchschnittliche Bewölkung (in Achtel der Himmelsbedeckung) ganztägig und für das gesamte Jahr der Station Graz Flughafen für die Gegenwart (1991 – 2020).

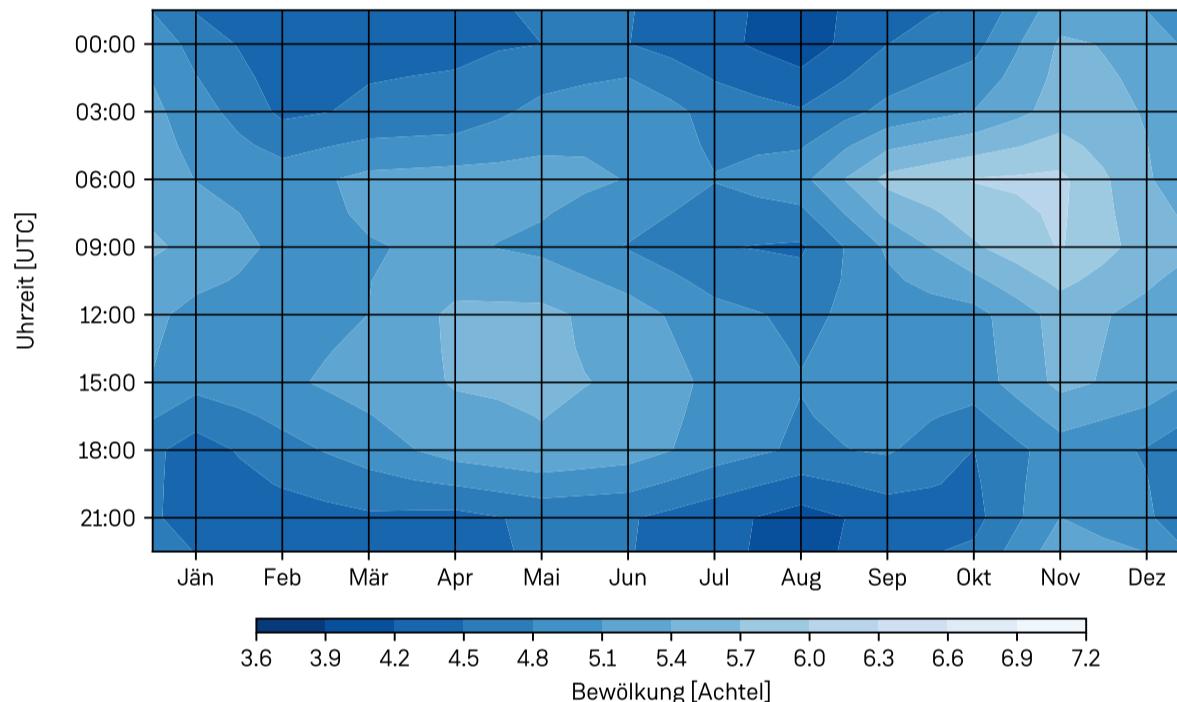


Abbildung 5.28: Durchschnittliche Bewölkung (in Achtel der Himmelsbedeckung) ganztägig und für das gesamte Jahr der Station Zeltweg für die Gegenwart (1991 – 2020).

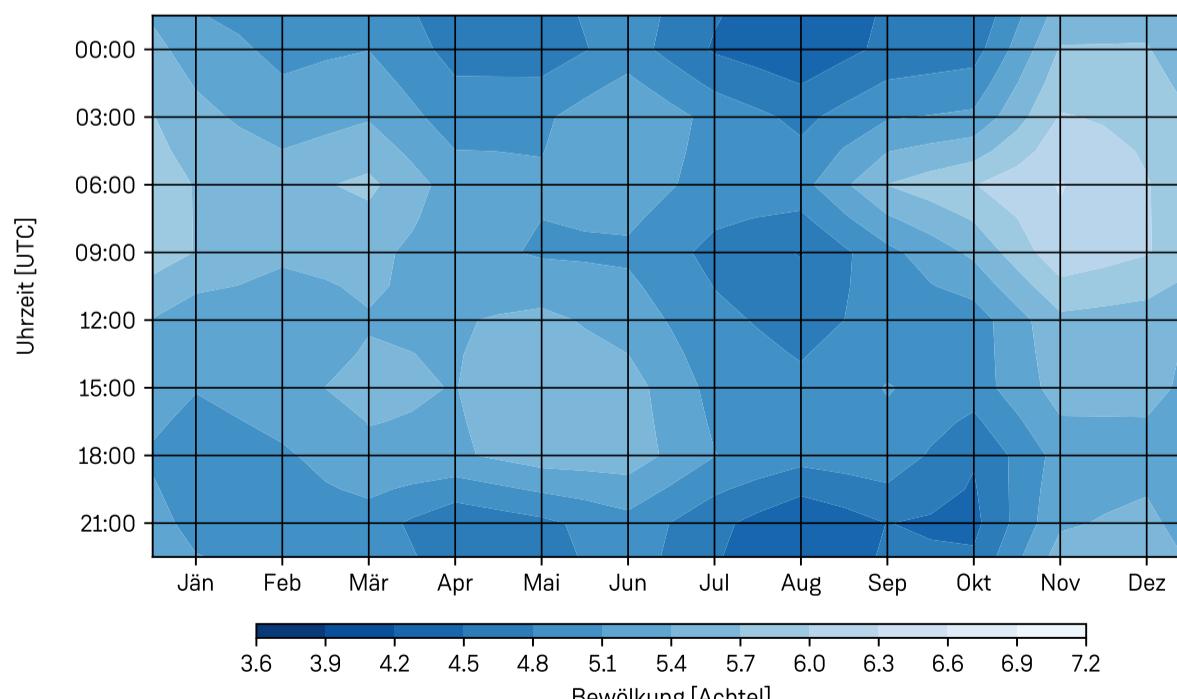


Abbildung 5.29: Durchschnittliche Bewölkung (in Achtel der Himmelsbedeckung) ganztägig und für das gesamte Jahr der Station Aigen im Ennstal für die Gegenwart (1991 – 2020).

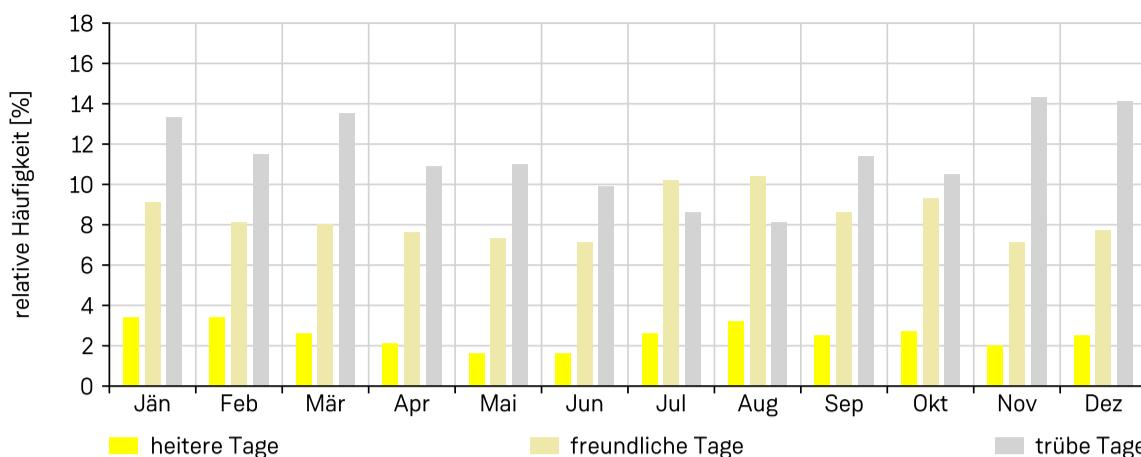


Abbildung 5.30: Jahresgänge von heiteren, freundlichen und trüben Tagen für die Station Aigen im Ennstal.

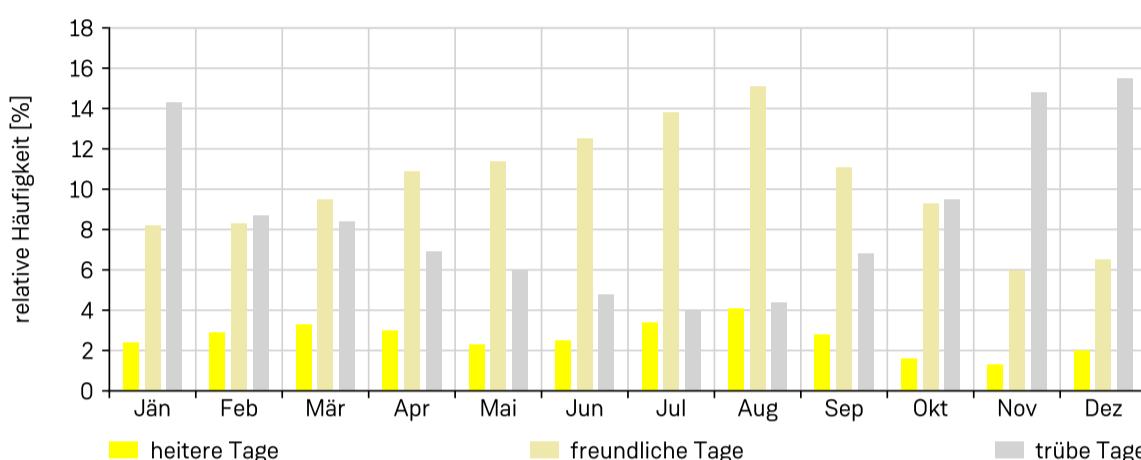


Abbildung 5.31: Jahresgänge von heiteren, freundlichen und trüben Tagen für die Station Fürstenfeld.

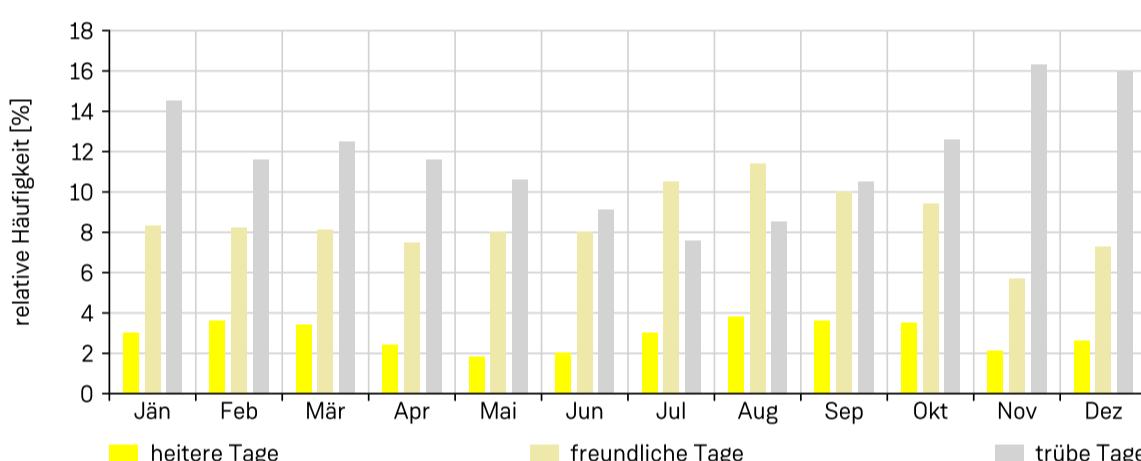


Abbildung 5.32: Jahresgänge von heiteren, freundlichen und trüben Tagen für die Station Graz Universität.

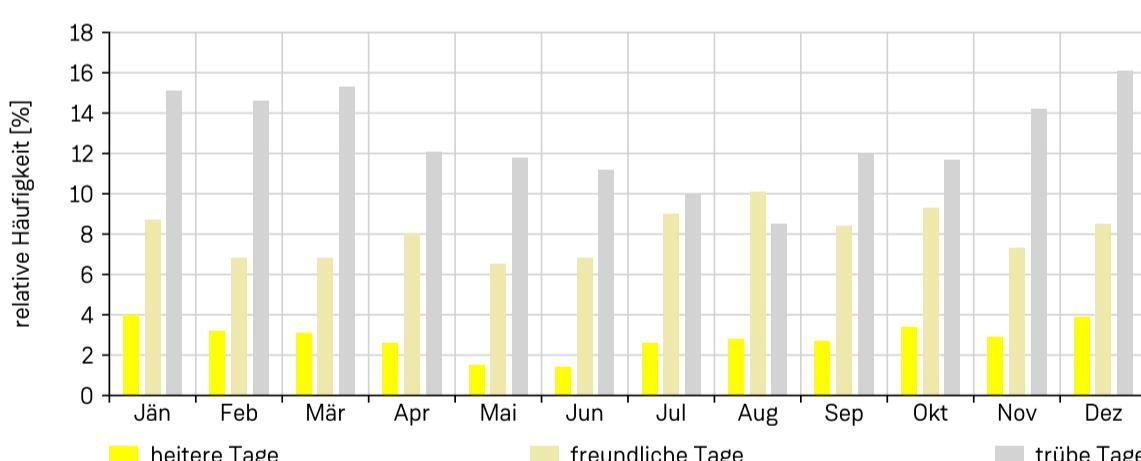


Abbildung 5.33: Jahresgänge von heiteren, freundlichen und trüben Tagen für die Station Mariazell.

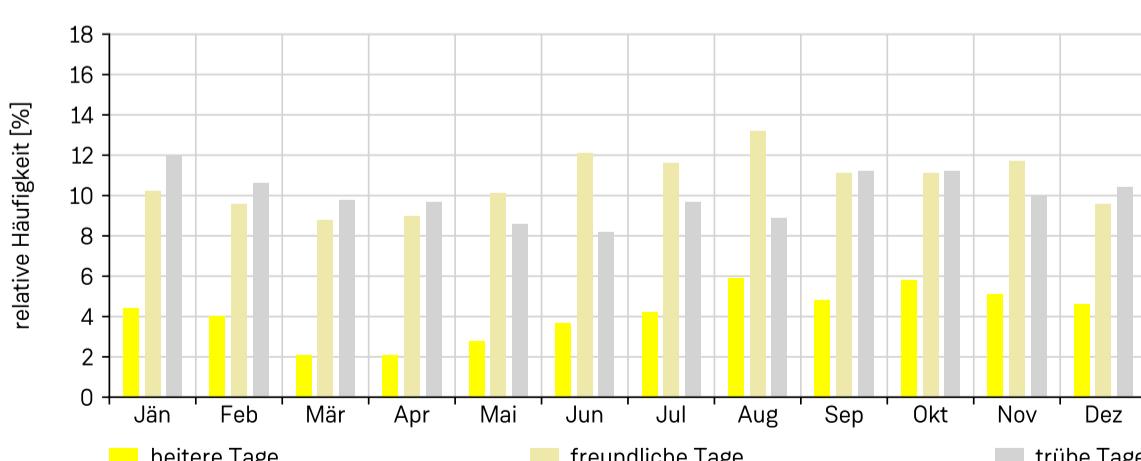


Abbildung 5.34: Jahresgänge von heiteren, freundlichen und trüben Tagen für die Station Ramsau am Dachstein.

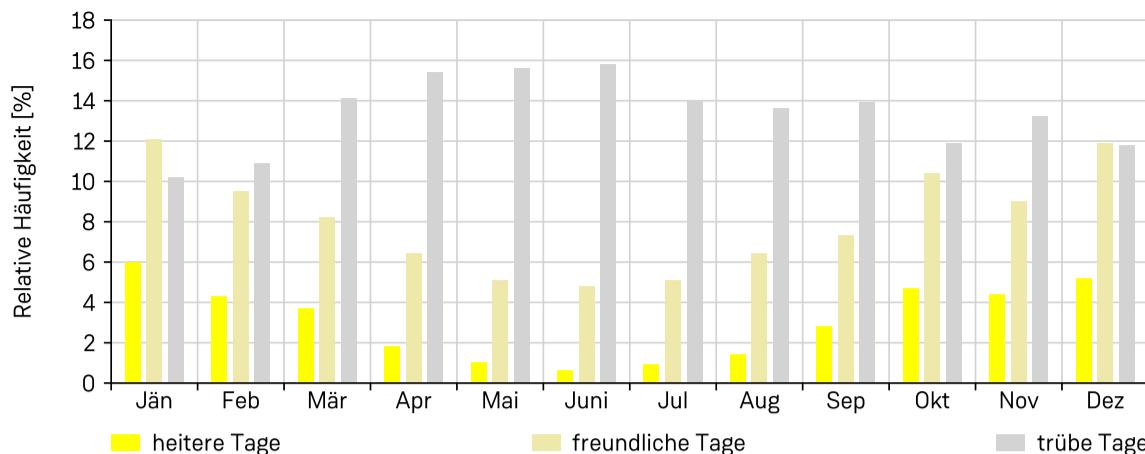


Abbildung 5.35: Jahresgänge von heiteren, freundlichen und trüben Tagen für die Station Sonnblick.

den Beobachtungsterminen um 07:00 Uhr, 14:00 Uhr und 19:00 Uhr MEZ kleiner als zwei Zehntel (20%), spricht man von „heiteren Tagen“; übersteigt es acht Zehntel (80%), handelt es sich um „trübe Tage“. Da sich mit dieser Definition an Tagen mit Frühnebelfeldern trotz sonst wolkenlosem Wetter kein heiterer Tag ergeben würde, wurde zusätzlich der Begriff des „freundlichen Tages“ (oder auch Schönwettertages) mit einem Bewölkungsmittel von kleiner als fünf Zehntel eingeführt. Jene Tage mit einem Bewölkungsmittel zwischen einem „heiteren Tag“ (< 20%) und einem „trübem Tag“ (> 80%) erhalten keine besondere Klassifizierung, treten aufgrund des breiten Definitionsbereichs aber recht häufig auf. Man kann sie als „Tage mit mittlerer Bewölkung“ anführen. Auf eine klimatologische Einordnung oder nähere Beschreibung dieser Tage wird aber aufgrund des eingeschränkten Mehrwerts verzichtet.

In den Abbildungen 5.30 – 5.35 werden die Jahresgänge der heiteren, freundlichen und trüben Tage an ausgewählten Standorten dargestellt.

Dabei zeigt sich in Fürstenfeld ein stark ausgeprägtes Sommermaximum an freundlichen Tagen, während die Anzahl der trüben Tage zwischen Juni und August sehr gering ist und das Minimum des Jahres bildet. Im Winterhalbjahr kehrt sich das Verhältnis um, im Vorland halten sich im Herbst und Winter auch bei antizyklonalen Wetterlagen oft Nebel und Hochnebel, die Anzahl der heiteren und freundlichen Tage ist daher gering, trübe Tage dominieren.

In den Tallagen der Obersteiermark hat die Anzahl der freundlichen Tage zwar auch vorwiegend im Sommer ihren Höchststand, aber die hohen Werte reichen auch in den Frühherbst hinein. Insgesamt ist der Jahresgang nicht so stark ausgeprägt wie im Vorland.

Für eine genauere Charakterisierung der regionalen Unterschiede der Bewölkungsverhältnisse werden die heiteren, trüben und freundlichen Tage nachfolgend in ausgewählten Monaten gegenübergestellt.

In den Abbildungen 5.36 und 5.37 erfolgt ein Vergleich des klassischen Wintermonats Jänner mit dem Sommermonat August. Die Anzahl der trüben Tage ist im Jänner vielerorts hoch. Für trübes Wetter sorgen Schlechtwetterphasen und zusätzlich über den Tälern sowie im Vorland teilweise Nebel oder Hochnebel bei antizyklonaler Witterung an fast der Hälfte der Jännertage. In den höheren Lagen sieht die Situation etwas besser aus, in der Ramsau am Dachstein ist die Anzahl der trüben Tage mit 12 schon geringer, am Sonnblick sind im Jänner nur 10 trübe Tage zu erwarten. Hier herrschen bei Hochdruckphasen allgemein freundlichere Wetterbedingungen, da Inversionsbewölkung oder Nebel eine untergeordnete Rolle spielen.

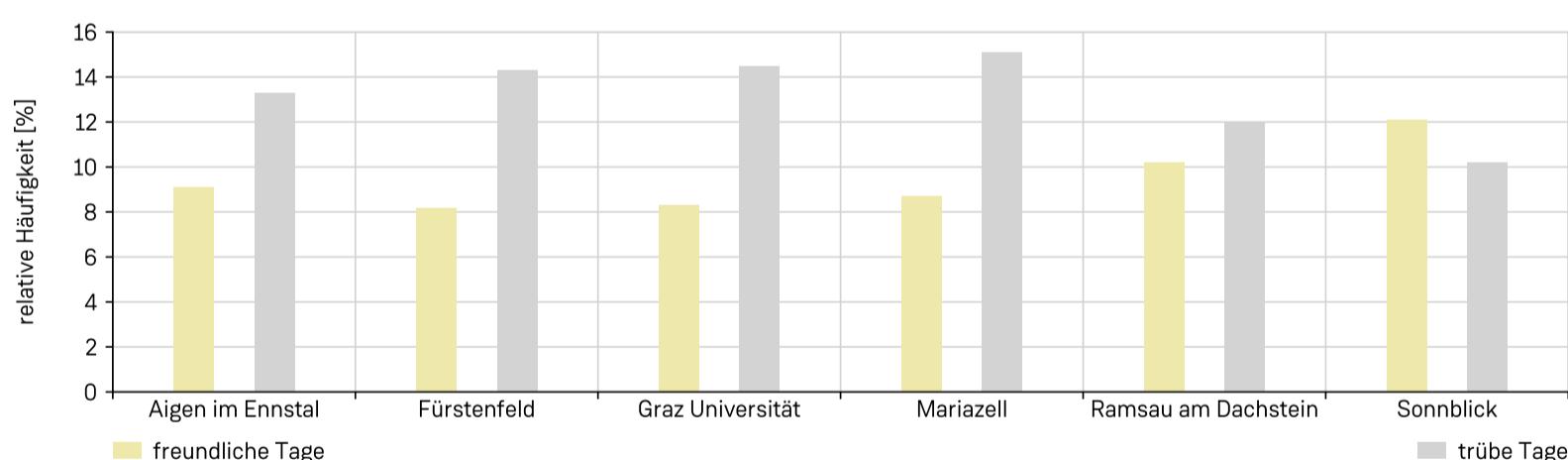


Abbildung 5.36: Trübe und freundliche Tage im Vergleich für den Monat Jänner an den Stationen Aigen im Ennstal, Fürstenfeld, Graz Universität, Mariazell, Ramsau am Dachstein und Sonnblick.

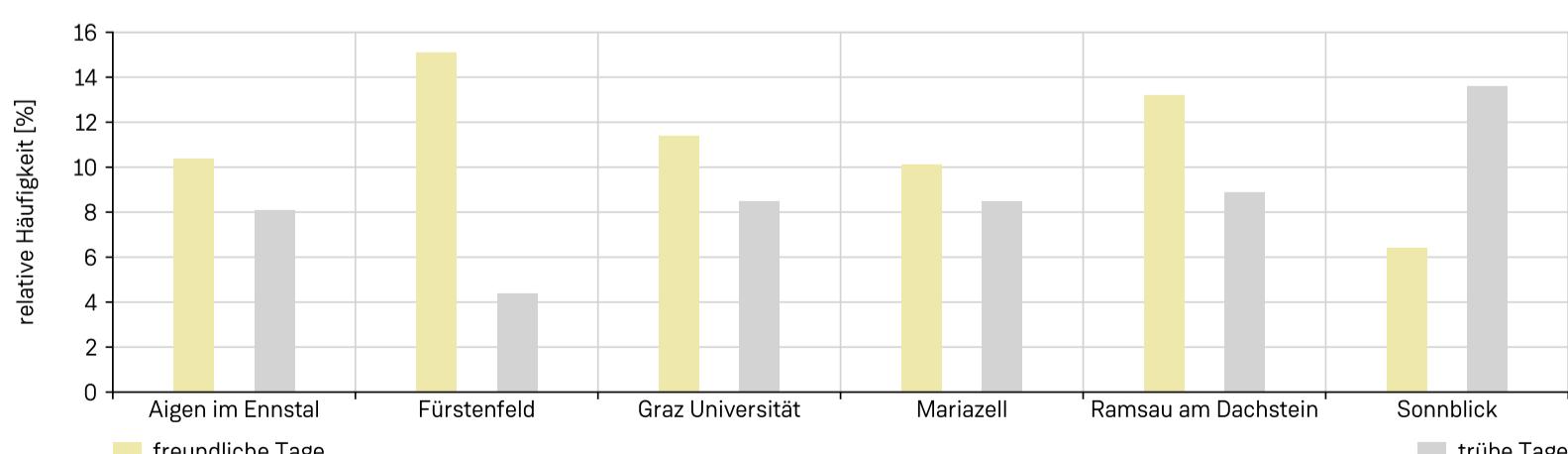


Abbildung 5.37: Trübe und freundliche Tage im Vergleich für den Monat August an den Stationen Aigen im Ennstal, Fürstenfeld, Graz Universität, Mariazell, Ramsau am Dachstein und Sonnblick.

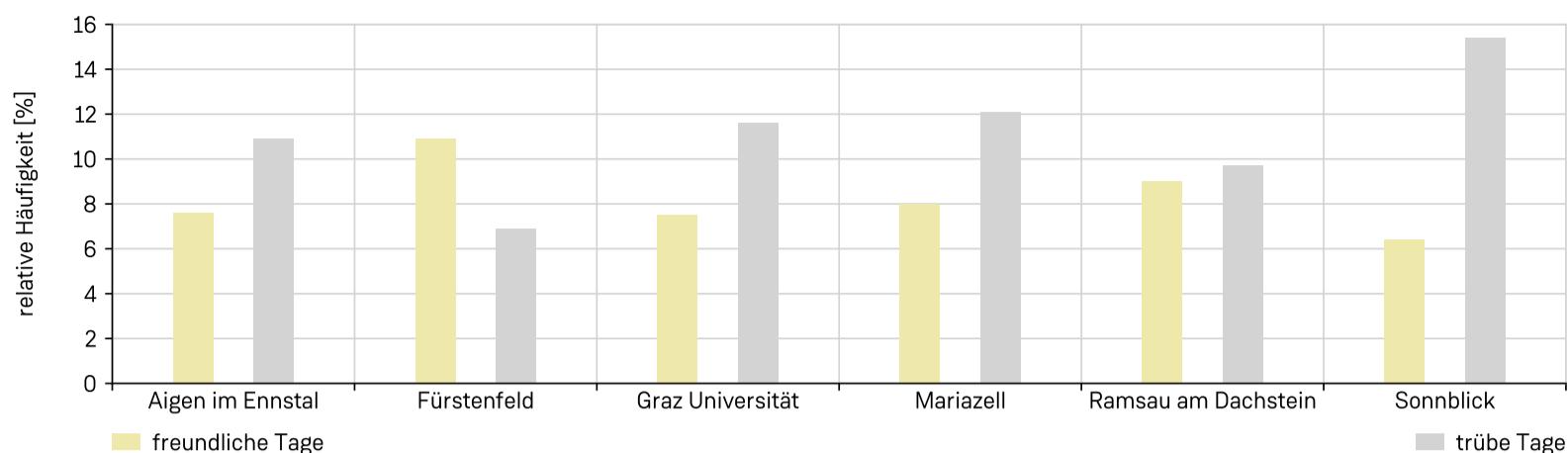


Abbildung 5.38: Trübe und freundliche Tage im Vergleich für den Monat April an den Stationen Aigen im Ennstal, Fürstenfeld, Graz Universität, Mariazell, Ramsau am Dachstein und Sonnblick.

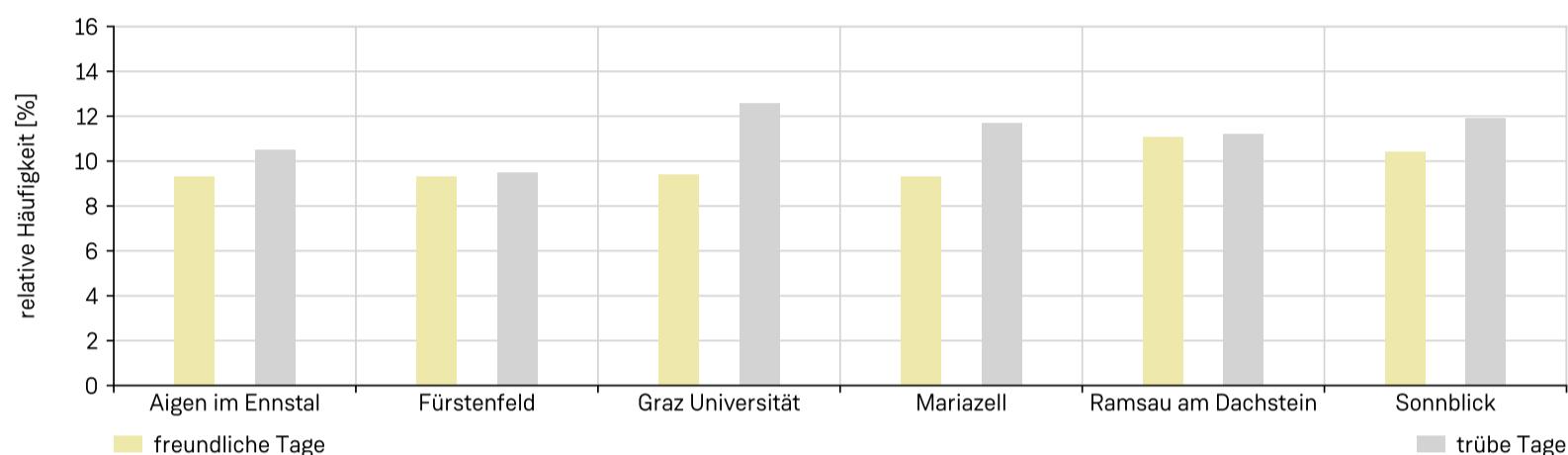


Abbildung 5.39: Trübe und freundliche Tage im Vergleich für den Monat Oktober an den Stationen Aigen im Ennstal, Fürstenfeld, Graz Universität, Mariazell, Ramsau am Dachstein und Sonnblick.

Die Anzahl von freundlichen Tagen ist im Jänner erwartungsgemäß gering, im Vorland im Südosten sind es nur rund 8 Tage. Einzig am Sonnblick gibt es im Jänner mehr freundliche (durchschnittlich 12) als trübe Tage.

Im August kehrt sich das Verhältnis um, im Vorland sind abseits des Randgebirges, wo die Konvektionsbewölkung oft unterbunden wird, immerhin 15 Schönwettertage bei nur 4 trübenden Tagen zu erwarten. In den Tallagen der

Obersteiermark ist das Verhältnis von Schönwettertagen zu trüben Tagen ausgeglichen, am Sonnblick gibt es im August bedingt durch häufige Konvektionsbewölkung deutlich weniger Schönwettertage als trübe Tage.

In den Abbildungen 5.38 und 5.39 werden der Frühlingsmonat April und der Herbstmonat Oktober gegenübergestellt. Im April nimmt die Anzahl der trüben Tage in den Tälern und Niederungen ab, das Auftreten und die Be-

ständigkeit von Inversionsbewölkung (Nebel, Hochnebel) lässt nach, wodurch trübes Wetter vorzugsweise durch Tiefdruckeinfluss gegeben ist. Der auch im Volksmund bekannte wechselhafte Wettercharakter des Aprils zeigt sich in der deutlich geringeren Anzahl von Schönwettertagen gegenüber dem August. Nur im Vorland tritt an mehr als 10 Tagen Schönwetter auf. Im Gebirge wird im April durch starke Schneedeckenrückbildung die

Tabelle 5.2: Mittlere Anzahl der heiteren Tage sämtlicher Stationen in der Steiermark.

Stationsname, Seehöhe	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Aflenz, 783m	3.4	3.3	3.4	3.4	2.4	2.2	3.0	3.0	1.5	0.9	1.3	2.8	9.2	8.2	3.7	9.5	30.6
Aigen im Ennstal, 641m	3.4	3.4	2.6	2.1	1.6	1.6	2.6	3.2	2.5	2.7	2.0	2.5	6.3	7.4	7.2	9.3	30.2
Bad Gleichenberg, 269m	3.7	4.0	4.0	3.1	4.4	4.2	8.0	7.1	5.0	3.5	2.1	2.8	11.5	19.3	10.6	10.5	51.9
Bad Mitterndorf, 814m	5.8	5.3	5.2	4.8	3.5	3.1	4.4	5.6	4.8	5.6	3.5	5.6	13.5	13.1	13.9	16.7	57.2
Bad Radkersburg, 207m	3.6	4.7	5.1	4.5	3.5	4.3	5.9	6.0	4.0	2.5	2.0	2.8	13.1	16.2	8.5	11.1	48.9
Bruck an der Mur, 482m	3.1	3.2	2.8	2.4	1.8	1.8	2.8	2.9	1.0	0.7	1.2	2.2	7.0	7.5	2.9	8.5	25.9
Deutschlandsberg, 354m	4.6	4.7	4.4	4.2	3.1	3.5	4.6	6.4	5.0	4.4	2.5	3.5	11.7	14.5	11.9	12.8	50.9
Fischbach, 1034m	6.1	5.2	4.8	4.6	3.8	3.5	4.0	5.8	5.2	6.5	4.8	6.2	13.2	13.3	16.5	17.5	60.5
Fürstenfeld, 271m	2.4	2.9	3.3	3.0	2.3	2.5	3.4	4.1	2.8	1.6	1.3	2.0	8.6	10.0	5.7	7.3	31.6
Gleisdorf, 377m	2.8	3.6	3.7	3.3	3.2	3.0	3.9	5.4	4.3	3.6	2.3	2.6	10.2	12.3	10.2	9.0	41.7
Graz Flughafen, 340m	3.5	4.0	3.8	3.0	2.8	3.4	4.4	5.6	4.0	2.7	2.1	2.5	9.6	13.4	8.8	10.0	41.8
Graz Universität, 366m	3.0	3.6	3.4	2.4	1.8	2.0	3.0	3.8	3.6	3.5	2.1	2.6	7.6	8.8	9.2	9.2	34.8
Hall bei Admont, 637m	1.9	2.8	2.9	2.5	1.7	1.4	2.4	2.4	1.1	1.5	0.9	1.7	7.1	6.2	3.5	6.4	23.2
Irdning-Gumpenstein, 697m	4.7	4.3	3.9	4.1	3.2	2.6	3.9	4.9	4.2	4.4	2.5	4.0	11.2	11.4	11.1	13.0	46.7
Laßnitzhöhe, 530m	3.3	4.3	3.8	4.1	4.2	5.1	6.9	7.3	5.1	4.4	2.1	2.8	12.1	19.3	11.6	10.4	53.4
Mariazell, 864m	4.0	3.2	3.1	2.6	1.5	1.4	2.6	2.8	2.7	3.4	2.9	3.9	7.2	6.8	9.0	11.1	34.1
Mürzzuschlag, 705m	4.5	4.6	4.8	4.8	4.1	3.7	4.6	5.3	3.2	2.8	2.5	4.4	13.7	13.6	8.5	13.5	49.3
Ramsau am Dachstein, 1207m	4.4	4.0	2.1	2.1	2.8	3.7	4.2	5.9	4.8	5.8	5.1	4.6	7.0	13.8	15.7	13.0	49.5
Zeltweg, 678m	3.4	3.3	2.9	2.1	1.2	1.5	1.9	2.4	1.6	1.6	2.1	3.2	6.2	5.8	5.3	9.9	27.2

Tabelle 5.3: Mittlere Anzahl der freundlichen Tage sämtlicher Stationen in der Steiermark.

Stationsname, Seehöhe	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Aflenz, 783m	10.0	8.6	9.2	10.0	9.0	8.9	10.6	10.3	8.0	8.1	5.6	7.7	28.2	29.8	21.7	26.3	106.0
Aigen im Ennstal, 641m	9.1	8.1	8.0	7.6	7.3	7.1	10.2	10.4	8.6	9.3	7.1	7.7	22.9	27.7	25.0	24.9	100.5
Bad Gleichenberg, 269m	8.5	9.8	11.4	10.4	13.8	14.2	16.7	16.8	14.3	11.3	7.6	8.3	35.6	47.7	33.2	26.6	143.1
Bad Mitterndorf, 814m	10.6	9.1	10.1	9.9	8.8	8.7	10.2	12.0	10.7	12.7	9.0	9.8	28.8	30.9	32.4	29.5	121.6
Bad Radkersburg, 207m	9.8	11.3	11.2	12.3	13.1	13.1	16.4	14.3	11.8	10.1	7.3	6.6	36.6	43.8	29.2	27.7	137.3
Bruck an der Mur, 482m	8.8	8.7	8.1	7.8	8.0	7.6	10.2	9.2	7.0	6.8	4.9	7.0	23.9	27.0	18.7	24.5	94.1
Deutschlandsberg, 354m	10.2	10.4	10.3	10.1	10.2	9.9	12.5	13.3	11.4	10.3	6.2	8.6	30.6	35.7	27.9	29.2	123.4
Fischbach, 1034m	11.6	11.2	11.6	13.0	12.7	12.8	14.9	16.0	13.1	14.1	11.0	11.9	37.3	43.7	38.2	34.7	153.9
Fürstenfeld, 271m	8.2	8.3	9.5	10.9	11.4	12.5	13.8	15.1	11.1	9.3	6.0	6.5	31.8	41.4	26.4	23.0	122.6
Gleisdorf, 377m	8.2	8.4	9.7	9.4	10.3	11.1	13.7	14.4	11.1	10.4	6.2	6.9	29.4	39.2	27.7	23.5	119.8
Graz Flughafen, 340m	9.0	9.4	10.1	9.9	10.0	11.3	13.5	15.0	11.6	9.7	6.7	7.7	30.0	39.8	28.0	26.1	123.9
Graz Universität, 366m	8.3	8.2	8.1	7.5	8.0	8.0	10.5	11.4	10.0	9.4	5.7	7.3	23.6	29.9	25.1	23.8	102.4
Hall bei Admont, 637m	7.0	7.2	6.7	6.7	6.0	5.4	7.0	7.9	6.6	8.1	5.4	5.8	19.4	20.3	20.1	20.0	79.8
Irdning-Gumpenstein, 697m	11.1	9.7	9.7	10.3	10.4	9.8	11.8	13.3	11.6	12.2	8.7	9.2	30.4	34.9	32.5	30.0	127.8
Laßnitzhöhe, 530m	10.4	11.0	12.0	12.9	13.0	13.3	15.5	15.3	13.5	12.1	7.4	8.6	37.9	44.1	33.0	30.0	145.0
Mariazell, 864m	8.7	6.8	6.8	8.0	6.5	6.8	9.0	10.1	8.4	9.3	7.3	8.5	21.3	25.9	25.0	24.0	96.2
Mürzzuschlag, 705m	10.5	10.4	10.8	11.3	10.8	11.6	13.5	13.7	11.5	12.7	8.5	9.1	32.9	38.8	32.7	30.0	134.4
Ramsau am Dachstein, 1207m	10.2	9.6	8.8	9.0	10.1	12.1	11.6	13.2	11.1	11.1	11.7	9.6	27.9	36.9	33.9	29.4	128.1
Zeltweg, 678m	11.4	9.1	8.5	7.7	7.1	7.3	9.5	10.1	7.8	9.6	6.8	9.2	23.3	26.9	24.2	29.7	104.1

Entwicklung von Konvektionsbewölkung begünstigt, dadurch nehmen die trüben Tage merklich zu und freundliche Tage sind am Sonnblick deutlich seltener als noch im Jänner.

September und Oktober gelten gemeinhin als sehr gute Wandermonate. Abgesehen von möglichen kurzen Kaltluftteinbrüchen liegt auch im Hochgebirge im Mittel noch kein Schnee und die abnehmende Sonneneinstrahlung vermindert die Konvektion, wodurch bei antizyklonaler Witterung sich oftmals stabiles und sonniges Bergwetter einstellt. Dementsprechend gibt es am Sonnblick im Oktober weniger trübe Tage als im August und mit rund 10 Tagen ist an einem Drittel des Monats mit Schönwetter zu rechnen. Die Unterschiede zwischen dem Hochgebirge und den Tallagen bzw. dem Vorland fallen im Oktober allgemein

gering aus. So ist sowohl die Anzahl der trüben Tage als auch die Anzahl der Schönwettertage recht ausgeglichen.

5.3.5 Änderung der Bewölkungsverhältnisse in der Vergangenheit und der Zukunft

Der Einfluss von Wolken auf den Klimawandel ist ein sehr komplexes Thema und wird ausführlich im Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023) behandelt. Je nach Höhe, Dicke und Art der Wolken können sie sowohl kühlende als auch erwärmende Effekte auf das Klima haben. Die physikalischen Effekte, auf denen der Einfluss der Wolken auf das Klima beruht, sind:

a) Reflexion von Sonnenlicht (Albedo): Wolken können Sonnenlicht ins Weltall zurückreflektieren, ehe dieses den Erdboden erreicht. Dieser Umstand hat einen kühlenden Effekt und ist speziell bei dichten, hohen Wolken wirksam.

b) Treibhausgas-Effekt: Wolken können den Treibhausgas-Effekt verstärken, indem sie die vom Erdboden abgegebene Infrarotstrahlung einfangen und zurück auf die Erde reflektieren. Dies hat einen erwärmenden Effekt, der insbesondere in Winternächten auch für uns auf kleiner Skala spürbar ist. Kalte Nächte sind naturgemäß jene bei klarem Himmel, während bei starker Bewölkung die nächtliche Abstrahlung des Erdbodens verhindert wird.

Zudem kann es durch den Klimawandel zu Veränderungen in der Wolkendynamik kom-

Tabelle 5.4: Mittlere Anzahl der trüben Tage sämtlicher Stationen in der Steiermark.

Stationsname, Seehöhe	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Aflenz, 783m	12.2	10.4	11.6	9.5	8.9	7.8	7.5	7.8	9.4	10.8	14.7	14.7	30.0	23.1	34.9	37.3	125.3
Aigen im Ennstal, 641m	13.3	11.5	13.5	10.9	11.0	9.9	8.6	8.1	11.4	10.5	14.3	14.1	35.4	26.6	36.2	38.9	137.1
Bad Gleichenberg, 269m	14.0	10.3	8.6	7.1	7.0	5.9	4.7	5.0	7.3	10.0	14.5	15.8	22.7	15.6	31.8	40.1	110.2
Bad Mitterndorf, 814m	14.2	13.5	14.4	12.4	13.2	12.2	10.6	10.2	11.9	12.4	13.9	15.7	40.0	33.0	38.2	43.4	154.6
Bad Radkersburg, 207m	15.1	10.7	11.0	9.3	8.6	6.7	5.4	5.7	7.6	10.1	16.4	17.0	28.9	17.8	34.1	42.8	123.6
Bruck an der Mur, 482m	14.5	10.8	12.7	11.2	10.8	9.7	7.8	8.4	11.0	13.7	15.9	15.4	34.7	25.9	40.6	40.7	141.9
Deutschlandsberg, 354m	14.4	11.1	12.4	11.0	10.8	10.3	8.5	8.3	10.0	13.0	16.3	14.6	34.2	27.1	39.3	40.1	140.7
Fischbach, 1034m	9.3	8.1	9.0	7.0	6.5	5.8	4.5	4.6	7.1	9.0	11.2	9.4	22.5	14.9	27.3	26.8	91.5
Fürstenfeld, 271m	14.3	8.7	8.4	6.9	6.0	4.8	4.0	4.4	6.8	9.5	14.8	15.5	21.3	13.2	31.1	38.5	104.1
Gleisdorf, 377m	14.6	10.7	10.2	8.6	7.8	6.0	5.5	6.6	9.7	12.0	17.0	16.0	26.6	18.1	38.7	41.3	124.7
Graz Flughafen, 340m	13.4	9.3	10.2	8.9	8.3	6.7	5.2	6.3	8.8	10.6	14.9	14.7	27.4	18.2	34.3	37.4	117.3
Graz Universität, 366m	14.5	11.6	12.5	11.6	10.6	9.1	7.6	8.5	10.5	12.6	16.3	16.0	34.7	25.2	39.4	42.1	141.4
Hall bei Admont, 637m	16.5	13.9	14.7	12.9	14.1	13.7	12.8	11.4	13.8	13.6	16.7	19.0	41.7	37.9	44.1	49.4	173.1
Irdning-Gumpenstein, 697m	12.7	9.9	12.4	10.1	10.4	9.4	8.5	7.4	10.6	10.2	13.1	14.4	32.9	25.3	33.9	37.0	129.1
Laßnitzhöhe, 530m	12.8	9.5	9.5	8.0	7.8	7.1	5.7	6.6	7.9	10.7	14.8	14.5	25.3	19.4	33.4	36.8	114.9
Mariazell, 864m	15.1	14.6	15.3	12.1	11.8	11.2	10.0	8.5	12.0								

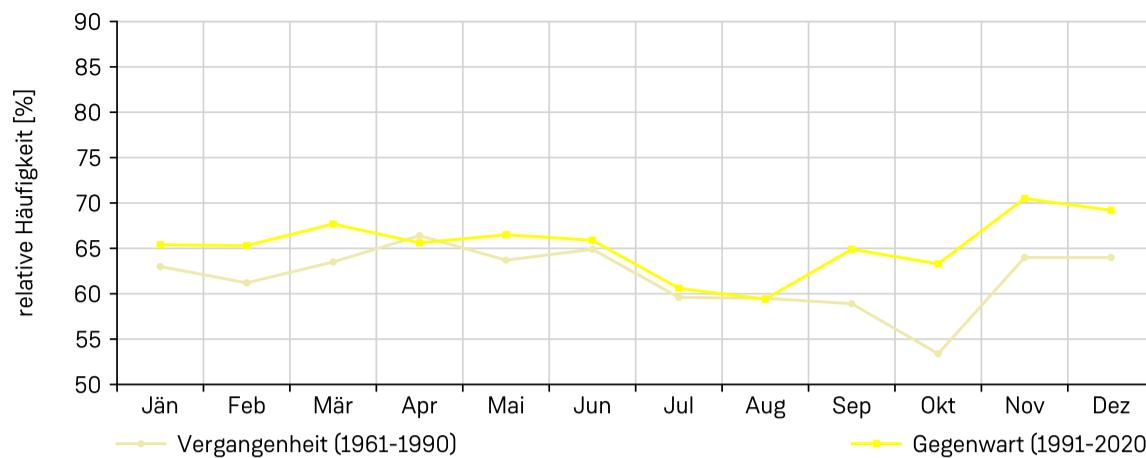


Abbildung 5.40: Vergleich der mittleren Bewölkung zwischen der Gegenwart (1991 – 2020) und Vergangenheit (1961 – 1990) an der Station Aigen im Ennstal.

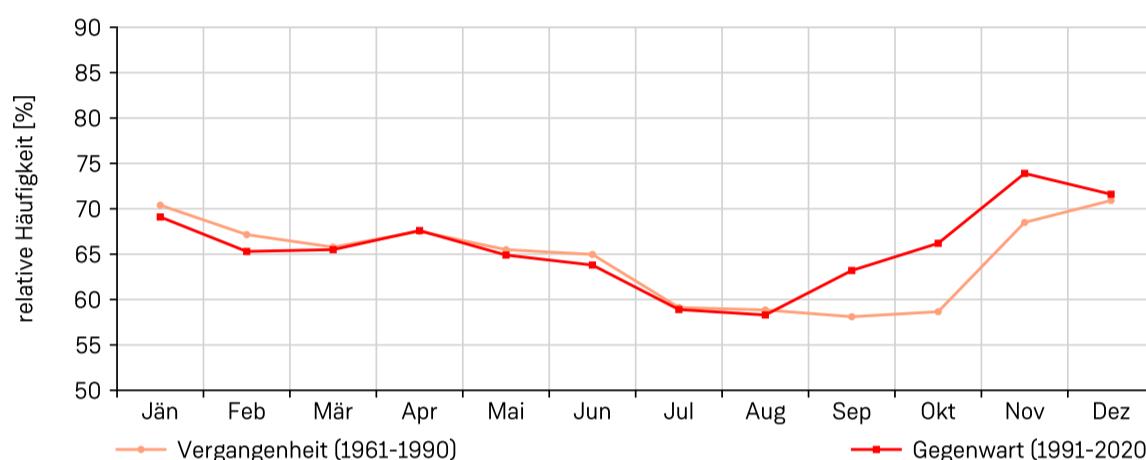


Abbildung 5.41: Vergleich der mittleren Bewölkung zwischen der Gegenwart (1991 – 2020) und Vergangenheit (1961 – 1990) an der Station Graz Universität.

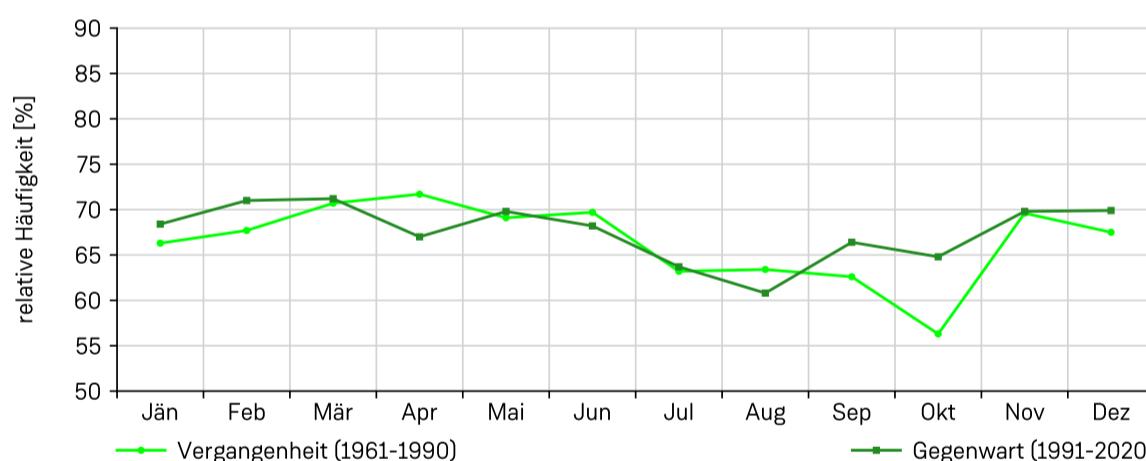


Abbildung 5.42: Vergleich der mittleren Bewölkung zwischen der Gegenwart (1991 – 2020) und Vergangenheit (1961 – 1990) an der Station Mariazell.

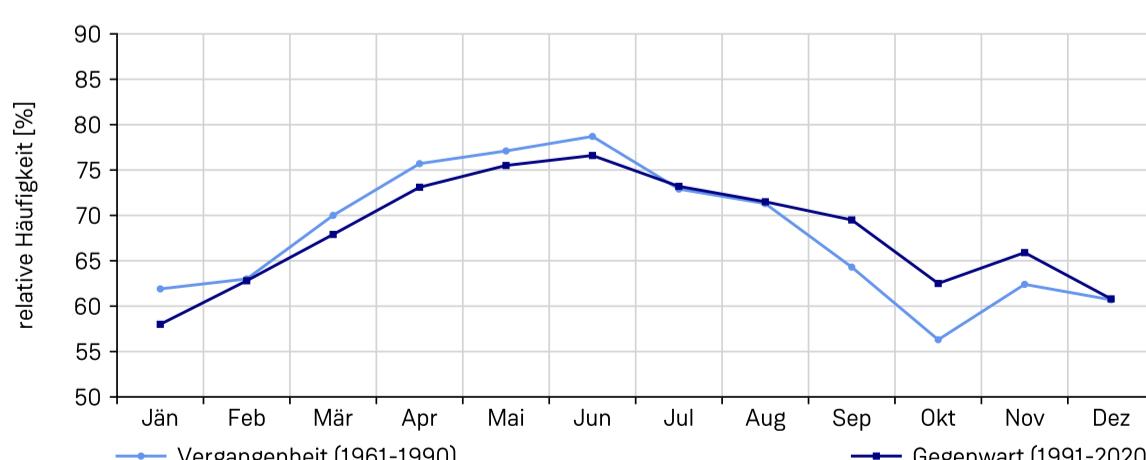


Abbildung 5.43: Vergleich der mittleren Bewölkung zwischen der Gegenwart (1991 – 2020) und Vergangenheit (1961 – 1990) an der Station Sonnblick.

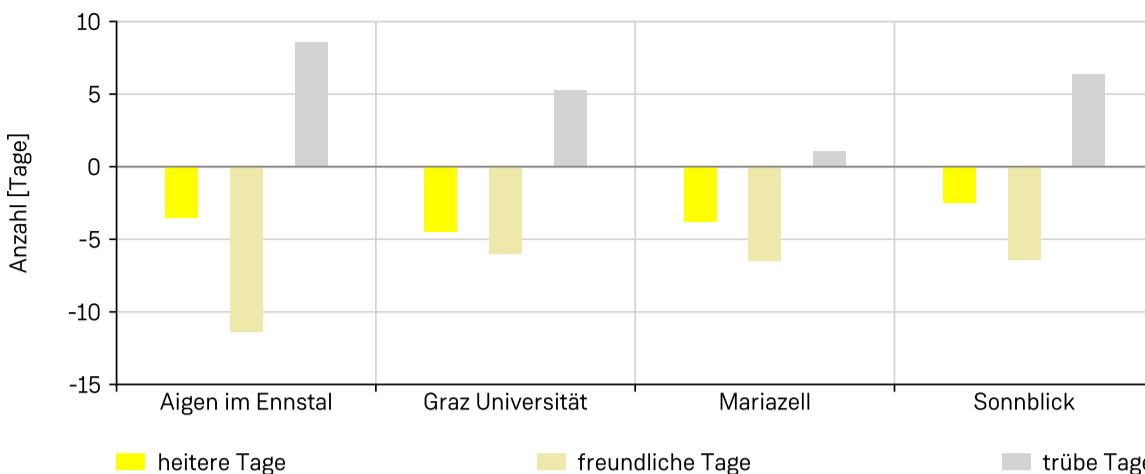


Abbildung 5.44: Absolute Änderung der Anzahl der trüben, heiteren und freundlichen Tage im Herbst im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990) an den Stationen Aigen im Ennstal, Graz Universität, Mariazell und Sonnblick.

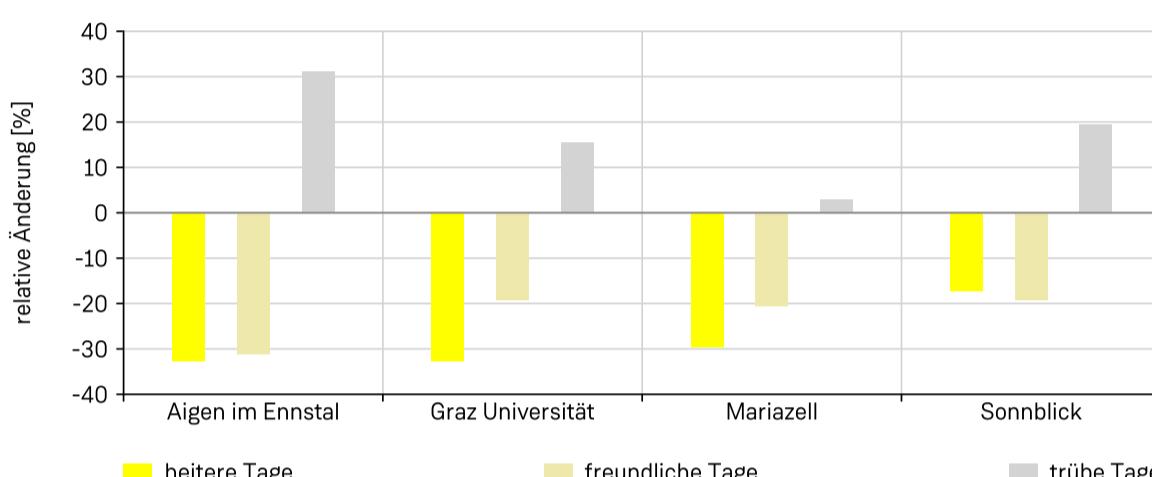


Abbildung 5.45: Relative Änderung der Anzahl der trüben, heiteren und freundlichen Tage im Herbst im Vergleich der Gegenwart (1991 – 2020) zur Vergangenheit (1961 – 1990) an den Stationen Aigen im Ennstal, Graz Universität, Mariazell und Sonnblick.

men. Eine großräumig geänderte Entwicklung oder Verlagerung von Wolkensystemen beeinflusst durch Rückkopplungen schließlich wieder das Klima. Dementsprechend spielen Wolken auch bei Klimamodellen eine große Rolle. Allerdings eignen sich diese Klimaprojektionen nicht, um regionsspezifische Änderungssignale der Bewölkung in der Steiermark aufzuzeigen, da oftmals sehr lokale Witterungseinflüsse (Nebel, Hochnebel, Konvektionsbewölkung) das Bewölkungsbild hervorrufen, welche in Klimamodellen aufgrund der Kleinskaligkeit nicht erfassbar sind. Da an einigen Standorten in der Steiermark schon seit mehr als 60 Jahren Wolkenbeob-

achtungen protokolliert werden, kann aber ein Vergleich der Bewölkungsverhältnisse in den beiden Klimanormalperioden Vergangenheit (1961 – 1990) und Gegenwart (1991 – 2020) durchgeführt werden. In den Abbildungen 5.40 – 5.43 ist der Jahresgang der mittleren Bewölkung jeweils für beide Klimanormalperioden an ausgewählten Stationen angegeben. Dabei zeigt sich im Vergleich der Perioden in vielen Monaten kein signifikanter Unterschied. Sehr auffallend sind aber die deutlich bewölkteren Herbstmonate September bis November in der Gegenwart (1991 – 2020). Dabei ist es unerheblich, ob die Beobachtungen im Hochge-

birge, in den Tallagen der Obersteiermark oder im Vorland ausgewertet werden.

Bestätigt werden die deutlich bewölkteren Verhältnisse im Herbst in der aktuellen Klimanormalperiode auch durch Betrachtung der heiteren, freundlichen und trüben Tage (Tabelle 5.5 und Abbildungen 5.44 und 5.45). So reduzierte sich die Anzahl der freundlichen Tage um 20% bis 30%, während die Anzahl der trüben Tage zwischen wenigen Prozent in Mariazell und rund 30% in Aigen im Ennstal zunahm. Auch die ohnehin schon seltenen heiteren Tage wurden teils noch um über 30% reduziert. So konnte man in Mariazell in einem durchschnittlichen Herbst in der Vergangenheit (1961 – 1990) noch 13 heitere Tage erwarten, in der Gegenwart (1991 – 2020) fielen nur mehr 9 Tage mit heiteren Bewölkungsverhältnissen an.

Die deutlich bewölkteren Verhältnisse im Herbst gehen mit einem gleichzeitig beobachteten Rückgang der Sonnenscheindauer und Globalstrahlung (Kapitel 4), einer Zunahme des Niederschlags (Kapitel 6) und einer, im Vergleich zu anderen Jahreszeiten, ungewöhnlich geringen Erwärmung (Kapitel 3) einher.

Tabelle 5.5: Mittlere Anzahl der trüben, freundlichen und heiteren Tage für den Herbst im Vergleich der Vergangenheit (1961 – 1990) zur Gegenwart (1991 – 2020) an den Stationen Aigen im Ennstal, Graz Universität, Mariazell und Sonnblick.

Stationsname, Seehöhe	Herbst 1961 – 1990			Herbst 1991 – 2020		
	trüb	freundlich	heiter	trüb	freundlich	heiter
Aigen im Ennstal, 640m	27.6	36.4	10.7	36.2	25.0	7.2
Graz Universität, 366m	34.1	31.1	13.7	39.4	25.1	9.2
Mariazell, 863m	36.8	31.5	12.8	37.9	25.0	9.0
Sonnblick, 3106m	32.6	33.1	14.4	39.0	26.7	11.9

5.4 Nebel

Der meteorologische Begriff „Nebel“ wurde bereits im Kapitel 5.3 „Bewölkung“ mehrmals erwähnt. Das liegt daran, dass unter Nebel im Allgemeinen eine am Erdboden aufliegende Wolke verstanden wird (Weber, 1975) und Nebelbeobachtungen in hohem Maße in den Bewölkungsstatistiken und Auswertungen bereits beinhaltet sind. Nebel als Kondensationsprodukt der bodennahen Luft hat aber vielschichtige Auswirkungen auf die Geo- und Biosphäre, sei es einerseits durch eingeschränkte Sichtweiten oder die Bildung von gefrierendem Nebel und die daraus resultierenden Konsequenzen für den Verkehr, andererseits auch durch den Einfluss auf das Wohlbefinden und den Gesundheitszustand des Menschen durch fehlende Einstrahlung bzw.

Tabelle 5.6: Normsichten gemäß WMO bei unterschiedlichen Nebeldichten (aus Weber, 1975).

Normsicht	Nebeldichte
1000-500m	leichter Nebel
500-200m	mäßiger Nebel
200-100m	dichter Nebel
<100m	sehr dichter Nebel

als möglichem Schadstoffträger in Ballungsräumen. Daher werden nachfolgend Nebelverhältnisse an unterschiedlichen Beobachtungsstandorten in der Steiermark nochmals explizit ausgewertet und insbesondere als Tages- und Jahresgang diskutiert.

5.4.1 Definition von Nebel und Nebelarten

Gemäß internationaler Definition spricht man von Nebel, wenn die horizontale Sichtweite in Augenhöhe aufgrund schwiegender Wasserdrops weniger als 1000 m beträgt (ohne Rücksicht auf die Dauer und den Bedeckungsgrad bzw. die Vertikalsicht). Liegt die Sichtweite zwischen 1 und 2 km, wird Dunst gemeldet. Eine zusätzliche Unterteilung der Normsichtweiten gemäß WMO kann aus Tabelle 5.6 entnommen werden. So spricht man zum Beispiel von sehr dichtem Nebel, wenn die Sichtweite unter 100 m liegt. Abgesehen von der Nebeldichte wird Nebel nach der Art der Entstehung und räumlichen Gesichtspunkten klassifiziert. Bei einer Ab-

kühlung der Luft bis zum Taupunkt durch Strahlungsverlust des Bodens und schwacher Turbulenz entsteht Strahlungsnebel. Wenn Luft eine kühle Unterlage überströmt und bis unter den Taupunkt abkühlt, bildet sich Advektionsnebel. Durch erzwungenes Hinaufströmen wird Luft adiabatisch abgekühlt; es entsteht Orographischer Nebel. Gepaart mit der besonders in Gebirgsregionen gut geeigneten Auskunft über die (vertikale) Verteilung des Nebels (Ober- und Untergrenzen) lässt sich eine Einteilung nach Tabelle 5.7 vollziehen.

Der klassische Bodennebel (Foto 5.5) entsteht bevorzugt im Winterhalbjahr bei ungestörten, wolkenarmen Bedingungen. Durch die langen Nächte sorgt die Ausstrahlung bodennah für eine Taupunktunterschreitung, es bildet sich Nebel. Recht selten, aber speziell nach stärkeren Regenfällen und nachfolgendem Aufklaren in der Nacht sind Bodennebelfelder auch in den Sommermonaten möglich. Hochnebel (Foto 5.6) tritt ebenfalls bevorzugt in der kalten Jahreszeit auf und entsteht durch unterschiedliche Mechanismen. Oftmals tritt Hochnebel durch Absinkinversionen in winterlichen Hochdruckgebieten auf, aber auch aus abgehobenem Bodennebel können sich kompakte und großflächige Hochnebelmeere bilden. Im österreichischen Klimadienst erfolgt keine gesonderte Klassifizierung von Hochnebel, eine flächendeckende Beschreibung ist für die Steiermark daher nicht möglich. Dennoch gibt es einige Arbeiten und Publikationen, die zumindest regionale Besonderheiten von Hochnebel in der Steiermark beschreiben. An die-

Tabelle 5.7: Nebelarten nach räumlichen und genetischen Gesichtspunkten (aus Wanner, 1979).

räumlich klassierte Nebelarten	genetisch klassierte Nebelarten
Bodennebel	Strahlungsnebel mit Bodeninversion, Warmluftnebel, Meerennebel, Küstennebel, Fluss- oder Seenebel, Mischungsnebel, Industriennebel, Smog
Hochnebel	Strahlungsnebel mit Höheninversion, Mischungsnebel, Industriennebel, Smog
Hangnebel (Bergnebel, Wolkennebel)	Orographischer Nebel, Frontnebel, Mischungsnebel

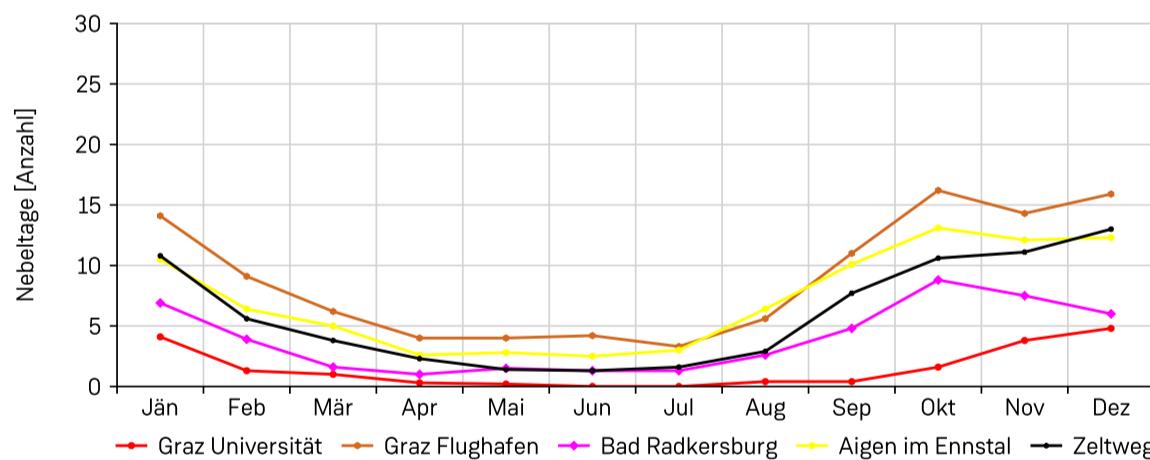


Abbildung 5.46: Mittlerer Jahresgang der Anzahl der Nebeltage pro Monat in der Gegenwart (1991 – 2020) an den Stationen Graz Universität, Graz Flughafen, Bad Radkersburg, Aigen im Ennstal und Zeltweg.

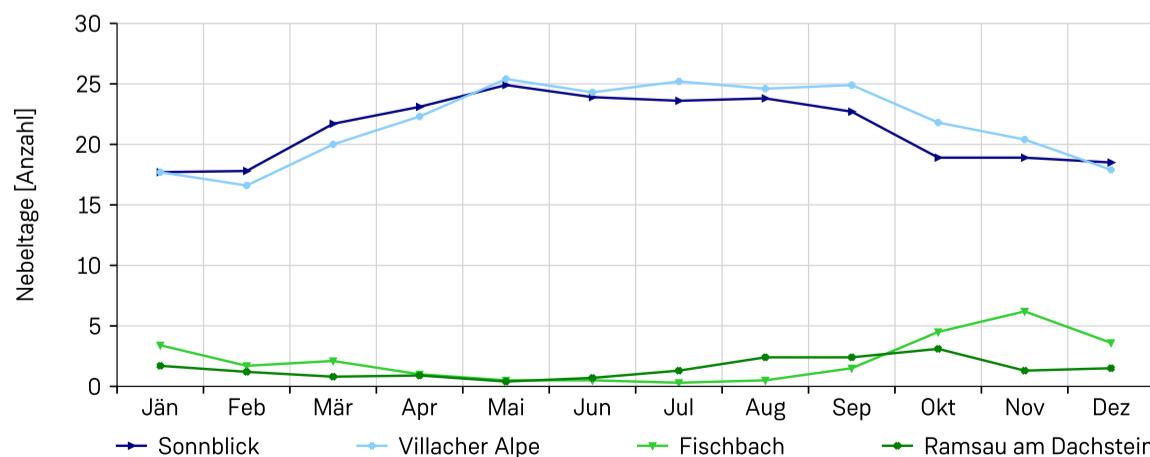


Abbildung 5.47: Mittlerer Jahresgang der Anzahl der Nebeltage pro Monat in der Gegenwart (1991 – 2020) an den Stationen in mittleren Höhenlagen Fischbach (1034 m) und Ramsau am Dachstein (1207 m) sowie im Hochgebirge an den Stationen Sonnblick (3106 m) und Villacher Alpe (2117 m).

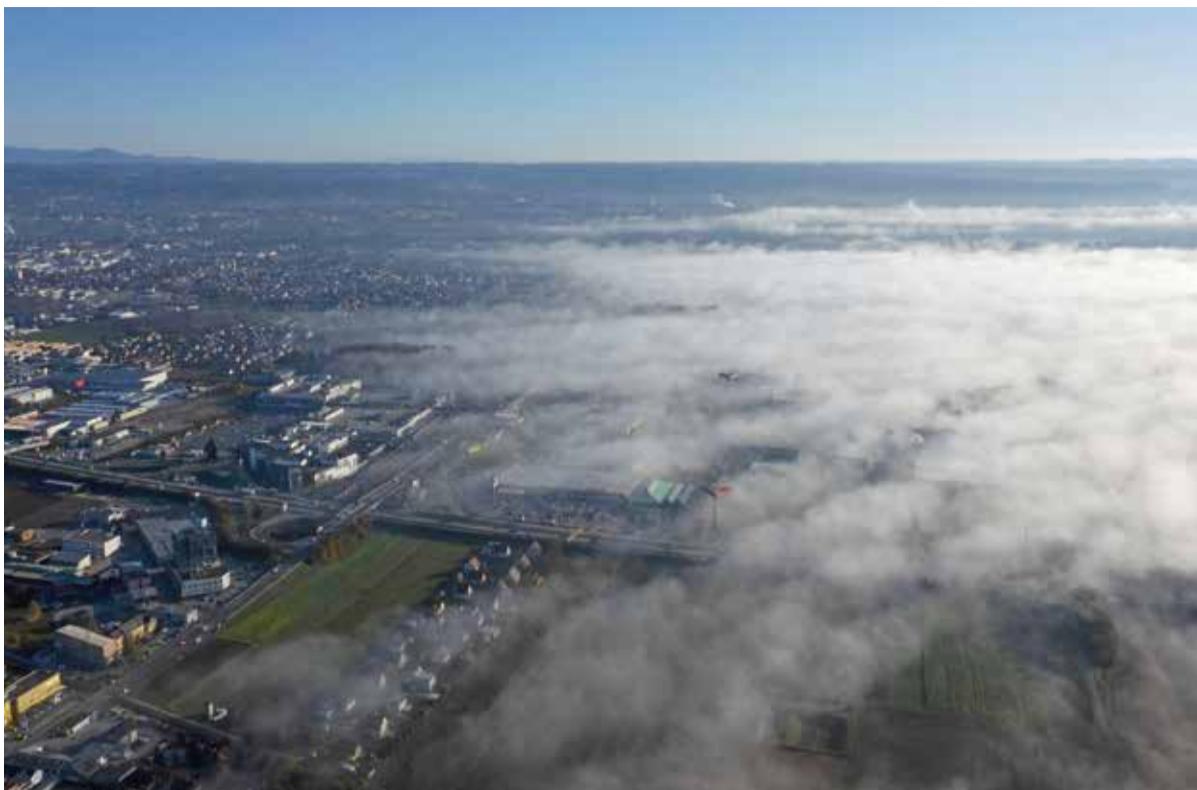


Foto 5.5: Heranziehender Bodennebel im Süden von Graz. (Foto: A. Podesser)

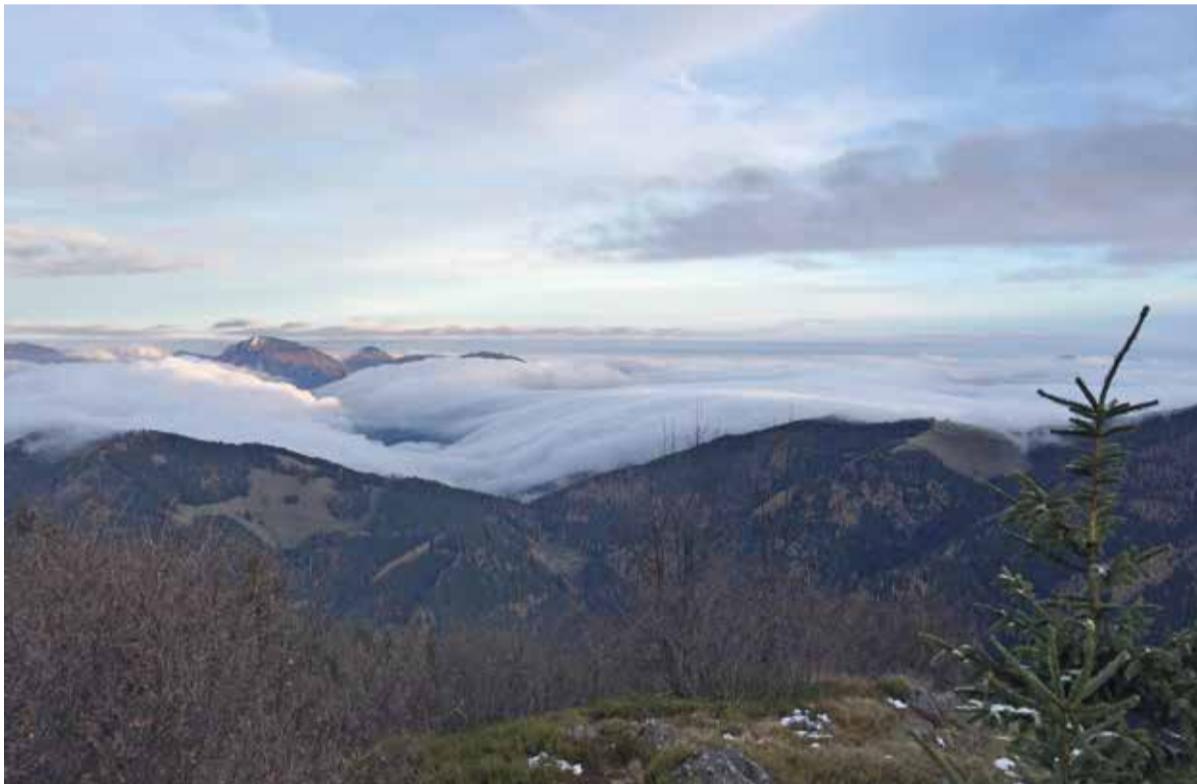


Foto 5.6: Hochnebel über dem Murtal: Blick vom Trattensattel Richtung Osten zum Hochlantsch. (Foto: P. Redl)

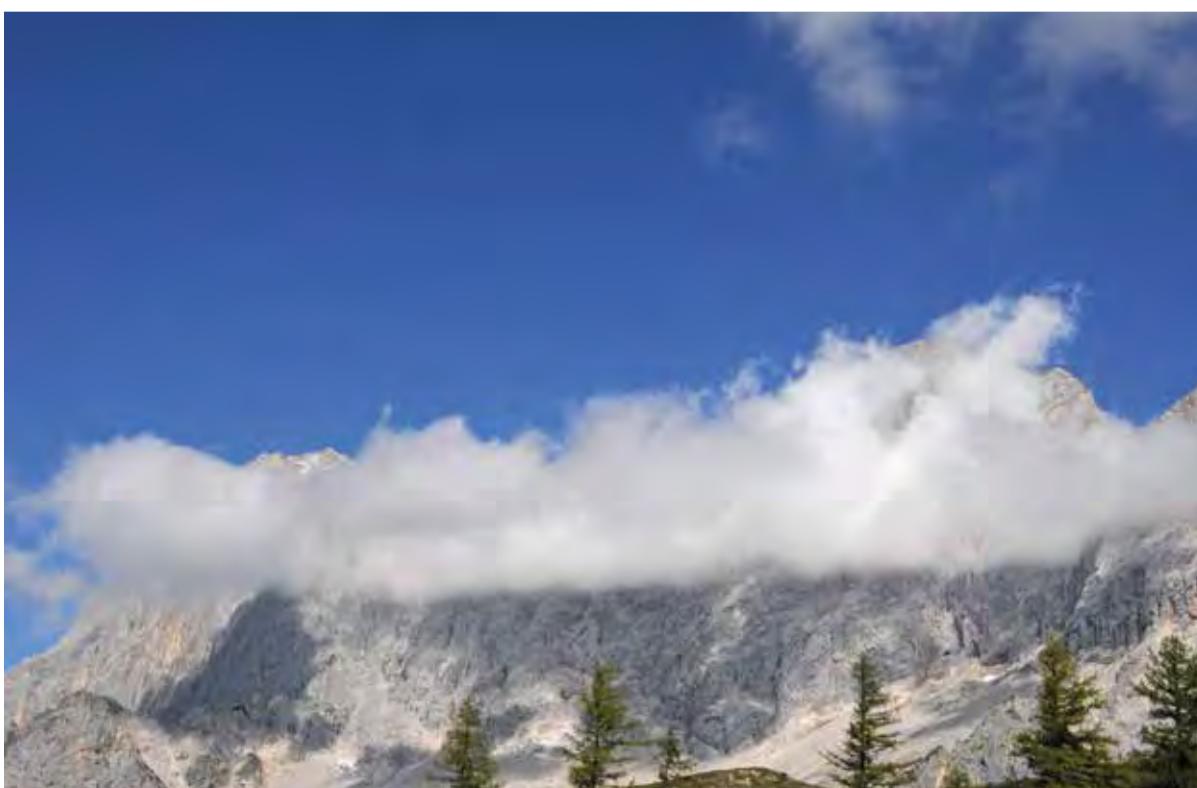


Foto 5.7: Aufsteigender Hangnebel an der Dachstein-Südwand. (Foto: A. Podesser)

ser Stelle sei an den Klimaatlas Steiermark (Podesser und Wölfelmaier, 2012) und Arbeiten von Podesser und Lazar (Lazar and Podesser, 1999) verwiesen. Hang- bzw. Bergnebel (Foto 5.7) unterscheidet sich bezüglich seiner meteorologischen Voraussetzungen gegenüber den anderen Typen, da dafür dynamische Vorgänge verantwortlich sind. Bergnebel entsteht bei Wettersituationen im Hochgebirge, die mit cumuliformer Bewölkung und Niederschlag verbunden sind. Daher ist ein ausgeprägter Tagesgang durch Konvektion während der warmen Jahreszeit ausschlaggebend, mit einem Maximum in den Nachmittagsstunden. Während des Winters ist hingegen kein charakteristischer Tagesgang festzustellen.

5.4.2 Jahresgang des Nebels

Ein Nebeltag wird im österreichischen Klimadienst klassifiziert, wenn am Beobachtungsstandort zumindest kurzzeitig eine Sichtweite unter 1 km beobachtet wird. Diese Registrie-

rung gibt zwar darüber Auskunft, dass im Beobachtungszeitraum ein Nebelereignis stattgefunden hat, doch kann nicht auf dessen Dauer geschlossen werden. Auch über die Nebeldichte lassen sich keine Aussagen machen. Außerdem werden die typischen Hochnebelsituationen des Winterhalbjahres (mit abgehobener Nebeluntergrenze) nicht klassifiziert, hier gilt der Himmel als bedeckt mit tiefen Wolken.

Im Bereich der Talböden des Vorlandes und den inneralpinen Tallagen verläuft der Jahresgang der Nebelhäufigkeit im Wesentlichen gegenläufig zum Jahresgang der Temperatur. Da es sich primär um Strahlungsnebel handelt, tritt erwartungsgemäß ein Minimum im Sommer auf, ein Maximum wird im Herbst und Winter erreicht. In Abbildung 5.46 repräsentieren die Stationen Graz Universität, Graz Flughafen, Bad Radkersburg, Aigen im Ennstal und Zeltweg diesen Typus. Die geringste Anzahl von Nebeltagen weist dabei die Landeshauptstadt Graz mit rund 20 Tagen pro Jahr auf. Die lokal klimatische Sensibilität des Auf-

tretens von Nebel zeigt sich aber dadurch, dass am nur wenige Kilometer südlich gelegenen Beobachtungsstandort Graz Flughafen mit rund 110 Tagen die höchste Nebelhäufigkeit festzustellen ist. Der innerstädtische Wärmeinseleffekt im Kontrast zu landwirtschaftlich genutzten Flächen im Grazer Feld kann unter anderem eine Erklärung für diese Unterschiede geben. In Bad Radkersburg fallen im Jahr durchschnittlich etwa 50 Nebeltage an, in Aigen im Ennstal und Zeltweg sind es 85 bzw. 70 Tage. Auch in diesen Regionen ist zu beachten, dass regionale Unterschiede gegeben sind und beispielsweise im Raum Schladming im Oberen Ennstal bzw. in Murau allgemein weniger Nebeltage zu verzeichnen sind. Dafür verantwortlich sind Geländeformen und damit verbundene unterschiedliche Lüftungsbedingungen entlang eines Tales.

Der Jahresgang der Anzahl von Nebeltagen an Beobachtungsstandorten in mittleren Höhenlagen sowie im Hochgebirge ist in Abbildung 5.47 dargestellt. Dabei zeigt sich an den Standorten Fischbach und Ramsau am Dach-

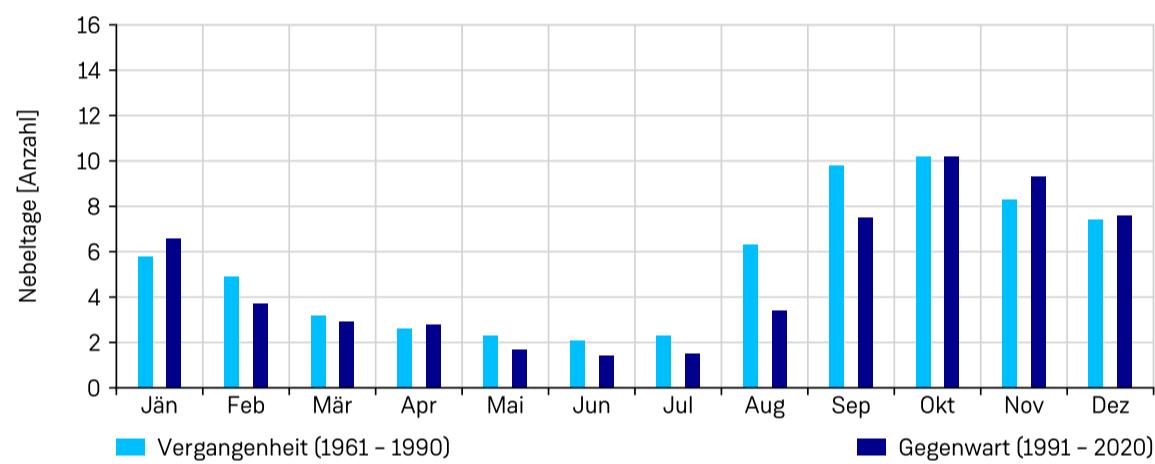


Abbildung 5.48: Mittlere monatliche Anzahl der Nebeltage für die Vergangenheit (1961 – 1990) und Gegenwart (1991 – 2020) an der Station Mürzzuschlag.

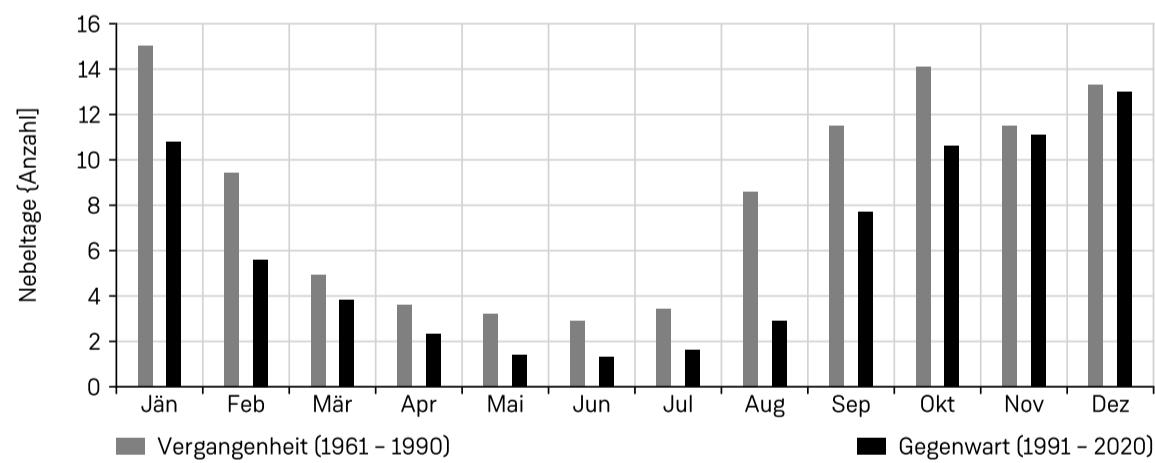


Abbildung 5.49: Mittlere monatliche Anzahl der Nebeltage für die Vergangenheit (1961 – 1990) und Gegenwart (1991 – 2020) an der Station Zeltweg.

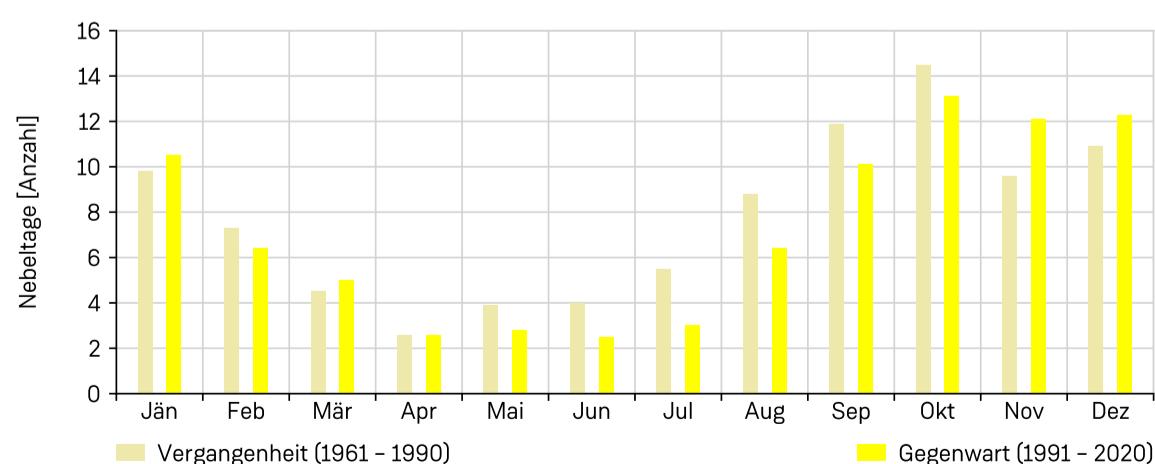


Abbildung 5.50: Mittlere monatliche Anzahl der Nebeltage für die Vergangenheit (1961 – 1990) und Gegenwart (1991 – 2020) an der Station Aigen im Ennstal.

stein, ähnlich wie an den Talstationen, ein herbstliches Maximum. Insgesamt sind aber deutlich weniger Nebeltage zu verzeichnen, da die Beobachtungen an recht günstigen Lagen oberhalb von Talinversionen durchgeführt werden. Im Hochgebirge kommt schließlich die schon beschriebene Bergnebel-Thematik zum Tragen. Das Maximum der Nebelbeobachtungen verschiebt sich konvektionsbedingt in die Sommermonate, sowohl die Villacher Alpe als auch der Sonnblick erreichen ein Maximum von rund 25 Tagen pro Monat. In der Steiermark gibt es keine langjährigen Beobachtungen im Hochgebirge mehr, die Beobachtungen an den Stationen in den Nachbarbundesländern lassen sich aber jedenfalls für die Steiermark übernehmen.

An einigen Standorten in der Steiermark werden bereits seit über 60 Jahren Bewölkungs- und Nebelbeobachtungen durchgeführt. Ein Vergleich der durchschnittlichen Anzahl der Nebeltage in der Vergangenheit (Klimanormalperiode 1961 – 1990) mit der Gegenwart (1991 – 2020) wird an ausgewählten Standorten in

den Abbildungen 5.48 – 5.53 gezeigt. Tendenziell ist dabei an allen Standorten zumindest ein leichter Rückgang der Nebeltage zu beobachten, besonders stark ausgeprägt ist der Rückgang in allen Monaten an den Stationen Gleisdorf und Graz Universität erkennbar.

5.4.3 Tagesgang des Nebels

Schon im Kapitel 5.3 „Bewölkung“ konnte der Tagesgang aufgrund eingeschränkter Beobachtungsdaten an nur wenigen Standorten diskutiert werden. Dementsprechend werden auch Nebelbeobachtungen nur an den Standorten Aigen im Ennstal, Graz Flughafen und Zeltweg in 3-stündigen Zeitschritten durchgeführt. Die Abbildungen 5.54 – 5.56 zeigen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Nebel bzw. Bodennebel an diesen Standorten in Abhängigkeit von der Tages- und Jahreszeit. Der Tagesgang von Nebel steht in engem Zusammenhang mit dem Tagesgang der relativen Feuchte. Bei Strahlungsnebel mit Bodeninver-

sion, wie er für die Talböden des Vorlandes und die inneralpinen Talbecken der Steiermark typisch ist, tritt das Maximum zum Zeitpunkt des Temperaturminimums, also rund um den Sonnenaufgang auf. In den Monaten des Winterhalbjahres ist die größte Wahrscheinlichkeit somit zwischen 03:00 UTC (koordinierte Weltzeit) und 06:00 UTC (zwischen 04:00 Uhr und 07:00 Uhr MEZ) gegeben. Die Werte schwanken in diesem Zeitraum zwischen rund 40% und 55%, mit den höchsten Werten im Oktober am Grazer Flughafen. Die im Kernwinter wieder zurückgehende Nebelwahrscheinlichkeit liegt an der allgemein etwas geringeren absoluten Feuchte der Luftmassen als im Herbst, besonders bei Hochdruckgebieten mit nordöstlicher Anströmung. In der warmen Jahreshälfte ereignet sich der Sonnenaufgang deutlich früher. Neben den generell geringeren Wahrscheinlichkeiten für Frühnebel trifft das Maximum bereits um 03:00 UTC (04:00 Uhr MEZ) auf, da die Abtrocknung, bedingt durch die Sonneneinstrahlung, die Nebelschwaden bis 06:00 UTC (07:00 Uhr MEZ)

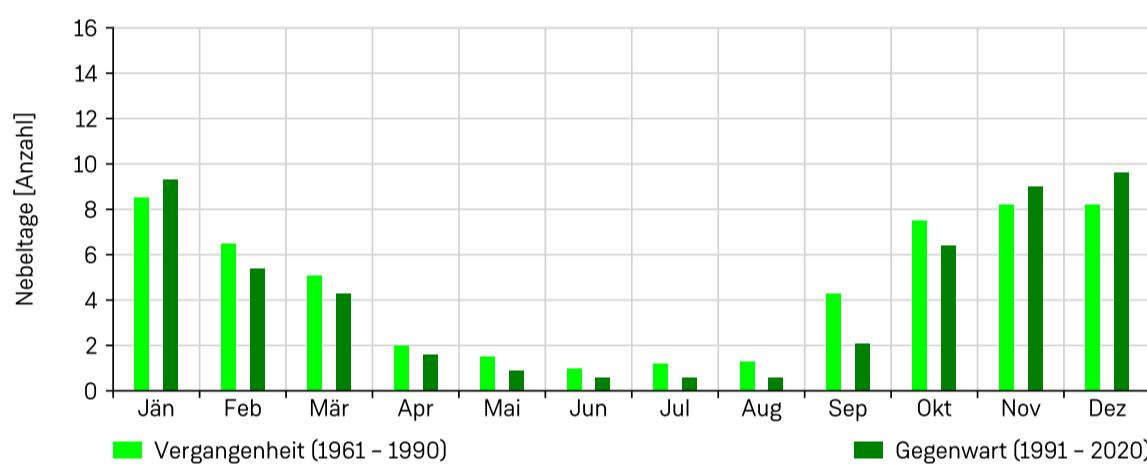


Abbildung 5.51: Mittlere monatliche Anzahl der Nebeltage für die Vergangenheit (1961 – 1990) und Gegenwart (1991 – 2020) an der Station Deutschlandsberg.

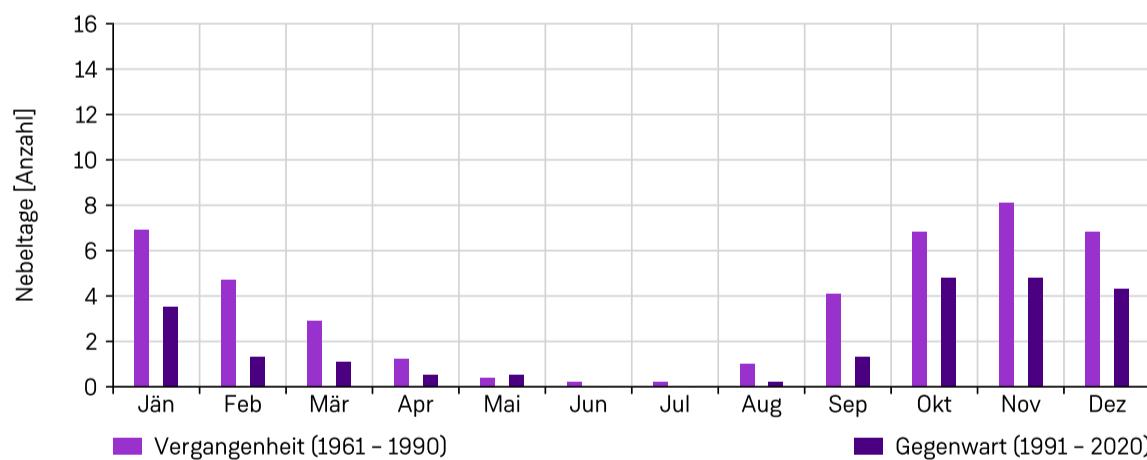


Abbildung 5.52: Mittlere monatliche Anzahl der Nebeltage für die Vergangenheit (1961 – 1990) und Gegenwart (1991 – 2020) an der Station Gleisdorf.

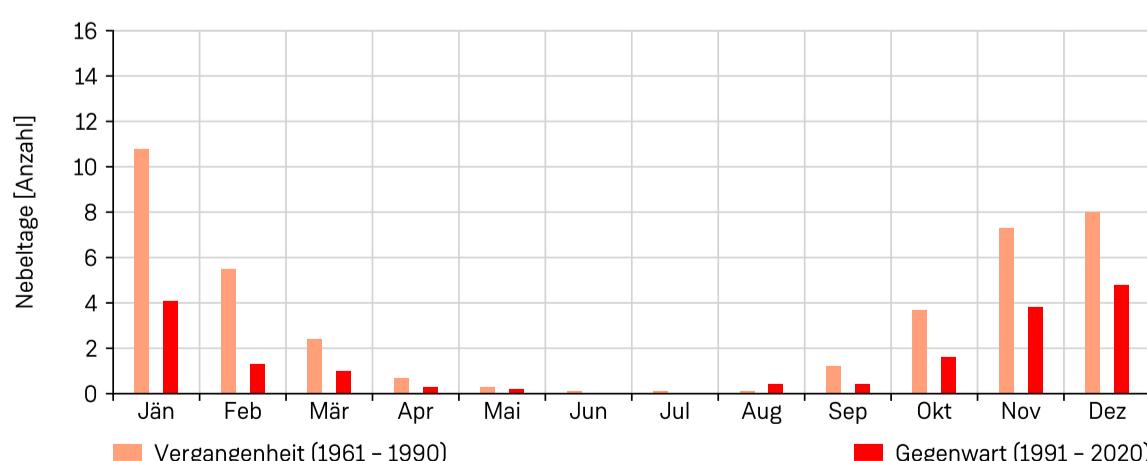


Abbildung 5.53: Mittlere monatliche Anzahl der Nebeltage für die Vergangenheit (1961 – 1990) und Gegenwart (1991 – 2020) an der Station Graz Universität.

schon oft auflösen kann. Ganztägig anhaltender Bodennebel ist in der Steiermark eher die Ausnahme und wenn, dann nur auf das Winterhalbjahr beschränkt. An der Station Aigen

im Ennstal gibt es in den Sommermonaten zumindest einzelne Tage, an denen auch tagsüber Bodennebel verzeichnet werden konnte, an den Stationen Zeltweg und Graz Flughafen

gibt es zwischen 09:00 UTC und 18:00 UTC (10:00 Uhr bis 19:00 Uhr MEZ) von Mai bis September de facto keine Nebelbeobachtungen.

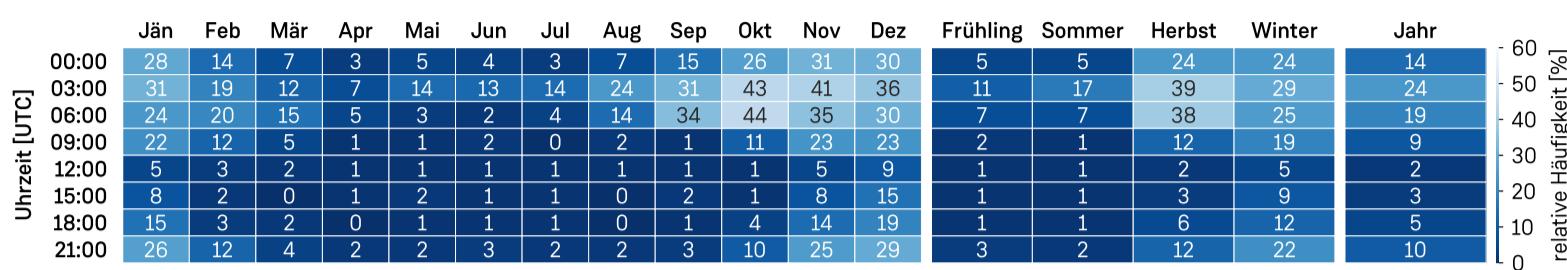


Abbildung 5.54: Mittlerer Jahres- und Tagesgang der Nebelwahrscheinlichkeit in Prozent für die Station Aigen im Ennstal für die Gegenwart (1991 – 2020).

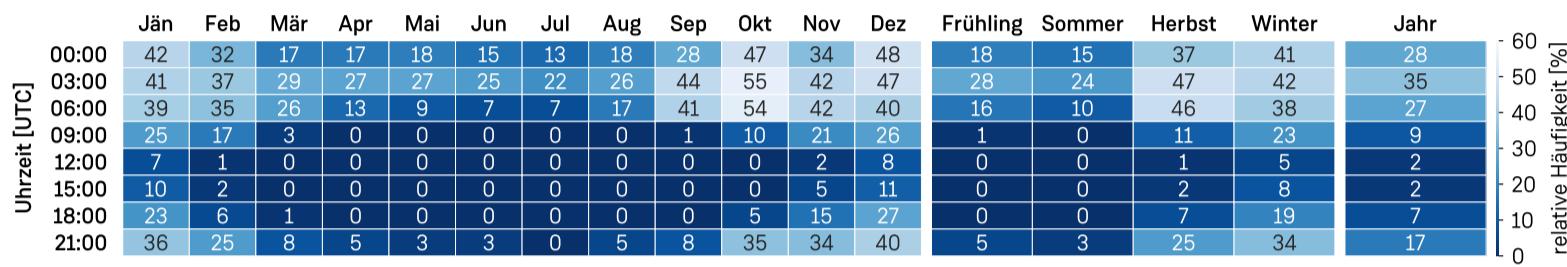


Abbildung 5.55: Mittlerer Jahres- und Tagesgang der Nebelwahrscheinlichkeit in Prozent für die Station Graz Flughafen für die Gegenwart (1991 – 2020).

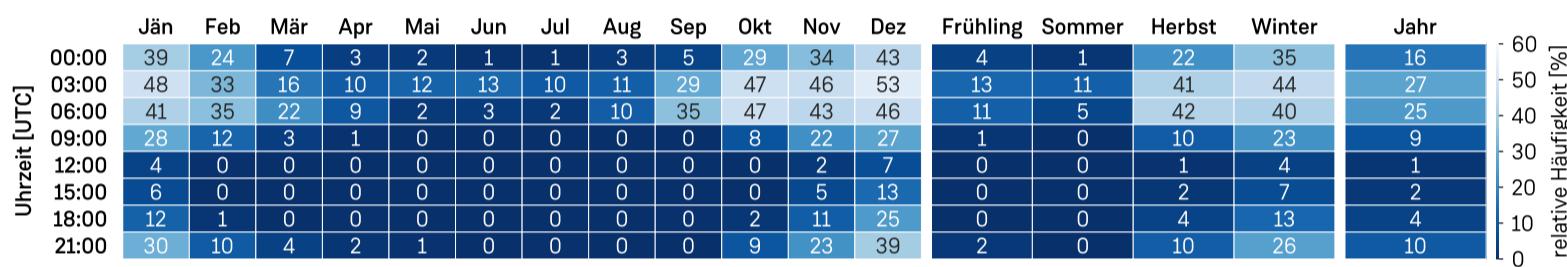


Abbildung 5.56: Mittlerer Jahres- und Tagesgang der Nebelwahrscheinlichkeit in Prozent für die Station Zeltweg für die Gegenwart (1991 – 2020).

Literatur

- Auer, I., 2001. Klima von Vorarlberg. 1: Lufttemperatur, Bodentemperatur, Wassertemperatur, Luftfeuchte, Bewölkung, Nebel. Amt der Vorarlberger Landesregierung, Bregenz.
- Chimani, B., Auer, I., 2016. CC-IMPATY: Climate Change impact on humidity (Projektbericht (wissenschaftlicher Teil)). Klima- und Energiefonds, Wien.
- IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Lazar, R., Podesser, A., 1999. An urban climate analysis of Graz and its significance for urban planning in the tributary valleys east of Graz (Austria). Atmospheric Environment 33, 4195–4209. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00162-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00162-4)
- Liljequist, G.H., Cehak, K., Liljequist, G.H., 1994. Allgemeine Meteorologie: mit 24 Tabellen, 3. überarb. u. erw. Aufl., 3. Nachdr. ed. Vieweg, Braunschweig.
- Mühr, B., n.d. Der Karlsruher Wolkenatlas [WWW Document]. Der Karlsruher Wolkenatlas. URL www.wolkenatlas.de (zugegriffen am 27.06.2024).
- Podesser, A., Wölfelmaier, F., 2012. Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Nebel. H. Pilger, A. Podesser, F. Prettenthaler (Hrsg.), Klimaatlas Steiermark: Periode 1971 - 2000; eine anwenderorientierte Klimatographie (2. überarb. Aufl., Studien zum Klimawandel in Österreich, 46 S.), Verl. der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Wakonigg, H., 1978. Witterung und Klima in der Steiermark, Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz. Verl. für d. Technische Univ. Graz.
- Wallace, J.M., Hobbs, P.V., 2006. Atmospheric science: an introductory survey, 2nd ed., International geophysics series. Academic press, Amsterdam, Paris.
- Wanner, H., 1979. Zur Bildung, Verteilung und Vorhersage winterlicher Nebel im Querschnitt Jura-Alpen. Geographica Bernensia, CH.
- Weber, O., 1975. Nebel/Sichtweiten (No. 50), Kommissionsbericht französischer, deutscher und schweizerischer Straßenfachorgane. Arbeitsber. der Schw. Met. Anstalt, Zürich.