

Phyton (Austria)	Vol. 29	Fasc. 3 Sonderband „Zillertal“	(49)–(61)	21. 11. 1989
------------------	---------	--------------------------------------	-----------	--------------

Die vertikale Temperaturstruktur der Atmosphäre im Zillertal

Von

August KAISER *)

Mit 8 Figuren

Eingelangt am 26. Mai 1989

Key words: Vertical temperature structure, inversion.

Summary

KAISER A. 1989. The vertical temperature structure of the atmosphere in the Ziller-Valley/Tyrol. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Special issue “Zillertal”): (49)–(61), 8 figures. – German with English summary.

Following general considerations concerning thermodynamics of the atmosphere and the theory of transport and diffusion of air pollutants, an analysis of temperature data, measured on a slope of the Ziller-valley from floor (600 m NN) up to crest height (2133 m NN), is given. Comparison of the slope measurements with surrounding meteorological stations is possible only for the valley floor and the mountain tops and shows good agreement for the stations at the valley floor, but not so for the stations at the mountain summits because of the different heights of the stations and because of affections by the environment. The vertical temperature structure is analyzed by monthly mean temperatures: Below a height of 1500 m NN, the vertical temperature structure shows a strong variation by season and by day-time: During spring and during the early afternoon at all seasons the lapse rate is most unstable, during autumn and during the early morning at all seasons the lapse rate is most stable. Above 1500 m NN, the annual and daily variations are comparatively small, mean temperatures generally decreasing with height.

Zusammenfassung

KAISER A: 1989. Die vertikale Temperaturstruktur der Atmosphäre im Zillertal. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (49)–(61), mit 8 Figuren. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Nach einer kurzen Einführung in die Thermik der Atmosphäre und in die Theorie der Ausbreitung von Luftbeimengungen werden die Temperaturdaten, wie

*) Dr. August KAISER, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 38, A-1190 Wien (Austria).

sie von den Meßstellen am Hang des Schwendbergs (Zillertal) erfaßt werden, analysiert. Ein Vergleich mit den amtlichen Klimastationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zeigt gute Übereinstimmung für die Talstationen. Die für die Gipfelstationen festgestellten Temperaturunterschiede sind zum Teil auf die verschiedene Höhenlage der Stationen, zum Teil auch auf Beeinflussung der Messung durch die Umgebung zurückzuführen. Die vertikale Temperaturstruktur der Talatmosphäre wurde anhand von Monatsmittelwerten der Lufttemperatur untersucht: Sie ändert sich unterhalb von 1500 m NN stark mit der Tages- und Jahreszeit. Im Frühjahr und während der Mittags- und frühen Nachmittagsstunden ist die Atmosphäre am labilsten, im Herbst und während der frühen Morgenstunden am stabilsten geschichtet. Oberhalb von 1500 m NN ändert sich die vertikale Temperaturstruktur nur wenig mit der Jahres- und Tageszeit. Im Mittel nimmt die Temperatur immer mit der Höhe ab.

1. Einleitung

Neben der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit bestimmt die vertikale Temperaturstruktur der Atmosphäre die Ausbreitung von Luftbeimengungen. Eine besonders wichtige Rolle spielen dabei Inversionen, da diese den vertikalen Austausch weitgehend unterbinden können (siehe dazu VERGEINER & al. 1978 und WHITEMAN & MCKEE 1977). Besonders häufig treten Inversionen in Tal- und Beckenlagen und dort wiederum bevorzugt in bestimmten Höhenbereichen auf (MACHALEK 1974, WHITEMAN 1980, KAISER 1984).

Nach einer kurzen Erläuterung meteorologischer Fachausdrücke und einer Einführung in die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre wird eine Analyse der vertikalen Temperaturstruktur der Talatmosphäre, wie sie von den Hangstationen des Höhenprofils Zillertal erfaßt wird, gegeben.

2. Allgemeine Bemerkungen zur Thermik der Atmosphäre und zur Ausbreitung von Luftbeimengungen

Wird Luft angehoben, so kühlt sie sich infolge ihrer Expansion (der Luftdruck nimmt mit der Höhe ab) um ca. 1°C pro 100 m ab. Anders betrachtet: Nimmt in der Atmosphäre die Temperatur um 1°C pro 100 m ab, so setzt sie Vertikalbewegungen keinen Widerstand entgegen, man spricht von neutraler Schichtung. Nimmt die Temperatur um mehr als 1°C pro 100 m ab, so liegt relativ dichtere Luft oberhalb relativ weniger dichter Luft, die Schichtung ist daher labil. Folgen von labiler Schichtung sind starke Vertikalbewegungen, die letztlich wieder zu neutraler Schichtung führen. Über längere Zeit hindurch ist daher eine Temperaturabnahme von mehr als 1°C pro 100 m physikalisch nicht möglich. Nimmt die Temperatur nur um weniger als 1°C pro 100 m ab, so setzt die Atmosphäre Vertikalbewegungen einen Widerstand entgegen, der umso größer ist, je geringer die Temperaturabnahme mit der Höhe ist – man spricht von stabiler Schich-

tung. Ein Sonderfall der stabilen Schichtung sind Inversionen, also Luftschichten, in denen die Temperatur mit der Höhe zunimmt.

Werden Schadstoffe in die Atmosphäre emittiert, unterliegen sie erstens der Translation: Infolge ihres thermischen Auftriebs (wenn die Abluft wärmer ist als die Umgebungsluft) oder infolge ihres mechanischen Impulses (wenn die Abluft nach oben ausgeblasen wird) zunächst – je nach Windgeschwindigkeit und thermischer Vertikalstruktur der Umgebungsluft – vertikal nach oben und dann infolge des Windes horizontal von der Quelle weg. Die Höhe, in der sich eine Abgasfahne ausbreitet, ist also größer als die Bauhöhe eines Schornsteins und wird effektive Quellhöhe genannt (siehe dazu Abb. 1).

Zweitens unterliegen Luftschadstoffe der Diffusion: Infolge der thermischen Turbulenz, die von der vertikalen Temperaturstruktur der Atmosphäre abhängt, und infolge der mechanischen Turbulenz, die von der vertikalen Änderung des Windes und der Verwirbelung der Strömung an Hindernissen abhängt, werden die Schadstoffe auf ein größeres Luftvolumen verteilt, also verdünnt. Im Vergleich zur turbulenten Diffusion ist die molekulare Diffusion in der Atmosphäre vernachlässigbar klein. Aufgrund der Diffusion nimmt die Konzentration der Schadstoffe von der Mitte der

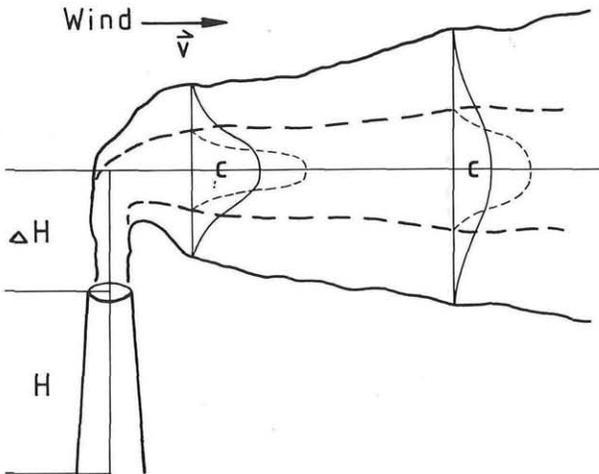


Abb 1. Ausbreitung einer Abgasfahne (Schematische Darstellung). Ausgezogene Linien = labile Schichtung, strichliert = stabile Schichtung. H = Schornsteinhöhe; ΔH = Schornsteinüberhöhung ($H + \Delta H$ = effektive Quellhöhe); c = Schadstoffkonzentration.

Fig. 1: Distribution of an emission-trail (schematic). Solid line = unstable lapse rate, hatched line = stable lapse rate. H = height of the smoke-stack; Δh = superelevation; $H + \Delta H$ = effective height of the source of emissions; c = concentration of the pollutants.

Abgasfahne, der sogenannten Abgasfahnenachse, zu ihrem Rand hin ab, sodaß die Schadstoffverteilung in einer Abgasfahne unter bestimmten Voraussetzungen als Gaußsche Normalverteilung beschrieben werden kann. Ist die Turbulenz gering, also die Schichtung stabil, so ist die Schadstoffkonzentration im Zentrum der Abgasfahne relativ hoch, sie fällt aber rasch zu ihren Rändern hin ab. Eine besondere Rolle spielen hier die Inversionen; sie unterbinden vertikale Luftbewegungen und damit die Turbulenz weitgehend; im Bereich von Inversionen bzw. unterhalb von Inversionen kann es – wenn „geeignete“ Emittenten vorhanden sind – daher zur Anreicherung von Schadstoffen kommen. Ist die Turbulenz groß, also die Schichtung labil, so ist die Schadstoffkonzentration in der Abgasfahnenachse relativ gering, ihre Abnahme zu den Rändern hin erfolgt aber langsam, die Schadstoffe sind also auf ein größeres Luftvolumen verteilt (siehe Abb. 1).

Die Höhe, in der sich eine Abgasfahne ausbreitet, hängt also im wesentlichen nur von der effektiven Quellhöhe – also der Schornsteinhöhe und dem Auftrieb der Abgasfahne – ab. Hingegen hängt die Schadstoffkonzentration von der Turbulenz ab und damit von der Vertikalstruktur der Atmosphäre und – in einer bestimmten fixen Entfernung vom Emittenten – von der Windgeschwindigkeit, somit also von der Zeitspanne, während der die Schadstoffe diffundieren können, bis sie infolge der Translation beim Beobachtungsort eintreffen.

Infolge von Emissionen aus verschiedenartigen, im Zillertal selbst befindlichen Quellen (Verkehr, Hausbrand, Gewerbe), sowie großräumigen Schadstofftransporten (z. B. aus dem Inntal), ist die Immissionssituation im Untersuchungsgebiet von einer Vielzahl von Parametern abhängig. Rückschlüsse über die Schadstoffkonzentration oder über besonders belastete Gebiete können daher nur gezogen werden, wenn – neben den meteorologischen Verhältnissen – auch die lokale Emissionssituation und großräumige Schadstofftransporte bekannt sind. Eine derart umfangreiche Studie war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

3. Datenmaterial und Methodik

3.1 Stationsbeschreibung

Die vertikale Temperaturschichtung im Zillertal wurde anhand der Hangstationen des Höhenprofils Zillertal analysiert. Im Folgenden wird die Lage der Stationen kurz beschrieben.

Christlboden: Seehöhe: 600 m, Meßgerät: Thermohygrograph (THG). Talboden, ebene Wiese, unmittelbar westlich der Ziller (zwischen den Ortschaften Ramsau und Hippach).

Ramsau: Seehöhe: 600 m, Meßgerät: Widerstandsthermometer (PT 100). Talboden, ebene Wiese am östlichen Ortsrand der Ortschaft Ramsau neben dem Parkplatz des Ramsberg-Sessellifts.

Beide Stationen beschreiben die Verhältnisse am Talboden. Die Station Christlboden wurde im Dezember 1986 eingestellt, sodaß ab diesem Zeitpunkt die Verhältnisse am Talboden durch die Station Ramsau alleine erfaßt werden.

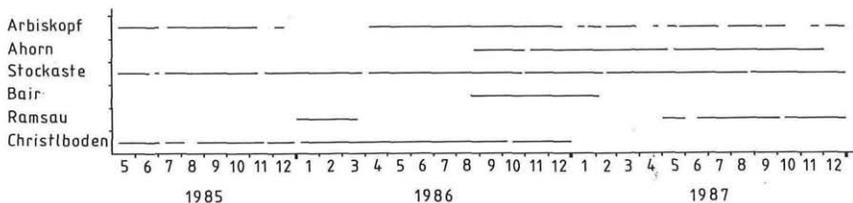


Abb. 2: Beobachtungsperioden der Stationen des Höhenprofils Zillertal

Fig. 2: Observation periods of the meteorological stations „Zillertal“.

Bair: Seehöhe: 850 m, Meßgerät: THG; steile, nach Osten hin abfallende Wiese.
 Stockkaste (früher auch Hubenstock genannt): Seehöhe: 1560 m, Meßgerät: PT 100; steile, nach Süden (in Richtung des Sidanbach-Tals) hin abfallende Almwiese.
 Arbiskopf: Seehöhe: 2133 m, Meßgerät: THG; Nebengipfel, der einem von Nordwesten vom Kreuzjoch nach Südosten verlaufenden Bergkamm vorgelagert ist.

Alle hier angeführten Hangstationen befinden sich am Schwendberg, also am Westrand des Zillertals, im Bereich der Zillertal-Höhenstraße.

Ahorn: Seehöhe: 1950 m, Meßgerät: PT 100; auf der gegenüberliegenden – also östlichen – Talseite nahe der Bergstation der Filzenalm-Seilbahn am Nordwesthang der 2973 m hohen Ahornspitze.

3.2 Meßzeiträume

Der Abbildung 2 kann eine Übersicht der Zeiträume, während der Temperaturdaten für die oben angeführten Stationen vorliegen, entnommen werden. Gegenstand dieser Arbeit ist die Meßperiode ab Jänner 1986.

3.3 Methodik

Strenggenommen lassen sich aus Hangstationen lediglich Temperaturunterschiede zwischen den jeweiligen Stationen bestimmen. Abgesehen von Meßgenauigkeiten (siehe unten) entsprechen diese Temperaturunterschiede nur dann der Vertikalstruktur der freien Atmosphäre, wenn der vertikale Temperaturverlauf zwischen je zwei Stationen linear ist. Andernfalls kann z. B. eine dünne, aber sehr intensive Inversion denselben Temperaturunterschied zwischen zwei Meßstellen bewirken wie eine mächtige, aber nur wenig intensive Inversion.

Zudem sind Hangstationen – auch bei überlegter Standortauswahl – praktisch immer vom Hang selbst beeinflusst, ihre Temperatur weicht also von der Temperatur der freien Atmosphäre mehr oder weniger stark ab (im allgemeinen sind Hangstationen tagsüber wärmer und nachts kälter als die freie Atmosphäre). Was die Meßgenauigkeit betrifft, liegt sie auch bei guter Wartung der Meßgeräte bei Thermographen bei rund einem halben Grad, die der PT 100-Geräte ist etwas besser.

Bedenkt man, daß sich bei einem vertikalen Temperaturgradienten von 1°C pro 100 m entscheidet, ob die vertikale Schichtung der Atmosphäre labil oder stabil ist, so wird klar, daß aufgrund der Meßgenauigkeit und der Beeinflussung vom Hang her Hangstationen nur einen groben Hinweis auf die Vertikalstruktur der Atmosphäre geben können. Je geringer die Höhendifferenz zwischen zwei Stationen ist, umso störender müssen sich Meßfehler und Beeinflussung durch die Umgebung bemerkbar

machen. Zu große Höhendifferenzen andererseits ermöglichen keine Aussagen über die „Feinstruktur“ der Atmosphäre mehr.

Die folgende Analyse beruht daher im wesentlichen auf Monatsmittelwerten der Lufttemperatur. Jedenfalls die nichtsystematischen Fehler (z. B. Unregelmäßigkeiten der Meßgenauigkeit, Ungenauigkeiten und Fehler bei der Auswertung) kompensieren sich zum Teil über einen längeren Zeitraum hinweg. Aufgrund der teilweise geringen Höhenunterschiede der Meßstellen und aufgrund der derzeit noch nicht ausgewerteten Vergleichsmessungen in der freien Atmosphäre über dem Tal erscheint eine Analyse von Einzelfällen derzeit nicht sinnvoll.

4 Ergebnisse der Diskussion

4.1 Beurteilung der Temperaturdaten

Anhand der amtlichen Klimastationen Zell/Ziller (Seehöhe: 595 m) und Patscherkofel (Seehöhe: 2247 m) können die Meßdaten des Höhenprofils Zillertal im Bereich des Talbodens (Meßstellen Christlboden und Ramsau) und im Bereich der Gipfelstationen (Meßstellen Arbiskopf und Ahorn) auf ihre Plausibilität überprüft werden. Da die Klimamessungen nur 3 Mal pro Tag (jeweils um 7.00, 13.00 und 19.00 Uhr) durchgeführt werden, die Messungen am Höhenprofil Zillertal hingegen kontinuierliche Registrierungen sind, sowie aufgrund der horizontalen Entfernung der Stationen zueinander (die Klimastation Patscherkofel ist rund 27 km vom Höhenprofil Zillertal entfernt), ist jedoch von vornherein keine völlige Übereinstimmung zu erwarten.

In Tabelle 1 sind die Monatsmitteltemperaturen für die genannten Meßstellen zusammengestellt. Lagen an einer bestimmten Station in einem bestimmten Monat weniger als 50% der Daten vor, so wurde von einer Berechnung des entsprechenden Monatsmittels abgesehen. Monatsmittelwerte, die auf weniger als $\frac{1}{2}$ der Daten eines Monats beruhen, wurden zwar in Tabelle 1 aufgenommen, sind aber nur beschränkt aussagekräftig und wurden daher in Klammer gesetzt.

Gemäß Tabelle 1 stimmen die Monatsmitteltemperaturen an der Meßstelle Christlboden gut mit jenen in Zell/Ziller überein. Lediglich in den Monaten September, Oktober und November 1986 beträgt die Temperaturdifferenz rund 1°C im Monatsmittel. Nicht ganz so gut ist die Übereinstimmung mit der Meßstelle Ramsau: hier liegen die Monatsmittelwerte durchwegs um rund 1°C , während der Monate Oktober und November 1987 sogar um $2,4^{\circ}\text{C}$ bzw. $1,5^{\circ}\text{C}$ über jenen von Zell/Ziller.

Auch im Vergleich zu Christlboden dürfte die Ramsau wärmer sein (im Februar 1986 sogar um $2,9^{\circ}\text{C}$, leider liegen gleichzeitige Messungen nur knapp 3 Monate lang vor, sodaß die Aussagekraft dieses Vergleichs nicht sehr groß ist).

Möglicherweise erklären sich die relativ hohen Temperaturen aus der Lage der Meßstelle Ramsau: Sie befindet sich im Nahbereich einiger Häuser

Tabelle 1 / Table 1

Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) an den Tal- und Gipfelstationen des Höhenprofils Zillertal sowie an nahegelegenen Klimastationen.
 Monthly mean values of air temperature (°C) at the valley and mountain stations from the altitude profile "Zillertal" and some closely situated stations.

Station	1986											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Christlboden	-2,8	-5,6	2,7	7,9	14,3	15,2	16,5	16,7	13,9	9,0	3,8	-1,5
Ramsau	-2,8	-2,7	(3,4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zell/Ziller	-	-	-	-	14,6	15,2	16,5	16,7	12,8	8,1	2,9	-2,2
Arbiskopf	-	-	-	-0,9	6,7	7,0	8,4	9,4	7,8	5,5	0,6(-0,1)	-
Ahorn	-	-	-	-	-	-	-	-	8,0	6,3	1,9	-4,2
Patscherkofel	-9,1	-11,6	-4,7	-3,8	4,8	5,4	7,2	7,6	5,9	3,5	-1,5	-5,8

Station	1987											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Christlboden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ramsau	-	-	-	-	10,3	15,4	18,7	16,8	16,2	11,6	3,7	-
Zell/Ziller	-7,5	-1,4	-1,2	8,1	9,1	14,0	17,7	15,7	14,9	9,2	2,2	-0,9
Arbiskopf	(-5,6)	-5,1	-8,6	-	1,0	5,3	(10,2)	7,8	6,8	-	-	1,7
Ahorn	-7,3	-0,4	-7,7	0,1	0,8	5,7	9,7	8,1	10,3	5,4	-1,9	-
Patscherkofel	-9,2	-5,8	-9,8	-1,8	-1,3	4,1	8,4	7,5	8,3	3,3	-3,2	-2,6

und asphaltierter Flächen, während die Meßstelle Christlboden nahe der Ziller auf einer völlig freien Wiese am tiefsten Punkt des Tales (im Querschnitt) liegt.

Weniger gut ist die Übereinstimmung bei den Gipfelstationen: So ist der Arbiskopf im allgemeinen im Monatsmittel um rund 1°C bis rund 2°C wärmer als der Patscherkofel; die größte Abweichung trat im April 1986 auf, als der Arbiskopf im Monatsmittel um 2,9°C wärmer war als der Patscherkofel. Die Höhendifferenz der beiden Meßstellen (rund 100 m) kann die Temperaturunterschiede nur zum Teil erklären (aufgrund der Höhendifferenz dürfte der Arbiskopf nur um rund 0,5°C bis maximal 1°C wärmer sein als der Patscherkofel).

Vergleicht man die Monatsmitteltemperaturen der Meßstelle Ahorn mit jenen vom Patscherkofel, so zeigt sich, daß die Meßstelle Ahorn im allgemeinen um 2°C wärmer ist als der Patscherkofel. Auch hier liegt der Grund für die Temperaturunterschiede zum Teil an der Höhendifferenz (rund 300 m) der beiden Meßstellen. Wie im Abschnitt 4.3 noch näher ausgeführt wird, sind die Temperaturunterschiede jedoch auch durch die lokale Umgebung bedingt.

4.2 Mittlere vertikale Temperaturschichtung

In den Abbildungen 3 und 4 wurden die für die Stationen des Höhenprofils Zillertal berechneten Monatsmitteltemperaturen in Abhängigkeit von der Höhe der Stationen graphisch dargestellt. Um die Kurven besser unterscheiden zu können, wurden die Monate Jänner bis August ausgezogen, die Monate September bis Dezember strichliert dargestellt. Für die Monate Jänner, Februar, März und Dezember 1987 liegen vom Höhenprofil Zillertal keine Daten für den Talboden (also Christlboden oder Ramsau) vor; für diese Monate wurden die Verhältnisse am Talboden durch die Werte der Klimastation Zell/Ziller charakterisiert; in Abb. 4 wurden die entsprechenden Kurven durch punktierte Linien gekennzeichnet.

Abbildung 3 zeigt für 1986 vom Jänner weg eine zunehmende Labilisierung der Talatmosphäre (d. h. die Temperatur nimmt von Monat zu Monat in verstärktem Maße mit der Höhe ab) bis zum April hin; ab April bleibt die vertikale Temperaturschichtung bis zum Juli im Monatsmittel nahezu unverändert, die Temperaturen nehmen der Jahreszeit gemäß weiter zu; von Juli auf August ist die Temperaturzunahme an den höhergelegenen Meßstellen deutlicher ausgeprägt als am Talboden, sodaß die vertikale Temperaturschichtung zunehmend stabiler wird (d. h. die Temperaturabnahme mit der Höhe wird kleiner); ab September nimmt im Monatsmittel die Temperatur vom Talboden bis zur Meßstelle Bair bereits zu (die Station Bair ist erst ab September 1986 in Betrieb), in den Monaten Oktober, November und Dezember ist auch die Meßstelle Stockkaste im Monatsmittel wärmer als der Talboden; der Monat Oktober zeigt die deutlichste Temperaturzunahme mit der Höhe.

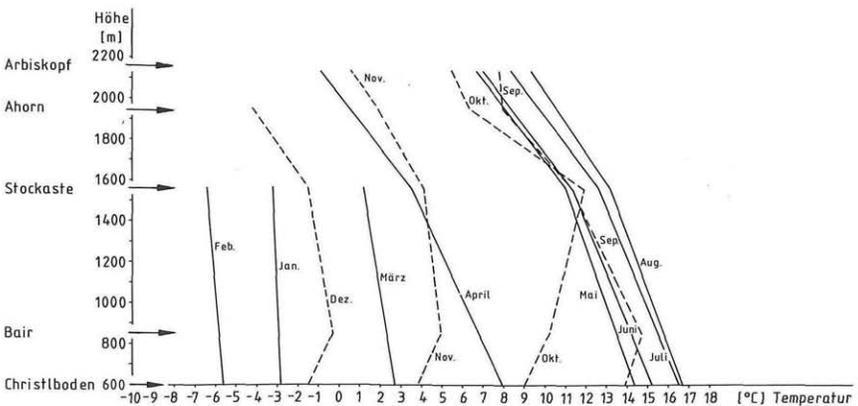


Abb. 3: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) in Abhängigkeit von der Höhe der Stationen (1986)

Fig. 3: Monthly mean values of air temperatures in dependence of the altitudinal position of the stations (1986)

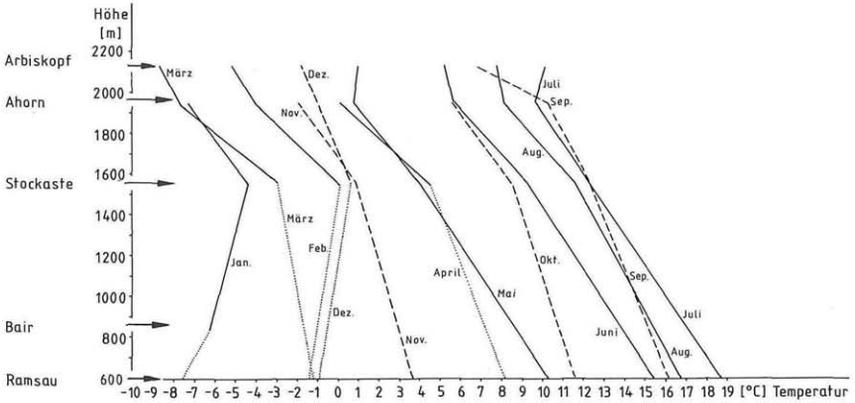


Abb. 4: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (°C) in Abhängigkeit von der Höhe der Stationen (1987)

Fig. 4: Monthly mean values of air temperature in dependence of the altitudinal position of the stations (1987)

Etwas anders sind die Verhältnisse im Jahr 1987 (Abb. 4): Hier zeigen auch die Monate Jänner und Februar eine Temperaturzunahme vom Talboden zur Stockaste (im Monatsmittel); ab März nimmt die Temperatur mit der Höhe ab (die stärkste Temperaturabnahme mit der Höhe tritt im Mai auf); ab August wird die vertikale Temperaturschichtung wieder stabiler (d. h. die Temperaturabnahme mit der Höhe wird kleiner), aber erst im

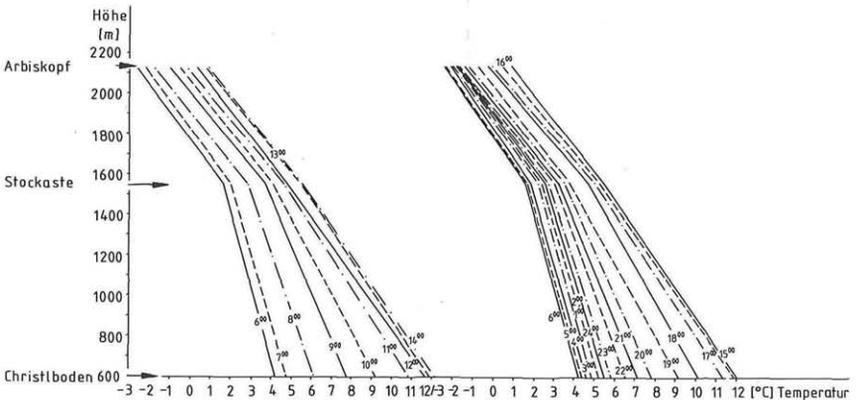


Abb. 5: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur (°C) in Abhängigkeit von der Höhe der Stationen (April 1986)

Fig. 5: Mean daily course of air temperature in dependence of the altitudinal position of the stations (April 1986)

Dezember nimmt die Temperatur vom Talboden zur Stockaste wieder zu. Die Unterschiede zum Jahr 1986 sind auf den unterschiedlichen Verlauf der Witterung in beiden Jahren zurückzuführen.

Insgesamt zeigen die Abbildungen 3 und 4 die für ein Alpental typischen und zu erwartenden Schichtungsverhältnisse: Im Frühjahr ist die Schichtung am labilsten; im Laufe des Sommers setzt Stabilisierung ein (d. h. die Temperaturabnahme mit der Höhe wird kleiner); üblicherweise ist die Schichtung im Herbst am stabilsten, im Lauf des Winters wird die Schichtung wieder labiler (d. h. die Temperaturzunahme mit der Höhe wird wieder kleiner bzw. eine Temperaturabnahme mit der Höhe wird größer). Den Abbildungen 3 und 4 kann man auch eine Zweiteilung der Talatmosphäre (in der Vertikalen) entnehmen: Unterhalb der Station Stockaste ändert sich die vertikale Temperaturschichtung von Monat zu Monat sehr stark, oberhalb der Stockaste nimmt die Temperatur im Monatsmittel immer ab und die vertikale Schichtung ändert sich von Monat zu Monat nur geringfügig; auffallend ist auch ein Knick in den Kurven, der von der Meßstelle Ahorn verursacht wird; offensichtlich ist die Meßstelle Ahorn im Vergleich zum übrigen Meßprofil im Mittel etwas zu kühl (siehe dazu auch Abschnitt 4.3).

4.3 Vertikale Temperaturschichtung im Tagesgang

In den Abbildungen 5 bis 8 wurde für ausgewählte Monate der mittlere Tagesgang der Temperatur in Abhängigkeit von der Höhe der Meßstellen graphisch dargestellt. Die Monate wurden einerseits nach der Jahreszeit und andererseits nach der Datendichte (also möglichst viele Meßstellen mit möglichst wenig Ausfällen) ausgewählt.

Im April 1986 (Abb. 5) nimmt im Mittel die Temperatur zu allen Tageszeiten mit zunehmender Höhe ab, unterhalb der Stockaste mit Ausnahme der Mittags- und frühen Nachmittagsstunden jedoch langsamer als darüber. Oberhalb der Stockaste und während der Mittags- und frühen Nachmittagsstunden im gesamten Höhenprofil wird nahezu der adiabatische Temperaturgradient (Temperaturabnahme von 1°C pro 100 m) erreicht.

Deutlich geringer als im Frühjahr ist die Temperaturabnahme mit der Höhe im Juli 1986 (Abb. 6), besonders unterhalb der Stockaste; während der frühen Morgenstunden herrscht zwischen Talboden und der Stockaste im Mittel nahezu Isothermie.

Auffallend an den Abbildungen 5 und 6 ist, daß auch tagsüber die Temperaturabnahme mit der Höhe im unteren Bereich der Talatmosphäre (also zwischen Talboden und Stockaste) geringer ist als darüber, obwohl man eigentlich das Gegenteil erwarten müßte: durch die starke Einstrahlung im Frühjahr und Sommer sollte tagsüber die Talatmosphäre im unteren Bereich labiler als im oberen Bereich sein. Offensichtlich ist die

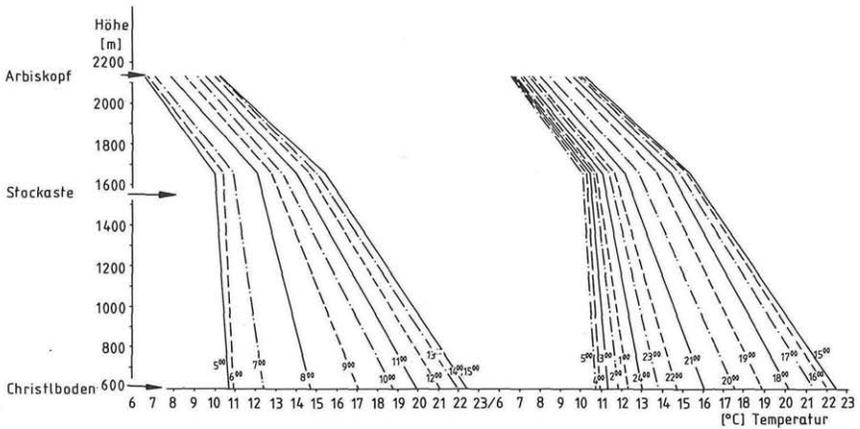


Abb. 6: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur (°C) in Abhängigkeit von der Höhe der Stationen (Juli 1986)

Fig. 6: Mean daily course of air temperature in dependence of the altitudinal position of the stations (July 1986)

Stockaste – sie befindet sich an einem steilen Südhang – vom Hang her beeinflusst und daher tagsüber etwas zu warm.

Im Oktober 1986 (Abb. 7) zeigen die Nachtstunden eine deutliche Temperaturzunahme vom Talboden bis zur Stockaste; im Laufe der Morgen- und Vormittagsstunden erwärmt sich der Talboden wesentlich stärker als die höhergelegenen Meßstellen, sodaß im Mittel ab 11.00 Uhr die Tempe-

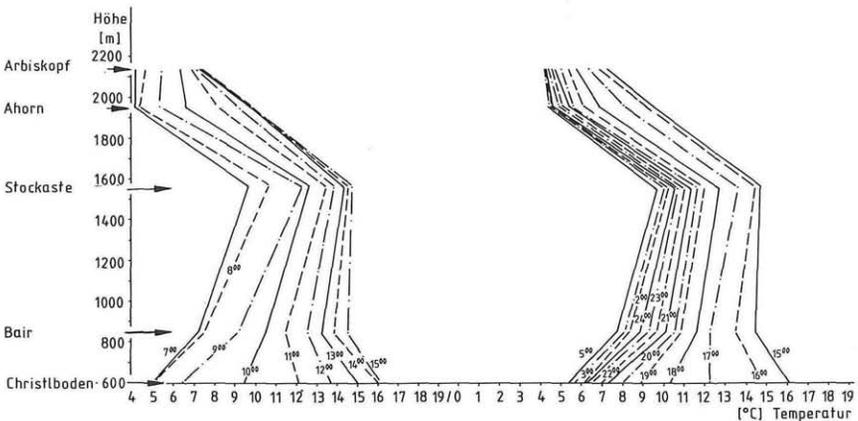


Abb. 7: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur (°C) in Abhängigkeit von der Höhe der Stationen (Oktober 1986)

Fig. 7: Mean daily course of air temperature in dependence of the altitudinal position of the stations (October 1986)

(60)

ratur vom Talboden bis zur Meßstelle Bair abnimmt, während sie von der Meßstelle Bair bis zur Stockkaste den ganzen Tag hindurch im Mittel noch zunimmt. Nach 15.00 Uhr setzt im Mittel wieder Abkühlung ein, die am Talboden wieder besonders stark ist, sodaß ab 17.00 Uhr im Mittel die Temperatur auch zwischen dem Talboden und der Meßstelle Bair wieder mit der Höhe zunimmt.

Oberhalb der Stockkaste nimmt die Temperatur den ganzen Tag hindurch ziemlich gleichmäßig mit der Höhe ab. Auffallend sind hier wieder die „Zacken“ in den Kurven, die durch die Meßstelle Ahorn verursacht sind (besonders während der Nacht- und Vormittagsstunden); Ursache hiefür dürfte die Lage der Meßstelle Ahorn sein. Sie befindet sich an einem Nordwesthang; während der Nachtstunden ist sie offensichtlich durch den Hangabwind – also hangabwärts strömende, relativ kalte Luft – beeinflusst (im Gegensatz zur völlig frei auf einem Gipfel stehenden Meßstelle Arbiskopf). Während der Morgenstunden, wenn der Arbiskopf bereits besonnt, der Nordwesthang der Ahornspitze aber noch beschattet ist, weist die Meßstelle Ahorn im Mittel sogar niedrigere Temperaturen auf als der höhergelegene Arbiskopf (8.00 Uhr und 9.00 Uhr). Diese Temperaturzunahme mit der Höhe hat sicher nichts mit einer Inversion zu tun, sondern ist auf die unterschiedliche Lage der beiden Meßstellen zurückzuführen. (Zudem wird durch diesen Effekt zwischen Stockkaste und Ahorn während der Vormittagsstunden ein überadiabatischer Temperaturgradient vorge-täuscht, was – im Monatsmittel! – physikalisch unmöglich ist.) Nachmittags, wenn auch die Meßstelle Ahorn besonnt wird, ist das vertikale Temperaturprofil hingegen recht homogen.

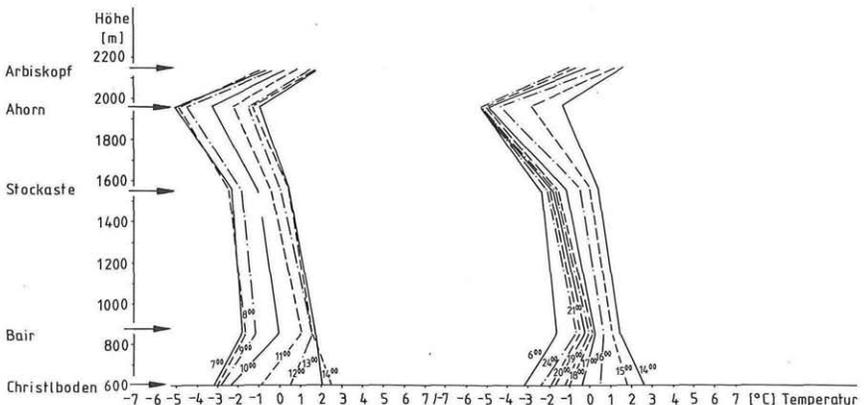


Abb. 8: Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur (°C) in Abhängigkeit von der Höhe der Stationen (Dezember 1986)

Fig. 8: Mean daily course of air temperature in dependence of the altitudinal position of the stations (December 1986)

Weniger stabil als im Oktober war im Monatsmittel die vertikale Temperaturschichtung im Dezember 1986 (Abb. 8): Bis 11.00 Uhr ist im Mittel die Stockaste wärmer als der Talboden, am wärmsten jedoch ist während der Nacht- und Morgenstunden die Meßstelle Bair. Zwischen 13.00 Uhr und 15.00 Uhr nimmt die Temperatur im ganzen Talbereich im Mittel mit der Höhe ab. Ab 16.00 Uhr ist die Meßstelle Bair und ab 21.00 Uhr auch die Stockaste wieder wärmer als der Talboden. Sehr deutlich tritt die im Vergleich zum schwendbergseitig gelegenen Meßprofil zu niedrige Temperatur an der Meßstelle Ahorn zutage. Infolge von Geräteausfällen (siehe Abb. 1) sind die Mitteltemperaturen am Arbiskopf nur beschränkt aussagekräftig.

Grundsätzlich zeigen die Abbildungen 5 bis 8 die Abnahme des Tagesgangs der Temperatur mit der Höhe; als Folge davon ändert sich die vertikale Temperaturschichtung besonders unterhalb der Stockaste im Tagesverlauf recht deutlich: nachts stabile Schichtung bzw. Temperaturzunahme mit der Höhe, tagsüber relativ labile Schichtung und – von den untersuchten Monaten mit Ausnahme des Oktobers – Temperaturabnahme mit der Höhe. Sie zeigen auch den Inversionsauf- und -abbau: Beide Prozesse beginnen vom Talboden aus; im Oktober 1986 bleibt im Monatsmittel zwischen Bair und Stockaste ganztags ein Rest der Inversion erhalten.

Oberhalb der Stockaste nimmt die Temperatur im Mittel mit der Höhe ab, Inversionen sind daher im wesentlichen auf den Höhenbereich unterhalb der Stockaste beschränkt.

Literatur

- KAISER A. 1984. Inversionen in der bodennahen Atmosphäre über Klagenfurt. – Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Publ. Nr. 283, Heft 59.
- MACHALEK A. 1974. Inversionsuntersuchungen in einem Gebirgstal. – Wetter und Leben 26: 157–168.
- VERGEINER I., DREISEITL E., FEICHTER H. & PÜMPPEL H. 1978. Inversionslagen in Innsbruck. – Wetter und Leben 30: 69–87.
- WHITEMAN C. D. & MCKEE Th. B. 1977. Air Pollution implications of inversion descent in mountain valleys. – Nat. Sci. Found., ATM 76–84405.
- WHITEMAN C. D. 1980. Breakup of temperature inversions in Colorado mountain valleys. – Dept. Atm. Sci., State Univ., Fort Collins. Atm. Sci. Paper No. 328, Climatology Report No. 82–2.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [29_3](#)

Autor(en)/Author(s): Kaiser August

Artikel/Article: [Die vertikale Temperaturstruktur der Atmosphäre im Zillertal. 49-61](#)