

Carinthia II	183./103. Jahrgang	S. 535–558	Klagenfurt 1993
--------------	--------------------	------------	-----------------

Nebel im Klagenfurter Becken

Von Emil TSCHERTEU und Johann WAJBODA

Mit 6 Abbildungen

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Voraussetzungen, welche zur Bildung und zur Auflösung von Bodennebel und Hochnebel im Klagenfurter Becken führen. Sie entstand aus dem Bedürfnis nach Entscheidungshilfen bei der Prognoserätigkeit beim Flugwetterdienst am Flughafen Klagenfurt. Auf Grund persönlicher Aufzeichnungen von Emil TSCHERTEU, von Wetterbeobachtungstagebüchern des Bundesamtes für Zivilluftfahrt sowie von Klimatabellen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurden die Monate November, Dezember, Jänner und Februar von 1960 bis 1990 analysiert. Es wurde versucht, die Häufigkeit, die Einsetz- und Auflösungszeiten sowie das Ausmaß der Beständigkeit von Bodennebel und Hochnebel mit dem jahreszeitlichen Auftreten verschiedener Wetterfaktoren zu korrelieren (lokale Windsysteme und Höhenströmung, vertikale Windscherung, vertikale Temperaturgradienten, Temperatur, Bewölkung und Strahlungsverhältnisse, Bodenbeschaffenheit und Feuchteverhältnisse).

Von Emil TSCHERTEU wurde ein Punktesystem zur genaueren Prognose der Nebelauflösung ausgearbeitet, welches in der Fachpublikation der Carinthia II (1993) veröffentlicht wird.

ALLGEMEINES

Die Bedingungen für die Nebelbildung sind in Kärnten und speziell im Klagenfurter Becken auf Grund der abgeschlossenen, d. h. windgeschützten geografischen Lage besonders günstig. Nach der Art der Entstehung unterscheidet man zwischen Strahlungsnebel und Advektionsnebel.

Die häufigste Art ist der **Strahlungsnebel**. Im Normalfall kühlen sich die bodennahen Luftschichten in klaren Nächten relativ stark ab (Ausstrahlung), bzw. kalte Luft sinkt von den Berghängen ins Tal und sammelt sich in den Niederungen. Es bildet sich eine sogenannte Temperaturinversion aus; eine Temperaturzunahme mit zunehmender Höhe (siehe Abb. 1). Mit zunehmender Abkühlung nimmt die Luftfeuchtigkeit zu, je mehr sich die Temperatur dem sogenannten Taupunkt nähert. Wenn die Luft bis zum Taupunkt abgekühlt wird, ist eine relative Feuchtigkeit von 100 Prozent erreicht, und es bildet sich **Bodennebel**; d. h. eine Lufttrübung durch eine Konzentration von kleinsten Wassertröpfchen oder Eiskristallen, wodurch die Sichtweite bis unter 1000 m reduziert wird.

Der **Advektionsnebel** tritt auf, wenn in Bodennähe feuchte Luftmassen herangeführt werden. Meist erfolgt der Nebel einfall aus Südost

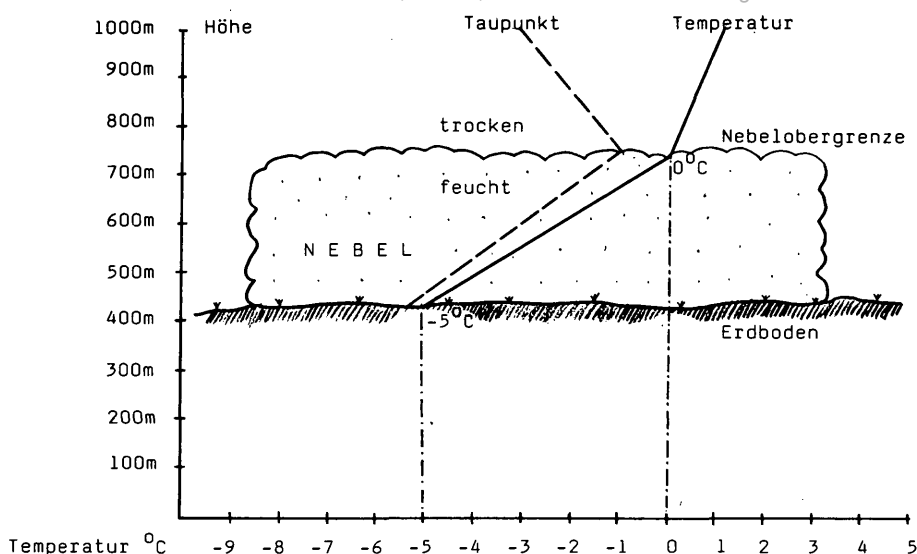


Abb. 1: Zusammenhänge zwischen Temperaturinversion und Taupunkt bei der Boden-
nebelbildung.

bis Ost, wo die orografischen Hindernisse am niedrigsten sind; der Drau entlang von Unterkärnten ins Klagenfurter Becken, in den Raum Villach–Ossiacher See und zuletzt ins obere Drautal und ins Gailtal.

Der Advektionsnebel kommt oft in Form eines **Hochnebels** vor, welcher meist bis über 1000 m Seehöhe hinaufreicht. Von Hochnebel spricht man, wenn der dichte Nebel vom Boden abhebt und die horizontale Sichtweite auf dem Boden mehr als 1000 m beträgt. Dieser Fall tritt ein, wenn die Temperatur auf dem Boden steigt und vertikal bis einige hundert Meter über Grund abnimmt. Es bildet sich eine vom Boden abgehobene Temperaturinversion aus. Die Feuchtigkeit konzentriert sich an der Unterseite der Inversion (siehe Abb. 2).

Die größte Nebelhäufigkeit wird in den tiefen Lagen Kärntens (Klagenfurter Becken – Unterkärnten) sowie in der Zeit zwischen Oktober und Jänner angetroffen. Während das tageszeitlich häufigste Auftreten von Nebel in die Morgenstunden des Oktobers fällt, nimmt die Nebelbeständigkeit im November deutlich zu. Flugbetrieblich und prognostisch gesehen sind die beständigen und länger anhaltenden Nebellagen von November bis Februar von größerer Wichtigkeit und sind daher Gegenstand der folgenden Untersuchung (siehe Abb. 3 und 4).

Die einzelnen Nebeltage wurden nach Art und Beständigkeit des Nebels aufgeschlüsselt:

Ein **Tag mit Bodennebel** liegt vor, wenn die horizontale Sichtweite in ca. 2 Meter über dem Erdboden unter 1000 m reduziert wird;

ohne Rücksicht auf die Dauer und den Bedeckungsgrad bzw. die Vertikalsicht.

Ein **Tag mit Hochnebel** ist gegeben, wenn die Bodensicht mehr als 1000 m beträgt und der Himmel überwiegend (mehr als 4 Achtel des gesamten Himmels) mit einer sehr tiefen Wolkendecke (sog. Stratus) in 30 bis 450 m über Grund bedeckt ist.

Wenn an einem Tag Bodennebel und Hochnebel auftraten, wurde die dominante Erscheinung berücksichtigt.

Weiters wurde eine Unterscheidung nach der Beständigkeit getroffen:

- a) weniger beständige Nebel: Auflösung zwischen 7.00 und 12.00 Uhr MEZ;
- b) länger anhaltende Nebel: Auflösung zwischen 12.00 und 16.00 Uhr MEZ;
- c) beständige Nebel: keine Auflösung oder Auflösung nach 16.00 Uhr MEZ.

Geografische und klimatische Besonderheiten des Klagenfurter Beckens

Das Klagenfurter Becken umfaßt im weiten Sinne das Wörther-See-Gebiet, den Raum um Klagenfurt bis St. Veit/Glan und reicht über den Bereich Völkermarkt bis Bleiburg. Die durchschnittlich 450 m hoch

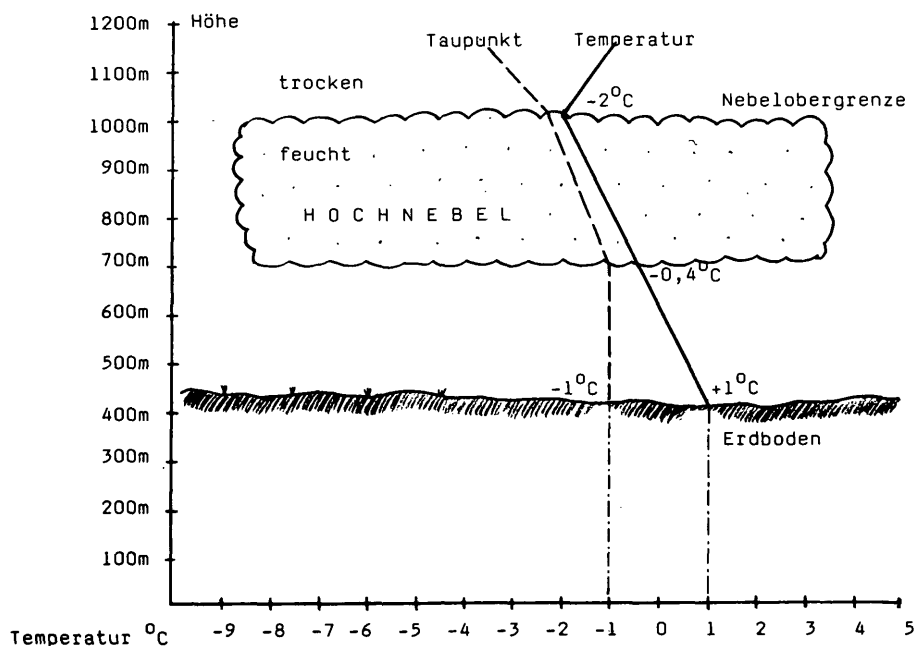
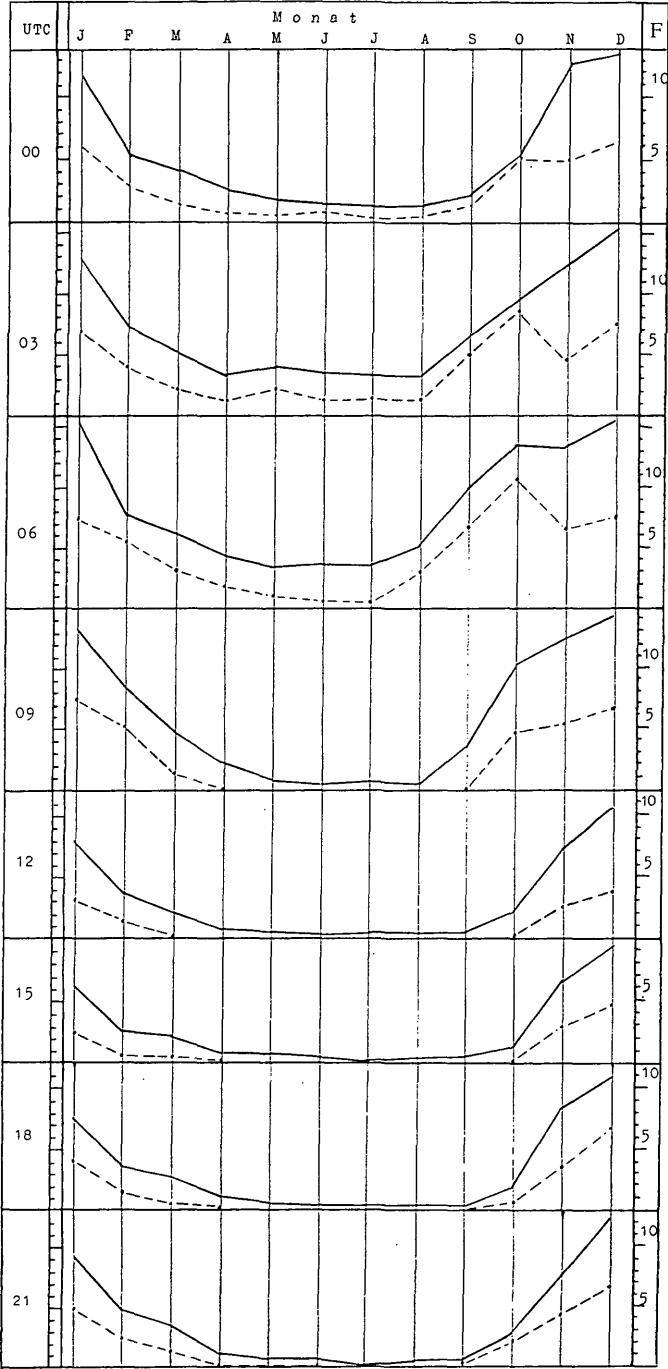


Abb. 2: Zusammenhänge zwischen Temperaturinversion und Taupunkt bei der Hochnebelbildung.



Überarbeitet aus den
Klimatabellen des
Bundesamtes für
Zivilluftfahrt.

Abb. 3:
Mittlere Anzahl der
Tage/Monate mit
Nebel bzw. Hoch-
nebel im Klagenfurter
Becken von 1955 bis
1971. UTC = koordi-
nierte Weltzeit (MEZ
- 1 Stunde)
F = Anzahl der Fälle

Überarbeitet aus den
Klimatabellen des
Bundesamtes für
Zivilluftfahrt.

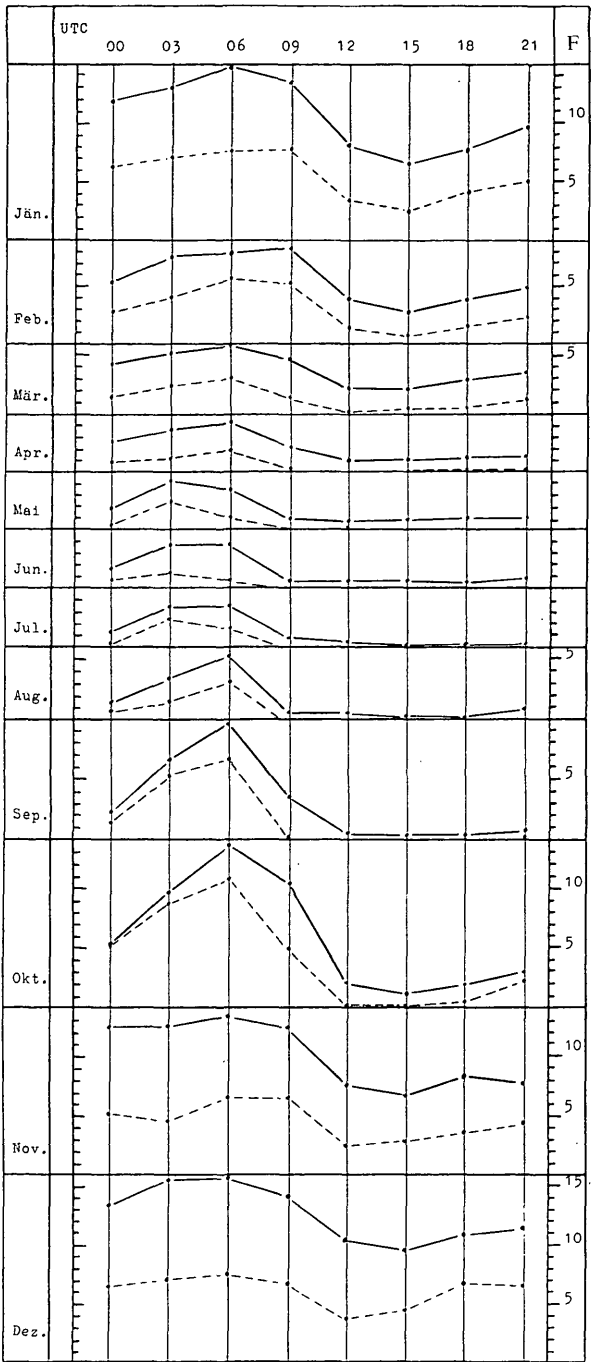


Abb. 4:
Mittlere Anzahl der
Tage/Monate mit
Nebel bzw. Hoch-
nebel im Klagenfurter
Becken von 1955 bis
1971.
F = Anzahl der Fälle
UTC = koordinierte
Weltzeit (MEZ -
1 Stunde)

gelegene, hügelige Beckenlandschaft wird vor allem im Süden und Norden durch 2000 bis 3000 m hohe Gebirgszüge begrenzt.

Die an den Berghängen während der Nacht abgekühlte Luft sinkt talwärts und sammelt sich im Klagenfurter Becken. Es kommt durch weitere Ausstrahlung im Winter zu sehr kräftig ausgebildeten Temperaturinversionen. Daraus resultieren niedrige Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit (= hohe Nebelbereitschaft) in den Wintermonaten sowie geringe Sonnenscheindauer, obwohl das Klagenfurter Becken durch seine Lage südlich der Alpen im allgemeinen wetterbegünstigt ist.

Den Vergleich zwischen den Flughäfen in Österreich hinsichtlich Temperatur, Feuchte und Sonnenschein zeigt nachstehende Tabelle, wobei Klagenfurt im Winter den Kältepol bei gleichzeitig höchsten Feuchtwerten darstellt.

	Temperatur °C			Feuchte %			Sonnenscheindauer h		
	Nov.	Dez.	Jän.	Nov.	Dez.	Jän.	Nov.	Dez.	Jän.
Klagenfurt	2.3	-2.5	-5.3	90	92	87	54	42	74
Innsbruck	3.4	-1.1	-2.8	79	79	78	86	68	73
Salzburg	3.3	-0.9	-2.5	84	84	81	70	64	74
Wien	4.8	1.0	-1.4	81	81	77	55	45	57
Graz	3.3	-1.3	-3.8	86	87	84	70	61	75

Quelle: WMO Nr. 117.TP.52, CLINO 1931-1960

Sonneneinstrahlung

Wesentlich für die ansteigende Nebelhäufigkeit im Herbst ist die abnehmende Einstrahlungsenergie der Sonne. Im Frühherbst treten außerdem häufig wolkenarme Hochdrucklagen auf, wodurch sich verstärkt Strahlungsnebel ausbilden kann.

In den untersuchten Monaten ergibt sich folgendes Bild durch die unterschiedlichen Tageslängen und Strahlungsintensitäten.

Globaleinstrahlung auf die horizontale Fläche bei wolkenlosem Himmel:

	Sonnen-		Sonnen-	Global-
	aufgang	untergang	stunden	strahlung
15. Oktober	06.22 MEZ	17.15 MEZ	10,53	0,57 kW/m ²
15. November	07.09	16.25	9,16	0,43
15. Dezember	07.47	16.08	8,21	0,33
15. Jänner	07.49	16.35	8,46	0,35
15. Februar	07.12	17.24	10,12	0,52

(Globalstrahlung: Sonnenstrahlung und diffuse Himmelsstrahlung)

Quelle: Mitteilungen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Band 3, Wien 1958. Klimatografie von Österreich, F. SAUBERER und J. DIRNHIRN.

Die wichtigsten Faktoren zur Nebelbildung und Nebelauflösung

- * Jahreszeit
- * Wetterlage (Druckverteilung)
- * Höhenströmung nach Richtung und Geschwindigkeit
- * Bodenwind nach Richtung und Geschwindigkeit

- * *Windscherungsverhältnisse zwischen Boden und ca. 800 h Pa*
- * *Temperatur im Nebelbereich*
- * *Vertikaler Temperaturgradient (Labilität)*
- * *Feuchtigkeitsangebot (Bodenfeuchte und Feuchteadvektion)*
- * *Strahlungsbilanz (Einfluß der Bewölkung)*
- * *Vertikale Mächtigkeit der Nebelschichte*
- * *Horizontale Erstreckung*

Sowohl aus Zeitgründen als auch mangels geeigneter Unterlagen konnten nicht alle Faktoren hinreichend untersucht werden. Das Fehlen von Stationen im Raum Klagenfurt (besonders in Höhe der Nebelobergrenzen = ca. 1000 m Seehöhe) bzw. das Fehlen von Radiosondenaufstiegen und stündlichen Windmeldungen von Bergstationen im Südalpenraum wird sowohl für statistische Auswertungen als auch im praktischen Dienst als großer Mangel empfunden. Von großer Wichtigkeit wäre ein vertikales Windprofil, das die tageszeitlichen Änderungen zeigt. Es mußten daher die Meldungen der Villacher Alpe herangezogen werden, welche erfahrungsgemäß für das Klagenfurter Becken nicht immer repräsentativ sind.

Einfluß der Jahreszeit

Während der Monat Oktober im Durchschnitt die meisten Tage mit Nebel (allerdings bald auflösend) aufweist, nimmt im Laufe des November die Nebelbeständigkeit allmählich zu. Aus der ersten Novemberdekade ist nur ein einzelner Fall mit beständigem Bodennebel (7. November 1987) bekannt. Hochnebel können schon in der letzten Oktoberdekade beständig bleiben (z. B. 30. Oktober 1970).

Die Periode mit den meisten beständigen Bodennebelfällen fällt in die Zeit vom 20. November bis 10. Dezember (28 Fälle). In dieser Zeit treten häufig Hochdrucklagen auf.

Im Laufe des Jänners nimmt die Nebelhäufigkeit auf Grund oftmaliger zyklonaler Wetterlagen, tiefer Temperaturen und der zunehmenden Tageslänge stark ab, obwohl in der letzten Jännerdekade noch drei Tage mit beständigem Bodennebel beobachtet wurden.

Der jahreszeitlich letzte beständige Bodennebel trat am 13. Februar 1977 auf (nasser Schneeboden, 0° C, flache Druckverteilung). Der jahreszeitlich letzte beständige Hochnebel wurde am 18. Februar 1982 beobachtet, wofür ein Hoch über Osteuropa und das bodennahe Einsickern von Kaltluft aus Südost verantwortlich waren.

Der Einfluß der Wetterlage (Luftmassen)

Um eine größere Dichte an Fällen zu erreichen, wurde auf neun Wetterlagen reduziert. Die Anzahl der nebelfreien Tage und die Anzahl der Nebelfälle bzw. die prozentuelle Verteilung von Nebel und Hochnebel je nach Wetterlage und Beständigkeit sind aus den Abb. 5 und 6 zu entnehmen.

Anzahl der Fälle von BODENNEBEL und HOCHNEBEL nach WETTERLAGE

Von 1974 bis 1989

November, Dezember, Jänner

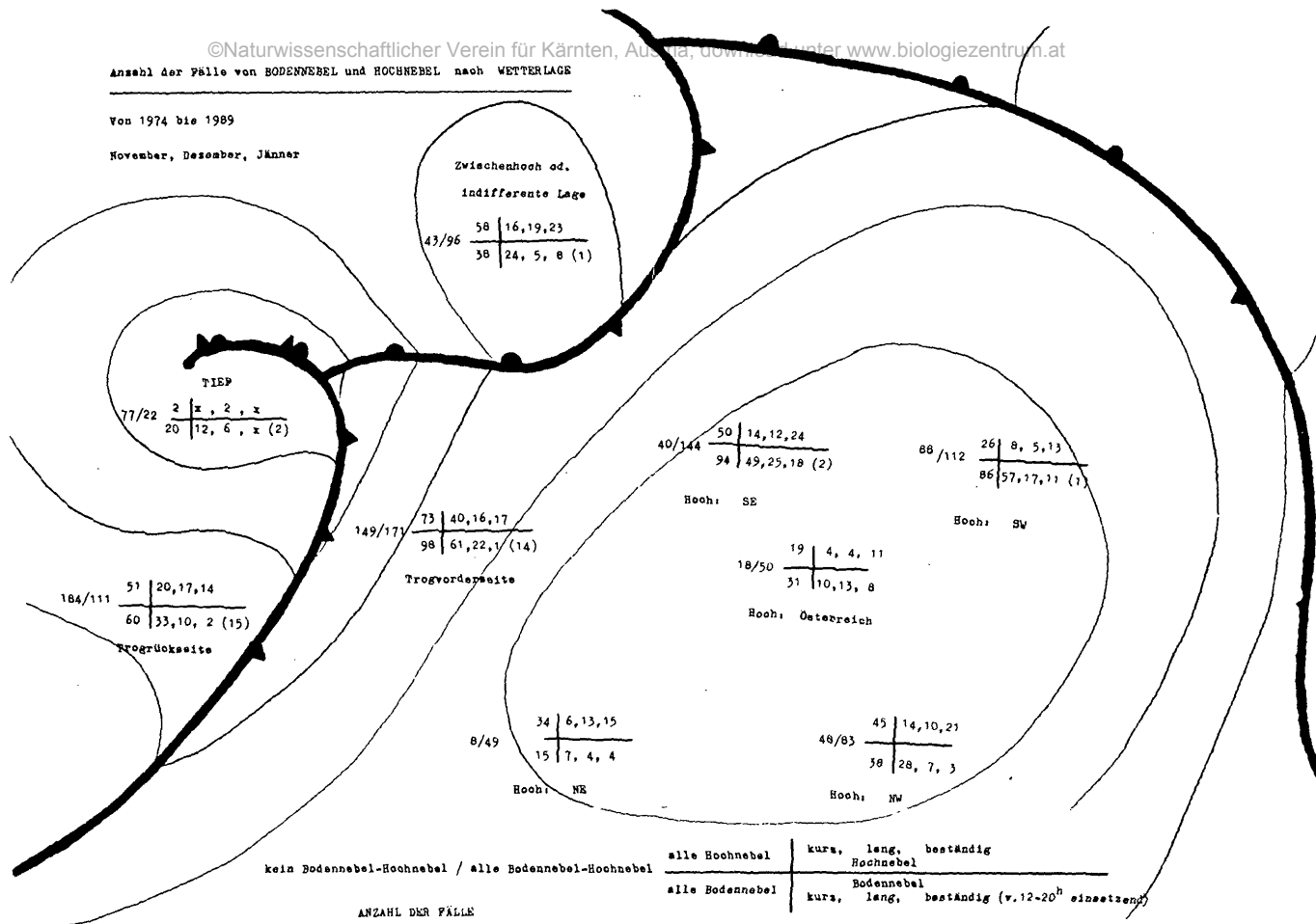


Abb. 5: Anzahl der Fälle von Bodennebel und Hochnebel, bezogen auf die Wetterlage (1974–1989).

Prozentverteilung der Fälle von BODENNEBEL und HOCHNEBEL nach WETTERLAGE

Von 1974 bis 1989

November, Dezember, Jänner

Zwischenhoch oder
indifferente Lage

60	28,33,39
31/69	
40	63,13,21 (3)

T i e f

9	x ,100, x
78/22	
91	60,30, x (10)

35	28,24,48
22/78	
65	52,27,19 (2)

Hoch: SE

23	31,19,58
45/56	
77	66,20,13 (1)

Hoch: SW

43	55,22,23
47/53	
57	62,23, 1 (14)

Trogvordersäite

38	21,21,58
26/74	
62	32,42,26

Hoch: Österreich

46	39,33,28
62/38	
54	55,17, 3 (25)

Trogrückseite

69	18,38,44
14/86	
31	46,27,27

Hoch: NE

54	31,22,47
37/63	
46	74,18, 8

Hoch: NW

kein Bodennebel-Hochnebel / alle Bodennebel-Hochnebel

alle Hochnebel	kurs, lang, beständig Hochnebel
alle Bodennebel	Bodennebel kurs, lang, beständig (v.12-20 ^h einsetzend)

PROZENTVERTEILUNG

Abb. 6: Prozentverteilung der Fälle von Bodennebel und Hochnebel, bezogen auf die Wetterlage (1974–1989).

Vergleicht man die **Hochdrucklagen** miteinander, so ist die größte Nebel-/Hochnebelhäufigkeit (Verhältnis der Tage mit Nebel oder Hochnebel zu nebelfreien Tagen) bei **Hochdruckgebieten** gegeben, deren Zentren **nordöstlich bis südöstlich von Österreich** liegen (in rund 80% der Fälle bei dieser Wetterlage). Während bei **Hochs im Nordosten** (Tschechien, Slowakei, Polen, Ostsee, Rußland, Ostungarn) eine hohe Neigung zu Hochnebel oder tiefem, hochnebelartigem Stratocumulus* besteht (Einfluß von kontinentaler Kaltluft), treten bei **Hochs im Südosten** (Balkan – Schwarzes Meer, östliches Mittelmeer) häufig beständige oder länger anhaltende Bodennebel auf (Zufuhr stabiler Warmluftmassen).

Mäßige bis hohe Nebel-/Hochnebelbereitschaft (rund ca. 70%) besteht bei **Zwischenhochs** oder indifferenten, schwach gradientigen, störungsfreien Lagen und **Hochs über Österreich, Nordostitalien, Kroatien, Slowenien, Westungarn**.

Bei **Zwischenhochs** wirkt einerseits die Bodenfeuchtigkeit aus vorangegangenen Niederschlägen nebelfördernd, andererseits begünstigt hier der Einfluß von Kaltluft den Übergang von Bodennebel zu Hochnebel oder die Auflösung des Nebels.

Bei einer **Hochdruckbrücke**, welche sich von Frankreich über **Österreich** bis Osteuropa ausdehnt, bildet sich häufig beständiger Bodennebel aus.

Wenn das **Hochzentrum** über **Westösterreich** liegt, tritt mitunter stärkere Bewölkung auf, und es können leichte westliche bis nördliche Bodenwinde aufkommen, welche nebelauflösend wirken.

Liegt das Zentrum des **Hochs** im **Nordwesten** (Deutschland, Nordschweiz, Nordfrankreich, Britische Inseln, Nordsee, Skandinavien), muß in ca. zwei Dritteln der Fälle mit Nebel oder Hochnebelbildung gerechnet werden, wobei sich etwa gleich oft Nebel wie Hochnebel bilden (je ein Drittel).

Nur mäßige Nebelwahrscheinlichkeit (rund 40%) besteht bei **Hochdruckgebieten im Südwesten** (Italien, westliches Mittelmeer, Spanien, Südfrankreich, Schweiz).

Die Nebelhäufigkeit wird durch das Auftreten westlicher bis nördlicher Strömungen (Lee-Effekt der Alpen) und zeitweiliger starker Bewölkung reduziert.

Die Nebelbildung erfolgt hauptsächlich bei gradientschwachen, wolkenarmen, antizyklonalen Westwetterlagen mit gleichzeitiger Zufuhr sehr milder atlantischer Luftmassen (z. B. Warmsektor). Die Wahrscheinlichkeit für Hochnebel ist gering.

Mäßige Nebel-/Hochnebelbereitschaft (über 50%) besteht auf der **Vorderseite einer Tiefdruckrinne**, wobei hier die Bodennebelbildung überwiegt.

* Stratocumulus: tiefliegende Bewölkung mit gut definierbarer, wellenförmiger Untergrenze.

Stratus: sehr tiefe, teils aufliegende, diffuse Bewölkung (Hochnebel).

Hochnebel entsteht, wenn die bodennahe Strömung auf Südost zurückdreht (Kaltluftzufuhr in Bodennähe).

Die Nebelanfälligkeit ist einerseits durch die Zufuhr stabiler Warmluftmassen aus Süd bis Südwest sehr hoch, wird jedoch andererseits durch das häufige Auftreten von dichter Bewölkung erheblich reduziert.

Die Nebel-/Hochnebelhäufigkeit sinkt auf der **Rückseite einer Tiefdruckrinne** unter 40% ab. Maßgebend sind hier die Feuchtigkeit und Labilität der einströmenden Kaltluft, die Stärke der Rückseitenströmung sowie das Bewölkungsausmaß. Eingeschlossen sind hier die niederschlagsfreien und niederschlagsarmen Nord- bis Nordwestwetterlagen. Nach stärkeren Niederschlägen ist zwar die Nebelwahrscheinlichkeit vorübergehend mäßig hoch, die Nebelbeständigkeit hingegen gering (häufiger Übergang des Bodennebels in Hochnebel oder Auflösung).

Im Bereich eines **Tiefdruckgebietes** wird Bodennebel fast ausschließlich durch Niederschläge gebildet (in 22%), wobei stabile Schichtung und flache Druckverteilung Voraussetzung sind. Diese Bedingungen sind hauptsächlich an Tiefvorderseiten oder im Tiefzentrum gegeben. Ein Sichrückgang unter 1000 m erfolgt auch bei starken Schneefällen.

Der Einfluß des Windes, der vertikalen Windscherung und des vertikalen Temperaturgradienten

Die hohe Nebelhäufigkeit bei **südwestlicher Höhenströmung** ist auf die Zufuhr feuchter und stabiler Warmluft zurückzuführen. Von insgesamt 288 Nebelfällen wurden 50% beständige Hochnebel und 23% beständige Bodennebel festgestellt. Der hohe Anteil des Hochnebels ist begründet durch das häufige Auftreten östlicher Bodenwinde, welche die Zufuhr von bodennaher, feuchter, kontinentaler Kaltluft bewirken (Anheben der Bodeninversion). Während das Maximum der beständigen Hochnebel bei schwachen Südwest-Höhenwinden auftritt, kommen die meisten beständigen Bodennebel dann vor, wenn der Höhenwind in 2000 m etwa 28–37 km/h beträgt; bei 38–45 km/h Höhenwind gab es sechs, über 45 km/h immer noch zwei Tage mit beständigem Bodennebel. Dreht der Bodenwind von Südost auf Südwest bis West (hoher Druck über Oberitalien), ist ein Absinken der Nebelobergrenze zu beobachten (verstärkter Warmlufteinfluß). Ein bestehender Hochnebel löst sich tagsüber häufig auf. Allerdings kann sich nachts in der zum Boden abgesunkenen Inversion wieder bevorzugt Bodennebel ausbilden.

Bei **nordwestlichen Höhenwinden** nimmt die Nebelhäufigkeit durch die Leewirkung der Alpen und das oftmalige Auftreten labiler Kaltluft (Anteil der Wetterlage: Trogrückseite) deutlich ab. Von 174 Nebelfällen waren 32% beständige Hochnebel und 21% beständige Bodennebel. Ein beständiger Bodennebel wurde bei 45 km/h Nordwestwind (Villacher Alpe) und stabiler Schichtung beobachtet. Bei Zufuhr von labiler Kaltluft mit einem vertikalen Temperaturgradienten von etwa $-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (Temperaturdifferenz Klagenfurt–Villacher Alpe 10°C) gibt es praktisch keinen beständigen Nebel. Ist die Nordwest-Höhenströmung mit dem Bodenwind weitgehend in Phase, überwiegt die Zahl der Boden-

nebel gegenüber den Hochnebelfällen. Die Hochnebel resultieren meist aus vorangegangenen Niederschlägen abgezogener schwacher Kaltfronten, während Bodennebel bei Hochdruckeinfluß und nach dem Durchgang einer Warmfront auftreten.

Im Vergleich zu Nordwestwetterlagen ist die Nebelbeständigkeit bei schwacher **Nordostströmung** (bis 36 km/h) größer (hoher Anteil der Wetterlage : Hoch Mitteleuropa).

Von insgesamt 138 Nebelfällen wurden 27% beständige Bodennebel und 41% beständige Hochnebel gezählt. Bei über 37 km/h Höhenwind in 2000 m gab es keinen beständigen Bodennebel, über 45 km/h keinen beständigen Hochnebel.

Sinkt die Temperatur auf der Villacher Alpe gegenüber Klagenfurt um mehr als 4 Grad ($-0.3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), löst sich jeder Bodennebel auf. Ist die Temperaturdifferenz Villacher Alpe–Klagenfurt größer als 10 Grad ($-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), gibt es auch keinen beständigen Hochnebel (Ausnahme Neuschnee).

Strömungslagen mit **Höhenwinden von Süd bis Ost** gibt es verhältnismäßig selten; daher wenig Nebelfälle. Da bei dieser Wetterlage der Einfluß von kontinentaler Kaltluft aus Ost stark ausgeprägt ist, überwiegt der Anteil des Hochnebels (63% beständig) gegenüber dem Bodennebel (24% beständig).

Einfluß des Lokalwindsystems

Der in der Regel in den Nacht- und frühen Vormittagsstunden bis ca. 10.00 Uhr MEZ aus **Nordwest kommende Bodenwind** kann zur vorübergehenden Auflösung eines Bodennebels führen, wenn er eine Geschwindigkeit von 5 bis 10 km/h erreicht (besonders bei tiefen Temperaturen unter -4°C und gleichzeitiger Nebelfreiheit im westlichen Teil des Klagenfurter Beckens).

Der zwischen 10.00 und 12.00 Uhr MEZ einsetzende **Südostwind** bringt oft einen starken Sichtrückgang (Sichtweite um 100 m), welcher auf die Advektion von feuchter Luft bei leichter orografischer Hebung zurückzuführen ist. Das wahrscheinliche Nebelzentrum liegt im Bereich Völkermarkt–Jauntal. Es gibt einzelne Fälle von Nebelbildung um 10.00 bis 11.00 Uhr MEZ (nach nebelfreier Nacht), die einen beständigen Bodennebel zur Folge hatten.

Um etwa 16.00 Uhr geht der leichte Südostwind meist in **Windstille** über. Ein eventuell noch bestehender Nebel wird seichter (Himmel erkennbar; bei tiefen Temperaturen unter -3°C).

Zwischen 17.00 und 19.00 Uhr setzt ein leichter **Nordwestwind** von 4 bis 6 km/h ein. Dieser kann einen seichten Bodennebel vorübergehend auflösen. Nach längerer Andauer des leichten Nordwestwindes wird bei zunehmender Temperatúrausstrahlung die vertikale Mächtigkeit der Feuchteschichte größer, wodurch sich höherreichender Bodennebel ausbilden kann. Die Einsetzzeiten sind in der Regel zwischen 21.00 und 24.00 Uhr MEZ.

Einfluß der Temperatur

Bei tiefen Temperaturen wurde eine deutliche Abnahme der Nebelhäufigkeit festgestellt. Der Grund liegt in der geringeren Feuchtekapazität kalter Luft gegenüber Warmluftmassen sowie im partiellen Ausfall von Feuchtigkeit in Form von Rauheis. Dies bedeutet in erster Linie, daß sich die Nebelbildung bei Minusgraden zumindest verzögert. Bestehende Nebel lösen sich früher auf.

Zum Vergleich wurden die 7.00-Uhr-MEZ-Temperaturen von Klagenfurt herangezogen. Bei Frühtemperaturen über 0°C waren 36% von 42 Nebelfällen länger als neun Stunden beständig, wobei die meisten der ersten Novemberhälfte hinzuzurechnen sind. Zwischen 0°C und -3°C erhöht sich der Anteil der beständigen Nebel auf über 60%.

Im ungestörten Strahlungsfall sind Bodennebel mit Frühtemperaturen zwischen 0 und -3°C in der Zeit zwischen 20. November und Ende Jänner nahezu immer beständig.

Während der Anteil der beständigen Bodennebel bei Frühtemperaturen von -4°C bis -6°C **unter 50%** sinkt, gibt es bei -7°C nur noch an drei Tagen beständige Nebel. Bei den erwähnten Temperaturen löste sich der Bodennebel im ungestörten Strahlungsfall zwischen 11.30 und 15.30 Uhr auf. Unter -7°C gab es keinen beständigen Bodennebel. Ein Bodennebel bei -8°C ging um 8.40 Uhr in beständigen Hochnebel über, ein weiterer löste sich um 14.50 Uhr auf. Die Auflösungszeiten bei Frühtemperaturen von unter -8°C lagen zwischen 9.00 und 13.00 Uhr MEZ.

Ein Tag mit beständigem Hochnebel wurde noch bei -12°C beobachtet.

Einfluß von Bewölkung/Strahlung

Erfahrungsgemäß wird ein bestehender Nebel durch eine starke bzw. dichte Bewölkung mit großer Wahrscheinlichkeit aufgelöst.

Während im Frühling, Sommer und Frühherbst bei positiver Strahlungsbilanz das Auftreten von Bewölkung die an der Erdoberfläche ankommende Gesamtstrahlung (Sonnenstrahlung + diffuse Himmelsstrahlung + Gegenstrahlung von Wolken) vermindert, ist im Spätherbst und Winter der Anteil der Gegenstrahlung von Wolken im Vergleich zur Sonnen- und Himmelsstrahlung wesentlich größer und führt im Endeffekt zu einer Erwärmung. Der Einfluß der Gegenstrahlung ist umso stärker, je dichter und tiefer die Wolkendecke ist. Das Maximum ist somit bei einer geschlossenen Stratocumulus*-Decke gegeben. Bei einer starken bis geschlossenen tiefen bis mittelhohen Bewölkung (Basis in 1500 bis 3000 m) wird mit großer Wahrscheinlichkeit eine dünnere Nebelschicht von etwa 300 bis 400 m aufgelöst. Dickere Nebelschichten von 450 bis 600 m können mitunter erhalten bleiben. Entscheidend für die Nebelauflösung ist auch die Dauer des Auftretens von Bewölkung.

Bei dünneren, höheren Wolkenschichten (Basis über 5000 m) sowie bei abnehmendem Bewölkungsausmaß vermindert sich die Gegenstrahlung und damit der Effekt der Nebelauflösung. Berücksichtigt sollte noch ein Bewölkungsgrad von mehr als vier Achtel des Himmels werden.

Für den Südalpenraum und für das Klagenfurter Becken im besonderen konnte die Erfahrung gemacht werden, daß häufig der Wolkenschirm einer Warmfront aus West bis Nordwest zur Nebelauflösung führt. Die hochreichende Warmfrontbewölkung mit dichtem Altostratus* und höherem Stratocumulus* kann den Alpenhauptkamm leichter überqueren als beispielsweise eine schwache Kaltfront aus dem Nordwestsektor, deren tiefere Bewölkung durch den Lee-Effekt der Alpen mehr oder weniger aufgelöst wird und daher nicht den erwarteten Auflösungseffekt bringt.

Sehr wahrscheinlich ist die Nebelauflösung bei Annäherung von Störungen aus Süd bis Südwest (Verdichtung der tiefen bis mittelhohen Bewölkung) sowie bei Kaltfronten aus Nordwest bis Nordost mit labil geschichteten polaren und arktischen Luftmassen (Temperaturgradient zwischen Boden und 2000 m mehr als $-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).

Nebelobergrenze – vertikale Mächtigkeit

Grundsätzlich nimmt die Nebeldauer bzw. -beständigkeit mit der vertikalen Mächtigkeit zu.

Die Untersuchung hat gezeigt, daß selbst relativ seichter Nebel von 150 m Mächtigkeit oft beständig sein kann. Die durchschnittliche Mächtigkeit des Bodennebels beträgt etwa 150 bis 200 m (Obergrenzen in 600 bis 700 m Seehöhe). Steigt die Nebelobergrenze auf etwa 800 m Seehöhe an, kann ein bestehender Bodennebel in Hochnebel übergehen. Diese Entwicklung tritt in erster Linie bei warmem, trockenem Boden (erste Novemberhälfte) auf.

Hochnebel haben eine durchschnittliche Mächtigkeit von 300 bis 500 m, welche eine hohe Erhaltungseigung zeigen.

Nimmt die Schichtdicke unter 300 m ab, löst sich der Hochnebel tagsüber oft auf. Bei extrem hohen Obergrenzen bzw. einer Schichtdicke von ca. 600 m wäre zu prüfen, ob der Nebel nicht aus zwei dünneren Schichten besteht. In diesem Fall ist die Auflösungstendenz relativ groß.

Die Bestimmung der Nebelobergrenze ist oft schwierig. Die Meldungen von der Villacher Alpe sind für das Klagenfurter Becken manchmal nicht repräsentativ.

Einfluß der Bodenfeuchtigkeit, Bodenbedeckung

Nasser Boden nach vorangegangenen Niederschlag erhöht die Nebelbereitschaft beträchtlich. Die Nebelbeständigkeit ist hierbei bei Temperaturen um 0°C besonders ausgeprägt; vor allem wenn der Boden mit Neuschnee bedeckt ist.

Oft bildet sich Bodennebel schon während der Niederschlagstätigkeit, wenn verhältnismäßig milde und mehr oder weniger stabile Luftmassen herangeführt werden (vorwiegend an Tiefvorderseiten und bei schwacher Höhenströmung).

* Altostratus: gleichmäßige Bewölkung oberhalb 3000–5000 m.

* Höherer Stratocumulus: Schichtbewölkung mit Basis in 2000–3000 m.

Auch bei schwach windigen Tiefrückseiten mit nur schwach labiler Kaltluft bzw. rasch zunehmendem Hochdruckeinfluß kann die Nebelbereitschaft mitunter tagelang erhalten bleiben. Sinkt die Temperatur deutlich unter 0° C (unter ca. -4° C) und friert der Boden bzw. die Schneedecke, wird der bodennahen Luftschichte weniger oder keine zusätzliche Feuchtigkeit zugeführt, sodaß sich ein Bodennebel mit großer Wahrscheinlichkeit auflöst.

Gefrorener Altschnee oder trockener Boden wirkt sich auf die Nebelauflösung in etwa gleicher Weise begünstigend aus. Setzt bei vorhandener Schneedecke tagsüber Tauwetter ein, können sich nach Sonnenuntergang rasch flache Bodennebelfelder ausbilden.

Wiesen und Waldgebiete, welche die Bodenfeuchtigkeit längere Zeit speichern können, bilden ebenfalls gute Voraussetzungen zur raschen Nebelbildung.

Größere Wasserflächen, wie der Wörther See, spielen bei der Nebelbildung eine eher untergeordnete Rolle. Begründet ist dies durch statistische Untersuchungen von Dr. TROSCHL und Dr. CONRAD, wonach Pörtlach/See und Velden eine um 15 bis 20% geringere Nebelhäufigkeit als Klagenfurt aufweisen.

Horizontale Erstreckung des Nebels

Aus einem klimatografischen Abriß von Kärnten, bearbeitet von Dr. H. TROSCHL, betreffend die Jahre 1961–1970, geht hervor, daß ein beachtliches Gefälle der Nebelhäufigkeit zwischen Unterkärnten und Oberkärnten besteht. Wenn man nur die Orte in den Niederungen vergleicht, differiert die jährliche Zahl der Tage mit Nebel zwischen rund 20 Tagen im oberen Drautal, Mölltal, Lesachtal und 120 Tagen/Jahr in Lavamünd.

Dabei reicht ein großes Gebiet mit 100 Nebeltagen bis zum östlichen Stadtrand (Flughafen) von Klagenfurt.

Dieses Nebelmaximum im Osten spielt bei der Nebelentwicklung im Tagesverlauf eine große Rolle. Es kann zu mehrmaligen größeren Schwankungen kommen (Nebeladvektion bei östlichen Bodenwinden). Bei der Beurteilung der Nebelbeständigkeit ist neben anderen Kriterien auch die horizontale Ausdehnung zu beachten. Verbreitetes Auftreten von Nebel deutet auf eine allgemein hohe Neigung zur Beständigkeit hin.

MÖGLICHKEITEN DER HOCHNEBELBILDUNG

1. Antizyklonales Einfließen von bodennaher maritimer Kaltluft aus Nord bis Nordost

Angekündigt wird die Hochnebelbildung schon mindestens 12–24 Stunden früher durch eine schwach wetterwirksame Kaltfront über den nördlichen Teilen Mitteleuropas, welche am Rande eines mittel- bis westeuropäischen Hochs nach Süden zieht. Sie führt feuchtkühle Luftmassen vom

Nordatlantik heran. Ein besonderes Merkmal ist das verbreitete Auftreten von tiefem Stratus und Stratocumulus-Bewölkung mit Nieseln über Deutschland, dem Gebiet der ehemaligen ČSSR und Nordösterreich bis ins Wiener Becken. Gleichzeitig herrschen in 850 hPa über Ostösterreich lebhaftige Winde aus Nordwest bis Nord. Die Temperatur über Wien ist in dieser Höhe meist schon um mindestens fünf Grad tiefer als über Kärnten. Während der Luftdruck südlich der Alpen fällt, bildet sich nördlich der Alpen ein höherer Luftdruck aus. Dem Druckgradienten folgend und den Alpenhauptkamm umgehend, schiebt sich nun die bodennahe feuchte Kaltluft von Nordosten her kommend keilförmig unter die Warmluft südlich der Alpen. Gleichzeitig ist ein Ansteigen der Dunstobergrenze auf etwa 1000 bis 1200 m Seehöhe zu beobachten. Dies weist bereits auf eine Inversionsbildung mit gleichzeitiger Feuchtigkeitszunahme in diesen Höhen hin. In den bodennahen Luftschichten nimmt oft der Wind aus östlicher Richtung auf etwa 10 bis 20 km/h zu. Während der Nachtstunden verstärkt sich die Inversionsbildung mit gleichzeitiger Feuchtigkeitszunahme, und es bildet sich Hochnebel aus, welcher sich über das Murtal und das Grazer Becken nach Unterkärnten und das Klagenfurter Becken, manchmal bis nach Oberkärnten ausbreitet, wobei die Obergrenzen im Westen meist tiefer liegen und daher mitunter vorübergehend auch Bodennebel auftreten kann. Hochnebel dieser Art können oft mehrere Tage beständig bleiben. Eine Auflösung erfolgt in der Regel dann, wenn eine stärkere Warmluftadvektion meist aus Südwest bis West bzw. ein deutliches dynamisches Absinken in 850 hPa einsetzt, wodurch die Obergrenze absinkt und der Hochnebel von oben her dünner wird. Weitere Auflösungsmöglichkeiten sind eine Höhenwindzunahme auf über 35 km/h, Bewölkungszunahme, die Zufuhr trockener Luftmassen oder labil geschichteter Kaltluftmassen.

2. Antizyklonales Einfließen von kontinentaler Kaltluft aus Nordost bis Südost

In diesem Fall liegt das Zentrum des Hochs über Nordost- bis Osteuropa. Die kontinentale Kaltluft nähert sich über die Slowakei, Ungarn und Kroatien. Im Mischungsbereich der milden mitteleuropäischen Luftmassen und der seichten Kaltluft aus Osten bildet sich eine Inversion in ca. 1000 bis 1500 m Seehöhe aus. Darunter entsteht entweder tiefer Stratus oder Stratocumulus. Bei zunehmender Kaltluftadvektion kann die Inversion auf über 2000 m Seehöhe ansteigen. Aus der höher werdenden, hochnebelartigen Bewölkung kann leichtes Nieseln oder Schneegriesel fallen. Die Regel ist, daß die Inversion umso höher steigt, je stärker die Kaltluftadvektion ist, je stärker der Druckgradient wird und je weiter sich das Zentrum des Hochs nach Osten bis Nordosten entfernt. Bei anhaltender Kaltluftzufuhr kommt es zu einem allmählichen Abtrocknen der unteren Luftschichten und zu einer Besserung der Bodensicht auf über 10 km. Nach vollzogenem Luftmassenwechsel wird die hochnebelartige Bewölkung dünner und kann sich auflösen. Im Bereich der kontinentalen Kaltluft besteht eine geringere Neigung zur Bodennebelbildung.

3. Einfließen von bodennaher Kaltluft aus Ost an der Vorderseite eines Tiefs über dem westlichen Mittelmeer

In der Höhe herrschen meist schwächere südliche Winde, welche relativ milde Luftmassen aus dem Mittelmeer heranzuführen. Durch Druckfall über Italien bilden sich in Bodennähe südöstliche bis nordöstliche Winde aus. Diese bewirken ein Ansaugen von kontinentaler Kaltluft, welche sich unter die Mittelmeerluft schiebt und eine Inversion bildet. Hinzu kommt eine beginnende leichte dynamische Hebung in 850 hPa und damit eine Feuchtigkeitszunahme. Ein so entstandener Hochnebel geht meist bald in eine tiefe Stratocumulus-Bewölkung über.

4. Hochnebelbildung aus Niederschlagsfeuchtigkeit auf der Rückseite einer Tiefdruckrinne

Durch mäßige Rückseitenwinde aus West bis Nordost und mäßige Kaltluftzufuhr begünstigt, erfolgt eine Durchmischung der bodennahen Luftschichten und Ausbildung eines leicht negativen, vertikalen Temperaturgradienten (-0.1 bis -0.6 Grad/100 m). Darüber in etwa 1000–1500 m Seehöhe bildet sich eine meist nur schwach ausgeprägte Inversion aus. Durch die leicht turbulente Durchmischung der untersten Luftschichten wird die Bodenfeuchtigkeit an die Unterseite der Inversion transportiert, wobei sich Hochnebel entwickelt, oder ein vorhandener Bodennebel geht in Hochnebel über. Die Neigung zur Hochnebelbildung ist hoch, wenn ein Tief im Süden vorbeizieht und sich ins östliche Mittelmeer verlagert, wobei die bodennahe Strömung auf Ost dreht.

5. Ansteigen der Nebelobergrenze auf über 300 m/Grund (800 m Seehöhe)

In einem tagelang anhaltenden mitteleuropäischen Hoch kühlen die bodennahen Luftschichten zunehmend aus. Der Kaltluftsee wird mächtiger, und damit steigt auch die Nebelobergrenze an. Meist beginnt sich der Nebel dann vom Boden abzuheben, wenn er eine Mächtigkeit von etwa 300 m erreicht hat. Der Übergang zu tiefem Stratus erfolgt meist am späteren Vormittag oder gegen Mittag. Bei sinkendem Sonnenstand muß jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit wieder mit Bodennebelbildung gerechnet werden. Erreicht die Mächtigkeit des Hochnebels etwa 500 m oder mehr, ist in der Regel kein Absinken des tiefen Stratus zum Boden während der Nachtstunden zu erwarten. Generell wird das Abheben des Nebels von einem warmen Erdboden bzw. steigenden Bodentemperaturen begünstigt.

Nebelyorhersage – Nebelbildung

Die wichtigsten Parameter zur Vorhersage der Nebeleinsatzzeit sind neben der Wetterlage die Temperatur und die relative Feuchtigkeit von 16.00 Uhr MEZ.

Die Analyse der Einsatzzeiten von Nebelfällen einer 30jährigen Reihe zwischen 1960 und 1989 ergab für die Monate November bis Februar

bei gleicher relativer Feuchtigkeit um 16.00 Uhr und geringer Bewölkung eine beträchtliche Streuung.

Von Interesse sind daher jene Kriterien, welche zu einer Verfrühung und solche, die zu einer Verzögerung der Nebelbildung gegenüber den mittleren Einsetzzeiten führen.

1. Kriterien, die zur vorzeitigen Nebelbildung führen, sind:

a) Hohe Bodenfeuchtigkeit, hervorgerufen durch Niederschläge. Manchmal bildet sich Bodennebel schon während des Niederschlages, wenn z. B. länger anhaltender Regen zu einer zunehmenden Abkühlung und Anfeuchtung der Bodenluft führt (besonders bei Trogvorderseiten) oder bei starkem Schneefall.

Nach stärkeren Niederschlägen bleibt eine erhöhte Bodenfeuchtigkeit unter Umständen noch tagelang erhalten. Bei wenige Stunden zurückliegenden Niederschlägen setzt nach Bewölkungsauflockerung (manchmal schon bei kleineren Wolkenlücken und geringer Ausstrahlung) in der Zeit zwischen späterem Nachmittag (ab 15.30 Uhr) und den Morgenstunden oft mehr oder weniger rasche Nebelbildung ein (in ca. 70% der Fälle, siehe Fall vom 14. 11. 1985). Nur in wenigen Fällen (5%) bleibt es nebelfrei (bei stärkeren westlichen bis nördlichen Höhenwinden von über 35 km/h oder/und stärkerem Temperaturrückgang; Temperatur Villacher Alpe sinkt unter minus 11° C). Bei den restlichen 25% bildet sich Hochnebel aus, oder ein bestehender Hochnebel bleibt beständig.

Der überwiegende Teil (60%) der **gebildeten Nebel** geht nach kürzerer Dauer von 1 bis 6 Stunden in Hochnebel über oder löst sich wieder auf (10%; Villacher Alpe: Wind aus West bis Nordost 20–40 km/h, Temperatur unter minus 10° C). 34% der Nebel halten 6–12 Stunden an. Nur etwa 7% der Bodennebel bleiben mehr als 12 Stunden beständig.

b) Absinken von tiefem Stratus:

Bei Untergrenzen von 60 m über Grund setzt ab 14.00 Uhr Nebelbildung ein, bei 120 m gegen 16.00 Uhr.

c) Nebel oder Hochnebel, der sich vor dem Entscheidungstermin 16.00 Uhr aufgelöst hat:

Nach einem etwa um die Mittagszeit aufgelösten Hochnebel muß die höhere Feuchtigkeit an der bodennahen Absinkinversion berücksichtigt werden, welche im Laufe der Nacht bis zum Boden absinken kann.

d) Relativ hohe Temperaturen um und besonders über 0° C:

Warmluftmassen beinhalten bei gleicher relativer Feuchtigkeit eine größere Wasserdampfmenge pro m³ als Kaltluftmassen.

e) Schneedecke bei Temperaturen um 0 oder über 0 Grad, welche Feuchtigkeit an die bodennahe Luftschicht abgibt. In diesem Fall bilden sich meist nur flache Bodennebelfelder aus, welche sich oft nach kurzer Dauer wieder auflösen.

f) Rasche Feuchtigkeitszunahme zwischen 13.00 und 16.00 Uhr (+ 10%).

2. Ursachen einer verzögerten Nebelbildung:

a) tiefe Temperaturen unter -4 Grad um 16.00 Uhr.

Vergleicht man die Nebel einsetzenzeiten zwischen November und Dezember/Jänner, so differieren diese bei 80% relativer Feuchtigkeit um durchschnittlich 4 Stunden. Tiefe Temperaturen verzögern also die Nebelbildung beträchtlich.

b) mäßige und vorübergehend starke Bewölkung.

c) Leichter Bodenwind von ca. 10 km/h aus vorwiegend westlicher bis nördlicher Richtung.

Beachte den Bodendruckgradienten (z. B. Klagenfurt–Graz mehr als 2 hPa)!

Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien (mit Ausnahme des Bodenwindes) wurden Tabellen für halbmonatliche Zeitabschnitte erstellt, welche die Häufigkeitsverteilung und den gerundeten (halbe Stunden werden abgerundet) Zeitpunkt der Nebelbildung in Abhängigkeit von der relativen Feuchtigkeit und Temperatur um 16.00 Uhr wiedergeben.

Nebelauflösung

Das Problem besteht darin, die große Zahl der Parameter mit ihren unterschiedlichen Auswirkungen auf den Zeitpunkt der Nebelauflösung zu berücksichtigen.

In erster Linie muß die Auflösungswahrscheinlichkeit auf Grund der gegebenen Wetterlage geprüft werden.

Die Nebelauflösung wird neben starker Bewölkung, starken Höhenwinden und tiefen Temperaturen durch westliche und nördliche Bodenwinde von etwa 10 km/h und mehr begünstigt. Das Durchgreifen des Höhenwindes erfolgt bevorzugt bei labiler Luftschichtung (die Temperatur auf der Villacher Alpe muß um ca. 12 Grad tiefer sein als in Klagenfurt).

Bei stabiler Schichtung muß der Höhenwind mindestens 55 km/h betragen und die Temperatur in Klagenfurt um 7.00 Uhr mindestens den Wert der Villacher Alpe erreichen, um ein Durchgreifen des Höhenwindes mit Hilfe der Sonneneinstrahlung während des Tages zu ermöglichen. Günstig ist eine Druckdifferenz von 3 bis 4 hPa zwischen Klagenfurt und Graz. Bei östlicher Bodenströmung genügt meist schon eine Druckdifferenz von 1 bis 2 hPa auf 100 km, um eine Nebelauflösung zu bewirken, wobei allerdings häufig ein Übergang in Hochnebel oder hochnebelartige Stratocumulus erfolgt.

PUNKTETABELLE ZUR BESTIMMUNG DER NEBELAUFLÖSUNG IN KLAGENFURT

November bis Februar

Erläuterungen zur Tabelle:

Auf der Grundlage der Nebeluntersuchung von Tscherteu/Wajboda, betreffend den Zeitraum zwischen November und Februar in den Jah-

Punktetabelle für Nebelbeständigkeit in Klagenfurt (November bis Februar)

Wetterlagen	Südwest				Höhenwind in 2000 m			Nordost		Südost	
	Nordwest										
Tendenz	-15kt	16-25kt	26-35kt	+ 36kt	-15kt	16-25kt	+ 26kt	-15kt	16-25kt	-15kt	16-25kt
H MEU	9 ⁰ -8 ²	9 ⁰ -7 ²			9 ⁰ -8 ¹	7 ^{1/2}		9 ⁰ -8 ¹	7 ¹ -5 ² K		
HB Fra-Alp-Karp	9 ^{0/1} -8 ²				9 ⁰ -7 ²	7 ^{1/2}		9 ⁰ -8 ^{1/2}	8 ¹ -7 ²	9 ⁰ -7 ²	
HB Spa-It-Balk	9 ⁰ -7 ²	9 ⁰ -6 ³		6 ² -5 ³ + 50kt: 2 ³	9 ⁰ -7 ²	8 ¹ -6 ³		9 ⁰		9 ⁰ -7 ²	
HB BI-Jug	9 ⁰ -7 ²	9 ⁰			9 ⁰			9 ⁰ -7 ²			
HB BI-Karp								9 ⁰ -8 ¹			
HB Ska-It								8-7			
HB OS-Balk	9 ⁰ -8 ¹	9 ⁰ -7 ²	7-6								
HB Pol-Fra								8 ⁰ -3K	7 ⁰ -3K		
H Spa-Fra-Ö	7 ¹ -5 ³	7 ¹ -5 ³ -3 ³ .5			8 ⁰ -5 ³	8 ⁰ -5 ³	4 ³ .6				
H BI-MEU					7 ^{1/2}			8 ⁰	7 ³⁵ kt 3 ¹ .6		
H OS-MEU								8 ⁰ -7			
H Ö-Karp	9 ⁰ -8 ¹	9 ⁰ -8 ¹	9 ⁰ -7 ²		9 ⁰ -8 ¹			9 ⁰ -8 ¹	9 ⁰ -8 ¹	9 ⁰	
H Ö-Balk	9 ⁰ -7 ²	9 ⁰ -7 ²			8 ¹ -6 ³			9 ⁰ -8 ¹	8-7		
H Balk-Ru	9 ⁰ -8 ¹	9 ⁰ -7 ³	7 ¹ -6 ³								
H It-Balk	9 ⁰	9 ⁰ -7 ³			7						
Zh Ö-Ung-Jug	9 ⁰ -7 ² K	8 ¹ -7 ²	8 ⁰ -7 ¹	6 ² -4 ³	8 ⁰ -7 ²	7		8			
T-TR DG Ö	8 ⁰ -2-5 ²	8 ⁰ -1-5 ² .5	7 ¹ -1-3 ³ .5								
T-TR RS	7 ⁰ .4-4 ² .6	7 ⁰ .4-3 ³ .6	6 ² 0-		7 ¹ 0-5 ² .7	5 ¹ .4-2.9	4 ¹ .6-1.12	7 ⁰ .6-4 ³ .8	4 ¹ .2-2 ² .9		
T-TR VS w-nw	8 ⁰ 0-6 ² .3	8 ¹ .1-6 ² .3	7 ¹ .1-5 ² .8	4 ³ .1							
T-TR VS s-sw	9 ⁰ .1-8 ¹ .5	8 ⁰ .3-7 ¹ .6	8 ⁰ .3-7 ¹ 0							9	7

Legende: Wetterlagen: H = Hoch, HB = Hochdruckbrücke, Zh = Zwischenhoch/Fl. Druckverteilung, T-TR = Tief oder Trog, RS = Rückseite, VW w-nw/s-sw = Trogannäherung aus Richtung . . . MEU = Mitteleuropa, Fra = Frankreich, Alp = Alpen, Spa = Spanien, It = Italien, Jug = Jugoslawien, BI = Brit. Inseln, Karp = Karpaten, Ska = Skandinavien, OS = Ostsee, Ru = Rußland, Balk = Balkan, Ung = Ungarn, Ö = Österreich. Oberer Index: Druckgradient lowk-lowg (QFF) mit Berücksichtigung der Temperaturdifferenz. 0 = west 0.0-0.9, 1 = 1.0-1.9, -0 = Ost-0.1-0.9 hPa./0.5° C = 0.1 hPa. Unterer Index: Temperaturdifferenz zwischen Klagenfurt und Villacher Alpe (Minuswert = Villacher Alpe kälter, pos. Wert = Villacher Alpe wärmer), K = Zufuhr trockener Kaltluft. Ohne Index: keine Angabe mangels Daten. Bei Hochdrucklagen wird eine stabile Temperaturschichtung angenommen!

Punktetabelle für Nebelbeständigkeit in Klagenfurt (November bis Februar)

Punkte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. Jahreszeit	1. 11. 28. 2.	6. 11. 23. 2.	10. 11. 18. 2.	14. 11. 13. 2.	18. 11. 8. 2.	23. 11. 3. 2.	28. 11. 27. 1.	4. 12. 20. 1.	11. 12. 12. 1.	21. 12. 1. 1.
3. Temperatur 0600 UTC	-20 -16	-15 -12	-11 - 9	-8	-7	-6	-5	-4 -3	-2 -1	0 7
4. Nebel- obergrenze MSL		150 ft 40 m	330 ft 100 m	520 ft 160 m	720 ft 220 m	920 ft 280 m	1120 ft 340 m	1320 ft 400 m	1510 ft 460 m	
		1600 ft 490 m	1800 ft 550 m	2000 ft 610 m	2200 ft 670 m	2400 ft 730 m	2600 ft 790 m	2800 ft 850 m	3000 ft 910 m	
5. Boden- beschaffenheit	trocken	feucht	naß		Neu- schnee					

Minuspunkte

Punkte	-0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
6. Bewölkung in Achtel	SKC 2sc 3ac 7ci	3sc 4ac 8cs	4sc 5ac	5sc 6ac	6sc		7ac	7sc	8ac	8sc
7. horizontale Ausdehnung		BCFG nur KF								

Punktesumme aus 1. bis 5. (minus 6. und 7.)

Summe	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Auflösungs- zeiten UTC*	0600 0800	0600 0800	0600 0800	0700 0900	0700 0900	0800 1000	0800 1000	0900 1100	1000 1200	1100 1300	1200 1400	1300 1500	1400 B	1500 B	B	B	B	B
B = beständig																		

* in der Fliegerei verwendete, koordinierte Weltzeit
UTC = MEZ – 1 Stunde

Abkürzungen in der Punktetabelle:

skc	wolkenlos	AAL	Höhe über Flugplatzniveau
sc	Stratocumulus	MSL	Höhe über Meeresniveau
ac	Alto cumulus	UTC	Koordinierte Weltzeit
ci	Cirrus	BCFG	Nebelschwaden
st	Stratus	KF	Klagenfurt

Anmerkung: Die Auflösungszeiten beziehen sich auf die vollständige Auflösung des Nebels (Sicht mehr als 1000 m und St weniger als ¼)

ren 1960 bis 1990, wurde ein Punktevergabesystem ausgearbeitet, welches bei der Prognose der Nebelauflösung verwendet werden kann. Etwa 80% der untersuchten Nebelfälle liegen innerhalb der angegebenen Auflösungszeitspanne. Etwa 90% der Fälle liegen innerhalb von ± 2 Stunden vom mittleren Wert der errechneten Zeitspanne. Die restlichen 8–10% sind Fälle, von denen die erforderlichen Parameter nicht oder nur ungenau zur Verfügung stehen bzw. zweifelhaft sind.

Folgende Parameter werden zur Ermittlung der Punkteanzahl herangezogen:

1. Wetterlage/Höhenwind in 2000 m mit vertikalem Temperatur- und Bodendruckgradienten

Sehr hohe Erhaltungseignung des Nebels (9 Punkte) besteht bei **Hochdruckbrücken**, welche sich quer über Mitteleuropa erstrecken, bei **flachen Hochs** über Mitteleuropa mit schwachem Bodendruckgradienten (Gradient kleiner als 1.0 hPa/100 km), bei **schwachem Höhenwind** bis 15 kt, **stabiler Schichtung** (Temperatur auf der Villacher Alpe gleich oder höher als in Klagenfurt).

Bei zunehmenden **Südwestwinden** in 2000 m (stabile Schichtung) nur langsame Abnahme der Erhaltungseignung. Bis zu 55 km/h auf der Villacher Alpe unter Umständen noch 9 Punkte (Bodendruckgradient weniger als 1 hPa/100 km). Erst über 90 km/h Südwestwind und über 3 hPa/100 km Bodendruckgradient ergibt eine Abnahme auf 2 Punkte.

Eine rasche Abnahme der Nebelerhaltungseignung besteht bei zunehmenden **Nordwinden** auf der Villacher Alpe und labilem Temperaturgradienten. Bei einem Nordwind von 55 km/h und einem vertikalen Temperaturgradienten von –12 Grad zwischen Villacher Alpe und Klagenfurt ergibt sich 1 Punkt (z. B. Nordwetterlagen, Tiefrückseiten).

2. Jahreszeit

Grundlage: Sonnenaufgang und -untergang in Klagenfurt.

Die Zunahme der Nebelerhaltungseignung wird mit 0 Punkten am 1. November bis 9 Punkten am 21. Dezember bewertet. Von Punkt zu Punkt verlängern sich die Zeitabstände von 4 bis 5 Tagen im November bis zu 10 Tagen im Dezember. Während die hohe Erhaltungseignung noch Anfang Jänner anhält, erfolgt in der zweiten Jännerhälfte und besonders im Februar eine raschere Abnahme bis null Punkte (am 28. Februar).

3. Temperatur um 7.00 Uhr

Aus der Statistik kann eine hohe Nebelerhaltungseignung bei positiven Temperaturen bis etwa null Grad Celsius abgeleitet werden (9 Punkte).

Eine langsame Abnahme der Nebelbeständigkeit erfolgt zwischen –1 und –4 Grad; eine raschere Abnahme zwischen –4 und –9 Grad (7 bis 2 Punkte). Schließlich erreicht die Nebelbeständigkeit ein Minimum bei Temperaturen unter –15 Grad.

4. Nebelobergrenze (Schichtdicke)

Die Erfahrung zeigt eine gleichmäßige lineare Zunahme der Nebelbeständigkeit mit vertikaler Mächtigkeit des Nebels. Vorausgesetzt wird eine durchgehende kompakte Nebelschicht vom Boden bis zur Obergrenze.

5. Bodenbeschaffenheit

Trockener Boden oder mit trockenem Altschnee bedeckter Boden beeinflussen die Nebelbeständigkeit nicht; daher 0 Punkte. Die nebelfördernde Wirkung von feuchtem bis nassem oder gar mit Neuschnee bedecktem Boden wird mit 1 bis 4 Punkten bewertet.

6. Bewölkungsverhältnisse (Minuspunkte)

Es wird die Auswirkung der Gegenstrahlung von Wolken berücksichtigt. Bei wolkenlosem oder gering bewölktem Himmel (bis 3 Achtel tiefe bis mittelhohe Wolken) werden keine Abzugspunkte berücksichtigt; bei dichteren Zirren bis 7 Achtel ebenfalls 0 Punkte (die Gegenstrahlung von Zirren ist gering und die Sonneneinstrahlung gehemmt). Berücksichtigt wird nicht nur das Ausmaß, sondern auch die Bewölkungsdichte. Wesentlich sind die Dauer der Bewölkungseinwirkung (soll mindestens 1–2 Stunden betragen) und der Zeitpunkt des Auftretens. Bei kontinuierlicher Bewölkungszunahme bzw. Verdichtung der Bewölkung ist eine mittlere Punkteanzahl zu nehmen. D. h. zunächst ist die Auflöszeit ohne Bewölkung zu ermitteln, dann mit Bewölkung; daraus der zeitliche Mittelwert. In der Einschätzung der Bewölkungsverhältnisse, die oft schwierig ist, liegt eine wesentliche Fehlerquelle. Die Bewölkungsprognose ist daher ein wesentlicher Teil der Nebelprognose.

7. Horizontale Ausdehnung

Wenn Nebel nur im Raum Klagenfurt auftritt (d. h. von den Beobachtungsstationen Bleiburg und Villach kein Nebel gemeldet wird), kann 1 Punkt abgezogen werden.

8. Auswertung der Punktsommen

In der Tabelle der Auflösungszeiten ist zwischen 12 und 23 Punkten eine zweistündige Zeitspanne angegeben, innerhalb welcher sich der Nebel auflöst, d. h. eine Bodensicht von 1000 m oder mehr und 4 Achtel Stratus oder weniger erreicht werden. Der Bodennebel kann sich daher schon früher auflösen und in Hochnebel übergehen. Die Auflösungszeit bezieht sich in diesem Fall auf die Auflösungszeit des Hochnebels.

Bei Punktesummen von 24 von 25 ist zu berücksichtigen, daß der Nebel sich unter Umständen schon in den Mittagsstunden vorübergehend auflösen kann, um sich nach 1 bis 2 Stunden wieder zu bilden.

9. Auflösung eines Hochnebels

Die Ermittlung der Auflösungszeit eines Hochnebels mit Hilfe der Punktetabellen ist problematisch, da die Durchschnittstemperatur im Hochnebel nicht oder nicht genau bekannt ist und der bis über 1000 m Seehöhe

reichende Hochnebel vom Höhenwind eher erreicht wird als der tiefliegende Bodennebel.

Ein Hochnebel wird sich also in der Regel früher auflösen, als die Punktetabellen aussagen; außer ein Hochnebel wurde durch advektive Vorgänge gebildet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [183_103](#)

Autor(en)/Author(s): Tscherteu Emil, Wajboda Johann

Artikel/Article: [Nebel im Klagenfurter Becken 535-558](#)