

# Beiträge des für Instituts Meteorologie der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte

Herausgegeben vom Verein BERLINER WETTERKARTE e.V.  
zur Förderung der meteorologischen Wissenschaft  
c/o Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10, D - 12165 Berlin

<http://www.met.fu-berlin.de/wetter/wetterkarte>

97/00  
SO 16/00

ISSN 0938-5312  
28.12.2000

## Die Tropopause über Berlin in den Jahren 1971 bis 1980

von

Jürgen Pelz

Der vor einigen Jahren in den Ruhestand getretene Kollege Dr. Eugen PANTZKE hat in jahrzehntelanger Arbeit aërologische Daten von 1901 bis 1993 aus Berlin und Umgebung zusammengetragen und in mehreren Berichten zusammengefaßt, von denen die meisten aber nicht veröffentlicht wurden. In der Hauptsache handelt es sich um vier Arbeiten mit klimatologisch-aërologischen Monatsmittelwerten der Temperatur, der relativen Feuchte und des Taupunktes, des Windes und des Geopotentials für die Hauptdruckflächen [1, 2, 3, 4]. Diese Werte liegen auch auf Datenträgern vor. Er selbst schreibt aber dazu:

*"Zum Abschluß soll noch einmal ausdrücklich auf das im Titel der Arbeit erwähnte Wort vorläufig hingewiesen werden. Die in den nachstehenden Tabellen wiedergegebenen Daten sind als vorläufig zu betrachten.....Es handelt sich bei diesen Tabellendaten also in gewissen Teilen um Rohmaterial, das erst durch Korrekturen verschiedener Art aufbereitet werden sollte, ehe es mit anderen aërologischen Meßserien in Beziehung gesetzt wird."*

Als ehemaliger Mitarbeiter der inzwischen geschlossenen Berliner Radiosondenstation, deren Leitung Eugen PANTZKE viele Jahre bis zu seinem Ausscheiden inne hatte, fühlt sich der Verfasser nicht nur befugt, sondern verpflichtet die Daten sachgerecht zu bearbeiten, das heißt, Datenprüfungen durchzuführen und gegebenenfalls Korrekturen anzubringen. Dabei treten allerdings erhebliche Schwierigkeiten auf, denn die Originaldaten, das heißt, die eigentlichen Aufstiegsdaten, liegen nicht mehr auf lesbaren Datenträgern vor. Es konnten daher einige notwendige Prüfungen nicht durchgeführt werden. Bei den entsprechenden Punkten wird jeweils darauf hingewiesen werden.

Ein Blick in die Literaturzusammenstellung zeigt nur einen kleinen Teil der Arbeiten, die PANTZKE in mehr als 25 Jahren zusammengestellt hat. Es ist wohl kein Fehler, die Aëroklimateologie Berlins als sein Lebenswerk zu bezeichnen. Der Verfasser war bemüht, die Arbeiten in seinem Sinne fortzuführen und zu einem gewissen Abschluß zu bringen. Auch wenn PANTZKE selbst, außer den täglichen Aufstiegsdaten, nur wenig veröffentlicht hat, sondern das meiste in internen Berichten niederlegte, hat er doch an jeder einzelnen Seite der vorliegenden Arbeit mitgeschrieben. Als erste Publikation einer geplanten Serie über die Berliner aërologischen Daten wird hier über die Tropopause berichtet.

Die Tropopausen sind von PANTZKE für die Zeit von 1971 bis 1980 bearbeitet [8], aber nicht veröffentlicht worden. Grundlage waren die Messungen der Radiosondenstation der Freien Universität Berlin auf dem Flughafen Tempelhof. Zehn Jahre sind, statistisch gesehen, recht wenig. Es konnte aber kein Material mehr gefunden werden, mit dem dieser Zeitraum hätte ergänzt werden können. Obwohl für jeden Monat ungefähr 300 Werte vorhanden sind ist die Stichprobe zu klein um repräsentativ zu sein. Das liegt daran, daß sowohl die Temperatur als auch die Höhe der Tropopause in weiten Grenzen streuen.

Bei den bodennahen Inversionen hat sich gezeigt, daß sowohl die Höhen als auch die Temperaturgradienten nicht einmal annähernd normal verteilt sind, so daß mit den üblichen arithmetischen Mittelwerten nicht gearbeitet werden kann [10]. Da auch die Tropopause eine Inversion ist besteht der begründete Verdacht, daß hier ähnliche Verhältnisse vorliegen. Entsprechende Prüfungen lassen sich nicht mehr durchführen, weil die Originalmeßwerte nicht mehr zur Verfügung stehen. Die von PANTZKE benutzten Häufigkeitsklassenbreiten der zweidimensionalen Häufigkeitsverteilung (Temperatur und Höhe) zu 5°C bzw. 1000 m sind recht groß, so daß nur grobe Schätzungen der jeweiligen Erwartungswerte möglich sind. Die folgenden Ausführungen sind daher mit der gebotenen Vorsicht zu betrachten.

Nach den Vorschriften des Deutschen Wetterdienstes [11] werden, in Übereinstimmung mit der WMO, bei jedem Radiosondenaufstieg die Höhe und die Temperatur an der Tropopause angegeben. Es können auch mehrere Tropopausen gemeldet werden.

Es sind folgende Kriterien zu beachten:

1.) Die erste Tropopause ist die niedrigste Fläche, bei der der vertikale Temperaturgradient auf 2°C/km oder weniger zurückgeht. Voraussetzung ist, daß der mittlere vertikale Temperaturgradient zwischen dieser Fläche und allen bis 2 km höher liegenden Flächen 2°C/km nicht überschreitet.

2.) Überschreitet oberhalb der ersten Tropopause der mittlere vertikale Temperaturgradient zwischen einer beliebigen Fläche und allen bis 1 km höher liegenden Flächen 3°C/km, so gelten für die Definition einer zweiten Tropopause dieselben Kriterien wie bei der ersten. Diese zweite Tropopause kann innerhalb oder auch oberhalb der genannten 1-km-Schicht liegen.

3.) Unterhalb des 500-mbar-Niveaus ist eine Fläche, die der obigen Definition entspricht, nur dann als Tropopause anzusehen, wenn sie die einzige Fläche ist, die die-sen Bedingungen genügt und in keiner höher liegenden Schicht von mindestens 1 km Mächtigkeit der mittlere vertikale Temperaturgradient  $3^{\circ}\text{C}/\text{km}$  überschreitet. Außerdem muß der Aufstieg mindestens 200 mbar erreicht haben.

4.) Oberhalb des 100-mbar-Niveaus wird eine Fläche nur dann als Tropopause bezeichnet, wenn sie die einzige Fläche ist, die die Bedingung 1.) erfüllt.

5.) Wenn der Aufstieg weniger als 2 km oberhalb der anzunehmenden Tropopause endet, wird festgestellt: Tropopause nicht eindeutig feststellbar.

Bei den folgenden Zusammenstellungen wurde pro Aufstieg nur eine Tropopause gewertet und zwar die jeweils tiefste. Die zweidimensionalen Häufigkeitsverteilungen der Tropopausen in Abhängigkeit von Höhe und Temperatur in den Tabellen 1 bis 12 sind direkt von PANTZKE übernommen worden [8]. In seinen Notizen sind die Höhenklassen mit ganzzahligen Kilometerangaben versehen worden und die Temperaturen sind in 5 Grad-Schritten angegeben. Es konnte nicht geklärt werden, ob es sich bei diesen Angaben um die Klassenmitte oder eine Klassengrenze handelt. Die Zahlen sind die Summen aller Ereignisse für die Zeit 1971 bis 1980. Die gesamte Anzahl der Fälle im rechten unteren Tabellenfeld entspricht nicht immer der Zahl der Tage des jeweiligen Monats, da gelegentlich keine Tropopause feststellbar war (siehe oben Punkt 5 der Tropopausendefinition). Die Abbildungen 1 bis 12 zeigen die dazu-gehörigen räumlichen Histogramme.

**Tabelle 1 Tropopause Januar 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
13 km	2	4									6
12 km		26	16	4							46
11 km		7	50	19	2						78
10 km		2	16	47	15						80
9 km				21	36	8					65
8 km				3	17	5					25
7 km					1	5	1				7
<b>3</b>	2	39	82	94	71	18	1				n=307

**Tabelle 2 Tropopause Februar 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
13km	3	2									5
12km		16	20								36
11km		10	43	16	3						72
10km			21	51	17	2					91
9 km				21	30	4					55
8 km				1	6	11					18
7 km					1	3					4
6 km							1				1
<b>3</b>	3	28	84	89	57	20	1				282

**Tabelle 3 Tropopause März 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
13km		1									1
12km	1	12	13	3							29
11km		5	34	27	2						68
10km			11	67	27	2					107
9 km				15	37	17					69
8 km				1	10	9	2				22
7 km						7	3				10
6 km							2				2
5 km										1	1
<b>3</b>	1	18	58	113	76	35	7	0	0	1	309

**Tabelle 4 Tropopause April 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
12km		1	13	2							16
11km			33	54	3	1					91
10km			2	52	31	8					93
9 km				5	39	23	1				68
8 km					4	16	3				23
7 km						3	4	1			8
6 km							1				1
<b>3</b>		1	48	113	77	52	8	1			300

**Tabelle 5 Tropopause Mai 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
13km			8	1							9
12km			14	29	1	1					45
11km			9	77	23	1					110
10km				28	51	14					93
9 km					13	15	5				33
8 km					2	7	7				16
7 km							2				2
<b>3</b>			31	135	90	38	14				308

**Tabelle 6 Tropopause Juni 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
13km				6	2						8
12km			15	56	15	2					88
11km				31	61	10					102
10km					37	18	1				56
9 km					1	19	12	1			33
8 km						3	7	1			11
7 km											0
6 km										2	2
<b>3</b>			15	93	116	52	20	2	0	2	300

**Tabelle 7 Tropopause Juli 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
15km				1	1						2
14km					1						1
13km			3	5	1						9
12km			2	38	32	2					74
11km				18	80	36					134
10km					31	27	9	1			68
9 km					1	12	6	1			20
8 km							2				2
<b>3</b>			15	93	116	52	20	2	0	2	310

**Tabelle 8 Tropopause August 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
14km			1	4							5
13km			5	13	4						22
12km			3	70	39	1					113
11km				30	73	12					115
10km					17	23	1				41
9 km						3	4	3			10
8 km						1	1				2
<b>3</b>			9	117	133	40	6	3			308

**Tabelle 9 Tropopause September 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
15km		1	2	1							4
14km			1	3							4
13km			15	13	3						41
12km			16	71	23	2					112
11km			1	34	47	6					88
10km				1	13	11	3				28
9 km					3	9	6				18
8 km						3	1				5
7 km							1				1
<b>3</b>		1	35	133	89	31	11				300

**Tabelle 10 Tropopause Oktober 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
15km				1							1
14km		1	2	2							5
13km		12	34	1	1						48
12km		2	49	32	3	2					88
11km				40	17	3					68
10km				16	39	9	1				65
9 km					8	11	3				22
8 km						7					7
7 km						3	1				4
<b>3</b>		15	93	92	68	35	5				308

**Tabelle 11 Tropopause November 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
16km		1									1
15km		1									1
14km	1	1		2							4
13km	1	11	11	1							24
12km		10	26	17		1					54
11km		1	18	56	7						82
10km			5	25	22	5					57
9 km				8	29	9	1				47
8 km				3	8	9	2				22
7 km					1	2	1				4
6 km											0
5 km									1	1	2
<b>3</b>	2	25	60	112	67	26	4	0	1	1	298

**Tabelle 12 Tropopause Dezember 1971 - 80**

	-75°C	-70°C	-65°C	-60°C	-55°C	-50°C	-45°C	-40°C	-35°C	-30°C	<b>3</b>
14km		1									1
13km	1	12	4								17
12km	1	21	35	6							63
11km		5	39	35	5						84
10km			15	32	18						65
9 km				10	25	5	1				41
8 km				2	8	15	2				27
7 km						6	3	1			10
6 km							2				2
<b>3</b>	2	39	93	85	56	26	8	1			310

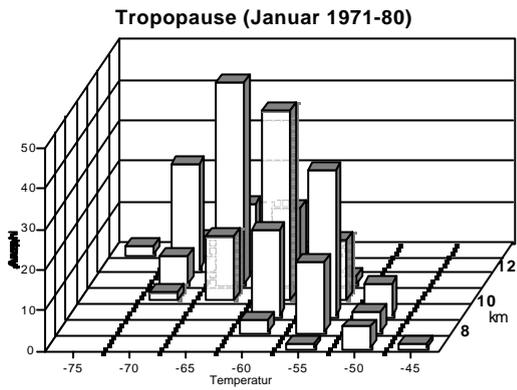


Abbildung 1

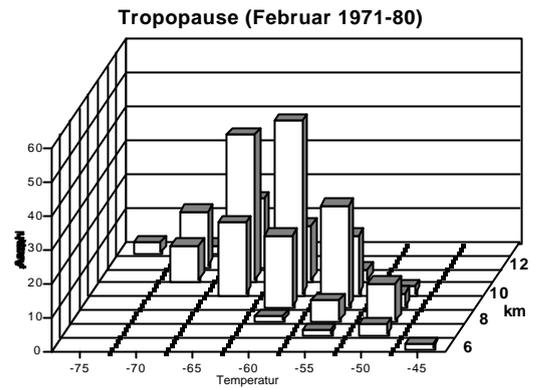


Abbildung 2

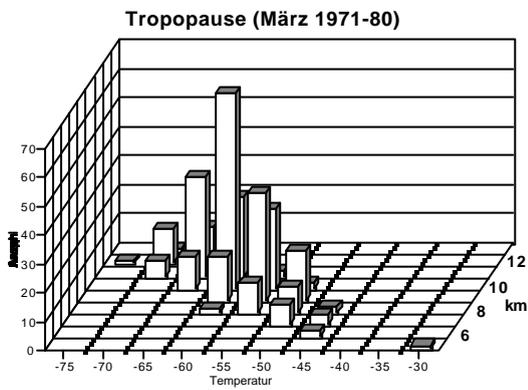


Abbildung 3

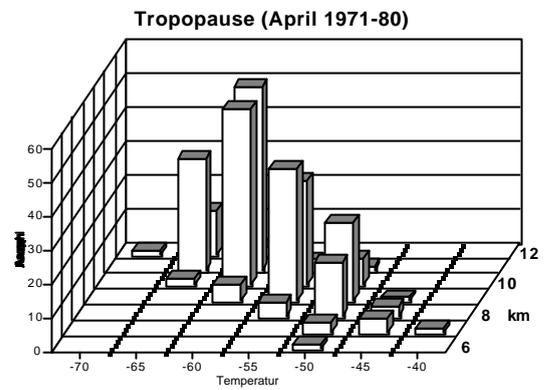


Abbildung 4

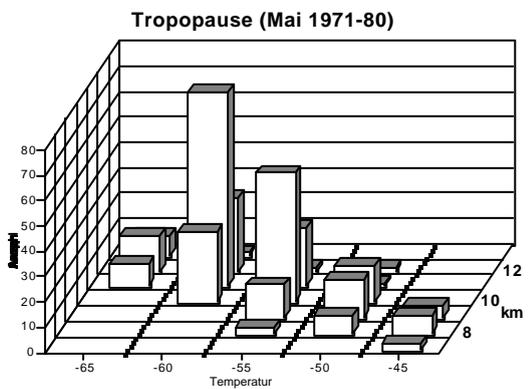


Abbildung 5

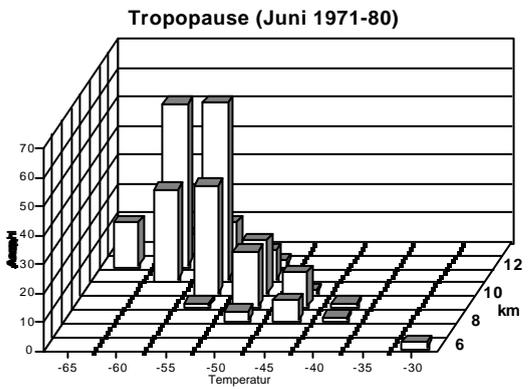


Abbildung 6

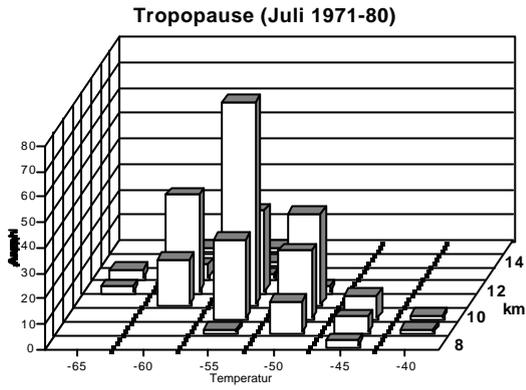


Abbildung 7

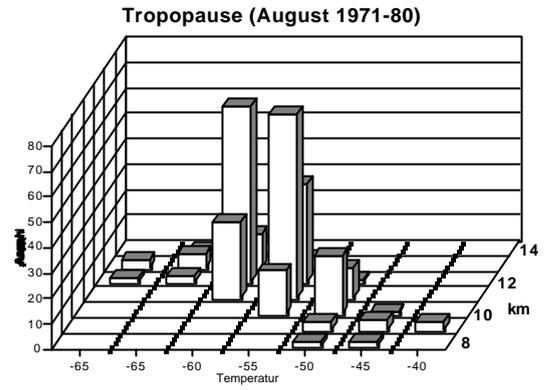


Abbildung 8

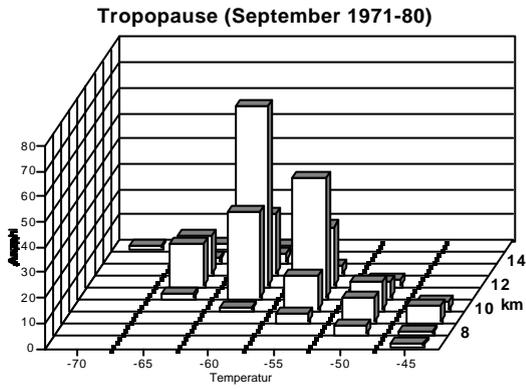


Abbildung 9

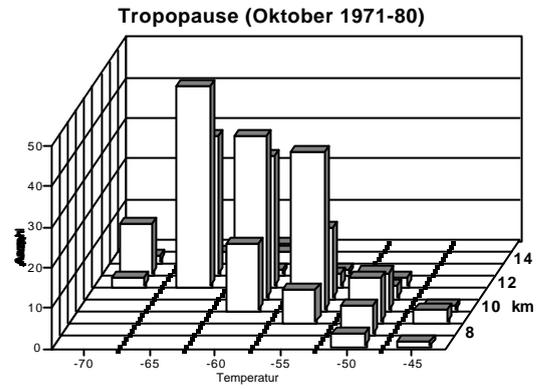


Abbildung 10

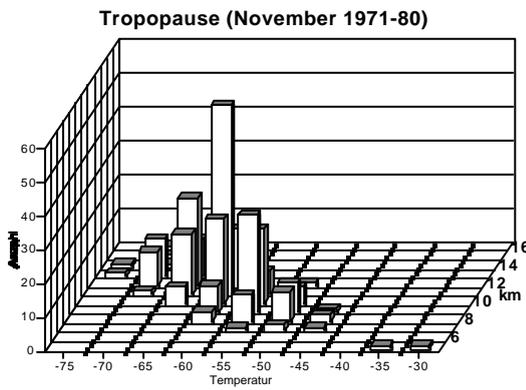


Abbildung 11

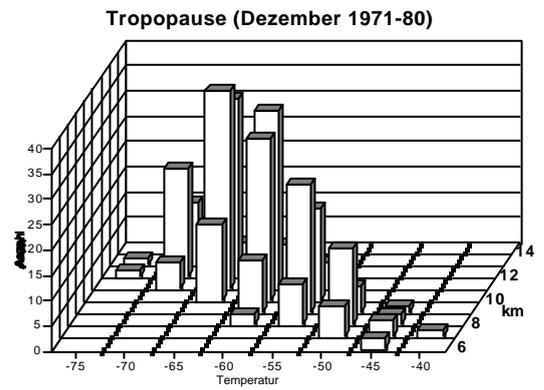


Abbildung 12

Die zweidimensionalen Häufigkeitsverteilungen zeigen ein sehr uneinheitliches Bild. Im November erreichen Höhe und Temperatur die größten Spannweiten. Es sind die Temperaturklassen von  $-30^{\circ}\text{C}$  bis  $-75^{\circ}\text{C}$  und die Höhenklassen von 5 km bis 16 km besetzt. Im Mai liegen die Werte nur zwischen  $-45^{\circ}\text{C}$  und  $-65^{\circ}\text{C}$  bzw. zwischen 7 km und 13 km. Da keine Einzelwerte vorhanden sind, konnten die Verteilungsfunktionen nicht berechnet werden. Es läßt sich aber zeigen, daß in den meisten Monaten die Häufigkeiten deutlich von einer zweidimensionalen Normalverteilung abweichen.

Mittelwerte sind in PANTZKEs Aufzeichnungen weder für die Höhe noch für die Temperatur der Tropopause gefunden worden. Sein interner Bericht [8] enthält aber zwei Handskizzen, die den zeitlichen Verlauf dieser beiden Größen zeigen. In graphisch etwas überarbeiteter Form zeigt Abbildung 13 den Jahresgang der Tropopausentemperatur über Berlin und Abbildung 14 die Monatsmittel der Tropopausenhöhe. Es fällt auf, daß die tiefste Temperatur der Tropopause mit ca.  $-61^{\circ}\text{C}$  in den Januar fällt, die geringste Höhe aber mit rund 9000 m in den März. Genauso deutlich ist der Unterschied bei den Maxima. Hier liegt die höchste mittlere Temperatur mit etwa  $-54^{\circ}\text{C}$  im Juli, die größte mittlere Höhe aber im September.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß weder die Tropopausentemperatur noch die Höhe der Tropopause normalverteilt sind. Da die Originaldaten nicht mehr vorhanden sind, läßt sich nicht mehr prüfen wieweit die in den Abbildungen 13 und 14 dargestellten arithmetischen Mittelwerte die Verhältnisse ohne allzu große Verzerrungen darstellen.

Eine grobe Abschätzung der Mittelwerte und der Dichtemittel aus den Häufigkeitsverteilungen zeigte, daß in einigen Monaten die Abweichungen von einer Normalverteilung nur gering sind (zum Beispiel im Januar). In anderen Monaten treten aber große Abweichungen auf, so daß der Jahresgang der beiden Größen nur orientierenden Charakter haben kann.

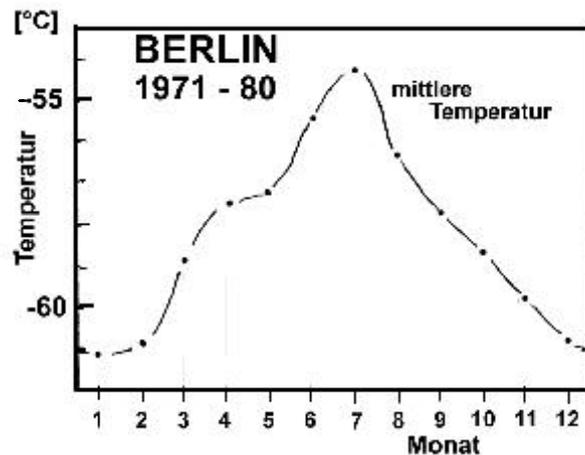


Abbildung 13. Jahresgang der Tropopausentemperatur für die Jahre 1971 - 80 über Berlin (nach PANTZKE [8])

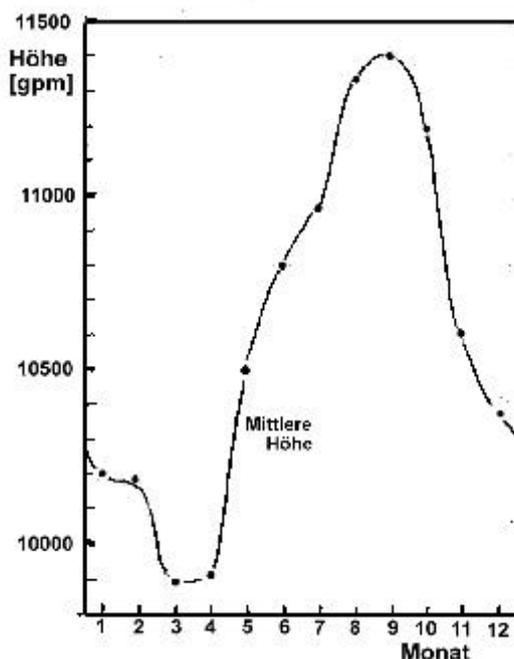


Abbildung 14. Jahresgang der Tropopausenhöhe für die Jahre 1971 - 80 über Berlin (nach PANTZKE [8])

so daß der Jahresgang der beiden Größen nur orientierenden Charakter haben kann.

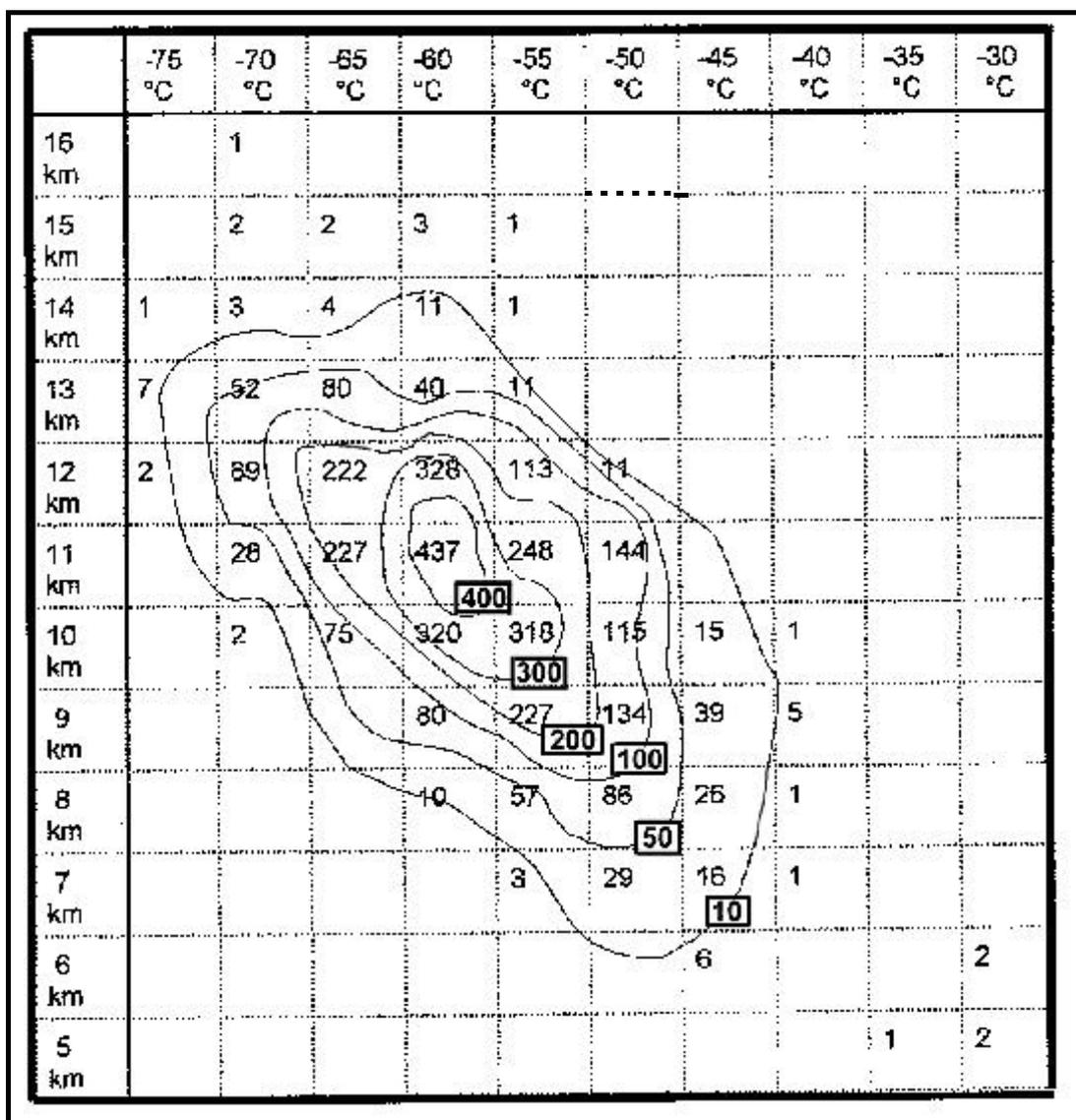


Abbildung 15. Temperatur/Höhenschnitt der Tropopausenhäufigkeit in den Jahren 1971-80  
Die Zahlen geben die Häufigkeit für die jeweilige Temperatur-Höhen- Kombination an,

Abbildung 15 zeigt das Temperatur-Höhen-Diagramm der Tropopausenhäufigkeit über Berlin in den Jahren 1971-80. Mit 437 Fällen (etwa 12%) liegt bei 11 km Höhe und einer Temperatur von  $-60^{\circ}\text{C}$  das Maximum dieser Verteilung. Trotz der großen Streuung in beiden Parametern ist deutlich eine Ausrichtung der Punktwolke zu erkennen. Als grobe Orientierung kann angenommen werden, daß die Tropopausentemperatur mit jedem Höhenkilometer um  $5^{\circ}\text{C}$  abnimmt.

Die fünf Fälle in der rechten unteren Ecke des Diagramms sind statistisch gesehen keine Ausreißer. Bei einem größeren Stichprobenumfang wären sie vermutlich nicht vom übrigen Datenkollektiv abgesetzt. Ein signifikantes Über- bzw. Unterschreiten der bisherigen Extrema wäre allerdings in Berlin weder bei der Temperatur noch bei der Höhe zu erwarten.

## Schrifttum

1. Pantzke, E. Monatliche Mittel- und Höchstwerte des Windes für Berlin 1951-1993  
Interner Bericht, WAG 6-1/94 (unveröffentlicht)
2. Pantzke, E. Vorläufige monatliche Mittel- und Extremwerte der Temperatur für die Standarddruckflächen über Berlin 1901-1993  
Interner Bericht, WAG 6-2/94 (unveröffentlicht)
3. Pantzke, E. Vorläufige monatliche Mittel- und Extremwerte des Geopotentials für die Standarddruckflächen über Berlin 1901-1993  
Interner Bericht, WAG 6-3/94 (unveröffentlicht)
4. Pantzke, E. Vorläufige monatliche Mittel- und Extremwerte Taupunkt, relative Luftfeuchtigkeit und Mischungsverhältnis für Standarddruckflächen über Berlin 1954-1993  
Interner Bericht, WAG 6-4/94 (unveröffentlicht)
5. Pantzke, E. Kurze Chronik der Radiosondenstation der FU Berlin auf dem Flughafen Tempelhof.  
Interner Bericht, WAG 6-5/94 (unveröffentlicht)
6. Pantzke, E. 10 Jahre Radiosondenstation der Freien Universität Berlin  
Beil. z. Berl. Wetterkarte SO 76/66 (1966)
7. Pantzke, E. Aeroklimatologie Berlin 1971 - 1980 Standardabweichungen für Temperatur, Geopotential, Wind und Feuchte an einigen Hauptdruckflächen.  
Interner Bericht, WAG 6-6/94 (unveröffentlicht)
8. Pantzke, E. Die Tropopause und die Nullgrad-Grenze über Berlin im Zeitraum 1971-80  
Interner Bericht, WAG 6 - 1/93 (unveröffentlicht)
9. Pantzke, E. Korrekturwerte für die Berliner Radiosondendaten 1982/83  
Interner Bericht, WAG 6 3/92 (unveröffentlicht)
10. Pelz, J. Die Höheninversionen in Berlin für die Jahre 1973 bis 1993  
Beiträge des Inst. f. Meteorol. der FU Berlin zur Berl. Wetterkarte ( im Druck)
11. -- Vorschriften und Betriebsunterlagen, Nr. 2, (VuB 2)  
Wetterschlüsselhandbuch, Band A, 3. Ausgabe  
Deutscher Wetterdienst, Offenbach 1982