

## DIE PLATEAU STATION IN DER ANTARKTIS

Michael Kuhn, Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck



Abb. 1: Die Plateau Station war ein Jahr nach ihrer Errichtung schon teilweise mit Schnee zugeweht.

Im Südsommer 1965/66 wurde im Rahmen des US Antarctic Research Program die Plateau Station auf 79°15' S, 40°30' E in 3625 m Höhe errichtet. Acht Jahre nach dem Beginn des Internationalen Geophysikalischen Jahrs waren auf dem ausgedehnten Hochplateau der Ostantarktis noch so viele weiße Flecken, dass, jeweils mehr als 1000 km von den Inlandstationen South Pole und Vostok entfernt, neue Beobachtungen zur Meteorologie und Glaziologie sowie zum Studium von Radiowellenausbreitung, Erdmagnetismus und Polarlichtern diese Lücken füllen sollten.

Klima und Erreichbarkeit dieses Orts waren so extrem, dass die Plateau Station von vornherein nur für drei Jahre Betrieb und eine Mannschaft von nur acht Personen geplant wurde. Von Neuseeland flog eine damalige Hercules C-130 rund zehn Stunden zur Basisstation McMurdo an der Küste der Ross-See, von dort drei Stunden zur Südpolstation in 2800 m Höhe und weiter drei Stunden zur Plateau Station. Navigation mit damaligen Mitteln, d.h. ohne GPS und mit begrenzter Radarreichweite bedeutete, dass manchmal ein Flugzeug die Station nicht fand und umkehren musste. Die Zeit des Flugverkehrs war auf Ende Oktober bis Anfang Februar beschränkt, weil die Hydraulikflüssigkeit der Hercules unter  $-50^{\circ}\text{C}$  zu zäh wurde. Die Piste aus gewalztem Schnee war so weich und die Luft so dünn, dass die Maschinen die zusätzliche Schubkraft von sechs Raketen brauchten, um starten zu können.

Der elektrische Strom wurde von zwei Dieselgeneratoren geliefert, mit deren Abwärme auch der Schnee für die tägliche Wasserversorgung geschmolzen wurde. Der Treibstoff lagerte in zwei Plastikbehältern außerhalb des Lagers, wurde aber ständig durch das warme Gebäude zirkuliert um bei den tiefen Temperaturen nicht zu erstarren. Zur Sicherheit war die Station mit Nahrungsmitteln und Diesel für zwei Jahre ausgestattet. Als Sicherheit für den Fall eines Brandes war in 300 m Entfernung eine jederzeit betriebsbereite zweite Station errichtet worden.



Abb. 2: Blick vom 32 m hohen Messturm auf die Plateau Station

Der Luftdruck der Station reichte von 580 bis 640 hPa, das entspricht Höhen von 4450 bzw. 3700 m in der Standardatmosphäre der mittleren Breiten. Beim mittleren Stationsdruck von 609 hPa liegt der Siedepunkt des Wassers bei  $86,3^{\circ}\text{C}$ , was vor allem den Koch herausforderte, der davor unter den Hochdruckverhältnissen eines U-Boots der US Navy gearbeitet hatte. Die absolute Höhe der Station, 3625 m, wurde etwas unsicher aus dem Druckunterschied zur Südpolstation und der dortigen Radiosondentemperatur berechnet.

Der Jahresgang des Luftdrucks entspricht mit hohen Werten im Sommer dem, den man auch auf den Bergstationen der mittleren Breiten findet. Gelegentliche synoptische Störungen bringen auch im Winter hohen Druck, hohe Temperatur und Windgeschwindigkeit, bleiben aber im Klima

der Ostantarktis eher die Ausnahme. Das Wetter des antarktischen Plateaus ist von einem Tief in der oberen Troposphäre, einem Hoch in Bodennähe und starkem Absinken geprägt, was zu geringer Bewölkung und extrem geringem Niederschlag führt: die Jahresakkumulation an der Plateau Station war 30 mm, wovon nach groben Schätzungen ca. ein Drittel aus Wolken und ein Drittel aus dem fast permanenten, dünnen Eisnebel fiel und ein Drittel als Rauheif am Boden gebildet wurde. Mit der typischen Dichte des Schnees in diesem Gebiet entsprechen 30 mm Wasseräquivalent einer Schneeschicht von 10 cm oder eine Eisschicht von 33 mm pro Jahr. Die gesamte Eisdicke unter der Plateau Station ist nach Radarmessungen 3300 m .



Abb. 3: Dämmerungsbogen und Purpurlicht auf der Plateau Station. Der Öffnungswinkel der Kamera ist  $92^\circ$ .

Mit einer mittleren Albedo von 0,84 werden im kurzwelligen Bereich im Sommerhalbjahr  $0,72 \text{ GJ m}^{-2}$  vom Schnee absorbiert, und damit wird auch die Gesamtbilanz positiv. An einigen Sommertagen führte das bei Temperaturen von  $-25^\circ\text{C}$  zu überadiabatischen Gradienten in der Grenzschicht und zur Bildung von Cumulus humilis darüber.



Abb. 4: Erdschatten, Reflexion des Purpurlichts und Vollmond im Gegenpunkt des Sonnenuntergangs.

Monatssummen der langwelligen Strahlungsbilanz bleiben durchwegs negativ. Sie erreichen  $-180 \text{ MJ m}^{-2}$  im Dezember, haben aber in den Wintermonaten nur Summen von  $-42 \text{ MJ m}^{-2}$  pro Monat ( $= 1,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1} = 16 \text{ W m}^{-2}$ ). In der Winternacht reduziert sich die Energiebilanz der Oberfläche im Wesentlichen auf zwei Komponenten: die Oberflächentemperatur sinkt so lange, bis die langwellige Strahlungsbilanz durch die Zufuhr von fühlbarer Wärme ausgeglichen wird. Dabei kommt es zu extremen Temperaturinversionen, z.B. 30 K auf einem 32 m hohen mikrometeorologischen Mast, und entsprechend zu extremer Stabilität der Grenzschicht, die wiederum den turbulenten Austausch unterdrückt.

Month	Mean Sta. press. <sup>a</sup> (mbar)	Temperature <sup>a</sup> (C)			Number of days with <sup>b</sup>			Mean cloudiness <sup>a</sup> (%)			Mean wind speed <sup>a</sup> (m sec <sup>-1</sup> )	Most frequ. wind dir. <sup>a</sup>	Peak gust <sup>a</sup> (m sec <sup>-1</sup> )	Net radiation by mo <sup>-1</sup> (IPS 1956)	Wind chill kcal m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup>
		Daily mean	Daily range	Extremes max. min.	Drifting snow	Snow fall	Ice crystals	0-3/10	4-7/10	8-10/10					
Jan.	619.0	-33.9	10.4	-18.5 -48.9	4	8	20	52.5	32.4	15.1	3.0	N	9	—	1490
Feb.	615.7	-44.4	11.8	-24.9 -60.8	8	10	28	35.8	43.4	20.8	4.2	NW	12	-340	2070
Mar.	612.7	-57.2	9.9	-35.9 -75.3	8	8	28	47.3	43.0	9.7	5.0	N	16	-920	2510
Apr.	606.7	-65.8	8.1	-42.7 -78.0	6	3	22	64.2	28.9	6.9	5.2	NNE	18	-970	2770
May	609.3	-66.4	9.4	-38.9 -80.6	6	1	25	74.5	20.2	5.4	5.4	N	16	-970	2810
June	606.3	-69.0	9.0	-32.8 -82.2	5	—	26	71.9	15.6	12.5	5.0	N	22	—	2840
July	605.3	-68.0	9.1	-43.9 -86.2	9	2	30	70.9	21.8	7.3	5.8	N	13	-950	2900
Aug.	597.3	-71.4	9.1	-41.2 -85.0	11	—	28	60.2	28.7	11.1	5.9	NNW	16	-950	3010
Sept.	602.0	-65.0	12.0	-37.8 -84.4	11	2	27	33.4	43.7	22.9	5.7	NNW	20	-960	2800
Oct.	604.0	-59.5	15.4	-37.1 -80.0	5	5	25	61.5	27.2	11.4	5.1	NNW	13	-930	2580
Nov.	613.3	-44.4	12.9	-26.7 -66.1	10	6	29	59.6	23.5	16.9	4.6	N	25	—	2110
Dec.	619.3	-32.3	13.6	-20.6 -47.8	7	6	28	47.6	32.9	19.5	3.8	NNW	12	—	1700
Annual	609.2 <sup>b</sup>	-56.4	10.9	-18.5 -86.2	90	51	316	56.6	30.1	13.3	4.9	N	25	—	2470

Tabelle: Plateau Station, Monatsmittel für die Jahre 1966-68

In diesen starken vertikalen Gradienten kommt es oft durch geringe horizontale Bewegung zu raschen Änderungen der Temperatur in einer bestimmten Höhe, z.B. am Thermometer des US Weather Bureaus in 1,5 m Höhe. In der vierten Spalte der Tabelle ist die mittlere Tagesschwankung der Temperatur angegeben – sie wird im Sommer wie bei uns durch den Tagesgang der Sonnenhöhe verursacht, in der Winternacht überwiegend durch Schwankungen der Inversion. Auch dass die absoluten Maxima der Wintermonate (Spalte 5) durchaus hoch sind muss mit der extremen, aber dünnen Inversionsschicht erklärt werden, zu der die Abbildung 5 Beispiele gibt. Eine nur 100 – 300 m dicke Inversionsschicht wird von stärkerem Wind leicht durchmischt und beseitigt, sodass bei entsprechenden synoptischen Störungen die Temperatur der freien Atmosphäre den Boden erreicht.

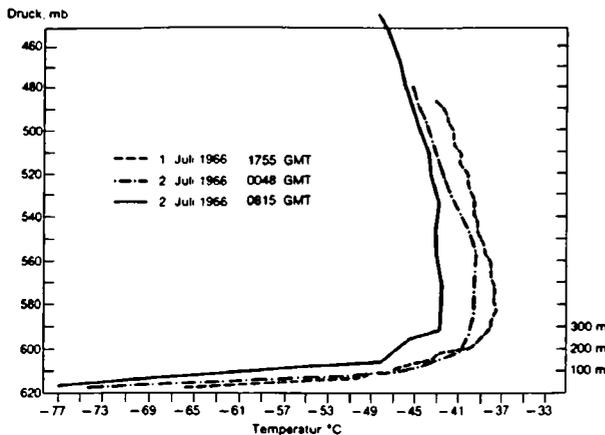


Abb. 5: Beispiele für Inversionen über der Plateau Station, gemessen mit langsamen Radiosonden.

Da sich nach Durchgang solcher Störungen nur die obersten Schneeschichten, die nach unten sehr gut thermisch isoliert sind, und die dünne Luftschicht der Inversion wieder abkühlen müssen, ist das alte Gleichgewicht und die alte Oberflächentemperatur bald wieder erreicht. Die Monatsmittel und die absoluten Minima von April bis September haben eine nur leicht fallende Tendenz, aber kein negatives Gegenstück zur Temperaturspitze des Sommers, sodass man von einem "kernlosen" Winter spricht.

Im Vergleich zu anderen Höhenstationen hat Plateau eine extrem flache Umgebung mit Änderungen der Oberflächhöhe von rund 1 m auf 1 km Entfernung. Diese für das Inlandeis typische Flachheit verstärkt noch den Eindruck der "weißen Wüste", sie gibt auch der atmosphärischen Grenzschicht einige besondere Merkmale. Die leicht geneigte barokline Grenzschicht hat in der Ostantarktis über Tausende von Kilometern ähnliche Randbedingungen (ähnliche Temperatur, ähnliche Oberflächenneigung, ähnliche Inversionsstärke), sodass sich ein weitgehend homogenes Windfeld entwickeln kann. Bei Geschwindigkeiten von einigen m/s und Entfernungen von der Größenordnung von 1000 km bildet sich ein Gleichgewicht von Schwerkraft, Reibungskraft und Corioliskraft, in dem die Strömung nahezu parallel zu den Isohypsen der Oberfläche verläuft. Die Tabelle zeigt den ganzjährig konstanten Bereich der häufigsten Windrichtung an der Plateau Station. Erst am steileren Abhang zur Meeresküste verliert die Corioliskraft gegenüber der Schwerkraft an Bedeutung und die Strömung dreht sich mehr in Richtung der Falllinie wie beim alpinen Gletscherwind.

Über dem antarktischen Plateau bedeutete die extreme Stabilität im Winter eine rasche Abnahme der Reibungskraft mit der Höhe und damit eine Drehung des Winds. Zur Untersuchung der Vertikalprofile von Windstärke, Windrichtung und Temperatur wurde ein 32 m hoher Mast errichtet (Abb. 6), auf dem diese Größen in 10 Niveaus gemessen wurden. In vielen Fällen erreichte die Winddrehung in diesen untersten 32 m der Atmosphäre 90°, an einigen Tagen wurden komplette Ekmanspiralen registriert, sodass die Turmspitze bereits in der freien Atmosphäre lag.

Die synoptischen Beobachtungen im 3 bis 6 Stundenabstand und die Strahlungsmessungen wurden von Januar 1966 bis Dezember 1968 durchgeführt, die Messung der Wind- und Temperaturprofile in den Jahren 67 und 68. Ganzjährig liefen auch die Messungen von geomagnetischen und ionosphärischen Prozessen, die sich in der Winternacht durch eindrucksvolle Südlichter äußerten.



Abb. 6: Auf dem 32 m hohen Messturm wurden Windrichtung, Windstärke und Temperatur in 10 Niveaus gemessen.



Abb. 7 und 8: Aurora Australis. Die Plateau Station liegt am auroral arc, der geomagnetischen Breite mit dem häufigsten Auftreten von Südlichtern.

Ich danke Herrn Fritz Pellet für die kompetente Bearbeitung der Abbildungen.

Anschrift des Verfassers:

Univ. Prof. Dr. Michael Kuhn  
 Institut für Meteorologie und Geophysik  
 Universität Innsbruck  
 Innrain 52  
 A-6020 Innsbruck, Österreich

Tel: +43 512 507 5451  
 Fax: +43 512 507 2924  
 E-Mail: Meteorologie@uibk.ac.at