

Temperatur- und Feuchtestruktur der freien Atmosphäre und ihr Tagesgang über einem einseitig geschlossenen Hochgebirgstal aus Motorseglermessungen während DISKUS

M.E. Reinhardt und H. Willeke

Institut für Physik der Atmosphäre, DFVLR Oberpfaffenhofen
Vortrag auf dem XVII. OSTIV-Kongreß in Paderborn, FRG (1981)



Bild 1 Blick ins Dismatal nach Südost

Einleitung

Im August 1980 fand im Dismatal ein größeres meteorologisches Experiment, genannt DISKUS (DISchmatal-Klima-UnterSuchungen), statt. Es diente zur Erkundung der dynamischen und energetischen Struktur der Atmosphäre in einem Gebirgstal und ihrer Entwicklung im Tagesgang bei Hochdrucklage. Das Dismatal liegt östlich von Davos in Graubünden (Schweiz) in Höhen von 1550 m bis über 3100 m NN. Es wurde u.a. wegen seiner relativ einfachen Form (Bild 1), und, weil Erfahrungen aus mehreren früher dort durchgeführten Untersuchungen zum Vergleich vorlagen (z.B. Urfer 1964), als Experimentiergebiet ausgewählt.

Es wurden verschiedene, sich ergänzende Meßsysteme eingesetzt: Klimastationen, Energiebilanzstationen, Pilotballone, Radiosonden, eine Temperatursonde an einer Drahtseilbahn, ein Sodar, Radiometer sowohl am Boden als auch an Bord einer Cessna 207, Sonden an zwei Fesselballonen und 3 Motorsegler vom Typ ASK 16. Man konnte somit u.a. die Strahlungsbedingungen registrieren und die Randbedingungen an und im Boden an ausgewählten Punkten überwachen. Radiosonden und Fesselsonden dienten zur Erfassung der vertikalen Struktur des Temperatur- und Feuchtefeldes der freien Atmosphäre über dem Tal.

Eine ausführliche Beschreibung des gesamten Experiments und erste Ergebnisse finden sich in Freytag und Hennemuth, 1981 und 1982.

Zur Meßausrüstung

Die drei ASK 16 der DFVLR sind identisch ausgerüstet. Außer den Fluginstrumenten besitzen sie an einem unter der Mitte der linken Tragfläche angebrachten Meßtank Geber für Temperatur und Feuchte sowie ein zusätzliches Staurohr, das zum Vermindern der Anströmfehler bis 144 cm vor die Flügelnahe reicht. Nahe dem Schwerpunkt sind im Rumpf noch zwei Beschleunigungsgeber vertikal und parallel zur Flugzeuglängsachse ausgerichtet angebracht. Alle Meßdaten sowie zusätzliche Zeitmarken können registriert und nach dem Flug an eine Rechenanlage zur Auswertung übergeben werden.

Zum Meßprogramm

Sieben Meßstationen waren entlang einer Linie in Talmitte eingerichtet. Vier waren auf einem Schnitt quer zum Tal bei Hof auf beiden Talseiten jeweils auf etwa der halben Hanghöhe und nahe am Grat verteilt. Bild 2 (nach Freytag und Hennemuth 1981) zeigt die Anordnung der erwähnten Stationen beim Querschnitt Hof mit Blickrichtung talaufwärts und Bild 3 das Flugmuster der Motorsegler. In drei Höhen sollten Einblicke in die Entwicklung der Strukturen von Temperatur- und Feuchteverteilungen gewonnen und so die übrigen Messungen ergänzt werden. Dazu wurde ein Flugweg entlang der Talmitte mit zwei Querungen des Tals bei Hof und bei Dürrboden vereinbart. So wurden alle

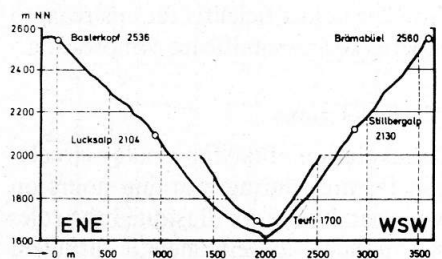


Bild 2 Anordnung der Bodenstationen im Talquerschnitt (Blickrichtung talaufwärts)

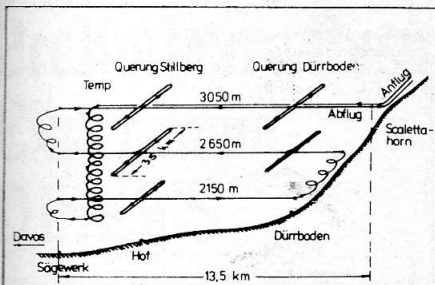


Bild 3 Flugmuster und Höhenstufen der Motorsegler

Stationen im Tal und am Hang, z.B. Stillberg, überflogen und zusätzlich Meßwerte in einem zweiten Talquerschnitt bei Dürnboden, einer Station mit Fesselsonde, Sodar und Energiebilanzstation, gewonnen. Über oder neben der zweiten Fesselsonde nordwestlich Hof wurden jeweils beim Abstieg Vertikalsondierungen aufgenommen.

Während des Experiments waren zwei Intensivmeßphasen angesetzt (6.8, 04.30 bis 7.8., 10.30 MEZ und 11.8., 04.30 bis 12.8., 10.30 MEZ) mit abwechselndem Einsatz der Motorsegler von 05.30 bis 21.30 MEZ. Es sollte möglichst dauernd ein Motorsegler beim Meßflug sein, Nachtflug war dabei nicht möglich. Die Motorsegler waren am Flugplatz Samaden im Oberen Engadin stationiert. Da dort Starts und Landungen nur von 08.00 bis 19.00 MEZ erlaubt sind, mußte der Frühflug in Altenrhein beginnen und der Spätflug dort enden.

Beim Anflug aus Samaden kam man nach Übersteigen der Paßhöhe hoch über dem Tal an, flog einige Minuten im Verband mit dem abzulösenden Vorgänger zur späteren Kontrolle und Anknüpfung der Daten und begann dann das Flugmuster mit dem Abstieg von 3000 m auf 2000 m NN in der Nähe der erwähnten Fesselsonde zum Erstellen eines Temps (Bild 3). In dem unteren Niveau von ca. 2150 m NN konnte über Dürnboden keine Querung geflogen werden, da das Tal dort zu eng ist. Das Flugmuster wurde pro Flug zweimal absolviert. Beim Anflug aus Altenrhein wurde zu Beginn keine Vertikalsondierung vorgenommen, sondern gleich mit dem Flugniveau 2150 m begonnen, da beim Anflug kein hoher Paß zu überqueren ist.

Wegen Sichtbehinderung durch Wolken bzw. Nebel im Dischmatal am Morgen des 6.8., am Abend des 10.8. und am Morgen des 11.8., mußte bei beiden Intensivmeßphasen das Meßprogramm gekürzt werden. Am 6.8. konnte von 09.30 bis 19.27 MEZ, am 7.8. von 06.19 bis 11.36 MEZ und am 11.8. von 06.26 bis 18.00 MEZ im Meßgebiet geflogen werden. Der erste Abstieg mit Vertikalson-

dierung am 6.8. konnte erst unter der Wolkenbasis bei 750 hPa begonnen werden.

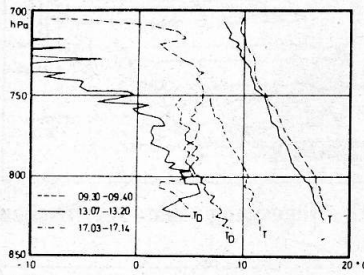


Bild 4 3 Temperatur- und 3 Taupunktkurven am 6.8.1980 im Dischmatal

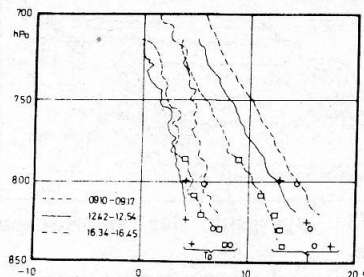


Bild 5 3 Temperatur- und 3 Taupunktkurven am 11.8.1980 im Dischmatal mit ergänzenden Meßwerten von einer Fesselsonde

Meßergebnisse

Die Bilder 4 und 5 zeigen als Beispiele je 3 Vertikalsondierungen vom 6. und 11.8. mit Temperatur und Taupunkt aus Messungen der Motorsegler. Vom 6.8. liegen 7 dieser Sondierungen zwischen 09.30 und 18.29 MEZ und vom 11.8. 9 zwischen 07.41 bis 18.00 MEZ vor. Es wurden jeweils aus der Schar der Temperaturverläufe die beiden Randkurven und eine Mittagssondierung ausgewählt. Am 6.8. (Bild 4) fällt die hohe Feuchtezunahme oberhalb 750 hPa am Nachmittag und die geringe Erwärmung von 13.00 bis 17.00 MEZ auf. Am 11.8. (Bild 5) sinkt die Temperatur zwischen 07.41 und 09.10 MEZ sogar noch. Die Variation des Taupunktes ist nahezu gleichmäßig im erfaßten Höhenbereich. Hier konnten zeitnahe Anschlußwerte von der Fesselsonde eingezeichnet werden (A. Aepli in Freytag und Hennemuth, 1981), welche für den 6.8. leider nicht vorliegen.

Zur Veranschaulichung der Entwicklung im Tagesgang wurde versucht, die Meßgröße Temperatur oder spezifische Feuchte über der Meßstrecke und der Tageszeit perspektivisch darzustellen. Es wurden dafür alle gleichen Meßabschnitte für eine Intensivmeßphase zusammengefaßt. Die Bilder 6 bis 17 zeigen die Tagesgänge der potentiellen Temperatur und der spezifischen Feuchte für den Talquerschnitt bei Hof. Links

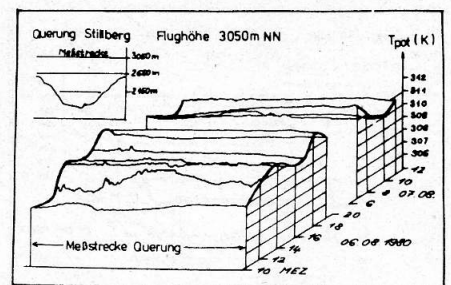


Bild 6 Tagesgang der potentiellen Temperatur

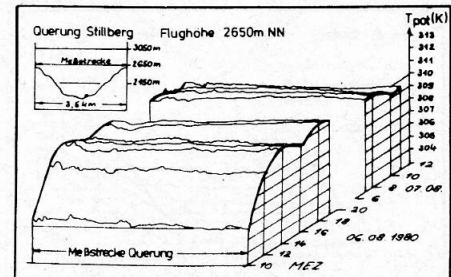


Bild 7 Tagesgang der potentiellen Temperatur

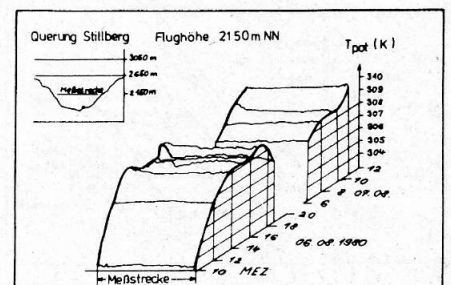


Bild 8 Tagesgang der potentiellen Temperatur

oben im Bild ist jeweils das Relief des Talquerschnitts und darüber die Lage der Flughöhe eingezeichnet. Die Überhöhung ist 1,5 fach. Nach dem Gradienten der zeitnächsten Sondierung wurden Fehler durch Abweichungen von der Sollhöhe für jede Kurve korrigiert. Leider wurden für die Bilder der Intensivmeßphase I ein anderer Längenmaßstab der Meßstrecke gewählt als für Intensivmeßphase II, so daß die Kurven von der 2. Intensivmeßphase gegenüber der 1. Phase gestaucht sind.

Der Entwicklung der Darstellungen zu den Bildern 6 bis 17 liegt das von Karten gewohnte Bild „links Westen, rechts Osten“ zugrunde, so liegt hier die west-südwestliche Talseite links und nicht rechts wie in den Bildern 1 und 2. Im Vergleich der Tagesgänge der potentiellen Temperatur ergibt sich an den Tagen 6./7. und 11.8. ein sehr unterschiedliches Verhalten (vgl. Bilder 5, 6, 7, mit 8, 9, 10!). Beide Tage sind als Strahlungstage mit Konvektionsbewölkung zu klassifizieren, jedoch zeigt der 6./7.8. im ersten Teil ein doppeltes Tagesmaximum und im zweiten Teil am Morgen des 7.8. auch kein Absinken auf das mor-

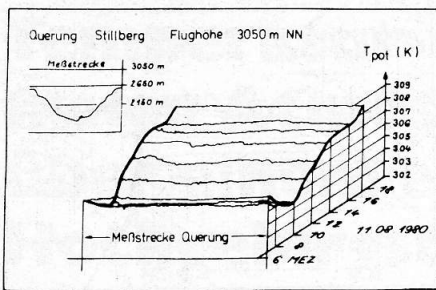


Bild 9 Tagesgang der potentiellen Temperatur

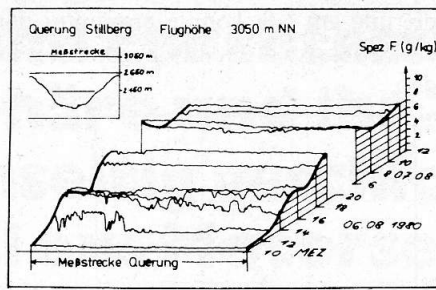


Bild 12 Tagesgang der spezifischen Feuchte

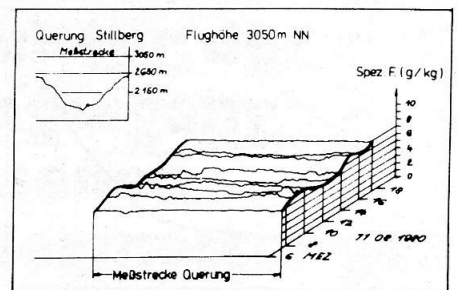


Bild 15 Tagesgang der spezifischen Feuchte

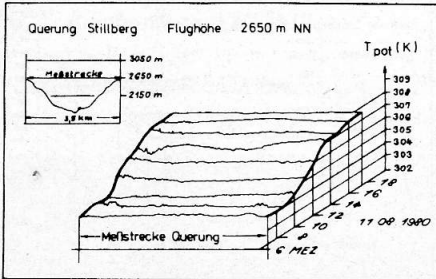


Bild 10 Tagesgang der potentiellen Temperatur

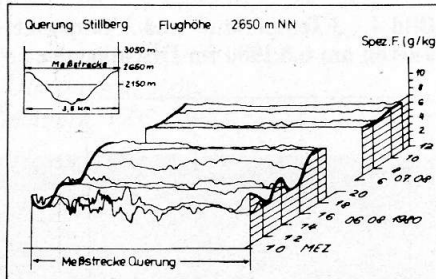


Bild 13 Tagesgang der spezifischen Feuchte

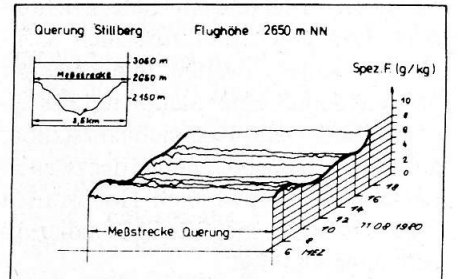


Bild 16 Tagesgang der spezifischen Feuchte

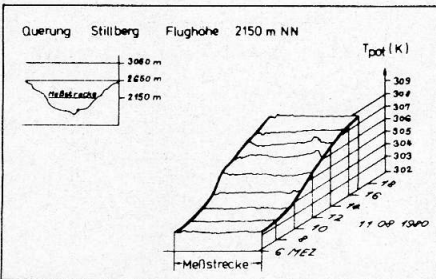


Bild 11 Tagesgang der potentiellen Temperatur

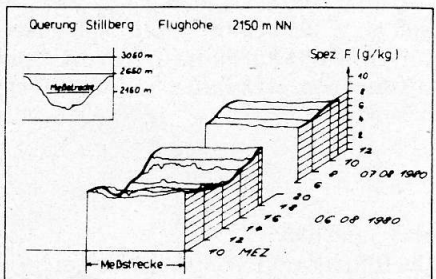


Bild 14 Tagesgang der spezifischen Feuchte

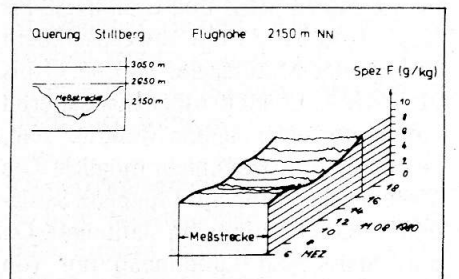


Bild 17 Tagesgang der spezifischen Feuchte

gendliche Minimum, sondern einen Verbleib auf dem hohen Niveau des Vortages. Die starken Variationen der spezifischen Feuchte während des 6.8. deuten hier auf Advektion wärmerer, feuchterer Luft als Ursache hin (Bilder 12, 13, 14). Die potentielle Temperatur am 11.8. entspricht eher dem normalen Tagesgang eines Strahlungstages, hier bleibt die spezifische Feuchte im Tagesgang relativ konstant (Bilder 15, 16, 17). Die Aufheizung der freien Atmosphäre in den verschiedenen Höhenstufen am 11.8. ist nicht sehr differenziert (Bild 18). Ein Vergleich von Bodenmessungen an verschiedenen Meßstationen am 11.8.80 mit langjährigen Mittelwerten (Urfer, 1981) zeigt eine Verschiebung des Maximums zum Nachmittag hin (Bild 18). Während die Gratstationen Baslerkopf (2536 m NN) und Brämabüel (2560 m NN) im ganzen Tagesgang um fast 3 Grad unter dem Mittel (dicker ausgezogen) bleiben, aber etwa die gleiche Aufheizung wie dieses haben, kommen die Stationen Teufi 1900 m NN in Talmitte, Lucksalp 2104 m NN und Stillberg 2130 m NN (Bild 2) an den Hängen in den Anfangs- und Endwerten dem Mittel sehr nahe, zeigen jedoch ein schwä-

cheres Maximum. Der Meßtag 11.8.80 der Intensivmeßphase II in DISKUS muß daher insgesamt zu den schwächeren Konvektionstagen gerechnet werden. Weitere Ergebnisse wurden mittlerweile von Egger (1981 a, 1981 b, 1982, 1983) und Schmidt (1983) veröffentlicht.

Egger, J. 1981 a: Thermally forced circulations in a valley. Geoph. Astroph. Fluid Dyn., 17, 255-279

Egger, J. 1981 b: Zur Theorie der thermisch angefachten Zirkulation in einem Tal. Ann. Met. NF, 16, 116-117

Egger, J. 1982: Die Druckverteilung im Dischmatal. Ann. Met. NF, 19, 181-182

Egger, J. 1983: Pressure distributions in the Dischma valley during the field experiment DISKUS. Beitr. Phys. Atm., 56, 163-176

Freytag, C.; Hennemuth, B. Hrsg. DISKUS - Gebirgswindexperiment im Dischmatal - Datensammlung Teil 1: Sondierungen. Wiss. Mitt. Met. Inst. München Nr. 43 (1981)

Freytag, C.; Hennemuth, B. Hrsg. DISKUS - Gebirgswindexperiment im Dischmatal - Datensammlung Teil 2: Bodennahe Messungen und Flugzeugmessungen. Wiss. Mitt. Met. Inst. München Nr. 46 (1982)

Schmidt, H. 1983: Gebirgswindexperiment DISKUS - Die Windverhältnisse im Dischmatal an zwei Schönwettertagen. Diplomarbeit Met. Inst. München

Urfer-Henneberger, Ch. Wind- und Temperaturverhältnisse an ungestörten Schönwettertagen im Dischmatal bei Davos. Mitt. Schweiz. Anst.

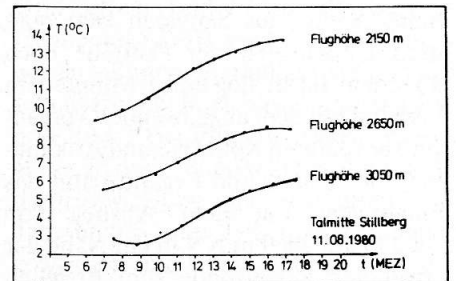


Bild 18 Aufheizung T (°C) am 11.8.1980 in drei Flughöhen über Talmitte

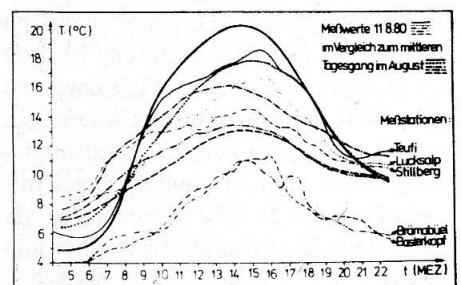


Bild 19 Vergleich des Tagesganges der Temperatur am 11.8.1980 (dünnere Zeichnung der Kurven) mit Mittelwerten, (dickere Kurven) für 5 Bodenstationen

für das Forstliche Versuchswesen 40 (1964) 389-441

Urfer-Henneberger, Ch. Mittlere Temperatur- und Windverteilung im Dischmatal bei Davos bei typischen sommerlichen Witterungslagen. Veröffentl. d. Schweiz. MZA Nr. 43 (1981)