

Ein operationeller Grenzschichthöhen-Datensatz aus den Routine-Radiosondierungen in Lindenberg

Frank Beyrich und Jens-Peter Leps, 15.02.2012

Die Obergrenze der Atmosphärischen Grenzschicht (GS-Höhe) wird üblicherweise als diejenige Höhe definiert, bis zu der sich ein unmittelbarer, d. h. innerhalb von weniger als 1 - 2 Stunden sichtbarer Einfluss von Prozessen an der Erdoberfläche auf die Struktur der unteren Atmosphäre nachweisen lässt. Wegen der Vielzahl möglicher Wechselwirkungsprozesse zwischen Atmosphäre und Unterlage, welche die Vertikalprofile von Zustands- oder Prozessparametern beeinflussen, gibt es allerdings keine einheitliche Grenzschichthöhen-Definition und die aus Messungen mit verschiedenen Vertikalsondierungssystemen auf der Basis unterschiedlicher Parameter abgeleiteten Werte können (z. T. erheblich) differieren. Eine Kenntnis der GS-Höhe ist jedoch für zahlreiche Anwendungen von Bedeutung, u. a. zur Beurteilung der Ausbreitung von Luftbeimengungen, für die Vorhersagen von Grenzschichtphänomenen (wie z. B. Nebel oder tiefer Bewölkung) oder als Skalierungsgröße für die Parametrisierung von Vertikalprofilen mittlerer und turbulenter Größen. Ihre Bestimmung basiert üblicherweise auf der Analyse von gemessenen oder modellierten Profilen meteorologischer Variablen (z. B. Temperatur, Feuchte, Wind, Turbulenzparameter, Aerosol-Rückstreu-Koeffizient). Das klassische und weltweit am meisten verbreitete Profilmesssystem im operationellen Betrieb der Wetterdienste sind Radiosondenaufstiege, deren Daten bereits seit ca. 50 Jahren zur Ermittlung der GS-Höhe genutzt werden, zumeist allerdings beschränkt auf instabile Schichtungsverhältnisse. Unter Berücksichtigung der Fortschritte in Sensortechnologie und operationeller Praxis (verbesserte Feuchtemessung, Bodenkontrolle der Sondendaten, GPS-basierte Windbestimmung, Verfügbarkeit der Daten mit 5 s Auflösung) wurde die Nutzung von Radiosondendaten für die Ableitung der GS-Höhe erneut betrachtet. Aus der Analyse der Profile von Temperatur, Feuchte und Wind erfolgt eine Bestimmung verschiedener charakteristischer Höhen, wobei als Standardwert für die GS-Höhe diejenige Höhe H_{RI} definiert wird, in der die Richardson-Zahl (Ri) einen kritischen Wert von $Ri = 0.2$ überschreitet.

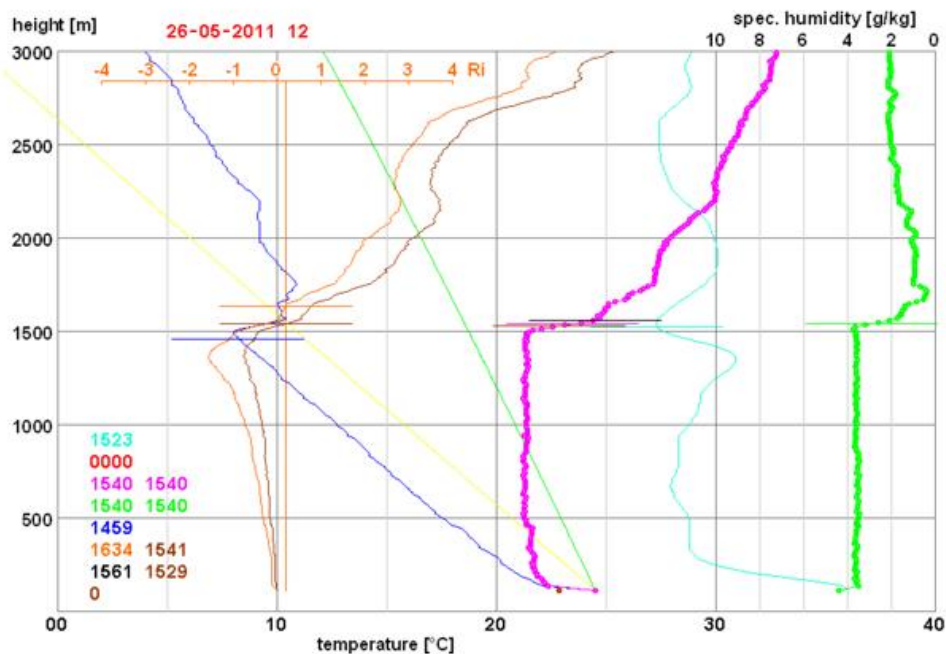


Abb. 1 – Profile des Radiosondenaufstieges vom 26.5.2011, 12 UTC und abgeleitete charakteristische Höhen: H_{RI} (orange), H_{PC} (schwarz), H_{FI} (blau), H_{θ} (pink), H_Q (grün), H_{VX} (cyan). Die braunen Werte neben H_{RI} und H_{PC} resultieren aus einer Begrenzung des bodennahen überadiabatischen Temperaturgradienten, der vor allem im Sommer zum Mittagstermin oft beobachtet wird.

Dieses Kriterium ist anwendbar für alle Typen der Stabilität der Schichtung in der atmosphärischen Grenzschicht und ist kompatibel zu dem auch im DWD genutzten Verfahren einer Bestimmung der GS-Höhe aus den Modellergebnissen der NWV. Ferner werden bestimmt die Niveaus von Maxima der vertikalen Gradienten von potentieller Temperatur (H_{θ}) und spezifischer Feuchte (H_Q), die Obergrenzen von Bodeninversionen (H_{SI}) und die Untergrenzen von freien Inversionen (H_{FI}), die Höhen signifikanter Windmaxima (H_{VX}) und diejenigen Höhen, bis zu der ein bei instabiler Schichtung adiabatisch aufsteigendes Teilchen wärmer als seine Umgebung ist (H_{PC}). Aus den Differenzen zwischen H_{RI} und den anderen charakteristischen Höhen werden für jeden einzelnen GS-Höhen-Wert ein Unsicherheitsmaß und daraus ein Qualitätskennzeichen abgeleitet. Abb. 1 zeigt in einem Beispiel die Ergebnisse der Anwendung der verschiedenen Kriterien auf die Daten eines gegebenen Radiosonden-Aufstieges.

Mit den skizzierten Verfahren wurden die Daten der Radiosondenaufstiege am MOL-RAO rückwirkend seit 1.1.1997 analysiert, die Anwendung erfolgt inzwischen quasi-operationell. Um fragwürdige Interpretationen zu reduzieren, wurde darüber hinaus ein Werkzeug entwickelt, das eine visuelle Kontrolle der Ergebnisse gestattet und zugleich die Möglichkeit bietet, den Standardwert H_{RI} durch einen alternativen Wert zu ersetzen, wenn die Zusammenschau der Profile dies nahe legt. Eine statistische Betrachtung der Daten aus den Jahren 2001 - 2010 zeigt, dass GS-Höhen mit einer Unsicherheit von < 10 % bzw. 50 m, in Abhängigkeit von der Aufstiegszeit, für 40 -

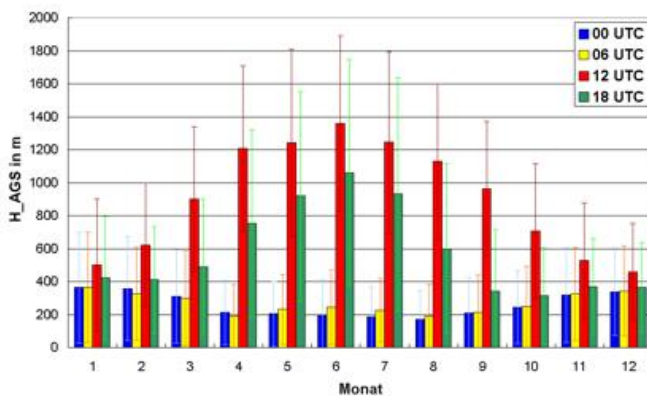


Abb. 2 - Jahrgang der Monatsmittelwerte der GS- Höhe für die vier Radiosonden-Aufstiegs- termine in Lindenberg, 2001 - 2010

60 % der Profile abgeleitet werden konnten (mit der höchsten Erfolgsquote für die 12 UTC Aufstiege und den größten Unsicherheiten für die 18 UTC Aufstiege). Die mittlere monatliche GS-Höhe um 00 UTC liegt zwischen 150 m und 200 m im Sommer und zwischen 250 m und 350 m im Winter (siehe Abb. 2). Mittlere GS-Höhen um 12 UTC variieren zwischen etwa 500 m in den Wintermonaten und bis zu 1400 m im Frühsommer. Für die Unsicherheit der abgeleiteten GS-Höhen liegt für den 12 UTC Termin der Median bei etwa 100 m und zeigt kaum einen Jahrgang. Für den 00 UTC Termin variiert der Median zwischen etwa 50 m in den Sommer- und etwa 100 m in den Wintermonaten.

Der gewonnene GS-Höhen-Datensatz steht für Anwendungen in der Umweltmeteorologie ebenso zur Verfügung wie als Referenzdatensatz für die Bewertung von Modellergebnissen oder alternativen Messverfahren. In Abb. 3 wird dies an einem Beispiel illustriert.

Die Abbildung zeigt, dass die aus den Modellvorhersagen für den Gitterpunkt Lindenberg (ebenfalls auf der Basis eines Ri-Verfahrens) abgeleiteten mittäglichen Grenzschichthöhen tendenziell – vor allem in den Sommermonaten – um etwa 100 - 300 m zu niedrig sind.

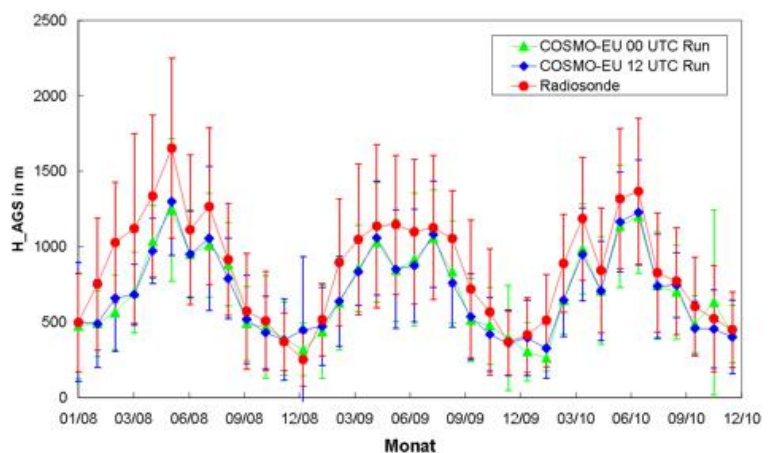


Abb. 3 - Monatsmittelwerte der GS-Höhe für die Mittags-Radiosonden-Aufstiege (12 UTC) der Jahre 2008 - 2010 im Vergleich zu aus den COSMO-EU Vorhersagen abgeleiteten Werten