

Darstellung konvektiver Grenzschichten im TA Luft Modell und Vergleich mit Messungen



Auswirkungen der Parametrisierung der Grenzschichthöhen im TA Luft Modell auf die berechneten Stofftransporte

Markus Hasel¹⁾, Jost Nielinger¹⁾, Ulrich Corsmeier²⁾

¹⁾IMA Richter & Röckle, Niederlassung Stuttgart
07156 – 4389 -16, hasel@ima-umwelt.de

²⁾Forschungszentrum Karlsruhe, Inst. f. Meteorologie und Klimaforschung

Im von der TA Luft vorgegebenen Ausbreitungsmodell wird ein konvektiver Zustand der atmosphärischen Grenzschicht nur vereinfacht beschrieben. Die Auswertungen aktueller Messprogramme belegen ein deutlich differenzierteres Verhalten der Mischungsschicht. Die tageszeitliche Entwicklung der vertikalen Ausdehnung ist ein wichtiger Parameter für die Ausbreitung und Verdünnung von Luftbeimengungen, deren turbulente Vertikaltransporte durch flugzeuggestützte Messungen in der Mischungsschicht quantitativ bestimmt werden konnten.

Messungen

Im Rahmen des AFO2000-Projekts VERTIKATOR fanden im Mai und Juni 2002 im nördlichen Teil des Schwarzwalds umfangreiche meteorologische Messungen statt. Aus Radiosondendaten und Messungen mehrerer Forschungsflugzeuge konnten unter anderem die Grenzschichthöhen über dem flachen Rheintal und dem Mittelgebirge bestimmt werden. Unter den herrschenden sommerlichen konvektiven Bedingungen entwickelten sich Grenzschichten mit einer vertikalen Ausdehnung von bis zu 2000 m über Grund (Abb. 1). Der Vergleich zwischen der konvektiven Grenzschicht über dem Rheintal und dem Schwarzwald zeigt zwei Fälle: gleich hohe und damit geländefolgende Grenzschichten über Tal und Mittelgebirge oder eine höhere über dem Schwarzwald (Abb. 2). Bei Anwesenheit thermischer Windsysteme kann sich die Mischungsschicht im Tagesverlauf im Bereich des Schwarzwald-Hauptkamms schneller entwickeln. In die Grenzschichtentwicklung fließen somit viele Faktoren ein, die zum Teil von numerischen Modellen nicht erfasst bzw. nicht aufgelöst werden.

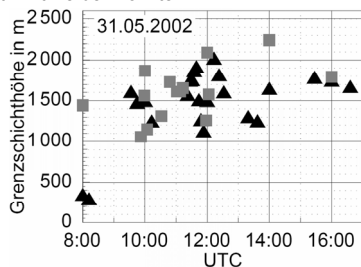


Abb. 1: Bsp. für Grenzschichthöhen über dem Rheintal (Quadrate) und dem Schwarzwald (Dreiecke) während VERTIKATOR

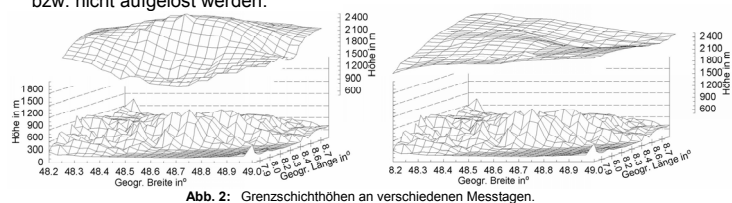


Abb. 2: Grenzschichthöhen an verschiedenen Messtagen.

Die Grenzschichthöhe ist ein wichtiger Parameter für Ausbreitung und Verdünnung von Spurenstoffen wie Stickoxiden. Es konnten im Rahmen von VERTIKATOR turbulente vertikale Transporte von Luftbeimengungen durch flugzeuggestützte Messungen in der Mischungsschicht quantitativ bestimmt werden (Abb. 3). Die Flüsse dieser Parameter unterliegen maßgeblich dem Einfluss der Quellen und Senken der chemischen Verbindungen: **Das emittierte NOx wird in der konvektiven Grenzschicht nach oben gemischt.** Bei einer höheren Mischungsschicht steigt das Volumen, in dem Luftschadstoffe durch den Transport verdünnt werden, daher nimmt ihre Konzentration ab; umgekehrt steigt die Konzentration bei niedrigerer Grenzschichthöhe, wenn sich die sonstigen meteorologischen Parameter nicht ändern.

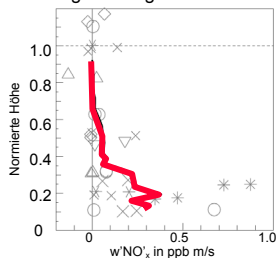


Abb. 3: Vertikalprofile der turbulenten Flüsse von Stickoxiden über dem Rheintal

Ausbreitungsrechnung

Im von der TA Luft vorgegebenen Ausbreitungsmodell wird die Grenzschichthöhe unter konvektiven Bedingungen (Klug-Manier-Klassen III.2 bis V) mit einem sehr einfachen Ansatz parametrisiert: sie wird jeweils auf einen konstanten Wert gesetzt. Die tatsächliche Variabilität der Grenzschicht ist damit nur stark eingeschränkt im Modell repräsentiert. Um die Auswirkungen dieser Einschränkung zu untersuchen, wurde eine Simulation über den Zeitraum eines Tages mit ebenem Gelände und einer homogenen Anströmung aus SW verglichen mit dem Ergebnis einer Berechnung, bei der unter ansonsten gleichen Bedingungen die Grenzschichthöhen aus der Messung vorgegeben wurden (Abb. 4). Angesetzt wurden zwei Punktquellen in 10 m bzw. 50 m Höhe, aus denen ein Normgas sowie Stickoxide und Geruch emittiert werden. Die Ergebnisse der Simulationen werden über das Verhältnis der maximal auftretenden Konzentration in Bodennähe verglichen, die im Zeitintervall von einer Stunde auftraten.

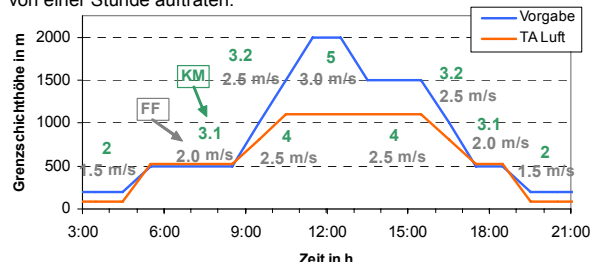


Abb. 4: Grenzschichthöhen, die das Modell automatisch ermittelt und aufgrund von Messergebnissen vorgegebene Grenzschichthöhen.

Auch im Modell hat die Höhe der Grenzschicht entscheidenden Einfluss auf die berechneten Konzentrationen. Steigt die Grenzschichthöhe wie im Zeitraum zwischen 11:00 und 13:00 Uhr, reduziert sich die maximale Konzentration deutlich – das Verhältnis zwischen Simulation mit Standardhöhen und vorgegebenen Höhen ist daher größer 1. Für die bodennahe Quelle wird maximal ein Faktor von 1.34, bei einer höheren Quelle noch größere Werte von bis zu 1.48 erreicht (Abb. 5). **Die vom Standardmodell bestimmten Immissionen sind folglich immer größer als bei einer realistischeren Grenzschichthöhen-Modellierung unter sommerlich-konvektiven Bedingungen.**

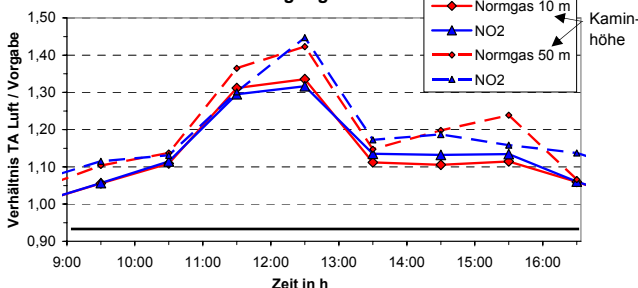


Abb. 5: Verhältnis der maximal auftretenden Konzentrationen pro Zeitintervall bei automatisch ermittelten und vorgegebenen Grenzschichthöhen. Gezeigt sind die Verhältnisse für die Komponenten Normgas und NO₂ für eine Punktquelle in 10 m und 50 m über Grund.

Fazit

Die Höhe der Grenzschicht hat sowohl in der Realität als auch im Modell einen wesentlichen Einfluss auf bodennah auftretende Konzentrationen, da sie das Volumen bestimmt, in dem emittierte Luftschadstoffe verteilt werden. Durch die im Modell standardmäßig verwendeten Höhen, die verglichen mit Messungen unter sommerlichen konvektiven Bedingungen niedriger sind, werden die bodennah auftretenden Konzentrationen von Luftschadstoffen im Allgemeinen überschätzt, d.h. **das Modell liefert eine pessimale Abschätzung der tatsächlichen Situation.**