

Modelluntersuchungen zum Einfluss der Abschattung der Solarstrahlung durch die Vegetation auf die Erdbodentemperaturen in Falkenberg

G. Vogel¹, P. Shrestha², J.-P. Schulz³, C. Becker¹ und U. Rummel¹ 31. Juli 2015

¹DWD Lindenberg, ²Universität Bonn, ³DWD Offenbach

Die 2m-Temperatur gehört zu den wichtigsten Modellausgabegrößen in der numerischen Wettervorhersage. Von ihrem erwarteten Tagesgang hängen viele praktische Entscheidungen im täglichen Leben ab. Bereits seit längerer Zeit werden systematische Abweichungen der vorhergesagten von der in 2m Höhe gemessenen Temperatur am Grenzschichtmessfeld Falkenberg festgestellt. Sie weisen ausgeprägte Unterschiede im Jahresverlauf auf, wie Abb. 1 am Beispiel der Monatsmittelwerte des mittleren Fehlers der operationellen COSMO-EU-Vorhersagen [1] für die letzten 10 Jahre zeigt.

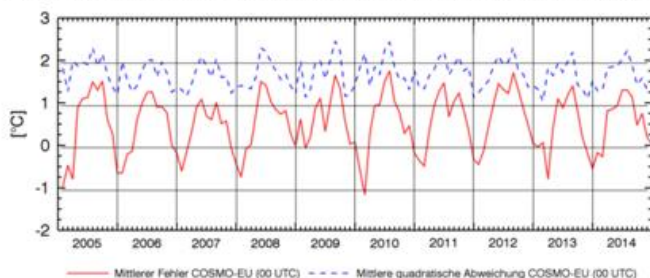


Abb. 1: Monatsgemittelter Fehler und mittlere quadratische Abweichung der COSMO-EU-Vorhersagen (00 UTC) für die 2m-Temperatur in Falkenberg in den Jahren 2005 bis 2014

Demnach wird die 2m-Temperatur vom Modell besonders in den Sommermonaten deutlich überschätzt. Der mittlere quadratische Fehler ist in dieser Jahreszeit ebenfalls stärker ausgeprägt. Der höchste monatliche mittlere Fehler betrug im Juli 2010 1,75 K, während die größte mittlere quadratische Abweichung im August 2009 bei 2,45 K lag. Trotz einer ausgeprägten inter-annualen Variabilität lässt sich jedoch keine Tendenz im Fehlerverhalten erkennen.

Die Genauigkeit der Temperaturvorhersage variiert auch im Tagesgang. Während das Modell in den Morgenstunden gegenüber der Messung oftmals deutlich zu warm ist, werden die Mittagstemperaturen aufgrund eines modellinternen Korrekturverfahrens nicht ganz so stark überschätzt. Das zeigt sich auch in einer mitunter erheblich unterschätzten Temperaturamplitude im Modell. Untersuchungen haben ergeben, dass der Temperaturfehler durch eine zu starke Erwärmung des Erdbodens im Tagesverlauf entsteht [2]. Eine wesentliche Ursache hierfür ist ein überhöhter Energieeintrag in den Modellboden um die Mittagszeit.

Die Genauigkeit der Temperaturvorhersage variiert auch im Tagesgang. Während das Modell in den Morgenstunden gegenüber der Messung oftmals deutlich zu warm ist, werden die Mittagstemperaturen aufgrund eines modellinternen Korrekturverfahrens nicht ganz so stark überschätzt. Das zeigt sich auch in einer mitunter erheblich unterschätzten Temperaturamplitude im Modell. Untersuchungen haben ergeben, dass der Temperaturfehler durch eine zu starke Erwärmung des Erdbodens im Tagesverlauf entsteht [2]. Eine wesentliche Ursache hierfür ist ein überhöhter Energieeintrag in den Modellboden um die Mittagszeit.

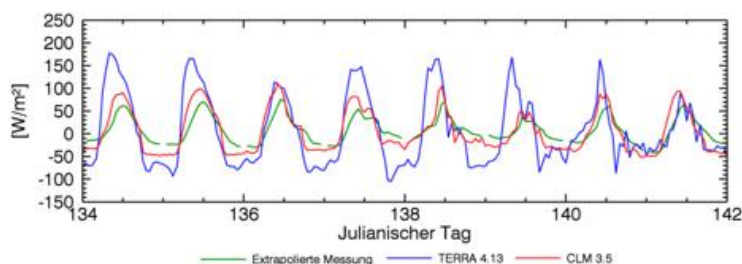


Abb. 2: Bodenwärmestrom an der Erdoberfläche nach Simulationen mit dem Community Land Model (CLM) und TERRA im Vergleich zu extrapolierten Messwerten im Zeitraum vom 13.-20.05.2008 in Falkenberg

Dies wird aus einem Vergleich des Bodenwärmestroms an der Erdoberfläche, der den Temperaturverlauf im Erdboden maßgeblich bestimmt, mit Referenzwerten (Abb. 2) deutlich. Im hier betrachteten Zeitraum (13. - 20. Mai 2008) weisen die vom TERRA-Modul erzeugten Maxima einen mittleren Fehler von 87 W/m² gegenüber den Referenzwerten auf, die aus

Flussmessungen in zwei tieferen Bodenschichten (5 cm, 10 cm) extrapoliert wurden [3]. Der an der Oberfläche empfangene Energieüberschuss führt in den darunterliegenden Modellschichten zu einem verstärkten Temperaturanstieg. In 6 cm Tiefe beträgt der dadurch zwischen 10 und 14 UTC verursachte mittlere Temperaturfehler 3,06 K (Abb. 4a). Aufgrund der im Modell zusätzlich überschätzten Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens [2] fließt in den Morgenstunden (03 - 07 UTC) wiederum zu viel Energie aus den tieferen Schichten des Erdbodens an die

Oberfläche zurück. Jene kühlen dadurch mit einem mittleren Fehler von $-1,03\text{ K}$ zu stark aus. Gleichzeitig vermindert der Zustrom von Wärmeenergie aus dem Erdboden die strahlungs- und turbulenzbedingte Abkühlung der Oberfläche, die dadurch im Mittel um $1,97\text{ K}$ zu warm bleibt.

Ein messdatengetriebener offline Modellvergleich einer lokal-angepassten Version des Community Land Model (CLM) [4] mit dem TERRA-Modul ergab, dass die überhöhte Erwärmung des Erdbodens im TERRA auf eine fehlende Abschattung der solaren Einstrahlung durch die Vegetation zurückzuführen ist. Im Gegensatz zum TERRA wird im CLM ein großer Teil der empfangenen solaren Strahlungsenergie von der Vegetation absorbiert, bevor sie den Erdboden erreicht. Einen Teil davon emittiert die Vegetation wieder als Wärmestrahlung, während ein anderer Teil die Energie für den Wärmetransport innerhalb der Vegetation liefert (Abb. 3).

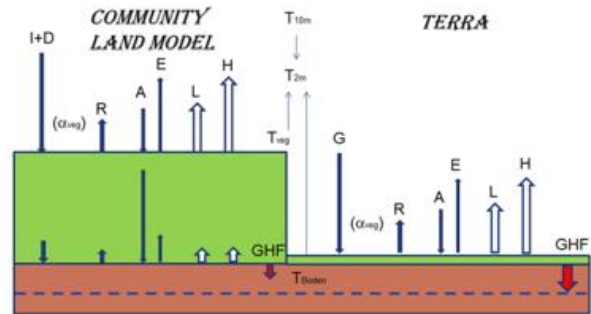


Abb. 3: Parameterisierung der Vegetation im CLM und in TERRA (stark vereinfachtes Schema)

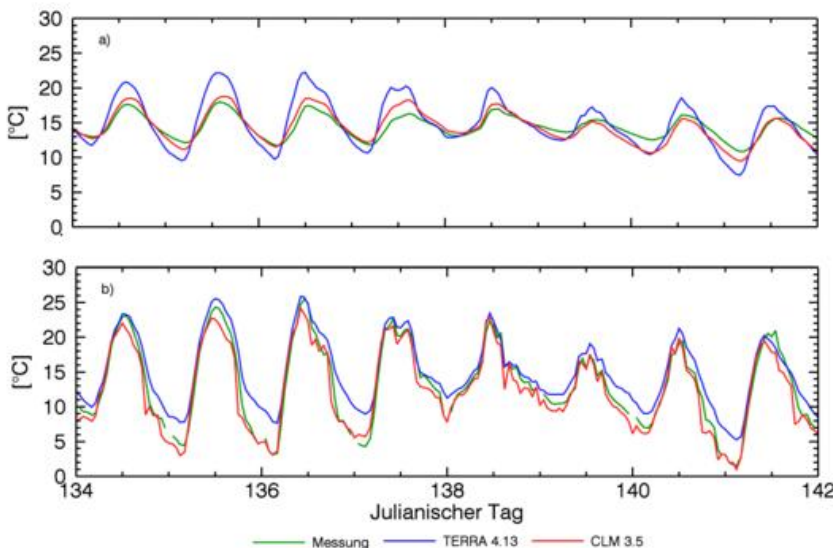


Abb. 4: Verlauf (a) der Bodentemperatur in -6cm und (b) der Oberflächentemperatur nach Modellrechnungen mit CLM und TERRA im Vergleich zu Messungen im Zeitraum 13.-20.05.2008 in Falkenberg

Temperatur der obersten Bodenschicht ($0 - 1\text{ cm}$). Deren physikalische Eigenschaften unterscheiden sich deutlich von denen der Vegetation, insbesondere ist die Wärmekapazität der Vegetation geringer. Dadurch gibt das CLM die Messungen vor allem in den Morgenstunden ($03 - 07\text{ UTC}$) erheblich besser als TERRA wieder, so dass der mittlere Fehler gegenüber $1,97\text{ K}$ im TERRA nur $0,17\text{ K}$ für das CLM beträgt.

Wie Abb. 2 zeigt, reduziert die berücksichtigte Abschattung den mittleren Fehler des Bodenwärmestroms an der Erdoberfläche um die Mittagszeit auf 28 W/m^2 . Gleichzeitig führt der energetisch genauere Antrieb zu einem geringeren Fehler in den Erdbodentemperaturen. Dies zeigt sich zum einen an den um die Mittagsstunden in 6 cm Tiefe deutlich niedrigeren Temperaturmaxima in Abb. 4a, deren mittlerer Fehler nur noch $0,52\text{ K}$ beträgt. Zum anderen stimmen die Modellwerte in den Morgenstunden ($03 - 07\text{ UTC}$) ebenfalls besser mit den Messungen überein. Hier sinkt der mittlere Fehler in diesem Zeitraum auf $-0,45\text{ K}$.

Die Genauigkeit des simulierten Tagesganges der 2m -Temperatur hängt auch stark davon ab, wie die Oberflächentemperatur im Modell berechnet wird. Während sich die in Abb. 4b dargestellte Oberflächentemperatur im CLM auf die Vegetationsobergrenze bezieht, handelt es sich im TERRA um die

[1] Doms, G. et al. (2011): A description of the nonhydrostatic regional COSMO model. Part II: Physical parameterization – Deutscher Wetterdienst, Offenbach /M., 154.pp. (Available at <http://www.cosmo-model.org>)
 [2] Schulz, J.-P. et al. (2014): Evaluation of the ground heat flux simulated by a multi-layer land surface scheme using high-quality observations at grass land and bare soil (eingereicht bei Meteorologische Zeitschrift)
 [3] Becker, C. (2014): Berechnung des Bodenwärmestroms an der Erdoberfläche, MOL-internes Arbeitspapier
 [4] Oleson, K.W. et al. (2013): Technical description of version 4.5 of the Community Land Model (CLM), National Center for Atmospheric Research, Technical Note NCAR/TN-503+STR, Boulder, CO, 420 pp.