

Einfluß der Orografie auf konvektiven Niederschlag

Connie Walther

Zusammenfassung

Um niederschlagsbildende Prozesse in der Atmosphäre zu verstehen, können Probleme heute neben theoretischen und experimentellen Ansätzen auch mit Hilfe kleinskaliger Wettermodelle erörtert werden. Die Fragestellung dieser Arbeit konzentriert sich auf die Vorhersage von konvektivem Niederschlag in orografisch unterschiedlich gegliederten Geländeformen, um Aussagen über das Verhalten von konvektionsauslösenden Parametern in labiler Atmosphäre abhängig von der Orografie treffen zu können.

Für die konvektive Wetterlage vom 7.7.2006 wurden Simulation mit der originalen Erzgebirgsorografie, einem künstlichen Bergrücken und flachem Gelände durchgeführt. Es konnte festgestellt werden, dass die Auslösung von Konvektion an Anstiege und Bergrücken gebunden ist, ihr weiterer Verlauf jedoch unabhängig von der Orografie stattfindet.

Summary

To understand the processes that produce precipitation, today problems can not only be discussed in theoretical or experimental approaches, but also with the help of mesoscale Weatherprediction-Models. This papers main question concentrates on the forecast of convective precipitation in different orographical structured areas, to gain statements about the behaviour of convection-triggering parameters in instable atmosphere in dependence on the orography.

For the convective weather conditions on 7.7.2006 there have been made simulations with the original Erzgebirge-Orography, an artificial ridge and a flat area. It could be determined that the activation of convection is coupled to slopes and ridges, but the development of convective precipitation is independent from the orography.

1 Einführung

Aus Beobachtungen kann geschlossen werden, dass die Orografie einen Einfluß auf die Bildung konvektiver Niederschläge hat. Um die Vorhersage dieser potentiell schadensträchtigen Wetterlagen zu verbessern, sind Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Orografie und Konvektion nötig. Mit mesoskaligen Modellen können heute numerische Experimente mit modifizierter Orografie durchgeführt werden. Es wurden bereits Versuche mit stark vereinfachten Modellorografien durchgeführt, beispielsweise von Jiang (Jia03)] an einem Gaussförmigen Hügel. Gutierrez (Gut00) und Buzzi et al. (BTM98) wählten als Ansatz die Numerische Simulation einer realistischen Wetterlage und deren Vergleich mit Messwerten. Gutierrez (Gut00) bezog sich dabei auf die Simulation von Leewellen über einem künstlichen Hügel und verglich seine Ergebnisse mit der Wellenbildung an den Cordilleren von Costa Rica. Buzzi et al. (BTM98) untersuchten im Fall des Hochwassers in Piedmont 1994 den Zusammenhang des Niederschlags mit der Orografie in verschiedenen Sensitivitätsstudien. Für den speziellen Fall des Erzgebirges wurden von Zimmer (ZTR07) Untersuchungen zu Stauniederschlägen mit dem LMK durchgeführt.

2 Methode

Für numerische Experimente mit modifizierter Orografie sind möglichst hochauflösende Modelle nötig. Die Verbesserung der Rechenleistung in den letzten Jahren führte zur Entwicklung mesoskaliger Modelle, wie dem COSMO-DE, welches auch im operationellen Dienst des Deutschen Wetterdienstes verwendet wird. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine konvektive Wetterlage im mitteldeutschen Raum mit drei verschiedenen Orografien modelliert, und die Ergebnisse anschließend miteinander verglichen. Zur Darstellung der Orografien wurden mit Hilfe des Grafikprogrammes GrADS ((GrA)) Querschnitte entlang eines Längengrades ungefähr in Modellgebietsmitte durchgeführt. Zunächst wurde eine Berechnung mit zugrunde liegender originaler Erzgebirgsorografie durchgeführt, um einen Vergleich mit Messwerten zu bieten. Anschließend wurde das Erzgebirge auf eine Höhe von 300m abgeflacht. Zuletzt wurde ein künstlicher glockenförmiger Bergrücken (Bellridge) auf das abgeflachte Gebiet aufgesetzt.

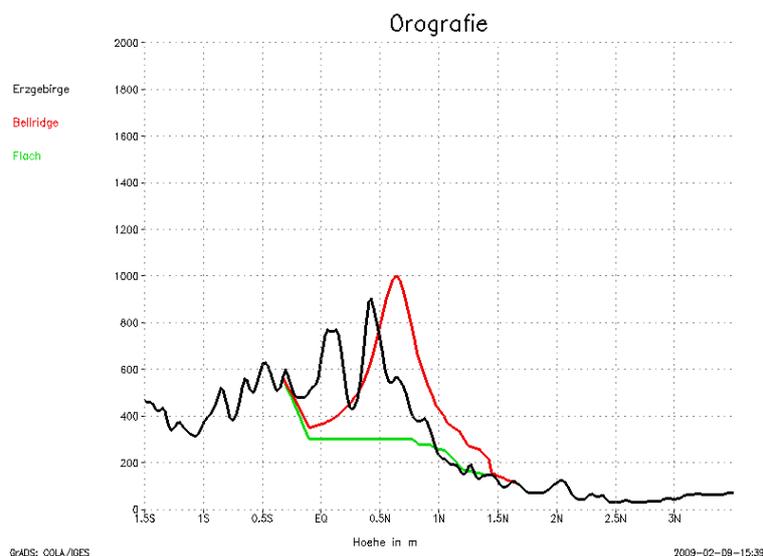


Abbildung 1: Querschnitt durch die drei verschiedenen Orografien

Eine typische konvektive Wetterlage trat am 7.7.2006 in Deutschland auf. Über dem Atlantik bis nach Osteuropa erstreckte sich ein ausgedehntes Hochdruckgebiet mit einem kleinen Randtief über der Oder. Über Großbritannien lag ebenfalls ein kleines Randtief. Auf der 500hPa-Geopotentialkarte war ein Hochdruckkeil zu erkennen, dessen Strömung über Deutschland südlich verlief. Diese brachte feuchte und warme Luft nach Norden. Die Wetterlage war dadurch labil und führte schon am Vorabend in Franken zu ergiebigen konvektiven Niederschlägen. (Sou), (wet)

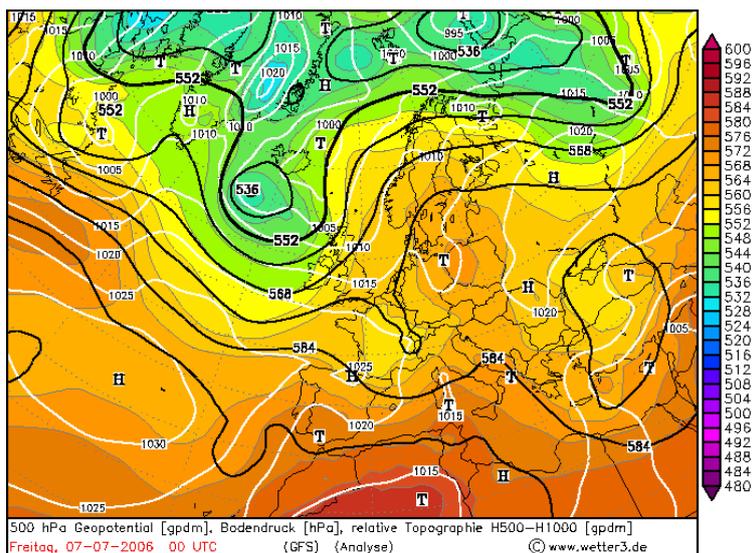


Abbildung 2: GFS-Analyse vom 07.07.2006 00z

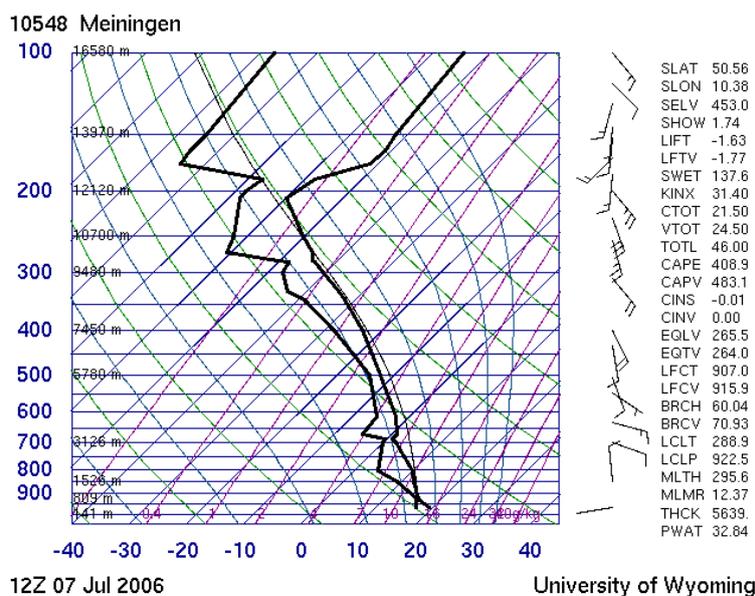


Abbildung 3: Radiosondenaufstieg von Meiningen am 07.07.2006 12z

3 Ergebnisse und Diskussion

Zunächst ist im Fall des Bellridge die Auslösung konvektiver Niederschläge kurz nach der Initialisierung (00z) auffällig.

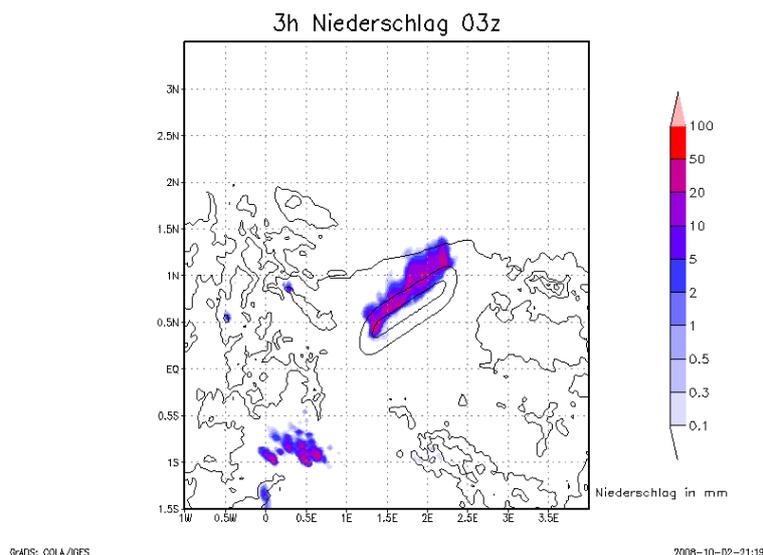


Abbildung 4: *Prognostizierter Niederschlag Bellridge 03z*

Zu diesem Zeitpunkt wurden im Erzgebirge, welches der Bellridgeografie zugrunde liegt, noch keine Niederschläge gemessen. Aus diesem Grund können für die Entwicklung der Konvektion in der Simulation numerische Effekte angenommen werden. Durch die Initialisierung wurde im Fall des Bellridge auf 925hPa und 850hPa eine Temperatur berechnet, die um 2°C höher liegt, als die entsprechende Temperatur in den anderen beiden Läufen. Das hat eine größere Labilität zur Folge und erleichtert die Auslösung von Konvektion. Zudem herrscht dadurch im Niveau von 850hPa bis ungefähr 770hPa ein trockenadiabatischer Temperaturgradient, wodurch die Schichtung indifferent wird. Wie in Abbildung 1 zu erkennen, ist das Gelände der Bellridgeografie nördlich des Kammes bis ungefähr 1.5° Nord etwas höher, als die originale Orografie. Die unterschiedliche Geländehöhe bewirkt Differenzen im Temperaturfeld der unteren Levels.

Nach 15 Stunden entwickelt sich in den Läufen mit Orografie ein konvektives Niederschlagsgebiet auf Höhe des nördlichen Erzgebirges. Zunächst bilden sich vereinzelte Zellen an Erhebungen im Erzgebirge und am Bellridge. Gegen 18z setzt eine verstärkte Entwicklung am nordöstlichen Rand des Erzgebirges und entlang des Kammes vom Bellridge ein. Diese Zellen verstärken sich und wirken anhand der Vertikalbewegungen recht organisiert. Die Bildung von Zellen scheint an den Verlauf des Gebirges gebunden zu sein, ihre weitere Entwicklung ist weitestgehend eigenständig. Erst nach 21 Stunden bilden sich konvektive Niederschläge auch im Fall der flachen Orografie, die jedoch zunächst schwächer ausgeprägt sind. Zudem beginnt ihre Auslösung bei ungefähr 1°N, also nördlicher als in den beiden anderen Fällen, an einem vergleichsweise steilen Anstieg des Geländes. Die Vermutung liegt nahe, dass auch hier die Hügelanströmung einen Einfluß auf die Bildung der Konvektion hat. Die weitere Entwicklung der Niederschlagszellen verläuft weitestgehend unabhängig von der Geländeform, auch weil es nördlich des Erzgebirges keine prominenten Formationen mehr gibt.

Bei der originalen Erzgebirgsorografie liegen die größten Niederschlagsmengen auf dem Rücken des Thüringer Waldes. Die Ursache für die unterschiedliche Struktur der Niederschlagsgebiete liegt vermutlich in der veränderten Strömung. Wenn das Erzgebirge als Hindernis wegfällt, kann Wind aus nördlichen Richtungen bis nach Bayern vordringen und schon dort zu einer Auslösung oder Verstärkung des bereits vorhandenen Niederschlags führen. Ist ein solches Hindernis vorhanden, wird neue Konvektion erst auf dem

Bergrücken, linienhaft oder mit zellulärer Struktur, ausgelöst. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass Gebirgskämme zur Auslösung von konvektiven Niederschlagsereignissen beitragen können.

Der 24-stündige Niederschlag unterscheidet sich für die drei unterschiedlichen Orographien außerhalb des geänderten Bereiches kaum:

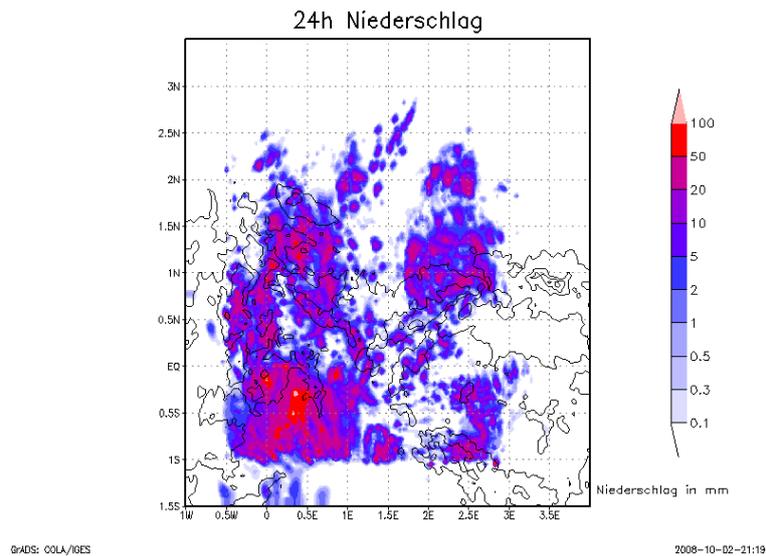


Abbildung 5: 24-stündiger Niederschlag im Erzgebirge

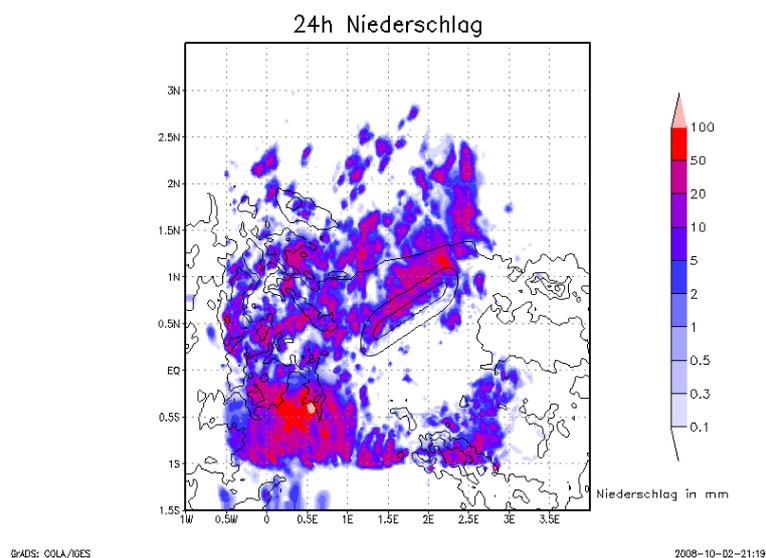


Abbildung 6: 24-stündiger Niederschlag am Bellridge

Die unterschiedliche Auslösung der abendlichen Niederschläge ist vor allem im Fall der flachen Orografie sichtbar:

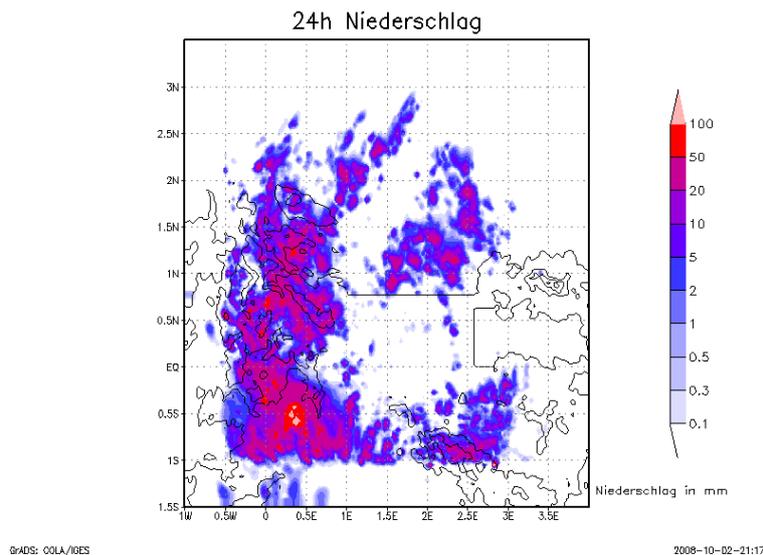


Abbildung 7: 24-stündiger Niederschlag der flachen Orografie

Ein Einfluß der Orografie auf konvektive Bewölkung ist festzustellen. Neben der Möglichkeit zunächst einmal einer Auslösung von Konvektion, werden auch Struktur und Grad der Organisation der Zellen durch das Gelände verändert. Gerade beim Bellridge ist gut zu sehen, dass die Auslösung gebunden an den Bergrücken stattfindet, um sich dann linienhaft nach Norden fortzubewegen. Dennoch muss gerade bei der Initialisierung mit künstlicher Orografie beachtet werden, dass numerische Effekte eine große Rolle bei der Prognose spielen.

4 Schlußfolgerungen

In den numerischen Experimenten konnte der Einfluß von Gebirgen auf die Auslösung konvektiver Ereignisse festgestellt werden. Häufig entstehen Niederschläge luvseitig der Gebirgskämme und entwickeln sich anschließend unabhängig von der Orografie weiter. Da vor allem größere Niederschlagsereignisse immer an die Grundströmung in höheren Schichten gebunden sind, trägt ein Berg im Mittelgebirge nicht zur Ablenkung oder Blockierung eines solchen Niederschlagsgebietes bei. Trotzdem ist der Einfluß der Orografie auf den Wind in niedrigeren Schichten nicht zu vernachlässigen. In wie weit das die Intensität des konvektiven Niederschlags beeinflussen kann, bleibt Gegenstand weiterführender Untersuchungen.

Auch die Implementierung verschiedener Orografien in die Initialisierungsroutine muss verbessert werden. Wenn neue Orografien eingefügt werden, kommt es zu Randeffekten im implementierten Temperatur- und Windfeld. Nach einigen Stunden stabilisiert sich der Lauf zwar, wenn man aber Ergebnisse aus den ersten Stunden des Modelllaufes erhalten will, sind diese mit äußerster Skepsis zu betrachten.

Besonders interessant für weitere Versuche zum Einfluß der Orografie auf meteorologische Elemente ist der konstruierte Fall des Bellridge. Mit verschiedenen starken Anstiegen, unterschiedlichen Strömungen und Temperaturverhältnissen lassen sich genaue Aussagen zum Verhalten der Atmosphäre bei bestimmten Störungen treffen. Gerade bei stark labilen Wetterlagen ist es interessant, mögliche Auslösepunkte im Gelände identifizieren zu können, um Warnungen zu verbessern.

Literatur

Buzzi, A.; Tartaglione, N.; Malguzzi, P.: Numerical simulations of the 1994 piedmont flood: Role of orography and moist processes. *Monthly Weather Review*, Band 126, S. 2369–2383, 1998.

Grid Analysis and Display System (GrADS). Internet. www.iges.org/grads.

Gutierrez, J.: Stratified flow past a mesoscale mountain range. *Topics Meteorologicos y Oceanograficos*, Band 7, S. 93–98, 2000.

Jiang, Q.: Moist dynamics and orographic precipitation. *Tellus*, Band 55A, S. 301–316, 2003.

Klemp, J. B.; Lilly, D.: Numerical simulation of hydrostatic mountain waves. *Journal of Atmospheric Sciences*, Band 35, S. 78–107, 1978.

Lin, Y.-L.: The dynamics of orographic precipitation. In *2005 Yearbook of Science & Technology*. McGraw Hill Companies, 2004.

Roe, G. H.: Orographic precipitation. *Annual Review Of Earth And Planetary Sciences*, Band 33, S. 645–671, 2005.

Radiosondenaufstiege. Internet. <http://weather.uwyo.edu/upperair/europe.html>.

Gfs-Prognosekarten. Internet. www.wetter3.de.

Zimmer, J.; Tetzlaff, G.; Raabe, A.: Orografische Verstärkung von Niederschlägen im Erzgebirge. In *DACH-Tagung*, 2007.

Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der
Universität Leipzig Bd. 45