

## Untersuchungen zu Bodeninversionen auf dem GM Falkenberg

Teika Syring<sup>\*)</sup>, Claudia Becker und Frank Beyrich

<sup>\*)</sup> Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie, Leibniz-Universität Hannover

Bodeninversionen, d. h. eine Zunahme der Temperatur mit der Höhe am Boden beginnend, repräsentieren einen stark stabilen atmosphärischen Schichtungszustand. Ihr Auftreten reduziert signifikant den Vertikalaustausch in der unteren atmosphärischen Grenzschicht und hat damit Konsequenzen u. a. für die Ausbreitung von Spurenstoffen und Schallwellen, für das Fortschreiten der bodennahen nächtlichen Abkühlung und eine mögliche Tau-, Reif- oder Nebelbildung oder für die Ausbildung sogenannter nächtlicher Low-Level-Jets. Ihrer Vorhersage kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu. Bodeninversionen zählen allerdings zu den Phänomenen, bei deren Simulation die Numerische Wettervorhersage (NWV) noch immer signifikante Defizite aufweist. Auf dem Grenzschichtmessfeld (GM) Falkenberg werden seit 1998 Profilmessungen der Temperatur bis in eine Höhe von 98 m über Grund durchgeführt. Die Messungen erfolgen mit dem kombinierten Temperatur-Feuchtegeber HMP45D (Vaisala Oy), der in ventilierten Strahlungsschutzhütten (Young Inc., Modell 43408) betrieben wird. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurden statistisch-klimatologische Auswertungen dieser Messungen im Hinblick auf das Auftreten von Bodeninversionen durchgeführt und die Ergebnisse u. a. mit den Ergebnissen des COSMO-D2 NWV-Modells des DWD verglichen.

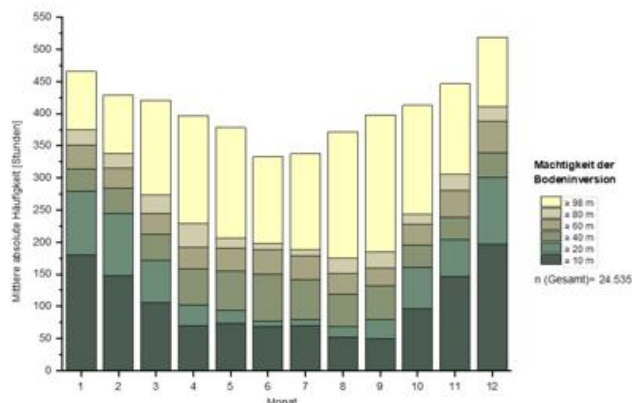


Abb. 1 – Mittlere Häufigkeit von Bodeninversionen verschiedener Mächtigkeit im Jahresgang (2016-2020)

Betrachtet wurden zunächst alle Bodeninversionen für den 5-Jahres-Zeitraum 2016-2020. Abb. 1 zeigt die mittlere Häufigkeit von Bodeninversionen unterschiedlicher Mächtigkeit im Jahresgang. Die absolute Häufigkeit von Bodeninversionen ist in den Wintermonaten am größten und umfasst hier bis zu 2/3 des Tages. Während im Winter etwa 1/3 der Inversionen mit einer Mächtigkeit bis 10 m nur sehr flach sind, dominieren in den Übergangsjahreszeiten Inversionen mit einer Mächtigkeit  $\geq 98$  m (relative Maxima im April/Mai und September/Oktober).

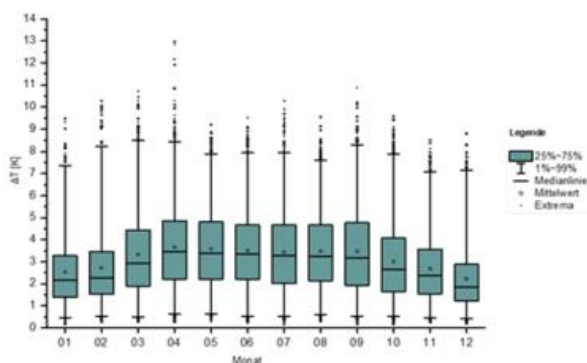


Abb. 2 – Jahresgang der Intensität von Bodeninversionen ( $\Delta T_{98m-2m}$ ) mit einer Mächtigkeit  $\geq 98$  m (2001-2020)

In einem zweiten Schritt wurden alle Bodeninversionen mit einer Mächtigkeit von mindestens 98 m für den 20-Jahres-Zeitraum 2001-2020 betrachtet. Abb. 2 zeigt die statistische Variabilität der Intensität dieser Inversionen im Jahresgang. Wie bei der Häufigkeit zeigt sich auch hier eine Zweigipfligkeit mit schwachen Maxima im April/Mai und im August/September. Erklärt werden kann dies mit den für eine Ausbildung mächtiger Bodeninversionen im Sommerhalbjahr grundsätzlich günstigeren Bedingungen (geringere mittlere

Wolkenbedeckung und Windgeschwindigkeit, ausgeprägter Temperatur-Tagesgang), dem jedoch in den Monaten um den Sonnenhöchststand die reduzierte Länge der nächtlichen Abkühlungsperiode entgegenwirkt. Die stabilste Bodeninversion wurde am 09.04.2020 beobachtet, mit einer Temperaturdifferenz  $\Delta T_{98m-2m} = 13.0$  K. Für die mittlere Häufigkeit und Intensität der mächtigen Bodeninversionen wurde die zeitliche Entwicklung zwischen 2001 und 2020 analysiert. Es zeigte sich in beiden Fällen ein leicht positiver Trend, der sich jedoch nicht als signifikant erweist.

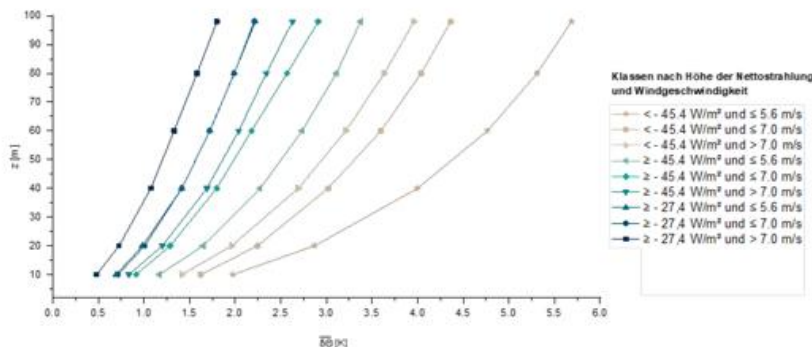


Abb. 3 – Mittlere Temperaturprofile von Bodeninversionen für verschiedenen Klassen von Nettostrahlung und Windgeschwindigkeit (2016-2020)

Die Bodeninversionen wurden sodann unter Berücksichtigung der mittleren Wind- und Strahlungsbedingungen während der Nächte klassifiziert und für jede Kategorie mittlere Temperaturprofile (bezogen auf den Wert in 2 m Höhe) berechnet (Abb. 3). Erwartungsgemäß treten die schwächsten Inversionen bei hohen Windgeschwindigkeiten und geringer negativer Nettostrahlung auf ( $\Delta T_{98m-2m} = 1.5$  K), die stärksten Inversionen bei hoher Ausstrahlung und geringen Windgeschwindigkeiten ( $\Delta T_{98m-2m} = 5.7$  K). Der Strahlungseinfluss dominiert gegenüber dem Windeinfluss in Bezug auf die Ausbildung kräftiger Bodeninversionen.

Für das Jahr 2020 wurden die Häufigkeit und Intensität von Bodeninversionen mit einer Mächtigkeit  $\geq 98$  m aus den Messdaten mit den Ergebnissen der Routine-Modellsimulationen mit COSMO-D2 für den Gitterpunkt Falkenberg verglichen. Bodeninversionen, die durch eine kontinuierliche Temperaturzunahme zwischen 2 m und 98 m gekennzeichnet sind, werden im Modell um etwa 25 % häufiger simuliert als sie in den Beobachtungen auftreten. Dies wird allerdings durch den im allgemeinen glatten Verlauf der Temperaturprofile im Modell begünstigt; in den Messungen tritt häufiger in einzelnen Schichten eine lokale Temperaturabnahme auf. Betrachtet man hingegen nur die Temperaturdifferenz zwischen 98 m und 2 m, so ist diese in den Messungen um etwa 12 % häufiger positiv als in den Modellergebnissen. Die Intensität der modellierten Bodeninversionen (Abb. 4) liegt hingegen deutlich unter den beobachteten

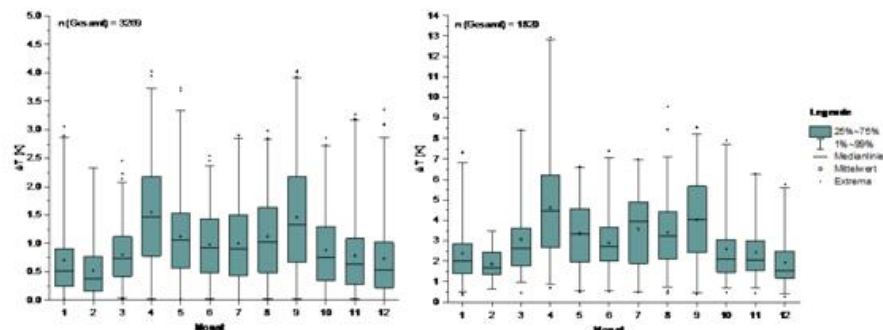


Abb. 4 – Jahresgang der Intensität von Bodeninversionen ( $\Delta T_{98m-2m}$ ) mit einer Mächtigkeit  $\geq 98$  m aus Modellsimulationen mit COSMO-D2 (2020, 12 UTC Modell-Lauf) (links) im Vergleich zu Messungen (rechts)

Werten. Im Modell liegen die Monatsmittelwerte zwischen etwa 0.5 K und 1.5 K, in den Beobachtungen hingegen zwischen etwa 1.8 K und 4.5 K, dabei wird der Jahresgang mit Maxima im April und September vom Modell qualitativ korrekt simuliert.