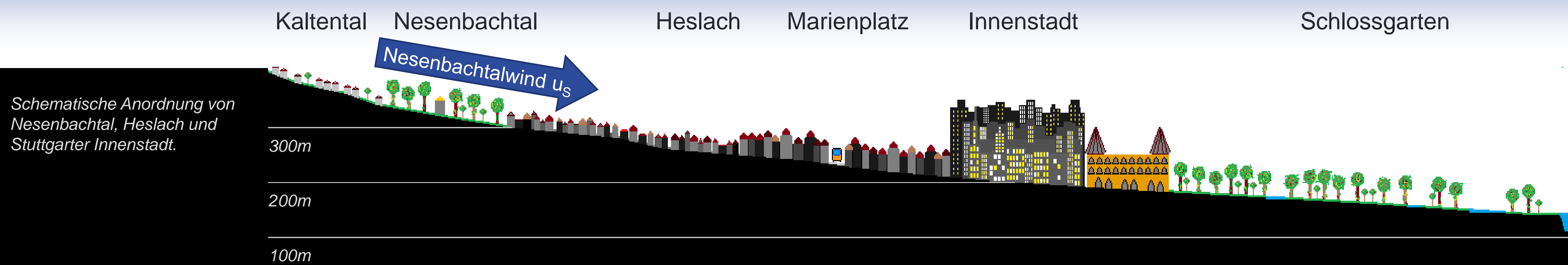




Kühlwirkung des Nesenbachtalwindes in Stuttgart: Messungen (3DO) & PALM-4U Simulation (MOSAIK)

A. Eichhorn-Müller, M. Koßmann



Bisher haben nur wenige Studien die nächtliche Kühlung überhitzter Städte durch Lokalwinde quantitativ bestimmt. Messdaten und Modellergebnisse aus den [UC]² Verbundprojekten 3DO und MOSAIK zeigen, dass die bodennahe Kühlwirkung des Nesenbachtalwindes in Stuttgart planerisch bedeutsame 3-5 Kelvin pro Stunde betragen kann und somit zur Ausbildung einer starken Temperaturinversion oberhalb der Bebauungsschicht beiträgt.

Datenbasis

Die in Stuttgart am 8. bis 9. Juli 2018 durchgeführte Intensivmessphase bildet den Referenzdatensatz VALR04 für den PALM-4U Evaluierungslauf VALM04.

Vertikalsondierung

- Der gemessene Tagesgang des vertikalen Temperaturprofils am Südheimer Platz wird von PALM-4U gut abgebildet.
- Insbesondere auch die beobachteten, vielschichtigen Strukturen der nächtlichen Temperaturprofile werden gut wiedergegeben.
- Die größten Temperaturunterschiede zwischen Messungen und Modellsimulation treten nachts in der bodennahen, ca. 20-40 m dicken Mischungsschicht auf.

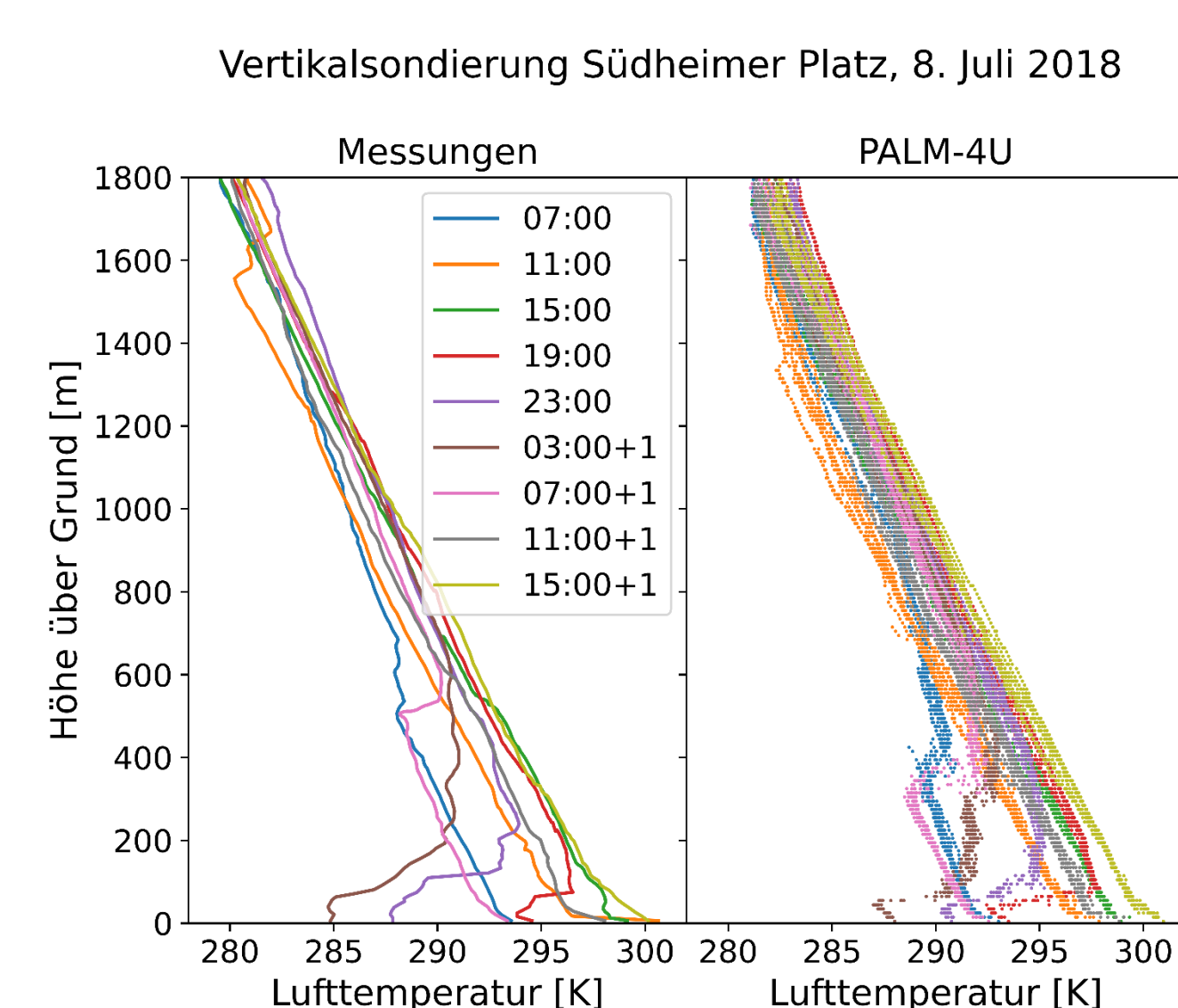


Abb. 2: Vertikalprofile der Lufttemperatur am Südheimer Platz: Radiosondenmessungen (links) und PALM-4U Ausgabe der virtuellen Messungen (rechts).

Abschätzung der Kühlwirkung

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -u_s \frac{\Delta T + \Gamma \Delta z}{\Delta s}$$

Δs : Abstand der Stationen entlang der Talachse (1700 m)

Δz : Höhenunterschied zwischen beiden Stationen (29 m)

Γ : Temperaturgradient (9,76 K/km)

u_s : talparallele Windkomponente (Mittelwert)

ΔT : Temperaturunterschied zwischen beiden Stationen

Nesenbachtalwind und städtische Wärmeinsel

- An den Klimastationen im Nesenbachtal und im Stadtteil Heslach (Böheimstraße Ecke Möhringer Straße) bildet sich nachts eine talabwärts in Richtung Stadtkessel gerichtete Lokalströmung aus.
- Die beobachtete Wärmeinselintensität zwischen den Stationen beträgt nachts 3-4 K (siehe auch Profilmessfahrt in Abbildung 1). Zu Zeiten der Winddrehung morgens und abends verstärkt sich der Temperaturunterschied auf 5-6 K.
- Die an den Stationsstandorten simulierte Temperatur zeigt tagsüber und bis ca. 20 UTC nur geringe Differenzen zu den Messungen. Nachts wird jedoch die Abkühlung vom Modell unterschätzt, was zu 2-3 K höheren Minimumtemperaturen führt.

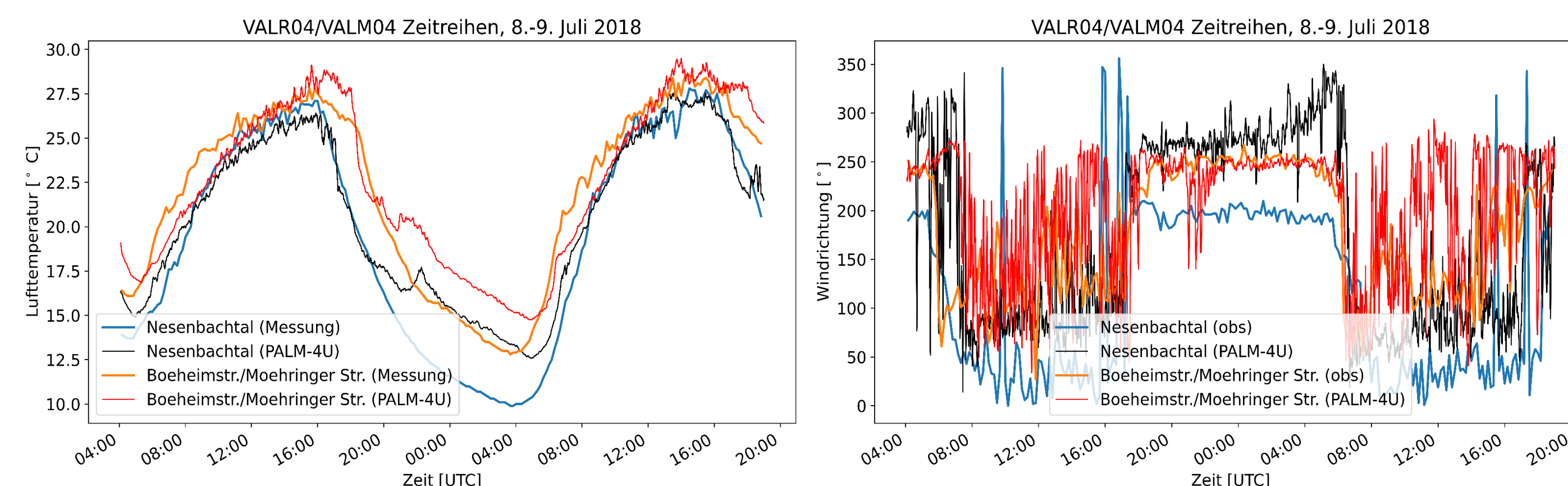


Abb. 3: Zeitreihen der beobachteten und simulierten Lufttemperatur (links) und Windrichtung (rechts) an den zwei Stationen Nesenbachtal und Böheimstraße/Möhringer Straße.

Kühlwirkung des Nesenbachtalwindes (Temperaturadvektion)

- Die beobachtete Kühlwirkung beträgt abends und in der frühen Nacht etwa 5 K/h und schwächt sich nach Mitternacht auf etwa 3 K/h ab.
- Die a-posteriori aus der PALM-4U Simulation berechnete Kühlwirkung stimmt abends mit etwa 4-6 K/h gut mit den Messungen überein, klingt im Verlauf der Nacht jedoch ab auf Werte um 1 K/h.
- Die vertikalen Temperaturprofile in Abbildung 2 belegen, wie die durch den Nesenbachtalwind herangeführte Kaltluft die warme Luft im Talkessel unterschneidet und zur Ausbildung einer sehr starken Temperaturinversion beiträgt; die vertikale Dispersion von Emissionen (Wärme und Luftschadstoffe) wird somit auf eine wenige Dekameter mächtige Luftschicht begrenzt.

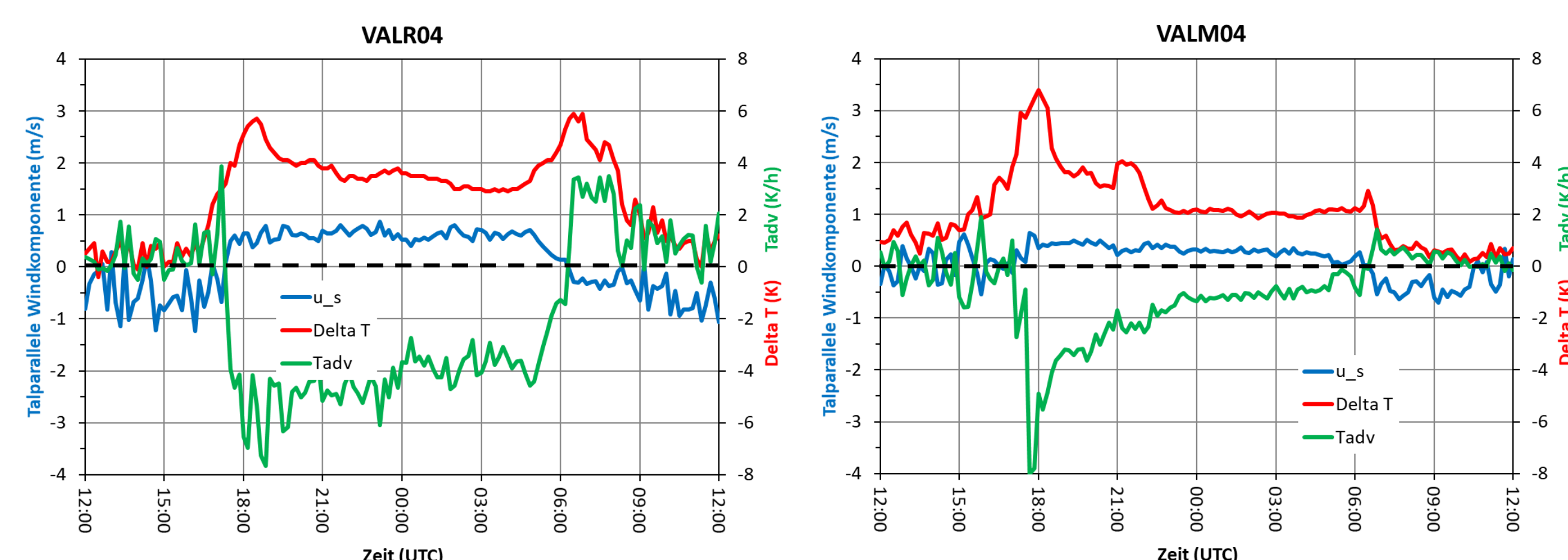
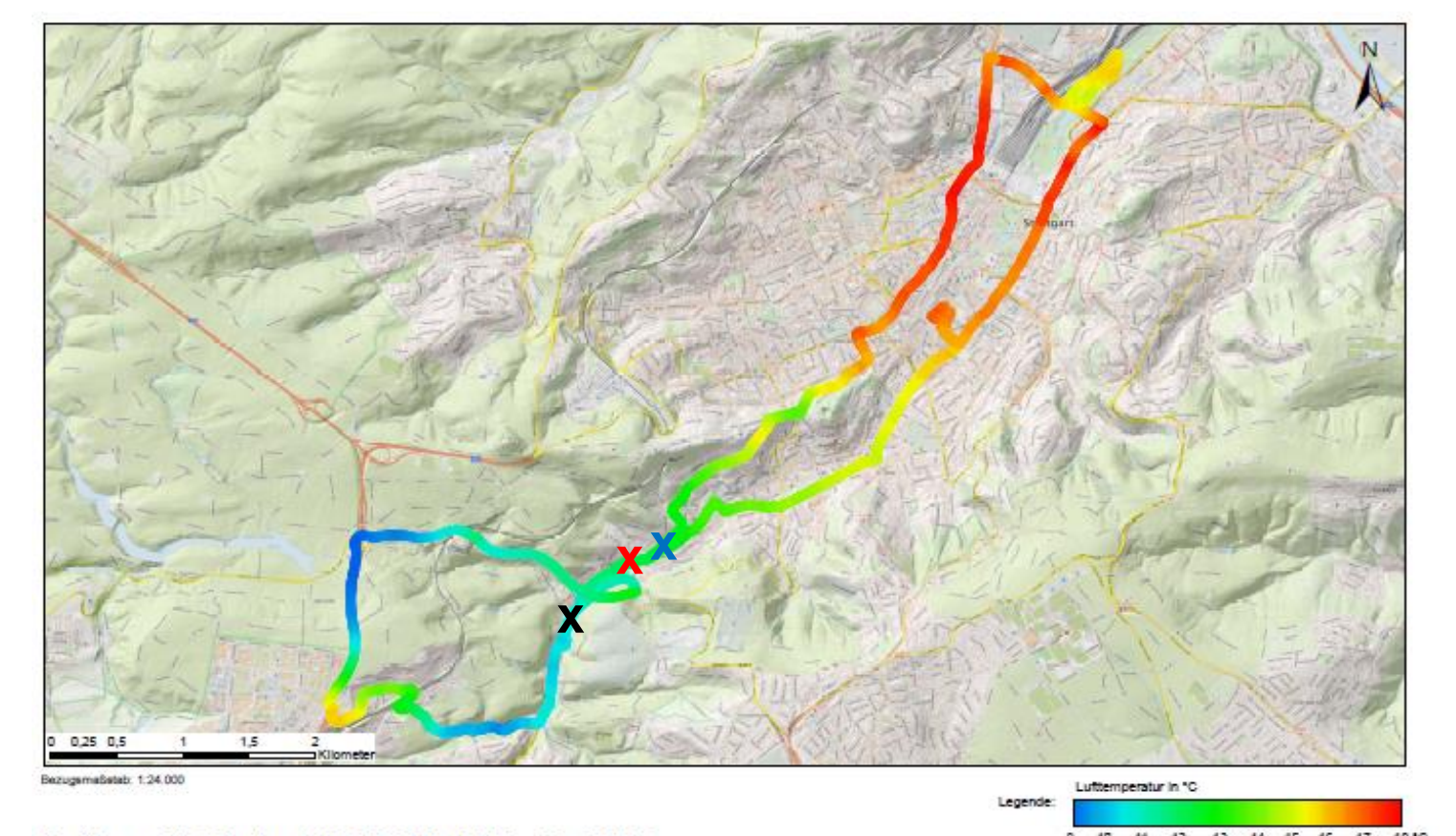


Abb. 4: Berechnete Temperaturadvektion als Maß der Kühlwirkung in Beobachtungen (links) und Simulation (rechts).



Profilmessfahrt Stuttgart, 09.07.2018, 01:00 - 02:19 UTC

Abb. 1: Profilmessfahrt der mobilen Messeinheit des Deutschen Wetterdienstes am 9. Juli 2018 um 1:00 UTC.

x: Messstation Nesenbachtal,
x: Messstation Böheimstraße/Möhringer Straße,
x: Messstation Südheimer Platz.

Virtuelle Messungen in PALM-4U

Das Modul „virtuelle Messungen“ in PALM-4U ermöglicht die Ausgabe von Zeitreihen und Statistiken für einzelne Gitterpunkte (GP, virtuelle Messpunkte). In VALM04 wurde für jede reale Messung eine Gitterpunktswolke von 3*3 GP ausgegeben. Das Gitterpunkt-Ensemble zeigt insbesondere für Windgrößen eine große Streuung auf.

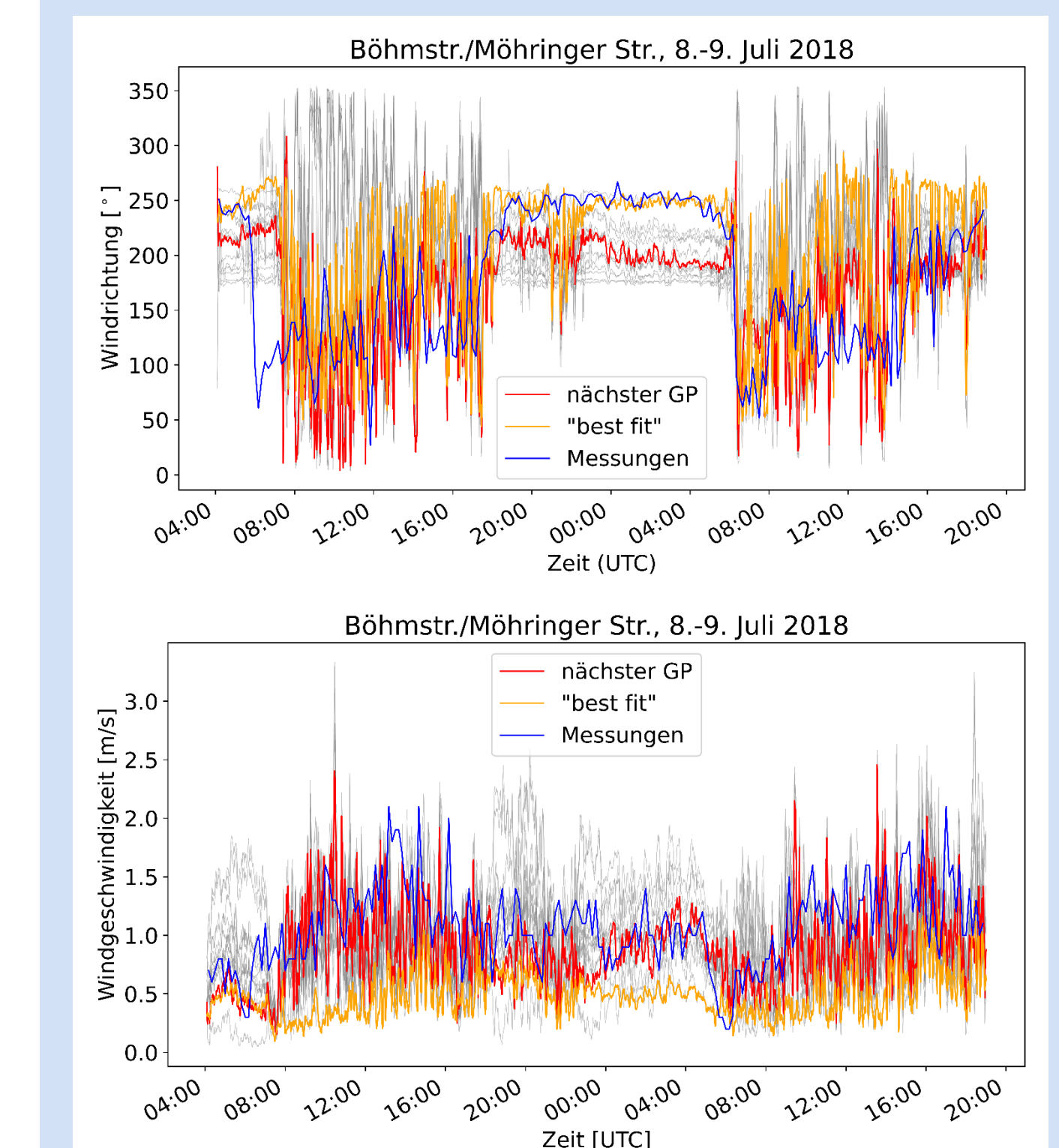


Abb. 5: Zeitreihen des Gitterpunktensembles für die virtuellen Messungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit in VALM04. Werte der gesamten Gitterpunktswolke sind in grau dargestellt. Die orangene Kurve zeigt den GP mit der besten Übereinstimmung für den Parameter Windrichtung.

Zusammenfassung

- PALM-4U bildet die nächtliche Kühlwirkung des Nesenbachtalwindes und die komplexe Temperaturschicht der Stadtatmosphäre in VALM04 gut ab.
- Die Unterschätzung der nächtlichen Abkühlung durch das Modell ist im Fokus weiterer Analysen.

