

Mobile Messfahrten im Projekt Bürgerwolke

von Guido Halbig (Deutscher Wetterdienst) und Jürgen Treptow (Stadt Soest)

Sogenannte *Profilmessfahrten* liefern einen guten Überblick über die Unterschiede der Temperaturverteilung im Innen- und Außenbereich der Stadt.

In städtischen und stadtnahen Bereichen liefert, auf Grund kleinräumig stark wechselnder Flächennutzung, die räumlich-zeitliche Verteilung der Lufttemperatur mitunter relativ große Temperaturunterschiede. Die kleinräumige Orographie kann beispielsweise zu einer Modifikation des Temperaturfeldes in einer Stadt führen (z. B. durch Kaltluftflüsse) und auch die Ausrichtung von Gebäuden und Straßen zur Windrichtung können eine Rolle spielen.

Im Projekt „BürgerWolke Soest“ sollten diese räumlich unterschiedlichen Messwerte durch eine große Anzahl von Messstationen (Senseboxen) erfasst werden. Die Vielzahl der Messungen kann die Temperaturverteilung einigermaßen gut wiedergeben. Bei dieser Art von Messgeräten handelt es sich jedoch um Low Cost-Sensoren, wobei auch die Messstandorte vielfach nicht den offiziellen Standortstatuten der Weltorganisation der Meteorologie entsprechen können.

Die Auswertung dieser punktuellen, stationären Messungen kann sinnvollerweise mit zusätzlichen Informationen durch mobile Messfahrten ergänzt werden und es können hilfreiche Rückschlüsse auf die Datenqualität der einzelnen SenseBoxen gezogen werden. Das Ergebnis der Profilmessfahrten dient als zusätzlicher Kontrollindikator für die räumlichen Temperaturunterschiede sowohl für die Modelldaten, als auch für das Messnetz der über das Stadtgebiet verteilten SenseBoxen.

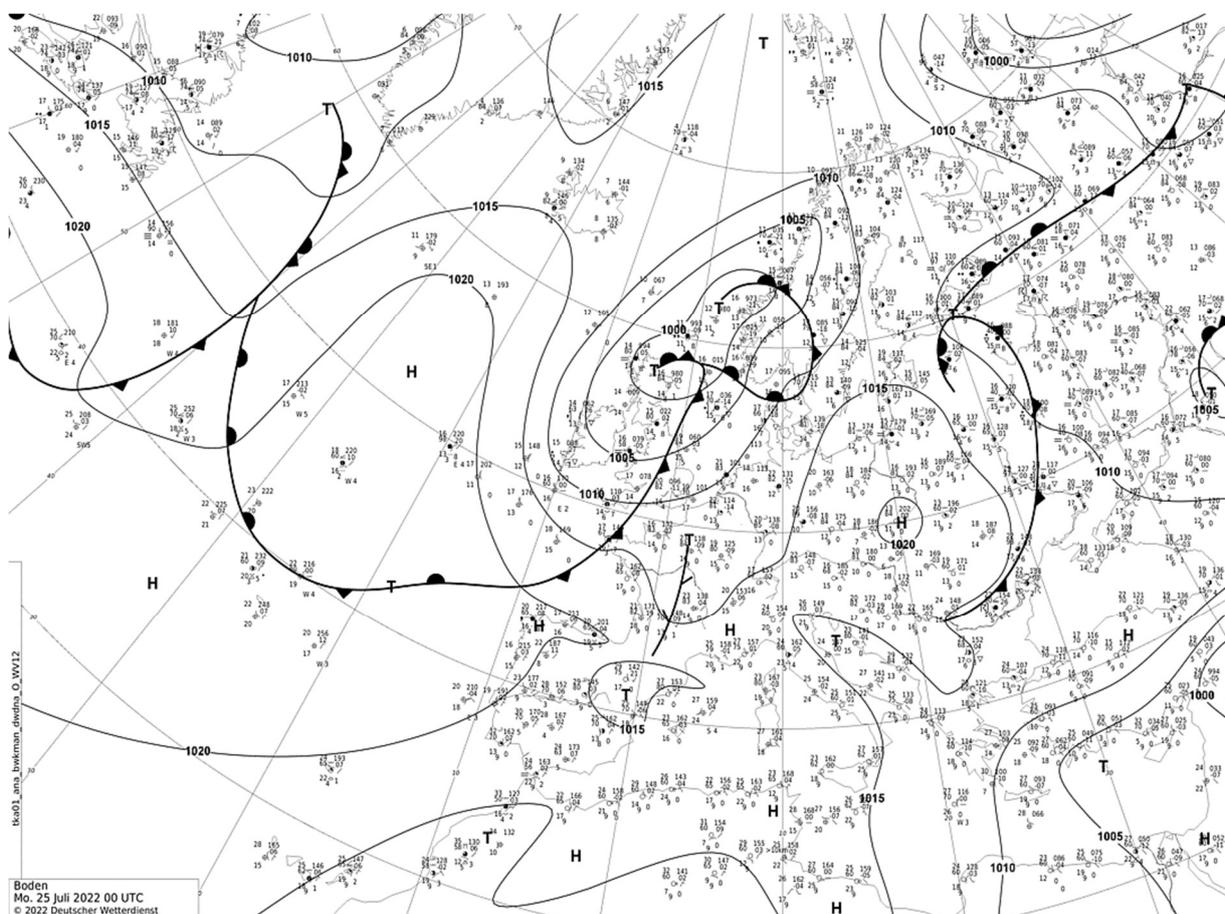
Profilmessfahrten zu unterschiedlichen Tageszeiten ermöglichen den variierenden Sonnenstand in die Interpretation mit einzubeziehen.

Am 16. und 17.06.2021 sowie am 24. und 25.07.2022 erfolgten insgesamt 10 mobile Messfahrten durch Soest.

1. Am 16.06.2021 von 14:54 bis 15:53 Uhr (UTC) (Route West), entspricht 16:54 bis 17:53 MESZ
2. Am 16.06.2021 von 16:04 bis 17:09 Uhr (UTC) (Route Ost), entspricht 18:04 bis 19:09 MESZ
3. Am 16.06.2021 von 19:49 bis 20:47 Uhr (UTC) (Route West), entspricht 21:49 bis 20:47 MESZ
4. Am 16.06.2021 von 20:55 bis 21:57 Uhr (UTC) (Route Ost), entspricht 22:55 bis 23:57 MESZ
5. Am 17.06.2021 von 00:44 bis 01:37 Uhr (UTC) (Route West), entspricht 02:44 bis 03:37 MESZ
6. Am 17.06.2021 von 01:45 bis 03:02 Uhr (UTC) (Route Ost), entspricht 03:45 bis 05:02 MESZ
7. Am 24.07.2022 von 19:30 bis 20:49 Uhr (UTC) (Route Ost), entspricht 21:30 bis 22:49 MESZ
8. Am 24.07. von 23:03 bis 25.07.2022, 00:14 Uhr (UTC) (Route West), entspr. 01:03 bis 02:14 MESZ
9. Am 25.07.2022 von 00:00 bis 01:10 Uhr (UTC) (Route Ost), entspricht 02:00 bis 03:10 MESZ
10. Am 25.07.2022 von 01:31 bis 02:46 Uhr (UTC) (Route West), entspricht 03:31 bis 04:46 MESZ

Generell eignet sich zur Durchführung von Profilmfahrten am besten eine *austauscharme Wetterlage*, bei der es wolkenarm und windschwach ($< 2,5 \text{ m/s}$) ist und nur eine geringe Durchmischung der bodennahen Luftschicht vorherrscht. Solche Bedingungen stellen sich in der Regel unter *Hochdruckeinfluss* ein. Dieser sorgt im Sommer für sogenanntes Strahlungswetter mit hoher Sonneneinstrahlung bei Tag und starker Ausstrahlung bei Nacht. Infolgedessen können thermische Unterschiede innerhalb des Stadtgebietes besonders gut erfasst werden.

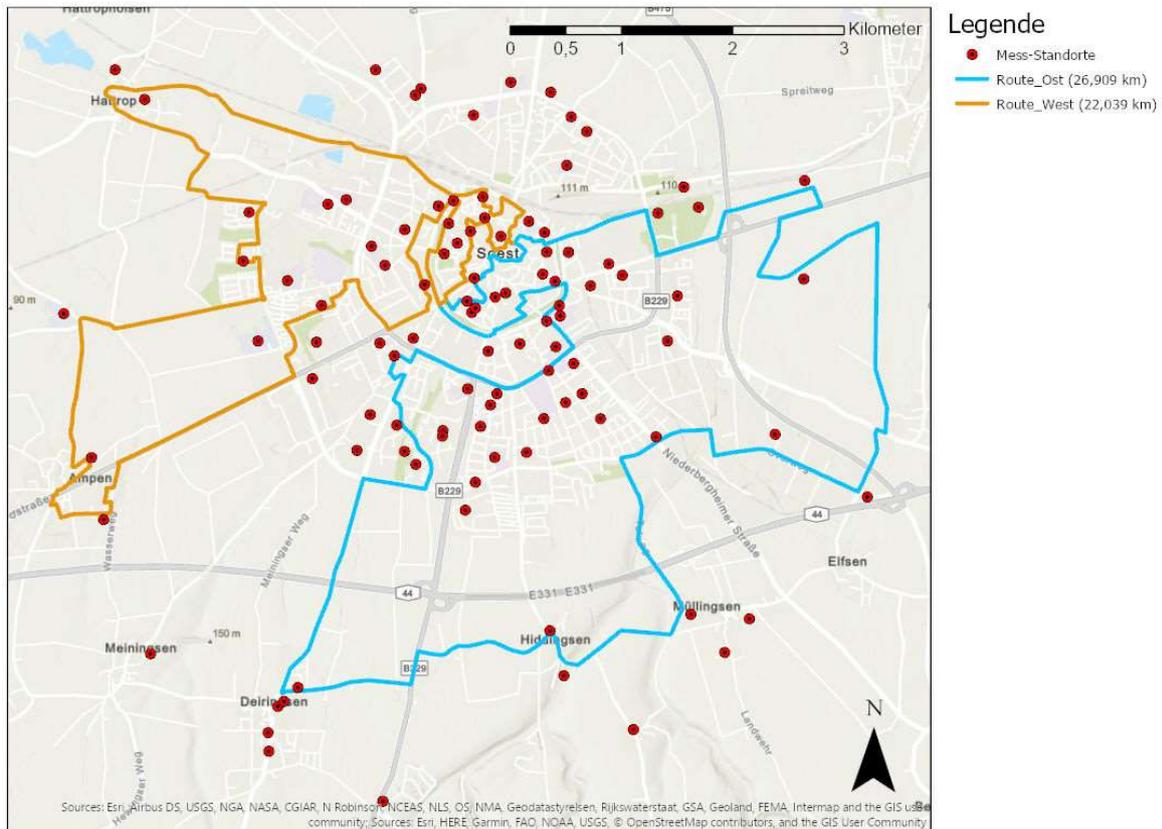
Bei solch geeigneten Wetterlagen wurden in Soest, zu den oben angegebenen Zeiten, Messfahrten durchgeführt. Hiervon war die Sonnenuntergangsfahrt von großem Interesse, weil sich mit Rückgang der Thermik die größten Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Streckenabschnitten einstellen. Diese thermische Variabilität wird in erster Linie durch das unterschiedliche Absorptions- und Reflexionsvermögen der verschiedenen Böden hervorgerufen.



Wetterkarte vom 25.07.2022, 00 Uhr (UTC) mit Stationswetterdaten und der Bodendruckverteilung (Isobaren) sowie den eingezeichneten, analysierten Fronten.

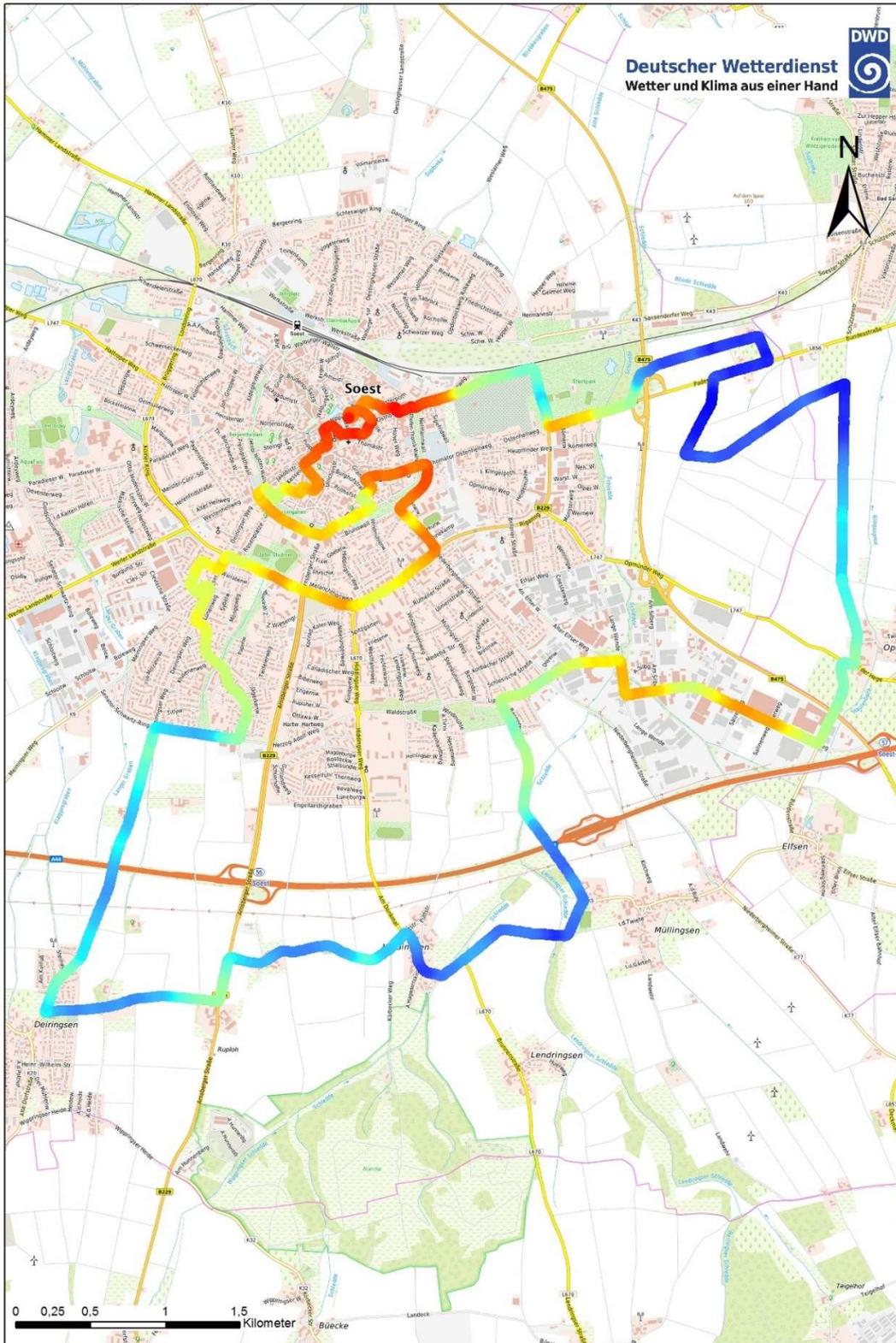
Die Wetterlage am 24.07./ 25.07.2022 entsprach beispielsweise sehr gut den Anforderungen. In Abb. 19 ist ein Hoch (über 1020 hPa) mit Schwerpunkt über Tschechien zu sehen. Ruhiges Hochdruckwetter beeinflusste mit geringen Luftdruckgegensätzen (große Abstände zwischen den Isobaren auf der Wetterkarte) weite Teile Ost- und Mitteleuropas. Das Tief mit Kern über Schottland wurde mit seinen Ausläufern durch den Hochdruckeinfluss zunächst noch abgeblockt. Über Frankreich hatte sich bereits eine vorlaufende Konvergenz gebildet., die aber im Raum Soest am Morgen des 25.07.2022 noch nicht wetterwirksam war. Der Wind wehte am 24.07.2022 überwiegend schwach, anfangs meist aus Südost,

später, mit der Ostverlagerung des Hochs, aus Süd bis Südwest. Die Sonne schaffte es tagsüber, bei nur wenigen Wolken, die Luft im Raum Soest auf Werte um 30 °C aufzuheizen.

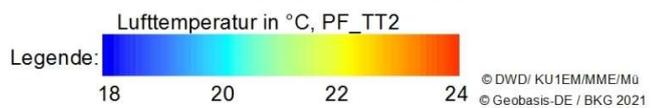


Westroute und Ostroute der Profilemessfahrten in Soest

Aus technischen Gründen wurde die Messfahrt in 2 Routen aufgeteilt, wobei für das Befahren der jeweiligen Strecke eine Zeit von maximal 80 Minuten benötigt wurde. Dies war notwendig, damit sich die atmosphärischen Bedingungen während der Befahrung nicht zu stark ändern würden. Bei der Festlegung der zu befahrenden Strecke wurde versucht, dass Wege durch möglichst viele unterschiedliche Landnutzungstypen, wie beispielsweise dicht bebaute Altstadt- und Innenstadtareale, Mehrfamilienhäuser und Blockhausbauweise im Innenstadtbereich, lockere Bebauung mit zweigeschossigen Einfamilienhäusern Richtung Stadtrand oder Feldwege außerhalb der städtischen Bebauungszone. Außerdem führte die Messroute an möglichst vielen Messstationen (SenseBoxen, Decentlab-Wetterstationen und Referenzstation in Ruploh) vorbei.



Profilmessfahrt Soest Ost
 17.06.2021, 01:45 : 03:02 UTC



Beispiel einer Visualisierung der gemessenen Temperatur auf der Ostroute (Daten und Auswertung: DWD, Geodaten: siehe Legende)

Die Profilmessfahrt am frühen Morgen des 17.06.2021 führte sowohl durch das dicht bebaute Innenstadtgebiet innerhalb der Wallstraße, als auch durch die angrenzenden Gebiete mit meist aneinandergebauten Häusern bzw. Häuserblocks, wobei die Bebauung bereits von mehr Innenhofbegrünung, Parkanlagen sowie Sportplätzen durchsetzt ist. Im Anschluss daran führte die Route durch die etwas lockerere Bebauung außerhalb der Ringstraße und schließlich hinaus in die Regionen außerhalb der Bebauungszone.

Entlang der Fahrtroute von knapp 80 Minuten gab es einen Temperaturunterschied von ca. 6 Kelvin, wobei die höchsten Temperaturwerte um 24 °C an den meisten Straßen im dicht bebauten Innenstadtgebiet im zentralen Bereich um den Marktplatz registriert wurden. Etwas niedrigere Temperaturen wurden im Bereich der Wallstraßen, innerhalb des jeweiligen Walls, gemessen. Dort konnte sich die Kaltluft etwas besser sammeln. Dabei beeinflusste beispielsweise die Parkanlage Rosengarten die Strecke entlang der Ulrich-Jakob-Wallstraße mit deutlich niedrigeren Werten um 21 °C gegenüber den Werten ca. 200 m stadteinwärts.

In den Außenbezirken in nicht bebautem Areal auf Feldwegen wurden generell niedrigere Temperaturwerte von unter 20 °C gemessen. Die niedrigsten Temperaturwerte nahe 18 °C gab es zum einen auf den Feldwegen im Osten der Stadt, östlich der Bundesstraße B475 und gleichzeitig südlich der Bahntrasse Lippstadt – Bad Sassendorf – Soest, entlang des Birkenwegs, der sich nahe der alten Schledde befindet, dann an der Paderborner Landstraße und am Hellweg. Dieser Bereich dient vor allem bei schwachwindigen Strahlungswetterlagen als Frischluftzufuhrschneise. Die Zufuhr kühlerer Luft wurde aber bereits auf Höhe des Stadtparks und des Osthofenfriedhofs durch die höhere Rauigkeit des Geländes eingedämmt und die Temperaturwerte lagen dort zwischen 20,5 und 21,5 °C. Im Bereich des großräumigen Komplexes eines Gartencenters und der angrenzenden Häuser auf der Paderborner Landstraße zwischen Stadtpark und Naugardenring wurden 22 bis 23 °C aufgezeichnet. Bei der Fahrt vom Osthofenfriedhof auf dem Nottebohmweg Richtung Innenstadt stiegen die Temperaturwerte abrupt hinter dem Friedhofsgelände um ca. 1,5 Kelvin an, auf Werte um 23,5 °C.

Auf der Strecke aus Richtung des Autobahnkreuzes Soest Ost durch das Industriegebiet im Südosten von Soest ist gut zu erkennen, dass die großen Gebäudekomplexe im Industriegebiet als Wärmespeicher dienen und demnach ein langsamerer Temperaturrückgang erfolgte.

Auf dem Talweg, der vom westlichen Ortsausgang von Müllingsen im Tal der Lendingser Schledde nordwärts führt und dabei die Autobahn kreuzt und bis zum südlichen Stadtrand von Soest verläuft, fanden sich vergleichsweise niedrige Temperaturwerte von unter 19 °C im südlichen Streckenbereich. Dabei wirkte der Taleinschnitt orographisch begünstigend.

Eine weitere Fahrstrecke, die außerorts zwischen Deiringsen und Soest auf der Schützenhofstraße und schließlich dem Deiringser Weg verlief, brachte geringfügig höhere Temperaturwerte zwischen 19 und 21 °C, wobei die Werte nahe 21 °C direkt in Deiringsen, sowie wenige hundert Meter vor dem südlichen Bebauungsbeginn von Soest gemessen wurden.

Zusammenfassend machen die Ergebnisse der in Soest durchgeführten Profilmessfahrten den Einfluss verschiedener Landnutzungstypen auf das Temperaturniveau deutlich. Es wird offensichtlich, wie groß die klimatischen Unterschiede zwischen Frei-, Acker-, Wald- und Grünflächen und dicht bebauten, versiegelten Bereichen (urbane Wärmeinsel) innerhalb eines Stadtgebietes sind und welche Bedeutung klimaaktiven (Frei-)Flächen zukommt.

Bei zukünftigen Planungen sind bestehende klimaaktive Flächen (wie z.B. die Flächen östlich der Stadt und südlich der Bahnlinie zwischen Bad Sassendorf und Soest) in ihrer Funktion möglichst zu erhalten.



Messfahrzeug des DWD (Quelle DWD)

Die Profilmessfahrten in Soest wurden mit einem Messfahrzeug der Mobilien Messeinheit (MME) des Deutschen Wetterdienstes durchgeführt. An einem Ausleger des Fahrzeugs in einer Höhe von ca. 1,9 m über Grund wurde mit einem Messfühler die Temperatur gemessen und mit einem Feuchtesensor die relative Feuchte ermittelt. Zwei weitere Temperaturmessfühler befanden sich in einer Höhe von 0,7 m über Grund. Die Messsignale wurden mit einer Abtastrate von einem Hertz aufgenommen und in einem Datalogger gespeichert. Mittels GPS konnten die Messwerte, während der gesamten Messfahrt, räumlich zugeordnet werden. Die maximale Fahrtgeschwindigkeit betrug 30 km/h, wodurch pro acht Meter Fahrtstrecke mindestens ein Datensatz vorliegt.

Für eine einheitliche, vergleichbare Datenaufnahme ist eine gleichmäßige Fahrtgeschwindigkeit am günstigsten. Deswegen werden Daten, die bei Wartezeiten und Staus aufgenommen werden, wieder eliminiert.



Profilmessfahrt Soest Ost
24.07.2022, 19:30 : 20:49 UTC

Vergleich der Messdaten mit den Messwerten der SenseBoxen an der Strecke

Grau unterlegt: Senseboxwerte und stimmen mit Temperaturintervall an der nahegelegenen Messroute weitgehend überein.

Hellorange unterlegt: Senseboxwerte sind höher als das Temperaturintervall an der nahegelegenen Messroute

Hellblau unterlegt: Senseboxwerte sind niedriger als das Temperaturintervall an der nahegelegenen Messroute

Für einen ersten Messdatenvergleich der Daten der Profilmessfahrt mit den SenseBoxen wurden die Daten von neun SenseBoxen, die sich nahe der Messroute befanden, für den jeweiligen Zeitraum ausgewertet. Bei Betrachtung des Spätabendzeitraums am 24.07.2022 für die Ostroute (s. Abb.) lieferten sechs der neun SenseBoxen vergleichbare Messwerte zu denen, die durch die Profifahrt ermittelt wurden. Eine weitere Messung am Osthofenfriedhof (Standort 62) lag in einem Toleranzbereich mit einer Temperaturabweichung von maximal einem Kelvin, wobei die SenseBox etwas niedrigere Werte aufzeichnete. Zwei weitere SenseBoxen zeigten extreme Abweichungen von 3 Kelvin und mehr. Weitere Vergleichsuntersuchungen können entscheidende Informationen geben, ob es sich bei den einzelnen SenseBox-Messungen um systematische Fehler handelt, ob beispielsweise die Standortbedingungen verändert werden müssen oder ob eventuell eine Korrektur durch KI Sinn macht.

Die Messroutenfahrt in den Frühstunden des 25.07.2022 lieferte etwas weniger Übereinstimmungen zwischen den erfassten Temperaturwerten durch die Profifahrt und den durch die SenseBoxen gemessenen Werten. Nur in der Nähe von zwei Stationen wurden bei der Messroutenfahrt vergleichbare Werte zu den SenseBoxen-Daten aufgenommen. Bei sechs Stationen wurde eine Temperaturdifferenz in der Größenordnung von einem Kelvin berechnet, wobei davon in fünf Fällen die Senseboxen niedrigere Werte lieferten und in einem Fall geringfügig höhere. Erneut trat eine extreme Temperaturdifferenz von ca. vier Kelvin am Enkeser Weg (Standort 3) auf.

Zusammenfassend lässt sich sagen:

In der Zeit nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang zeigten von den ausgewerteten SenseBoxen etwa zwei Drittel vergleichbare Werte mit denen, die über die Profifahrt ermittelt wurden, oder Werte, die im Toleranzbereich mit einer Abweichung von maximal einem Kelvin lagen. Bei den SenseBoxen konnten die durch die Messroutenfahrt gut ermittelten Temperaturunterschiede zwischen Innenstadt und Stadtrandbereichen nicht so eindeutig erfasst werden.

Während die relativ hohen Werte der Temperaturspanne von 25,8 °C bis 27,7 °C an der Marktstraße plausibel erschienen, zeigte beispielsweise der ermittelte Temperaturwertebereich am Enkeser Weg (Standort 3 mit 26,4 bis 28,9 °C) unrealistisch hohe Werte. Ebenso ist davon auszugehen, dass die an der SenseBox am westlichen Ortsausgang von Müllingsen in der Bördenstraße gemessenen Temperaturwerte nicht die realen Verhältnisse abbilden.

Die Ergebnisse können Anhaltspunkte liefern, ob einzelne SenseBoxen anders angebracht oder evtl. durch Korrekturverfahren (z.B. künstliche Intelligenz) korrigiert werden sollten.

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich gerne an Dipl.-Geogr. Jürgen Treptow Abteilung Innovation & Digitaler Wandel, Markt 13 | 59494 Soest Telefon: (+49 2921) 103-5401 E-Mail: j.treptow@soest.de