

DEUTSCHER WETTERDIENST

# Stadtklimastudie Stuttgart

---

Übersicht der ersten Messdaten vom Sommer  
2013

**Feigenwinter Iris**  
**20.11.2013**



## Inhalt

|   |           |
|---|-----------|
| <b>EINLEITUNG.....</b>                                | <b>2</b>  |
| <b>TOPOGRAPHIE UND NATURRÄUMLICHE GLIEDERUNG.....</b> | <b>2</b>  |
| <b>WINDFELD.....</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>MESSSTATIONEN.....</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>ROUTE DER MESSFAHRTEN .....</b>                    | <b>7</b>  |
| <b>MESSZEITRÄUME UND DATENVERFÜGBARKEIT .....</b>     | <b>10</b> |
| <b>RESULTATE STATIONEN .....</b>                      | <b>11</b> |
| TEMPERATUR UND RELATIVE FEUCHTE .....                 | 11        |
| WIND.....   | 16        |
| <i>Windrosen</i> .....                                | 18        |
| <i>Übersicht Windrosen</i> .....                      | 23        |
| <b>RESULTATE MESSFAHRTEN.....</b>                     | <b>24</b> |
| MESSFAHRTEN (NR. 4,8) UM 05:00 UHR.....               | 24        |
| MESSFAHRTEN (NR.1,6) UM 15:00 UHR .....               | 25        |
| MESSFAHRTEN (NR. 2,7) UM 21:00 UHR.....               | 26        |
| BEISPIEL: FEUCHTE.....                                | 30        |
| STRECKE 2.....  | 31        |
| <b>FAZIT .....</b>                                    | <b>32</b> |
| <b>QUELLEN .....</b>                                  | <b>33</b> |

## **Einleitung**

Im Zuge des Klimawandels stellt sich die Frage, welche Auswirkungen ein globaler Temperaturanstieg auf den Menschen hat. Die Städte, die durch den UHI-Effekt (UHI: Urban Heat Island) vor allem in der ersten Nachthälfte im Mittel höhere Temperaturen aufweisen als Vergleichsstationen im ruralen Umland, sind auch von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen.

Nun soll eine Stadtklimastudie für Stuttgart neue Erkenntnisse über die Wärmebelastung in der Stadt liefern. Bei einem ersten Testlauf diesen Sommer wurden dazu 3 Messstationen an ausgewählten Orten installiert und Messfahrten bei Strahlungswetterlage durchgeführt.

## **Topographie und naturräumliche Gliederung**

Stuttgart liegt etwas abgeschirmt in einem Talkessel, der im Nordosten langsam in das Neckarbecken übergeht. Die naturräumliche Einheit in diesem Gebiet wird als Stuttgarter Bucht bezeichnet. Die Kessellage Stuttgarts beeinflusst auch das örtliche Klima. Im Westen ist Stuttgart grossräumig durch den Schwarzwald und im Süden von der schwäbischen Alb abgeschirmt (siehe Abbildung 1). So gehört die Stuttgarter Bucht zu den trockensten und wärmsten Orten im Neckarbecken (Bundesanstalt für Landeskunde, 1967, S.20). Von Südwesten mündet das Nesenbachtal in die Traufbucht. Dieses Tal hat einen grossen Einfluss auf die Ausprägung von lokalen Windsystemen, wie später noch gezeigt wird.

Naturräumlich finden sich in Stuttgart neben der Stuttgarter Bucht, welche die Innenstadt umfasst, die Filder im Süden. Die Filder (von Felder kommend) werden von einer Lias-Kalkplatte aufgebaut, welche durchschnittlich 80m tiefer liegt als das angrenzende Keuperbergland (Bundesanstalt für Landeskunde, 1967, S.24). Bei Hohenheim befindet sich die innere Fildermulde, welche durch Bachtäler in ein flachwelliges Hügelland gegliedert wurde und intensiv landwirtschaftlich genutzt wird (Bundesanstalt für Landeskunde, 1967, S.26). Im Osten Hohenheims fällt das Gelände leicht ab, was in Abbildung 2 leicht angedeutet ist und geht in ein NW nach SO verlaufendes Tal über, welches beim Flughafen in das Körschtal mündet. Die Körsch ist für den Grossteil der Entwässerung der Filderebene zuständig und fliesst ein von Westen nach Osten verlaufendes Tal entlang.

Im Südwesten bis Westen wird die Stuttgarter Bucht von Glemswald begrenzt. Dieser bildet bewaldete Hochflächen, die zwischen 500-470m.ü.M. liegen (Bundesanstalt für Landeskunde, 1967, S.17). Die Glemswald-Randhöhen im Westen Stuttgart bestehen zum einen aus feuchten Talmulden, zum anderen aus bewaldeten Schilfsandsteinplatten, welche sich 80-100m über das Gäu erheben (Bundesanstalt für Landeskunde, 1967, S.18).

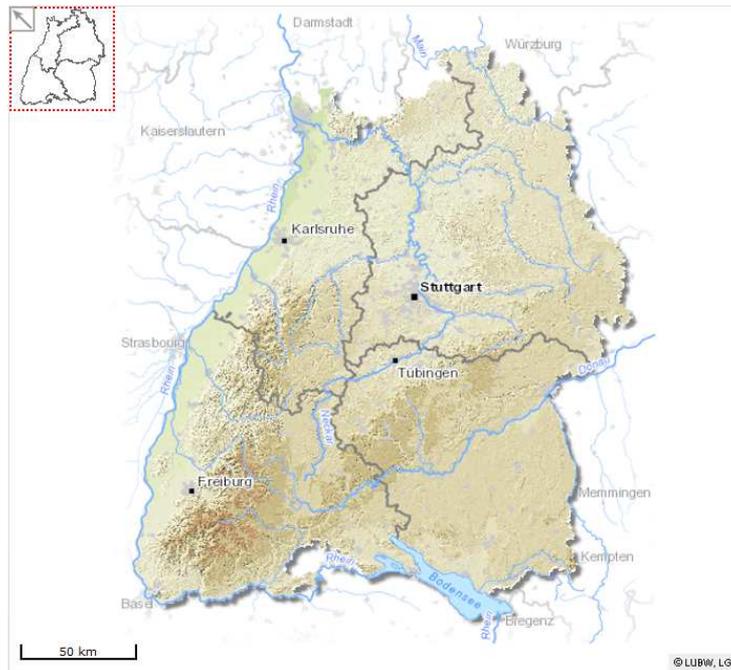


Abbildung 1: Übersichtskarte des Raums um Stuttgart (www1)

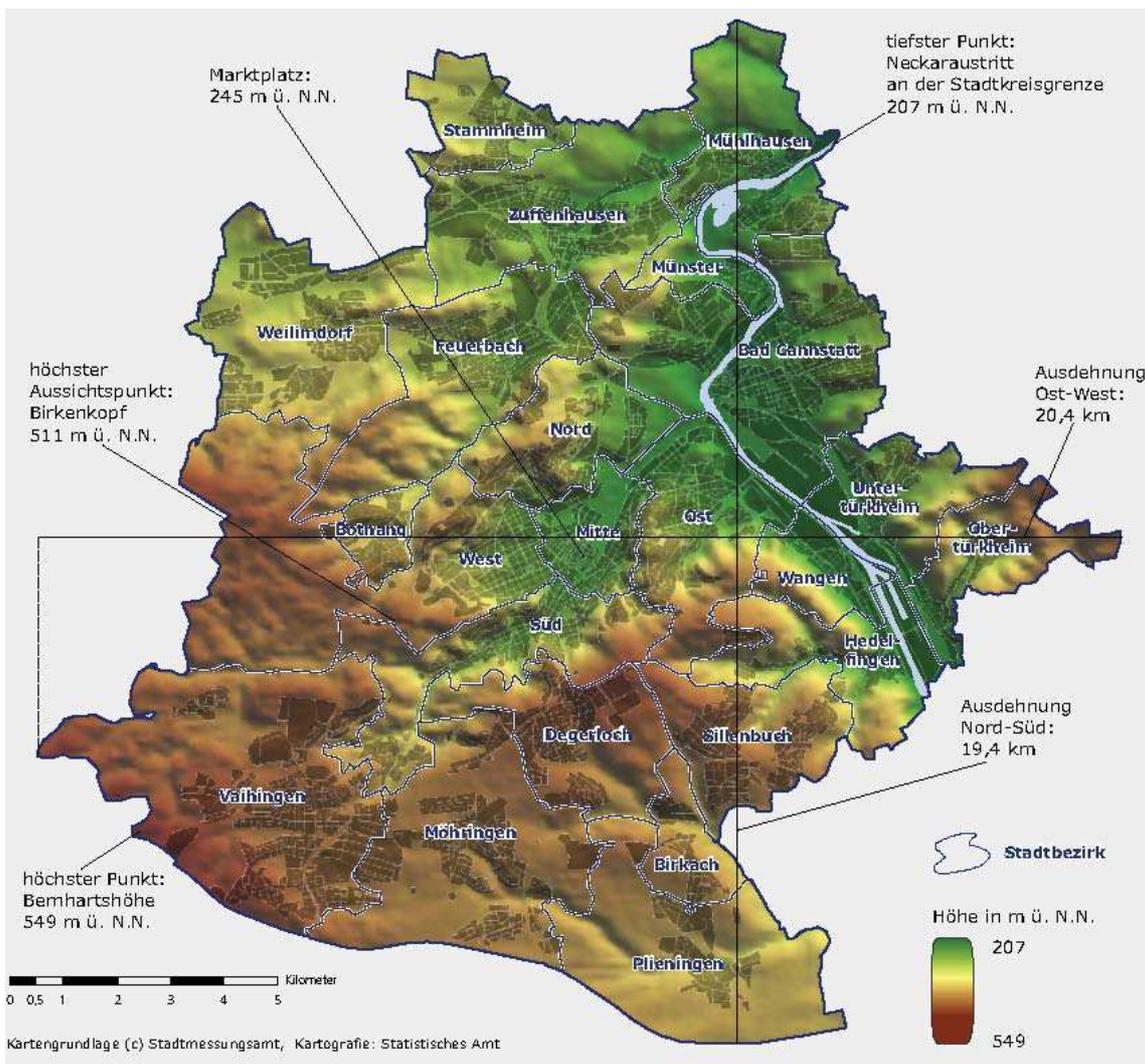


Abbildung 2 Topographie Stuttgarts mit eingezeichneten Stadtbezirken (www2)

## Windfeld

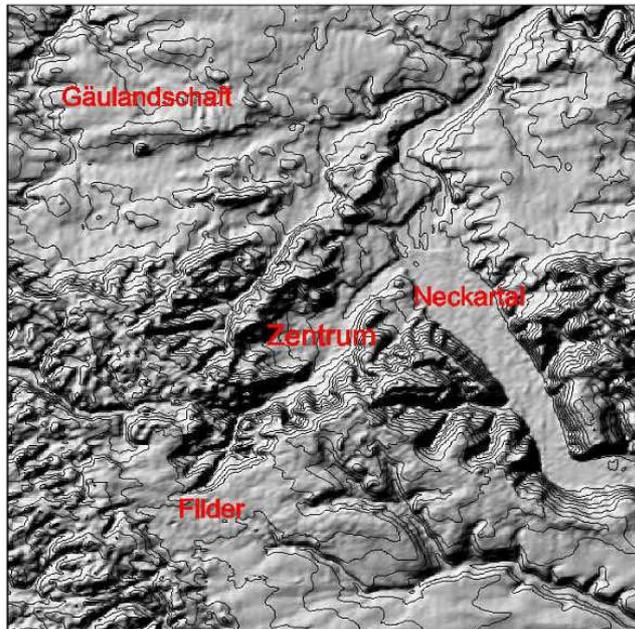


Abbildung 3 Reliefkarte von Stuttgart und Umgebung (www3)

Lokale Windsysteme spielen eine wichtige Rolle bei der Durchlüftung der Stadt Stuttgart und werden vor allem von der Umgebungstopographie (siehe Abbildung 3) und der Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst.

Im engen Nesenbachtal kann in der Nacht eine Bergwindzirkulation entstehen, welche als Südwestwind für eine gute Durchlüftung der Stuttgarter Innenstadt sorgt und so auch in stadtplanerischer Hinsicht eine wichtige Bedeutung hat. Diese Zirkulation ist mit Kaltluftabfluss von den Höhen verbunden. Die Sammelgebiete der Kaltluft sind die höher gelegenen und somit stärker ausgekühlten Hänge des Glemswalds und ein Teil des Hügellandes der Filder südöstlich des Nesenbachtals.

Im nahe gelegenen Neckartal sehen die Windverhältnisse ganz anders aus als im Talkessel Stuttgarts. Dort dominieren eher die Windrichtungen SSO bis NNW, welche dem Verlauf des Neckars folgen.

In Abbildung 4 ist die starke Beeinflussung der Windrichtung durch den Verlauf des Nesenbachtals gut zu sehen. Die südwestliche Windrichtung dominiert dort stark. Der Talwind tagsüber aus NO ist in Abbildung 4 jedoch weniger stark ausgeprägt, was auf Turbulenz und Beeinflussung durch die städtische Oberfläche zurückzuführen sein könnte. Da dies jedoch nur synthetische Windrosen sind, können Messwerte durchaus ein anderes Ergebnis liefern.

Über den Fildern ist die Situation nicht ganz so eindeutig. Grundsätzlich kann man sagen, dass dort die übergeordnete südwestliche Windrichtung in eine gleichmässige Verteilung zwischen Nordwest bis Süd übergeht.

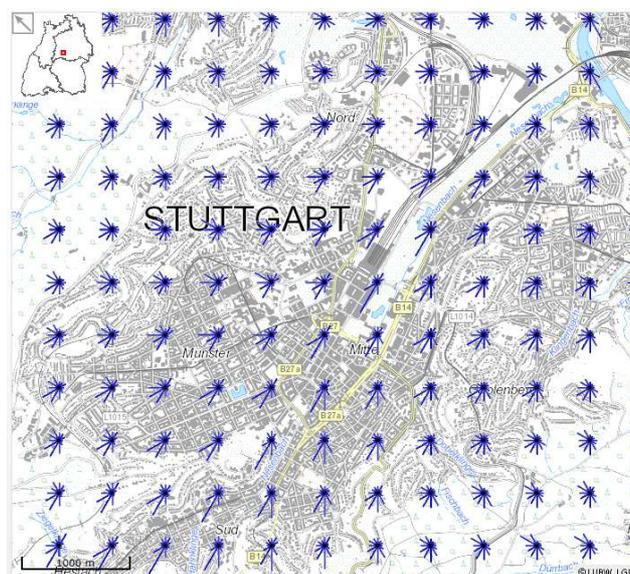


Abbildung 4 Synthetische Windrosen für die Stuttgarter Innenstadt ©LUBW (www4)

## Messtationen

**Messtation 1** (270m.ü.NN) befindet sich auf einem Verkehrsübungsplatz, dem Diakonissenplatz, im Stadtteil Stuttgart West. Die Station repräsentiert die städtische Situation im Talkessel. Die unmittelbare Umgebung der Station ist in Abbildung 5 dargestellt. Obwohl von einigen Grünflächen und Bäumen umgeben, finden sich auch asphaltierte Flächen und ein Gebäude.



**Abbildung 5** Umgebung der Station 1 am Diakonissenplatz

**Messtation 2** (345m.ü.NN) befindet sich an einer leichten Hanglage im Stadtteil Mitte beim Haus des Oberkirchenrats, wo sich der Kessel etwas verengt und schliesslich in das Neckarbecken übergeht. Die Umgebung, in Abbildung 6 sichtbar, besteht vor allem aus Rasenflächen und einigen Bäumen, jedoch steht auch in unmittelbarer Nähe zur Station ein Gebäude (in rosa). Wie dies die lokal gemessenen Windverhältnisse beeinflusst, bleibt abzuwarten.



**Abbildung 6** Umgebung der Station 2 beim Oberkirchenrat

**Messtation 3** (405m.ü.NN) befindet sich in der Nähe der Uni Hohenheim beim Stadtbezirk Birkach. Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, ist die Station von Wiesenflächen und Feldern umgeben und kann frei angeströmt werden.

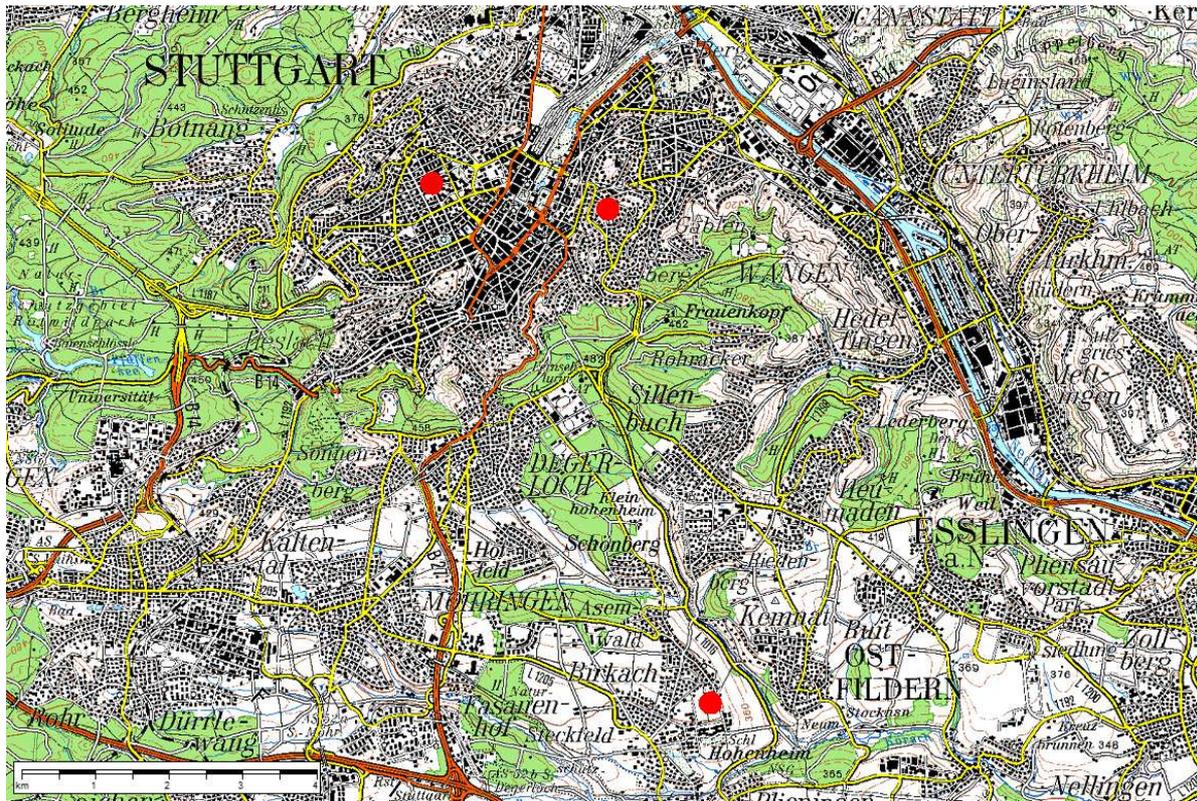


**Abbildung 7** Umgebung der Station 3 bei Hohenheim

Zum Schluss ist die Lage der Stationen in der Topographie in Abbildung 8 dargestellt.

Der Fernsehturm liegt etwa 480m.ü. NN. auf dem höchsten Berg der Filderebene dem (Hohen) Bopser, etwa in der Mitte von Abbildung 8. Im Vergleich zu Station 1 ist das ein Höhenunterschied von 210m. Nach Süden hin fällt das Gelände wieder leicht ab. Station 3 bei Hohenheim liegt etwa 80m tiefer als die Bergspitze des Bopsers.

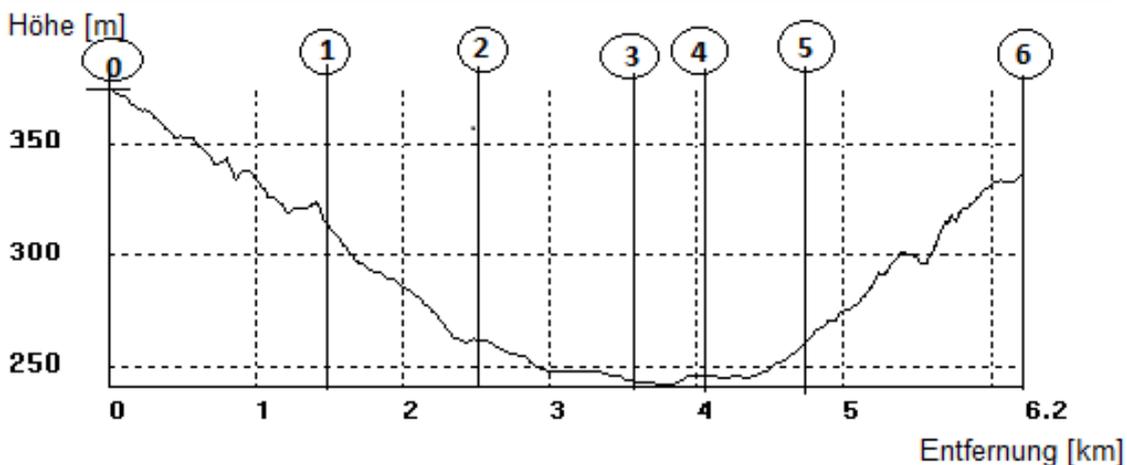
Während Station 1 und 2 noch in der Stuttgarter Innenstadt liegen, befindet sich Station 3 doch ein gutes Stück ausserhalb, etwa 7.5km vom Schlossplatz des Stuttgarter Stadtzentrums entfernt.



**Abbildung 8** Topographische Karte Stuttgarts (1:25 000) mit den als rote Punkte eingezeichneten Messstationen. Links oben ist Station 1, rechts davon Station 2 und unten bei Hohenheim Station 3 dargestellt  
 ©Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL)

## Route der Messfahrten

Zusätzlich zu den Messdaten der Stationen wurden Messfahrten von der MME München zu ausgewählten Tageszeitpunkten durchgeführt. Dazu wurde vor allem die Strecke 1 befahren, welche in Abbildung 9 zu sehen ist. Als Versuch kam noch eine Fahrt der Strecke 2 hinzu, die in Abbildung 10 aufgeführt ist. Zur Orientierung wurden zusätzlich zur gefahrenen Strecke, Markierungspunkte aufgezeichnet.



**Abbildung 9** Stadtplan mit eingezeichneter Strecke 1 in Rot (oben) mit passendem Höhenprofil (unten). Die umrandeten Zahlen im Höhenprofil entsprechen den Markierungspunkten im Stadtplan

**Strecke 1** führt von der Lenzhalde ins Tal hinein, erreicht beim Schlossgarten den niedrigsten Punkt, steigt danach wieder leicht an und endet beim Haus des Oberkirchenrats.

Die erste Markierung entspricht der Unterführung beim Bahndamm, welcher im Höhenprofil von Abbildung 9 (unten) kurz vor Punkt 1 als leichter Hügel erkennbar ist. Mit dem Abstieg ins Tal passiert

man Punkt 2, welcher etwa 650m von Station 1 am Diakonissenplatz entfernt liegt, bis dann beim Schlossgarten der niedrigste Punkt im Höhenprofil erreicht wird. Nun befindet man sich am Boden des Stuttgarter Kessels. Bei Punkt 5 beginnt das Gelände wieder anzusteigen, nördlich davon wird der Talkessel leicht verengt. Man entfernt sich langsam von der dicht besiedelten Innenstadt in die weniger besiedelten Randgebiete. Bei Punkt 6, in der Nähe der Station 2, wird das Ende der Fahrstrecke erreicht.

**Strecke 2** beginnt am Ende der Strecke 1. Sie steigt an, führt die Strasse zum Fernsehturm hinauf und endet auf dem Kamm des Bergs.

Der Startpunkt der Strecke liegt schon leicht auf einer Anhöhe, welche im weiteren Streckenverlauf noch weiter ansteigt. Der Anstieg erfolgt nicht ganz kontinuierlich und wird immer wieder von flachen Abschnitten begleitet. Das Ende der Strecke bildet der Fernsehturm, welcher auf dem höchsten Berg der Fildeebene, dem Bopser (auch Hoher Bopser), steht.

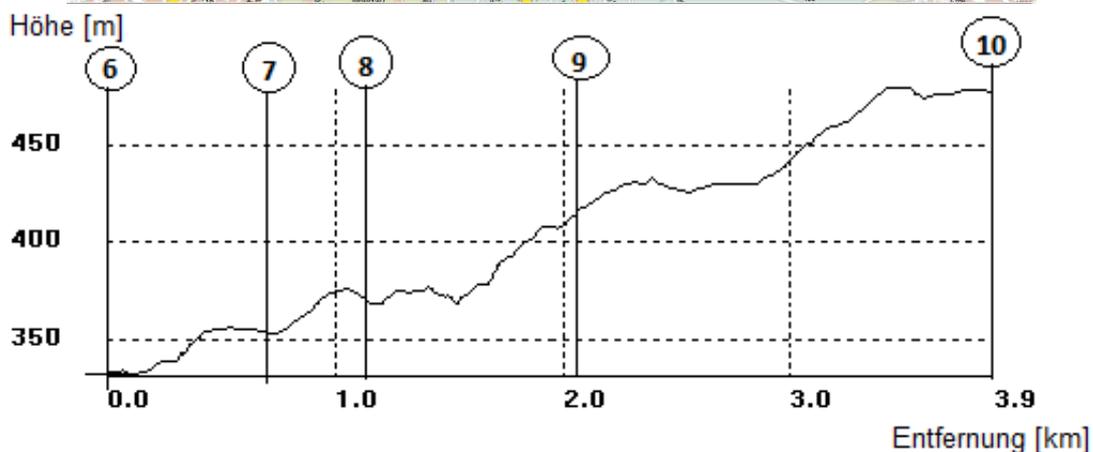
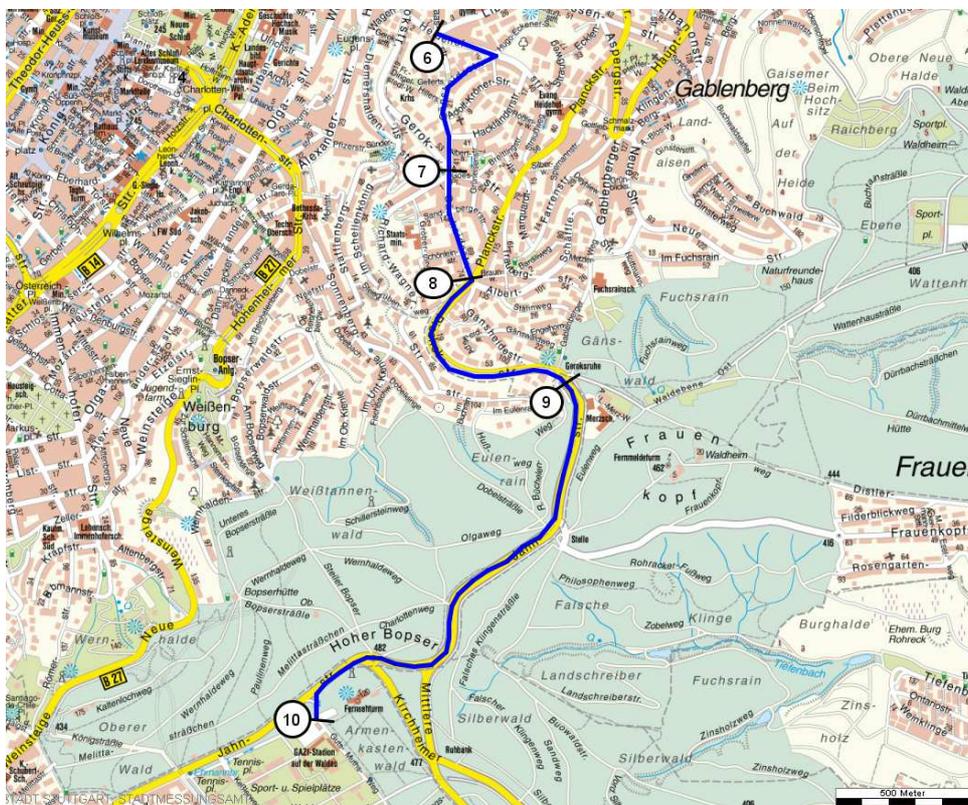


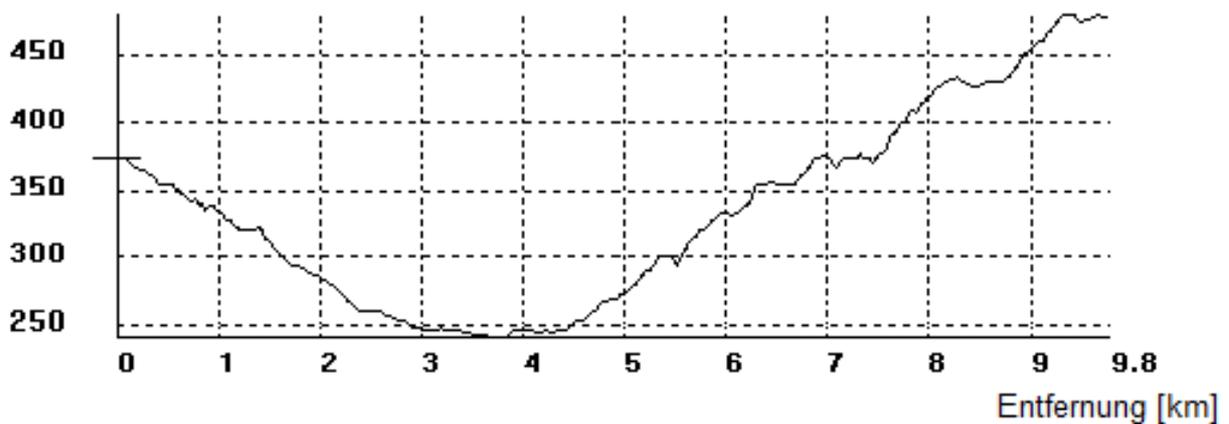
Abbildung 10 Stadtplan mit eingezeichneter Strecke 2 in blau (oben) mit passendem Höhenprofil (unten)

In Tabelle 1 ist eine genauere Beschreibung der Markierungspunkte mit der gefahrenen Teilstrecke aufgeführt. Ein Höhenprofil über beide Strecken findet sich in Abbildung 11.

**Tabelle 1** Lagebeschreibung der auf den Stadtplänen eingezeichneten Markierungspunkte 0-10

| Pkt              | Beschreibung  | Teilstrecke | Summe |
|------------------|---|-------------|-------|
| <b>Strecke 1</b> |   |             |       |
| 0                | Start   | 0           | 0     |
| 1                | Herdweg (Anfang Herdweg unter Eisenbahnbrücke)                        | 1470        | 1470  |
| 2                | Kriegsbergstr. (Herdweg links in Kriegsbergstr. - Ampel)              | 1040        | 2510  |
| 3                | Anfang Schlossgarten (nach Hbf rechts in Schlossgarten)               | 1070        | 3580  |
| 4                | Ende Schlossgarten (bei Landtag zurück auf Adenauerstr.)              | 450         | 4030  |
| 5                | Alexanderstr. (Charlottenstr. links in Alexanderstr. - Ampel)         | 780         | 4810  |
| 6                | Ende (Kreuzung Heidehof-/Libanonstr.)                                 | 1200        | 6010  |
| <b>Strecke 2</b> |   |             |       |
| 7                | Gänsheidestr. (Einmündung Gänsheidestr. in Gerokstr. (U))             | 720         | 720   |
| 8                | Pischeckstr. (Ampel U-Bahnhof Payerstrasse)                           | 430         | 1150  |
| 9                | Merzschule (Ortsschild Stuttgart Ende (→ Degerloch))                  | 890         | 2040  |
| 10               | Beschilderung Richtung Fernsehturm, Stop an ersten Parkplätzen rechts | 1860        | 3900  |

Höhe [m]



**Abbildung 11** Gesamtes Höhenprofil der Strecke 1 und 2

## Messzeiträume und Datenverfügbarkeit

Die 3 Messstationen wurden alle am 17.07.2013 aufgestellt. Die Daten liegen als 10 min Mittel in folgenden Zeiträumen (in UTC) vor:

- **Station 1** 17.07.2013 10:30 - 08.10.2013 08:30
- **Station 2** 17.07.2013 12:20 - 08.10.2013 07:50
- **Station 3** 17.07.2013 13:30 - 08.10.2013 07:10 (Temperatur, Feuchte)  
Die Winddaten sind an Station 3 erst ab dem 05.08.2013 09:20 vorhanden

Die Messfahrten fanden im Zeitraum 21.08.2013-23.08.2013 statt. Die Abstände zwischen den einzelnen Messungen betragen 5-6 Sekunden. Zu folgenden Zeiten (hier in MEZ!) wurden Fahrten durchgeführt:

### Strecke 1

1. 21.08.2013 15:18:11 - 15:45:24
2. 21.08.2013 21:25:11 - 21:53:15
3. 22.08.2013 04:27:15 - 04:54:18
4. 22.08.2013 05:09:29 - 05:34:15 (nicht durch den Schlossgarten gefahren)
5. 22.08.2013 14:17:28 - 14:42:17 (nicht durch den Schlossgarten gefahren)
6. 22.08.2013 15:11:28 - 15:34:33 (nicht durch den Schlossgarten gefahren)
7. 22.08.2013 21:29:58 - 21:58:21 (nicht durch den Schlossgarten gefahren)
8. 23.08.2013 05:27:00 - 05:53:50

### Strecke 2

9. 22.08.2013 05:36:39 - 05:51:41

## Resultate Stationen

Vor Beginn der Datenanalyse mussten Perioden mit Strahlungswetterlagen herausgefiltert werden, da gerade diese Wetterlagen zu erhöhten Wärmebelastungen führen können. Dazu wurden folgende Kriterien verwendet:

- Tagesamplitude der Temperatur ( $T_{\max} - T_{\min} > 12-15$  K)
- Sonnenscheindauer (> 8 Stunden; kann je nach Tageslänge variieren)
- Windgeschwindigkeit (Tagesmittel < 2.5 m/s)
- Niederschlag (0 mm)

Es kristallisierte sich so eine Schönwetterperiode heraus, die vom 05.07.2013 bis zum 22.07.2013 andauerte. Leider wurden die 3 Messstationen erst ab dem 17.07.2013 aufgebaut. So konnte nur ein Teil dieses Zeitraumes untersucht werden.

Die Messfahrten wurden vom 21.08.2013 bis zum 23.08.2013 bei Schönwetter durchgeführt. Die Daten der Stationen in diesem Zeitraum sind im Folgenden auch dargestellt.

### *Temperatur und relative Feuchte*

Zeitraum 1 (17.07.2013 - 22.07.2013) zeigt einen regelmässigen Tagesgang der Temperatur in Abbildung 12. Die Tagesamplitude kann - hier am 22.07.2013 - bis zu 14°C betragen. Zwischen den verschiedenen Stationen gibt es Unterschiede. So ist die Temperatur an Station 1 höher als an den anderen Stationen. In der Nacht sinkt sie nicht so stark und bleibt über den beiden anderen Kurven. Diese verringerte Abkühlung in der Nacht ist auf das Phänomen der städtischen Wärmeinsel zurückzuführen. Der Bodenwärmestrom (auch: Speicherwärmestrom) hat am Tag in der Stadt einen hohen Anteil an der Strahlungsbilanz. In der Nacht wird die tagsüber gespeicherte Energie in die Erwärmung der Luft gesteckt. In der Stadt ist die Bezeichnung Speicherwärmestrom besser gewählt, da auch von den Gebäuden, die tagsüber Wärme gespeichert haben, Energie an die Umgebungsluft abgegeben wird um die in der Nacht negative Strahlungsbilanz zu kompensieren. Die Horizonteneinschränkung durch die Gebäude (reduzierter Sky View Faktor) bewirkt, dass der Verlust im Langwelligen nicht so gross ist und mindert die Abkühlung in der Stadt gegenüber dem Umland zusätzlich.

Die Station 3 bei Hohenheim kühlt in der Nacht stärker ab als die anderen beiden Stationen und erreicht während des Tages auch nicht so hohe Temperaturen. Dieser Temperaturunterschied muss nicht nur auf die städtische Wärmeinsel zurückzuführen sein. Die Station 3 ist die am höchsten gelegene der 3 Messstationen, und da die Temperatur mit der Höhe adiabatisch abnimmt, kann dies auch noch zu den unterschiedlichen Temperaturgängen beitragen. Die Erwärmungsrate in der ersten Tageshälfte ist jedoch an allen Stationen ähnlich.

**Die grossräumige Wetterlage** in diesem Schönwetterzeitraum von 5 Tagen sah folgendermassen aus: Hoch Yasmine, als Ausläufer des Azorenhochs, breitet sich von Nordwesten her über Deutschland bis nach Osteuropa aus. Sein Kern liegt am 19.07.2013 über den Britischen Inseln. Vom 18.07. - 19.07. gab es vor allem im Süden und Südwesten Deutschlands vereinzelte Schauer. In Stuttgart blieb es jedoch trocken. Im weiteren Verlauf zieht Yasmine weiter nach Nordosten und beschert am 21.07. ganz Deutschland sonniges Wetter. Der Hochdruckeinfluss wird mit dem Weiterzug von Yasmine ab dem 22.07. langsam abgebaut und am folgenden Tag mit immer noch hohen Temperaturen gab es vor allem im Südwesten starke Gewitter. Mit einer aus Westen anrückenden Störung endet dieser Schönwetterzeitraum (DWD, Witterungsreport Juli 2013).

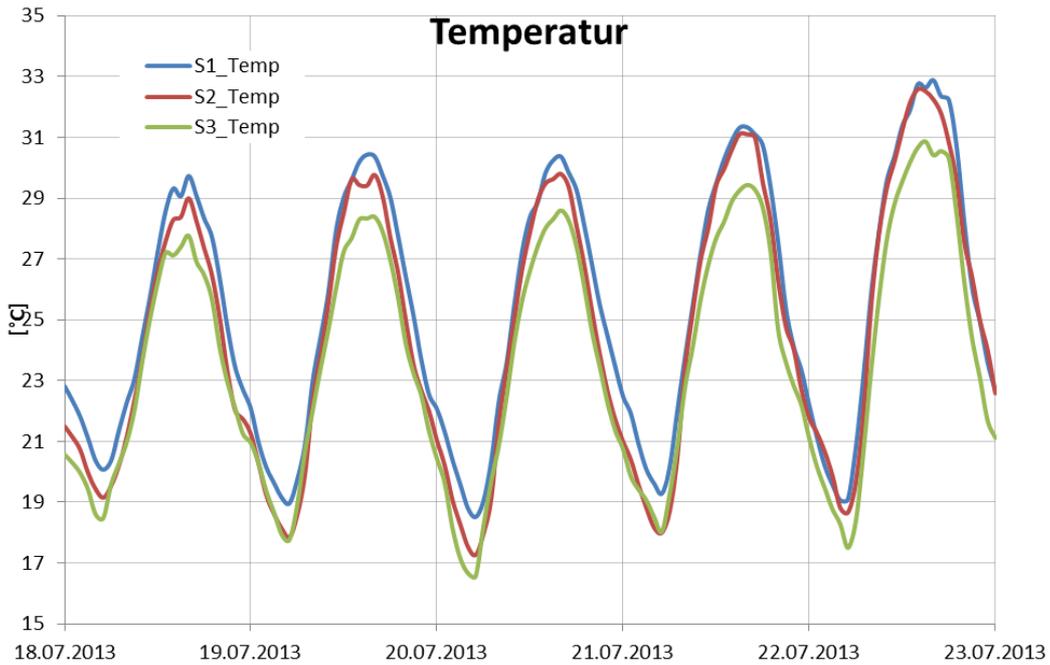


Abbildung 12 Tagesgang der Temperatur an allen 3 Stationen im Schönwetterzeitraum

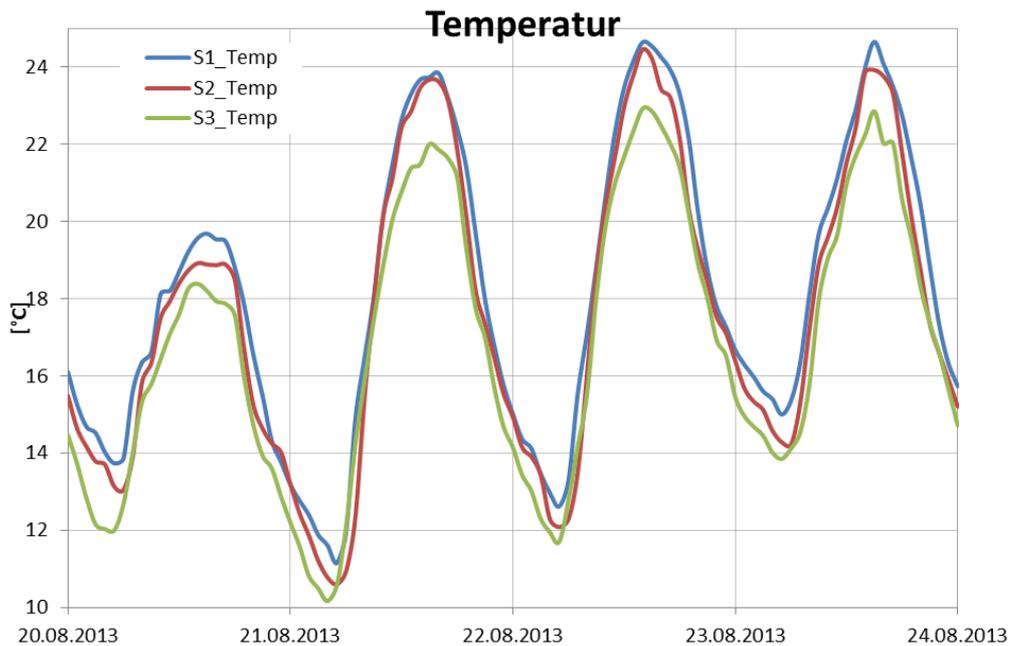


Abbildung 13 Tagesgang der Temperatur an allen 3 Stationen zum Zeitraum der Messfahrten

In Abbildung 13 ist der Tagesgang der Temperatur im Zeitraum der Messfahrten dargestellt. Während am 20.08.2013 noch keine hohe Tagesamplitude erreicht wird, sind die Tagesgänge zu Beginn der Messfahrten am 21.08. ausgeprägter. Die Temperaturen sind hier jedoch deutlich niedriger als in der vorher betrachteten Schönwetterperiode. Während im Juli Tagesmaxima von 33°C an Station 1 erreicht wurden, sind es hier nur etwas über 24°C.

**Die grossräumige Wetterlage** in diesem Zeitraum wird zunächst von Hoch Eliza bestimmt, welches sich am 20.08. von Westen her Deutschland nähert und zur Wolkenauflösung beiträgt. Eliza zieht nach Osten in Richtung Polen weiter und die nächste Störung, Tief Joseph, nähert sich am 23.08. aus Westen (DWD, Witterungsreport August 2013).

### Zeitraum Schönwetter: 17.07.2013 - 22.07.2013

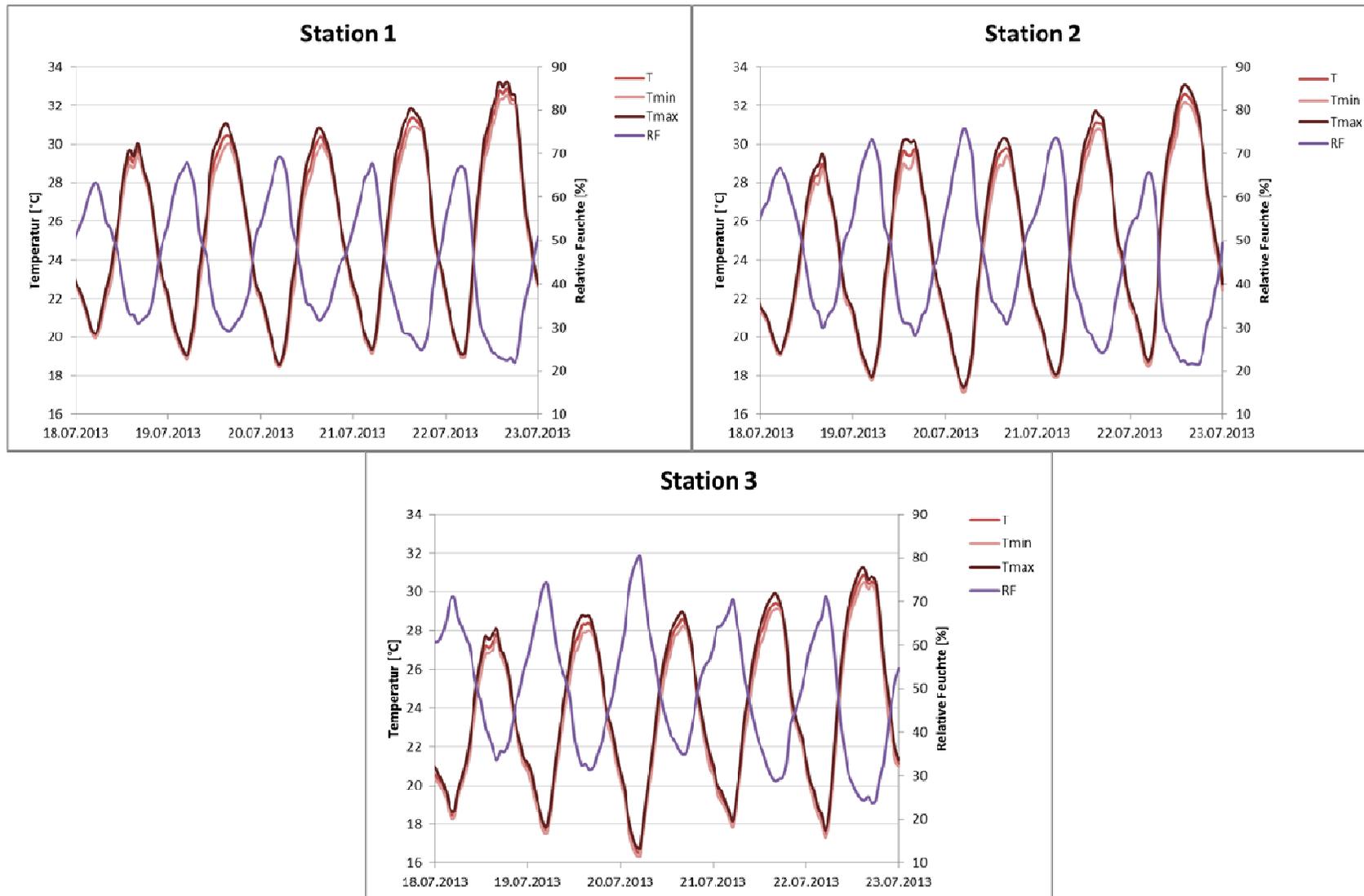


Abbildung 14 Tagesgang der Temperatur und relativen Feuchte im Schönwetterzeitraum

## Zeitraum Messfahrten: 20.08.2013 - 23.08.2013

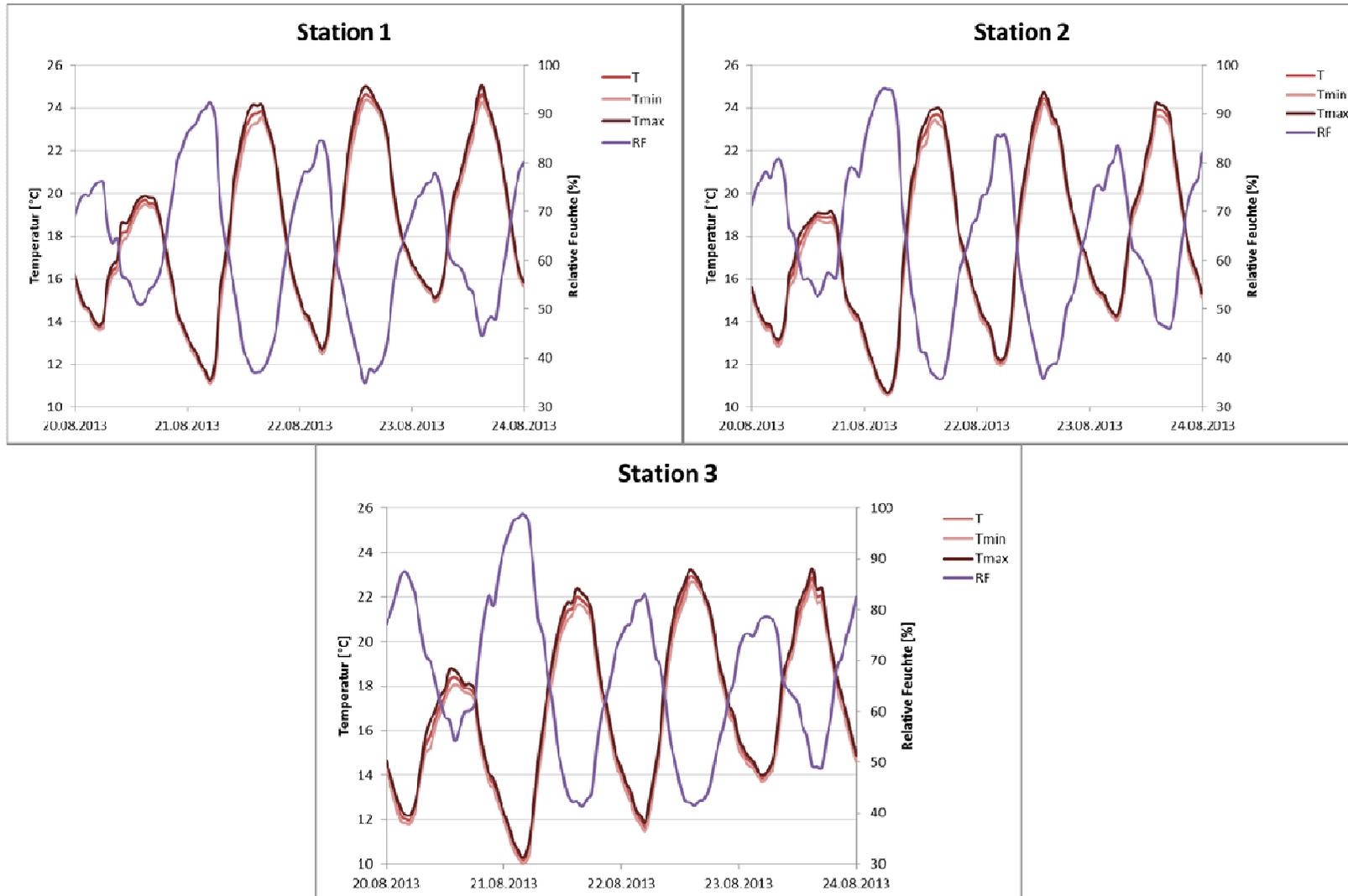


Abbildung 15 Tagesgang der Temperatur und relativen Feuchte im Zeitraum der Messfahrten

Die Tagesgänge der Temperatur und relativen Feuchte zeigen an allen Stationen einen ähnlichen Verlauf. Dabei ist die relative Feuchte die Spiegelung der Temperatur. Dies kommt daher, dass die relative Feuchte stark temperaturabhängig ist, da sie sich aus dem Verhältnis vom aktuellen Dampfdruck  $e$  zum Sättigungsdampfdruck  $E$  zusammensetzt (siehe Formel 1).

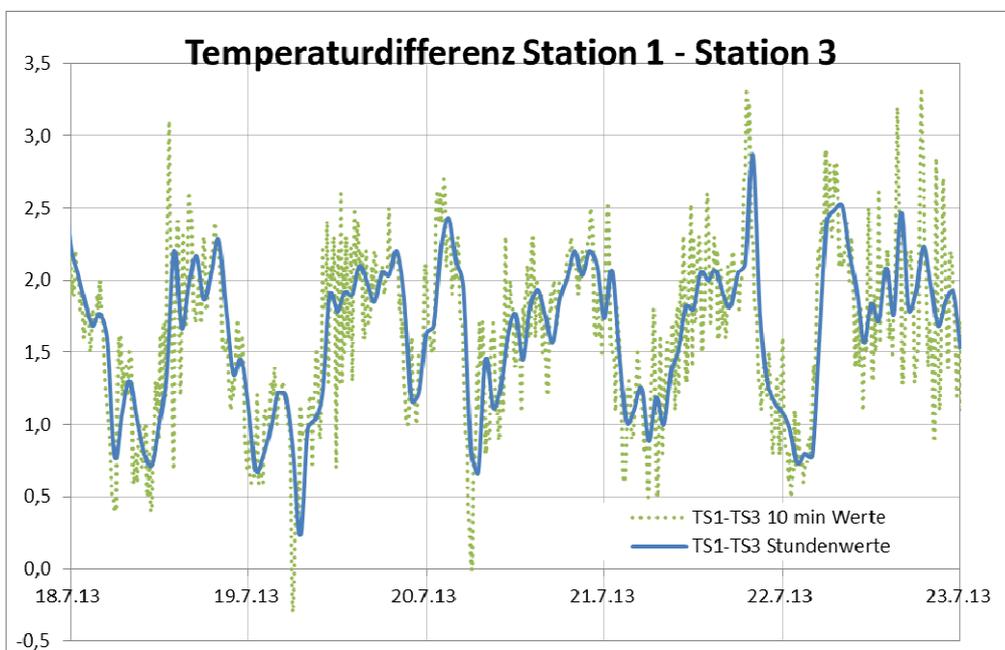
$$RF[\%] = \frac{e}{E} \cdot 100 \quad (1)$$

Der Sättigungsdampfdruck steigt nun exponentiell mit steigender Temperatur an, da warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte Luft. Dies bedeutet, dass bei gleichem aktuellen Dampfdruck die relative Feuchte in kalter Luft höher ist, als in warmer Luft. So sinkt die relative Feuchte mit dem Ansteigen der Temperatur im Tagesgang (Abbildung 14/Abbildung 15). Sie steigt gegen Abend mit dem Absinken der Temperatur wieder an und erreicht ihren Maximalwert kurz vor Sonnenaufgang wenn die Temperatur ihr Minimum aufweist.

Station 2 zeigt gegenüber Station 1 leicht erhöhte Feuchtwerte. Da der Tagesgang der Temperatur fast gleich ist, kann davon ausgegangen werden, dass Station 2 ein etwas feuchterer Standort ist als Station 1. Auch in Bezug auf die Lage der beiden Stationen erscheint dies realistisch. Während Station 1 mitten in der versiegelten Stuttgarter Innenstadt liegt, wo es wenige Feuchtequellen in der Umgebung hat, befindet sich Station 2 an einer Hanglage etwas ausserhalb, mit vielen nahe gelegenen Grünflächen, die der Luft Feuchtigkeit zuführen.

Die höchsten Werte der relativen Feuchte liefert Station 3, wobei diese auch die niedrigste Temperatur aufweist.

Zum Schluss noch ein direkter Vergleich der Temperaturen an Station 1 mit denen an Station 3, in Abbildung 16 dargestellt:

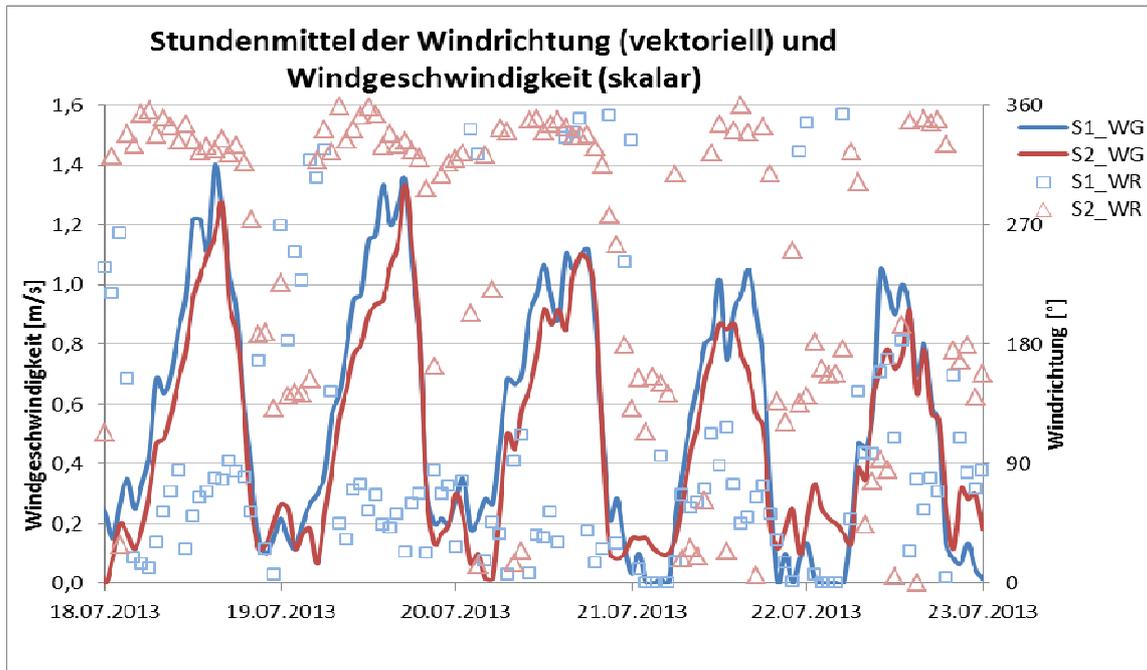


**Abbildung 16** Temperaturunterschied von Station 1 und Station 3 im Schönwetterzeitraum

Zu sehen ist, dass an Station 1 konstant eine höhere Temperatur herrscht. Dies muss nicht nur auf den Effekt der städtischen Wärmeinsel zurückzuführen sein. Vielmehr herrscht auch noch ein signifikanter Höhenunterschied zwischen den beiden Stationen. Station 3 liegt 405m.ü.NN während Station 1 270m.ü.NN liegt, was ein Höhenunterschied von 135m ausmacht. Bei einem trockenadiabatischen Temperaturgradienten von 1 K/100m würde das nur schon höhenbedingt eine

Temperaturdifferenz von 1,35 K bedeuten. Da der Unterschied bis zu 2,5 K betragen kann, wie in Abbildung 16 sichtbar ist, bleiben noch 1,15 K zu erklären. Die Differenz beginnt am Nachmittag anzusteigen und erreicht tendenziell ihr Maximum ein paar Stunden vor Mitternacht (ausgenommen am 20.07. und 22.07.). Dies deutet auf den Einfluss der städtischen Wärmeinsel hin, deren Intensität in der ersten Nachthälfte am grössten ist.

## Wind



**Abbildung 17** Windrichtung und Windgeschwindigkeit an Station 1 und 2 (Station 3 ohne Winddaten) im Schönwetterzeitraum (18.07.2013 – 22.07.2013)

Die Windgeschwindigkeit in Abbildung 17 zeigt im Schönwetterzeitraum einen ausgeprägten Tagesgang an beiden Stationen. Da der Wind an Station 3 erst ab dem 05.08.2013 gemessen wurde, werden hier nur 2 Stationen dargestellt. Die Windgeschwindigkeiten haben am Tag ihr Maximum, wenn der Boden sich aufheizt und die unteren Luftschichten stark erwärmt werden. Die instabile Schichtung führt zu vertikaler Turbulenz und Impulsübertragung in höhere Luftschichten. Die Windgeschwindigkeit erreicht so tagsüber höhere Werte als bei stabiler Schichtung in der Nacht, wo Vertikalbewegungen unterbunden werden. Das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit sinkt mit dem Fortschreiten des Schönwetterzeitraums.

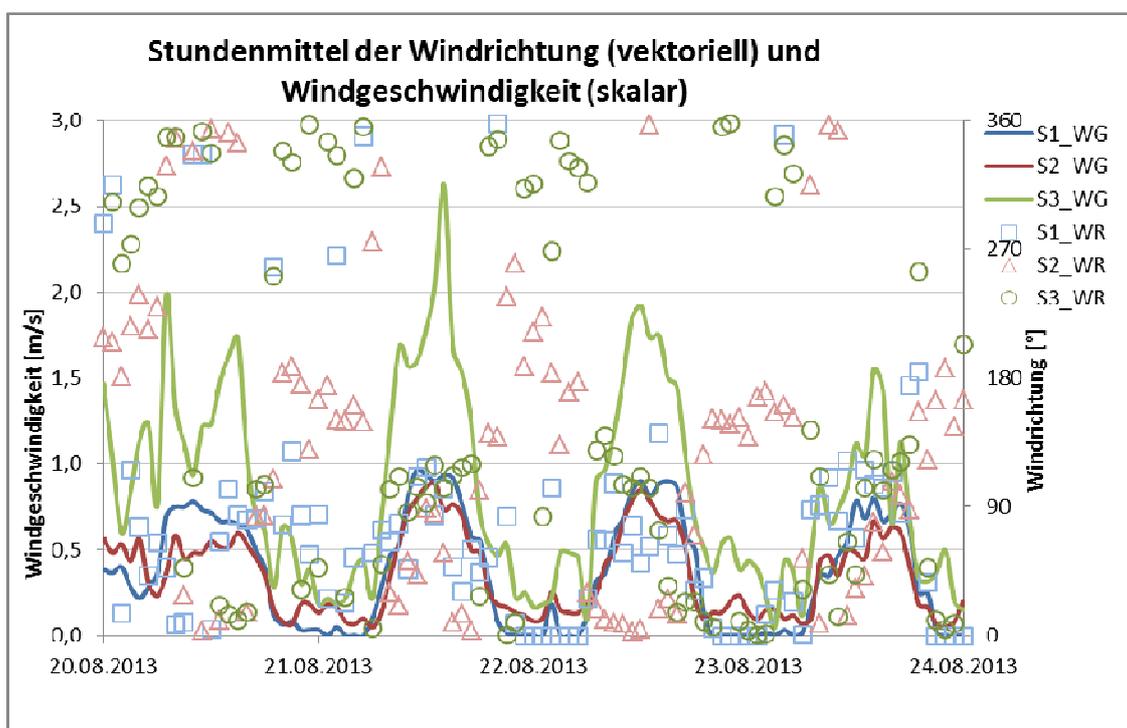
In den ersten beiden Tagen (18.07.2013 – 19.07.2013) ist der Hochdruckeinfluss noch nicht so stark ausgeprägt, wodurch höhere Windgeschwindigkeiten auftreten können. An Station 2 dominiert an diesen Tagen die NNW - Richtung. In der Nacht tritt dort vereinzelt Süd- bis Südostwind auf. An Station 1 ist es Nordostwind, der häufig auftritt. In Bezug auf die grossräumige Druckverteilung macht die nördliche Komponente durchaus Sinn, liegt das Hoch Yasmine doch über den Britischen Inseln im Nordwesten Deutschlands. Lokale Windsysteme können die Windrichtung zusätzlich modifizieren.

So tritt im zweiten Abschnitt dieses Zeitraums an Station 2 in der Nacht vermehrt ein Wind aus Südosten auf. Dies deutet auf eine Berg-Talwindzirkulation hin, bei der kalte Luft von den Höhen ins Tal abfließt, während am Tage ein Talwind von NW die Hänge hinauf weht.

An Station 1 tritt während der Nacht vermehrt Windstille auf, was die vektorielle Mittelung der Windrichtung auf 0 gehen lässt. Durch die Windstille lässt sich leider auch keine nächtliche Zirkulation ausmachen. Anzunehmen ist, dass die Windverhältnisse im Westkessel ähnlich der thermischen Zirkulation im Nesenbachtal sind und eine südwestliche Komponente aufweisen müssten.

Es muss zudem noch berücksichtigt werden, dass die unmittelbare Umgebung der Stationen auch einen Einfluss auf die Windgeschwindigkeit haben kann. Da der Wind in 2m Höhe gemessen wurde, ist der Einfluss der umliegenden Gebäude auf die Windrichtung sicherlich nicht auszuschließen.

Beispielsweise liegt Station 2 in einem Innenhof, im Süden fast vollständig von Häusern abgeschottet, im Westen ist ein kleiner Durchlass frei, was die Dominanz der WSW-Richtung in der Windrose des gesamten Messzeitraums (Abbildung 21 in blau) erklären würde. Auch die mit der Bodennähe zunehmende Rauigkeit kann einen Einfluss auf die Windgeschwindigkeit haben.



**Abbildung 18** Windrichtung und Windgeschwindigkeit an allen 3 Stationen im Zeitraum der Messfahrten

Im zweiten untersuchten Zeitraum in Abbildung 18, als die Messfahrten gemacht wurden, sieht die Situation ähnlich aus. Hier fällt Station 3 auf, welche die höchste aller Windgeschwindigkeiten aufweist. Sie liegt bei Hohenheim in der Filderebene, wo das Gelände ins Tal des Ramsbachs nach Südosten leicht abfällt. Die Station liegt etwas tiefer als der Fernsehturm. Am Tage tritt an Station 3 Wind aus Osten auf. Dies entspräche dem Tal des Ramsbaches hinauf, einem Hangaufwind. In der Nacht schwankt die Windrichtung zwischen NW bis N. Dies ist durch Kaluftabflüsse über den Ebenen möglich, welche sich im Tal des Ramsbachs sammeln und hinunterfließen.

Zu erkennen ist, dass der erste und der letzte Tage etwas gestört sind, die Tagesgänge der Windgeschwindigkeit sind da nicht sehr ausgeprägt. Die südöstliche Richtung an Station 2 in der Nacht ist auch in diesem Zeitraum wieder präsent, während an Station 1 abermals eine östliche Komponente während des Tages auftritt und in der Nacht eine nördliche Richtung aufgrund von Windstille herrscht.

## Windrosen

**Blau** Werte vom gesamten Zeitraum 17.07.2013 - 08.10.2013 (ab 05.08.2013 für Station 3)

**Rot** Werte nur Schönwetterzeitraum 18.07.2013 00:00 - 23.07.2013 00:00

**Grün** Werte Messfahrten-Zeitraum 21.08.2013 00:00-24.08.2013 00:00

Nacht Unten in den Abbildungen, 19:20-6:00 in den verschiedenen Zeiträumen

→ Messwerte sind, wenn nicht anders vermerkt, 10min Mittel

### Station 1

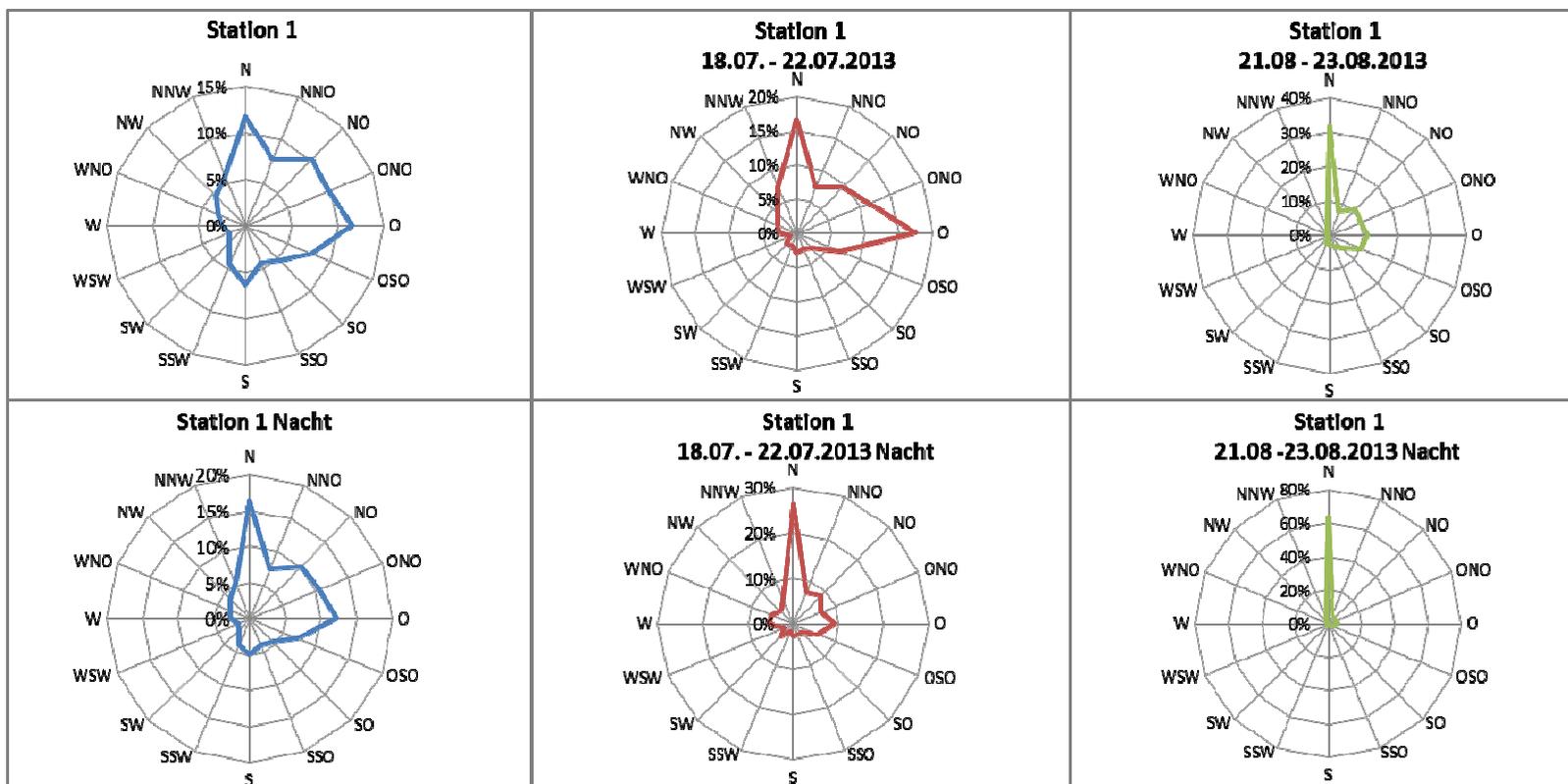


Abbildung 19 Windrosen an Station 1 für die drei verschiedenen Zeiträume. Oben fließen alle Werte des Zeitraums mit ein, unten nur die Nachtwerte von 19:20-6:00

Als Vergleich zu Station 1

Schwabenzentrum

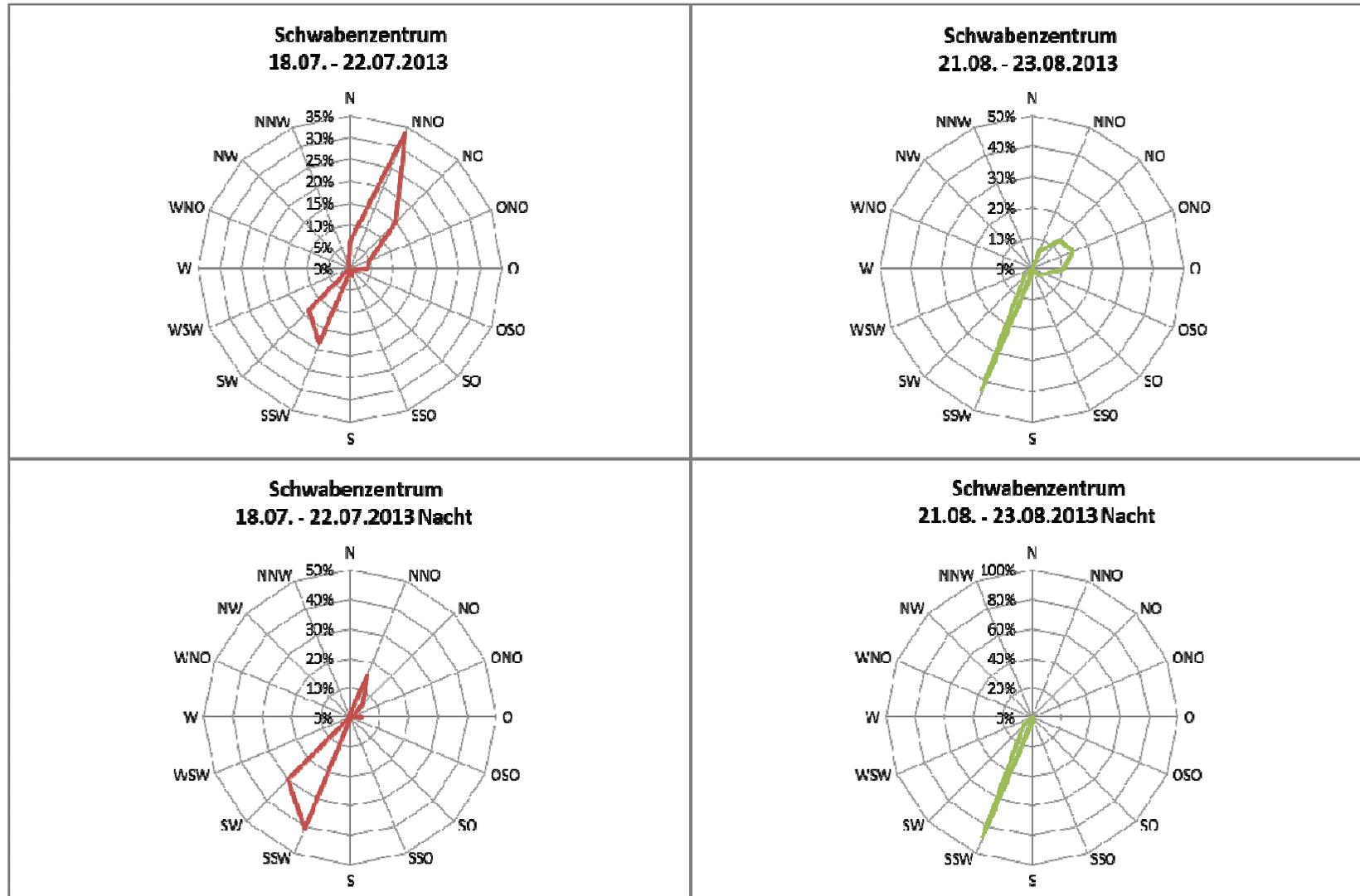


Abbildung 20 Windrosen für die Station Schwabenzentrum in Stuttgart Mitte (Ecke Tor-/Hauptstätter Strasse) in 30min Mitteln. Daten von LHS Stuttgart, Amt für Umweltschutz

Station 2

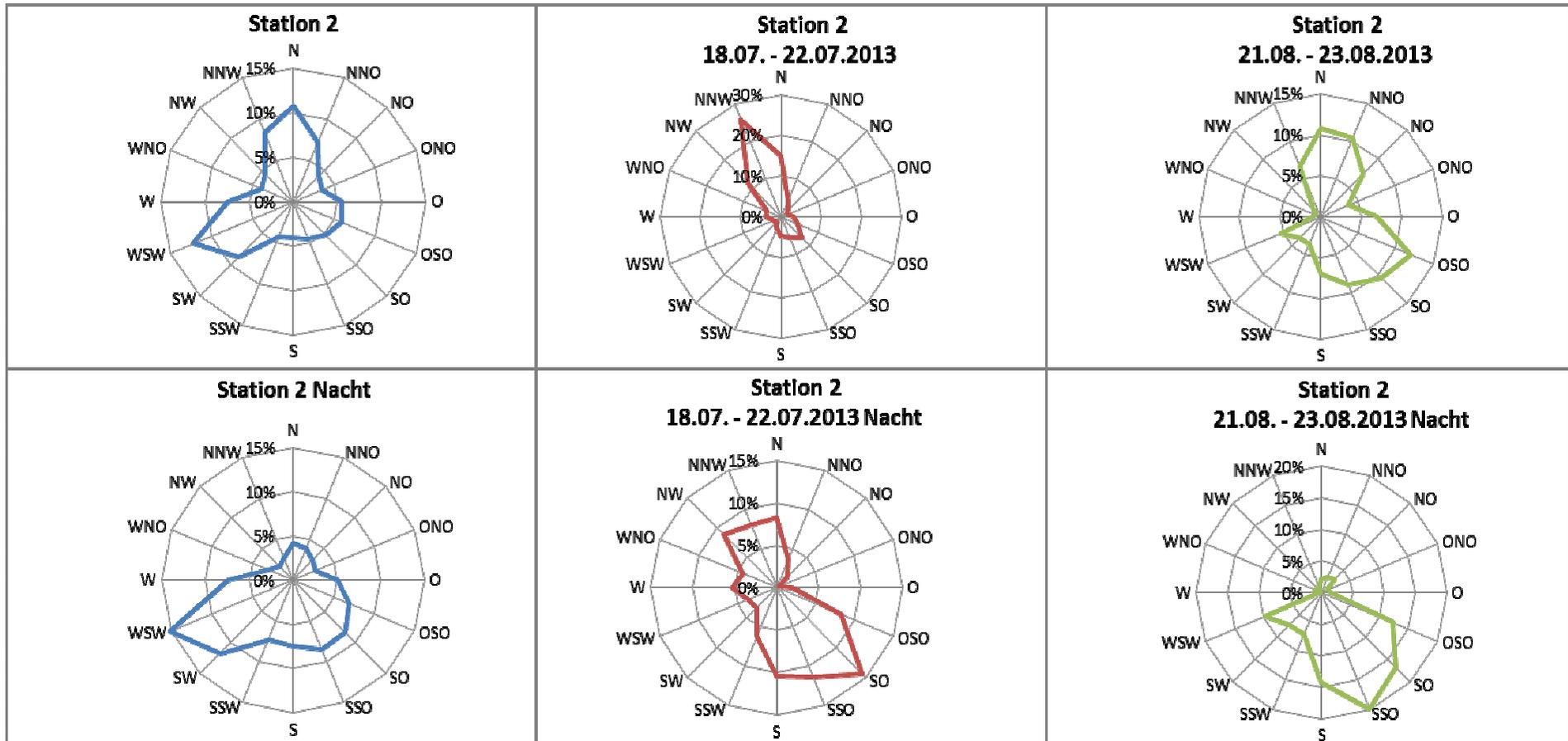


Abbildung 21 Windrosen an Station 2 für die drei verschiedenen Zeiträume

Station 3

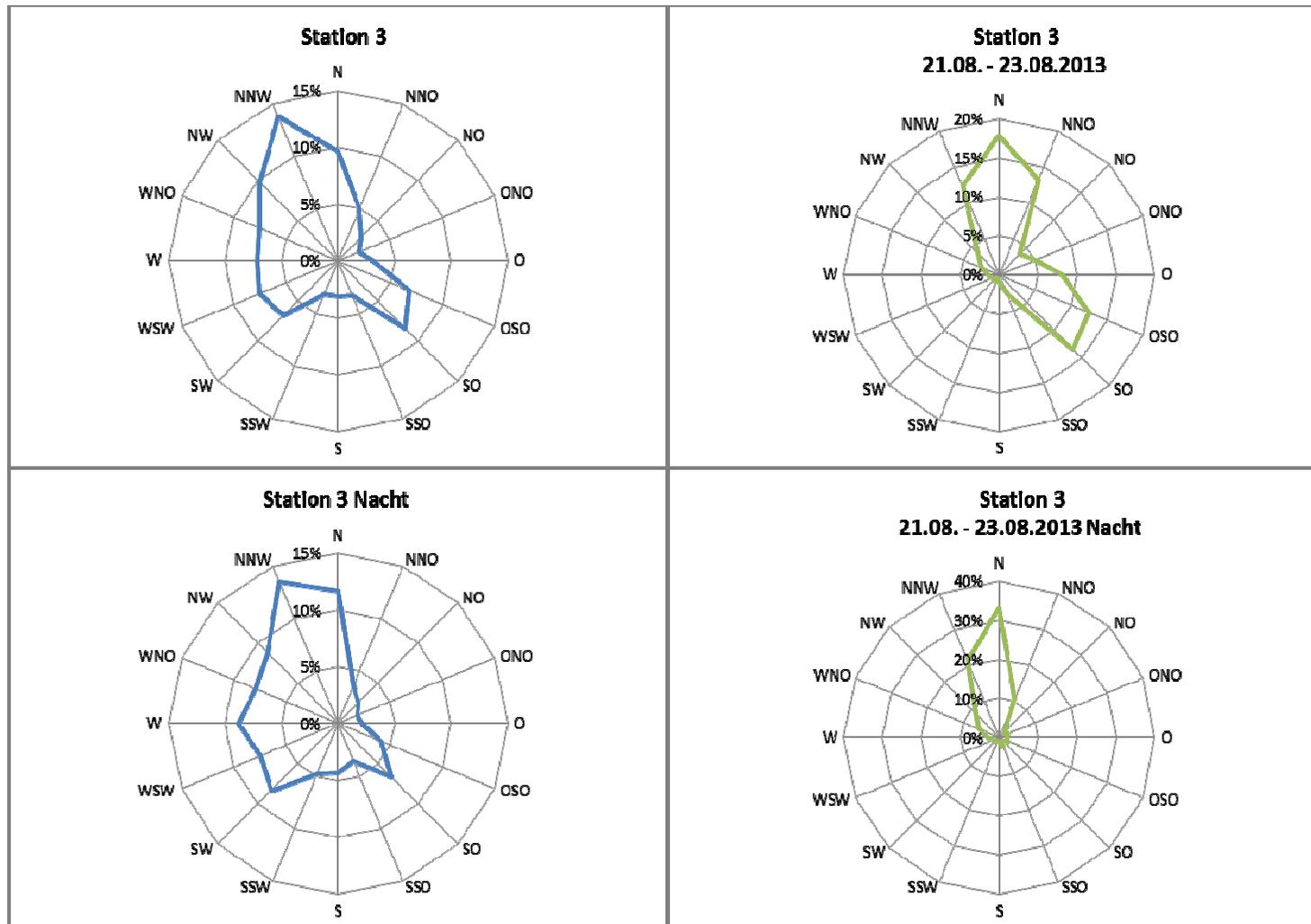


Abbildung 22 Windrosen für Station 3 in zwei verschiedenen Zeiträumen

Als Vergleich zur Station 3

Hohenheim

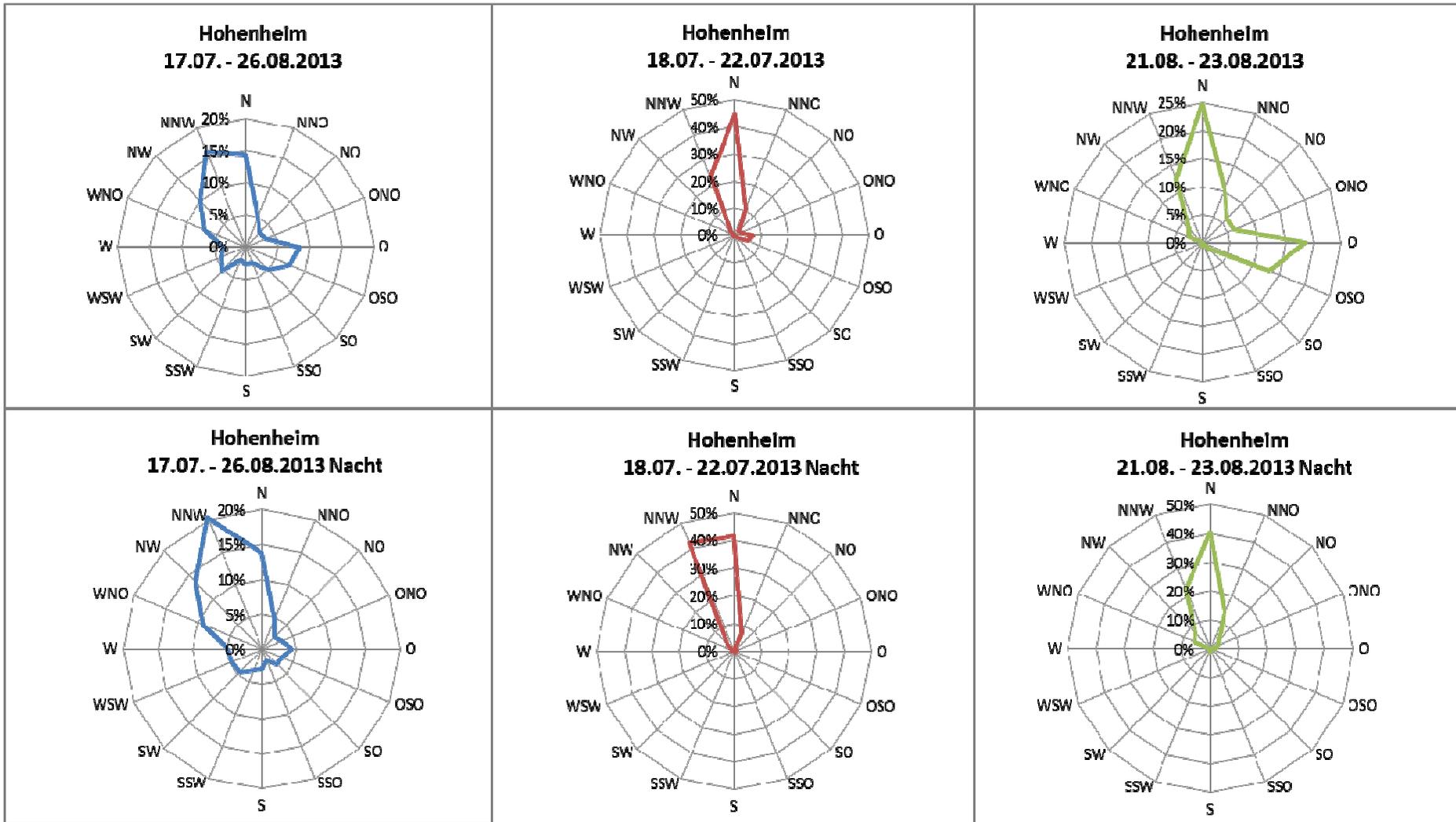
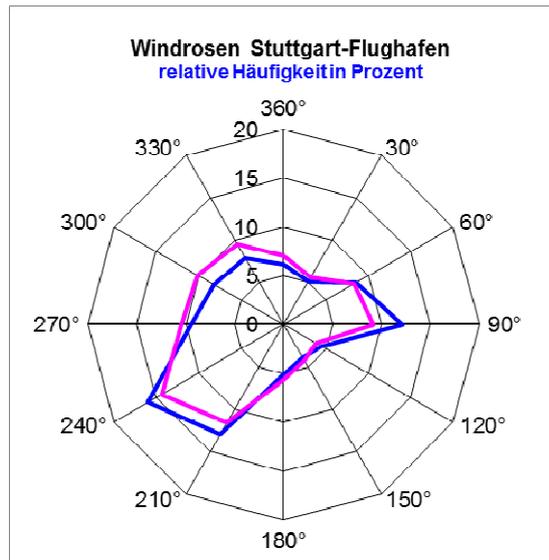


Abbildung 23 Windrosen für Hohenheim in 30 min Mitteln in den verschiedenen Zeiträumen. Zeitraum 1 hier nur bis 26.08.2013. Daten von der Uni Hohenheim, Dank an Dr. Bauer



**Abbildung 24** Windrose von Stuttgart-Flughafen des repräsentativen Jahres 2008 (Bezugszeitraum 2003-2012) in Blau alle Werte und in Pink Nacht- und Schwachwindauswahl (18:00-06:00,  $\leq 3$  m/s)

## Übersicht Windrosen

An allen Stationen ist während des Schönwetterzeitraums (17.07.2013-22.07.2013) am Tag die Nordrichtung ausgeprägt. Dies liegt an der grossräumigen Wetterlage. Der Kern des Hochs Yasmine befindet sich nordwestlich von Deutschland, was in Stuttgart eine NNW bis N-Strömung bewirkt. Im Zeitraum der Messfahrten hingegen liegt der Kern des Hochs über Deutschland. Es ist davon auszugehen, dass dies die geeignetere Lage für das Auftreten autochthoner Windsysteme ist. Dies wird bestätigt, indem an Station 2 und 3 eine Berg-Talwindzirkulation aufkommt.

An Station 2, welche beim Oberkirchenrat an einer leichten Hanglage liegt, stellt sich am Tage ein aus N bis NNO kommender Hangaufwind ein. In der Nacht dominiert ein Hangabwind aus SO, welcher wahrscheinlich vom Frauenkopf hinunterströmt.

An Station 3 herrscht in der Nacht eine Nordrichtung vor, da die Luft vom Bospertal über die Filder in Richtung Süden hangabwärts strömt. Am Tag kommt der Wind aus SSO, strömt also aus dem Köschtal hangaufwärts. Im Vergleich zeigen die Windrosen von der Universität Hohenheim, welche gleich neben Station 3 gemessen werden, ein ähnliches Bild, was die Messungen des DWD bekräftigt. Ganz anders hingegen sieht die Windrose in Abbildung 24 vom Flughafen aus, welcher nur ca. 3.2km von Station 3 entfernt liegt. Die Windrichtung wird dort zum einen von orographischen Regionalwinden (z.B. von der Alb in die Sulzbachmulde) und zum anderen von lokalen thermischen Einflüssen geprägt. In Abbildung 24 ist in Pink eine Schwachwindrose für die Nacht aufgetragen, welche am ehesten autochthonen Wetterlagen entspricht und mit den obigen untersuchten Messzeiträumen verglichen werden kann.

An Station 1 sollte theoretisch eine SW Richtung mit zum Tragen kommen. In der Nacht herrscht jedoch oftmals eine nördliche Richtung infolge Windstille vor. Am Tag ist vor allem im Schönwetterzeitraum die Ostrichtung ausgeprägt. Da die Messhöhe nur 2m über Grund beträgt, kann es sein, dass die Gebäude einen Einfluss auf die Windrichtung haben. Der Ostwind könnte beispielsweise durch eine Kanalisierung in der Forststrasse (siehe in Abbildung 9) zustande kommen. Obwohl die Station 1 am Diakonissenplatz im Westkessel von Stuttgart liegt, sollte nach den synthetischen Windrosen in Abbildung 4, eine südwestliche bis westliche Komponente auftreten. Dies ist im Zeitraum dieser Messungen jedoch gar nicht der Fall. Bei der Station Schwabenzentrum hingegen, welche 1.4km im Südosten von Station 1 liegt, ist das Windsystem des „Nesenbächers“ voll

ausgeprägt (Abbildung 20). Vor allem im Schönwetterzeitraum ist das Berg-Talwindssystem gut zu erkennen. Am Tage herrscht ein Talwind aus NNO und in der Nacht tritt die SW oder SSW-Komponente mit 70% Häufigkeit auf. Im Messfahrtenzeitraum liegt die Häufigkeit der SW-Komponente sogar bei fast 90%, jedoch muss beachtet werden, dass für diese Windrose auch nur Daten von 3 Nächten verwendet wurden.

## Resultate Messfahrten

Die Strecke 2 wurde nur ein einziges Mal am 22.08.2013 05:36 befahren. Dies war ein Versuch um die Temperaturen am Hang zu messen. Die Strecke 1 wurde insgesamt 8 mal abgefahren wobei auch leichte Änderungen der Route erfolgten.

Zu folgenden Zeitpunkten konnte nicht durch den Schlossgarten gefahren werden:

22.08.2013 05:09 Fahrt 4

22.08.2013 14:17 Fahrt 5

22.08.2013 15:11 Fahrt 6

22.08.2013 21:29 Fahrt 7

Dies sollte bei der Analyse der Daten beachtet werden.

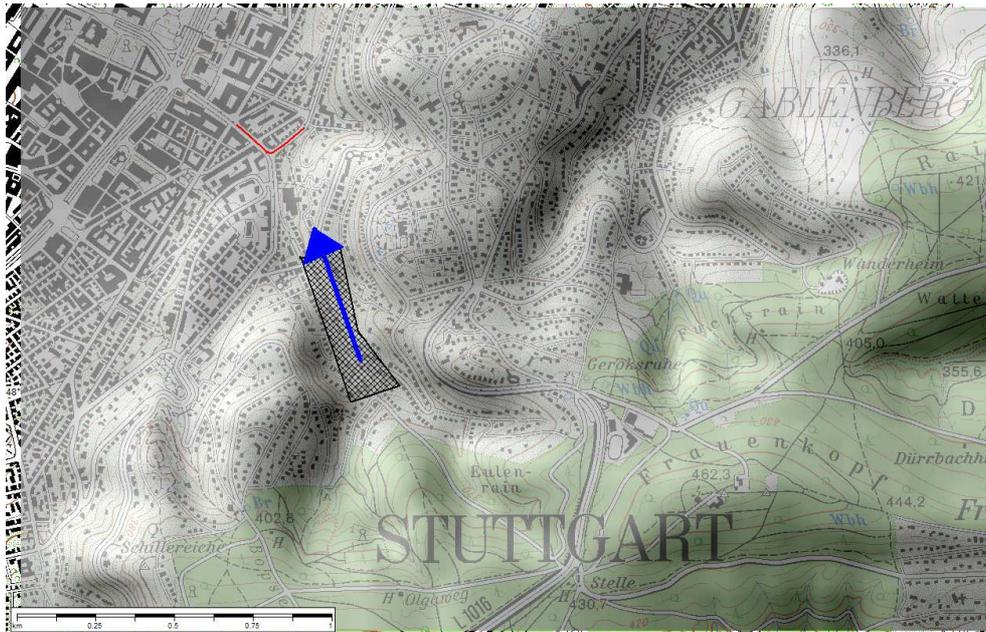
**Achtung:** Die Zeit der Messfahrten ist in MEZ angegeben!

### ***Messfahrten (Nr. 4,8) um 05:00 Uhr***

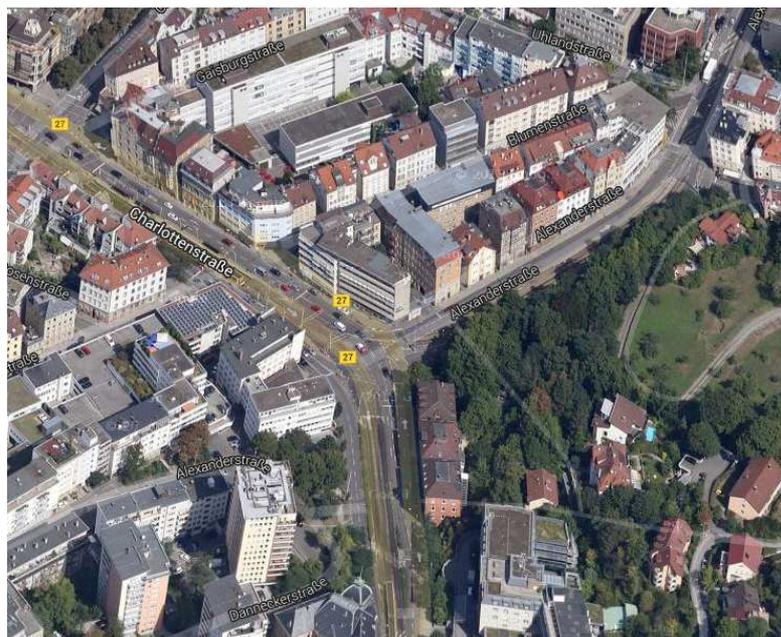
Die Temperatur in Abbildung 27 zeigt um diese Zeit einen gleichmässigen Verlauf. Der Temperaturunterschied von der Lenzhalde zur Stuttgarter Innenstadt beträgt 2°C. In den Temperaturkurven sind 2 relative Absenkungen auszumachen. Die erste erfolgt beim Schlossgarten, und ist am 23.08. etwas deutlicher ausgeprägt, was daher kommt, dass am 22.08. gar nicht durch den Schlossgarten gefahren wurde.

Ein zweites relatives Minimum der Temperatur erfolgt an der Ecke Charlottenstrasse-Alexanderstrasse. In Abbildung 25 und 26 ist der Grund dafür dargestellt. Das Messfahrzeug kommt in diesem Abschnitt aus der dicht versiegelten Innenstadt in die weniger besiedelten Randgebiete. Die Luft kann so zum einen freier strömen, zum anderen sorgt die nahe gelegene Vegetation zusätzlich für Abkühlung. Auch kann durch das kleine von SSO kommende Tal in Abbildung 25 eine andere kältere Luftmasse einströmen, welche für das Absinken der Temperatur in diesem Bereich verantwortlich ist.

Der Verlauf der relativen Feuchte in Abbildung 27 um 05:00 ist invers zur gemessenen Temperatur. Am 23. August ist die Temperatur etwas höher als am 22., darum ist dann die relative Feuchte zumindest zu Beginn der Messfahrten niedriger. Ganz temperaturabhängig ist die relative Feuchte trotzdem nicht. Auf dem letzten Teil der Strecke, ab dem Schlossgarten, gleichen sich die Feuchtekurven trotz unterschiedlicher Temperatur an, was heisst, dass es am 23. in diesem Abschnitt etwas feuchter war, als am 22. August. Dies kann durch die stärkere Advektion von Feuchte von den umliegenden Hügeln zustande kommen. An Station 2, welche in der Nähe dieses Streckenabschnitts liegt war die Windrichtung in dieser Nacht klar SSO (siehe Abbildung 18), was eine Hangabwindströmung nach sich zieht, die so Feuchte von den Hängen eintragen könnte.



**Abbildung 25** Die rote Strecke gibt an, wo der Temperaturabfall beginnt und endet, wenn das Minimum erreicht wird. Der blaue Pfeil soll den Kaltluftabfluss in dem kleinen Tal (schwarz schraffiert) symbolisieren.



**Abbildung 26** Orthofoto der Kreuzung Charlottenstrasse-Alexanderstrasse von Google Maps

### **Messfahrten (Nr.1,6) um 15:00 Uhr**

Am Mittag zeigt das Temperaturprofil in Abbildung 28 einen Verlauf ohne grosse Schwankungen. Die Kurven verlaufen etwas unruhiger als um 05:00, da es lokal etliche kleine Temperaturunterschiede gibt, was auf die mittägliche thermische Konvektion und Turbulenzen zurückzuführen ist. Der maximale Temperaturunterschied vom Stadtrand zur Innenstadt beträgt ca. 2.5°C. Deutliche Temperatursprünge wie um 05:00 kommen nicht vor, die senkrechten Ausschläge in den Kurven kommen davon, dass das Messfahrzeug in dieser Zeit gestanden ist.

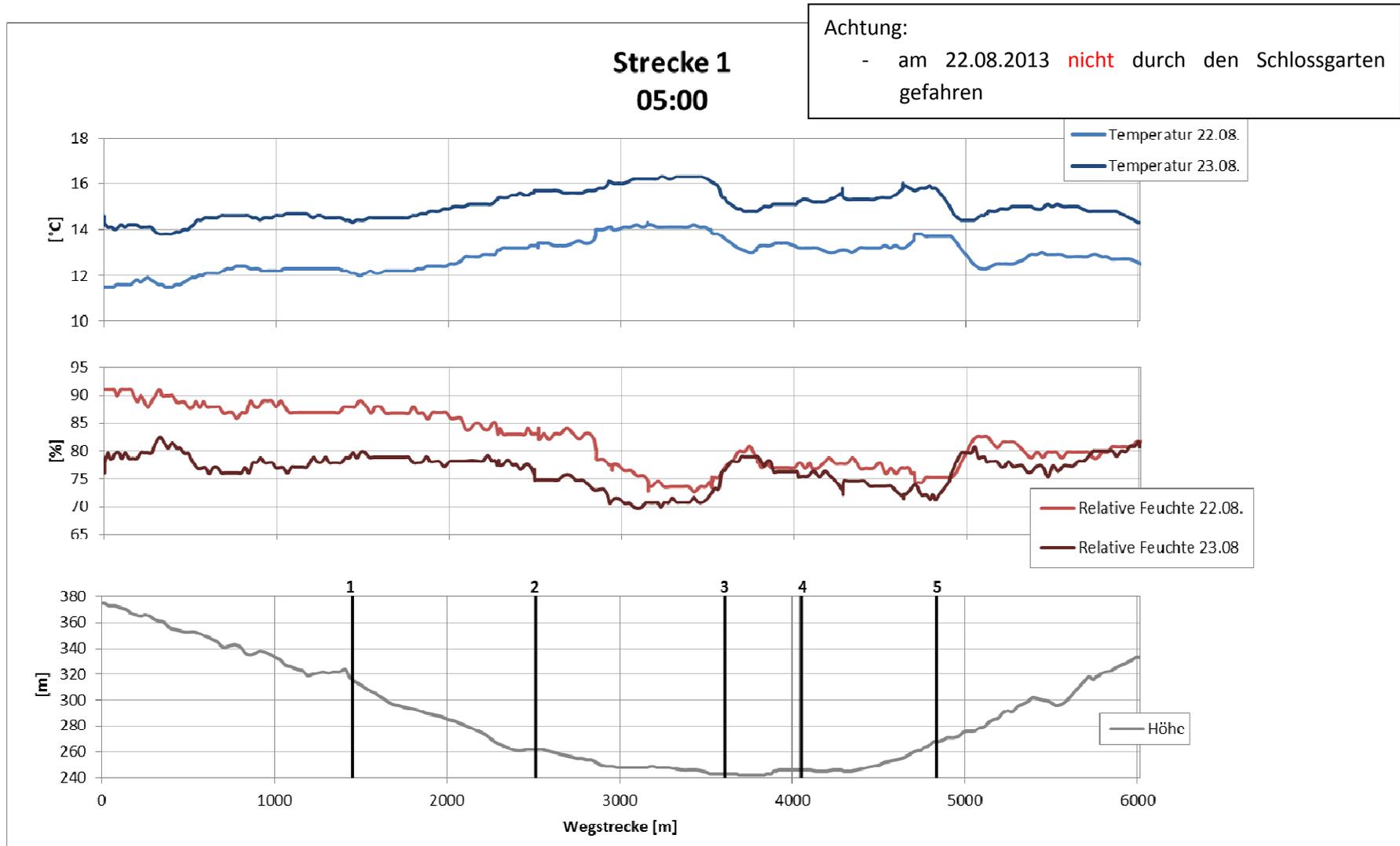
In der relativen Feuchte ist der Unterschied zwischen der Durchfahrt des Schlossgartens am 21.08.2013 und des Umfahrens des Schlossgartens am 22.08.2013 deutlich zu sehen.

### ***Messfahrten (Nr. 2,7) um 21:00 Uhr***

Abbildung 29 zeigt die Situation in der ersten Nachthälfte, bei der in der Innenstadt eine deutlich höhere Temperatur gegenüber dem Umland herrscht (Städtischer Wärmeinsel - Effekt). Es treten bis zu 4°C Unterschied vom Stadtrand zur Innenstadt auf. Auch können sich lokale Temperaturunterschiede aufgrund der stabilen Schichtung (weniger Durchmischung) in der Nacht besser ausbilden als am Tag um 15:00. Die Intensität der städtischen Wärmeinsel ist in dieser Zeit am ausgeprägtesten, da sich die Stadt gegenüber dem Umland nur verzögert abkühlt.

Auch lokal sind Temperaturunterschiede auszumachen. So zum Beispiel im ersten Streckenabschnitt von der Lenzhalde zum Herdweg (siehe Abbildung 9) wo die Temperatur zuerst steigt und dann etwa bei Punkt 1 ein lokales Minimum aufweist. Dies deutet auf einen Kältestau beim Bahndamm hin.

Danach steigt die Temperatur wieder leicht an und erreicht etwa beim Bahnhof, wo hohe Versiegelung herrscht, ihr Maximum. Der Einfluss des Schlossgartens ist danach wieder zu sehen, indem die Temperatur leicht sinkt. Das relative Minimum der Temperatur bei der Kreuzung Alexanderstrasse-Charlottenstrasse ist um diese Uhrzeit am deutlichsten zu sehen. Die relative Feuchte der beiden Fahrten ist sich auch hier sehr ähnlich.



**Abbildung 27** Messfahrten um 05:00 MEZ auf der Strecke 1. Von oben nach unten sind Temperatur, relative Feuchte und Höhenprofil aufgetragen. Die Zahlen im Höhenprofil entsprechen den Markierungspunkten, welche in Tabelle 1 aufgelistet sind

### Strecke 1 15:10

Achtung:  
- am 22.08.2013 nicht durch den Schlossgarten gefahren

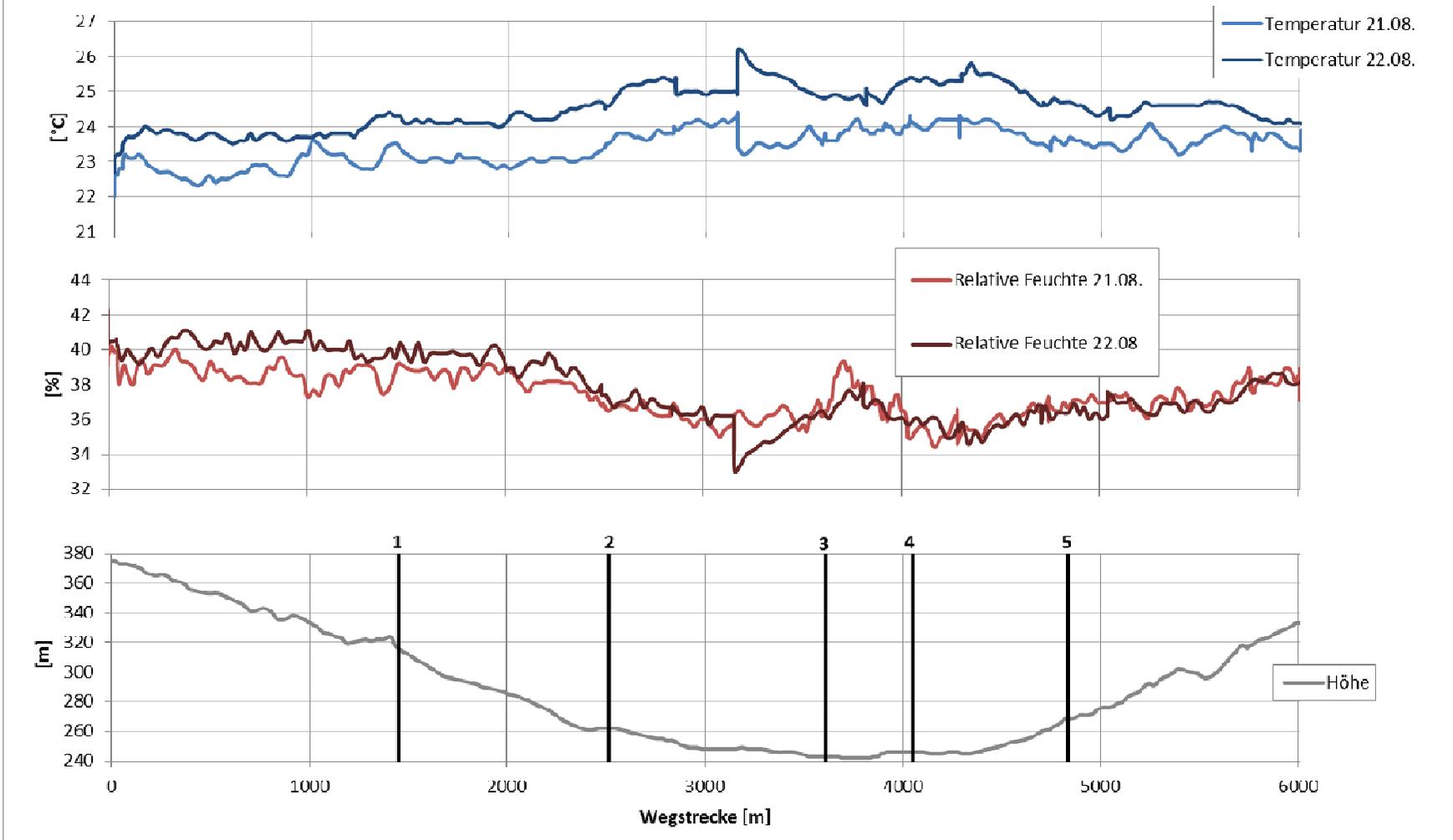
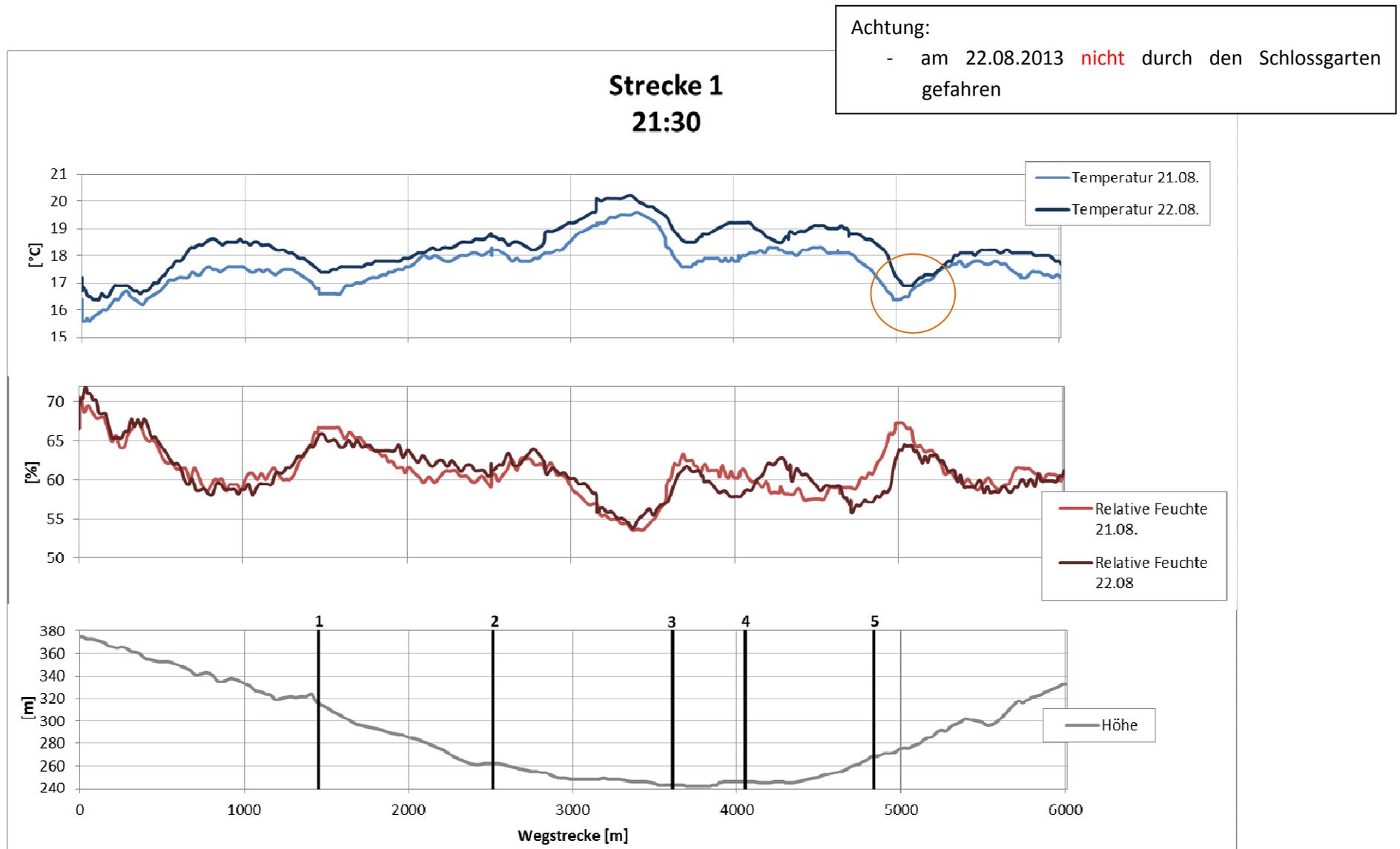
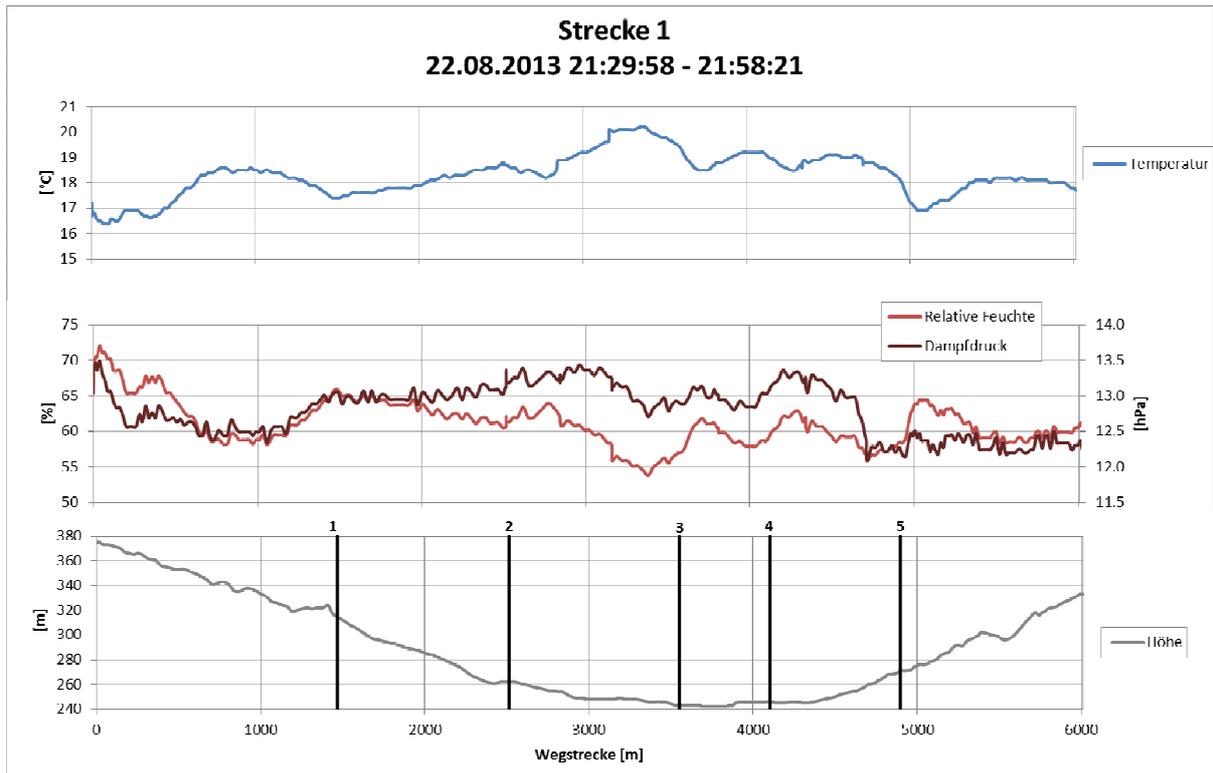


Abbildung 28 Messfahrten um 15:10 MEZ auf der Strecke 1. Von oben nach unten sind Temperatur, relative Feuchte und Höhenprofil aufgetragen.



**Abbildung 29** Messfahrten um 21:30 MEZ auf der Strecke 1. Von oben nach unten sind Temperatur, relative Feuchte und Höhenprofil aufgetragen.

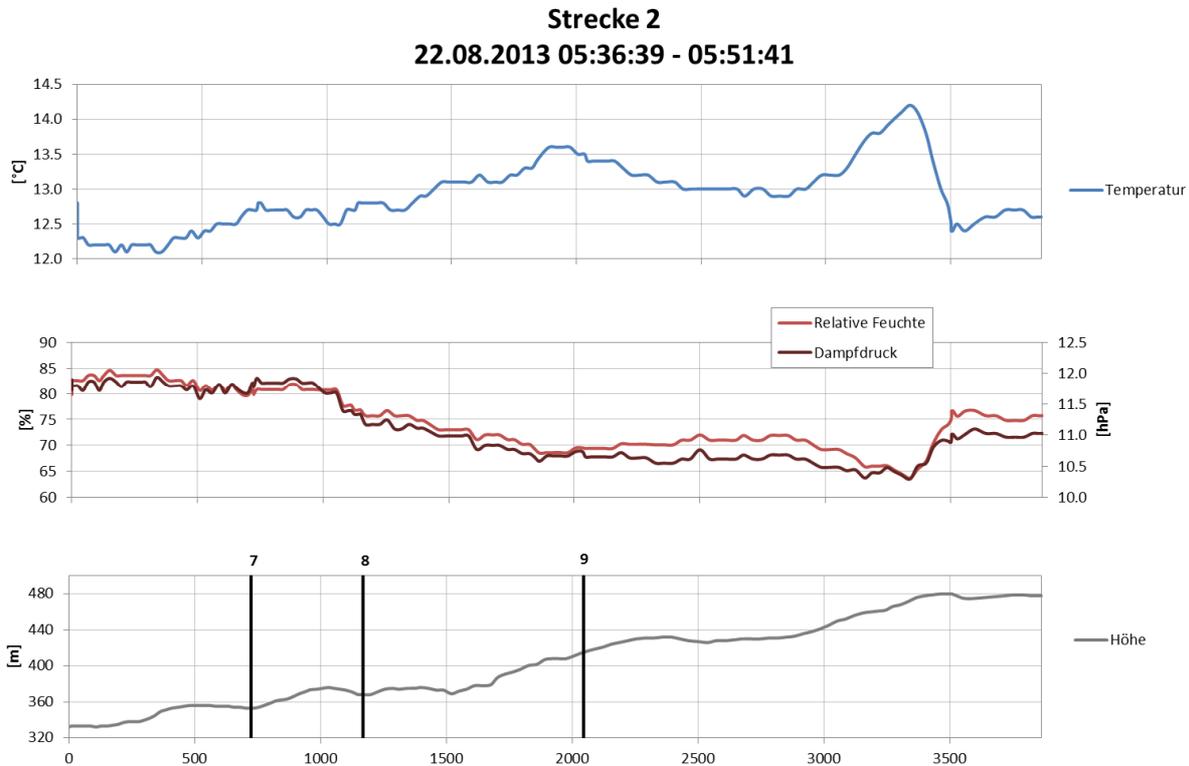


**Abbildung 30** Messfahrt am Abend auf der Strecke 1. Von oben nach unten sind Temperatur, relative Feuchte und Höhenprofil aufgetragen. Zusätzlich ist hier noch der Verlauf des Dampfdrucks dargestellt.

### **Beispiel: Feuchte**

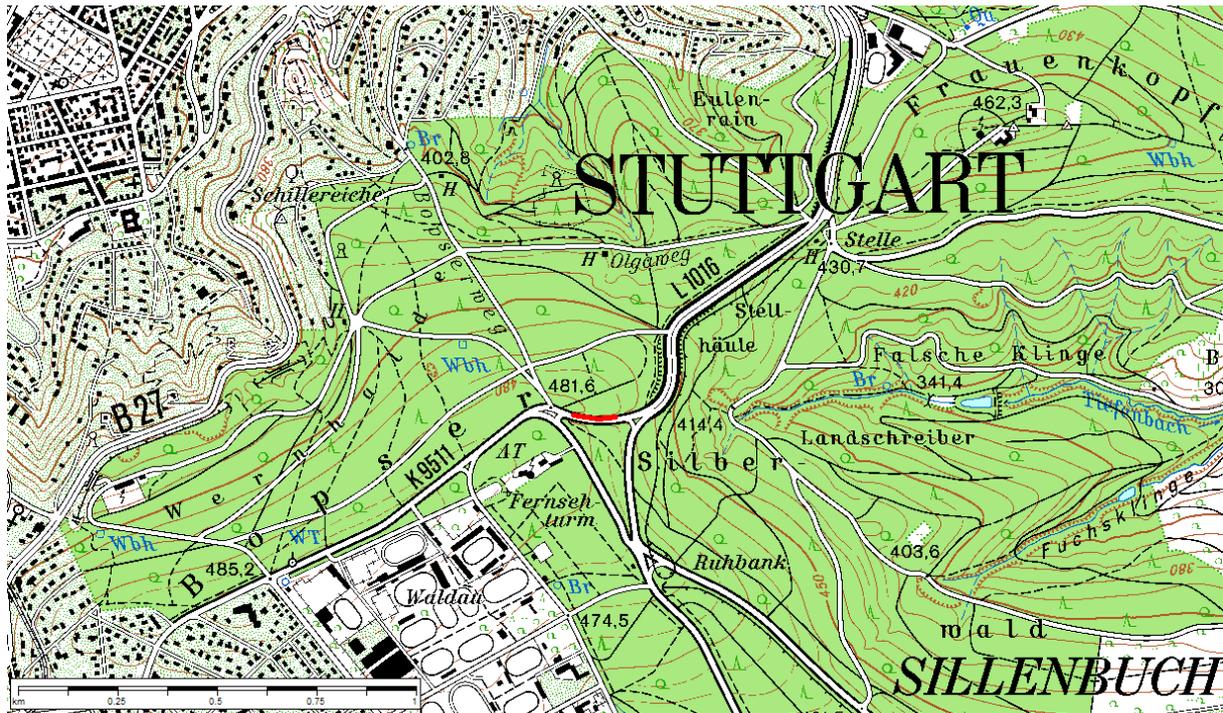
In Abbildung 30 ist ein Beispiel einer einzelnen Messfahrt dargestellt. Sie wurde am Abend im Zeitraum 21:30 – 22:00 durchgeführt. Schon in Abbildung 29 sind ab Punkt 3, welcher dem Schlossgarten entspricht Schwankungen in der Feuchte auszumachen. Es ergeben sich lokale temperaturbedingte Minima in der relativen Feuchte. Wird jetzt aber der Dampfdruck hinzugezogen, fällt auf, dass dieser anfangs in etwa der relativen Feuchte folgt, bis ein markanter Rückgang des Dampfdrucks vor dem Punkt 5 (Alexanderstrasse) zu sehen ist. Die Veränderung im Dampfdruck - welcher im Gegensatz zur relativen Feuchte ein absolutes Feuchtemass ist - deutet darauf hin, dass es sich hier um einen Luftmassenwechsel handelt. Die Temperatur fällt in diesem Bereich auch zunächst ab, steigt dann aber auf dem letzten Rest der Strecke wieder leicht an. Dieses relative Minimum bei der Kreuzung Alexanderstrasse deutet darauf hin, dass dort Austauschprozesse im Gang sind, welche die gemessenen Größen modifizieren. So könnte wie schon im Kapitel *Messfahrten* (Nr. 4,8) um 05:00 besprochen, auch hier der Bergwind von den Hängen dafür verantwortlich sein, welcher durch mechanische Turbulenz die Durchmischung anregt und so die Feuchtigkeit vom Boden nach oben transportiert. Im verbauten Stadtkörper ist die Windgeschwindigkeit geringer und der Wasserdampf kann sich in den Strassenschluchten ansammeln. Dies kann ein Grund für das abrupte Sinken des Dampfdrucks bei Punkt 5 sein, müsste jedoch noch genauer überprüft werden.

## Strecke 2



**Abbildung 31** Messfahrt um 05:30 auf Strecke 2.

Ein etwas anderes Bild, bietet die Fahrt auf Strecke 2, welche spontan als Versuch durchgeführt wurde. Im ersten Bereich steigt die Temperatur mit der Höhe leicht an, was durch den Kaltluftabfluss von den Hängen in tiefere Lagen und so Kaltluftstau im Tal möglich ist, während die höher gelegenen Hänge nicht so stark auskühlen. Dieser Anstieg erfolgt jedoch nur bis etwa zum Rand der Bebauung (Punkt 9), was darauf hindeutet, dass der Wärmeinseleffekt auch noch einen Einfluss hat. Danach fällt die Temperatur leicht, was daran liegen kann, dass die Strasse einem leichten Kamm folgt und so eine exponierte Lage hat. Sehr deutlich ist dann ein Temperaturanstieg von etwas mehr als 1 °C auszumachen. Die Temperatur fällt danach jedoch wieder ziemlich schnell, ziemlich steil ab. Der Streckenabschnitt auf welchem dieses Absinken erfolgt, ist in Abbildung 32 dargestellt. Die vierspurige Jahnstrasse geht auf diesem Streckenabschnitt in 2 Spuren über. Die Gründe für das Absinken der Temperatur können unterschiedlich sein. Da nach www5 die Sonne um 06:26 MESZ (=05:26 MEZ in Abbildung 31) aufgeht, kann dies durchaus einen Einfluss haben. Obwohl noch Horizont einschränkung beachtet werden muss, kann man davon ausgehen, dass im Zeitraum des Temperaturabfalls die Sonne schon aufgegangen ist, d.h. die Erwärmung eingesetzt hat. Darum der Temperaturanstieg auf dem breiteren Teil der Jahnstrasse. Beim Abbiegen in eine etwas kleinere weniger exponierte Strasse (Schattenwurf) welche sich noch nicht so stark erwärmt hat, ist so ein Absinken der Temperatur festzustellen. Dies ist jedoch nur eine Vermutung.



**Abbildung 32** Topographische Karte 1:25 000. Die rote Linie kennzeichnet den Bereich, in dem die Temperatur stark sinkt ©LGL

## Fazit

Je nach Lage der Stationen variiert die Temperatur. Die Station 1 in der Innenstadt weist die höchste Temperatur auf, gefolgt von der Station 2, während bei Station 3 im Vergleich die niedrigsten Temperaturen erreicht werden.

Bei den Windverhältnissen ist unklar, wie gross der Einfluss der Gebäude darauf ist, da in der Messhöhe von 2m keine Strömungsfreiheit herrscht. Davon betroffen sind vor allem die 2 Stationen in der Stadt.

An Station 1 stellt sich das Problem der nächtlichen Windstille. Dennoch konnte mit den Daten von der Station Schwabenzentrum, welche über Gebäudehöhe misst, das Auftreten des Nesenbachtälers gezeigt werden.

Station 2 weist, trotz Einschränkungen durch Gebäude, eine Berg-Talwindzirkulation bei Schönwetter auf. Dabei dominiert am Tag die nördliche Komponente, während in der Nacht der Wind aus SSO bis SO weht. Die insgesamt häufigste Windrichtung WSW wird wahrscheinlich von den umstehenden Gebäuden generiert, könnte aber auch ein Relikt des Nesenbachtälers sein.

Bei Hohenheim an Station 3, kann man davon ausgehen, dass die Station frei angeströmt werden kann, da sie auf einem Feld steht ohne grössere Hindernisse in der Umgebung. Bei Schönwetter erscheint am Tag eine Südostströmung, welche sich aus einer Kombination von Hangaufwind und Talwind aus dem Ramsbachtal zusammensetzt, durchaus plausibel. Die in der Nacht dominierende Nordströmung kann durch Kaltluftflüsse über den Fildern zustande kommen.

Die Messfahrten zeigen, dass lokal Einflüsse auf die Temperatur wirken. So kann zum Beispiel eine Fahrt durch den Schlossgarten oder das Passieren einer Grünfläche für einen lokalen Temperatureinbruch und das Ansteigen der relativen Feuchte sorgen. In den Mittagsstunden wird die höchste Temperatur erreicht, der Verlauf des Profils ist sehr regelmässig. Die Temperaturunterschiede vom Stadtrand zur Innenstadt betragen bis zu 2°C.

Die städtische Wärmeinsel als ein nächtliches Phänomen sorgt um 21:30 für Unterschiede bis zu 4°C.

Wenn die Messung mit Messfahrten im Sommer noch einmal durchgeführt wird, wäre es hilfreich wenn die einzelnen Markierungspunkte mit dem GPS gemessen werden. Wenn die genauen Koordinaten der Punkte bekannt sind, lassen sich so Missverständnisse in Bezug auf die gefahrene Route vermeiden. Ausserdem können die Punkte so genau lokalisiert werden, während die gefahrenen Strecken von Fahrer zu Fahrer variieren könne.

Insgesamt soll diese Arbeit als Übersicht für den eigentlichen Projektstart im Sommer 2014 dienen und bei dessen Planung helfen. Dank geht an alle, die dazu Daten geliefert haben, eigene Ideen mit einbrachten oder einfach mit Rat und Tat zur Seite standen.

## Quellen

F. Huttenlocher & H. Dongus (1967): Naturräumliche Gliederung Deutschlands - Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 170 Stuttgart. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung. Selbstverlag - Bad Godesberg

Internetquellen [Stand 20.11.2013]:

www1: <http://brsweb.lubw.baden-wuerttemberg.de/brs-web/pages/map/default/index.xhtml>

www2: [http://service.stuttgart.de/lhs-services/komunis/documents/7703\\_1.PDF](http://service.stuttgart.de/lhs-services/komunis/documents/7703_1.PDF)

www3: [http://www.stadtklima-stuttgart.de/image\\_zoom.php?show=NF8yNTFfVkJyU1lwc251ci5qcGc=](http://www.stadtklima-stuttgart.de/image_zoom.php?show=NF8yNTFfVkJyU1lwc251ci5qcGc=)

www4: <http://brsweb.lubw.baden-wuerttemberg.de/brs-web/pages/map/default/index.xhtml>

www5: <http://www.sonnenuntergang-zeit.de/sonnenuntergang:stuttgart:august.html>