

## Fahrrad- Feinstaub-Tour durch Stuttgart

Bernd Laquai, 22.01.17

Zurzeit werden von offizieller Seite her an 3 Stellen in der Stadt Stuttgart Feinstaub-Messungen gemacht, und anhand dieser Ergebnisse wird heftig darüber diskutiert, wie man die Feinstaubkonzentration senken kann. Die bedeutsamste Messstelle des Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) befindet sich am Neckartor, wo die höchsten Werte gemessen werden. An der Hohenheimer Straße befindet sich eine weitere Station des LUBW und schließlich misst noch das Umweltamt der Stadt auf dem Dach des Schwabenzentrums an der Hauptstätter Straße die Feinstaubkonzentration. Dies sind alles Messstellen an Straßen mit hoher Feinstaubbelastung durch den Verkehr. Aber wie sehen die Verhältnisse nun im restlichen Stadtgebiet aus? Ist die Feinstaubkonzentration nur an diesen Hauptverkehrsstraßen hoch oder betrifft das nicht doch die ganze Luft im Talkessel in dem das Zentrum von Stuttgart liegt?

Wenn man sich nun etwas beliest, merkt man schnell, dass es sich bei Feinstaub um derartig kleine Partikel (Aerosole) handelt, dass diese sich als Schwebstoff in der Luft im Prinzip genauso ausbreiten können wie ein Gas, also mit hoher Volatilität und hoher Diffusivität. Es ist also relativ unwahrscheinlich, dass man an einer Stelle eine Hauptverkehrsstraße mit hoher Feinstaubbelastung hat und einige Straßenzeilen weiter ein städtisches Wohngebiet oder ein Park wo die Feinstaubkonzentration zu vernachlässigen ist. Umgekehrt muss man den Verkehr sicher als eine starke Quelle von Feinstaub sehen (neben etlichen anderen), so dass die Ausbreitung in den freien Raum auch einen Gradienten hat, und man eine Abnahme der Konzentration mit dem Abstand zur Quelle feststellen können müsste. Die Wahrheit wird also irgendwo dazwischenliegen. Es ist nur die Frage wo?

Um dem nun auf den Grund zu gehen, wurde eine mobile Feinstaub-Messstation aufgebaut und auf dem Gepäckträger eines Fahrrads montiert. Als Feinstaubsensor wurde der Sensor SDS011 der Firma Nova Fitness benutzt, der die Partikel mit dem Laser-Streulichtverfahren misst und neben Werten der Feinstaubklasse PM10 auch Werte für die Feinstaubklasse PM2.5 liefert. Diese im Sekundentakt gelieferten Daten werden dann von einem Arduino-Mikrocontroller entgegengenommen und über die letzten 10 Werte gemittelt. Der Arduino Mikrocontroller ist mit einer Echtzeituhr ausgestattet, so dass die Messdaten mit einem Zeitstempel versehen werden können und so dann alle 10 Sekunden auf eine SD-Speicherkarte geschrieben werden.

Am Lenker des Fahrrads wurde zusätzlich ein Garmin GPS-Navigationsgerät (Typ Oregon) montiert, welches die Geokoordinaten der Fahrtroute aufzeichnet. Die Fahrtroute wird im Gerät ebenfalls in Form von Messpunkten mit einem Zeitstempel versehen im Gerätespeicher abgelegt. Daher können später beide Datensätze anhand identischer Zeitstempel einander eindeutig zugeordnet werden, so dass man den Geokoordinaten der Fahrstrecke auch die entsprechenden Feinstaubkonzentrationen zuordnen kann.



Abb. 1: Das mit der mobilen-Feinstaub Messanlage ausgestattete Fahrrad

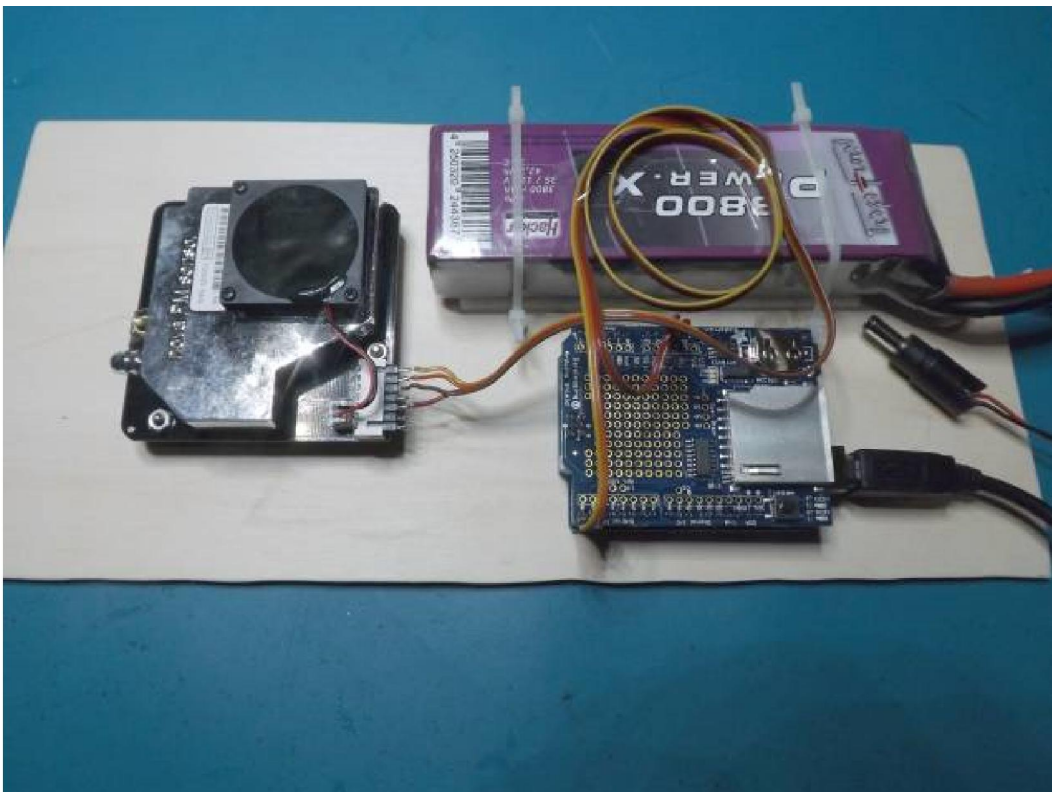


Abb. 2: Das Feinstaub-Messgerät bestehend aus dem Sensor links und einem Arduino-Mikrocontroller mit SD-Karten-Speicher (rechts unten). Rechts oben der Modellbau Akku zur Stromversorgung.



Abb. 3: Die Kiste auf dem Gepäckträger mit dem Feinstaubmessgerät, gepolstert in „kalifornischer Luft“



Abb. 4: Das Garmin Oregon GPS am Lenker des Fahrrads

Die Feinstaub-Episode in der Woche des 16.1.-22.1., hervorgerufen durch das ausgedehnte Hochdruckgebiet „Brigitta“ sorgte auch in Stuttgart wieder für Spitzenwerte der Feinstaubkonzentration in der Luft. Am Samstag den 21.1. lag der vom LUBW am Neckartor gemessene

Tagesmittelwert weit über  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Daher wurde dieser Tag für die erste Tour durch Stuttgart gewählt. Die Tour startete um 11:30h in Stuttgart Degerloch auf etwa 400m Höhe und führte die Alte Weinsteige hinunter auf die Tübinger Straße. Dort folgte die Tour dem Tallängs-Radweg bis in die unteren Anlagen. Bei den Mineralbädern wurde gewendet um dann auf der Wolframstraße unter dem DB-Gleisfeld hindurch am Milaneo vorbei auf die Heilbronner Straße zu gelangen. Der Heilbronner Straße entlang folgte die Tour wieder Richtung Zentrum um dann über die Jägerstraße durch das Klinikum hindurch auf den Herdweg zu gelangen. Von dort führte die Strecke wieder Richtung Rathaus und endete schließlich am Charlottenplatz.

Bereits am Beginn der Alten Weinsteige am Aussichtspunkt auf dem Santiago-de-Chile Platz hatte man einen „herrlichen“ Blick auf das feinstaub-verhangene Stadtzentrum. Umgekehrt konnte man vom Schloßplatz aus gerade noch hoch zu den ersten Häuser an den Hanglagen unter der Staffenbergstrasse schauen, die Antenne des Frauenkopfturms war nur noch schwer zu erkennen. Die Webcam vom Fernsehturm zeigte um 11Uhr auch sehr deutlich die Inversion der Luftschichten, unten war der Dunst in der kalten Luftschicht gefangen und die wärmere Luft oben war so klar, so dass man den strahlend blauen Himmel sehen konnte.

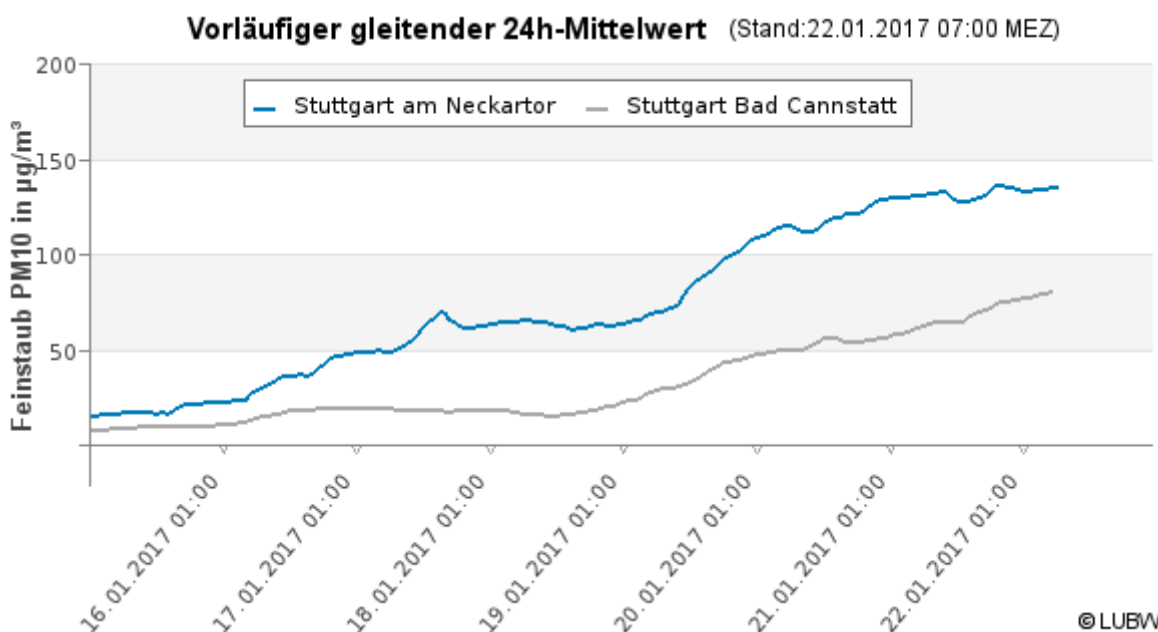


Abb. 5: Vom LUBW gemessene Tagesmittelwerte der PM10 Feinstaubkonzentration am Neckartor (blau) und in Bad Cannstatt (grau)

Betrachtet man nun das Ergebnis der Messung, so stellt man bereits im Profil der Messwerte entlang der Tour-Strecke fest, dass es zwar kleinere lokale Variationen und Peaks gibt, aber tendenziell nur ein leichter Anstieg im vorletzten Viertel der Strecke erkennbar ist. Bei den räumlich sehr begrenzten Peaks muss man davon ausgehen, dass es sich um sehr lokale Quellen handelte, wie beispielsweise die Qualmwolke eines Fußgängers, der geraucht hat und der überholt wurde. Für eine besondere lokale Belastung eines Gebiets kann in keinem dieser Fälle ein Anhaltspunkt gesehen werden.

Die Werte schwankten zwischen grob  $55$  und  $65\mu\text{g}/\text{m}^3$  für die lungengängige Feinstaubklasse PM2.5, die aufgezeichnet wurde. Angesichts der über  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Tagesmittelwert der PM10 Konzentration am Neckartor erscheint dieser Wert absolut gesehen eher noch etwas gering. Allerdings wurden von der Messanlage des städtischen Umweltamtes auf dem Dach des Schwabenzentrum PM10-Werte nur zwischen  $50$  und  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen, so dass man sagen kann, dass die Werte von der absoluten Größe her doch recht plausibel erscheinen.



Abb. 6: Blick vom Aussichtspunkt am Santiago-de-Chile Platz am Haigst über die Innenstadt um 11:30h



Abb. 7: Blick vom Schloßplatz Richtung Frauenkopf, der Turm ist im Dunst kaum noch zu erkennen

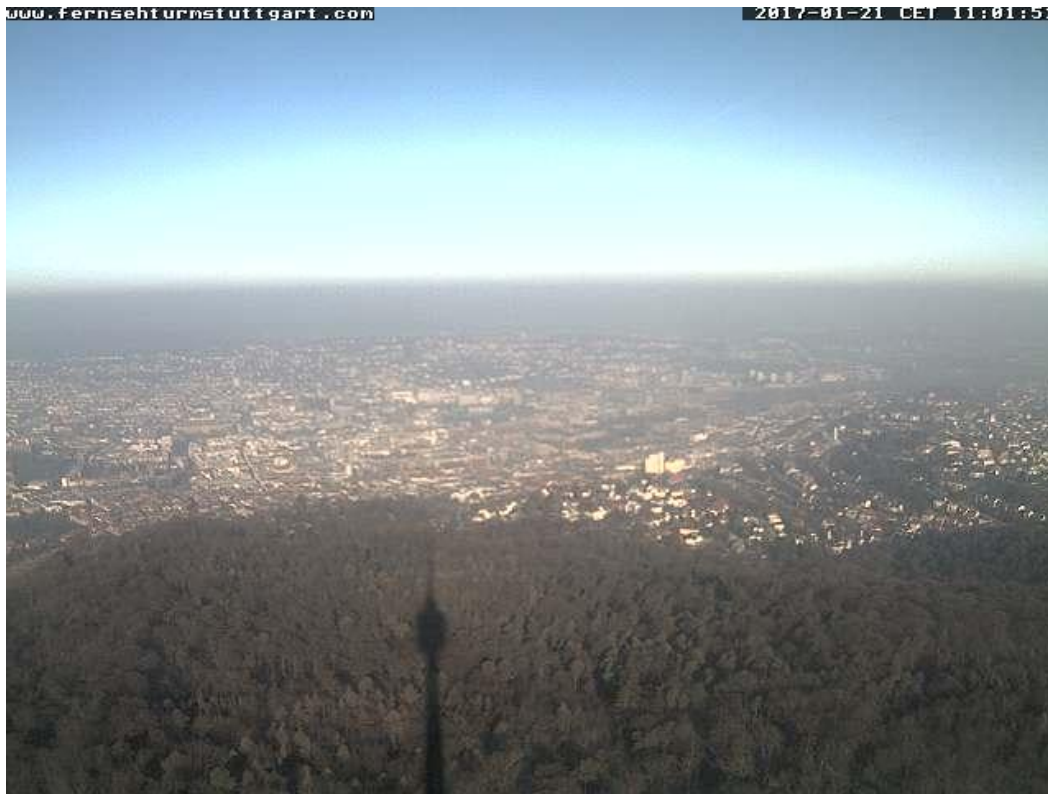


Abb. 8: Foto der Webcam auf dem Fernsehturm Richtung Innenstadt um 11Uhr morgens

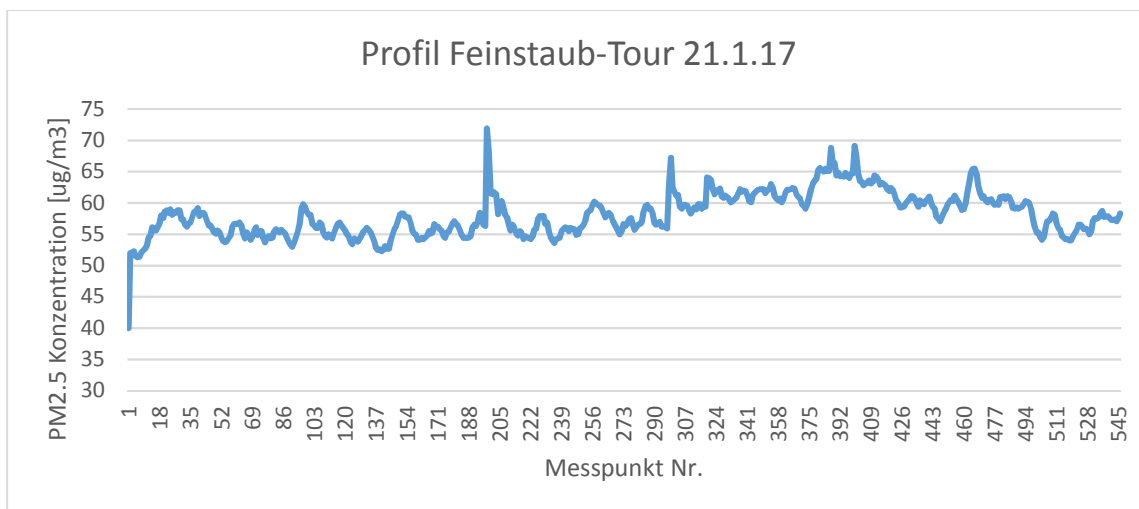


Abb. 9: Ergebnis der Messung als Profil der Messwerte über der Tour-Strecke

Legt man nun aber die Messwerte anhand ihrer Geokoordinaten auf ein Satellitenbild von Google, und färbt die Wegstrecken zwischen den Messpunkten anhand der gemessenen Feinstaubkonzentration farblich ein, dann erkennt man weitere interessante Details. So erkennt man doch deutlich, dass der Bereich, der im Profil etwas erhöht erscheint, sich der Wegstrecke in den unteren Anlagen parallel zur Cannstatter Straße entlang erstreckt, auf dem Hin- und dem Rückweg. Das ist also genau das Gebiet, das bereits in den Medien als besonders Feinstaub-belastet dargestellt wird. Das scheint also sehr gut übereinzustimmen. Ganz generell kann man auch erkennen, dass vom Marienplatz kommend, die Feinstaubkonzentration Richtung Bad Cannstatt zunimmt. Das könnte an der Richtung der Frischluftzufuhr durch die Talschneise liegen.

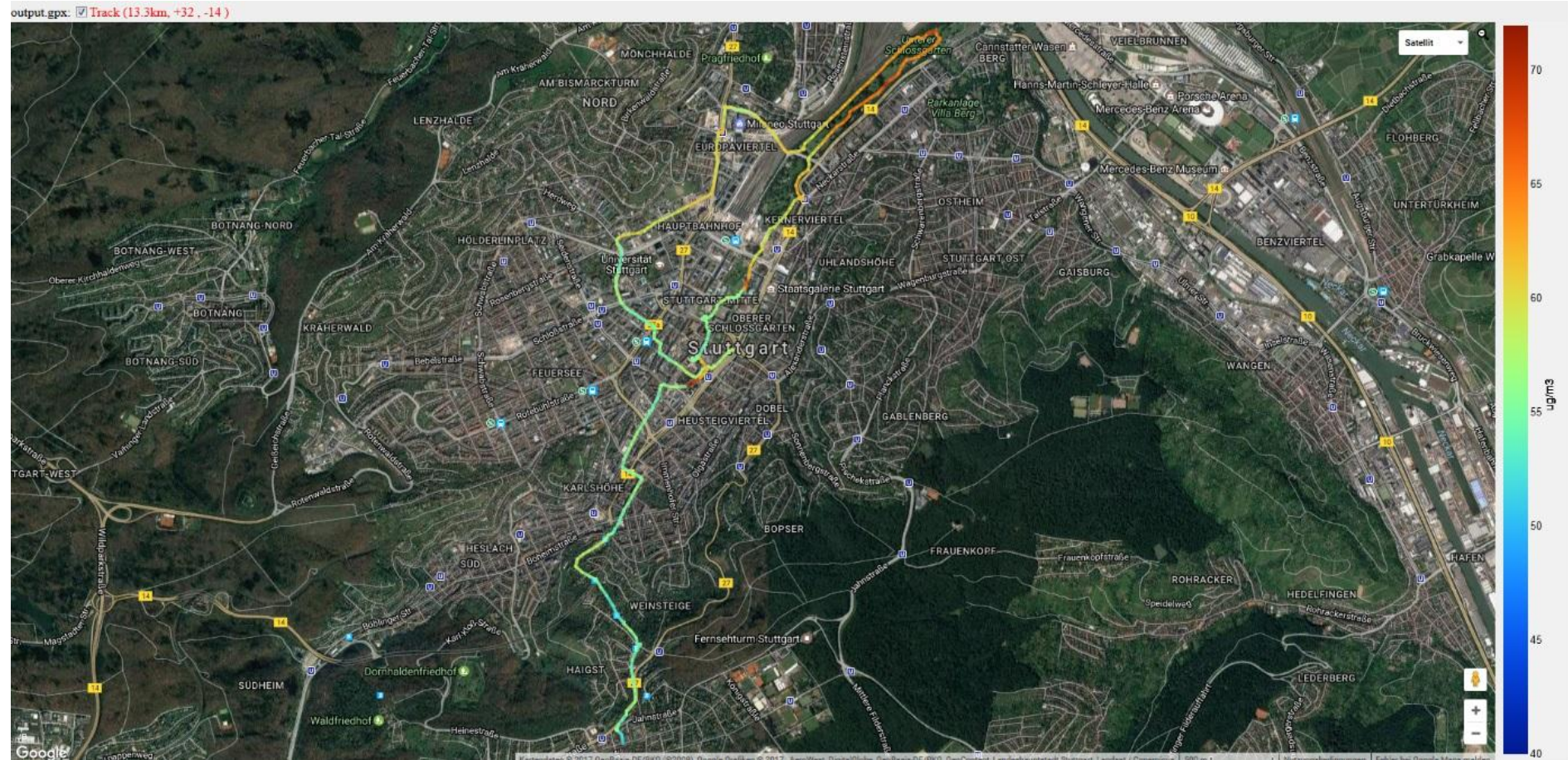


Abb. 10: Farblich codierte Feinstaubkonzentrationen entlang der Messstrecke

Insgesamt kann man den Messdaten aber auch entnehmen, dass der Unterschied zwischen den als belastet geltenden Gebieten am Neckartor und anderen Gebieten im Zentrum nicht besonders groß ist. Man sieht zudem, dass die Heilbronner Straße als stark befahrene Hauptverkehrsstraße nicht groß auffällt gegenüber der Tübinger Straße, die in der Zwischenzeit als Fahrradstraße vom Verkehr beruhigt ist. Man muss nach diesen Messergebnissen daher zu dem Schluss kommen, dass die Messwerte, welche das LUBW am Neckartor misst, zwar die höchsten im Stadtzentrum sein könnten, die übrigen Gebiete in der Feinstaubbelastung dem Neckartor bzw. der Cannstatter Straße aber um nur wenig nachstehen.

Ganz grundsätzlich muss man also annehmen, dass die Feinstaubkonzentrationen im Rest des Talkessels bestenfalls um 10-15% niedriger ausfallen, im Vergleich zur Neckarstraße. Den Grund dafür kann man in der sehr hohen Diffusionsrate des Feinstaubs suchen, der sich eben ähnlich leicht verteilt, wie ein Gas. Wenn man daher die Neckarstraße und andere große Straßen als Quellen ansieht, dann verteilt sich der dort generierte Feinstaub doch so rasch, dass man nach wenigen Stunden diesen Feinstaub im ganzen Talkessel verteilt findet. Das ist deutlich anders als bei großen Partikeln wie Ruß, die innerhalb weniger zehn Meter von der Straße aus zu Boden sinken, weil diese Partikel deutlich größer und schwerer sind als Feinstaub der Klasse PM<sub>2.5</sub>. Verstärkt wird dieses Ergebnis noch dadurch, dass bei diesen Temperaturen von bis zu -10 Grad in der Nacht wie am Samstag, mindestens ein Drittel des Feinstaubs durch die Heizungsanlagen überall im Talkessel erzeugt wird und nicht vom Verkehr. Das lässt dann das Ergebnis schließlich als recht logisch erscheinen.

Eine weitere Erkenntnis ist aber auch, dass es durchaus sinnvoll ist, mit mobilen Messsystemen die Konzentrationsverteilung für den Feinstaub flächig zu erfassen um die Ausdehnung der Luftverschmutzung quantifizieren zu können. Es ist bei dem Versuch hier überraschend, wie man doch mit relativ einfachen und kostengünstigen Mitteln solche Messungen recht zeitsparend durchführen kann. Sicher sind diese Messergebnisse dann nicht gerichtsfest, aber sie geben doch einen interessanten Einblick in das Wesen und die räumliche Verteilung einer Luftverschmutzung durch den Feinstaub. Besonders an Schulen und Hochschulen wären solche Experimente sicher sehr lehrreich. Der Stadt könnten die Ergebnisse zur Entscheidungsfindung dienen, besonders, weil so auch der Zusammenhang der Feinstaubkonzentration mit der Frischluftzufuhr in die Stadt deutlicher sichtbar werden könnte.