

Die Feinstaubepisode vom 16.1.-30.1.2017 und ihre Auswirkungen in Stuttgart

Bernd Laquai, Ewald Thoma
9.2.2017

Inhaltsverzeichnis

Hohe Feinstaubbelastung im Januar 2017	1
Bildliche Dokumentation des Verlaufes.....	2
Meteorologische Situation im Raum Stuttgart.....	9
Entwicklung der Inversionswetterlage	11
Stuve Diagramme der Ballonsondierungen	11
Feinstaubbelastung in Deutschland und Stuttgart.....	14
Flächige Interpolation der Feinstaubmessdaten über Deutschland vom Umweltbundesamt.....	14
Gleitender Mittelwert der PM10 Feinstaubkonzentration in Stuttgart	16
Auf den Höhen Stuttgarts gemessen	18
Messungen der Feinstaubmessstationen des OK Lab	22
Inversionslage vom Fernsehturm aus gesehen	26
Radioaktivitätsmessungen	31
Links zu Webseiten der im Dokument verwendeten Daten und Graphen.....	34

Hohe Feinstaubbelastung im Januar 2017

Vom 16.1.2017-28.1.17 war vor allem der Süden Deutschlands von einer ausgeprägten Feinstaub-Episode betroffen, die durch eine sehr lang anhaltende und stark ausgeprägte Inversionswetterlage hervorgerufen wurde und zu sehr hohen Feinstaubkonzentrationen mit Smogbildung führte. Diese Situation ergab sich dadurch, dass zunächst hochreichend sehr kalte Luft polaren Ursprungs nach Deutschland einströmte und unter den Einfluss mehrerer ausgedehnter aufeinanderfolgender Hochdruckgebiete geriet. Dabei floss später in der Höhe wärmere Luft ein, was die Inversionsbildung noch erheblich verstärkte. Das führte insbesondere auch im Talkessel von Stuttgart zu enormen Feinstaubproblemen und einer massiven Smogbildung.

Der Feinstaub-Episode ging eine Phase mit sehr reiner Luft voraus. Sie wurde durch das Tief Egon, das am 13.1. über Deutschland zog, hervorgerufen. Das Tief Egon wurde von Wind mit Orkanböen begleitet, und Niederschlag fiel zunächst in Form von Regen, der dann in Schnee überging. Nach Abklingen des Windes und der Niederschläge war die Luft deutschlandweit von Feinstaub weitestgehend gereinigt. An der Straßenmessstation Stuttgart Neckartor lag die PM10 Feinstaubkonzentration im Tagesmittel kurzzeitig unter $25\mu\text{g}/\text{m}^3$. An den Hintergrundstationen und den OK Lab Messtationen sogar noch erheblich niedriger.

Bildliche Dokumentation des Verlaufes

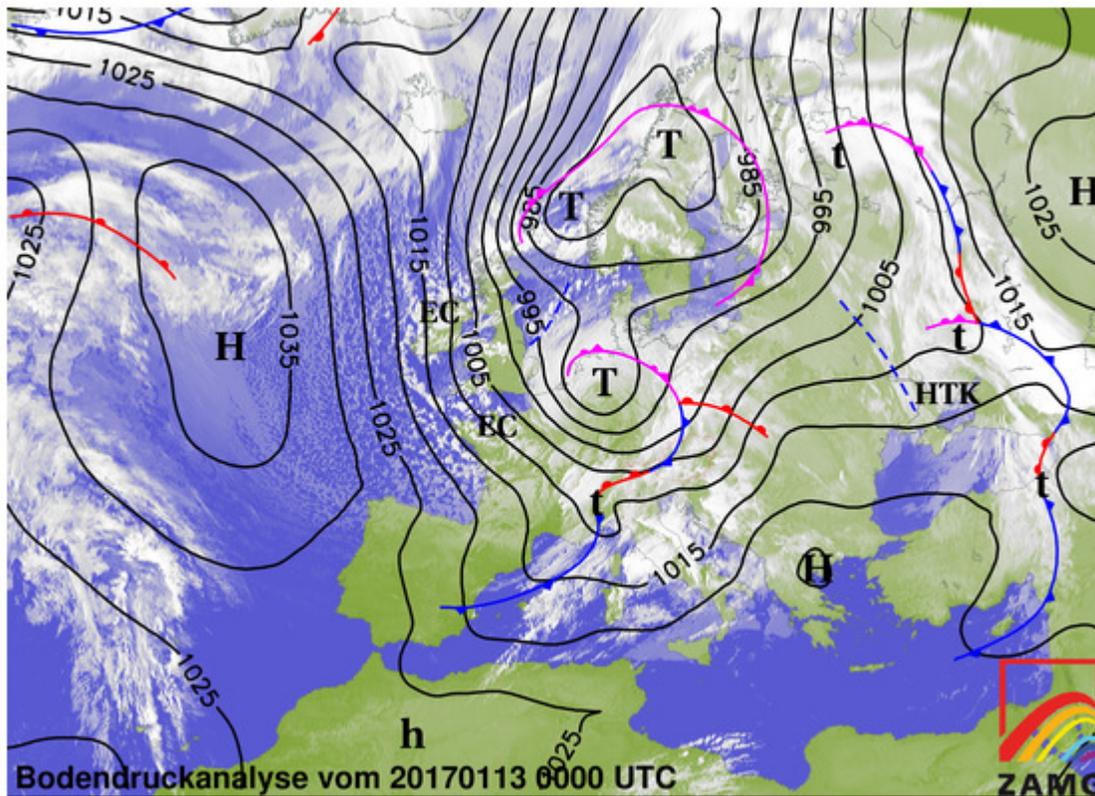


Abbildung 1: 13.1.17 Tief Egon liegt über Deutschland und bringt Regen, Sturm und Schnee (Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien)

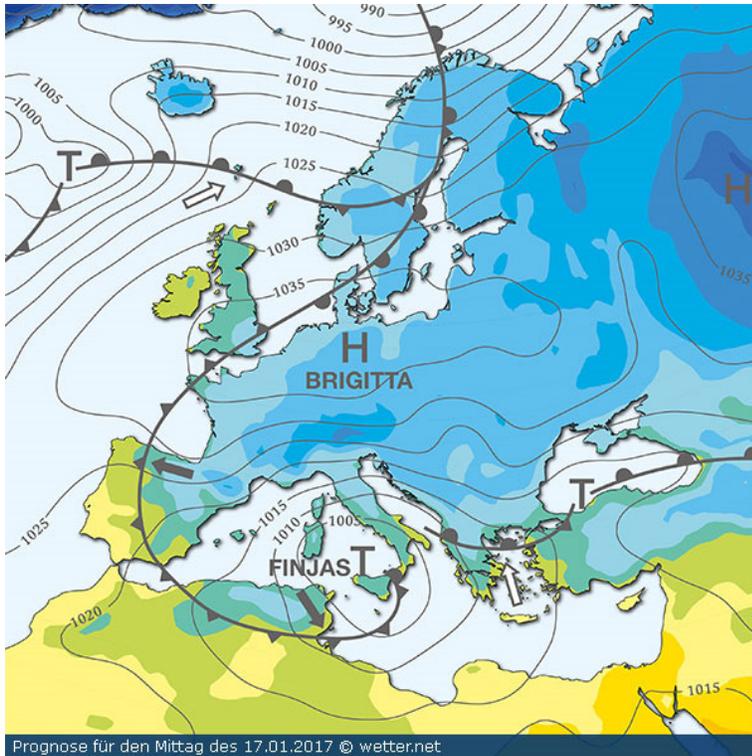


Abbildung 2: 17.1.17 Hoch Brigitta dehnt sich über Deutschland aus (Quelle: wetter.net)

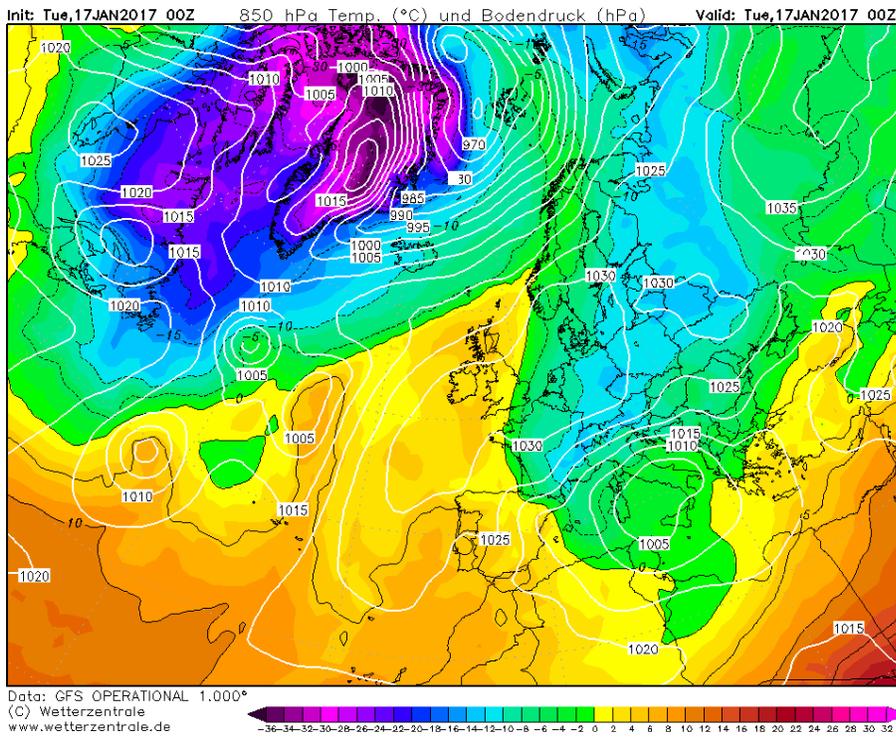


Abbildung 3: Es fließt hochreichend kalte Luft aus Nordost ein. Dies zeigt diese Karte der Temperaturen in ca. 1500 m Höhe: (Quelle: wetterzentrale.de)

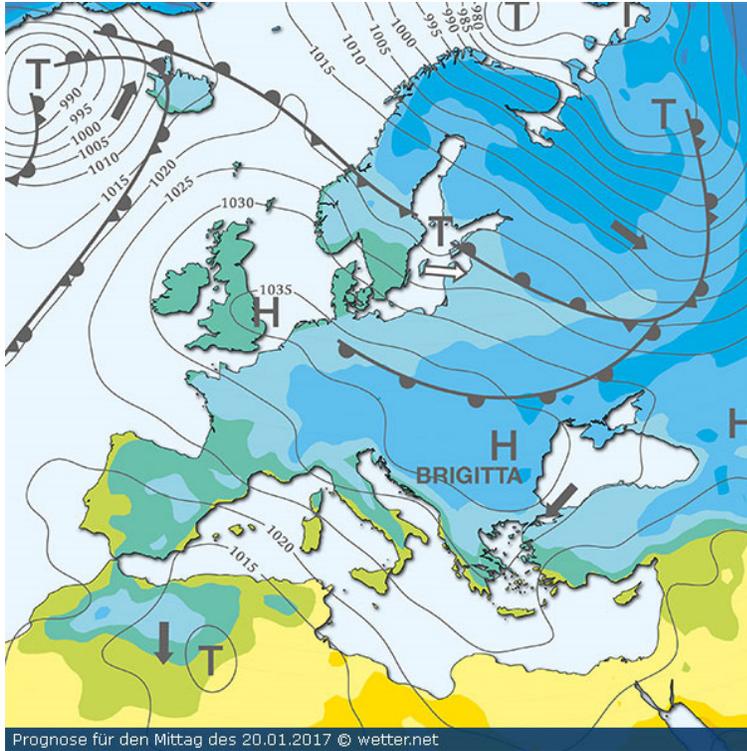


Abbildung 4: 20.1.17 Polare Kaltluft ist von Russland her bis nach Nordafrika eingeflossen (blau), (Quelle: wetter.net)

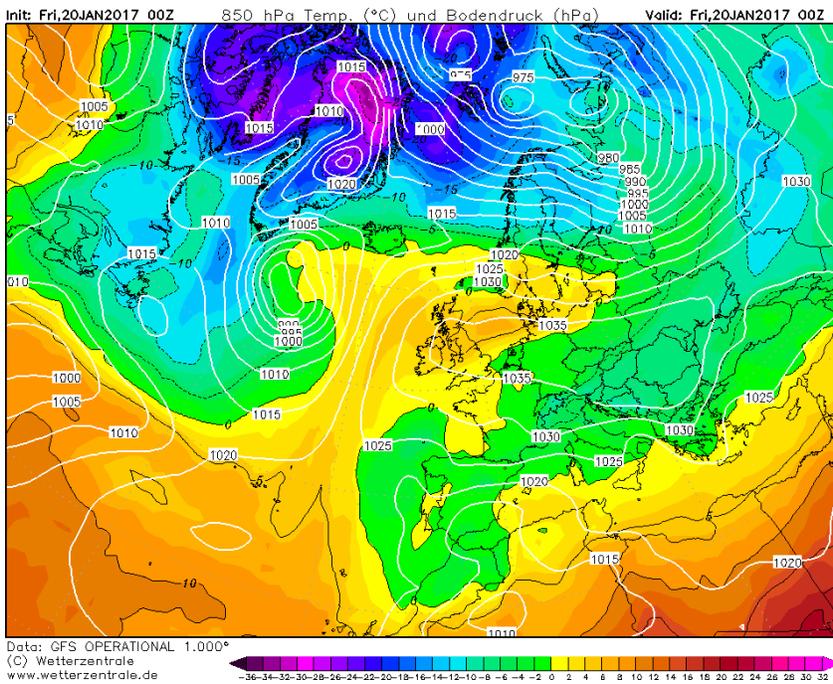


Abbildung 5: Aber in der Höhe ist es schon milder geworden (Quelle: wetterzentrale.de)

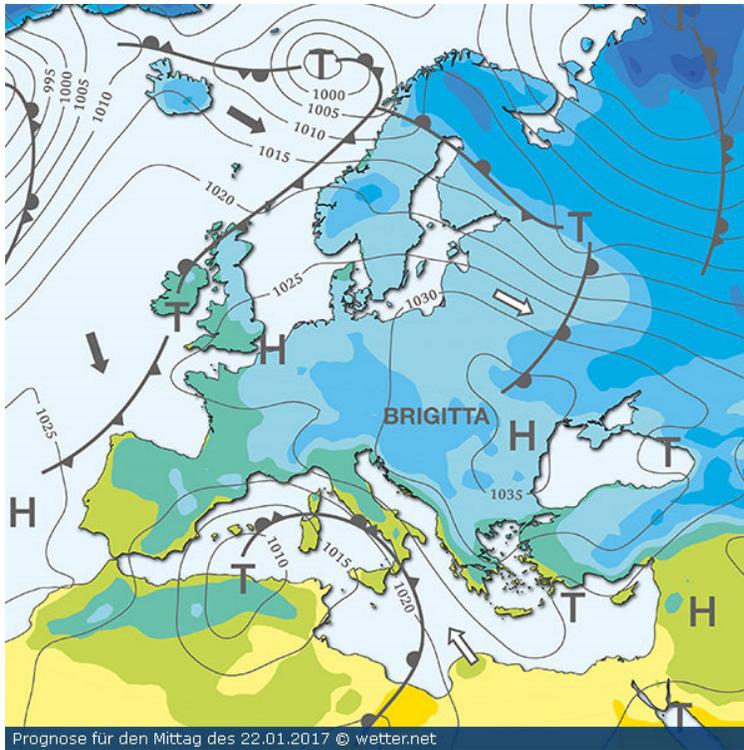


Abbildung 6: 22.1.17 Hoch Brigitta wandert nach Osten ab, die kalte Luft am Boden bleibt (Quelle: wetter.net)

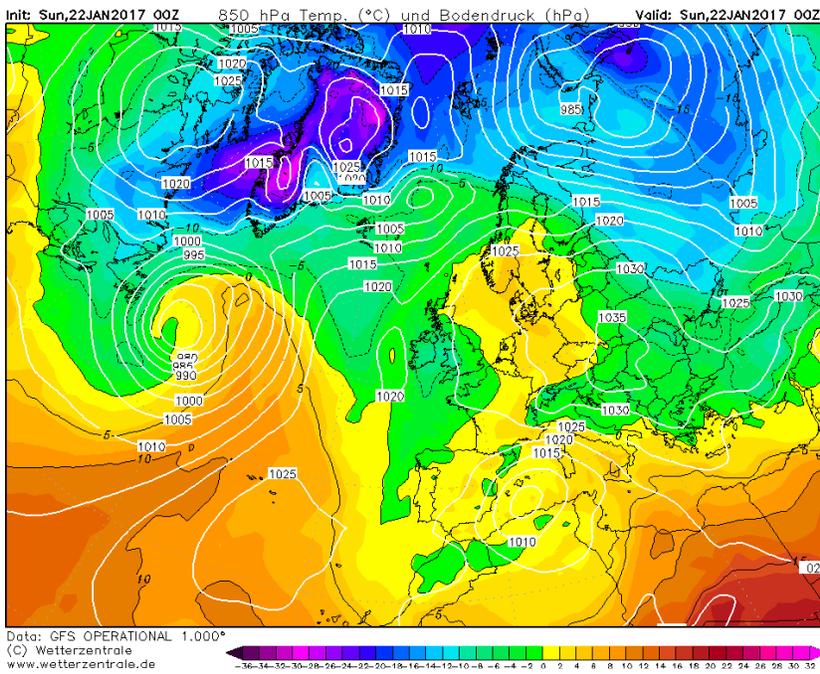


Abbildung 7: Aber in der Höhe setzt sich allmählich milde Luft durch (Quelle: wetterzentrale.de)

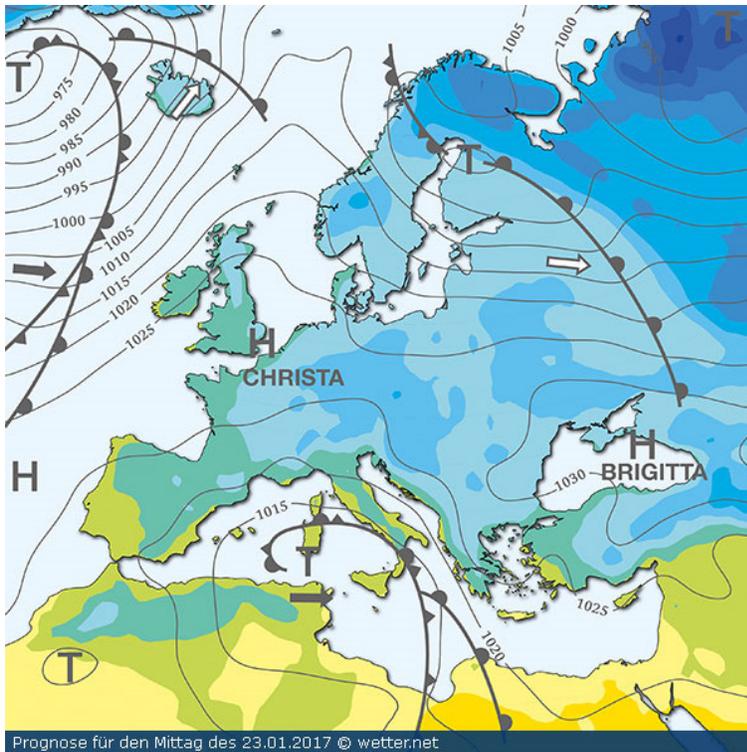


Abbildung 8: 23.1.17 Hoch Christa löst das Hoch Brigitta über Deutschland ab, es bildet sich eine schwache Hochdruckbrücke über ganz Europa (Quelle: wetter.net).

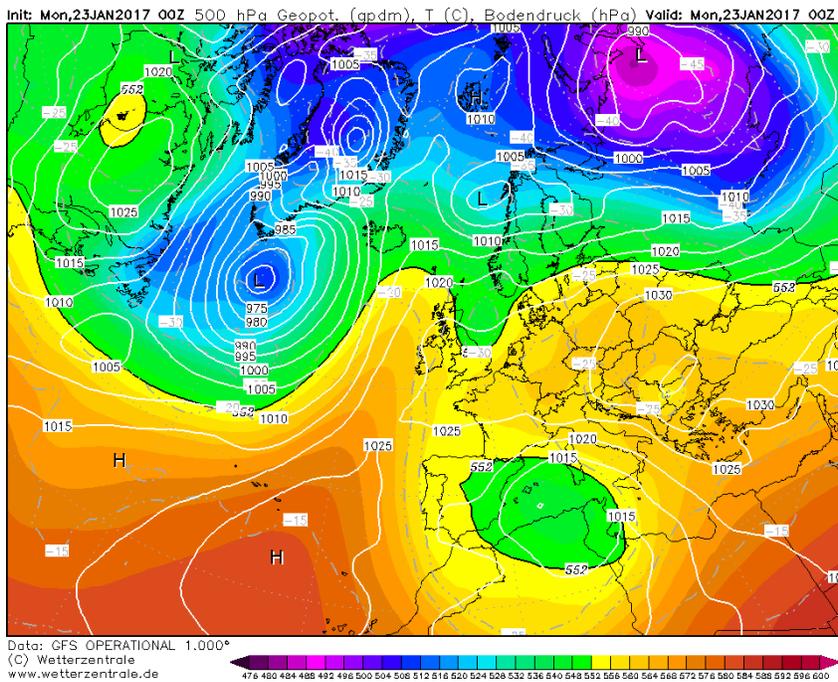


Abbildung 9: Kaum Bewegung in der Atmosphäre (Quelle: wetterzentrale.de)

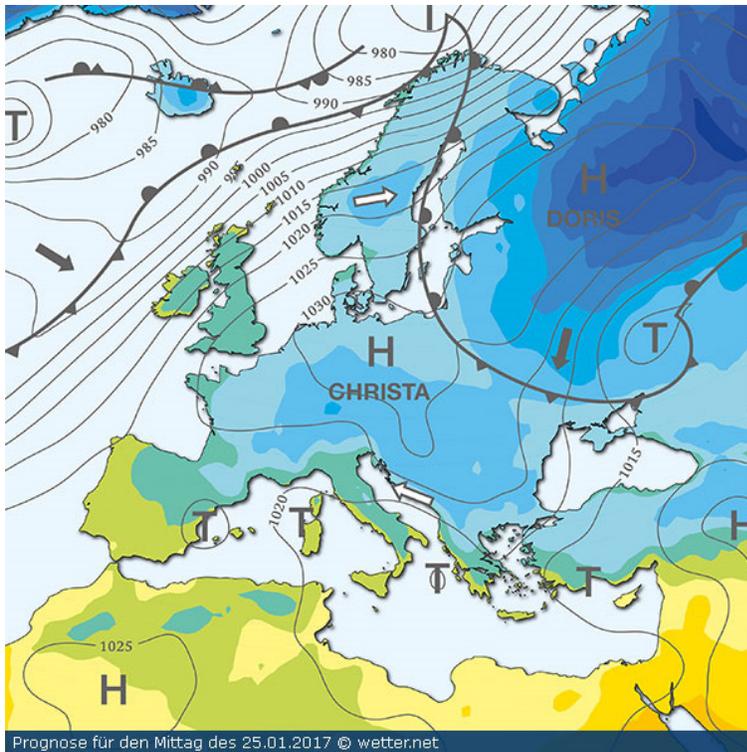


Abbildung 10: 25.1.17 Hoch Doris hat sich über Mitteleuropa neu gebildet und breitet sich bis Russland aus (Quelle: wetter.net)

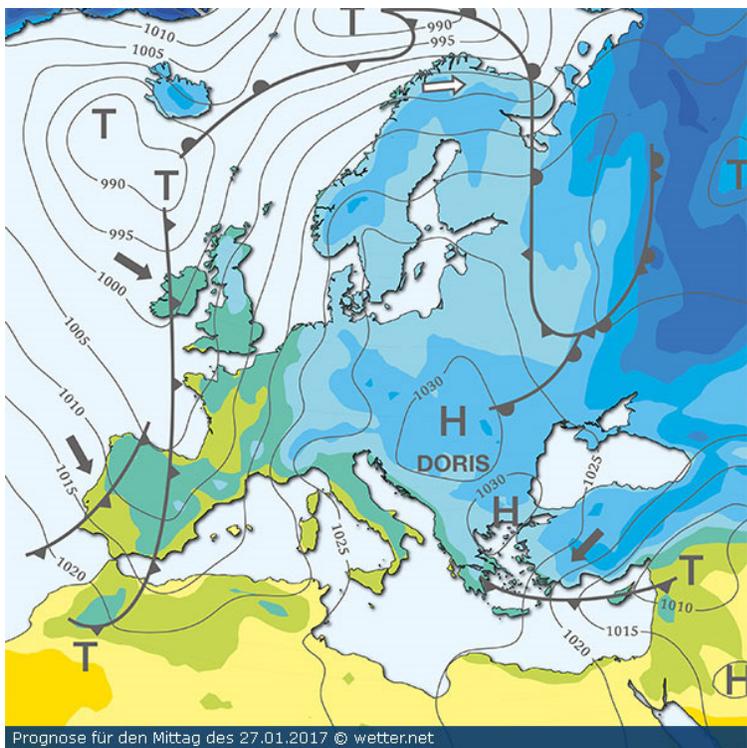


Abbildung 11: 27.1.17 Hoch Doris löst das Hoch Christa ab (Quelle: wetter.net)

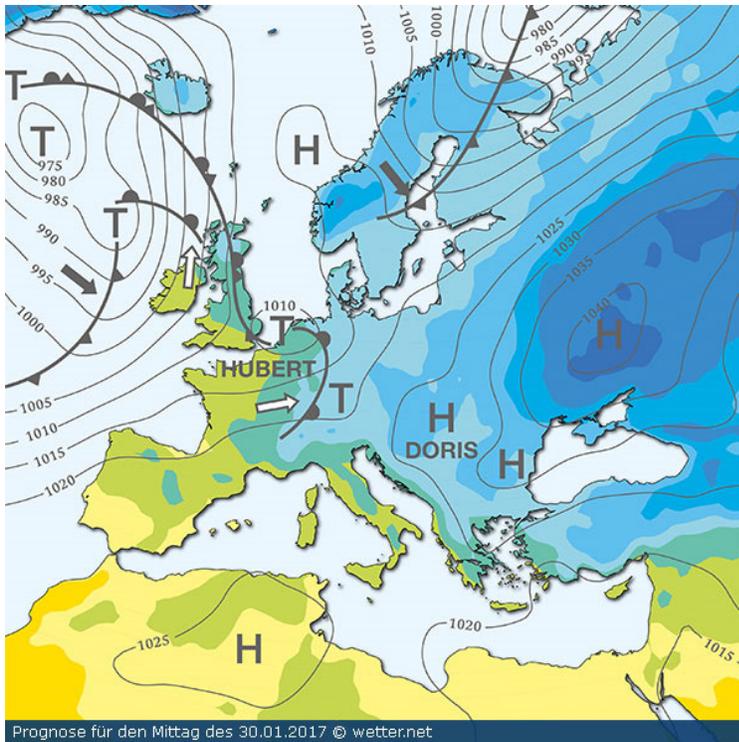


Abbildung 12: 30.1.17 Tief Hubert dringt nach Deutschland ein und bringt Warmluft und Regen (Quelle: wetter.net)

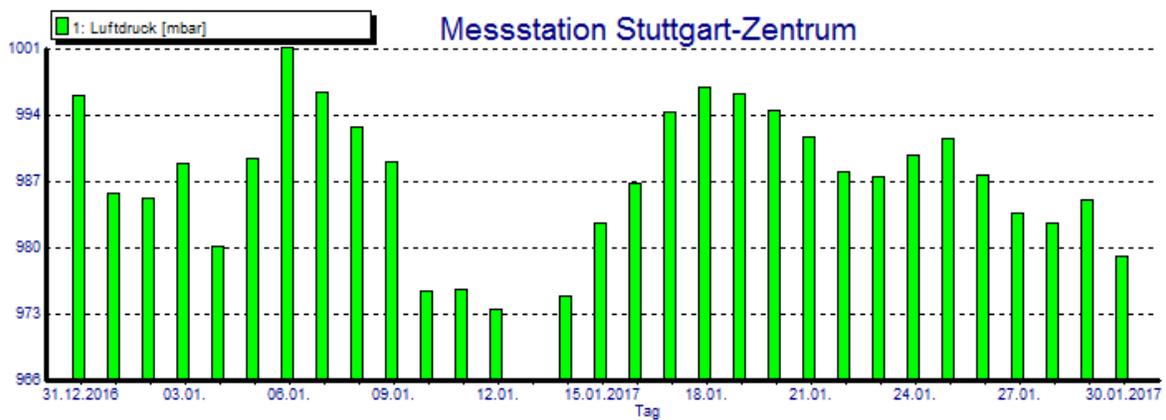


Abbildung 13: Druckverlauf im Januar gemessen vom städt. Umweltamt auf dem Schwabenzentrum im Januar, das Tief Egon kann man als Minimum am 13.1.17 sehr gut erkennen, darauf folgen als Maxima die Hochs Brigitta, Christa und Doris

10739 Stuttgart

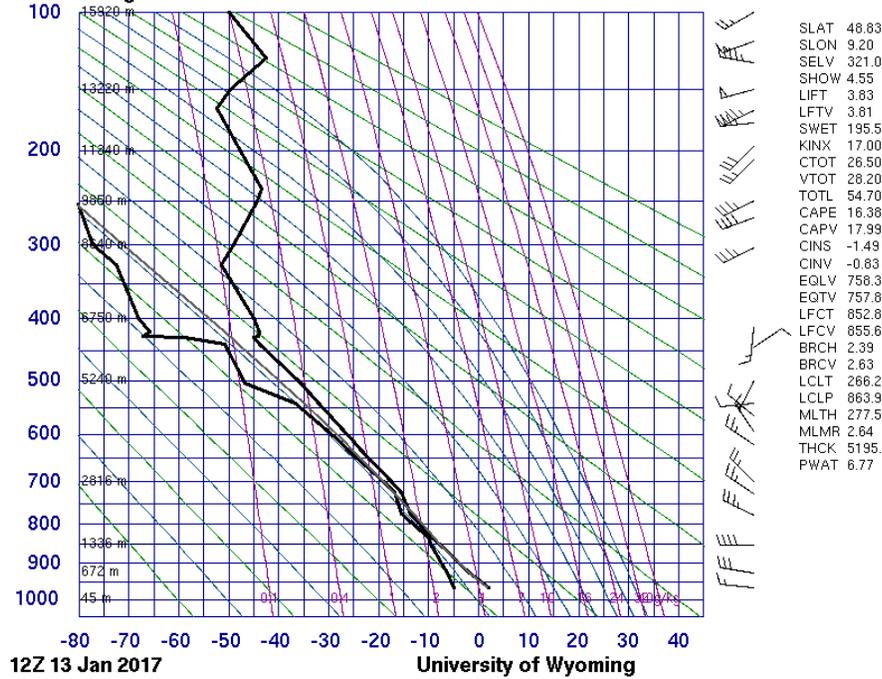


Abbildung 18: 13.1.17 12:00h, das Stuve Diagramm zeigt einen normalen Temperaturverlauf (fallend mit abnehmendem Druck)

10739 Stuttgart

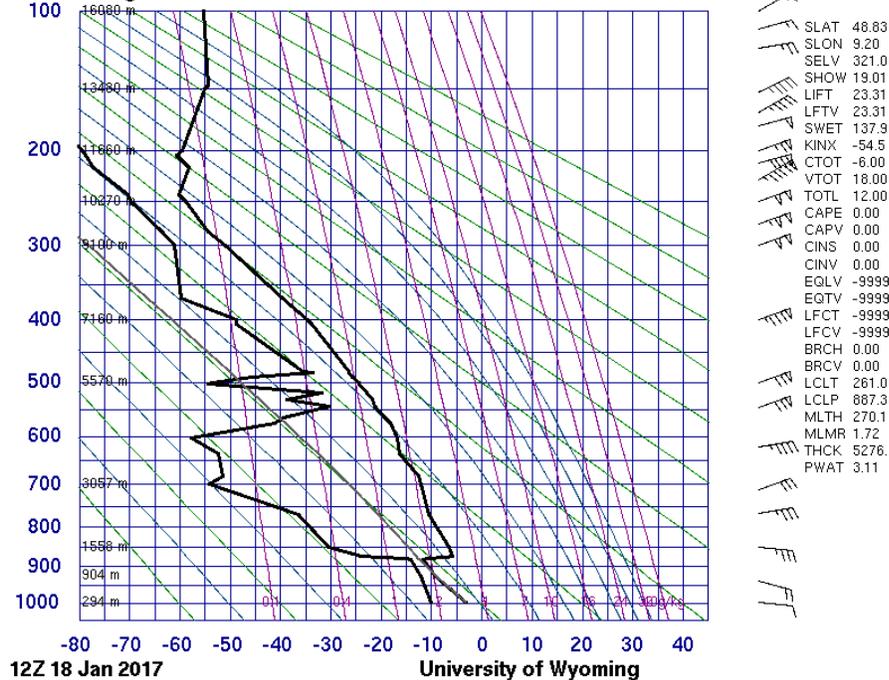


Abbildung 19: 18.1.17 12:00h, das Stuve Diagramm zeigt einen Temperaturanstieg in ca. 1500m Höhe

10739 Stuttgart

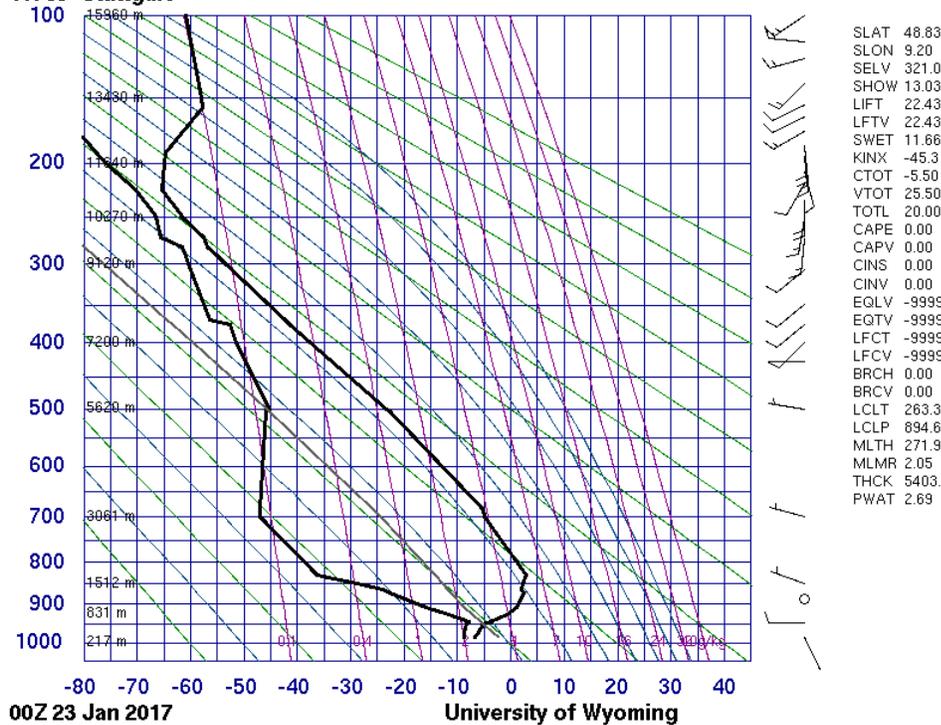


Abbildung 20: 23.1.17 0:00h, das Stüve Diagramm zeigt einen Temperaturanstieg vom Boden (ca. 217m Höhe bis über 1500m Höhe, erst danach nimmt die Temperatur wieder ab)

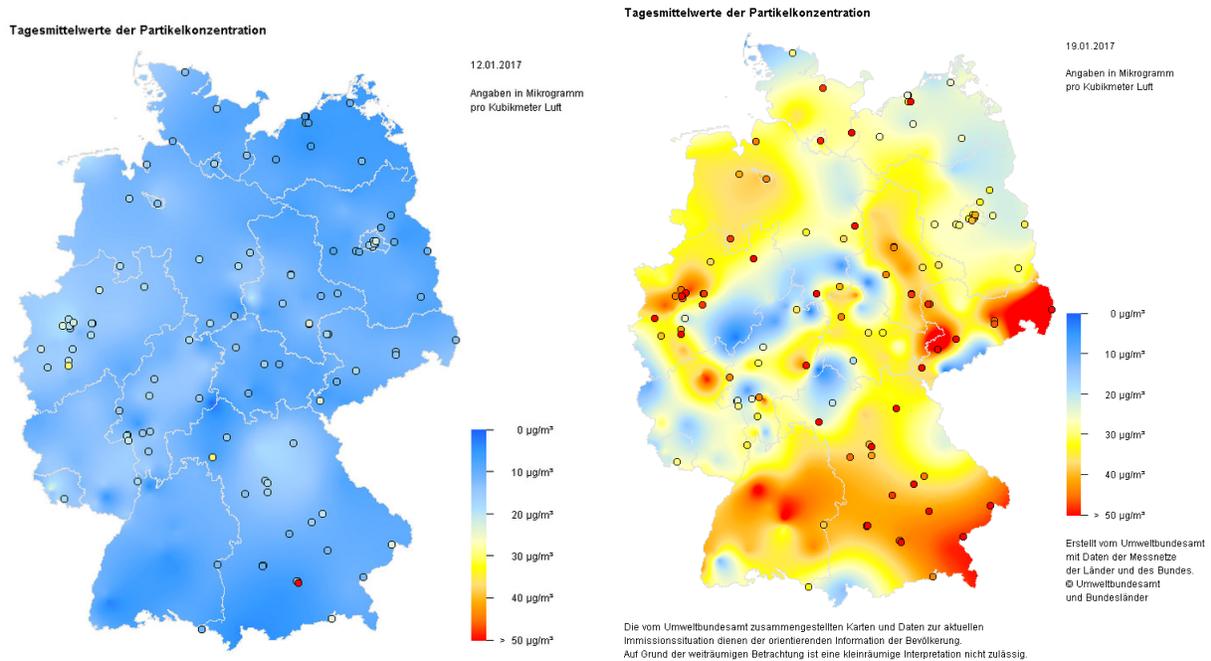
Die Höhe der Inversionsschicht lag am 21.1. bei ca. 1700m Höhe, wo die Temperatur +1.4 Grad betrug, im Gegensatz zur Temperatur von -5.1 Grad am Boden. Diese Verhältnisse verstärkten sich weiter, so lag die Bodentemperatur in Stuttgart am 23.1. um 0 Uhr bei -6.7 Grad und bei +2.8 Grad in 1700m Höhe. Diese Inversion der Temperaturverteilung hielt sich bis zum 29.1.

Diese Inversionsschicht entstand durch die Verlagerung des Hochdruckgebiets nach Osten und dessen Abschwächung. Dadurch wurde der hochreichende Kaltluftzustrom aus Nordost abgeschnitten und stattdessen floss allmählich auf seiner Westflanke in der Höhe mildere Luft aus Südosten, später aus Süden ein. Am Boden blieb jedoch die Kaltluft, wie um diese Jahreszeit üblich, erhalten. Der Wind schief weitgehend ein. In dieser Situation kühlt sich die Erdoberfläche über Nacht durch langwellige Abstrahlung stark ab, und die Sonne schafft es den kurzen Tag über mit der im Mittel kurzwelligeren Strahlung nicht, die Luft so zu erwärmen, dass Konvektion und damit Luftaustausch entstehen kann. Die Strahlungsbilanz wird dann negativ. Da die kalte Luft schwerer ist als die warme, füllte sie die Täler und speziell auch den Stuttgarter Talkessel. Durch weitere Auskühlung des Bodens sammelte sich die kalte Luft in Bodennähe weiter an, auch über die Täler im Flachland hinweg. Während der Phase des mangelnden Luftaustausches stauten sich in den Ballungsgebieten die Abgase aus Verkehr, Heizung und Industrieanlagen über mehrere Tage auf und füllten zunehmend zunächst die Täler und den Stuttgarter Talkessel und später auch das ganze Flachland. Dies geschah schließlich flächendeckend und wurde daher deutschlandweit zum Problem.

Feinstaubbelastung in Deutschland und Stuttgart

Den Effekt der Stauung sieht man deutlich in den Kartendarstellungen für den Feinstaub der Klasse PM10, die das Umweltbundesamt für jeden Tag erstellt. Während zur Zeit des Tiefdruckgebiets Egon die Feinstaubkonzentrationen bundesweit noch unter $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ lagen (Farbe blau), verschlechterte sich das Bild zunehmend (Farbe gelb und später rot). Zunächst erreichte Süddeutschland flächendeckend einen Tagesmittelwert von $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ und am 23.1. waren in großen Teilen Deutschlands die $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ an Feinstaubkonzentration erreicht oder sogar überschritten. Am verkehrsbelasteten Neckartor in Stuttgart wurde ein Spitzenwert von $188\mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. Die Situation besserte sich im flachen Land rapide durch den aufkommenden Wind am 25.1.. Dennoch blieb im Stuttgarter Talkessel der Tagesmittelwert der Feinstaubkonzentration für die Klasse PM10 immer noch bei über $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ und erreichte am 28.1. noch einmal Werte über $180\mu\text{g}/\text{m}^3$. Über dem gesamten Zeitraum war Südwest- und Süddeutschland am heftigsten betroffen.

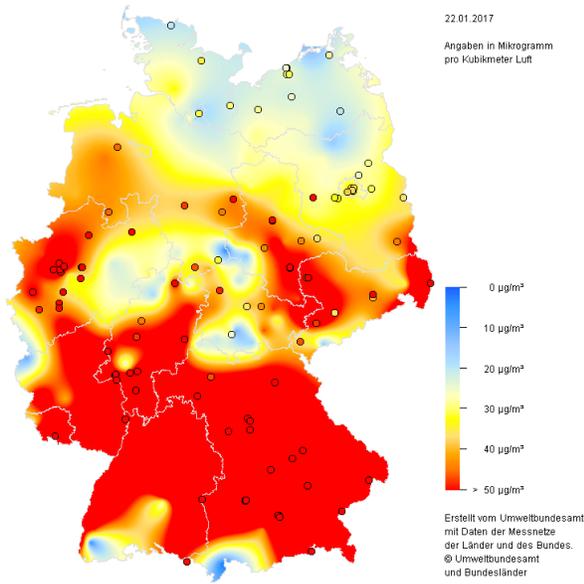
Flächige Interpolation der Feinstaubmessdaten über Deutschland vom Umweltbundesamt



12.1.17

19.1.17

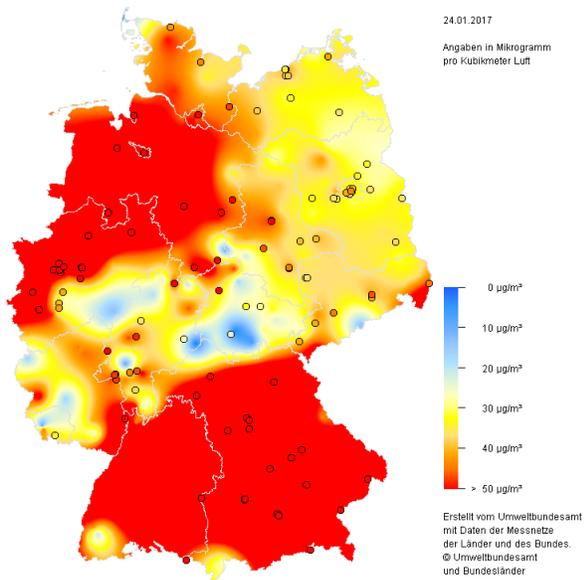
Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

22.1.17

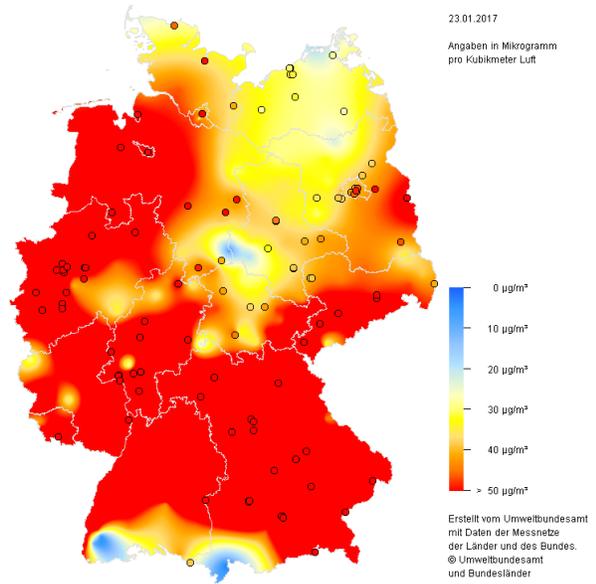
Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

24.1.17

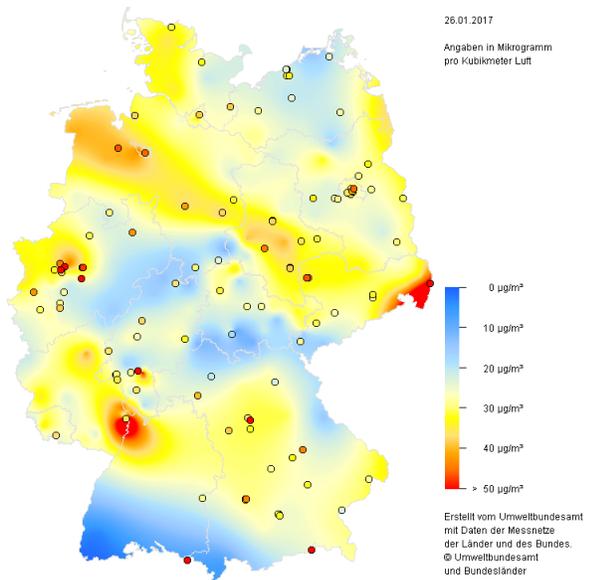
Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

23.1.17

Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration



Die vom Umweltbundesamt zusammengestellten Karten und Daten zur aktuellen Immissionsituation dienen der orientierenden Information der Bevölkerung. Auf Grund der weiträumigen Betrachtung ist eine kleinräumige Interpretation nicht zulässig.

26.1.17

Abbildung 22: Flächige Interpolationen der Feinstaubmessdaten über Deutschland erstellt vom Umweltbundesamt

Gleitender Mittelwert der PM10 Feinstaubkonzentration in Stuttgart

Die Feinstaubwerte der Klasse PM10 am Neckartor werden von der amtlichen Station des LUBW laufend gemessen und über eine Internetseite publiziert. Für die Feinstaub-Episode konnte man den Graph des gleitenden Mittelwerts über die Messwerte dieser Internetseite entnehmen.

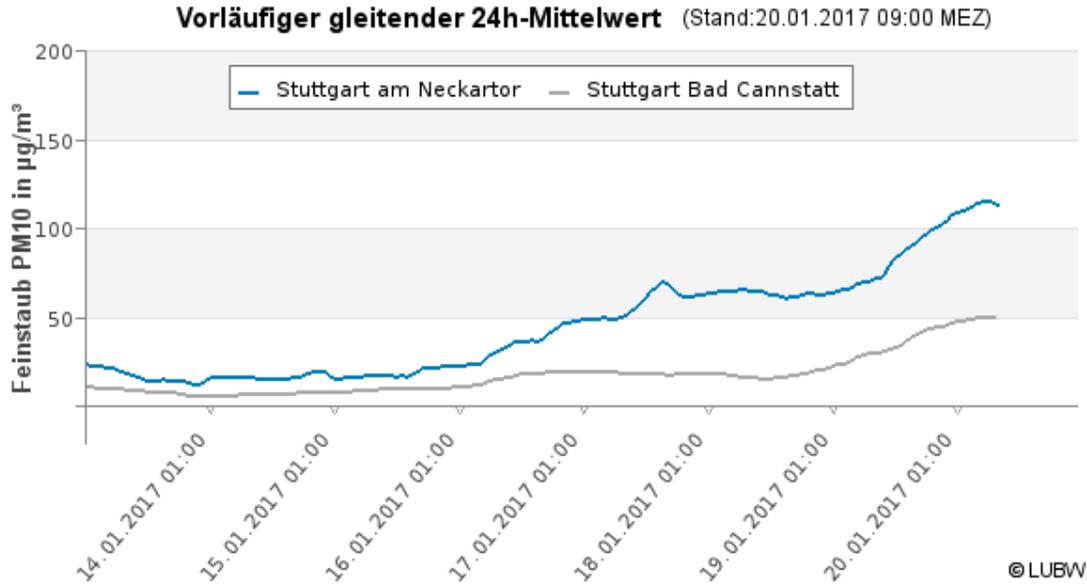


Abbildung 23: 20.1.2017, gleitender Mittelwert der PM10 Feinstaubkonzentration Neckartor

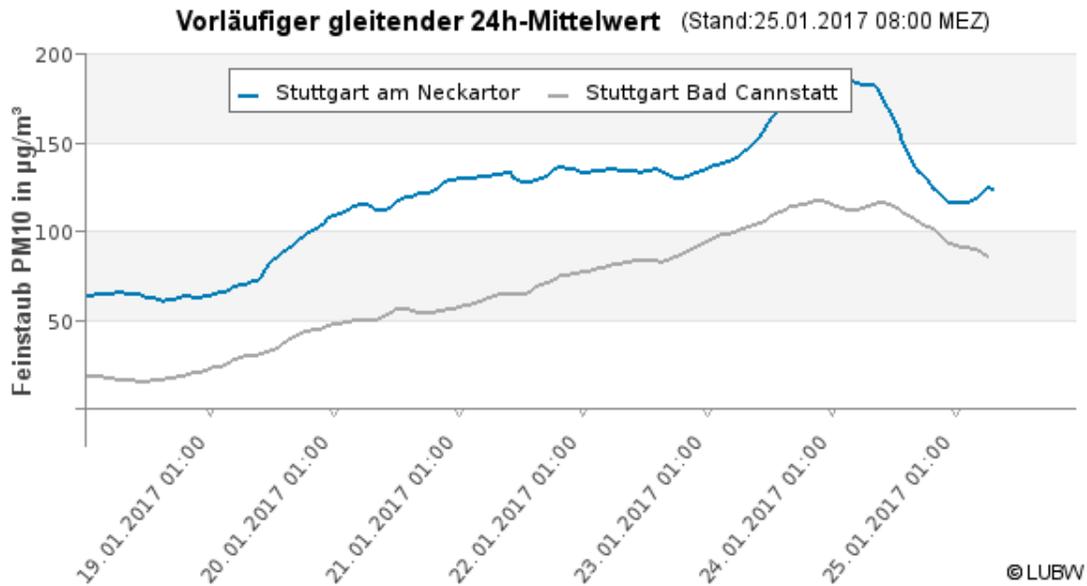


Abbildung 24: 25.1.2017, gleitender Mittelwert der PM10 Feinstaubkonzentration Neckartor

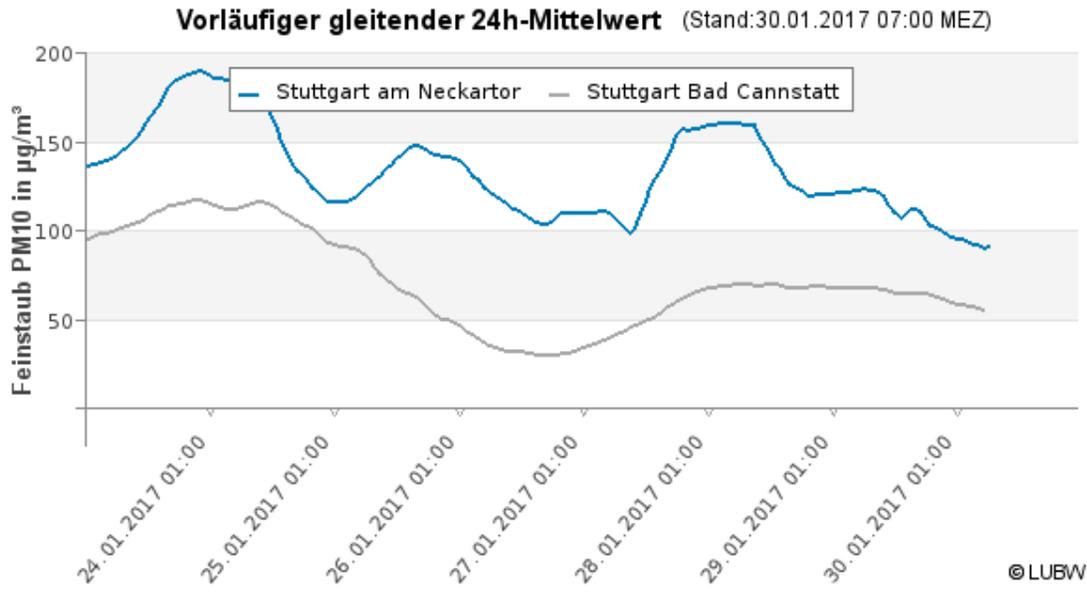


Abbildung 25, 30.1.2017, gleitender Mittelwert der PM10 Feinstaubkonzentration, Neckartor

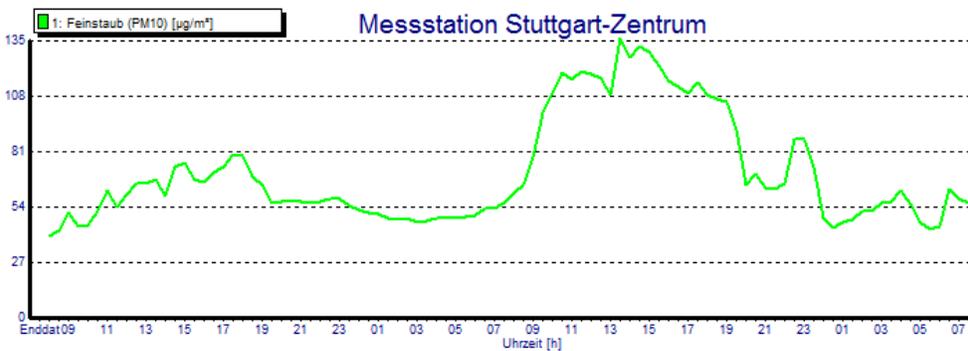


Abbildung 26: Halbstundenwerte der PM10 Feinstaubkonzentration während des Peaks am 23.1.17, gemessen vom Stadt-Umweltamt auf dem Dach des Schwabenzentrum

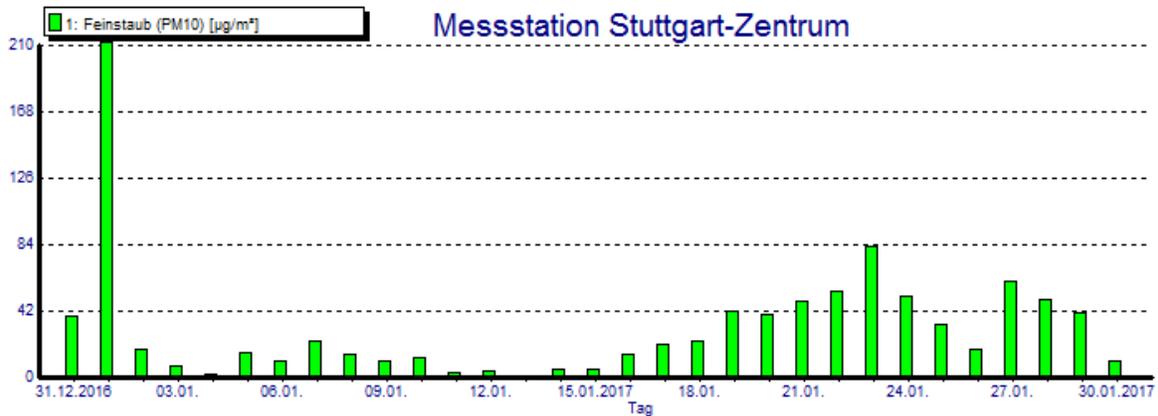


Abbildung 27: Tagesmittelwerte der PM10 Feinstaubkonzentration im Januar, gemessen vom Stadt-Umweltamt auf dem Dach des Schwabenzentrum, der Peak links im Graph rührt vom Silvesterfeuerwerk her

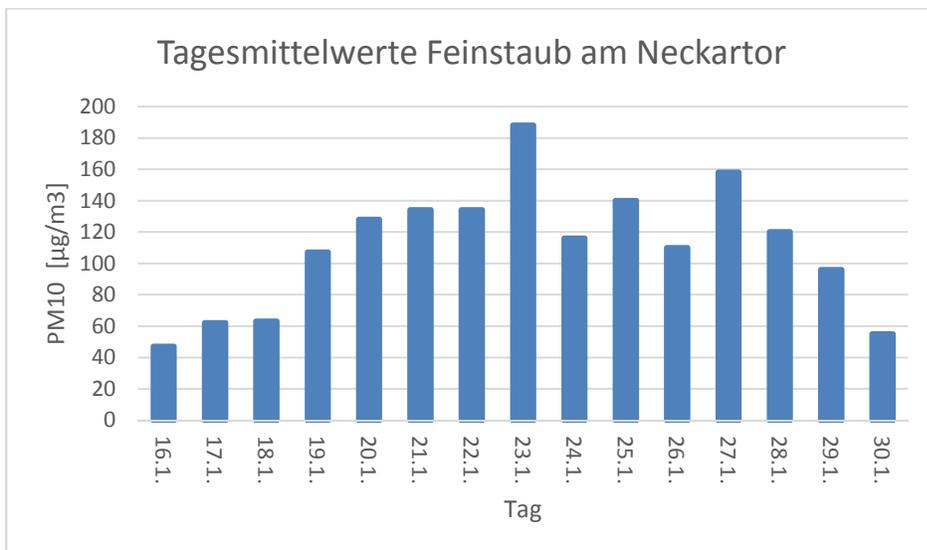


Abbildung 28: Tagesmittelwerte der PM10 Feinstaubkonzentration gemessen von der der amtlichen Station des LUBW am Neckartor über die Feinstaub-Episode

Auf den Höhen Stuttgarts gemessen

Der Trend über dem Talkessel Stuttgarts war auch auf den Höhen um Stuttgart z.B. in Degerloch sichtbar, wenn auch nicht ganz so dramatisch, da auf der Höhe doch immer noch mehr Luftbewegung herrschte als im Zentrum.

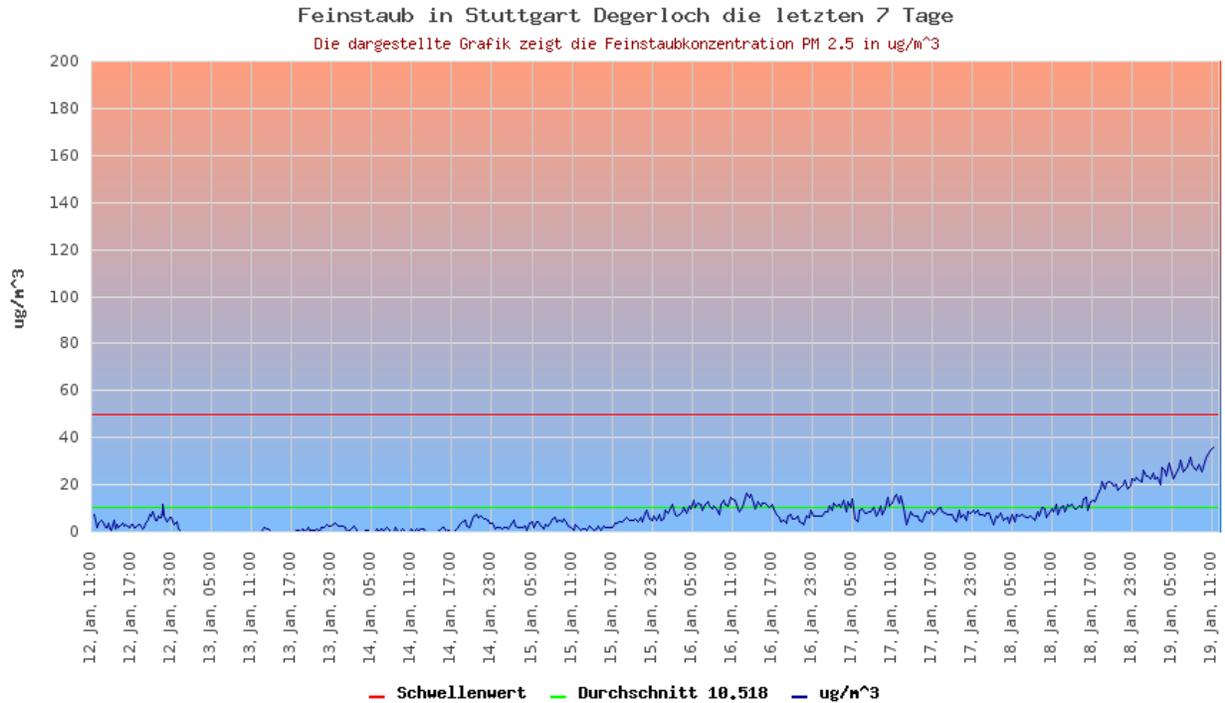


Abbildung 29: Der Beginn Feinstaub-Episode nach dem Tief Egon PM2.5 Feinstaub-Messwerte der Eigenbau Messstation in Stuttgart-Degerloch (Waldau), Sensor HK-A5 von Bjhike

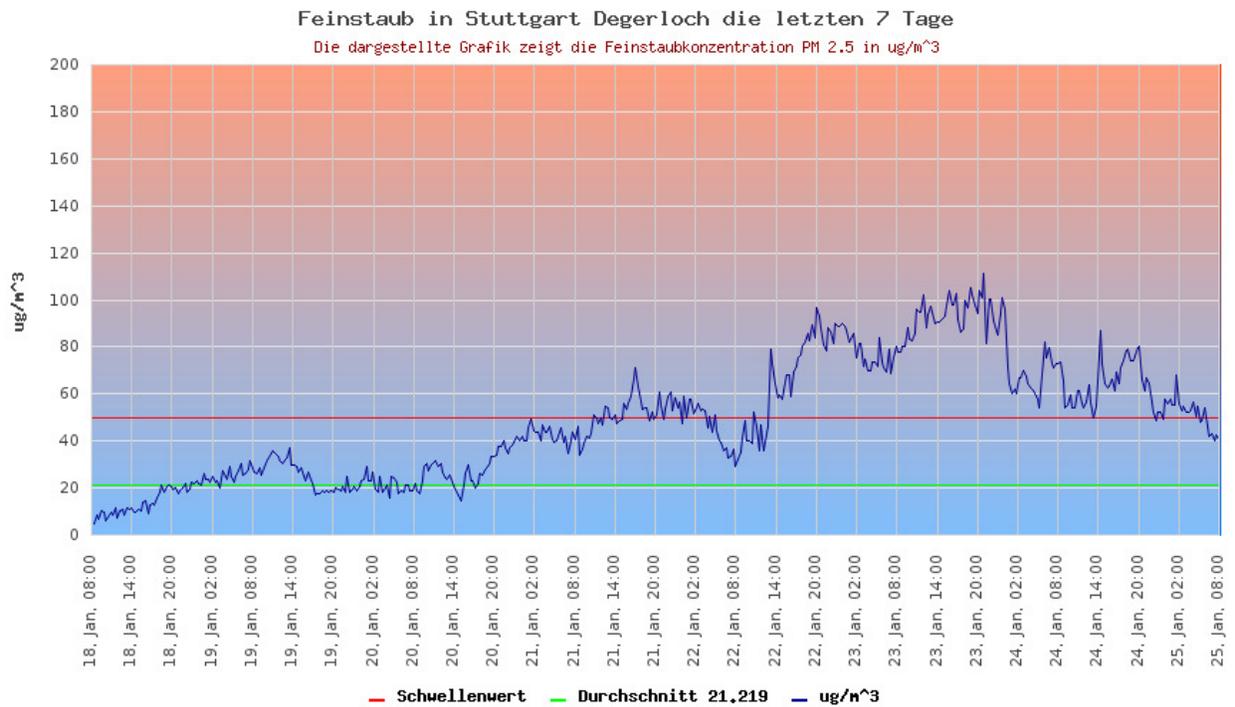


Abbildung 30: Der Peak der Feinstaub-Episode am 23.1.17, gemessen in Degerloch

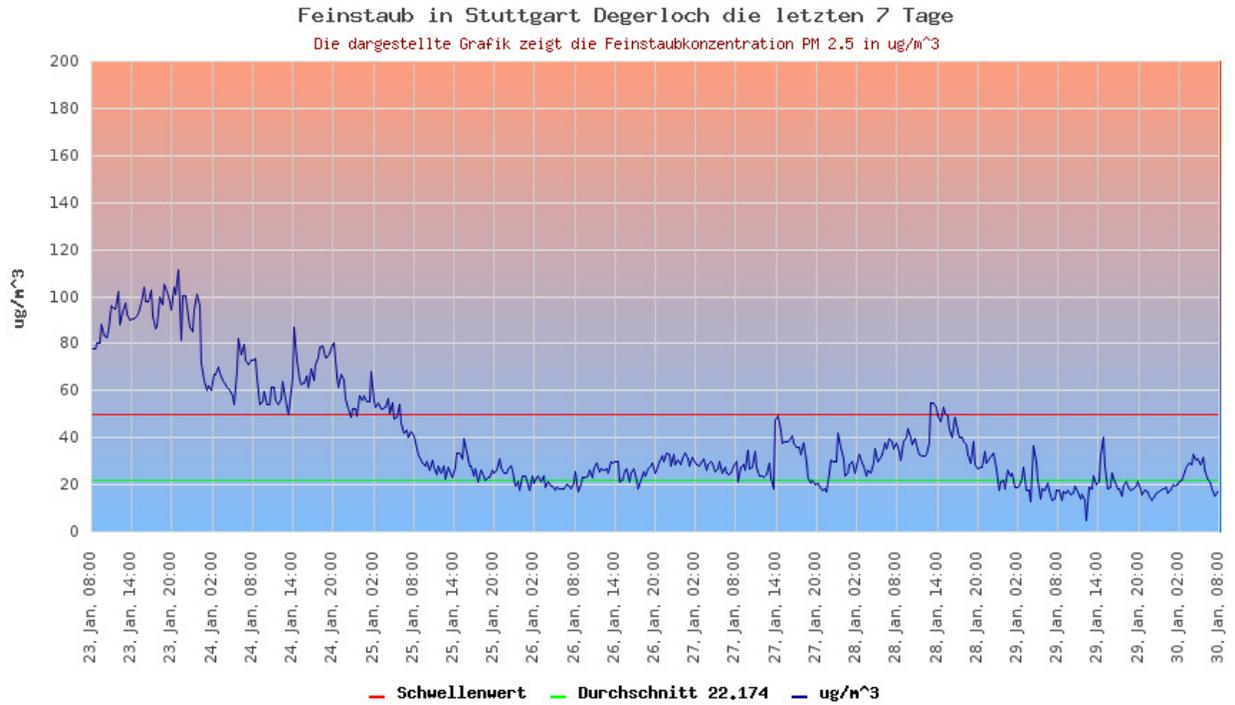


Abbildung 31: Das Ausklingen der Feinstaub-Episode, gemessen in Degerloch

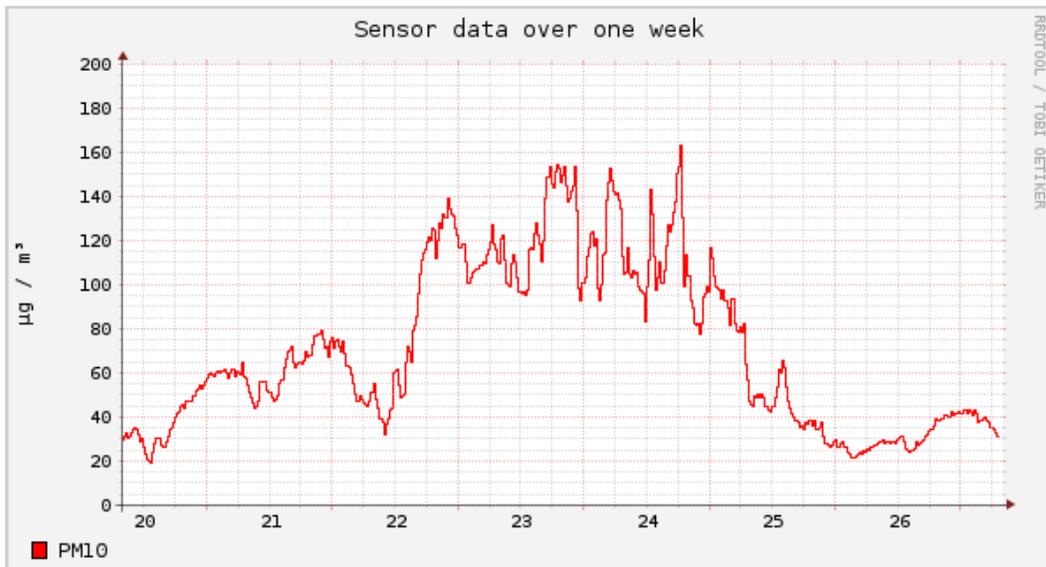


Abbildung 32: PM10 Feinstaub-Messwerte der Messstation des OK Lab in Stuttgart-Degerloch (Waldau) während des Peaks am 23.1.17

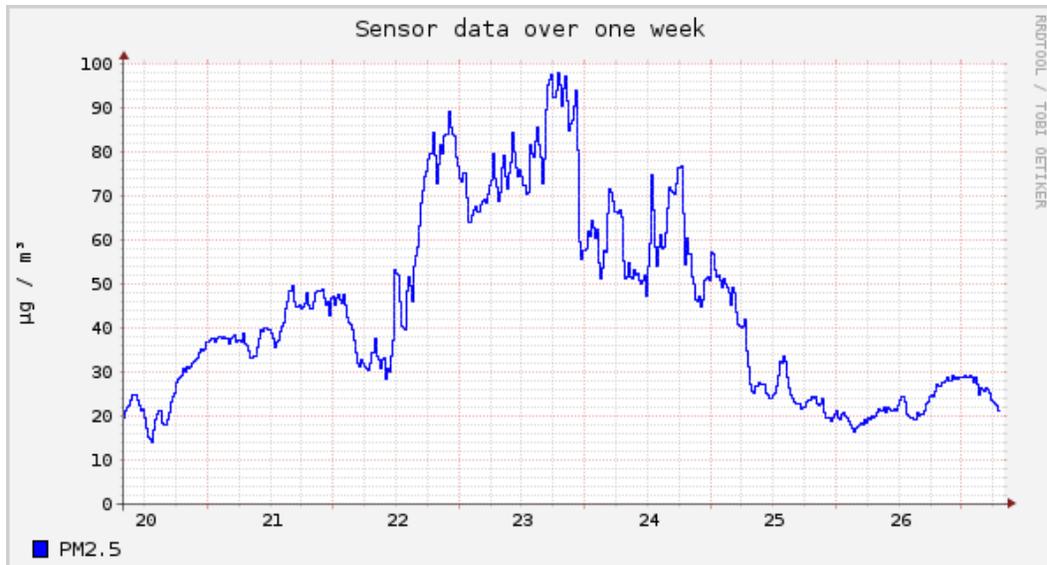


Abbildung 33: PM2.5 Feinstaub-Messwerte der Messstation des OK Lab in Stuttgart-Degerloch (Waldau) während des Peaks am 23.1.17 (Sensor SDS011 von Nova Fitness)

Die Eigenbau-Messstation unter Verwendung des Sensors HK-A5 von Bjhike (DfRobot.com) zeigte ganz vergleichbare Werte zu der Eigenbau-Messstation des OK Lab unter Verwendung des Sensors SDS011 von Nova Fitness an. Der PM2.5 Peak des SDS011-Sensors (roter Graph) deckt sich mit $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ auch quantitativ sehr gut mit dem Spitzenwert des HK-A5 Sensors. Auch der qualitative Verlauf ist sehr ähnlich. Auch die Aufzeichnung und Visualisierung einer OK Lab Messstation im Stadtzentrum zeigt qualitativ einen ganz vergleichbaren Verlauf. Allerdings sind die Messwerte um fast einen Faktor 3 höher und mit über $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ schon deutlich höher als das, was das städtische Umweltamt auf dem Dach des Schwabenzentrum gemessen hat.

Die Ursache hierfür könnte die um den 23.1. herrschende hohe Luftfeuchte von meist über 95% gewesen sein, die teilweise zur Nebelbildung führte. So kondensierte die Feuchte möglicherweise auch um sehr viel kleinere Feinstaubpartikel, die noch viel zahlreicher vorhanden sind als Partikel, die normalerweise der Klasse PM2.5 zugeordnet werden. Dadurch, dass diese ultrafeinen Partikel in der kondensierenden Feuchte nun aufquellen und so aus „Smoke“ und „Fog“ der berüchtigte „Smog“ wird, werden auch diese Partikel von den Sensoren des OK Lab erfasst und gehen in das Ergebnis ein. Die städtische Messanlage aber trocknet die Messluft vor der Messung, so dass nur trockene Aerosole gemessen werden und diese Fraktion an feuchten aufgequollenen Ultrafeinpartikeln im Ergebnis nicht enthalten sind.

Messungen der Feinstaubmessstationen des OK Lab

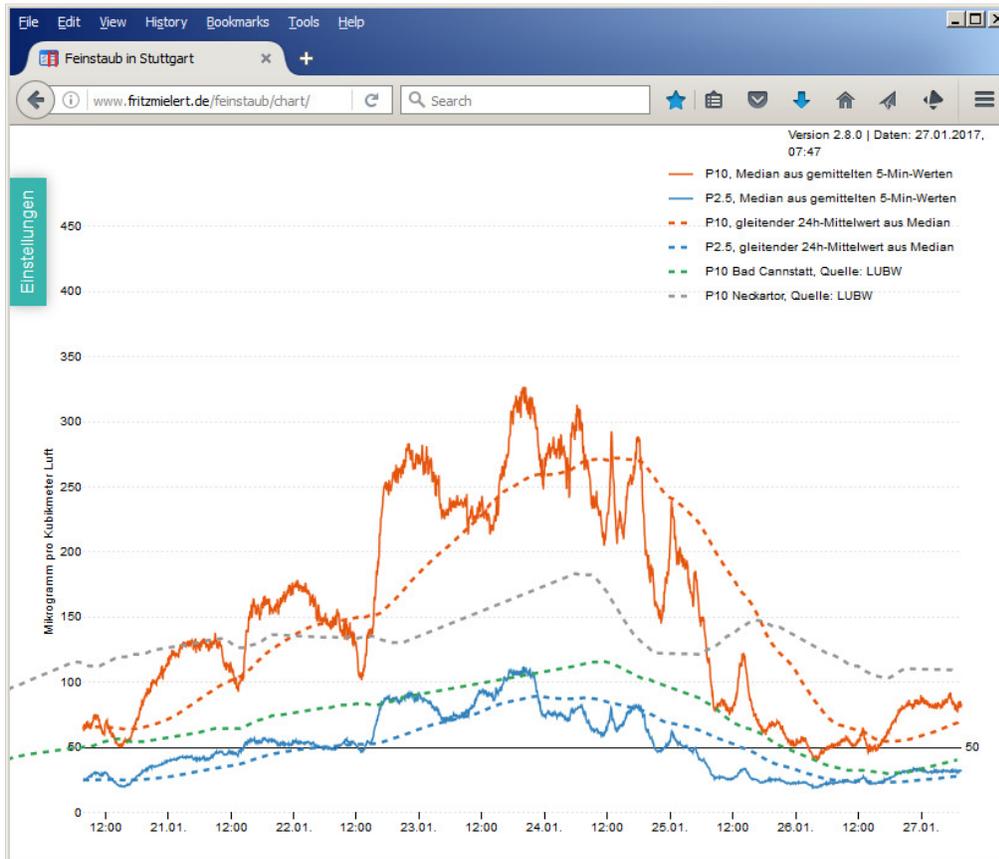


Abbildung 34: Feinstaub-Messwerte einer Messstation des OK Lab im Stadtzentrum im Vergleich zu den amtlichen Messstationen des LUBW ausgewertet und visualisiert von Fritz Mielert

Anhand der aktuellen Feinstaubkarte des OK Lab konnte man das „Schwarmverhalten“ vieler Sensoren, die in und um Stuttgart Messdaten erfassen, in dramatischer Weise verfolgen. Während nach dem Tiefdruckgebiet Egon die ganze Region Stuttgart noch im „Grünen Bereich“ war, kippten beginnend mit dem 18.1. zunehmend mehr Stationen zunächst nach gelb, dann nach rot und am 22.1. schließlich nach dunkelviolett. Erst am 29.1. erholten sich die ersten Stationen außerhalb des Stadtzentrums wieder und zeigten allmählich wieder grün.

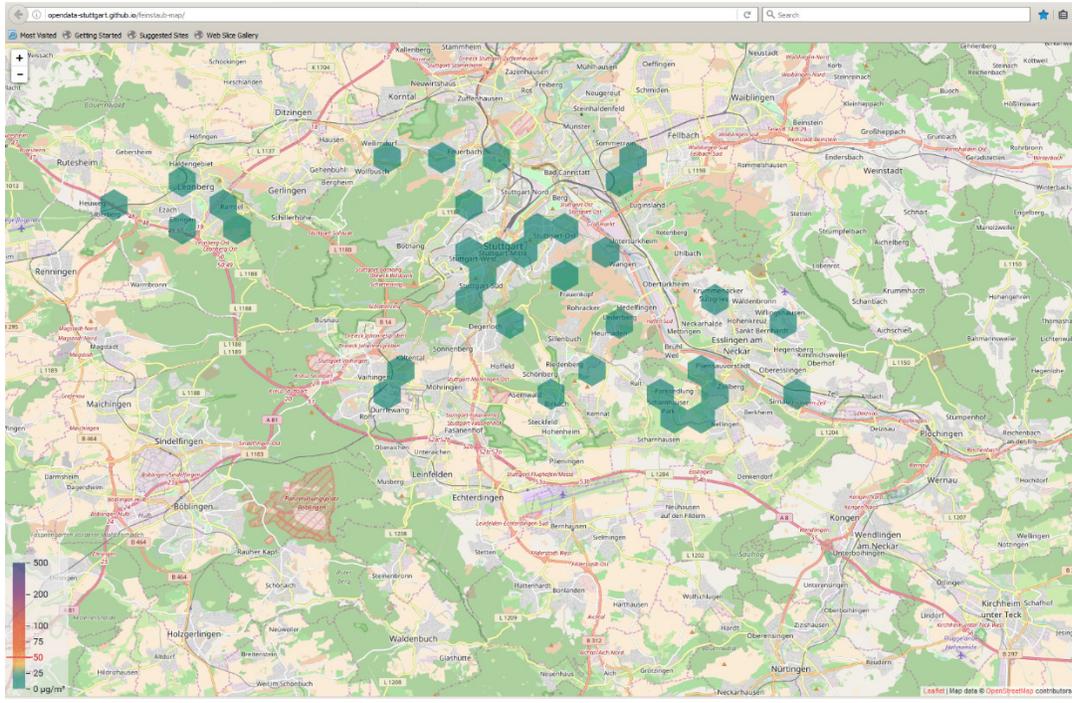


Abbildung 35: 13.1.17 8:19h

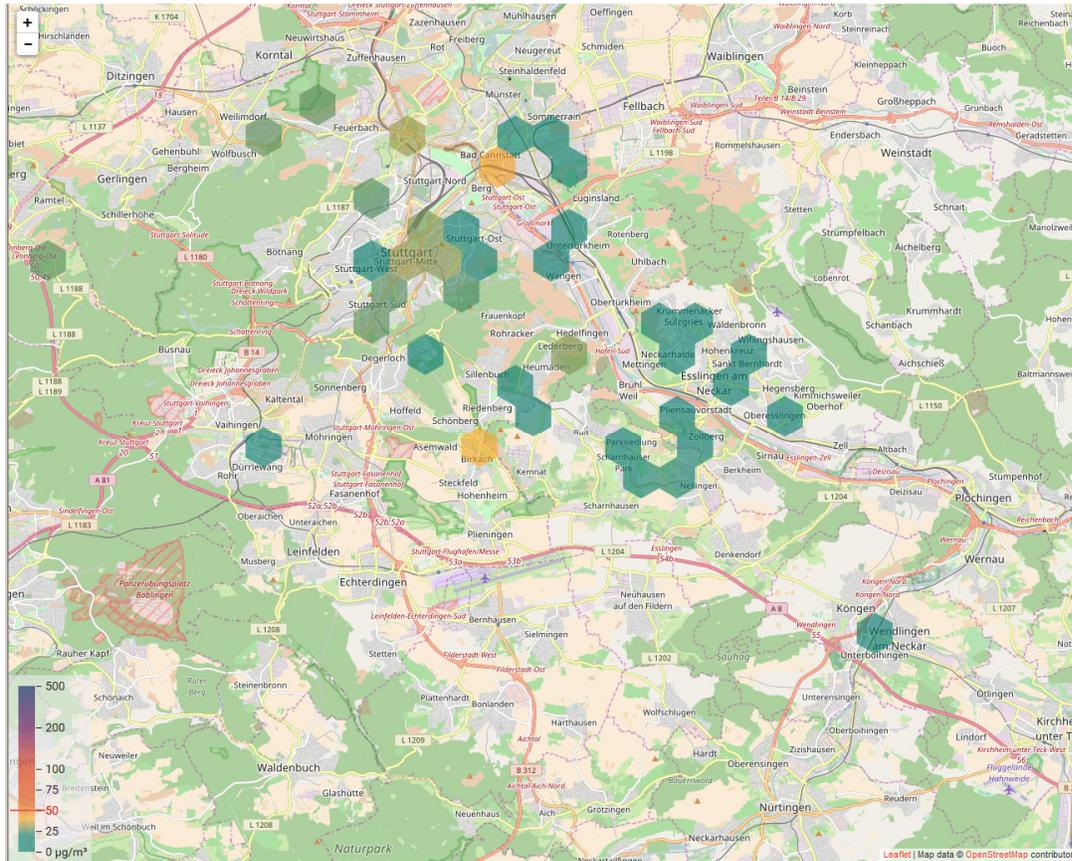


Abbildung 36: 18.1.17 9:09h

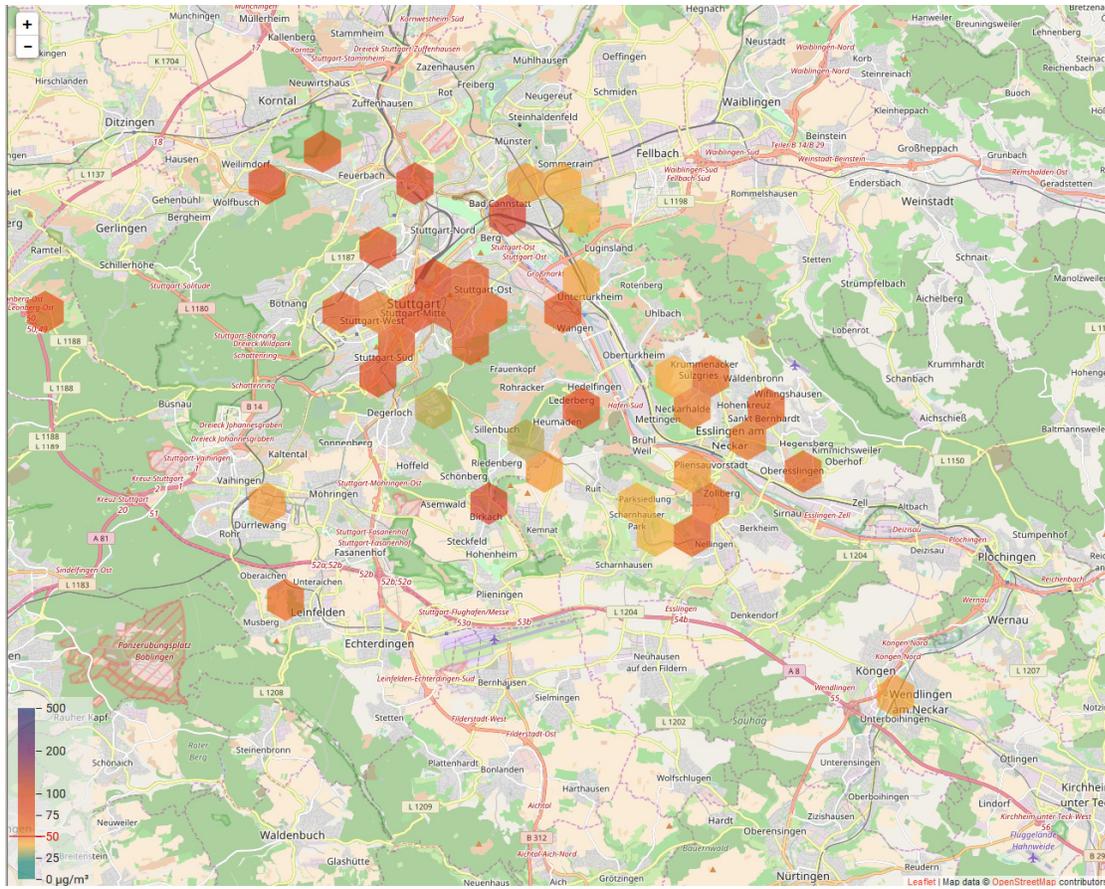


Abbildung 37: 19.1.17 11:33h

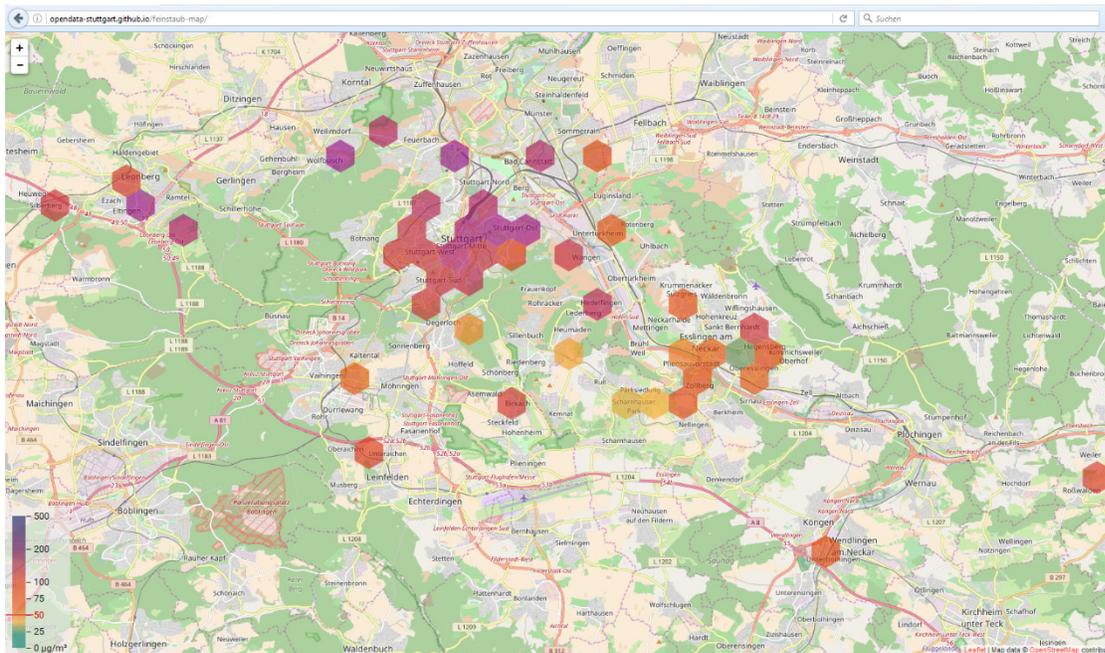
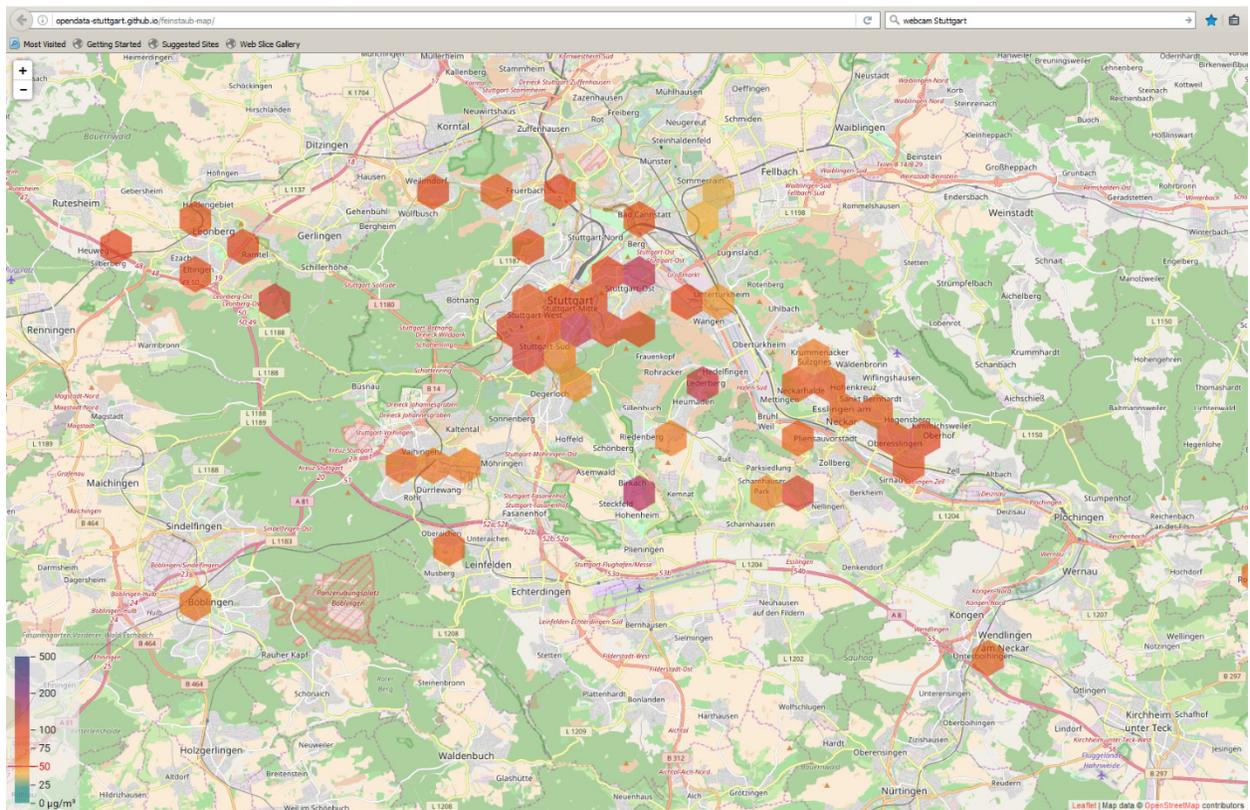
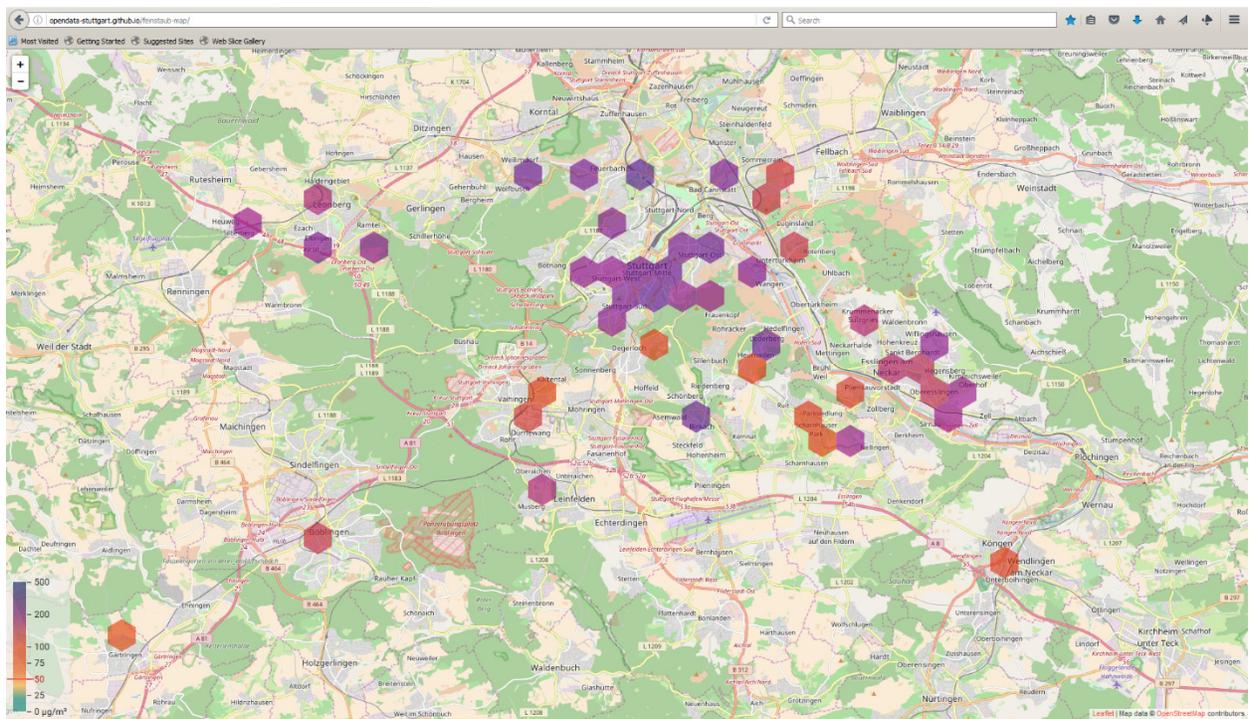


Abbildung 38: 22.1.17 15:03h



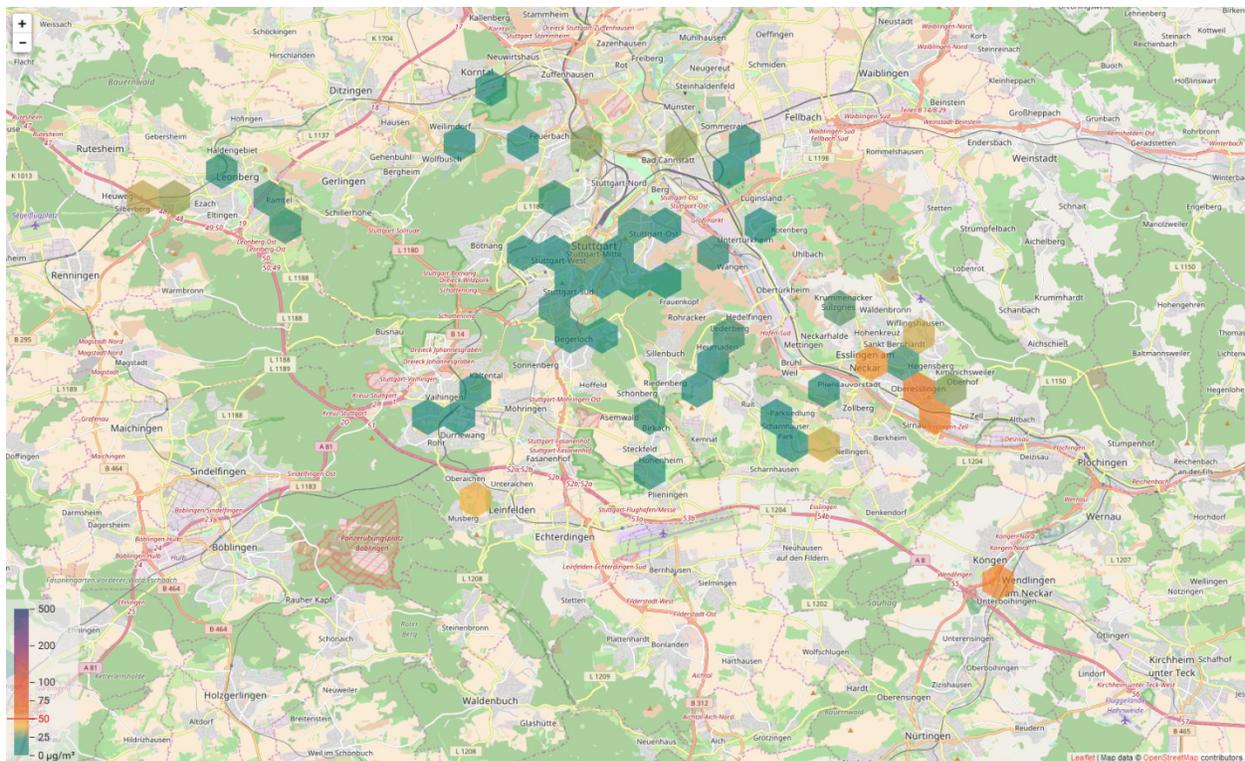


Abbildung 41: 30.1.17 14:04h

Inversionslage vom Fernsehturm aus gesehen

Optisch war der Feinstaub und die Inversionswetterlage sehr gut von den 3 Webcams auf dem Stuttgarter Fernsehturm erkennbar. Bereits am Mittwoch den 18.1. konnte man den Horizont im braunen Dunst über Stuttgart nicht mehr ausmachen. Am 23.1. war der Talkessel von so dichtem braunen Dunst ausgefüllt, dass man trotz Sonnenschein in der Höhe die Gebäude in der Stadt fast nicht mehr erkennen konnte. Erst am Morgen des 29.1. konnte man vom Fernsehturm aus die Stadt wieder ohne Dunstglocke sehen. Sehr interessant war eine Erscheinung am 22.1., die selbst aus Sicht der Webcam noch zu erkennen war. An diesem Tag zeichnete sich um 10:00h die Obergrenze der Inversionsschicht sehr scharf ab. Rechts von der Mitte des Horizonts (bei etwa 75% der Horizontlänge) sah man die Dampfsäule des Kühlturms des Kernkraftwerks Neckarwestheims aufsteigen, der diese Obergrenze durchdrang. Rauch aus Feuerungsanlagen in der Stadt, deren Rauch kälter war, schafften das nicht. Aber diese Abluft des Kernkraftwerks war so warm, dass sie die kalte Luft stärker anwärmen konnte als die Luft über der Inversionsschicht und so konnte sich die Dampfsäule den Weg durch diese Schichtgrenze bahnen.

Der Grund dafür ist aus dem Stuve-Diagramm vom 22.1. 12z sehr schön erkennbar: Die Inversion hatte sich abgesenkt und es bildete sich eine weitere bodennahe Inversion auf niedriger Höhe (ca. 500m) aus. Damit lag ein ‚Deckel‘ direkt über dem Stuttgarter Kessel. Der Fernsehturm ragte darüber hinaus.

10739 Stuttgart

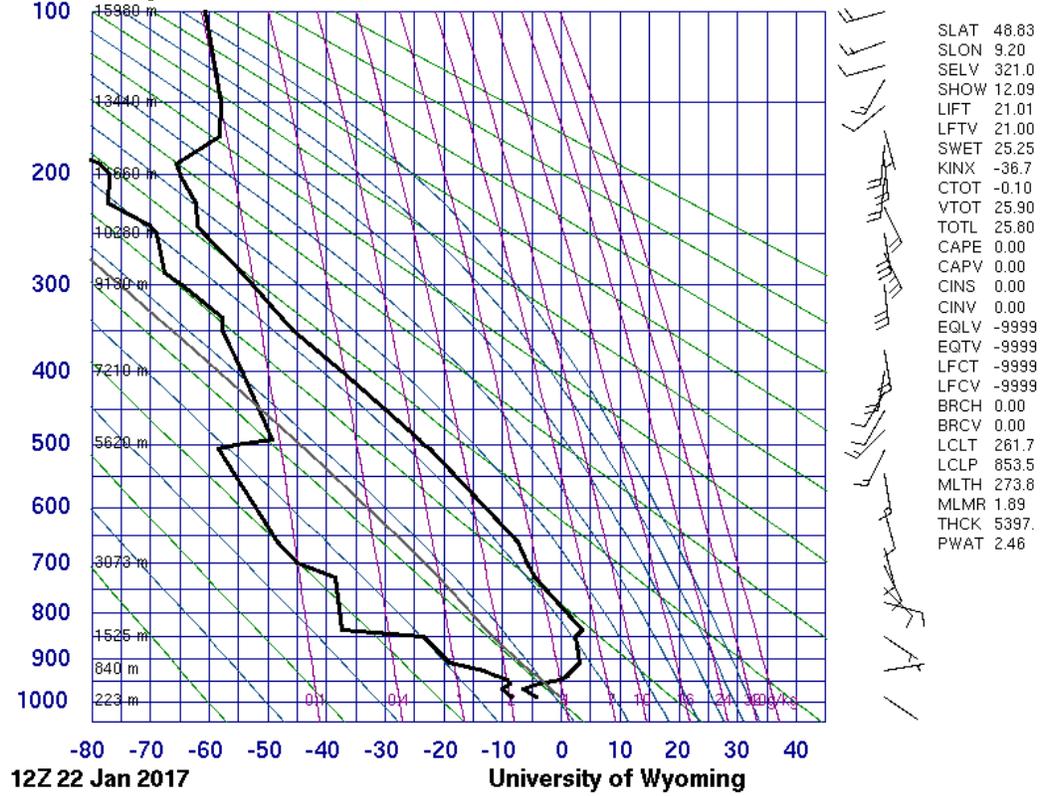


Abbildung 42: Stüve-Diagramm vom 22.1. 12z

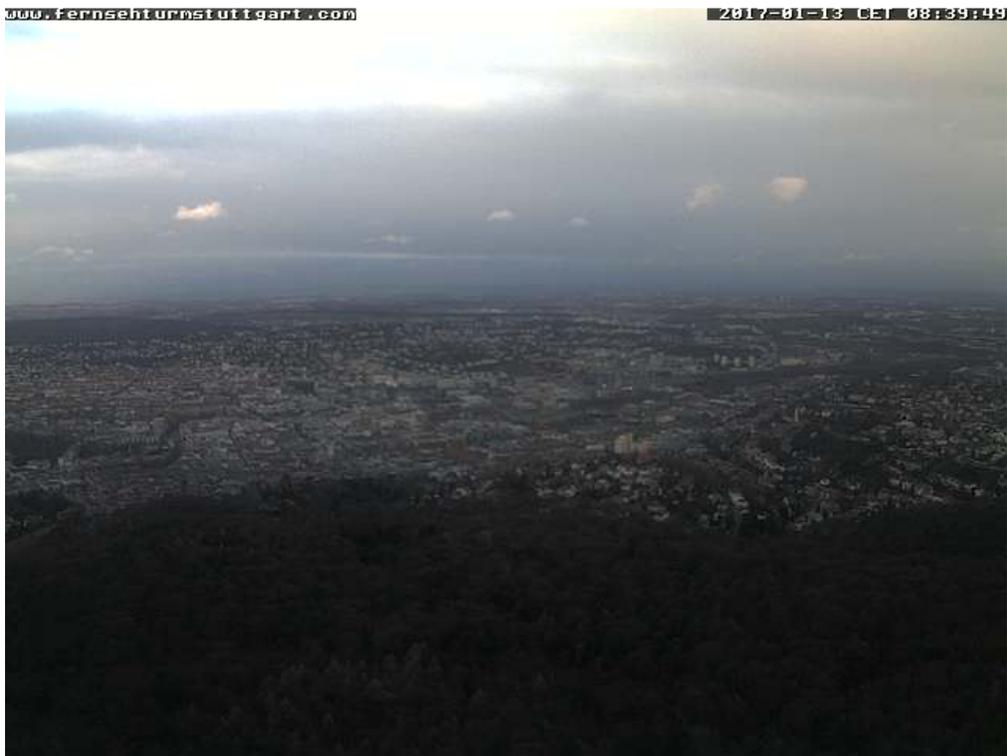


Abbildung 43: 13.1.17 8:39h, Sturm Egon treibt Wolken über den Talkessel

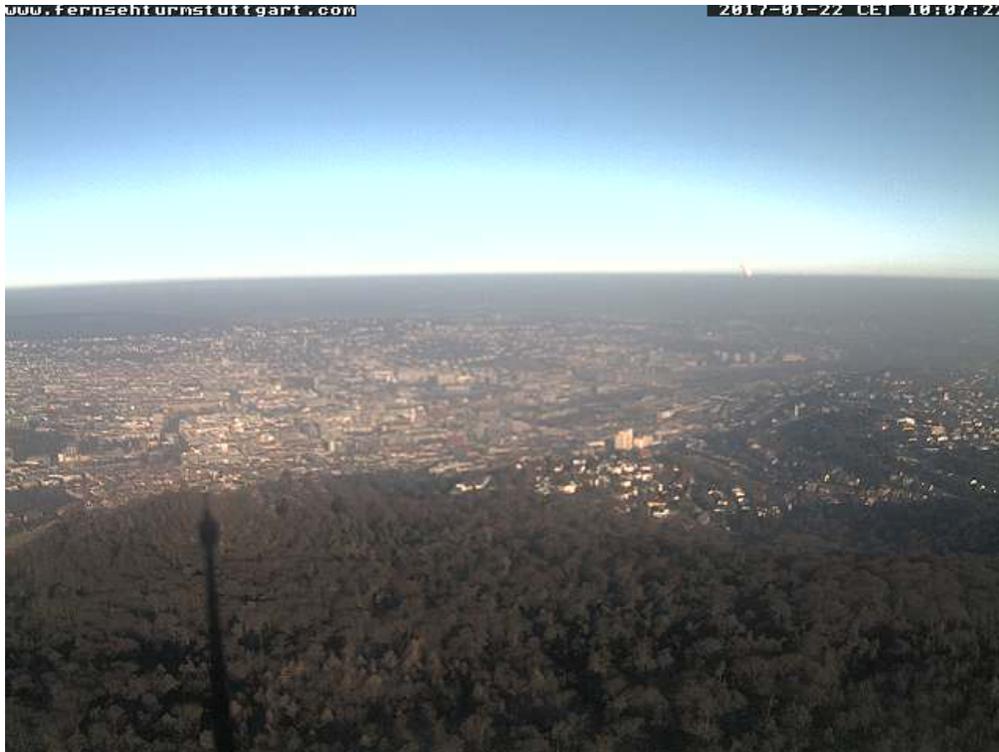


Abbildung 44: 22.1.17 10:07h, scharfe Grenze der Inversionsschicht, nur die heiße Abluft des Kühlturms des Kernkraftwerks Neckarwestheim kann die Schicht durchbrechen (rechts am Horizont)



Abbildung 45: 23.1.17 08:59h, Feuchte kondensiert am Feinstaub in der Luft, Bodennebel bis zur Inversionsgrenze



Abbildung 46: 23.1.17 11:00h, aus Feinstaub (Smoke) und Nebel (Fog) entsteht massiver „Smog“ über dem Talkessel



Abbildung 47: 23.1.17 13:05h, die Sonne hat nicht die Kraft den Nebel aufzulösen, Smog bis mittags, trotz der schönen Hochdruck-Wetterlage

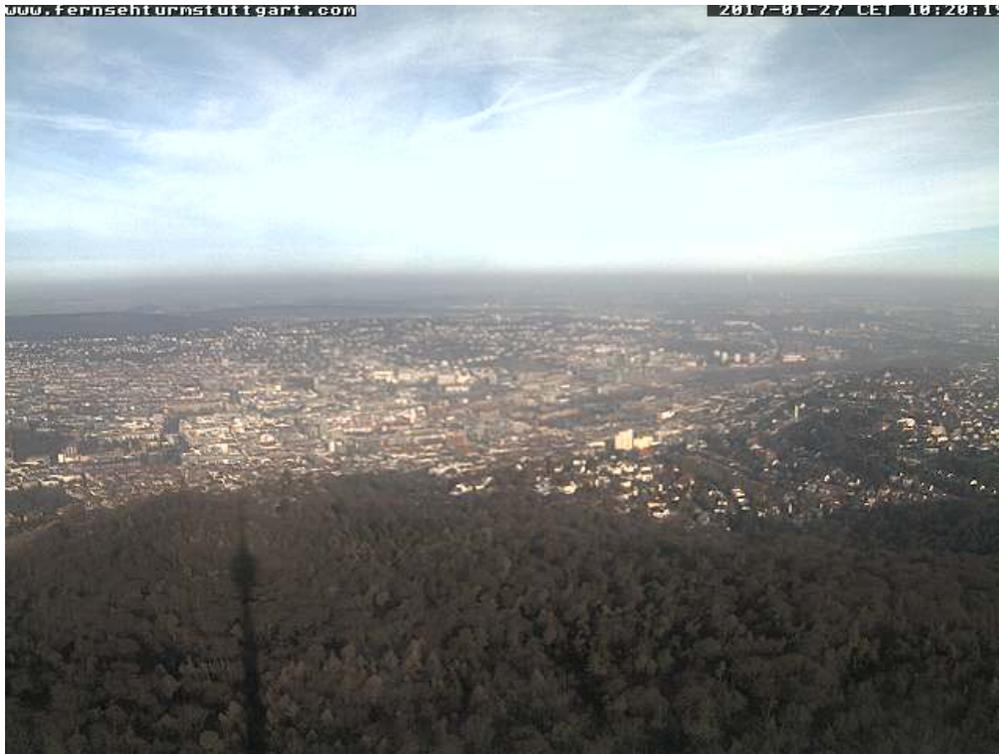


Abbildung 48: 27.1.17 10:20h, der Smog hat sich verzogen, in der Ferne sieht man noch etwas Dunst am Horizont

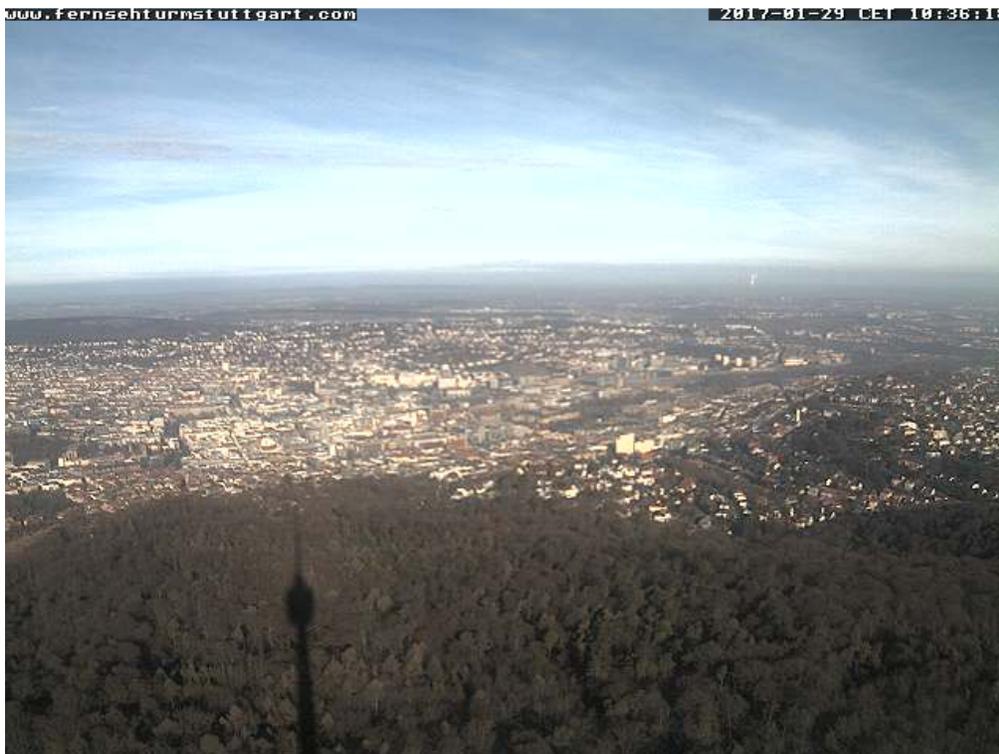


Abbildung 49: 29.1.17 10:36h, es herrscht wieder einigermaßen klare Sicht in die Ferne vom Fernsehturm

Radioaktivitätsmessungen

Auch die Radioaktivitätsmessungen der Luft zeigten während dieser Feinstaubepisode wieder mehr als deutlich wie die Aktivität der Radonfolgeprodukte auch den Feinstaub radioaktiv werden lassen. Die Radioaktivität des Feinstaubes entsteht dadurch, dass sich die radioaktiven Zerfallsprodukte des radioaktiven Edelgases Radon dazu tendieren sich an Aerosole anzulagern. Diese Radioaktivität des Feinstaubes ist zwar für sich nicht kritisch und lag zum Zeitpunkt des Peaks am 22.1. bei 16 Bq/m^3 für das Radionuklid Blei-214, das eines der Radon-Zerfallsprodukte ist. Die Radioaktivität dieses angelagerten Radionuklids ist damit relativ gering im Vergleich zu dem von der WHO angegebenen Richtwert von 100 Bq/m^3 als Bedenklichkeitsgrenze für die Summe aller Radonfolgeprodukte zusammen. Aber es zeigt doch sehr deutlich wie sich gesundheitlich sehr bedenkliche Substanzen an den Feinstaub anlagern und der Feinstaub am Ende einen äußerst gesundheitsschädlichen Mix an unterschiedlichen Substanzen darstellt.

Kontinuierlich gemessen wird die Radioaktivität der Luft von einer Aerosol-Messstation auf dem Fernsehturm. Diese Messung dient eigentlich der Kernkraftwerks-Fernüberwachung und beobachtet vor allem die Aktivität der Radionuklide Cäsium-137 (blauer Graph) und Iod-131 (brauner Graph), welche als Leitnuklide für einen kerntechnischen Unfall gelten. Zur Funktionskontrolle wird aber zusätzlich noch das Blei-214 gemessen (grüne Kurve), welches ein Zerfallsprodukt des um Stuttgart herum natürlich vorkommenden Radon ist. Die Messung erfolgt dadurch, dass immer für einen Tag lang die Luft durch ein Filter gesaugt wird, der permanent von einem Gammaskontrometer auf die charakteristischen Gammalinien der gesuchten Radionuklide hin analysiert wird. Um Mitternacht wird dann automatisch der Filter gewechselt. Dieser Filterwechsel ist nötig, da das Cs-137 und I-131 eine Halbwertszeit haben, die länger ist als 1 Tag. Auf diese Weise wird die Akkumulation der Aktivität über mehr als einen Tag vermieden. Das Blei-214 hat jedoch eine kurze Halbwertszeit von nur 27 Minuten und zeigt daher einen nahezu momentanen Aktivitätswert, ganz unabhängig vom Filterwechsel. Da sich unter anderem auch das Blei-214 an Feinstaub Aerosole anlagert, spiegelt die Luft-Radioaktivitätsmessung auf dem Fernsehturm eben auch den Feinstaubgehalt der Luft wieder.

chart by amCharts.com

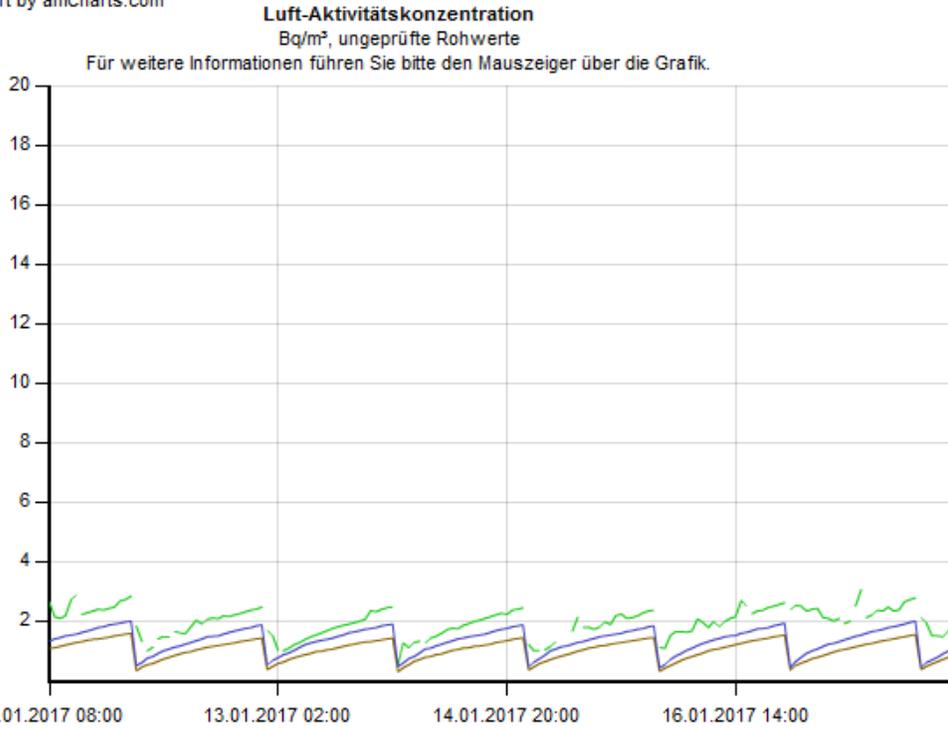


Abbildung 50: Radioaktivität der Luft zur Zeit des Tief Egon, auch das Blei-214 liegt bei sehr niedrigen Aktivitätswerten

chart by amCharts.com

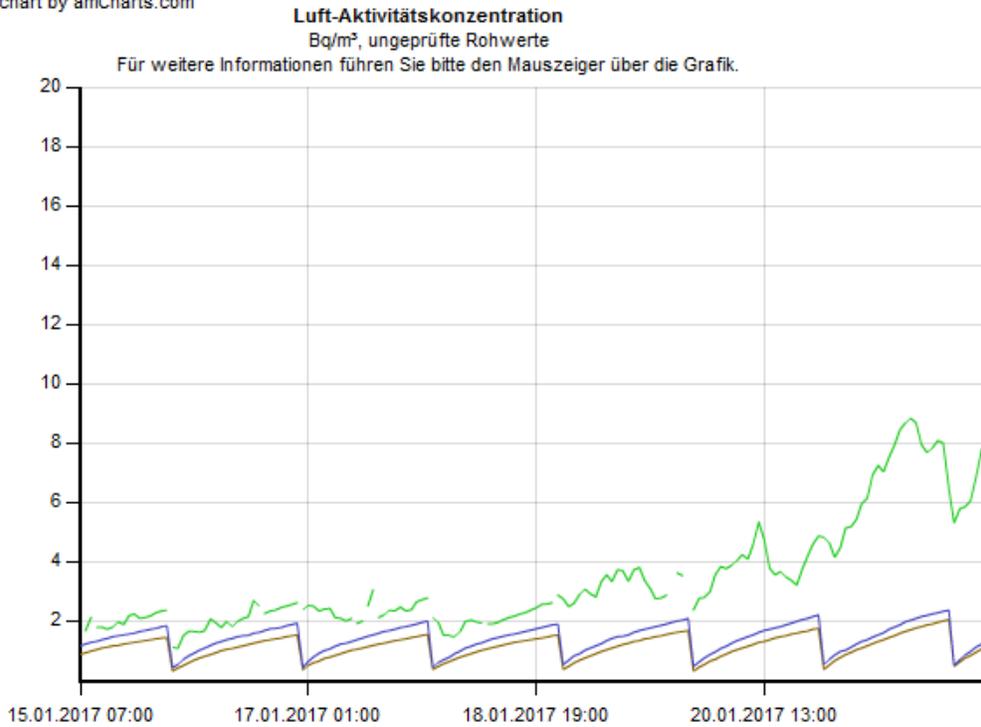


Abbildung 51: Beginn der massiven Feinstaub-Belastung am 22.1., auch die Radioaktivität der Luft steigt an

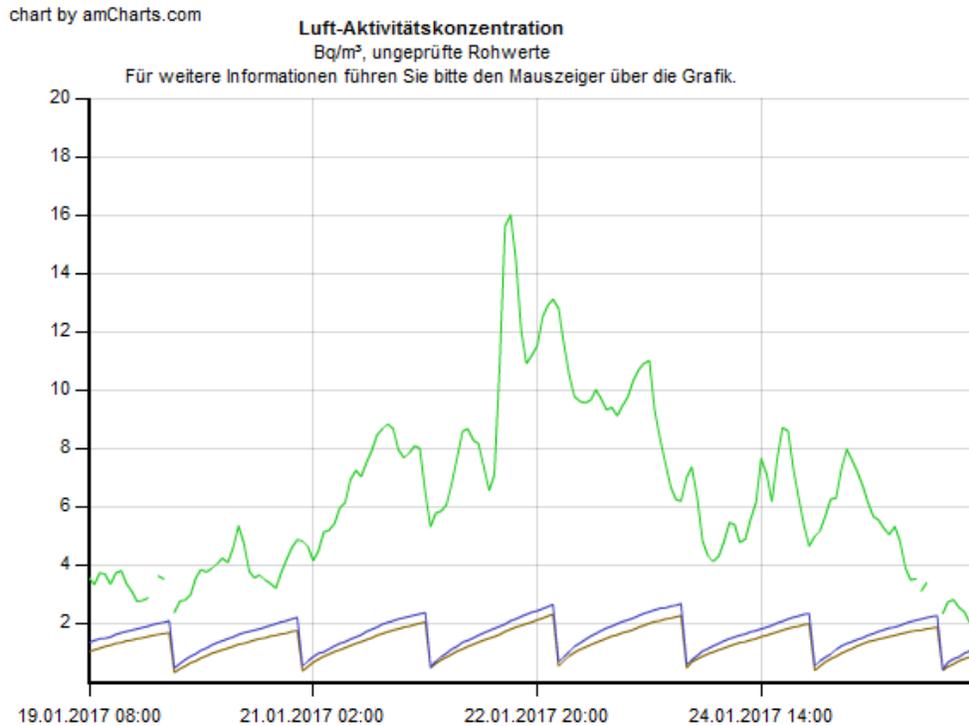


Abbildung 52: Peak der Radioaktivität der Luft am 22.1. durch das Radonfolgeprodukt Blei-214, das sich den Feinstaub-Aerosolen anlagert

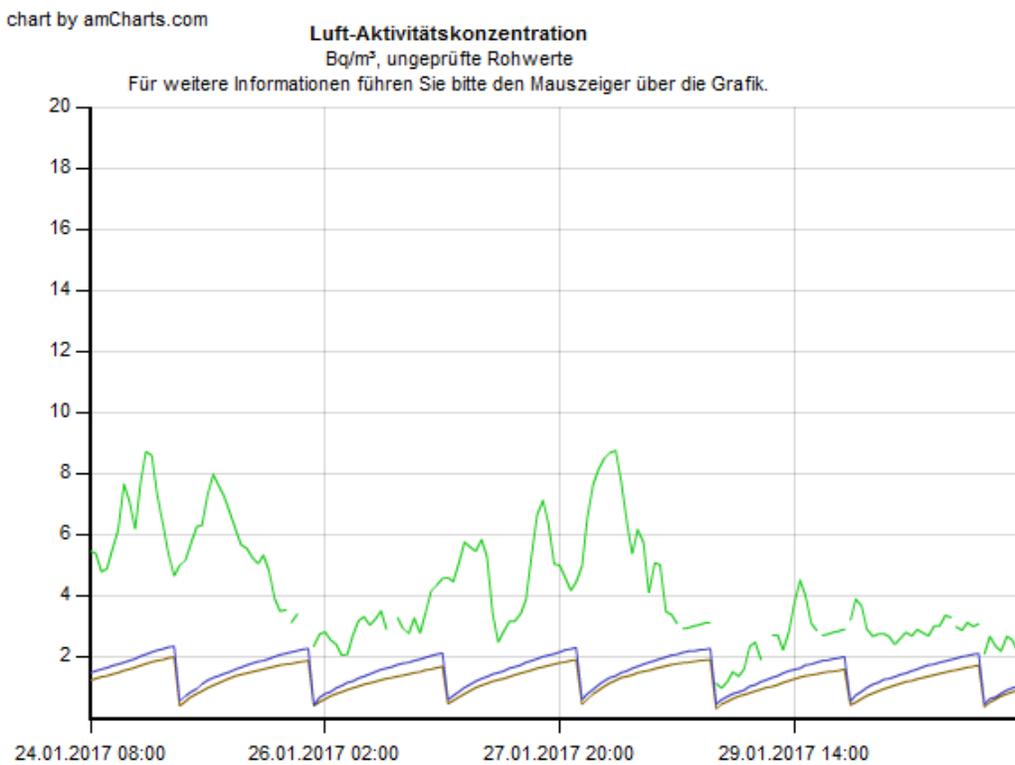


Abbildung 53: Das Ausklingen der Feinstaubepisode geht auch mit einem Abklingen der Luft-Radioaktivität einher

Links zu Webseiten der im Dokument verwendeten Daten und Graphen

Aktuelle Daten der Messstation des städt. Umweltamtes Stuttgart-Mitte (Schwabenzentrum)

https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_messdaten_station_smz

Webseite der Daten weltweiter Ballonsondierungen

<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

Luftdaten des Umweltbundesamts

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten>

Feinstaubmesswerte des LUBW für die Station Neckartor und Cannstatt

<http://www.mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/s-an/s-an.htm>

Daten der Wetterstation des Instituts für Bauphysik an der Hochschule für Technik in Stuttgart

<http://www.hft-stuttgart.de/Studienbereiche/Bauphysik/Bachelor-Bauphysik/Einrichtungen/HFT-Wetterstation/index.html/de>

Aerosol-Messstelle des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

<http://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/kernenergie-und-radioaktivitaet/aktuelle-informationen/aktuelle-radioaktivitaetsmesswerte/luft-aktivitaetskonzentration/stuttgart-fernsehturm/>

Webseite zur Visualisierung der Feinstaubdaten in Stuttgart von Fritz Mielert

<http://www.fritzmielert.de/feinstaub/chart/>

Feinstaub-Karte des OK Lab Stuttgart

<http://opendata-stuttgart.github.io/feinstaub-map/>

Höhenwetterkarten

<http://www.wetterzentrale.de/de/reanalysis.aspx?map=1&model=avn&var=2&jaar=2017&maand=2&dag=2&uur=0&h=1>