

## Silvesterfeuerwerk in Stuttgart: Der Feinstaub-Super-Gau des Jahres 2016

Bernd Laquai, 2.1.2017

Rund 4000 Tonnen Feinstaub der Klasse PM10 werden jährlich durch Feuerwerk freigesetzt, das sind 15% der Menge, die pro Jahr (!) vom Verkehr in die Luft geblasen werden. So lauten jedenfalls die Schätzungen des Umwelt-Bundesamtes. Der Feuerwerks-Feinstaub ist allerdings nicht mit dem Sahara-Feinstaub zu vergleichen, der manchmal auch zu uns geweht wird und meist aus harmlosen Quarz-Partikeln besteht. Um die schönen Farben des Feuerwerks hinzubekommen, mischen die Pyrotechniker nämlich Strontium-, Kupfer- und Bariumverbindungen ins Pulver um die Farben rot, blau bzw. grün zu erzeugen, also äußerst reaktionsfreudige metallische Elemente, deren gesundheitliche Wirkung durchaus bekannt ist. Für die Treibstoffe und die Knalleffekte wird meist Schwarzpulver, also eine Mischung aus Kaliumnitrat, Kohlenstoff und Schwefel verwendet, also auch nicht so ganz gesund.

Welche Feinstaubkonzentrationen tatsächlich in der Silvesternacht erreicht werden, hängt natürlich enorm von der Wetterlage, der Topographie und der Zahl der (knallfreudigen) Einwohner einer Stadt ab. Auch hier ist Stuttgart immer wieder unter den Top 10, nicht, weil die wirtschaftsstarke Schwaben besonders knallfreudig wären, sondern weil Stuttgart wieder mit seiner Topographie richtig punkten kann, und das besonders dann, wenn die Wetterlage passt. Und so eignete sich der Jahreswechsel 2016/2017 wieder einmal besonders gut um zu demonstrieren, wie ein "Feinstaub-Super-GAU" über einer Stadt entsteht, der sonst nur in den Abluftkaminen von Industrieanlagen mit altertümlicher Technik erreicht wird. Interessant war dabei festzustellen, dass man dazu am 31.12.16 und 1.1.17 auf der Webseite der Stadt lesen konnte: "Aktuell kein Feinstaub Alarm in Stuttgart", wo sonst den Bürgern bei Feinstaubkonzentrationen von  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  an allen großen Einfallsstraßen Stuttgarts und in den Medien sehr eindringlich nahegelegt wird, die Autos stehen zu lassen und den Kamin nicht anzufeuern.

Bereits am 28.12. meldete der Internet-Wetterdienst [wetteronline.de](http://wetteronline.de) "Luftdruck auf Jahreshoch, Hoch YÖRN plustert sich auf. Hoch YÖRN sorgt für "dicke Luft": Mit bis zu 1047 Hektopascal ist der Luftdruck über Süddeutschland so hoch wie seit Jahren nicht."

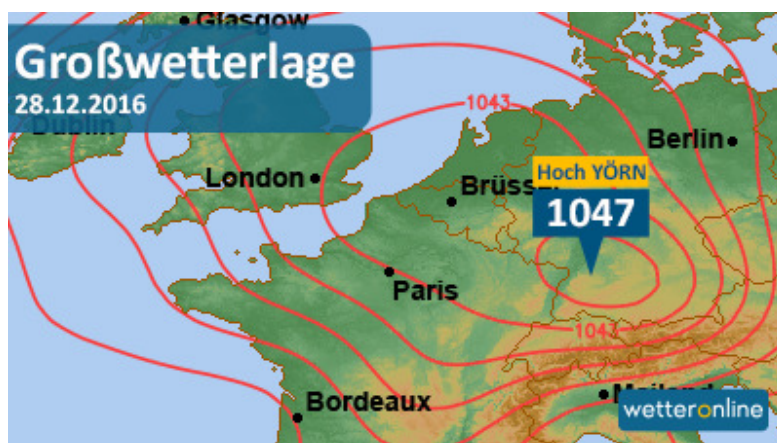


Abb. 1: Wetterlage zum Jahreswechsel 2016/17, Quelle: Wetteronline.de

Angesichts der Temperaturen von deutlich unter dem Gefrierpunkt war also schon vorab klar, dass um die Jahreswende nachts die kalte Luft in den Stuttgarter Talkessel absinkt und sich tagsüber die Luft nur in der Höhe erwärmt, und so eine Inversion der normalen Temperaturverteilung entsteht. Bei den

windstillen Wetter-Verhältnissen eines stabilen Hochdruckgebietes bedeutet eine solche Inversionsschicht, dass kein vertikaler Luftaustausch mehr stattfindet und Schadstoffe, die in die kalte Luft im Talkessel emittiert werden, dort wie eingesperrt in der Schwebel bleiben.

Dazu kommt, dass die Feuchte, die tagsüber noch gasförmig ist, beim Absinken der Temperaturen gegen den Taupunkt bei Nacht kondensiert und sich so im Talkessel Nebel bildet. Die Feuchte kondensiert vorrangig mit den Partikeln des Feinstaubes als Kondensationskern und so wird schließlich aus Smoke(engl. Rauch aus Verbrennungsluft, Feinstaub) und Fog (engl. Nebel) der berühmte Smog (ein Kunstwort aus London), der kurzfristig vor allem die Menschen mit Atemwegserkrankungen in erhebliche Probleme bringen kann.

Nun kam zu Silvester 2016 in Stuttgart noch dazu, dass das sonnige Wetter am Silvestermorgen die Leute bei guter Laune mehr als sonst in die Supermärkte und Baumärkte zum Einkaufen strömen lies. Wie in den letzten Jahren waren dort auch dieses Jahr wieder vor allem die Knall-Batterien und Mehrfach-Abschuss-Systeme gefragt, die einmal angezündet im Sekundentakt völlig autonom unzählige Knallsätze und Raketen abfeuern.

Nachdem am Silvesterabend im Stuttgarter Talkessel noch die Sonne schien, senkte sich mit Sonnenuntergang langsam die Temperatur und im Talkessel bildete sich der Nebel, der aufgrund der stark ausgeprägten Schichtung jetzt eine abrupte Grenze nach oben bildete. Kurz vor Mitternacht strömten die Menschen bepackt mit Raketen, Knallern und Sekt aus den Häusern auf die Straßen und Plätze. Aber um diese Uhrzeit war es dann schon zu spät um zu erkennen, dass man im Talkessel den Feuerregen der abgeschossenen Sternrakete im Nebel gar nicht mehr sehen würde und es besser wäre auf die Höhenlagen um die Stadt herum auszuweichen. Aber nach Hause tragen wollten die Leute die Knaller und Raketen auch nicht. Also wurden um Mitternacht nun hemmungslos etliche hundert Kilo Pyrotechnik förmlich in den Nebel geschossen.

Wie wenn es zu ahnen gewesen wäre, positionierten sich einige Fotografen, die früh genug auf den ca. 400m höheren Aussichtskorb des Fernsehturms kamen (limitierte Besucherzahl wegen Brandschutz!) und hielten das Feinstaub-Desaster zum Jahreswechsel in interessanten Fotos fest. Eines der eindrucksvollsten Fotos gelang dem Fotografen Julian Rettig (Lichtgut), man kann es nun in der Fotostrecke der Stuttgarter Nachrichten (bzw. der Stuttgarter Zeitung) zu den schönsten Bildern von Silvester 2016 bewundern. Zu sehen ist ein weites weißes Wattermeer über dem Talkessel, das von unten mit farbigen Lichtquellen beleuchtet ist und aus dem es gelegentlich funkelnd herausprüht. (Bild <http://cdn1.stuttgarter-nachrichten.de/media.media.77f662d4-785f-4638-bb99-2f5ca3bf1d37.normalized.jpeg>)

Früh am Neujahrmorgen konnte man den entstandenen Smog im Talkessel dann schließlich auch von den Webcams des Fernsehturms aus bewundern (siehe auch die Bilderserie im Anhang).

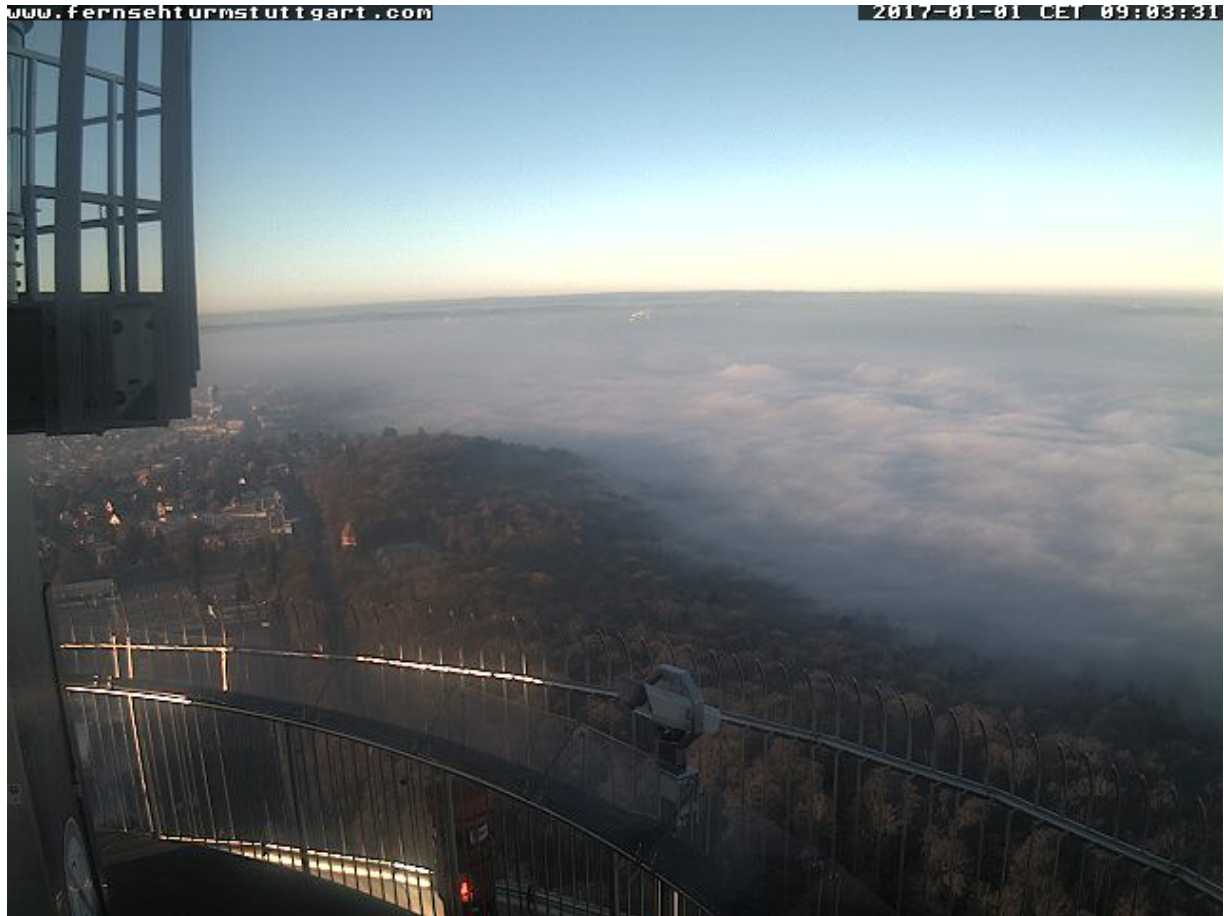


Abb. 2: Smog über dem Talkessel in Stuttgart am Neujahrsmorgen vom Fernsehturm aus gesehen

Das Abbrennen des Feuerwerks in der eingesperrten Kaltluft des Talkessels lies natürlich auch die Feinstaubsensoren an den Anschlag rennen.

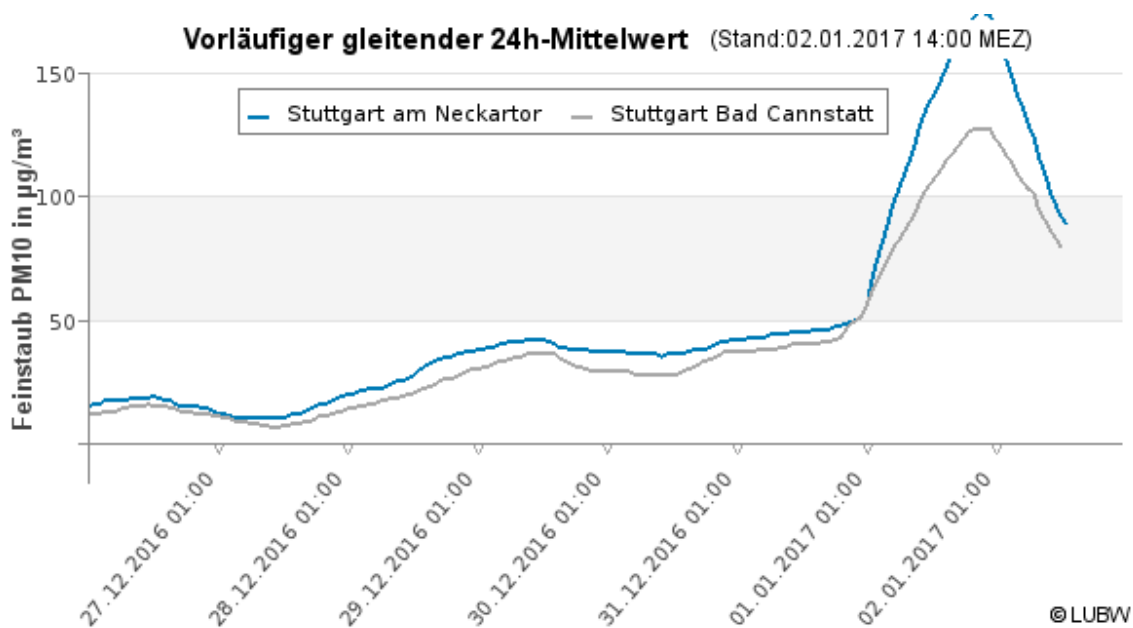
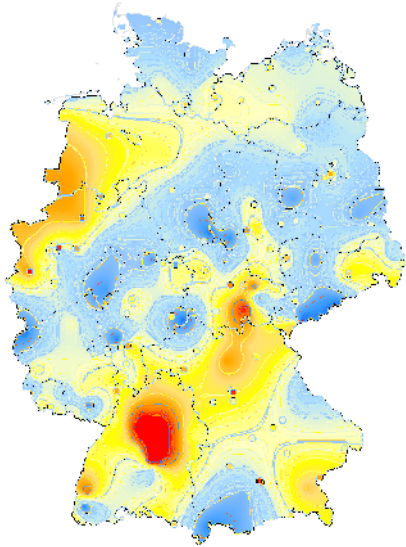


Abb. 3: Der Graph der städtischen Feinstaub-Messwerte

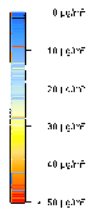
Die Anzeige der amtlichen Messanlage am Feinstaub-geplagten Neckartor verlies den Rand der Grafik. Der Graph zeigt lediglich den gleitenden Mittelwert über 24 Stunden an, der erst nach Aufsummieren des Neujahrstags seinen Spitzenwert von ca.  $180\mu\text{g}/\text{m}^3$  erreichte. Etwas konkreter stellt das Umweltbundesamt die Feinstaubwerte dar. Zunächst gibt es eine „Tages-Karte“, welche sich auf die Einhaltung des Grenzwerts von  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  bezieht, unter der Rubrik „› Daten› Luftbelastung› Aktuelle Luftdaten“, die man sich für alle Tage der letzten Jahre anschauen kann. Da sieht man, dass die Gegend um Stuttgart bereits am 31.12. knallrot leuchtet, also Werte von  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  und mehr bereits vor dem Feuerwerk erreicht waren. Am Neujahrstag, in den der größte Teil des Feuerwerks-Feinstaub fällt, ist diese Karte natürlich für große Teile Deutschlands rot, da die Farb-Skalierung bei  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  mit rot endet.

Allerdings haben die Leute vom UBA sich auch was besonders Nettes für die wohlbekannte Überdosis an Silvester einfallen lassen, wo dann auch die Skalierung an die Spitzenwerte von bis zu  $2500\mu\text{g}/\text{m}^3$  (z.B. Berlin), die beim Silvesterfeuerwerk auftreten können, angepasst ist. Man findet diese Daten unter der Rubrik: „Themen› Luft› Luftschadstoffe im Überblick› Feinstaub› Feinstaub durch Silvesterfeuerwerk“. Dort gibt es den Link zu einer interessanten, stundengenauen Animation mit dem Titel „Feinstaubbelastung durch Silvesterfeuerwerk“ (<http://gis.uba.de/website/silvester/>). Fährt man mit dem Mauszeiger die Animation ab, dann sieht man hier, dass Stuttgart zwar längst nicht das größte Feuerwerk hatte, dass aber die Stuttgarter Bevölkerung, durch die Wetterlage und die Topographie bedingt so ziemlich am längsten (die Feinstaubbelastung ist eine Dosisgröße!) dem gesundheitsschädlichen Smog ausgesetzt war.

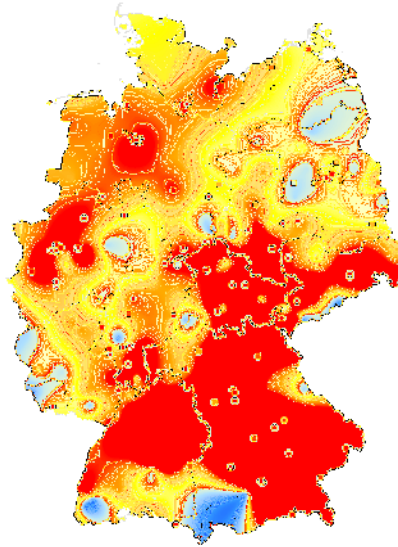
Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration



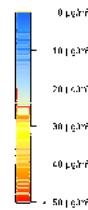
01.01.2017  
 Tagesmittelwerte  
 pro Kubikmeter Luft



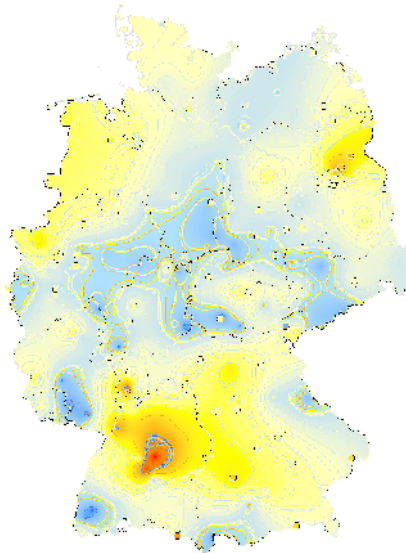
Tagesmittelwerte der Partikelkonzentration



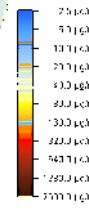
02.01.2017  
 Tagesmittelwerte  
 pro Kubikmeter Luft



Stundenmittelwerte der Partikelkonzentration



01.01.2017  
 9 Uhr  
 Stundenmittelwerte  
 pro Kubikmeter Luft



Beachte: Die Werte sind in µg/m³ angegeben  
 und beziehen sich auf die Masse der Partikel pro  
 Kubikmeter Luft. Die Werte sind nicht  
 zu vergleichen mit den Werten des  
 Luftreinerheitsgesetzes.

Die Daten sind ein vereinfachtes Modell der tatsächlichen Konzentrationen. Die Daten sind nicht  
 zu vergleichen mit den Werten der Messstationen. Die Daten sind nicht zu vergleichen mit den  
 Werten der Messstationen. Die Daten sind nicht zu vergleichen mit den Werten der Messstationen.

Abb. 4: Tages-Karten zur Feinstaub-Konzentration in Deutschland (Quelle: Umweltbundesamt)

Auf Grund der Stabilität des Hochdruckgebiets Yörn war auch der Neujahrstag von Sonnenschein geprägt. In der Stuttgarter Innenstadt dauerte es aber bis nach 12:00h bis die Sonne den Nebel aufgelöst hatte. Dann muss allerdings ein interessanter Effekt aufgetreten sein, den vor allem die privaten Stationen, die in viel feineren Messintervallen messen, deutlich zeigen. Eine dieser Stationen wird vom Stuttgarter Fritz Mielert betrieben, der sich dem Luftdaten-Netzwerk des Stuttgarter ok-Lab angeschlossen hat (<http://luftdaten.info/>). Er bereitet die Daten seiner Station in der Innenstadt (<http://www.fritzmielert.de/feinstaub/chart/>) als Grafik auf. Hier kann man am 1.1.2017 einen weiteren kräftigen Peak ab etwa 14:00h erkennen. Vermutlich verflüchtigten sich unter dem Einfluss der Sonneneinstrahlung die feinen Nebeltröpfchen, die um Feinstaubpartikel kondensiert und dabei gewaltig in der Größe angewachsen waren, nun wieder in gasförmigen Wasserdampf. Dadurch wurden

die feinen Partikel frei und wurden wieder in den Feinstaubklassen PM10 und PM2.5 registriert. Während des Hauptpeaks in der Innenstadt wurden um Mitternacht Spitzenwerte bis  $900\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen, während das „Nachbeben“ mit ca.  $450\mu\text{g}/\text{m}^3$  nur noch die Hälfte an Wert erreichte. Die Feinstaub-Werte der privaten Messstationen sind natürlich nicht gerichtsfest, da die verwendeten Feinstaub-Sensoren von den Herstellern meist nur werksseitig kalibriert sind und andere Einfluss-Größen wie Feuchte und Temperatur in der Regel unberücksichtigt bleiben.

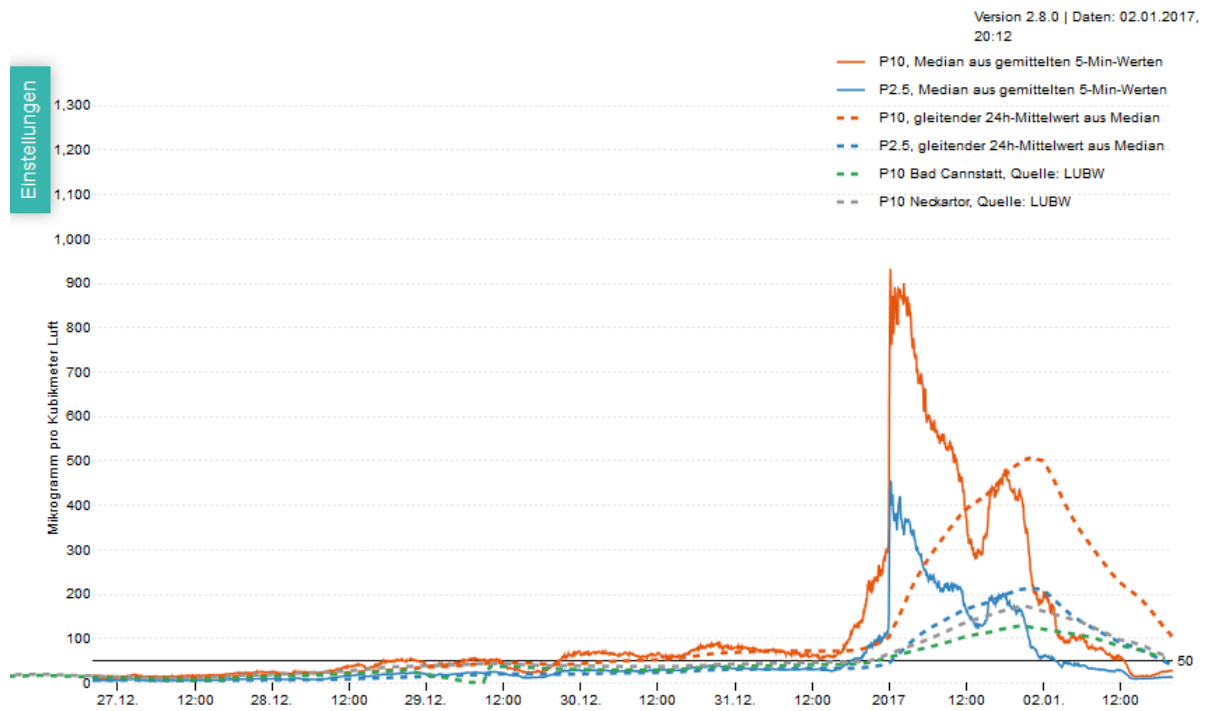


Abb. 5: PM10 Feinstaub-Konzentration über Silvester aufgezeichnet in der Innenstadt (Quelle: Fritz Mielert)

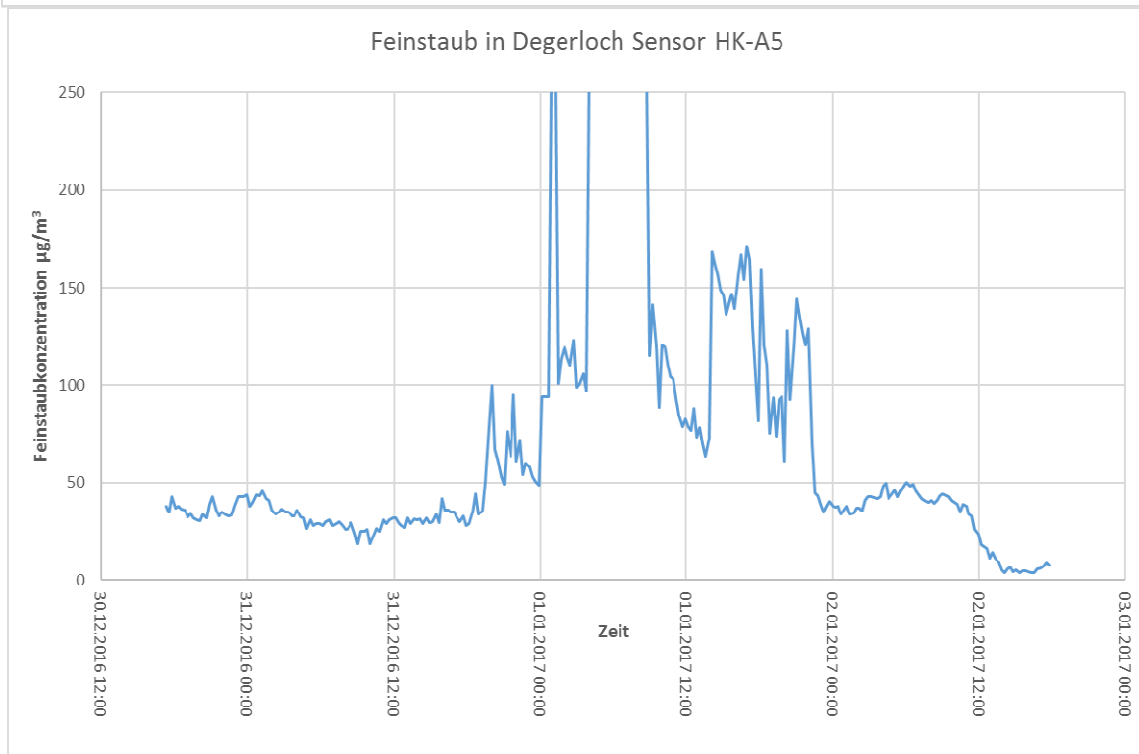
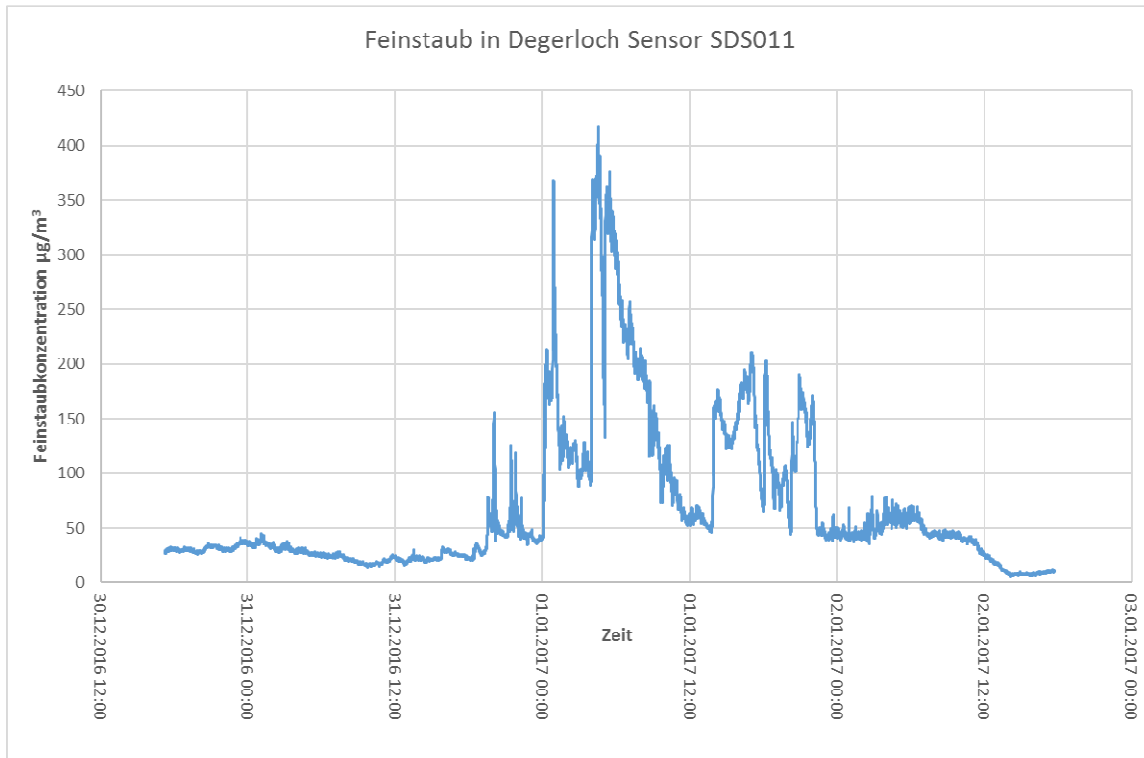


Abb. 6: PM<sub>2.5</sub> Feinstaub-Konzentration über Silvester aufgezeichnet in Stuttgart-Degerloch mit 2 unterschiedlichen Feinstaubsensoren

Auf Grund der hohen Feinstaubbelastung konnte man am Neujahrsmorgen noch eine weitere sehr anschauliche Beobachtung machen. Es ist nämlich keinesfalls so, dass sich die massive Erhöhung der Feinstaubwerte nur im Freien auswirkt. Selbst wenn man Türen und Fenster einigermaßen konsequent geschlossen hält (schon um Wärmeenergie zu sparen), steigt dennoch auch die Feinstaubkonzentration in den Wohnräumen spürbar an. Während man beispielsweise unter normalen Bedingungen in Stuttgart-Degerloch in Innenräumen Werte um  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  messen kann, so lagen die Werte am Neujahrsmorgen bei über  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ , während man außen vor dem Fenster noch Werte um  $130\mu\text{g}/\text{m}^3$  messen konnte.

So gesehen eignet sich das Silvesterfeuerwerk durchaus auch für Dichtigkeitsprüfungen von Türen und Fenstern gegenüber Feinstaub. Das wäre dann enorm relevant, wenn die Behörden z.B. wegen eines Chemieunfalls oder einer radioaktiven Feinstaub-Wolke die Bevölkerung auffordern würden, die Fenster und Türen geschlossen zu halten. Wie feinstaubdicht die Wohnräume sind, kann man sonst nur sehr aufwändig messen. Dies ist daher auch ein guter Grund, sich ein Feinstaubmessgerät selbst zu bauen, denn in Deutschland hat man noch etwas Schwierigkeiten so ein Gerät im Laden zu erwerben. Lange wird es aber vermutlich nicht mehr dauern, bis solche Geräte verfügbar sind, denn in China sind sie schon für den Privat-Verbraucher von verschiedenen Herstellern durchaus kostengünstig zu haben.



Abb. 7: Am Neujahrsmorgen (9:48h) vor dem Fenster gemessen Feinstaubwerte





Abb. 8: Am Neujahrsmorgen im Wohnraum gemessen Feinstaubwerte

Selbst am Nachmittag des Neujahrstags hielt sich der Feinstaub noch unverändert in der Luft. In den Tälern der Vororte konnte man nun den Feinstaub deutlich am Streulicht der Sonne sehen. Unter dem Einfluss der Erwärmung hob sich nun die Dunstglocke aus dem Talkessel und breitete sich auch in der höher gelegenen Umgebung aus. Dennoch waren im Zentrum die Feinstaub-Werte immer noch deutlich höher als in den Vororten, vermutlich auch deswegen, weil nun die Reinigungstrupps begannen den Müll aufzukehren und auch die Bevölkerung wiedererwachte und der Verkehr wieder zusätzliche Luftströmungen und partikelhaltige Abgase in der Stadt erzeugte.



Abb. 9: Trübung durch Feuerwerks-Feinstaub am Neujahrs-Nachmittag im Ramsbachtal (Stuttgart-Degerloch)



Abb. 10: Feinstaubwerte gemessen im Ramsbachtal

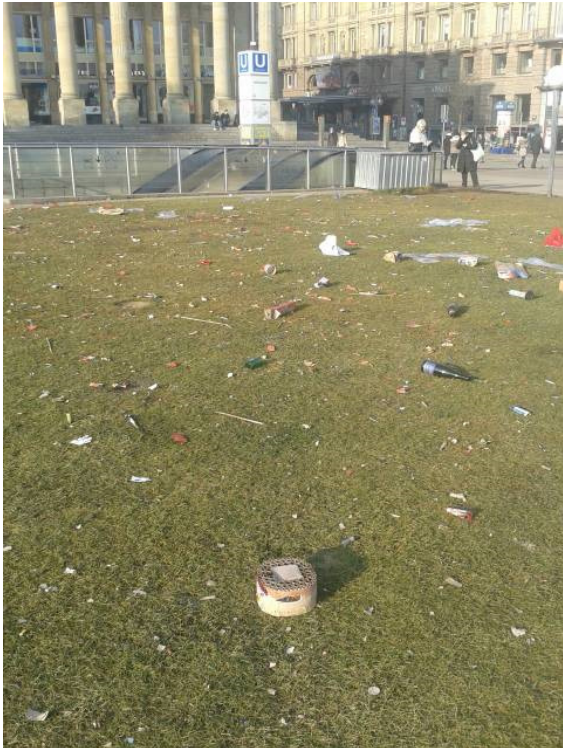
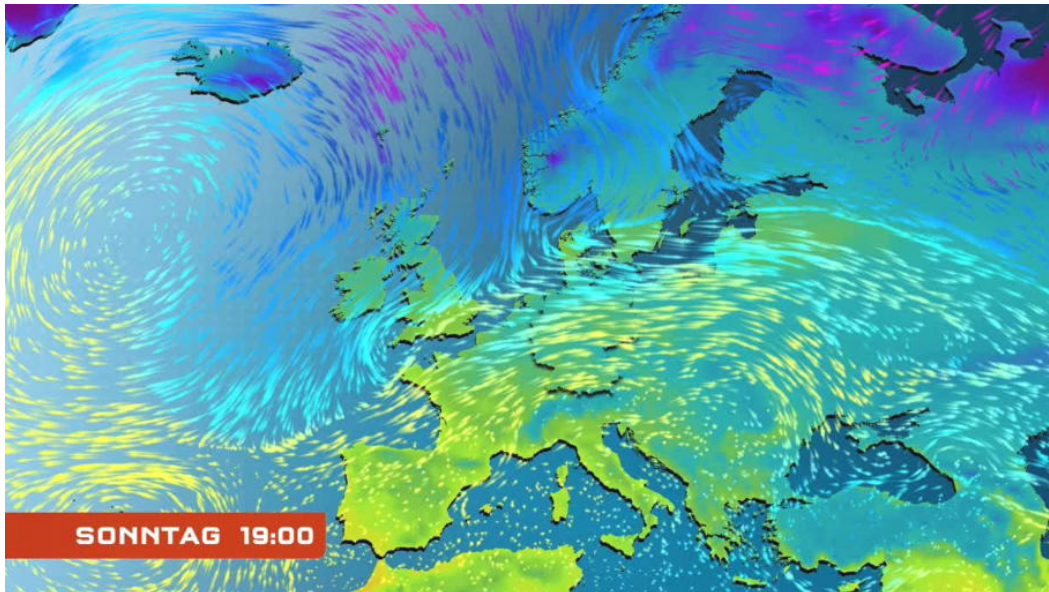


Abb. 11: Feuerwerksmüll auf dem Stuttgarter Schlossplatz



Abb. 12: Feinstaub-Werte von über  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  am Neujahrsmittag auf dem Stuttgarter Schlossplatz (Innenstadt)

In der Nacht zum 2.1.2017 kam dann aber schließlich mit dem Tief „Corinna“ auch die Erlösung für die feinstaubgeplagten Stuttgarter. In den Online Diensten war bereits am Neujahrsabend schon zu lesen: „Hoch 'Yörn' zerbröselt - die kalte 'Corinna' kommt. Mit dem Tief 'Corinna' wird der Wetterwechsel eingeleitet, wir kommen weg von unseren Dauerhochdruckwetterlagen hin zu tieferen Luftdruck und damit auch zu Schnee.“ (wetter.de). Und tatsächlich, bereits in den Nachtstunden fiel die messbare Feinstaub-Konzentration dramatisch auf Werte deutlich unter dem Grenzwert von  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Am 2. Januar begann es in den Mittagsstunden allmählich zu schneien, was für eine zusätzliche Reinigung vom Feinstaub in der Luft sorgte.



Strömungsfilm am Neujahrs-Sonntag 2017, links über dem Atlantik erkennt man das herannahende Tiefdruckgebiet (Corinna, Quelle: wetter.de)

#### **Literatur und Links:**

/1/ Hintergrund - Dezember 2014

Umweltbundesamt

Fachgebiet II 4.2 - Beurteilung der Luftqualität

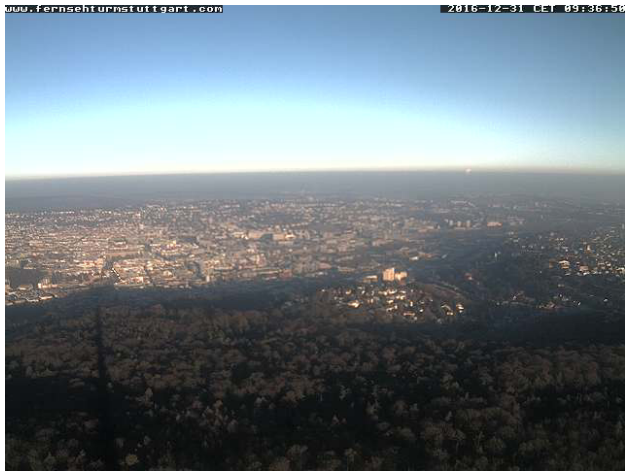
Zum Jahreswechsel: Wenn die Luft „zum Schneiden“ ist

[http://opengeiger.de/repo/zum\\_jahreswechsel\\_wenn\\_die\\_luft\\_zum\\_schneiden\\_ist\\_2014.pdf](http://opengeiger.de/repo/zum_jahreswechsel_wenn_die_luft_zum_schneiden_ist_2014.pdf)

/2/ Stuttgarter Nachrichten, Fotostrecke, Die schönsten Bilder aus der Silvesternacht

<http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.feuerwerk-in-stuttgart-die-schoensten-bilder-aus-der-silvesternacht.c9cc5414-9657-47ad-80ce-9d3ebf96febc.html>

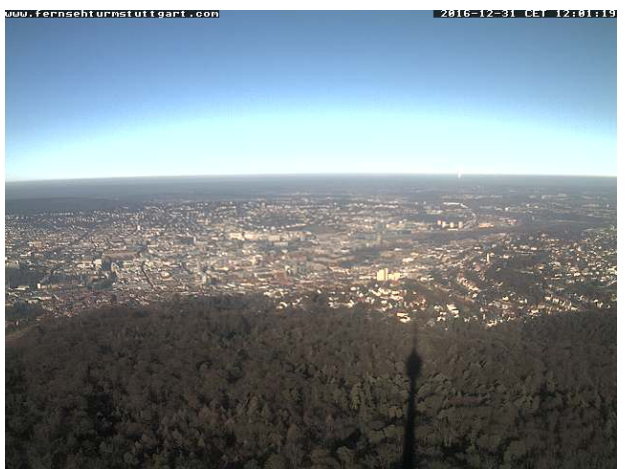
**Anhang: Bilder der Webcam vom Fernsehturm in Richtung Innenstadt über die Jahreswende**



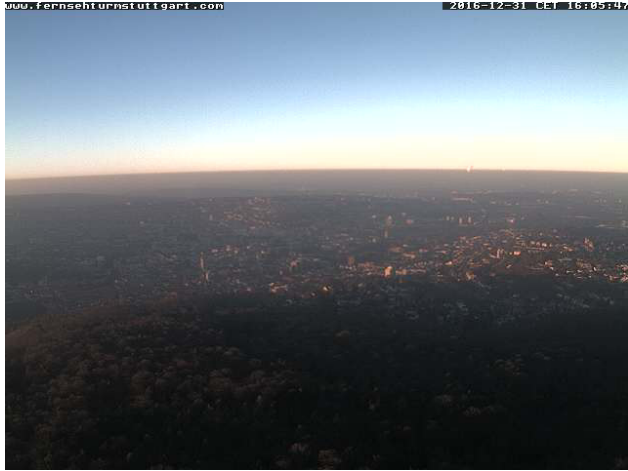
31.12.16 09:36



31.12.16 10:17



31.12.16 12:01

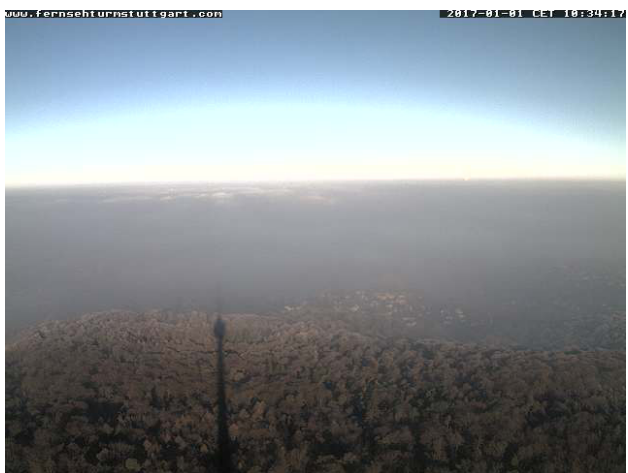


31.12.16 16:05

\*\*\* Silvesternacht \*\*\*

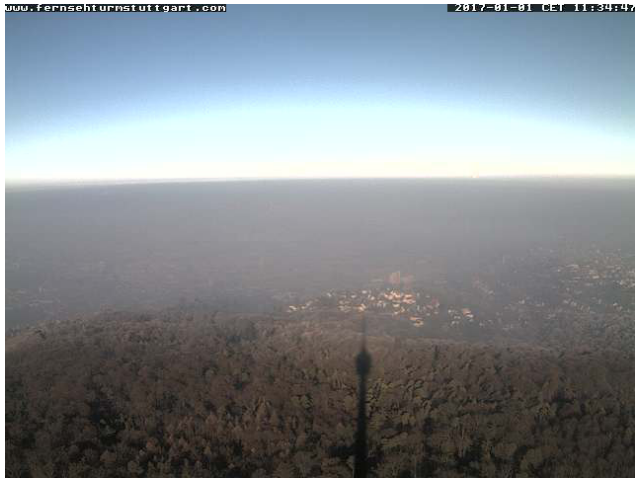


01.01.17 09:02

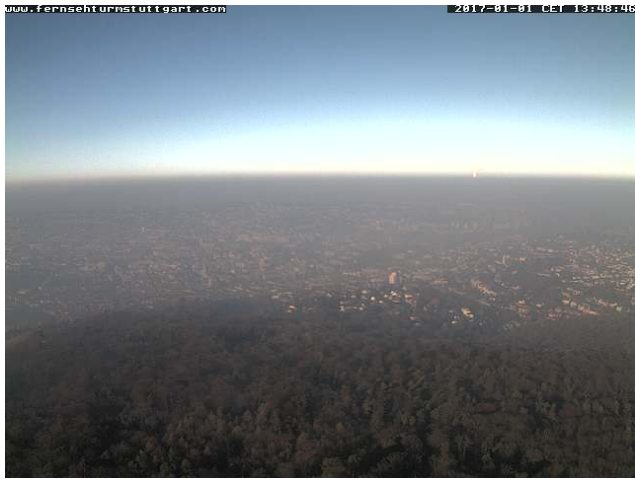


01.01.17 10:34

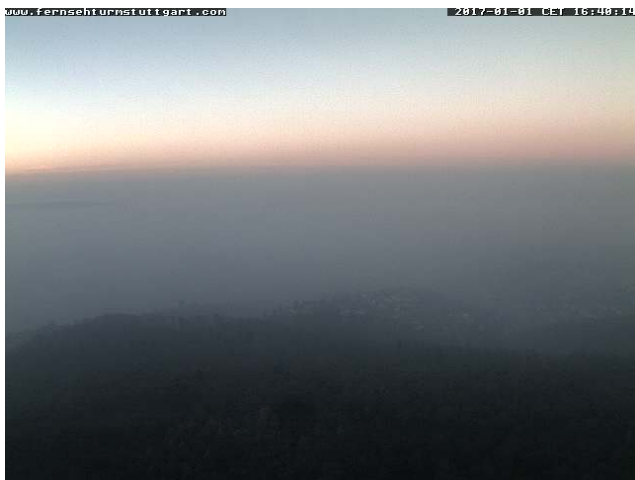
14



01.01.17 11:34

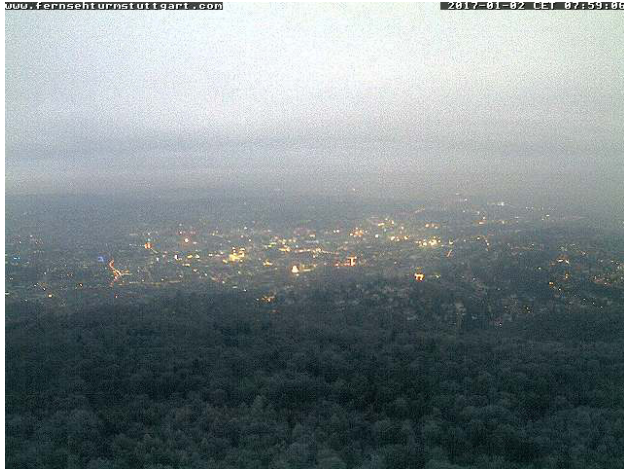


01.01.17 13:48



01.01.17 16:40

\*\*\* Nacht zum 2.1.\*\*\*



02.01.17 07:59



02.01.17 09:26