

Gutachten Luftqualität Aerosolbelastung sowie nach VDI 6022 T.3 (Ionengehalt der Raumluft)

Erstellt: Ing.-Büro Dipl.-Ing. J. Lehmann
Zur Alten Poststr. 7a
01723 Kesselsdorf
Ust.-ID: DE206791408
St.-Nr.: 210/244/11432
Tel.: 035204-79464
Fax: 035204-79463
Fu.: 0172-7017241
Mail: water.LE-JP@t-online.de od. water.LE-JP@gmx.de

Objekt : **Dr.-Engel Realschule**
Scheerstraße 79/81
73054 Eislingen
Telefon: 07161 98426-0
Mail: sekretariat@dr-engel-rs.gp.schule-bw.de

Im Auftrag der: **Stadt Eislingen/Fils**
Hochbau und Immobilien
Schloßplatz 1
73054 Eislingen
Tel.: +49 7161 804-332
Mail: S.Lennartz@eislingen.de (Ansprechpartner)
Vergabenummer: **009-2022/04/12**



[Bildquelle <https://www.eislingen.de/de/Leben-in-Eislingen/Bildung/Schulen-in-Eislingen>; 2022]

Datum der Messung: 29.06.2022; 08:00 Uhr – 12:30 Uhr

Ing.-Büro DI J. Lehmann
Zur Alten Poststraße 7a
01723 Kesselsdorf

Tel.: 035204 / 794 63
Fax: 035204 / 794 63
Fu.: 0172 / 70 17 241

Commerzbank Dresden
BLZ 850 800 00 Kto. 0101 4146 00
IBAN: DE25 8508 0000 0101 4146 00
Ust.-ID: DE 206791408

Inhaltsverzeichnis

S. 1	Deckblatt
S. 2	Inhaltsverzeichnis
S. 3 -5	Aufgabenstellung/Grundriss/Fluchtwegeplan ersatzweise für Grundriss
S. 6	Messumfang, Messstellen (auszugsweise)
S. 6-12	Präambel, Definitionen, verwendete Messgeräte, angewandte Normen und Verordnungen
S. 13-14	Durchführung und Ergebnisse; Bilder
S. 14-17	Messdaten, Diagramme Ionisation und Aerosole Erklärung der Ergebnisse
S. 18-20	Ergebnisse tabellarisch, Balkendiagramme mit Grenzwerten
S. 21-23	Vergleichswerte, Zusammenfassung der Ergebnisse

Inhalt / Aufgabe :

Luftqualitätsmessungen – Schwerpunkt Aerosolmessung im Raum mit und ohne Ionisation; Rückschluß auf Virenbelastung der Raumluft

Nachweis der Funktion der Ionisation als ein Abnahmekriterium der Baumaßnahme „Ionisation“



Bild: Prüfbereich EG

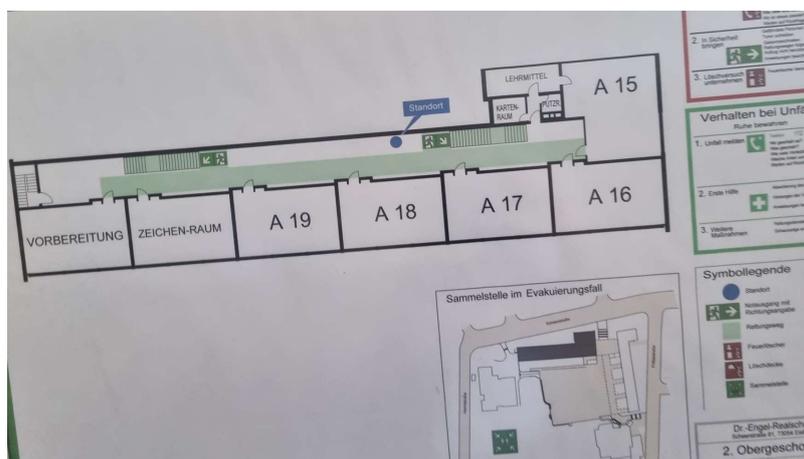


Bild: Prüfbereich 1.OG und 2.OG (identsich)

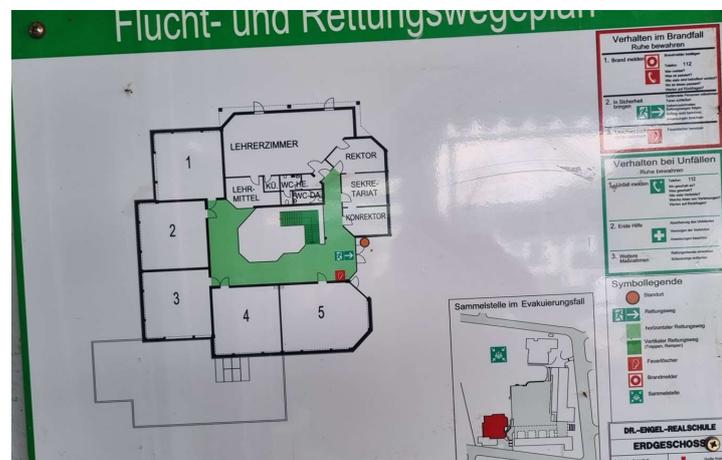


Bild: Prüfbereich EG

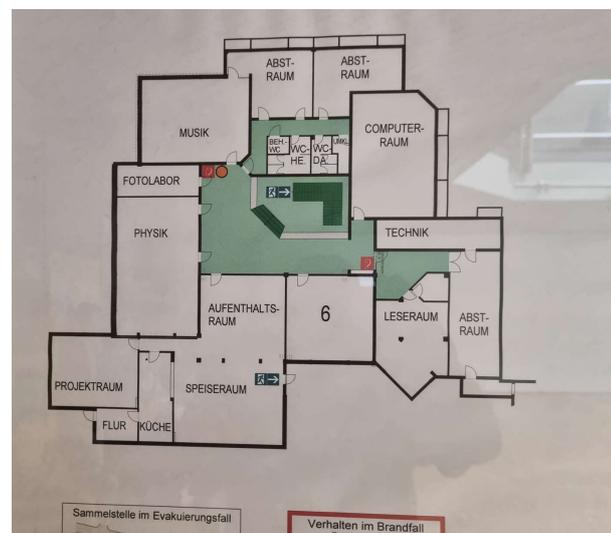


Bild: Prüfbereich 1.UG

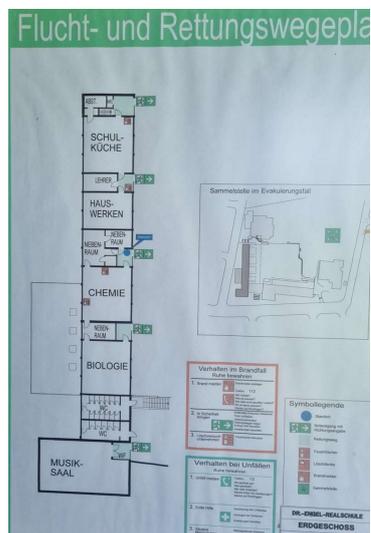


Bild: Prüfbereich Anbau Gang/Chemie-Bio

Mit Ionisation ausgestattete Räume: alle Klassenräume lt. Plan; Kellerräume, Schulgebäude 2, Lehrerzimmer, Direktorenzimmer



Bild: Meßstellen aussen, Beispiel



Bild: Klassenraum, Beispiel

(Über den eigentlichen Meßpunkt hinaus wurden an weiteren Stellen Messungen durchgeführt, die in einer gesonderten Zusammenfassung nachgereicht werde.)

- 1) Ionisationsgrad/Ionisationsstärke
- 2) Ultrafeinstäube PM_{2,5} und PM₁₀
- 3) Aerosole – Querschnitt 0,1 µm – 10 µm Massekonzentration
(0,1 µm entspricht der Virengröße des COVID Virus)
- 4) HCHO (Formaldehyde)
- 5) TVOC
- 6) CO₂
- 7) Temp.
- 8) Rel. Luftfeuchte
- 9) Elektrostatisches Feld

Präambel

Aufgrund des Umstandes, dass COVID-Viren sich vorrangig aerosolgebunden verbreiten, soll ein Ionisationssystem zur Luftreinigung eingesetzt. Derartige Ionisationssysteme sind gegen Luftbelastungen aller Art, insbesondere Feinstäube und Aerosole an der Quelle, also am Emissionsort im Raum hochwirksam. Dies ist auch seitens des UBA (Umweltbundesamt) bekannt und wird als eine Maßnahme zur Covidbekämpfung in den Richtlinien mit aufgeführt (siehe UBA Internet/Empfehlungen).

„...Wie entstehen Aerosole, die SARS-CoV-2-Viren enthalten?“

Mit der ausgeatmeten Luft verbreitet jeder Mensch eine Reihe von Gasen und auch Aerosolpartikel in seiner unmittelbaren Umgebung [3]. Beim Sprechen, Rufen, Singen, insbesondere aber beim Husten, Niesen oder unter körperlicher Anstrengung werden vermehrt Partikel emittiert. Wenn sich Krankheitserreger wie SARS-CoV-2-Viren in den Atemwegen befinden, **entstehen Aerosole, die diese Krankheitserreger enthalten können**. Im Fall von SARS-CoV-2-Viren ist die Bildung solcher Aerosole besonders problematisch, weil auch infizierte Personen ohne Symptome virushaltige Partikel ausscheiden können.

Das Spektrum der ausgeschiedenen Partikel ist beim Atmen, Singen, Husten oder Niesen unterschiedlich. **Beim normalen Atmen entstehen vorwiegend kleine Partikel (< 5 µm)**. Beim Sprechen und Singen werden im Vergleich zum Atmen vermehrt solche Partikel ausgeschieden, während beim Husten und Niesen zusätzlich größere Partikel bis 100 µm Durchmesser und mehr entstehen. Feuchte Aussprache erzeugt noch größere, mit dem Auge sichtbare Speicheltropfen.

Coronaviren selbst haben einen Durchmesser von 0,12–0,16 µm, werden aber in der Regel als Bestandteil größerer Partikel ausgeschieden, die sich je nach ihrer Größe unterschiedlich lange in der Luft halten und unterschiedlich weit mit der Luftströmung transportiert werden können.

Die ausgeschiedenen Aerosolpartikel verändern sich je nach Umgebungsbedingungen bezüglich ihrer Größe und Zusammensetzung. Partikel schrumpfen beim Übergang aus dem Atemtrakt in die Raumluft in der Regel durch Verdunstung an enthaltenem Wasser. Die genauen Prozesse, die zur Ausbildung und Veränderung solcher Aerosolpartikel führen, sind von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren abhängig und im Einzelfall kaum vorherzusehen. ...“

Quelle: [UBA <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/innenraumluft/infektioese-aerosole-in-innenraeumen#was-sind-aerosole->]

Aufgabe/Auftrag

Messung der Aerosol- / Feinstaubbelastung in Korrelation zur Raumluftionisierung in belegten Räumen in Anlehnung an die gültigen EU und nationalen Grenzwerte und Richtlinien und der Nachweis des Aerosolabbaus als Träger von Viren, in diesem Fall insbesondere CORONA-Viren.

In der EU-Richtlinie 1999/30/EG wurden folgende Grenzwerte für Feinstaub festgelegt:

Der seit dem 1. Januar 2005 einzuhaltende Tagesmittelwert für **PM₁₀ beträgt 50 µg/m³ bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr.**

Der Jahresmittelwert für PM₁₀ beträgt 40 µg/m³.

Die Feinstaub-Richtlinie und die darin genannten Grenzwerte wurden auf EU-Ebene intensiv und kontrovers diskutiert. 2002 wurde sie mit der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) vom 11. September 2002 in deutsches Recht umgesetzt.

2007 beschloss das EU-Parlament mit der Richtlinie 2008/50/EG verpflichtende Obergrenzen für Kleinstpartikel (PM_{2.5}):

Seit 2010 gilt ein Zielwert für PM_{2.5} in Höhe von 25 µg/m³ (dieser Wert ist anzustreben, er ist nicht verbindlich).

Ab 2015 gilt ein Grenzwert für PM_{2.5} in Höhe von 25 µg/m³.

Ab 2020 wird dieser Grenzwert für PM_{2.5} auf 20 µg/m³ abgesenkt.

Für Aerosole gibt es derzeit keine einheitlichen Grenzwerte. Empfehlungen liegen im Bereich der Aerosolbelastung der Außenluft, die schwankend und von der rel. Luftfeuchte sehr stark abhängig ist. Als Grenzwert können 10 mg/m³ nach DGUV / Arbeitsplatzrichtwerte angesetzt werden.

Meßgeräte/Allgemein

Die Messgeräte entsprechend der Richtlinie des Umweltbundesamtes für Emissionsmessungen

„...Umweltbundesamt Bekanntmachung über die bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen und der Immissionen **Vom 31. März 2021** I. Eignung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung von Emissionen Die obersten Immissionsschutzbehörden der Länder haben die Ergebnisse der Eignungsprüfungen begutachtet und sind zu einem positiven Gesamturteil gelangt. Unter Bezugnahme auf Nummer 3 der Richtlinie über die Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen – Rundschreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) – IG I 2 – 45053/5 (GMBI 2017, S. 234) – erfolgt die Eignungsbekanntgabe. ...“

und

„...Umweltbundesamt Bekanntmachung über die Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen und der Immissionen **Vom 29. Juni 2021** I. Eignung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung von Emissionen Die obersten Immissionsschutzbehörden der Länder haben die Ergebnisse der Eignungsprüfungen begutachtet und sind zu einem positiven Gesamturteil gelangt. Unter Bezugnahme auf Nummer 3 der Richtlinie über die Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen – Rundschreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) – IG I 2 – 45053/5 (GMBI 2017, S. 234) – erfolgt die Eignungsbekanntgabe...“

Verwendete Messgeräte :

1. DustTrak Aerosolmessgerät Typ: DUSTTRAK™ DRX- AEROSOLMONITOR MODELL 8534; Laserbasiert;
2. HOLDPEAK Laser-Partikelmessgerät PM_{2,5} und PM₁₀
3. Digitales Ozonmessgerät G09-O3 Serie; *TONGDY*
4. Trotec HCHO Formaldehyd und TVOC Messgerät BQ16; TROTEC Heinsberg

Ing.-Büro DI J. Lehmann
Zur Alten Poststraße 7a
01723 Kesselsdorf

Tel.: 035204 / 794 63
Fax: 035204 / 794 63
Fu.: 0172 / 70 17 241

Commerzbank Dresden
BLZ 850 800 00 Kto. 0101 4146 00
IBAN: DE25 8508 0000 0101 4146 00
Ust.-ID: DE 206791408

5. Temp.-Messgerät extech
6. Luftfeuchtemessgerät extech
7. Ionometer Typ Holbach IM806
8. PCE-VOC 1 Formaldehyd Messgerät; PCE-instruments
9. Feldmeßgerät SIMCO / Messung elektrischer Felder-Raum und Fläche

Verwandte Normen:

- *Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in Verbindung mit verschiedenen Rechtsverordnungen (z. B. 16. BImSchV, 18. BImSchV und 39. BImSchV)*
- *Verwaltungsvorschriften (z. B. TA Luft) zu dessen Durchführung sowie verschiedene Richtlinien der Europäischen Union (z. B. 2002/49/EG, 2008/50/EG und 2004/107/EG) und deren nationale Umsetzung.*
- *TRGS 900*
- *VDI 3459 Blatt 1:2017-11 Terminologie in der Energie- und Abfallwirtschaft;*
- *VDI 4285 Blatt 1:2005-06 Messtechnische Bestimmung der Emissionen diffuser Quellen*
- *VDI 4280 Blatt 1:2014-10 Planung von Immissionsmessungen; Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit*
- *VDI 2463 Blatt 1:1999-11 Messen von Partikeln; Gravimetrische Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft;*
- *VDI 2453 Blatt 1:1990-10 Messen gasförmiger Immissionen;*
- *DIN EN 14625:2012-12 Außenluft; Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon*
- *VDI 4280 Blatt 1:2014-10 Planung von Immissionsmessungen; Allgemeine Regeln für Untersuchungen der Luftbeschaffenheit*
- *Ausschuss für Innenraumrichtwerte; UBA-Umweltbundesamt; gesundheitsbezogene Richtwerte sowie hygienische Leitwerte fest, die eine gesundheitliche Beurteilung von Konzentrationen einer Chemikalie in der Innenraumluft ermöglichen*

Luftqualitätsindex UBA-Umweltbundesamt Beispiel:

28.06.2022

<i>Reutlingen</i>	<i>Meßstation</i>
<i>Luftqualität (LQI)</i>	<i>gut</i>
<i>Lage:</i>	<i>städtisch</i>
<i>Schadstoffkonzentrationen</i>	
<i>Icon für sehr gut Stickstoffdioxid (NO₂):</i>	<i>16 µg/m³</i>
<i>Icon für sehr gut Feinstaub (PM₁₀):</i>	<i>14 µg/m³</i>
<i>Icon für sehr gut Ozon (O₃):</i>	<i>119 µg/m³</i>
<i>Gesundheitshinweise und Empfehlungen des UBA:</i>	
<i>„gute Voraussetzungen, um sich ausgiebig im Freien aufzuhalten.“</i>	

- *DIN EN 13779 ersetzt die DIN 1946 Teil 2*
- *DIN EN 15251*
- *VDI 6022 Raumlufthygiene*

Verwendete Meßgeräte / Bilder



Bild: Dustrak Aerosolmessgerät



Bild: „Tongdy“ Ozonmessgerät



Bild: Feinstaubmessgerät HOLDPEAK®
re. PCE-HCHO und TVOC-Messgerät



Bild: Feldmeßgerät „SIMCO“



Bild: CO₂; Luftfeucht- und Temp.-Messun

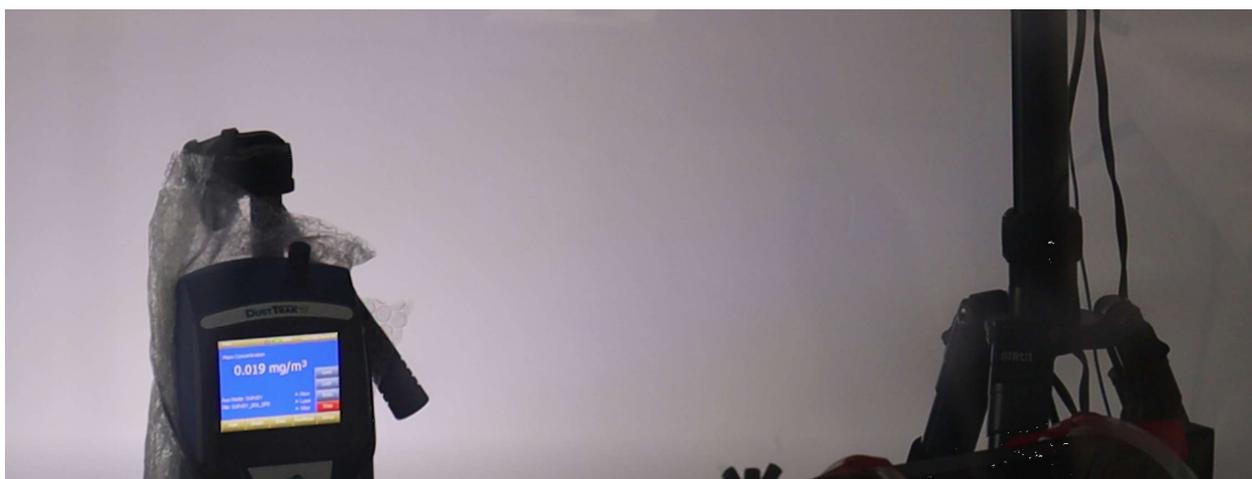


Bild: 17.02.2021 Messungen COVID-Viren und Aerosole ; HygCen GmbH Schwerin; Werte zum Ende der Prüfung – COVID-Surrogate Ausgangsdaten; 2.700.000 /m³ -- Enddaten 160 /m³; **analog verhält sich die Aerosolmessung; Dieser Wert dient nur zum Vergleich der aktuellen Messung**



Bild: Meßaufbau Lehrerzimmer



Bild: Messwagen Flur



Bild: Ionometer IMV 806 V0.3 /

Ergebnisse

Bilder der Messreihen



Bild: Messaufbau



Bild: Dusttrak Aerosolmessungen / mit Ionis.



Bild: Dusttrak Aerosolmessungen / mit Ionis;



Bild: Messanordnung



Bild: Ionenmessung Punktmessung/mit Ionisat.

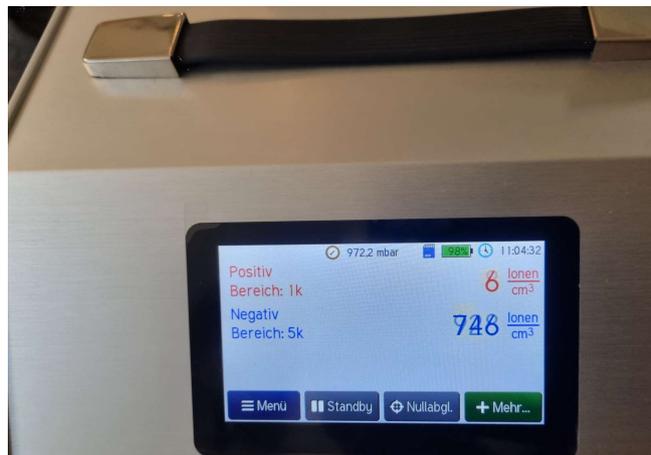


Bild: Ionenmessung Punktmessung/ohne Ionisat.



Bild: CO2-Messung, Luftfeuchte und Temp.



Bild: elektrostatisches Raumfeld, Messung

Messdaten:

Ausgangssituation/Messung:

- Bis 9:00 Uhr Aufbau und Referenzmessungen
- Bis 12:30 Uhr Messungen über alle Etagen und jedes Zimmer
- Ab 12:30 Uhr Abbau

Raumzustand:



Decke:	verputzt, unterschiedlicher Aufbau (Beton, Holzträger...), Holzverkleidung
Boden:	Linoleum, Bodenbelag/Velour
Stühle:	Holz/Metall
Wände/	
Bausubstanz:	Ziegel/Lehm, teilweise Beton, verputzt; elektrostatisch neutrale Farbe; gute Ableitung
Fenster:	Kunststoff; Doppelverglasung; belüftbar
Ionisatoren:	Schienensystem Decke;

Die Deckenleisten sind sauber und einfach erreichbar, sowie ohne für elektrische Felder störende Verbauten angebracht.

Die Altbausubstanz / Ziegelbau ist einem statischen Feldaufbau als Grundlage für Ionisation sehr förderlich und bewirkt ff. eine kontinuierliche Kernzahldichte/Ionendichte im Raum.

Alle dargestellten Meßwerte sind fotodokumentarisch hinterlegt bzw. als Quelldaten auswertbar vorhanden.

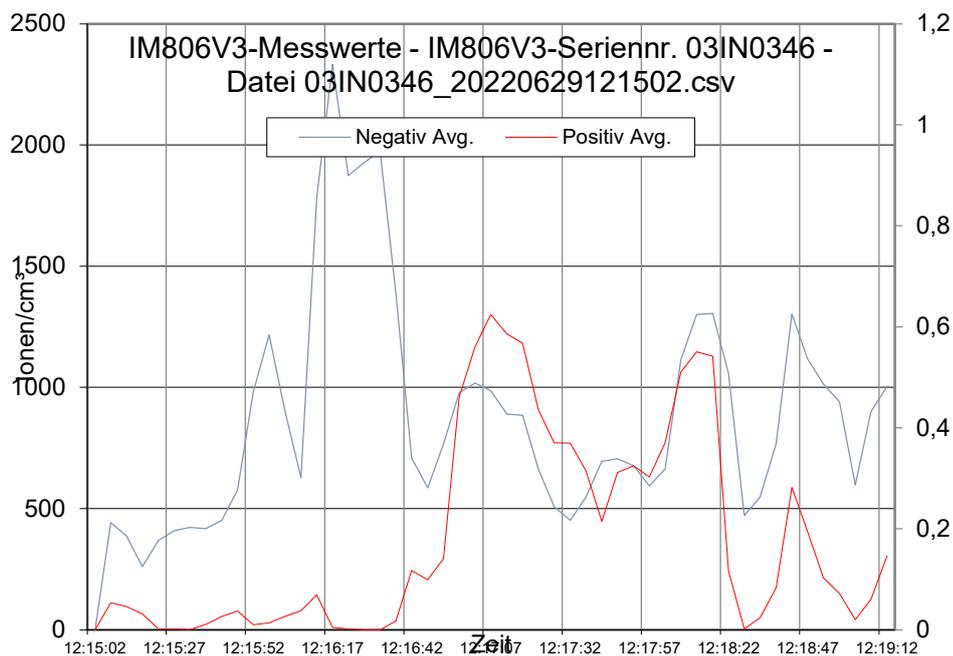


Diagramm: Luftwerte vor Schulgebäude

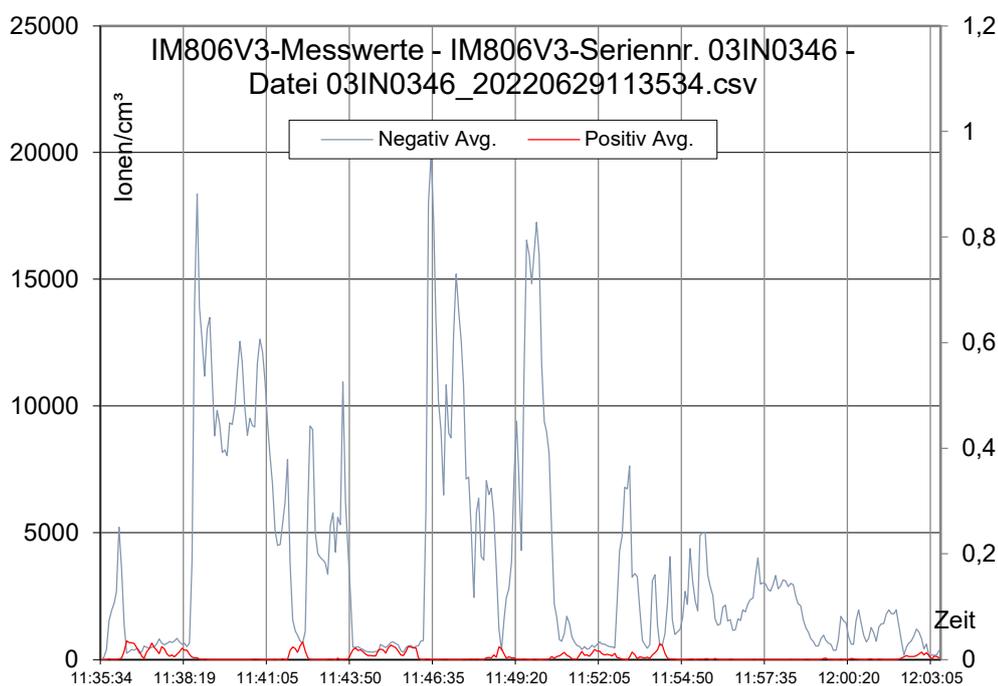


Diagramm: Luftwerte Ionisation in Klassenzimmern;

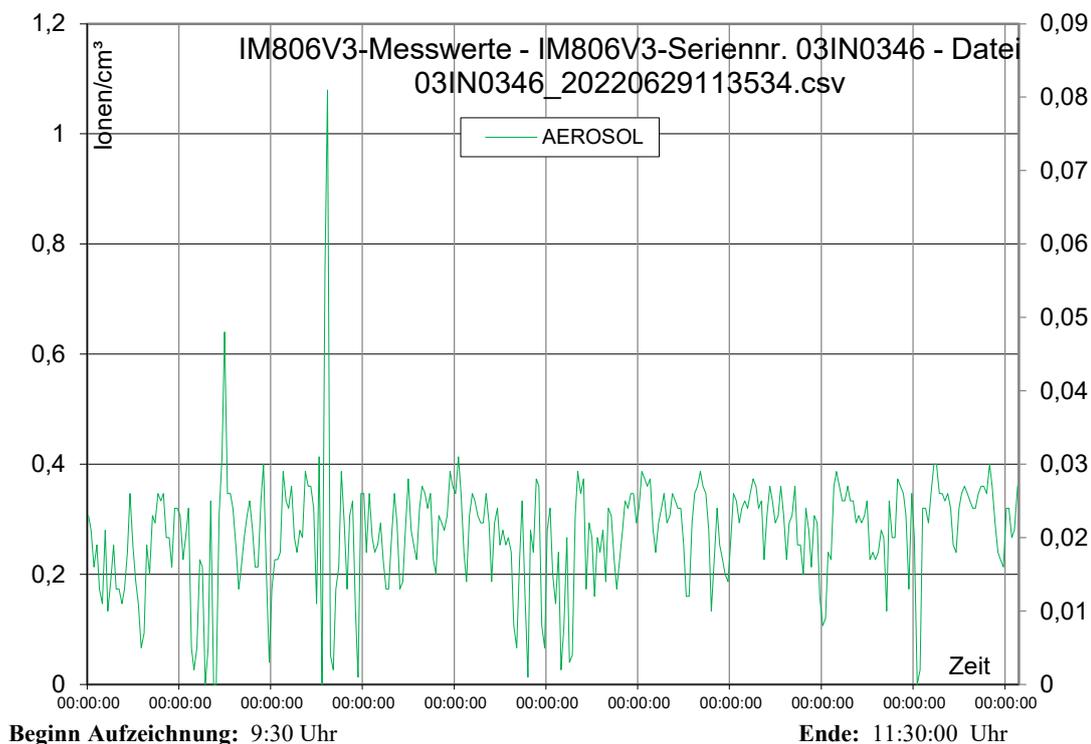


Diagramm: Aerosolbelastung in Räumen mit Ionisation;

Mittelwert: = 0,035 mg/m³
 Abbau Aerosole um **98 % max.**
 Abbau Aerosole um 78% Durchschnitt

Statistics,Channel:;AEROSOL
 ,Units:;mg/m³
 ,Average:;-,0,005
 ,Minimum:;-,0,035
 ,Time of Minimum:;09:30:02
 ,Date of Minimum:;29.06.2022
 ,Maximum:;2,120
 ,Time of Maximum:;09:35:41
 ,Date of Maximum:;29.06.2022

Calibration,Sensor:;AEROSOL
 ,Cal. date;14.02.2022

Meßwerte tabellarisch:

Pos.	Zeit	Ort	Ionen neg.	Ionen neg. 1/10	Ionen pos.	Aerosole PM 0,1-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Feinstaub PM 2,5 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Feinstaub PM 10 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	TVOC $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	HCHO [Form-aldehyd; $\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Temp. [°C]	Luftfeuchte [%]	CO2 ppm	O3 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Bemerkung
001		Grenzwerte	1.500	150	100	10,00	20	50	300,00	0,10			1.500,00	50,00	Richtwerte
002	09:00	aussen, vor Eingang	570	57	420	0,038	4,8	11,8	0,05	-	12,00	57%	496,00	55,00	Null-Messung
003	09:35	EG Flur	520	52	170	0,044	6,8	27	-	-	24,70	60%	610,00	10,00	Hinterportal offen
004	09:45	EG Lehrerzimmer	18.000	1.800	-	0,018	6,1	11,4	-	-	23,10	59%	780,00	10,00	Ionisation zugeschaltet
005	10:40	Gangbau-Chemie	11.000	1.100	-	0,011	4,1	6,2	0,02	0,05	24,50	58%	521,00	10,00	Ionisation zugeschaltet; Reinigung
006	11:30	2. OG A17	5.900	590	-	0,024	6,9	21	-	-	27,20	61%	874,00	10,00	Ionisation zugeschaltet

!! ab Pos. 004 – Zuschaltung der Ionisation, bitte bei Bewertung Balkendiagramm beachten

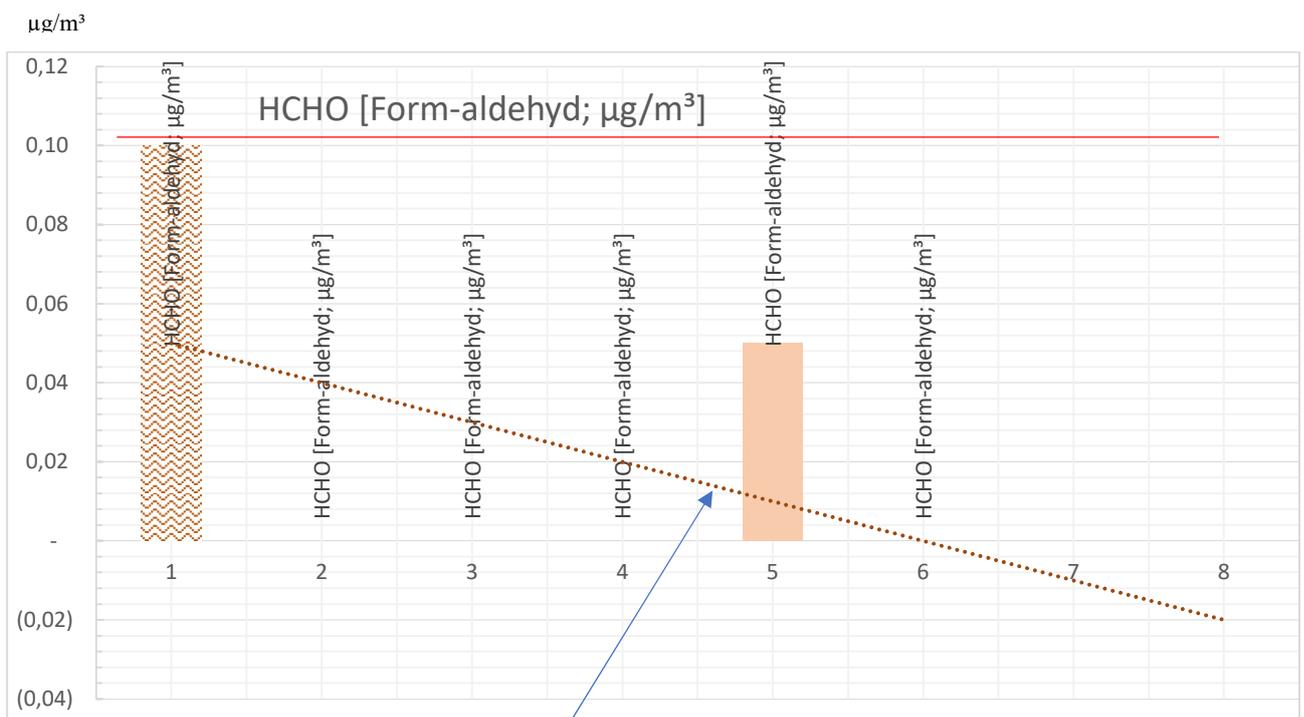


Diagramm: Formaldehyd (HCHO) ; Trendlinie gestrichelt; Grenzwert (=Wert 1 und rote Linie)

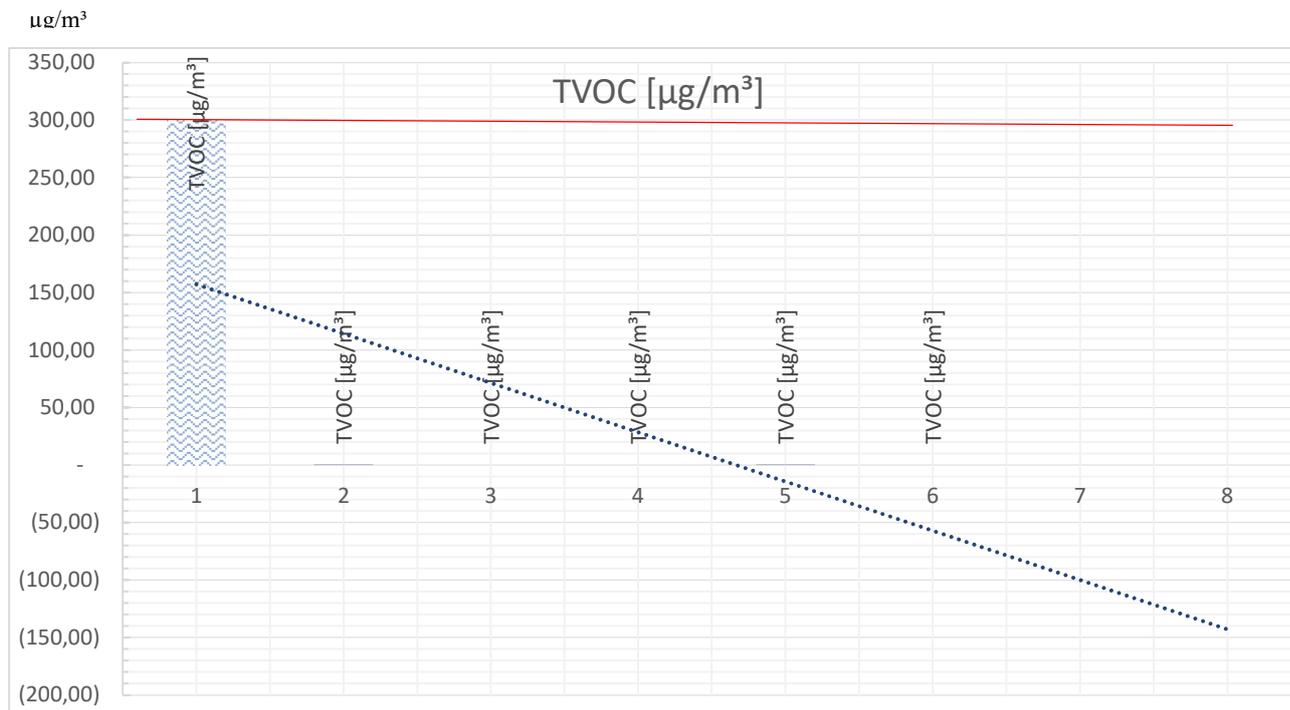


Diagramm: TVOC (Summe aller Kohlenwasserstoffe)

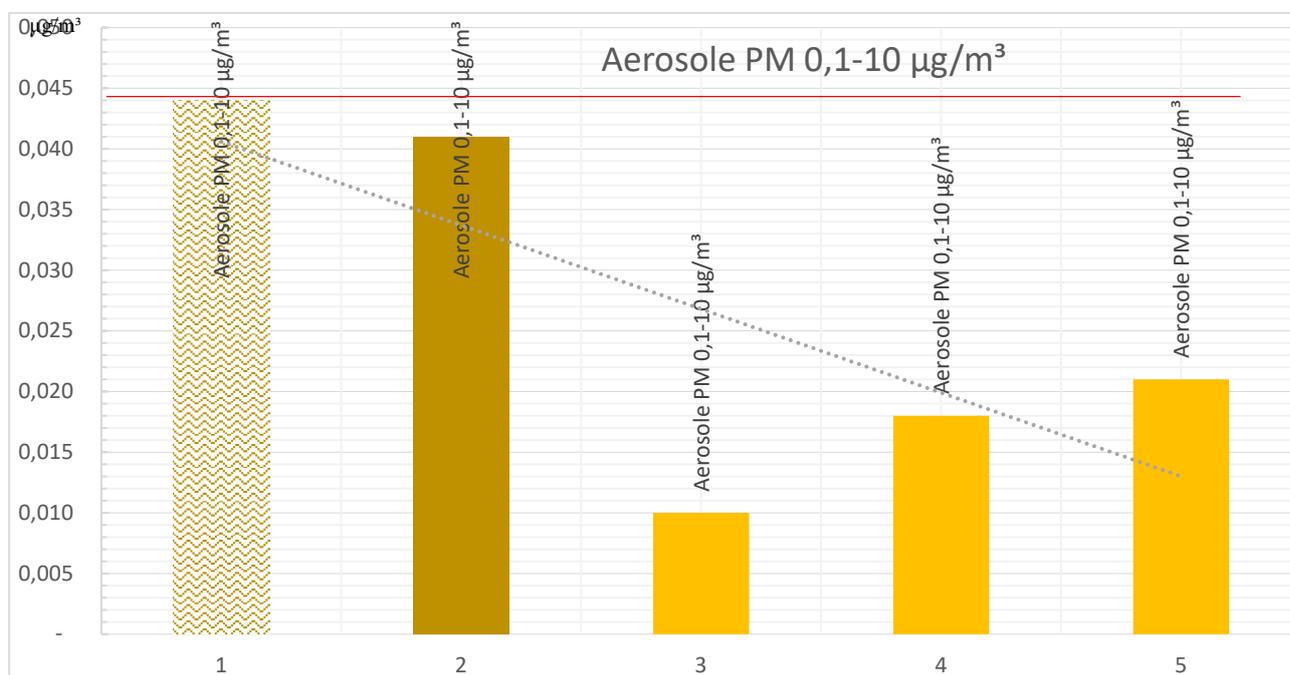


Diagramm: Aerosole im Raum im Vergleich ; ab Wert 3 ist die Ionisation zugeschalten

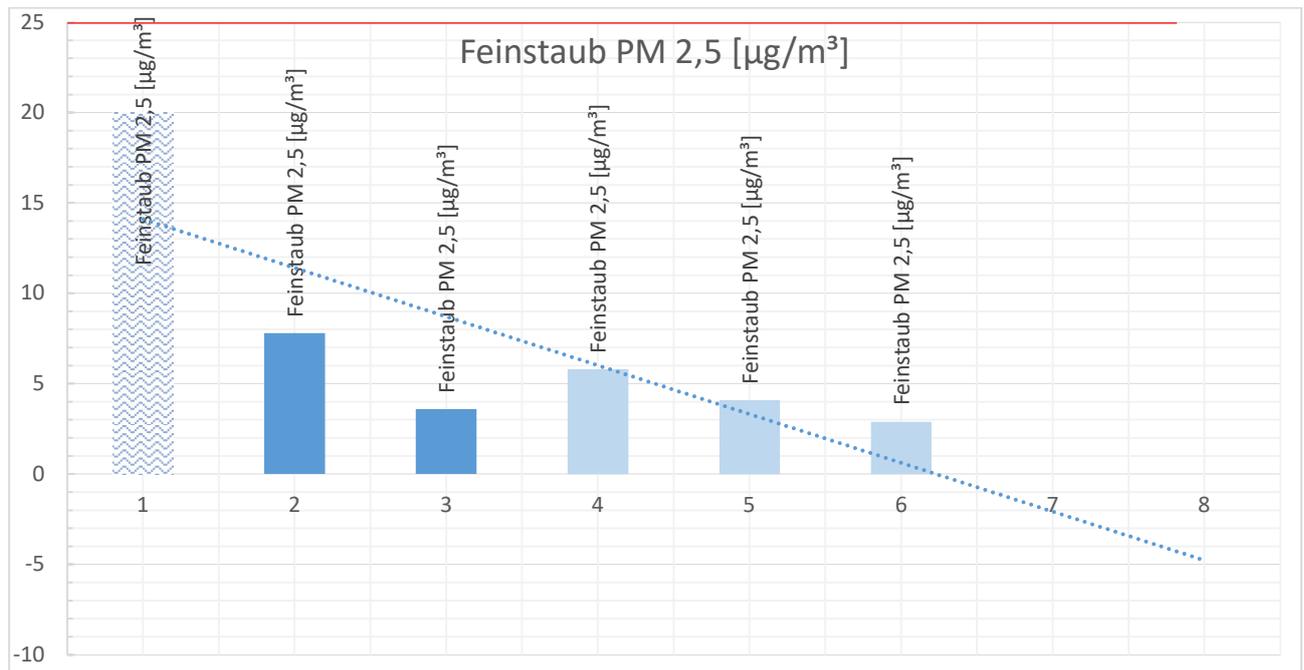


Diagramm: Feinstaubbelastung PM 2,5 im Raum, ab Wert 4 Ionisation; EU-Grenzwert = 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

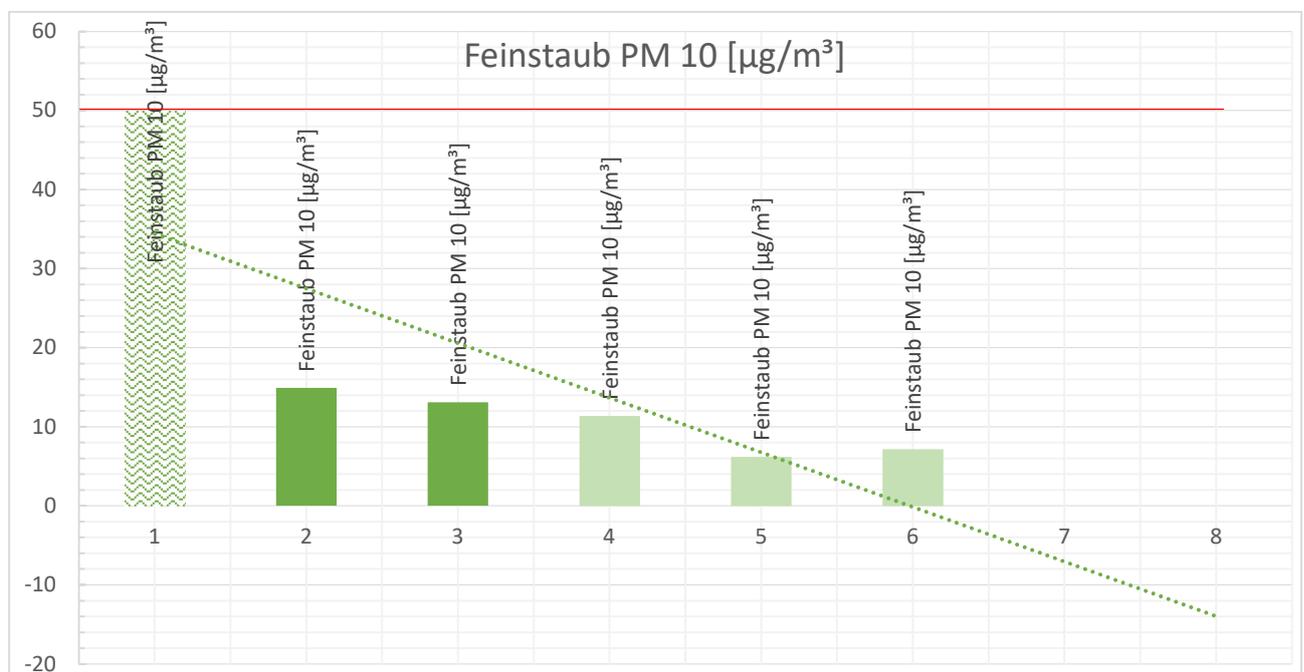


Diagramm: Feinstaubbelastung PM 10 im Raum, ab Wert 4 Ionisation

Grenzwerte:

EU, DIN, VDI, DGUV

<i>Feinstaub P_{M10} [10 µm]</i>	50 µg/m ³	Tagesgrenzwert EU
<i>Feinstaub P_{M2,5} [2,5µm]</i>	25 µg/m ³	Tagesgrenzwert EU
<i>Aerosole < 0,1 µm [100 nm]</i>	10 mg/m ³	DGUV/Unfallversich.
<i>HCHO [Formaldehyd]</i>	0,37 mg/m ³	MAK-Wert
<i>TVOC [Gesamt Kohlenwasserstoffe]</i>	0,30 mg/m ³	Empfehlung AgBB
<i>NO_x [Stickoxide]</i>	200 µg/m ³	UBA/Umweltbundesamt
<i>NO_x [Stickoxide] 30 µg/m³</i>		=Empfehlung
<i>O₃ / Ozon</i>	< 50 µg/m ³	UBA
<i>Ionen / negativ RAL 1=</i>	3.000 p.cm ³	VDI 6022

Zum Vergleich aussen:

<i>Rel. Luftfeuchte φ</i>	62 %
<i>Temp. θ</i>	26,4 °C
<i>Feinstaub P_{M10} [10 µm]</i>	18 µg/m ³
<i>Feinstaub P_{M2,5} [2,5µm]</i>	6,9 µg/m ³
<i>Aerosole < 0,1 µm [100 nm]</i>	0,028-0,055 µg/m ³
<i>HCHO [Formaldehyd]</i>	0,00mg/m ³
<i>TVOC [Gesamt Kohlenwasserstoffe]</i>	0,00 mg/m ³
<i>NO_x [Stickoxide]</i>	16 µg/m ³
<i>O₃ [Ozon]</i>	49 µg/m ³
<i>Ionisationsstärke negativ</i>	540 p.cm ³
<i>Ionisationsstärke positiv</i>	390 p.cm ³

Zusammenfassung

Die Ionisationsanlagen bewirken ein signifikantes und dauerhaftes Absinken der Aerosole und damit der Viren im Raum.

Dies ist umso bemerkenswerter, als der natürlich vorhandene Raumzustand aufgrund der (vermutlich) guten Bausubstanz und der getroffenen hygienischen Maßnahmen (Lüftung) als (nach VDI 6022) gut einzustufen ist. Um ein „sehr gut“ und damit die Raumluftgüteklasse 1 (RAL 1) zu erreichen, muß nach VDI 6022 eine Ionisationsstärke von 3.000 negativen Kleinionen/cm³ nachgewiesen sein, da über diesen natürlichen Weg Ultrafeinstäube und Feinaerosole direkt im Raum an der Entstehungsquelle deutlich reduziert werden.

Durch die Installation in den Klassenräumen wurden die VDI-Werte nicht nur erreicht, sondern durchweg übertroffen. Überraschend war der Umstand, dass die Kernzahlen (Ionisationsstärke) zwischen den Räumen keine wesentlichen Schwankungen aufwiesen.

Die Ionisationsstärke lag im Durchschnitt bei 3.900 neg. Kleinionen in Sitzhöhe und bei >18.000 neg. Kleinionen in unmittelbarer Nähe und Kopfhöhe der Geräte. Im gesamten Raumquerschnitt bei > 5.100 Kleinionen.

Die zu erwartende Reduktion der luftgetragenen Laststoffe wie

-Aerosole

-Feinstäube PM10 und PM 2,5

-HCHO und TVOV

traten sofort, d.h. ohne Zeitverzögerung, ein.

Somit ist die lastsenkende Wirkung der Ionisation eindeutig nachgewiesen.

Dies auch bei sehr hoher Emissionsbelastung durch Personen im Raum, die während der Messung körperlich z.T. sehr aktiv waren.

Die Reduzierung der Aerosolbelastung durch Einsatz von Ionisationsanlagen für den Raum beträgt im Maximum

- **95 %** Damit ist trotz regelmäßigem Nacheintrag von Aerosolen durch die personelle Belegung physikalisch die erreichbare Grenze für die absoluten Aerosolwerte unter den Rahmenbedingungen fast erreicht.

Die absoluten Werte sind der Tabelle bzw. den Diagrammen zu entnehmen.

- 1) Die erreichte Ionenzahl (Kernzahl) im Raum liegt im Maximum bei ca. 28.000 negativen Kleinionen, im Durchschnitt bei **5.700 Kleinionen** abhängig von der Bewegung der Probanden. Damit wird im Raum eine **Raumluftgüte nach VDI 6022 von RAL 1** erreicht [Siehe VDI 6022 Teil 3, Blatt 35 ff]. =Raumluftgüteklasse 1
- 2) Die **TVOC-Belastung** bei Ionisation wurde mit **max. 1 %** und die **HCHO-Werte** (Formaldehyd) mit max. 50 % der aktuellen Grenzwerte gemessen
- 3) Die Feinstaubbelastung lag zum Messzeitpunkt bei Punktmessungen bei (max.)

PM₁₀ **42 %** des EU-Grenzwertes

PM_{2,5} **35 %** des EU-Grenzwertes

Die Werte wurden unter vollem Schulbetrieb erreicht.

Der Nachweis der Leistungsfähigkeit der Luftionisationsanlagen Aerosolabbau und damit der Virenreduktion im Raum ist erbracht.

Die Ionisationsstärke baut sich von der Decke (Einbauort) zum Boden exponentiell ab, genügt aber immer noch für ein sehr gutes Ergebnis.

Die gemessenen positiven Ionen als Indikator für Ausdünstungen und Belastungen des menschlichen Organismus lagen zwischen 0 (in 98% der Zeit) und im Einzelfall 470. Damit kann die Raumluft, ausgenommen CO₂, als naturadäquat zu Hochgebirgsluft und ansteckungsarm angesehen werden.

Die Wetterbedingungen ließen eine Querlüftung bei Klassenbelegung zu, womit die CO₂-Last meßbar nicht über 570 ppm stieg.

! Die Messungen erfolgten ohne nennenswerte Raumbelastung !

Bitte beachten: Die eingesetzte Ionisation ist gegen Aerosole hochwirksam, jedoch nicht gegen Tröpfcheninfektion (Niesen, Husten). Hier wird empfohlen, sich weiterhin an die Gesetze und Verordnungen (Mundschutz) zu halten.

Zum Nachweis der Funktion (Funktionskontrolle und Abnahme der Geräte) wurde **jeder** mit Ionisatoren bestückte Raum vermessen.

Mit Ionisation ausgestattete Räume: alle Klassenräume lt. Plan; Kellerräume, Schulgebäude 2, Lehrerzimmer, Direktorenzimmer

Referenzmessung Gang; außen

Die Ionisatoren arbeiten technisch durchweg einwandfrei, d.h. die Funktion ist gegeben.

Für die Wirksamkeit **im Raum** ist zu beachten:

- a) 99% der eingesetzten Ionisatoren erreichen die zugestandenen Raumwerte.
- b) Der Musiksaal ist grenzwertig. In Kopfhöhe können noch ca. 1.000 neg. Kleinionen gemessen werden. Aufgrund der Höhe und der deckennahen Anbringung bildet sich das elektrostatische Feld und damit verbunden der Elektronenfluß auf kürzestem Weg zur Decke hin aus. D.h. die Decke „saugt“ 99% der Leistung ab, bevor sie den Raum erreicht.
- c) Es wird empfohlen, die angebrachten Ionisationsleisten auf Lampenhöhe abzuhängen.



Kesselsdorf, den 18.07.2022

Dipl.-Ing. J. Lehmann