

Telefon: 030 7562-1391
Telefax: 030 7562-1520

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Alboinstraße 56 - 12103 Berlin

Betriebsort

Steinicke Handelsgesellschaft für
Luft- und brandschutztechnische Bauelemente mbH
Hr. Steinicke
Franklinstr. 11

Neues Kranzler Eck
Kurfürstendamm 21
Mieterbereich Fernuniversität Hagen, 3. OG

10587 Berlin

10719 Berlin

Auftragsnummer: 125445178

Messung von Luftqualitätsparametern, Seminarraum 1+2, Fernuni Hagen

Datum der Messung: 19.06.2018

Angaben zur Anlage: Seminarraum 1+2 (teilbar durch Raumtrennwand), Belegung am Messtag 30-35 Personen

Aufgabenstellung:

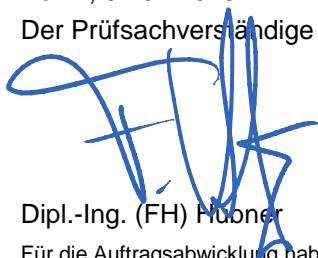
Zur Bestimmung von Raumlufqualitätsparametern wurden am Dienstag den 19.06.2018 im o.g. Seminarraum der Fernuniversität Hagen im 3. OG in Berlin am Kurfürstendamm 21 folgende Parameter gemessen:

- Lufttemperatur
- Relative Luftfeuchte
- Kohlenstoffdioxidkonzentration der Luft
- Ozon in der Raumluf
- Ionenkonzentration in der Raumluf
- Luftgetragene Partikel (Näherungsweise Angabe der Feinstaubfraktionen PM10, PM5, PM2 und PM1 nach Zählung mittels DPC)

Die Messungen erfolgte im Raum während einer Seminarveranstaltung. Dabei wurden einmal pro Stunde über fünf Minuten gemessen, wobei jede Minute ein Messwert aufgezeichnet wurde. Diese Werte wurden zur Auswertung gemittelt und grafisch über den Tagesverlauf ausgewertet.

Berlin, 01.07.2018
Der Prüfsachverständige

Der Bericht umfasst 9 Seiten.


Dipl.-Ing. (FH) Hübner

Für die Auftragsabwicklung haben wir wesentliche Objektdaten und Ihre Anschrift gespeichert. Der Datenschutz ist gewährleistet.

Auftragsnummer: 125445178

Auftrag: Messung von Luftqualitätsparametern, Neues Kranzler Eck, 3. OG Fernuni Hagen

Inhaltsverzeichnis

1	VERWENDETE MESSGERÄTE	3
1.1	MESSGERÄTE.....	3
1.2	SONDEN	3
2	UMGEBUNGSBEDINGUNGEN	3
2.1	RAUMLUFTTECHNISCHE ANLAGEN	3
3	ERGEBNISSE	4
3.1	LUFTTEMPERATUR DER RAUMLUFT	4
3.2	RELATIVE LUFTFEUCHTE DER RAUMLUFT	5
3.3	KOHLENSTOFFDIOXIDKONZENTRATION IN DER RAUMLUFT	6
3.4	OZON-KONZENTRATION IN DER RAUMLUFT	7
3.5	TVOC-KONZENTRATION IN DER RAUMLUFT	7
3.6	IONENKONZENTRATION IN DER RAUMLUFT	8
3.7	FEINSTAUB.....	8
4	FAZIT	9

Auftragsnummer: 125445178

Auftrag: Messung von Luftqualitätsparametern, Neues Kranzler Eck, 3. OG Fernuni Hagen

1 Verwendete Messgeräte

1.1 Messgeräte

Hersteller	Typ	ID-Nummer	Seriennummer	Letzte Kalibrierung
TSI	9565-P	18572	9565P1606015	16.05.2018
TSI	9565-P	19744	9565P1724010	05.07.2017
RR Elektronik	PZG 31	18585	31378	24.05.2018
RR Elektronik	V100	18587	1214	24.05.2018
Ahlborn	Almemo 2690-8	19283	H09090166	16.12.2016

1.2 Sonden

Hersteller	Typ	ID-Nummer	Seriennummer	Letzte Kalibrierung
TSI	982	19962	P17250005	16.05.2018
TSI	984	19963	P17320032	09.08.2017
Ahlborn	FYA 600 O3	20007	17080005	29.08.2017

2 Umgebungsbedingungen

Die Messungen wurden am 19.06.2018 zwischen 9:00 und 15:00 durchgeführt. Die Lehrveranstaltung begann um etwa 9:10 und endete gegen 13:50. Während der gesamten Veranstaltung wurde immer wieder die Tür zum Flur geöffnet und es fand Personenbewegung im Raum statt.

Der Messpunkt befand sich relativ zentral im Raum und war für alle gemessenen Parameter annähernd gleich. Jede Stunde wurde über fünf Minuten mit einem Messtakt von einer Minute gemessen und die Werte anschließend gemittelt.

2.1 Raumluftechnische Anlagen

Der Seminarraum 1+2 hat bei geöffneter Trennwand eine Fläche von ca. 102 m² und eine Raumhöhe von ca. 2,8 m.

Die gesamte Fassadenfläche im Raum ist verglast. Die Fenster sind nicht öffenbar, nur oberhalb der Flächenfenster sind kleine Klappfenster, welche zu Stoßlüftungszwecken motorisch angesteuert und geöffnet werden können. Die Fenster haben eine vollflächige, innenliegende Beschattung, welche vom Raum aus bedient werden kann.

Der Raum wird über eine zentrale RLT-Anlage mit Außenluft versorgt. Die letzte zentrale Filterstufe ist ein F7 Filter. Der Außenluftvolumenstrom für beide Räume beträgt zusammen 805 m³/h, was einer Außenluftfrate von 23-27 m³/h und Person am Tag der Prüfung entspricht. Die Luft wird dabei über 12 Quellauslässe im Boden impulsarm eingebracht.

In den Bodenauslässen sind Ionisatoren installiert, welche Luftsauerstoff mit negativ geladenen Ionen anreichern und so „aktivieren“. Dieser aktivierte Sauerstoff soll kleine Schmutzpartikel in der Luft binden, um die so entstehenden größeren Agglomerate effektiver aus der Luft durch Gravitation oder Filtration entfernen zu können.

Außerdem befinden sich in den zwei Räumen insgesamt 5 Deckengeräte vom Typ LH Stand-Alone der Firma GSBmbH mit einer maximalen Umluftrate von 250 m³/h und einem F5 Vorfilter. Diese Umluftgeräte sind ebenfalls mit Ionisatoren und Ozonfilamenten ausgestattet, um Staub, Gerüche und Bakterien aus der Luft zu entfernen. Die Deckengeräte sind über ein zentrales Bedientableau angesteuert und mittels CO₂-Fühler in der Abluftstrecke der zentralen RLT-Anlage feedback-geregelt. Dabei sei erwähnt, dass die Außenluftfrate im Raum konstant bleibt und die Regelung ausschließlich die Umluftgeräte betrifft und damit die Durchmischung der Luft im Raum und den Eintrag von Ionen und Ozon beeinflusst.

Bei der Funktion „Stoßlüftung“, welche aus dem Raum angefordert werden kann, laufen alle Geräte bei 50% Leistung und die kleinen Klappfenster oberhalb der Fensterfassade öffnen. Eine Stoßlüftungsphase läuft 360 Sekunden. Zur Klimatisierung sind in den zwei Räumen 5 Umluftkühler installiert.

Auftragsnummer: 125445178

Auftrag: Messung von Luftqualitätsparametern, Neues Kranzler Eck, 3. OG Fernuni Hagen

3 Ergebnisse

3.1 Lufttemperatur der Raumluft

Die Messwerte für die Lufttemperatur sind in der nachfolgenden Abbildung grafisch im Tagesverlauf aufgetragen:

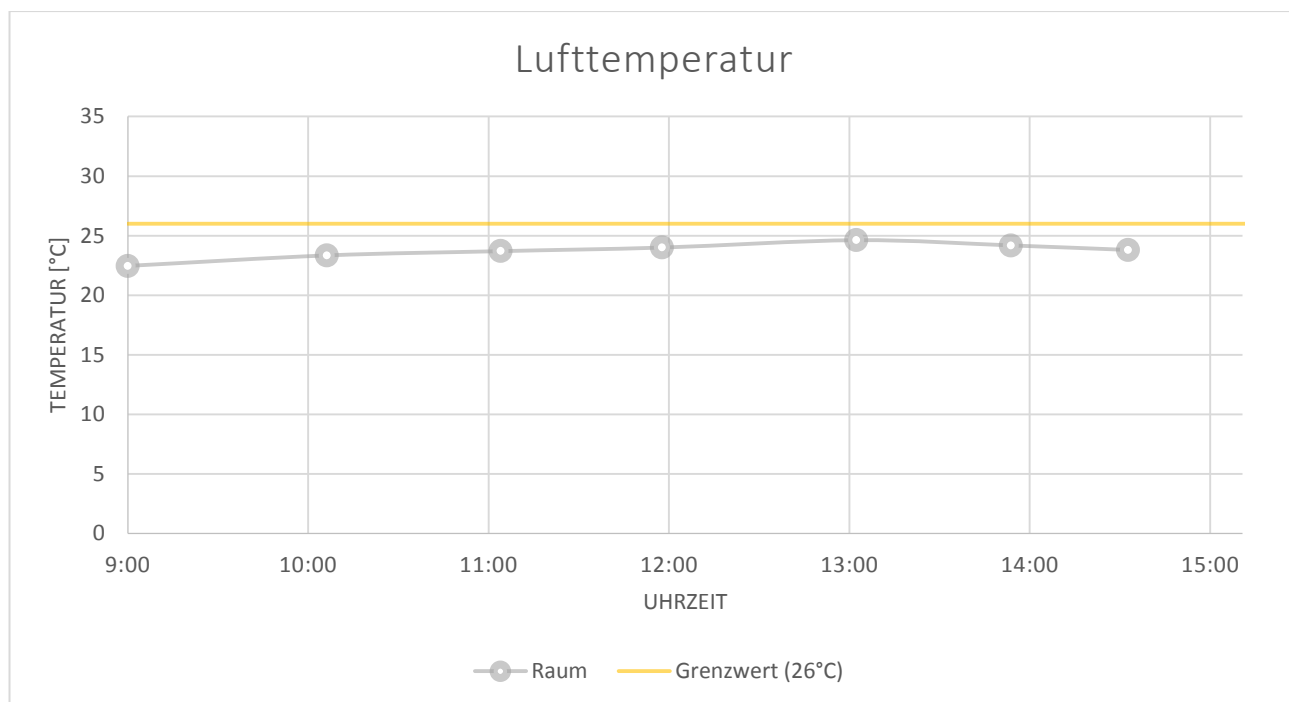


Abbildung 1: Verlauf Lufttemperatur

Die Außentemperatur am Tag der Prüfung lag im Tagesverlauf zwischen 20 – 26°C.

Die Temperaturen im Raum werden über Raumlufttemperaturfühler und die installierten Umluftkühlgeräte recht konstant gehalten. Zugerscheinungen konnten dabei subjektiv nicht festgestellt werden. Die in der Technischen Regel für Arbeitsstätten A3.5 als Grenzwert für Arbeitsräume genannten 26°C werden nicht überschritten. Selbst bei Belegung des Raumes mit Personen und dem Betrieb von technischen Geräten (Beamer, Laptops) steigen die Temperaturen nur geringfügig an. Durch die Verschattung wird außerdem eine zu starke Sonneneinstrahlung über die Fenster und eine damit verbundene Strahlungswärme recht effektiv vermieden.

Auftragsnummer: 125445178
Auftrag: Messung von Luftqualitätsparametern, Neues Kranzler Eck, 3. OG Fernuni Hagen

3.2 Relative Luftfeuchte der Raumluft

Die Messwerte für die relative Luftfeuchte sind in der nachfolgenden Abbildung grafisch im Tagesverlauf aufgetragen:

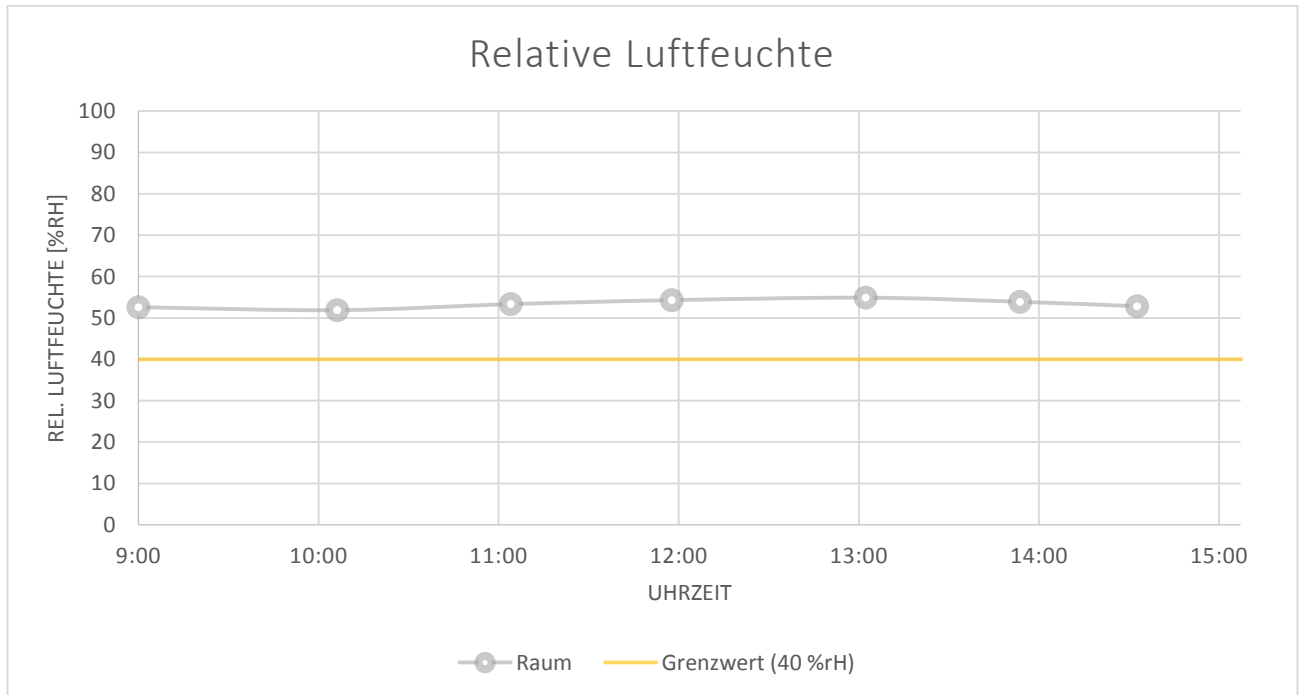


Abbildung 2: Verlauf relative Luftfeuchte

Die relative Luftfeuchtigkeit der Raumluft ist über den Tagesverlauf hinweg nahezu konstant zwischen 50 und 60 % rH.

3.3 Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Raumluft

Die Messwerte für die Konzentration an Kohlenstoffdioxid in der Luft sind in der nachfolgenden Abbildung grafisch im Tagesverlauf aufgetragen:

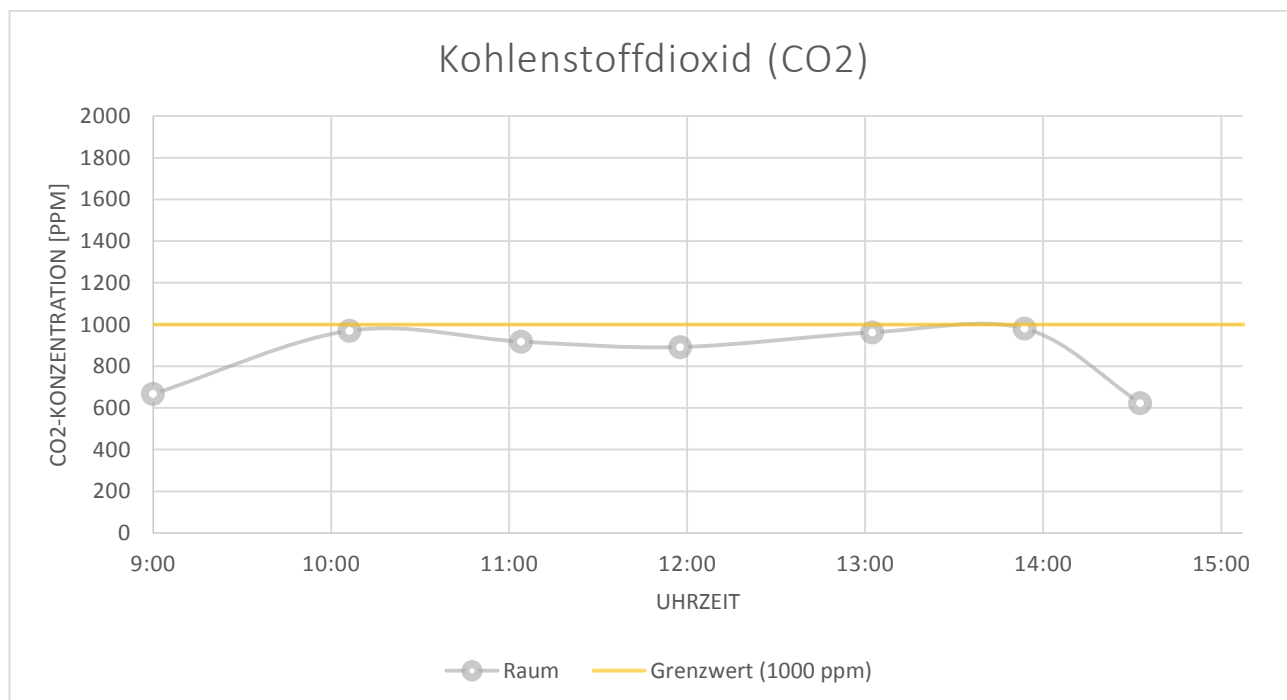


Abbildung 3: Verlauf Kohlenstoffdioxidkonzentration

Die Kohlenstoffdioxidkonzentration der Außenluft wurde am Tag der Prüfung mit 480 ppm bestimmt, was einer guten Luftqualität bezüglich der CO₂-Konzentration entspricht.

Im Raum steigt die Konzentration nach Beginn der Veranstaltung bis auf knapp 1.000 ppm an. Dieser Wert wird über die gesamte Veranstaltung hinweg konstant gehalten, ohne dass die Außenluftfrate verändert wird. Dies spricht für eine sehr effiziente Luftdurchmischung durch die LH-Systeme und die Umluftkühlgeräte. Bei einem Zielwert von 1000 ppm im Raum und 35 Personen, welche zusammen rund 910 l CO₂/h ausatmen wäre rechnerisch eine Mindestaußenluftfrate von 1.750 m³/h vorzusehen (siehe untenstehende Formel). Diese wird mit dem Istwert von 805 m³/h um mehr als 50% unterschritten und trotzdem können die 1.000 ppm im Raum gehalten werden.

$$\dot{V}_{ODA,min} = \frac{26 \frac{l}{h * Person} * 35 Personen * 1000 \frac{m^3}{l}}{1000 - 480} = 1.750 \frac{m^3}{h}$$

3.4 Ozon-Konzentration in der Raumluft

Die Messwerte für die Konzentration an Ozon in der Luft sind in der nachfolgenden Abbildung grafisch im Tagesverlauf aufgetragen:

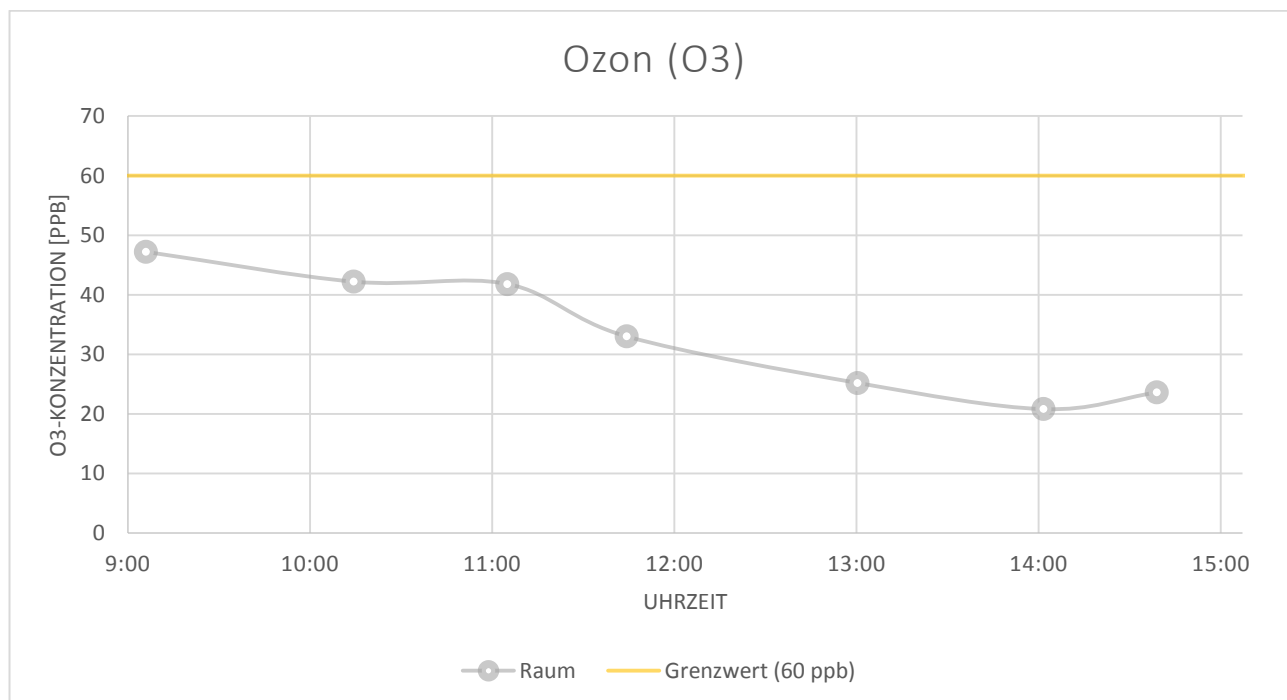


Abbildung 4: Verlauf Ozon-Konzentration

In Innenräumen ist üblicherweise keine hohe Ozon-Konzentration zu erwarten, da hier die Umwandlung von Vorläufersubstanzen (hauptsächlich Stickoxide und Kohlenwasserstoffe, siehe Punkt 3.5) durch UV-Strahlung wenig bis gar nicht auftritt. Durch die Ozonfilamente in den LH-Systemen wird jedoch konstant Ozon in die Raumluft abgegeben. Die Ozonkonzentration soll laut Auslegung zwischen ca. 60 - 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen, was einem Messwert von 30 - 40 ppb entspricht. Um 11:30 wurden die Ozonfilamente etwas heruntergeregelt, nachdem die Konzentration im Raum etwas über dem Sollwert lag. Im weiteren Verlauf pendelt sich die Konzentration des Ozons in der Luft bei rund 40 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ein.

Der Arbeitsplatzgrenzwert für Ozon ist in der TRGS 900 nicht definiert, liegt international aber bei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (etwa 60 ppb bei 20°C und 1013 mbar; vgl. auch BG ETEM-Infoblatt Nr. 526). Die Informationsgrenze für die Bevölkerung durch den deutschen Wetterdienst liegt bei 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) für bodennahes Ozon in der Außenluft.

3.5 TVOC-Konzentration in der Raumluft

Die TVOC-Konzentration (= total volatile organic compounds) war im Raum über die gesamte Messzeit hinweg mit 30 ppb dicht an der unteren Nachweisgrenze des Messgerätes. Dies entspricht Konzentrationen von näherungsweise 0,07 mg/m^3 .

Unterhalb von 0,2 mg/m^3 ist von einer Beeinträchtigung des Wohlbefindens nicht auszugehen (B. Seifert: „Richtwerte für die Innenraumluft“, Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 1999-42, S. 270-278).

Auftragsnummer: 125445178

Auftrag: Messung von Luftqualitätsparametern, Neues Kranzler Eck, 3. OG Fernuni Hagen

3.6 Ionenkonzentration in der Raumluft

Die Ionenkonzentration im Raum wurde auf einer Höhe von etwa 1 m über dem Boden gemessen und schwankte im Tagesverlauf um den Wert von 1.000 Ionen/cm³.

3.7 Feinstaub

Die Feinstaubkonzentration ist eine Näherungsrechnung aus der diskreten Zählung der Partikel folgender Größen: 0,3 µm, 0,5 µm, 1 µm, 2 µm, 5 µm, 7 µm und 10 µm. Kleinere Partikel können vom optischen Partikelzähler nicht erfasst werden.

Bei der Berechnung der Feinstaubkonzentrationen PM1, PM2, PM5 und PM10 wurde von einer Partikeldichte von 2,5 g/cm³ ausgegangen. Außerdem wurde bei der Form der Partikel angenommen, dass sie zu gleichen Teilen als Kugel (kleinstes Volumen) oder Würfel (größtes Volumen) auftreten.

Die kleineren Partikelfractionen sind in der Darstellung jeweils Teilmengen der größeren Partikelfractionen (in PM10 sind die Konzentrationen PM5, PM2 und PM1 enthalten usw.).

Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Abbildung grafisch im Tagesverlauf aufgetragen:

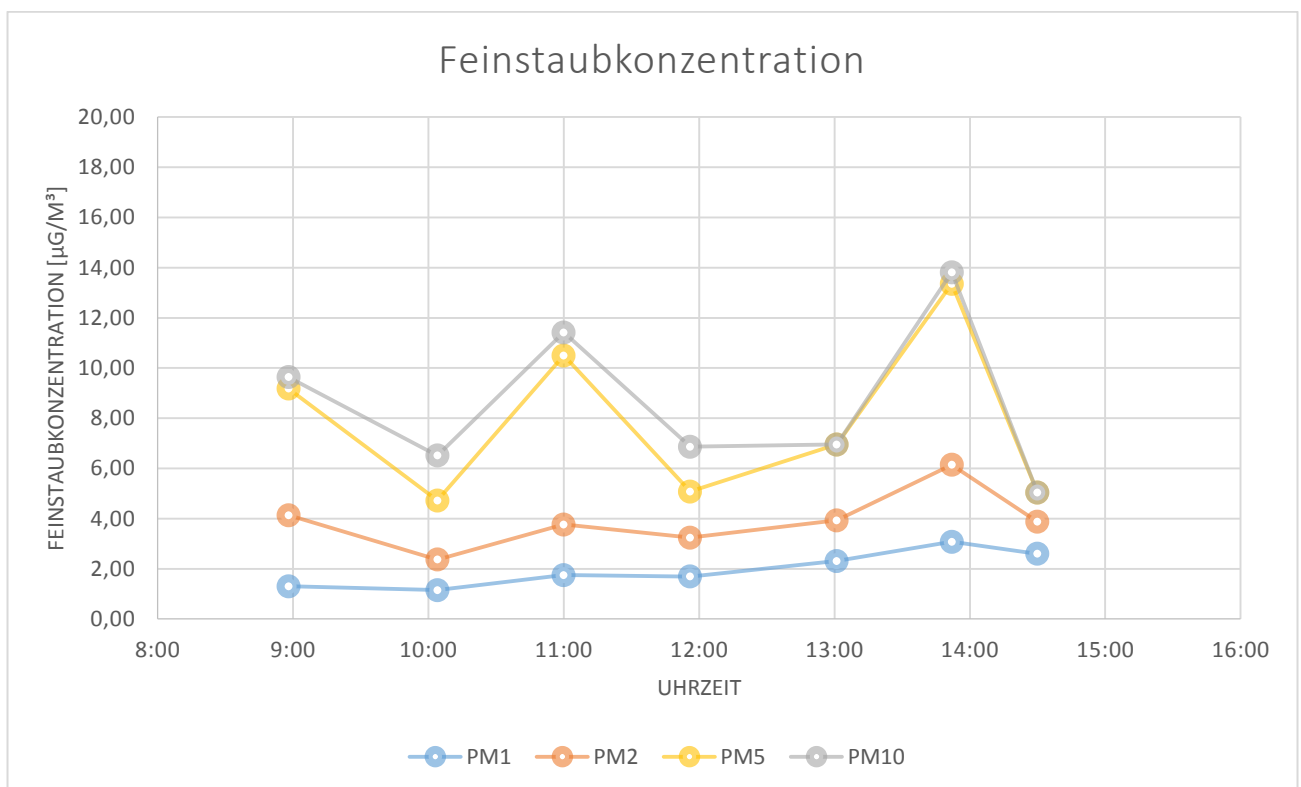


Abbildung 5: Verlauf Feinstaubkonzentration

In allen Darstellungen ist deutlich erkennbar, dass die Fraktionen PM5, PM2 und PM1 den wesentlichen Teil der Feinstaubkonzentration ausmachen. Die Partikel größer 5 µm treten deutlich weniger auf und machen damit auch einen geringeren Teil der Masse der Fraktion PM10 aus.

Im Tagesverlauf ist immer wieder ein deutlicher Anstieg der Fraktion PM5 erkennbar, was auf die erhöhte Aktivität und die Emission von Partikeln im Raum durch anwesende Personen zurückzuführen ist. Wie eingangs erwähnt, war während der gesamten Zeit der Veranstaltung eine mehr oder weniger starke Personenbewegung im Raum vorhanden. Gerade, wenn die Studenten zu Gruppenarbeiten zusammenkamen, stiegen die Partikelkonzentrationen messbar an.

Auftragsnummer: 125445178

Auftrag: Messung von Luftqualitätsparametern, Neues Kranzler Eck, 3. OG Fernuni Hagen

Es ist gut zu erkennen, dass die Partikelkonzentration nach den Emissionsereignissen erstaunlich schnell wieder absinkt, obwohl die Luftwechselrate im Raum mit nur knapp 3 Luftwechseln pro Stunde sehr gering ist.

Nach dem Ende der Veranstaltung sinkt die PM10 und PM5 Fraktion innerhalb einer guten halben Stunde von rund 14 mg/m³ auf einen Wert von 5 mg/m³. Diese geringe Grundlast im Ruhezustand des Raumes konnten bei einer parallelen Messung in einem nahezu identisch ausgestatteten Seminarraum ohne Personen ebenfalls bestätigt werden (Seminarraum 3+4).

Die gesetzlichen Grenzwerte für Feinstaub in der Außenluft betragen 40 µg/m³ für PM10 und 25 µg/m³ für PM2,5, jeweils gemittelt über das Kalenderjahr und werden zu keinem Zeitpunkt überschritten.

Für Arbeitsplätze sind die Grenzwerte je nach Arbeitsumfeld unterschiedlich, so dass keine eindeutige Korrelation zwischen den Außenluftgrenzwerten und den Innenraumwerten gezogen werden kann. Aufgrund von Arbeitsprozessen, Teppichböden, ständiger Bewegung von Personen u.a. sind die Feinstaubwerte an Arbeitsplätzen aber meist höher und die Grenzwerte dementsprechend weniger streng als in der Außenluft.

4 Fazit

Die ermittelten Werte insbesondere für CO₂ und Feinstaub sind, gemessen an der geringen Außenluftfrate im Raum, als sehr gut zu bewerten.

Die Konzentration an CO₂ im Raum bleibt selbst bei bis zu 35 Personen im Raum unterhalb der 1.000 ppm Grenze, ohne dass die Außenluftfrate von 25 m³/h*P erhöht wird.

Die Feinstaubkonzentration liegt in allen Fraktionen deutlich unterhalb der Grenzwerte für Außenluft und die Abreicherung von Partikeln nach Emissionsereignissen wie starker Personenbewegung geht sehr schnell, so dass innerhalb sehr kurzer Zeiten wieder eine relativ partikelarme Luft im Raum vorliegt.

Bezüglich der Ozon-Konzentration werden die bestehenden Grenzwerte nicht verletzt, die Langzeitwirkungen sind jedoch nicht eingehend untersucht, so dass eine Aussage hierzu nicht getroffen wird.