

# „Low- Cost- Virensauger“

## Eine Aerosolabsaugung



● *Moritz Arts* ● *Lisa Umlandt* ● *Lotta Blank*

Schüler der Gemeinschaftsschule/ Hebelschule Schliengen

Schwarzwaldstr. 9, D- 79418 Schliengen

[www.hebelschule-schliengen.de](http://www.hebelschule-schliengen.de)

Email: [hebelschule@schliengen.de](mailto:hebelschule@schliengen.de)

Betreuer:

Georg Kirsch & Maximilian Brendlin

## **Inhaltsverzeichnis:**

1. Kurzfassung /Abstract
2. Unsere Ziele
3. Informationen zum Thema
  - 3.1. Corona und Aerosole
  - 3.2. Welche Faktoren beeinflussen die Ansteckung im Klassenzimmer?
  - 3.3. Wirksame Verminderung von Aerosolen
  - 3.4. Der Co2 Gehalt als Lüftungsparameter
  - 3.5. Tabelle zu Co2 Bewertung und Handlungsreaktionen
4. Planungsüberlegungen zur Absauganlage
  - 4.1. Raumanalyse
  - 4.2. Sicherheitsüberlegungen
  - 4.3. Raumvolumen, Saugleistung und Verrohrung
  - 4.4. Aktueller Stand der Absauganlage und erste Inbetriebnahme
  - 4.5. Baumaterial und Betriebsunkosten
  - 4.6. Die Ein- und Ausschaltung anhand der Co2 – Belastung
  - 4.7. Keimreduzierung durch UV-C LED Stripes
5. Wirksamkeitsüberprüfung der Absaugung
  - 5.1. Vorüberlegungen und Sichttests
  - 5.2. Weitere Messungen zur Wirksamkeit
  - 5.3. Messergebnisse
  - 5.4. Interpretation der Messergebnisse
6. Erkenntnisse und Ausblicke
7. Quellen
8. Dank

## 1. Abstract

Der Low- Cost- Virensauger- eine Aerosolabsaugung

Seit einigen Monaten müssen an allen Schulen die Unterrichtsräume in einem 20 minütigen Rhythmus stoßgelüftet werden. Dabei werden alle Türen geöffnet. Zweck ist die Entfernung der ansteckenden Corona-Viren bzw. deren Aerosol- Träger. Stoßlüften und Durchzug im Klassenzimmer ist bei Außentemperaturen im Minusbereich nicht praktikabel. Daher kamen wir auf die Idee den in unseren NWT- Raum befindlichen Rauchabzug für chemische Experimente zur Aerosol-Absaugung einzusetzen.

Durch die Inspiration des im November 2020 erschienenen Low Cost- Installationsplanes des Max Plank Institutes in Mainz (MPI), konnten wir eine einfache Absauganlage für jeden Schülerplatz, passend zu unseren räumlichen Anforderungen entwickeln und bei der Montage mithelfen. Ihre Wirksamkeit überprüften wir mit einem Feinstaubmessgerät, das auf unsere simulierten Aerosolwolken reagierte.

## 2. Unsere Ziele

- Planung einer kostengünstigen Absauganlage um die Aerosolverbreitung im Klassenzimmer deutlich zu reduzieren
- Montage der Anlage im NWA Raum
- Entwickeln von Prototypen bei den Absaugschirmen
- Zusammenhang zwischen Co2 und Aerosolen berücksichtigen
- Wirksamkeitstests durchführen



## 3. Informationen zum Thema

### 3.1. Corona und Aerosole

Aktuell erkranken viele Menschen auf der ganzen Welt an einem sogenannten Corona-Virus. Mit genauem Namen heißt das Virus SARS-CoV-2. Es löst die Krankheit Covid-19 aus. Bei den meisten Menschen verläuft die Krankheit Covid-19 milde, laut Experten wie eine harmlose Erkältung. Für Menschen, die schon krank oder schwach sind, ist das Virus aber gefährlich – sie können daran schwer erkranken. Diese Menschen müssen wir deshalb gut vor einer Ansteckung schützen. Corona- Viren sind winzig klein, hunderte Millionen von ihnen passen auf einen Streichholzkopf. Hustet eine erkrankte Person, verteilt sie Milliarden

an Viren zugleich in der Luft – und wer innerhalb von einem 1 m Radius danebensteht und sie einatmet, kann sich anstecken.

Nun können sich diese Viren an kleine Schwebeteilchen anhaften oder umschlossen werden, die sogar schon beim Reden entstehen. Anders als Tröpfchen fallen die deutlich kleineren Aerosole mit ihrer Größe von weniger als 5 µm nicht so schnell zu Boden, sondern können längere Zeit (bis zu 90 Min) in der Luft bleiben und sich verteilen.

In Innenräumen ist die Gefahr besonders groß sich über Aerosole mit Covid 19 anzustecken, besonders wenn dieser Raum von vielen Schülern frequentiert wird. Daher wäre es wichtig, evtl. vorhandene Aerosole (mit Virenkeimen) der Mitschüler durch Lüften oder Absaugen zu minimieren. Ideal wäre daher der Austausch einer Raumluft eines Fachraumes innerhalb von 45 min, damit eine nachfolgende Klasse nicht die belastete Luft einatmen muss.

### 3.2. Welche Faktoren beeinflussen die Ansteckung im Klassenzimmer?

Grundsätzlich gibt es zwei Übertragungswege: Zum einen über Schleimhäute, die z.B. eine Viruslast z.B. durch Handkontakt von Handys erhalten oder durch das Einatmen von **Aerosolen**. Während man durch Handhygiene die Viren abtöten oder abwaschen kann, benötigen die Atemöffnungen einen Mundschutz (z.B. FFP2 Masken) um Viren nicht in die Umgebung zu schleudern. Aerosole gelten als der Hauptübertragungsweg für SARS-CoV-2. Sie entstehen beim Ausatmen und können sich je nach Größe sehr lange in der Luft halten.

Auch die Dauer des Unterrichts, Größe des Klassenzimmers, die Lüftung im Raum, die Raumhöhe und der Redeanteil spielen eine große Rolle, besonders dann, wenn sich ein unerkannter Virusträger in dieser Gruppe aufhält.

Als Raum ist das Klassenzimmer nicht ideal, da häufig Abstände unterschritten, Tröpfchen an Gegenständen ausgetauscht und über die gemeinsame, oft stehende Raumluft Aerosole eingeatmet werden. Die sonst so wichtigen sozialen Kontakte und Beziehungen werden somit auch zur Gefahrenquelle, da das Gefahrenbewusstsein im Laufe der Unterrichtszeit nachlässt.



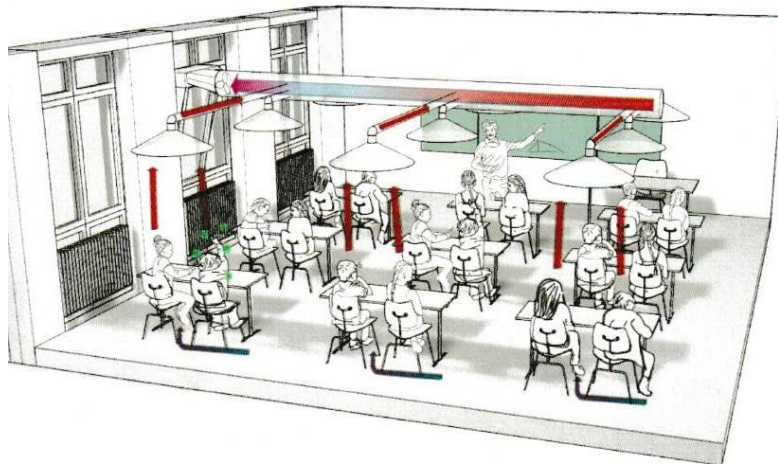
### 3.3. Wirksame Verminderung von Aerosolen

Neben konsequentem Einhalten der AHA-Regeln gilt eine regelmäßige Frischluftzufuhr als bester Weg, die Aerosole loszuwerden und das Infektionsrisiko zu senken. Ein kostengünstiger und effektiver Weg ist das regelmäßige Öffnen der Fenster und Stoßlüften. Forschende der Technischen Hochschule Mittelhessen konnten zeigen, dass ein fünfminütiges Stoßlüften die Aerosolkonzentration in einem Raum um 99,8 Prozent reduzieren kann. Aber funktioniert das, wenn draußen Minusgrade herrschen und ein Durchzug erzeugt wird? Zusätzlich zur steigenden Erkältungsgefahr im Durchzug ist dies eine große Energieverschwendung.

Ein weiterer effektiver Weg ist das Aufstellen von robusten, mobilen Raumluftfiltergeräten, die aber noch sehr teuer sind (ab 2000 Euro /Gerät) und meist eine Filterwartung benötigen.

Die kostengünstigste Alternative ist das Absaugen mit einem Deckensystem, das die durch Körperwärme aufsteigenden Ausatem-Aerosole unterhalb der Decke auffängt und über eine Verrohrung nach Draußen leitet. Gleichzeitig reduziert es die CO<sub>2</sub> Konzentration durch eine kontinuierliche vom Gang herkommende (vorgewärmte) Frischluft.

Forscher des Max Planck Institutes für Chemie in Mainz haben nachgewiesen, dass ca. 90 % der Aerosole durch einen kontinuierlichen Abzug direkt über einer Person abtransportiert werden. In Verbindung mit der einfachen AHA-Regel wäre dies ein



optimaler Virenschutz und dazu noch wirklich kostengünstig, da vor allem Baumarktmaterialien verwendet werden. An dieser Baubeschreibung des Max Planck Institutes für Chemie haben wir uns in unserem Projekt orientiert und es an unsere Verhältnisse angepasst.

Die obige Abbildung stammt aus der MPI Projektplanung zur Absauganlage und zeigt die Anlage mit Verrohrung und einem Hauptrohr in der Mitte, das die Abluft nach Draußen leitet.

### 3.4. Der CO<sub>2</sub> Gehalt als Lüftungsparameter

Das Corona- Virus wird meist über Aerosole, die sich in der Luft befinden, übertragen. Lüftungsanlagen bringen Frischluft in den Raum, dies verdünnt die Aerosolkonzentration. Mit einem hohen Luftwechsel können sowohl niedrige CO<sub>2</sub>-Konzentrationen als auch niedrige Aerosolkonzentration erreicht werden. Je höher die CO<sub>2</sub>-Konzentration, desto mehr Aerosole gibt es im Klassenraum. Dementsprechend existiert dann auch eine höhere Konzentration an virenbelasteten Aerosolen. Hier empfiehlt sich ein CO<sub>2</sub>-Sensor, der indirekt Auskunft darüber gibt, wie viele Aerosole sich im Raum befinden. Anhand der Sensorwerte kann man den Lüftungsbedarf bzw. den Ein-



und Ausschaltpunkt einer Lüftungsanlage erkennen und reagieren. Wir verwenden den CO2 Messer SA 1200P (Fa. Conrad) mit optischen und akustischem Alarm sowie einem integrierten Datenlogger.

### 3.5. Tabelle zur CO2 Bewertung und Handlungsreaktionen:

CO2 Wert in ppm	Bewertung und Wirkungen	Reaktion Messgerät /Personen
400 - 750	Unkritisch (400 ppm = Ruhezustand)	Grüne LED
750 - 1000	Lüftung einleiten (Empfehlung der Gesetzlichen Unfallversicherer GUV)	Grüne LED
Ab 1250	Lüftung durchführen	Gelbe LED
Ab 1500	Kritische Grenze in der Aufwärtstendenz Starke Belüftung durchführen, Kopfschmerzen, Unwohlsein, Konzentrationsprobleme, Müdigkeit	Rote Led und akustischer Alarm Deutlich lüften bis zur unkritischen Marke 750ppm
Ab 2000	zunehmende Beschwerden, Übelkeit, Müdigkeit	Rote Led und akustischer Alarm / Raum verlassen und stark lüften bis zur unkritischen Marke 750ppm
Ab 3000	Starke gesundheitliche Beeinträchtigungen, deutliche Reaktionsverminderung, Müdigkeit Vergiftungssymptome, Schweiß, hoher Blutdruck, Bewusstlosigkeit, Atemprobleme, höhere Puls-Frequenz	Rote Led und akustischer Alarm Raum verlassen und stark lüften bis zur unkritischen Marke 750ppm

## 4. Planungsüberlegungen zur Absauganlage

### 4.1. Raumanalyse

**Der Rauchabzug:** Unser NWA- Raum verfügt über einen fahrbaren Rauchabzug mit Kabine für chemische Experimente. Dieser geschlossene Wagen hat eine elektronische Steuerung, die einen starken Motor zum Absaugen anwirft, der dann über einen steckbaren Schlauch z.B. giftige Gase absaugt. Die Gase werden über einen separaten Außenkamin auf Dachhöhe abgeblasen.

Der Motor dazu befindet sich im Untergeschoss und produziert keine Geräusche im Zimmer.

Normalerweise arbeitet diese Anlage nur im kurzzeitig während eines Experimentes. Wir haben bei Testläufen bemerkt, dass diese Anlage zuverlässig arbeitet und der vorhandene Absaugschlauch mit  $\varnothing$  von 130 mm (Faltenschlauch) aus einer



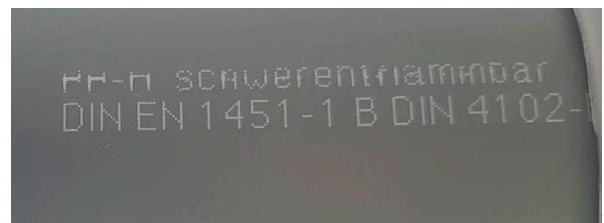
Deckenliffführung separat aus dem Rauchabzug ausgeklinkt werden kann. Für uns lag es nun sehr nahe, diese bereits vorhandene Absaugausstattung zum Entfernen der Aerosole zu verwenden.

**Zuluft:** Wer große Mengen „verbrauchte oder gar belastete“ Luft permanent absaugt, muss Frischluft zuführen und zwar in der gleichen Menge, da es sonst einen Unterdruck gibt. Für den normalen Chemieversuch reicht die Luft, die unter der Zimmertür nachströmt- jetzt sollte man dazu die Raumtür zum Gang öffnen und zusätzlich Gangfenster. Einen Durchzug mit gleichzeitig offenen Raumfenstern sollte man vermeiden, da es dann bei den aufsteigenden Aerosolen zu einer unklaren Verwirbelung kommen könnte, die man ja eigentlich vermeiden möchte. Das Ziel sollte ist es aufsteigende Warmluft, die von den Schülern ausgeht, direkt über den Schülern aufzunehmen. Eine Klimaanlage- oder Raumlüftung haben wir in unserer Schule nicht.

**Steuerung:** Der Saugmotor wird über eine separate Anschaltung am Rauchabzug (Modell Hohenloher) aus - und eingeschaltet. Zusätzlich gibt es eine Drucküberwachung der Leitungen mit LEDs.

#### 4.2. Sicherheitsüberlegungen

Das verwendete Rohrmaterial besteht aus Polypropylen (PP) und ist laut Aufdruck schwer entflammbar. Es wird für die Verlegung im Hausinnenbereich häufig verwendet. Die sogenannte Brandlast ist im Verhältnis zur dem im Raum vorhandenen



Material wie Kunststofftische, Schränke und Stühle eher gering. Die Aufhängung erfolgt mit stabilen Schraub- und Klemmverbindungen in den dafür vorgesehenen Rohrschellen. Ein direktes Herabfallen würde von der Rahmenkonstruktion des Deckenlifftsystems verhindert. Die aufsteckbaren Schirme haben ein geringes Gewicht und bestehen aus PE Folie. Sie werden zusätzlich mit kleinen Schrauben gegen Herausrutschen gesichert.

Während des Dauerbetriebes sollte die Türe wegen des Luftaustausches geöffnet sein. Aber selbst bei geschlossener Türe gibt es eine Luftzufuhr unter der Tür oder über die Deckenelemente. Ein zu großer Unterdruck kann im Raum nicht entstehen, sodass die Türe immer noch leicht zu öffnen wäre. Das haben wir nach mehreren Stunden Betrieb herausgefunden.

#### 4.3. Raumvolumen, Saugleistung und Verrohrungen

Unser Physikraum hat die Maße. Länge= 12,05 m,  
Breite = 9,1m , Deckenhöhe = 2,8m

Mit der Volumenformel  $V = l \times b \times h$  ergibt das ein  
Volumen von 307,0 m<sup>3</sup>

Die gemessene Saugleistung laut Typenschild des  
Rauchabzuges beträgt 480 m<sup>3</sup> /h



### **Wann ist die Raumlufte im NWA Raum theoretisch ausgetauscht?**

Teilt man 307 m<sup>3</sup>/ 480 m<sup>3</sup>/ h erhält man einen Wert von 0,64 h was ca. 38 min  
entspricht. (Weniger als eine Unterrichtsstunde)

Wahrscheinlich wird das allerdings nicht zu 100 % zutreffen, da sich die Luftschichten  
(alt und neu) durch Verwirbelung ziemlich sicher vermischen. Idealerweise wäre ein  
senkrechter Luft-Austausch, aus Bodenöffnungen neu hinein, oben an der Decke warm  
und „alt“ hinaus. Dann würde keine Aerosolverteilung stattfinden.  
Insgesamt wäre eine Luft-Austauschzeit unter 45 min ein sehr guter Wert, da man einen  
Wechsel der Raumlufte innerhalb einer Unterrichtsstunde erreichen könnte. Würde die  
Anlage auch noch während der Pausen laufen, würde man die ausgeatmete Luft der  
Vorgängerklasse und deren Aerosole und Viren kaum mehr vorfinden.

Die Verrohrung hat den Zweck, über  
jedem Schülersitzplatz, die von ihm  
thermisch aufsteigende Ausatemluft  
aufzunehmen und abzuführen.  
Wie vom Max Plank Institut beschrieben,  
gehen wir davon aus, dass die kleinen  
und leichten Aerosole zwischen ca. 5 und  
10 um in der Luft schweben können und  
nicht zu Boden sinken. Dies könnte, je  
nach Ausstoß bzw. Ausatemstärke,  
ein erheblicher Teil sein, der dann mit der Körperabwärme aufsteigt.





Diese „Wärmesäule“ hat ca. 60 cm Durchmesser bei ruhiger Ausatmung.

Die Hauptverrohrung mit 110 mm steckbaren, grauen PP- „Abwasserrohren“ läuft längs der Sitzreihen der Sitzordnung. Diese ist notwendigerweise in Hufeisenform angelegt, um an die Energieversorgung (Lifte) gut zu gelangen. Jeder Sitzplatz erhält eine eigene Saugöffnung mit 75 mm Öffnung. An diese können selbstgebaute Auffangschirme mit  $\varnothing=62$  cm (aus transparenter 1mm Solarfolie) montiert werden. Die Rohröffnungen und Schirme müssen oberhalb der Lifte montiert werden, damit diese beim Hinunterfahren nicht abrasiert werden.



Die Hauptrohre laufen parallel zu der Deckenkonstruktion der Energielifte und sind mit Klemmschellen an den Deckenhalterungen befestigt. Die speziellen Schellen sind wie Stativ- Zangenhalter konstruiert und von unserem Hausmeister für diesen Zweck an extra Gewindestangenmuttern geschweißt worden. So können diese die großen Rohrschellen sicher tragen. Die anfängliche Verlegung der Rohre fand zuerst provisorisch mit Kabelbindern statt. Doch unser Hausmeister hatte Sicherheitsbedenken. Die Hauptrohre sind am Ende mit einer Wartungsmuffe verbunden und mit einem 2 m langen flexiblen Schlauch mit Muffe an die Deckenzuleitung des Rauchabzugs angeschlossen.

#### **Provisorische Montage:**

Zunächst legten wir alle Rohre, Abzweigungen, Winkel und Zubehör auf den Arbeitsplätzen aus und suchten nach der optimalen Aufhängung. Das kostete uns viel Zeit. Mit Schnurloten (auf Gesichtshöhe eines sitzenden Schülers) markierten wir die korrekten Abzweigungen zu den Schülerplätzen am Deckengestell. Danach folgte die Aufteilung und Zuschnitt- Markierung der Hauptrohre. Bei diesen Arbeiten wurden wir von den Betreuern und Hausmeister Attila Kovacs unterstützt, um die notwendige fachgerechte Verlegung zu garantieren. Die Endmontage der Rohre am Tragegerüst und auf der Leiter übernahmen dann diese.



**Herstellung der Schirme:** Pro Schülertisch haben wir zwei Schirme vorgesehen. Jeder Schirm gleicht einem Kegelstumpf mit einem obigen 75mm Anschluss für ein Winkelstück. Gestützt wird die überlappende 1mm Folie mit einem Montagestreifen aus Lochblech und einem 2 mm dicken Runddraht mit  $\varnothing 60$  cm. Lochblech und der Drahtkreis sind mit 2 M4 Schrauben am Rohrstück befestigt. Insgesamt haben wir vier Prototypen der Schirme hergestellt. Die weiteren Schirme beabsichtigen wir nach dem Lockdown mit unserer Klasse fertigzustellen.



Doch die Anlage und damit das Austauschen der Luft funktioniert auch ohne die Schirme. Laut den Untersuchungen des Max Planck Institutes erzielen die Schirme eine Verbesserung von ca. 15%. Wichtig sind die gleichmäßig verteilten Absaugöffnungen unmittelbar über den Schülern.



#### 4.4. Aktueller Stand der Absauganlage und erste Inbetriebnahme

Bis kurz vor dem Lockdown am 18. Dezember konnten in Zusammenarbeit mit dem Hausmeister ca.  $\frac{3}{4}$  aller Absaugstellen montiert werden. Die restlichen Plätze können zügig montiert werden, da die Befestigungsschellen schon montiert sind. Leider ging uns nicht nur das Material aus, da die Baumärkte schlossen, sondern auch wir konnten nicht mehr in unserer Jufo- AG weitermachen, obwohl wir bereits etliche freiwillige Freitagnachmittage investiert hatten. Dennoch lief die Absaugung mehrere Stunden störungsfrei und entwickelt besonders im ersten Drittel der Absaugöffnungen auch eine deutliche Sogwirkung.

#### Die Sog- Überprüfung mit Kerzenflamme:

Hält man eine Kerzenflamme ca. 10 cm schräg unter die Öffnung der Absaugstutzen kann man die Wirkung und die Stärke des Sogs sichtbar machen. Die zuvor senkrechte Kerzenflamme verändert ihre Ausrichtung um ca. 45 Grad auf die Mitte der 75 mm Öffnung. Die Ablenkung der Flamme wird mit zunehmender Entfernung geringer und wird auch zum Ende des Hauptrohres hin schwächer.



**Problem der ungleichen Saugkraft:** Leider nimmt die Saugkraft bei ersten Erprobungen mit zunehmender Rohrlänge ziemlich ab. Es bedarf noch weiterer Messungen mit einem Aerometer, das die Luftgeschwindigkeit in m/s ermitteln kann. Dieses müssen wir erst noch besorgen und üben.

**Mögliche Abhilfe:** Durch den Einbau von drehbaren Luftklappen, ähnlich wie bei einem Kaminofenrohr, könnte man die Saugleistung an jedem Abgang passend regulieren. Das könnte man einfach mit einer Rundscheibe und feststellbaren Gewindestangen im Winkelstück erreichen, sodass noch genug Saugkraft am letzten Rohrstück wäre und alle eine ungefähr gleich starke Saugwirkung hätten. Wir möchten das Problem noch nach dem Lockdown praktisch lösen.

**Problem der Nebengeräusche:** Ein weiteren Effekt, den wir nicht voraussahen, war die zusätzliche Geräuschentwicklung während des Betriebes. Die strömende Luft erzeugt vermutlich an den Kanten und Rohrübergängen ein sirrendes Geräusch. Mit dem Lärmmesser ermittelten wir auf Kopfhöhe eines Schülers einen Schall von ca. 65 dB an der Rohröffnung sogar 68 dB. Das kann doch als störend empfunden werden. Nach einiger Zeit überhört man das Geräusch aber und bemerkt es kaum noch.



In den ersten Minuten des Betriebs ertönt auch ein Pfeifton, der überraschenderweise wieder aufhört. Hier gilt es herausfinden, woher dieser kommen kann und wie wir das Geräusch vermindern oder ganz abstellen können.

#### 4.5. Material- und Betriebsunkosten

Insgesamt haben wir für Material und Zubehör ca. 385,- Euro ausgegeben, die der Förderverein unserer Schule dem Jufo- Projekt zur Verfügung stellte.

Geht man von 8 Std. Laufdauer am Tag aus, so ergibt sich bei einer Motor-Leistung von 3 KW ein Energiebedarf von 24 kWh. Bei ca. 30 Cent / kWh ergibt sich eine Tagessumme von 7,20 Euro für die komplette Raumabsaugung.

#### 4.6. Die Ein- und Ausschaltung anhand der CO<sub>2</sub> – Belastung

Die neunte Klasse experimentiert im Technikunterricht mit dem Mikrocomputer „Arduino“. Hier und bei unserem Betreuer Maximilian, haben wir uns erkundigt. Der Arduino wäre in der Lage, über einen CO<sub>2</sub> Sensor, direkt die Ein- und Ausschaltung über ein starkes Schaltrelais zu übernehmen. Auch könnte er weitere Faktoren, wie die Luftfeuchtigkeit, Temperatur und den Aerosolgehalt über Sensoren prüfen und die Anlage steuern. Aber dieses muss noch warten, vielleicht wäre dies ein Jufo-Folgeprojekt. Auch müsste der Einbau der Schaltung von einem Elektrobetrieb abgenommen werden.

Solange muss die Anlage über den Betriebstaster des Rauchabzuges von Hand geschaltet werden.

#### 4.7. Keimreduzierung durch UV-C LED Stripes

Wenn sich viele Personen in einem Raum aufhalten, produzieren sie über ihre Ausatemluft eine erhöhte Luftfeuchtigkeit, sowie Keime, die dann von unserem Sauger aufgenommen werden. Wir befürchten, dass diese Atemfeuchtigkeit zu einer



Wasseransammlung, insbesondere an den tieferliegenden Stellen, Verzweigungen und Rillen führt.

Wir planen daher, die wichtigste Stelle an der Zusammenführung der Hauptrohre im Übergang zum Faltenschlauch mit einem UV- C LED Streifen auszustatten. Das harte LED Licht kann die Keime vor Ort abtöten. Zusätzlich kann es auch Viren angreifen und abtöten. So würden weniger aktive Keime in die Umwelt freigesetzt. Die 100 Leds sind auf einem selbstklebenden Band montiert. Das Licht wird über einen Schalter und Netzgerät betrieben. Bei hoher Luftfeuchtigkeit z.B. ab 50 % Feuchte (des zeigt unser CO2 Messer ebenfalls an) könnte man es dazu schalten. Noch haben wir es noch nicht fest montieren können, das kann erst nach dem Lockdown geschehen.

## 5. Wirksamkeitsüberprüfung der Absaugung

### 5.1. Vorüberlegungen und Sichttests

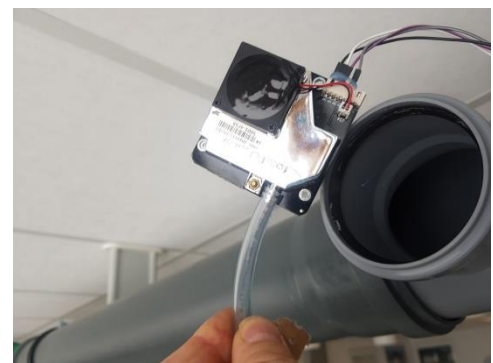
Die Sogwirkung der Anlage konnten wir an allen 20 montierten Absaugstutzen durch die Kerzenflammenablenkung nachweisen. Zusätzlich haben wir mit Räucherstäbchen und Rauchschalen die Ableitung des Rauches beobachten können. Es tritt sichtbar kein Rauch an anderen Stellen der Rohrleitungen aus, der Unterdruck führt den Qualm sicher nach Draußen ab. Wir haben die Wirkung der Rauchabsaugung an mehreren Stellen über eine die gesamte fensterseitige Verrohrung überprüft.

Dabei kam unser schuleigener Feinstaubsensor (Sense-Boxsystem) zum Einsatz, der die Messdaten aufzeichnen kann. Diese wurden dann mit Hilfe unseres Betreuers Maximilian Brendlin ausgelesen und in Excel- Schaubilder übertragen.



Doch wie verhält es sich mit den Aerosolen? Könnte es sein, das sich diese an der Rohrrinnenwand niederschlagen und nicht abgeleitet werden?

Wir hatten bei ersten Tests in einem PP- Rohr nachweisen können, dass der Sensor auch feinste, nicht sichtbare Wassertröpfchen mit der Größe PM 2,5 und PM 10 erkennt und zählen kann. Diese nebelartigen Tröpfchen wurden mit einem Wasserzerstäuber zuvor in das eine Rohrende eingesprüht. Die Sogwirkung führte den Wassernebel dann tatsächlich auch zum Messröhrchen der Messbox.



### 5.2. Weitere Messungen zur Wirksamkeit

In der fertiggestellten Hauptleitung wurde über folgende Distanzen von Öffnung zu Öffnung gemessen:  
4,8 m; 2,4 m; 1,2; 0,3 m.

Zum Start lüfteten wir den Raum gründlich von eigenen Aerosolen und ließen die Anlage zurücksetzen. Danach wurde kontinuierlich Wasserdampf eingeblasen. (Tröpfchen im PM<sub>2,5</sub>-Format gelangen mit dem Zerstäuber leider nur wenige.)

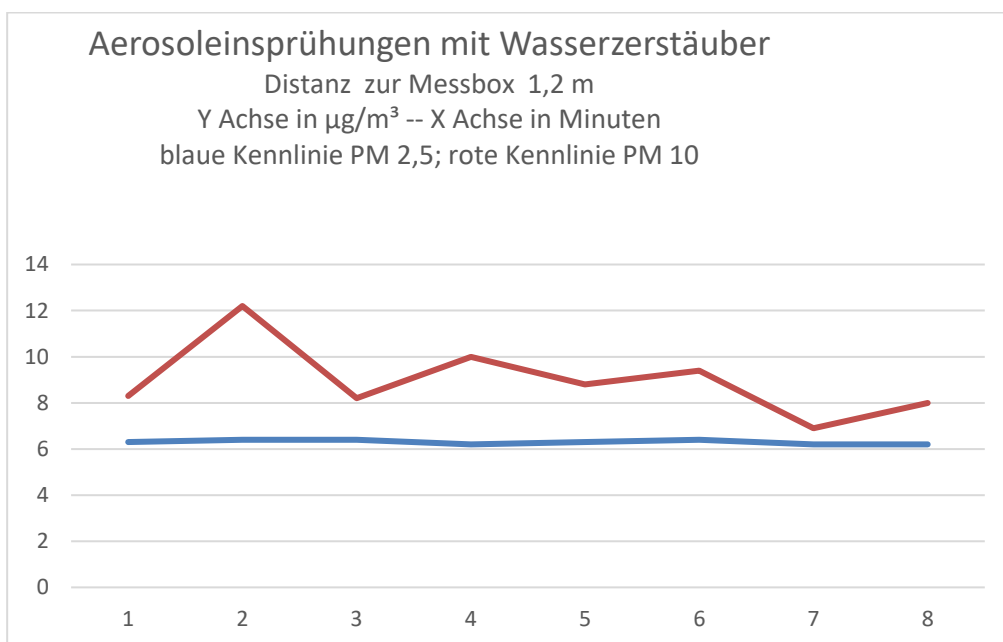
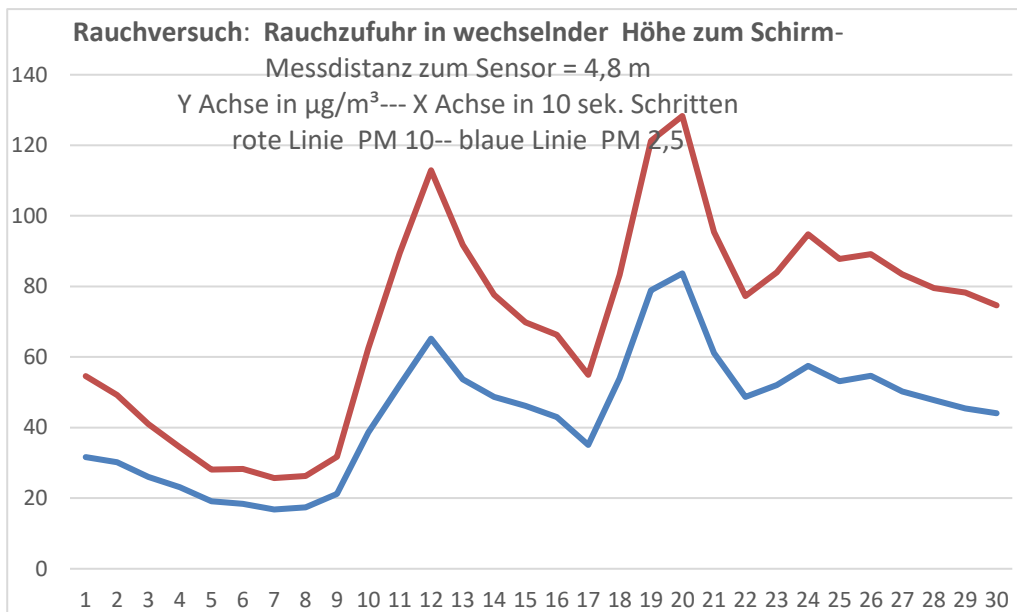
Die Entfernung zur Öffnung wurde dabei im Abstand variiert. Es zeigte sich, dass dem Schirm dabei durchaus eine wichtige Rolle zukommt, da er den Nebel zur Öffnung hin fokussiert. Siehe nebenstehendes Foto.



In den Beschreibungen des Max Plank Institutes trägt er etwa zu 15 % zur Absaugeffektivität am Schülerplatz bei.

Unmittelbar nach der Zusammenführung der beiden Hauptrohre wurde die Messbox mit Datenlogger eingesetzt. Die Daten wurden auf dem Laptop anschließend ausgelesen und in ein Schaubild übertragen.

### **5.3. Messergebnisse: Wirksamkeitstest zum Aerosoltransport**



#### 5.4. Interpretation der Messergebnisse:

**Rauchversuche:** Die beiden Kurven zeigen, dass selbst aus der Entfernung aus 4,8 m die unterschiedlichen Rauchkonzentrationen den Messboxfühler passierten. Durch die unterschiedliche Nähe der geführten Rauchquelle zur Öffnung des Ansaugstutzens ergibt sich das Auf und Ab der Kurven. Die Rauchquelle wurde zweimal direkt an die Öffnung gehalten, danach auf Kopfhöhe eines Schülers gebracht und wiederum direkt zur Rohröffnung geführt.

**Aerosolversuche:** Die PM 10 Kurve zeigt die Spitzen der jeweiligen Einspritzung mit dem Zerstäuber an. Mit zunehmender Entfernung der Öffnung lässt die Nachweiswirkung



sichtbar nach. Ein Teil der Tröpfchen könnte auf dem Weg bereits an der Schirm- oder Rohrwand kondensiert sein und bei der Zählung nicht ankommen. Diesen Widerspruch müssen wir noch weiter verfolgen, da wir höhere Spitzen vorne an der Absaugungstrecke im Bereich PM 10 erwartet hätten.

Offenbar konnten wir keine PM 2,5 großen Partikel mit der Zerstäuberdüse erzeugen.

Es zeigt sich, dass die Absaugung selbst über eine längere Distanz funktioniert, obwohl es nicht geregelte Öffnungen gibt und der höchste Druckabfall an der letzten Öffnung zu erwarten ist. Die Ergebnisse sind durchaus akzeptabel und würden sich bei Regulierungen der noch Saugkraft sogar noch verbessern. Die Messungen mit der Wasserzerstäubung müssen nach dem Lockdown nochmals wiederholt werden um genauere Aussagen zu treffen.

## 6. Erkenntnisse und Ausblick

Aus unserer Sicht funktioniert die Absauganlage gut und störungsfrei. Die Saugleistung kann noch deutlich verbessert werden, wenn wir die zahlreichen Ansaugöffnungen mit Zuluft-Klappen besser einstellen können. Dann sollte man alle Messungen nochmals wiederholen, besonders wenn wir mit einer bestellten Disconebelmaschine als Aerosolmaschine weiter experimentieren. Auch die Projektziele konnten wir fast alle erreichen, auch wenn die Anlage nur zu  $\frac{3}{4}$  fertiggestellt wurde. Sie spart zudem Wärmeenergie (statt Stoßlüften) ein und dient auch der CO<sub>2</sub> Verringerung im Klassenzimmer.

Auch bei der Form und der Umsetzung der Schirme kamen uns schon neue Ideen, vielleicht auch mit einem durchgehenden Folienhalbtunnel.

Das Projekt in der Coronazeit aufrecht zu erhalten und nicht aufzugeben war wirklich eine große Herausforderung. Wir haben durchgehalten und werden daran weiterarbeiten.

## 7. Quellen:

1. Quarks- Newsletter: Richtig lüften unter: <https://www.quarks.de/gesellschaft/wissenschaft/das-bringt-lueften-gegen-das-coronavirus/>
2. MPI Pressemit.: Lüften leicht gemacht: <https://www.mpic.de/4770837/lueftung-leicht-gemacht>
3. MPI Baubericht Abluftanlage: [https://www.mpic.de/4782901/doku\\_lueftung\\_mpic\\_10112020.pdf](https://www.mpic.de/4782901/doku_lueftung_mpic_10112020.pdf)
4. Zeit Online v.29.11.2020: So schnellverbreitet sich das Corona- Virus in Innenräumen unter: <https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-11/coronavirus-aerosol>

## 8. Dank

Ein großes MERCI an:

- Unserem Schüler-Betreuer Maximilian Brendlin, vielfacher Preisträger von Jufo-Wettbewerben
- unsere Schulleitung mit Herrn Schlageter für die zur Verfügungsstellung von Räumen und Material
- unseren Lehrern, die uns zwischendurch forschen ließen und dann das Zuspätkommen gelassen ertrugen
- unserem genialen Hausmeister Herrn Attila Kovacs für die hilfreiche Unterstützung bei der Montage und bei Schweißarbeiten
- unserem NWA Lehrer G. Kirsch für die Motivation und die Betreuung in guten und schwierigen Projekt-Phasen.
- Frau Umlandt für die freundliche Korrektur der Texte

**Hinweis: Die schulischen Bilder in diesem Bericht sind von den Teammitgliedern selbst fotografiert worden. Sie sind das Eigentum unserer Jugend-forscht AG bzw. unserer Schule, die somit über alle Bildrechte verfügen. Alle anderen entstammen den Quellen.**