

GESUNDHEITSGEFAHR AM CARL-ZEISS-GYMNASIUM IN JENA?-WIE HOCH IST DIE FEINSTAUBBELASTUNG?

1. Teilnehmer (mit Alter): Nika Weißleder (14)

Schule: Carl-Zeiss-Gymnasium Jena

Projektbetreuer/in: Frau Dr. Christina Walther

Fachgebiet: Geo- und Raumwissenschaften

Wettbewerbssparte: Schülerexperimentieren

Bundesland: Thüringen

Wettbewerbsjahr: 2020

2. Teilnehmer (mit Alter): Louise Altenstein (14)

Schule: Carl-Zeiss-Gymnasium Jena

Projektbetreuer/in: Frau Dr. Christina Walther

Fachgebiet: Geo- und Raumwissenschaften

Wettbewerbssparte: Schülerexperimentieren

Bundesland: Thüringen

Wettbewerbsjahr: 2020

3. Teilnehmer (mit Alter): Vianne Güttler (14)

Schule: Carl-Zeiss-Gymnasium Jena

Projektbetreuer/in: Frau Dr. Christina Walther

Fachgebiet: Geo- und Raumwissenschaften

Wettbewerbssparte: Schülerexperimentieren

Bundesland: Thüringen

Wettbewerbsjahr: 2020

Kurzfassung

Ziel unserer Arbeit ist, herauszufinden, wie stark die Feinstaubbelastung an unserer Schule ist. Dazu wurden drei Feinstaubmesser an unserem Schulgebäude, dem Carl-Zeiss-Gymnasium Jena, in unterschiedlichen Höhen angebracht. Seit Anfang der Sommerferien 2019 wurden Feinstaubwerte gemessen und auf „luftdaten.info“ hinterlegt. In der Arbeit soll untersucht werden, wie hoch die Feinstaubbelastung zu verschiedenen Tageszeiten und in verschiedenen Geschosshöhen ist, ob es einen Zusammenhang mit Wochentagen und Ferienzeit gibt und ob die Richtwerte der EU und die der WHO an unserer Schule eingehalten werden. Um die Daten auswerten zu können, haben wir die Hilfe eines Programmierers in Anspruch genommen.

Inhaltsverzeichnis:

Kurzfassung	2
Vorüberlegung:	4
Was ist Feinstaub?	4
Zusammenbau der Feinstaubmesser:	5
Durchführung:.....	6
Ergebnisse:	7
1. Feinstaubmesser 28329 (Höhe 1,5m).....	7
2. Feinstaubmesser 28331 (Höhe 10,5m).....	9
3. Feinstaubmesser 28333 (Höhe 6,4m).....	10
Auswertung Tagesverlauf:	12
Ist es realistisch das die Ziele für die Feinstaubwerte eingehalten werden?	13
Auswertung:	13
Stellt es eine gesundheitliche Gefährdung für uns Schüler da?	14
Gibt es Unterschiede zwischen den Höhen?	14
Wetterarchiv	14
Warum ist die Feinstaubbelastung im Winter höher als im Sommer?	14
Fehlerbetrachtung:	15
Quellen:.....	16
Dank:.....	16

Vorüberlegung:

Feinstaub ist ein populäres Thema in den Medien. Die Lösung des Problems werden breit diskutiert. Eine Hauptursache für Feinstaub liegt in einem hohen Verkehrsaufkommen. In der Nähe unserer Schule befindet sich eine Baustelle: Die Camburger/Naumburger Straße sind gesperrt, um die Straßenbahnbindung nach Jena-Nord zu verbessern und eine Brücke zu sanieren. Der Verkehr der B88 führt damit direkt am Schulgebäude vorbei über die Erich-Kuithan-Straße. Dadurch ist das Verkehrsaufkommen stark angestiegen.

Deshalb stellen wir uns die Frage:

„Wie hoch ist die Feinstaubbelastung an unserer Schule?“

Wir wollten feststellen, ob die gemessenen Werte der Feinstaubmessgerätee über den zulässigen Richtlinienwerten von PM_{2,5} und PM₁₀ liegen. Des Weiteren wollten wir untersuchen, welche Schwankungen im Tagesverlauf entstehen. Wir fragten uns, ob und wie die Werte an unterschiedlichen Wochentagen und Ferienzeiten variieren. Und ob es unterschiedliche Messwerte zwischen den Höhen gibt.

Was ist Feinstaub?

Feinstaub besteht aus Partikeln, die so klein sind, dass man sie mit bloßem Auge nicht mehr sehen kann. Nur wenn der Feinstaubgehalt eine bestimmte Konzentration überschreitet, wird er sichtbar. Feinstaubpartikel sind sehr leicht, sodass sie nicht zu Boden sinken, sondern vom Wind durch die Luft getragen werden. Feinstaub ist stark gesundheitsgefährdend, was einerseits an der Größe und andererseits an den Krankheitserregern liegt, die die Partikel mit sich tragen.

PM₁₀ beschreibt alle Partikel, die eine Größe zwischen 0µm und maximal 10µm besitzen. Diese Partikel sind ungefähr so groß wie Zellen und können sich in der Lunge absetzen und sie nachhaltig schädigen. Für die Partikelgrößen gibt es Höchstwerte die von der EU festgelegt wurden und eingehalten werden müssen. Diese betragen für PM₁₀ maximal 50µg/m³ im Tagesdurchschnitt.

PM_{2,5} beschreibt alle Partikel, die eine Größe zwischen 0µm und maximal 2,5µm, somit ist es eine Untermenge von PM₁₀. Diese Partikel sind ungefähr so groß wie Bakterien und können Herz-Kreislauf-Erkrankungen hervorrufen. PM_{2,5} kann auch zur Verkürzung der Lebenszeit führen. Insgesamt kann Feinstaub, in egal welcher Größe, zu gefährlichen Krankheiten wie Krebs, Schleimhautreizungen und Arteriosklerose (eine Verengung der Arterien) führen¹. Für PM_{2,5} gibt es ebenfalls Grenzwerte, welche maximal 25µg/m³ betragen

Eine Hauptursache für Feinstaub liegt in einem hohen Verkehrsaufkommen und entsteht durch Reifenabrieb und Rußpartikel². In der Nähe unserer Schule befindet sich eine Baustelle. Die Umleitung führt direkt am Schulgebäude vorbei. Dadurch ist das Verkehrsaufkommen stark angestiegen: Der Verkehr aus dem Norden kann über die Wiesenstraße (Unteraue) oder über die Straße an unserer Schule geleitet werden.

Deshalb stellen wir uns die Frage: „Wie hoch ist die Feinstaubbelastung an unserer Schule?“

¹<https://www.umweltbundesamt.at/pm25/>

² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub>

Dafür haben wir Feinstaubmesser gebaut und installiert und uns Unterstützung von Frau Dr. Christina Walther (Schülerforschungszentrum Jena), Herrn Knopf (Medienzentrum Jena) und Herrn Dietmar Güttler (Programmierung) geben lassen.

Zuerst wurde ein Zeitplan erstellt und dann alle Ziele der Arbeit gesetzt. Unsere Forschungsfragen lauteten:

Methoden

Es wurden drei Feinstaubmesser des Portals „Luftdaten.info“ genutzt. Sie sind in der Lage, Partikel der Klassen PM (Particulate Matter) 2,5 und PM10 zu messen. Diese liefern ihre Daten an das Portal „Luftdaten.info“, das eine Erfassung der Feinstaubbelastung im gesamten Bundesgebiet zum Ziel hat. Jeder Feinstaubmesser besitzt eine eindeutige Kennung. An jedem Geschoss (Außenseite) des Carl-Zeiss-Gymnasiums wurde einer der Feinstaubmesser angebracht.

Die Messungen begannen am 30.06.2019 und endeten am 19.12.2019.

Tabelle 1: Feinstaubmesser

Kennung Feinstaubmesser	Etage	Höhe über Straßenniveau, ca. [m]
28333	Bibliothek (2. Etage)	6,4
28331	Regionalzentrum (3.Etage)	10,5
28329	Erdgeschoss	1,5

Aufgrund der Datenmenge wurde programm basiert ausgewertet. Dafür erstellten wir Programmablaufpläne, die ein Programmierer in Python-Skripte umsetzte, mit deren Hilfe die Daten in Form von Tagesdiagrammen, Wochendurchschnitten und Extremwerten dargestellt wurden. Diese Hilfe war uns sehr wichtig, da wir trotz eigenem Informatikunterricht in Klasse 8 noch keine Programmiersprache so richtig kennengelernt haben.

Zum Verständnis werden folgende Worte definiert:

Höchstwerte: Höchstwerte sind unsere höchsten gemessenen Werte.

Grenzwerte: Grenzwerte sind festgelegte Tagesdurchschnittswerte der EU welche nicht überschritten werden dürfen.

Richtwerte: Richtwerte sind Empfehlungen der WHO (World Health Organisation) für Tagesdurchschnittswerte der WHO welche nicht eingehalten werden müssen.

Zusammenbau der Feinstaubmesser:

Wir haben den Feinstaubmesser mit Hilfe der Anleitung von luftdaten.info zusammengebaut. Dabei ist ein Fehler aufgetreten. Die Pin-Belegung war anders als in der Anleitung beschrieben. Durch Ausprobieren konnten wir den Fehler beheben. ³

³<https://luftdaten.info/>

Tabelle 2: Material

Geräte / Technische Voraussetzungen	
Feinstaubmesser	Kabel
Höhenmessgerät	Steckdose
Stift	WLAN- und Stromanschluss

Durchführung:

Zuerst wurden die Feinstaubmesser zusammengebaut (siehe Zusammenbau der Feinstaubmesser Seite 5). Danach wurde der Feinstaubmesser in den jeweiligen Höhen am Carl-Zeiss-Gymnasium Jena angebracht, dabei war uns der Hausmeister Herr Wagener eine große Hilfe. Wir entschieden uns dazu, die Feinstaubmesser an der Außenseite des Gebäudes anzubringen, weil wir wissen wollten, wie hoch die Feinstaubbelastung ist, die durch die Umleitung entsteht. Die Feinstaubmesser wurden auf „luftdaten.info“ registriert. Vom 30.06.2019 bis 19.12.2019 wurden die Werte gemessen und auf der Website in einem Archiv gespeichert. Diese Werte wurden dann mit selbst programmierten Skripten verarbeitet und in verschiedenen Ansichten dargestellt. Die Programmablaufpläne wurden von uns erstellt und von einem Programmierer programmiert.

Ergebnisse:

1. Feinstaubmesser 28329 (Höhe 1,5m)

Messwerte:

Tabelle 3: Höchstwerte > 25 µm/m³

Kalenderwoche	Datum	Uhrzeit (in h)	Höchstwerte PM2,5
28	12.07.2019 Freitag	09:03	30.92
31	29.07.2019 Montag	04:53	54.05
33	12.08.2019 Montag	06:44	55.48
34	25.08.2019 Sonntag	05:26	25.55
35	30.08.2019 Freitag	06:27	37.40
35	31.08.2019 Samstag	00:26	30.48
37	09.09.2019 Montag	21:30	33.35
37	10.09.2019 Dienstag	05:57	35.63
37	11.09.2019 Mittwoch	17:37	64.22
37	12.09.2019 Donnerstag	18:35	75.37
40	05.10.2019 Samstag	16:39	28.30
44	28.10.2019 Montag	06:47	28.85
44	29.10.2019 Dienstag	19:19	25.13
45	08.11.2019 Freitag	16:10	42.30
45	09.11.2019 Samstag	20:42	51.53
45	10.11.2019 Sonntag	19:37	31.92
46	12.11.2019 Dienstag	02:21	26.00
46	14.11.2019 Donnerstag	20:31	33.92
46	15.11.2019 Freitag	06:06	43.38
46	16.11.2019 Samstag	18:38	46.13
46	17.11.2019 Sonntag	17:12	65.60
47	18.11.2019 Montag	00:33	52.03
47	20.11.2019 Mittwoch	20:49	31.90
47	21.11.2019 Donnerstag	17:39	34.45
47	22.11.2019 Freitag	23:38	32.38
47	23.11.2019 Samstag	16:13	66.15
47	24.11.2019 Sonntag	02:52	41.42
48	01.12.2019 Sonntag	23:08	43.37
49	02.12.2019 Montag	01:24	46.47
49	05.12.2019 Donnerstag	19:17	37.42
49	06.12.2019 Freitag	00:03	31.48
51	18.12.2019 Mittwoch	22:55	27.95
52	19.12.2019 Donnerstag	10:11	36.13

Tabelle 4: Höchstwerte > 50 µm/m³

Kalenderwoche	Datum	Uhrzeit (in h)	Höchstwerte PM10
28	12.07.2019 Freitag	22:35	56.48
31	29.07.2019 Montag	04:53	73.65
32	07.08.2019 Mittwoch	06:31	59.85
33	12.08.2019 Montag	06:44	286.27
35	30.08.2019 Freitag	06:27	64.00
35	31.08.2019 Samstag	00:26	53.63
37	10.09.2019 Dienstag	04:48	63.80
37	11.09.2019 Mittwoch	17:37	106.78
37	12.09.2019 Donnerstag	18:35	93.30

40	06.10.2019 Sonntag	03:28	128.70
44	28.10.2019 Montag	06:47	105.32
44	29.10.2019 Dienstag	01:15	54.03
45	08.11.2019 Freitag	21:18	54.42
45	09.11.2019 Samstag	20:42	114.80
45	10.11.2019 Sonntag	00:51	119.57
46	11.11.2019 Montag	00:39	52.00
46	15.11.2019 Freitag	06:26	68.82
46	16.11.2019 Samstag	03:00	70.63
46	17.11.2019 Sonntag	20:19	175.98
47	18.11.2019 Montag	00:31	159.70
47	20.11.2019 Mittwoch	20:44	71.55
47	21.11.2019 Donnerstag	17:39	77.68
47	22.11.2019 Freitag	04:09	124.40
47	23.11.2019 Samstag	23:50	120.72
47	24.11.2019 Sonntag	03:51	103.10
48	01.12.2019 Sonntag	23:08	70.83
49	02.12.2019 Montag	01:58	76.85
49	05.12.2019 Donnerstag	19:02	56.67
51	18.12.2019 Mittwoch	22:55	82.75
52	19.12.2019 Donnerstag	06:11	104.15

Ergebnisse 29239

Die rot markierten Werte sind bei PM 2,5 alle Werte die über $50 \mu\text{m}/\text{m}^3$ sind und bei PM 10 alle Werte die über $120 \mu\text{m}/\text{m}^3$ sind. An diesen Tagen waren die Messungen sehr hoch und werden somit nochmal von den anderen Werten unterschieden. Wir haben diese Messwerte gewählt, da die roten Werte bei PM 2,5 nun das doppelte von den Höchstwerten $> 25 \mu\text{m}/\text{m}^3$ sind. Bei den roten Werten für PM 10 haben wir die Richtlinie sogar über das doppelte legen können, da es sonst zu viele Werte über dem doppelten Wert ($100 \mu\text{m}/\text{m}^3$) gegeben hätte.

An 22 von 168 Tagen erfolgte eine Messung mit Aussetzern. An 29 Tagen von 168 Tagen fand gar keine Messung statt. Grund ist wohl das instabile WLAN in unserer Schule.

Insgesamt wurden 16x an einem Freitag, Samstag oder Sonntag die Höchstwerte aufgezeichnet. An den restlichen Tagen (Montag bis Donnerstag) kam es 17x vor.

Höchstwerte der Kategorie PM2,5 wurden von Freitag bis Sonntag meistens am Abend oder in der Nacht (17 und 4 Uhr) gemessen. Von Montag bis Donnerstag wurden häufig am Abend (zwischen 17 und 22 Uhr) und am Vormittag (zwischen 8 und 12 Uhr) die höchsten Werte festgestellt.

Von den aufgezeichneten Daten lagen vier in der Ferienzeit.

Von Freitag bis Sonntag wurden die Höchstwerte der Feinstaubkategorie PM10 insgesamt 14x überschritten und von Montag bis Donnerstag 16x.

Höchstwerte traten von Freitag bis Sonntag größtenteils in der Nacht oder früh am Morgen (zwischen 22 und 8 Uhr) auf. Von Montag bis Donnerstag wurden überwiegend am frühen Morgen, am Abend oder in der Nacht (zwischen 17 und 8 Uhr) Höchstwerte aufgezeichnet.

Von den erfassten Daten lagen 5 in der Ferienzeit.

An 26 Tagen traten Höchstwerte, sowohl von PM2,5 als auch von PM10 auf. Das Auftreten der Höchstwerte der Feinstaubkategorien PM2,5 und PM10 unterschied sich kaum von den Tageszeiten oder von der Häufigkeit. In der Ferienzeit lagen ähnliche Werte wie in der Schulzeit vor. Der höchste Wert von PM2,5 lag während der Schulzeit an einem Donnerstag und der höchste Wert von PM10 fiel in der Ferienzeit auf einen Montag.

2. Feinstaubmesser 28331 (Höhe 10,5m)

Messwerte:

Tabelle 5: Höchstwerte > 25 µm

Kalenderwoche	Datum	Uhrzeit (in h)	Höchstwerte PM2,5
28	12.07.2019 Freitag	04:49	31,27
34	25.08.2019 Sonntag	05:27	25,13
35	29.08.2019 Donnerstag	04:25	27,37
35	30.08.2019 Freitag	08:24	27,20
35	31.08.2019 Samstag	01:20	36,13
37	09.09.2019 Montag	21:26	35,63
37	10.09.2019 Dienstag	04:20	27,57
37	11.09.2019 Mittwoch	17:39	44,67
37	12.09.2019 Donnerstag	18:39	46,80
40	05.10.2019 Samstag	17:05	45,27
43	23.10.2019 Mittwoch	17:08	60,83
43	24.10.2019 Donnerstag	01:46	55,13
43	25.10.2019 Freitag	17:27	25,03
44	30.10.2019 Mittwoch	19:41	33,90
44	31.10.2019 Donnerstag	16:47	63,23
44	01.11.2019 Freitag	00:05	32,00
45	08.11.2019 Freitag	16:12	29,60
45	09.11.2019 Samstag	20:42	37,33

Tabelle 6: Höchstwerte > 50 µm/m³

Kalenderwoche	Datum	Uhrzeit (in h)	Höchstwerte PM10
28	13.07.2019 Freitag	0:55	56.13
35	31.08.2019 Samstag	20:54	430.13
37	09.09.2019 Montag	16:22	52.57
37	11.09.2019 Mittwoch	03:56	74.27
37	12.09.2019 Donnerstag	23:47	70.07
40	05.10.2019 Samstag	01:40	72.80
40	06.10.2019 Sonntag	00:56	260.57
43	23.10.2019 Mittwoch	20:30	110.57
43	24.10.2019 Donnerstag	05:40	676.53
43	25.10.2019 Freitag	02:24	52.27
44	28.10.2019 Montag	23:16	324.77
44	30.10.2019 Mittwoch	20:42	61.80
44	31.10.2019 Donnerstag	20:54	163.80
44	01.11.2019 Freitag	03:58	66.67
45	09.11.2019 Samstag	01:46	95.97
45	10.11.2019 Sonntag	05:06	339.77
46	11.11.2019 Montag	00:12	291.67
46	14.11.2019 Donnerstag	17:08	52.50
46	15.11.2019 Freitag	01:46	72.50
46	16.11.2019 Samstag	08:48	62.30
46	17.11.2019 Sonntag	17:05	732.07
47	18.11.2019 Montag	04:24	537.63
47	20.11.2019 Mittwoch	21:26	537.63
47	21.11.2019 Donnerstag	17:39	53.00

47	22.11.2019 Freitag	18:31	344.33
47	23.11.2019 Samstag	01:15	293.30
47	24.11.2019 Sonntag	22:31	257.20

Ergebnisse 28331:

Die rot markierten Werte sind bei PM 2,5 alle Werte die über 50 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ sind und bei PM 10 alle Werte die über 120 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ sind. An diesen Tagen waren die Messungen sehr hoch und werden somit nochmal von den anderen Werten unterschieden. Wir haben diese Messwerte gewählt, da die roten Werte bei PM 2,5 nun das doppelte von den Höchstwerten > 25 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ sind. Bei den roten Werten für PM 10 haben wir die Richtlinie sogar über das doppelte legen können, da es sonst zu viele Werte über dem doppelten Wert (100 $\mu\text{m}/\text{m}^3$) gegeben hätte.

An 10 von 168 Tagen erfolgte eine Messung mit Aussetzern. An 18 Tagen von 168 Tagen fand gar keine Messung statt.

Insgesamt wurde 9x an einem Freitag, Samstag oder Sonntag die Höchstwerte überschritten. An den restlichen Tagen (Montag bis Donnerstag) kam es 9x vor.

Höchstwerte der Kategorie PM2,5 wurden von Freitag bis Sonntag meistens am frühen Morgen (zwischen 4 bis 8 Uhr) und am Abend (zwischen 17 und 22 Uhr) gemessen. Von Montag bis Donnerstag wurden es häufig am Abend (zwischen 17 und 22 Uhr) und am frühen Morgen (zwischen 4 und 8 Uhr) festgestellt.

Von den aufgezeichneten Daten lagen 2 in der Ferienzeit. Von Freitag bis Sonntag wurden die Höchstwerte der Feinstaubkategorie PM10 insgesamt 14x überschritten und von Montag bis Donnerstag 13x.

Höchstwerte traten von Freitag bis Sonntag größtenteils in der Nacht (zwischen 22 bis 4 Uhr) und am zweithäufigsten am Abend (zwischen 17 und 22 Uhr) oder am frühen Morgen (zwischen 4 und 8 Uhr) auf. Von Montag bis Donnerstag wurden überwiegend am Abend oder in der Nacht (zwischen 17 und 4 Uhr) Höchstwerte aufgezeichnet.

Von den erfassten Daten lagen 3 in der Ferienzeit.

An 12 Tagen traten die Grenzwerte, sowohl von PM2,5 als auch von PM10 auf. Das Auftreten der Höchstwerte der Feinstaubkategorien PM2,5 und PM10 unterschied sich kaum von den Tageszeiten, aber in der Häufigkeit. In der Ferienzeit lagen ähnliche Werte wie in der Schulzeit vor. Der höchste Wert von PM2,5 war während der Schulzeit an einem Donnerstag und der höchste Wert von PM10 fiel in der Ferienzeit auf einen Sonntag.

3. Feinstaubmesser 28333 (Höhe 6,4m)

Messwerte:

Tabelle 7: Höchstwerte > 25 $\mu\text{m}/\text{m}^3$

Kalenderwoche	Datum	Uhrzeit (in h)	Höchstwerte
28	12.07.2019 Freitag	09:03	35,80
28	13.07.2019 Samstag	04:44	30,93
31	29.07.2019 Montag	04:23	54,20
33	14.08.2019 Mittwoch	05:46	58,43
35	27.08.2019 Dienstag	05:38	26,17
35	29.08.2019 Donnerstag	09:35	28,10
35	30.08.2019 Freitag	06:38	39,70
35	01.09.2019 Sonntag	04:44	28,40
37	09.09.2019 Montag	21:07	30,97
37	10.09.2019 Dienstag	07:39	31,50
37	11.09.2019 Mittwoch	17:37	58,70
40	05.10.2019 Samstag	16:40	30,33
43	23.10.2019 Mittwoch	17:39	57,90
43	24.10.2019 Donnerstag	01:42	49,60
44	31.10.2019 Donnerstag	16:46	69,60
44	01.11.2019 Freitag	00:00	33,37

45	08.11.2019 Freitag	21:29	28,30
46	15.11.2019 Freitag	06:58	32,40
46	17.11.2019 Sonntag	19:05	42,00
47	18.11.2019 Montag	01:25	26,30
47	24.11.2019 Sonntag	03:16	27,90

Tabelle 8: Höchstwerte > 50 $\mu\text{m}/\text{m}^3$

Kalenderwoche	Datum	Uhrzeit (in h)	Höchstwerte PM10
28	12.07.2019 Freitag	22:31	62,50
31	29.07.2019 Montag	04:23	85,47
33	14.08.2019 Mittwoch	05:46	279,77
35	30.08.2019 Freitag	06:38	67,40
37	11.09.2019 Mittwoch	17:37	104,80
40	06.10.2019 Sonntag	04:23	136,37
41	11.10.2019 Freitag	06:41	56,50
43	23.10.2019 Mittwoch	17:39	118,00
43	24.10.2019 Donnerstag	01:42	101,70
44	28.10.2019 Montag	02:14	114,37
44	30.10.2019 Mittwoch	23:53	56,37
44	31.10.2019 Donnerstag	16:46	136,87
44	01.11.2019 Freitag	00:00	73,87
46	15.11.2019 Freitag	06:58	65,00
46	17.11.2019 Sonntag	18:35	88,80
47	18.11.2019 Montag	01:25	98,10
47	20.11.2019 Mittwoch	21:15	53,60
47	21.11.2019 Donnerstag	18:10	59,20
47	24.11.2019 Sonntag	03:16	51,80

Ergebnisse 28333:

Die rot markierten Werte sind bei PM 2,5 alle Werte die über $50 \mu\text{m}/\text{m}^3$ sind und bei PM 10 alle Werte die über $120 \mu\text{m}/\text{m}^3$ sind. An diesen Tagen waren die Messungen sehr hoch und werden somit nochmal von den anderen Werten unterschieden. Wir haben diese Messwerte gewählt, da die roten Werte bei PM 2,5 nun das doppelte von den Höchstwerten > $25 \mu\text{m}/\text{m}^3$ sind. Bei den roten Werten für PM 10 haben wir die Richtlinie sogar über das doppelte legen können, da es sonst zu viele Werte über dem doppelten Wert ($100 \mu\text{m}/\text{m}^3$) gegeben hätte.

An 110 von 168 Tagen erfolgte eine Messung mit Aussetzern. An 7 Tagen von 168 Tagen fand gar keine Messung statt.

Insgesamt wurde 10x an einem Freitag, Samstag oder Sonntag die Höchstwerte aufgezeichnet. An den restlichen Tagen (Montag bis Donnerstag) kam es 11x vor.

Höchstwerte der Kategorie PM2,5 wurden von Freitag bis Sonntag meistens am frühen Morgen (zwischen 4 und 8 Uhr) und am zweithäufigsten am Abend oder in der Nacht (zwischen 17 und 4 Uhr) gemessen. Von Montag bis Donnerstag wurden häufig am frühen Morgen (zwischen 4 und 8 Uhr) und am Abend (zwischen 17 und 22 Uhr) Höchstwerte festgestellt.

Von den aufgezeichneten Daten lagen 5 in der Ferienzeit.

Von Freitag bis Sonntag wurden die Grenzwerte der Feinstaubkategorie PM10 insgesamt 8x überschritten und von Montag bis Donnerstag 11x.

Höchstwerte traten von Freitag bis Sonntag größtenteils in der Nacht oder früh am Morgen (zwischen 22 und 8 Uhr) auf. Von Montag bis Donnerstag wurden überwiegend am Abend oder in der Nacht (zwischen 17 und 4 Uhr) Höchstwerte aufgezeichnet.

Von den erfassten Daten lagen 5 in der Ferienzeit.

An 13 Tagen traten die Höchstwerte, sowohl von PM2,5 als auch von PM10 auf. Das Auftreten der Höchstwerte der Feinstaubkategorien PM2,5 und PM10 unterschied sich kaum von den Tageszeiten oder von der Häufigkeit. In der Ferienzeit lagen ähnliche Werte wie in der Schulzeit vor. Der höchste Wert von PM2,5 war während der Schulzeit an einem Donnerstag und der höchste Wert von PM10 fiel in der Ferienzeit auf einen Mittwoch.

Auswertung Tagesverlauf:

Um den Tagesverlauf darzustellen, wurden zuerst Histogramme für jeden Feinstaubmesser und die zwei unterschiedlichen Feinstaubgrößen angefertigt. Diese wurden dann gegenübergestellt und verglichen. Da sie alle einen nahezu gleichen Verlauf vorweisen, wurden sie danach nur noch unter dem Aspekt der Partikelgrößen zusammengefasst, sodass nur noch zwei Diagramme verbleiben.

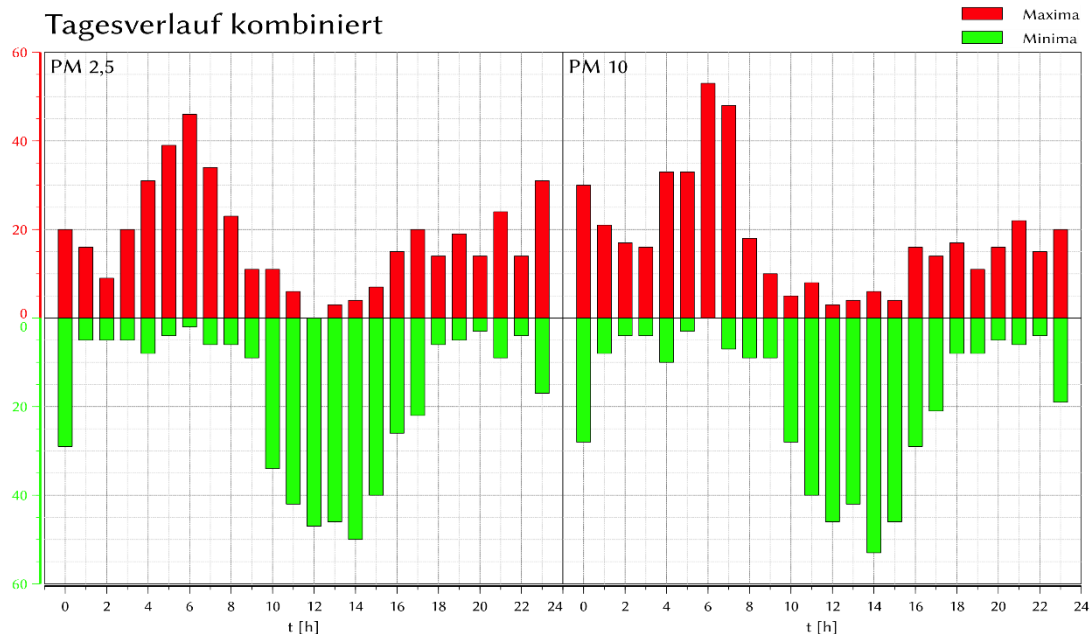


Abbildung 1: Tagesverlauf

Wie in den Diagrammen zu sehen ist, treten Maxima hauptsächlich im Bereich von 16 bis 17 Uhr auf. Dies kann am Berufsverkehr liegen.

Die Ausnahmen zwischen 8 und 16 Uhr kommen wahrscheinlich durch Ferientage, Wochenenden und das Wetter zustande.

Die Minima liegen hauptsächlich im Bereich von 10 bis 15 Uhr. Der Grund ist wahrscheinlich die Arbeits- und Schulzeit. Dort arbeiten oder lernen die meisten Menschen und fahren somit nicht mit dem Auto.

Im Bereich von 0 bis 2 und 23 bis 24 Uhr treten Maxima und Minima ähnlich häufig auf. Hier können die Wetterverhältnisse oder anderen Quellen (z.B: Heizungen) als Hauptursache vermutet werden, die Ermittlung weiterer Möglichkeiten liegt außerhalb des Rahmens der Arbeit.

Ausnahmen treten zwischen 1 und 9 Uhr und zwischen 18 und 22 Uhr auf. Diese haben ihren Grund möglicherweise ebenfalls im Wetter, aber vielleicht auch in den unterschiedlichen Tagesabläufen zwischen Arbeitstagen und Ferientagen.

Ist es realistisch das die Ziele für die Feinstaubwerte eingehalten werden?

Es gibt Richtwerte und Grenzwerte für Feinstaub. Die Grenzwerte der EU die für PM_{2,5} auf 25µg/m³ und für PM₁₀ auf 50µg/m³ im Tagesdurchschnitt beschränkt sind⁴. Die Richtwerte der WHO (World Health Organisation) die auf 20µg/m³ PM₁₀ und für PM_{2,5} auf 10µg/m³ im Tagesdurchschnitt beschränkt sind⁵. Diese Werte dürfen maximal 35x im Jahr übertreten werden. Der Unterschied zwischen den Richt- und Grenzwerten ist, dass die Richtwerte nicht eingehalten werden müssen, da sie nur eine Empfehlung sind, die Grenzwerte hingegen schon. Wir haben beide Varianten nach unserer halbjährigen Messung ausgewertet.

Tabelle 9: Insgesamt Überschreitungen im Messzeitraum

PM _{2,5} (EU)	PM 2,5(WHO)	PM ₁₀ (EU)	PM ₁₀ (WHO)
6	41	5	34

An der Tabelle sieht man, dass es einen großen Unterschied zwischen den von der EU festgelegten Grenzwerten und den Richtwerten der WHO gibt. Wir sind darauf gestoßen, dass es von Seiten der WHO große Kritik gegenüber der EU gibt, da ihre Grenzwerte zu hoch Gesetz seien, da Feinstaub ein Verursacher vieler Krankheiten ist.

Daher kann man sagen, dass die Ziele der EU an unserer Schule eingehalten werden, die Richtwerte der WHO jedoch nicht.

Um die Feinstaubbelastung zu reduzieren, sollte man zum Beispiel sein Auto zuhause stehen lassen und lieber mit dem Fahrrad, der Bahn oder dem Bus zur Schule oder zur Arbeit fahren.

Auswertung:

Wenn man nur die Tage nimmt an den Messungen stattfanden und von diesen dann die Tage mit Grenzwert Überschreitung nimmt, konnten wir folgende Prozente ermitteln:

PM_{2,5}:

PM_{2,5}:

Feinstaubmesser 28329: 23,74%

Feinstaubmesser 28333: 13,04%

Feinstaubmesser 28331: 12,00%

und für PM₁₀:

Feinstaubmesser 28329: 21,58%

Feinstaubmesser 28331: 18,00%

Feinstaubmesser 28333: 11,80%

Wenn man die einzelnen Wochentage betrachtet, treten keine großen Unterschiede auf. Die Höchstwerte der Grenzwerte von PM_{2,5} und PM₁₀ traten gleichmäßig verteilt an allen sieben Wochentagen auf. Freitag haben wir mit einer Tendenz zum Wochenende gerechnet, da freitags der Supermarkt gegenüber unserer Schule stark frequentiert wird oder aber auch oft nach der Arbeit über das Wochenende verreist wird.

Die höchsten Werte, die von PM_{2,5} und PM₁₀ gemessen wurden, lagen 4x in der Schulzeit und 2x in der Ferienzeit. Während der Schulzeit treten die meisten Höchstwerte auf und die

⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/feinstaub>

⁵ <https://www.swr.de/abgasalarm/suedwesten-im-feinstaub-check/-/id=18988100/did=20079144/nid=18988100/roa1n/index.html>

Häufigkeit ist ebenfalls höher. Das kann dadurch erklärt werden, dass viele Menschen mit dem Auto zur Arbeit bzw. ihre Kinder zur Schule oder in den Kindergarten fahren.

Tabelle 10: Insgesamte Überschreitungen je Feinstaubmesser

	WHO PM2,5	EU PM2,5	WHO PM10	EU PM10
28331	29	3	17	1
28333	26	3	16	2
28329	38	4	26	4

Stellt es eine gesundheitliche Gefährdung für uns Schüler da?

Wie bei dem Tagesverlauf zu sehen, treten die meisten Höchstwerte vor 8 Uhr und ab 16 Uhr auf. Früh kommen die Schüler in die Schule und nachmittags findet zum Teil um diese Uhrzeit noch Unterricht statt. Zwar halten wir Schüler uns hauptsächlich im Schulhaus auf, aber durch das notwendige Lüften kommt der Feinstaub in die Klassenräume. Am schlimmsten betroffen ist die unterste Etage. Da der Feinstaub in die Klassenräume gelangt, kann man sagen, dass es auf längeren Zeitraum eine Gesundheitsgefahr darstellt. Außerdem halten wir Schüler uns in Hofpausen auf dem Schulhof auf.

Gibt es Unterschiede zwischen den Höhen?

Der Feinstaubmesser 28329, der in der Höhe von 1,5m montiert wurde, hat am häufigsten die Grenzwerte von PM2,5 und PM10. Bei den beiden Feinstaubmessern 28331 (befestigte Höhe 10,5m) und 28333 (befestigte Höhe 6,4m) wurden keine Unterschiede von der Anzahl der gemessenen Höchstwerte registriert. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die drei Feinstaubmesser mit ihren aufgezeichneten Werten nah beieinander liegen. Somit haben wir mögliche Unterschiede bedingt durch die Anbringung der Feinstaubmesser in verschiedenen Höhen nicht weiter betrachtet.

Wetterarchiv

Es ist anzunehmen, dass das Wetter einen Einfluss auf die gemessenen Konzentrationen hat. So kann Niederschlag Feinstaub aus der Luft waschen bzw. trockener Wind zusätzlich Staub aufwirbeln. Da ein signifikanter Teil des Feinstaubes aus wasserlöslichen Anteilen besteht⁶. Ist zu vermuten, dass auch die Luftfeuchte einen Einfluss auf die Konzentration besitzt. Nachforschungen haben ergeben, dass nach Niederschlag die Feinstaubwerte sehr stark ansteigen sollen. Dies kann daran liegen, dass während eines Niederschlags sich das Verkehrsaufkommen erhöht. Daher müssen die Messwerte mit Wetterdaten in Übereinstimmung gebracht werden. Leider bietet das Wetterarchiv keine hinreichende zeitliche und geographische Auflösung um dieses im Nachhinein zu tun.

Warum ist die Feinstaubbelastung im Winter höher als im Sommer?

Im Winter ist die Luftfeuchtigkeit niedriger als im Sommer. Es ist also möglich, dass die meisten Feinstaubpartikel durch die Feuchtigkeit nicht gebunden werden und bleiben weiterhin in der Luft. Außerdem heizen viele Menschen im Winter mit Öfen. So gelangen durch das Heizen viele Feinstaubpartikel in die Luft.

⁶ https://www.empa.ch/documents/56101/246436/chem_char_pm10/d7e07ec3-0442-4749-b34f-3d26c9687038

Fehlerbetrachtung:

Sporadisch traten Ausfälle bei der Messwertaufnahme auf. Diese können durch Ausfälle der Stromversorgung oder der Netzwerkverbindung verursacht worden sein.

Die Werte setzen sich aus verschiedenen Staubarten zusammen. Neben menschlicher Aktivität hat Feinstaub auch natürliche Ursachen. Wie beispielsweise Pollen, diese können daher auch Fehlmessungen verursachen. Bei einem hohen Pollen aufkommen kann die Prallplatte der Feinstaubmesser verschmutzt werden. Dadurch werden die großen Partikel nicht gefiltert und mit gemessen. Dieses Problem ist schon einmal in Stuttgart an der Messstelle Neckartor aufgetreten. Wenn dieser Messfehler aufgetreten wäre, würden die unterschiedlichen Partikelwerte näher zusammenkommen oder sogar der P2,5 Wert den PM10 Wert überschreiten, was nicht möglich ist, weil PM2,5 eine Teilmenge von PM10 darstellt. Diese Effekte sind während unserer Messungen nicht aufgetreten, deshalb ist bei unseren Messungen so ein Fehler wahrscheinlich nicht aufgetreten.⁷

⁷<https://www.epochtimes.de/politik/deutschland/feinstaub-in-stuttgart-verfaelschen-pollen-und-bluetenstaub-seit-maerz-die-messwerte-a2478812.html>

Quellen:

<https://www.umweltbundesamt.at/pm10/>

<https://www.umweltbundesamt.at/pm25/>

<https://www.epochtimes.de/politik/deutschland/feinstaub-in-stuttgart-verfaelschen-pollen-und-bluetenstaub-seit-maerz-die-messwerte-a2478812.html>

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25#textpart-3>

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/wirkungen-von-luftschaedstoffen/wirkungen-auf-die-gesundheit#textpart-2>

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschaedstoffe/feinstaub>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Feinstaub/>

<https://luftdaten.info/>

<https://www.swr.de/abgasalarm/suedwesten-im-feinstaub-check/-/id=18988100/did=20079144/nid=18988100/roa1n/index.html>

Dank:

Das Schülerforschungszentrum Jena hat uns Tipps bei der Vorgehensweise gegeben. Außerdem hat es uns die Materialien gestellt. (Betreuerin: Dr. Christina Walther)

Herr Dietmar Güttler hat die Skripte programmiert.

Herr Frank Altenstein hat uns beim Zusammenbau der Feinstaubmesser geholfen, sowie bei der Fehlersuche.

Herr Knopf vom Medienzentrum Jena hat uns geholfen die Feinstaubmesser mit dem WLAN unserer Schule zu verbinden.