

Jugend forscht

Prima Klima – Effizientes Lüften im Klassenraum



Carla Thielen, Louana Bretz,
Noel Bretz

Jugend forscht

Prima Klima – Effizientes Lüften im Klassenraum!

Carla Thielen – Louana Bretz – Nouel Bretz

Kurzfassung

In unserem Experiment „Prima Klima“ wollten wir herausfinden, welches Lüften in unseren Klassenräume wirklich am besten ist um dann unsere Ergebnisse den Lehrkräften mitzuteilen, weil wir bemerkt haben, dass sie es oft selbst nicht wissen. Dazu haben wir mithilfe eines CO₂-Messgerätes, einer Wärmebildkamera, sowie zwei Raumklima-Messgeräten die Luftqualität, unter verschiedenen Lüftungsbedingungen, in einem, einem Klassenzimmer nachempfundenen Versuchsraum gemessen. Wir recherchierten und fanden heraus, dass die Faktoren Behaglichkeit, CO₂, Luftfeuchtigkeit und Temperatur am wichtigsten sind.

Um die Messungen vergleichen zu können, war es wichtig, dass wir immer die gleichen Bedingungen hatten. Diese waren derselbe Raum, dieselben Personen, der gleiche CO₂ Ausgangswert und das gleiche Außenklima.

Wir suchten uns aus den verschiedenen Lüftungsverhalten unserer Lehrer die vier häufigsten heraus und versuchten durch Messungen zu belegen, welches Lüftungsverhalten am effektivsten ist, also das Raumklima deutlich verbessert, ohne dass die Raumtemperatur zu stark absank und führten dazu die folgenden Messungen durch:

-Versuch 1: Fenster 45 min. komplett geschlossen

-Versuch 2: 45 min Fenster gekippt

-Versuch 3: nach 20 min 5 min Stoßlüften Fenster

-Versuch 4: nach 20 min 3 min Querlüften Fenster und Tür

Die Ergebnisse haben wir in Grafiken analysiert und ausgewertet.

Am Ende stellte sich heraus, dass Versuch 4 hinsichtlich unserer gewählten Faktoren am effektivsten war.

Leider war es uns in unseren Versuchen nicht möglich das Thema Energiesparen durch unsere Messungen zu belegen. Hierzu mussten wir uns auf andere Untersuchungen berufen.

Inhalt

1. Idee für die Arbeit	3
2. Theoretischer Teil.....	4
2.1. Zusammensetzung von Luft	4
2.2. Was ist CO ₂ überhaupt?.....	4
2.3. Leitwerte für die Luftqualität im Innenraum	6
2.4. Kipplüften ist die schlechteste Lüftungsmethode zum Energiesparen	7
2.5. Behaglichkeitsdiagramm.....	7
2.6. Aerosole (Viren in den Klassenräumen).....	8
3. Praktischer Teil	8
3.1. Ziel der Versuche.....	8
3.2. Versuche und Versuchsaufbau	8
3.3. Versuchsdurchführung inkl. Ergebnisse der Einzelversuche	10
4. Versuchsinterpretation	13
5. Zusammenfassung.....	14
6. Ausblick	15
7. Quellenübersicht.....	15
8. Unterstützerleistung	15

1. Idee für die Arbeit

„Mach mal das Fenster auf, hier ist dicke Luft!“

„Fenster zu! Mir ist kalt!“ Bestimmt zwei der meistgehörten Sätze in unseren Klassen. Besonders seit es Corona gibt.

Und nicht nur uns ging es so, sondern auch viele unserer Freunde beschwerten sich über das Lüftungsverhalten von Lehrern. Das brachte uns auf die Idee eine Umfrage zu starten, in der wir 25 Kinder und Jugendliche aus verschiedenen Klassen und Schulformen befragten.

Das Ergebnis war sehr eindeutig!

Manche Lehrer und Lehrerinnen bestehen bis jetzt noch auf komplett geöffnete Fenster und lassen uns in der Schule frieren. Andere sind mit 5 Minuten oder gar nicht Lüften auch schon zufrieden und meinen das würde reichen um gute Luft zu haben. Nur selten findet man in Klassenräumen CO2 Ampeln vor.

Dabei wäre eine einheitliche Regelung doch so wichtig, damit es nicht, wie in den letzten Wochen, zu halbleeren Klassen kommt, da sich ein Kind nach dem anderen durch die vielen Viren in den Klassenräumen ansteckte.

Und damit die Kinder, die ihren Sitzplatz am permanent gekippten Fenster haben, nicht die ganze Stunde frieren müssen.

Und dann kommt ja durch den Ukrainekrieg auch noch die Sache mit den Energiekosten dazu.

Wir wollten es genau wissen.

Wie viel Lüften muss sein um ein gutes Klima im Raum zu haben, aber ohne dass die teure Energie verschwendet wird und vor allem , dass niemand frieren muss? Wir begannen zu überlegen was Raumklima eigentlich ist. Aus was setzt sich Luft zusammen? Wann gilt sie als gut und wann als schlecht?

Unser Ziel war es, die Lehrer/-innen, mit Argumenten aus unseren Erkenntnissen, vom richtigen Lüften zu überzeugen.

2. Theoretischer Teil

Wir haben mithilfe von verschiedenen Quellen Einiges über Raumklima, CO₂ und Lüftungsverhalten in Erfahrung gebracht.

2.1. Zusammensetzung von Luft

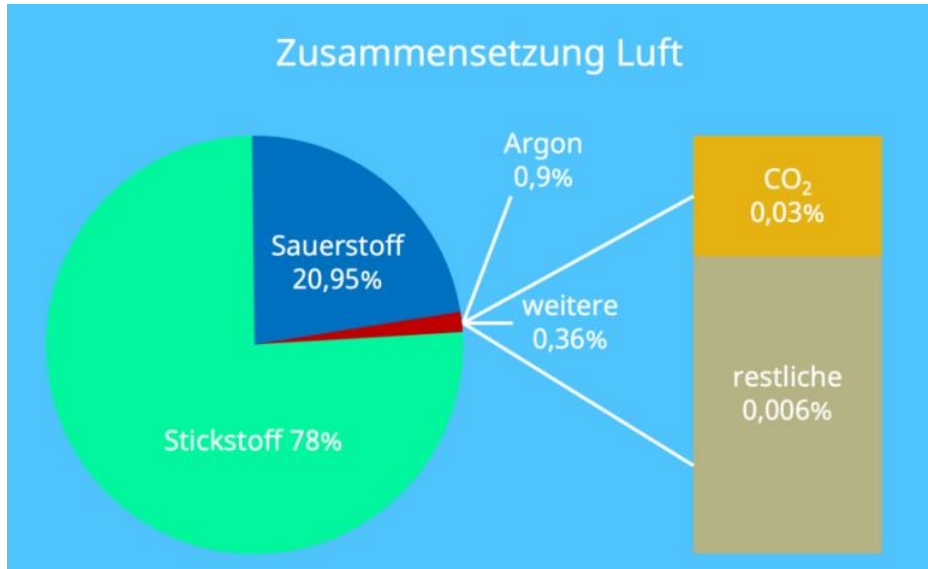
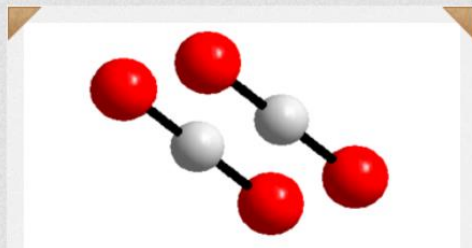


Abb. 1: Zusammensetzung der Luft ¹

2.2. Was ist CO₂ überhaupt?

CO₂ ist ein Gas, das in der Natur vorkommt.



© Orci / Wikimedia CC-BY-SA 3.0

CO₂ ist ein gasförmiges Molekül, das es ganz oft in der Natur gibt. Pflanzen brauchen es, um wachsen zu können. Wir Menschen stellen es her, indem wir ein- und ausatmen.

Beim Einatmen nehmen wir Sauerstoff auf. In unserem Körper wird der Sauerstoff genutzt, um Energie zu gewinnen. Dadurch entsteht CO₂. Das wird dann beim Ausatmen in die Luft abgegeben.

Wann und warum ist CO₂ schädlich?

¹ <https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/zusammensetzung-luft-2796>

CO₂ ist ein natürlicher Stoff. Er ist eigentlich nicht gefährlich. Schädlich ist, wenn es zu viel davon gibt. Wenn die Luft in unserer Umgebung zu viel CO₂ enthält, können wir müde werden. Das kann zum Beispiel passieren, wenn viele Menschen in einem Klassenraum sind und zu wenig gelüftet wird.

Auch in der Atmosphäre ist CO₂ ein natürliches Gas. Wenn es dort kein CO₂ gäbe, wäre es viel zu kalt auf der Erde.

Inzwischen gibt es aber zuviel davon. Beim Verbrennen von Kohle entsteht sehr viel CO₂. Und beim Verbrennen von Benzin oder Diesel, also beim Autofahren und Fliegen. Wir müssen andere Wege nutzen, um Energie zu gewinnen.

Und warum heißt das Gas CO₂?

Warum heißt das Gas CO₂?

CO₂ ist eine Abkürzung. Auf Englisch heißt das Molekül "Carbon-di-Oxid". Carbon = Kohlenstoff. Oxide = Sauerstoff. Und weil in dem Molekül zwei Sauerstoff-Atome sind, ist da noch die Silbe "di", was nämlich "2" bedeutet.

Auf Deutsch heißt das Gas "Kohlenstoff-Dioxid". Viele kürzen ab und sagen einfach "Kohlendioxid".

Abb.2 CO₂²

Menschen produzieren CO₂ und somit ist nach einer Zeit weniger Sauerstoff im Raum und das ist schlecht für die Menschen in dem Raum, weil man dann müde wird.³⁴

Konzentrationschwierigkeiten durch schlechte Luft?

Schlechte, miefige Luft im Klassenraum ist nicht nur unangenehm, sondern führt auch zu Konzentrationschwierigkeiten. Das Problem ist, dass in den Klassenzimmern auf kleinem Raum viele Menschen zusammensitzen – die natürlich alle atmen. In der Luft, die uns umgibt, ist unter anderem Sauerstoff enthalten. Diesen nehmen wir beim Einatmen über Nase oder Mund auf. Von dort gerät der Sauerstoff über die Lunge und die Bronchien in die Lungenbläschen, wo er an das Blut weitergegeben wird. In den verschiedenen Zellen unseres Körpers wird der Sauerstoff aus dem Blut dann verbraucht. Dabei entsteht Kohlendioxid, kurz CO₂, das über die Luftröhre und dann durch den Mund oder die Nase wieder ausgeatmet wird.



Wird in einem Klassenraum, in dem viele Schüler sitzen, zu selten gelüftet, kann das ausgeatmete CO₂ nicht abziehen und bleibt in der Raumluft. Dadurch atmete jeder auch wiederum mehr CO₂ ein, was dazu führt, dass der CO₂-Gehalt im Blut steigt und sich die Blutgefäße weiten. Das Ergebnis: Der Blutdruck sinkt und die Schüler fühlen sich irgendwann müde und unkonzentriert. Miese Luft im Klassenraum führt aber nicht nur zu Müdigkeit und schlechter Konzentration, sie kann auch krank machen: Keime z.B. verbreiten sich in einem miefigen Klasserraum nämlich schneller, als in einem Raum der regelmäßig gelüftet wird.

Es gibt CO₂-Ampeln zur Echtzeitüberwachung der Luftqualität, die ein Signal geben, wenn es Zeit zum Lüften ist.⁵

Darstellung von Zusammenhang von CO₂ und Menschen in einem Raum

² [CO₂ – Meine Forscherwelt \(meine-forscherwelt.de\)](https://www.meine-forscherwelt.de)

³ [Mief in der Schule - Macht schlechte Luft wirklich müde? - neuneinhalb - TV - Kinder \(wdr.de\)](https://www.wdr.de)

⁴ [Schlechte Luft - S - A bis Z - Lexikon - neuneinhalb - TV - Kinder \(wdr.de\)](https://www.wdr.de)

⁵ [Wie funktioniert die CO₂-Ampel? Intelligent, digital und vernetzt!](https://www.wdr.de)

Wir überlegten, ob es nicht irgendwie möglich ist, den Zusammenhang von Menschen und CO₂ ppm in einem Raum darzustellen, sodass es alle, z.B. auch kleinere Kinder, sofort verstehen. Uns kam die Idee Modelle wie ein Ampelsystem zu bauen. Dazu besorgten wir uns durchsichtige Boxen, Modellfiguren, Bastelpompoms, Angelschnur und Papier in den Farben : rot, orange und grün.

Unser Ergebnis :



2.3. Leitwerte für die Luftqualität im Innenraum

Wir fanden heraus, dass es Richtwerte für die CO₂ Konzentration in Innenräumen gibt

Tabelle 2. Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumluft (Ad-hoc-AG 2008)

Co ₂ -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	▶ Keine weiteren Maßnahmen
1000–2000	Hygienisch auffällig	▶ Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) ▶ Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	▶ Belüftbarkeit des Raumes prüfen ▶ ggf. weitgehende Maßnahmen prüfen

6

⁶ Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, Ausgabe 2008 (umweltbundesamt.de)

Für Schulklassenräume gibt es außerdem Richtwerte für den Luftraumbedarf pro Schüler:

Schüler, Schülerinnen und Lehrkräfte verbringen in der Schule etwa 70 bis 80 Prozent ihrer Zeit in den Klassenräumen. Deshalb ist es wichtig, dass hier ausreichend Platz zur Verfügung steht. Verbindliche Kennzahlen zum Platz- und/oder Luftraumbedarf für allgemeine Unterrichtsräume sind allerdings in den landesspezifischen Schulgesetzen, Schulbauverordnungen oder Schulbau Richtlinien nur an sehr wenigen Stellen zu finden. So hat Bayern eine Schulbauverordnung herausgegeben, die mindestens 2 m² Grundfläche und 6 m³ Luftraum pro Schülerin und Schüler als Planungsgröße festlegt. Eine weitere Differenzierung z. B. nach Altersstufen, speziellen Fachräumen oder pädagogischen Konzepten findet sich nicht. Die einschlägige Fachliteratur verwendet für den Schulbau seit vielen Jahren ebenfalls einen Planungswert von 2 m² pro Schülerin und Schüler bei einer lichten Raumhöhe von 3 m.

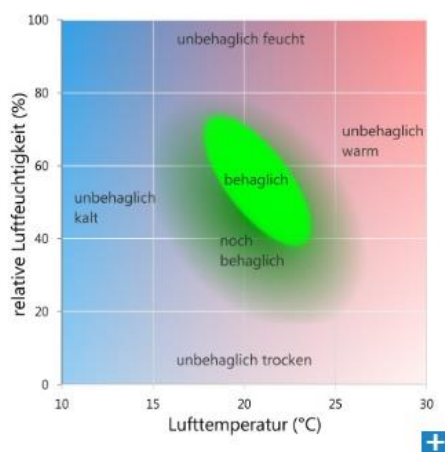
7

2.4. Kipplüften ist die schlechteste Lüftungsmethode zum Energiesparen

Wir haben auf mehreren Internetseiten recherchiert und herausgefunden, dass Kipplüften die schlechteste Methode zum Energiesparen ist. Das liegt daran, dass für die Luft beim Kipplüften einfach weniger Platz da ist, um ins Zimmer hinein- und hinauszugelangen.^{8 9 10}

2.5. Behaglichkeitsdiagramm

welches aufzeigt, bei welcher Raumlufttemperatur und Luftfeuchte wir uns wohlfühlen:



© Fraunhofer WKI | Erik Uhde

⁷ [DGUV Information 202-090 Klasse \(n\) – Räume für Schulen - Empfehlungen für gesundheits- und lernfördernde Klassenzimmer \(BG/GUV-SI 8094\)](#)

⁸ [Wie funktioniert stoßlüften? Tipps und Sparpotenzial | Mein Klimaschutz \(mein-klimaschutz.de\)](#)

⁹ [Energiesparen im Winter | kindersache](#)

¹⁰ [Für Kinder erklärt: Wieso müssen wir Energie sparen? - Zukunft - derStandard.de › Wissen und Gesellschaft](#)

2.6. Aerosole (Viren in den Klassenräumen)

Der Film zeigt die Verbreitung von Aerosolen und somit auch von Krankheitserregern durch die Atmung, durch Husten und Niesen im Klassenzimmer.¹¹

3. Praktischer Teil

Erste Versuche in einem Klassenraum, dort waren aber zu viele Unregelmäßigkeiten (unterschiedliche Raumgröße, schwankende Personenanzahl, unterschiedlicher CO₂ Ausgangswert) während der Versuche, so dass wir uns entschieden haben die Versuche in einem „Ersatzraum“ durchzuführen. Hierfür haben wir die Verhältnisse wie in einem Norm-Klassenraum laut 2.3. berücksichtigt:

3.1. Ziel der Versuche

Wir wollten herausfinden, auf welche Art man einen Klassenraum am besten lüftet, d.h. gute Luftqualität und wenig Energieverlust bzw. geringe Kälteempfindung für die Schüler.

3.2. Versuche und Versuchsaufbau

Für alle Versuche bewerteten wir die Luftqualität mit CO₂ und Luftfeuchtigkeit (mit Eve Room 2x und Pasco CO₂- Messgerät).

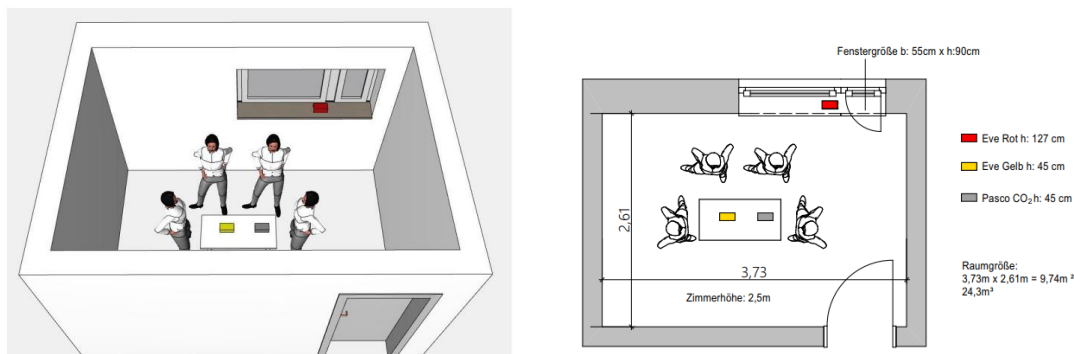
Die Darstellung der Luftströmung mittels Wärmebildkamera Flir one war leider nicht möglich, man konnte die Luft auf den Fotos nicht sehen, nur kalte /warme Gegenstände oder Personen.

Zusätzlich wurden die Temperaturen an 2 Stellen gemessen, die gefühlte Temperatur haben wir nach unserem Empfinden aufgeschrieben.

Der Versuchsaufbau war immer gleich, siehe Skizzen des Versuchsraumes.

Die Ausgangssituation für alle Versuche war immer gleich (etwa 650ppm). Die Versuche mit Lüftung wurden alle an einem Tag und hintereinander durchgeführt, so dass das Wetter keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse hatte. Alle Versuche dauerten 45min = eine Schulstunde

Die Größe des Versuchsraumes wählten wir entsprechend den Richtwerten für die Größe von Schulklassen (nach Punkt 2.3) etwa 24 m³/ 6 m³= > mit 4 Personen



Skizzen Versuchsraum (gezeichnet mit Archicad)

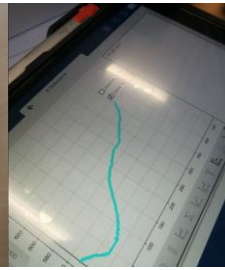
¹¹ [So verbreiten sich Aerosole - ZDFtivi](#)



Eve room Raumklima Sensor One



Pasco CO₂ Messgerät



Ipad mit SPARKvue App, Wärmebildkamera Flir



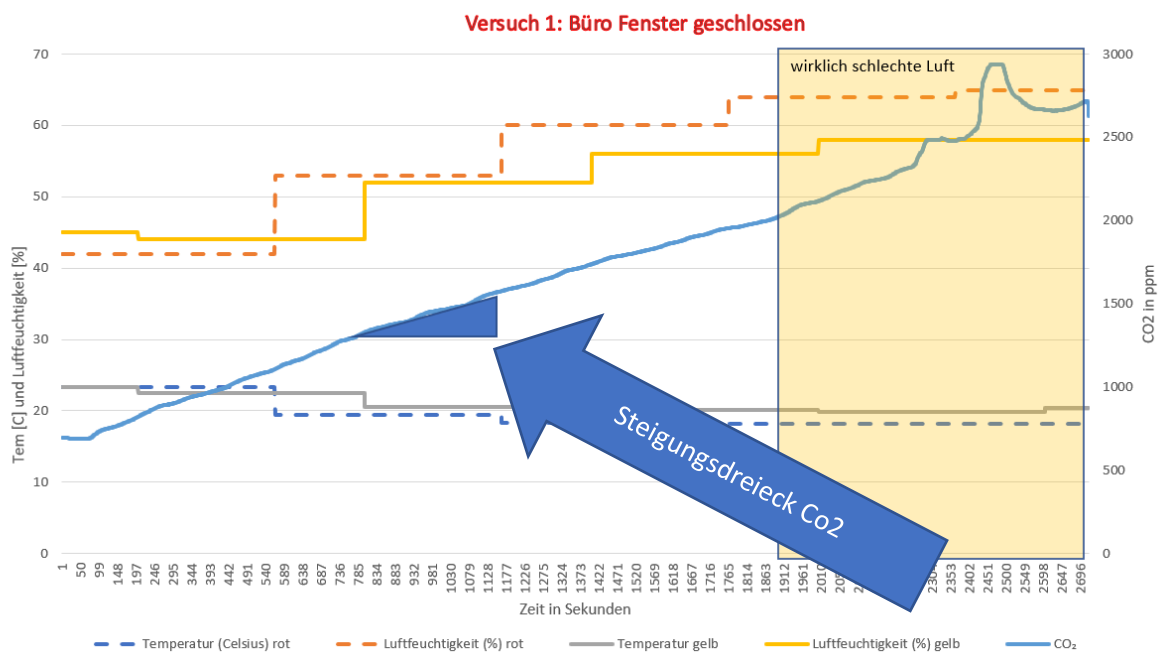
Wir haben 4 verschiedene Versuche durchgeführt:

(Natürlich waren das nicht die einzigen Lüftungsversuche, die wir gemacht haben, denn aus Fehlern lernt man bekanntlich ja, und so konnte man die ersten Messungen, die wir gemacht haben, nicht wirklich vergleichen, weil wir zum Beispiel einfach angefangen haben zu messen ohne auf den Co₂ Ausgangswerte zu achten. Auch waren die Messzeiten anfangs sehr unterschiedlich, was sich auch ziemlich schwer vergleichen lies. Unterschiedlich große Räume in der Schule mit variierender Anzahl von Schülern erschwerte uns auch den Vergleich. Und schließlich spielte uns auch die Technik noch Streiche und speicherte die Messungen einfach nicht ab und wir konnten wieder von vorne anfangen).

So entstand die folgende Tabelle mit den 4 häufigsten Lüftungsverhalten unter oben genannten Bedingungen, so dass wir besser vergleichen konnten:

Parameter	1 Basis	2	3	4
Kommentar z. Versuch	Basis	Kipp	Fenster stoß	Fenster & Tür stoß
Fensterstellung bei Öffnen	geschlossen	gekippt	ganz geöffnet	ganz geöffnet
Türstellung beim Lüften	geschlossen	geschlossen	geschlossen	geöffnet
Lüftungszeit [s]	n.vorhanden	2700	300	180
Lüftungsabstand [s]	n.vorhanden	durchgängig	1200	1200

3.3. Versuchsdurchführung inkl. Ergebnisse der Einzelversuche



Versuchsdurchführung:

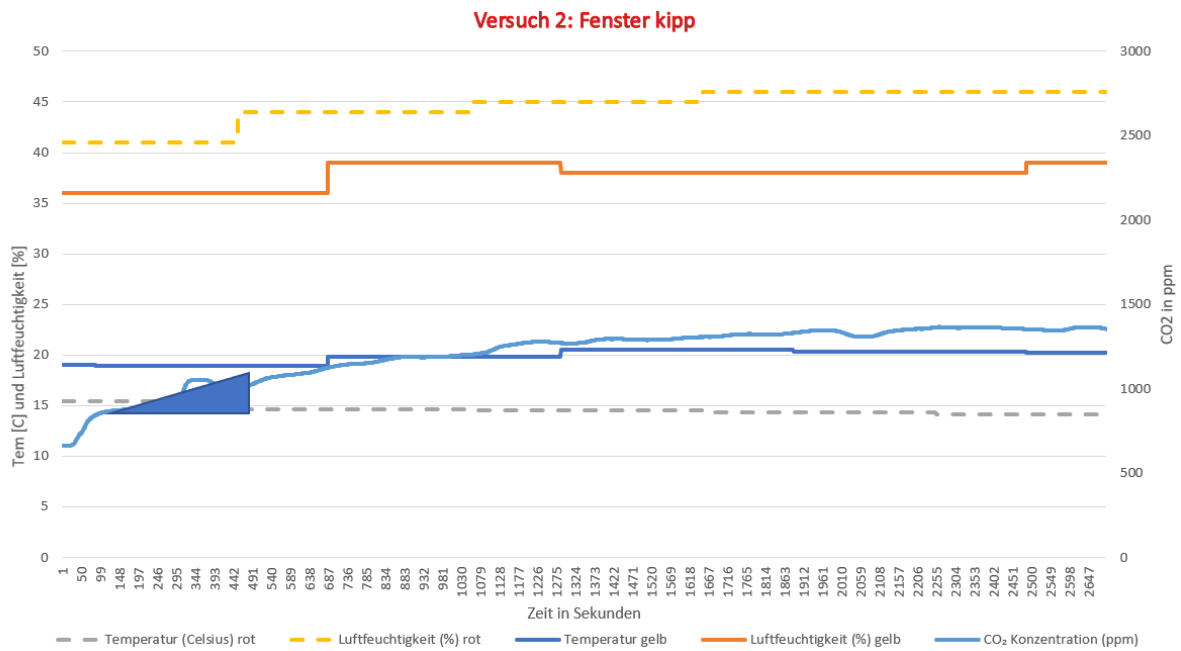
In Versuch 1 wollten wir wissen, wie schnell der CO₂-Wert steigt und wie sich die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Behaglichkeit ändern, wenn wir nicht lüften.

Beobachtung Versuch 1:

Die Luftfeuchtigkeit stieg um ~ 14 bis 24 Prozentpunkte. Am Boden steigt die Luftfeuchtigkeit langsamer. Es ist für uns unlogisch, dass die Temperatur fällt. Wir glauben, dass es daran liegt, dass die Eve Messgeräte verzögert messen und sich nach dem Lüften vor dem Versuch noch nicht eingestellt hatten.

CO₂ steigt mit der Zeit linear an. Bei Sekunde 2400 gab es eine Auffälligkeit durch Atmen in der Nähe des Messgeräts. Der Wert wurde jedoch nicht dauerhaft beeinflusst, sondern glich sich nach einer Weile wieder aus.

Wir haben uns während der Messung gut gefühlt, uns war nicht kalt.



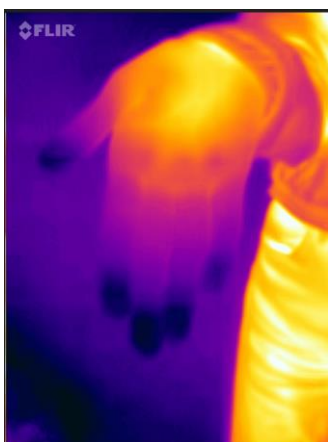
Versuchsdurchführung:

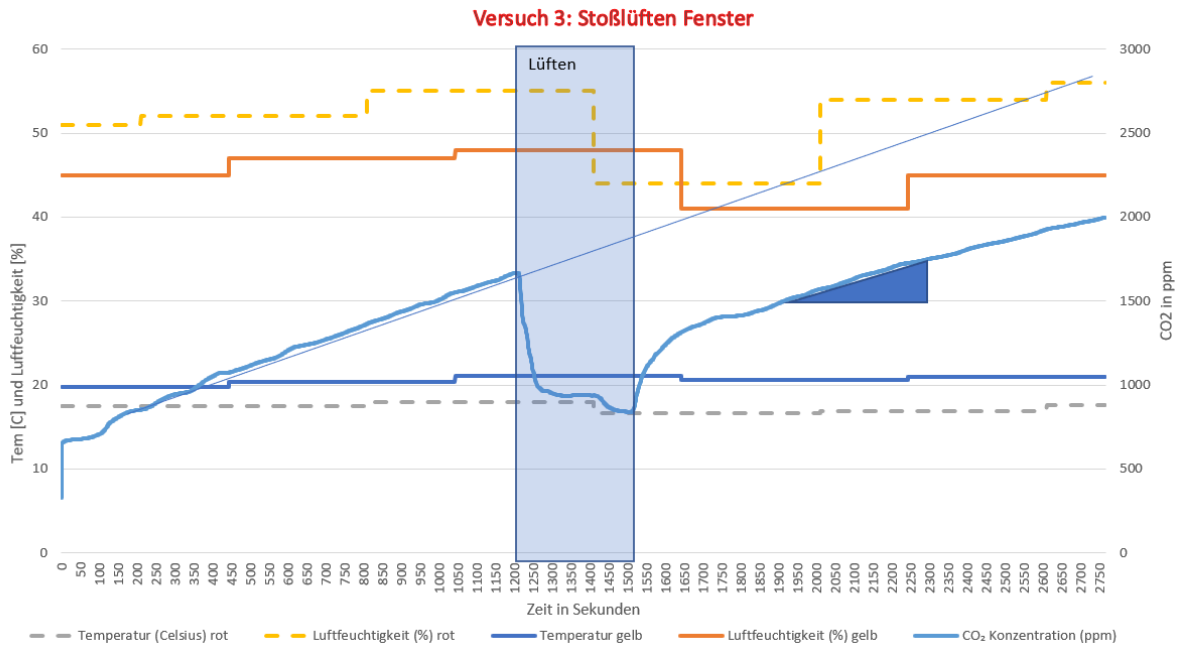
In Versuch 2 wollten wir wissen, wie schnell der CO₂-Wert steigt und wie sich die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Behaglichkeit ändern, wenn wir das Fenster 45 Minuten auf Kipp stellen.

Beobachtung Versuch 2:

Die Luftfeuchtigkeit stieg um 4 Prozentpunkte. Die Temperatur am Fenster war immer ca. 5C° kälter als die im Raum. Beide Messwerte blieben konstant. Der CO₂-Messwert ist am Anfang sehr schnell gestiegen, dann abgeflacht und in der letzten Viertelstunde hat er sich auf einen Wert von 1400 ppm eingependelt.

Uns war während dem Versuch sehr kalt. Schon nach 20 Minuten waren unsere Hände eiskalt. (siehe Bild)





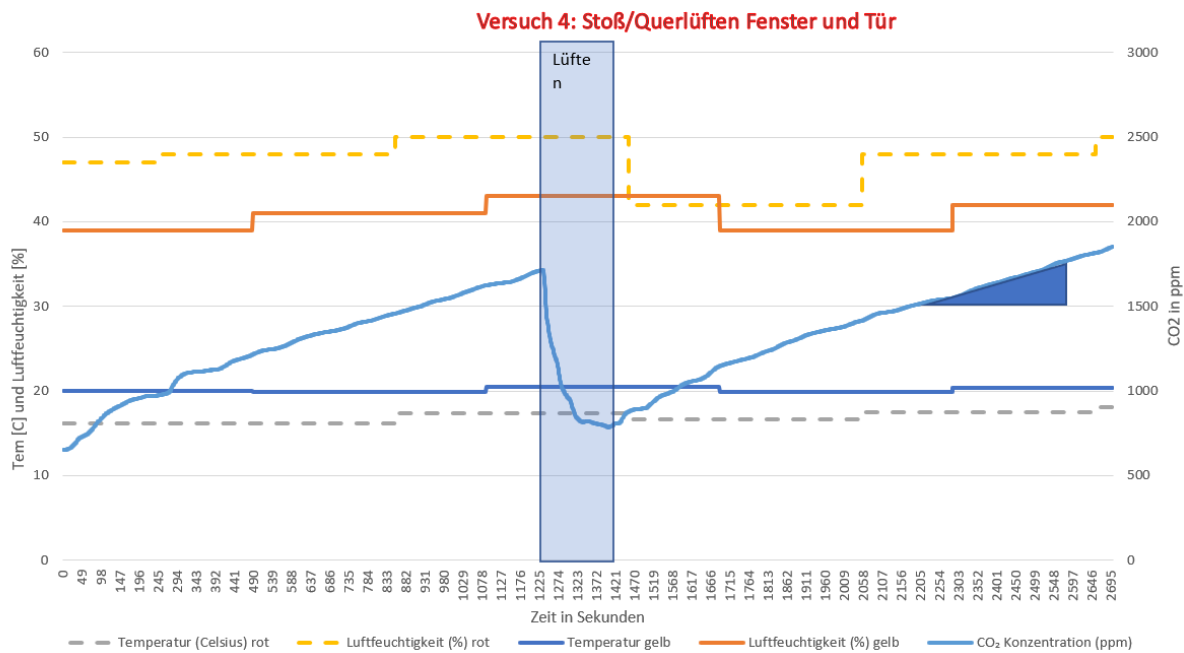
Versuchsdurchführung:

In Versuch 3 wollten wir wissen, wie schnell der CO₂-Wert steigt und wie sich die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Behaglichkeit ändern, wenn wir nach 20 Minuten für 5 Minuten das Fenster komplett öffnen und sozusagen stoßlüften.

Beobachtungen Versuch 3:

Die Luftfeuchtigkeit sank während des Lüftens um 10 Prozentpunkte, stieg dann allerdings wieder auf den Ausgangswert an. Die Temperatur blieb ~ gleich, auch während dem Stoßlüften. Der CO₂-Wert stieg linear an. Beim Lüften sank er sehr schnell. Sobald wir das Fenster wieder geschlossen hatten, stieg der Wert wieder schnell an und stieg wieder linear.

Wir fühlten uns während dem Versuch gut, es war uns nicht kalt.



Versuchsdurchführung:

In Versuch 4 wollten wir wissen, wie schnell der CO₂-Wert steigt und wie sich die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Behaglichkeit ändern, wenn wir nach 20 Minuten für 3 Minuten das Fenster und die Tür komplett öffnen, sozusagen querlüften.

Beobachtungen Versuch 4:

Die Messwerte der Luftfeuchtigkeit blieben relativ gleich, beim Lüften fielen beide um 4-8 Prozentpunkte. Die Temperatur blieb konstant und auch der Unterschied zwischen den zwei Messwerten blieb gleich. Der CO₂-Wert stieg linear, beim Lüften sank er schnell und ist dann wieder gestiegen. Er blieb aber auf 1800 ppm.

Wir fühlten uns während dem Versuch gut, es war uns nicht kalt.

4. Versuchsinterpretation

Da das **CO₂-Messgerät** jede Sekunde aufzeichnete, funktionierte das Messen gut. Der Anstieg vom CO₂ war bei geschlossenem Fenster bei allen Versuchen vergleichbar (siehe Steigungsdreiecke in den Graphen). **Die CO₂ Werte sind also sehr verlässlich.** Uns fiel auf, dass CO₂ bei geschlossenem Fenster linear stieg. Bei gekipptem Fenster steigt es eher in einer Kurve, sobald das Fenster offen fällt der Wert deutlich.

Bei den **EVE-Geräten ergab sich das Problem**, dass die Messgeräte nur alle 10 Minuten aufzeichneten. Deswegen sind die Werte von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Diagrammen zeitlich nicht ganz genau. Dadurch gibt es in den Graphen real eigentlich nur alle 10 min. neue Daten. Die restliche Zeit haben wir mit den vorherigen Werten aufgefüllt. **Luftfeuchtigkeit** und Raumtemperatur veränderten sich in allen Versuchen nicht merklich, bzw. **nicht plausibel** (z.B. sank die Temperatur im Raum bei V1, obwohl wir im Raum waren). Bei Versuch 2 viel auf, dass die Temperatur am Fenster viel kälter als die Temperatur im Raum war und die Kinder mit Sitzplatz am Fenster so auf jeden Fall gefroren

hätten. Mit unseren **Messmethoden war es leider nicht möglich herauszufinden welches Lüften am energiesparendsten** ist.

Es hat auch nicht geklappt die Luftströmungen mit der Wärmebildkamera sichtbar zu machen.

Neben den Messwerten war das subjektive Gefühl zum Kälteempfinden bei den Versuchen aber eindeutig!

5. Zusammenfassung

Gegenüberstellung der Versuche:

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
Lüftung	Nein	Fenster kipp dauerhaft	Stoß Fenster 5min	Stoß Fenster & Tür 3min
CO2 Wert Ø-Werte	1.709,1	1.207,6	1.362,3	1.308,5
Temperatur Ø (Fenster/Raum) [°C]	19,6 / 20,9	14,6 / 19,9	17,3 / 20,6	16,9 / 20,1
Luftfeuchtigkeit (Fenster/Raum) [%]	56,3 / 52,2	44,5 / 37,8	51,5 / 45,2	47,0 / 40,8
Unser Gefühl	gut	Nicht gut (am Fenster sehr kalt)	gut	gut

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Versuch 4 am besten abgeschnitten hat :

- Der CO2 Wert war bei den V2-V4, also mit Lüften nicht sehr unterschiedlich, aber deutlich besser als in V1. Mit jedem Lüften sank der CO2 Wert sehr schnell.
- V4 ist in der Temperaturveränderung ähnlich unauffällig wie V3.
- Die Luftfeuchtigkeit als Maßstab für die Viruslast war im V2 und V4 am geringsten (Ansteckungsgefahr).
- Es war angenehm und nicht zu kalt.

Da wir pro Messung 123 Seiten Daten hatten, gibt es hier nur einen Auszug aus der Tabelle, da es sonst viel zu viel wäre.

Auszug der Rohdaten im Excel zu Versuch 1 :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Datum und Zeit Datensatz 4	Zeit (s) Datensatz 4	CO ₂	Tempe	Luftfe	Tempe	Luftfe	Tempe	Luftfe	Tempe	Luftfeuch
2		Ø Werte	1709	#NV	#NV	19,56	56,25	#NV	#NV	20,93	52,18
3		Delta min/max	2250	#NV	#NV	5,17	23	#NV	#NV	3,42	14
4						23,33	42			23,34	45
5	17:12:40	0	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
6	17:12:41	1	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
7	17:12:42	2	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
8	17:12:43	3	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
9	17:12:44	4	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
10	17:12:45	5	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
11	17:12:46	6	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
12	17:12:47	7	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
13	17:12:48	8	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
14	17:12:49	9	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
15	17:12:50	10	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45
16	17:12:51	11	698	#NV	#NV	23,33	42	#NV	#NV	23,34	45

6. Ausblick

Wir werden unsere Ergebnisse auch noch im Mädchen-Experimentier-Workshop „Klimalabor“ des Schülerforschungszentrums am 10/11.01.23 einbringen und mit Fr. Prof. Dr. Massa von der Hochschule Trier diskutieren. Wir sind gespannt, was wir dann noch lernen.

7. Quellenübersicht

Siehe Fußnoten

Fotos von Privat

8. Unterstützerleistung

Hilfe bei Excel und Word durch Joachim Bretz.

Hilfe bei ArchiCad durch Desiree Gard-Bretz

Leihgabe der Messgeräte durch das Schüler-Forschungszentrum Prüm.

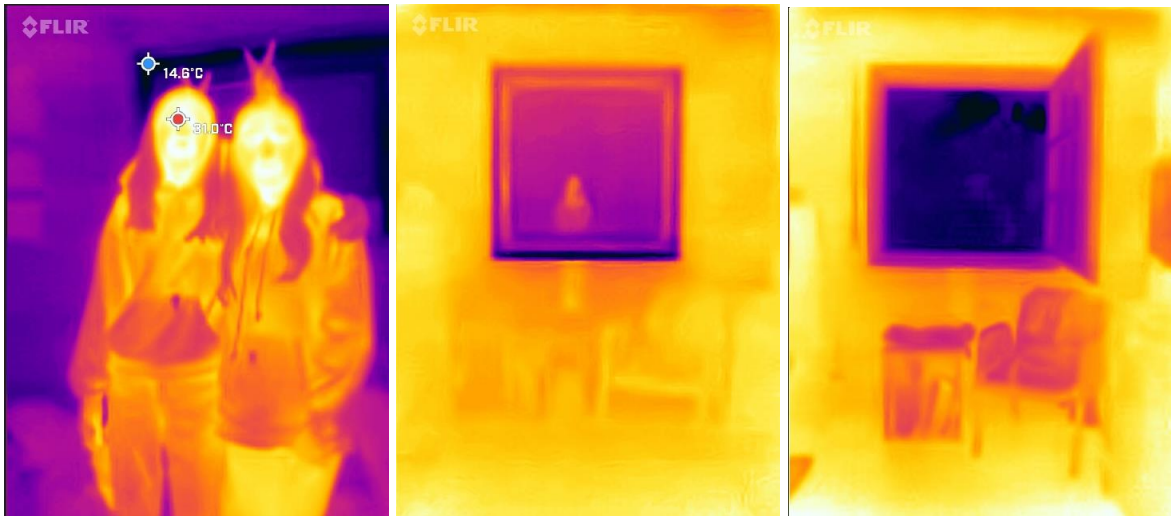
Für die Durchführung der Messungen waren es immer die gleichen Personen :

Beratung und Hilfe bei organisatorischen Dingen durch unsere Lehrerin Frau Ostermann.

Ein besonderer Dank gilt unseren Müttern Christina und Desiree, die stundenlang als Versuchspersonen für unsere Messungen bereit standen.

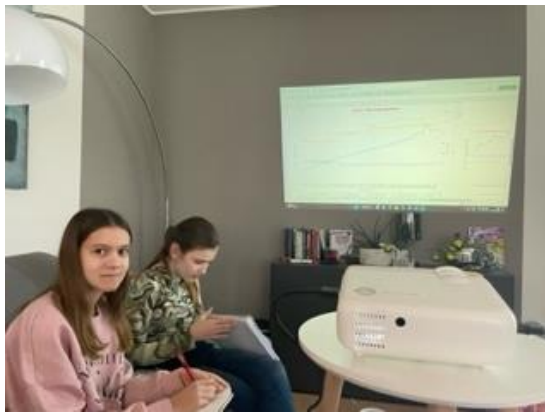
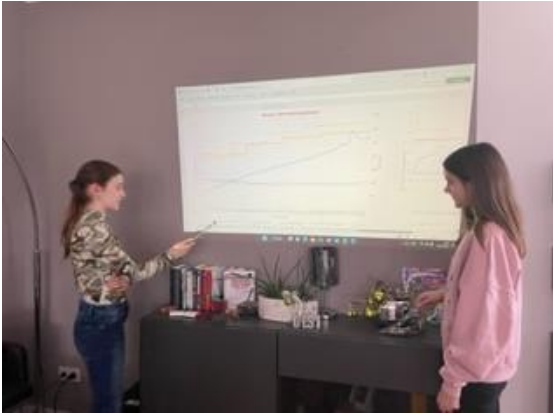
2635	17:56:30	2630	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2636	17:56:31	2631	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2637	17:56:32	2632	2660	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2638	17:56:33	2633	2660	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2639	17:56:34	2634	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2640	17:56:35	2635	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2641	17:56:36	2636	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2642	17:56:37	2637	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2643	17:56:38	2638	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2644	17:56:39	2639	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2645	17:56:40	2640	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2646	17:56:41	2641	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2647	17:56:42	2642	2662	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2648	17:56:43	2643	2664	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2649	17:56:44	2644	2664	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2650	17:56:45	2645	2664	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2651	17:56:46	2646	2664	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2652	17:56:47	2647	2664	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2653	17:56:48	2648	2666	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2654	17:56:49	2649	2666	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2655	17:56:50	2650	2666	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58
2656	17:56:51	2651	2666	#NV	#NV	18,16	65	#NV	#NV	20,43	58

Fotos mit der Wärmebildkamera



Man sieht, dass die Gegenstände (z.B. der Stuhl unter dem Fenster in Bild 3) bei offenem Fenster auskühlen.





12

