

# Airly

## Ein Roboter für gesunde und nachhaltige Luft im Schulzimmer



**Mary Kirsten Helbling  
Kira Malin Jeger**

Beruf:  
Gebäudetechnikplanerinnen Lüftung EFZ

Lehrjahr:  
4. Lehrjahr

Berufsmaturitätsschule Zürich

Betrieb:  
Haerter & Partner AG

Abgabedatum:  
27. November 2025

## **Zusammenfassung:**

Unsere Arbeit handelt von Airly, einem kindgerechten Roboter, der Kinder spielerisch auf die Luftqualität im Schulzimmer aufmerksam macht. Airly misst CO<sub>2</sub>, Temperatur und Luftfeuchtigkeit und stellt diese Werte nicht nur als Zahlen dar, sondern auch durch Farben, Gesichtsausdrücke und Audiodateien. So erkennen Kinder schnell, ob die Luft gut ist oder ob gelüftet werden muss. Ziel ist es, Kindern der 1. bis 3. Primarstufe zu zeigen, warum frische Luft wichtig ist und wie sie selbst zu einem besseren Raumklima beitragen können. Dadurch werden Gesundheit, Konzentration und Wohlbefinden im Unterricht unterstützt. Gleichzeitig fördert Airly ein bewusstes Lüftungsverhalten, damit nicht unnötig lange gelüftet und dadurch Energie verschwendet wird. Die Kinder lernen so früh, Verantwortung für ihre Umgebung zu übernehmen und nachhaltiger zu handeln. In mehreren Schulklassen wurde getestet, wie gut Airly verstanden wird und ob die Signale zum Lüften motivieren. Airly verbindet Gesundheit, Bildung und Nachhaltigkeit und zeigt, wie Kinder früh für ein bewusstes Verhalten im Alltag sensibilisiert werden können.

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung.....	2
1.1	Ausgangslage.....	2
2	Ideensuche / Projektdefinition .....	3
2.1	Projektdefinition und Zielsetzung: .....	3
2.2	Realisierungschancen .....	3
3	Projektplanung .....	4
3.1	Detaillierter Aufgabenplan .....	4
4	Resultate der Umsetzung .....	6
4.1	Technische Umsetzung .....	6
4.2	Gestaltung des Roboters.....	7
4.3	Testphase in Schulklassen.....	7
4.4	Rückmeldungen der Lehrpersonen .....	8
4.5	Fazit der Resultate .....	8
5	Einsparung durch das Projekt .....	9
5.1	CO <sub>2</sub> Einsparung .....	9
5.2	Energie- bzw. Materialeinsparung.....	11
5.3	Sensibilisierung von Personen .....	12
6	Auswertung der Projektarbeit .....	13
6.1	Rückblick .....	13
7	Literatur .....	15
8	Anhang .....	16
8.1	3D-Modell .....	16
8.2	Materialliste .....	17
8.3	Umfrage Formular Kinder .....	18
8.4	Umfragen Lehrpersonen .....	19
8.5	Testwerten Klassenzimmer Bergli.....	22
8.6	Lüftungsrechner.....	25

# 1 Einleitung

Im Rahmen unserer Vertiefungsarbeit wollten wir ein Projekt umsetzen, das Technik mit einem sinnvollen Beitrag für den Alltag verbindet. Da wir uns durch unsere Ausbildung als Gebäudetechnikplanerinnen Lüftung bereits viel mit Luftqualität, CO<sub>2</sub> und richtigem Lüften beschäftigen, war für uns schnell klar, dass unser Klimaschutzprojekt in diese Richtung gehen soll.

Uns ist aufgefallen, dass schlechte Luft in Schulzimmern oft erst bemerkt wird, wenn die Konzentration bereits nachlässt oder sich die Luft unangenehm anfühlt. Gleichzeitig wird beim Lüften häufig nicht bewusst darauf geachtet, wann und wie lange gelüftet werden sollte. Dadurch kann unnötig Heizenergie verloren gehen. Aus diesem Grund wollten wir ein Projekt entwickeln, das Kinder früh für gute Raumluft und bewusstes Lüften sensibilisiert.

Unsere persönliche Motivation war es, ein technisches Produkt zu entwickeln, das nicht nur misst, sondern Menschen auch wirklich zu einem besseren Verhalten motiviert. So entstand die Idee für Airly: ein kindgerechter Roboter, der die Luftqualität sichtbar und verständlich macht und Kinder spielerisch daran erinnert, rechtzeitig zu lüften. Dadurch verbindet Airly Gesundheit, Bildung und Klimaschutz miteinander.

## 1.1 Ausgangslage

Vor dem Projekt gab es zwar bereits CO<sub>2</sub>-Messgeräte, diese wirken jedoch oft technisch und werden im Schulalltag leicht übersehen. Kinder lesen Zahlenwerte nicht automatisch richtig und auch Erwachsene reagieren nicht immer sofort auf eine Anzeige. Dadurch bleibt ein wichtiges Problem unsichtbar: Die Luft im Raum verschlechtert sich, ohne dass aktiv gehandelt wird.

Klassenzimmer sind besonders betroffen, weil viele Personen über längere Zeit in einem Raum sitzen. Beim Ausatmen geben Menschen CO<sub>2</sub> und Feuchtigkeit ab. Ohne regelmässiges Lüften steigt der CO<sub>2</sub>-Wert. Das Problem betrifft nicht nur die Gesundheit, sondern auch die Konzentration und damit das Lernen. Airly setzt genau dort an und macht die Luftqualität sichtbar, hörbar und verständlich.

## 2 Ideensuche / Projektdefinition

Bei der Ideensuche stand zuerst die Frage im Zentrum, wie man Kinder auf schlechte Luft aufmerksam machen kann, ohne dass sie Zahlen interpretieren müssen. Inspiriert wurden wir dabei unter anderem von Furby und Tamagotchi, weil diese nicht nur als technische Geräte wahrgenommen werden, sondern eher wie kleine Begleiter wirken. Genau diese Wirkung wollten wir auch bei Airly erreichen.

Gleichzeitig war uns wichtig, dass Airly den Unterricht nicht stört. Die Kinder sollten ihn nicht die ganze Zeit beobachten müssen, aber er sollte auch nicht ständig sprechen oder ablenken. Airly sollte im Hintergrund messen und nur dann reagieren, wenn es wirklich sinnvoll ist.

Daraus entstand die Entscheidung für einen Roboter, der mehrere Kommunikationsformen kombiniert: Display, Farben, Gesichtsausdrücke und Audiodateien. So kann Airly die Luftqualität sichtbar machen und im richtigen Moment klar und kindgerecht reagieren. Durch seine Emotionen und kurzen Sprachmeldungen zeigt er den Kindern auf einfache Weise, wie es der Luft im Klassenzimmer geht und wann gelüftet werden sollte.

### 2.1 Projektdefinition und Zielsetzung:

Airly wurde als Prototyp eines mobilen Raumluft-Roboters definiert. Er misst CO<sub>2</sub>, Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Die CO<sub>2</sub>-Werte werden für Kinder über Gesichtsausdrücke dargestellt. Gute Luft wird mit einem freundlichen Gesicht angezeigt, schlechtere Luft mit einem zunehmend traurigen oder wütenden Gesicht. Zusätzlich spielt Airly passende Audiodateien ab, damit die Kinder wissen, was sie tun sollen.

Die wichtigsten Ziele waren:

- Airly misst die Luftqualität zuverlässig genug für einen Schulzimmer-Prototyp.
- Kinder verstehen Airlys Signale ohne lange Erklärung.
- Airly motiviert zum Lüften und stärkt das Bewusstsein für gute Raumluft.
- Der Roboter wirkt freundlich, robust und kindgerecht.
- Die Messwerte können zusätzlich über eine Webseite gespeichert und ausgewertet werden.

Bewusst ausgeschlossen wurde eine serienreife Produktentwicklung. Airly sollte im Rahmen der Arbeit als funktionierender Prototyp entstehen, nicht als vollständig marktreifes Gerät.

### 2.2 Realisierungschancen

Zu Beginn schätzten wir die Wahrscheinlichkeit, dass wir Airly tatsächlich umsetzen können, eher vorsichtig ein. Die Idee war zwar klar und wir waren motiviert, aber wir wussten auch, dass die Umsetzung für uns anspruchsvoll werden würde. Vor allem hatten wir keine wirkliche Programmiererfahrung und mussten zuerst lernen, wie die einzelnen Bauteile miteinander funktionieren.

Ein mögliches Problem war deshalb von Anfang an die Technik. Airly sollte CO<sub>2</sub> messen, Werte anzeigen, Geräusche abspielen und auf die Luftqualität reagieren. Dafür mussten Sensor, Display, Lautsprecher und Steuerung zusammen funktionieren. Da wir vorher noch nicht programmiert hatten, war uns bewusst, dass es Schwierigkeiten mit dem Code, der Verkabelung oder der Abstimmung der Bauteile geben könnte.

Auch bei der Wirkung auf die Kinder waren wir am Anfang unsicher. Wir wussten nicht, ob die Kinder Airly spannend finden würden oder ob sie ihn eher ignorieren. Gleichzeitig wollten wir nicht, dass Airly den Unterricht stört oder die Kinder zu stark ablenkt. Deshalb mussten wir einen Weg finden, dass Airly auffällt und verständlich ist, aber trotzdem ruhig genug für den Schulalltag bleibt.

Insgesamt hielten wir die Umsetzung trotzdem für möglich, aber nicht selbstverständlich. Uns war von Anfang an bewusst, dass wir vieles neu lernen müssen und dass es wahrscheinlich nicht direkt beim ersten Versuch funktionieren würde.

## 3 Projektplanung

Da wir für die Arbeit an Airly nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung hatten, war eine genaue Projektplanung sehr wichtig. Zu Beginn haben wir zuerst überlegt, welche Arbeitsschritte überhaupt nötig sind, damit Airly am Ende funktioniert. Dabei haben wir den Zeitplan in verschiedene Phasen aufgeteilt: Projektstart, Aufbau und Prototyping, Programmierung, Gehäuse, Systemtest sowie Dokumentation und Abgabe.

Wichtig war uns, realistisch zu planen, weil wir am Anfang noch nicht genau wussten, wie viel Zeit die technischen Probleme brauchen würden. Besonders beim Programmieren, beim Testen der einzelnen Komponenten und beim Zusammenbauen mussten wir mit Fehlern rechnen. Deshalb haben wir im Zeitplan bewusst Zeit für Tests, Fehlerbehebung und Anpassungen eingeplant. Ausserdem haben wir Meilensteine gesetzt, damit wir regelmässig überprüfen konnten, ob wir noch im Zeitplan sind.

### 3.1 Detaillierter Aufgabenplan

Für das Projekt standen uns insgesamt rund 95 geplante Arbeitsstunden pro Person zur Verfügung. Diese Stunden haben wir auf die wichtigsten Aufgaben verteilt. Zuerst ging es um die Ideenfindung und Zieldefinition. In dieser Phase haben wir festgelegt, was Airly können soll und welche Wirkung der Roboter auf Kinder haben soll.

Danach folgte die Phase Aufbau und Prototyping. Dabei mussten wir die benötigte Elektronik und das Zubehör bestellen, die einzelnen Komponenten selbstständig verkabeln und anschliessend testen. Dieser Teil war besonders wichtig, weil Airly nur funktionieren konnte, wenn CO<sub>2</sub>-Sensor, Display, Lautsprecher und andere Bauteile richtig zusammenarbeiteten. Ein wichtiger Meilenstein war deshalb, dass der Prototyp am 21.09.2025 grundsätzlich lief.

Anschliessend begann die Programmierung. Hier mussten wir den Code schreiben, Fehler beheben und alles zusammen testen. Auch diese Phase war zeitintensiv, weil wir keine grosse Programmiererfahrung hatten und vieles durch Recherche, Unterstützung von ChatGPT, Ausprobieren und Trial and Error lösen mussten. Der Meilenstein war hier die Softwareversion 1.0 am 19.10.2025.

Parallel dazu wurde das Gehäuse geplant und hergestellt. Dazu gehörten die Ideen für das 3D-Design, der 3D-Druck mit CAD und die Montage. Ziel war es, dass Airly nicht nur technisch funktioniert, sondern auch kindgerecht und freundlich aussieht. Der nächste wichtige Meilenstein war, dass die Endversion am 10.12.2025 zusammengebaut ist.

Ein weiterer Schritt waren die Systemtests. Dabei wurde Airly in Schulen eingesetzt getestet und die Resultate wurden ausgewertet.

Am Schluss folgte die Dokumentation. Dafür mussten Entwürfe geschrieben, Einleitungen überarbeitet, das Hauptteil erstellt und der Schluss formuliert werden. Da die schriftliche Arbeit einen grossen Teil des Projekts ausmacht, wurde dafür besonders viel Zeit eingeplant.

Rückblickend zeigte sich, dass der tatsächliche Aufwand höher war als ursprünglich geplant. Insgesamt kamen wir am Schluss auf 189 Arbeitsstunden. Besonders die Verkabelung der einzelnen Komponenten und die Programmierung benötigten mehr Zeit als zu Beginn erwartet.



## 4 Resultate der Umsetzung

Im Rahmen unseres Klimaschutzprojektes konnten wir Airly erfolgreich als funktionierenden Prototyp umsetzen. Airly misst die Luftqualität im Schulzimmer und zeigt Kindern auf einfache Weise, wann gelüftet werden sollte. Der Roboter erkennt den CO<sub>2</sub>-Gehalt, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit und gibt diese Informationen über Farben, Gesichtsausdrücke und Audiodateien weiter. Dadurch müssen Kinder keine Zahlen verstehen, sondern können direkt erkennen, ob die Luft gut oder schlecht ist.

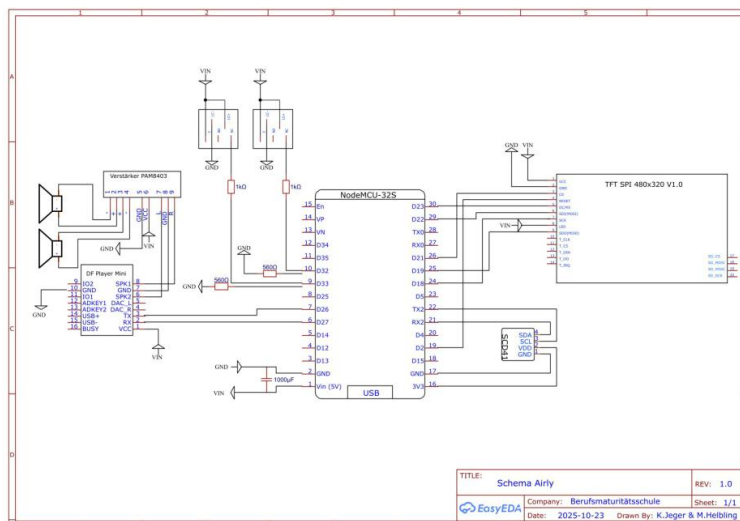


Abb. 1: Schematische Darstellung der Verbindungen, Quelle: eigene Darstellung

### 4.1 Technische Umsetzung

Airly wurde mit einem Mikrocontroller, einem CO<sub>2</sub>-Sensor, einem Display, einem Audiosystem und einem selbst entworfenen Gehäuse gebaut. Die einzelnen Komponenten wurden zuerst getestet, danach verbunden und programmiert. Das Display zeigt je nach Luftqualität verschiedene Gesichtsausdrücke an. Bei guter Luft wirkt Airly glücklich, bei schlechter Luft wird er zunehmend traurig oder alarmiert. Zusätzlich gibt Airly passende Audiosignale aus, damit die Kinder wissen, was sie tun sollen.



Abb. 2: Anzeige der Messwerte auf Airlys Display, Quelle: eigene Aufnahme

**Airly**  
Ein Roboter für gesunde und nachhaltige Luft im Schulzimmer

Auch eine Webseite wurde erstellt, auf der die Messwerte gespeichert und dargestellt werden. Dadurch kann man später nachvollziehen, wie sich die Luftqualität im Raum verändert hat.

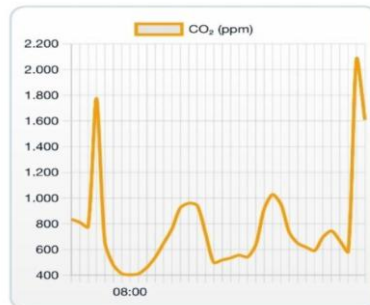


Abb. 3: Diagramm des CO<sub>2</sub>-Gehalts auf der Webseite, Quelle: eigene Darstellung

## 4.2 Gestaltung des Roboters

Das Gehäuse wurde mit 3D-Druck hergestellt. PLA wurde gewählt, weil es für den Prototyp gut geeignet, einfach druckbar und im Vergleich zu vielen erdölbasierten Kunststoffen ressourcenschonender ist. Das Fell und die antennenartige Form geben Airly eine freundliche, nicht bedrohliche Wirkung. Kinder sollen Airly nicht als Messgerät, sondern als kleinen Begleiter wahrnehmen. Dadurch wird das Thema Luftqualität spielerischer und verständlicher vermittelt.

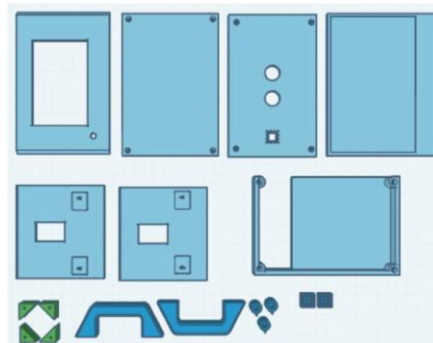


Abb. 4: CAD-Teile des Airlys Gehäuse in Tinkercad, Quelle: eigene Darstellung

## 4.3 Testphase in Schulklassen

Airly wurde in drei Primarschulklassen der 1. bis 3. Klasse getestet. Zu Beginn wurde den Kindern erklärt, warum gute Luft wichtig ist und wie Airly funktioniert. Danach wurde beobachtet, wie die Kinder auf den Roboter reagieren. Am Schluss wurde eine einfache Umfrage mit den Kindern durchgeführt.



Abb. 5: Präsentation von Airly im Unterricht, Quelle: eigene Darstellung

**Airly**  
Ein Roboter für gesunde und nachhaltige Luft im Schulzimmer

Die Kinder zeigten grosses Interesse an Airly. Besonders in der 1. und 2. Klasse wurde Airly aufmerksam beobachtet. Wenn Airly schlechtere Luft anzeigte, verstanden die Kinder, dass sie lüften sollten. Einige Kinder öffneten daraufhin die Fenster. Die Kinder beschrieben Airly unter anderem als lustig und süss. Auch die Audioausgabe wurde gut wahrgenommen, weil Airly dadurch lebendiger wirkte.

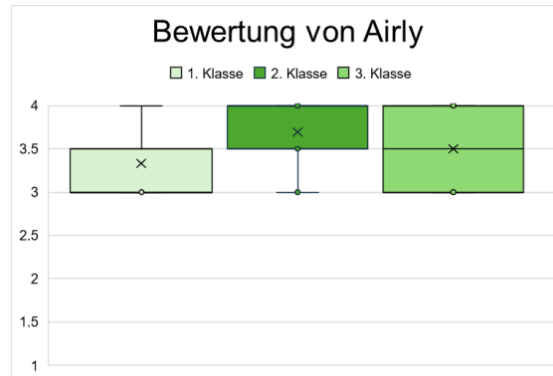


Abb. 6: Boxplot der Zufriedenheit der Kinder 1.-3. Klasse mit Airly. Quelle: eigene Darstellung

#### 4.4 Rückmeldungen der Lehrpersonen

Auch die Lehrpersonen bewerteten Airly positiv. Sie fanden die Idee hilfreich, weil Airly die Kinder auf eine einfache und motivierende Art zum Lüften auffordert. Besonders die Kombination aus Gesichtsausdrücken, Farben und Ton wurde als verständlich eingeschätzt.

#### 4.5 Fazit der Resultate

Insgesamt konnte das Projekt erfolgreich umgesetzt werden. Airly funktioniert als Prototyp und zeigt die Luftqualität kindgerecht an. Die Tests haben gezeigt, dass Kinder Airly verstehen und auf seine Signale reagieren. Damit wurde das wichtigste Ziel erreicht: Airly macht schlechte Luft sichtbar und sensibilisiert Kinder für bewusstes Lüften. Der Klimaschutz entsteht dabei vor allem indirekt, weil Kinder lernen, gezielter zu lüften und dadurch langfristig bewusster mit Energie und Raumluft umzugehen.



Abb. 7: Airly im Dunklen mit LED Knöpfe und Gesicht, Quelle: eigene Aufnahme

## 5 Einsparung durch das Projekt

Bei Airly handelt es sich nicht um ein klassisches Einsparprojekt, bei dem direkt eine bestimmte Menge Material oder CO<sub>2</sub> eingespart wird. Die wichtigste Wirkung liegt in der Sensibilisierung. Airly verändert das Verhalten, indem er Kinder und Lehrpersonen daran erinnert, rechtzeitig und bewusst zu lüften. Dadurch kann indirekt Energie gespart und ein gesünderes Raumklima gefördert werden.

### 5.1 CO<sub>2</sub> Einsparung

Bei Airly entsteht die CO<sub>2</sub>-Einsparung nicht direkt durch das Gerät selbst, sondern indirekt durch ein verbessertes Lüftungsverhalten. Der nachhaltige Nutzen entsteht dadurch, dass Kinder und Lehrpersonen anhand eines sichtbaren CO<sub>2</sub>-Wertes erkennen, wann die Luftqualität schlechter wird und wann gelüftet werden sollte.

Ohne Messwert wird häufig nach Gefühl gelüftet. Dies kann dazu führen, dass Fenster zu spät geöffnet oder unnötig lange offengelassen werden. Besonders während der Heizperiode ist dies relevant, weil beim Lüften warme Raumluft verloren geht und durch kalte Aussenluft ersetzt wird. Diese Luft muss anschliessend wieder aufgeheizt werden. Wenn Airly dazu beiträgt, dass nur dann und nur so lange gelüftet wird, wie es wirklich notwendig ist, kann Heizenergie eingespart werden. Je nach Heizsystem sinkt dadurch auch der damit verbundene CO<sub>2</sub>-Ausstoss.

Für die Abschätzung wurden die Messdaten einer Klasse aus Testphase 2 verwendet. Insgesamt waren wir in zwei Klassen jeweils während eines Morgens. Für die Berechnung wurde jedoch nur eine Klasse berücksichtigt, weil in der anderen Klasse zusätzlich eine Lüftungsanlage vorhanden war. Dadurch wäre der Vergleich schwieriger gewesen, da eine Lüftungsanlage den Luftaustausch unterstützt und damit auch den Heizenergieverlust beeinflusst. Für eine einfache und nachvollziehbare Modellrechnung ist deshalb die Klasse ohne zusätzliche Lüftungsanlage besser geeignet.

Als Vergleich wurde der Lüftungsrechner der Stadt Zürich verwendet. Für ein Klassenzimmer mit 210 m<sup>3</sup> Raumvolumen, 18 Personen und leichter Tätigkeit ergibt der Lüftungsrechner ein Lüftungsintervall von 18 Minuten. Da die Messung im November stattfand, wurde die Übergangszeit als Grundlage verwendet. Dafür wird eine Lüftungsdauer von 5 Minuten empfohlen.

Für die Berechnung wurden folgende Grundlagen und Ausgangswerte verwendet:

- Raumvolumen: 210 m<sup>3</sup>
- Temperaturdifferenz innen/aussen: 13 K
- Heizsystem: Gas (GEOPORTAL, o.J.)
- Wärmekapazität der Luft: 0.34 Wh/(m<sup>3</sup>·K)
- CO<sub>2</sub>-Faktor Gas: 0.20 kg CO<sub>2</sub>/kWh (Bundesamt für Umwelt BAFU, 2026)

Der Heizenergieverlust pro vollständigem Luftwechsel beträgt:

$$\frac{3.34 \frac{Wh}{(m^3 \cdot K)} \cdot 12 K}{1000} = 0.93 kWh$$

Ein vollständiger Luftwechsel verursacht bei einer Gasheizung damit ungefähr:

$$0.93 kWh \cdot 0.20 \frac{kg CO_2}{kWh} = 0.19 kg CO_2$$

## Airly

Ein Roboter für gesunde und nachhaltige Luft im Schulzimmer

Die Messung der Testphase 2 dauerte ungefähr 167 Minuten. Nach dem Lüftungsrechner der Stadt Zürich müsste spätestens alle 18 Minuten gelüftet werden. Daraus ergeben sich während der Messdauer rechnerisch:

$$\frac{167 \text{ min.}}{18 \text{ min.}} = \text{ca. } 9 \text{ Lüftungen}$$

Bei 9 vollständigen Luftwechseln ergibt sich durch den Heizenergieersatz folgender CO<sub>2</sub>-Ausstoss:

$$0.19 \text{ kg} \cdot \text{CO}_2 \cdot 9 \text{ Lüftungen} = 1.71 \text{ kg CO}_2$$

In den Airly-Messdaten sind jedoch nur etwa 2 deutliche Lüftungsphasen erkennbar. Gleichzeitig blieb die Luftqualität gut. Der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Wert lag bei rund 659 ppm, der Maximalwert bei 1039 ppm und die Zeit über 1'000 ppm betrug nur etwa 9 Minuten. Das zeigt, dass die Luftqualität auch mit weniger Lüftungsphasen ausreichend gut blieb.

Bei 2 vollständigen Luftwechseln ergibt sich:

$$0.19 \text{ kg CO}_2 \cdot 2 = 0.38 \text{ kg CO}_2$$

Die mögliche Einsparung in Testphase 2 beträgt somit:

$$1.71 \text{ kg CO}_2 - 0.38 \text{ kg CO}_2 = 1.33 \text{ kg CO}_2$$

Während der Testphase 2 konnten im Vergleich zu einem starren Lüften nach Intervall somit ungefähr 1.3 kg CO<sub>2</sub> vermieden werden.

### Hochrechnung auf ein Jahr

Für die Jahresbetrachtung wurde angenommen, dass es etwa 100 vergleichbare Schulmorgen während der Heiz- und Übergangszeit gibt. Daraus ergibt sich folgendes Einsparpotenzial pro Klassenzimmer:

$$1.33 \text{ kg CO}_2 \cdot 100 = \text{ca. } 133 \text{ kg CO}_2 \text{ pro Jahr}$$

Damit ergibt sich für ein Klassenzimmer ein geschätztes Einsparpotenzial von ungefähr 130 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Diese Berechnung ist eine Modellrechnung. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung wurde nicht direkt gemessen, sondern aus dem vermiedenen Heizenergieverlust beim Lüften abgeschätzt. Dabei wurde nur der Heizbetrieb berücksichtigt. Ein möglicher Einfluss im Kühlbetrieb wurde nicht eingerechnet. Ebenfalls wurde mit einer einheitlichen Temperaturdifferenz von 13 K gerechnet, obwohl diese in der Realität je nach Wetter, Tageszeit und Raumtemperatur schwankt. Die tatsächliche Einsparung kann deshalb höher oder tiefer ausfallen.

Trotzdem zeigen die Messdaten, dass die Luftqualität in Testphase 2 trotz weniger Lüftungsphasen gut blieb. Airly kann somit helfen, nicht starr nach Zeitintervall zu lüften, sondern gezielt dann, wenn es aufgrund der CO<sub>2</sub>-Werte wirklich nötig ist. Dadurch können unnötige Wärmeverluste reduziert und bei einer Gasheizung indirekt CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden.

## 5.2 Energie- bzw. Materialeinsparung

Die Energieeinsparung wurde bereits im Kapitel 5.1 über den vermiedenen Heizenergieverlust beim Lüften berechnet. Für Testphase 2 ergab sich im Vergleich zur starren Intervalllüftung nach dem Lüftungsrechner der Stadt Zürich eine mögliche Einsparung von rund 6.5 kWh Heizenergie während der Messdauer. Hochgerechnet auf 100 vergleichbare Schulumorgens ergibt sich daraus ein geschätztes Einsparpotenzial von rund 650 kWh Heizenergie pro Klassenzimmer und Jahr.

Diese Energieeinsparung entsteht, weil durch Airly gezielter gelüftet werden kann. Die Fenster müssen nicht nach einem starren Zeitplan geöffnet werden, sondern dann, wenn die Luftqualität tatsächlich schlechter wird. Dadurch kann vermieden werden, dass im Winter oder in der Übergangszeit unnötig warme Raumluft verloren geht.

Zur Einordnung: Mit rund 650 kWh Energie könnte man ungefähr 325 Mal warm duschen, wenn man pro Dusche etwa 2 kWh Energie annimmt. Das zeigt, dass auch eine kleine Veränderung im Lüftungsverhalten über ein Jahr hinweg eine spürbare Wirkung haben kann.

Auch finanziell kann dies einen Nutzen haben. Bei angenommenen Heizenergiekosten von **0.20 CHF/kWh** entspricht die eingesparte Energie ungefähr:

$$650 \text{ kWh} \cdot 0.20 \frac{\text{CHF}}{\text{kWh}} = \mathbf{130 \text{ CHF pro Jahr}}$$

Pro Klassenzimmer könnten somit ungefähr **130 CHF Heizkosten pro Jahr** eingespart werden. Bei mehreren Klassenzimmern würde sich dieser Betrag entsprechend erhöhen.

Bei der Materialeinsparung liegt der Beitrag von Airly vor allem im Aufbau des Prototyps. Das Gehäuse wurde mit 3D-Druck hergestellt. Dadurch konnte das Material gezielt eingesetzt werden, ohne grosse Mengen zuzuschneiden oder zu verschwenden. Zusätzlich ist Airly modular aufgebaut. Einzelne Bauteile wie Sensor, Display, Lautsprecher oder Gehäuseteile können ersetzt, repariert oder verbessert werden, ohne dass das ganze Gerät neu hergestellt werden muss.

Eine genaue Materialeinsparung in Kilogramm kann nicht bestimmt werden, da kein direkter Vergleich mit einem industriell hergestellten Alternativprodukt durchgeführt wurde. Trotzdem ist der ressourcenschonende Aufbau wichtig: Je länger ein Gerät genutzt und repariert werden kann, desto weniger neue Rohstoffe, Produktionsenergie und Transportaufwand werden benötigt. Dadurch werden Abfall und unnötiger Materialverbrauch reduziert.

### 5.3 Sensibilisierung von Personen

Mit Airly konnten wir während der Testphase zwei Schulklassen erreichen. Wir waren in zwei Klassen jeweils für einen Morgen und konnten den Kindern erklären, was CO<sub>2</sub> ist, warum frische Luft im Klassenzimmer wichtig ist und weshalb man nicht einfach nur nach Gefühl lüften sollte. Insgesamt wurden dadurch 35 sowie 2 Lehrpersonen direkt sensibilisiert.

Am Anfang haben wir mit den Kindern kleine Experimente gemacht und ihnen erklärt, wie CO<sub>2</sub> im Raum entsteht. Dadurch wurde das Thema für sie verständlicher und nicht einfach nur theoretisch. Danach konnten sie mit Airly direkt beobachten, wie sich der CO<sub>2</sub>-Wert im Klassenzimmer verändert. Besonders hilfreich war, dass Airly die Luftqualität sichtbar gemacht hat. Schlechte Luft merkt man oft erst spät, aber durch die Anzeige und die Reaktionen von Airly konnten die Kinder besser verstehen, wann Lüften sinnvoll ist.

Die Sensibilisierung war unserer Einschätzung nach wirkungsvoll, weil die Kinder interessiert waren und aktiv auf Airly reagiert haben. Sie haben Fragen gestellt, auf die Werte geachtet und erkannt, wann gelüftet werden sollte. Dadurch wurde ihnen bewusst, dass Lüften nicht nur etwas ist, das Lehrpersonen entscheiden, sondern dass es direkt mit der Luftqualität, der Konzentration und dem Wohlbefinden im Schulzimmer zusammenhängt.

Auch wenn ein einzelner Testmorgen noch keine dauerhafte Verhaltensänderung garantiert, hat er gezeigt, dass Airly bei den Kindern Aufmerksamkeit für das Thema Luftqualität schafft. Die Kinder konnten direkt sehen, dass sich die Luft im Schulzimmer verändert und dass Lüften einen Einfluss darauf hat. Genau darin liegt der wichtigste Nutzen von Airly: Er macht ein unsichtbares Problem sichtbar und hilft Kindern, ein besseres Gefühl für gute Raumluft zu entwickeln.

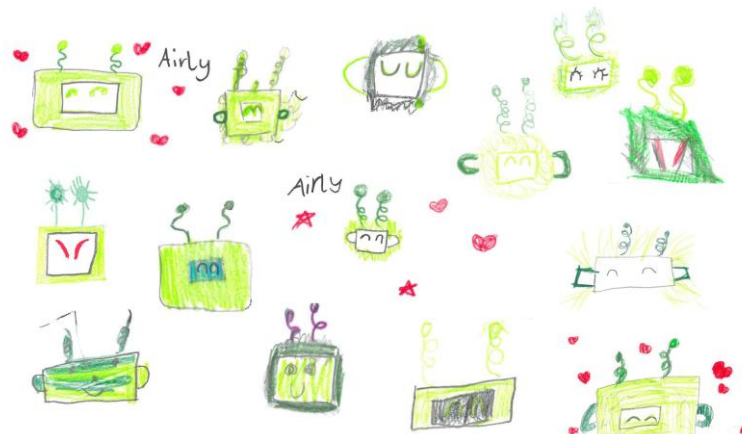


Abb. 8: Zeichnungen der Kinder aus der Umfrage, Quelle: eigene Darstellung

## 6 Auswertung der Projektarbeit

Für die Auswertung unserer Projektarbeit haben wir die Messdaten von Airly, unsere Beobachtungen während der Testphase und die Reaktionen der Kinder und Lehrpersonen berücksichtigt. Besonders wichtig waren für uns die CO<sub>2</sub>-Werte im Klassenzimmer, die erkennbaren Lüftungsphasen und die Frage, ob Airly von den Kindern verstanden wurde.

Wir haben dabei nicht nur geschaut, ob Airly technisch funktioniert, sondern auch, ob das Gerät im Schulalltag sinnvoll eingesetzt werden kann und die Kinder motiviert. Deshalb haben wir die gemessenen Werte mit dem Lüftungsverhalten verglichen und zusätzlich ausgewertet, wie gut Airly zur Sensibilisierung beiträgt. So konnten wir beurteilen, welchen Nutzen Airly für die Luftqualität, das Lüftungsverhalten und den bewussteren Umgang mit Energie haben kann.



Abb. 9: Airly beim Einsatz im Klassenzimmer, Quelle: eigene Aufnahme

### 6.1 Rückblick

Rückblickend konnten wir mit Airly unserer Ziel erreichen. Unser Ziel war es, ein Gerät zu entwickeln, das Kindern auf einfache und spielerische Weise zeigt, wann die Luftqualität im Klassenzimmer schlechter wird und wann gelüftet werden sollte. Dieses Ziel wurde grundsätzlich erreicht. Airly konnte CO<sub>2</sub>-Werte messen, anzeigen und durch seine Gestaltung kindgerecht vermitteln. Besonders positiv war, dass die Kinder interessiert auf Airly reagiert haben und auch gelüftet haben.

Mit dem Endergebnis sind wir zufrieden, weil aus einer ersten Idee ein funktionierender Prototyp entstanden ist. Airly ist nicht nur ein technisches Messgerät, sondern wirkt durch sein Aussehen und seine Reaktionen eher wie ein kleiner Begleiter im Klassenzimmer. Genau das war uns wichtig, weil Kinder eher auf etwas reagieren, das freundlich und verständlich gestaltet ist. Auch die Tests in den Klassen haben gezeigt, dass Airly Aufmerksamkeit erzeugt und das Thema Luftqualität greifbarer macht.

Während der Arbeit gab es aber auch einige Schwierigkeiten. Eine grosse Herausforderung war die technische Umsetzung. Die verschiedenen Bauteile wie CO<sub>2</sub>-Sensor, Display, Lautsprecher und Gehäuse mussten zusammen funktionieren. Dabei gab es immer wieder Probleme mit der Verkabelung, der Programmierung oder der Darstellung auf dem Display. Diese Schwierigkeiten konnten wir Schritt für Schritt lösen, indem wir einzelne Funktionen zuerst separat getestet und danach zusammengeführt haben.

Auch die Auswertung der Messdaten war nicht ganz einfach. Die CO<sub>2</sub>-Werte hängen von vielen Faktoren ab, zum Beispiel von der Anzahl Personen im Raum, der Raumgrösse, der vorhandenen Lüftung, der Aussentemperatur und dem tatsächlichen Lüftungsverhalten. Deshalb war es schwierig, eine ganz genaue CO<sub>2</sub>- oder Energieeinsparung zu bestimmen. Wir haben dieses Problem gelöst, indem wir die

## Airly

Ein Roboter für gesunde und nachhaltige Luft im Schulzimmer

Einsparung als Modellrechnung dargestellt und klar erwähnt haben, dass es sich um eine Abschätzung handelt.

Durch die Arbeit an Airly haben wir gelernt, dass ein Projekt in der Theorie oft einfacher wirkt, als es später in der Umsetzung ist. Am Anfang hatten wir vor allem die Idee, ein Gerät zu bauen, das CO<sub>2</sub> misst und Kindern zeigt, wann gelüftet werden sollte. Während der Arbeit merkten wir aber, dass viel mehr dazugehört: Die Technik muss zuverlässig funktionieren und die Gestaltung muss für Kinder verständlich. Zudem haben wir gelernt, wie wichtig Sensibilisierung ist und wie viel sie bewirken kann, wenn sie verständlich und kindgerecht gemacht wird. Besonders während der Testphase haben wir gesehen, dass die Kinder sich wirklich für das Thema interessiert haben. Sie waren neugierig, haben Fragen gestellt und wollten verstehen, was Airly misst und warum sich der CO<sub>2</sub>-Wert verändert. Für sie war Airly nicht einfach ein Messgerät, sondern eher eine Figur, die ihnen zeigt, wie es der Luft im Klassenzimmer geht. Dadurch wurde das Thema für sie viel lebendiger. Es war schön zu sehen, dass aus einem eigentlich unsichtbaren und eher trockenen Thema etwas wurde, das die Kinder spannend fanden.



*Abb. 10: Familienfoto mit Airly, Quelle: eigene Aufnahme*

## 7 Literatur

Bundesamt für Umwelt BAFU. (Januar 2026). CO2-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz. Von [https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/NIGIhzJ8OW0t/CO2\\_Emissionsfaktoren\\_THG\\_Inventar.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/NIGIhzJ8OW0t/CO2_Emissionsfaktoren_THG_Inventar.pdf) abgerufen

GEOPORTAL. (o.J.). *GEOPORTAL*. Von <https://www.geoportal.ch/ktzh/map/702?y=2687515.66&x=1234657.23&scale=1000&rotation=0> abgerufen



## 8.2 Materialliste

Materialliste	
1x	ESP32
1x	TFT SPI Display
2x	Knöpfe
8x	Mutter
1x	grünes Garn
1x	USB-USB-C Kabel
1x	SCD41
1x	Verstärker
1x	DFPlayer
2x	Lautsprecher
7x	Verbindungsklemme
2x	Lochbrett
1x	Powerbank
1x	Kondensator
0.2 m <sup>2</sup>	Fell
2x	Pfeifenreiniger
2x	Glitter Pompoms
~20x	Kabeln
2x	Klinkenstecker
4x	Gummifüße
8x	M3 Schrauben
1x	SD Karte
1x	3D-Druck
2x	Widerstände

### 8.3 Umfrage Formular Kinder

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_

1.) Magst du Airly?



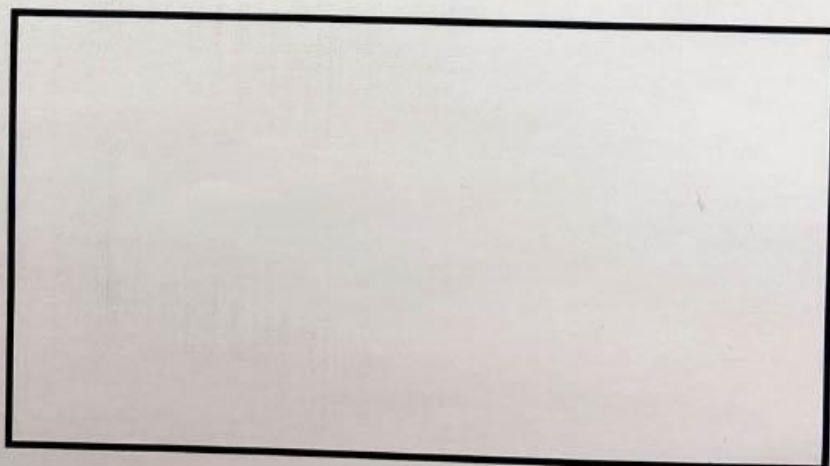
2.) Hast du etwas Neues über die Luft gelernt?



3.) Hast du verstanden was Airly dir sagen will?



4.) Male Airly, wie du ihn gerne hättest.



## 8.4 Umfragen Lehrpersonen

### Umfrageblatt «Airly»

Name: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Schulhaus: \_\_\_\_\_

1.) Würden Sie «Airly» in der Klasse einsetzen?

---

---

2.) Finden Sie das Audio von «Airly» passend?

---

---

3.) Würden Sie sagen, dass «Airly» ein effizientes Tool zum Lüften ist?

---

---

4.) Was gefällt Ihnen an «Airly»?

---

---

5.) Wie würden Sie «Airly» verbessern?

---

---

Weitere Bemerkung:

---

---

---

## Umfrageblatt «Airly»

Name: Livia Grünbaum  
Datum: 19.11.2025  
Schulhaus: Glattpark

1.) Würden Sie «Airly» erneut in der Klasse einsetzen?

ja klar!

2.) Finden Sie das Audio von «Airly» passend?

Ich finde die Stimme sehr angenehm ; weiss aber nicht ob sie störend ist, wenn ganz ruhig gearbeitet werden sollte.

3.) Würden Sie sagen, dass «Airly» ein effizientes Tool zum Lüften ist?

Ja, ich finde Airly cool und animiert zum Lüften - und über Lüften zu sprechen.

4.) Was gefällt Ihnen an «Airly»?

Die Augen und Antennen ;

5.) Wie würden Sie «Airly» verbessern?

Stimme ausschaltbar machen  
evt. auch andere Sprachen (E) anbieten

Weitere Bemerkung:

Danke, dass ihr da ward!  
Ich habe Neues gelernt und konnte meine motivierten Kids beobachten.  
Ihr habt eine kindsgerechte Präsentation gemacht.  
Cooles Experiment ;

**Umfrageblatt «Airly»**

Name: F. Ruesch  
Datum: 12.11.25  
Schulhaus: Bergli Horgen

1.) Würden Sie «Airly» erneut in der Klasse einsetzen?

Ja

2.) Finden Sie das Audio von «Airly» passend?

Ja, es ist kindgerecht und animierend.

3.) Würden Sie sagen, dass «Airly» ein effizientes Tool zum Lüften ist?

Ja

4.) Was gefällt Ihnen an «Airly»?

Optik, Stimme

5.) Wie würden Sie «Airly» verbessern?

Evtl. Bildschirm grösser.  
So könnten alle Kinder die ak-  
tuelle Stimmung vom Platz sehen.

Weitere Bemerkung:

/

## 8.5 Testwerten Klassenzimmer Bergli

timestamp	temperature	humidity	co2ppm
2025-11-12 08:00:18	22.3	66.9	414
2025-11-12 08:01:17	22.3	66.8	407
2025-11-12 08:02:17	22.4	66.6	403
2025-11-12 08:03:17	22.4	66.5	397
2025-11-12 08:04:18	22.5	66.3	395
2025-11-12 08:05:17	22.5	66.2	397
2025-11-12 08:06:17	22.5	66.1	402
2025-11-12 08:07:18	22.6	66.1	418
2025-11-12 08:08:17	22.6	66	418
2025-11-12 08:09:17	22.7	66.1	420
2025-11-12 08:10:17	22.7	66	422
2025-11-12 08:11:20	22.8	66	432
2025-11-12 08:12:17	22.9	66	460
2025-11-12 08:13:17	22.9	66	475
2025-11-12 08:14:17	23	66.1	509
2025-11-12 08:15:17	23.1	66	515
2025-11-12 08:16:17	23.1	66	517
2025-11-12 08:17:17	23.2	65.9	524
2025-11-12 08:18:17	23.2	65.9	554
2025-11-12 08:19:17	23.3	66	583
2025-11-12 08:20:17	23.3	66	598
2025-11-12 08:21:18	23.4	66.1	628
2025-11-12 08:22:18	23.5	66.1	660
2025-11-12 08:23:17	23.5	66.1	675
2025-11-12 08:24:17	23.5	66.1	679
2025-11-12 08:25:17	23.6	66.2	732
2025-11-12 08:26:17	23.7	66.3	756
2025-11-12 08:27:17	23.7	66.4	759
2025-11-12 08:28:17	23.8	66.9	764
2025-11-12 08:29:17	23.8	67.9	789
2025-11-12 08:30:17	23.9	67.7	861
2025-11-12 08:31:17	24	67.5	881
2025-11-12 08:32:17	24	67.4	887
2025-11-12 08:33:17	24.1	67.4	984
2025-11-12 08:34:17	24.2	67.4	1010
2025-11-12 08:35:17	24.2	67.3	1021
2025-11-12 08:36:17	24.2	67.1	977
2025-11-12 08:37:18	24.3	67	944
2025-11-12 08:38:18	24.3	67	929
2025-11-12 08:39:17	24.3	66.9	929
2025-11-12 08:40:17	24.3	66.8	931
2025-11-12 08:41:17	24.4	66.8	940
2025-11-12 08:42:17	24.5	66.7	942
2025-11-12 08:43:17	24.5	66.7	945
2025-11-12 08:44:17	24.5	66.7	962
2025-11-12 08:45:17	24.5	67	1036

2025-11-12 08:46:17	24.6	66.2	924
2025-11-12 08:47:17	24.7	64.4	634
2025-11-12 08:48:18	24.6	64	553
2025-11-12 08:49:17	24.5	63	485
2025-11-12 08:50:17	24.4	63	462
2025-11-12 08:51:17	24.3	63.3	461
2025-11-12 08:52:17	24.2	64.1	515
2025-11-12 08:53:17	24.2	64.4	525
2025-11-12 08:54:17	24.2	64.3	526
2025-11-12 08:55:17	24.2	64.4	525
2025-11-12 08:56:17	24.2	64.3	519
2025-11-12 08:57:17	24.2	64.1	517
2025-11-12 08:58:17	24.3	64	514
2025-11-12 08:59:17	24.3	64	518
2025-11-12 09:00:17	24.3	63.9	527
2025-11-12 09:01:17	24.4	63.9	532
2025-11-12 09:02:17	24.4	63.8	534
2025-11-12 09:03:17	24.4	63.8	538
2025-11-12 09:04:18	24.5	63.7	541
2025-11-12 09:05:17	24.5	63.7	549
2025-11-12 09:06:17	24.5	63.6	555
2025-11-12 09:07:18	24.6	63.6	561
2025-11-12 09:08:17	24.6	63.7	561
2025-11-12 09:09:16	24.6	63.6	555
2025-11-12 09:10:17	24.6	63.5	548
2025-11-12 09:11:17	24.7	63.5	542
2025-11-12 09:12:17	24.7	63.5	534
2025-11-12 09:13:17	24.7	63.3	532
2025-11-12 09:14:17	24.7	63.3	551
2025-11-12 09:15:17	24.7	63.3	582
2025-11-12 09:16:17	24.8	63.4	589
2025-11-12 09:17:17	24.8	63.4	614
2025-11-12 09:19:06	26	59	765
2025-11-12 09:20:06	25.2	62.7	878
2025-11-12 09:21:06	24.9	64.1	903
2025-11-12 09:22:06	24.8	64.5	937
2025-11-12 09:23:06	24.9	64.6	951
2025-11-12 09:26:38	26.4	59.4	1039
2025-11-12 09:27:38	25.5	63.6	1036
2025-11-12 09:28:39	25.2	65	1022
2025-11-12 09:29:38	25.1	65.4	1015
2025-11-12 09:30:37	25.1	65.6	1015
2025-11-12 09:31:38	25.1	65.5	1015
2025-11-12 09:32:37	25.1	65.3	977
2025-11-12 09:33:37	25.1	65.1	905
2025-11-12 09:34:38	25.1	64.9	837
2025-11-12 09:35:37	25.1	64.8	807

2025-11-12 09:36:37	25.1	64.5	760
2025-11-12 09:37:38	25.1	64.4	724
2025-11-12 09:38:37	25.1	64.2	697
2025-11-12 09:39:37	25.1	64.1	662
2025-11-12 09:40:37	25	64.1	654
2025-11-12 09:41:38	25	64	648
2025-11-12 09:42:38	25	64	647
2025-11-12 09:43:38	25	63.9	647
2025-11-12 09:44:37	25	63.9	644
2025-11-12 09:45:37	25.1	63.9	633
2025-11-12 09:46:38	25	63.8	625
2025-11-12 09:47:38	25.1	63.7	620
2025-11-12 09:48:38	25	63.6	611
2025-11-12 09:49:38	25.1	63.6	598
2025-11-12 09:50:38	25.1	63.6	593
2025-11-12 09:51:38	25.1	63.5	591
2025-11-12 09:52:38	25.1	63.5	589
2025-11-12 10:25:38	26.2	63.4	672
2025-11-12 10:26:37	26.2	63.5	680
2025-11-12 10:27:40	26.3	63.5	691
2025-11-12 10:28:40	26.3	63.6	713
2025-11-12 10:29:37	26.3	63.6	726
2025-11-12 10:30:37	26.4	63.6	733
2025-11-12 10:31:39	26.4	63.6	748
2025-11-12 10:32:38	26.4	63.6	756
2025-11-12 10:33:39	26.4	63.5	753
2025-11-12 10:34:38	26.4	63.5	736
2025-11-12 10:35:38	26.4	63.4	710
2025-11-12 10:36:39	26.4	63.3	689
2025-11-12 10:37:40	26.4	63.2	679
2025-11-12 10:38:38	26.4	63.1	650
2025-11-12 10:39:38	26.3	63	617
2025-11-12 10:40:38	26.3	62.9	602
2025-11-12 10:41:38	26.3	62.9	584
2025-11-12 10:42:38	26.3	62.9	576
2025-11-12 10:43:38	26.2	63.5	575
2025-11-12 10:44:37	26.2	63.6	572
2025-11-12 10:45:38	26.2	63.3	560
2025-11-12 10:46:39	26.2	63.1	552
2025-11-12 10:47:38	26.1	62.9	551

## 8.6 Lüftungsrechner



# Lüftungsplan / Nachweis Lüftungsintervall

Für eine gute Raumluftqualität ist ein ausreichender Luftwechsel notwendig. Bestimmen Sie mit Hilfe des Lüftungsrechners, wie regelmässig Sie täglich lüften müssen. Der Lüftungsplan gilt gleichzeitig als Nachweis für eine natürliche Belüftung nach SIA 382/1 und 382/5.

**Raumnummer:** 1

**Raumvolumen (L x B x H):** 210 m<sup>3</sup>

**Art der Tätigkeit:** Leichte Tätigkeit

**Anzahl Personen im Raum:** 18

**Berechnetes Lüftungsintervall:**  
Spätestens nach 18 Minuten muss gelüftet werden.

Das Lüftungsintervall können Sie mit der Rechenscheibe «Lüftungsrechner» berechnen.

### Richtig Lüften

Umso grösser ein Raum ist und je mehr Menschen sich darin befinden, desto häufiger braucht es einen Luftaustausch. Dies geht am besten und sparsamsten mit Stosslüften. Dabei werden die Fenster für kurze Dauer komplett geöffnet, um die verbrauchte Luft durch frische Luft zu ersetzen.

Jahreszeit	Lüftungsdauer
Winter	3 Minuten
Übergangszeit	5 Minuten
Sommer	10 Minuten

### Wann braucht es eine Lüftungsanlage?

Der Einbau einer Lüftungsanlage lohnt sich, wenn alle 30 Minuten oder öfter gelüftet werden müsste. Eine eingebaute Lüftungsanlage schont die Bausubstanz, erhöht den Raumkomfort, verbessert die Energieeffizienz und spart Heizkosten.

### Weiterführende Informationen

[stadt-zuerich.ch/bewilligung-lueftung](http://stadt-zuerich.ch/bewilligung-lueftung)

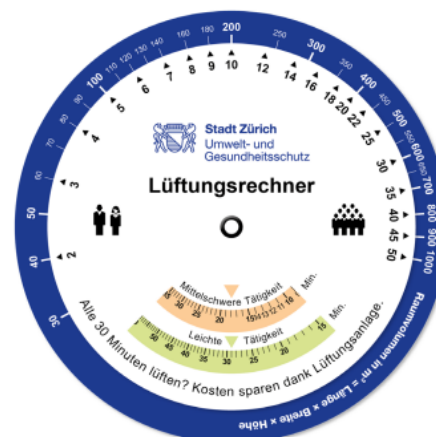
Mit Ihrer Unterschrift belegen Sie, dass Sie die Anforderungen an die Raumluftqualität einhalten.

**Eigentümer\*in oder Vertreter\*in**

**Name** -

**Datum** -

**Unterschrift** 



Stadt Zürich  
Umwelt und Gesundheitsschutz  
Gebäudetechnik  
Eggbühlstrasse 23  
Postfach, 8050 Zürich  
T +44 412 20 20  
[ugz-gebaudetechnik@zuerich.ch](mailto:ugz-gebaudetechnik@zuerich.ch)  
[stadt-zuerich.ch/bewilligung-lueftung](http://stadt-zuerich.ch/bewilligung-lueftung)