

HÖHERE FACHSCHULE FÜR TECHNIK

**Mittelland**



Verbesserung der Lernumgebung

# Comenius Projekt

## CO<sub>2</sub> & Schadstoffe

Studiengang | **Externes Projekt**

Autor | **Urs-Peter Schild**

Version | **1.0**

Datum | **07.8.2014**

## 1. Vorwort

Das Regioprojekt Comenius startete im Jahr 2012. Ich kam erst im März 2013 zum Comeniusprojekt hinzu, als einziger Vertreter vom Standort Biel/Bienne. Es galt deshalb in der ersten Phase mich in das Projekt einzuarbeiten. Im Laufe des Frühlings 2013 wurde anlässlich einer Sitzung festgelegt wer für welche Teilgebiete des Projektes zuständig ist. Ich bekam die 2 Teilgebiete: Luftmessungen und Schadstoffe im Unterrichtsraum zugewiesen.

Im September 2013 machte ich das erste Mal Bekanntschaft mit unseren Kollegen von Trier anlässlich einer Projektsitzung im Schwarzwald. Damals besuchten wir auch die Firma STO im Südschwarzwald und konnten Ihnen unsere Projektarbeit vorstellen, vorauf die Firma sich bereiterklärte das Projekt zu sponsoren.

Bis Anfang Juni 2013 konnte ich keine Messungen machen, da ich über keine funktionierenden Messgeräte verfügte. Im zu Ende gehenden Studienjahr 2012/2013 konnte ich wenige Messungen durchführen. In KW34-36 und dann ab KW42 konnte ich im neuen Studienjahr 2013/2014 systematisch die CO<sub>2</sub> Konzentration in den Referenzzimmern W14 & O14 in Biel/Bienne Daten erheben.

Im Oktober 2013 organisierte ich anlässlich einer Projektsitzung mit unseren deutschen Kollegen von Trier einen Fachvortrag bezüglich Schadstoffen im Unterricht. Dieser wurde vorgetragen von Fr. Goyette von der Architekturschule in Fribourg.

Ab Schulstart wurde während dem Studienjahr 2013/2014 bis zum Ende des Studiums systematisch in den beiden Referenzräumen W14 und O14 CO<sub>2</sub> Messungen durchgeführt. Dies vorwiegend in den von mir vermittelten Kursen im Bereich Betriebswirtschaft und Logistik. Stichproben habe ich auch in anderen Unterrichtsfächern in Mathematik und Dynamik gemacht während Examen. Die gemessenen Werte entsprachen aber auch den Werten aus den vorher genannten Bereichen Betriebswirtschaft und Logistik.

Erfasst wurden jeweils pro Messung folgende Daten: Anzahl Personen im Zimmer, Lernform, welche jeweils im Unterricht verwendet wurde und wann wird wie gelüftet. Die Lernform kann innerhalb des Unterrichts auch mehrmals wechseln. Am Ende der Messungen im Juli/August 2014 wurden die Daten ausgewertet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen folgten dann die Handlungsempfehlungen um eine Verbesserung der Lernumgebung zu erreichen.

Es wurde relativ viel Zeit investiert um Datenmaterial zu generieren, ich denke dass sich dies aber gelohnt hat.

Gestützt auf die Anzahl an CO<sub>2</sub> Messungen (106 Messungen) im Unterricht lassen sich doch einige Interessante Verhaltensweisen ableiten um die Lernumgebung positiv zu beeinflussen.

Damit, denke ich, hat das Projekt einen positiven Einfluss auf die zukünftige Unterrichtsdurchführung in unseren Schulzimmern.

Nun steht noch die Kommunikation der optimalen Verhaltensweisen an unsere Lehrkräfte aus, damit es dann auch einen positiven Effekt auf unsere Studierenden haben wird.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Vorwort</b>	<b>2</b>
<b>2. Arbeitsjournal</b>	<b>4</b>
<b>3. CO2 Messungen</b>	<b>6</b>
3.1. Messungen	6
3.1.1. Kommentare	8
3.1.2. Lösungsansätze	14
<b>4. Schadstoffe im Unterrichtszimmer</b>	<b>15</b>
4.1. Messungen	15
4.1.1. Kommentare	15
<b>5. Annex Messtabellen CO2</b>	<b>16</b>
<b>6. Lehr- und Lernformen</b>	<b>16</b>
6.1. Frontalunterricht	16
6.2. Postenlauf	17
6.3. Werkstattunterricht	17
6.4. Projektunterricht / Freiwahlarbeit	17
6.5. Einzelarbeit	17
6.6. Partnerarbeit	17
6.7. Gruppenpuzzle	17
6.8. Simulation	18
6.9. Examen	18
<b>7. Thema Luftqualität in Innenräumen (aus der Zeitung DIE ZEIT)</b>	<b>18</b>
7.1. Stimmt's? Mief macht müde	18
7.2. Fachreferat Schadstoffe in Innenräumen von Mme Goyette	20

## 2. Arbeitsjournal

Das alte CO<sub>2</sub> Messgerät ist seit dem 25.03.2013 in Biel/Bienne.  
Mit dem Gerät wurden mehre Messungen bis Mai durchgeführt.

Leider handelt es sich bei diesem Gerät um eine ältere Version welche die Daten nicht aufzeichnet.

Die Rücksprache mit dem Gerätehersteller Woerther hat ergeben dass nur neue Geräte die Daten aufzeichnen.

Anfang Mai wurde auf Empfehlung des CO<sub>2</sub> Messgeräteherstellers ein zweites CO<sub>2</sub> Messgerät gekauft um evtl, Messabweichungen festzustellen und die Daten aufzeichnen zu können. Der Supportservice der Firma Woerther, Fr. Stefanie Kubasik ist sehr hilfsbereit gewesen.

Um die CO<sub>2</sub> Daten zu messen und zu speichern muss das neue CO<sub>2</sub> Messgerät und ein Laptop mit installierter Woerther Software verwendet werden.

Im Juni bis September wurden verschiedene Messungen durchgeführt. Die Software war bisweilen instabil und manchmal wurde während den Messungen die Aufzeichnung unterbrochen und alle bereits aufgezeichneten Daten von dieser Unterrichtslektion waren verloren.

Ab Schulstart im Oktober wurden in den Schulzimmern W14 & O14 systematisch wieder Messungen durchgeführt.

Erfasst wurden jeweils die Anzahl Personen im Zimmer und welche Lernformen/Unterrichtsformen eingesetzt wurden.

Das Messgerät wurde jeweils auf der Kopfhöhe der Studenten aufgestellt um die Messungen zu erfassen. Standort ist auf dem Hellraumprojektor Möbel vorne im Zimmer neben dem Referenten-PC. Der Standort ist in einem kleinen Bereich mobil, aber eigentlich stationär.

Die bisherigen Messungen bis Ende Jahr haben grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Unterrichtsformen zu Tage gebracht.

Erwartungsgemäss war bei den Examen die CO<sub>2</sub> Konzentration relativ hoch. > 2000 ppm bei Prüfungsdauern von 90'.

Erstaunlich war aber darüber hinaus dass bei Simulationen dieser Wert auch sehr schnell erreicht wurde und sogar noch übertroffen wurde.

Des Weiteren wurden beim Lösen von schwierigen Übungen/Fallstudien auch gleiche Werte wie bei Examen erreicht.

Im Zimmer O14, konnte das vorhandene CO<sub>2</sub> in den Pausen relativ schnell in ca. 2-3 Minuten durch das Öffnen der Fenster abgebaut werden.

Im Zimmer W14 sind kleinere Fenster vorhanden, das Lüften in den Pausen bringt die CO<sub>2</sub> Konzentration auch wieder herunter aber dafür muss man während der ganzen Pausendauer von 5 Minuten lüften um wieder auf normale Werte zu kommen.

Die CO<sub>2</sub> Messungen wurden stichprobenweise mit einem zweiten Messgerät überprüft, welches im hinteren Teil des Schulzimmers wieder in Kopfhöhe der Studenten aufgestellt wurde. Dabei zeigte sich dass die CO<sub>2</sub> Verteilung im Raume sehr homogen ist und nur geringfügig abweicht.

Beim Lüften in den Pausen wurden auch verschiedene Möglichkeiten getestet wie man das CO<sub>2</sub> schnell aus dem Raum entfernen kann.

**Das Beste Ergebnis wurde beim Öffnen der Zimmertüre und gleichzeitig eines oder mehrerer Fenster erzielt.** Anscheinend gibt es einen linearen Luftstrom durch das Zimmer welcher das CO<sub>2</sub> aus dem Zimmer und in den Gang fließen lässt.

Von den bisherigen eingesetzten Unterrichtsformen schüttete die Lernform Projektarbeit am wenigsten CO<sub>2</sub> in den Raum aus. Die Lernform Frontalunterricht produziert auch wenig CO<sub>2</sub>.

Die Messungen wurden jeweils direkt auf dem Laptop aufgezeichnet. Beim Starten der Software gab es bisweilen Probleme da die Software ca. 2-3 Minuten zum Starten braucht. Man öffnet dann mehrere Modi und klickt auf einen die CO<sub>2</sub> Aufzeichnung an. Dies wird dann aber effektiv nicht aufgezeichnet. Man muss die verschiedenen Modi schliessen und nur mit einem Modus arbeiten um die Daten aufgezeichnet zu bekommen.

In der Zeitperiode Oktober 2013 bis Januar 2014 wurde systematisch CO<sub>2</sub> gemessen. Hierbei zeigt sich dass das CO<sub>2</sub> Messgerät recht lange zum Öffnen braucht ca. 1 Minute und dass die Datumsanzeige bisweilen nicht richtig geht. So gibt es manchmal einen Zeithorizont auf dem Display an von 2010-2020 und bei der Online-Messung werden die Daten numerisch wohl angezeigt aber nicht graphisch visualisiert. Ferner sind diese Daten nicht gespeichert. Als Lösung gibt es hier folgenden Workaround: Man zeichnet die Daten direkt und nur auf dem CO<sub>2</sub> Messgerät auf und lädt diese anschliessend auf den PC rauf.

In der Zeitperiode Februar 2014 bis Juni 2014 wurde weiterhin systematisch CO<sub>2</sub> gemessen. Bis Ende März in beiden Referenzräumen W14 und O14, ab diesem Datum an und bis zum Abschluss der Messungen nur noch im Raum O14.

Eine Auswertung über die Anzahl der CO<sub>2</sub> Messungen im Mai ergibt dass bis Ende Juni die Gesamtzahl der Messungen in den beiden Referenzräumen >100 Messungen ergeben wird.

Im Juni gab es einige Tage an welchen das Messgerät die Messdaten nicht aufzeichnete und abspeicherte, obschon dies so auf dem Display angezeigt wurde. Das Problem liess sich dann folgendermassen umgehen: Das Messgerät mit einer Büroklammer komplett ‚Reset‘ machen und neu starten. Ab diesem Zeitpunkt zeichnete das Messgerät die Daten wieder auf und speicherte diese wieder ab .

### **3. CO2 Messungen**

Die einzelnen Messungen wurden in einer Excel Liste separat nochmals erfasst um die Daten inklusive Zusatzinformationen auswertbar zu machen. Die Messdaten befinden sich im Annex.

#### **Zusammenfassung**

##### **3.1. Messungen**

Der höchste Messwert wurde während eines Examens im Fach Organisation bei einer Prüfungsdauer von 90' gemessen mit 3400 ppm CO2 Konzentration.

Erstaunlich war aber darüber hinaus dass auch bei anderen Lernformen sehr hohe CO2 Messwerte gemessen werden konnten. > 3000 ppm CO2 Konzentration bei: Examen, Simulation, Übungen und Gruppenpuzzle. Eine Messung von 3000 ppm CO2 konnte auch bei der Lernform Projektarbeit gemessen werden. Dies sehe ich aber als statistischen Ausreisser, wurde doch während der Mittagspause das Lüften des Zimmers vergessen. (es war im Winter)

Die Messungen sehen statistisch gesehen folgendermassen aus:

>3000 ppm = 5 Messungen (Zimmer O14 = 4 Messungen; Zimmer W14 = 1 Messung)

> 1500 ppm = 86 Messungen (Zimmer O14 = 61 Messungen; Zimmer W14 = 30 Messungen)

< 1500 ppm = 15 Messungen (Zimmer O14 = 14 Messungen; Zimmer W14 = 2 Messungen)

**Insgesamt wurden 106 Messungen durchgeführt.**

**In % = >3000 ppm = 4.7 %; >1500 ppm = 81.1%; <1500 ppm = 14.2%**

Bezogen auf die Jahreszeiten gilt folgende Verteilung:

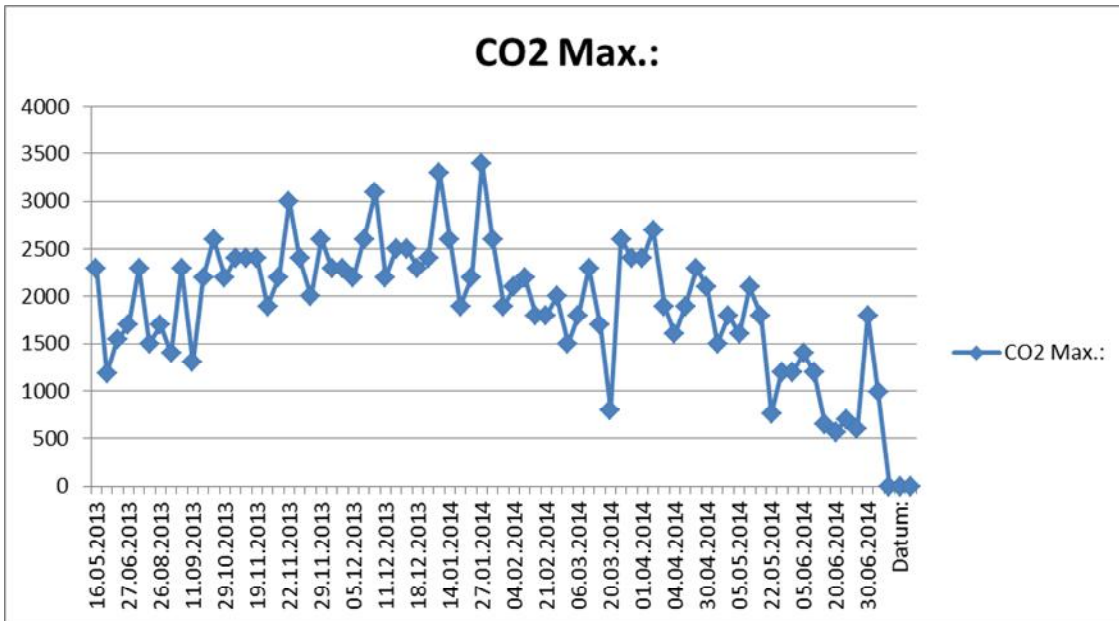
Herbst KW42-KW51 = 37 Messungen (Zimmer O14 = 22 Messungen; Zimmer W14 = 15 Messungen) = 34.9%

Winter KW52-KW12 = 33 Messungen (Zimmer O14 = 17 Messungen; Zimmer W14 = 16 Messungen) = 31.1%

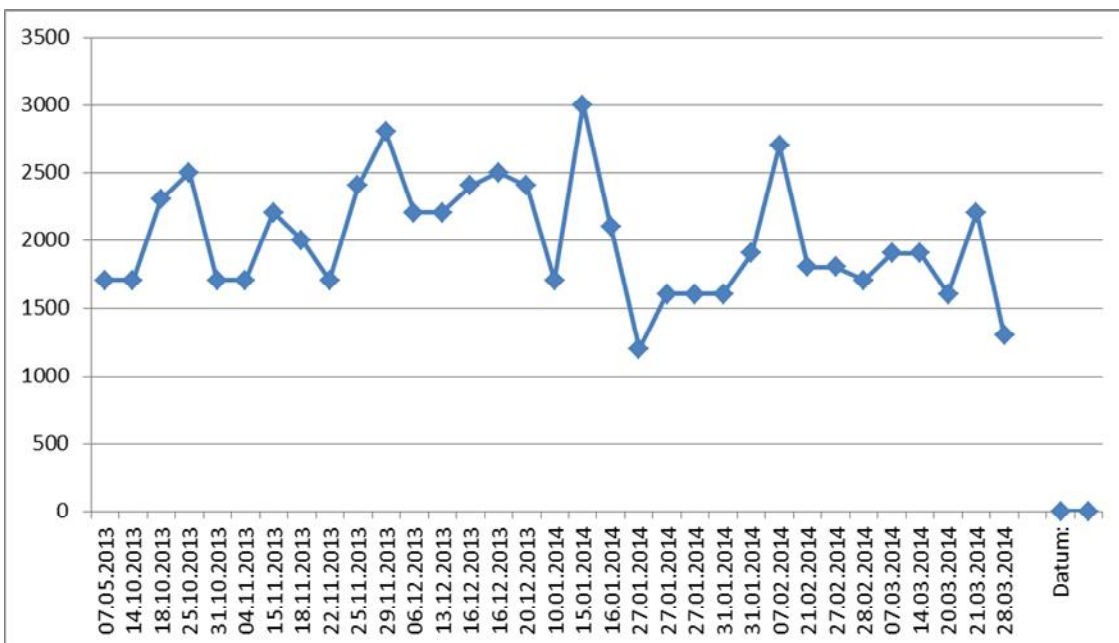
Frühling KW13-KW25 = 26 Messungen (Zimmer O14 = 24 Messungen; Zimmer W14 = 2 Messungen) = 24.5%

Sommer KW26-KW39 = 10 Messungen (Zimmer O14 = 7 Messungen; Zimmer W14 = 3 Messungen) = 9.4%

Bezogen auf unsere vier Jahreszeiten und den hierbei gemessenen Werten ergibt sich folgendes Bild:



Messwerte CO2 Max. vom Zimmer O14.





Messwerte CO2 Max. vom Zimmer W14.

Herbst = >3000 ppm = 2 Messungen (Zimmer O14); >1500 ppm = 34 Messungen (Zimmer O14 = 20 Messungen; Zimmer W14 = 14 Messungen); <1500 ppm = 1 Messung (Zimmer W14)

Winter = >3000 ppm = 3 Messungen (Zimmer O14 = 2 Messungen; Zimmer W14 = 1 Messung); >1500 ppm = 29 Messungen (Zimmer O14 = 14 Messungen; Zimmer W14 = 15 Messungen); <1500 ppm = 2 Messungen (Zimmer O14 = 1 Messung; Zimmer W14 = 1 Messung)

Frühling = >3000 ppm = 0 Messungen; >1500 ppm = 15 Messungen (Zimmer O14 = 14 Messungen; Zimmer W14 = 1 Messung); <1500 ppm = 8 Messungen (Zimmer O14 = 7 Messungen; Zimmer W14 = 1 Messung)

Sommer = >3000 ppm = 0 Messungen; >1500 ppm = 6 Messungen (Zimmer O14); <1500 ppm = 4 Messungen (Zimmer O14)

**Herbst in % = >3000 ppm = 5.4 %; >1500 ppm = 91.9%; <1500 ppm = 2.7%**

**Winter in % = >3000 ppm = 9 %; >1500 ppm = 87.9%; <1500 ppm = 6%**

**Frühling in % = >3000 ppm = 0 %; >1500 ppm = 57.7%; <1500 ppm = 42.3%**

**Sommer in % = >3000 ppm = 0 %; >1500 ppm = 60%; <1500 ppm = 40%**

### 3.1.1. Kommentare

Nach der DIN 13779 wird die *Raumluftqualität* wie folgt eingestuft:

bis 880 ppm CO <sub>2</sub> -Gehalt	800 – 1400 ppm CO <sub>2</sub> -Gehalt	über 1400 ppm CO <sub>2</sub> -Gehalt
gut	mittel – mäßig	niedrig

Der Arbeitsplatzgrenzwert (früher MAK-Wert) für CO<sub>2</sub> liegt bei 0,5 Vol-% (5000 ppm).

Quelle: <http://info.woehler.de/kategorien/messen/lueftungsklima/co2-messung-raumluft/>

Die durchgeführten Messungen haben gezeigt, dass wie eine gute bis mässige Raumluftqualität nur in 14% aller Fälle haben. In 86% aller Fälle haben wir eine niedrige Raumluftqualität. Der Arbeitsplatzgrenzwert von 5000 ppm CO<sub>2</sub> wurde nie erreicht.

Bezogen auf die Jahreszeiten lässt sich ausmachen dass wir vorwiegend ein CO<sub>2</sub> Problem in der kalten Jahreszeit haben. Im Herbst-Winter haben wir nur in 4.3% aller Fälle eine gute bis mässige Raumluftqualität. Im Frühling-Sommer liegt dieser Wert bei 41%.



Wie lässt sich dies erklären? In der kalten Jahreszeit sind die Fenster während dem Unterricht immer geschlossen. In der warmen Jahreszeit sind die Fenster teilweise immer geöffnet, zum Teil als Kippfenster im W14 oder aber als Schiebefenster im O14. Dies führt zu einem Luftaustausch welcher die CO<sub>2</sub> Konzentration viel langsamer ansteigen lässt.

Zu relativieren sind die Messwerte insofern, dass ich jeweils nur die Spitzenwerte an CO<sub>2</sub> in die Excel-Tabelle eingetragen habe. Die in % angegebenen Werte stellen somit die Extremwerte dar und beziehen sich nicht auf die gesamte Messperiode.

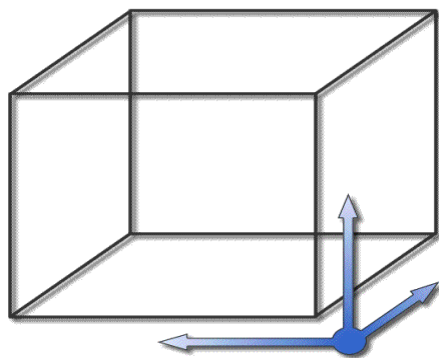
Das zur Verfügung stehende Raumluftvolumen vom jeweiligen Schulzimmer wurde ausgerechnet und durch die Anzahl vorhandener Personen im Raum dividiert um evtl. Rückschlüsse auf Optimierungsmöglichkeiten/Lösungsansätze zu bekommen.

Pro Tag **veratmen wir im Schnitt 12'000 Liter Luft**, welche aus genau 20.93 Prozent Sauerstoff, 78.10 Prozent Stickstoff und 0.03 Prozent Kohlendioxid und einer Reihe weiterer Gase (Edelgase) besteht.

Dies ergibt pro Minute einen Luftverbrauch von 8.33l pro Person.

Quelle: <http://www.lungenliga.ch/de/themenschwerpunkte/lunge-und-atemwege/zahlen-zur-lungenfunktion.html>

Um durchgehend für frische Luft in einem Raum zu sorgen ist es notwendig den optimalen Ventilator bzw. eine richtige Kombination von Ventilatoren zu finden. Hierbei spielt die Luftmengenermittlung eine sehr wichtige Rolle: Beispielsweise wird für die Entlüftung einer Kantinen-Küchen eine viel größere Luftmenge benötigt als bei einem Klassenzimmer. Mit Hilfe der folgenden Informationen können sie ihren persönlichen Luftmengenbedarf berechnen um die optimale Lösung für den zu belüftenden Raum zu finden.



### Die Berechnung:

Für die Luftmengenermittlung sind das Fassungsvermögen ihres Raumes, welches sich mit der Formel  $\text{Rauminhalt} = \text{Länge(m)} \times \text{Breite (m)} \times \text{Höhe(m)}$  berechnet, und der

Verwendungszweck ihres Raumes, aus dem die Luft-Wechsel-Rate(LWR) abgeleitet wird, wichtig.

Mit der Luft-Wechsel-Rate, die sie aus der nebenstehenden Tabelle ablesen können, wird angegeben wie oft die komplette Luft stündlich in einem Raum ausgetauscht wird. Die benötigte Luftmenge pro Stunde wird dann aus der Multiplikation des Raumvolumens mit dem Rauminhalt berechnet.

$$V = V_R \times LWR/h \text{ (m}^3/h\text{)}$$

$V$  = benötigte Luftmenge pro Stunde (m<sup>3</sup>)

$V_R$  = Raumvolumen (L x B x H) (m<sup>3</sup>)

LWR = empfohlene Luftwechselrate gem. Tabelle

### Anwendungsbeispiel:

Ein 8 Meter langes, 5 Meter breites und 3,5 Meter hohes Klassenzimmer soll mit einer neuen Belüftungsanlage ausgestattet werden. Normalerweise wird das Klassenzimmer von 25 Schülern besucht, da aber des öfteren auch größere Klassen das Zimmer nutzen, und die Fenster aus Sicherheitsgründen geschlossen bleiben müssen, kann von einer Luftwechselrate von 7 (siehe beiliegende Tabellenwerte)

Schulräume<sup>1</sup> 5 – 8

ausgegangen werden. Es ergibt sich also für den 140 m<sup>3</sup> großen Klassenraum eine benötigte Luftmenge von 980 m<sup>3</sup>/h.

Quelle: <https://www.creoven.de/content/luftmengenermittlung/>

Die Luftvolumen in den jeweiligen Zimmern betragen:

**O14:** Länge 10.78 m; Breite 6.245 m; Höhe 3.174 m -> Volumen = 213.67 m<sup>3</sup> =

213670 Liter \* 6 LWR/h = **1282 m<sup>3</sup>/h benötigte Luftmenge pro Stunde**

**W14:** Länge 8.34 m; Breite 7.65 m; Höhe 3.3 m -> Volumen = 210. 54 m<sup>3</sup> =

210540 Liter \* 6 LWR/h = **1263 m<sup>3</sup>/h benötigte Luftmenge pro Stunde**

Im Schulzimmer O14 war der Minimalwert 10175 Liter zur Verfügung stehende Luft pro Person, der Maximalwert 23741 Liter.

Im Schulzimmer W14 war der Minimalwert 12384 Liter zur Verfügung stehende Luft pro Person, der Maximalwert 21054 Liter.

Im Vergleich zeigt sich das hohe CO<sub>2</sub> Konzentrationen auch mit der Anzahl der im Raum vorhandenen Personen abhängig ist. Dies aber nicht in einer linearen Abhängigkeit und nur in einem kleineren Rahmen lässt sich dadurch eine höhere CO<sub>2</sub> Konzentration ableiten. Weitaus wichtiger ist hierbei der Einsatz der Unterrichtsform und das beachten vom periodischen Lüften des Schulzimmers.

Auf den 3 folgenden Seiten einige Mess-Exemplare von den CO2 Messungen.

014

Student Messgerät Klassenraum  
Vorne auf Overheadprojektor 30

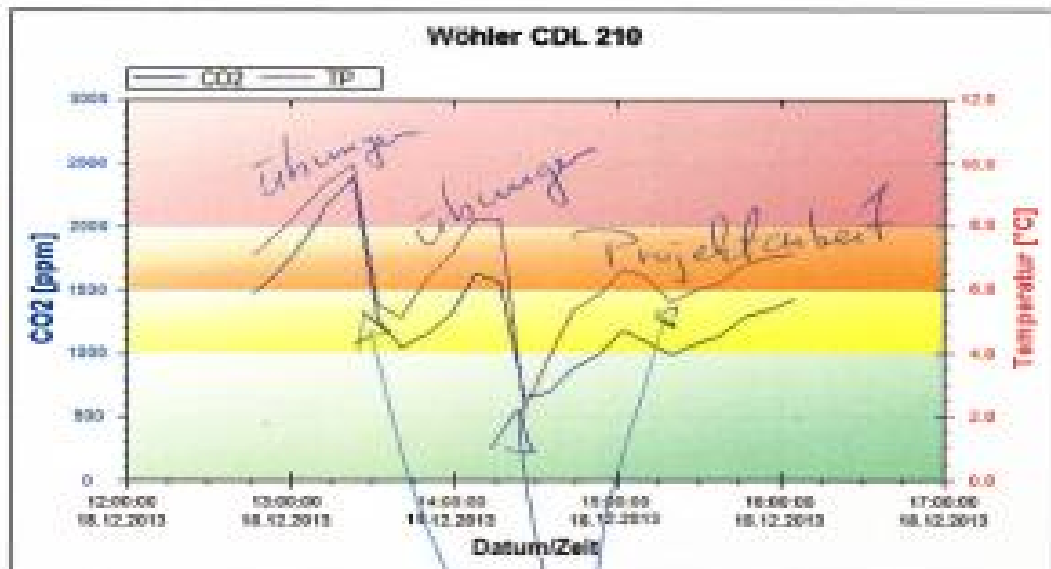
Messprotokoll  
Wöhler CDL 210

**WÖHLER**

Wöhler Messtechnik GmbH  
Schützenstraße 41  
53181 Bad Wölkersberg  
+49 2083 73-211  
+49 2083 73-208  
mgp@woehler.de  
mgp@woehler.de

## Protokoll

CO2 Messung



CO2 Level: VDI 6022-3

1000 ppm 1001 - 1500 ppm 1501 - 2000 ppm > 2000 ppm

Startzeit: 18.12.2013 12:48:53  
Endzeit: 18.12.2013 16:04:53  
Lograte: 540 s  
Messwerte: 23  
Seriennummer: 12345678

Pause Fenster +  
Türe weit geöffnet

014 20 Personen  
12<sup>45</sup>-14<sup>20</sup> Übungen  
14<sup>20</sup>-16<sup>05</sup> Projektarbeit in Gruppen

O14

26

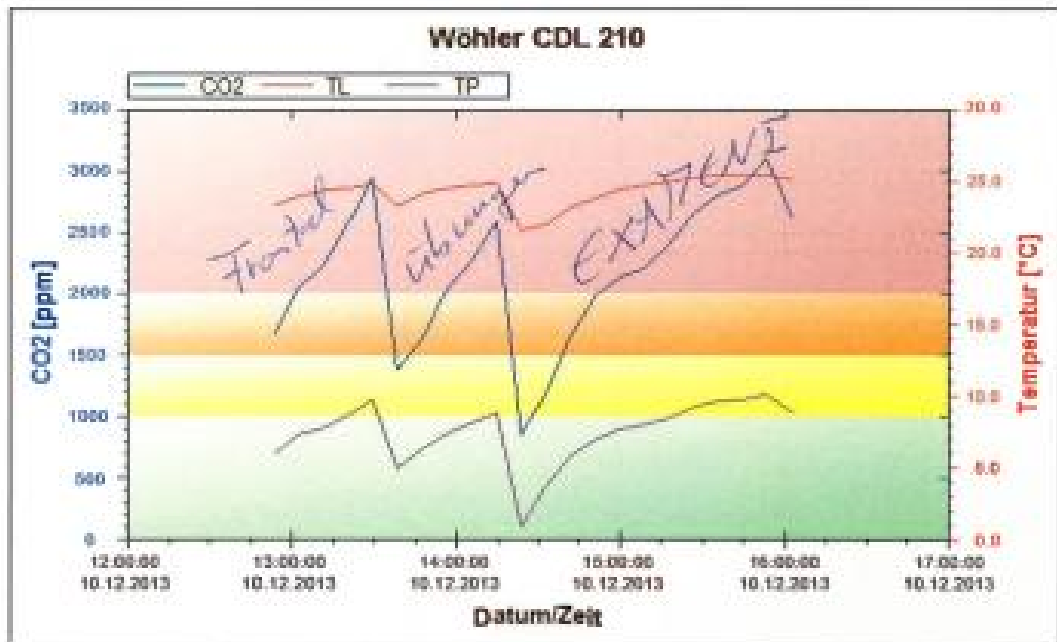
Messprotokoll  
 Wöhler CDL 210

**WÖHLER**

Wöhler MOKO GmbH  
 Schützenstraße 41  
 30161 Bad Wünnenberg  
 +49 2863 73-211  
 +49 2863 73-250  
 mgkg@woehler.de  
 mgkg.woehler.de

# Protokoll

CO2 Messung



CO2 Level: VDI 6022-3    <= 1000 ppm    1001 - 1500 ppm    1501 - 2000 ppm    > 2000 ppm

Startzeit: 10.12.2013 12:53:56  
 Endzeit: 10.12.2013 16:02:56  
 Lograte: 540 s  
 Messwerte: 22  
 Seriennummer: 12345678

Bemerkung: O14, 21 Personen erste 2  
 Lektionen Repetitionen & Übungen dann  
 letzte 2 Le **EXAMEN!**

*Organisation*

Ort, Datum	Prüfer, Firma	Unterschrift / Stempel

10.12.2013, Protokoll Wöhler CDL 210

014

24

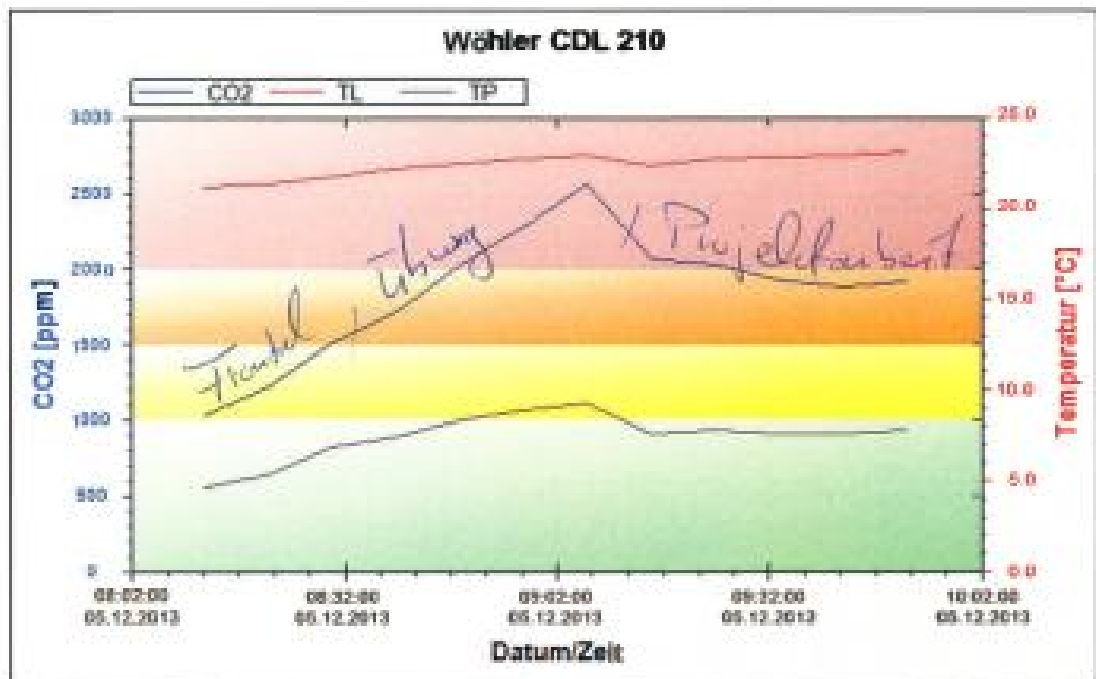
Messprotokoll  
Wöhler CDL 210

**WÖHLER**

Wöhler MOKO GmbH  
Schützenstraße 41  
30161 Bad Wünnenberg  
+49 2853 70-211  
+49 2853 70-200  
mgkg@woehler.de  
mgkg.woehler.de

# Protokoll

CO2 Messung



CO2 Level: VDI 6022-3



Startzeit: 05.12.2013 08:12:22  
Endzeit: 05.12.2013 09:51:22  
Lograte: 540 s  
Messwerte: 12  
Seriennummer: 12345678

Bemerkung: 014, 21 Personen BWL;  
8:15-8:30 Repetition Frontalunterricht;  
8:30-8:45 *Übungen*

Ort, Datum	Prüfer, Firma	Unterschrift / Stempel

### 3.1.2. Lösungsansätze

#### 3.1.3. Lösungsansatz Präventiv

Die durchgeführten Messungen haben grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Unterrichtsformen zu Tage gebracht.

Von den bisherigen eingesetzten Unterrichtsformen schüttete die Lernform Projektarbeit am wenigsten CO<sub>2</sub> in den Raum aus. Die Lernform Frontalunterricht & Gruppenpuzzle produziert auch wenig CO<sub>2</sub>.

Empfehlung:

**Nach Möglichkeit mit den Unterrichtsformen: Frontalunterricht, Gruppenpuzzle & Projektarbeit arbeiten.**

**Bei den anderen Unterrichtsformen das Zimmer vor dem Unterricht und regelmässig während den Pausen (alle 45') lüften.**

**Der Einsatz einer Lüftung wäre auch gut um die Luftaustauschrate zu erhöhen und so die CO<sub>2</sub> Belastung zu senken.**

**Bei Examen sollte man nach 45' das Zimmer lüften oder aber die Examendauer auf 45' beschränken.**

Lernformen	Max. CO <sub>2</sub> in ppm	Vorschläge:
Frontal	2100 (ohne Benotung)	= schonende Unterrichtsform
Gruppenpuzzle	2000 (ohne Benotung)	= schonende Unterrichtsform
Examen Dauer 90'	3400 (benotet)	Belastend = Räume gut lüften vor Unterricht
Übungen/ Fallstudien	2600 (ohne Benotung)	Belastend = Räume gut lüften vor Unterricht
Simulationen (Team)	3000 (ohne Benotung)	Belastend = Räume gut lüften vor Unterricht
Projektarbeit	1800 (benotet)	= schonende Unterrichtsform
Vortrag durch Studenten	2600 (benotet)	Belastend = Räume gut lüften vor Unterricht

**Raum lüften = Fenster und Zimmertüre**

#### 3.1.4. Lösungsansatz Reaktionär

Beim Lüften in den Pausen wurden verschiedene Möglichkeiten getestet wie man das CO<sub>2</sub> schnell aus dem Raum entfernen kann.

**Das Beste Ergebnis wurde beim Öffnen der Zimmertüre und gleichzeitig eines oder mehrerer Fenster erzielt.** Anscheinend gibt es einen linearen Luftstrom durch das Zimmer welcher das CO<sub>2</sub> aus dem Zimmer und in den Gang fließen lässt.

Das CO<sub>2</sub> ist schwerer als Luft und sinkt auf den Boden des Zimmers ab, wenn man somit dem CO<sub>2</sub> die Möglichkeit gibt unten abzufließen, so kriegt man es am schnellsten aus dem Raum raus.

Im Zimmer O14, konnte das vorhandene CO<sub>2</sub> in den Pausen relativ schnell in ca. 2-3 Minuten durch das Öffnen der Fenster abgebaut werden. Es handelt sich hier um grosse Schiebefenster von 2 Metern Länge.

Im Zimmer W14 sind kleinere Fenster vorhanden, das Lüften in den Pausen bringt die CO<sub>2</sub> Konzentration auch wieder herunter aber dafür muss man während der ganzen Pausendauer von 5 Minuten lüften und mindestens ein Fenster voll öffnen um wieder auf normale Werte zu kommen.

#### **4. Schadstoffe im Unterrichtszimmer**

Bei unserer Partnerschule in Trier wurden diesbezügliche Messungen durch die LUWG kostenlos durchgeführt.

In unseren Schulzimmern wurden in Grenchen drei Radon Messungen durchgeführt. Das Ergebnis war dass die Grenzwerte bei weitem eingehalten werden.

Es fand eine Kontaktaufnahme mit der SUVA statt um auch identische Messungen wie bei unseren Kollegen in Trier durchzuführen. Leider vergebens, die SUVA hat auf diese Anfrage nicht positiv reagiert gehabt und so stützen wir uns auf die diesbezüglichen Messergebnisse unserer Kollegen aus Trier ab.

Wir haben diese Thematik dann mit einem Referentenvortrag und Literaturrecherchen weiterverfolgt. Die diesbezüglichen Unterlagen befinden sich im Annex.

### **Zusammenfassung**

#### **4.1. Messungen**

Keine Verbesserungsvorschläge, da die vorhandenen Messdaten alle Grenzwerte einhalten.

##### **4.1.1. Kommentare**

Durch den Fachvortrag von Frau Goyette erhielten wir aufbereitete Daten zur Problematik der Schadstoffe in Innenräumen.

Interessant waren hierbei folgende Informationen:

Ab dem Jahr 2015 wird die Überwachung der Luftqualität in den Innenräumen aller öffentlichen Gebäude in Frankreich gesetzlich zur Pflicht.

Viele neue Stoffe kommen in die Schulen mit elektronischen Hilfsmitteln und Kunststoffböden welche SVOC's (Semi volatile organic compounds) freisetzen wie z. Bsp. Phtalate.



- Die Konzentrationen sind niedrig aber lagern sich im Staub ab, welcher dann lange darin verweilt.

## 5. Annex Messtabellen CO2

W14										
	210540									
	8098									
	07.05.2013	14.10.2013	18.10.2013	25.10.2013	31.10.2013	04.11.2013	15.11.2013	18.11.2013	22.11.2013	25.11.2013
	17	12	12	12	12	12	12	12	10	11
	12384.7	17545.0	17545.0	17545.0	17545.0	17545.0	17545.0	17545.0	21054.0	15140.0
J	N	N	J	N	J	N	N	N	N	J
90'	1700	1700	2300	2500	1700	1700	2200	2000	1700	2400
		24	25	24	24	23	24	23	23	23
	Frontal Übungen FIRE	Übungen 1 Woche später Examen 1 FIRE	Examen 90' FIRE	Frontal Übungen FIRE	Frontal Übungen, Kurztest Moodle 10' am Ende FIRE	Frontal Übungen FIRE	Frontal Übungen FIRE	Frontal Übungen FIRE	Frontal Übungen FIRE	Frontal Übungen, Kurztest Moodle 10' am Ende FIRE Mittag nicht gelüftet ab 13:35 1 Kippfenster offen
			Fenster zu							

Zimmer: Q14										
Zimmer XY / Litervolumen:	213670									
Max. Anzahl Studenten:	30									
m3/Student:	7122									
Datum:	16.05.2013	06.06.2013	13.06.2013	27.06.2013	28.06.2013	26.08.2013	26.08.2013	30.08.2013		
Anzahl Studenten & Doc.	15	14	13	14	15	11	12	11		
Liter Luft pro Student	14214.7	15262.1	16436.2	15262.1	14214.7	19424.5	17865.8	19424.5		
Examen J/N:	J	N	N	N	J	N	N	N		
Dauer seit lüften:	90'	1 Fenster offen	1 Fenster offen	Fenster offen	90'					
CO2 Max.:	2300	1183	1541	1700	2300	1500	1700	1400		
Temperatur:		25	26	25	24	25	24	24		
Wetter:										
Lernform:	Frontal, Fallstudien Examen	Frontal, Fallstudien, Gruppenarbe it	Frontal, Fallstudien, Gruppenarbe it	Frontal, Fallstudien, Gruppenarbe it	Examen	Frontal, Fallstudien	Frontal, Fallstudien	Frontal, Fallstudien, Moodle 10' am Ende		
Kurs:	Logistik	Logistik	Logistik	Logistik	Logistik	FIRE	FIRE	FIRE		

## 6. Lehr- und Lernformen

### 6.1. Frontalunterricht

Beim Frontalunterricht läuft das Lernen über die Vermittlung einer Person, in der Regel über die Lehrerin oder den Lehrer.

## 6.2. Postenlauf

Beim Postenlauf müssen alle Schüler/innen in einer bestimmten Zeitspanne die vorgegebenen Posten durcharbeiten. Mit dem Postenlauf wird ein Thema in Varianten geübt, vertieft, entdeckt. Die Schüler/innen lösen alle Posten, die Reihenfolge muss jedoch nicht vorgegeben sein.

## 6.3. Werkstattunterricht

Eine Werkstatt eignet sich sowohl zur Einführung wie zur Vertiefung eines Themas. Der Werkstattunterricht kann in den normalen Ablauf des Unterrichts integriert werden. An der Werkstatt kann manigfach gearbeitet werden: einmal pro Tag während einer oder mehrerer Lektionen, einige Male pro Woche oder an mehreren Tagen hintereinander.

## 6.4. Projektunterricht / Freiwahlarbeit

Der Projektunterricht ist eine Unterrichtsform, bei der die Schüler/innen aus einem Thema, das für die ganze Klasse gilt, Teilaspekte herausgreifen, welche sie unter Anleitung der Lehrperson selbstständig bearbeiten. Die Ziele werden von den Schülern und Schülerinnen formuliert und anschliessend mit der Lehrperson besprochen. In einem Lernvertrag werden die ausgehandelten, definitiven Ziele und Bedingungen festgehalten. Während der Arbeit an einem Projekt steht die Lehrperson beratend und beobachtend im Hintergrund.

## 6.5. Einzelarbeit

Das selbständige lernen und arbeiten eines Studenten.

## 6.6. Partnerarbeit

Zu zweit wird an einer gestellten Aufgabe gearbeitet. Dabei kann so gearbeitet werden, dass die Partner/innen dieselbe Funktion und Rolle übernehmen. Sie bringen ihre Ideen, Denkstrukturen und Lösungsvorschläge zusammen ein, um eine bessere Lösung zu finden, als es einer einzelnen Person möglich ist. Diese Form eignet sich gut, um Aufgaben zu lösen, die noch keinen vorgegebenen Lösungsweg haben: Rätsel, Denkaufgaben, kleine Projekte sowie Übungsspiele.

Kleingruppen

Die Arbeit in kleinen Gruppen am Computer eignet sich besonders dann, wenn es darum geht, möglichst viele Ideen, Lösungsvorschläge und kreative Ansätze für ein Problem zu finden. Wichtig ist, dass dabei auch ab-gewechselt wird. Es soll nicht immer dasselbe Kind am Computer sitzen.

## 6.7. Gruppenpuzzle

Mit der Gruppenpuzzle-Methode ist es gut möglich, neue Techniken und Funktionen in der ganzen Klasse bekannt zu machen. Die Durchführung der beiden Phasen könnte wie folgt aussehen:

1. Phase Expertengruppen: Eine Gruppe lernt, wie man ein Bildschirmfoto macht, eine zweite, wie man ein Bild in den Text importiert, eine dritte, wie man einen Ton aufnimmt, und die vierte Gruppe lernt, wie man einen Ton in den Text importiert.
2. Phase Austauschgruppen: Eine neue Gruppe wird mit je einer Expertin oder einem Experten aus jeder Gruppe gebildet, in der das neue Wissen ausgetauscht wird. Mit den neu erworbenen Fähigkeiten gestalten die Schüler/innen gemeinsam ein Blatt mit Bild, Text und Ton.

## **6.8. Simulation**

Eine Simulation ist ein möglichst realitätsnahes Abbilden von Geschehen der Wirklichkeit. Durch Abstraktion wird ein Modell geschaffen, an dem zielgerichtet experimentiert wird. Von den daraus resultierenden Ergebnissen wird anschließend wieder auf das Verhalten der realen Vorgänge zurückgeschlossen. "Hierbei übernehmen Lerner - oft spielerisch - Rollen und/oder betätigen sich in simulierten Umwelten, um vor allem Handlungs- und Entscheidungsfähigkeit in lebensnahen, jedoch entlasteten Situationen zu ENTWICKELN UND zu trainieren."

Beispiele: Computer-Simulationen zur Erfassung ökonomischer Zusammenhänge, Übungsfirmen, Lernbüroarbeit.

Quelle:<http://paedpsych.jku.at/internet/ARBEITSBLAETTERORD/UNTERRICHTSFORMORD/PREISS/method17.html>

## **6.9. Examen**

Wird angewandt um die Lernziele überprüfen zu können. Es werden hierbei fachspezifische Fragen schriftlich oder mündlich zu den vermittelten Themen den Kandidaten gestellt.

Auszug aus:Werkzeugkiste Computer © 2008 Pädagogische Hochschule Zürich 26

## **7. Thema Luftqualität in Innenräumen (aus der Zeitung DIE ZEIT)**

### **7.1. Stimmt's? Mief macht müde**

Stimmt es, dass »verbrauchte Luft« in einem stickigen Raum einen niedrigeren Sauerstoffgehalt hat als frische?

Man kennt das: Viele Menschen sitzen zusammen in einem Raum, und nach einer Stunde setzt das Gähnen ein. »Lasst doch mal Sauerstoff rein!«, ruft dann jemand, und die Fenster werden aufgerissen.

Aber es ist nicht der mangelnde Sauerstoff, der uns müde macht und auch nicht die eventuell übel riechenden Ausdünstungen der Mitmenschen. »Verbrauchte Luft« zeichnet sich vor allem durch einen höheren Anteil an Kohlendioxid aus, und das macht uns schon in sehr kleinen Mengen müde. Wenn wir atmen, dann reichern wir die Luft mit CO<sub>2</sub> an: In der normalen Raumluft sind etwa 21 Prozent Sauerstoff und nur 0,03 Prozent CO<sub>2</sub>. Unser Atem dagegen enthält nur noch 14 Prozent Sauerstoff,

aber 5,6 Prozent Kohlendioxid – dessen Menge hat sich also mehr als verhundertfacht. Und schon ab 2,5 Prozent CO<sub>2</sub> gilt Luft als toxisch. Ich habe einmal eine Rechnung aufgestellt, was passiert, wenn zehn Menschen sich in einem 60-Kubikmeter-Raum befinden, der luftdicht abgeschlossen ist. In der Modellrechnung atmet jeder Mensch pro Minute acht Liter Luft ein und wieder aus, jeder also pro Stunde etwa einen halben Kubikmeter. Auf die gesamte Sauerstoffmenge hat das recht wenig Einfluss – nach einer Stunde ist der O<sub>2</sub>-Anteil in der Luft von 21 auf 20,3 Prozent gesunken. Aber der Kohlendioxidgehalt hat sich mehr als verzehnfacht: von 0,03 Prozent auf 0,5 Prozent. Da stirbt zwar noch niemand, aber es schlägt eindeutig aufs Wohlbefinden.

#### CO<sub>2</sub>-Konzentration als Maß für die Raumlufqualität

Um die Innenraumlufqualität zu bewerten, hat sich die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Konzentration bewährt. Die normale CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Außenluft liegt bei 360 ppm (parts per million) in Reinluftgebieten und etwa 500 ppm in städtischen Gebieten. Der vielen Studien zugrunde liegende Grenzwert von 1000 ppm ist die sogenannte "Pettenkoffer Zahl". Dieser Wert wird von vielen Experten weiterhin als wichtige Zielgröße für eine noch ausreichende Raumlufqualität angesehen (3, 5). Der ebenfalls häufig zitierte Wert von 1500 ppm (Lufthygienewert, DIN 1946-2) ist nicht gleichzusetzen mit Problemfreiheit in Bezug auf die Innenraumlufqualität. Bei 1500 ppm CO<sub>2</sub> geben ca. 35% der Raumnutzer Unzufriedenheit mit der Raumlufqualität an (1). Aus diesem Grund sind CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von <>Wie verändert sich die Raumlufqualität im Verlaufe des Unterrichts?

In Klassen ohne Ventilation und bei geschlossenen Fenstern steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Raumluf im Verlaufe einer Schulstunde um durchschnittlich 1500 ppm an (1). Je nach Ausgangswert, d.h. je nach Lüftungsaktivität in der vorausgehenden Pause, und in Abhängigkeit von der Zahl der Schüler, lagen die Werte am Ende der Stunde zwischen 1900 und 3300 ppm (5 Schulen unterschiedlicher Bauart)(2). Ein mehrstündiger Unterricht bei geschlossenen Fenstern führt bei den üblichen Raumbelungszahlen im Verlaufe des Vormittags zu CO<sub>2</sub>-Werten von ca. 5000 ppm (5). Bereits nach einer Doppelstunde wurden trotz zeitweilig offenstehender Tür Werte von 1980 ppm erreicht (5). Zwei Untersuchungen aus den USA bestätigen diese Zahlen: In 9 Schulen, aus denen es zuvor keine Klagen über schlechte Luftqualität gab, lagen die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen zwischen 400 und 5000 ppm, wobei der Leitwert von 1000 ppm in 74% aller untersuchten Räume überschritten wurde (3). In der zweiten Studie aus Michigan lagen die Werte zwischen 2700 und 3300 ppm (4). Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, die in den Schulen dokumentiert wurden, stellen mit großer Wahrscheinlichkeit kein akutes gesundheitliches Risiko dar. Sie sind allerdings ein wichtiger Indikator für die Luftqualität und weisen darauf hin, dass der Luftaustausch in der überwiegenden Zahl der Klassen absolut unzureichend ist. Bedingt durch den mangelnden Luftaustausch kommt es neben dem CO<sub>2</sub> zu einem Temperaturanstieg, einer Zunahme von Luftfeuchtigkeit und Ausdünstungen von Bekleidung, Einrichtungsgegenständen und Baumaterialien. Untersuchungen in niedersächsischen Schulen bestätigen diese Zahlen auch für Deutschland und dokumentieren, dass im Tagesverlauf (9 - 15 Uhr) aufgrund unzureichender Lüftungsaktivitäten in den Pausen und Freistunden die CO<sub>2</sub>-Konzentration stetig zunimmt und sich ab 14 Uhr bei bedenklich hohen Werten von etwa 5000 ppm stabilisiert(1).

Das diese Zahlen als repräsentativ für die Situation an vielen Schulen gelten können, machen die sehr übereinstimmenden Rahmenbedingungen in der Studie mit den realen Bedingungen in vielen Schulen deutlich. Untersucht wurden Klassenräume der 5. Klassen mit einer durchschnittlichen Belegung von 27 Schülern und einer vergleichbaren Pausenlänge:

An 7 niedersächsischen Schulen wurde an 58 Tagen die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Raumluft bestimmt (1). Im Sommer lagen 32% der Messungen über dem Lufthygienewert von 1500 ppm (DIN 1946-2), im Winter lagen hingegen 89% der Messungen oberhalb des Grenzwertes. Das folgende Zitat aus der Veröffentlichung dieser Studie charakterisiert sehr zutreffend die Situation in vielen Klassenräumen: "...die Messungen erfolgten bei kühler Außenwitterung in einer 5. Klasse, die von 9:50 -15:45 Uhr Unterricht hatte. Die CO<sub>2</sub>-Werte lagen bei Unterrichtsbeginn bei ca. 800 ppm. Vor Ablauf der ersten Unterrichtsstunde ist bereits der DIN-Wert von 1500 ppm überschritten. Lüftungsaktivitäten in den Pausen sind kaum wahrnehmbar..."

## 7.2. Fachreferat Schadstoffe in Innenräumen von Mme Goyette

23.10.2013



### 2010-2020 A new swiss radon action plan

- Since 2006, the FOPH has trained 175 radon consultants that have received a 4 days training course about radioprotection, radon measurement, remediation and prevention methods
- But the follow-up of these consultants was missing to maintain their skills
- 2010 - The FOPH decided to hand over the training of future radon consultants to Universities of Applied Sciences in Switzerland

1