

Projekt LUFT

Luftqualität in Schulräumen

Eine Untersuchung in den Räumen der HS Heidenreichstein, durchgeführt vom PCÜ-Team der HS Heidenreichstein unter Teilnahme des PCÜ-Teams HS Schrems, im Schuljahr 1994/95

Als Abschluß unseres sich über mehrere Jahre erstreckenden Projektes, bei dem wir **Wasser, Boden und Luft** untersucht haben, legen wir nun die Arbeit zur Luftqualität in unseren Schulräumen vor.

Unsere Untersuchungen zum Wasser, hauptsächlich zur Wassergüte des durch Heidenreichstein fließenden Romaubaches, waren sehr erfolgreich, wie auch unsere Bodenanalysen der Erde um unsere Schule. Dabei haben wir immer versucht, den Computer in die Arbeiten soweit wie möglich einzubinden. Alle Auswertungen unserer Arbeiten haben wir am PC erstellt, und unsere letzten Untersuchungen wären ohne Unterstützung der Mikroelektronik auch gar nicht möglich gewesen. Neben dem Physik- und Chemiesaal, war also auch der Informatikraum eine unsere Arbeitsstätten.

Daß wir beim Projekt LUFT Unterstützung der HS Schrems erhalten haben, liegt daran, daß unser Lehrer Karl-Heinz Holz-müller mit Beginn des Schuljahres 1994/95, in die HS Schrems versetzt wurde. Wir wollten aber unser Projekt beenden, und so führt er unsere Physikalisch-Chemischen Übungen weiter, nunmehr haben wir damit auch Mithilfe unserer "Nachbarschule" bekommen.

Wir, das sind: Haider Stefan, 2.a, Baumgartner Andreas, 2.b, Max Peter, 3.b, Stingl Markus, 3.b, Apfelthaler Daniela, 4.a, Bartl Gerald, 4.a, Frank Thomas, 4.a, Pawle Joachim, 4.b, Sadlo Claudia, 4.b, Stangl Ewald, 4.b, Stoifl Georg, 4.b, Trisko Bernhard, 4.b der HS Heidenreichstein

und die an den Auswertungen und an der Erstellung der Posters, der Computershow und dieses Skriptums beteiligten Schüler der HS Schrems: Neuhold Gerhard, 2.c, Schandl Ingrid, 2.c, Spirek Roman, 2.c, Weber Alexander, 2.c, Wunsch Claudia, 2.c, Zauner Alexander, 2.c, Zimmel Daniel, 2.c, Göls Rudi, 3.a, Illetschko Nicole, 3.a, Kuhn Manuel, 3.a, Weißböck Markus, 4.a, Müller Matthias, 4.a, Bauer Peter, 4.b, Sautner Gerald, 4.b

Danksagungen für die Unterstützung unseres Projektes

Hiermit bedanken wir uns auch bei allen Lehrern, die unser Projekt durch zur Verfügung gestellte Stunden ermöglicht haben. Auch unseren Herren Direktoren und Schulobmännern, ein herzliches Dankeschön für Ihre finanziellen und sonstigen Unterstützungen!

Für Ihre großzügige Bereitstellung finanzieller Mittel, bedanken wir uns recht herzlich auch bei der Firma EVN.

Herzlichen Dank auch dem Verband der Chemielehrer Österreichs, zur Bereitstellung von Schülerarbeitsplätzen, gesponsert von der Firma FLAGA.

Die Methoden

Zur Gewinnung der Daten haben wir drei verschiedene Meßgeräte verwendet:

Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Helligkeit und Radioaktivität wurden mit Hilfe des Interfaces unserer PC-gestützten Wetterstation gewonnen. Die ersten drei Werte konnten von im Gerät eingebauten Fühlern gemessen werden, für die Helligkeit verwendeten wir einen LDR, und die Werte zur Radioaktivität erstellten wir mit Hilfe eines externen Geiger-Müller Zählers, der an das Interface angeschlossen wurde.

Kohlendioxid, Sauerstoff, Kohlenmonoxid, Formaldehyd und Schwefelwasserstoff wurden mit Hilfe von *Dräger-Röhrchen* gemessen. CO₂ mit Röhrchen, die einen Meßbereich von 100 - 3000 ppm hatten, O₂ mit 5 - 23 Vol.%, CO mit 0,001-0,03 Vol.%, HCHO mit 2 - 40 ppm, und H₂S mit 0,5 bis 15 ppm. (1ppm = 0,0001 Vol%.)

Die **Temperaturen** von Wand, Fensterflächen, Tafeln und Türen haben wir mit Hilfe eines *Meßgerätes zur berührungslosen Temperatur- und Wärmestrommessung* ermittelt. Dieses, auf Messung der Wärme-(Infrarot-)strahlung basierende Gerät wurde uns von Herrn Ing. Kaspar, Energieberater der EVN in Gmünd/NÖ bereitgestellt und war eines der für uns interessantesten Geräte. (Es war auch faszinierend, unsere Körpertemperatur ohne Berührung der Haut zu messen!)

Die gemessenen Räume

Wir haben versucht, einen Querschnitt der Luftqualität in allen Räumen unserer Schule zu geben. Dazu wählten wir ein Klassenzimmer, unseren Werkraum und den Informatikraum. Ursprünglich wollten wir auch die Luft im Turnsaal messen, dies scheiterte aber daran, daß wir unsere teuren Geräte nicht den Einflüssen einer Turnstunde (Erschütterungen des Bodens bei Laufübungen, Ballspiele, etc...) aussetzen wollten.

Kriterien für die Auswahl der Räume:

Im *Klassenzimmer* ist, bedingt durch den Unterricht in Leistungsgruppen, oft ein Wechsel. Zu jeder Stunde sind andere und auch unterschiedlich viele Personen anwesend.

Im *Werkraum* wird mit Chemikalien (Leim, Klebstoff, Farben, Lacken, etc.) gearbeitet und der Raum ist im Keller (ca. 2/3 unter der Erde).

Im *Informatikraum* arbeiten wir an sechs Personal Computern, die vielleicht auch die Luftqualität beeinflussen könnten.

Meßwerte

Zur Verdeutlichung sind die meisten Werte als Diagramme dargestellt. Eine Darstellung der Werte in Zahlen würde der Lesbarkeit unseres Berichtes nicht dienlich sein, wir geben die Zahlen in Form von Spreadsheets aber gerne an Interessierte, vielleicht zur selbständigen Auswertung, weiter.

Die Wiedergabe der Meßergebnisse gliedern wir nach den gemessenen Räumen auf:

Klassenraum der 4.A

Der Raum ist 7,74 m x 7,30 m x 3,2 m groß mit 3 Fenstern zu je 1,95 m x 1,82 m und einer Tür mit den Maßen 0,9 m x 2,17 m. Das Luftvolumen ist 174,5 m³.

Gemessen wurde am 14.11.1994 bei durchgehend geschlossenen Fenstern und am 30.1.1995 bei Stoßlüftung durch kurzzeitiges Öffnen der Fenster in einer Pause. Diese Fenster sind 2-fach Isolier-Glas-Alu-Fenster. Die Mauern bestehen aus 35 mm Stahl-Beton mit 5 cm Frigulit Isolierung. Der Raum befindet sich im 1.Stock des Gebäudes.

Die Messung erstreckte sich über einen ganzen Schultag von 7⁵⁰ Uhr bis zum Ende des Vormittagunterrichtes um 14¹⁰ Uhr.

In den Unterrichtsstunden waren je Messung 16, 21, 0, 0, 24 und 24 Personen anwesend.

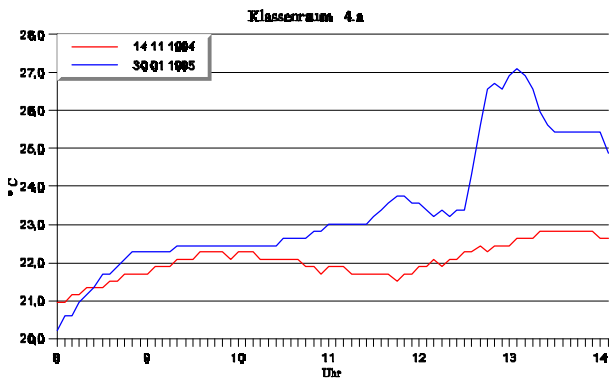
In der letzten Stunde wurde CO₂, CO, CH₂O und H₂S gemessen. Nur CO₂ -Werte konnten erstellt werden, alle anderen blieben unter der Anzeigenauigkeit unserer Teströhrchen.

Bei der ersten Messung erzielten wir - wahrscheinlich durch falschen Umgang mit den Prüfröhrchen - überhöhte Werte für Kohlendioxid. Wir haben deshalb im nachhinein Schätzungen angegeben. Um aussagekräftige Werte zu erzielen, haben wir am 12.12.1994 die Messungen zur gleichen Zeit wiederholt und auch etwas ausgebaut.

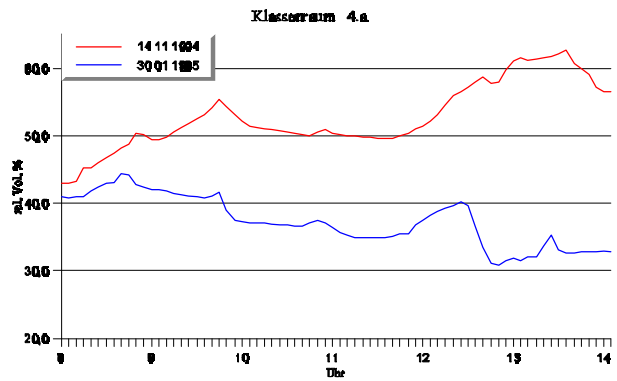
An diesem Tag führten wir auch Sauerstoffmessungen im Klassenraum durch. Permanente O₂-Messungen waren leider nicht möglich, da die Teströhrchen sich beim Test stark erwärmen können. Wir haben die anderen Messungen ohne Aufsicht unseres Physiklehreres gemacht (in der Geographiestunde), er wollte uns nicht alleine mit diesen Teströhrchen arbeiten lassen. Außerdem sind Drägerröhrchen für Sauerstoff sehr teuer.

Mit dem Infrarot-Thermometer haben wir an diesem Tag die Wände unserer Klasse vermessen.

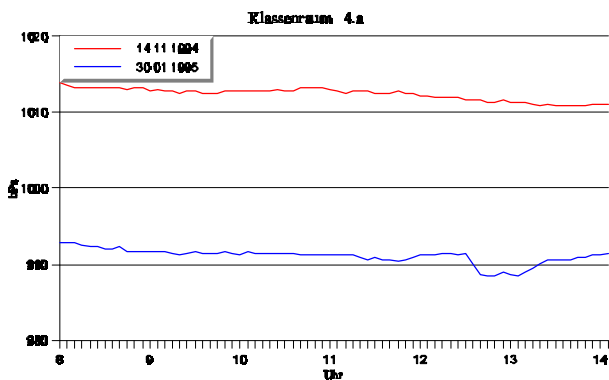
Temperatur



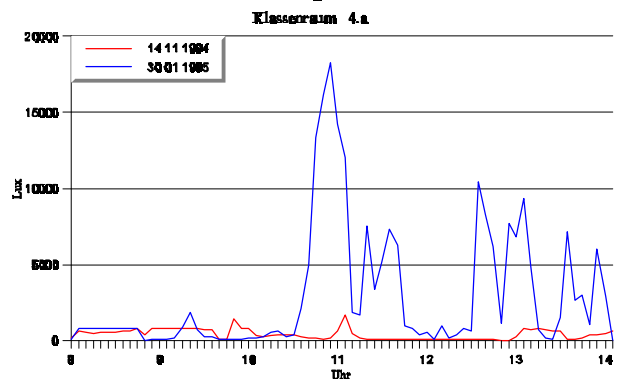
Luftfeuchtigkeit



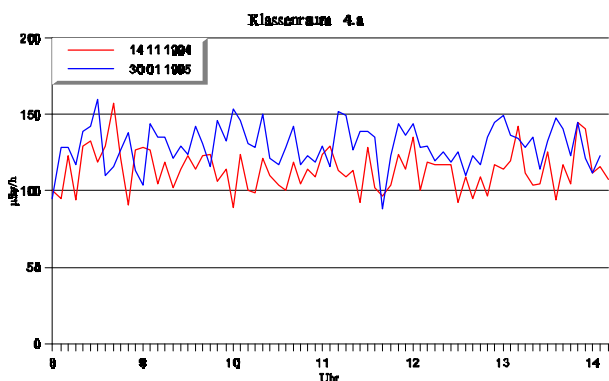
Luftdruck



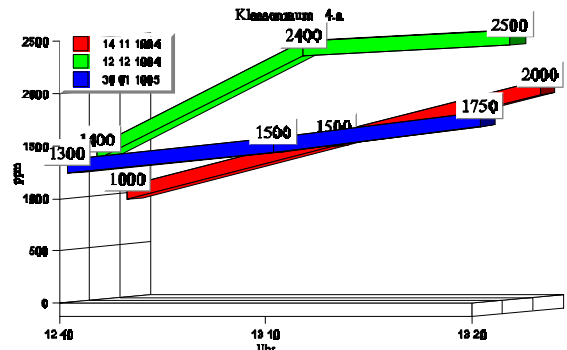
Helligkeit



Radioaktivität



Kohlendioxid



6. Unterrichtsstunde - Geographie - 23 Personen:

Uhrzeit	CO ₂ (ppm)	O ₂ (Vol.%)
12.37	1400	-
13.10	2400	19
13.20	2500	18

	13.10 Uhr	13.25 Uhr
Fensterglas	23,7 °C	22,8 °C
Fenstersteg	21 °C	21,2 °C
Stahlbetonsteg	21 °C	21,5 °C
Heizfl. oben	38,5 °C	38,5 °C
Heizfl. unten	34,5 °C	33,8 °C
Wand hinten	22,5 °C	22,4 °C
Wand (Kork)	22,7 °C	22,6 °C
Wand (Kachel)	21,6 °C	20,6 °C
Tür	22,3 °C	22,3 °C
Tafel (schwarz)	22,6 °C	21,6 °C
Raum	22,2 °C	22,6 °C

Luftdruck: 1015,5 hPa
 Außentemperatur: 8,7 °C

Werkraum

Der Raum ist 8,65 m x 8,77 m x 3,15 m groß mit 3 Fenstern zu je 2,07 m x 1,50 m und einer Tür mit den Maßen 1,1 m x 2,28 m. Das Luftvolumen beträgt 238.96 m³.

Gemessen wurde am 29.11.1994 und am 31.1.1995 bei durchgehend geschlossenen Fenstern. Diese Fenster sind 2-fach Isolier-Glas Alu Fenster. Die Mauern bestehen aus 35 mm Stahl-Beton mit 5 cm Frigulit Isolierung. Der Raum ist ein Keller-raum, der nur zu 2/3 über den Boden ragt. Weiters ist noch zu bemerken, daß am 29.11.1994 die Tür ständig geöffnet war, da Schüler aus einer Parallelklasse zum Werkraum Zutritt benötigten.

Die Messung erstreckte sich über je zwei Schulstunden: von 11³⁰ Uhr bis 14¹⁵ Uhr.

In den Unterrichtsstunden waren am 29.11.1994 13 und am 31.1.1995 16 Personen anwesend.

In der letzten Stunde wurde CO₂, CO, CH₂O und H₂S gemessen. Nur CO₂ -Werte konnten erstellt werden, alle anderen bleiben unter der Anzeigegenauigkeit unserer Teströhrchen.

Informatikraum

Der Raum ist 8,67 m x 7,20 m x 2,85 m groß mit 3 Fenstern zu je 2,07 m x 1,50 m und einer Tür (0,89 m x 2,28 m). Das Luftvolumen beträgt 177,91 m³. Wand und Fenster sind wie im Klassenraum ausgeführt. Der Raum befindet sich in den Kellerräumen.

Gemessen wurde am 13.12.1994 und am 7.2.1995 bei durchgehend geschlossenen Fenstern. Die Messung erstreckte sich über je vier Schulstunden: von 11³⁰ Uhr bis 15⁴⁵ Uhr!

Zur Unterrichtszeit waren am 13.12.1994 12, 12, 0, 0, 13, 13 und am 7.2.1995: 11, 11, 0, 0, 13, 13: Personen anwesend.

CO₂, CO, CH₂O und H₂S wurden gemessen. Nur CO₂ -Werte konnten erstellt werden, alle anderen bleiben unter der Anzeigegenauigkeit unserer Teströhrchen.

Am 13.12.1995 nahmen wir auch folgende Daten:

	14.30 Uhr	15.00 Uhr	15.30 Uhr
Fensterglas	19 °C	21,3 °C	18,4 °C
Fenstersteg	18,3 °C	19,1 °C	18,4 °C
Stahlbetonsteg	20,8 °C	21,8 °C	21,4 °C
Heizfl. oben	30,4 °C	27,8 °C	26,7 °C
Heizfl. unten	29,2 °C	27,2 °C	26,4 °C
Wand hinten	20,2 °C	20,5 °C	20,2 °C
Wand recht:	21,4 °C	21,6 °C	21,5 °C
Wand (Kachel)	21,1 °C	21,8 °C	21,7 °C
Tür		21,5 °C	22 °C
Tafel (weiß)	21,9 °C	21,8 °C	21,7 °C
Raum	21,2 °C	21,1 °C	21,5 °C

O ₂	19,5 Vol.%	15,5 Vol.%	18 Vol.%
----------------	------------	------------	----------

Luftdruck: 1015,5 hPa
 Außentemperatur: 9,4 °C

Der Sauerstoffgehalt am 7.2.1995 war 16 Vol.% um 15⁰⁰ Uhr und 17,5 Vol.% um 15³⁰ Uhr.

Luftdruck: 1001 hPa
 Außentemperatur: 12,6 °C

Versuch einer Auswertung der Meßdaten

Eine Interpretation der Daten ist für uns eine schwierige Sache. Wir haben nämlich keine entsprechende Erfahrung mit den Werten und auch keine Vergleichsmöglichkeiten. Wir wissen nur aus unseren Kontakten im Internet, daß wir relativ hohe Werte für CO₂ gemessen haben.

Zur Orientierung haben wir die ÖNORM - H6000 - Teil 3 verwendet.

Temperatur

In der ÖNORM wird zur thermischen Behaglichkeit von Personen das Zusammenwirken von Raumlufttemperatur (t_r) und mittlere Strahlungstemperatur (t_{rd}) der umgebenden Flächen genannt.

Die Bandbreite kurzzeitiger Temperaturschwankungen darf innerhalb von 200 s maximal 1 K betragen.

Solche kurzzeitigen Schwankungen haben wir nicht festgestellt. Im Klassenraum der 4.a war aber am 30.1.1995, bedingt durch intensive Sonneneinstrahlung - siehe auch Helligkeit - ein großer, kurzzeitiger Anstieg zu messen:

12 ³² Uhr	23,4 °C
12 ³⁷ Uhr	24,3 °C
12 ⁴² Uhr	25,6 °C
12 ⁴⁷ Uhr	26,6 °C

Die Anstiege der Temperatur sind im allgemeinen auf die Wärmeabgabe der Personen im Raum zurückzuführen, die bei leichter manueller Arbeit 100 bis 120 Watt pro Person beträgt.

Die empfundene Temperatur t_e wird nach der Formel $t_e = (t_L + t_{rd}) / 2$ berechnet.

Wenn wir den Durchschnitt unsere Strahlungsmessungen vom 12.12.1994 im Klassenraum der 4.a betrachten, so ergibt sich:
Um 13¹⁰ Uhr: $t_e = 23,62$ °C und
um 13²⁵ Uhr: $t_e = 23,67$ °C.

Am 13.12.1994 im Informatikraum:
Um 14³⁰ Uhr: $t_e = 21,79$ °C,
um 15⁰⁰ Uhr: $t_e = 21,80$ °C und
um 15³⁰ Uhr: $t_e = 21,63$ °C.

Die neutrale Temperatur (t_n) in Abhängigkeit von Kleidung und Bewegung wird (ermittelt von einer repräsentativen Personenzahl) mit $t_n = 21,50$ °C angegeben. Da sich bei diesem Wert das subjektiv angenehmste Wärmeempfinden einstellt, war es also im Klassenraum deutlich zu warm, im Informatikraum dagegen nur leicht erhöht!

Im Werkraum haben wir leider keine Temperaturstrahlungsmessungen durchgeführt, da wir das Meßgerät nur kurze Zeit zur Verfügung hatten.

Luftfeuchtigkeit

Die Grenzen der relativen Luftfeuchtigkeit werden mit 35 % bis 65 % angegeben.

Alle unsere Messungen bewegten sich in diesen Grenzen. Wir waren aber trotzdem sehr überrascht, an Hand dieser Kurven genau ablesen zu können, wann und in gewissem Maße auch wieviele Personen sich in einem Raum aufhalten.

Bemerkenswert ist auch die Messung vom 30.1.1995 im Klassenraum der 4.a. Während alle anderen Meßwerte stetigen Anstieg der Luftfeuchtigkeit zeigen, ist hier, wahrscheinlich auf Grund des Öffnen der Fenster, eine fallende Tendenz zu sehen.

Luftdruck

Auf das Raumklima wirkt sich der Luftdruck wahrscheinlich nicht direkt aus, unsere Messungen zeigen aber die unterschiedlichen Zustände an den Tagen der Messungen.

Helligkeit

Interessant ist hier der Unterschied Sonnenlicht - Kunstlicht! Bei Kunstlicht lagen die Werte zwischen 500 und 1000 Lux, während die Sonne ein Ansteigen des Meßwertes um ein Zehnfaches bewirkt

Radioaktivität

Die gemessenen Werte entsprechen unserer normalen Hintergrundstrahlung, die zwischen 80 und 150 μ S/h liegt!

Kohlendioxid

Der lufthygienische Grenzwert (Pettenkoferzahl) liegt bei 0,1% bzw. 1000 ppm. Der MAK-Wert bei 0,5 % bzw. 5000 ppm (In Diskussion sind 2500 ppm).

Dazu ist zu sagen daß der lufthygienische Grenzwert bei allen unseren Messungen überschritten wurde. Unsere Messungen waren jeweils am Ende eines Unterrichtstages angesetzt und sollten so auch den Spitzenwert dokumentieren.

Der MAK-Wert wurde, wenn auch nur einmal, erreicht, am Ende der letzten Stunde im Informatikraum.

Allgemein ist festzustellen, daß eine oftmalige Lüftung angebracht wäre, um erträgliche CO₂-Werte zu ermöglichen.

Das Problem der hohen CO₂-Werte haben wir auch im Projekt "Global Lab" im Internet diskutiert. Einige Berichte dazu seien hier wiedergegeben:

From: rborstsc@igc.apc.org (Rich Borst)
Date: Thu, 26 Jan 95 20:58 EST
To: heidenr@stieltjes.smc.univie.ac.at
Subject: Kohlendioxid

Hallo Österreich!

Habt Ihr Kohlendioxid im Klassenzimmer gemessen. Hier sind unsere Resultate für Kohlendioxid im Chemielabor während die Bunsenbrenner angezündet waren:

Zeit (min)	CO ₂ (ppm)
0	500
5	1000
10	1000
15	1500
20	2000
25	2000

Draußen haben wir 300 ppm gemessen.

Kohlendioxid mit 20 Schüler im Klassenzimmer...eine Vorlesung vom Lehrer.

Erste Klasse von Chemie, Silver Bluff High School, Aiken SC

From: westonma@igc.apc.org (Rivers School)
Date: Mon, 30 Jan 95 11:45:46 EST
To: heidenr@stieltjes.smc.univie.ac.at (HS Heidenreichstein),
gl-ideabank@terc.edu (GL-IdeaBank)
Subject: CO2 Levels @ Rivers

To All Research groups regarding CO2 Levels:
The Rivers School has 250.00 (ppm) CO2 levels.

Rivers School Weston, MA

Date: 7 Feb 1995 18:24:11 -0500
From: "Bart Wise" <Bart_Wise@terc.edu>
Subject: High CO2 Levels
To: "gl-ideabank" <gl-ideabank@terc.edu>,
"Heidenreich Students" <heidenr@stieltjes.smc.univie.ac.at>

Subject: Time: 5:49 PM

OFFICE MEMO High CO2 Levels Date: 2/7/95

Dear students at Heidenreichstein High School,

I read about your high CO2 measurements and I wanted to tell you about an experience we had here at TERC last year. We conducted a meeting with approximately 25 people in a room of around 150 cubic metres volume. This room is ventilated, but not very well. We measured the CO2 level in the room before the meeting as 500ppm. At the end of the 1.5 hour meeting, we measured a CO2 level of nearly 1500ppm! This certainly shows that human respiration can produce high levels of CO2 in short periods if the ventilation is not good. If there are often many people in your computer room, they might be contributing to the high CO2 levels.

You mentioned that you have gas heating in your school, which does produce large amounts of carbon dioxide. Usually, however, the carbon dioxide and more dangerous carbon monoxide gases go through an exhaust system out of the building. Perhaps there is a leak in your exhaust system, and the gases are staying within the building. Our facilities person here at TERC suggests that you check to find out whether the exhaust system and ventilation system pipes run right next to each other and are leaking into each other. Happy experimenting!

Bart Wise

Date: Fri, 10 Feb 95 16:10:45 EET
From: Viktor Muuli <viktor@htg.tartu.ee>
Message-Id: <2f3b762b.htg@htg.tartu.ee>
To: gl-ideabank@terc.edu
Subject: [gl-ideabank] Re: High CO2 Levels

Dear folks,
I would like to write about our experience in this area.

Some weeks ago we did the measurement of CO2 level in classroom. There were 29 persons in a room with cubature about 200 m³.

Our experiment took 5 lessons and our results were:
CO2 concentration in the morning before lessons - 0,12%
CO2 concentration after 5-th lesson - 0,38%
CO2 concentration outside - 0,03%

Without ventilation the concentration of CO2 increased more than 3 times compared before lessons time and reached level more than 10 times compared with data from outside!

Viktor Muuli, Hugo Treffner Grammar School

Date: Sun, 12 Feb 95 13:13 EST
To: heidenr@stieltjes.smc.univie.ac.at
Subject: Kohlenstoffdioxid

Grüsse

... hoch sind sie...

Solche Kohlenstoffdioxidstufen haben wir noch nie gesehen, aber das Klima ist hier viel anders als in Österreich. Wir haben zentrale Heizung aber im Winter ist sie oft nicht an. Es ist möglich dass die Fenster im Januar offen gelassen sind. Es wäre interessant diese Resultate mit einer Schule im Norden zu vergleichen vielleicht in der Nähe von Boston oder New York.

Rich Borst, Aiken SC

Sauerstoff

Grenzwerte oder Richtwerte zum Sauerstoff konnten wir nicht finden! Interessant ist aber, daß mit der Zunahme von Kohlendioxid auch der Sauerstoffgehalt abnimmt, (was ja zu erwarten war).

Kohlenmonoxid, Formaldehyd, Schwefelwasserstoff

Von diesen Gasen konnten wir mit Hilfe unserer Teströhrchen keine nachweisbaren Werte verzeichnen. Die Mengen dieser Stoffe sind in unseren Schulräumen unbedeutend.

Abschließende Bemerkungen

Seit September 1994 sind wir in einem Projekt im Computernetz - INTERNET von "Global Lab" mit dem Thema "Classroom Environment" beteiligt. Wir werden also die Messungen weiterführen und hoffentlich noch interessante Daten gewinnen können.

In der HS Schrems soll im Schuljahr 1995/96 mit den Messungen begonnen werden. Dies ist deshalb sehr interessant, da sich die Gebäudeverhältnisse von denen der HS in Heidenreichstein massiv unterscheiden. Die Schule in H⁴stein wurde erst renoviert. In Schrems sind alte, zugige Fenster, ohne Wärmeschutz ausgeführte Fassaden und anders angeordnete Räumlichkeiten zu finden.

Leider ist die Untersuchung mit der Aufbringung großer finanzieller Mittel verbunden. Unsere Telefonkosten zu INTERNET bewegen sich alleine in der Höhe von ca. 2000,- öS pro Monat, neben den enormen Kosten für Teströhrchen usw. - also eine teure Sache. Wir werden aber versuchen, neben der EVN, der wir nochmals herzlichst danken, weitere Sponsoren zu finden, die uns unsere interessanten Arbeiten ermöglichen - die Firma FLAGA hat uns angeboten, im nächsten Geschäftsjahr eventuell eine Förderung zu gewähren.

Literatur

Beschreibungen der Teströhrchen, PC-gestützte Wetterstation und diverser anderer Meßgeräte.

ÖNORM H6000 3.Teil