Innenklima

Grundlegende Begriffe

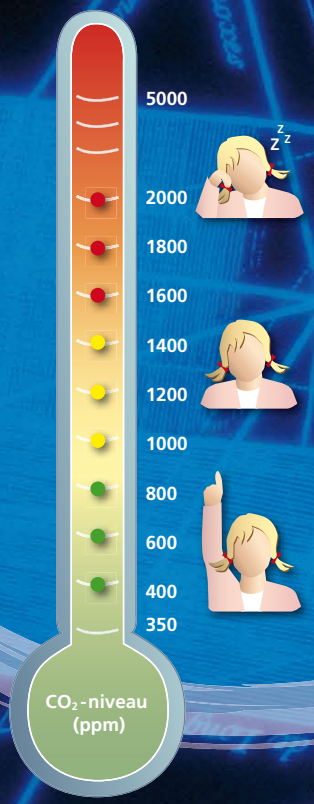
Luftgeschwindigkeit < 0,15 m/s

Temperatur 21-22 °C

Feuchte 40-60 % RF

CO_2 < 1000 ppm

Schall 30-33 dB(A)



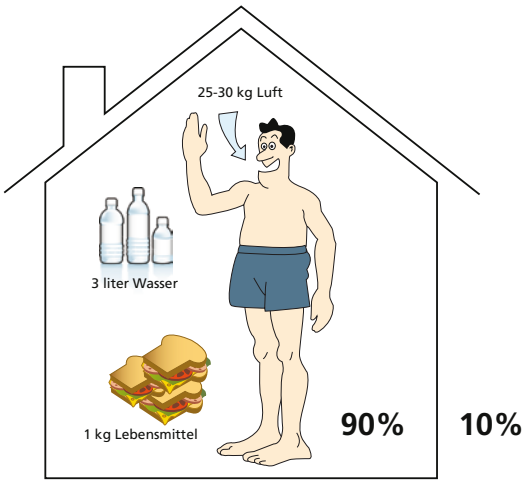
Innenklima

Wir Menschen befinden uns die weitaus meiste Zeit in geschlossenen Räumen. Das ist auch kein Problem, wenn man ein Stachelschwein ist. Gewisse Tiere sind vorwiegend nachts aktiv und leben in dunklen Höhlen tief unter der Erdoberfläche - und fühlen sich wohl dabei. Wir Menschen dagegen fühlen uns wohl bei Tageslicht und frischer Luft. Wir fühlen uns sogar unwohl bzw. werden krank, wenn wir nicht genügend Tageslicht und frische Luft bekommen.

Forscher behaupten, dass wir Menschen seit unserer Entstehung vor vielen Millionen Jahren irgendwo in Zentralafrika uns nicht besonders viel verändert haben. Uns geht es am besten, wenn wir uns in einem Klima befinden, das dem Klima von einst entspricht. Man könnte sagen, dass wir genetisch programmiert sind, tagsüber im Freien zu sein.

Wir wissen kaum, wie das Klima vor Millionen von Jahren in Zentralafrika war, aber dieses Wissen brauchen wir eigentlich auch gar nicht. Wir brauchen einfach nur zu untersuchen, wann es dem Menschen der Gegenwart gut geht. - Und wann geht es uns dann gut?

Zunächst müssen wir untersuchen, wie man das Innenklima misst.



90% der Zeit halten wir uns drinnen auf und atmen pro Tag 25-30 kg Luft ein.

Wie wird das Innenklima gemessen?

Das Innenklima in Wohnungen, Büros und Schulen ist seit Jahren Gegenstand intensiver Forschung. Man weiß deshalb ziemlich genau, was ein gutes Innenklima ist. Oder vielmehr, man kann vorhersagen, wie viele mit dem Innenklima eines Raumes zufrieden bzw. unzufrieden sein werden. Daher weiß man auch, was geändert werden muss, damit noch mehr mit dem Innenklima zufrieden werden.

Wenn man das Innenklima in einem Raum messen muss, untersucht man unter anderem:

- **Temperatur**
- **Luftbewegungen – oder Zug**
- **Licht**
- **Schall**
- **Feuchte in der Luft**
- **Reinheit der Luft**

FAKTEN über die Messung des Innenklimas

Man misst, ob ein Innenklima gut ist, indem man untersucht, wie viele damit unzufrieden sind. Je mehr unzufrieden sind, umso schlechter ist das Innenklima. Sind nur 10 von 100 unzufrieden, ist das Innenklima gut. Es wird nämlich niemals möglich sein, alle zufriedenzustellen.

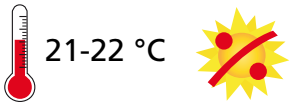
Temperatur

Es ist sehr einfach, die Temperatur der Luft zu messen. Die Temperatur ist auch der wichtigste Faktor bei der Messung des Innenklimas.

Wenn es zu kalt wird, verbraucht der Körper Energie, um sich warm zu halten. Es mag schwer sein, sich zu konzentrieren, und wir verspüren Lust, uns zu bewegen, um Wärme zu produzieren. Wenn es kalt bleibt, bekommt man bald Schüttelfrost - und dann kann man auf jeden Fall keine optimale Leistung erbringen. Es ist auch nicht gut, wenn es zu warm ist, denn dann wird man müde und bekommt Konzentrationsprobleme.

Es reicht jedoch nicht aus, nur auf die Temperatur der Luft zu schauen. Stell dir einen sonnigen Frühlingstag vor. Der Unterschied ist groß, ob du am Fenster direkt in der Sonne oder im Raum weiter entfernt vom Fenster sitzt. Wenn die Sonnenstrahlen dich treffen, spürst du die Wärme dort, wo die Strahlen dich treffen. Es ist das gleiche Phänomen, wenn man vor einem heißen Heizkörper oder Kaminofen steht. Die eine zur Heizung gewandte Seite wird von der Strahlung erwärmt. Man spürt jedoch nicht nur die Strahlungswärme. An einem richtig kalten Wintertag spürt man auch die Kältestrahlung von Fenstern. In Wirklichkeit ist nicht von Kältestrahlung die Rede, sondern die Fenster strahlen nicht so viel Wärme ab, wie beispielsweise eine wärmere Wand.

Bei einem optimalen Innenklima sollte die Temperatur zwischen 21 und 22 °C liegen, und man sollte nicht direkt in der Sonne sitzen.



Luftbewegungen – oder Zug

Wenn wir ganz still in einem Raum sitzen, in dem sich die Luft nicht bewegt, bildet sich eine Luftschicht um ums. Die Luft um uns hat eine Temperatur, die zwischen unserer Körpertemperatur und der Raumtemperatur liegt. Das ist eine isolierende Luftschicht.
Dieses Phänomen ist uns auch von warmen Winterkleidern bekannt, wo es darum geht, dass die äußere Kleiderschicht wind- und wasserfest ist, und die Füllschicht aus dickem und leichtem Material als Isolierung besteht.

Wenn sich die Luft bewegt, wird die isolierende Luftschicht mehr oder weniger weggeweht, und deshalb empfinden wir es als kälter. Stell dir einen Tag mit starkem Wind vor, wo es schwierig ist, sich warm zu halten, obwohl die Temperatur draußen nicht besonders niedrig ist. Der Wind kühlt uns schnell ab.

Auch wenn es drinnen nicht stürmt, hat die Bewegung der Luft große Bedeutung für unsere Wahrnehmung. Nach den Bauvorschriften muss die Geschwindigkeit der Luft unter 0,15 Meter pro Sekunde gehalten werden. Zug kann beispielsweise entstehen, wenn ein Fenster undicht ist, oder wenn die Lüftungsanlage falsch konstruiert ist.

Zug lässt sich mit einem speziellen Messinstrument messen, das aus einem Heizdraht und einem Gerät zur Erfassung der Abkühlung des Drahtes besteht. Je größer der Zug umso schneller die Abkühlung.

Bei einem optimalen Innenklima sollte die Geschwindigkeit der Luft 0,15 m/s nicht übersteigen.

FAKTEN über Temperatur

Alle Werkstoffe strahlen Wärme ab, wenn die Temperatur über minus 273 °C (dem absoluten Nullpunkt) liegt.

Die Wärmestrahlung hängt vorwiegend von der Temperatur des Werkstoffes ab, und deshalb geben warme Werkstoffe eine größere Wärmestrahlung ab als kalte Werkstoffe.

Die Sonne gibt selbstverständlich eine sehr starke Wärmestrahlung ab, aber zum Glück nimmt die Wärmestrahlung mit der Entfernung ab. Das ist auch der Grund, weshalb Planeten, die sich näher an der Sonne befinden, zu heiß sind, als dass sich dort Lebewesen befinden können, während die Planeten, die weiter weg sind als die Erde, zu kalt sind, so dass Leben dort nicht möglich ist.

Der Mensch ist in der Lage, Wärmestrahlung wahrzunehmen. In der Tat sind wir in der Lage, auf Abstand wahrzunehmen, ob ein Gegenstand warm oder kalt ist, ohne ihn zu berühren.

Wir geben selber eine gewisse Wärmestrahlung ab, und das, was wir wahrnehmen, ist, ob der Gegenstand mehr oder weniger Wärme ausstrahlt als wir selbst - und ob wir erwärmt oder abgekühlt werden.

Licht

Es ist nicht so überraschend, dass es drinnen hell sein muss, wenn wir nicht schlafen. Es ist jedoch nicht so einfach, das richtige Licht zu bekommen. Forschungen haben ergeben, dass wir das Licht von der Sonne bevorzugen. Wenn man sich längere Zeit in einem Raum ohne Fenster aufhält, wird man traurig und deprimiert. In der Tat deutet einiges darauf hin, dass man fröhlicher wird, wenn man sich in Tageslicht aufhält.

Durch das Tageslicht können sich leider auch negative Seiten ergeben, wenn die Sonne direkt hineinstrahlt und unglückliche Reflexionen erzeugt. Du hast sicher erlebt, auf die Tafel zu schauen wenn die Sonne dir direkt in die Augen scheint. . Dann kann man kaum sehen, was auf der Tafel steht. Die Kunst besteht darin, Licht ohne direkte Sonneneinstrahlung zu bekommen. Es ist wichtig, dass es die gleiche Menge Licht in allen Teilen beispielsweise eines Klassenzimmers gibt.

Licht wird in Lux gemessen, und zwar mit einem Lichtmesser, einem sogenannten Luxmeter.

Bei einem optimalen Innenklima sollte es genügend Tageslicht geben

FAKTEN über Licht

Das Tageslicht in einem Raum reicht normalerweise aus, wenn die Glasflächen der Fenster mehr als 10% der Bodenfläche ausmachen. Ist der Klassenraum z.B. 50 m² groß, muss die Fläche der Fenster mehr als 5 m² betragen.

Das Interessante dabei ist die verglaste Fläche und nicht das Fenster an sich.

Schall

Schall ist sicherlich einer der Faktoren, der Schülern am besten bekannt ist. In einem Klassenzimmer gibt es oft viel Lärm! Diese Art von Lärm können die Schüler jedoch selber reduzieren. In Perioden mit konzentrierter Arbeit an Aufgaben spielen Lärmstörungen anderer Art eine Rolle.

Dies kann beispielsweise Lärm von der Straße oder von einer technischen Installation sein. Es kann vorkommen, dass die Lüftungsanlage ein Geräusch abgibt oder dass man die Heizungsanlage im Keller hören kann. Es ist auch nicht ganz ungewöhnlich, dass man Geräusche von anderen Räumen der Schule hören kann.

Geräusch spielt auch eine Rolle für unser Wohlbefinden. Wenn es viel Lärm gibt, wird man unkonzentriert und müde.

Nicht nur die Geräuschquelle spielt eine Rolle. Auch die Einrichtung der Räume spielt eine Rolle. Beispielsweise reflektieren harte und glatte Wand- und Deckenoberflächen den Schall, so dass er nicht ausklingt sondern weiter im Raum schallt. Dies hat die negative Wirkung, das diejenigen, die reden, lauter und lauter werden, um den Lärm zu übertönen, so dass es schließlich unerträglich wird.

Es spielt auch eine große Rolle, wie gut das Gebäude gegen Schall von außen oder von anderen Räumen isoliert ist. Gute Fenster können im Großen und Ganzen Störungen von einer verkehrsreichen Straße beseitigen. Wenn die Geräusche im Raum von der Klasse selbst kommen, wird dies nicht als so schlimm aufgefasst, wie Geräusche von draußen.

Bei einem optimalen Innenklima sollte Schall, der von außen oder von Installationen kommt, unter 30-33 dB(A) liegen

Schall

FAKTEN über Schall

Ein Schalllpegel wird in dB(A) (Dezibel) gemessen. Als Faustregel gilt, dass der Schallpegel oder das Geräuschniveau wie folgt aufgefasst wird:

Störend (80-85 dB(A)): Ein normales Gespräch ist in 1 m Abstand nicht vernehmbar.

Laut (85-90 dB(A)): Ein lautes Gespräch ist in 1 m Abstand nicht vernehmbar.

Lauter (90-95 dB(A)): Rufe sind in einem Abstand von 0,5 m nicht vernehmbar.

Sehr Laut (95-100 dB(A)): Rufe sind in einem Abstand von 0,25 m nicht vernehmbar.

In einer Schule braucht es nicht viel, damit ein Geräusch störend wirkt:

- Nachts liegt das Niveau normalerweise unter 20 dB(A)
- Bei einem Hintergrundgeräusch von 50 dB(A) ist es schwierig zu hören, was gesagt wird
- Ein normales Gespräch entspricht 60-70 dB(A)
- In der Pause liegt der Schallpegel bei 70-80 dB(A), vielleicht sogar bis 90 dB(A)
- Wenn in der Turnhalle Ball gespielt wird, beträgt der Schallpegel 90-100 dB(A)
- In einer Diskothek mit lauter Musik beträgt der Schallpegel 100-110 dB(A)
- Schallpegel über 140 dB(A) geben sofort Höhrschäden

An einem Arbeitsplatz darf der durchschnittliche Schallpegel 85 dB(A) nicht übersteigen, gemessen über 8 Stunden.

Feuchte in der Luft

Obwohl wir Menschen nicht so recht in der Lage sind, die Feuchte der Luft wahrzunehmen, so hat sie eine Bedeutung für unser Wohlbefinden. Viele haben erlebt, dass ihre Schleimhäute austrocknen, wenn es im Winter drinnen sehr trocken ist. Es herrscht jedoch eine gewisse Unsicherheit, ob man dies tatsächlich spürt, oder ob es eher darauf beruht, dass die trockene Luft bewirkt, dass kleine Staubpartikel durch die Luft schweben und dadurch unsere Schleimhäute reizen. Es ist jedoch erwiesen, dass sehr trockene Luft mehr Staub in der Luft und mehr statische Aufladung erzeugt, und dies kann lästig sein.

Eine sehr feuchte Luft ist auch unangenehm. Wenn es warm und feucht ist, wird es als besonders schwül empfunden, u.a. weil wir Probleme beim Schwitzen haben.

Leider entsteht Feuchte nicht nur an den Fenstern sondern auch an Wänden, beispielsweise in Ecken oder hinter Schränken. Es kann sogar Feuchte in den Wänden vorkommen, was sehr ernst ist, weil dies zu Schimmelpilzen führen kann. Schimmelpilze sind gefährlich, weil sie Giftstoffe aussenden, die bei gewissen Menschen Allergien auslösen. Die Symptome sind Kopfschmerzen, Müdigkeit und Konzentrationsschwierigkeiten. Diese Symptome können jedoch aus vielen anderen Ursachen entstehen. Und da nicht alle die gleichen Symptome bekommen, vergeht oft viel Zeit, bis man die eigentliche Ursache gefunden hat.

Bei einem optimalen Innenklima sollte die Luftfeuchte zwischen 40 und 60 % RF liegen

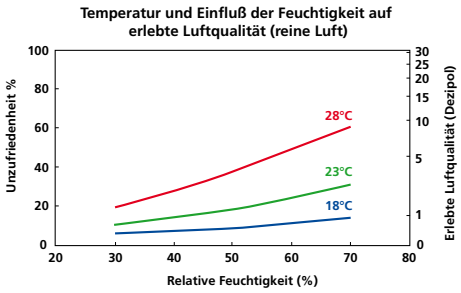
FAKTEN über relative Feuchte

Relative Feuchte ist ein Ausdruck für den tatsächlichen Anteil von Wasserdampf in der Luft im Verhältnis zu dem höchst möglichen Anteil.

Luft bei 20 °C kann z.B. ca. 14,3 g Wasserdampf pro kg trockener Luft enthalten, und wenn die Luft 8,6 g Wasserdampf pro kg trockener Luft enthält, dann beträgt die relative Feuchte 60 % (8,6/14,3*100). Dies wird als 60 % RF angegeben.

Außerdem ist es so, dass warme Luft mehr Wasserdampf enthalten kann als kalte Luft. D.h. wenn Luft von 20 °C bei 60 % RF abgekühlt wird, steigt die relative Feuchte. Bei 12 °C kann Luft nur 8,6 g Wasserdampf pro kg Luft enthalten. Die relative Feuchte ist dann auf 100 % RF angestiegen, was bewirkt, dass der Wasserdampf kondensiert und sich zu Wassertropfen verflüssigt.

Bei 20 °C wiegt 1 Kubikmeter trockene Luft 1,205 kg.



Reinheit der Luft

Es ist stets äußerst schwierig mit der Reinheit der Luft zu arbeiten. Die schlimmste Verschmutzung ist nicht immer die, die wir Menschen vernehmen. Beispielsweise sind Partikel in Abgasen von Autos um ein Vielfaches schlimmer als der Geruch von altem Käse. Pollen sind für Allergiker um ein Vielfaches schlimmer als Staub, der in der Luft herumschwebt.

Wenn man die Luftverschmutzung in Innenräumen wissenschaftlich untersuchen möchte, untersucht man, wieviel Staub sich im Raum befindet, wieviel Pollen, der Raum enthält, ob es schädliche Stoffe gibt (z.B. Radon oder Formaldehyd), ob es unangenehme Gerüche gibt sowie den Anteil von CO_2 in der Luft.

Staub und Pollen werden gemessen, inden die Luft durch einen Filter angesaugt wird. Anschließend wird der Inhalt im Filter gezählt oder gewogen.

Schädliche Stoffe werden mit besonders empfindlichen Geräten gemessen.

Schlechte Gerüche werden von Menschen mit besonders geübten Nasen gemessen. Auch wenn man es nicht glauben sollte, es ist tatsächlich möglich, wissenschaftliche Messungen mit Hilfe von Menschen als Messinstrument vorzunehmen. Wir sind alle in der Lage zu bewerten, ob ein Geruch unangenehmer als ein anderer ist. Wenn wir verschiedene Gerüche in verschiedenen Konzentrationen probieren, können wir ihnen Punkte zuordnen, je nachdem wie unangenehm sie sind. Wenn dann eine genügende Anzahl Menschen die gleichen Gerüche testen, bekommt man eine wissenschaftliche Untersuchung. Es ist in der Tat so, dass es bislang nicht möglich gewesen ist, ein Gerät mit einem Geruchssinn zu entwickeln, der so gut ist wie eine Nase.

Man benutzt die CO_2-Menge in der Luft um festzustellen, ob die Luftqualität in Ordnung ist oder nicht. Es ist einfach, die CO_2-Konzentration in der Luft zu messen und gleichzeitig ist es auch ein sehr gutes Kriterium für die Qualität der Luft. Luft enthält stets CO_2, die Menge ändert sich jedoch in dem Maße, in dem z.B. Menschen atmen. Wenn wir atmen, wird Sauerstoff in CO_2 umgewandelt. Je mehr Menschen sich in einem Raum ohne ausreichende Lüftung befinden, umso schneller steigt die Menge von CO_2 an. Gleichzeitig bedeutet es, dass die Sauerstoffmenge reduziert wird, und der fehlende Sauerstoff ist das Problem.

Wir spüren nicht, dass die Luft weniger Sauerstoff enthält, aber wir merken es nach und nach. Die Symptome sind Kopfschmerzen, Müdigkeit und Konzentrationsmängel. Und es geht schneller als man glauben sollte. Beispielsweise wird ein normales Klassenzimmer ohne Lüftung nach nur 20 Minuten zu viel CO_2 und zu wenig Sauerstoff enthalten, so dass sich die Symptome bei den Schülern bemerkbar machen werden. Wenn die Schüler auch in den Pausen im Klassenzimmer bleiben, vergehen nicht einmal 20 Minuten. Wenn sich die Schüler in den Stunden kaum wach halten können, liegt es vielleicht nicht daran, dass der Lehrer langweilig ist oder dass die Schüler kein gesundes Frühstück bekommen haben. Es könnte auch daran liegen, dass die Luft zu schlecht ist.

Ein optimales Innenklima darf keine schädlichen Stoffe, Gerüche, Staub oder dergleichen enthalten, und das CO_2-Niveau sollte unter 1000 ppm liegen.

FAKTEN über CO_2

CO_2 wird auch Kohlendioxyd genannt, und es ist ein natürlicher Bestandteil atmosphärischer Luft. Das CO_2-Niveau wird in ppm angegeben, was Parts per Million bedeutet – das heißt 1 cm^3 reines CO_2 pro 1.000.000 cm^3 Luft.

Wie ist das Innenklima in deiner Schule?

Um zu ermitteln, wie das Innenklima ist, kann man z.B. die Temperatur, die Feuchte und das CO_2-Niveau messen. Du kannst jedoch auch dein eigenes Gespür benutzen, denn es geht darum, wie es dir geht.

Wenn du dich selbst als Messinstrument benutzen möchtest, musst du zunächst feststellen, wie sich die Luft fühlt, ist sie z.B. kalt oder warm, ist sie verbraucht oder frisch, gibt es viel Lärm, und kommt der Lärm von außen oder von deinen Mitschülern, ist das Licht ausreichend, zieht es? In regelmäßigen Intervallen während des Unterrichts musst du wahrnehmen, ob du dich müde oder unwohl fühlst. Dies wird dir ein Gefühl dafür geben, ob das Innenklima gut, akzeptabel oder schlecht ist. Jedoch gilt es auch zu beachten, dass Müdigkeit und Unwohlsein auch durch andere Faktoren als ein schlechtes Innenklima verursacht werden können.

Du solltest auch das Innenklima zu Hause untersuchen. Wenn du z.B. ein schlechtes Innenklima in deinem Zimmer hast, wird es schwieriger, Schularbeiten zu machen.

Weshalb ist ein gutes Innenklima wichtig?

Die Forschung hat ergeben, dass die Lernfähigkeit stark von einem guten Innenklima abhängt. Die Fähigkeit zu lesen und das Gelesene zu verstehen steigt um nahezu 20 %, wenn die Menge sauberer Luft verdoppelt wird (von 4,2 auf 8,4 l/s pro Stunde pro Person). Grob gesagt könnten Schüler ihre Schulzeit um ein Jahr verkürzen, wenn sie in einem guten Innenklima unterrichtet werden.

Forschungen in Deutschland haben auch ergeben, dass Schüler eher geneigt sind, den Unterricht zu stören, wenn sie in einem Raum mit einem erhöhten CO_2-Niveau und weniger Sauerstoff sitzen. Dies bedeutet, dass der Lehrer mehr Zeit dafür verwenden muss, für Ruhe in der Klasse zu sorgen, und daher weniger Zeit hat, guten Unterricht zu erteilen.

Aufgabe

Die Aufgabe besteht darin, das Innenklima in deinem Klassenzimmer 3-4 Mal im Laufe eines Tages zu untersuchen.

Das wichtigste bei dieser Untersuchung ist deine eigene Auffassung des Innenklimas. Diese Auffassung kann dann durch Messungen ergänzt werden, die mit den Anforderungen verglichen werden können.

Anschließend ist das Schema auf der nächsten Seite auszufüllen. Wenn du im Laufe des Tages 3-4 Schemata ausgefüllt hast, kannst du sie mit den Ergebnissen deiner Klassenkameraden zusammenzählen. Danach könnt ihr berechnen, wie viele mit dem Innenklima unzufrieden sind (Kreuze bei "schlecht").

- **Wie viele in der Klasse waren mit dem Innenklima unzufrieden (Anzahl Kreuze unter "schlecht")?**
- **Wie viele Schüler haben an der Untersuchung teilgenommen?**
- **Wie viele Prozent sind unzufrieden?**
- **Wenn nur 1 oder 2 unzufrieden sind (weniger als 10 %), ist das Innenklima gut.**

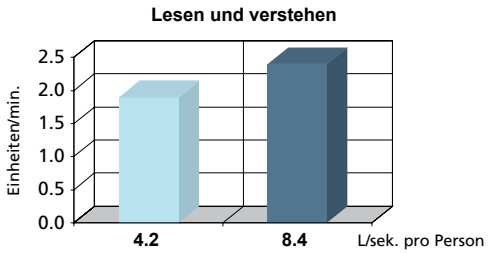
Zum Messen des CO_2-Niveaus stellt EXHAUSTO ein Learn-o-Meter zur Verfügung, mit dem der CO_2-Gehalt in der Luft gemessen werden kann.

FAKTEN über Lüftung

Wenn man das Innenklima beispielsweise in einem Klassen-zimmer effektiv verbessern möchte, installiert man eine Lüftungsanlage. Eine Lüftungsanlage sorgt für einen Austausch der belasteten und verbrauchten Luft durch frische Außenluft, die durch einen effektiven Filter in den Raum geleitet wird.

Eine moderne Lüftungsanlage sorgt auch für eine Ausnutzung der Wärme in der Abluft, bevor sie ins Freie geleitet wird. Die Wärme wird zum Erwärmen der kühlen, frischen Außenluft benutzt. Dieses System wird als Wärmetauscher bezeichnet. Ein guter Wärmetauscher ist in der Lage, 90 % der Wärme, die ansonsten verschwendet würde, wiederzuverwerten.

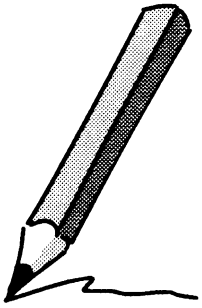
CO_2 ist die wichtigste Kenngröße, die heutzutage als Faktor zur Regelung einer Lüftungsanlage benutzt wird.



Learn-o-Meter

Schema zur Untersuchung des Innenklimas

Raum		
Datum		
Zeitraum	**Von**	**Bis**
Ausgefüllt von		



	Bewertung (bitte ankreuzen)			Messung		Anforderung
	Gut	Einigermaßen	Schlecht	Höchste	Niedrigste	
Temperatur **- stört die Sonne?**						**>21°C** **<22°C**
Zug						**<0,15 m/s**
Tageslicht **- ausreichend?** **- gibt es Reflektion oder Blendung**				**Bodenfläche:** **Fensterfläche:** **%:**		**Fensterfläche größer als 10 % der Bodenfläche**
Schall						**Hintergrund-geräusch unter 30-33 dB(A)**
Feuchte						**>40 %RF** **<60 %RF**
Geruch						**Keine störenden Gerüche**
Staub						
CO_2						**<1000 ppm**
Anzahl Kreuze zusammenzählen				**Waren einige Messungen schlechter als die Anforderungen?**		

Dieses Unterrichtsmaterial wird in einer Zusammenarbeit zwischen EXHAUSTO und Linå herausgegeben.
www.exhausto.de/learning - www.linaa.dk

3003504- 12.2008