



Gemeinde-Unfallversicherungsverband Hannover  
Landesunfallkasse Niedersachsen

# FrISChe Luft für frisches Denken

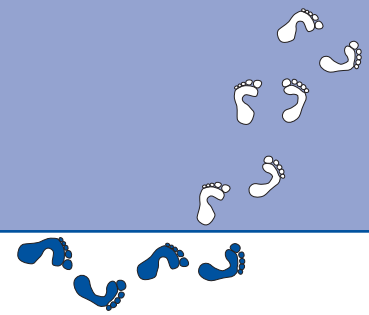
Neue Unterrichtsqualität in unseren Klassenräumen



# Inhalt

---

	Seite
Vorwort .....	1
1. Einleitung .....	2
2. Lüften während des Unterrichts .....	3
3. Ermüdung während des Unterrichts .....	4
4. CO <sub>2</sub> als Belastungsfaktor .....	5
5. Auswirkungen der Lüftungspause: .....	7
5.1 CO <sub>2</sub> -Konzentration .....	7
5.2 Herzfrequenz .....	7
5.3 Geräuschpegel .....	9
5.4 Aufmerksamkeit .....	10
5.5 Sozialverhalten .....	11
5.6 Unterrichtskommunikation .....	13
6. Wirkungskette .....	14
7. Umsetzung in den Schulalltag .....	14
8. Probleme bei der Umsetzung .....	16
Weitere Informationen .....	16
Impressum	



## Liebe Leserinnen und Leser,

die Gesundheit der Lehrkräfte und Schüler sowie die Unterrichtsqualität hängen auch von den Unterrichtsbedingungen ab. Schlechte Möblierung und Lärm sind seit geraumer Zeit als Belastungsfaktoren bekannt – Themen, mit denen sich die Gemeinde-Unfallversicherungsverband Hannover/Landesunfallkasse Niedersachsen schon seit langem intensiv auseinandersetzt.

Wenig bekannt ist bisher, welche Bedeutung der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft in den Klassenzimmern auf die Gesundheit und die Unterrichtsqualität hat. Aus diesem Grund beteiligte sich die GUV/LUK an einer wissenschaftlichen Untersuchung zu diesem Thema. Diese bestätigt, dass es zwischen der guten oder schlechten Luftqualität und Faktoren wie Konzentration, Geräuschpegel, Aufmerksamkeit, Sozialverhalten und Unterrichtskommunikation Zusammenhänge gibt.

Wir möchten Sie mit dieser Schrift über die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung informieren. Besonders möchten wir Wege aufzeigen, die Belastungen zu minimieren. Schulträger, Lehrkräfte und Schüler sollten möglichst das gemeinsame Ziel anstreben, die Belastung der Raumluft in den Unterrichtsräumen so gering wie möglich zu halten.

Wir hoffen, dass es Ihnen mit Hilfe unserer Informationen gelingt, die Gesundheit der Betroffenen und gleichzeitig die Rahmenbedingungen pädagogischer Arbeit in Ihrer Schule zu verbessern. Dabei wünschen wir Ihnen viel Erfolg.

Roland Tunsch  
Geschäftsführer

Dr. Stefan Hussy  
Leiter Prävention



# 1. Einleitung

---

## Liebe SchülerInnen und Eltern, liebe LehrerInnen und SchulleiterInnen,

Sie halten eine Broschüre mit Hinweisen zum verbesserten Lüften in Ihren Händen. Anlässe dafür kann man häufig – all zu häufig – riechen. Die schädlichen Folgen schlechter Atemluft im Unterricht werden hier eindeutig belegt. Wichtiger jedoch sind die Hinweise auf die einfachen Maßnahmen, durch die Beeinträchtigungen und Schäden durch wachsende Konzentration des Ermüdung verursachenden Gases CO<sub>2</sub> völlig vermieden oder deutlich gemindert werden können. Davon handelt diese Broschüre.

*„Menschliche Arbeit als Verhaltensleistung führt zu Ermüdung bzw. Erschöpfung“*

- Irgendwie ist das logisch und für jeden nachvollziehbar. Aber ist das wirklich so? Hat sich schon jemand mit dieser Problematik in der Schule empirisch messend beschäftigt?

Welche Konsequenzen müssten aus der Bestätigung dieser Feststellung für die ergonomisch richtige Gestaltung des Unterrichts in der Schule gezogen werden?

Diesen Fragen ist das Institut für Interdisziplinäre Schulforschung (ISF) der Universität Bremen in einer Studie nachgegangen. Dabei fanden die Forscher teilweise erstaunliche Zusammenhänge.

Auf den folgenden Seiten finden Sie die Ergebnisse sowie nützliche Hinweise zur Umsetzung und Integration in den (Schul-)alltag. Hierbei wünschen wir Ihnen viel Freude und Erfolg und versichern Ihnen, dass die Maßnahmen für eine frische Brise in Ihrer Schule sorgen werden!

## 2. Lüften während des Unterrichts

In einem preußischen Ministerialerlass für Schulen aus dem Jahre 1889 heißt es wörtlich:

*„Es ist wichtig, dass die Anstaltsleiter angehalten werden, in den Zeiten sommerlicher Hitze ihre ernsteste Fürsorge der Lüftung der Klassenräume zu widmen. ... Schuldienern, welche sich der Wahrnehmung der hierdurch zeitweise für sie vermehrten Mühewaltung unzuverlässig oder säumig zeigen, sind strenge disziplinarische Maßregeln in Aussicht zu stellen.“*

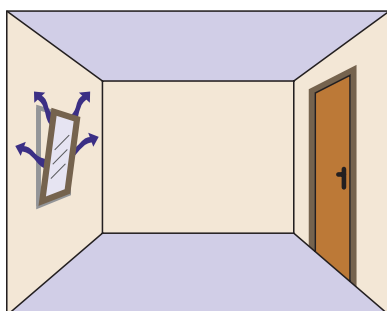
Schon damals wurde also vernünftiges Lüften angeordnet bzw. befohlen.

### Heutige Lüftungsempfehlung für eine Unterrichtsstunde

Zur Vermeidung hoher CO<sub>2</sub>-Konzentration wird eine Lüftungspause von zwei bis drei Minuten nach jeweils 20 Minuten Unterricht empfohlen. Bei Doppelstunden sind zusätzlich fünf Minuten Stoßlüftung nach der ersten Stunde erforderlich.

### Kipplüftung reicht nicht aus!

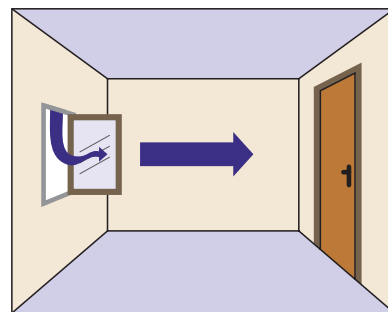
Man könnte meinen, kontinuierliche Kipplüftung reiche aus, um die Qualität der Raumluft im Klassenzimmer aufrecht zu erhalten. Diese Annahme ist falsch!



Wegen der deutlich eingeschränkten Luftströmungsverhältnisse kommt es nur im Bereich des Fensters zu einem Luftaustausch. Darüber hinaus ist die Kipplüftung aus energetischen Gesichtspunkten fragwürdig, außerdem kann der Unterricht durch eindringenden Außenlärm gestört werden.

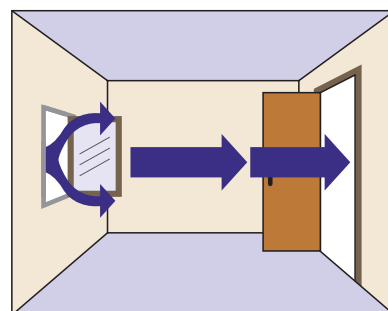
### Der Vorteil des Stoßlüftens

Bei einer Lüftung von 60 Minuten wird die Luft im Raum ca. 9–15 mal vollständig ausgetauscht. Das bedeutet, in zwei Minuten Stoßlüftung wird mindestens 1/3 der Raumluft durch Frischluft ersetzt. Beim Stoßlüften wird lediglich die Luft ausgetauscht, die Gesamtwärme des Raums bleibt aber erhalten. Dieser Vorteil kommt besonders im Winter zum Tragen.



### Querlüftung als Alternative zum Stoßlüften?

Querlüftung ist die effektivste Lüftungsart, da sie die höchste Luftwechselrate aufweist. Prinzipiell kann Querlüftung ebenso gut wie Stoßlüftung vorgenommen werden. Als problematisch erweist sich die Querlüftung allerdings in voll besetzten Klassenzimmern, weil die Schüler unangenehmem Durchzug ausgesetzt werden.



### 3. Ermüdung während des Unterrichts

Ausgangspunkt der Studie, die den folgenden Ausführungen zugrunde liegt, bildete die zunächst allgemeine These:

*Hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atemluft verursacht Ermüdung.*



Die These ist nicht neu. Schon vor 150 Jahren hat sich unter anderem v. Pettenkofer mit diesem Zusammenhang beschäftigt. Aufgrund seiner Beobachtungen postulierte er einen Grenzwert von 1000 ppm (parts per million) CO<sub>2</sub> in der Atemluft – die berühmte Pettenkofer-Zahl – als akzeptable Obergrenze des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atemluft bei intellektueller Arbeit.



Erst in unseren Tagen wurde mit der „DIN 1946 Teil 2 Gesundheitstechnische Anforderungen“ diese Grenze aus lufthygienischen Gründen nach oben auf 1500 ppm CO<sub>2</sub> festgelegt. Die Mediziner Burgerstein und Netolitzky (1902) haben in ihrem „Handbuch der Schulhygiene“ eine detaillierte Darstellung einer gesunden Schule schlussfolgernd entwickelt.

*„...das die thunlichste Reinhaltung der Luft im Schulzimmer als eine hochwichtige Aufgabe der Schulhygiene bezeichnet werden muß.“*

*„Das Gefühl des körperlichen Unbehagens und der geistigen Abspannung einerseits, der erfrischende Einfluss andererseits sind uns, auch abgesehen von wissenschaftlicher Begründung, ausreichend ernste Mahnungen in dieser Richtung.“*

Für optimale Arbeitsbedingungen wie sie z. B. in der Schule für Schüler und Lehrer gelten sollten, sind die zuvor genannten Empfehlungen (DIN 1946) anzusetzen. Werden diese überschritten, sinkt die Leistungsfähigkeit und deutliche Ermüdung setzt ein, Qualität und Umfang der Lehr-/Lernleistung lassen nach.

Grundprinzipien einer Leistung fördernden Unterrichtsorganisation sind also lange bekannt. Hätte man sie auch nur einigermaßen konsequent befolgt, wäre eine Untersuchung wie die des ISF unnötig gewesen. Und somit wären die in erschreckender Regelmäßigkeit zu messenden hohen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Raumluft vermieden worden. Vielleicht hätten wir sogar eine Unterrichtswissenschaft, die den natürlichen Schwankungen der Leistungsfähigkeiten, ihrem kurz-, mittel- und langfristigen Auf und Ab, Rechnung trüge.

## 4. CO<sub>2</sub> als Belastungsfaktor

Neue Instrumente der Datenerhebung und Erfassung erlauben es, der eingangs genannten Generalthese mit modernen Tests, präziseren Messinstrumenten, parallel kontinuierlicher Registrierung von Messwerten und Beobachtungsdaten nachzugehen. In der Studie des ISF (Tiesler et al., 2008) wurde die Unterrichtssituation anhand der Parameter

- CO<sub>2</sub>-Konzentration
- Herzfrequenz
- Geräuschpegel
- Aufmerksamkeit
- Sozialverhalten
- Unterrichtskommunikation

erfasst.

### Wie äußert sich Ermüdung?

Schon Burgerstein und Netolitzky beobachteten im Unterricht Ermüdung, die sie als eine „tatsächliche Herabsetzung der Leistungsfähigkeit“ wahrnahmen.

Unter Ermüdung wird eine **tätigkeitsbedingte, reversible Minderung der Leistungsfähigkeit** verstanden.

Wichtige Symptome sind:

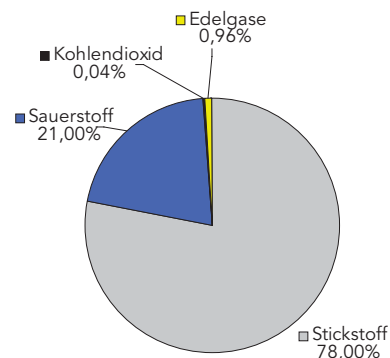
- Wahrnehmungsstörungen,
- Störungen der Auge-Hand-Koordination,
- Aufmerksamkeitsstörungen,
- Konzentrationsabbau,
- Denkstörungen,
- Antriebsstörungen und auch
- Veränderungen des sozialen Verhaltens.

Was Burgerstein und Netolitzky schlussfolgernd plausibel vertreten haben, konnte jetzt mit verbesserten Untersuchungsmethoden kritisch geprüft werden. Die Ergebnisse bestätigen die damaligen Befunde, sind aber umfangreicher und detaillierter.

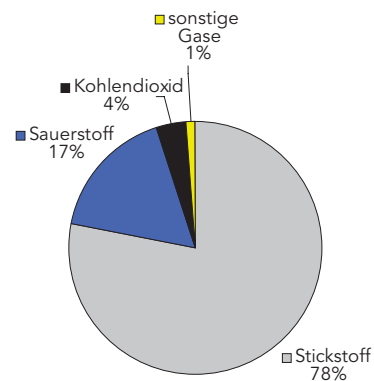
Raumluftqualität ist als das Ergebnis einer Reihe von Einflussfaktoren anzusehen, die nicht alle in gleicher Weise zu beeinflussen sind. Bausubstanz oder Qualität der Außenluft dürften nur schwer Änderungen zugänglich sein. Leichter lässt sich dagegen die Anzahl von Personen in einem Raum, die Luftwechselrate oder die Intensität von Arbeitsprozessen variieren. Die Außenluft gibt dabei in der Regel das aktuell bestmögliche Raumklima vor. Korrektes Lüftungsverhalten führt zu einer guten Annäherung an den erreichbaren Höchststandard.

Abb. 1: Woraus besteht Luft?

Die Luft ist ein Gasgemisch:



Die vom Menschen ausgeatmete Luft ist aufgrund der Stoffwechselprozesse anders zusammengesetzt.



Durch diese Atemluft steigt der Kohlenstoffdioxid-Anteil in einem ungelüfteten Raum über akzeptable Grenzwerte hinaus.

Der CO<sub>2</sub>-Anteil der Außenluft beträgt ca. 400 ppm (= 0,04%). In Klassenräumen herrscht dagegen unnötigerweise eine bedeutend höhere CO<sub>2</sub>-Konzentration vor. Das muss Auswirkungen auf die Befindlichkeit der Schüler und Lehrer und deren Lern- und Arbeitsleistung haben. Untersuchungen der NASA zeigten, dass ein CO<sub>2</sub>-Gehalt über 1500 ppm nach einiger Zeit zu Beeinträchtigungen der Wahrnehmung führt.

Eine exemplarische Aufzeichnung der CO<sub>2</sub>-Konzentration eines Vormittags illustriert, die Raumluft befindet sich selbst zu Beginn der Unterrichtszeit nicht im optimalen Bereich, sondern liegt über der Pettenkofer-Zahl von 1000 ppm. Nach 25 Minuten wird bereits die Grenze von 1500 ppm überschritten. Durch eine Lüftung in der Pause senkt sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration zwar kurzzeitig, doch nicht bis in einen akzeptablen Bereich hinein. Es können keine unbedenklichen Luftverhältnisse wieder hergestellt werden und der gesamte Unterrichtstag wird unter belastenden Bedingungen bestritten.

In einer der Beispielschulen blieb die durch die Pettenkofer-Zahl markierte Grenze nur in 1/3 der Unterrichts-

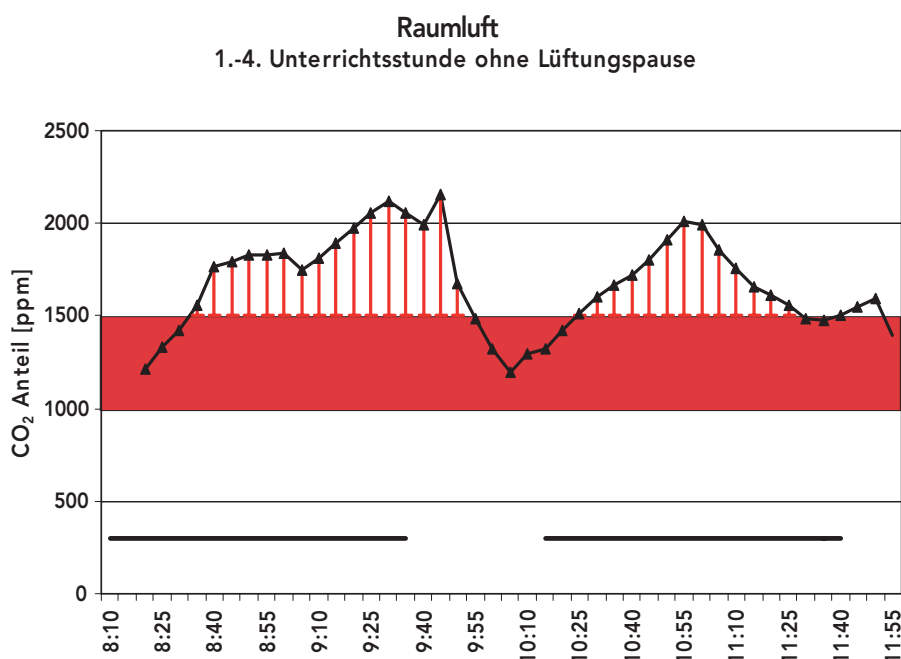
zeit unverletzt. Im weiteren Drittel der Unterrichtszeit wurden nur die DIN-Werte von 1500 ppm CO<sub>2</sub> nicht überschritten.

Der Rest, immerhin ein Drittel, weist deutlich höhere CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf, bis zu maximal 2700 ppm. Wegen beginnender Wahrnehmungsstörungen ist demzufolge verringerte Effektivität anzunehmen.

Vielfach liegen bereits die Anfangswerte der CO<sub>2</sub>-Konzentration am Beginn des Schultages bei 800 ppm, doppelt so hoch wie in der Außenluft. Dieser Startwert wird im Laufe des Tages nur selten bis gar nicht unterschritten. Da meist nur am Anfang einer Pause gelüftet wird, tritt in Doppelstunden zudem eine gesteigerte CO<sub>2</sub>-Belastung auf.

Das veranlasst zu fragen: Welche Auswirkungen hat die Einführung einer Lüftungspause auf den Unterrichtsprozess und alle beteiligten SchülerInnen und LehrerInnen?

**Abb. 2:** CO<sub>2</sub>-Konzentration eines Vormittags mit vier Unterrichtsstunden ohne zusätzliche Lüftungspausen.





## 5. Auswirkung der Lüftungspausen

### 5.1 CO<sub>2</sub>-Konzentration

Die erwarteten Wirkungen traten eindeutig auf. Die Durchschnittswerte der CO<sub>2</sub>-Konzentration sanken drastisch und die Grenzwerte wurden in einem Großteil der Zeit eingehalten. In allen Schulen lag der CO<sub>2</sub>-Anteil nach Einführung der Lüftungspause längere Zeit als zuvor unterhalb der Pettenkofer Zahl von 1000 ppm. Die folgende Grafik zeigt exemplarisch den steigenden Anteil optimaler bzw. günstigerer Atemluftbedingungen nach der Einführung der Lüftungspause.

Der optimale Bereich unterhalb von 1000 ppm hat sich mehr als verdoppelt, während die Zeit, in der die CO<sub>2</sub>-Konzentration über 1500 ppm liegt, um über 30% verringert werden konnte (siehe Abb. 4).

Der Erfolg von Lüftungen während des Unterrichtes fällt dann besonders deutlich aus, wenn schon vor Unterrichtsbeginn ausgiebig gelüftet wurde. Die Abb. 3 verdeutlicht, die Grenze von 1500 ppm könnte dann unterschritten bleiben.

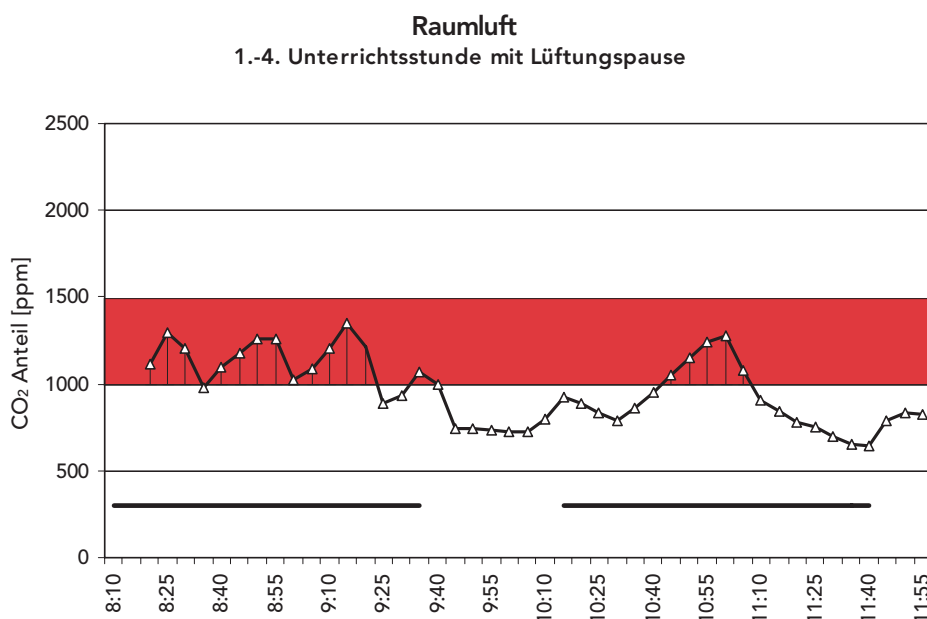
Das Ziel, die Raumluft durch intermittierende Lüftungspausen konstant unter 1000 ppm zu halten oder gar auf das Niveau der Außenluft zu bringen, konnte nicht erreicht werden. Doch selbst der starke Anstieg des CO<sub>2</sub>-Gehalts in 90 Minuten Unterrichtsstunden war durch die Lüftungspausen erheblich zu bremsen.

### 5.2 Herzfrequenz

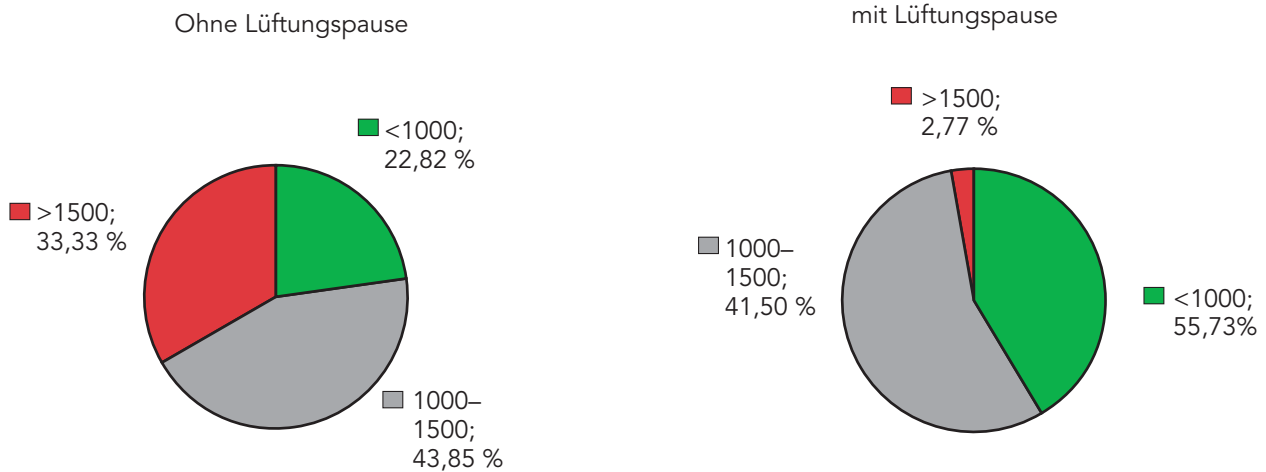
Die Reaktionen auf die Belastung wurden durch kontinuierliche Herzfrequenzmessung erhoben. Es handelt sich bei der Herzfrequenz um einen sehr guten Indikator für Beanspruchung. Die Aufzeichnung erfolgte mittels mobiler Systeme, welche die Schüler nicht in ihrer natürlichen Bewegung einschränkten.

Die Herzfrequenz der Schüler als Maß für die Intensität der Beanspruchung gibt Auskunft über Aktivierungs- und Ermüdungsprozesse. Dabei wird das Ansteigen und Abfallen der individuellen Herzfrequenz beobachtet. Eine niedrige Herzfrequenz weist auf Entspannung hin, eine

**Abb. 3:** CO<sub>2</sub>-Konzentration eines Vormittags mit vier Unterrichtsstunden mit zusätzlichen Lüftungspausen.



**Abb. 4:** Anteil der günstigen und ungünstigen Bedingungen der Atemluft während des Unterrichts. CO<sub>2</sub>-Konzentration in ppm.

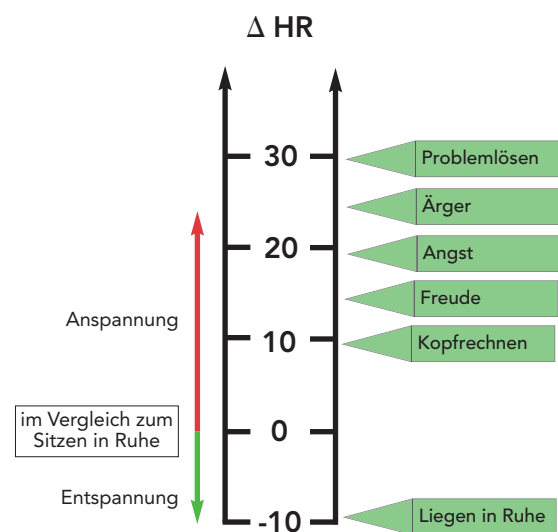


höhere auf Anspannung. Wie die Abb. 6 deutlich zeigt, kann durch einfache Zwischenlüftung regelmäßig eine bedeutsame Differenz der Herzfrequenz als Zeichen gesenkter Beanspruchung bei den Schülern bewirkt werden.

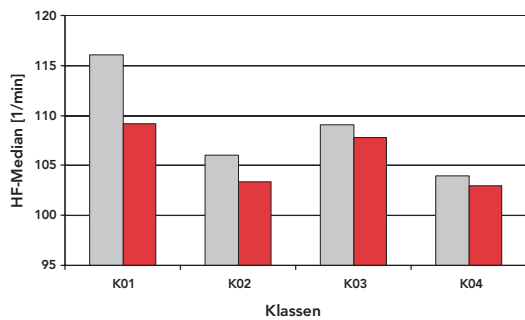
Die Abbildung veranschaulicht die verringerte Beanspruchung durch die reduzierte CO<sub>2</sub>-Belastung in Folge der Einführung der Lüftungspause.

Insgesamt liegt bei zwei Drittel der Beteiligten eine Reduzierung der mittleren Herzfrequenz durch verbesserte Lüftung vor. Die übrigen Schüler zeigen keine Veränderung. Ausgehend von der Annahme gleicher Belastung durch den Unterricht und den Tagesablauf führt dies zu dem Schluss, dass durch Einführung der Lüftungspause die Belastung im Unterricht gesenkt wird.

**Abb. 5:** Veränderung der Herzfrequenz ( $\Delta$ HR) in verschiedenen Belastungssituationen.



**Abb. 6:** HF-Medianwerte der Schule 1 (S1) vor (■) und nach (■) der Einführung der Lüftungspause.



des Geräuschpegels über den Tag hin zu beobachten. Während die Schüler vor Einführung der Lüftungspausen immer lauter wurden, bleibt der Geräuschpegel bei regelmäßigen Pausen konstant (siehe Abb. 7). Die Lüftungspausen tragen also zu einer gleichermaßen effektiven Nutzung aller Schulstunden bei.

Der Unterricht in der Schule konstituiert eine Arbeitssituation, für die die beschriebenen Lüftungsempfehlungen mit Sicherheit gelten sollten.

Die folgende Grafik zeigt die realen Lärmpegelwerte vor und nach der Intervention. Nach beiden Messreihen liegen die Werte weit über der empfohlenen Grenze; doch eine Verbesserung nach Einführung der Lüftungspause kann nicht übersehen werden.

### 5.3 Geräuschpegel

Die im Zeitablauf steigende Ermüdung dürfte unter Disziplinruck zu erhöhter motorischer Unruhe führen. Deshalb ist die Betrachtung des Geräuschpegels von Bedeutung. Dabei unterscheidet man zwischen Grundgeräusch- und Arbeitsgeräuschpegel.

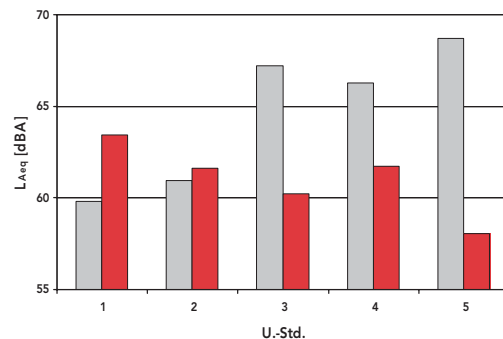
**Definition Grundgeräuschpegel:**  
Wert, der in 95% der Zeit überschritten wird.

**Definition Arbeitsgeräuschpegel:**  
Mittlerer gemessener Geräuschpegel innerhalb eines festgelegten Zeitabschnittes.

Durch die Lüftungspause verändern sich die sozialen Rahmenbedingungen und damit das Verhalten der Schüler. Grund- und Arbeitsgeräuschpegel liegen bei Durchführung von Lüftungspausen niedriger als vor der Intervention. Ob diese Effekte allein oder vor allem auf die verbesserte Atemluft im Unterricht zurückzuführen sind, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Möglicherweise ist die Abnahme motorischer Unruhe auch auf die zweiminütige offizielle Pause im Unterricht zurückzuführen.

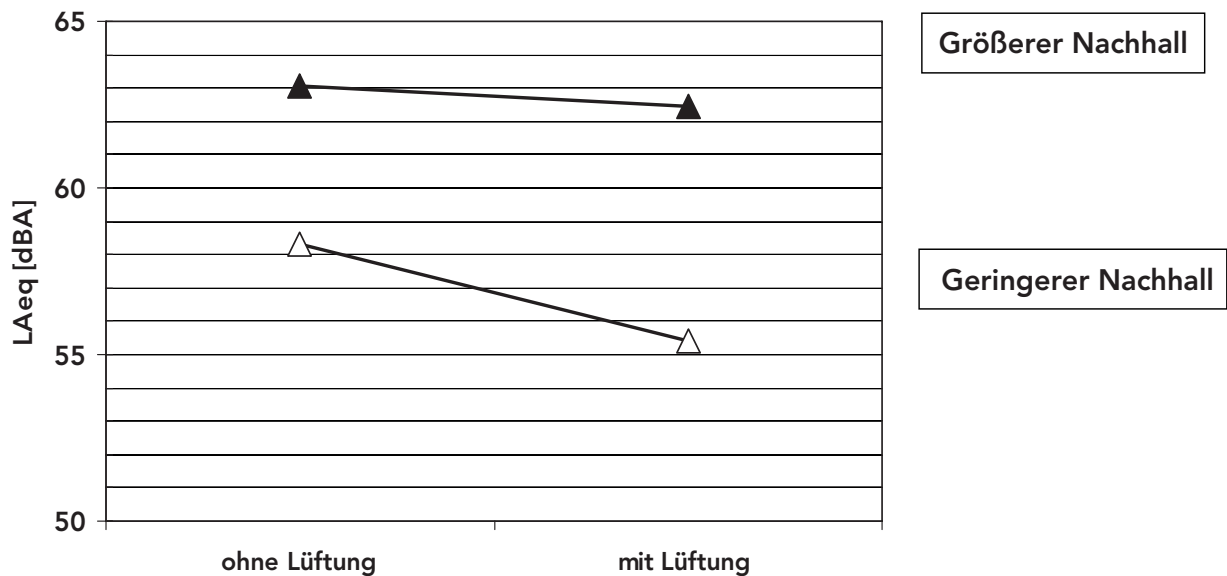
Neben einer Senkung des allgemeinen Arbeitsgeräuschpegels ist auch eine veränderte Entwicklung

**Abb. 7:** Mittlerer Arbeitsgeräuschpegel während des Schultages Schule (S1), vor (■) und nach (■) der Einführung der Lüftungspause.



Betrachtet man die Veränderung von Grund- und Arbeitsgeräuschpegel zusätzlich in Abhängigkeit von der Raumakustik, so zeigt sich deren Einfluss besonders deutlich beim Arbeitsgeräuschpegel. Während der Grundgeräuschpegel durch Einführung der Lüftungspause unabhängig von der Raumakustik gleichermaßen sinkt, führt kürzere Nachhallzeit in Klassenräumen mit günstigerer akustischer Ergonomie zu einer stärkeren Senkung des Arbeitsgeräuschpegels (siehe Abb. 8).

Abb. 8: Veränderung von Arbeitsgeräuschpegel durch Einführung der Lüftungspause in Abhängigkeit von der Raumakustik, Nachhallzeit < 0,5 sec ( $\triangle$ ), > 0,5 sec ( $\blacktriangle$ ).



## 5.4 Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeitsleistungen sind mit Hilfe von Testverfahren erfassbar. Die Alltagserfahrung zeigt, dass Aufmerksamkeitsleistung durch Ermüdungsprozesse herabgesetzt wird.

**Aufmerksamkeit:** Zustand gesteigerter Wachheit und Aufnahmebereitschaft, bei dem das Bewusstsein auf bestimmte Objekte, Handlungen und Gedanken ausgerichtet ist.

(Meyers Lexikon online)

Die Effekte von Ermüdungsprozessen im Unterricht wurden durch einen Vergleich der Aufmerksamkeitsleistung vor und nach dem Unterricht geprüft. Testwiederholungen beinhalten aber immer einen Lerneffekt.

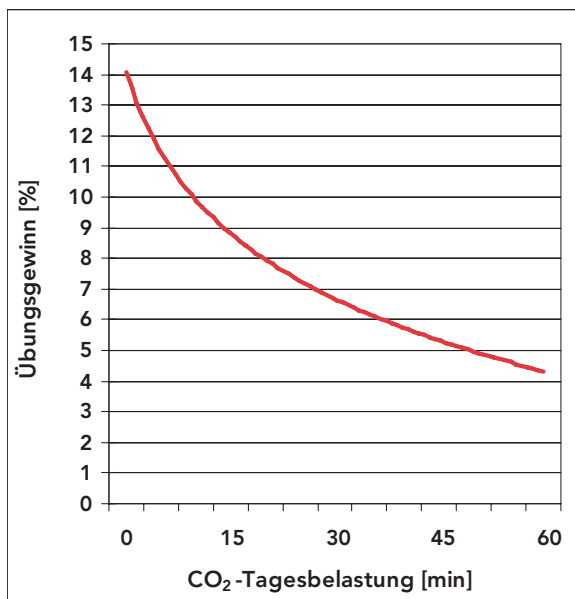
Unter einem **Lerneffekt/Übungseffekt** wird eine Verbesserung der Testergebnisse durch Testwiederholung verstanden.

Der Vergleich der Testergebnisse vor und nach Einführung der Lüftungspause erbrachte dennoch ein Indiz für die Wirksamkeit der verringerten  $\text{CO}_2$ -Konzentration. In beiden Situationen erweist sich der Lerneffekt als abhängig von der gesamten  $\text{CO}_2$ -Tagesbelastung.

Die Abb. 9 veranschaulicht die Ergebnisse.

Bei geringerer  $\text{CO}_2$ -Belastung zeigt sich ein höherer Lerneffekt für den Aufmerksamkeitstest. Damit ist die Hypothese der geringeren Ermüdung unter besserer Luftqualität im Klassenraum bestätigt.

**Abb. 9:** Zusammenhang zwischen Lerneffekt und CO<sub>2</sub>-Belastung (> 1000 ppm) über den Unterrichtstag. Der Übungsgewinn sagt, um wie viel Prozent die Leistung im Aufmerksamkeitstest nach dem Unterricht im Vergleich zur Testung vor dem Unterricht gestiegen ist.



Je größer die CO<sub>2</sub>-Belastung, desto kleiner der Lerneffekt im Aufmerksamkeitstest und desto größer der Ermüdungseffekt.

## 5.5 Sozialverhalten

Wie leicht zu beobachten ist, äußert sich Ermüdung u. a. in Unruhe. Darum ist eine Betrachtung der dysfunktionalen Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler im Unterricht interessant.

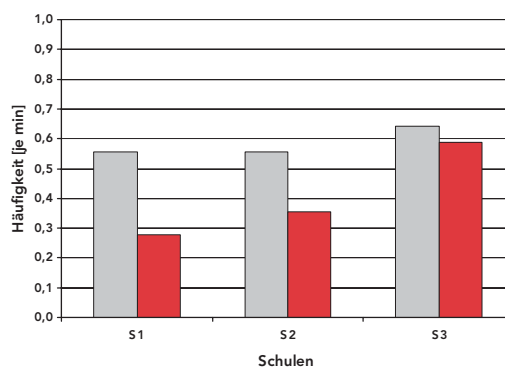


### Was sind dysfunktionale Aktivitäten?

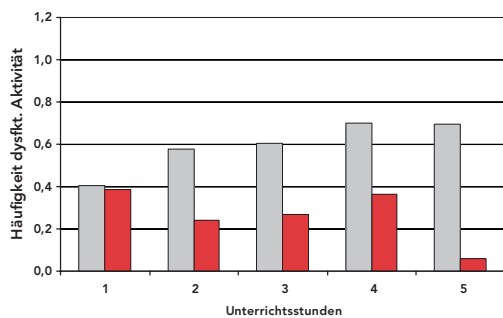
Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler während der Schulstunde, die nicht gewollter Bestandteil des Unterrichts sind. Dazu zählen unter anderem: Papierkügelchen schießen, angeregte Zettelkommunikation mit dem Nachbarn, nicht unterrichtbezogenes Geschnatter, usw.

Die Abbildung zeigt an allen Schulen eine Abnahme der dysfunktionalen Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler nach Einführung der Lüftungspausen. Im Einzelnen werden dysfunktionale Aktivitäten über den Tag hin ebenfalls seltener. Nachlassende Ermüdung ist dafür die sinnvollste Erklärung. Für eine der Schulen ist dies grafisch dargestellt. Während ohne Lüftungspause die Häufigkeit dieser „Störungen“ von der ersten zur letzten Stunde hin zunimmt, ist dies bei verbesserter Raumluft nachher nicht mehr zu beobachten.

**Abb. 10:** Häufigkeit „dysfunktionaler Aktivität“ über alle U.-Std. an den Schulen, vor (■) und nach (■) Einführung der Lüftungspause.



**Abb. 11:** Häufigkeit „dysfunktionaler Aktivität“ über den Unterrichtstag an der Schule 1, vor (■) und nach (■) Einführung der Lüftungspause.



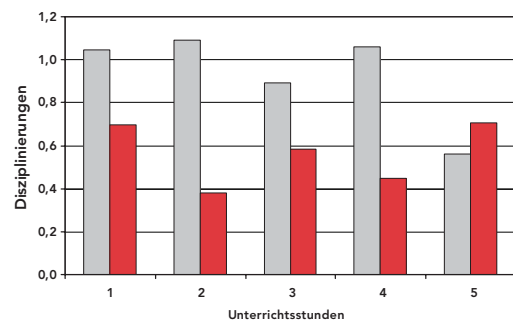
Eine Auswirkung der Lüftungspause auf die „dysfunktionalen Aktivitäten“ der Schüler, wie sie in Abb. 11 aufgezeigt wurden, ist an allen Schulen zu beobachten. Die Häufigkeit des störenden Verhaltens sinkt und der zuvor mit zunehmender Unterrichtszeit konstatierte Anstieg bleibt weitgehend aus. Auch von Seiten der Pädagogen werden diese Störungen als Ausdruck abnehmender Konzentration und Aufmerksamkeit eingeschätzt, womit dies ein weiteres Indiz für gesenkte Ermüdungsreaktionen ist.



## Lehrerinnen und Lehrer

Dysfunktionale Schüleraktivitäten lösen in der Regel Lehreraktivitäten zur Sicherung allgemeiner Schülermitarbeit aus. Folglich müsste bei abflauenden Störungen durch Schüler auch die Häufigkeit von lehrerseitigen Disziplinierungen sinken. Die kontinuierlichen Unterrichtsbeobachtungen bestätigen diesen vermuteten Zusammenhang.

**Abb. 12:** Häufigkeit „Disziplinierungen“ über den Unterrichtstag an der Schule 1, vor (■) und nach (■) Einführung der Lüftungspause.



Die Abbildung 12 zeigt exemplarisch die Häufigkeit der „Disziplinierungen“ während eines Unterrichtstages einer Schule ohne und mit Lüftungspausen.

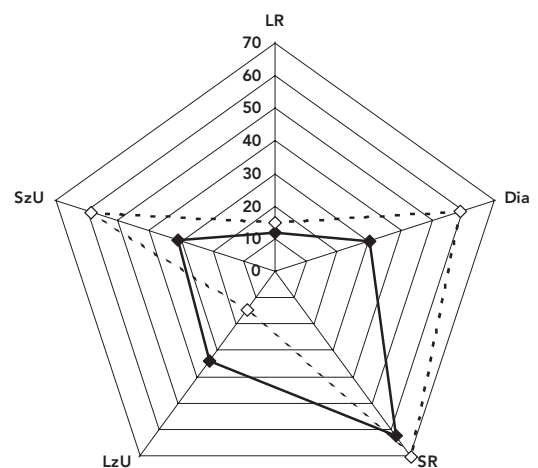
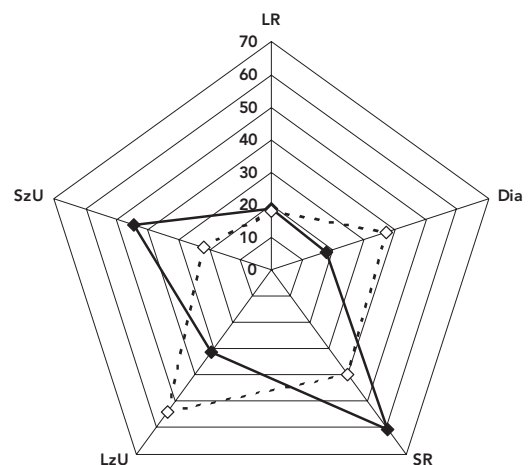
Nicht nur die Häufigkeit der dysfunktionalen Auffälligkeiten der Schüler hat abgenommen, sondern auch die der Lehrerreaktionen darauf. Das Abnehmen dieser Störungen wird von Seiten der Pädagogen als Ausdruck verbesserter Konzentration gesehen. Zusätzlich kann auch eine nachlassende Empfindlichkeit der Lehrerinnen und Lehrer für Störungen möglich sein; auch sie sind weniger gestresst. Die Unterrichtssituation entspannt sich. Das daraus resultierende angenehmere Arbeitsklima ist für alle Beteiligten ein großer Zugewinn.

## 5.6 Unterrichtskommunikation

Als Folgeerscheinung des verbesserten Arbeitsklimas stellt sich eine weitere überraschende Veränderung in der Kommunikationsstruktur des Unterrichts ein. Der Dialoganteil zwischen Lehrer und Schüler steigt stark an. Die „mündliche Mitarbeit“ der Schüler wächst ohne Änderung der Unterrichtsform unübersehbar. Darin ist auch aus der Sicht der beteiligten Lehrer eine qualitative Verbesserung der Unterrichtsform zu erkennen. Wegen anhaltend spürbar höherer Leistungsfähigkeit der Schüler wird die Phase lehrergeleiteten intensiven Unterrichts verlängert. Mit Einführung der Lüftungspause sieht sich der Lehrer nicht mehr wie zuvor genötigt, von der bevorzugten Unterrichtsform abzuweichen.



**Abb. 13:** Mittlere Anteile der Kommunikationsparameter in der Schule 1 in Stunden mit geringer  $\text{CO}_2$ -Belastung kleiner als 1000 ppm (0 bis 15 min.) oben und hoher (30 bis 45 min.) unten, jeweils vor (–) und nach (---) Einführung der Lüftungspause.



Legende: LR = Lehrerrede  
 SzU = Schülerzentrierter Unterricht  
 LzU = Lehrerzentrierter Unterricht  
 SR = Schülerrede  
 Dia = Dialoganteil

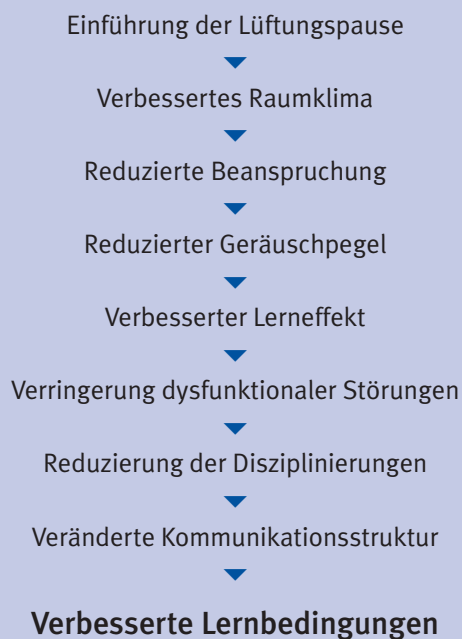
## 6. Wirkungskette

Am Beginn des Projekts stand die Frage: Können die verketteten Arbeitsprozesse von Schülern und Lehrern – unter definierbaren Arbeitsbedingungen – optimiert werden?

Durch Einführung einer einfachen Interventionsmaßnahme – zwei- bis dreiminütige Lüftungspause während des Unterrichts – konnte eine Optimierung in wichtigen Dimensionen des Unterrichtsprozesses nachgewiesen werden.

Ein erhöhter CO<sub>2</sub>-Anteil, so zeigte sich, hat in vielen Bereichen Beeinträchtigungen zur Folge, die jedoch durch einfache Interventionen leicht verhindert werden können. Lüftungspausen in der Mitte einer jeden Unterrichtsstunde dämpfen Ermüdung bzw. verhindern sie sogar und führen damit wesentlich zu anhaltend hoher Leistungsbereitschaft im Unterricht. Die Schüler sind aufmerksamer, ruhiger und stören weniger. Dadurch verbessert sich die Kommunikationsstruktur und die Unterrichtssituation kann vom Lehrer effektiver gestaltet werden. Lüften führt also zu verbesserten Lernbedingungen.

### Wirkungskette:



## 7. Umsetzung in den Schulalltag

Wie schon seit langem bekannt, wirken sich offizielle Pausen günstig auf Leistung aus, ob in üblichen Arbeitsstätten oder eben auch in Schulen. Deshalb wird allein schon für die Kurzpause zum Lüften ein gewisser Erfolg angenommen. Wie bereits Kraepelin (1894) feststellte:

*„In einer halben Stunde scharfer Arbeit auf der Höhe der geistigen Leistungsfähigkeit wird mehr und vor allem Besseres geschafft als in der doppelten Zeit bei fortgeschrittener Ermüdung.“*

Ein hohes und stabiles Niveau an Leistungsfähigkeit setzt den gezielten Einsatz von Pausen voraus. Sie sind nicht als Zeitverlust aufzufassen, sondern haben einen Gewinn an Arbeitsleistung zur Folge. Deshalb ist die Frage zu stellen:

### Was erscheint wertvoller?

*Eine zweiminütige Lüftungspause im Unterricht oder die letzten 15 Minuten jeder Schulstunde müde und inaktive Schüler?*

Bei der Pausenregelung sind jedoch einige weitere wichtige Gesichtspunkte zu beachten:

### Aspekte der Pausenregelung:

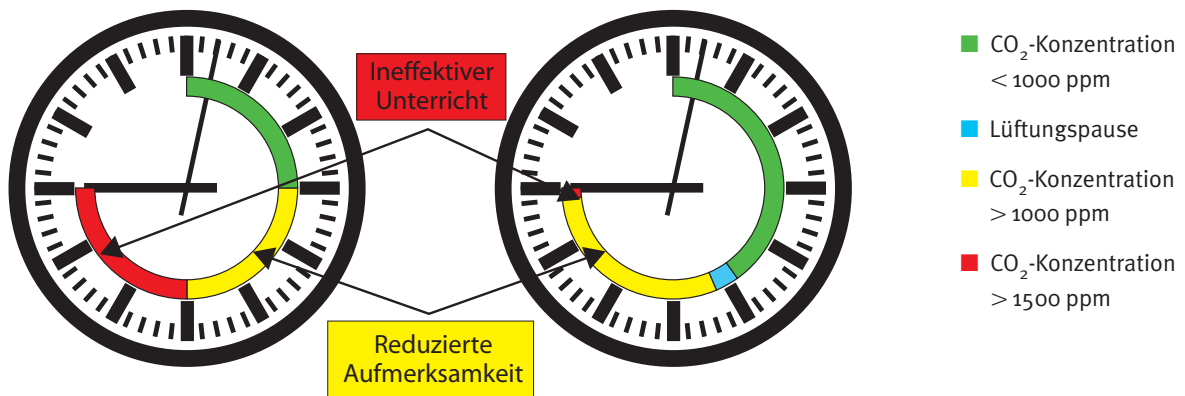
Pausen müssen rechtzeitig eingelegt werden, denn wenn ein Ermüdungszustand erst einmal eintritt, steigt er sprunghaft an. So benötigt man bei einer Verdoppelung der Arbeitszeit sogar eine drei- bis vierfache Verlängerung der Pause, um das ursprüngliche Leistungsniveau wieder herzustellen.

### Vorher festgelegte Pausen:

dienen der Erholung mehr als willkürlich gesetzte. Kurz vor Beginn einer geplanten Pause mobilisiert der Mensch mit der Aussicht auf eine kurz bevorstehende Erholung oft seine Arbeitskraft noch einmal. So wirkt eine geplante Pause auch vor Eintritt leistungsfördernd.



**Abb. 14:** Gegenüberstellung zweier Unterrichtsstunden (gelüftet – ungelüftet), mit Auswirkungen auf die Qualität des Unterrichtes.



Die Einhaltung all dieser Regeln schafft Voraussetzungen für guten Unterricht.  
Die Arbeitsumgebung, in der dies stattfindet, wird optimiert. Damit wird eine humanere  
Lehr- und Lernumgebung geschaffen.

## 8. Probleme bei der Umsetzung

Hindernis	Mögliche Lösung
Die Fenster sind aus Sicherheitsgründen abgeschlossen und die Anwesenden haben keinen Schlüssel.	Jeder Lehrer besitzt einen Schlüssel für die Fenster. Gelüftet wird während der Stunde, in Anwesenheit der Lehrer. In den großen Pausen kann der Raum mit offenen Fenstern abgeschlossen werden.
Beschäftigung der Schüler während der Lüftungspause.	Während der Kurzpause sind Bewegungsübungen und -spiele mit den Schülern sinnvoll.
Wie ist die regelmäßige Unterbrechung im Unterricht zu sichern?	Eine aufwendige elektronische Automatik mit selbst-tätiger Klimaanlage ist unnötig. Ein Wecker, der sich nach 20 Minuten kurz meldet, genügt als Aufforderung zum Lüften.
Schüler- und Elternbeschwerden über zu niedrige Raumtemperatur.	Nach zwei bis drei Minuten Stoßlüften tritt kein wesentlicher Wärmeverlust im Klassenraum ein. Die Wände und übrige Gegenstände im Raum geben ihre gespeicherte Wärme ab.
Dauerhafte Kipp Lüftung wird als ausreichend angesehen.	Vorhandene Kippflügel unbenutzbar machen. Bei Neubau auf Kippflügel verzichten und nur Drehflügel verwenden.

Das vorgeschlagene Lüftungsverhalten kann mit einer neuen Arbeitsorganisation Schritt für Schritt eingeführt werden. Neben dem Tafeldienst und dem Pflanzendienst gibt es dann auch einen Lüftungsdienst. Klassenlehrer könnten in Zusammenarbeit mit der Schulleitung und ihren Klassen einen Organisationsablauf entwickeln. Dazu benötigt jeder Lehrer Zugang zu einem Schlüssel für die Fenster.

Außerdem wäre ein einfacher Kurzzeitwecker zu beschaffen bzw. ein vielfach in Klassenräumen laufender Computer entsprechend zu programmieren.

### Weitere Informationen

Forschungsbericht:

Tiesler, G.; Schönwälder, H.-G.; Ströver, F.: Gesundheitsfördernde Einflüsse auf das Leistungsvermögen im schulischen Unterricht. Ein Beitrag zur Ergonomie der Schule (im Druck).

Informationen dazu unter: [http://www.ISF.uni-bremen.de/ISF\\_Forschung.htm](http://www.ISF.uni-bremen.de/ISF_Forschung.htm)

Weitere Informationen auch über die örtlichen Gesundheitsämter.

### Internet-links

[http://www.kinderwelt.org/innenraumluf\\_11.php](http://www.kinderwelt.org/innenraumluf_11.php) <http://www.umweltschulen.de/energie/kaltetage.html>  
<http://www.berlinonline.de/berliner-zeitung/archiv/.bin/dumo.fcgi/2004/1001/lokales/0041/index.html>  
[http://www.bbges.de/content/fileadmin/res\\_bbges/dicke-luft.pdf](http://www.bbges.de/content/fileadmin/res_bbges/dicke-luft.pdf) [http://www.bmu.de/gesundheit\\_und\\_umwelt/aktuell/aktuell/3796.php](http://www.bmu.de/gesundheit_und_umwelt/aktuell/aktuell/3796.php)

# Impressum

---

**Herausgeber:**

Gemeinde-Unfallversicherungsverband Hannover  
Landesunfallkasse Niedersachsen  
Am Mittelfelde 169, 30519 Hannover  
Telefon: 0511/8707-0, Telefax: 0511/8707-202  
Internet: [www.guvh.de](http://www.guvh.de) bzw. [www.luk-nds.de](http://www.luk-nds.de)  
E-Mail: [praevention@guvh.de](mailto:praevention@guvh.de)

**Autorinnen und Autoren:**

*cand. psych. Anika Bilek, cand. psych. Mary Koch, cand. psych. Mirco Penschorn, cand. psych. Juliana Wiechert aus dem Institut für interdisziplinäre Schulforschung (ISF), Universität Bremen, Grazer Str. 4, 28359 Bremen, Prof. H.-G. Schönwälder und Dr. G. Tiesler*

**Redaktionelle Bearbeitung:**

*Uwe Naujokat, Pia Ungerer, Unfallkasse Hessen*

**Satz:**

*FREIsign GmbH, Eppstein*

**Verlag und Druck:**

*Universum Verlag GmbH, Taunusstraße 54, 65183 Wiesbaden*

**Fotos:**

Unfallkasse Hessen  
Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren

© Unfallkasse Hessen  
November 2008



**Gemeinde-Unfallversicherungsverband Hannover**  
**Landesunfallkasse Niedersachsen**

Am Mittelfelde 169  
30519 Hannover