



Gesundheitsfördernde Einflüsse auf das Leistungsvermögen im schulischen Umfeld

Ein Beitrag zur Ergonomie der Schule



Die Institution

Die Studie wurde durchgeführt von dem Institut für interdisziplinäre Schulforschung der Universität Bremen. Die finanziellen Träger der Untersuchung waren der Gemeinde-Unfallversicherungsverband Hannover und der Unfallkasse Hessen. Die Studie stand unter der Leitung von Dr. Gerhart Tiesler und erstreckte sich über den Zeitraum von Oktober 2006 bis Dezember 2007.

Das ISF ist ein fachbereichsübergreifendes Institut der Universität Bremen, angesiedelt im Studiengang Psychologie.



Die Untersuchung

Ausgangspunkt der Studie bildete die These, dass eine *hohe CO₂-Konzentration Ermüdungserscheinungen*

zur Folge hat. Demnach stand die Messung der CO₂-Belastung im Klassenraum im Fokus. Ermüdungserscheinungen konnten mittels unterschiedlicher Methoden nachgewiesen werden. Dazu wurden Aufmerksamkeitstests mit Schülern und Lehrern durchgeführt. Weitere Indikatoren für Ermüdung könnten Schallpegelveränderungen im Klassenraum oder eventuell wechselnde Unterrichtsform des Lehrers als Reaktion auf Veränderungen des Schülerverhaltens sein. Außerdem wurde die Herzfrequenz der Schüler als Indiz für Erschöpfung überprüft.



Wie äußert sich Ermüdung?

Schon vor Beginn des 20. Jh. erkannten Mediziner, dass im Unterricht Ermüdungserscheinungen zu beobachten sind. Sie erklärten diese durch eine Herabsetzung der Leistungsfähigkeit.

Unter Ermüdung wird eine tätigkeitsbedingte, reversible Minderung der Leistungsfähigkeit verstanden, welche an Ermüdungssymptomen zu erkennen ist und eine Schutzfunktion darstellt.

Wichtige Merkmale sind:

- Wahrnehmungsstörungen
- Störungen der Auge-Hand-Koordination
- Aufmerksamkeitsstörungen
- Konzentrationsabbau
- Denkstörungen
- Antriebsstörungen
- Veränderungen des sozialen Verhaltens





Methoden

Zu Überprüfung einer eventuellen Ermüdungsreaktion der Schüler im Laufe des Unterrichts wurden verschiedene Einflussfaktoren definiert und entsprechende Tests zur Überprüfung eingesetzt.

Kohlenstoffdioxid: CO₂-Messung

Aufgrund der These, dass die CO₂-Konzentration im Klassenzimmer einen wesentlichen Beitrag zur Ermüdung leistet, wurde mit Hilfe eines Raumklimamessers im Sekundentakt jegliche Veränderungen des Raumklimas registriert. Die Messung erfolgte zu zwei unterschiedlichen Phasen:

1. Normaler Unterrichtsablauf
2. Nach Einführung einer Lüftungspause

Reiz-Reaktions-Test

Lehrer und Schüler absolvierten sowohl vor, als auch nach dem Unterricht einen computergestützten Reiz-Reaktionstest. Dabei wurde 90 sec. lang die Reaktionsfähigkeit überprüft.



Schallpegel

In jeder Unterrichtsstunde wurde die Lautstärke mittels eines Schallpegelmessers aufgezeichnet. Dabei wurde geprüft, ob oder inwieweit eine veränderte Lautstärke im Klassenraum vorherrschte.

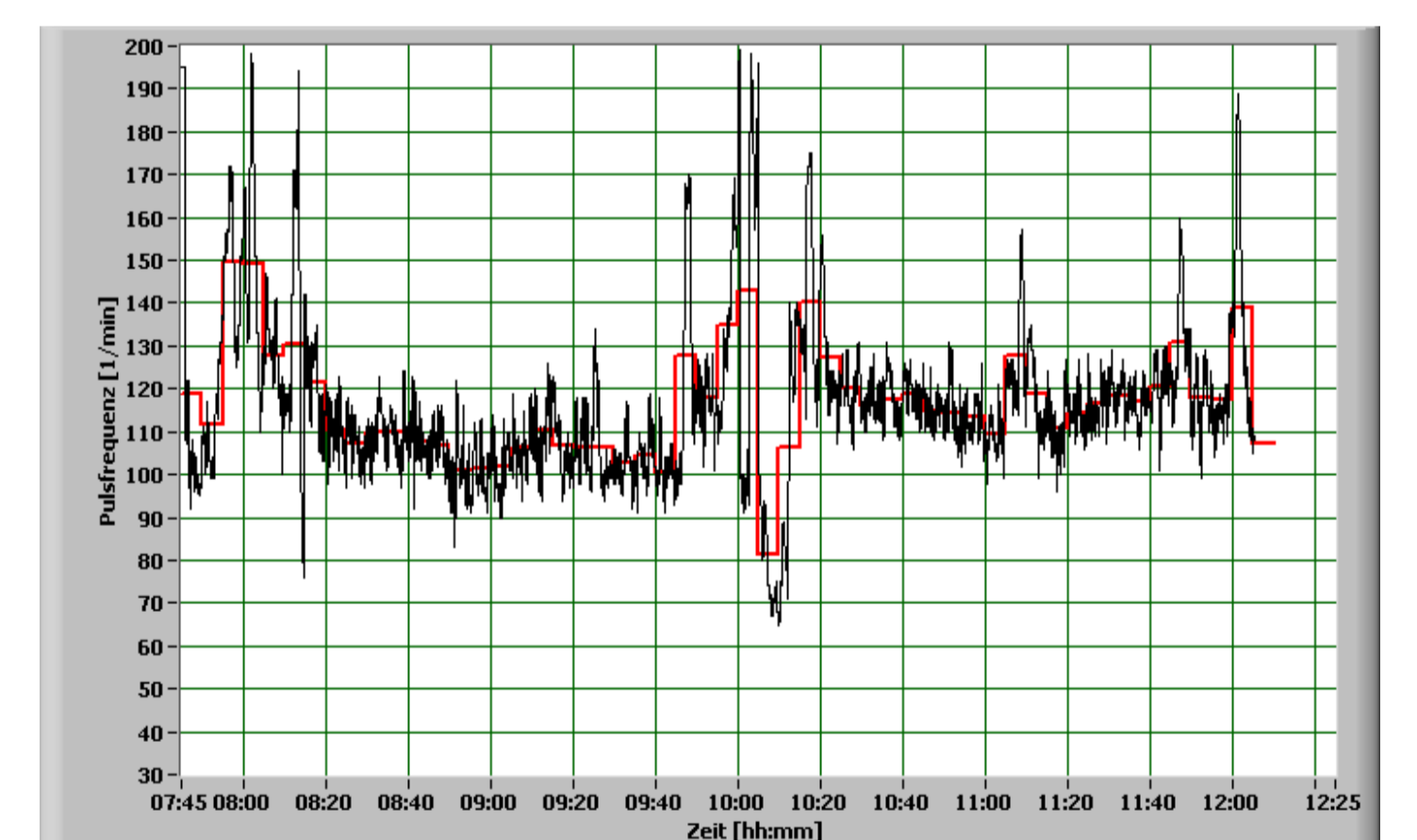
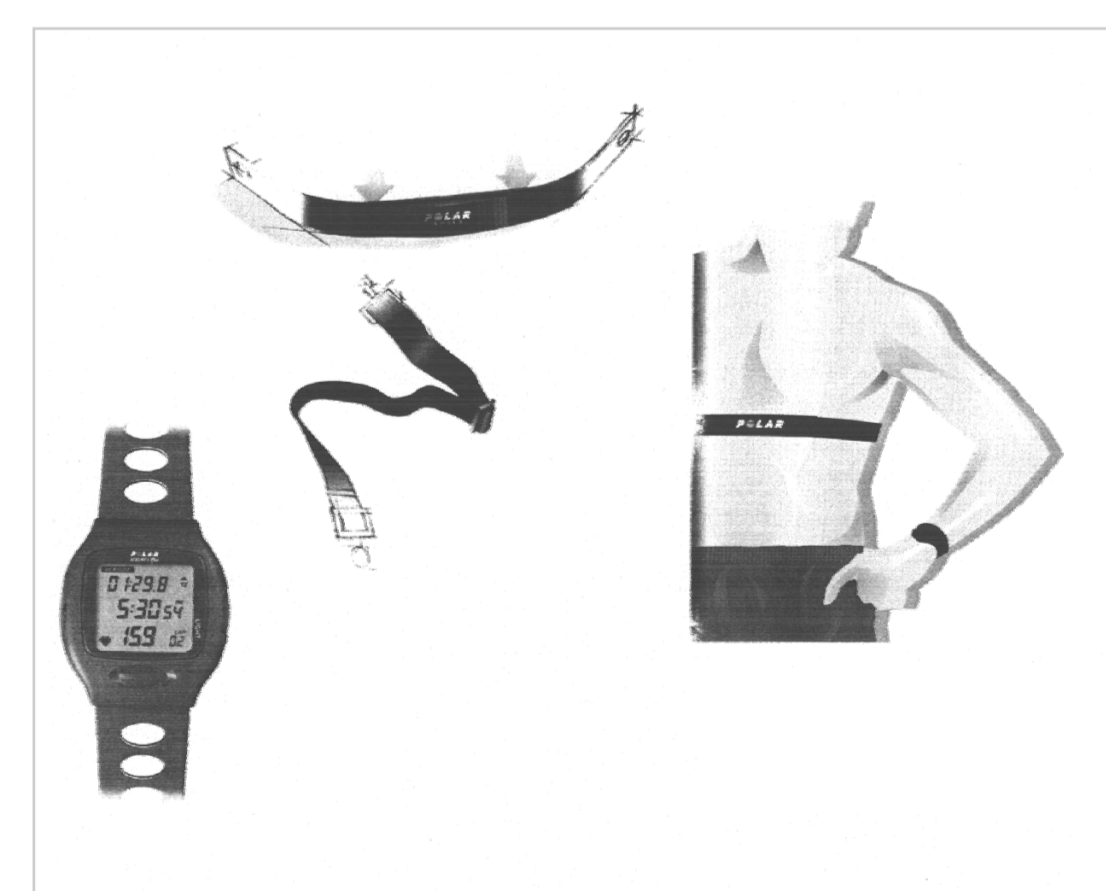
Aufmerksamkeitstest

In der gesamten Klasse wurde vor und nach dem Unterricht ein Papier- und Bleistifttest durchgeführt. Bei diesem mussten Symbole Zahlen zugeordnet werden.



Pädagogische Aspekte

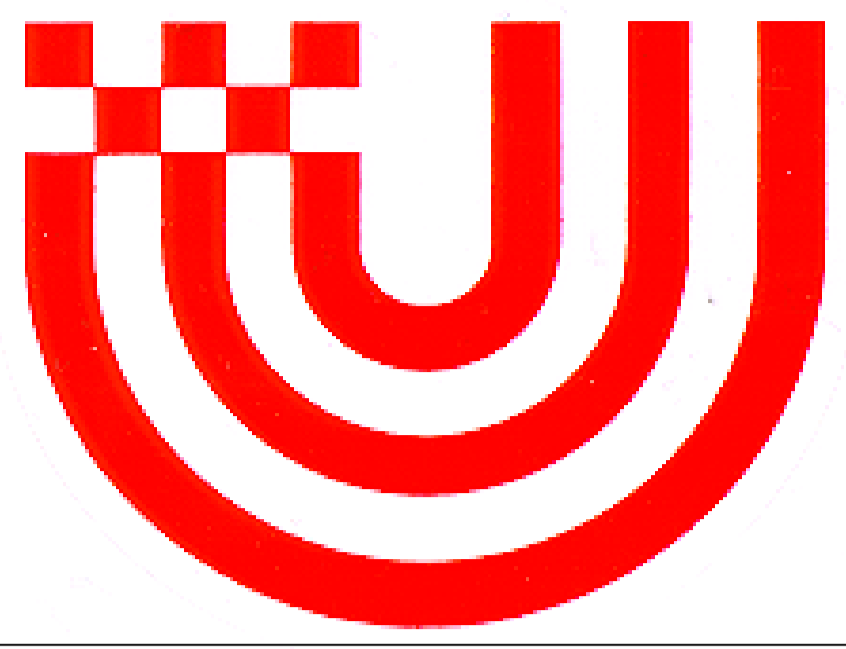
Auf zwei Computern wurden Informationen aus dem Unterrichtsgeschehen von den Beobachtern erfasst. Dazu gehörten detaillierte Aufzeichnungen der Charakteristika der Kommunikation und Interaktion von Schülern und Lehrern während des Unterrichts.



Herzfrequenz

Eine Gruppe von Schülern und der untersuchte Klassenlehrer der Klasse erhielten einen Herzfrequenzmesser, bestehend aus einem Brustgurt mit Puls-Aufnehmer und Uhr zur Datenspeicherung. Somit war der natürliche Bewegungsdrang der Kinder nicht eingeschränkt.





Ergebnisse der CO₂-Messungen und die Lüftungsintervention

Intervention

Da nachgewiesen werden konnte, dass ein erhöhter CO₂-Gehalt der Luft im Klassenzimmer zu Ermüdung und ihren Folgeerscheinungen führt, bestand das Ziel in der Verbesserung der Raumluft.

Dies sollte durch eine einfache Lüftungsmaßnahme erreicht werden.

Die Pettenkofer-Zahl: Schon vor über 150 Jahren schlug der Arzt v. Pettenkofer für die Raumluft in Klassenzimmern als Höchstwert einen Anteil des CO₂ Gases an der Atemluft von max. 1000 ppm vor.

DIN 1946: Diese DIN besagt, dass die CO₂ Konzentration an Büroarbeitsplätzen einen Wert von 1500 ppm nicht überschreiten soll.

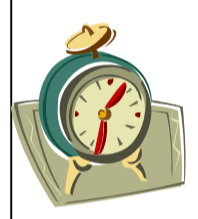
Befindlichkeitsstörungen (z.B. Müdigkeit, Konzentrationsverlust und Kopfschmerz) treten nachweislich ab einem CO₂-Anteil von 1000 ppm auf.

Bei einem CO₂-Anteil von über 1500 ppm ist bereits nach geringer Zeit mit **Wahrnehmungsstörungen** (z.B. nachlassende Verarbeitungsintensität auditiver und visueller Reize) zu rechnen.

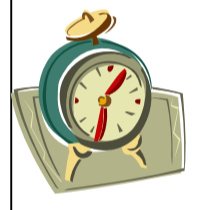
Die nachstehende Graphik (links) einer repräsentativen Doppelstunde zeigt, dass ohne gesonderte Lüftung ein Arbeiten ohne Beeinträchtigungen nur in den ersten 20min möglich ist. Nach 45min besteht bereits die Gefahr von Wahrnehmungsstörungen. Gängiges Lüftungsverhalten führte zwar zur Reduktion des CO₂-Anteils ohne ihn jedoch auf einen Wert zu reduzieren, der Befindlichkeitsstörungen ausschließt.

Die deutliche Senkung des CO₂ Anteils ist nach der Lüftungsintervention klar erkennbar (rechts). Die Nachhaltigkeit der Wirkung der Maßnahme ist nicht zu übersehen. Die Wahrscheinlichkeit für Befindlichkeitsstörungen wurde deutlich reduziert. Mit Wahrnehmungsstörungen durch zu hohe CO₂-Konzentration in der Atemluft ist jetzt nicht mehr zu rechnen.

Lüftungsintervention



Morgens vor Beginn der ersten Stunde: 5min



20min nach Beginn jeder Unterrichtsstunde: 2- 3min

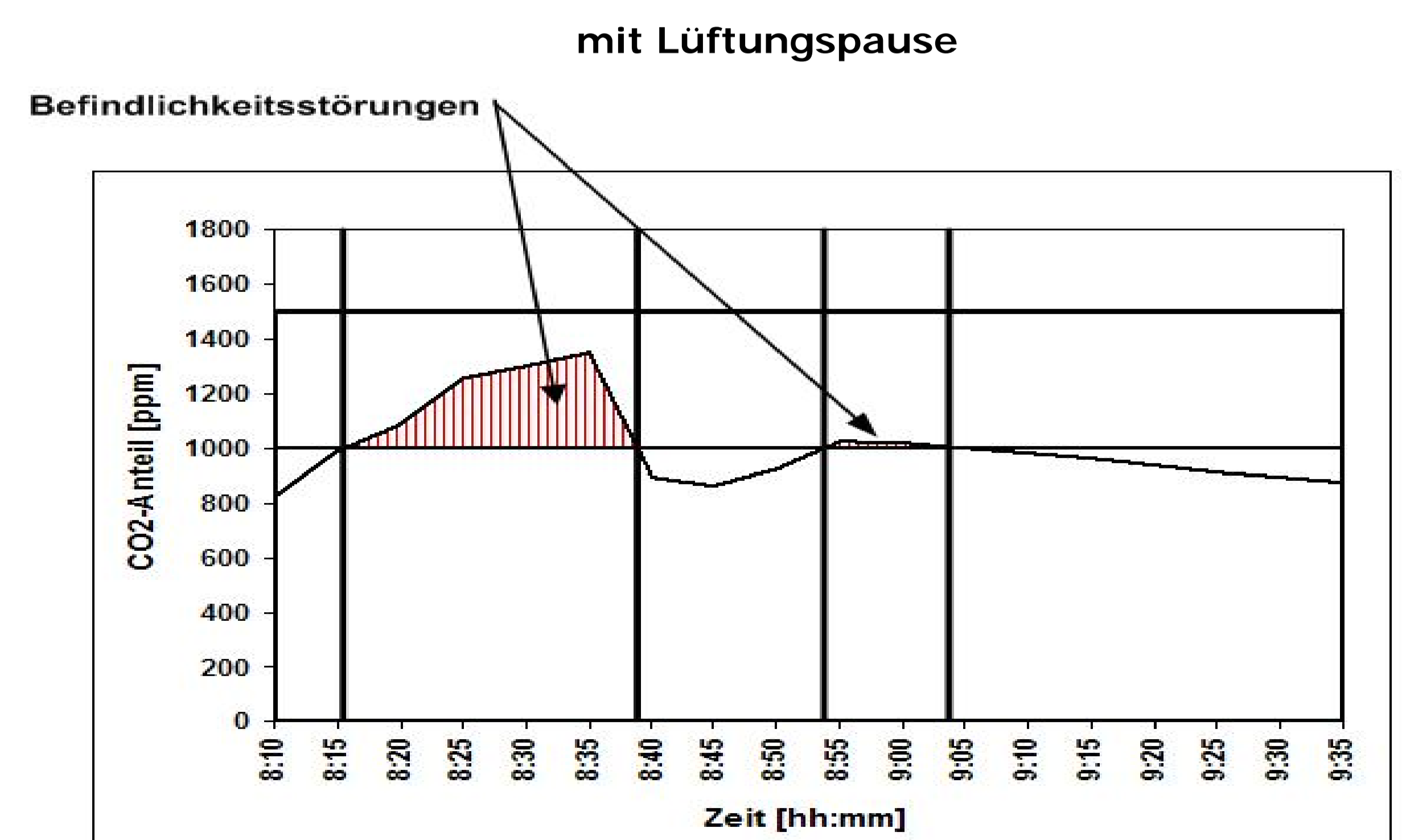
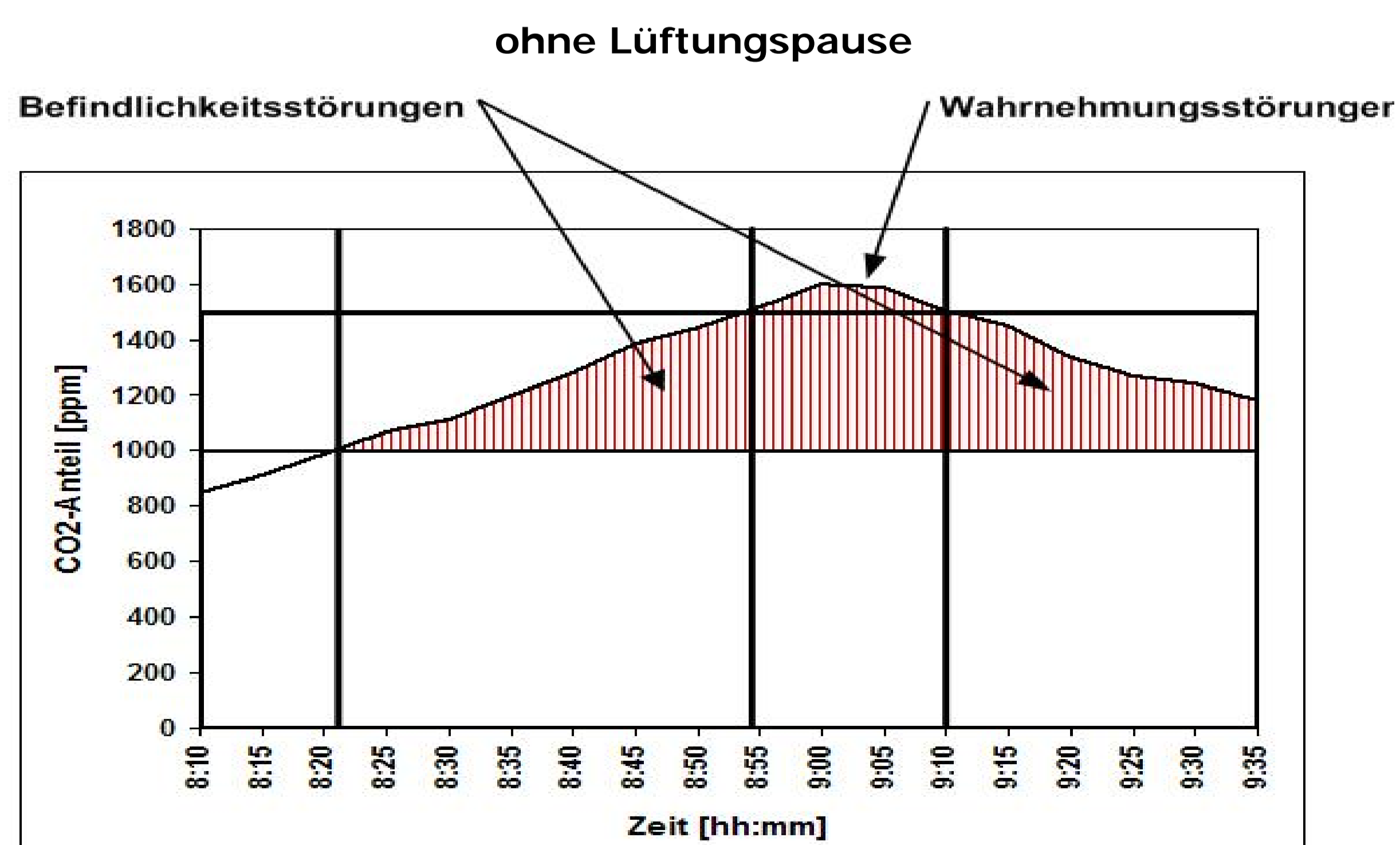


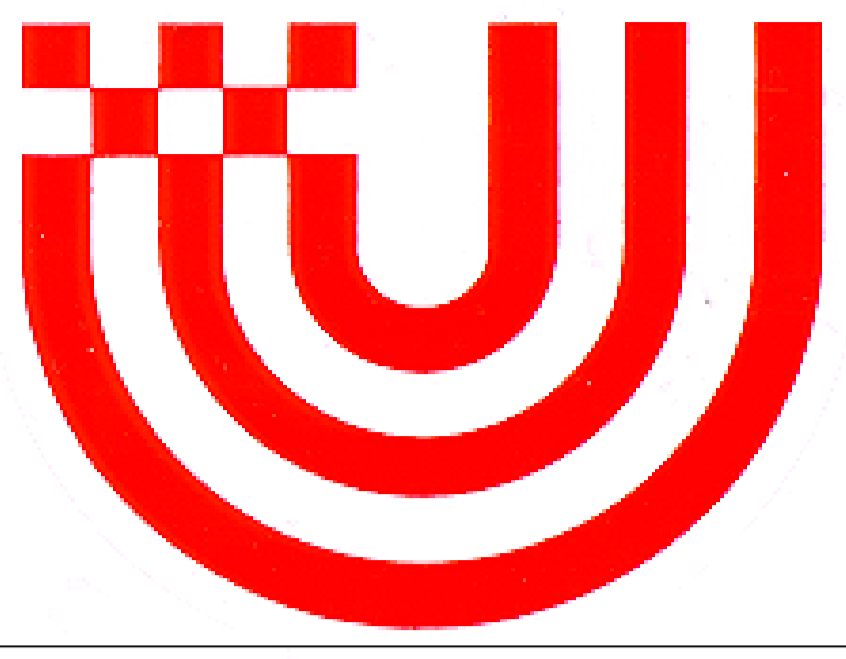
Zur Mitte jeder Doppelstunde: 5min



In jeder großen Pause: 5-10min

Die zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen vorgesehene Interventionsmaßnahme bestand aus der einfachen Anweisung jede 45-min-Unterrichtsstunde durch eine ca. 2 minütige Lüftungspause mit Stoßlüftung zu unterbrechen, bei Doppelstunden zusätzlich zwischen beiden Hälften. Alle anderen Lüftungsgewohnheiten während des Unterrichts sollten davon nicht beeinflusst werden.



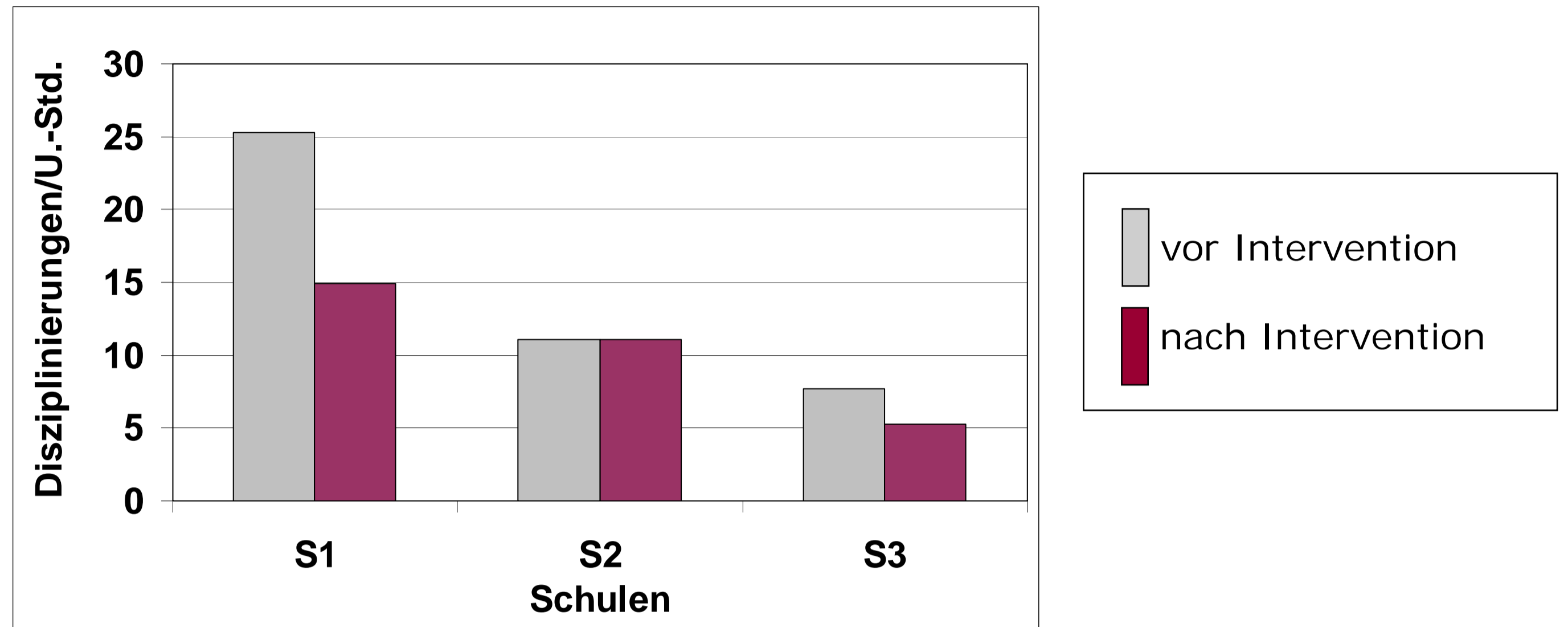


Ergebnisse der Pädagogischen Aspekte – Unterrichtsform

Dysfunktionale Unterrichtsaktivitäten

Ausgehend von der Beobachtung, dass Ermüdung zu Unruhe führt, ist eine Betrachtung der dysfunktionalen Aktivitäten der Schüler im Unterricht interessant. Dazu zählen Papierkugeln schießen, nicht unterrichtbezogenes Geschnatter, usw. Dieses Verhalten ist neben dem Alter und Charakter der Schüler auch durch den allgemeinen Verhaltenskodex einzelner Schulen geprägt.

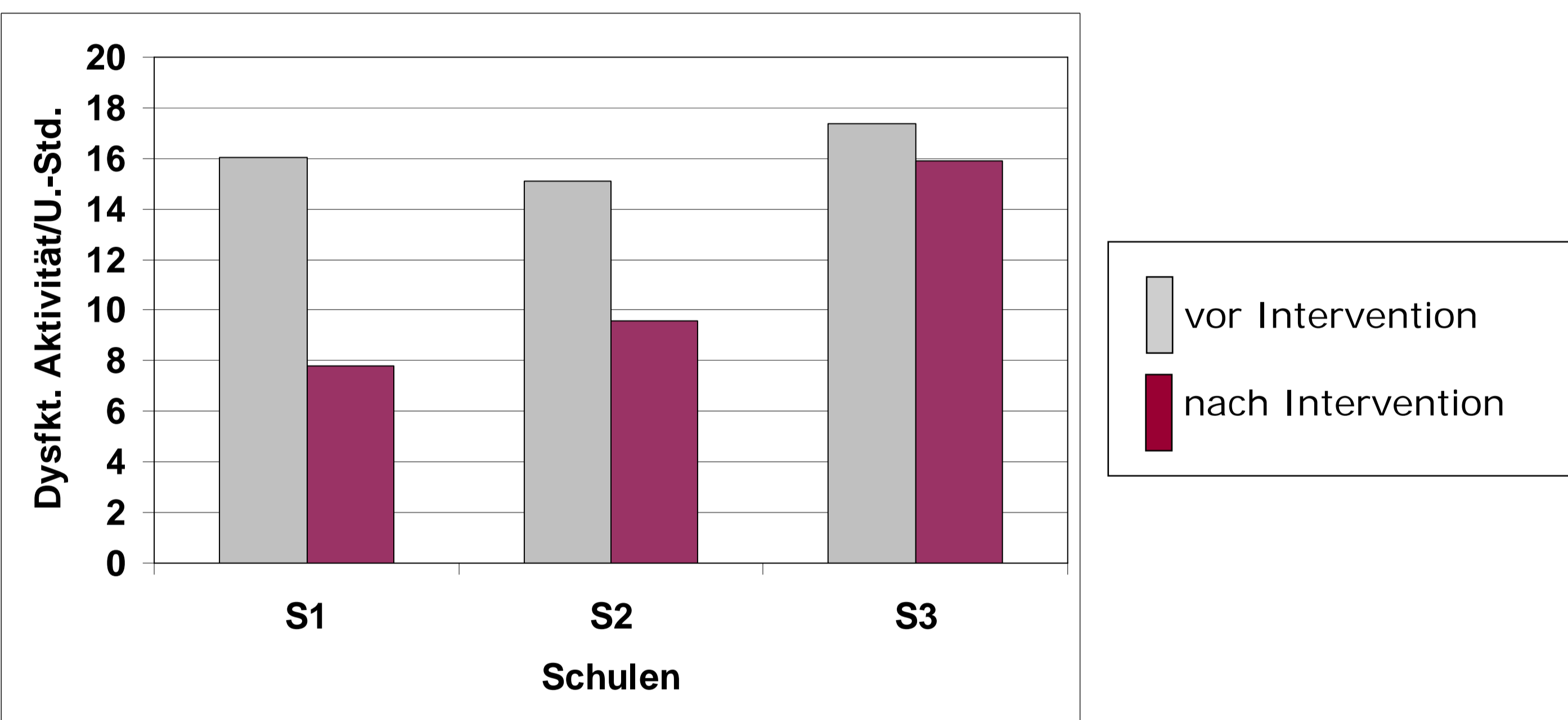
Durch die Einführung der Lüftungspausen fand eine deutliche Abnahme der dysfunktionalen Aktivitäten der Schüler von vor zu nach der Intervention an allen untersuchten Schulen statt.



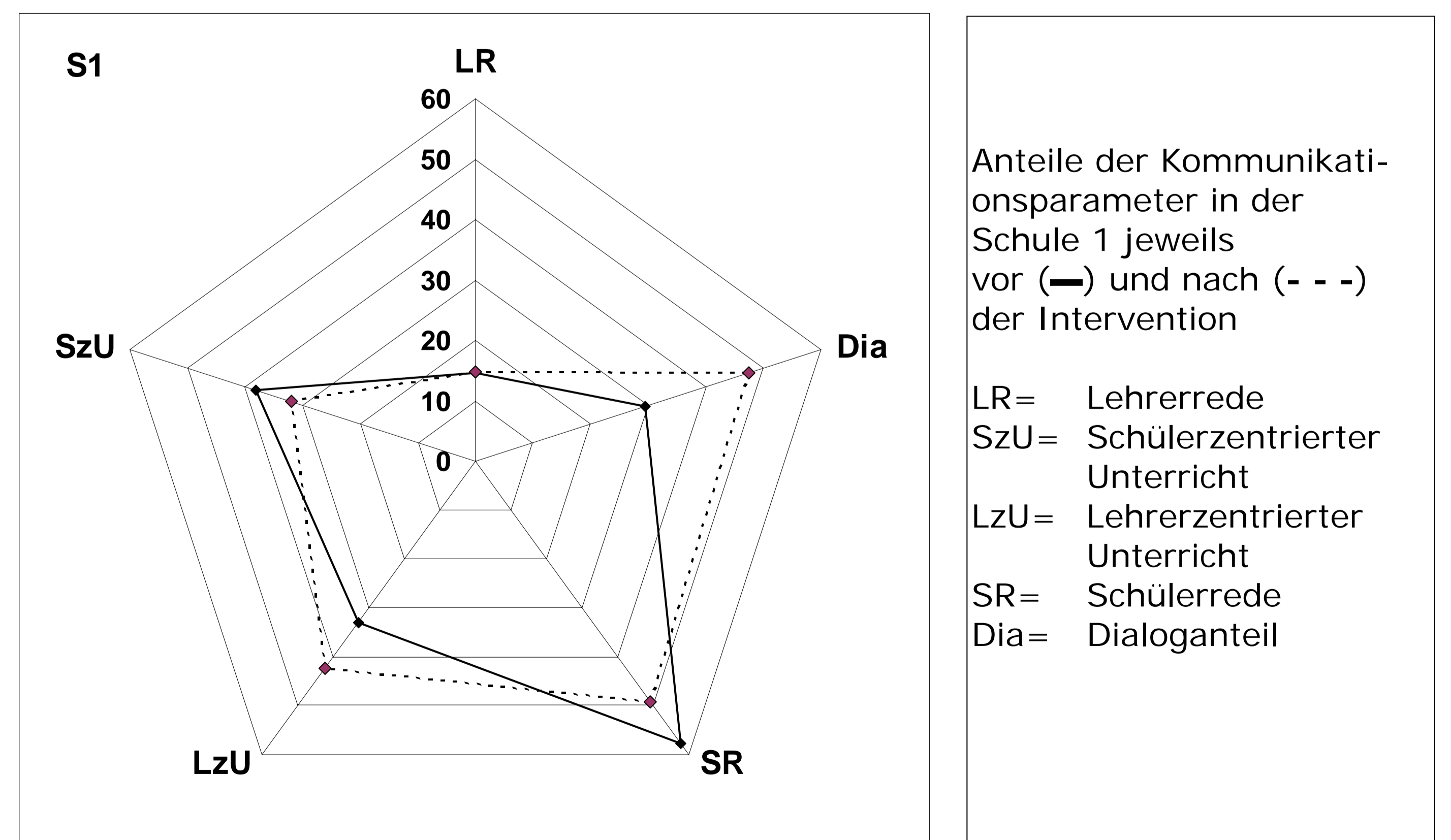
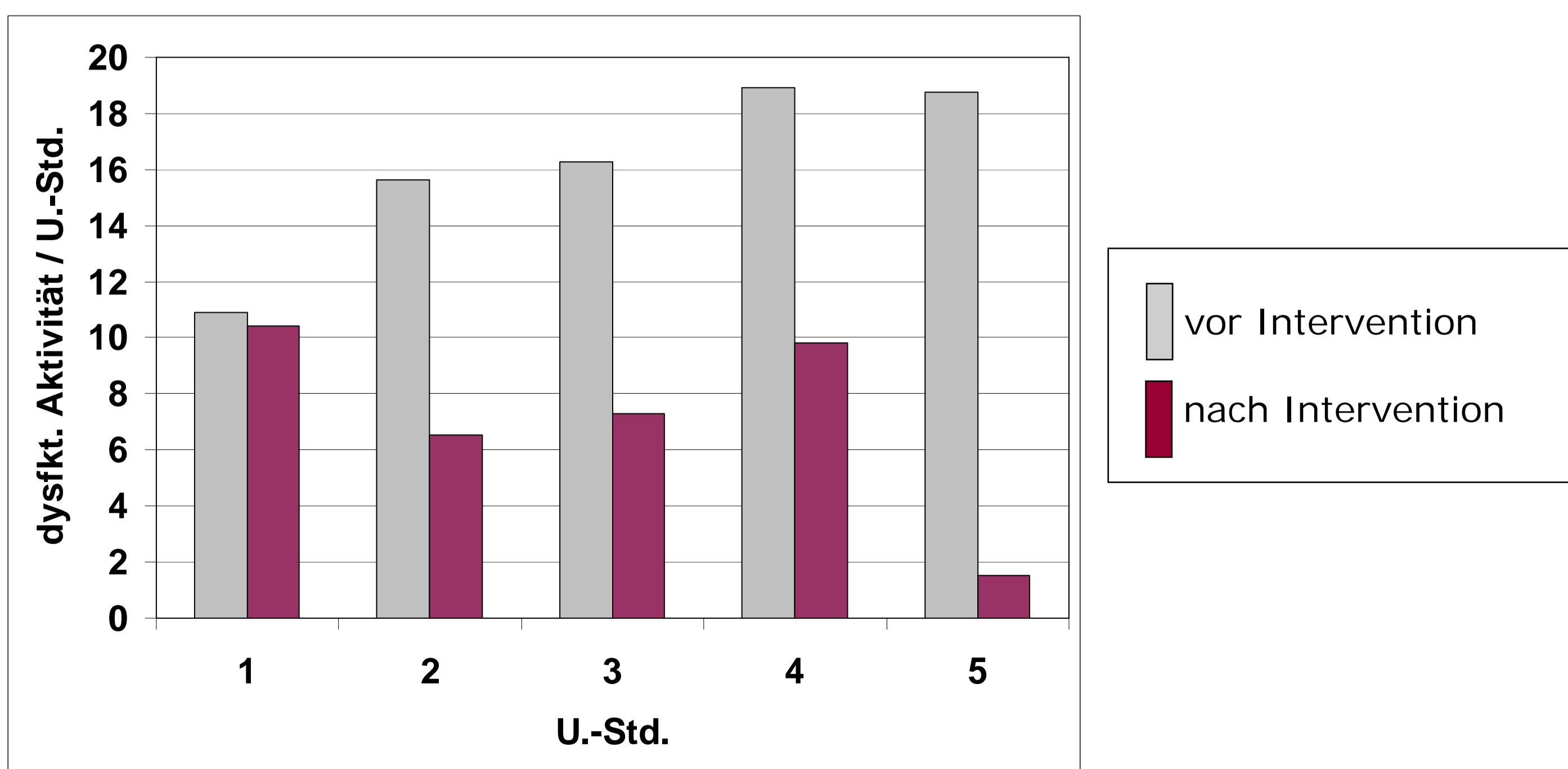
Disziplinierungsmaßnahmen

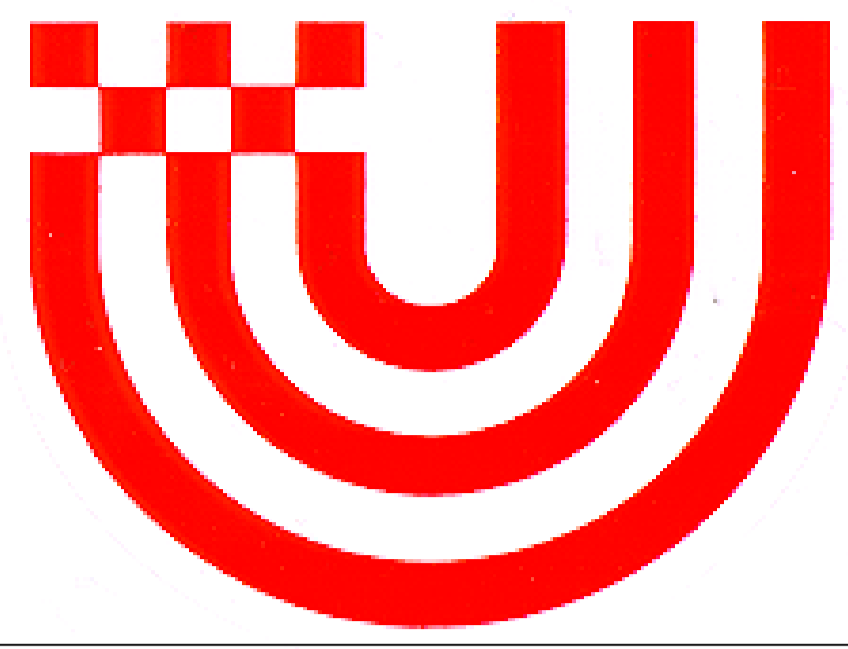
Auch Disziplinierungsmaßnahmen gehörten explizit zum Beobachtungsauftrag während des Unterrichts. Nach der Einführung von regelmäßigen Lüftungspausen nimmt die Zahl der Disziplinierungen deutlich ab. Dabei ist besonders zu beachten, dass diese Abnahme stärker als die Abnahme der dysfunktionalen Aktivitäten ist. Die Lehrer reagieren also auf die verbleibenden Störungen entspannter.

Des Weiteren veränderte sich die Kommunikationsstruktur im Unterricht. Der Dialoganteil zwischen Lehrer und Schüler stieg stark an. Außerdem verbesserte sich die „mündliche Mitarbeit“ enorm. Zusammen mit dem verringerten CO₂-Anteil und/oder der 2-minütigen Stundenunterbrechung veränderte sich auch die Unterrichtsform - aus Sicht der Lehrer positiv. Wegen anhaltend höherer Leistungsfähigkeit der Schüler möglich, konnte die Phase lehrgeliteten Unterrichts verlängert werden. Nach der Intervention sieht sich der Lehrer nicht mehr im gleichen Maß wie zuvor genötigt, von der bevorzugten Unterrichtsform abzuweichen.



Die folgende Graphik zeigt, dass vor der Intervention die Häufigkeit der Störungen von der ersten zur letzten Stunde hin zunimmt. Nach der Intervention nimmt die Häufigkeit schülerseitiger Störungen drastisch ab. Deren zuvor beobachteter Anstieg von der ersten bis zur letzten Schulstunde bleibt weitgehend aus. Die Pädagogen interpretieren die Störungen als Ausdruck abnehmender Konzentration und Aufmerksamkeit. Aus dieser Sicht ist damit eine deutliche Reduzierung der Ermüdung durch die eingeführte Intervention nachgewiesen.





Ergebnisse der Schallpegel- und Herzfrequenzmessungen

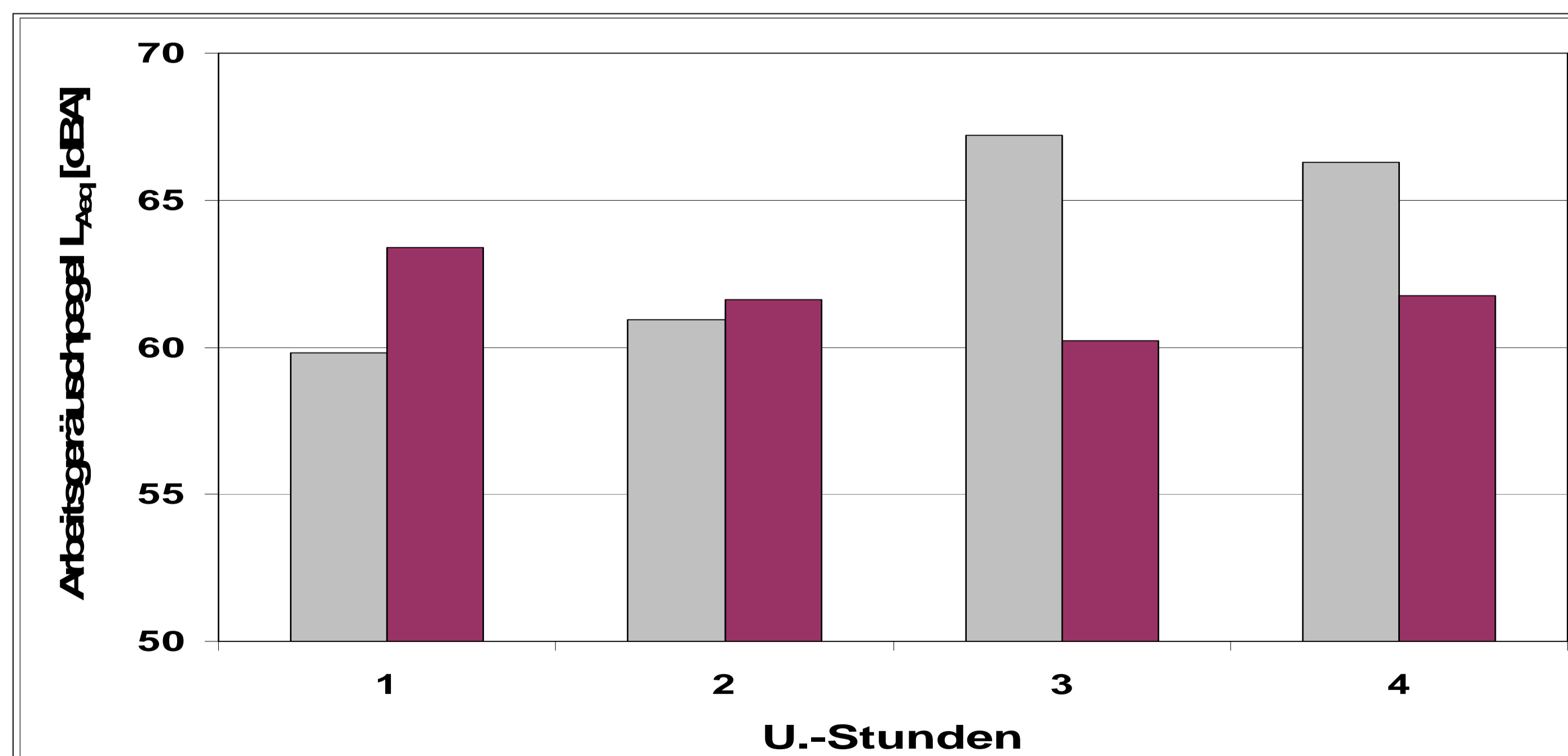
Schallpegel

Durch das Einführen von Lüftungspausen kommt es zu einer Verringerung des Grundgeräuschpegels. Durch die zweiminütige Pause und die Verbesserung der Raumluft und damit der Arbeitsbedingungen, verändern sich auch die sozialen Rahmenbedingungen und damit das Verhalten der Schüler. Der Arbeitsgeräuschpegel ist bei Durchführung von Lüftungspausen gesenkt. Sowohl die verbesserte Raumluft als auch die 2-minütigen Lüftungspausen hatten eine Senkung des Schallpegels zur Folge, wie ein entsprechender Stundenvergleich ergab. Der Kurzpause war dabei eine höhere Wirksamkeit zuzuschreiben als der Senkung der CO₂-Konzentration im Unterricht.

Offensichtlich sorgt verbesserte Raumluft zu besseren Arbeitsbedingungen für konzentriertes Arbeiten der Schüler im Unterricht. Doch auch die regelmäßige Unterbrechung des Unterrichts beeinflusst die Arbeitssituation günstig.



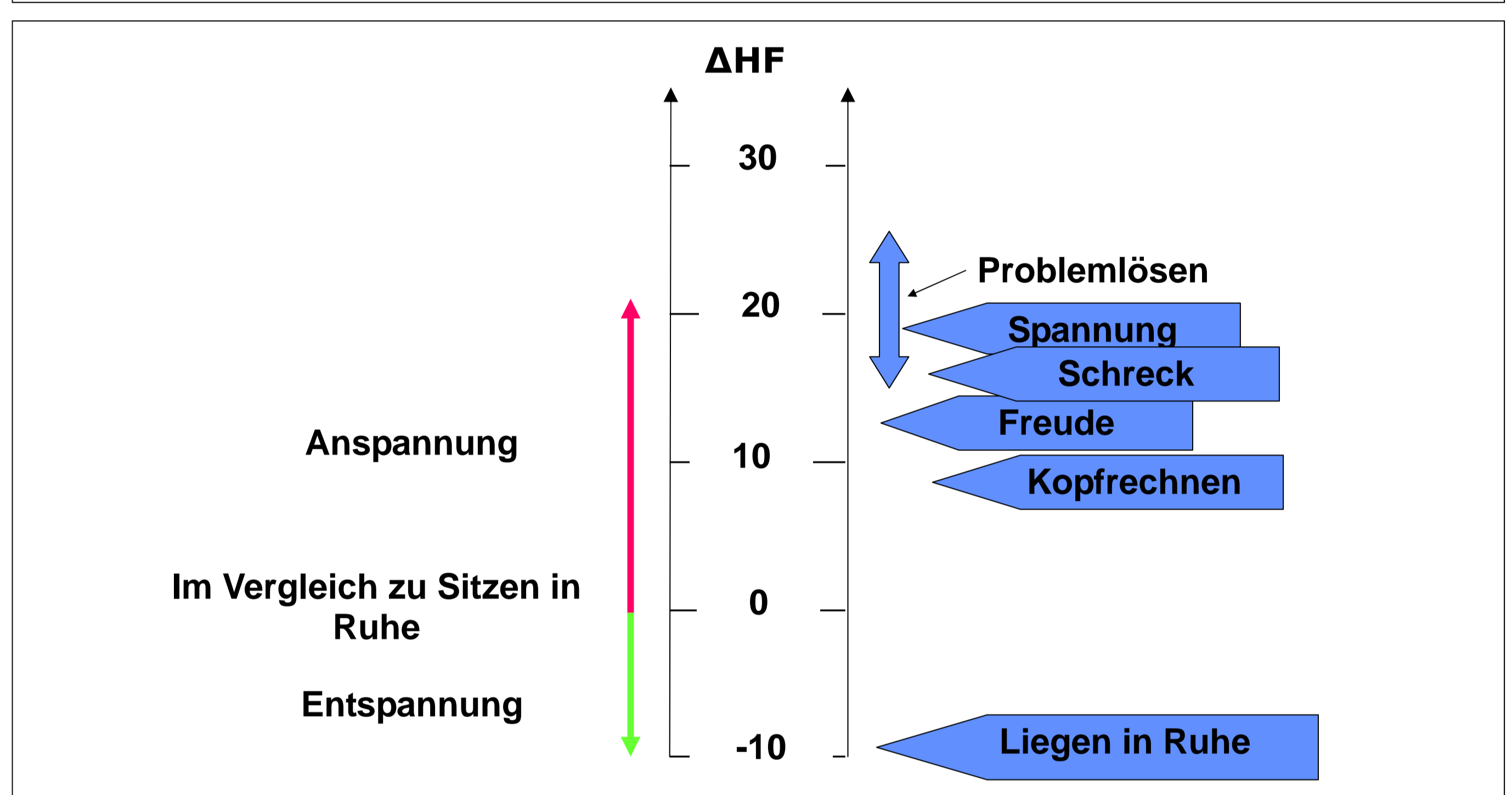
Es kommt nicht einfach nur zu einer Senkung des allgemeinen Arbeitsgeräuschpegels. Auch die Entwicklung des Geräuschpegels über den Tag hin ist verändert. Während es im Unterricht vor Einführung der Lüftungspause immer lauter wurde, bleibt der Geräuschpegel bei regelmäßigen Kurzpausen konstant!



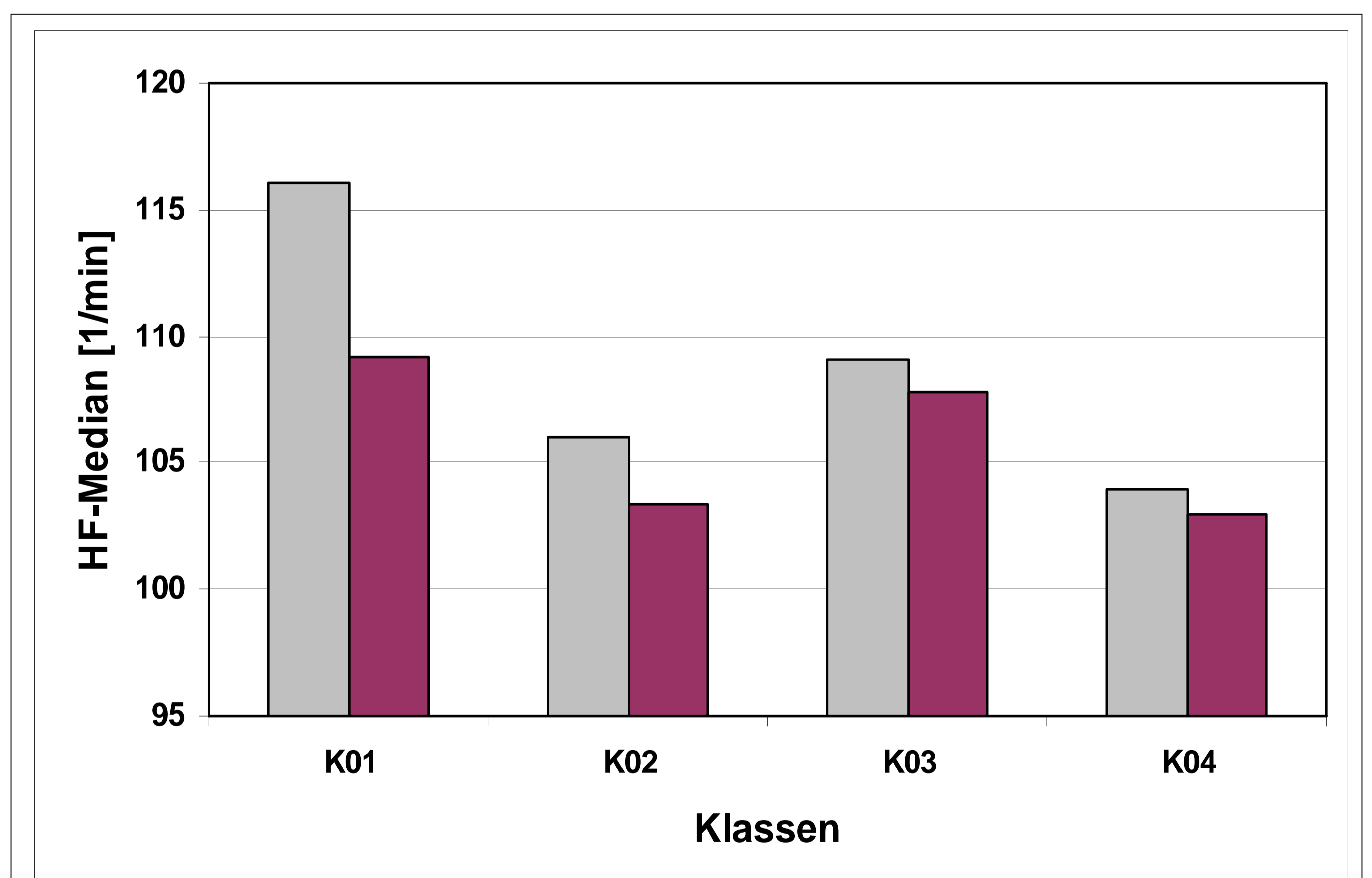
Mittlerer Arbeitsgeräuschpegel während des Schultages, vor (■) und nach (■) der Intervention

Herzfrequenz

Das Ansteigen und Abfallen der Herzfrequenz in Abhängigkeit vom individuellen Leistungsstand gibt Auskunft über Ermüdung und Aktivierung des Einzelnen.



Die Lüftungspause hat zu einer deutlichen geringeren Beanspruchung der Schüler über den Tag hinweg beigetragen.



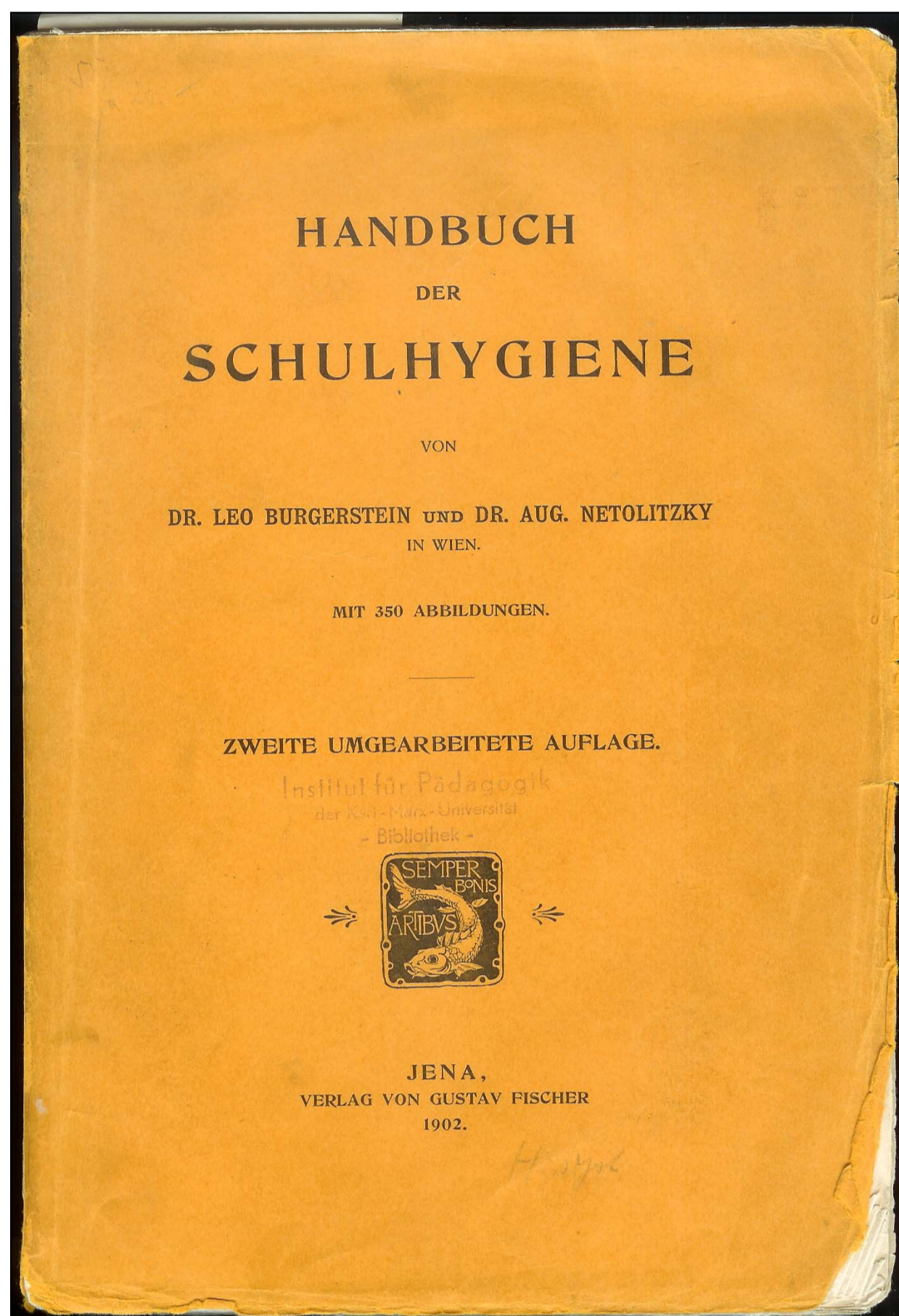
HF-Medianwerte einer Schule, nach Klassen sortiert, vor (■) und nach (■) der Intervention

In der Zusammenfassung zeigt sich bei zwei Drittel der beteiligten Klassen nach der Einführung der Lüftungspause eine Reduzierung der Herzfrequenz; bei den übrigen bleibt sie unverändert. Ausgehend von gleicher Belastung durch Tagesablauf und Unterricht vor und nach der Intervention führt dies zu dem Schluss: Aus der Einführung der kurzen Lüftungspause folgen Erholungseffekte und geringere Ermüdung.





Diskussion und Ausblick



Die zwischenzeitliche Lüftung im Unterricht hat zusätzlich durch die offizielle Unterbrechung in Form einer Kurzpause den bekannten leistungssteigernden Pauseneffekt.

Die Pausenwirkung der Lüftungsintervention hat ebenso wie die verbesserte Atemluft einen Einfluss auf die Ermüdung der Schüler, denn, wie bereits KRAEPELIN (1894) feststellte:

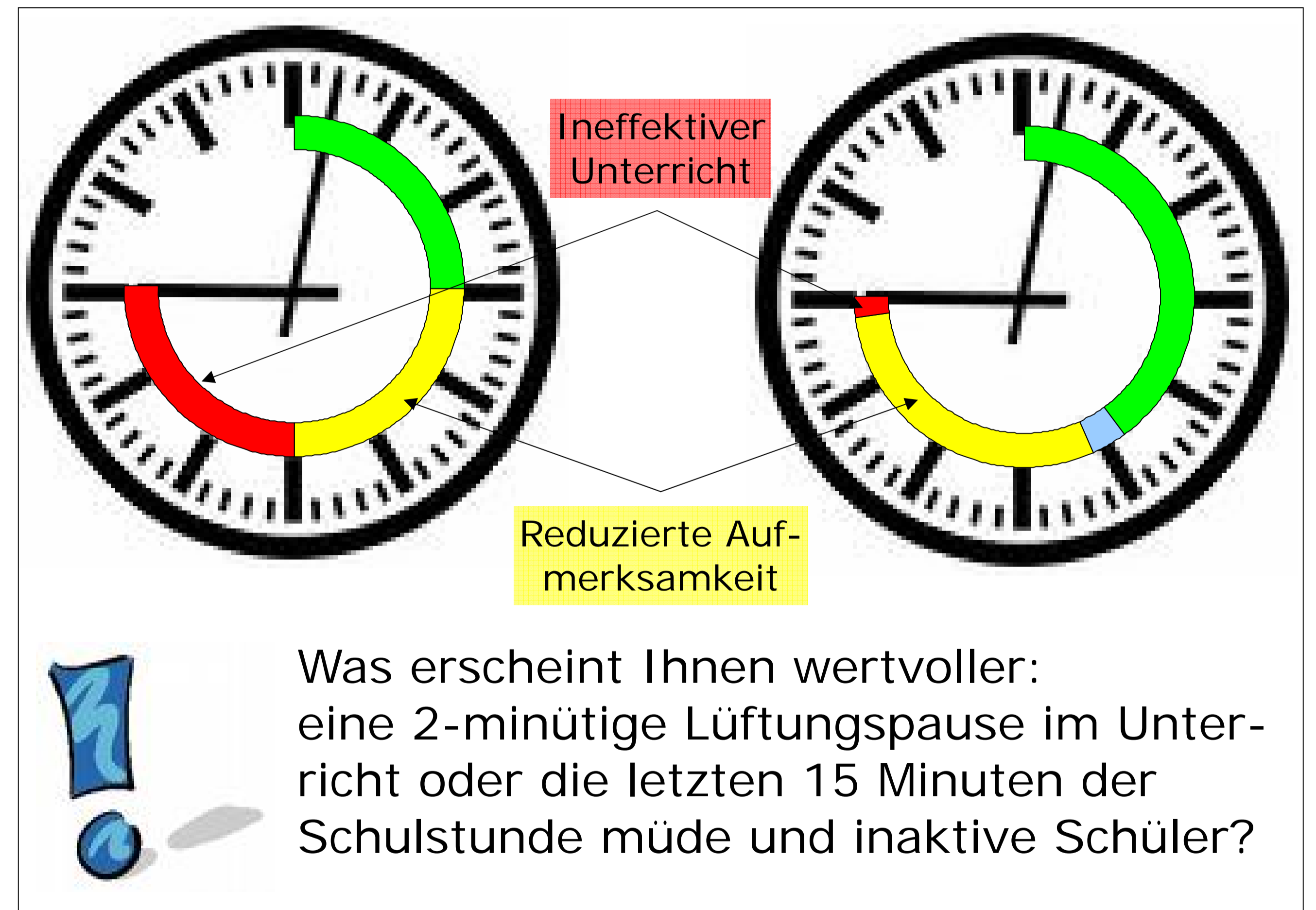
„In einer halben Stunde scharfer Arbeit auf der Höhe der geistigen Leistungsfähigkeit wird mehr und vor allem Besseres geschafft als in der doppelten Zeit bei fortgeschrittener Ermüdung.“

Ein optimal hohes und stabiles Niveau der Leistungsfähigkeit ist nur durch wohl überlegte Verteilung von Pausen im Arbeitsprozess - nicht zuletzt in der Schule - zu erreichen. Gut positionierte und dimensionierte Pausen dürfen nicht als Zeitverlust abqualifiziert werden. Sie führen vielmehr durch Intensitätssteigerung zu einem messbaren Arbeitsgewinn.

Aspekte der Pausenregelung:

Pausen müssen **rechtzeitig eingelegt** werden, denn wenn ein Ermüdungszustand erst einmal eintritt, steigt er sprunghaft an. Z.B. benötigt man bei einer Verdoppelung der Arbeitszeit statt einer doppelten eine dreis- bis viermal so lange Pause, um das ursprüngliche Leistungsniveau wieder herzustellen.

Vorher festgelegte Pausen dienen der Erholung mehr als willkürlich eingesetzte Pausen. Kurz vor Beginn einer geplanten Pause mobilisiert der Mensch seine Arbeitskraft noch einmal, mit der Aussicht auf eine kurz bevorstehende Erholung. So wirkt eine geplante Pause schon vor Eintritt leistungsfördernd.



Wirkungskette:

