

Die leise Schule ...?!
Lieber leiser und leistungstärker
Teil 3

Lärm in der Schule Arbeitsalltag von Lehrkräften?

Wege zu einer neuen Qualität von Schule

Gerhart Tiesler
Hildesheim
28. Okt. 2010

Institut für interdisziplinäre Schulforschung **ISF Bremen**

Folie 1

Lärm ?

Die größte Offenbarung ist die Stille
(Laotse)

Eines Tages wird die Menschheit den Lärm bekämpfen müssen
wie die Cholera oder die Pest ...
(Robert Koch, 1843-1910)

What a beautiful noise ...
(Neill Diamond)

Institut für interdisziplinäre Schulforschung **ISF Bremen**

Was ist unter dem Begriff „Lärm“ zu verstehen? Hier einige sehr subjektive Definitionen, die auch die unterschiedlichen Auffassungen zeigen.

Folie 2

Lärm ...

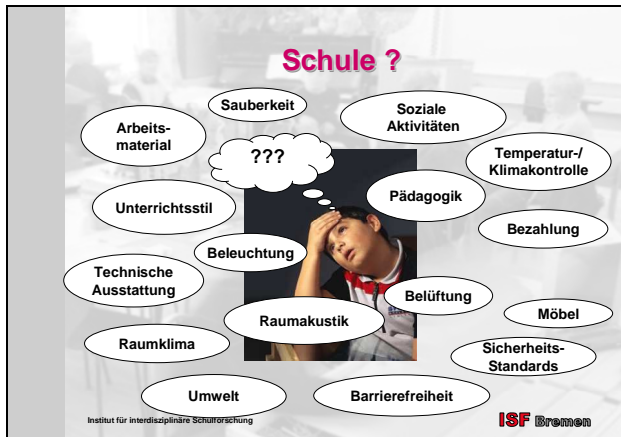
...ist ein unerwünschtes Geräusch, das zu einer
Belästigung, Störwirkung, Beeinträchtigung der
Leistungsfähigkeit, besonderen Unfallgefahren oder
Gesundheitsschäden führt.

Hoffmann/von Lübke/Maue 1999

Institut für interdisziplinäre Schulforschung **ISF Bremen**

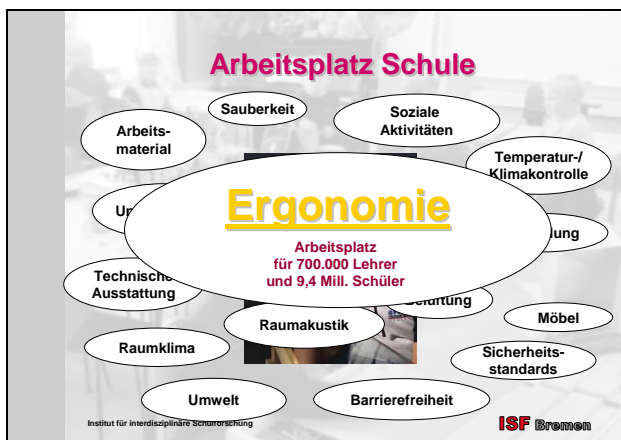
Die Definition von „Lärm“ in wissenschaftlichem Sinn unter Berücksichtigung des Informationsgehaltes bzw. der Schädigung. Alle Definitionen enthalten die Faktoren Störung, Beeinträchtigung und Schädigung.

Folie 3



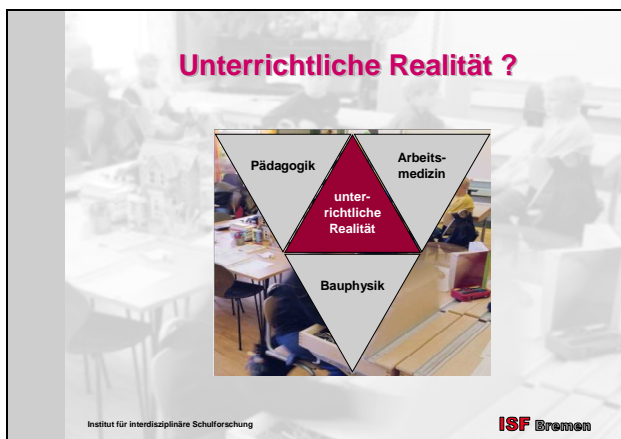
Unter dem Begriff „Schule“ wird in erster Linie die Pädagogik im weitesten Sinne verstanden, die Rahmenbedingungen, unter denen der Unterrichtsprozess stattfindet, bleiben unbeachtet.

Folie 4



Weshalb sollte nicht auch dieser Arbeitsplatz, und zwar für Lehrer und Schüler, mit den Methoden der Arbeitswissenschaft untersucht werden? Im Sinne einer Humanisierung der Arbeitswelt müssen wir auch von einer Ergonomie der Schule sprechen und diesen Arbeitsplatz entsprechend gestalten.

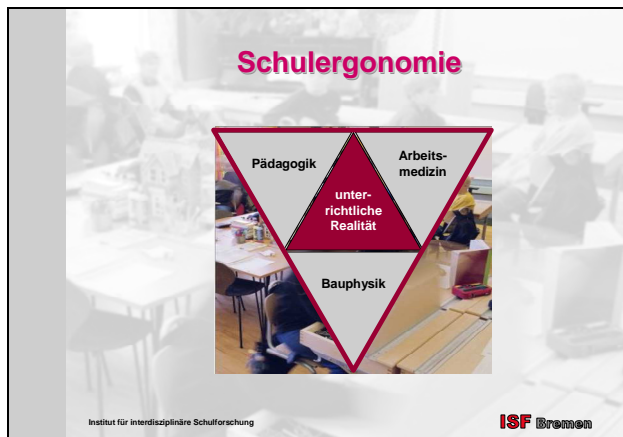
Folie 5



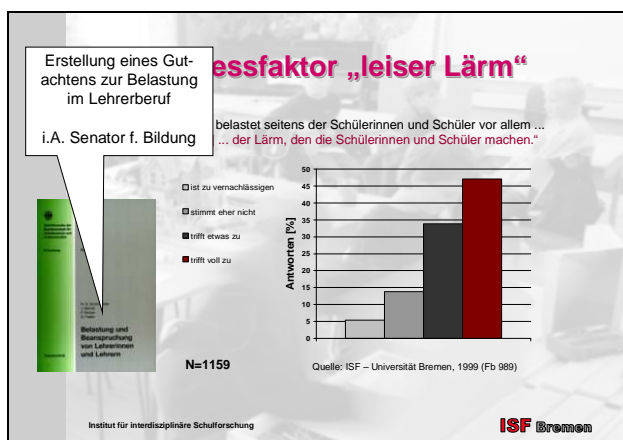
Eine Beschreibung des Unterrichtsprozesses erfordert einen interdisziplinären Ansatz. Mindestens drei Disziplinen sind erforderlich, um „Unterricht“ in seiner Realität abzubilden:

- Bauphysik für die Arbeitsumgebung
- Pädagogik zur Beschreibung des Arbeitsprozesses
- Arbeitsmedizin zur Beanspruchungsanalyse von Lehrern und Schülern

Folie 6

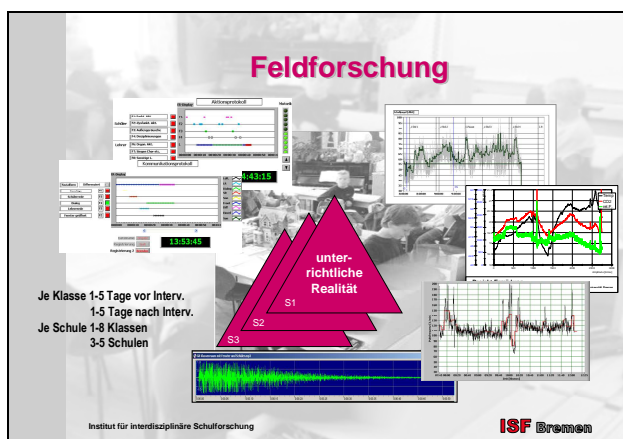


Folie 7



Folie 8

Der „leise Lärm“ den Schüler machen ergab sich als zentraler Stressor in einer Befragung zur „Belastung und Beanspruchung von Lehrern“ im Rahmen eines Forschungsvorhabens des ISF. Entsprechende „Lärm-Messungen“ bestätigten die Fragebogendaten.

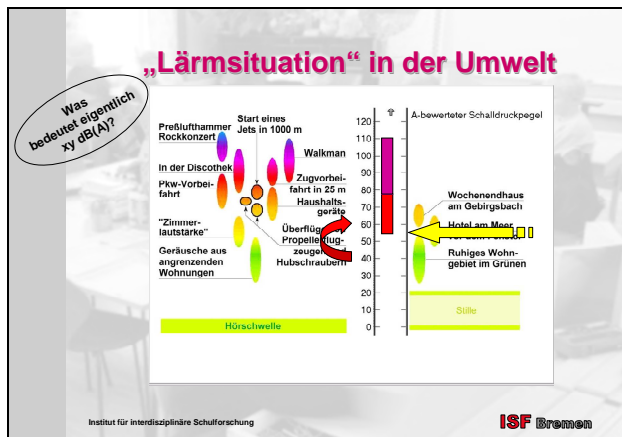


Messgrößen zur Beschreibung des Unterrichtsverlaufes:

- Raumakustik
- Schalldruckpegel
- Raumluft CO₂
- Herzfrequenz
- Unterrichtsbeobachtung

Messdatenaufnahme erfolgt kontinuierlich als Zeitreihe, insgesamt ca. 1000 U.Std. an 8 Schulen, 40 Klassen, 2 bis 10 Tage je Klasse, und immer vor/nach einer Intervention

Folie 9



Folie 10

In dieser allgemeinen Darstellung von Schalldruckpegeln sind zusätzlich eingetragene:

- 55dBa Obergrenze für Arbeitsplätze mit überwiegend geistiger Tätigkeit
- 40-60 dBA menschliche Stimme
- 55-80 dBA Unterricht
- >80 dBA Spitzenwerte im Unterricht und Sportunterricht

„Lärmsituation“ in der Umwelt

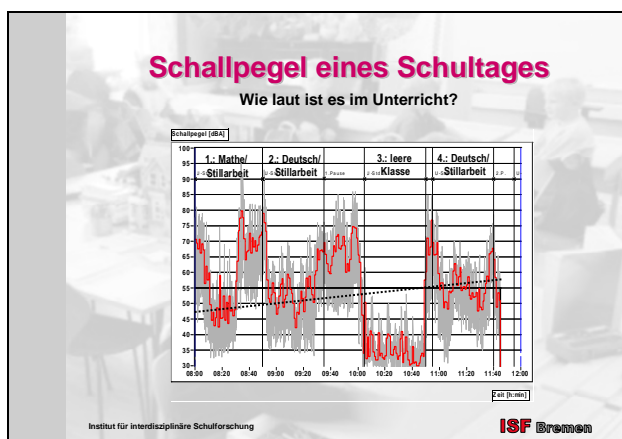
Steinzeit - Neuzeit

Steinzeit	Schallintensitätsbereich	Neuzeit
regelmäßig	Leise 0-40 dB	sehr selten bis gelegentlich
sehr häufig	mäßig laut 40-60 dB	selten bis regelmäßig
gelegentlich bis regelmäßig	laut 60-90 dB	regelmäßig bis sehr häufig
sehr selten	sehr laut über 90 dB	gelegentlich bis regelmäßig

Institut für interdisziplinäre Schulforschung **ISF Bremen**

Folie 11

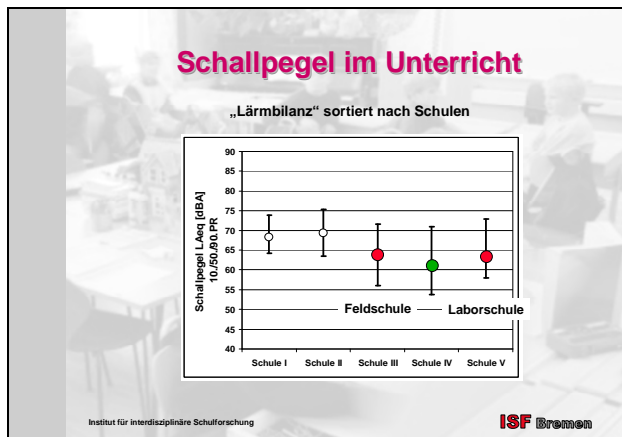
Vergleich der Situation, in der sich das menschliche Gehör entwickelt hat mit der heutigen Situation. 20 dB lauter bedeutet 100facher Schalldruckpegel. Eine Anpassung im Sinne der Evolution kann in so kurzer Zeit nicht erfolgen. Eine Empfindlichkeitsregelung ähnlich der Helligkeit beim Auge hat die Natur nicht vorgesehen.



Folie 12

Typischer Verlauf des Geräuschpegels in einer Grundschulklasse über den Unterrichtstag.

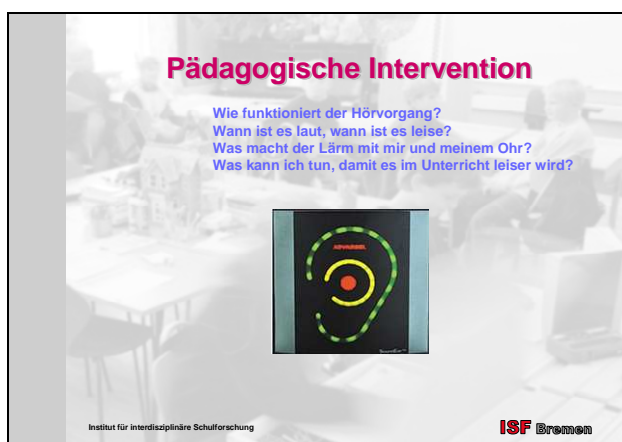
1. Stillarbeitsphasen sind deutlich zu erkennen, werden aber im Laufe des Tages immer lauter, ca. 11 dB Anstieg
2. In einem leeren Klassenraum ist es laut durch Geräusche aus dem Schulgebäude und von außen (in Schweden sind max. 30 dBA zugelassen)



Vergleich der Arbeitsgeräuschpegel verschiedener Schulen (mittlerer Pegel im Unterricht):

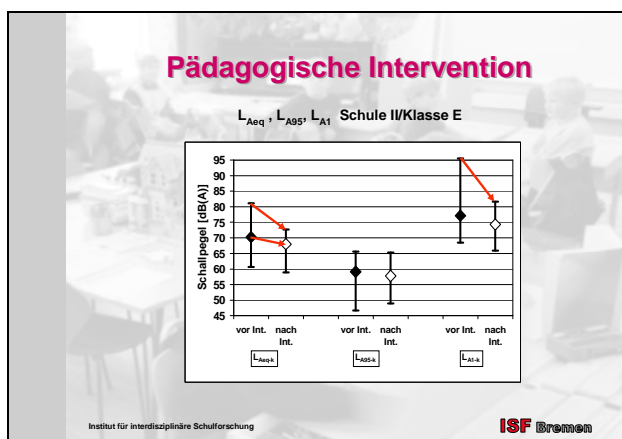
- Schule IV ist ein Sek I Zentrum, alle andere sind Grundschulen
- Schule II und III sind baugleich(!)
- Schule III und V haben einheitliches pädagog. Konzept (Rituale, Verhalten, etc.), in Schule II bleibt es jedem Lehrer überlassen, es im vollen Umfang zu beachten

Folie 13



In zwei Klassen der Schule II wurde über 5 Std. eine Unterrichtseinheit zum Thema Lärm durchgeführt, „Soundear“ dient als Anzeige für den aktuellen Geräuschpegel und wird zur Kontrolle für zwei Wochen im Unterricht verwendet.

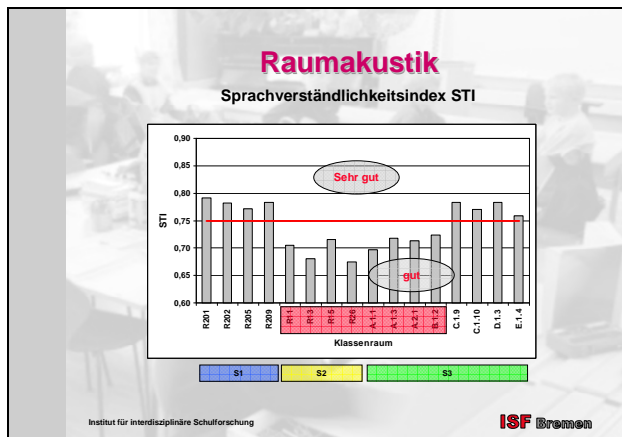
Folie 14



Auswirkung der Intervention (Vergleich 1 Woche vor Intervention mit 1 Woche nachher):

- mittlerer Pegel im Unterricht sinkt um ca. 2 dB
 - lauteste U.Std. sinkt um 8 dB
 - Spitzenpegel (lautesten 5% der Unterrichtszeit) sinken um 14 dB
- Nachhaltigkeit konnte nicht geprüft werden.

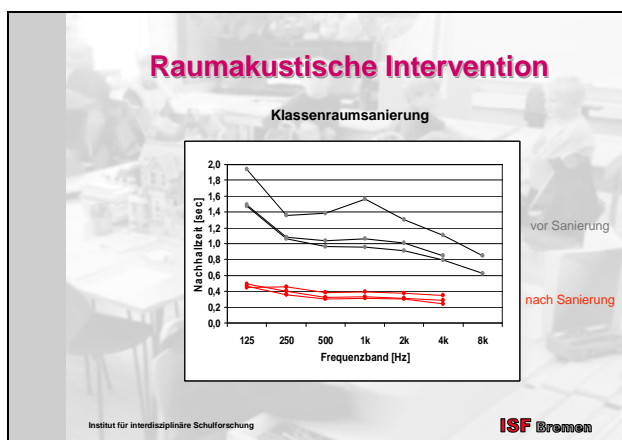
Folie 15



Folie 16

Vergleich der Raumakustik in Klassenräumen an 3 Schulen mittels STI (0=ganz schlecht, 1=optimal). Für Schulen wird $STI > 0,75$ gefordert.

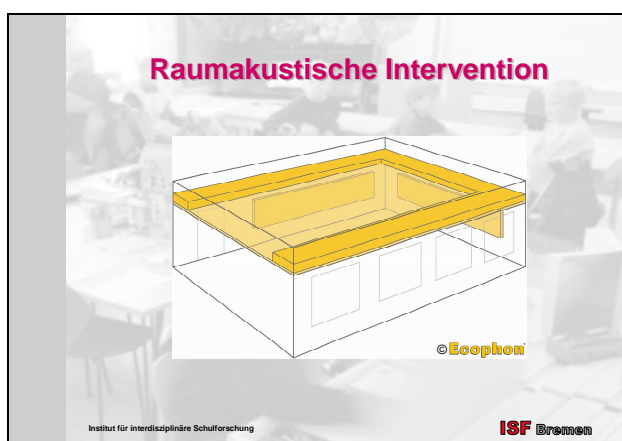
- 50% der Klassen genügen den Anforderungen
- S2 Schulbau von 1890
- S3 renovierte und Neubau Klassen
- S1 Schulbau von 1972



Folie 17

Raumakustik, (Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz) einer Klasse der Schule V aus Folie 13. Jeweils 3 Kurven (leere Klasse, 50% und 100% Schüler).

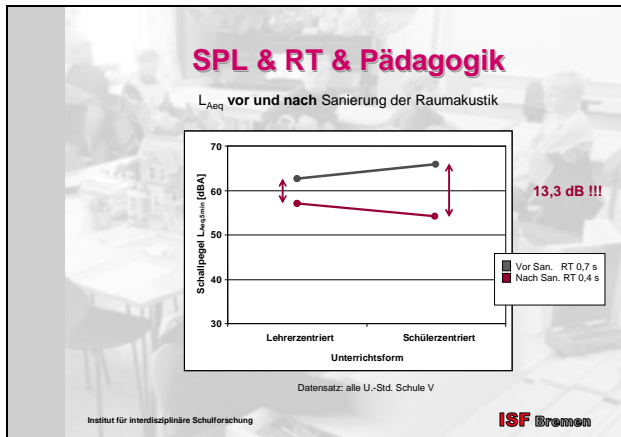
- vor der raumakustischen Sanierung erfüllt der Raum auch nicht die Bedingungen der alten DIN 18041
- nach der Sanierung besser als die Forderung der neuen DIN 18041 (Hörsamkeit in kleinen und mittelgroßen Räumen)



Folie 18

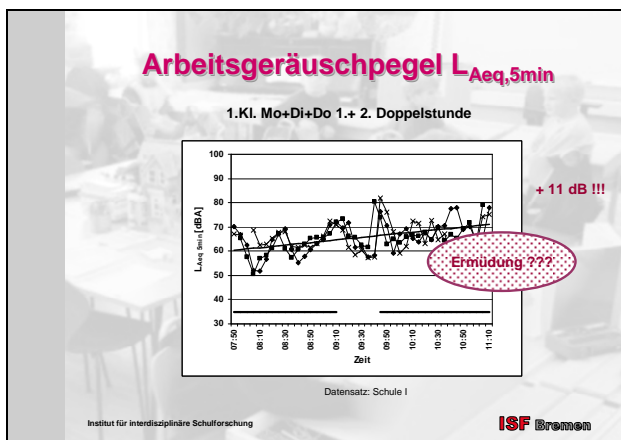
Durchgeführte raumakustische Sanierung:

- vollflächige Bedeckung der Raumdecke mit einem Klasse A Absorber
- im Randbereich zusätzlicher Bassabsorber
- Rückwand zu 50% Wandabsorber (als Pinwand zu nutzen)



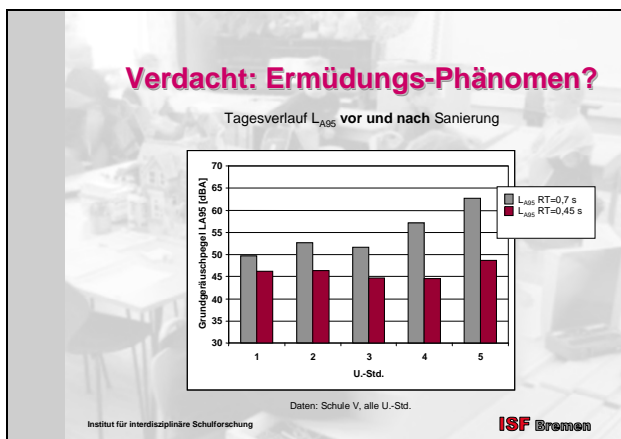
Auswirkung der Raumsanierung auf den Arbeitsgeräuschpegel im Unterricht, unterschieden nach Frontalunterricht (Lehrerzentriert) und Gruppenarbeit (Schülerzentriert). Angegeben sind die Mittelwerte über alle U.Std. einer Woche vor und nach der Sanierung. Die physikalisch mögliche Reduzierung des Geräuschpegels beträgt für diesen Raum max. 3 dB! Die restliche Reduzierung von 10 dB ist auf das veränderte Verhalten der Schüler und Lehrerin zurückzuführen.

Folie 19



Verlauf des Arbeitsgeräuschpegels in einer 1. Klasse an drei Tagen mit identischem Stundenplan. Besondere Aufmerksamkeit verdient der immer ansteigende Geräuschpegel im Laufe des Tages um ca. 11 dB. Eine mögliche sinnvolle Hypothese für diesen Anstieg ist zunehmende Ermüdung.

Folie 20



Eine Überprüfung dieser Hypothese an den Daten der Schule V aus Folie 13 ergab im Vergleich vor und nach der raumakustischen Sanierung zumindest eine Bestätigung bezogen auf den Stressor „Lärm“, der in jedem Falle Ermüdung zur Folge hat.

Folie 21

Lärmempfindlichkeit

Nach jeder Unterrichtsstunde wurden die Lehrkräfte befragt

Wie laut empfanden Sie die Unterrichtsstunde?

extrem leise schmerzhaft

1
2
3
4
5
6
7

Aus subjektiv eingeschätzten Werten
und gemessenem Schallpegel
wurden „Empfindlichkeits-Werte“ berechnet

Institut für interdisziplinäre Schulforschung **ISF** Bremen

Folie 22

Eine Befragung aller Lehrkräfte zu jeder aufgezeichneten Unterrichtsstunde, jeweils im unmittelbaren Anschluss, enthielt auch eine Frage zur Lärmsituation, die auf einer Skala zu beantworten war.

Lärmempfindlichkeit: ...quantifizierte Werte (Beispiel)

$$\text{Lärmempfindlichkeit} = \frac{\text{Schallpegelbewertung}}{\text{realer Schallpegel}}$$

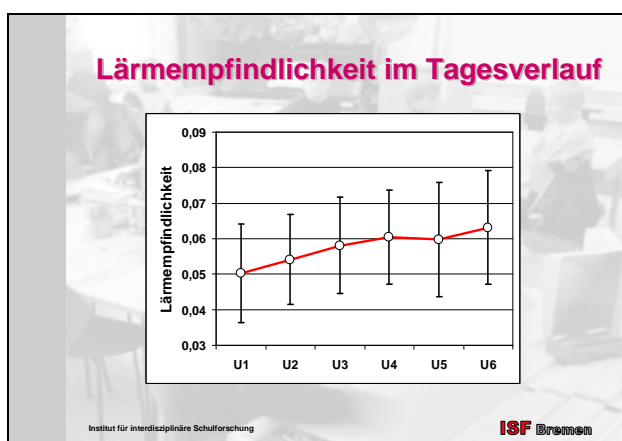
Schallpegel gemessen	Schallpegel bewertet	Lärmempfind- lichkeit berechnet
60 dBA	1	0,017
60 dBA	7	0,117

Institut für interdisziplinäre Schulforschung **ISF** Bremen

Folie 23

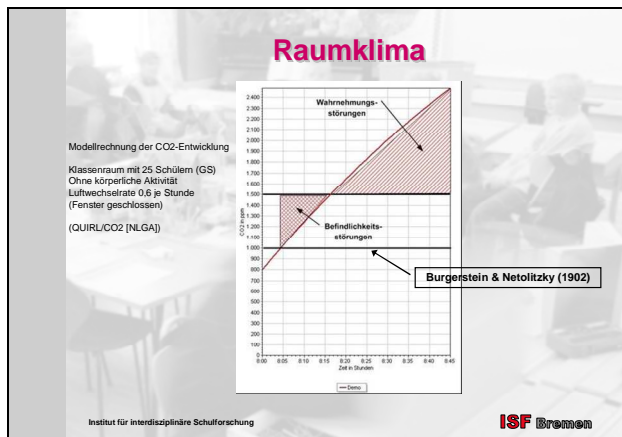
Der Vergleich der subjektiv eingeschätzten Geräuschsituation mit dem objektiv gemessenen Schallpegel ergab durch Quotientenbildung ein Verhältnismaß. Diese so definierte „Lärmempfindlichkeit“ ist umso größer, je höher ein gleich lauter Pegel eingeschätzt wird.

$$\text{Lärmempfindlichkeit} = \frac{\text{Schallpegelbewertung}}{\text{gemessener Pegel}}$$



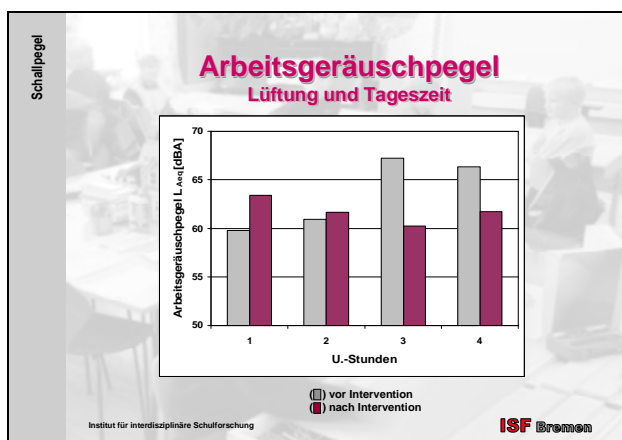
Folie 24

Alle so berechneten „Lärmempfindlichkeiten“ von allen beteiligten Lehrkräften und allen U.-Std. ergibt im Mittel eine stetige Zunahme über den Schultvormittag, auch eine Folge zunehmender Ermüdung. Wegen des Verhältnismaßes ist der über den Tag steigende Geräuschpegel hier bereits eliminiert.



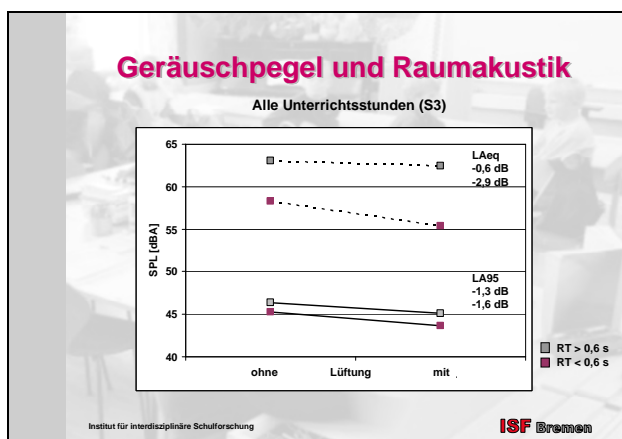
Folie 25

Die „Ermüdungshypothese“ aus den Untersuchungen zum Thema „Lärm“ richtete die Aufmerksamkeit auf einen gesicherten Ermüdungsfaktor, die CO₂-Konzentration in der Raumluft. In der DIN 1946 werden für Konzentrationen von 1000 bis 1500ppm Befindlichkeitsstörungen angegeben, über 1500ppm Wahrnehmungsstörungen. Der Verlauf der CO₂-Konzentration in der Grafik bezieht sich auf einen ungelüfteten Klassenraum (Modellrechnung) bei einem Anfangswert von 800ppm, Außenluft hat 350ppm. 1000ppm wurde bereits 1902 von Burgerstein als oberer Grenzwert gefordert.



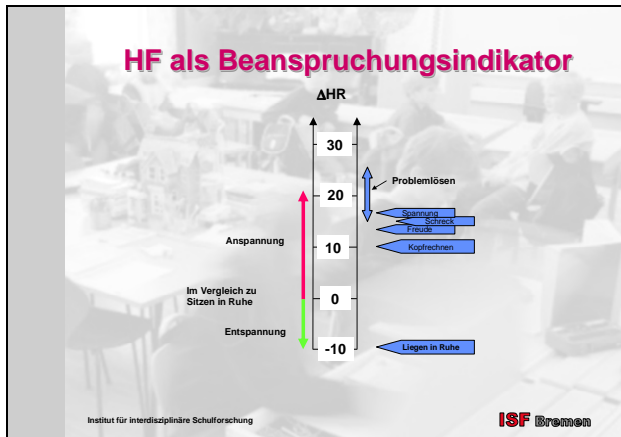
Folie 26

Im Rahmen einer Untersuchung zu Ermüdung im Unterricht wurde durch eine 2-minütige Lüftungspause nach 20min Unterricht neben der Verbesserung der Luftqualität vor allem eine Verbesserung der Arbeitssituation erreicht, so kam es zu keinem Ermüdungsanstieg des Geräuschpegels, es zeigte sich ein ähnliches Verhalten wie bei der akustischen Raumsanierung. Hier wird der Stressor „CO₂“ reduziert!



Folie 27

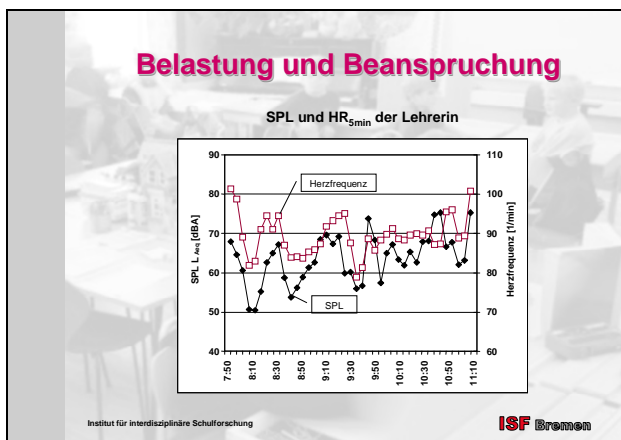
In Klassenräumen mit unterschiedlicher Raumakustik wirkt sich die Verbesserung der Raumluftqualität bezogen auf die Arbeitssituation unterschiedlich aus. In Räumen mit guter Akustik wird die Arbeitssituation deutlich ruhiger als in den schlechteren Räumen. Die Raumakustik hat hier die stärkere, dominierende Wirkung.



Die Herzfrequenz (HF) dient als zuverlässiger Beanspruchungsindikator, da sie sehr empfindlich reagiert, aber auch unspezifisch. Ohne Protokoll der Situation ist eine Auswertung nur sehr schwer möglich.

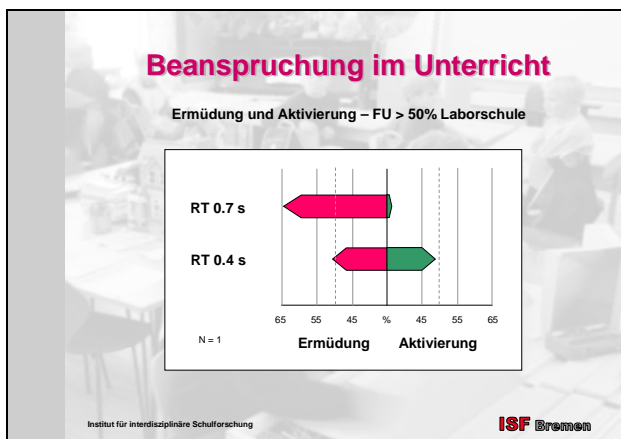
Die Grafik zeigt die Größenordnung der Veränderung der HF aus einer Ruhesituation im Sitzen heraus.

Folie 28



Eine typische Beanspruchungsreaktion der HF während des Unterrichts in Abhängigkeit von dem aktuellen Arbeitsgeräuschpegel im Klassenraum. (Lehrerin Schule V, Folie 19)

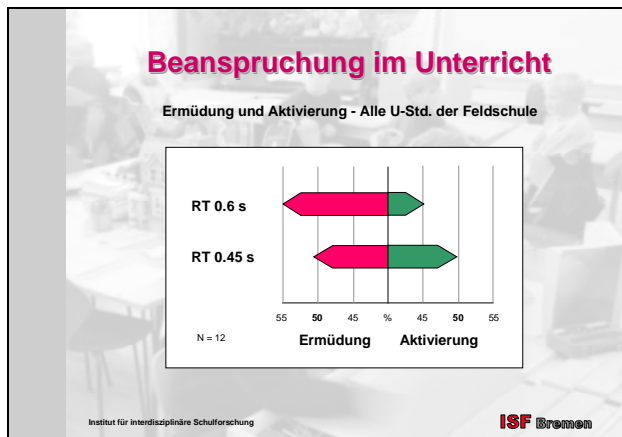
Folie 29



Aus den HF-Aufzeichnungen lassen sich zwei wesentliche Parameter berechnen, Anteile von Aktivierung und Anteile von Ermüdung.

Für die Lehrerin der Schule V (Folie 13, 19, 29) ergeben sich die nebenstehenden Verhältnisse für die Zeit vor ($RT=0,7s$) und nach ($RT=0,4s$) der Sanierung des Klassenraumes. Bei guten Arbeitsbedingungen sind die Anteile von Aktivierung und Ermüdung gleich.

Folie 30



Entsprechendes gilt für 12 Lehrer der Schule III (Folie 13), von denen eine Hälfte unter akustisch besseren (RT=0,45s) Bedingungen im OG arbeitet, die anderen im EG

Folie 31



Aus den bisher dargestellten Zusammenhängen lässt sich eine Wirkungskette schlussfolgern, die zu humaneren Arbeitsbedingungen führt.

Folie 32

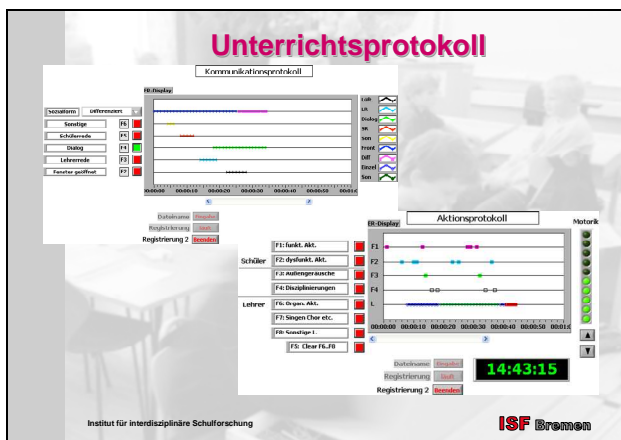


Diese Fragen sind in einem solch interdisziplinären Ansatz bisher nicht untersucht worden. Aus Einzelbeobachtungen kann aber auf weitergehende Auswirkungen geschlossen werden.

Folie 33



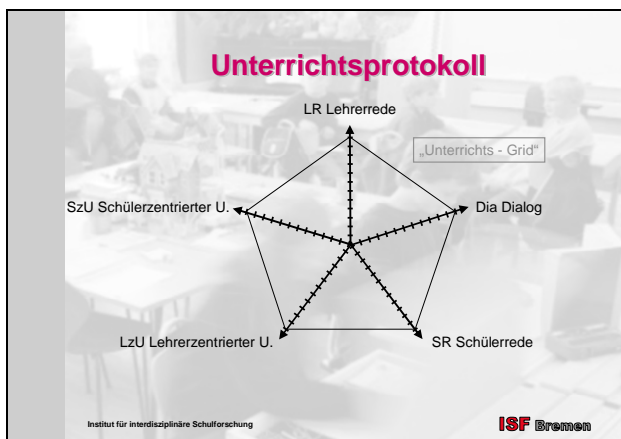
Folie 34



Folie 35

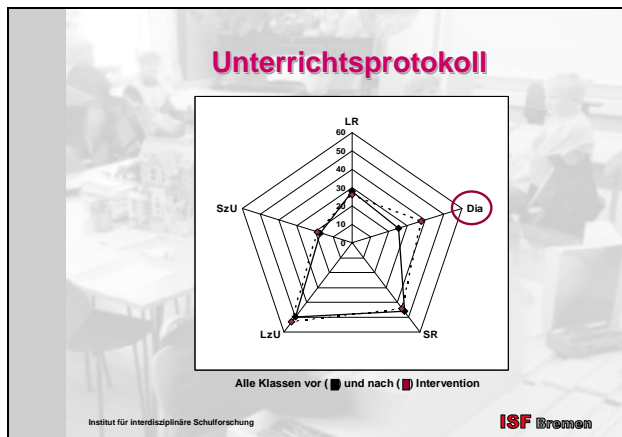
Nebenstehend die Software Oberfläche für die Unterrichtsbeobachtung, die unverzichtbarer Bestandteil der Forschungsarbeit war:

- Kommunikationsprotokoll
- Unterrichtsform
- Redeanteile
- Aktionsprotokoll
- Schüleraktivitäten
- Lehreraktivitäten



Folie 36

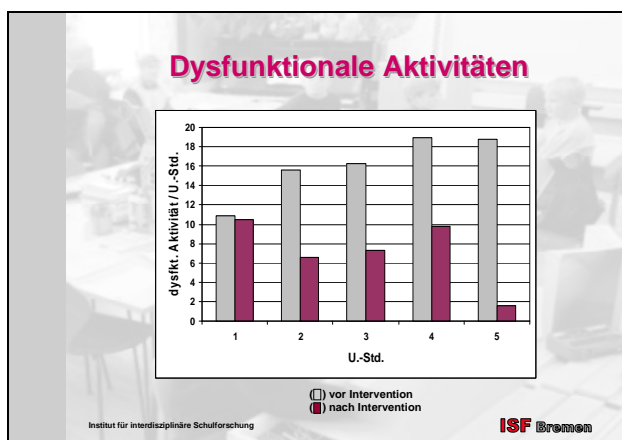
Zusammenfassende Darstellung einzelner Protokollparameter, abhängig von der Fragestellung, in % der Unterrichtszeit.



Beispiel aus dem „Ermüdungsprojekt“, d.h. vor und nach Einführung einer 2-minütigen Lüftungspause im Unterricht zur Verbesserung der Luftqualität.

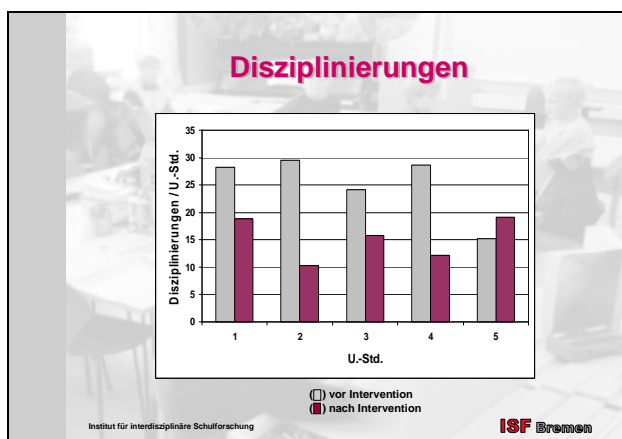
Bei nahezu gleichen Unterrichtsbedingungen verbessert sich lediglich der Dialog-Anteil. Nach Aussagen der betroffenen Lehrkräfte die Gesprächsform, die bei aufmerksamen Schülern dominiert.

Folie 37



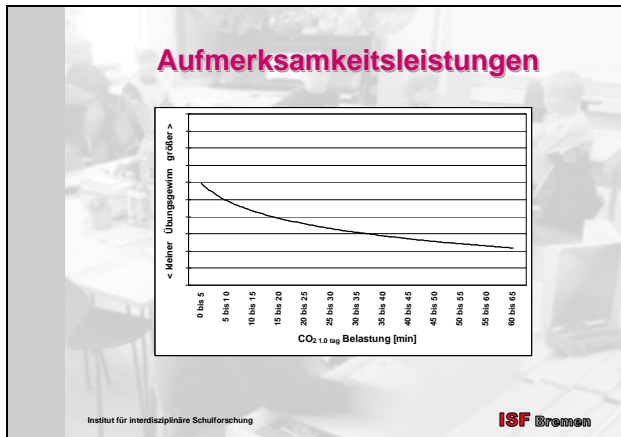
Eine deutliche Reduzierung von Störungen des Unterrichts durch Schüler durch Einführung der Lüftungspause weist ebenfalls auf eine verstärkte Aufmerksamkeit hin.

Folie 38



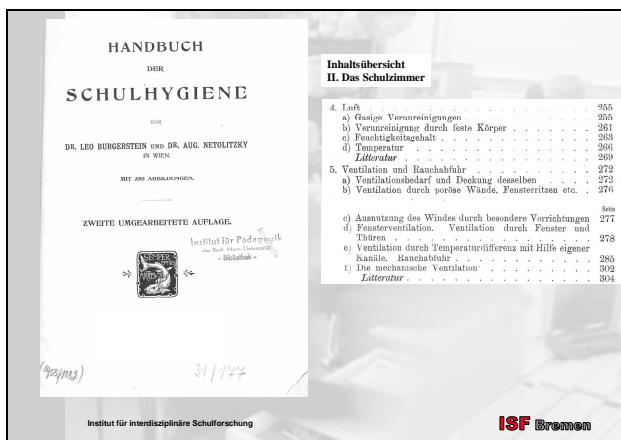
Entsprechend geringer sind auch die Disziplinierungen seitens der Lehrkräfte.

Folie 39



Folie 40

Im Rahmen des „Ermüdungsprojektes“ wurde mit allen beteiligten Schülern vor und nach dem Unterricht in der Klasse ein Aufmerksamkeitstest durchgeführt. Der Vergleich der Testergebnisse ergab in der Regel einen Übungsgewinn über den Vormittag. Dieser Gewinn fiel umso geringer aus, je größer die gesamte CO₂-Belastung über den Vormittag war, gemessen als Zeit, in der die Konzentration über 1000ppm lag.



Folie 41

Die Bedeutung der Raumluftqualität wurde bereits im „Handbuch der Schulhygiene“ von 1902 neben vielen anderen Parametern der Schulhygiene (heute: Schuleronomie) hervorgehoben. Burgerstein forderte bereits 1000ppm als Obergrenze!



Folie 42

Ein Beispiel für die Umsetzung der Erkenntnisse zum Thema „Lärm in Schulen“ ist die Astrid Lindgren Schule in Bremerhaven. Die konsequente Berücksichtigung der Raumakustik sowohl in Klassenräumen als auch in Funktionsräumen und in Verkehrsbereichen (Flure, Pausenhalle, Sanitär, etc.) und eine Erweiterung auf die gesamte Gestaltung ergab in der Summe eine Schule zum „Wohlfühlen“ (Aussage von Lehrern und Schülern) mit sehr gutem Sozialverhalten (kein Vandalismus).

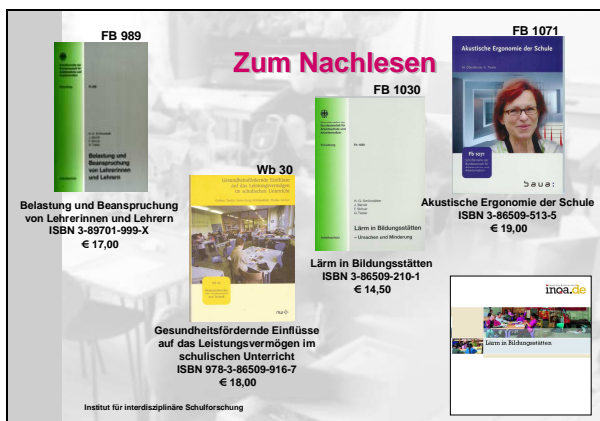


Beispiele für die Gestaltung von Fluren (li oben, Pausenhalle (re oben) und Klassenräumen (li unten). Die Rasterdecken sind akustisch der besten Absorberklasse zugeordnet und durch die sichtbare Rasterung besonders preiswert. Hier steht die Funktionalität vor Design, was von allen Beteiligten besonders geschätzt wird.

Folie 43



Folie 44



Literatur zu diesem Thema der „Schulergonomie“, in der die dargestellten Zusammenhänge und Erkenntnisse nachzulesen sind.

Folie 45