

Dicke Luft im Klassenzimmer? – Wege zur Verbesserung

Priv.-Doz. Dr. U. Heudorf
Abteilung Medizinische Dienste und Hygiene
Stadtgesundheitsamt Frankfurt/M
www.frankfurt.de

Dicke Luft im Klassenzimmer (1)

- | | |
|--|---|
| <p>Worüber wird geklagt?</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Kopfschmerzen ■ Müdigkeit ■ Konzentrationsmangel ■ Reizungen der Augen/Atemwege ■ Allergien ■ | <p>Was macht krank? (Sicht der Raumnutzer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Schadstoffe aus Bau / Einrichtung?: PCB, PCP, Asbest etc. ■ Feuchte/Schimmel ■ Feinstaub ■ ... ■ ... ■ Verbrauchte Luft (CO₂) |
|--|---|

Dicke Luft im Klassenzimmer (2)

Was ist zu tun?

- Sanierung: PCB, PCP, Asbest
- Sanierung: Feuchteschäden /Schimmel
- ...
- ...
- Bauunterhaltung
- Sachgerechte Lüftung
- Effektive Reinigung

Beispiel Baumaterialien: Polychlorierte Biphenyle PCB

- Seit 1920er Jahren synthetisiert, vielfältige Anwendung
 - Weichmacher in Kunst- und Klebstoffen,
 - Imprägnierungs- und Flammschutzmittel,
 - Isolier- und Kühlflüssigkeit
- 1960 ff: Bioakkumulation u. Ökotoxizität erkannt
- 1980 ff: Produktion / Anwendung eingeschränkt,
- 1989 PCB-Verbot
- 1994 ARGEBAU-Richtlinie: Sanierung!

Struktur der PCBs



PCB 28	2,4,4'-Trichlorobiphenyl
PCB 52	2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl
PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl
PCB 138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl

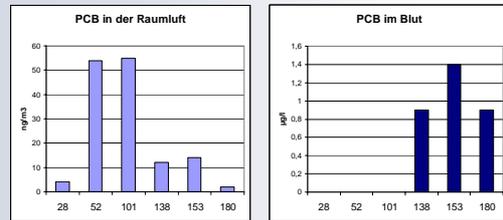
PCBs gesundheitliche Bewertung

- **Akute Toxizität** (hoher oraler Belastung Vergiftungsfälle Japan/Taiwan)
 - **Erwachsene:** Chlorakne, Hyperkeratose, Blutbild u. Lungenfunktion
 - **Kinder von in der Schwangerschaft belasteten Müttern:** Geburtsgewicht und Größe sowie Kopfumfang vermindert; dunkle Hautpigmentierung; verstärkte Augensekretion, vorzeitiges Zahnen; Infektanfälligkeit, Effekte auf die psychomotorische Entwicklung
- **Chron. Toxizität** bei Belastungen im Umweltbereich
 - **Erwachsene:** keine schlüssigen Daten; Diskussion um „endocrine disruptures“, z.B. hormonsensible Tumoren (Brustkrebs, eher nein)
 - **Neugeborene, Kleinkinder:** Untersuchungsergebnisse zur psychoneurologischen Entwicklung uneinheitlich; Abweichungen im Bereich der Norm und der Streubreiten der Messergebnisse; Hinweise, dass eher vor- als nachgeburtliche Belastung Effekt haben könnte.

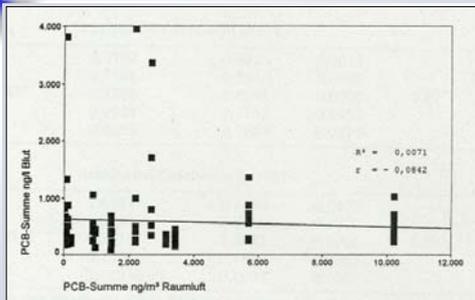
Sanierung PCB-belasteter Räume – PCB-Richtlinie

PCB in RL	Maßnahmen
> 3000 ng/m ³ (Sanierungsleitwert)	- unverzüglich Kontrollanalysen - bei Bestätigung in Abhängigkeit von der Belastung... unverzüglich Maßnahmen zur Verringerung; Zielwert < 300 ng/m ³
300-3000 ng/m ³	- Quelle aufspüren - nach Möglichkeit unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit Quelle beseitigen oder zumindest PCB-RL-Konzentration vermindern. Zielwert < 300 ng/m ³
< 300 ng/m ³	- langfristig tolerabel (Vorsorgewert)

PCB im Innenraum und innere Belastung der Raumnutzer



Polychlorierte Biphenyle in Schulen und im Blut der Schüler



Neisel et al., 1999

PCB in der Raumluft in Schulen und im Blut der Raumnutzer

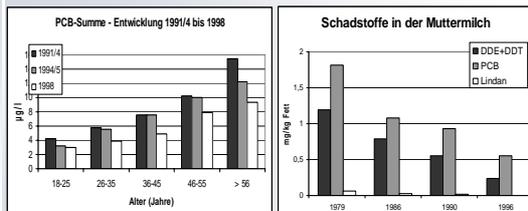
PCB (gesamt) in der Raumluft ng/m ³	Untersuchte Personen	Mittl. rel. Anteil der Summe von PCB 28, 52, 101 an der Gesamtsumme	Abgeschätzte mittl. rel. Zunahme von PCB im Blut pro 1000 ng/m ³ Luft	Quelle
50-10.000 MW ca. 2100	Schüler/innen Lehrer/innen	k.A.	3%	Liebl et al., 2002
3000-10.700 MW: 7490	Lehrer/innen	7%	1%	Gabrio et al., 2000
70-10.000 MW: 3450	Lehrer/innen	7%	2%	Gabrio et al., 2000
Ca. 5000-12.500 Median: ca 8000	Lehrer/innen	13%	2,5%	Schwenk et al., 2002
Ca. 700-20.000 Median ca. 1450	Schüler/innen	5%	3%	Neisel et al., 1999

PCB-Richtlinie - Grundannahmen

	„Worst-Case“-Annahmen für PCB-Richtlinie	Realistischere Annahmen	Unterschied (Faktor)
ADI/TDI-Wert	1 µg/kg KG, Tag		
Annahme: Kind 30 kg KG	30 µg/Tag „duldbar“		
Annahmen: (Kind) Luftaufnahme/Tag	10 m ³	10 m ³	1
Resorption	100%	30%	ca. 3
Aufenthalt in Schule:			
- Stunden/Tag	24	6	4
- Tage/Woche	7	5	1,5
- Wochen/Jahr	52	40	1,3
Errechnete Aufnahme			
3000 ng/m ³	1 µg/kg, Tag	0,05 µg/kgKG, Tag	(20)
300 ng/m ³	0,1 µg/kg, Tag	0,005µg/kgKG, Tag	(20)

Stellungnahme der HBM-Kommission 2003 - Zusatzbelastung PCB (I)

- Die überwiegend nahrungsbedingte PCB-Belastung in der Bevölkerung ist deutlich rückläufig.



Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes.
Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz (2003) 46: 923-927

Stellungnahme der HBM-Kommission 2003 - Zusatzbelastung PCB (II)

- Die durch PCB-haltige Innenraumluft bedingte korporale Zusatzbelastung (ist) im Vergleich zur überwiegend nahrungsbedingten Hintergrundbelastung gering.
- Angesichts der großen Variabilität der nahrungsbedingten Belastung ist aus diesem geringen Inkrement kein nennenswertes Gesundheitsrisiko abzuleiten.
- „Im Zuge einer Revision der PCB-Richtlinie sollten auch Human-Biomonitoring-Untersuchungen als Entscheidungskriterium in Erwägung gezogen werden, damit Entscheidungen über Sanierungsmaßnahmen angemessen getroffen werden können“.

Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz (2003) 46: 923-927

Dicke Luft im Klassenzimmer

Was macht krank? (Sicht der Raumnutzer)

- Schadstoffe aus Bau / Einrichtung?: PCB, PCP, Asbest etc.
- Feuchte/Schimmel**
- Feinstaub
- ...
- ...
- Verbrauchte Luft (CO₂)

Macht Feuchte / Schimmel krank?

Atemwegssymptome bei Kindern (7J, n= 873) - zu Hause Häufigkeit (%)	Giemen	Bronchitis	Nächtl. Husten	Tags. Husten
Feuchtigkeit				
keine	10.6	15.3	10.7	14.7
in der Wohnung	20.9**	25.6*	11.1	18.5
im Kinderzimmer	24.6**	37.3**	31.1**	25.9*
Schimmel				
keine	10.5	15.6	11.7	15.3
in der Wohnung	23.4*	32.6**	12.8	17.0
im Kinderzimmer	38.1**	43.6**	21.4	26.3

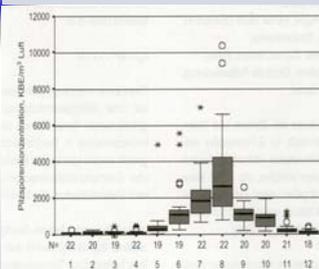
Strachan, BMJ (1988) 297: 1223-1227

Macht „Feuchte Schule“ krank?

Angaben in Prozent N= 622 Kinder 7-13 J	Kontrollschule	Feuchtigkeitschule
alle Kinder		
Asthma	5,3	4,6
Giemen	6,0	16,0**
Lange Husten	9,0	21,0
Untergruppe Atopische Kinder		
Allergische Rhinitis	49,0	28,0
Allerg. Konjunktivitis	26,0	18,0
Atop. Ekzem	50,0	33,0

Taskinen et al., Acta paediatr Scand (1999) 88: 1373-8

Sind Schimmelmessungen sinnvoll?



- Jahresgang der Schimmelbelastung in der Außenluft
- methodische Probleme der Sammlung / Anzucht / Bestimmung und damit der Vergleichbarkeit
- Kein „Grenzwert“

Was tun bei Feuchte und/oder Schimmel in der Schule?

- Bei Feuchte: Ursache suchen und beseitigen – **auch schon bevor es zu Schimmelpilzwachstum gekommen ist!!**
- Mögl. Ursachen:
 - Bauliche, fehlerhafte Dämmung, Wasserschaden etc.etc.
 - Mangelhafte Lüftung
- Wenn Schimmel sichtbar ist das Problem sichtbar; Messungen sind nicht erforderlich

Dicke Luft im Klassenzimmer

Was macht krank? (Sicht der Raumnutzer)

- Schadstoffe aus Bau / Einrichtung?: PCB, PCP, Asbest etc.
- Feuchte/Schimmel
- **Feinstaub**
- ...
- ...
- Verbrauchte Luft (CO₂)

Feinstaub in der Außenluft Gesundheitliche Effekte epidemiologische Studien (WHO, 1996)

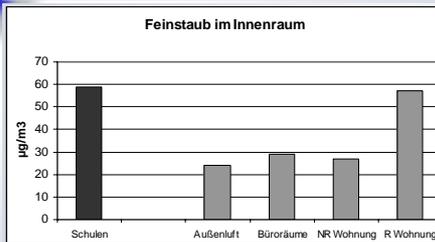
Kurzzeiteffekte (Anstieg um 10 µg PM 10 / m³)

- Anstieg der Sterblichkeit um 0,7 %
- Anstieg der Krankenhauseinweisungen wg. Atemwegs- und/oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen um 0,8 %
- Erhöhung des Medikamentenverbrauchs bei Asthmatikern um 3,4 %.

Langzeiteffekte (Anstieg um 10 µg PM 10 / m³)

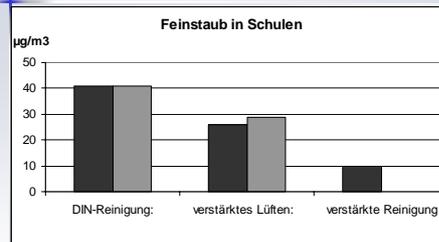
- Anstieg der Sterblichkeit insgesamt um 6 %
- Anstieg der Sterblichkeit an Herz-Kreislauf-Erkrankungen um 9 %
- Anstieg der Sterblichkeit an Lungenkrebs um 14 %.

Feinstaubbelastung Schulen in Berlin (LAGetSi-Studie; Lahrz, Piloty, 2005)



Messungen: September 2002 bis Februar 2003 (also in der Jahreszeit mit erwartungsgemäß hohen Außenluftbelastungen) in 40 Schulen (je ein Klassenraum) und 5 Turnhallen im Berliner Stadtgebiet.

Weiterführende Schwerpunkt-Studie Feinstaubbelastung in 2 Schulen in Berlin Lahrz et al.,



Messungen Oktober 2003 bis Februar 2004 in 2 Schulen:

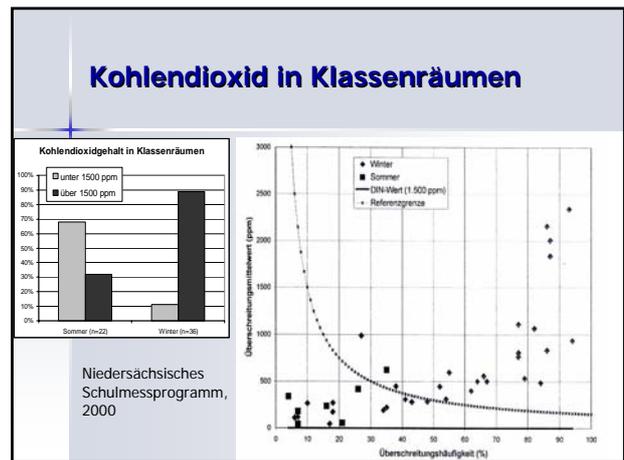
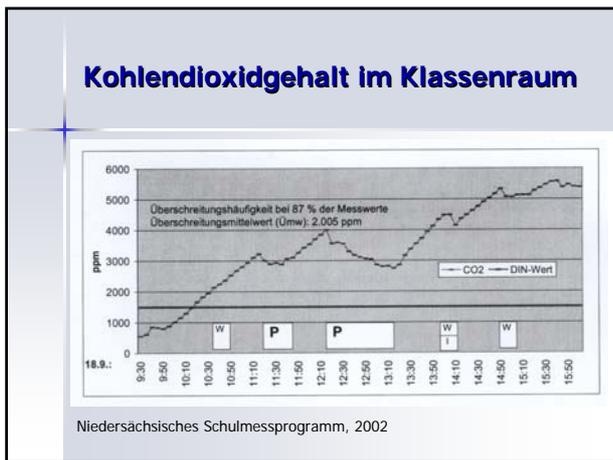
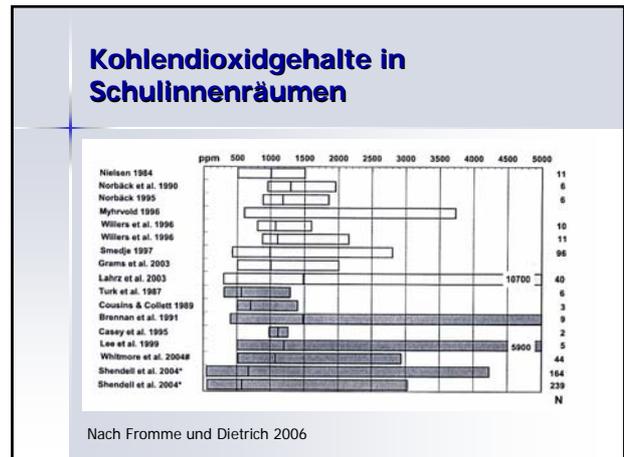
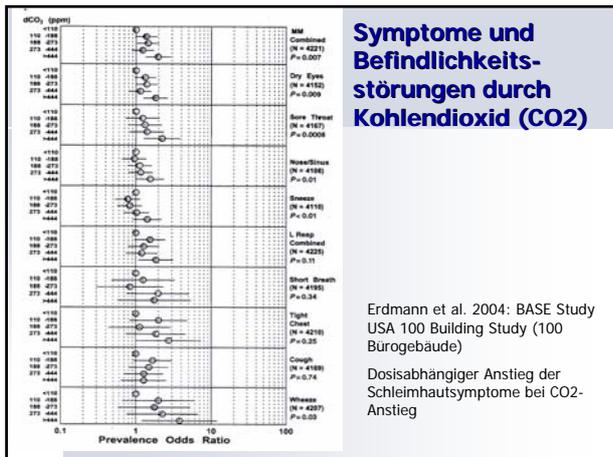
Dicke Luft im Klassenzimmer

Was macht krank? (Sicht der Raumnutzer)

- Schadstoffe aus Bau / Einrichtung?: PCB, PCP, Asbest etc.
- Feuchte/Schimmel
- Feinstaub
- ...
- ...
- **Verbrauchte Luft (CO₂)**

Kohlendioxid (CO₂)

- > 30.000-40.000 ppm: Kopfschmerzen, Schwindel, Ohrensausen, Herzklopfen
- 1000-2000 ppm durch pH-Wert-Verschiebung im Blut, Sauerstofftransport verringert: Kopfschmerzen, Benommenheit, Verminderung des Leistungsvermögens, Befindlichkeitsstörungen (analog Sick-Building Syndrom SBS)
- **1000 ppm Pettenkoferzahl** „lufthygienisch akzeptabler Bereich“ „der Kohlensäuregehalt alleine macht die Luftverderb nicht aus, wir benutzen ihn bloß als Maßstab, wonach wir auch noch auf den größeren oder geringeren Gehalt an anderen Stoffen schließen, welche zur Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure sich proportional verhält“ Pettenkofer 1858



Dicke Luft im Klassenzimmer

Was macht krank? (Sicht der Raumnutzer)

- Schadstoffe aus Bau / Einrichtung?: PCB, PCP, Asbest etc.
- Feuchte/Schimmel
- **Feinstaub**
- ...
- ...
- **Verbrauchte Luft (CO₂)**

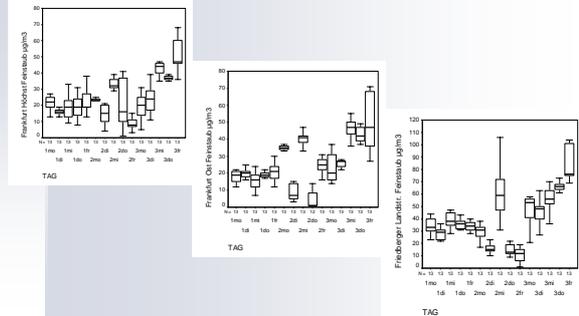
Untersuchungsprogramm Frankfurt Feinstaub und CO₂ in Schulen

- **Orte:**
 - Innenstadtsschule
 - 2 Klassenräume incl. 2 Außenluftmessungen
 - Außenbereichsschule
 - 2 Klassenräume incl. 1 Außenluftmessung
- **Programm:**
 - 1 Woche „Normalsituation“
 - 1 Woche verstärkte Reinigung
 - 1 Woche verstärkte Reinigung und verstärkte Lüftung

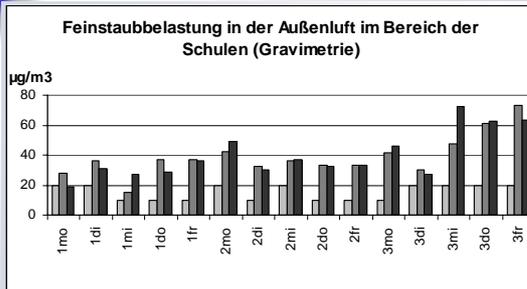
Klassenzimmer normal – nach Reinigung



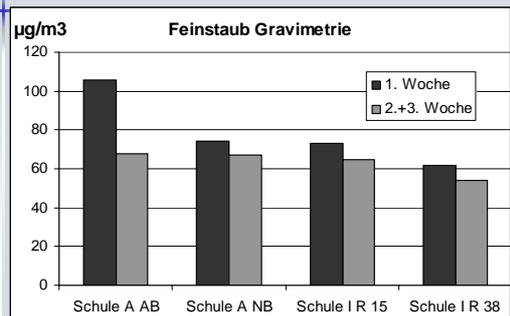
Außenluft-Messungen der HLU



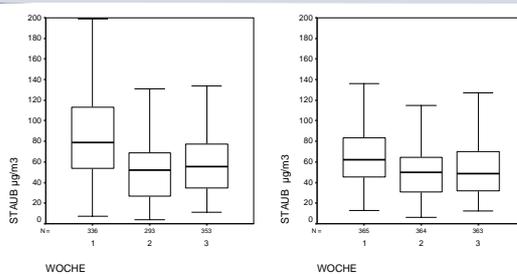
Außenluftmessungen an den Schulen - Gravimetrie



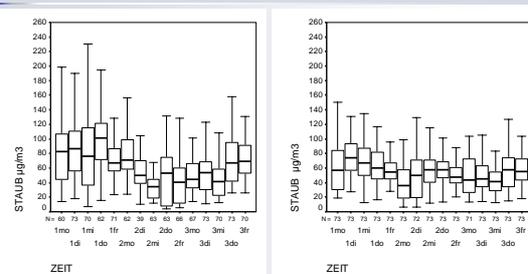
Innenraum - Feinstaub – Gravimetrie normale – vs. verstärkte Reinigung



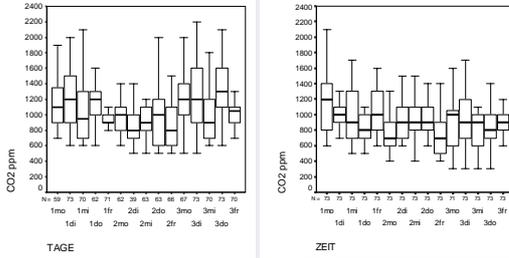
Innenraum – Feinstaub – Laser Innenstadtschule R 15 R 38



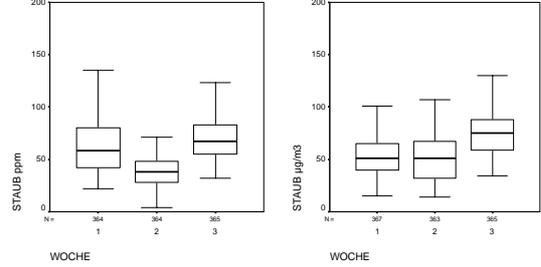
Innenraum – Feinstaub – Laser Innenstadtschule R 15 R 38



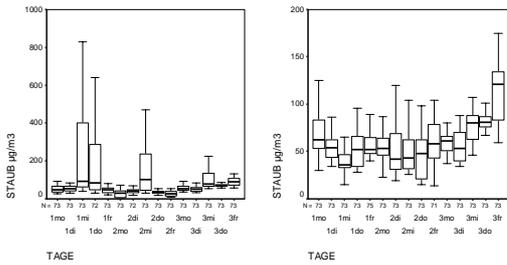
**Innenraum – Kohlendioxid
Innenstadtschule
R 15 R 38**



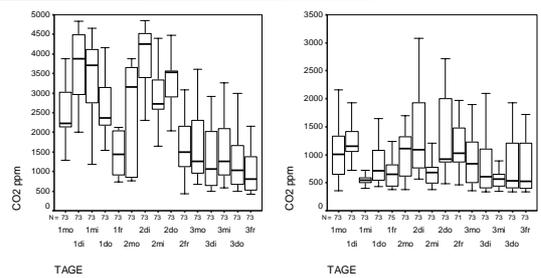
**Innenraum – Feinstaub – Laser
Außenbereichsschule
Altbau Neubau**



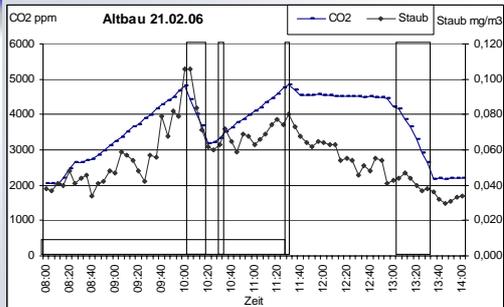
**Innenraum – Feinstaub – Laser
Außenbereichsschule
Altbau Neubau**



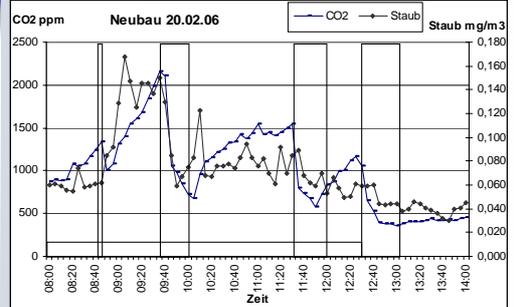
**Innenraum – Kohlendioxid
Außenbereichsschule
Altbau Neubau**



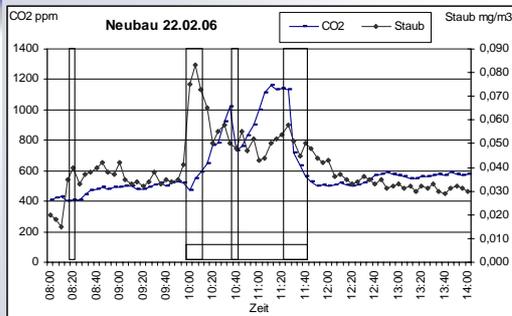
Innenraum – Außenbereichsschule



Innenraum – Außenbereichsschule



Innenraum – Außenbereichsschule



Ergebnisse

1. Die Feinstaubbelastung in Klassenräumen ist hoch.
2. Die Kohlendioxidbelastung in Klassenräumen liegt deutlich über den lufthygienischen Standards.
3. Durch verstärkte Reinigung kann die Feinstaubbelastung in Klassenräumen verbessert werden.
4. Durch verbesserte Lüftung kann die Feinstaubkonzentration im Klassenraum gut gesenkt werden.
5. Lüftung vermindert die Kohlendioxidbelastung in Klassenräumen rasch und effektiv.

und Schlußfolgerungen der Stadt Frankfurt

- Verbesserung der Schulreinigung
 - Ab November 2006: in Wintermonaten wieder tägliche Feuchtreinigung der Klassenräume (1,5 Millionen €) in den Sommermonaten Erhöhung der Reinigungsfrequenz von 2/Woche auf 3/Woche
- Verbesserung der Lüftung
 - Information der Schulen, Flyer zum richtigen Lüften

Medienmeldungen

Frankfurter Rundschau 27.05.06

Luft wie im Raucherzimmer

Gesundheitsamt schlägt Alarm: Feinstaubwerte in Schulklassen sind viel zu hoch / Stadt muss häufiger reinigen

Einmal war es Achsel in den Wänden, dann PCB in den Fensterrahmen. Nun sorgen Feinstaub-Messungen der Raumluft für Alarmberechtigung an den Schulen. In Klassen wurden Werte ermittelt, die denen von Raucherhäusern entsprechen. Die Bildungsdezernat bereitet einen Aktionsplan vor.

FRANKFURT: In den Frankfurter Schulklassen schweben mehr Feinstaub-Partikel durch die Luft als an hochbelasteten Straßen. Dieses alarmierende Resultat ergaben Messungen an zwei Grundschulen, die TÜV-Experten im Auftrag des Stadtschulamts im Frühjahr über einen Zeitraum von drei Wochen vorantrieben. Die Werte lagen im Schnitt bei 43 Mikrogramm Feinstaub pro Kubikmeter Raumluft. Zum Vergleich: Nach der EU-Schulrichtlinie können für vierwöchige 20 Tage an den Straßen mehr als 50 Mikrogramm gemessen werden. Nach Erkenntnissen des Gesundheitsamts, das die Messungen auswertete, ist der Feinstaub in Innenräumen mit dem in der Außenluft vergleichbar. Die Werte seien als repräsentativ für alle Frankfurter Schulen einschätzbar. Feinstaub sei „als zentraler Umweltfaktor bei der Bewertung der



Mehr Feinstaub als auf der Friedberger Landstraße: In Frankfurter Klassenzimmern herrscht schlechte Luft.



BILD Frankfurt 27.05.06

Frankfurt will Feinstaub wegputzen

Stadt beschließt Sofortprogramm für Schulen / Regelmäßige Reinigung und Lüftungsdienste in den Klassenzimmern

Die Stadt reagiert auf die hohen Feinstaubwerte in Klassenzimmern. In den 160 Frankfurter Schulen wird ein zusätzliche Reinigungsprogramm geben. Das Maßnahmepaket kostet 1,5 Millionen Euro.

FRANKFURT: Schon nach dem Sommerferien ändert das Schulamt den Rhythmus der Schulhaus-Reinigung. Die Klassenzimmer in den Frankfurter Schulen werden dann nicht mehr zweimal, sondern dreimal pro Woche feucht gewischt. Für die Wintermonate von November bis März soll die neue Regelung sogar tägliches Putzen von. Das ist der wichtigste Punkt des Sofortprogramms, auf das sich Oberbürgermeisterin Petra Roth (CDU) und Schuldezernentin Jutta Ebeling (Grüne) im Rahmen der Schulhaushaltsprüfung geeinigt haben. Frankfurt ist damit die erste bundesdeutsche Stadt, die direkte Konsequenzen aus den hohen Feinstaub-Belastungen der Schulen zieht, sagte Stadträtin Ebeling am Mittwoch. Berlin, wo ebenfalls hohe Werte gemessen wurden seien, habe bis heute keine Konsequenzen daraus gezogen. In Hamburg seien die Schulen über eigene Messungen lediglich aufgefordert worden, Maßnahmen zu ergreifen. „Aber Luft in den Klassenzimmern ist eine wesentliche Voraussetzung, damit unsere Schüler konzentriert und engagiert lernen können.“



Putzdienste wie in der Offenbacher Schillerschule werden in Frankfurt nicht eingeführt. Die Stadt schickt Reinigungsfirmen.

Frankfurter Rundschau 01.06.06

Dicke Luft im Klassenzimmer – Wege zur Verbesserung

- **Lüftung:**
 - Entfernt von den Raumnutzern abgegebene Stoffe (CO₂ und Geruchsstoffe) sowie alle leichtflüchtigen Stoffe (VOCs, niederchlorierte PCBs, Feinstaub ...) – „auch die, die wir erst morgen kennen und messen können“
- **Reinigung:**
 - Entfernt sedimentierten (Fein)-Staub und staubgebundene schwerflüchtige Stoffe (höherchlorierte PCBs, PAK ...) Schimmelpilzsporen, Allergene, Sedimentierten Feinstaub
- **Bauunterhaltung:**
 - Verhütet Feuchteschäden, und damit Schimmel ...
- **(Sanierung best. Schadstoff-Vorkommen**
 - sehr spezifische Schadstoffminimierung; gesundheitlicher Effekt ???)