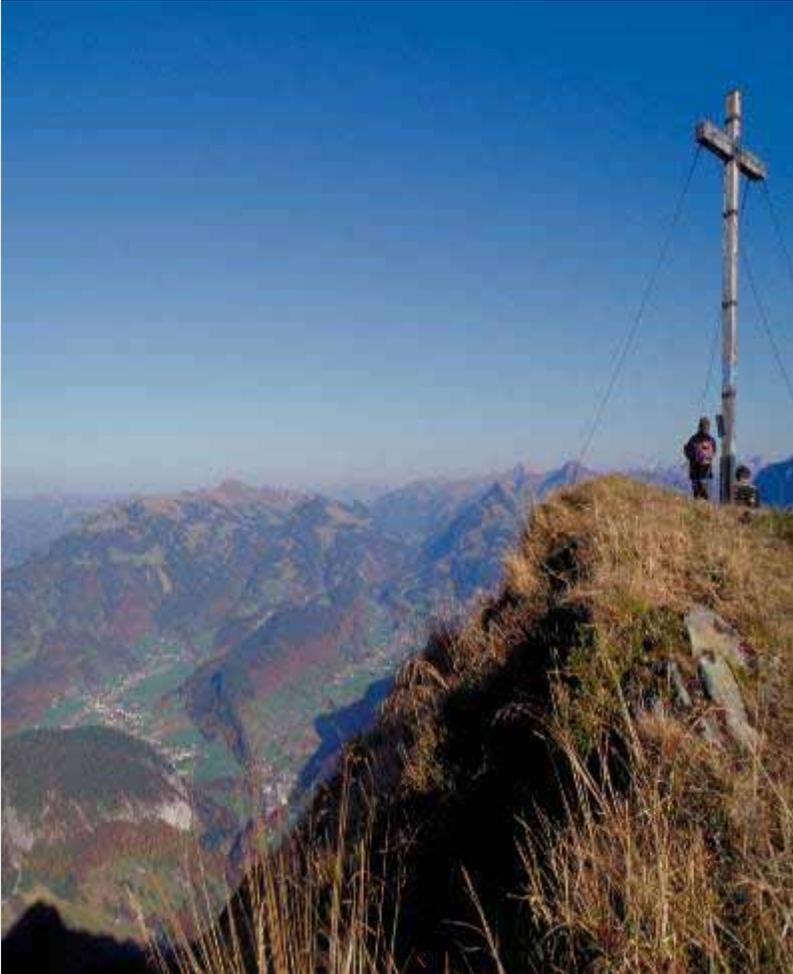


# Idee / Herleitung / Randbedingungen

Luftqualität und Innenraumhygiene

## Luftqualität und Innenraumhygiene

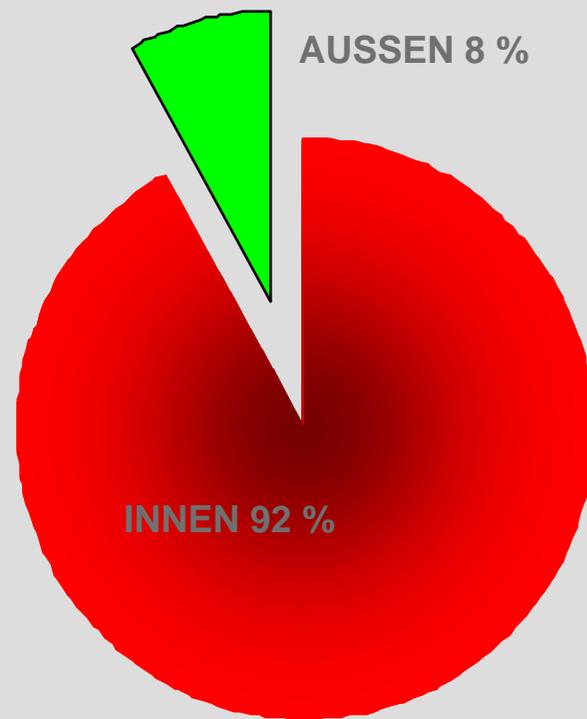
1.2.1



Quelle: H. Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg; BMLFUW

## Durchschnittliche Aufenthaltszeit der Europäer

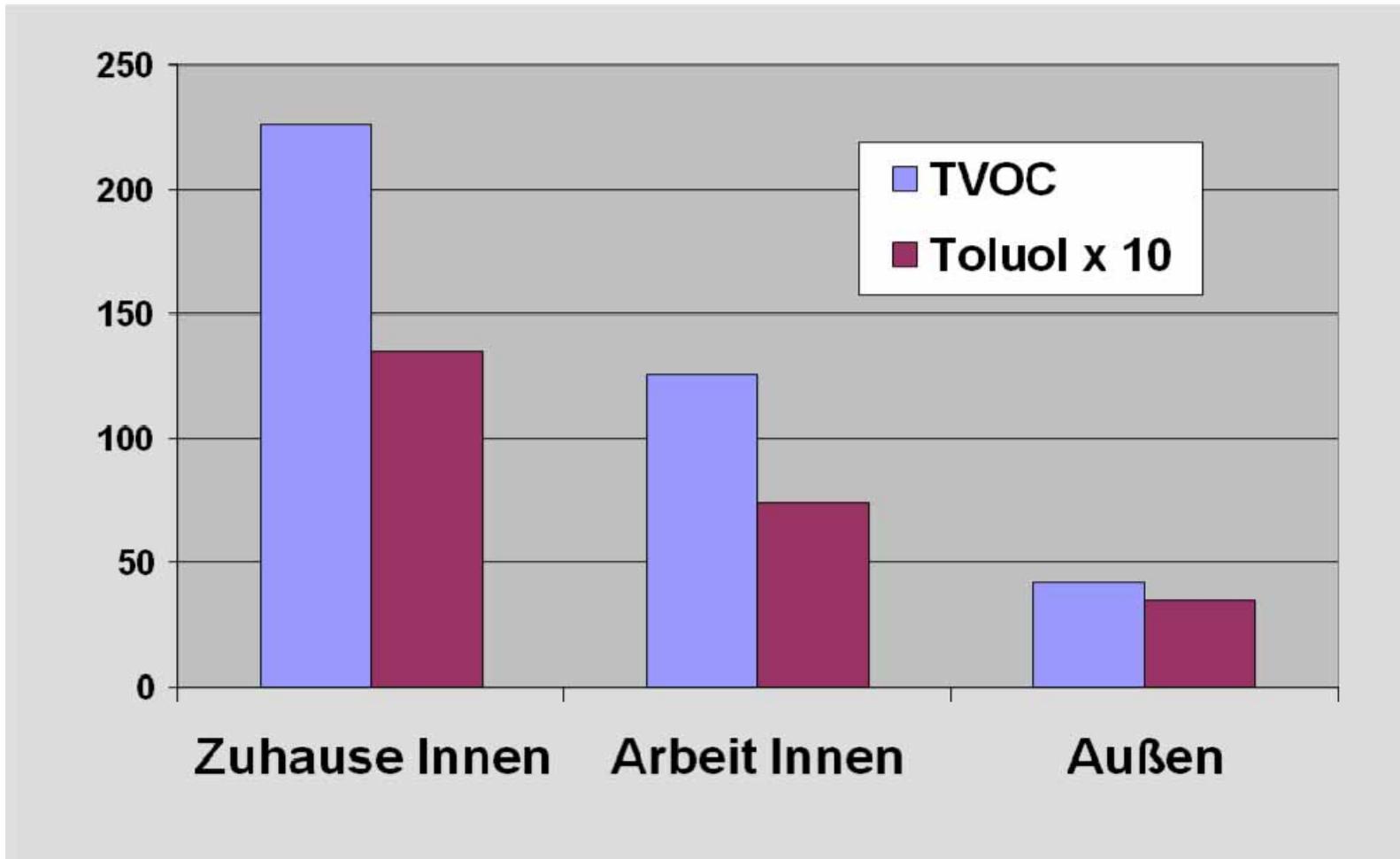
1.2.2



Quelle: Jantunen et al. EXPOLIS STUDY

## Schadstoffkonzentration – Innen/Außen

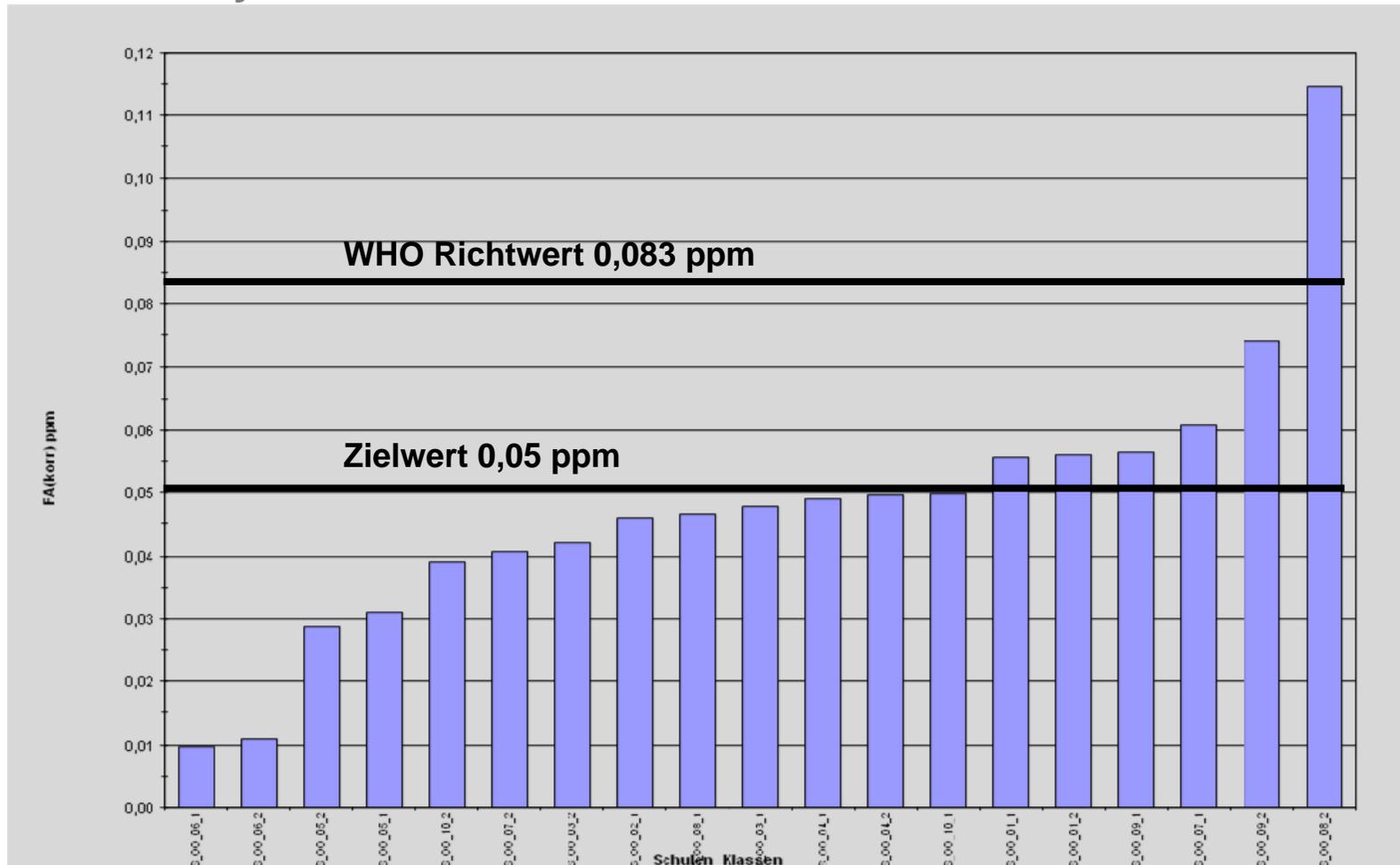
1.2.3



Autor: Jantunen et al. EXPOLIS STUDY

## Formaldehyd in oberösterreichischen Schulen

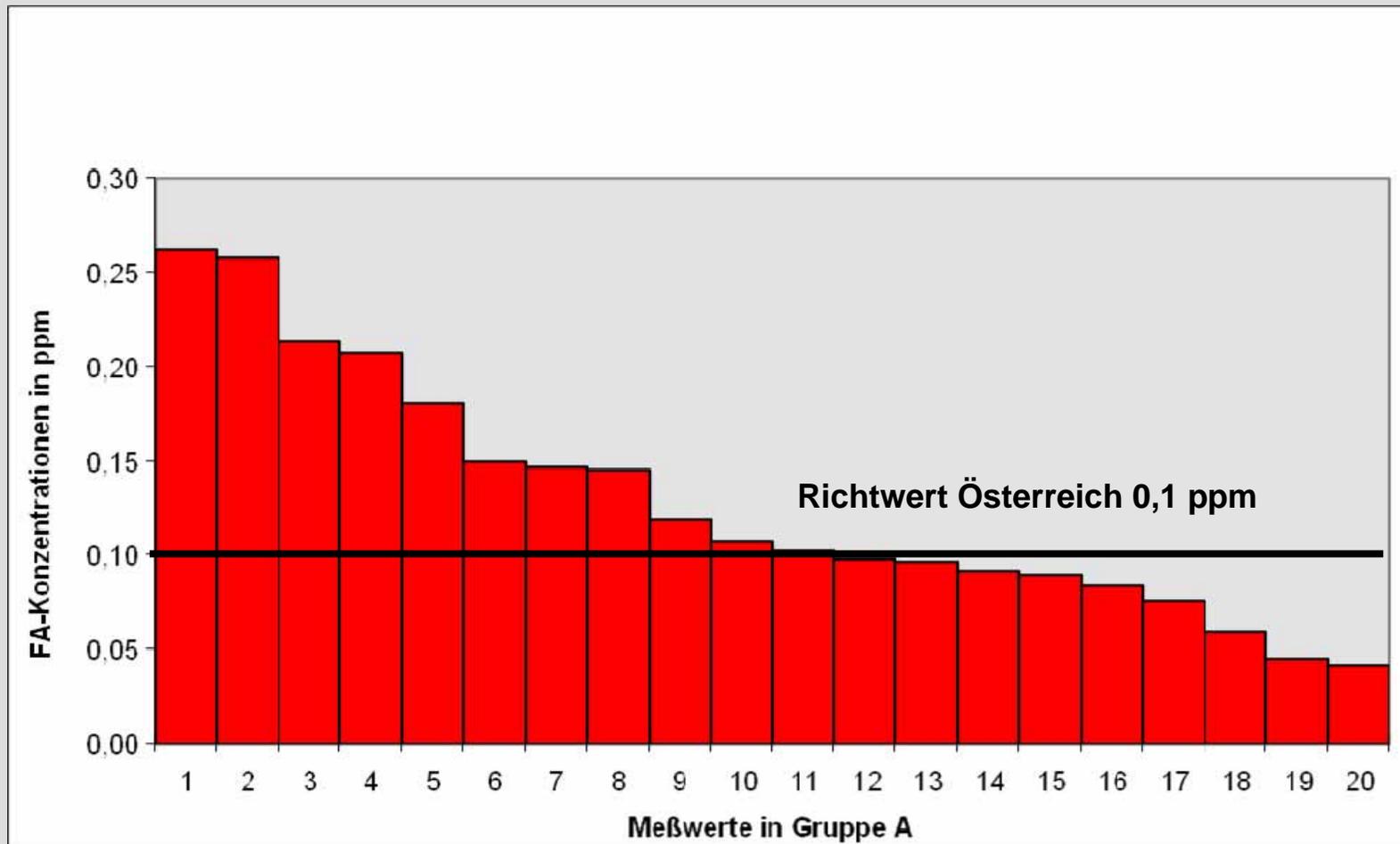
1.2.4



Quelle: Brandl, Tappler, Twardik, Damberger 2001

## Formaldehyd in Fertigteilhäusern – Objekte vor 1985

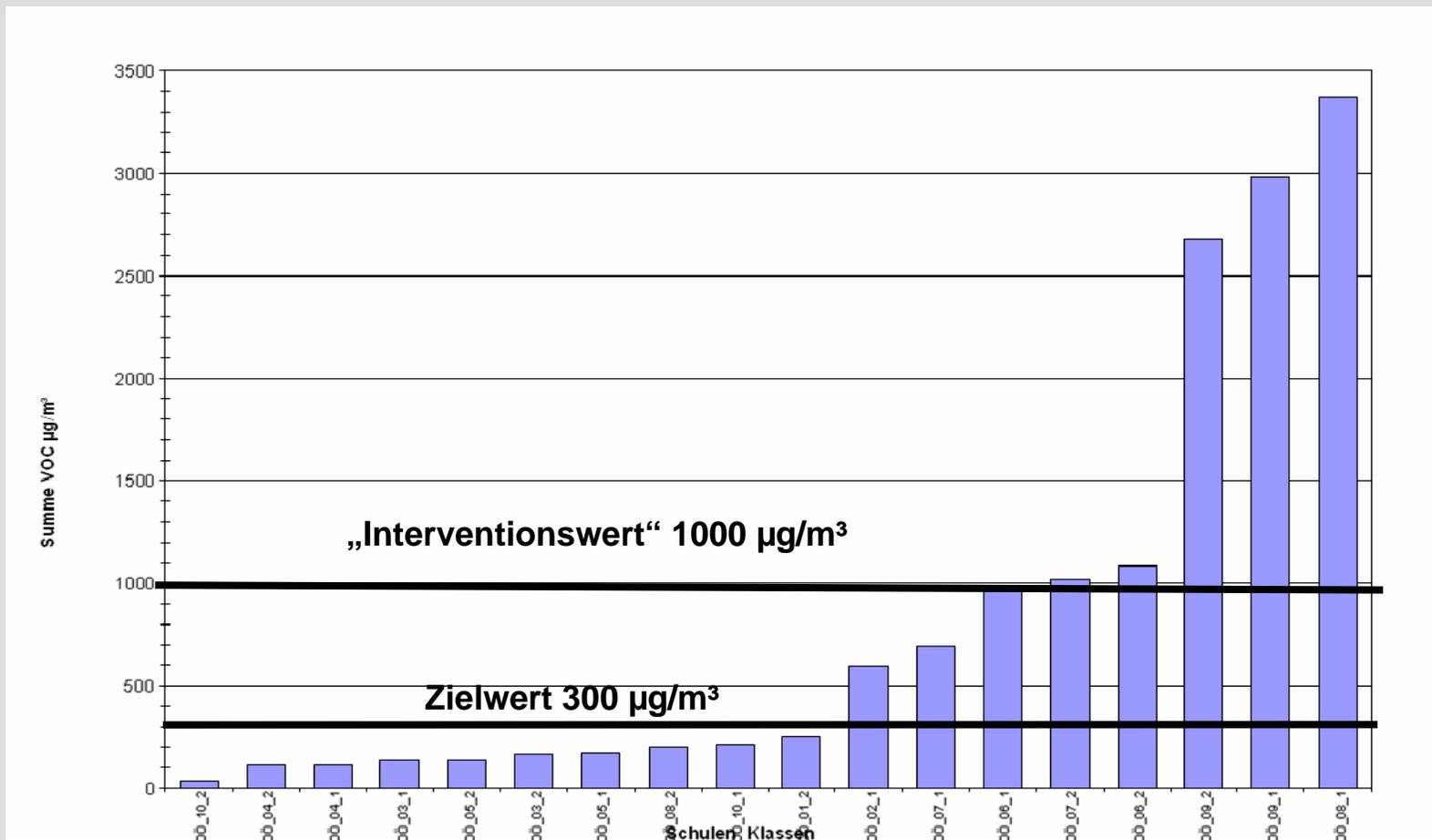
1.2.5



Quelle: Tappler et al.: Formaldehyd und Luftwechsel in Österreichischen Fertigteilhäusern, 1995

## VOC / FOV in oberösterreichischen Schulen

1.2.6



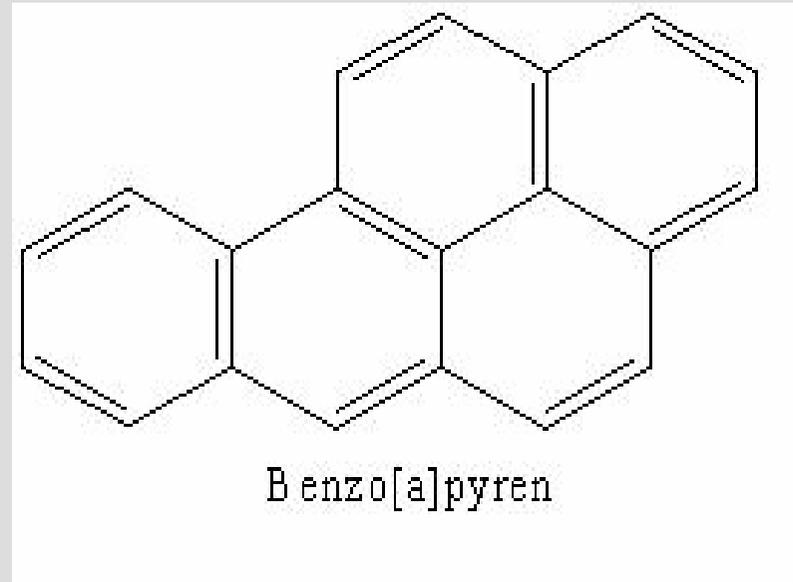
Quelle: Brandl, Tappler, Twardik, Damberger 2001

## Gesundheitsrisiken durch Chemikalien

1.2.7

### Allgemeines

- 10 Millionen chemische Verbindungen bekannt
- 65.000 Chemikalien im Handel
- jährlich etwa 1.000 neue chemische Verbindungen
- ca 1.300 Verbindungen gut untersucht
- Wechselwirkungen wenig erforscht, indirekte Einflüsse



Quelle: Innenraum Mess- und Beratungsservice, Damberger, Tappler & Twardik OEG

## Einflussfaktoren auf die Luftqualität und Innenraumqualität

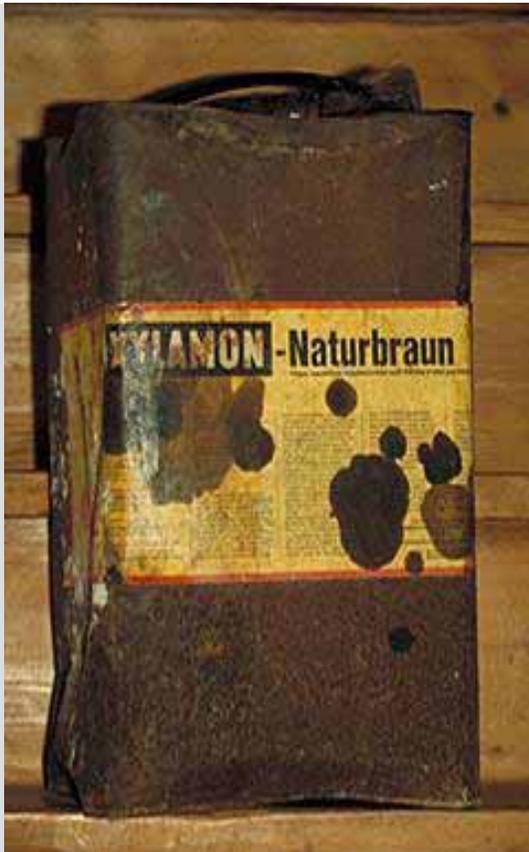
1.2.8

- Tabakrauch
- Flüchtige Organische Verbindungen (FOV bzw. engl. lit. VOC)
- Formaldehyd
- Biozide (Holzschutzmittelwirkstoffe)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB)
- Radon
- Faserstoffe (Asbest, künstliche Mineralfasern)
- biogene Luftverunreinigungen (Pilzsporen, Allergene)
- CO<sub>2</sub>-Gehalt
- Luftfeuchte (als Ursache von Feuchte- und Schimmelschäden)

Quelle: P. Tappler: Gesunde Raumlufte: Schadstoffe in Innenräumen – Auftreten, Erkennen, Vorsorge

## Altlasten der 60er und 80er Jahre

1.2.9



Pentachlorphenol (PCP)  
aus Holzschutzmitteln

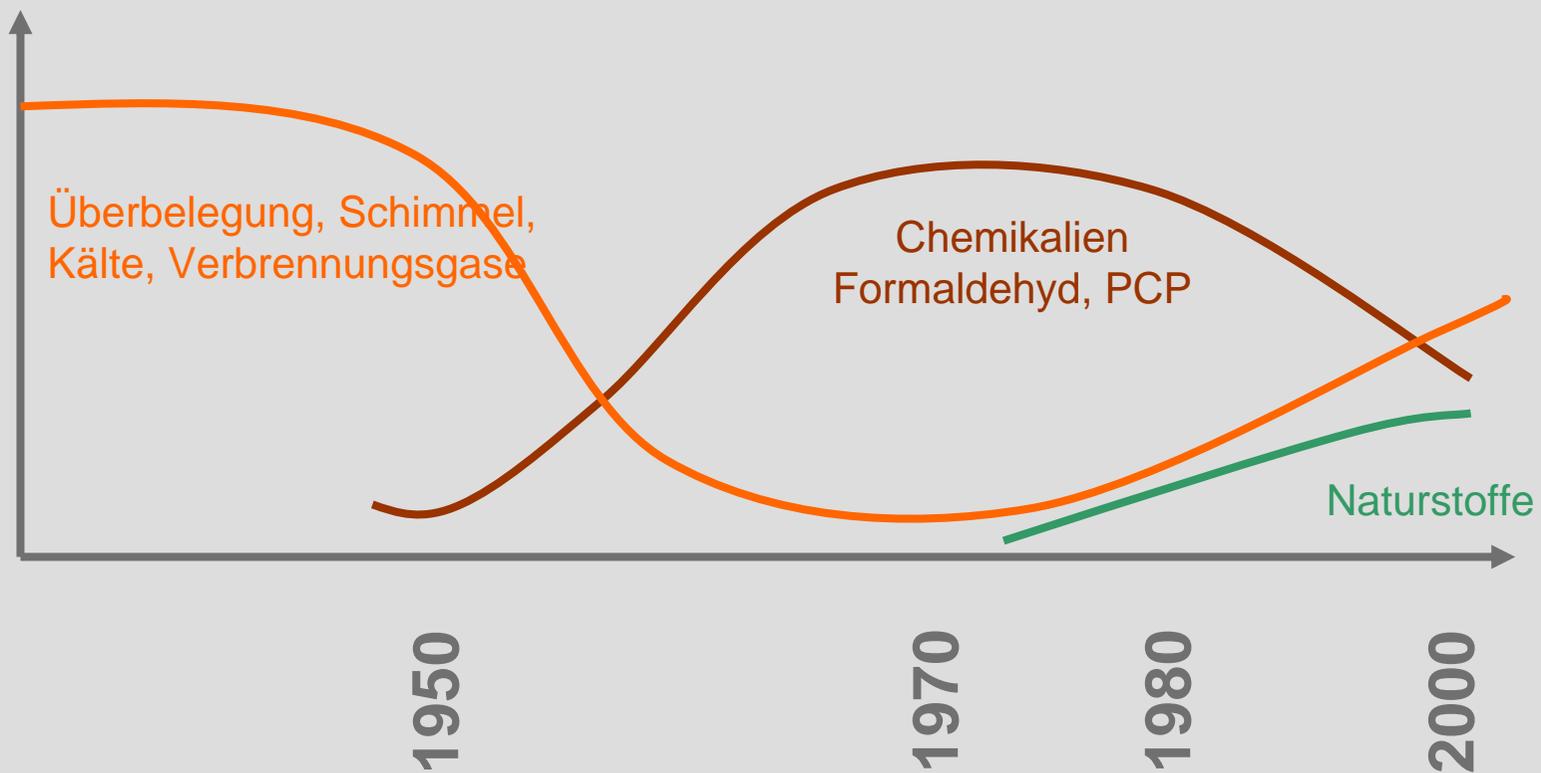


Formaldehyd  
aus Spanplatten

Quelle: P. Tappler: Gesunde Raumluf: Schadstoffe in Innenräumen – Auftreten, Erkennen, Vorsorge

## Innenraum Schadstoffemission

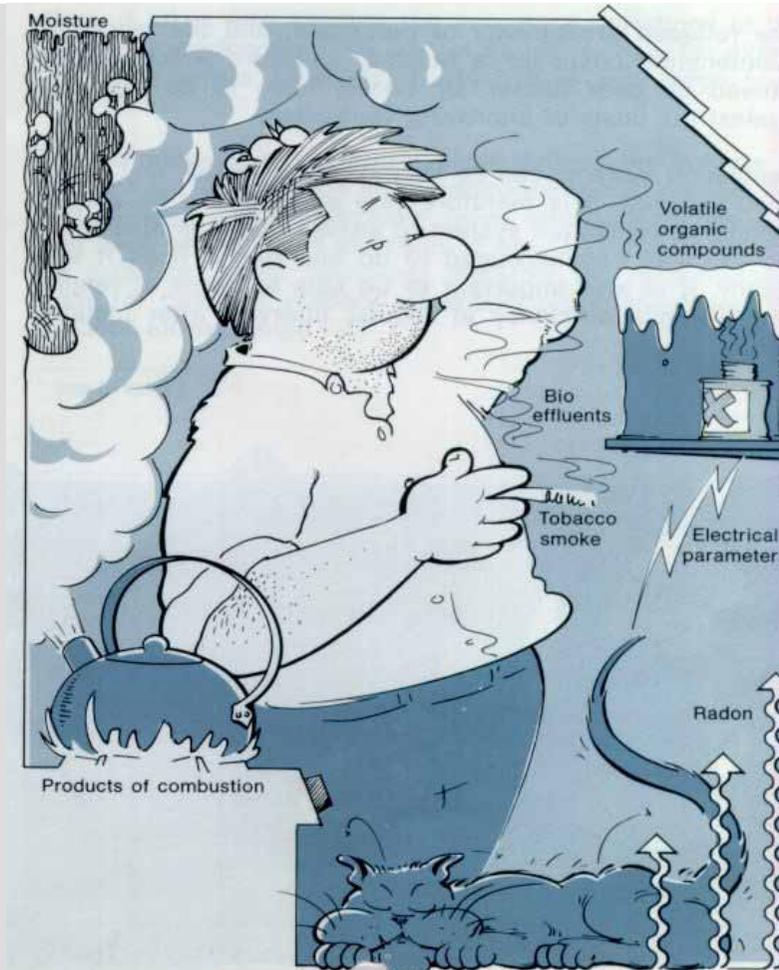
1.2.10



Quelle: Innenraum Mess- und Beratungsservice, Damberger, Tappler & Twardik OEG

## Schadstoffe und Beschwerden

1.2.11



### Zahlreiche Quellen an Schadstoffen

Meist unspezifische Beschwerden wie Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen, Schlafstörungen

Psychische Faktoren

Quelle: Innenraum Mess- und Beratungsservice, Damberger, Tappler & Twrdik OEG

## Schadstoffquellen und -wirkungen

1.2.12

Substanz	Wirkung auf den Menschen	Quellen
Allergene	Kontaktekzem, Neurodermitis, allergisches Asthma, Heuschnupfen, Bindehautentzündung	Hausstaub, Schimmelpilzsporen, Tierepithelien, Baumaterialien, Einrichtungsgegenstände, Pflanzen, Latex
Flüchtige Kohlenwasserstoffe	Geruchsbelästigung, Reizung des Atmungsstraktes, Beeinträchtigung des Nervensystems, Befindlichkeitsstörungen	Lösungsmittel, Farben, Lacke, Kleber, Ausgleichsmassen, Gewerbebetriebe
Schimmelpilzsporen und -toxine, Bakterien	Allergien, Reizungen, Infektionen, Giftwirkung durch Mykotoxine, Geruchsbelästigung	Schimmelbildung an Bauteilen, in Klimaanlage und Luftbefeuchtern

Quelle: IBO, Wien

## Grenzwerte/Richtwerte – derzeitige Situation in Österreich

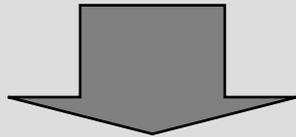
1.2.13

- Gesetzliche Regelungen oder Richtlinien für die Innenraumluft fehlen
- Uneinheitliches Vorgehen von Sachverständigen
- Definition nicht vorhanden:
- „gefährliche Gase“ laut EU-Bauproduktenrichtlinie, Anforderung Hygiene Bauordnungen der Länder  
„ausreichend gute Luftqualität“ laut Arbeitsstättenverordnung
- Grundlagen für Emissionskennzahlen für Produkte fehlen (ÖNORM prEN 13419)

Quelle: Innenraum Mess- und Beratungsservice, Damberger, Tappler & Twardik OEG

## Grenzwerte/Richtwerte – Arbeitskreis „Innenraumluft“ am BMLFUW 1.2.14

### Richtlinien für die Qualität der Innenraumluft

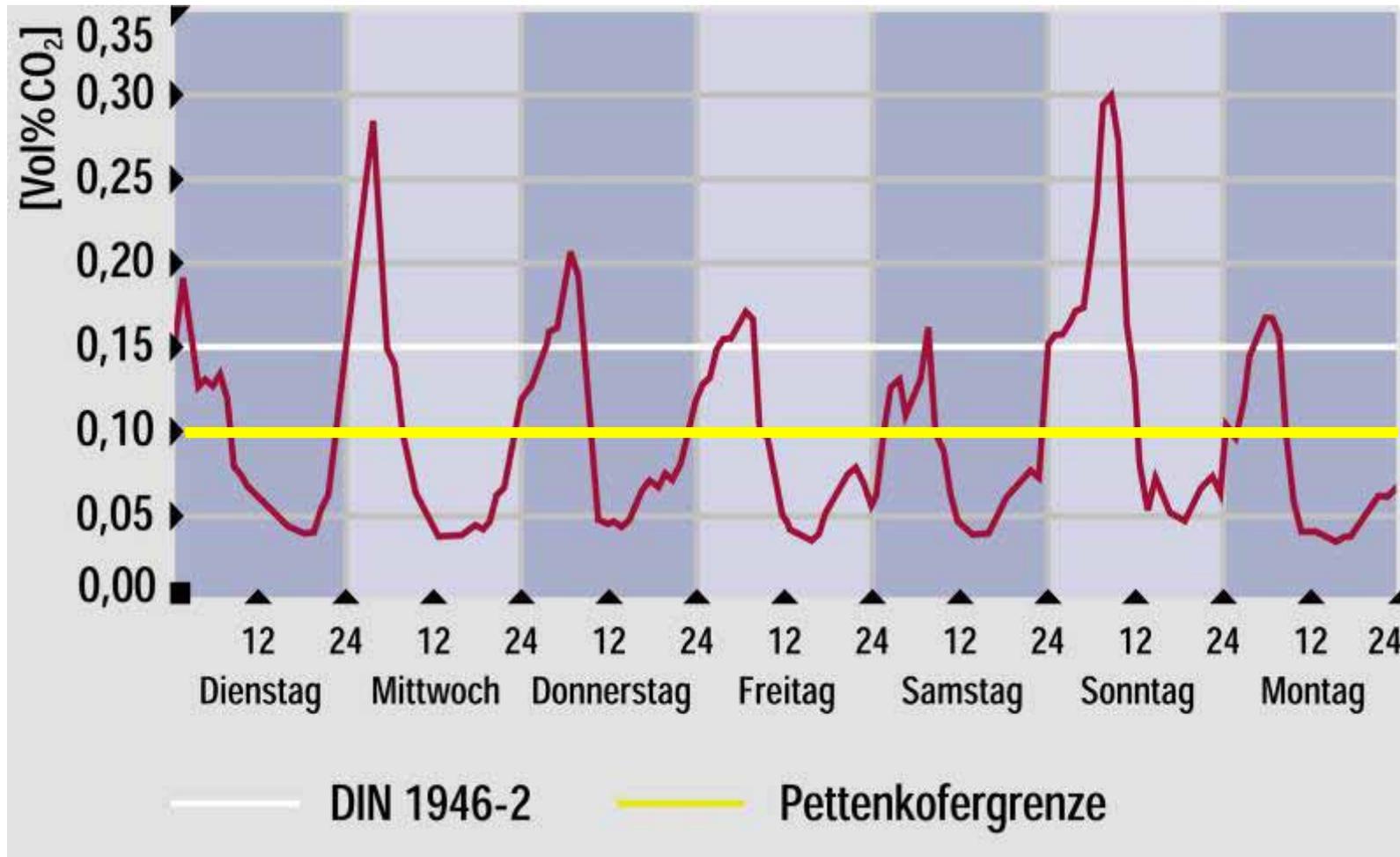


- Rechtssicherheit für Produzenten, Anwender und Konsumenten
- Beurteilungsgrundlagen für Sachverständige, Empfehlungen als Grundlage für medizinische Gutachten, Sanierungsentscheidungen etc.
- Definitionen für EU-Bauproduktenrichtlinie, Bauordnungen der Länder, Arbeitsstättenverordnung
- Grundlagen für Emissionsgrenzkonzentrationen (z.B. Umweltprüfsiegel des BM für Umwelt)

Quelle: Innenraum Mess- und Beratungsservice, Damberger, Tappler & Twardik OEG

## Gemessene CO<sub>2</sub>-Konzentration im Schlafzimmer - Fensterlüftung

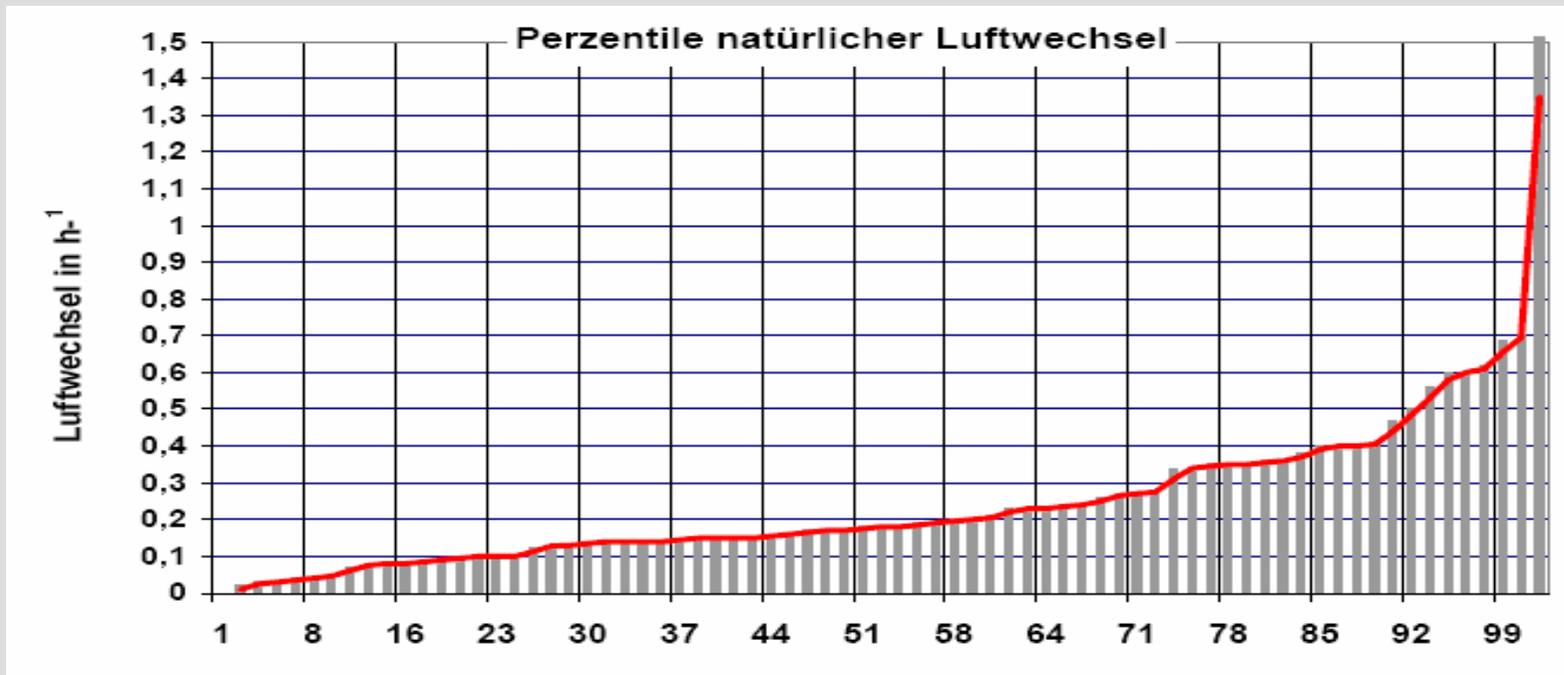
1.2.15



Autor: W. Eicke-Hennings, Quelle: IMPULS Programm Hessen

## Natürlicher Luftwechsel in Bestandsgebäuden

1.2.16



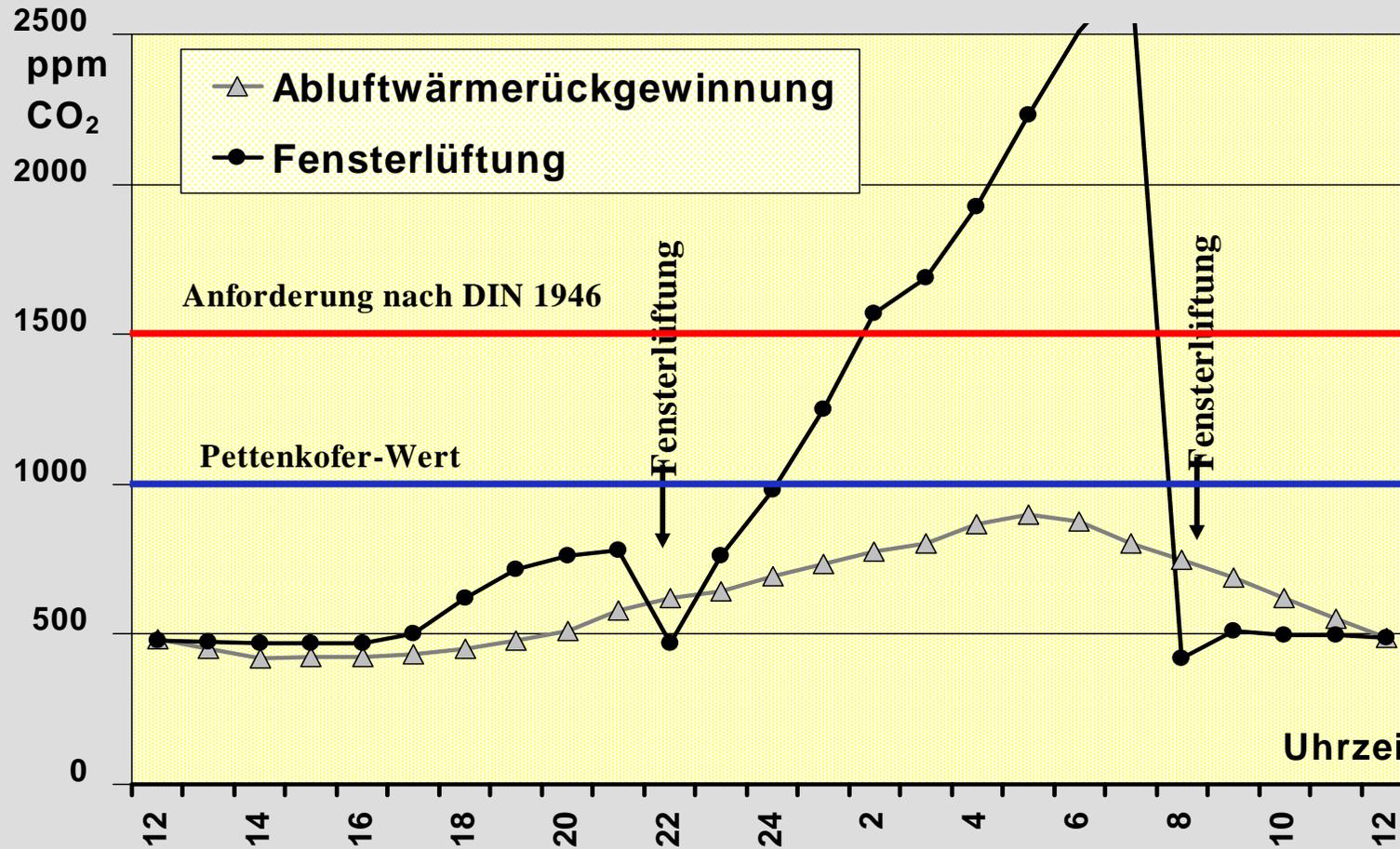
in 75% der untersuchten Wohnungen: natürlicher Luftwechsel  $< 0,3h^{-1}$  [1], d.h. gezielte Fensterlüftung ist notwendig

Diese findet jedoch offensichtlich nicht in ausreichendem Umfang statt: in 21,9% von 5.530 untersuchten Wohnungen in Deutschland traten Feuchteschäden auf [2]

Quelle: [1] T. Weithaas: Bestimmung des nat. Luftwechsels im Altbaubestand mit Luftdichtheitsmessungen.  
[2] S. Brasche et al.: Vorkommen, Ursachen und gesundheitl. Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen

## CO<sub>2</sub>-Gehalt bei Fensterlüftung und mechan. Lüftung mit WRG

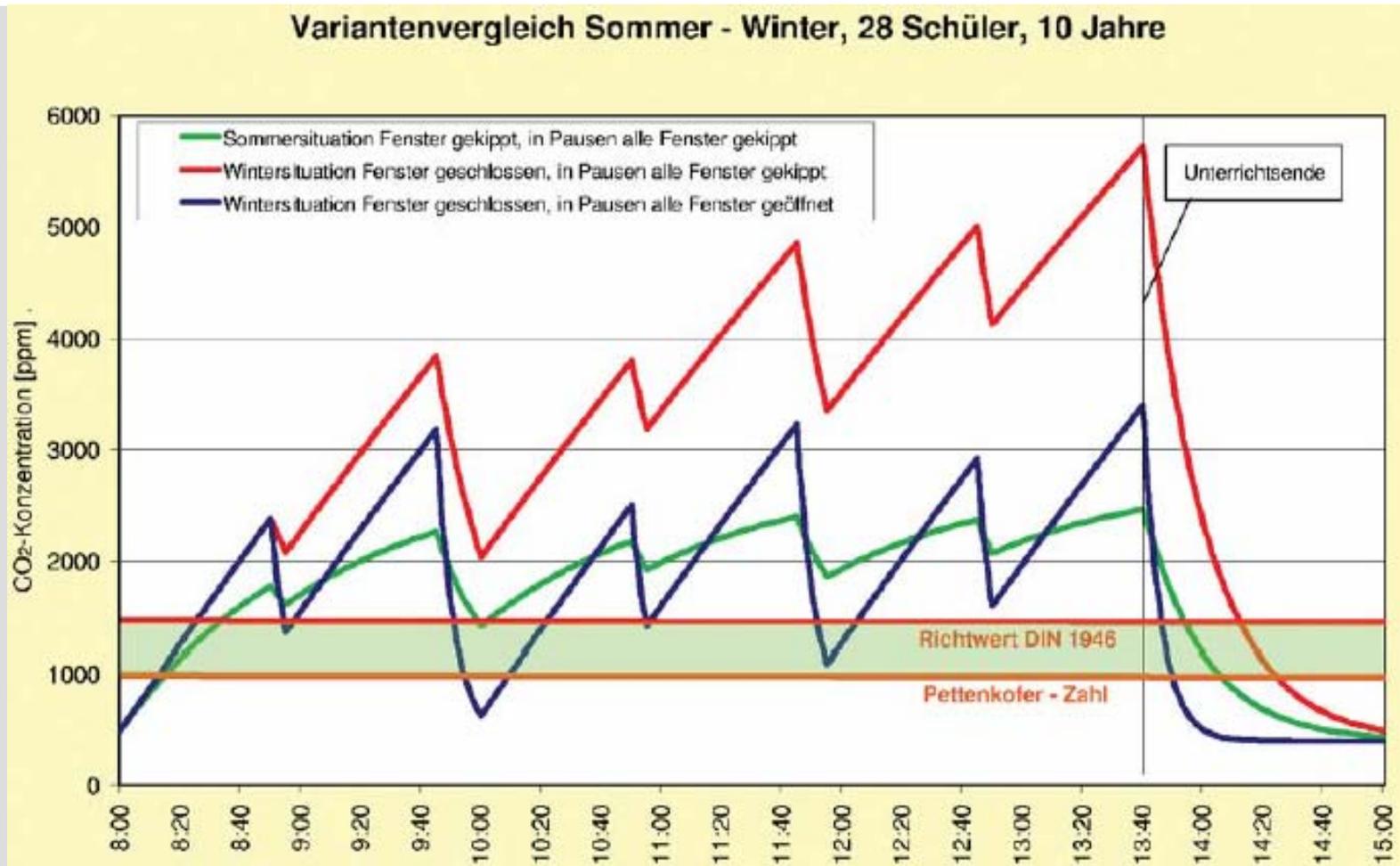
1.2.17



Quelle: B. Schulze-Darup

## Charakteristischer Tagesverlauf des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Raumluft

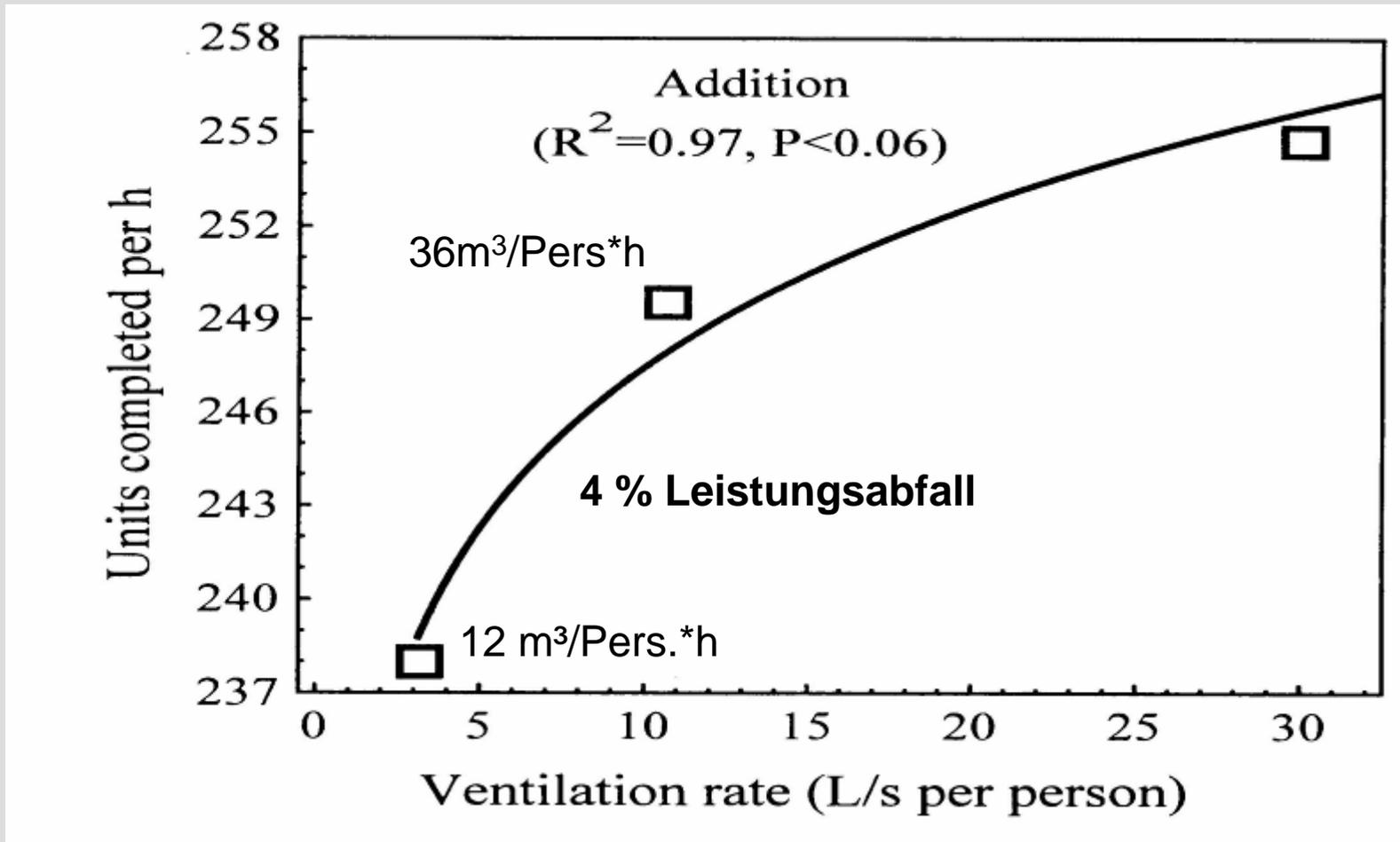
1.2.18



Quelle: F. Twardik, P. Tappler: Gute Luft zum Lernen?, in: Gesunde Raumluft, Tagungsband, IBO-Verlag, 2004

## Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von der Frischluftmenge

1.2.19



Autor: Nach Wargocki et al. 2000

## Arbeitsleistung und Luftmenge

1.2.20

4 % Leistungsabfall in Schulen?

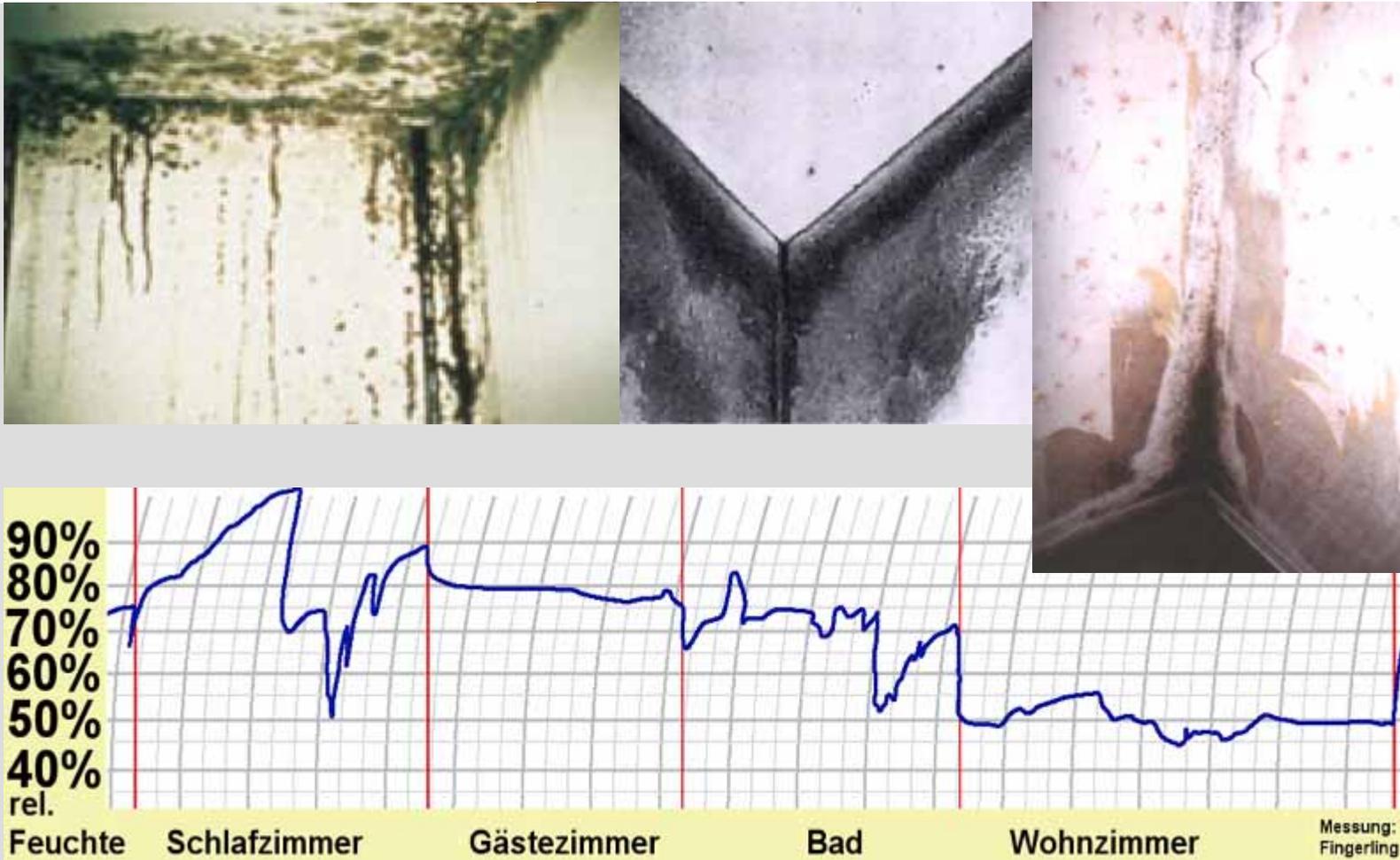
Kosten nur sehr schwer kalkulierbar,  
daher wenig Interesse an Verbesserung der Situation  
etwa 220 Schultage/ Jahr

4 % bedeutet:  
9 SCHULTAGE/ JAHR UNPRODUKTIVER AUFWAND  
FÜR LEHRER UND SCHÜLER !

Quelle: Innenraum Mess- und Beratungsservice, Damberger, Tappler & Twardik OEG

## Feuchtigkeitsbedingte Schimmelschäden

1.2.21



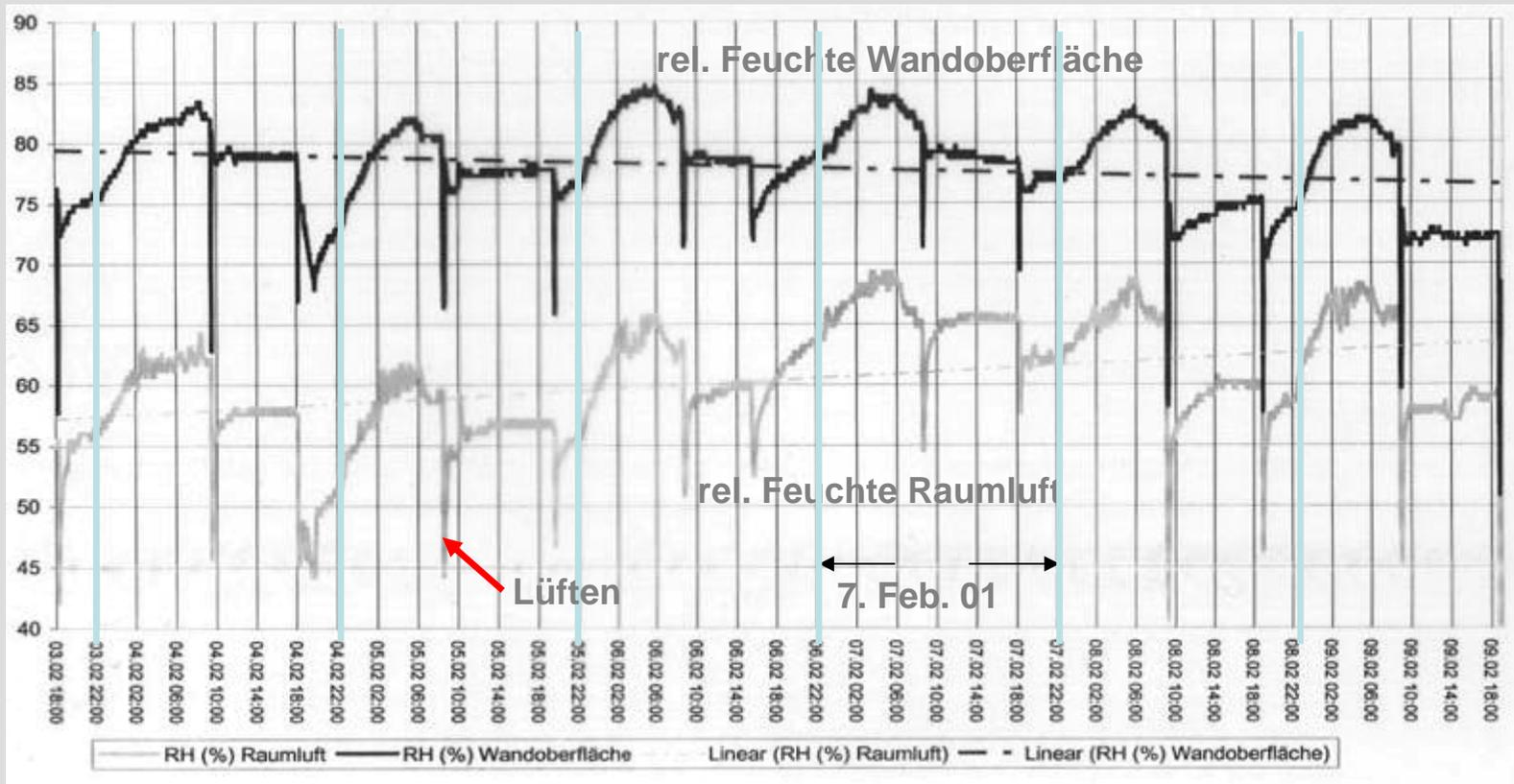
Quelle: Passivhaus Institut Darmstadt

## Relative Feuchte Raumlufte und Wandoberfläche

1.2.22

MFH, Bj. 1980, Fensterlüftung

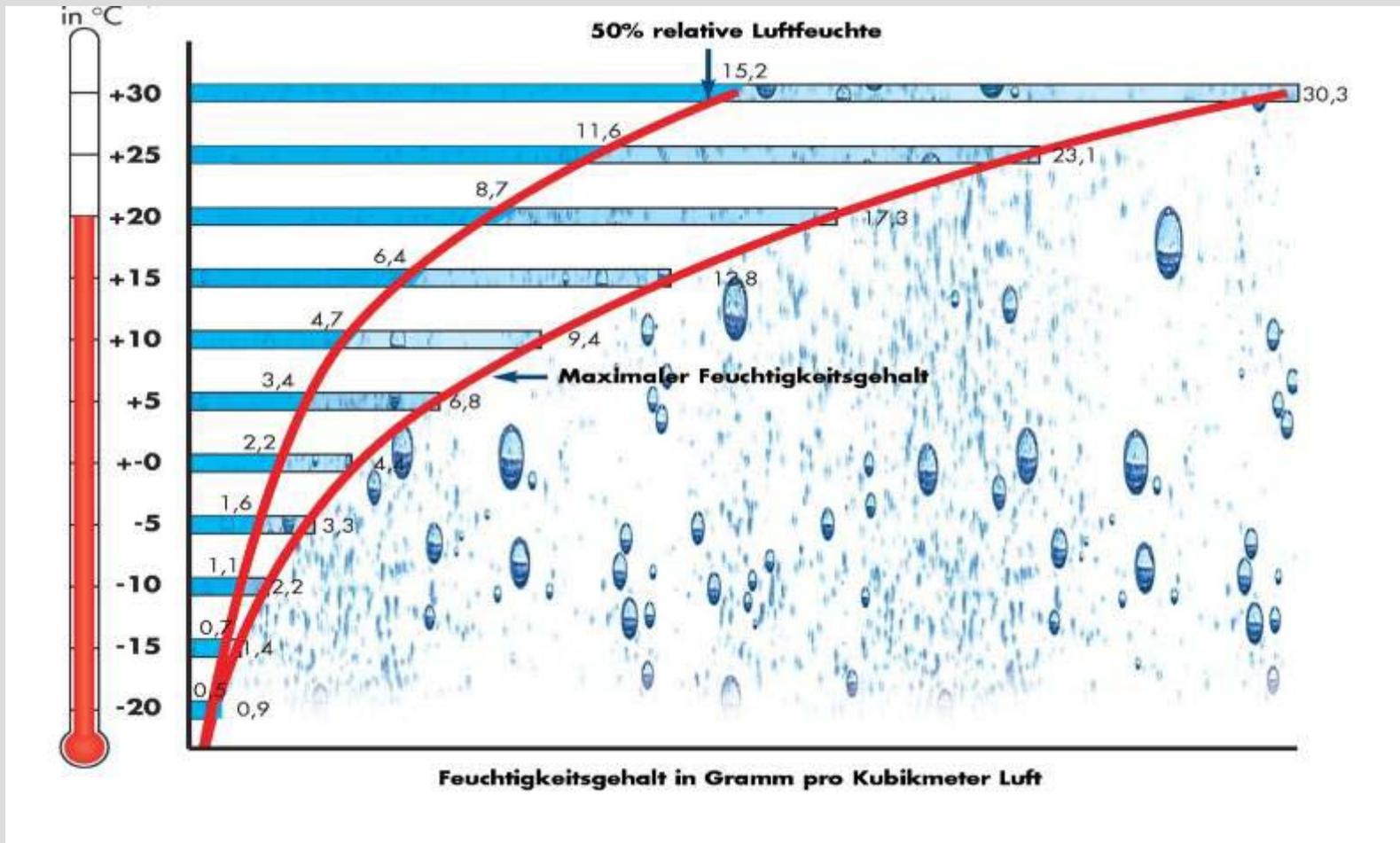
Außenwandaufbau: Kalksandstein + 6 cm Dämmung



Quelle: B. Schulze-Darup

## Feuchte: Relativ und absolut

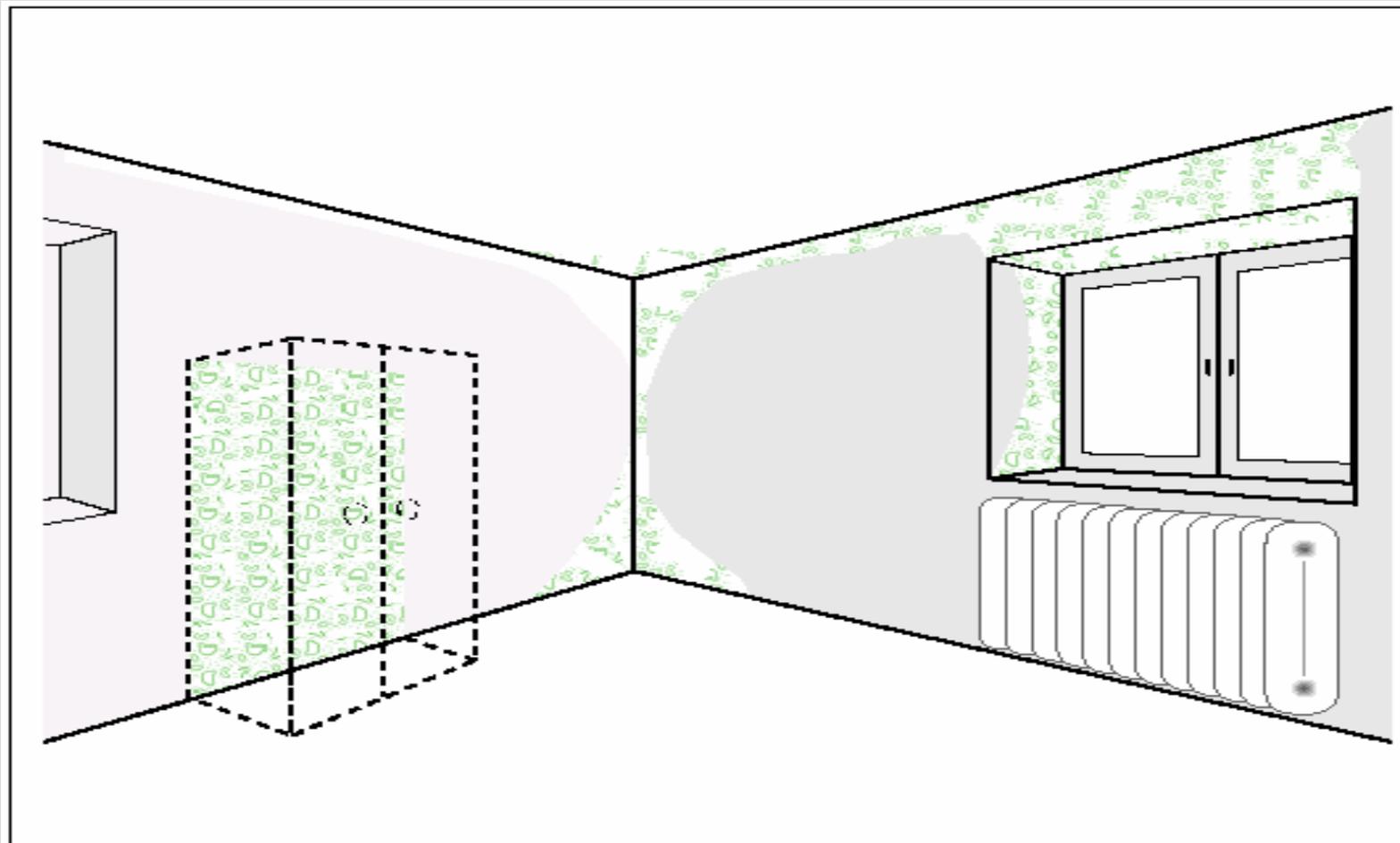
1.2.23



Quelle. Impulsprogramm Hessen

## Gefährdete Stellen für Feuchtigkeitsschäden

1.2.24



Autor: Bundesarchitektenkammer mit Förderung des BMU/UBA. Fortbildung CO<sub>2</sub>-Reduktion 1995

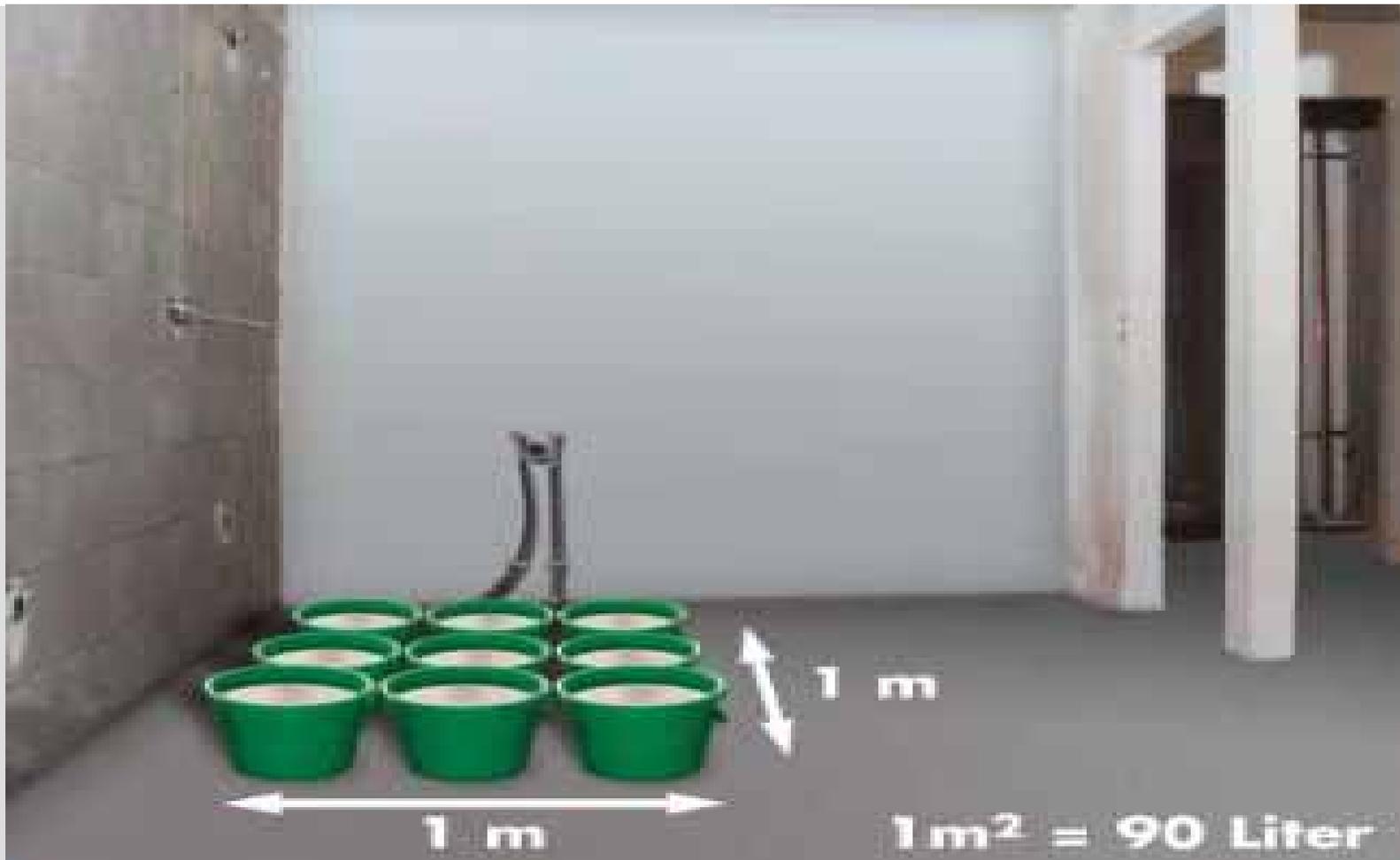
## Wieviel Feuchtigkeit wird beim Wohnen erzeugt?

1.2.25

Topfpflanzen	7 - 15 g/Stunde
Mittelgroßer Gummibaum	10 - 20 g/Stunde
Trocknende Wäsche 4,5 kg (geschleudert)	50 - 200 g/Stunde
Wannenbad	ca. 1100 g/Bad
Duschbad	ca. 1700 g/Bad
Kurzzeitgericht	400 - 500 g/Stunde
Langzeitgericht	450 - 900 g/Stunde
Braten	ca. 600 g/Stunde
Geschirrspülmaschine	ca. 200 g/Spülgang
Waschmaschine	200 - 350 g/Waschgang
Menschen:	
Schlafen	40 - 50 g/Stunde
Hausarbeit	ca. 90 g/Stunde
Anstrengende Tätigkeit	ca. 175 g/Stunde

## Neubaufeuchte

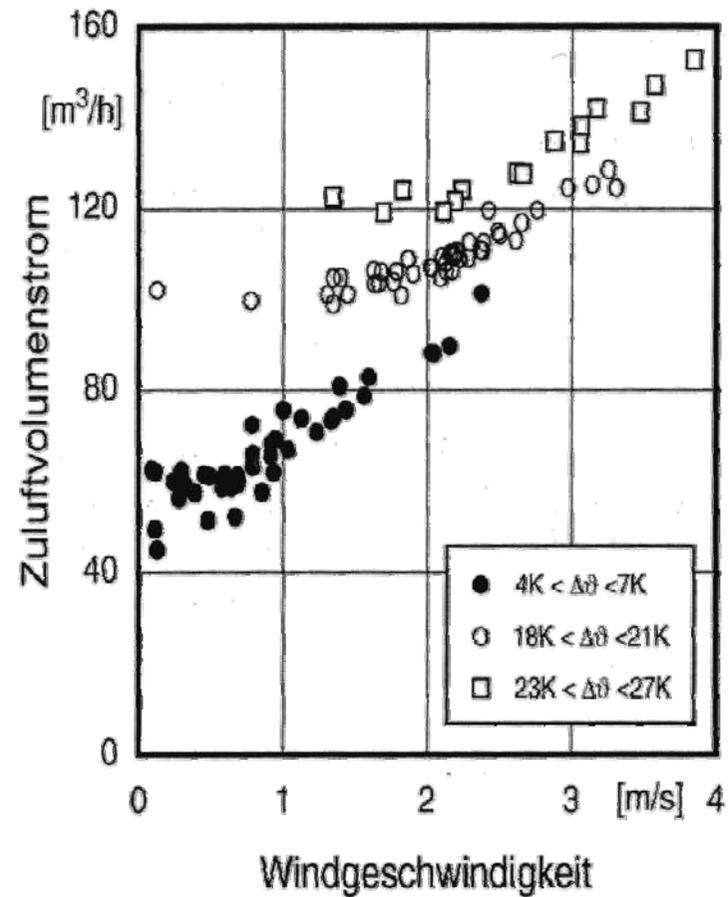
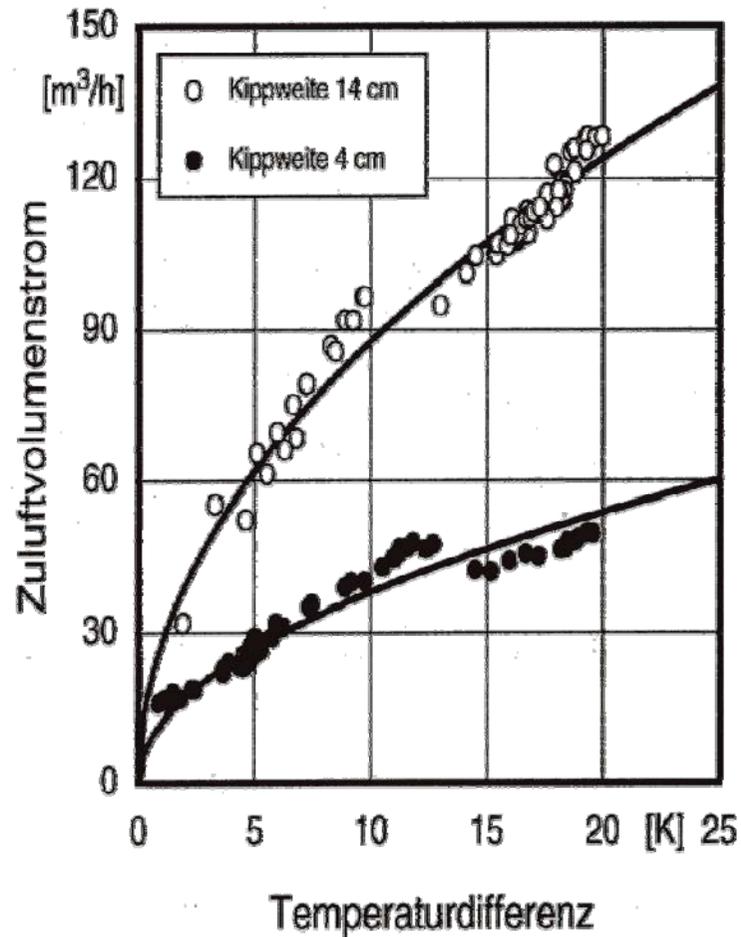
1.2.26



Quelle: Energieagentur NRW

## Luftwechselraten bei Fensterlüftung

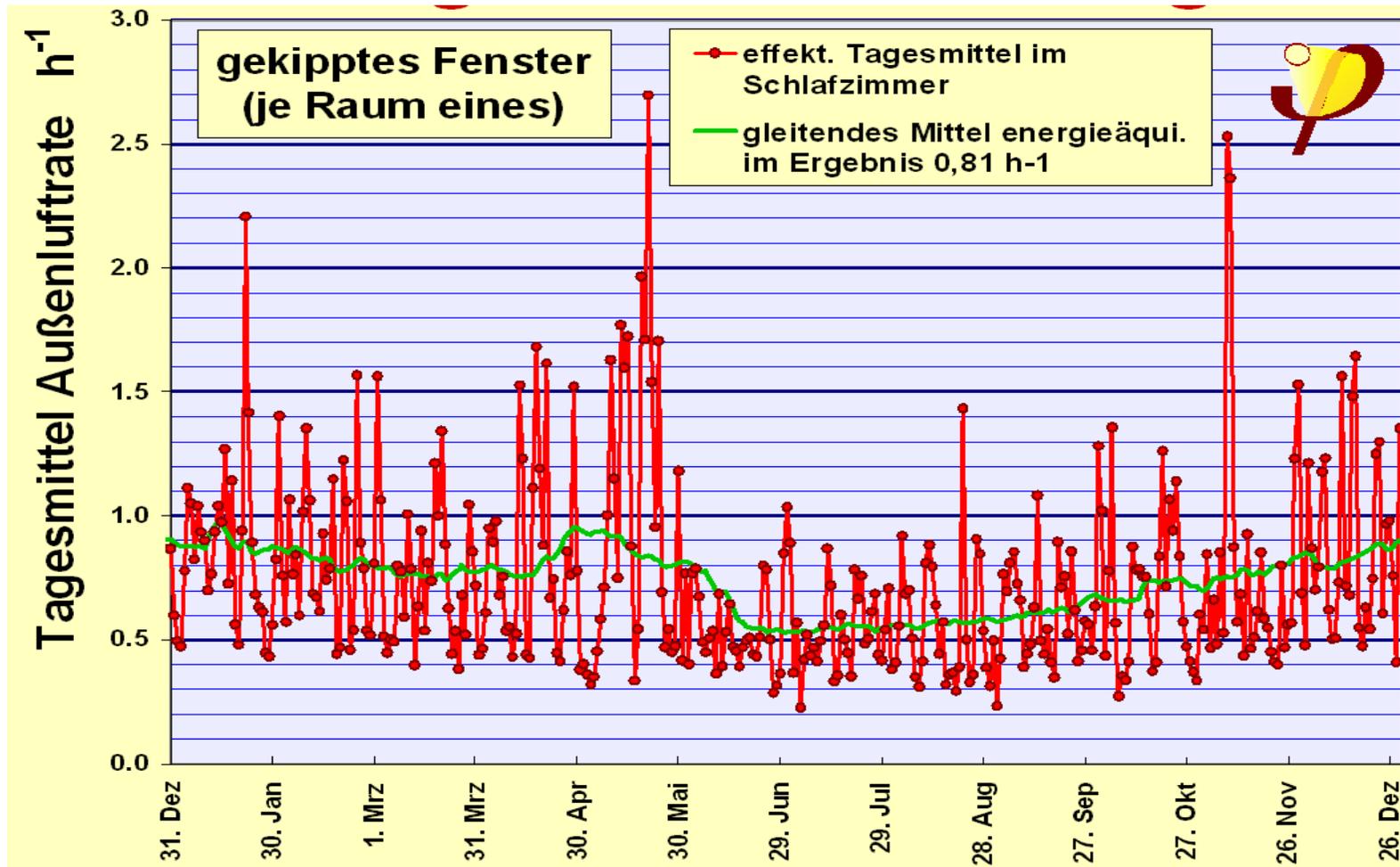
1.2.27



Quelle: A. Maas: Der Luftwechsel bei Fensterlüftung: Messergebnisse und Berechnung, in: AKKPH, Protokollband Nr. 22: Sommerlüftung, Passivhaus Institut,

## Luftwechselraten bei Fensterlüftung

1.2.28

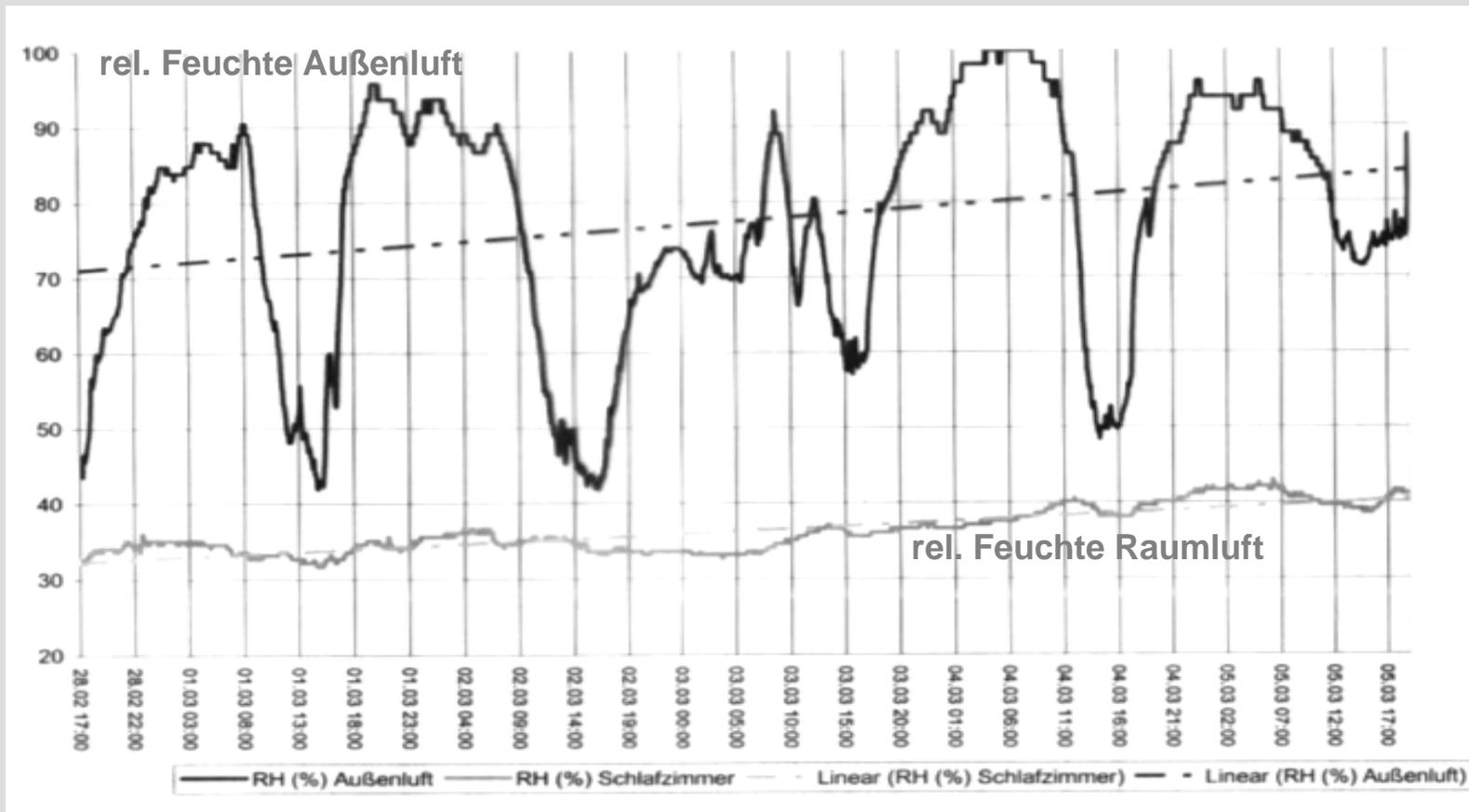


Quelle: Passivhaus Institut Darmstadt

## Rel. Feuchte Raum- und Außenluft

1.2.29

### Schlafzimmer PH Nürnberg



Quelle: B. Schulze-Darup

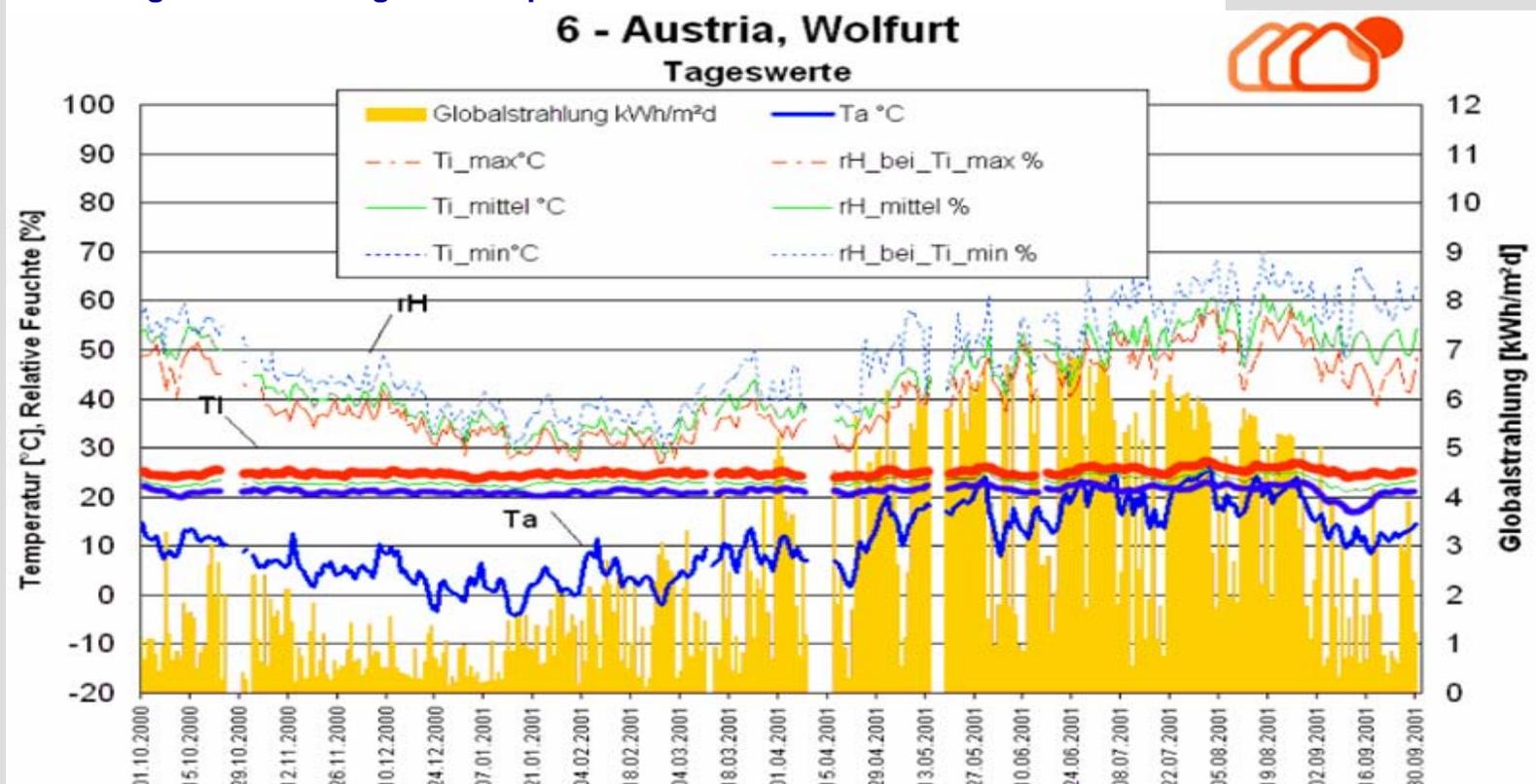
## Messergebnisse: Raumlufttemperatur und relative Feuchte

1.2.30

8 Wohnungen, gleich groß, gleich bewohnt

Wohnung mit der höchsten Temperatur

Wohnung mit der niedrigsten Temperatur

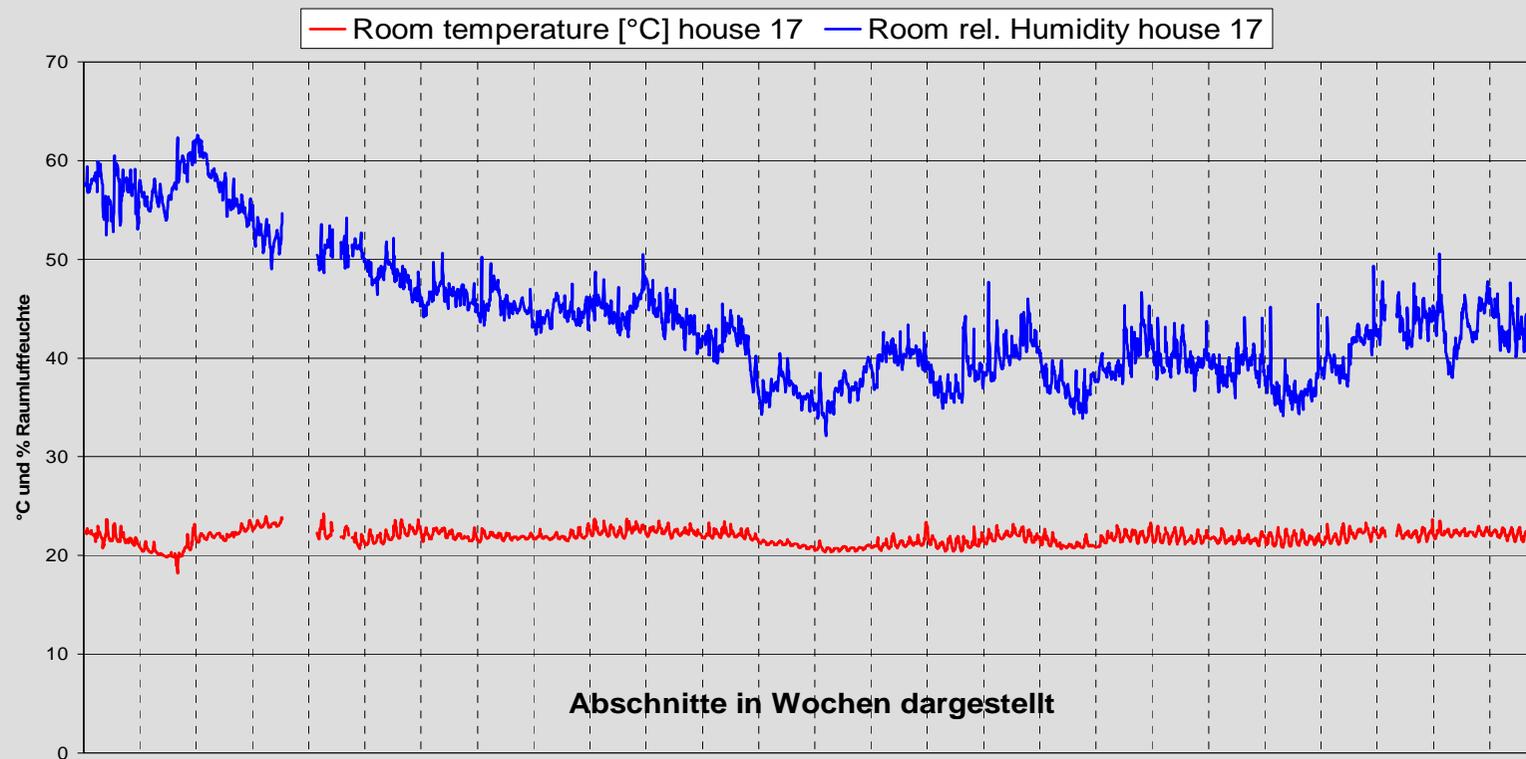


Quelle: AEE Intec, Energieinstitut Vorarlberg, Messergebnisse des Cepheus-Projekts

## Messwerte Raumlufttemperatur und rel. Feuchte PH Wolfurt

1.2.31

PH Wolfurt Heizperiode 2000/2001 Raumtemperaturen und rel.  
Raumluftfeuchte 1.10.2000 bis 31.03.2001  
Zeitschritt: 60 Minuten Mittelwerte



Quelle: Cepheus

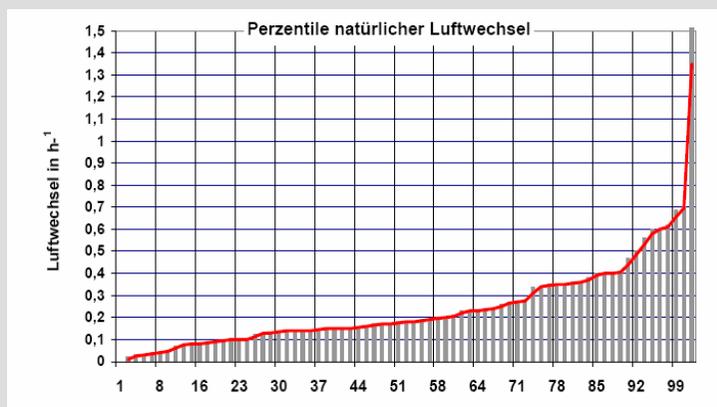
## Schadstoffmanagement

1.2.32

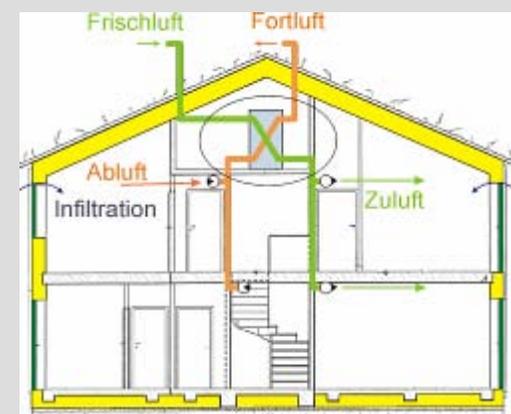
### 1. Schadstoffarme/freie Baustoffe wählen



### 2. für ausreichende Belüftung sorgen



Fensterlüftung: 75% der Wohnungen unter 0,3 h<sup>-1</sup> [1]



mechan. Lüftung: etwa 0,4 h<sup>-1</sup> [2]

Quelle: [1] T. Weithaas: Bestimmung des nat. Luftwechsels im Altbau Bestand...; [2] PHI

## Qualitätslabel mit Anforderungen an die Raumluftqualität

1.2.33

<b>Kriterienkatalog k:a Passivhaus</b> <span style="float: right;">  </span>					
			Punkte	1.000	0
Nr.	Titel	Muss- kriterium	erreichbare Punkte	Eigenes Gebäude	
				Punkte	
<b>A</b>	<b>Planung und Ausführung</b>		<b>max. 120</b>	<b>0</b>	
<b>B</b>	<b>Energie und Versorgung</b>		<b>max. 600</b>	<b>0</b>	
<b>C</b>	<b>Baustoffe und Konstruktion</b>		<b>max. 160</b>	<b>0</b>	
C 1.	<b>Baustoffe</b>		<b>max. 110</b>	<b>0</b>	
C 1. 1	Dämmstoffe HFKW -frei (inkl. Montageschaum)	M	20		
C 1. 2	Fenster, Türen, Rolläden - PVC-frei		40		
C 1. 3	Rohre, Folien, Fußbodenbeläge, Tapeten - PVC-frei	M	40		
C 1. 4	Bitumentoranstriche, -anstriche und -klebstoffe lösemittelfrei		10		
C 1. 5	Baustoffe ökologisch optimiert		40		
C 2.	<b>Konstruktionen und Gebäude</b>		<b>max. 100</b>	<b>0</b>	
<b>D</b>	<b>Komfort und Raumluftqualität</b>		<b>max. 120</b>	<b>0</b>	
D 1.	<b>Thermischer Komfort</b>		<b>max. 30</b>	<b>0</b>	
D 2.	<b>Raumluftqualität</b>		<b>max. 110</b>	<b>0</b>	
D 2. 2	Verlegewerkstoffe emissionsarm		10		
D 2. 3	Bodenbeläge emissionsfrei		15		
D 2. 4	Holzwerkstoffe emissionsarm		15		
D 2. 5	Wand- Deckenanstriche emissionsarm		10		
D 2. 6	Messung der flüchtige Kohlenwasserstoffe und Formaldehyd		25		
<b>Gesamt</b>			<b>1.000</b>	<b>0</b>	

Quelle: Kriterienkatalog klima:aktiv Passivhaus

## Kriterienplattform klima:aktiv Haus

1.2.34

**öbox** Kriterien und Produkte für klima:aktiv-Häuser

klima:aktiv H A U S der Zukunft

Home Service Kontakt Favoriten Anmelden

Kriterien Produktgruppen Produkte Firmen Richtwerte Archiv

Suche!

- klima:aktiv Haus
  - klima:aktiv Passivhaus
    - A. Planung und Ausführung
    - B. Energie und Versorgung
    - C. Baustoffe und Konstruktion
    - D. Komfort und Raumluftqualität
      - D. 1. Thermischer Komfort (0)
      - D. 2. Raumluftqualität (0)
        - D. 2. 1b: Komfortlüftung objektiv (Schall, Luftfilter etc.) (0)
        - D. 2. 2. Verlegewerkstoffe emissionsarm (0)**
        - D. 2. 3. Bodenbeläge emissionsfrei (0)
        - D. 2. 4. Holzwerkstoffe emissionsarm (0)
        - D. 2. 5. Wand- Deckenarabrieche emissionsarm (0)
        - D. 2. 6. Messung der flüchtigen Kohlenwasserstoffe und Formaldehyd (0)

aufwärts

**D. 2. 2. Verlegewerkstoffe emissionsarm**

**je: Punkte**  
10 Punkte

**Ziel und Nutzen**  
Bei vollflächiger Verklebung von Bodenbelägen können erhebliche Mengen an Schad- und Reizstoffen auftreten. Ziel ist es, diese durch Auswahl emissionsarmer Verlegewerkstoffe zu reduzieren.

**Erläuterung (1)**  
Die Grenzwerte der flüchtigen organischen Substanzen (TVOC = total organic volatile compounds) wurden für einzelne Gruppen von Verlegewerkstoffen wie folgt festgelegt:  
 Grundierungen Spachtelmassen: < 100 µg/m³  
 Klebstoffe, Fixierungen: < 200 µg/m³  
 Verlegeunterlagen: < 500 µg/m³  
 Werden Bodenbeläge eingesetzt, die keiner Verklebung bedürfen, so gilt das Kriterium als erfüllt.  
 Die Bepunktung bezieht sich auf die vom Bauträger angebotene Standardausstattung.

**Nachweis (1)**

- Emicode EC1 Prüfzeichen oder äquivalente Prüfung
- Wenn Bodenbelag nicht verklebt werden: Beschreibung des Bodenbelags und des Bodenaufbaus

**öbox** die informationsplattform für klima:aktiv-häuser Seite drucken

Quelle: www.oebox.at

## Qualitätslabel mit Anforderungen an die Raumluftqualität

1.2.35

# Luftqualität und -schadstoffe: IBO ÖKOPASS



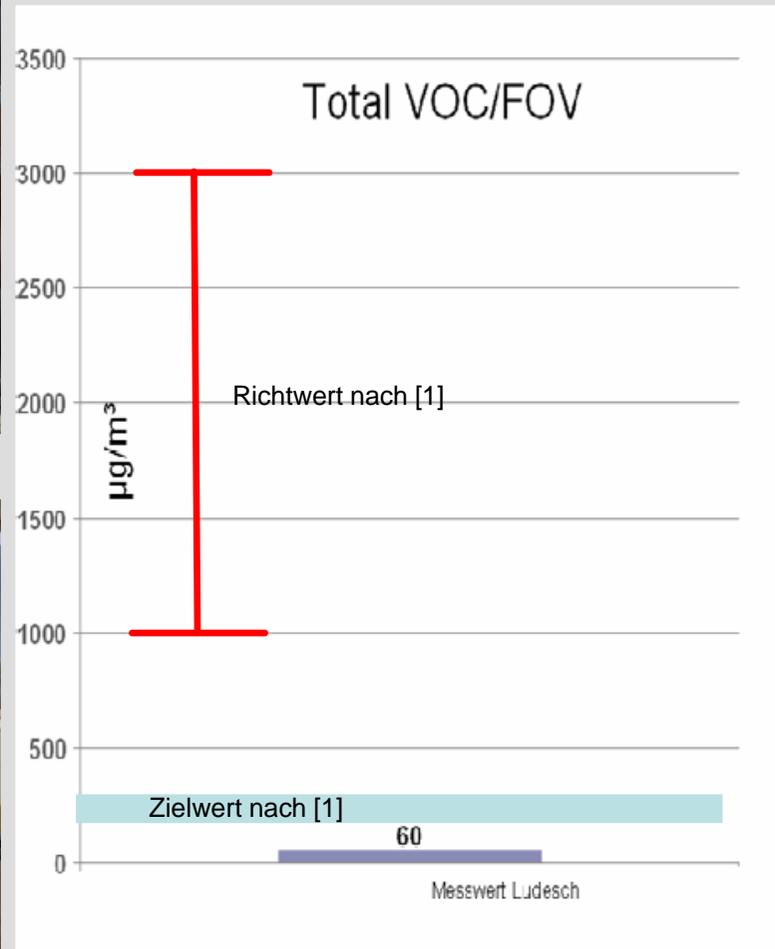
<b>Bewertung</b>			
ausgezeichnet	sehr gut	gut	befriedigend
<b>Summe der flüchtigen Kohlenwasserstoffe + Aldehyde (TVOC*) (Siedepunkt bis 250 °C) <span style="float:right">Bewertungsgewichtung:30%</span></b>			
TVOC < 0,3 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)	TVOC < 0,6 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)	TVOC < 1,2 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)	TVOC < 2,0 mg/m <sup>3</sup> (4 Wochen nach Freigabe)
<b>Formaldehyd <span style="float:right">Bewertungsgewichtung:20%</span></b>			
kleiner als 0,04 ppm*	kleiner als 0,06 ppm	kleiner als 0,08 ppm	kleiner als 0,1 ppm
<b>Schimmelpilzbelastung <span style="float:right">Bewertungsgewichtung:20%</span></b>			
Koloniebildende Keime [KBE]: x < 50 KBE/m <sup>3</sup>	Koloniebildende Keime [KBE]: x < 150 KBE/m <sup>3</sup>	Koloniebildende Keime [KBE]: x < 300 KBE/m <sup>3</sup>	Koloniebildende Keime [KBE]: x < 500 KBE/m <sup>3</sup>
<b>Luftdichtigkeit <span style="float:right">Bewertungsgewichtung:30%</span></b>			
n <sub>50</sub> < 0,6 [LW/h]* bei mechanischer Komfortlüftung	n <sub>50</sub> < 1,0 [LW/h]* bei mechanischer Komfortlüftung	n <sub>50</sub> < 2,0 [LW/h] und Abluftanlage oder n <sub>50</sub> < 3,0 [LW/h] bei Fensterlüftung	n <sub>50</sub> > 3,0 [LW/h] bei Fensterlüftung



Quelle: IBO

## Reduktion von VOC am Beispiel des Gemeindezentrums Ludesch

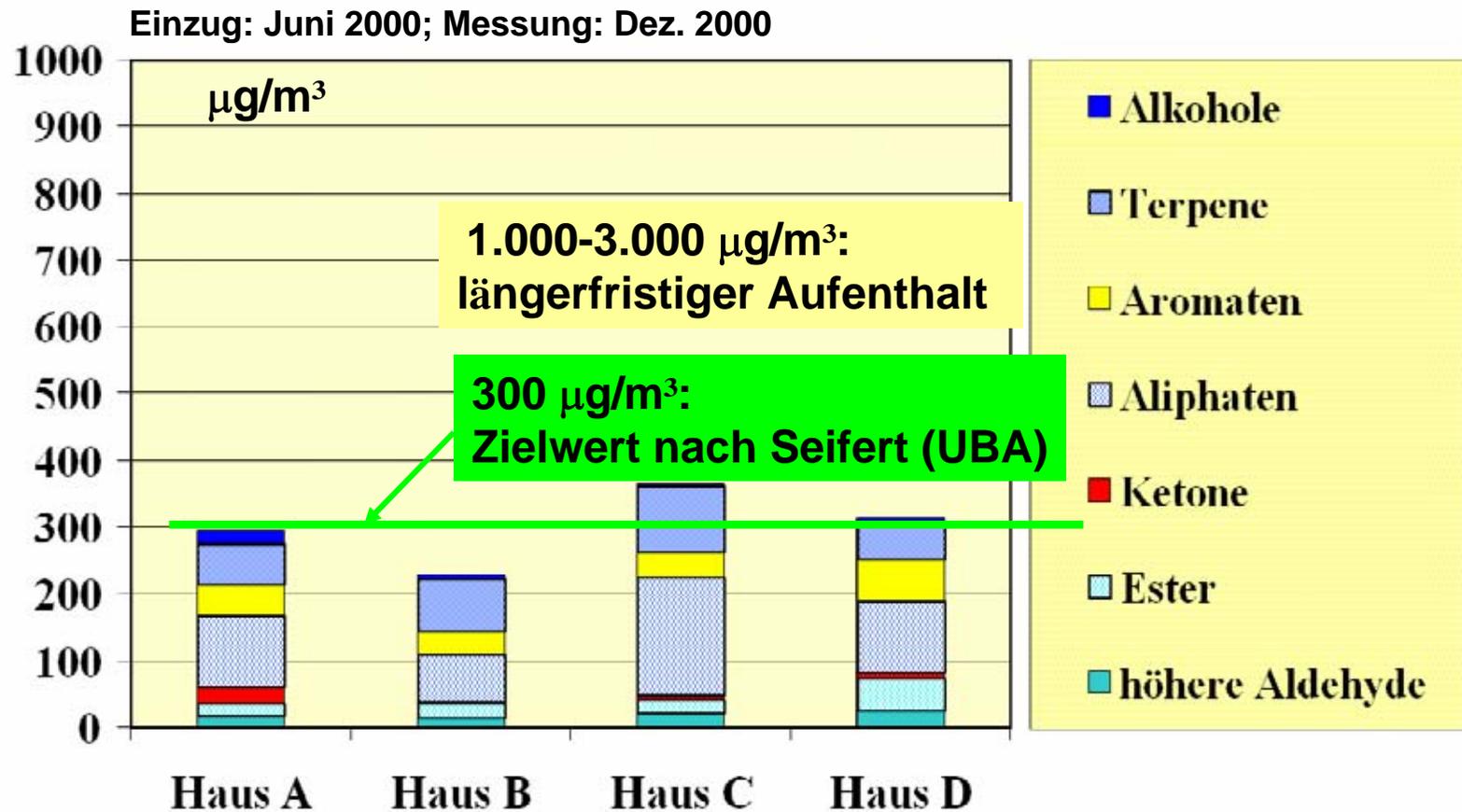
1.2.36



Quelle: [1] B. Seifert: Richtwerte für Innenraumlufte

## VOC-Raumluftmessung – PH Nürnberg

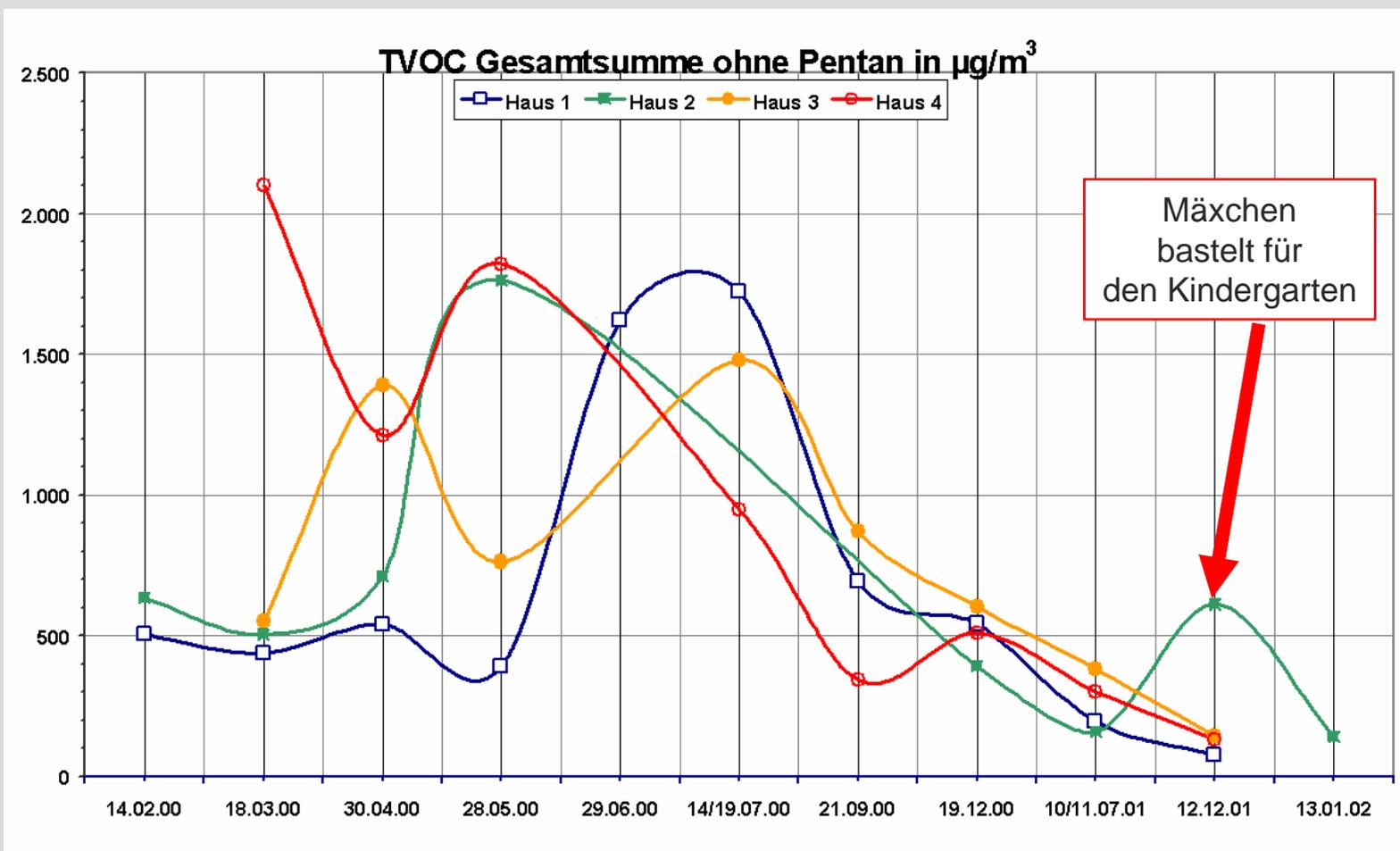
1.2.37



Quelle: Messprogramm AnBUS Fürth / LGA Bayern / Schulze Darup, gef. durch Bundesstiftung Umwelt

## TVOC-Gesamtsumme ohne Pentan in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - PH Nürnberg

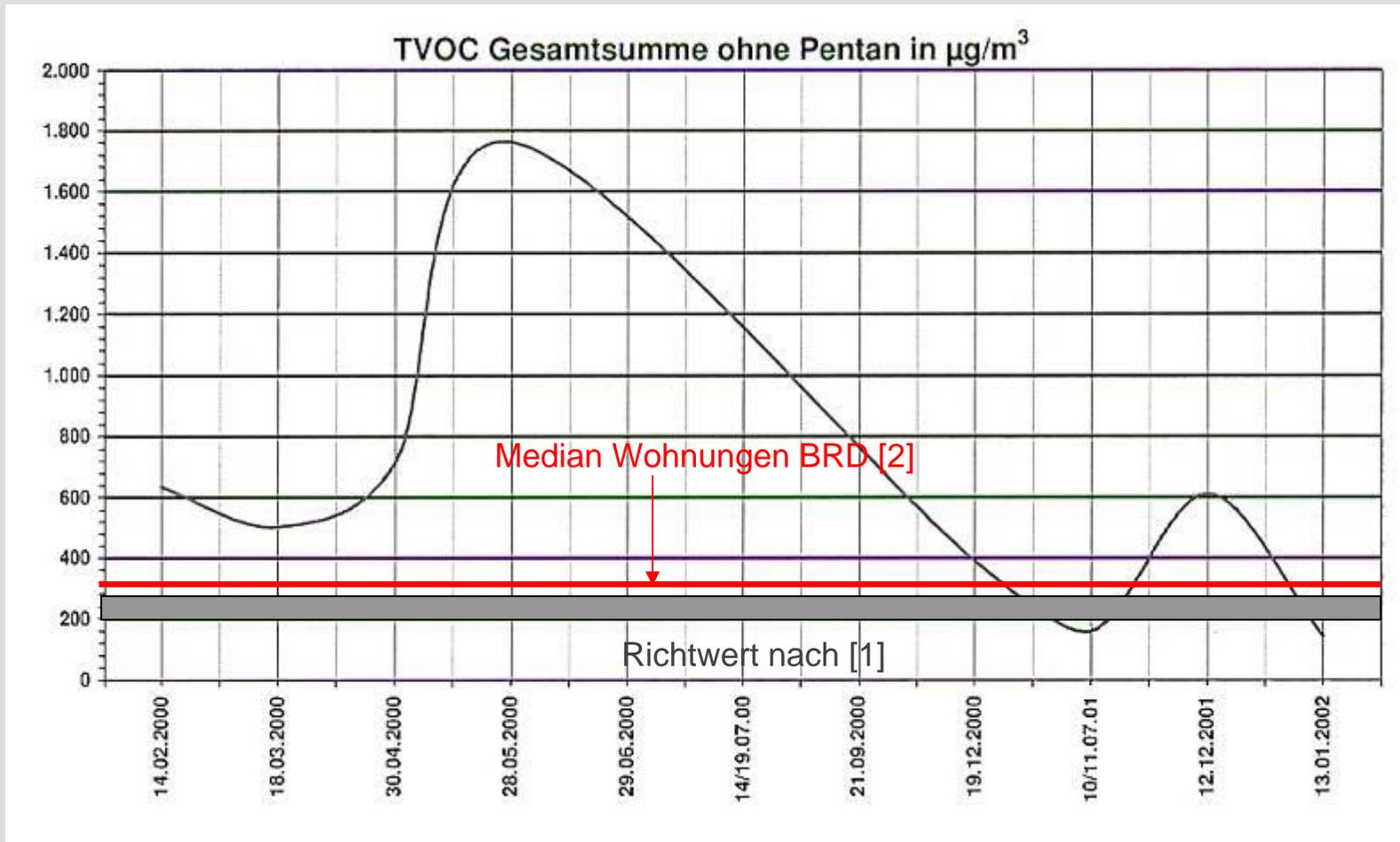
1.2.38



Quelle: AnBUS in: Schulze Darup (Hrsg.): Passivhaus-Projektbericht Nürnberg 2002, gefördert durch DBU

## Messwerte der TVOC-Konzentration - Passivhäuser Nürnberg

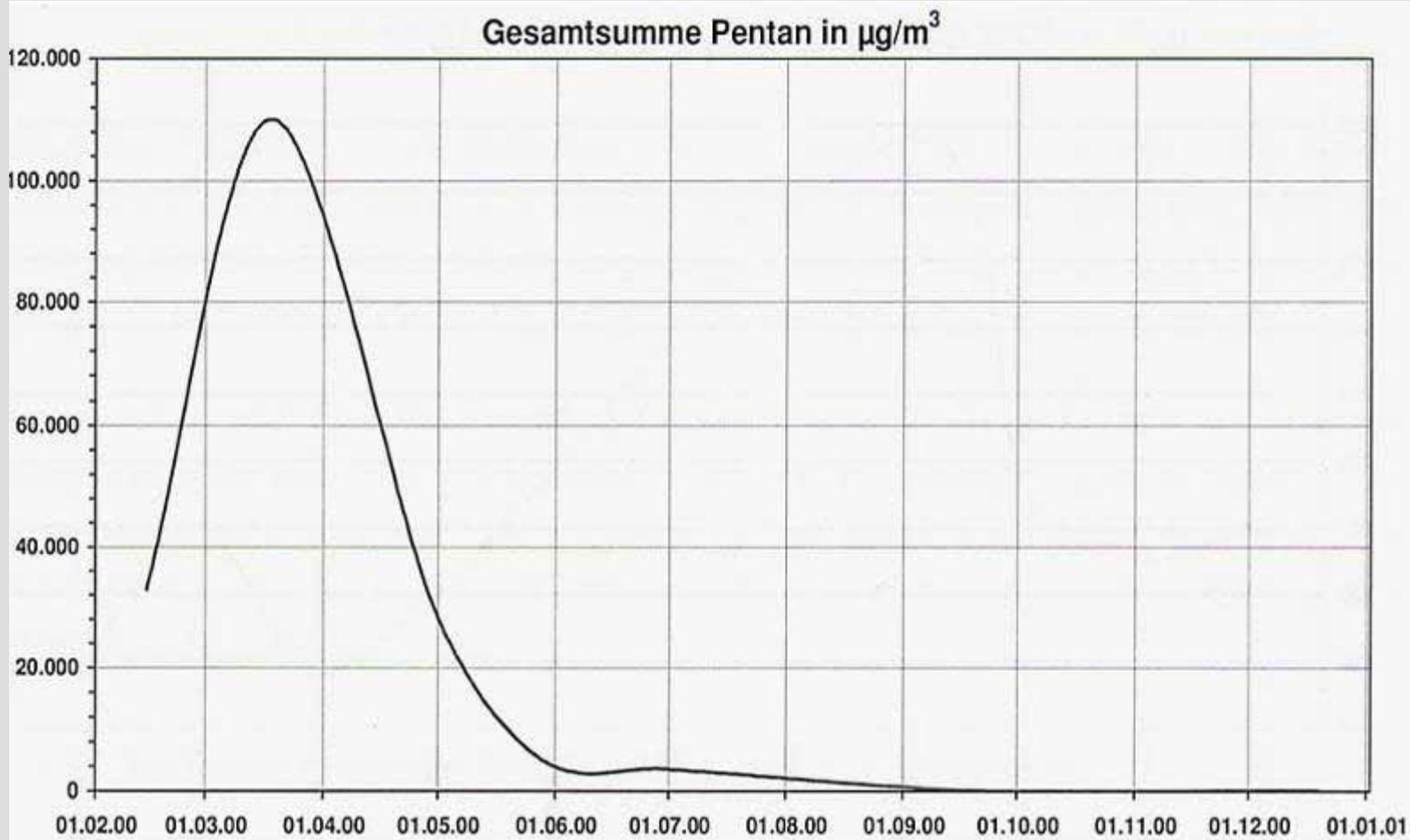
1.2.39



Quellen: U. Münzenberg, J. Thumalla, AnBUS, Fürth: Raumluftqualität in PH; AkkP, Protokollband Nr. 23

## Messwerte der Pentan-Konzentration - Passivhäuser Nürnberg

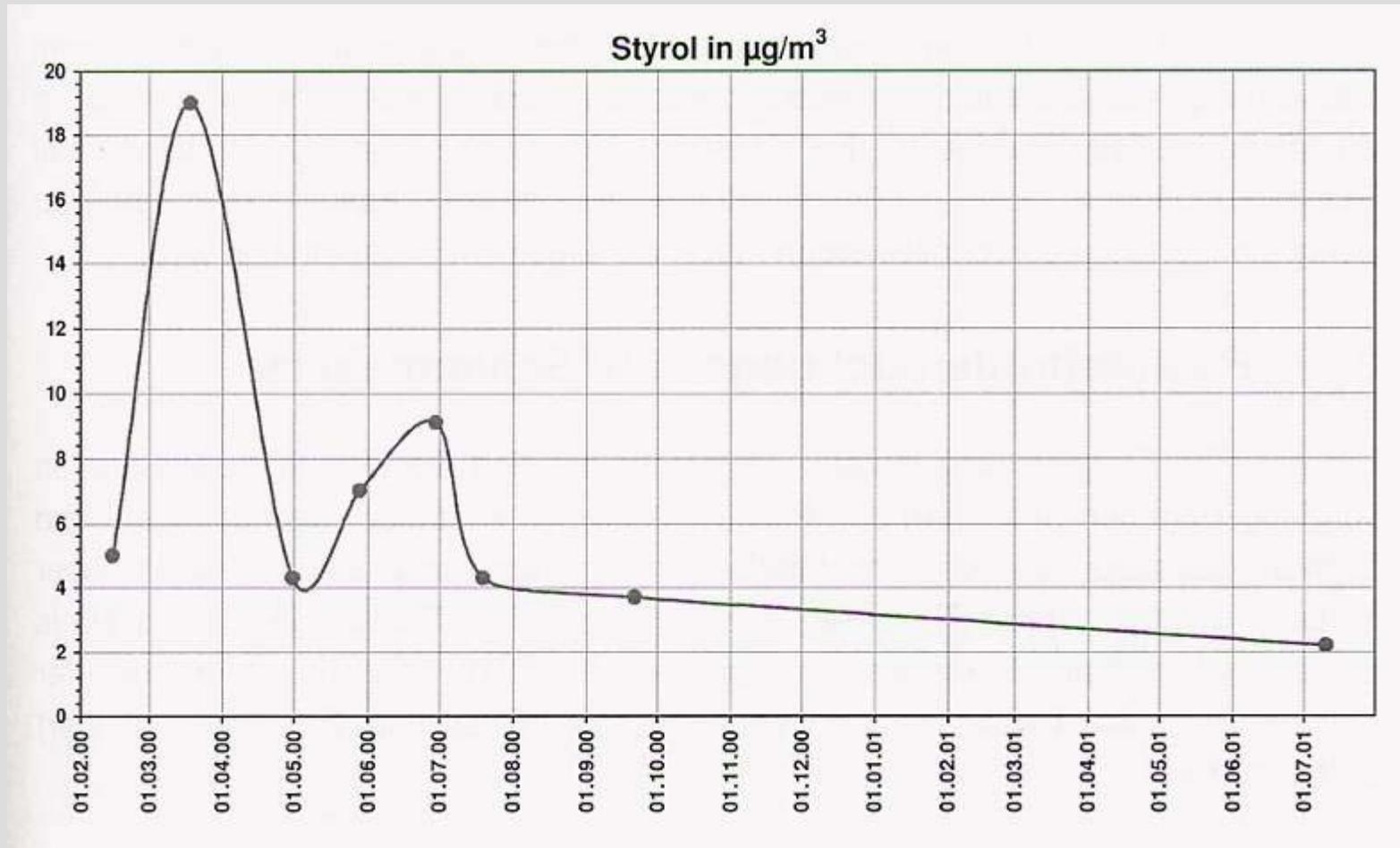
1.2.40



Quelle: U. Münzenberg, J. Thumalla, AnBUS, Fürth: Raumlufqualität in PH; AkkP, Protokollband Nr. 23

## Messwerte der Styrol-Konzentrationen – Passivhäuser Nürnberg

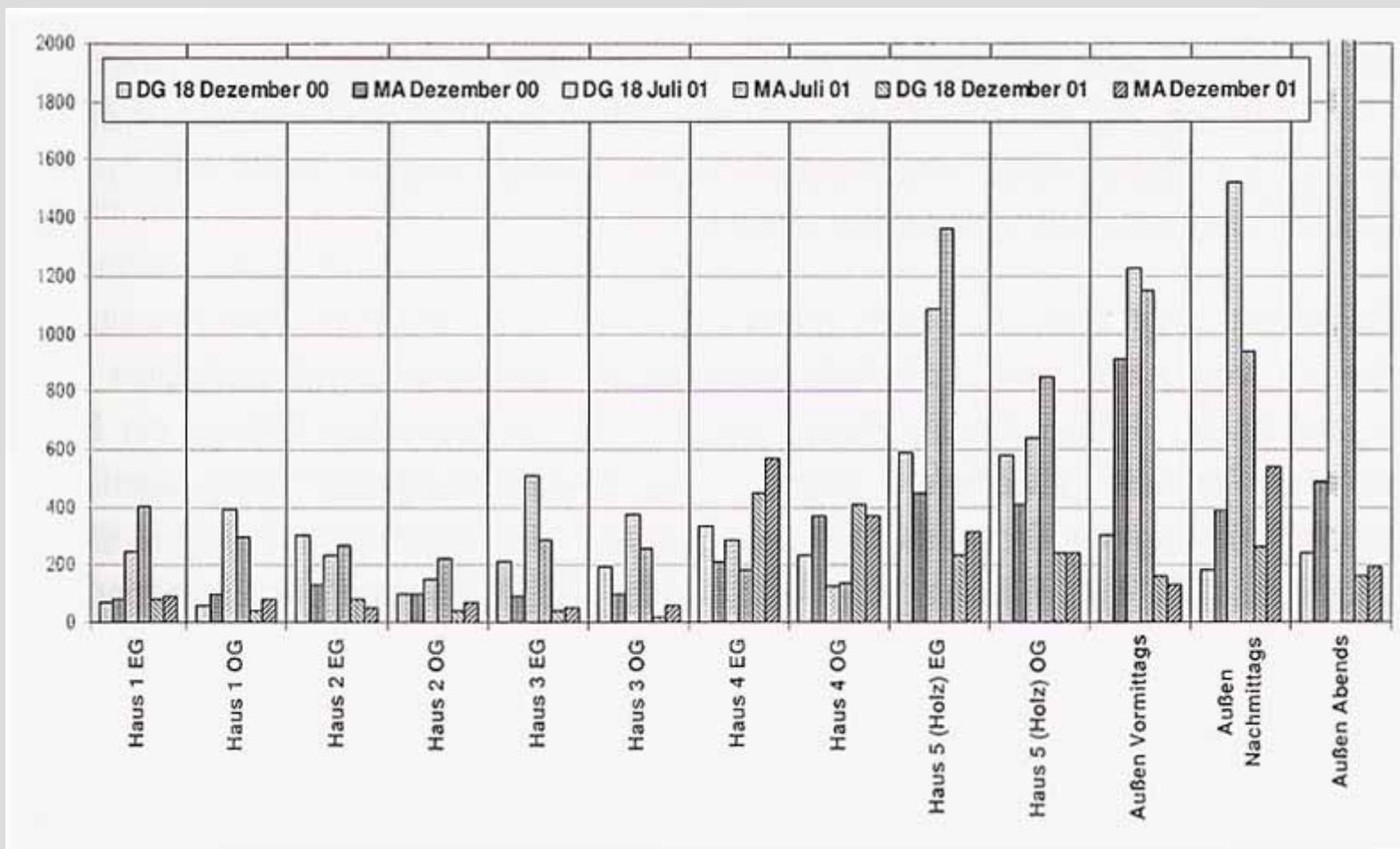
1.2.41



Quelle: U. Münzenberg, J. Thumalla, AnBUS e.V. Fürth: Raumlufqualität in PH; AkkP, Protokollband Nr. 23

## Messwerte Schimmelpilzsporen – PH Nürnberg

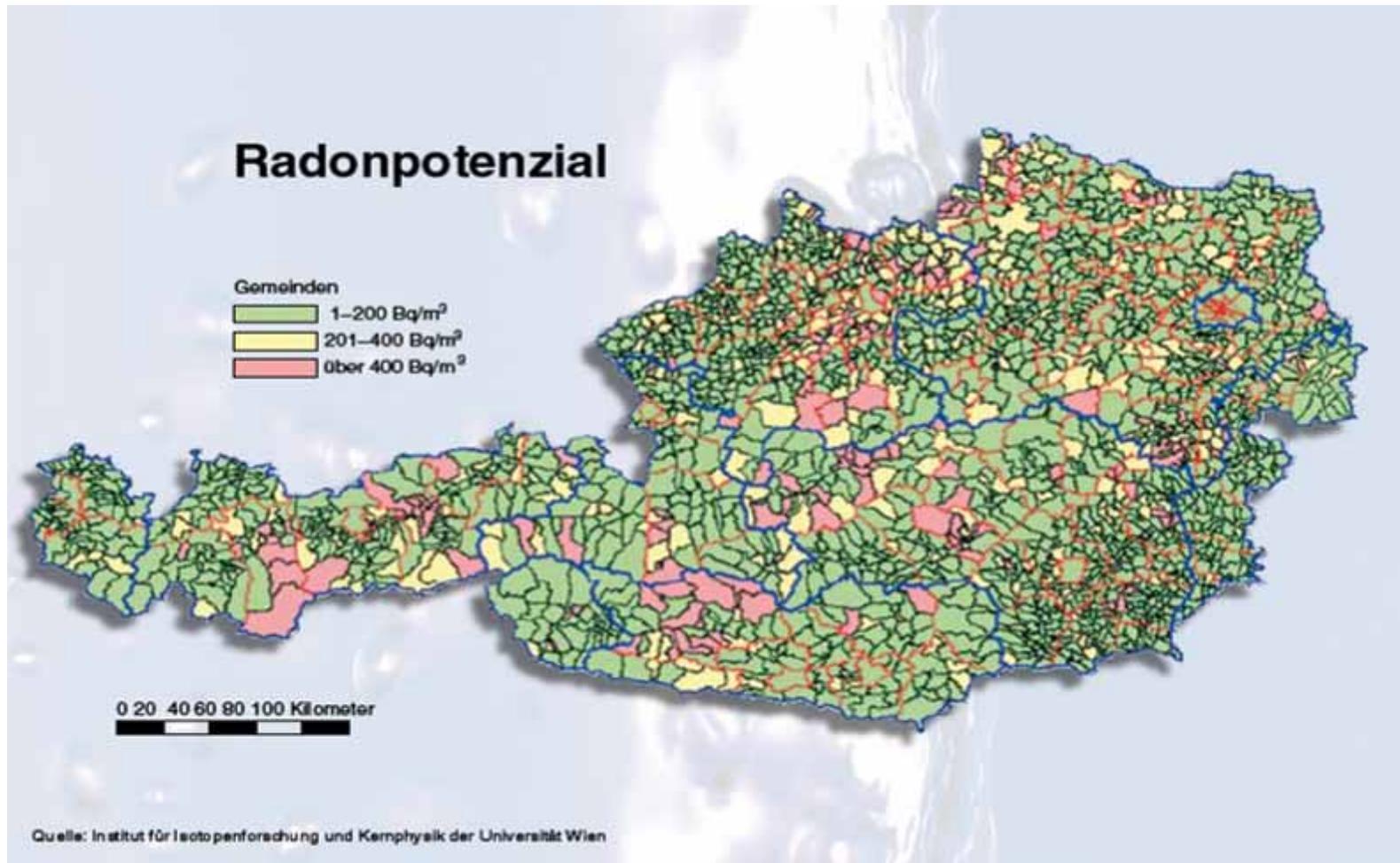
1.2.42



Quelle: U. Münzenberg, J. Thumalla, AnBUS Fürth: Raumluftqualität in PH; AkkP, Protokollband Nr. 23

## Radonpotenzial in Österreich

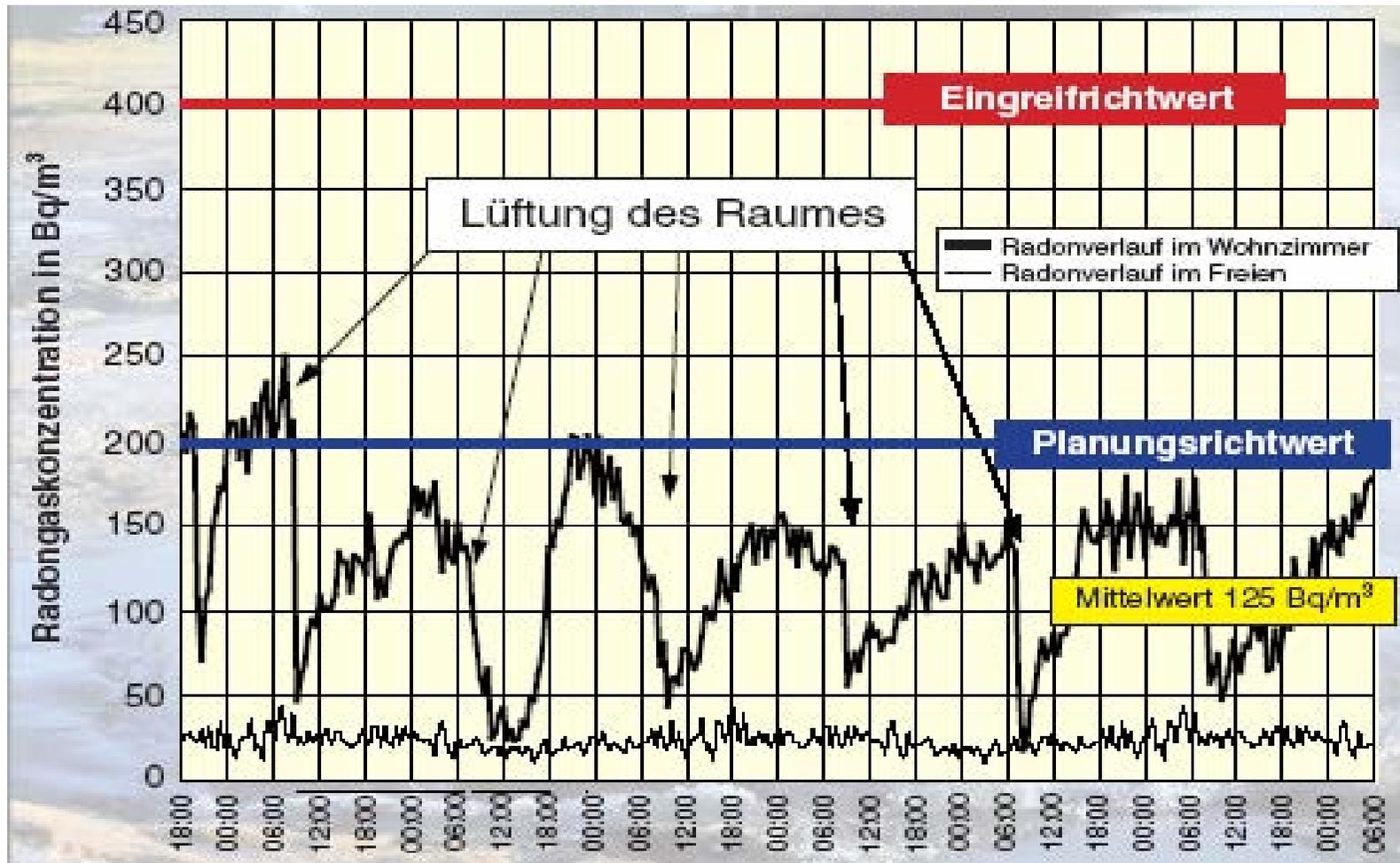
1.2.43



Quelle: Institut für Isotopenforschung und Kernphysik der Universität Wien

## Jahresmittel der Radonkonzentration in Österreich

1.2.44



Quelle: Radonbelastung in Österreich, BMLFUW (Herausgeber)

## Zusammenfassung

1.2.45

- Für Passivhäuser gilt wie für normale Gebäude:
  - erste Priorität: schadstoffarme Baustoffe auswählen
  - zweite Priorität: für ausreichenden Luftaustausch sorgen
- der Großteil der eingesetzten Bauteile ist in Passivhäusern identisch wie in normalen Gebäuden
- Ausnahme sind Dämmstoffe, die in größeren Mengen eingesetzt werden
- Der kontinuierliche, bedarfsgerechte Luftaustausch in Passivhäusern führt bei gleichen Schadstoffemissionen im Raum zu besserer Luftqualität
- Die mechanische Lüftung sowie die wärmebrückenfreie und luftdichte Gebäudehülle entziehen Schimmelpilz die Wachstumsbedingungen
- Die nie zu hohe rel. Luftfeuchte bietet auch Milben schlechtere Wachstumsbedingungen
- die Filter der mechanischen Lüftungsanlagen in Passivhäusern reduzieren den Schadstoff- und Allergeneintrag von außen in erheblichem Maß
- Von fachgerecht geplanten und regelmäßig gewarteten Lüftungsanlagen gehen keine Gefahren aus

## Normen, Richtlinien, Quellen, weiterführende Literatur

1.2.46

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Herausgeber)  
Wegweiser für eine gesunde Raumluft. Die Chemie des Wohnens, 4. Auflage; Wien, 2003

Dr. W. Feist (Herausgeber)  
Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser; Protokollband Nr. 8 - Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene  
Passivhaus Institut, Darmstadt, 1997

Dr. W. Feist (Herausgeber)  
Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III  
Protokollband Nr. 23 – Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und –ausbreitung im Raum  
Passivhaus Institut, Darmstadt 2003

Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (Agöf)  
Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in: Umwelt & Gesundheit 2004

Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
Positionspapier zu Schimmelpilz in Innenräumen

Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft;  
Bewertung der Innenraumluft - Flüchtige Organische Verbindungen – VOC - Styrol

Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
Bewertung der Innenraumluft - Flüchtige Organische Verbindungen – VOC Summenparameter

OENORM H 6021  
Lüftungstechnische Anlagen – Reinhaltung und Reinigung

Seifert, B.: Richtwerte für die Innenraumluft: Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsblatt- 42 (1999)