

3. Schweizer Hygienetagung 2015 in Luzern Freitag, 23. Januar 2015

Luftbefeuchtung im Kontext mit nationalen und internationalen Standards

Diskussionsbeitrag von Prof. Kurt Hildebrand
zur Frage nach der Notwendigkeit der Luftbefeuchtung in Innenräumen

SWKI
SICC
SITC

Regelwerke in Übereinstimmung **SIA, CEN ...**

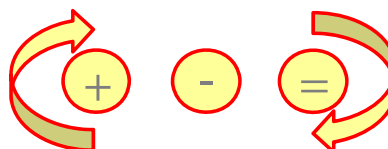


RLT-Anlagen:

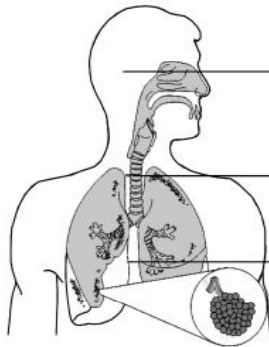
Behaglichkeitsbereich 30 % bis 60 % r.F.

Winter 21 °C – 4,9 g_W/kg_L
Sommer 26,5 °C – 13,7 g_W/kg_L

Erkenntnis 1: Konsens !

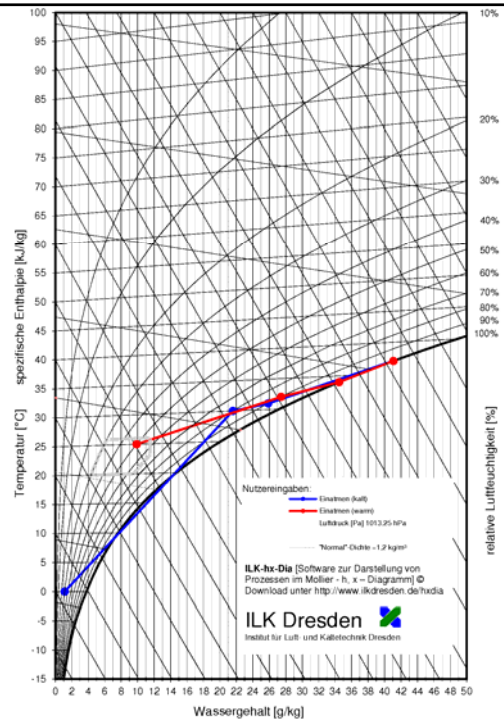
Grund ? 

Befeuchtung | Atemtrakt



Luft vor dem Einatmen:	T = 0 bis 25 °C, r.F. 30 bis 50 % abs. = 1 bis 11 mg/l
Rachen:	T = 30 bis 32 °C, r.F. 80 bis 90 % abs. = 24 bis 32 mg/l
Luftröhre:	T = 31 bis 34 °C, r.F. 90 bis 100 % abs. = 30 bis 38 mg/l
Alveolen:	T = 37 °C, r.F. 100 % abs. = 44 mg/l

Befeuchtung der Luft im Atemweg
 (Quelle: MB Luftbefeuchtung des BFE)



Befeuchtung | Körper und Wasserhaushalt

Funktion des Wassers im Körper:

- _ Wärmespeicher bei tiefen Aussentemperaturen ...
- _ Regulator-Grösse für die Wärmeabgabe (Abh. met, clo,...)
- _ Transportmittel von Sauerstoff u. Nährstoffen im Blut ...
- _ Stoffwechselprozesse ...

Wasserabgabe:

- _ Atemluft, Schweiß, Stuhl und Urin
- = grösster körpereigener «Regel-Einfluss»

Flüssigkeitsaufnahme:

- _ Getränke 50 %
- _ feste Nahrung 35 %.
- _ Oxidationswasser 15 %.

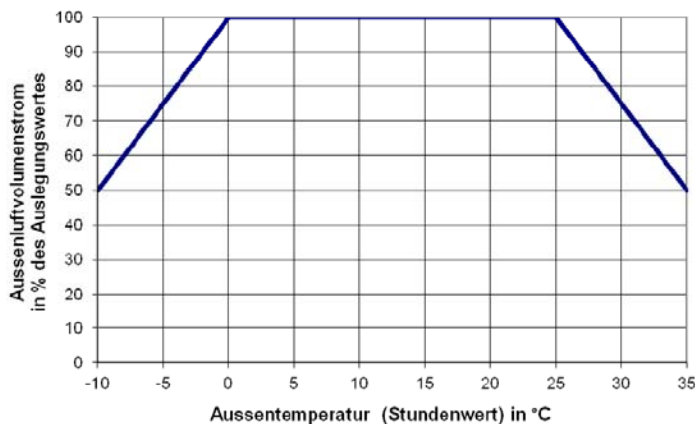
Erkenntnis 2:

Feuchtehaushalt des Körpers funktioniert ideal



Luftmengen-Reduktion | IAQ

Figur 4 Beispiel für die Reduktion des Aussenluftvolumenstroms



Quelle: SIA 382/1, Fig. 4

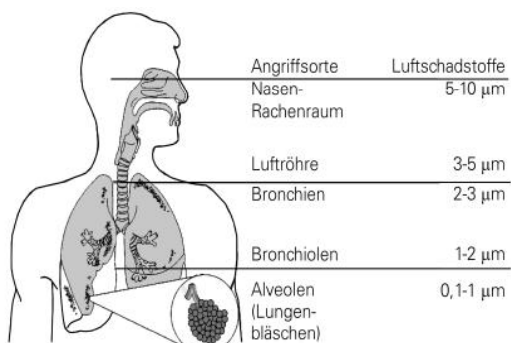
30 m³/h → 1'000 ppm CO₂



15 m³/h → 1'600 ppm CO₂

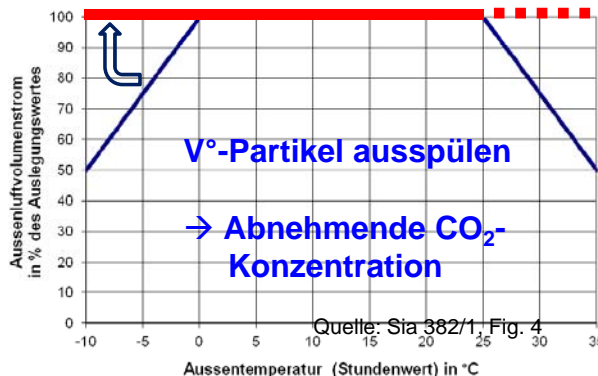
Basis: CO₂-Gehalt der Aussenluft 400 ppm.
CO₂-Emission pro Person von 18 l/h

Staubabscheidung | Irritation der Atemwege



Feinstaub Abscheidung in den Atemwegen
(Quelle: PM10 Fragen und Antworten, BAFU 11/2006)

Figur 4 Beispiel für die Reduktion des Aussenluftvolumenstroms



Quelle: SIA 382/1, Fig. 4

**Erkenntnis 3: Tiefe CO₂ Werte = Hohe Volumenströme
→ keine Irritation der Atemwege**

Feuchteanfall 4-Personen-Haushalt 100 - 140 m² Wohnfläche

- 40 Personenstunden, ruhend (4 P. 10 h) 1'600 g/d
- 24 Personenstunden, tätig (2 P. 12 h) 2'160 g/d
- 15 Topfpflanzen 3'600 g/d
- 3 h Kochen und Feuchtreinigen 3'000 g/d
- 0,5 h Waschmaschinenläufe 150 g/d
- 60 Min. Duschbad (4 P. a 15 min) 2'600 g/d
- 1'000 cm² freie Wasseroberfläche 480 g/d
- Sonstige Einträge (z.B. regennasse Kleidung) 200 g/d
- **Summe** **13'790 g/d**

Es resultiert
 bei 36 m³/h:

$$\Delta x = 3,6$$

[g_W/kg_L * Pers.]

Quelle: Fachinstitut Gebäude-Klima e. V. FGK
 Status-Report Nr. 18 - Wohnungslüftung

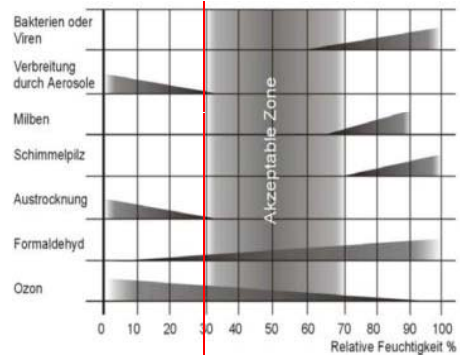
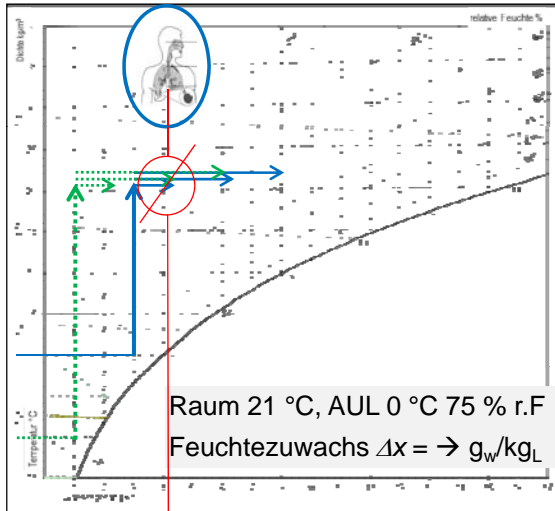
Feuchteproduktion

Tätigkeit	Aktivitätsgrad [met]	Feuchteeintrag [g _W /(h*Pers.)]	Feuchteeintrag Δx [g _W /kg _L]	CO ₂ Eintrag [l/(h*Pers.)]	Resultiert * im Raum [CO ₂]	Sensorische Verunreinigungslast [olf/Pers.]
Sitzende Tätigkeit	1	50	1.3	17	870	1
Mittelschwere Tätigkeit, Haushalten	2	130	3.3	34	1340	2 - 3
Gehen 4 km/h, Aktiv Werken	3	200	5.0	51	1820	4

* Anm. zu Spalte «Resultiert»

- CO₂ im Raum wird berechnet mit V^o = konstant 36 m³/(h*Pers.)
- AUL-Konzentration 400 ppm CO₂

Feuchteproduktion



Quelle:
Die Luftbefeuchtung, Technik, Gesundheit und
Energie, Renato Lazzarin und Luigi Nalini (2006);
Überarbeitete Graphik von Scofield und Sterling

Erkenntnis 4: Die Ø-Nutzung ist i.d.R. «angemessen gut»

Beispiel: Blister-Abfüllung im Reinraum ...

- Filterqualität HEPA
- ...
- 8 % r.F.
- Keine Massnahmen für die Arbeitnehmer nötig
- ...



Bild-Quelle: s-leit; Blisterabfüllanlage in Barcelona

Erkenntnis 4: 8 % r.F. und kein bisschen trocken ...

Filter | Irritationen

- Die Art der Filterung muss der spezifischen Situation angepasst sein ...
- Zuluft mindestens Filter Klasse F7 – vor der WRG
- Zwei Filterstufen, Bsp. M6/F9 od. F7/F9 – zweite Stufe nach dem Keilriemen
- Filter sind, wo immer möglich, vor Feuchtigkeit zu schützen (SWKI VA104-01)
- Energieeffizienzklasse A

Bild-Quelle:
Unifil AG



Erkenntnis 5: Filter sind matchentscheidend ...

Effiziente RLT-Anlagen

Klassierung der spezifischen Ventilatorleistung SIA 382/1

Kategorie	P_{SFP} W pro m ³ /s	P_{SFP} W pro m ³ /h
SFP 1 + *	≤ 300	≤ 0,083
SFP 1	> 300 bis ≤ 500	> 0,083 bis ≤ 0,14
SFP 2	> 500 bis ≤ 750	> 0,14 bis ≤ 0,21
SFP 3	> 750 bis ≤ 1'250	> 0,21 bis ≤ 0,35
SFP 4	> 1'250 bis ≤ 2'000	> 0,35 bis ≤ 0,56
SFP 5 **	> 2'000 bis ≤ 3'000	> 0,56 bis ≤ 0,83
SFP 6 **	> 3'000 bis ≤ 4'500	> 0,83 bis ≤ 1,25
SFP 7 **	> 4'500	> 1,25

Beispiel:

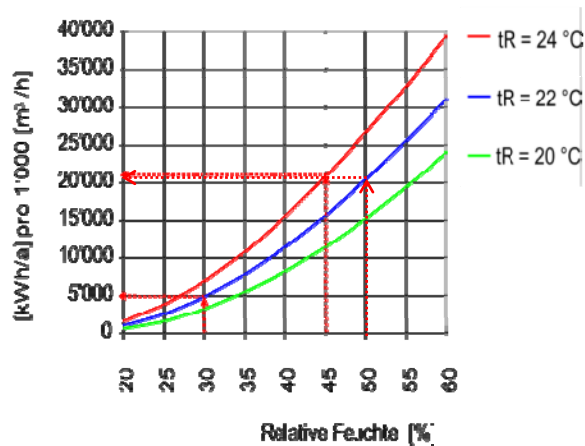
$$\frac{\text{SFP 3}}{\text{SFP 1}} = 2,5$$

* Die Kategorie SFP 1 + ist eine Definition dieser Norm.

** Die Kategorien SFP 5, SFP 6 und SFP 7 nach EN 13779 werden in dieser Norm nicht verwendet.

Erkenntnis 6: Bessere SFP vor V°-Reduktion ...

Jahresenergie Befeuchtung



Beispiel 1:

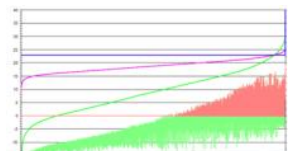
Energieaufwand für 50 % r.F. entspricht dem Gesamt-Energieaufwand von rund sieben Minergie-Einfamilien-Häuser.

Befeuchter-Energie pro 1'000 m³/h in Abhängigkeit der rel. Feuchte im schweizerischen Mittelland

Jahresenergie Befeuchtung

Beispiel 2:

- 8 Mio. Einwohner
- Flächenanspruch 50 m²/P → 400'000'000 m²
- RH = 2,5 m → 1'000'000'000 m³ Raumvolumen.
- LW_{min} = 0,3 h⁻¹ → 300'000'000 m³/h Luft
- → **6'000'000 MWh und → 7 Mio. Kubik Wasser**
- → Der Energieaufwand 45 % r.F. → 1 AKW Gösgen
- → Der Energieaufwand 60 % r.F. → 2 AKW Gösgen



Anm.:
 Berechnungen mit
 JEB by D. Burkhardt
 «Verlustfrei»

Erkenntnis 7: Viel Energie wenig Nutzen...

Fazit:

- 1:** Nationaler wie internationaler Konsens für eine Luftbefeuchtung im Rahmen von den 30 % r.F bei rund 21 °C aus.
- 2:** Es gibt keine medizinischen evidenzbasierten Beweisführungen / Untersuchungen, die eine Befeuchtung für «normale» RLT-Anlagen rechtfertigen.
- 3:** Der Mensch hat mit seinem Atemtrakt ein perfekt funktionierendes «Feuchte-Regulatorium».
- 4:** Die Innenraumluftqualität ist durch schadstofffreie Materialien und eine hygienisch einwandfrei realisierte RLT-Anlage sicher zu stellen.

Fazit:

- 5:** Die Luftmengen von mindestens $36 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$ helfen, luftgetragene Partikel auszuspülen und damit auch Feuchteirritationen zu vermeiden.
 I. d. R. fällt in Räumen durch die Luftbefeuchtungsquelle «Mensch» selten unter 30 % relative Feuchte.
- 6:** Die Filtrierung hat einen matchentscheidenden Einfluss bei der Partikelausscheidung aus der Luft
- 7:** Energetisch gute Anlagen, mit dem bestmöglichen SFP einfordern
- 8:** Die (sicheren) kostenintensiven energetischen Massnahmen für Befeuchtungsanlagen in normalen Komfort-Anlagen stehen in keinem Verhältnis zu ihrem (unsicheren) Nutzen (> 1 AKW).

! ?
Danke

Die Recherche zeigt, dass der gesunde Mensch in der Lage ist, seinen Körper mit Feuchte zu versorgen. Dies ohne künstliche Befeuchtung über RLT-Anlagen. Die Irritationen werden durch Feinstaub, gasförmige Verunreinigungen u.a.m. verursacht.

Das Problem ist an der Quelle zu suchen und zu lösen. Die künstliche Befeuchtung für normale Komfortanlagen ist im Sinne der Suffizienz und Nachhaltigkeit abzulehnen.