

# Raumklima – Seminar 1 Einführung

21. Juli 2021, 15:00 bis 17:00 Uhr

15:40-16:20 **Zu geringe Luftfeuchtigkeit**

- Probleme durch zu geringe Luftfeuchtigkeit
- Oberflächenproblematik bei verschiedenen Materialien
- Normative Empfehlungen und Fallbeispiele

Karl-Heinz Weinisch, IQUH GmbH, Weikersheim

## Unsere Arbeitsgebiete.....



***Materialprüfung/-zertifizierung***



***Gebäude-, Raumluft- u. Klimaprüfung***

# Politik und Klimaschutz

## *Klimaschutzthema außen*

Nicht nur in unserer Umwelt ist der vielbeschriebene Klimawandel deutlich erkennbar.

## *Klimaschutzthema innen*

Auch in unseren Arbeits-, Schul- und Wohnwelten hat sich ein Wandel vollzogen – und nicht immer zum Wohl der Menschen.

Wie misst, riecht oder erkennt man den raumklimatischen Notstand?

Welche Schritte zur Raumklimaoptimierung sind möglich?

## Klimaschutz



Quelle: ©Jakub Krechowicz/123RF.com



Grundlagen zum Raumklima  
und zur Raumluftechnik

# Raumklimaqualität

Raumklima wird durch Faktoren beschrieben, die in Innenräumen einen Einfluss auf das Wohlbefinden oder die Gesundheit von Menschen haben können.

- Luftqualität: Gefahrstoffe (Benzol), Schadstoffe (VOC), Risikostoffe (Stäube, Allergene, Reizstoffe), Geruch (akzeptabel/inakzeptabel)
- Behaglichkeits-Faktoren: Feuchte, Temperatur, Farbe, Licht, Innenarchitektur etc.
- Luftzug, Schall
- uvm

# Behaglichkeit und Empfindlichkeit - BG

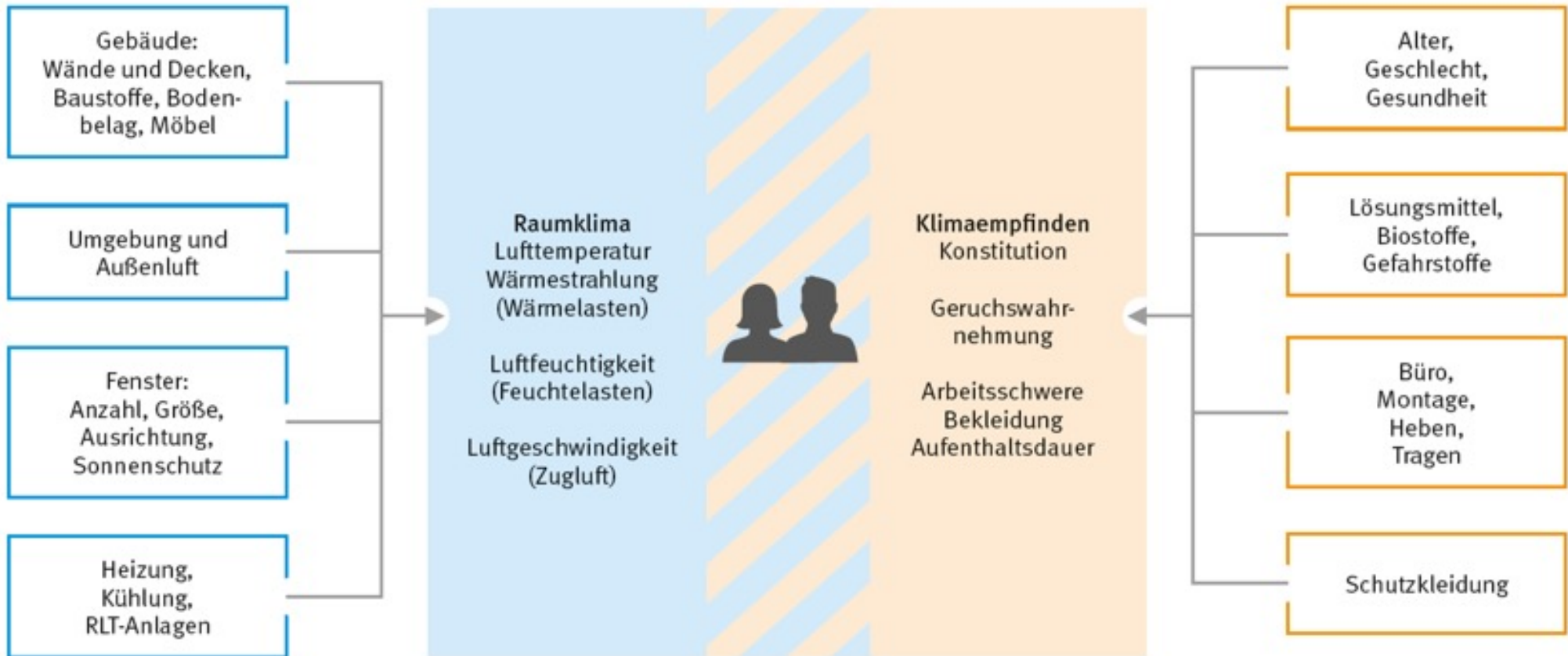


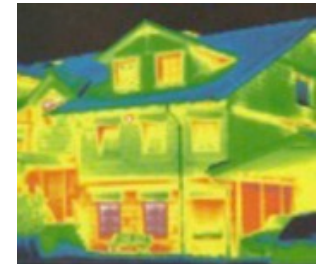
Abbildung 1: Einflussfaktoren auf das Raumklima und das Klimaempfinden

# Raumklima Normen



# RaumKlimaCheck – Trockene Raumluft

- Temperaturen
- **Luftfeuchten innen und außen, Luftdruck**
- Licht, Sonneneinstrahlung
- Schall und Lärm
- Farben
- Gerüche, CO2 Wert
- Chemische und mikrobiologische Schadstoffe/Staub
- Physikalische Stressoren
- Luftzug, Lüftungsplanung
- Materialeigenschaften Oberflächen, Porösität, Alkalinität, Feuchteausgleichsverhalten, Dampfdruck





# DIN EN 15251

Norm für ein behagliches Raumklima bzgl. Feuchte, Emissions- u. Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

**Kategorie-1:** hohes Maß an Erwartungen (Räume für empfindliche und kranke Personen, z. B. Kinder, Ältere, Kranke, ...)

**Kategorie-2:** normales Maß an Erwartungen (Räume in neuen und renovierten Gebäuden)

**Kategorie-3:** moderates Maß an Erwartungen (Räume bestehender Gebäude)

**Kategorie-4:** keine Erwartungen (zeitlich begrenzter Teil des Jahres)





# 1. Raumklimaregel (10 Regeln)

- Ein ***gutes Raumklima und eine behagliche Wohnumgebung*** liegt im Allgemeinen dann vor, wenn vom Raumnutzer Geruch, Licht- und Schallverhältnisse, Farben, Luftzug, Wärmestrahlung, Lufttemperatur sowie Luftfeuchte als angenehm empfunden werden.
- Für sensible Personen sollten allergieauslösende Faktoren, elektrische und statische Felder und vermeidbarer Hausstaub vorsorglich vermieden werden.



## 2. Raumklimaregel

- Die **relative Luftfeuchte** sollte im Sommerhalbjahr maximal 70 Prozent betragen. Langanhaltend hohe Luftfeuchte kann Schimmelbildung begünstigen oder die Parasitenbildung wie Milben fördern.
- Trockene oder zugige Luft ist für Haut- und Schleimhautirritationen verantwortlich, daher sollten 30 Prozent relative Luftfeuchte nicht unterschritten werden, damit die Augen und Nasen- sowie Rachenschleimhäute nicht austrocknen, weil sie dann zu Entzündungen bzw. Erkältungen neigen.
- Werden 40 Prozent unterschritten sind möglichst schon Gegenmaßnahmen durchzuführen, um Erkältungskrankheiten wegen zu trockenen Schleimhäuten vorzubeugen.
- Ab Werten unter 25 Prozent müssen dringend Maßnahmen ergriffen werden.



## 9. Raumklimaregel (Leckagen u. RLT-Anlagen)

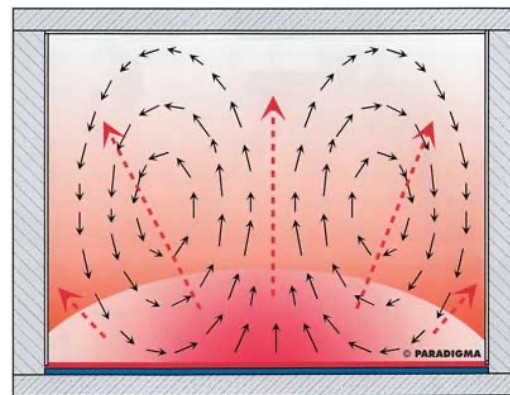
Der ***Luftströmungswert*** sollte maximal 0,15 Meter pro Sekunde betragen.

Ursachen für hohe Werte: Thermodynamik, Leckagen u. RLT-Anlagen



# Trockene Raumluft fördert Mikropartikel MP

- Wärme
- Luftströmung
- Elektrostatik



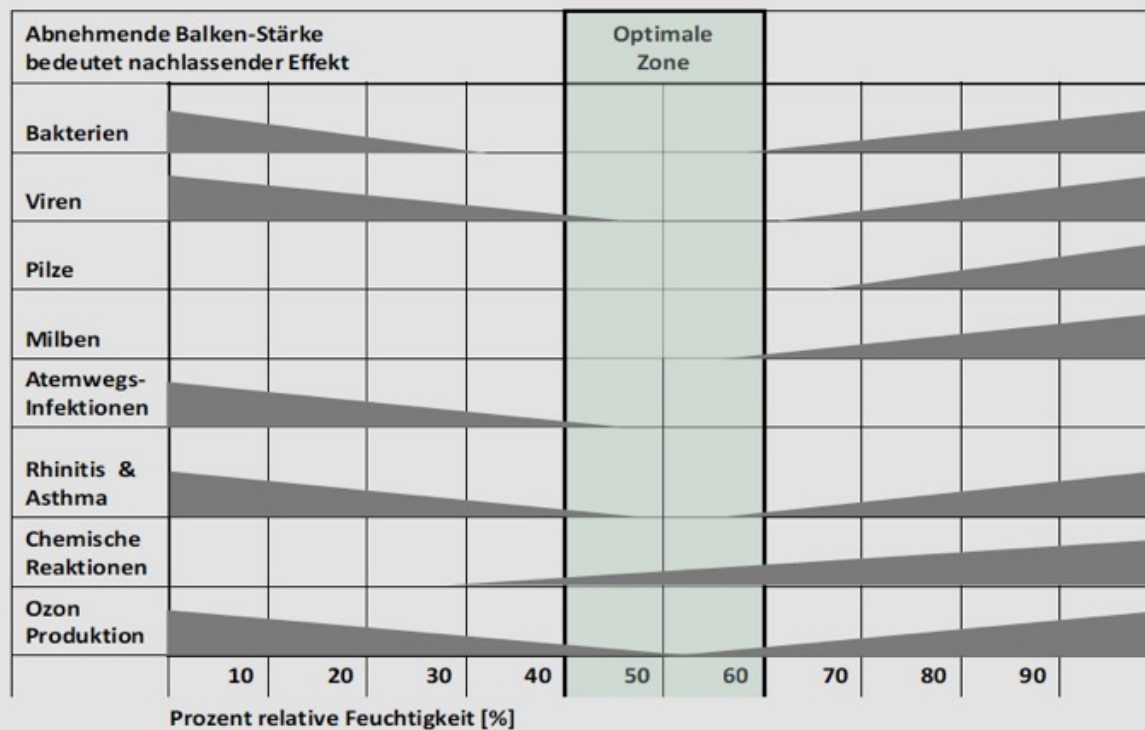
# Trockene Raumluft fördert Elektrostatik u. MP

- Um gesundheitsbelastende Mikrostaubbewegungen durch Elektrostatik zu minimieren sollten Maßnahmen erfolgen um antistatische Oberflächen zu erhalten.
- Antistatische Möbel- oder Bodenflächen erreicht man mit natürlichen Öl- und Wachsbeschichtungen.
- Bezüge und Raumausstattungen laden sich statisch nicht auf, wenn sie aus Naturmaterialien bestehen.
- Wand- und Deckenbeschichtungen aus Kalk-, Lehm- oder Silikatmaterialien laden sich ebenfalls nicht statisch auf.



# Zu trockene Raumluft wird kaum beachtet!

## Optimaler Feuchtebereich für minimale gesundheitliche Nebenwirkungen in Gebäuden

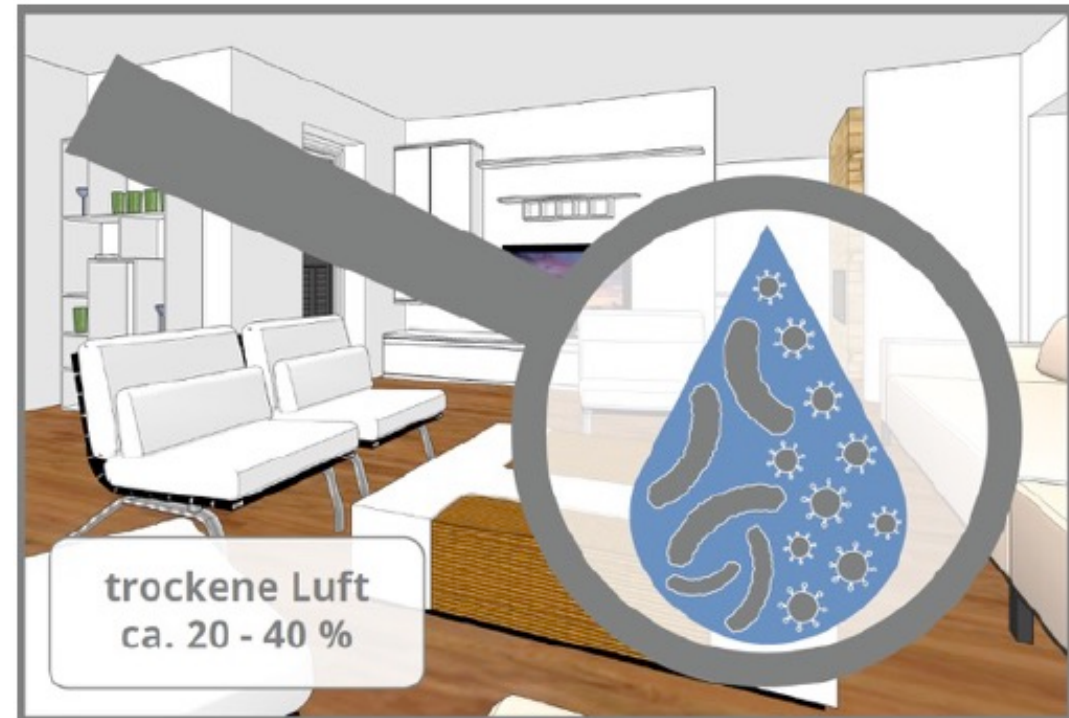
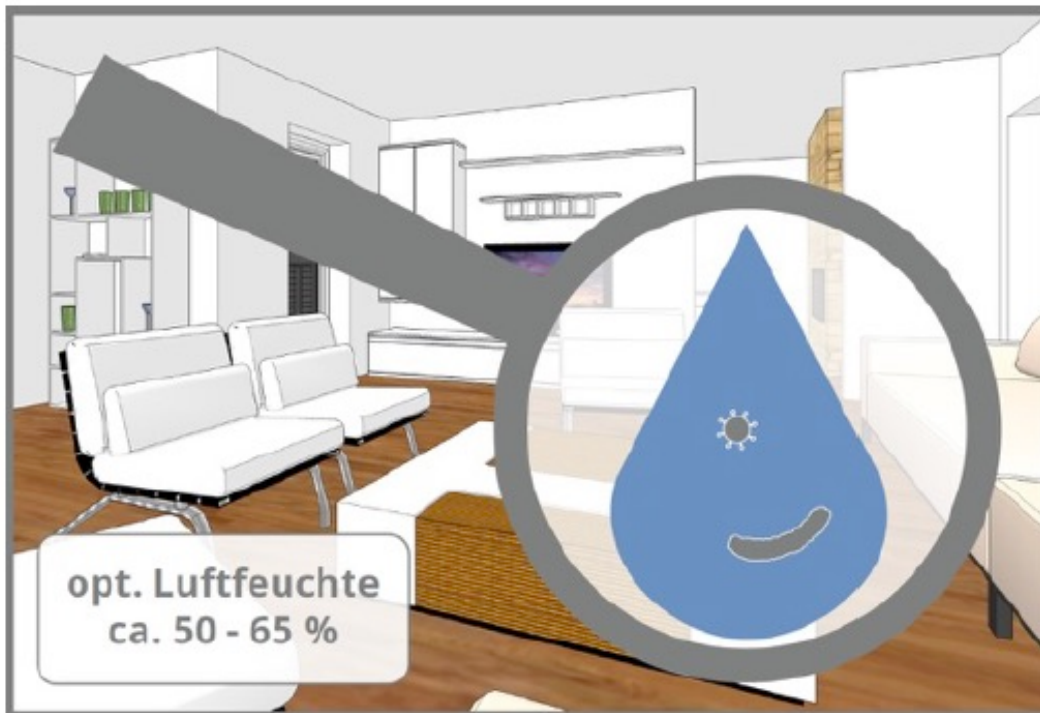


**Abbildung 4:**

Das sogenannte Scotfield-Sterling-Diagramm wurde 1986 veröffentlicht und zeigt den Wissensstand zur optimalen Raumluftfeuchte in Gebäuden von 40 bis 60 % – das hat damals wie heute unverändert Gültigkeit.

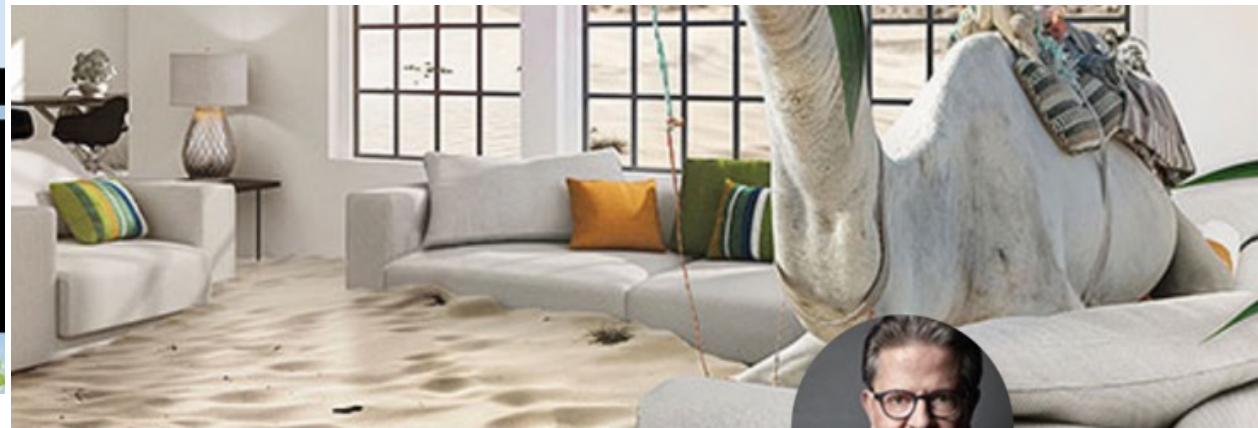


# Trockene Raumluft und Mikroorganismen (MO)



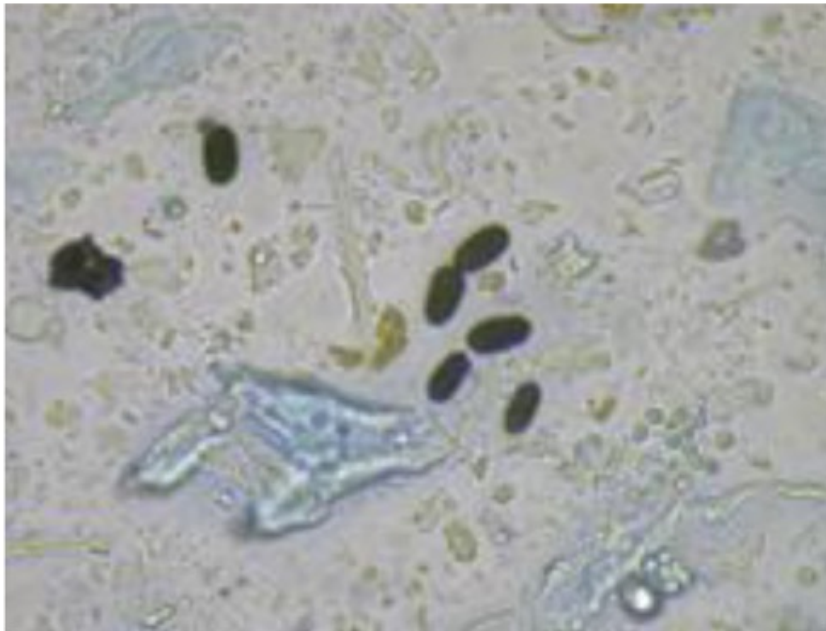


# Raumklima-Forschung : Flugzeuge, OP Räume



Fachartikel von Dr. med. Walter Hugentobler  
Facharzt für Allgemeine Innere Medizin

# Studien



Partikelprüfung mit Raumluftmessgerät/Objektträger  
(Hautschuppen, Pollen, Mikroorganismen, Fasern)

Hohe Warmluftthermik und zu trockene Raumluft führen dann häufig zu Allergien und innenraumtypischen Symptomen. Weil am Mikrostaub auch die Mikroorganismen und die Schadstoffe anhaften, bildet dieses Konglomerat ein gefährliches Angriffspotential für unsere trockenen und daher unzureichend geschützten Schleimhautbarrieren in Rachen, Bronchien, Lunge, Nase und Auge. Die Schleimhaut des Atemtraktes wird geschädigt und wir sind dadurch anfälliger für Infektionskrankheiten und Allergien.

# Forschung

## Kommentar von Dr. med. Walter J. Hugentobler

Diese bahnbrechende Forschung verwendete gentechnisch veränderte Mäuse mit ähnlichen Immunantworten wie Menschen. Das macht diese Tiere zu einem idealen Infektions-Modell. Dr. Iwasaki zeigt, dass eine ausgewogene Befeuchtung unsere Immunabwehr verbessert, was unsere Anfälligkeit gegen verschiedenste Infektionen, nicht nur gegen die Grippe, vermindert.

Diese Studie unterstreicht die Notwendigkeit, die relative Luftfeuchtigkeit in Innenräumen in Haushalten, Schulen, Büros, Krankenhäusern, Flugzeugen auf 40–60% zu halten. ASHRAE sollte diese hervorragende Studie zum Anlass nehmen, ein Mindestniveau der Luftfeuchtigkeit von 40% in bewohnten Räumen zu fordern.





### Schleimproduktion

Ein eingeatmetes Virus muss zu den Epithelzellen vordringen können, um in die Wirtszelle einzudringen. Die Schleimschicht fängt die Viren effizient ab, bevor sie in die Wirtszellen eindringen können (Abbildung 4). Von den Drüsen in der Lamina propria gebildeter Schleim wirkt als mechanische und durch seine antimikrobiellen Eigenschaften auch als chemische Barriere (74, 75). Der Schleimbelag besteht aus 93–97% w/w Wasser, 3–7% w/w Feststoffen, 1–3% w/w Glykoproteinen, 1% w/w Proteinen, 0,5–1% w/w Lipiden und 0,70–1,4% w/w Mineralstoffen (76). Die wichtigsten Glykoproteine im Schleim der Atemwege sind die sekretorischen Muzin-Proteine MUC5AC und MUC5B (77). Kaltes Klima wird oft mit einer Verschlechterung der chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) in Verbindung gebracht, die sich als Atemwegsobstruktion, Entzündung und Schleim-Hypersekretion äußert (78, 79).

a) Feuchte Luft (hydriert)

b) Trockene Luft (dehydriert)

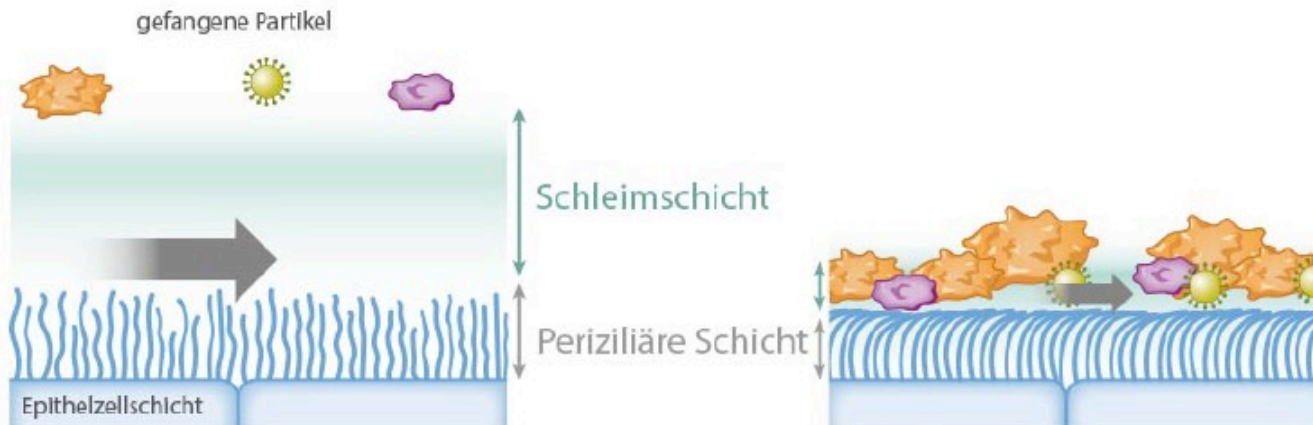
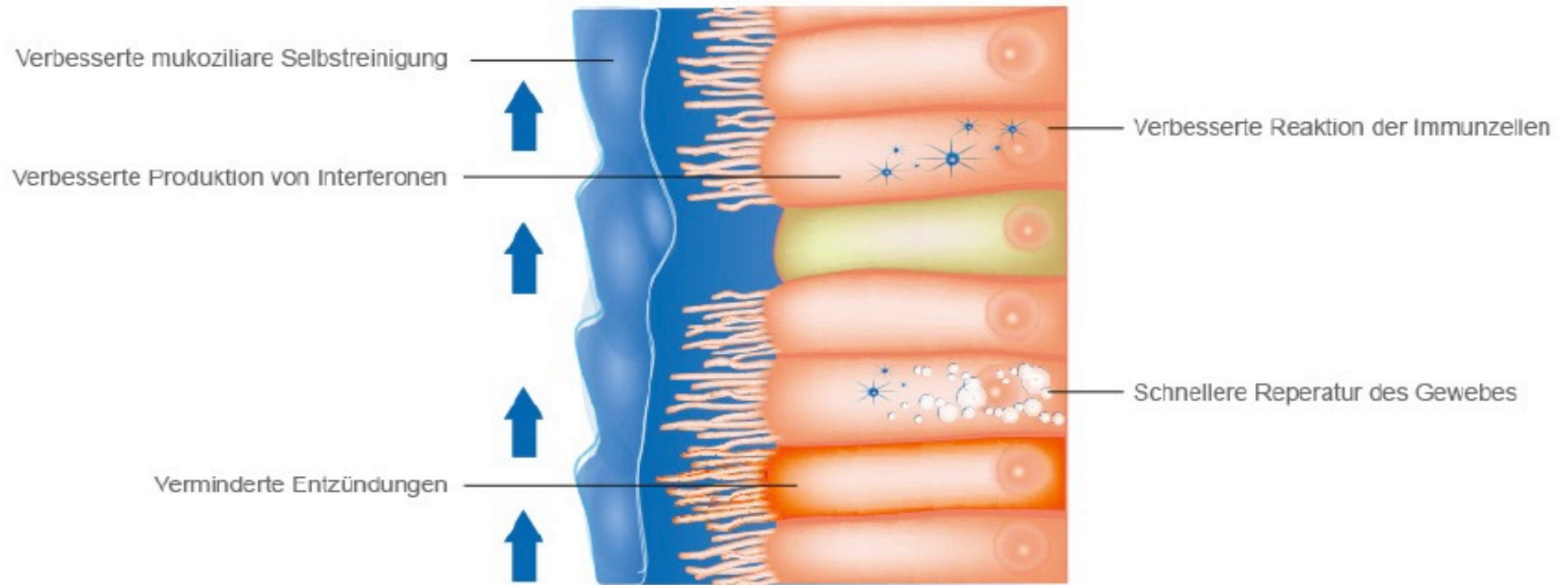


ABBILDUNG 4

Wirkung trockener Luft auf die mukoziliäre Clearance. (a) Eine angemessene Schleimhydrierung ist für den effizienten Schleimtransport erforderlich. (b) Durch trockene Atemluft verursachte Dehydrierung führt zu erhöhter Viskoelastizität der Schleimschicht und immobilisiert die Zilien, die durch die verringerte Höhe der dehydrierten periziliären Schicht nach unten gedrückt werden.

# Immunabwehr und Schutzbarriere bei ca. 40-60 %

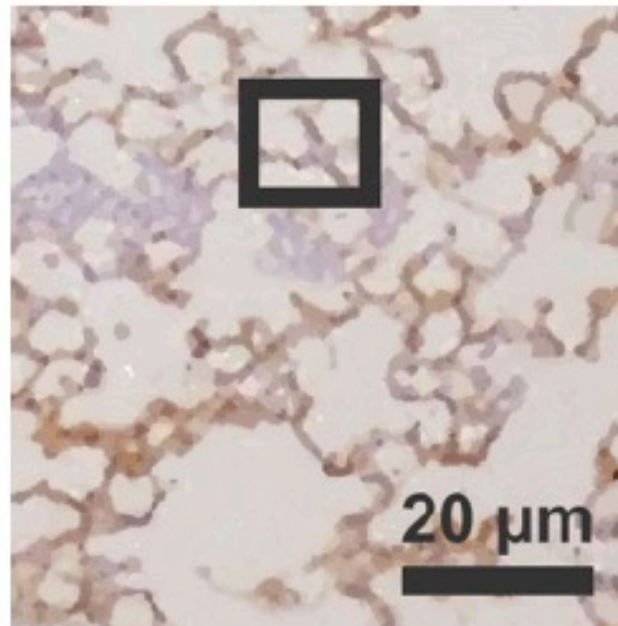
Was beeinflusst die Luftfeuchte in unserem Immunsystem



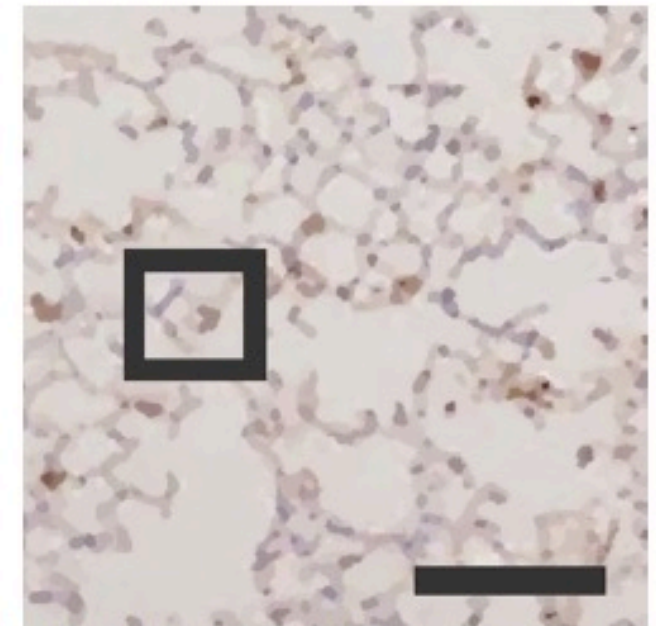
# Infektionsgeschehen im Zellversuch

Dr. med. Walter Hugentobler

Einfluss der Luftfeuchte auf die Intensität der Infektion



Infizierte Lungenaveole bei einer Luftfeuchte von 10 %

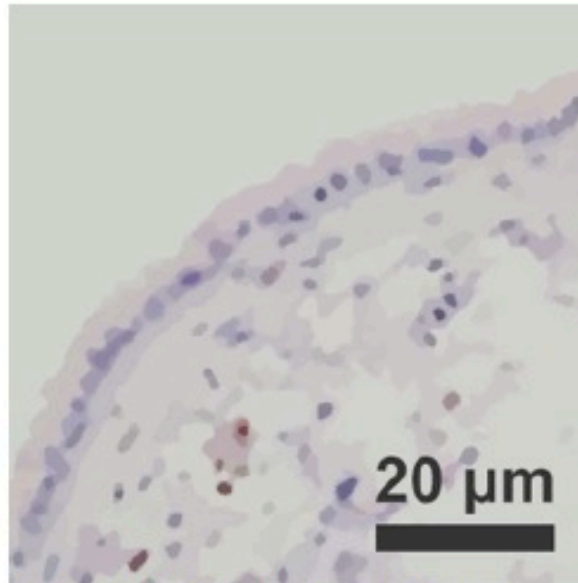


Infizierte Lungenaveole bei einer Luftfeuchte von 50 %

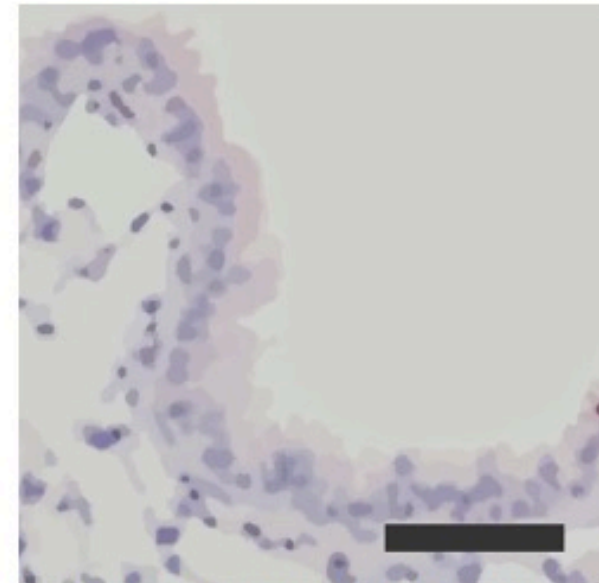
# Zellerneuerung im Zellversuch

Dr. med. Walter Hugentobler

Einfluss der Luftfeuchte auf die Reparatur-Aktivität beschädigter Zellen



Reparatur-Aktivität von infizierten Lungen-  
aveolen bei einer Luftfeuchte von 10 %



Reparatur-Aktivität von infizierten Lungen-  
aveolen bei einer Luftfeuchte von 50 %



# Lufttrockenheit = Körperstress

Ist Luftbefeuchtung im Winter unnötig?

- Trockenheitsstress für den Atemtrakt, die Augen, die Haut, das Gehirn, die Nieren und das Blut. Nachweisbar und messbar = möglich sind Übersäuerungen!
- Die negativen Auswirkungen durch Trockenheitsstress auf die Hirnleistungsfähigkeit sind gut belegt.
- Wissenschaftliche Literatur zum Thema Fliegen (Aviatic). Abhandlungen über die gefährlichen Folgen von zu großer Austrocknung auf Sehkraft, Reaktionsfähigkeit und Entscheidungsprozesse von Piloten.
- Ausreichend erforscht sind negative Auswirkungen von Lufttrockenheit auf die intellektuelle Leistungsfähigkeit von Büropersonal und Schüler.

# Bauhistorie: Innenräume sind im Winter zu trocken

Durch hydrophobe Oberflächen überleben resistente Keime, die es in der Außenluft kaum gibt.



**Abbildung 1:**

350.000 Jahre menschliches Immuntraining mit den vielfältigen Mikroben in der Natur wurde in den letzten Jahrzehnten abgelöst durch ein Immuntraining mit den wenig diversifizierten Mikroben, die auf den Kunststoffoberflächen unserer Gebäude überleben, in denen wir 80 % unserer Lebenszeit verbringen.

# Mikrobiom: Bakterien, Viren u.a. Mikroben sind überall

Gesundheitsgefährdende  
Spezies bekommen  
optimale  
Lebensbedingungen





# Warum verschiebt sich das Innenraum - Mikrobiom?

## Hundert Jahre Baugeschichte und der Wechsel von

«LOWTECH» Materialien

zu

«HIGHTECH» Materialien

Lokal-typischer Baustil  
mit Naturbaustoffen aus der Region  
1920



Naturmaterialien:  
porös und offenporig  
Eigenschaft: Sorption

Ziegel, Mörtel, Kalk, Sandstein,  
Gips, Lehm, Holz, Stroh,  
Naturfasern, mineralische  
Farben und Putze

Urbaner Baustil ohne Lokalbezug  
mit naturfremden Baustoffen  
2020



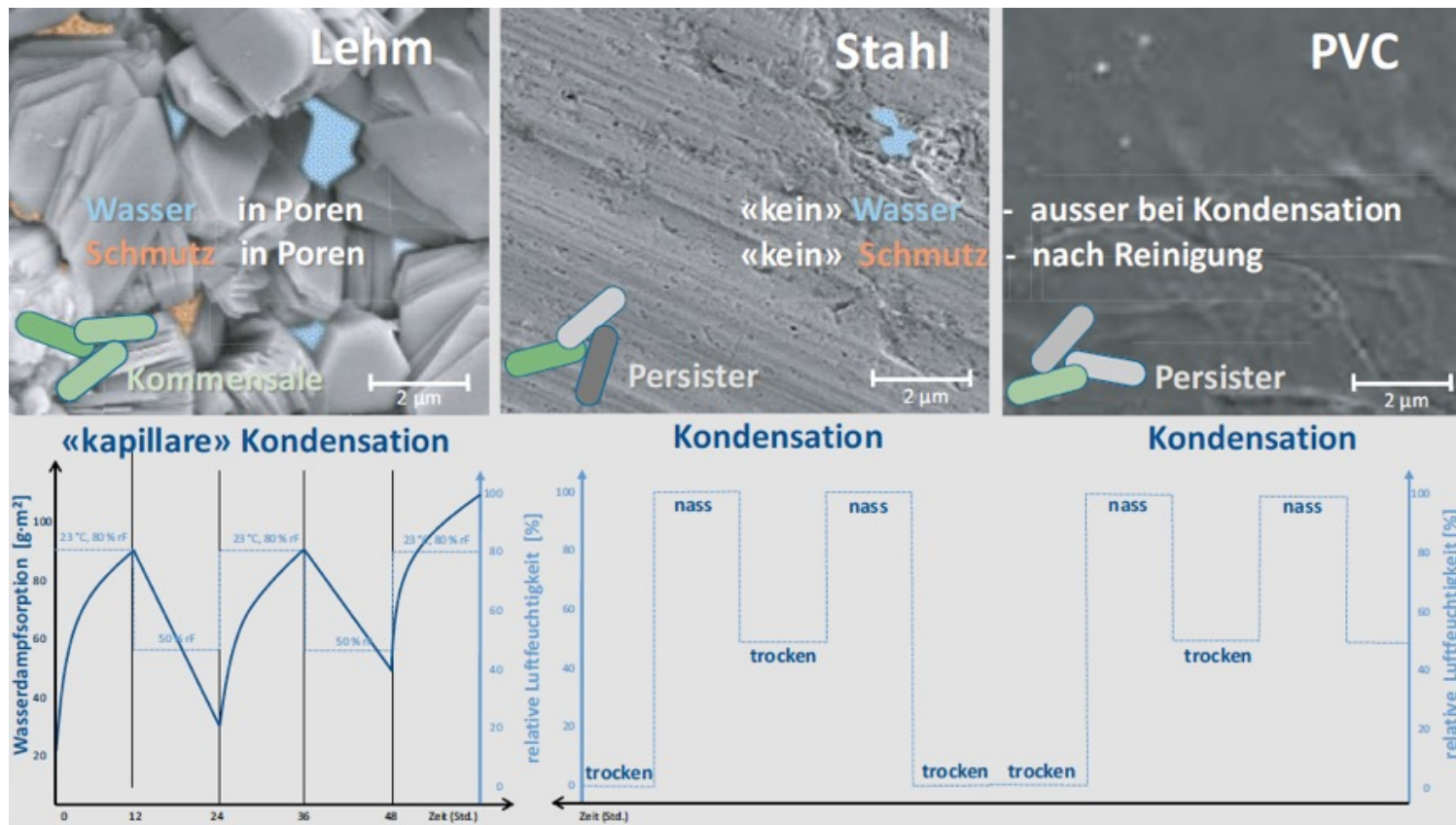
Kunstmaterialien:  
kompakt, glatt, porenfrei  
Eigenschaft: inert gegen Wasser

Beton, Stahl, Glas, Keramik,  
Polymere (PS, PE, PVC), WDVS,  
Kunstfasern (Polyester, Nylon)  
Acrylfarben

### Abbildung 2:

Der Wandel von lokal-typischen Baustilen mit Natur-Materialien aus der Region zu einem urbanen Baustil mit industriellen Baustoffen ist ein wesentlicher Aspekt des Wandels von LOWTECH zu HIGHTECH.

# Persister sind Überlebenskünstler!



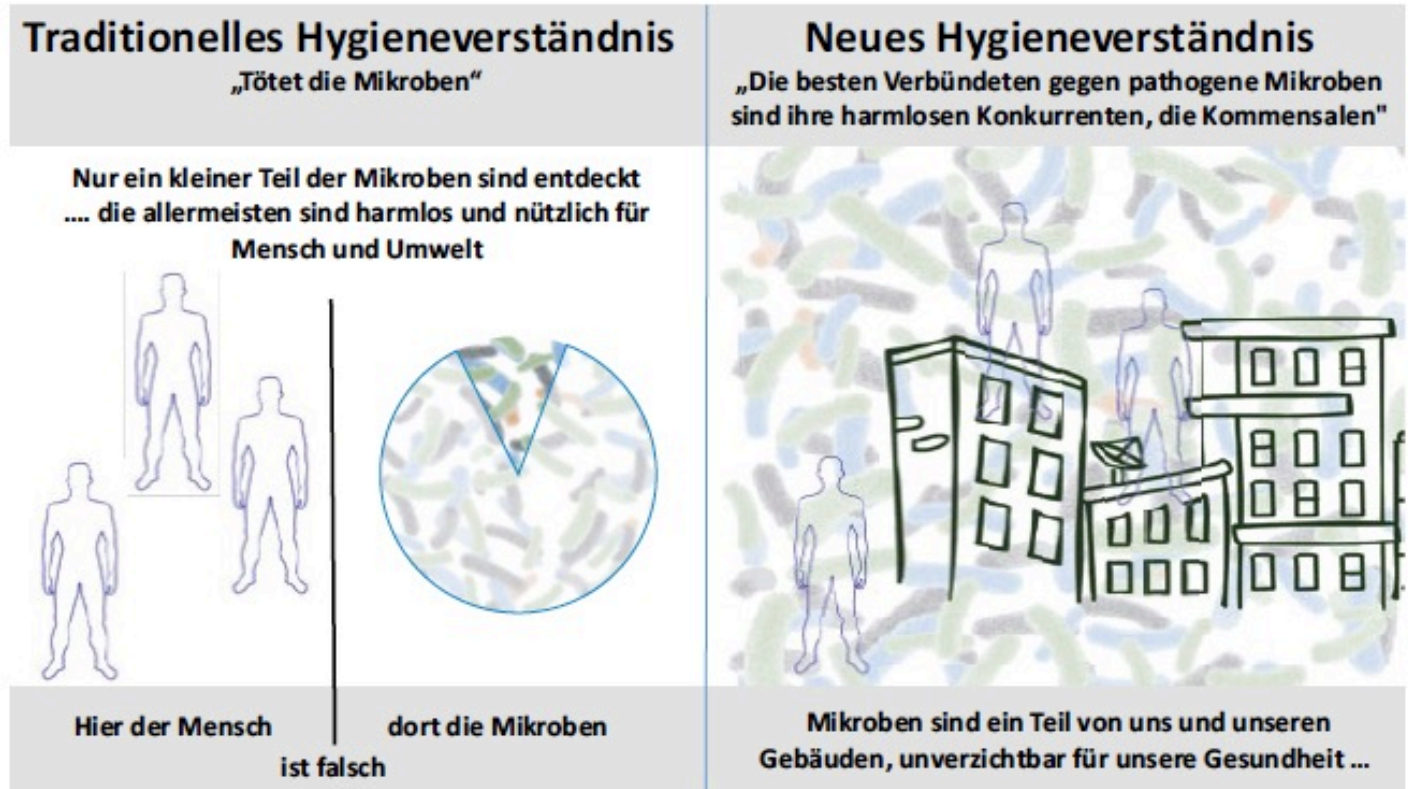
**Abbildung 3:** Industrielle Baumaterialien sind pflegeleicht, trocken und sauber. Der damit verbundene Trockenheitsstress und Nährstoffmangel selektioniert die gefährlichen, multiresistenten Mikroben.

## Unterschied: Persister und Kommensale

- Ein **Kommensale** ist - im Gegensatz zum Parasiten/Persister - ein Lebewesen, das sich von den Nahrungsrückständen eines Wirts ernährt, ohne ihn zu schädigen.
- **Bakterien** der Gattung Bacteroides im menschlichen Darm: Der Wirt (Mensch) stellt dabei das gesamte Lebensumfeld (Darmoberfläche, best. Temperatur, pH, Nahrung etc.) zur Verfügung. Als „Gegenleistung“ fermentieren die Bakterien die verdaute Nahrung. Die kommensalen Darmbakterien sind in der Umwelt u. im Körper vorhanden aber in der Regel harmlos.

# Paradigmenwechsel

**Abbildung 5:**  
Nur ein kleiner Teil der bis heute entdeckten  
Mikroben macht krank. Wir müssen  
erkennen und danach leben, dass Mikroben  
ein Teil unserer Welt sind, der für unsere  
Gesundheit unverzichtbar ist, und dass  
gutartige Mikroben unsere besten Verbün-  
deten sind gegen krankmachende Mikroben.

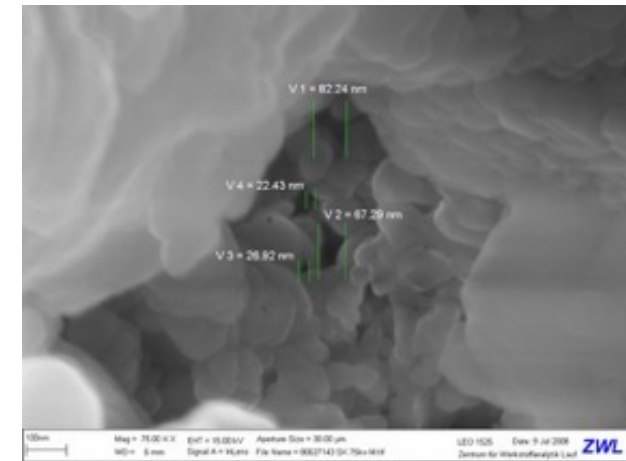
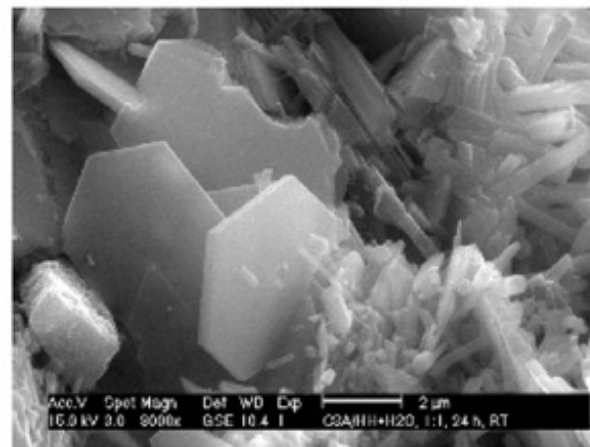
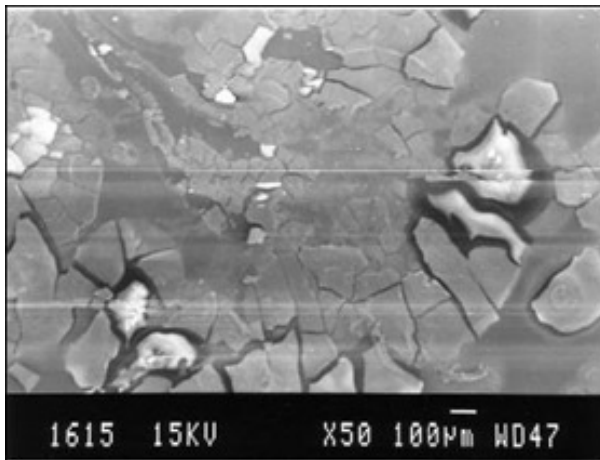
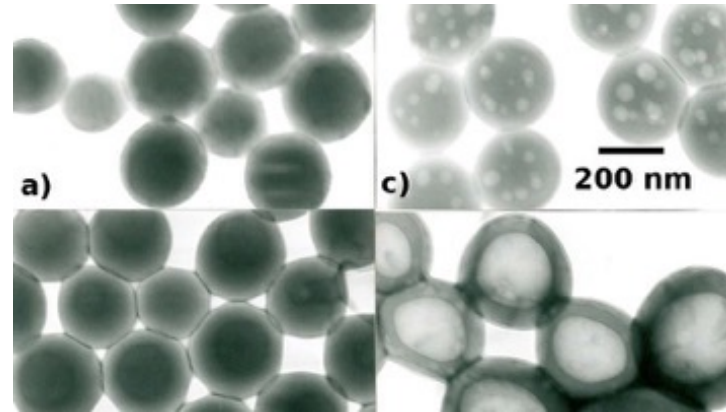
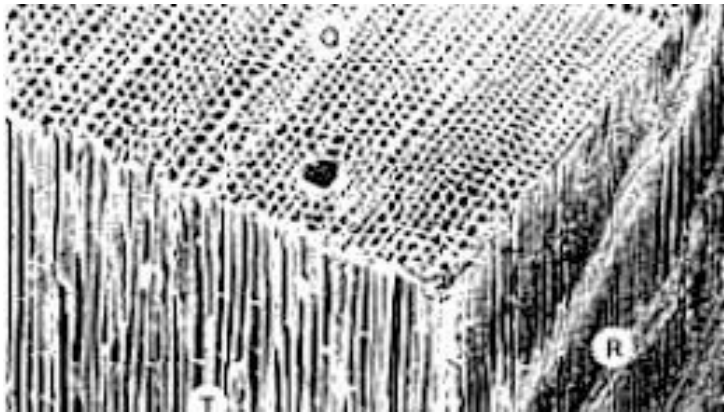




## Lösungen: 1 cm Oberfläche beeinflusst Raumluftheuchte

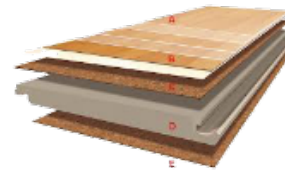
Bezeichnung	Zustand	Ziegel	Kalkputz kg H <sub>2</sub> O / m <sup>3</sup>	Gipsputz kg H <sub>2</sub> O / m <sup>3</sup>	Eiche kg H <sub>2</sub> O / m <sup>3</sup>
Vollständige Sättigung	Ursache für die eine Übersättigung durch die Einwirkung von Wasser im Zeitraum von mehreren Tagen oder Wochen.	240	300	305	730
Poren / -fasersättigung	Ursache für eine Poren / -fasersättigung ist hier eine direkte Befeuchtung mit Wasser oder einer extremen und langanhaltenden Luftfeuchte > 90% an der Oberfläche	190	250	264	600
Kapillarsättigung	Erhöhte Materialfeuchte Ursache kann eine kurzzeitige, direkte Befeuchtung mit Wasser oder einer Raumluftheuchte < 90% an der Oberfläche sein.	60	100	3,5	100
Ausgleichsfeuchte bei 80% r.L.	Erhöhte Raumluftheuchte < 80% r.L. an der Bauteiloberfläche	18	30	1,8	30
Ausgleichsfeuchte bei 50% r.L.	Erhöhte Raumluftheuchte ca. 50% r.L. an der Bauteiloberfläche	5	20	1	20

# REM Gefüge – 1. Holz, 2. Plastik, 3. Silikat, 4. Gips, 5. Sumpfkalk



# Geringere Feuchteausgleichswirkung....

.....an  
Oberflächen  
durch  
Hydrophobierung  
fördert trockene  
Raumlufte im  
Winter u. geringe  
Speicherfunktion  
im Sommer bei  
hoher Lf.



PRODUKT

ZUBEREITUNG

ERZEUGNIS

**BAUTEIL**



# Hilft Lüftung gegen Raumklima-Stress?

Umwelt   
Bundesamt

Für Mensch und Umwelt

Stand: 12. August 2020

**Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2  
in Innenräumen lässt sich durch geeignete  
Lüftungsmaßnahmen reduzieren**

**Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am  
Umweltbundesamt**

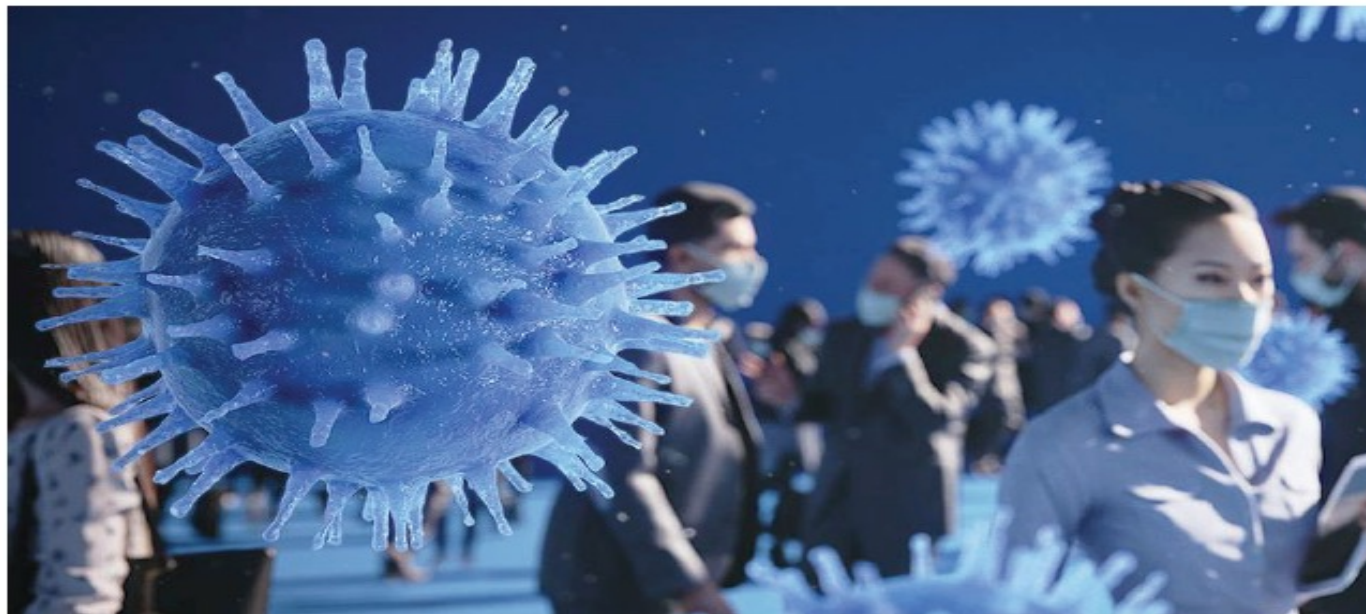


10.02.2020

Dr. med. Walter Hugentobler

## Coronavirus: Präventive Luftbefeuchtung kann die Verbreitung reduzieren

Ergänzend zu den aktuellen Pandemiemaßnahmen könnte die zusätzliche Luftbefeuchtung mit Schwerpunkt in Krankenhäusern das Ausbreitungsrisiko des Coronavirus weiter reduzieren.



© Hugentobler

# (Raumluft) Befeuchtung – Wärme- u. Feuchtetauscher - Systemair



## Empfehlungen zur Förderung eines gesunden Mikroben-Mix in Gebäuden

- Mittlere Raumlufffeuchte zwischen 40 und 60 % einhalten; tiefere Luftfeuchtigkeit fördert Multiresistenzen, höhere Luftfeuchtigkeit ermöglicht Schimmel- und Bakterienproliferation
- Schimmelbildung vermeiden durch geringe Strahlungsasymmetrien (im Einklang mit Energieeffizienzzielen) und ein striktes Abluftregime gegen Feuchtespitzen in Küche und Bad. Schimmelprophylaxe durch Trockenheit fördert bakterielle Multiresistenzen!
- Bedarfsgesteuerte und moderate Luftwechsel (CO<sub>2</sub>-Sensoren) helfen, extreme Trockenheit mit der erhöhten Gefahr von Multiresistenzen zu verhindern.

Forschungsbasierte Empfehlungen Dr. med Walter Hugentobler: Infos unter [www.iqum.de](http://www.iqum.de)



- Für Wandflächen und Decken offenporige, sorptionsfähige Putze und mineralische Farben verwenden, deren Feuchteaustausch mit der Luft ein ausgewogenes Mikrobewachstum (Diversität und Konkurrenz) zulassen.
- Für Innenausbau, Mobiliar und Textilien offenporige Naturmaterialien verwenden (Holz, Naturfasern, mineralische und pflanzliche Farben).
- Mikrobenfeindliche Kunstmaterialien (kompakt, porenlos, pflegeleicht) nur verwenden für Bodenbeläge, Nasszellen und Toiletten sowie High-Touch-Flächen wie Türklinken, Tastaturen und Armaturen.
- Kunstmaterialien (Polymere, Glas, Stahl, Dispersionsfarben mit Kunststoffen) sind porenfrei und nehmen keine Feuchtigkeit auf. Diese Oberflächen fördern und selektionieren multiresistente Bakterien.

# Vielen Dank

# Ihre Fragen

Übersicht über die im Rahmen der Literaturstudie berücksichtigten Studien:  
 Studientyp: K = Klimakammeruntersuchung, F = Feldstudie, E = Experimentelle Untersuchung

Autoren	Jahr	Studientyp	Inhalte der Studie
Koch, Jennings, Hymphreys [2]	1960	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Hemmes, Winkler, Kool [3]	1960	-	Laboruntersuchungen zur Überlebensfähigkeit von Influenzaviren in der Raumluft in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte
Sale [4]	1971	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Erkrankungsgrad von Patienten mit ganzjähriger allergischer Rhinitis
Andersen, Lundquist, Proctor [5]	1972	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den nasalen Schleimfluss
Sale [6]	1972	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte in Klassen- und Wohnräumen auf die Erkältungshäufigkeit bei Kindern
Gelperin [7]	1973	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte in den Quartieren auf die Erkrankungshäufigkeit innerhalb einer Kaserne
Andersen, Lundqvist, Jensen, Proctor [8]	1974	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den nasalen Schleimfluss, die Haut und das allgemeine Befinden
Green [9]	1974	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
McIntyre [10]	1978	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Strauss et al. [11]	1978	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Erkrankungsgrad bei Asthmatikern
White, Rycroft [12]	1982	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf Hautprobleme in einer Produktionsstätte
Green [13]	1982	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
Green [14]	1985	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Schülern
Laviana, Rohles, Bullock [15]	1988	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das menschliche Auge direkt und beim Tragen von Kontaktlinsen
Reinikainen, Jaakkola, Seppänen [1]	1992	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Höppe [16]	1992	-	Modellrechnung zum Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Wasserverlust durch Wasserdampfdiffusion und auf den respiratorischen Wasserverlust eines leicht arbeitenden jungen Mannes
Sundell, Lindvall [17]	1993	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden von Büroangestellten
Sommer, Johnen, Schongen, Stolze [18]	1994	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf den Tränenfilm des Auges
Nordström, Norbäck, Akseelsson [19]	1994	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Auftreten von Sick-Building-Syndrom-Symptomen in einem Krankenhaus
Fiedler, Hoyer [20]	1996	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit bei Kindern
Reinikainen, Aunela-Tapola, Jaakkola [21]	1997	E	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeitsempfinden
Fang, Clausen, Fanger [22]	1998	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeits- und Geruchsempfinden
Fang, Clausen, Fanger [23]	1998	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Behaglichkeits- und Geruchsempfinden
Toftum, Jorgensen, Fanger [24]	1998	E	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Empfinden eingeatmeter Luft
Fiedler [25]	1998	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Erkrankungshäufigkeit von Kleinkindern
Spiegel [26]	1998	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Hautrauigkeit bei Patienten mit atopischem Ekzem
Backman, Haghghat [27]	1999	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf die Augen
Sato, Fukayo, Yano [28]	2003	F	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf Atmungsorgane, Haut und Augen
Fang, Wyon, Clausen, Fanger [29]	2004	K	Einfluss der relativen Luftfeuchte auf das Auftreten von Sick-Building-Syndrom-Symptomen