

Die Geschichte der Luftbefeuchtung und ihre Bedeutung für die gegenwärtige Corona-Debatte

Dr. Jürgen Koppe
MOL Katalysatortechnik GmbH
Merseburg, 14. Mai 2020



Zu annähernd 90 % halten wir uns „dichtgepackt“ in geschlossenen Räumen und Verkehrsmitteln auf!

[C. SCHWEIZER et al: Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe, Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2007) 17, 170 – 181]

Infektionen erfolgen dort, wo wir Kontakte pflegen

[W. HUGENTOBLER: Neueste Erkenntnisse zum Einfluss von Luftfeuchte auf Lebensdauer und Verbreitung von Viren, Vortrag, 17. Forum Arbeitsmedizin, Deggendorf 2016]

Die Folgen für die Wirtschaft („in längst vergangenen Zeiten“): Arbeitsunfähigkeitstage je 1 000 Mitglieder ohne Rentner

[Statistik Deutsche BKK 2013]

Akute Atemwegsinfektionen	ca. 1 000
Rückenschmerzen	ca. 1 000
Depressionen	ca. 800
Bandscheibenschäden	ca. 300

Aktuell: 45 Mio. Erwerbstätige in Deutschland

Bedeutet bezogen auf akute Atemwegsinfektionen: 45 Mio. Krankheitstage

Und aktuell:

Krankenstand im März 2020: 4,47 % (Frauen: 4,82 %; Männer: 4,16 %)

Arbeitstage im März: 22 davon 4,47 % entspricht ca. 1 Tag pro Arbeitnehmer = 45 Mio. Krankheitstage

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38600/umfrage/krankenstand-bei-pflichtmitgliedern-der-gkv/>

Ursachen für Atemwegsinfektionen im Jahr 2002:

2/3 Viren

1/3 Bakterien

Coronaviren: 14 %

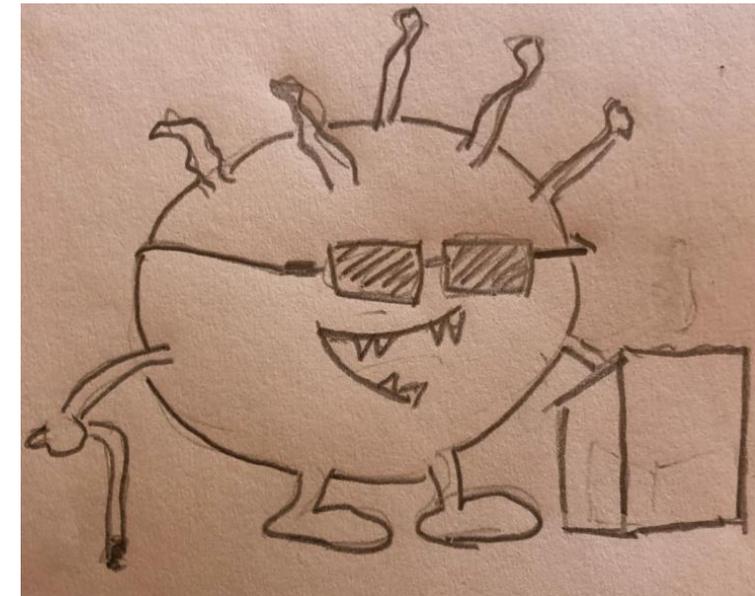
[AS MONTO: Epidemiology of Viral Respiratory Infections, Am. J. Med. 2002, 112 (6A) 4s – 12 S]

Der geheime Plan der Viren [W. HUGENTOBLER]:



Virenkonferenz 2019:

Liebe Mitviren, wir überspringen die Stufe mit dem Hund und nehmen gleich den Menschen als Überträger...



Was passiert bei einer Infektion, die wir diese nicht stoppen können?

Aktuelle Annahme: Verdoppelung aller 3 Tage

Datum	aller 3 Tage	aller 2 Tage	aller 4 Tage
14.03.	3 000	3 000	3 000
17.03.	6 000		
20.03.	12 000	48 000	
23.03.	24 000		
26.03.	48 000	384 000	24 000
29.03.	96 000 (ca. 100 000)	heutiger Stand: 150 000 bis 200 000	
01.04.	200 000		
04.04.	400 000	Das blieb nur „Theorie“	

Warum?

Zu annähernd 90 % halten wir uns „dichtgepackt“ in geschlossenen Räumen und Verkehrsmitteln auf! → Schließung Schulen und Kindergärten sowie Gottesdienste usw.

Infektionen erfolgen dort, wo wir Kontakte pflegen → Geschäfte, Sportveranstaltungen, Gottesdienste

Strategie der MOL Katalysatortechnik GmbH

Selektive Isolation → Kontakt Mensch-Mensch minimieren

Krankmeldung bei ersten Symptomen

Kurzarbeit mit versetzter Anwesenheit

Auf welches Wissen können wir noch zurückgreifen?

Was ist ein Virus?

Was mag der Virus nicht?

Was ist ein Virus? – ein unsichtbarer Untoter!

Größe der Viren: 10 bis 400 nm (kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes)

Ein Virus selbst ist zu keinen Stoffwechselfvorgängen fähig, daher braucht es Wirtszellen zur Fortpflanzung. Der Replikationszyklus eines Virus beginnt im Allgemeinen, wenn sich ein Virion an ein Oberflächenprotein auf einer Wirtszelle anheftet (**Adsorption**), das vom Virus als Rezeptor verwendet wird.

[<https://de.wikipedia.org/wiki/Viren>]

Aerosol-Tröpfchen umhüllen Viren (natürlicher Schutzmechanismus):

Relative Luftfeuchte um 45 % → Aerosol-Tröpfchen sind ca. 4 µm groß → Tröpfchen fallen runter und die Viren verschwinden aus unserer Atemluft

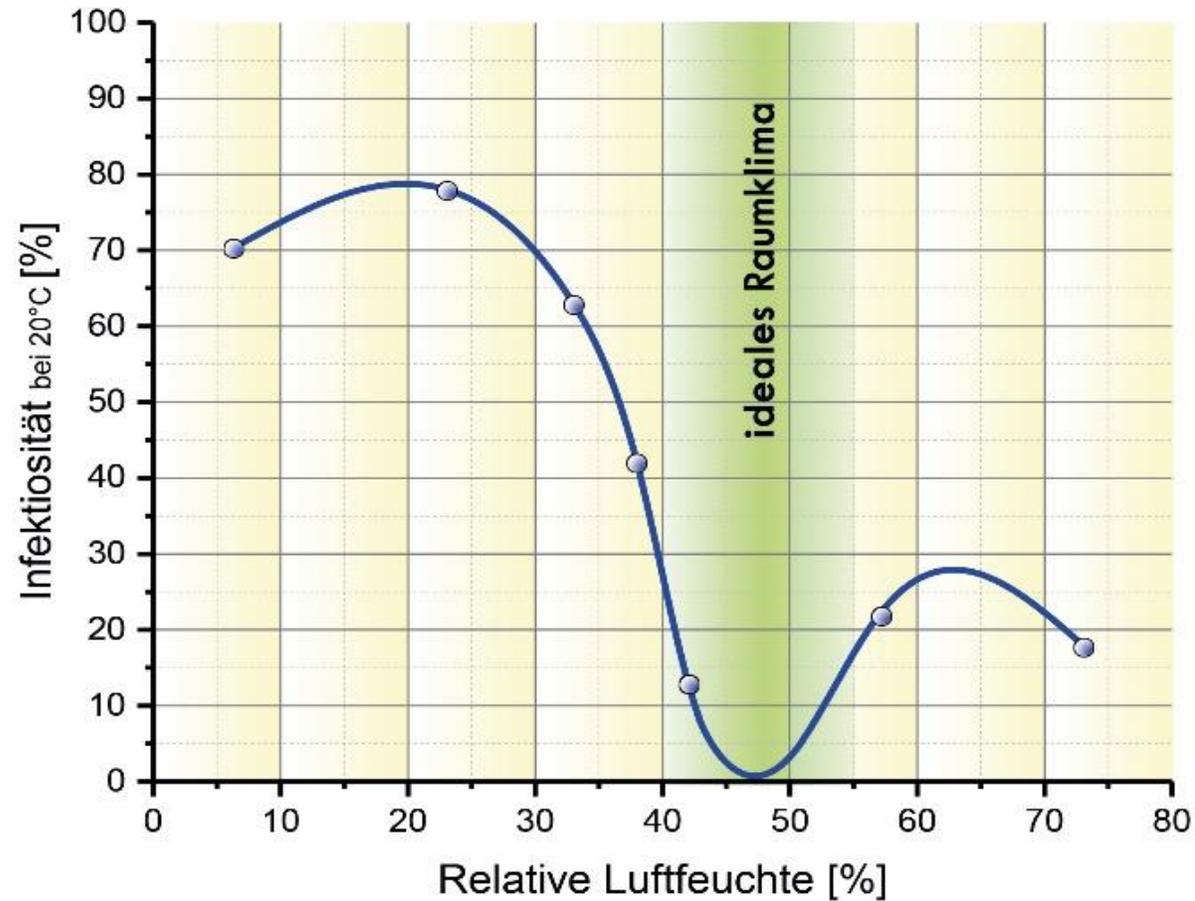
→ dann hilft auch die Oberflächendesinfektion

Relative Luftfeuchte unter 45 % → Aerosol-Tröpfchen sind kleiner 4 µm → Tröpfchen bleiben in der Schwebe und die darin enthaltenen Viren können den Nächsten infizieren

In diesem Falle ist die Oberflächendesinfektion kaum wirksam!

Kleine Tröpfchen können durch den Behelfsmund“schutz“ wandern, große nicht!

Was mag der Virus nicht? Eine relative Luftfeuchte um 45 %



[Noti, J. D.; Blachere, F. M.; McMillen, C. M.; Lindsley, W. G.; Kashon, M. L.; Slaughter, D. R.; Beezhold, D. H.: High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs; PLoS One. 2013; 8(2): e57485; doi: 10.1371/journal.pone.0057485]

Fazit:

Ein optimales Raumklima ist nicht nur angenehm, es hilft auch unserem Immunsystem bei der Abwehr von Viren.

Wir können mit einem optimalen Raumklima die Viren nicht komplett in ihrer Wirkung aufheben.

Wir können jedoch die Wirkung der Viren zeitlich entscheidend verzögern.

Optimales Raumklima und Coronavirus:

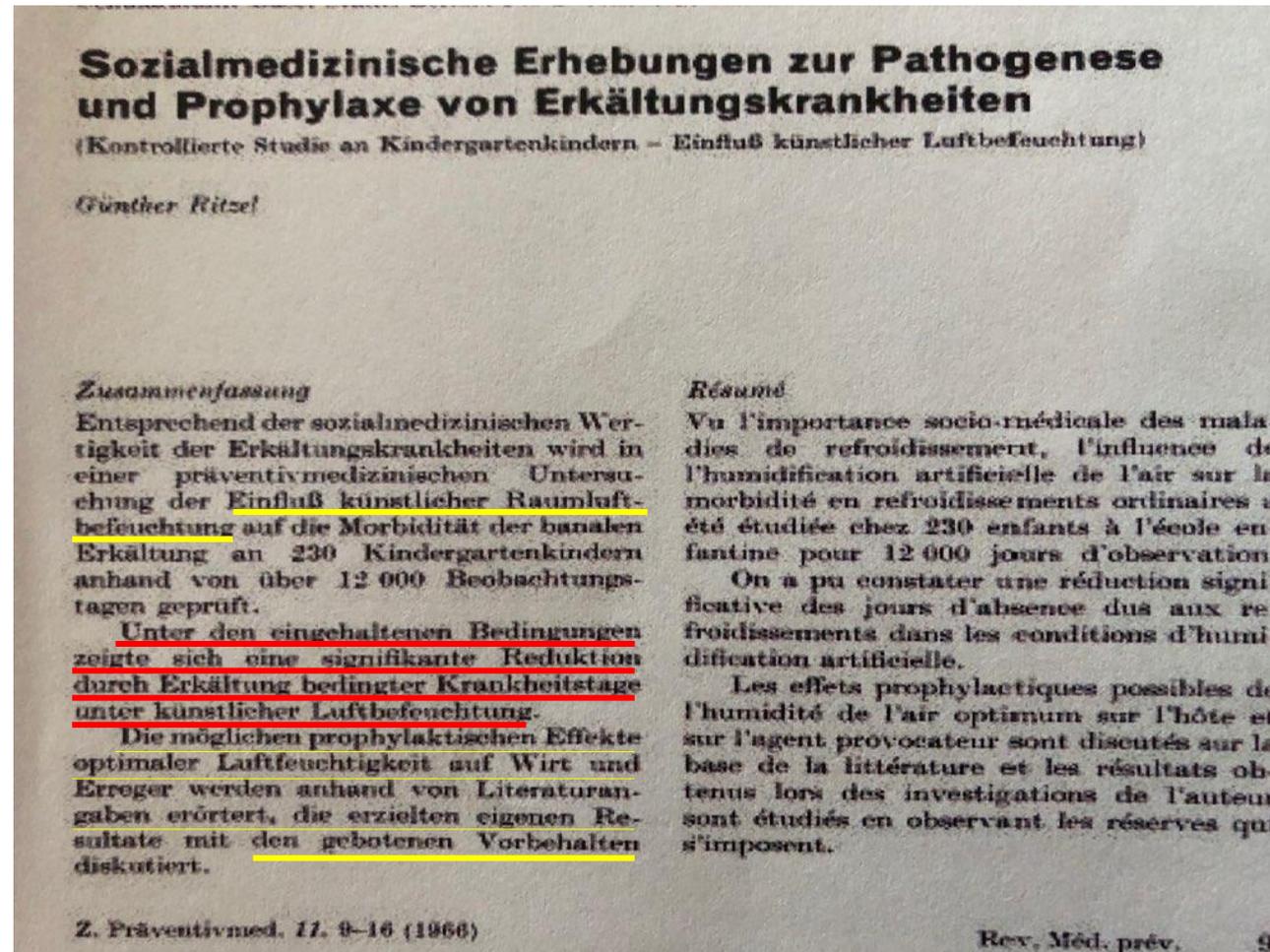
Relative Luftfeuchte [%]	Restaktivität der Coronaviren [%] bei 20 °C		
	1 Tag	2 Tage	5 Tage
20	99	98	90
50	8	0,7	0,05
80	55	30	7

[Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces

Lisa M. Casanova, Soyoung Jeon, William A. Rutala, David J. Weber, Mark D. Sobsey
APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, May 2010, p. 2712–2717 Vol. 76, No. 9
0099-2240/10/ doi:10.1128/AEM.02291-09]

Für Interessierte: Es lohnt, diese Studie genau zu lesen!

Ein Blick um 54 Jahre zurück [G. RITZEL: Kindergarten-Studie, Basel 1966]:



Ein Blick um 54 Jahre zurück [G. RITZEL: Kindergarten-Studie, Basel 1966]:

Die Reduktion der Anzahl der Atemwegsinfektionen durch Raumlufbfeuchtung betrug:

Für Erwachsene: 25 %

Für Kinder: 50 %

Die absolute Reduktion der Krankheitstage im Winterquartal betrug 20 %, das entspricht ca. 0,9 % der Jahreslohnsumme.

Würde die Befeuchtung auf den

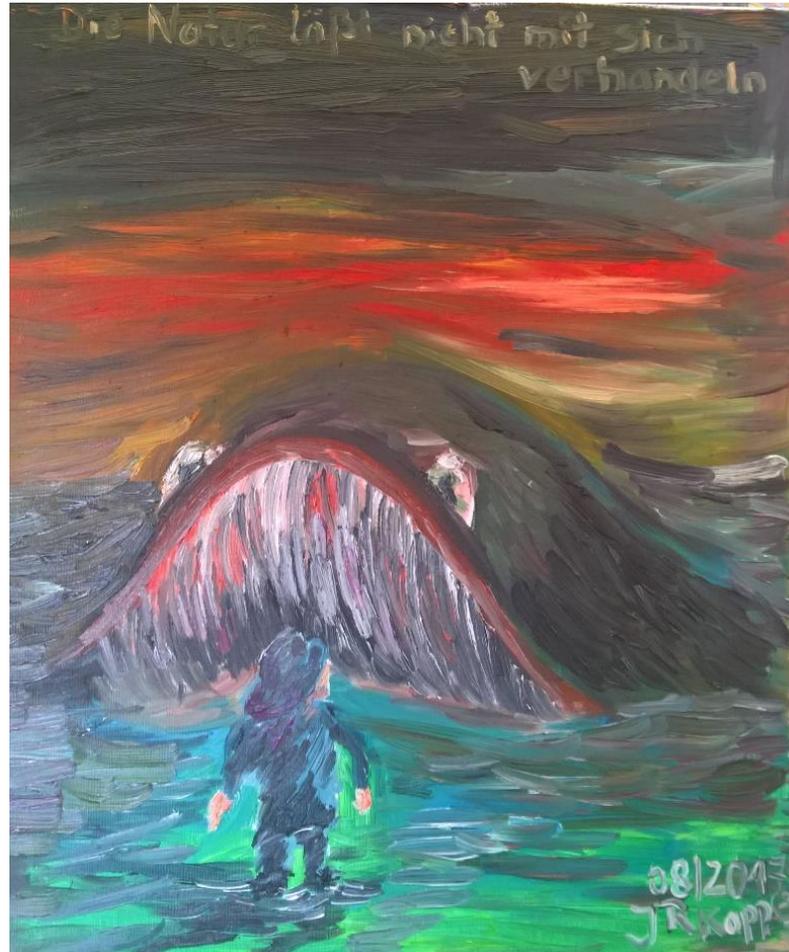
- Wohnbereich,
- öffentliche Gebäude und
- Verkehrsmittel

ausgeweitet, könnte der Effekt noch potenziert werden

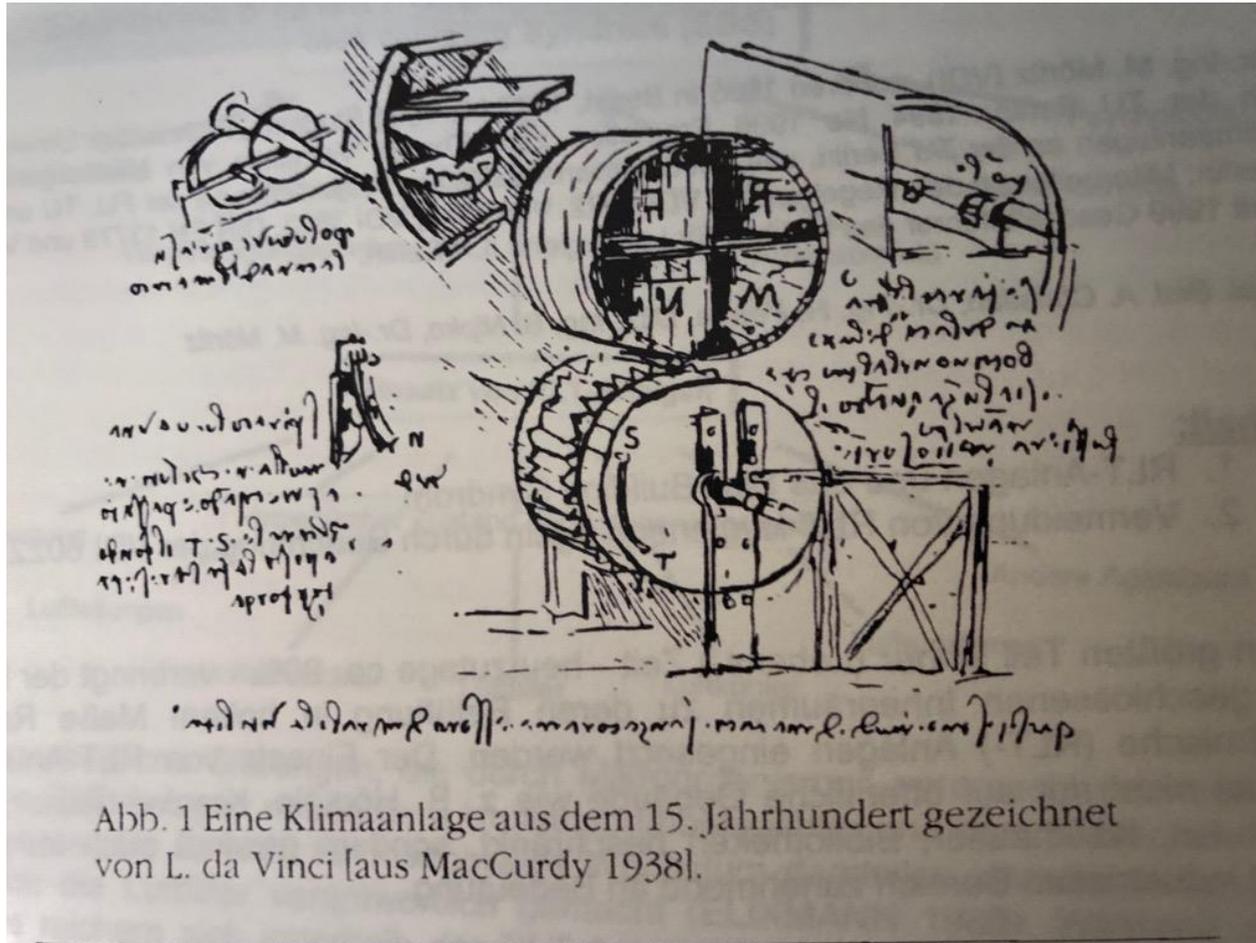
Warum wurde das noch nicht umgesetzt?

Die Luftbefeuchtung und ihre Nebenwirkungen!

...die Natur lässt nicht mit sich verhandeln...wir müssen die Natur verstehen, nicht sie uns!



Die Anfänge der technischen Luftbefeuchtung? → Leonardo da Vinci



**Kühlung der Luft →
Erhöhen der relativen Luftfeuchte**

Beispiel:

Außentemperatur: 5 °C

→ maximal (100 % rLF): 6,8 g H₂O/m³ Luft

Innenraum: 25 °C

100 % rLF = 23 g H₂O/m³ Luft

Es kommen aber nur 6,8 g H₂O/m³ Luft von Außen in den Innenraum.

→ 30 % rLF

Es müssen noch (11,5 – 6,8) g H₂O/m³ Luft verdunsten, um 50 % rLF zu erreichen.

Bei 20 m² x 2,5 m (50 m³) bedeutet dies eine Verdunstung von 235 g Wasser!

Wer hat's erfunden? → Leonardo da Vinci

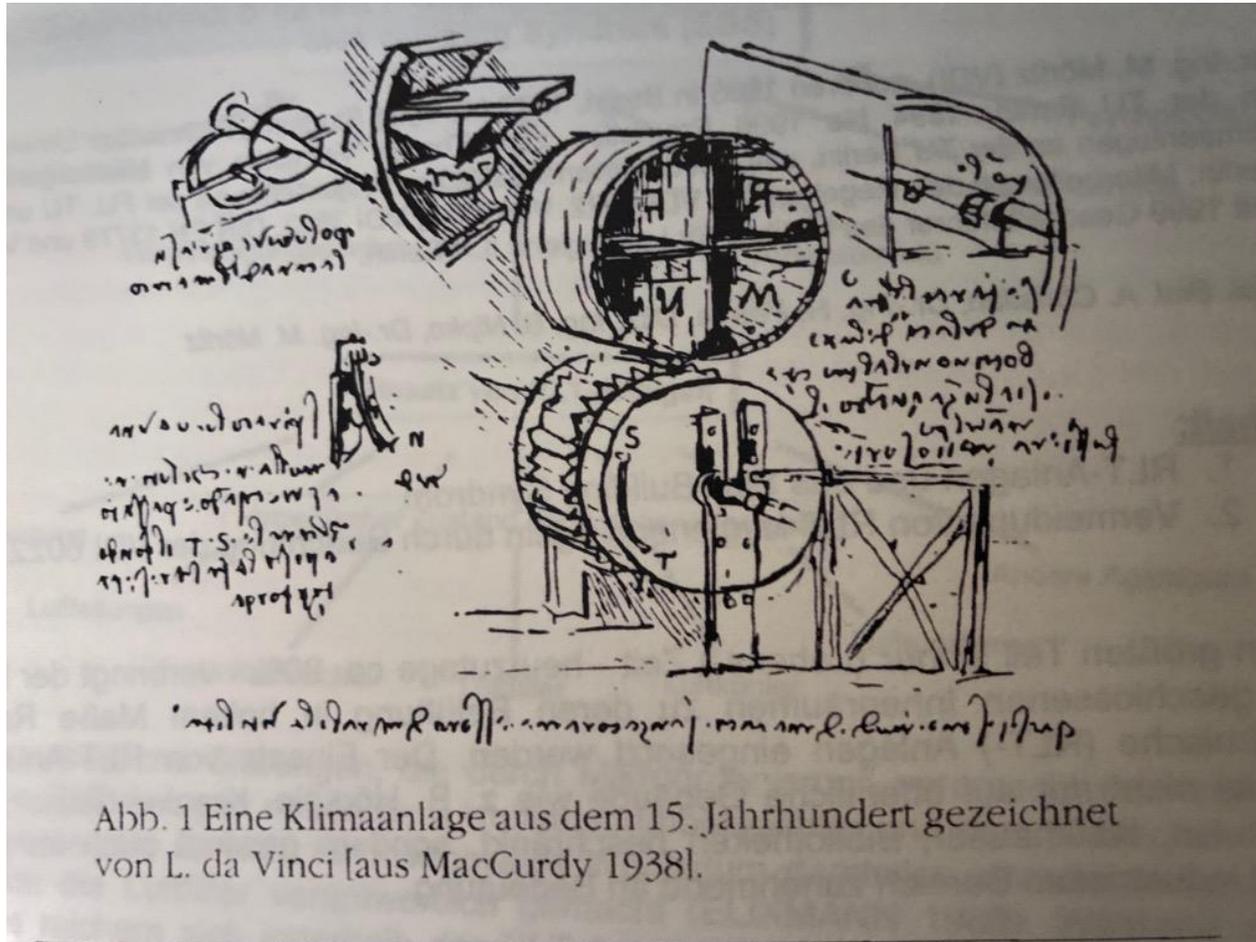


Abb. 1 Eine Klimaanlage aus dem 15. Jahrhundert gezeichnet von L. da Vinci [aus MacCurdy 1938].

Dem Wasser ist Salz beizufügen!

Warum?

Deliqueszenzfeuchte (DrF):

NaCl (36 g/ 100 ml): 75 % rLF*

Mg(NO₃)₂ x 6 H₂O (71 g/ 100 ml): 54 % rLF

rLF < DrF → Wasser verdunstet

rLF > DrF → Wasser kondensiert

* Die mittlere relative Luftfeuchte beträgt in Deutschland ca. 65 bis 75 %. Ähnlich sieht es in Japan und Südkorea aus. D.h., diese relative Luftfeuchte wird offenbar durch den NaCl-Gehalt in den Weltmeeren bedingt.

Deliqueszenzfeuchte → Ursache für frische Luft am Meer



NaCl (36 g/ 100 ml):
Ostsee (ca. 2 g NaCl/ 100 ml)

75 % rLF

Die Salzzugabe vermindert die maximal erreichbare Luftfeuchte.

Gleichzeitig bewirkt die Salzzugabe eine Beschleunigung der Wasserverdunstung bis zu diesem Endpunkt.

Die Ursache hierfür ist die Verminderung der Oberflächenspannung durch Salzzugabe.

Ursache der Deliqueszenzfeuchte: Salzzugabe vermindert die Oberflächenspannung des Wassers

Zugabe Na-Salz [mmol/l]	Oberflächenspannung [mN/m]
theoretisch für H ₂ O	72,29
1	50
4	40
8	30

Die Werte wurden gerundet eingesetzt!

[Quelle: K. STEIBL u. A. GÖTZ: Grundpraktikum der Physik, Versuch 8: Oberflächenspannung, Universität Ulm, Wirtschaftsphysik Alumni e.V., 11.10.2005]

Anmerkung: „Natriumsalz mit einer molaren Masse von 288,38 g“. vermutlich handelt es sich um $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$

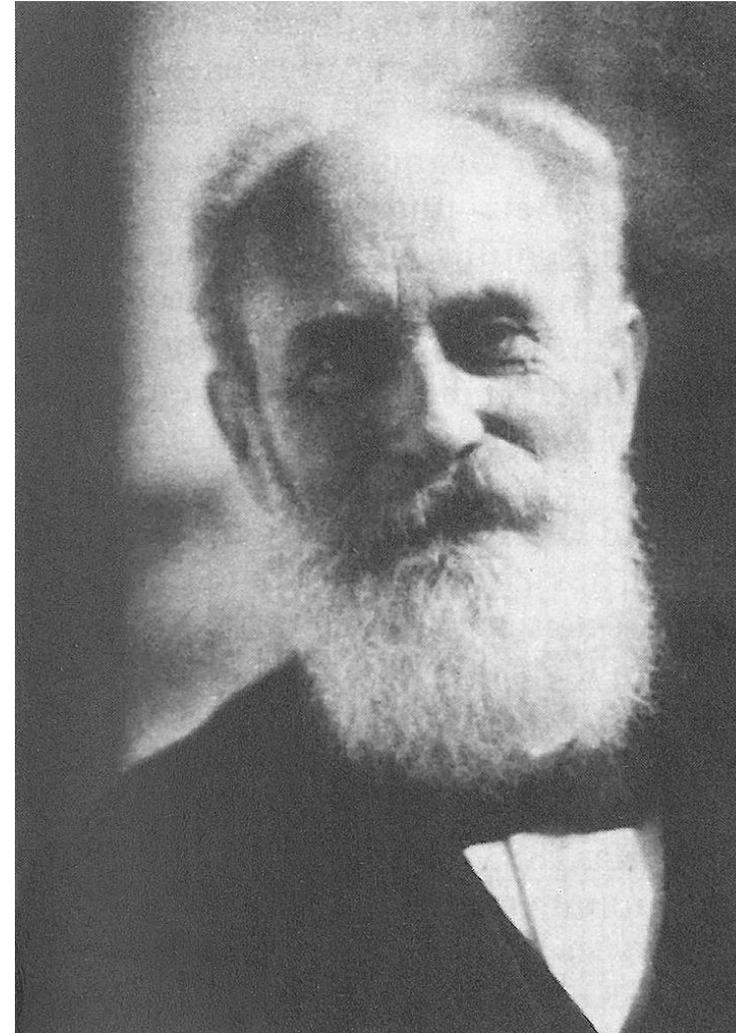
Eine Absenkung der Oberflächenspannung begünstigt die Verdunstungsgeschwindigkeit.

Begründung der Heizungs- und Klimatechnik

Hermann Immanuel Rietschel

19. April 1847 in Dresden

- † 18. Februar 1914 Berlin
- **Unternehmer und Wissenschaftler**
- **Begründer der Heizungs- und Klimatechnik**



Die Erfindung der modernen Luftbefeuchtung

Willis Haviland Carrier

- 26. November 1876 in Angola (New York);
- † 7. Oktober 1950)
- US-amerikanischer Ingenieur und Erfinder
- Er gilt als Vater der modernen Klimaanlage.



Die Auswirkungen von Klimaanlage auf die Wohnatmosphäre und die Produktivität bei der Arbeit sind umstritten [<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimaanlage>].

Pro:

Frischluftzufuhr. Dies ist gemäß [Arbeitsschutz](#), z. B. in Deutschland nach der Arbeitsstätten-Richtlinie Lüftung (ASR 5) dann nötig, **wenn die Luftqualität nicht im Wesentlichen der Außenluftqualität entspricht.** Neben CO₂ werden bei einer Frischluftzufuhr auch Gerüche und Schadstoffe, wie Lösungsmittel aus Baustoffen oder Teppichen, Ozon aus Laserdruckern, Stäube, Gase und Dämpfe aus Herstellungsprozessen etc. abgeführt. Die Arbeitsschutz-Verordnungen benennen als Maßstab jeweils „MAK“-Werte ([Maximale Arbeitsplatz-Konzentration](#)).

Bei etwa 20 °C ist der Mensch zu 100 % leistungsfähig. Bei 28 °C sinkt die Leistungsfähigkeit auf 70 % und bei 33 °C auf 50 %. Laut Arbeitsstätten-Richtlinie Raumtemperatur (ASR A3.5) soll die Temperatur an Büroarbeitsplätzen 26 °C nicht übersteigen.

In Bezug auf Vireninfektionen sollte dies dann in besonderem Maße auch für die relative Luftfeuchte gelten.

Die Auswirkungen von Klimaanlage auf die Wohnatmosphäre und die Produktivität bei der Arbeit sind umstritten [<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimaanlage>].

Contra:

Eine Befragung der [AOK](#) ergab, dass sich fast 40 % der Befragten durch schlechte Belüftung und Klimaanlage beeinträchtigt fühlen. Schlecht gewartete Systeme können Schadstoffe nicht abführen oder sogar **Bakterien, Schimmelpilze** und andere **Mikroorganismen** verbreiten.

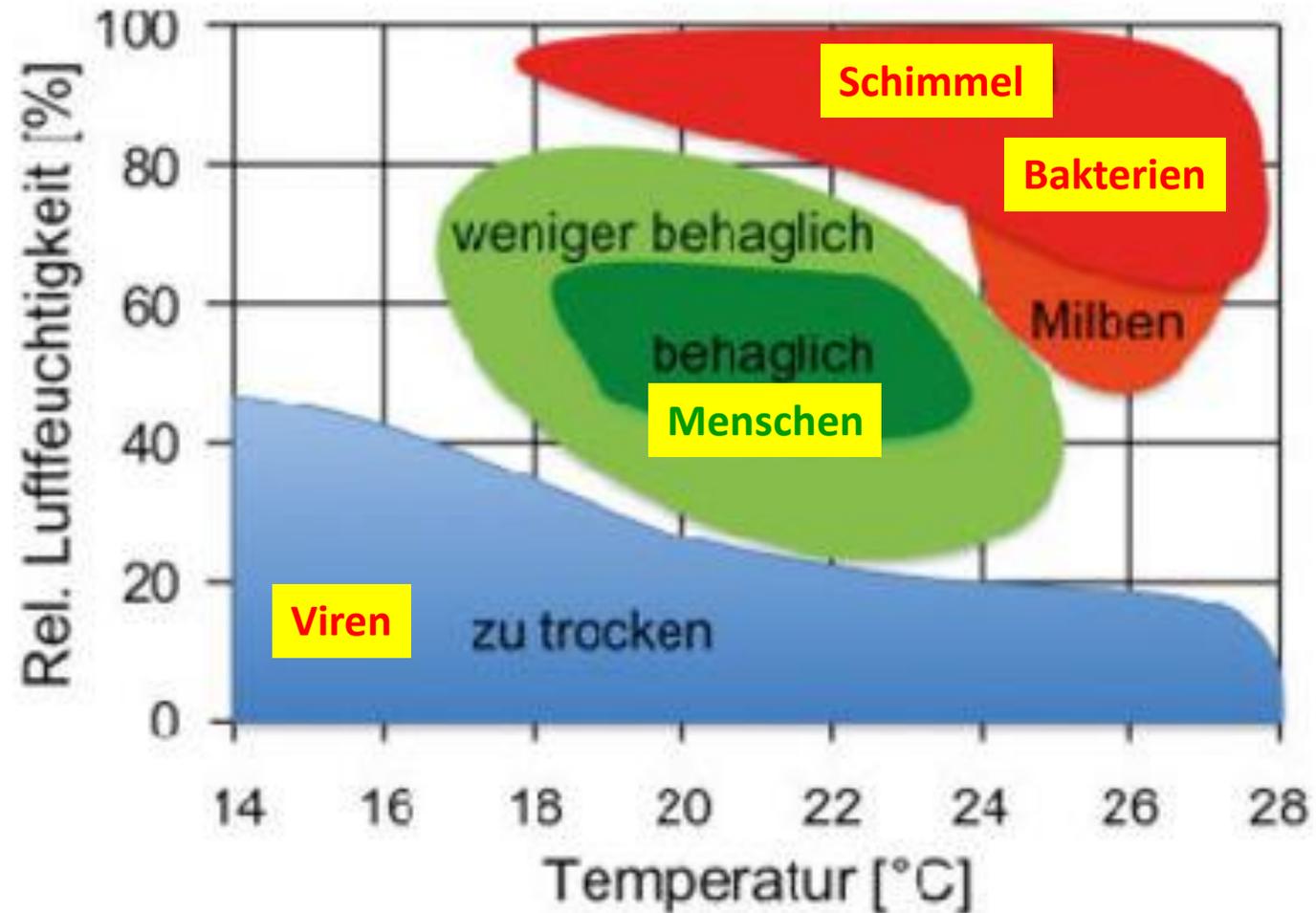
Energieverbrauch, Abwärme und Betriebsgeräusche selbst effizienter Klimaanlage stellen insbesondere in Ballungsgebieten ein Problem dar.

Wenn Kältemittel (z. B. [R-410A](#)) in die Umwelt gelangt, kann das zur [Klimaerwärmung](#) und zum Ozonabbau in großen Höhen beitragen. Betreiber von größeren Kältemaschinen sind deshalb durch die Chemikalien-Klimaschutz-Verordnung dazu verpflichtet, die Dichtheit des Systems regelmäßig prüfen zu lassen. Moderne Kältemittel haben keine Ozon-abbauende Wirkung mehr, jedoch werden Ozonschicht-schädigende Kältemittel weiterhin produziert und eingesetzt.

Die Raumtemperatur kann zu kalt eingestellt sein.

Es wird empfohlen, die Raumtemperatur nicht kälter als 6 °C unter der Außentemperatur einzustellen, was auch erreicht werden kann durch automatisch gleitende Anpassung der Raumtemperatur an die Außentemperatur.

So fühlen wir uns am wohlsten!



DGUV 215 – 410 / Abschnitt 7.4.4 Raumklima

Ein behagliches Raumklima herrscht vor, wenn Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung im Raum als optimal empfunden werden. Dieses Behaglichkeitsempfinden kann individuell differieren und ist vor allem abhängig von Aktivitätsgrad, Bekleidung, Aufenthaltsdauer im Raum und unterliegt tages- und jahreszeitlichen Schwankungen sowie dem persönlichen Empfinden. Büroräume sollten vorrangig frei über Fenster gelüftet werden. Untersuchungen zeigen, dass bei freier Fensterlüftung weniger Beschwerden auftreten als bei klimatisierten Büroräumen. **Werden raumluftechnische Anlagen eingesetzt, müssen sie regelmäßig gereinigt, gewartet und gegebenenfalls instand gesetzt werden, um gesundheitliche Gefährdungen auszuschließen.** Die Arbeitsmittel dürfen nicht zu einer erhöhten Wärmebelastung am Bildschirmarbeitsplatz führen, die unzutraglich ist. **Es ist für eine ausreichende Luftfeuchtigkeit zu sorgen.**

Werden die nachfolgend angegebenen Bereiche der Klimafaktoren eingehalten, wird das Raumklima von einem Großteil der Beschäftigten als behaglich empfunden:

Relative Luftfeuchte maximal 50 %

Luftgeschwindigkeit maximal 0,15 m/s

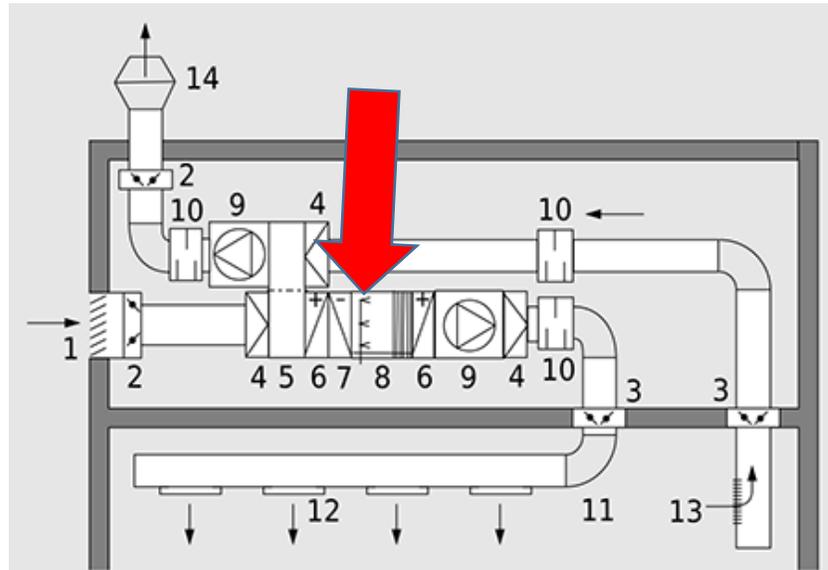
Lufttemperatur 20 °C–22 °C

DGUV 215 – 410 / **Pflichten des Arbeitgebers:**

Es ist für eine ausreichende Luftfeuchtigkeit zu sorgen.

Relative Luftfeuchte maximal 50 %

typische klimatechnische Anlage – ganz schön kompliziert!



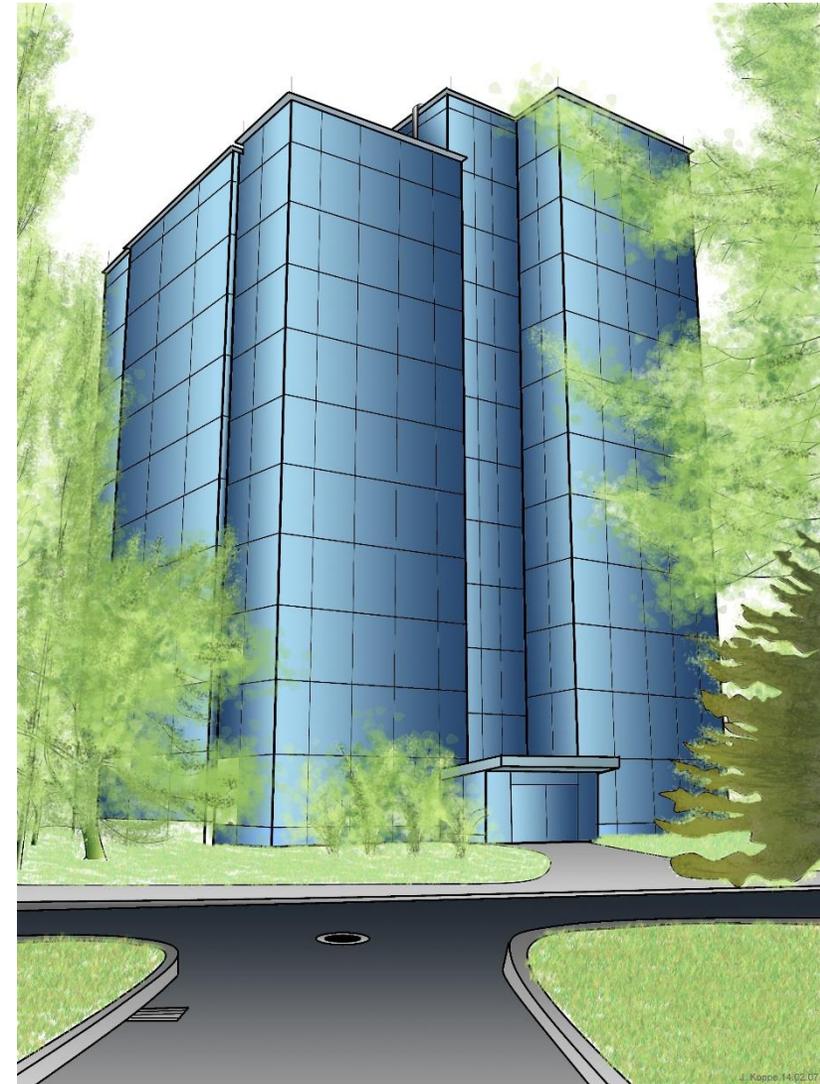
- 1 Wetterschutzgitter
- 2 Klappe
- 3 Brandschutzklappe
- 4 Filter
- 5 Wärmerückgewinnung
- 6 Lufterwärmer
- 7 Luftkühler
- 8 Luftbefeuchter
- 9 Ventilator
- 10 Schalldämpfer
- 11 Luftkanäle
- 12 Zuluft-Luftdurchlass
- 13 Abluft-Luftdurchlass
- 14 Regenhut



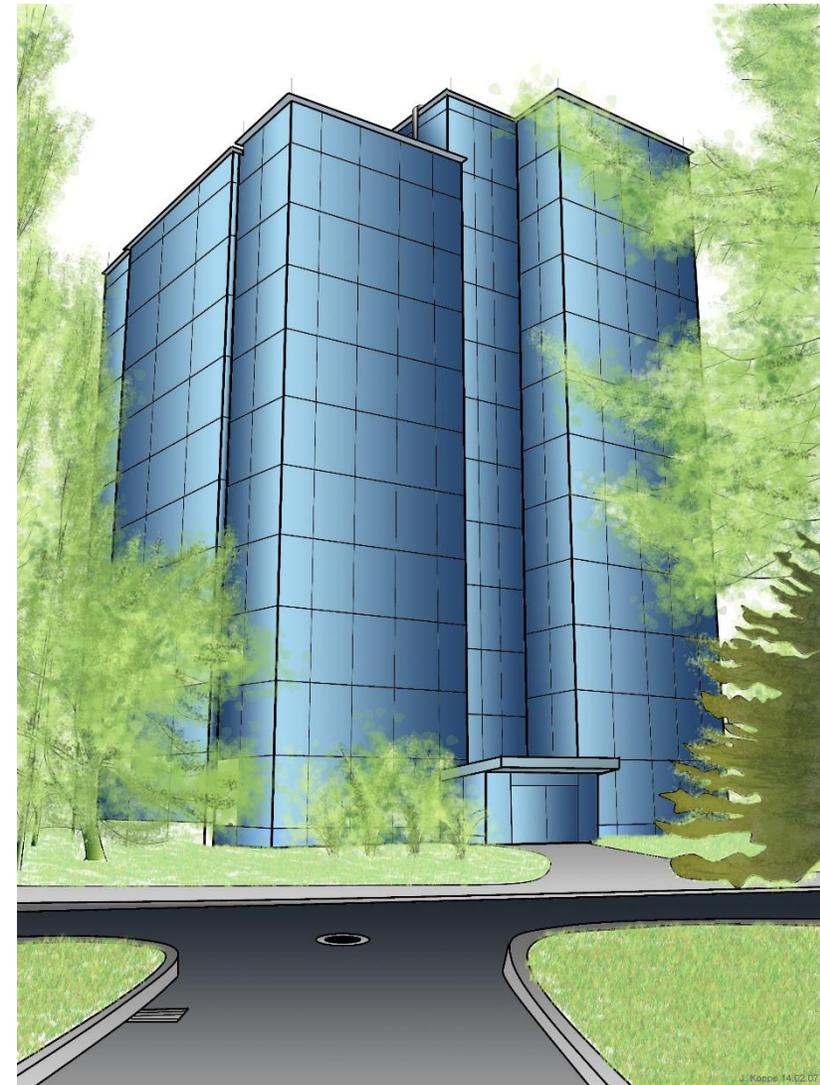
Das Problemfeld - **Biofilm**



[Foto: Roland Zimmermann, Mitteldeutsches Druck- und Verlagshaus, Halle/Saale 1998]

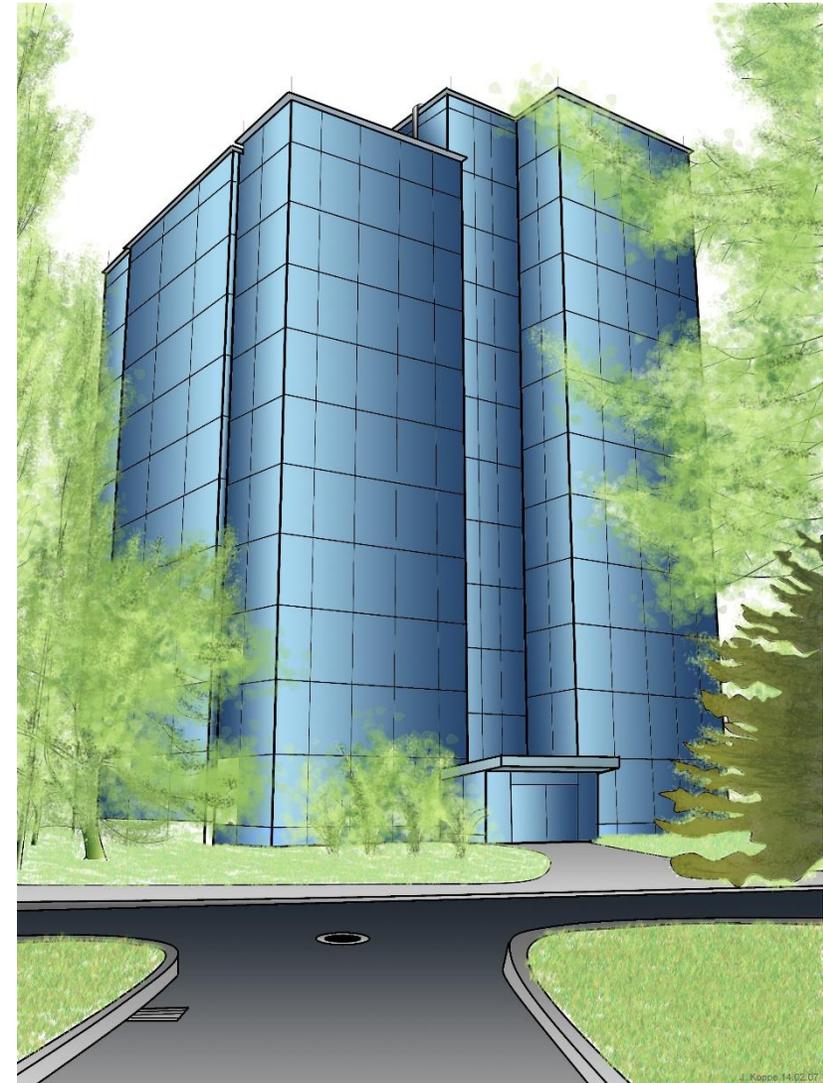


Das Problemfeld - Kalk



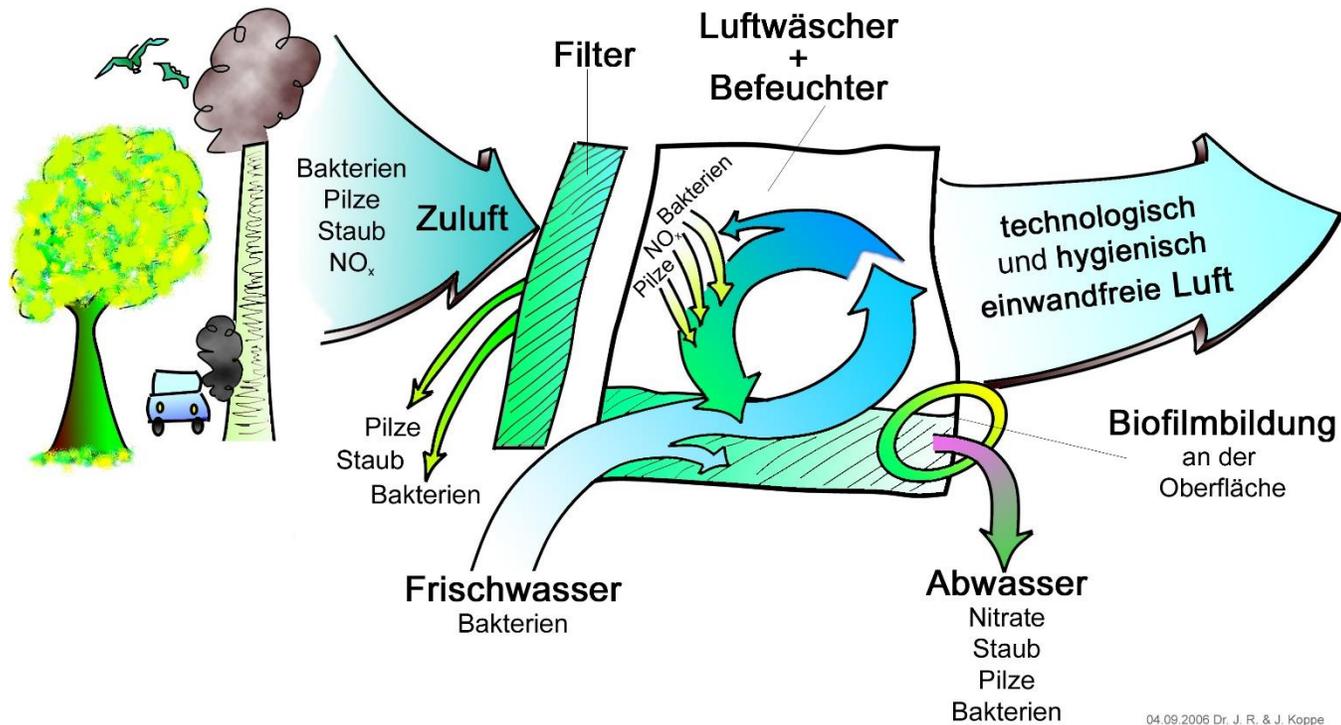
[A. CHRISTIAN, M. MÖRITZ, H. PETERS: Schimmelpilze – Vorkommen, Nachweis, Grenzwerte und Eliminierung, Vortrag, gehalten auf den 5. Merseburger MOL®CLEAN-Tagen, Merseburg 08.05.2007]

Das Problemfeld - Schimmelpilz



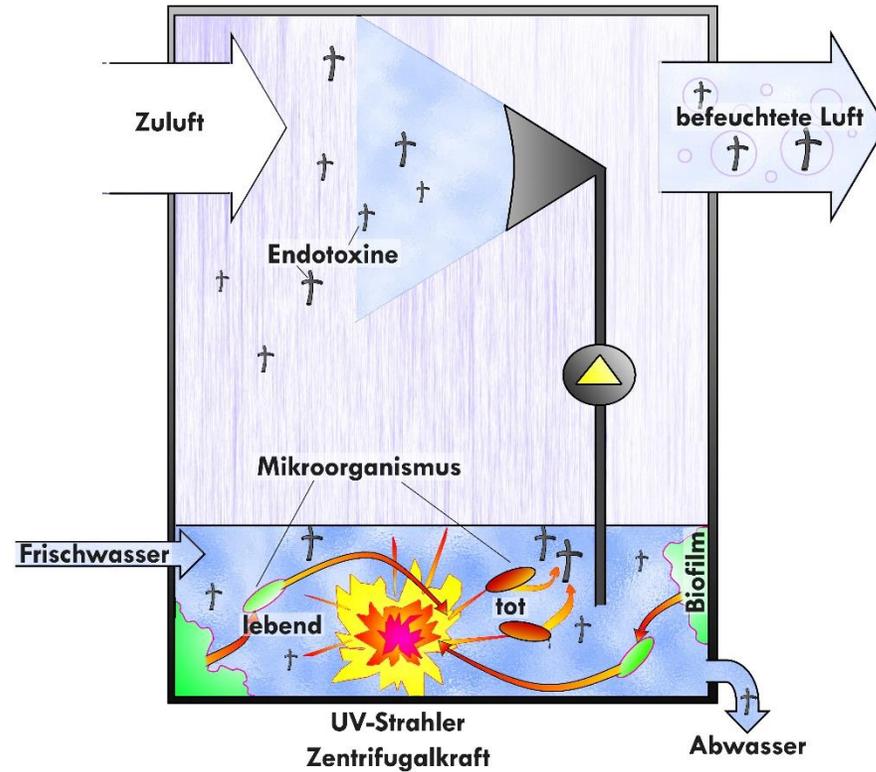
[A. CHRISTIAN, M. MÖRITZ, H. PETERS: Schimmelpilze – Vorkommen, Nachweis, Grenzwerte und Eliminierung, Vortrag, gehalten auf den 5. Merseburger MOL®CLEAN-Tagen, Merseburg 08.05.2007]

Die Luftbefeuchtung mit Umlaufsprühbefeuchter: **Nutzen** und **Probleme**



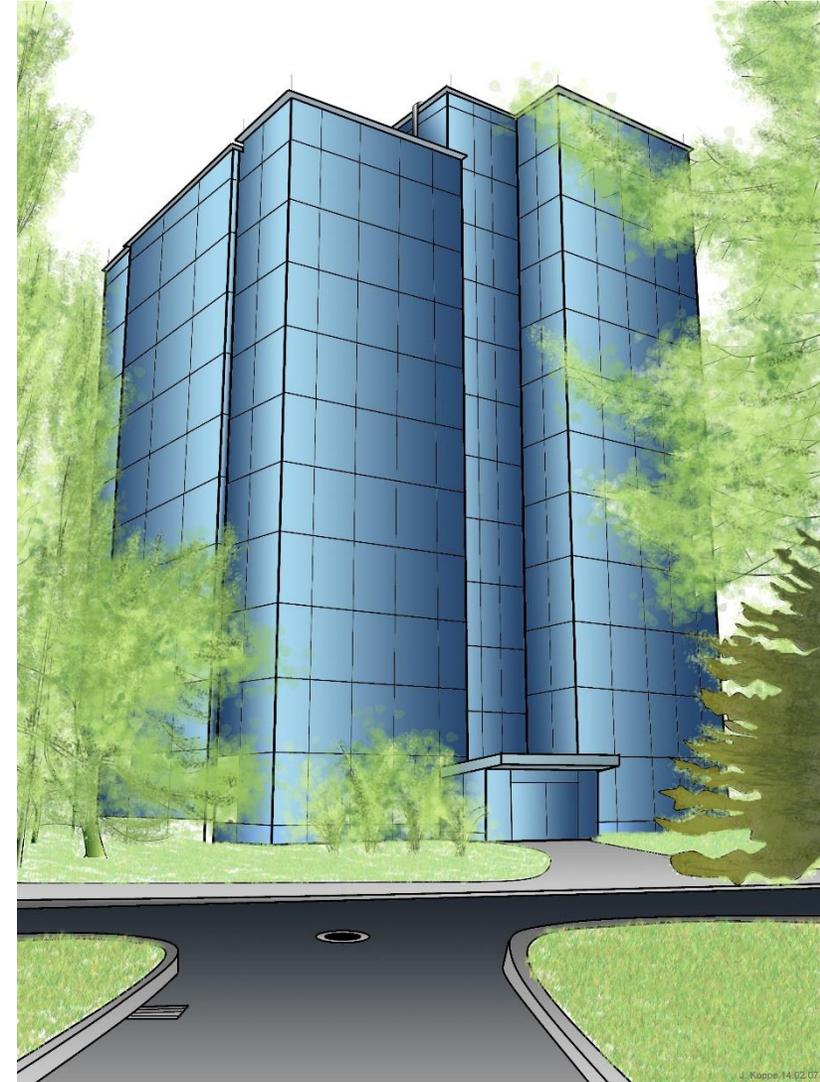
Die Luftbefeuchtung mit Umlaufsprühbefeuchter: Nutzen und Probleme

Physikalische Desinfektion



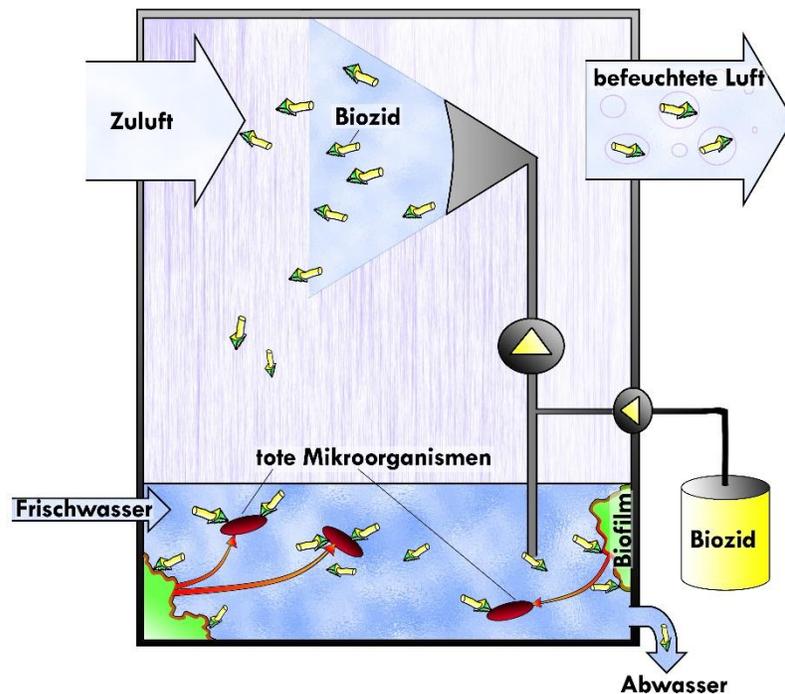
17.08.2007 Dr. J. R. & J. Koppe

Sick building-Syndrom



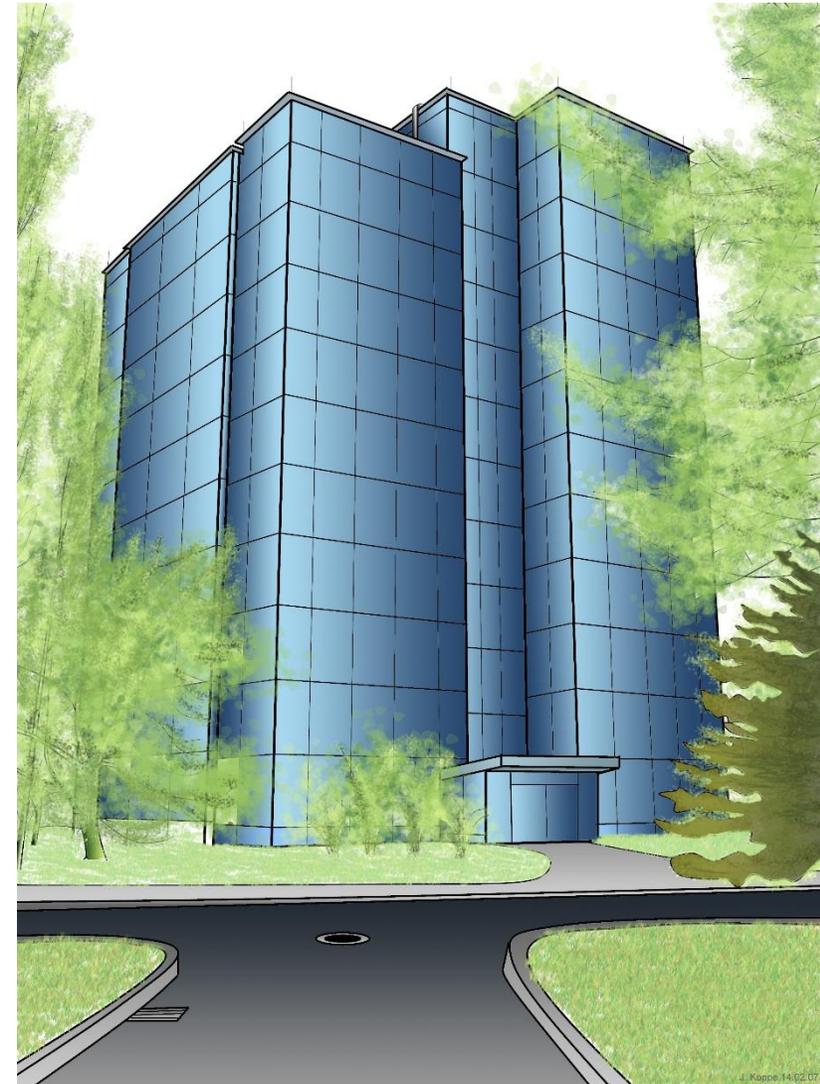
Die Luftbefeuchtung mit Umlaufsprühbefeuchter: Nutzen und Probleme

Chemische Desinfektion mit flüssigem Biozid



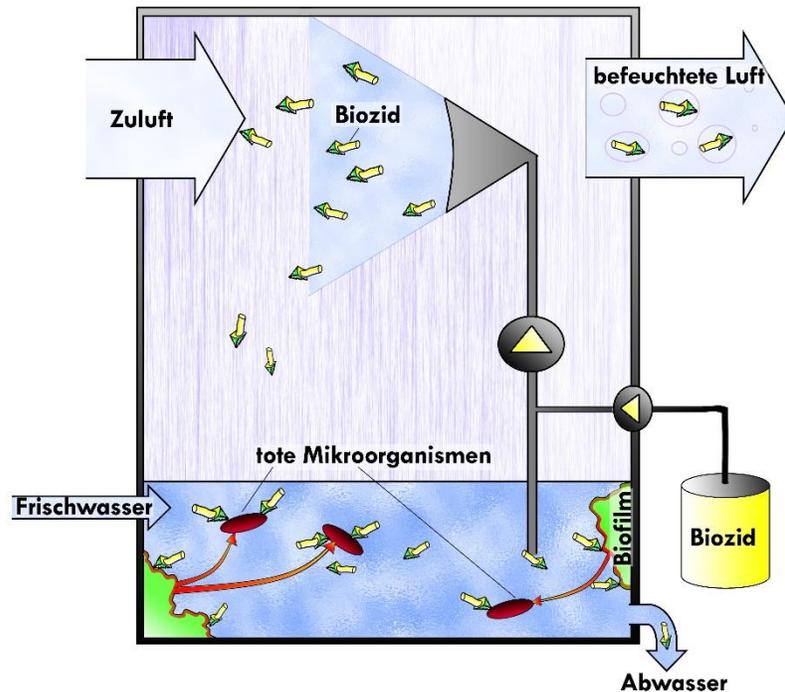
Dr. J. R. & J. Koppe 1708.2007

Sick building-Syndrom



Die Luftbefeuchtung: Nutzen und Probleme

Chemische Desinfektion mit flüssigem Biozid



Dr. J. R. & J. Koppe 1708.2007

Sick building-Syndrom

Was ist das Sick Building-Syndrom?

Ursache:

Endotoxine aus toten Bakterien
(Folgewirkung konventioneller Physikalischer und Chemischer Desinfektion)
Sonstige Chemikalien
Schimmelpilze

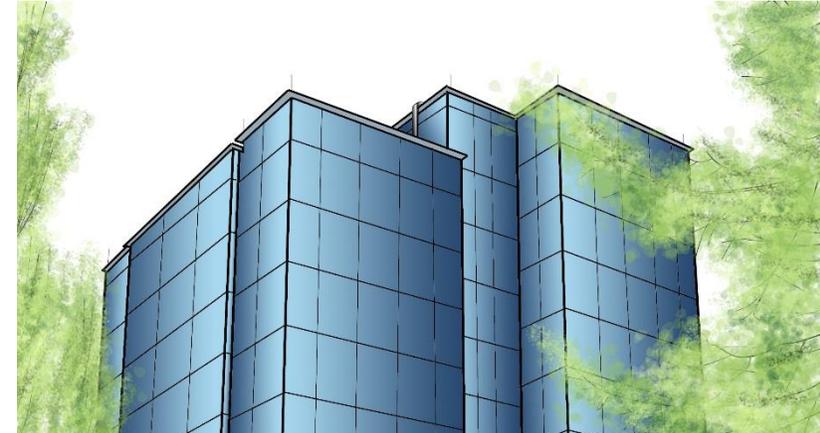
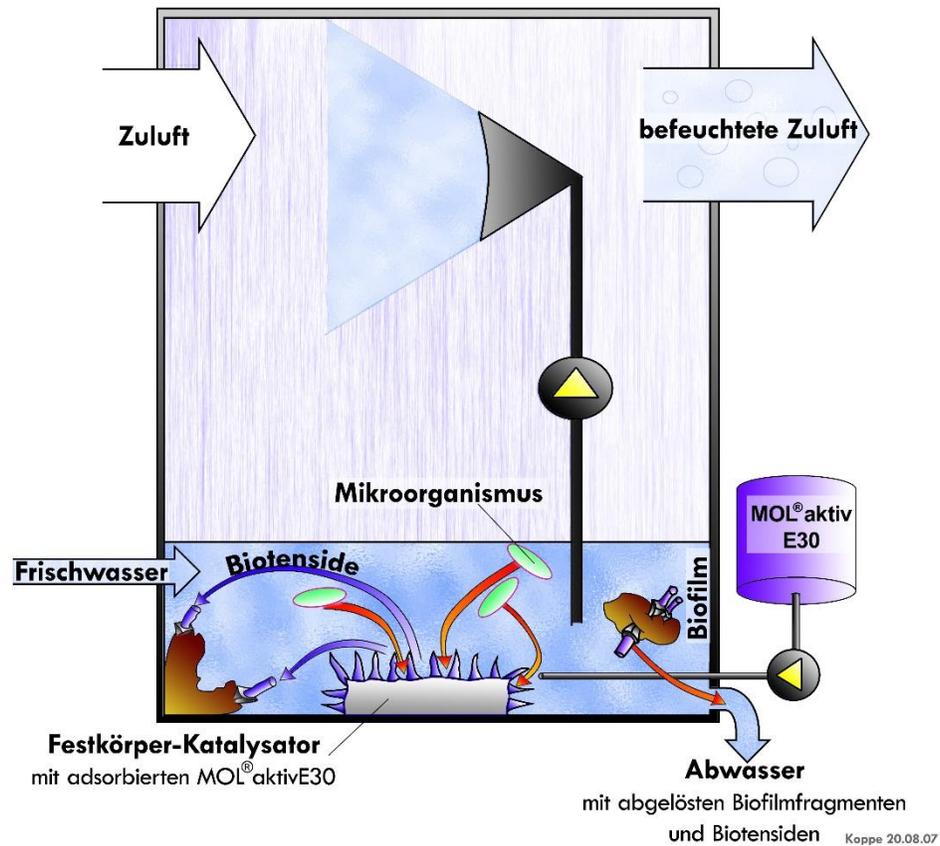
Umgebung
Stress

Wirkung:

Kopfschmerzen bis hin zum Tod

Die Luftbefeuchtung mit Umlaufsprühbefeuchter: Nutzen und Probleme

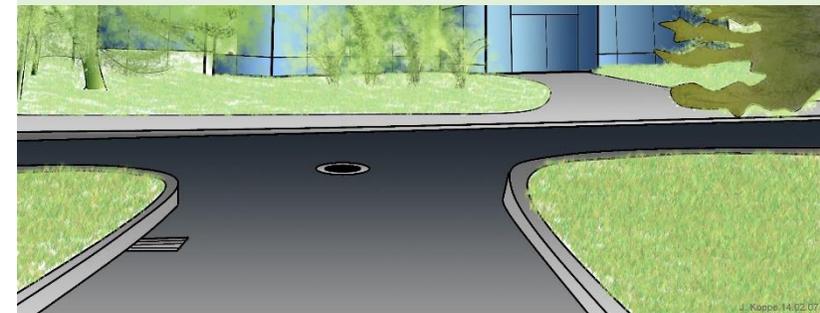
Chemische Desinfektion mit Festkörper-Katalysator



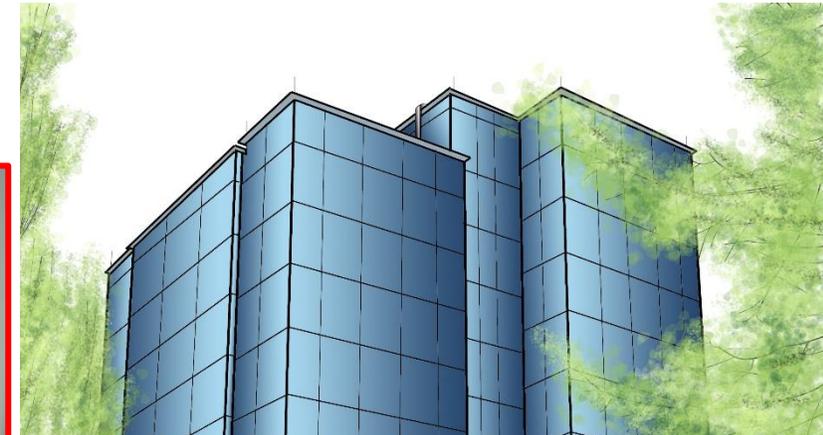
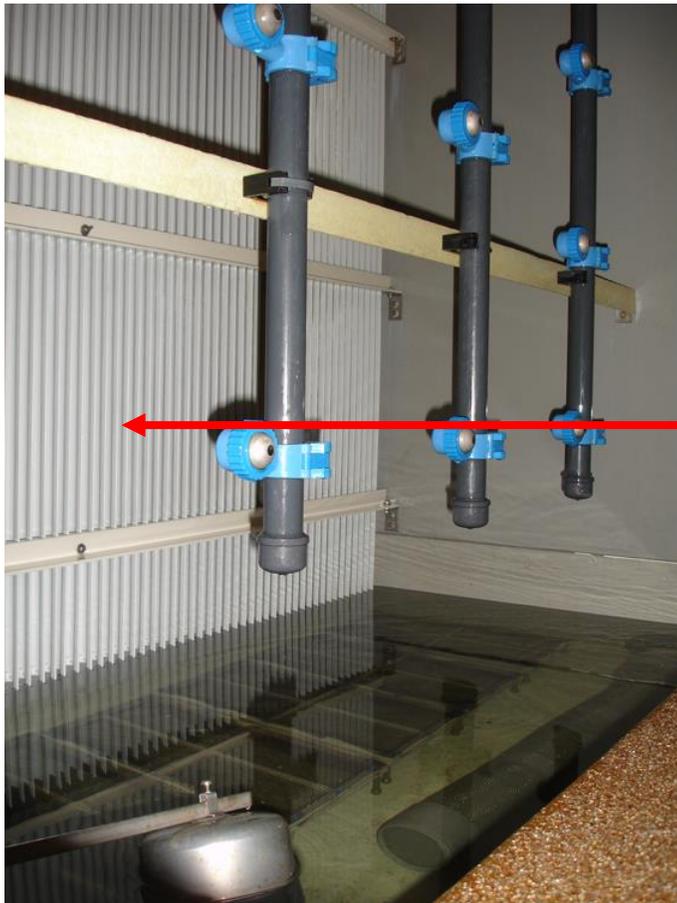
Vorteil:

Das Wachstum der Mikroorganismen wird nachhaltig unterbunden

- kaum Mikroorganismen
- kaum Endotoxine



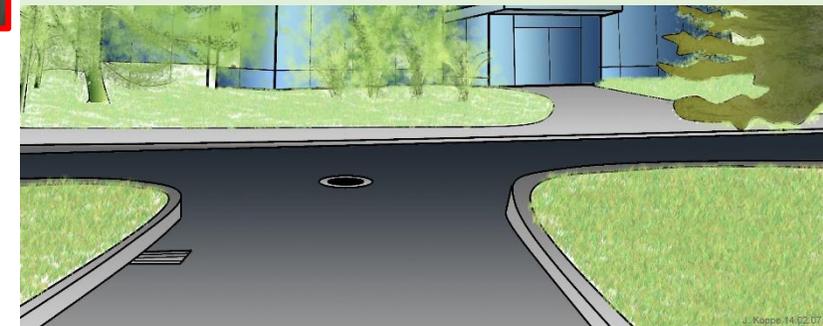
Die Luftbefeuchtung mit Umlaufsprühbefeuchter: Nutzen und Probleme



Vorteil:

Das Wachstum der Mikroorganismen wird nachhaltig unterbunden

- kaum Mikroorganismen
- kaum Endotoxine



[A. CHRISTIAN, M. MÖRITZ, H. PETERS: Schimmelpilze – Vorkommen, Nachweis, Grenzwerte und Eliminierung, Vortrag, gehalten auf den 5. Merseburger MOL® CLEAN-Tagen, Merseburg 08.05.2007]

Alternative zum Umlaufsprühbefeuchter → Direktbefeuchter



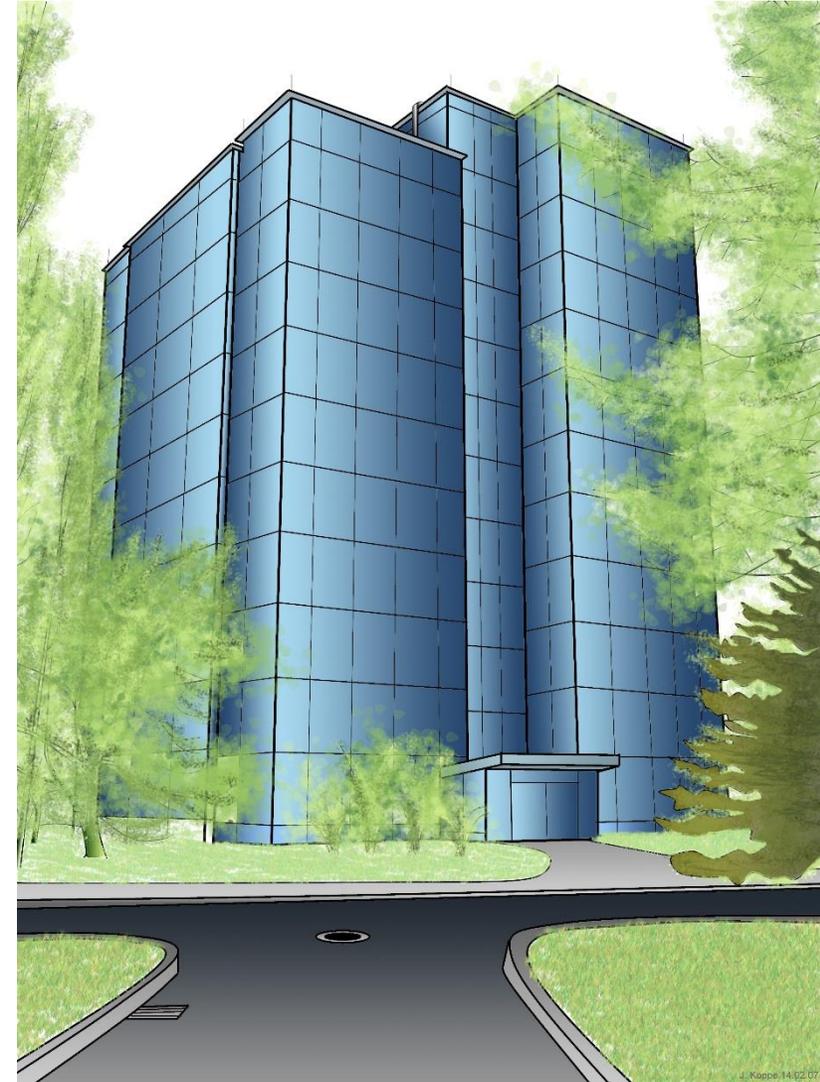
Was kann man kurzfristig für die Luftbefeuchtung tun, wenn keine Klimaanlage vorhanden sind?



Transportable Luftbefeuchter? Direktbefeuchter im Zimmerformat!

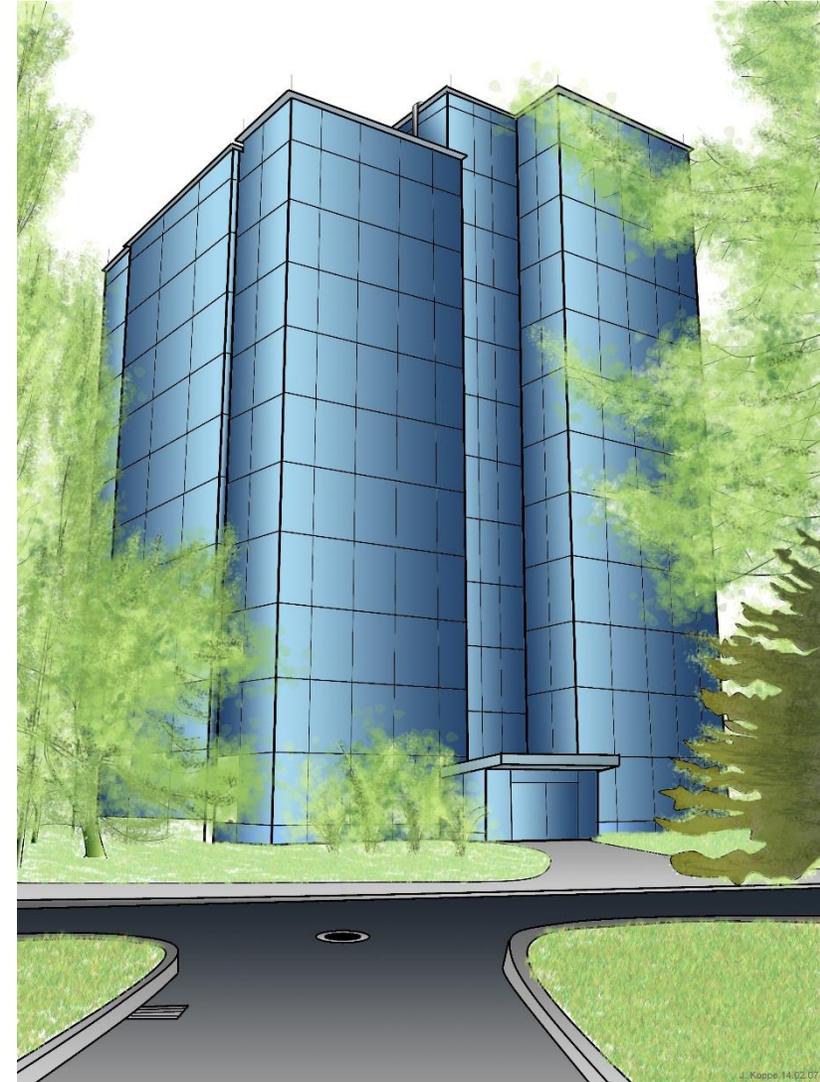
Probleme:

- Tröpfchenmitriss (**Schimmel**)
- Keimwachstum (**Bakterien**)
- Kalkfällung
- Sorgfältige Wartung nötig!



Was kann man kurzfristig für die Luftbefeuchtung tun, wenn keine Klimaanlage vorhanden sind?

Gibt es eine einfache und sichere Lösung?



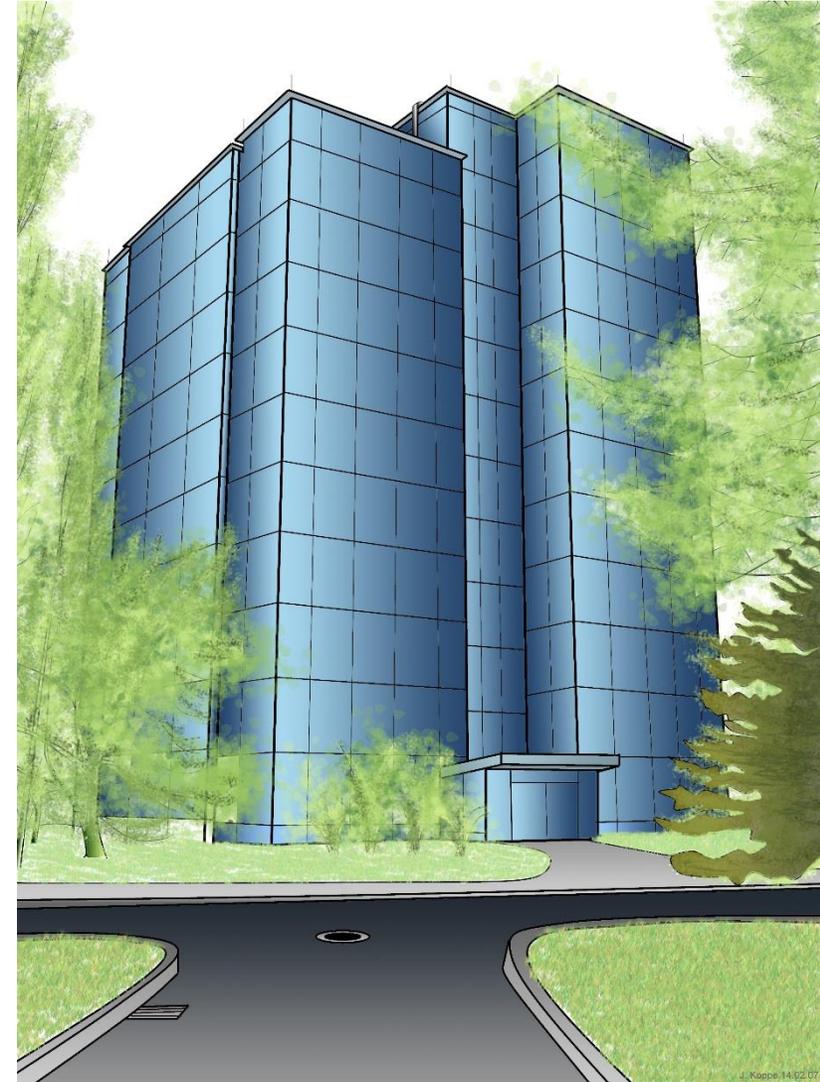
Was kann man kurzfristig für die Luftbefeuchtung tun, wenn keine Luftbefeuchter vorhanden sind?

Grünpflanzen!



30 bis 40 % rLF*

*relative Luftfeuchte



Was kann man noch für die Luftbefeuchtung tun?

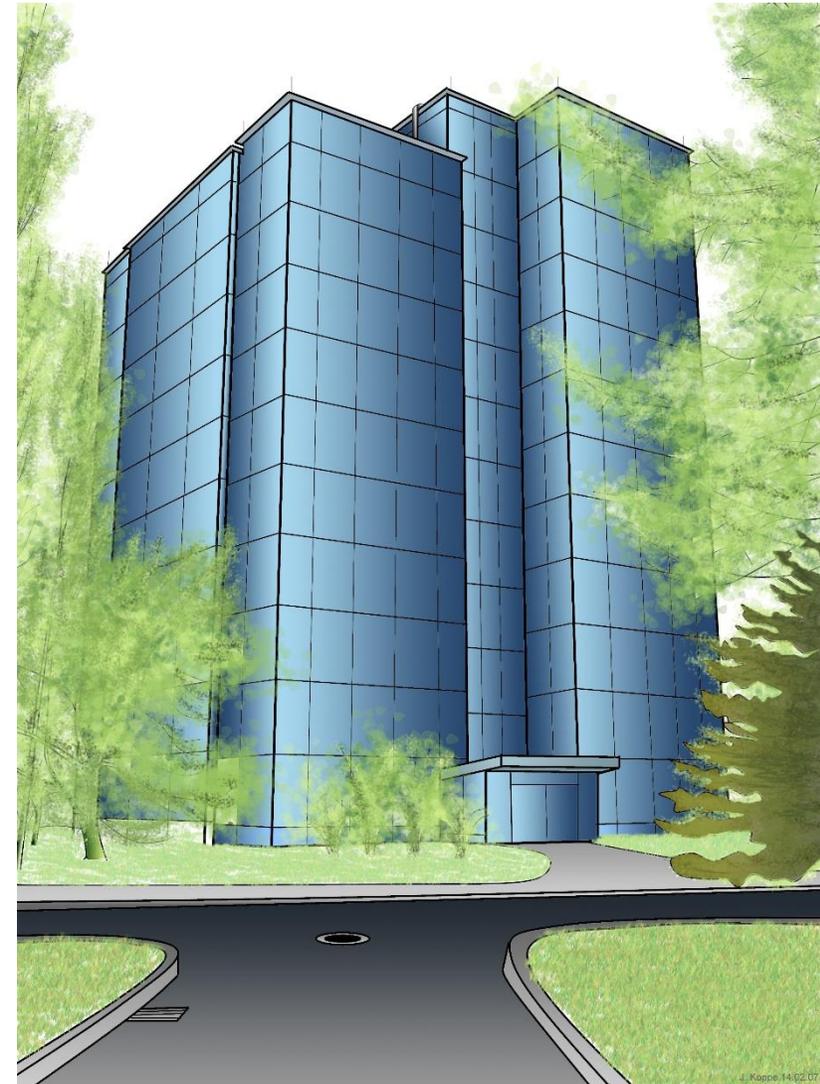
Grünpflanzen!



plus Befeuchtung
ohne Versprühung



→ ca. 45 % rLF



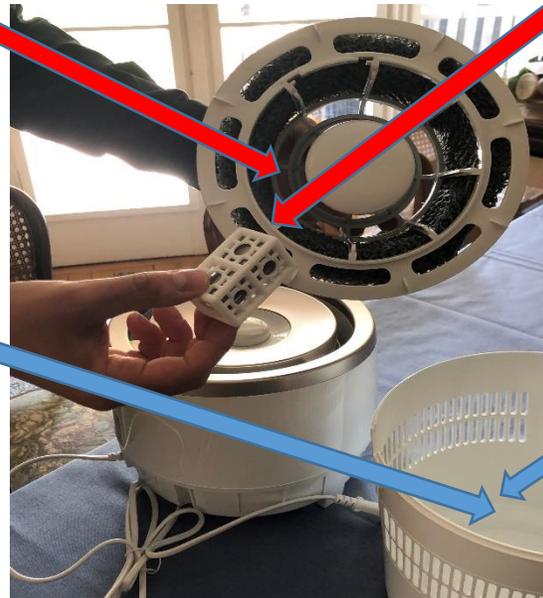
Wirkprinzipien

Befeuchtereinbau:

- größere Wasseroberfläche
- schnellere Verdunstung

abgekochtes Trinkwasser!

- vermindert Kalkfällung



MOLLIK-Katalysator Typ LBF:

- schnellere Verdunstung
- vermindert Mikrobiologie
- vermindert Gerüche
- vermindert Kalkfällung

Kochsalzzugabe (Prinzip „da Vinci“):

- schnellere Verdunstung
- vermeidet zu hohe rLF
- vermindert Kalkfällung

Saline-Effekt!

Vorgehensweise

Gerät abschalten und Stecker ziehen!



oberes Teil (Ventilator)
abheben



Innenteil heraus
nehmen



MOLLIK-LBF
in das Innere
des Innenteils
einsetzen



Innenteil wieder einsetzen

Oberteil wieder passgenau drauf setzen – Stecker in die Steckdose – Gerät einschalten

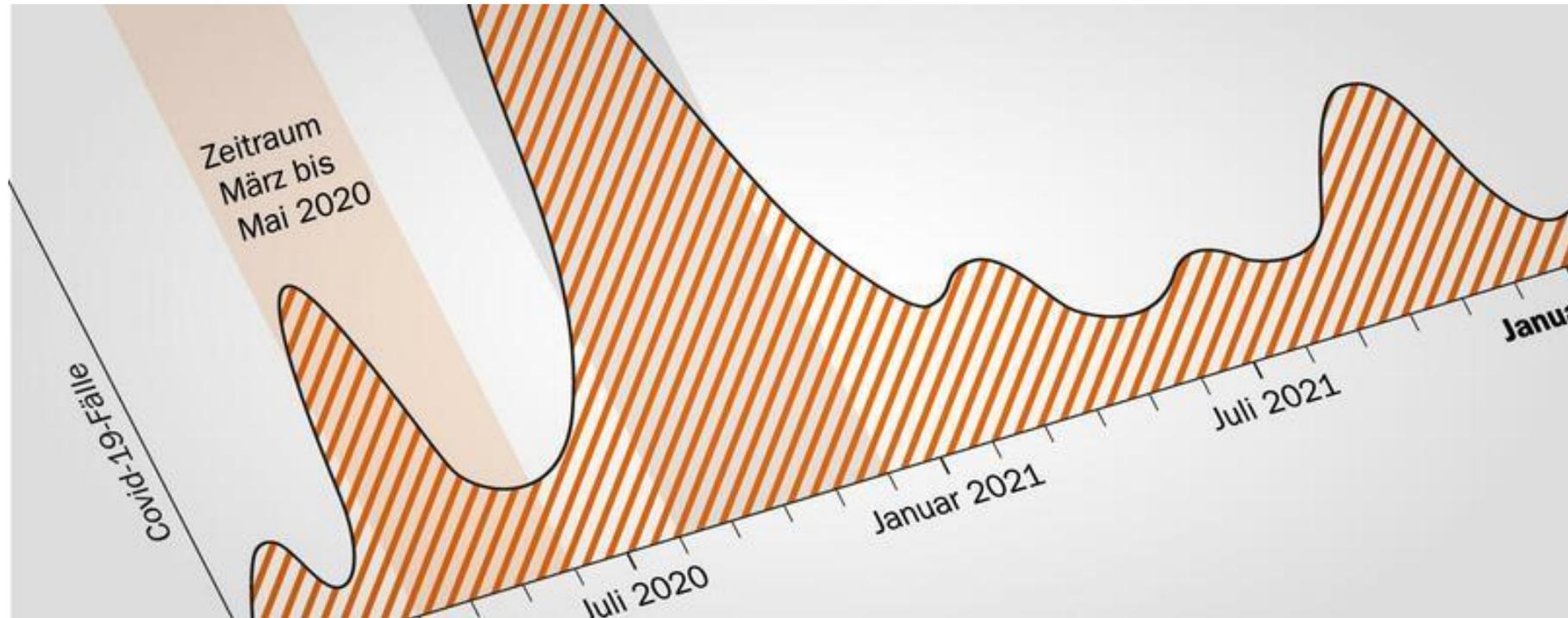
Vorteile:

Gerät kann längere Zeit ausgeschaltet bleiben, dadurch Vermeidung von Nebeltröpfchen
Deutlich geringerer Wartungsaufwand
Deutlich geringere mikrobiologische Gefährdung

Wichtig:

Richtiger Befeuchter – Kochsalz – abgekochtes Wasser – MOLLIK-LBF-Quader

Bereiten wir uns mit einer optimalen relativen Luftfeuchte auf die nächste Corona-Welle im Winterhalbjahr 2020/2021 vor!



Quelle: https://www.tagesspiegel.de/wissen/zwei-lange-jahre-voller-hoehen-und-tiefen-die-zweite-und-dritte-corona-welle-koennten-schlimmer-als-die-erste-werden/25800632.html?utm_source=pocket-newtab

Einsatz seit 20 Jahren in Museumsvitrinen der Fa. GlasbauHahn



Das HAHN-MOL®CLEAN-Verfahren wurde erstmals auf den 5. Merseburger MOL®CLEAN-Tagen am 09. Mai 2007 vom Unternehmen GlasbauHahn GmbH & Co. KG durch Norbert Leonhardt (Foto, Mitte) vorgestellt

[Mitteldeutsche Zeitung vom 15.05.2007]

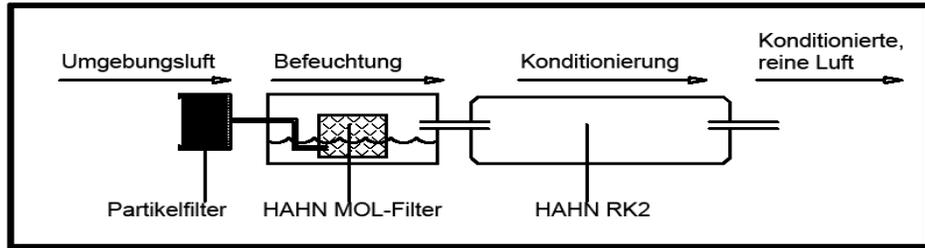
Einsatz seit 20 Jahren in Museumsvitrinen der Fa. GlasbauHahn



Museumsvitrine im Budapester Parlamentsgebäude, ausgerüstet mit einem
HAHN-RK-2-MOL® CLEAN-Verfahren

(DE-103 24 685 „Vitrine zur Aufbewahrung und/oder Zurschaustellung von Gegenständen“,
Zertifiziert von der europäischen Prüf- und Zertifizierungsstelle des FA Druck und Papierverarbeitung / GS-Zertifikat
[Mitteldeutsche Zeitung vom 15.05.2007])

Das HAHN-RK-2-MOL®CLEAN-Verfahren - Vorläufer der MOL®LIK-Technologie



Umwelteinflüsse

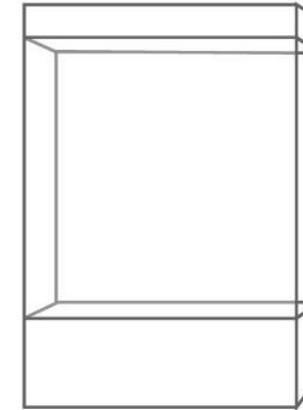
Korrosion Oxidation

Feuchtigkeitsschwankungen

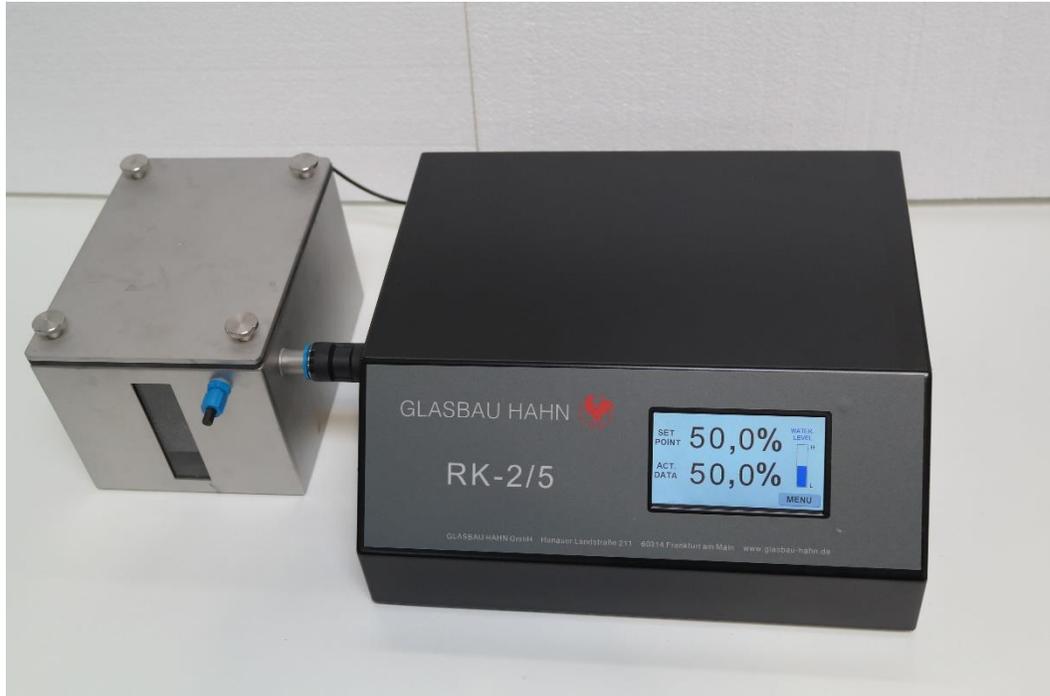
Mikrobiologischer Befall

Temperaturschwankungen

Insekten



Chemische Radikalverbindungen



Fazit:

Wir können den Viren nicht ausweichen!

Wir können für uns vorteilhafte Bedingungen schaffen, u.a. durch eine optimale Raumluft

- **Eine optimale Raumluft ist gekennzeichnet durch eine relative Luftfeuchte um 45 %**
- **Im Winterhalbjahr ist zur Erzielung dieser Luftfeuchte eine separate Luftbefeuchtung nötig**
- **Mittels Grünpflanzen können 30 bis 40 % relative Luftfeuchte erreicht werden**
- **Mittels Kochsalz und Katalysator kann die Luftfeuchte weiterhin angehoben werden**
- **Eine zu hohe Luftfeuchte tritt nach diesem Vorgehen nicht auf**