





Wege zur guten Raumluft

Cluster Rhein-Neckar mit den Gesundheitszentren
Heidelberg, Ludwigshafen, Mannheim und Worms

Rainer Spindler
Marcus Sedlaczek

AGENDA



Wege zur guten Raumluf

- Grundlagen
- Lüftungssysteme
 - Freie Lüftung
 - Raumluf
- Übertragungswege für SARS-CoV-2 über die Luft
- Gute Raumluf durch Lüften
 - durch freie Lüftung
 - durch raumluf
- Gute Raumluf durch dezentrale oder mobile Umluftgeräte?
- Gute Raumluf durch mobile Raumluf
- Gute Raumluf durch Pflanzen?

Grundlagen

- Durch regelmäßiges Lüften soll ein Luftaustausch von Innenraumluft mit frischer Außenluft gewährleistet werden.
- Es werden unter anderem verbrauchte Luft, Schadstoffe von Materialien (z. B. Möbel, Fußbodenbelag), Partikel sowie Biostoffe (z. B. Krankheitserreger), nach außen abtransportiert,.
- In umschlossenen Arbeitsräumen muss eine „gesundheitlich zuträgliche Atemluft“ vorhanden sein (nach Arbeitsstättenverordnung und der konkretisierenden Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“).
- In Zeiten einer Epidemie ist ein ausreichender Luftaustausch besonders wichtig, damit die Ansteckungsgefahr verringert werden kann.

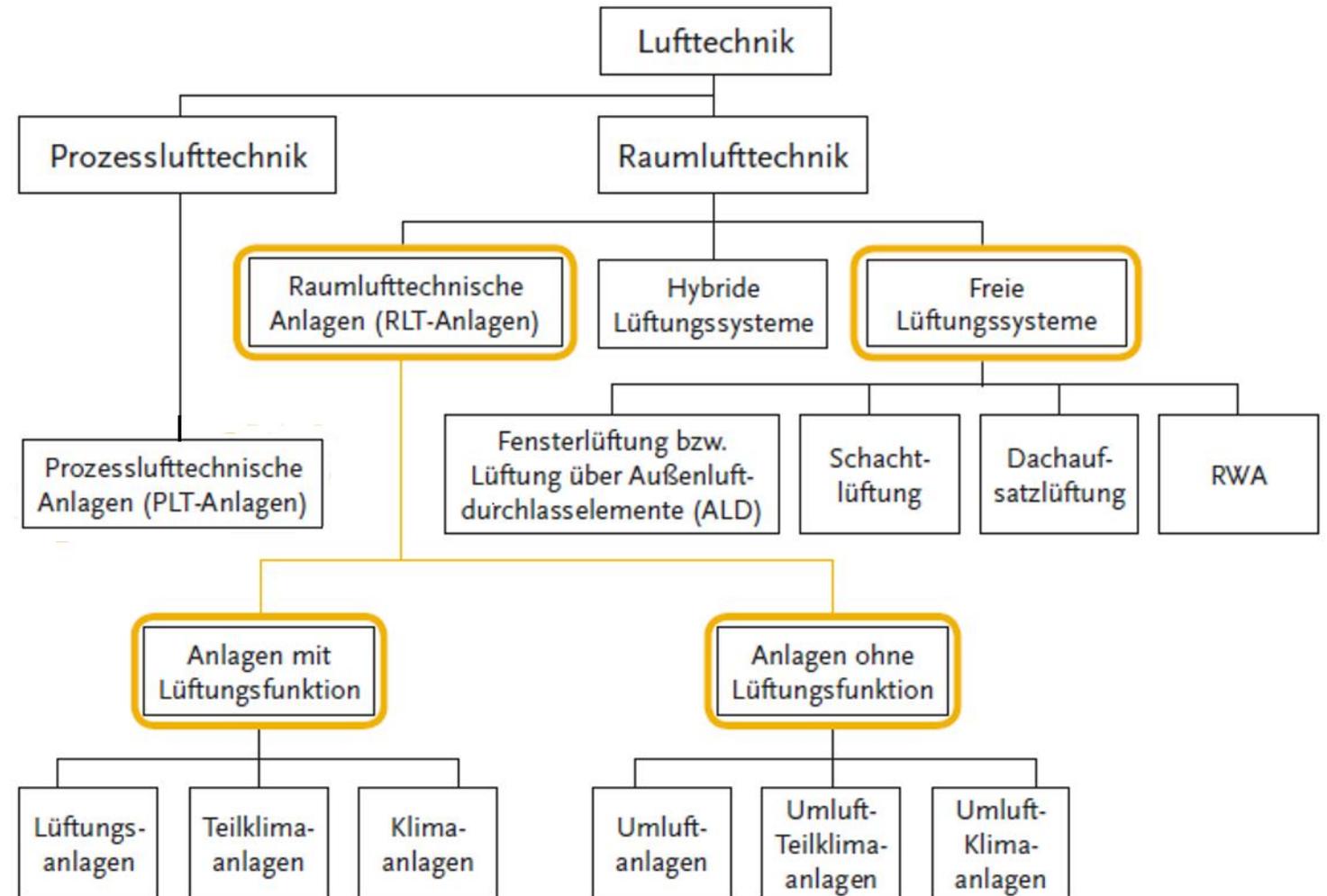
Lüftungssysteme

- Zur Belüftung von Gebäuden unterscheidet man freie (natürliche) und erzwungene (maschinelle) Lüftung.
- Der Luftaustausch zwischen Innenraum und äußerer Umgebung stellt sich grundsätzlich als Folge von Druckdifferenzen ein:
 - bei freier Lüftung aus den witterungsbedingten Temperatur und Druckverhältnissen,
 - bei erzwungener Lüftung mit Hilfe von Ventilatoren.



Lüftungssysteme

Übersicht gängiger Lüftungstechniken mit Hervorhebung von Anlagengruppen, die aufgrund unterschiedlicher Funktionsweisen bzw. Ausstattungen differenziert zu betrachten sind.



Quelle: RECKNAGEL: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Trinkwasser- und Kältetechnik sowie Energiekonzepte. Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers Hochschule Esslingen. 78. Auflage, DIV Deutscher Industrieverlag GmbH, 2016

Lüftungssysteme – Freie Lüftung

- Freie Lüftung ist Lüftung mit Förderung der Luft durch Druckunterschiede infolge Wind oder Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen, z. B. Fensterlüftung, Schachtlüftung, Dachaufsatzlüftung und Lüftung durch sonstige Lüftungsöffnungen, ggf. unterstützt durch Ventilatoren (nach ASR A3.6 Lüftung).
- Die häufigste Lüftung durch Fenster kann:
 - als kontinuierliche Lüftung (gekipptes Fenster),
 - als Stoßlüftung (kurzzeitig ganz geöffnetes Fenster) oder
 - als Querlüftung (gegenüberliegende geöffnete Fenster) erfolgen.
- Grundsätzlich ist die Effektivität der freien Lüftung immer von der Wetterlage (z. B. Wind, Temperaturunterschied zwischen außen und innen) abhängig.

Intensität

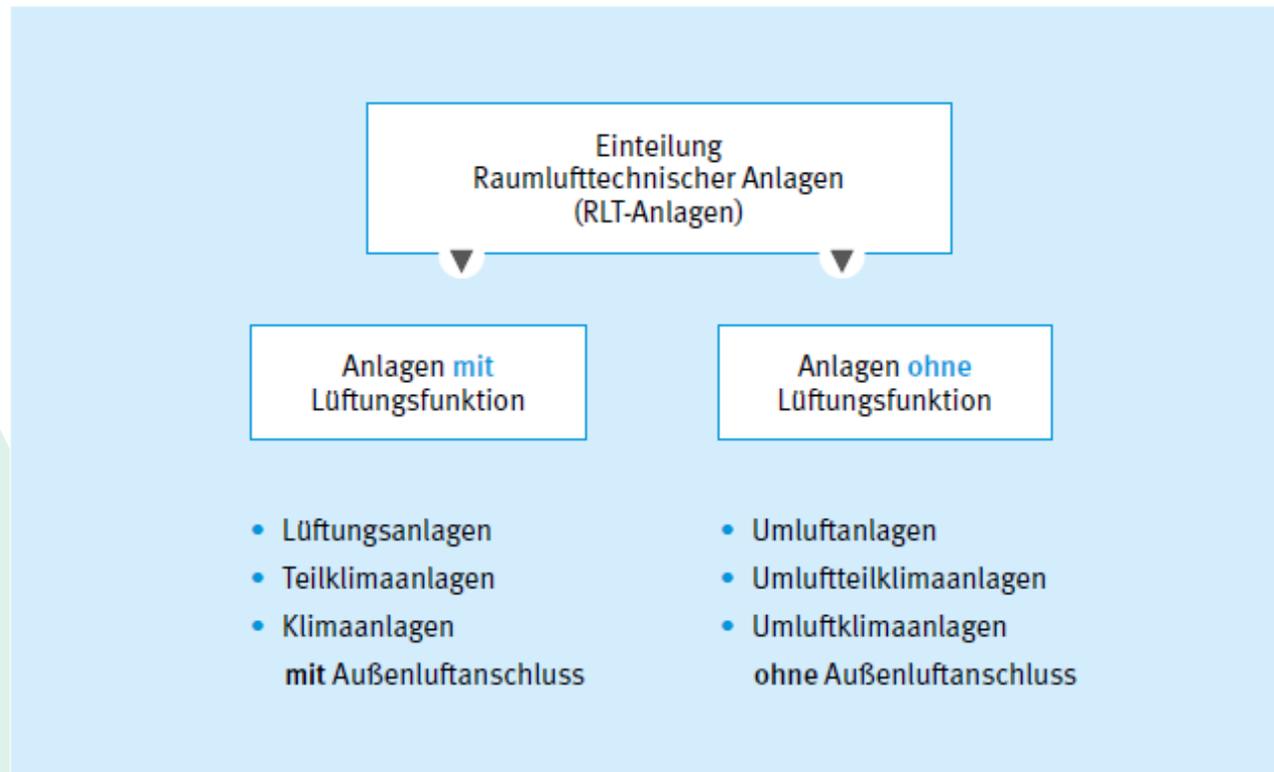
+

+++

+++++

Lüftungssysteme - Raumlufotechnische Anlagen

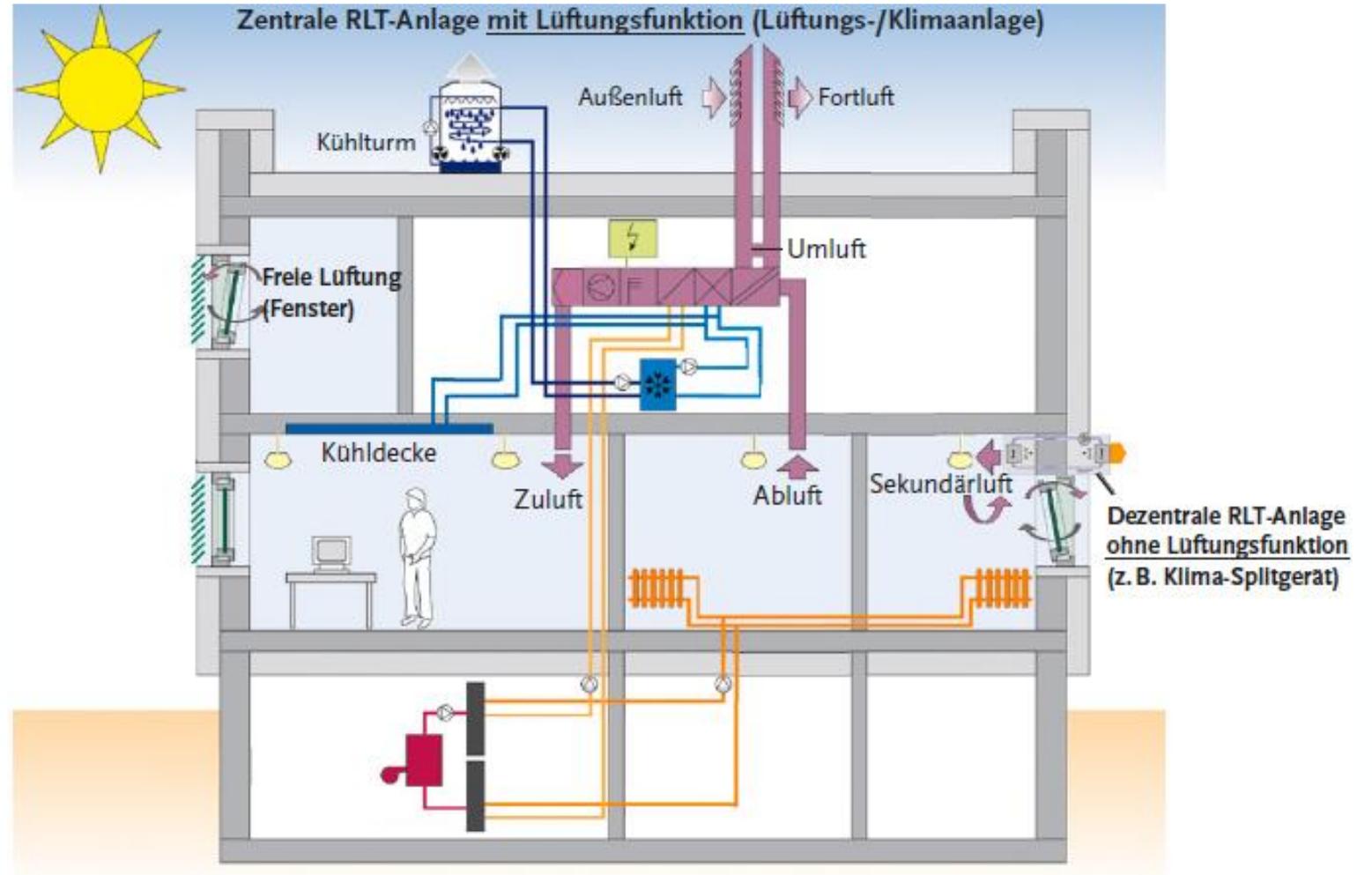
- Raumlufotechnische Anlagen (RLT-Anlagen) sind mit maschineller Förderung der Luft, Luftreinigung (Filtern) und mindestens einer thermodynamischen Luftbehandlungsfunktion (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten) ausgestattet.
- RLT-Anlagen gibt es mit oder ohne Lüftungsfunktion, d. h. mit oder ohne Außenluftzufuhr.



Quelle: BG ETEM, Arbeitsschutz kompakt: Grundlagen zum Raumklima und zur Raumlufotechnik

Lüftungssysteme - Raumluftechnische Anlagen

Typische Lüftungstechniken, mit eingesetzte Komponenten und Luftströme.



Komponenten raumluftechnischer Anlagen mit und ohne Lüftungsfunktion (in Anlehnung an Bild 2 der DIN V 18599-1:2018-09)

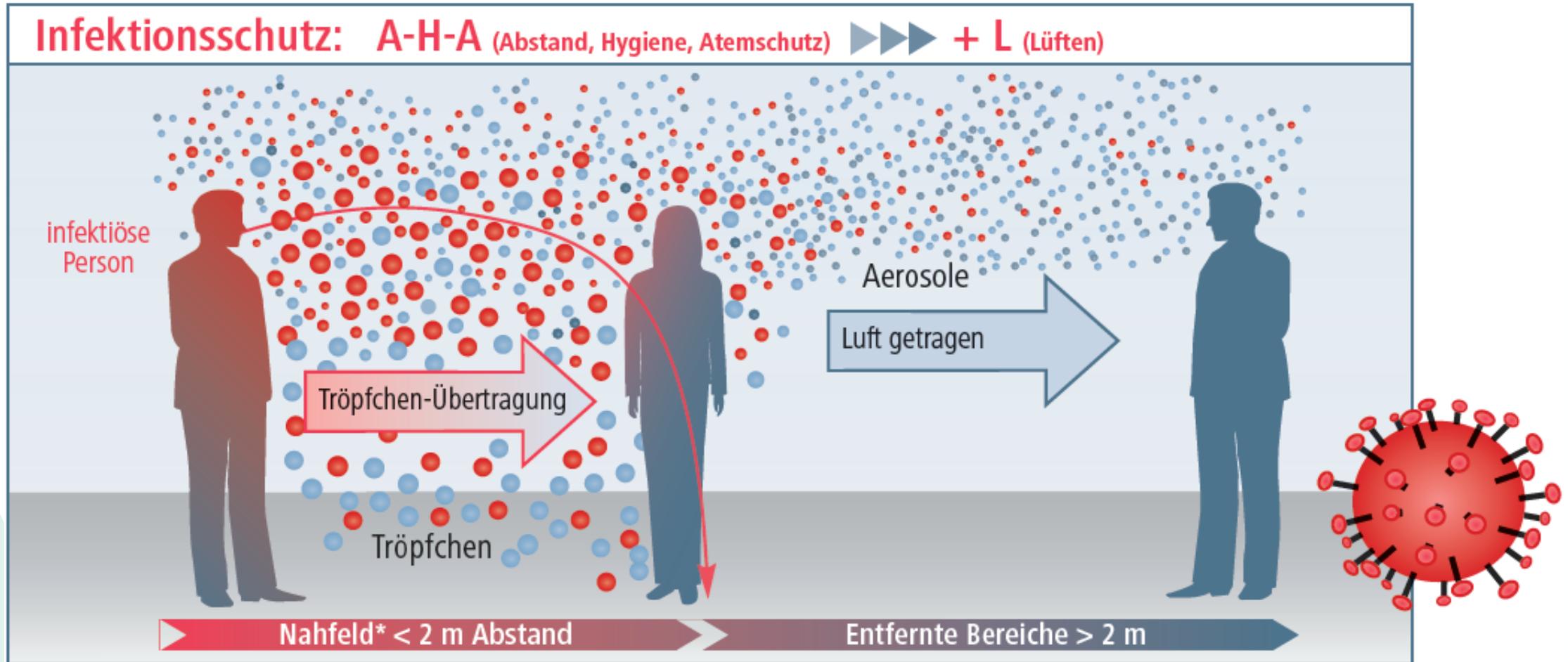
Lüftungssysteme - Hygienischer Betrieb von RLT-Anlagen

- RLT-Anlagen dürfen nicht zur Gefahrenquelle (z. B. durch Schadstoffe, Bakterien, Viren Schimmelpilze oder Lärm) werden.
- RLT-Anlagen müssen dem Stand der Technik entsprechen und bestimmungsgemäß betrieben werden.
- Regelmäßige Instandhaltung (einschl. Wartung und Prüfung) zur Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebs notwendig.
- Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung Instandhaltungsintervalle so festzulegen, dass die technischen, hygienischen und raumluftechnischen Eigenschaften und der sichere Betrieb der Anlage während der gesamten Betriebszeit gewährleistet sind.
- Eine aktuelle Dokumentation der RLT-Anlage muss vorliegen, aus der die Instandhaltungsmaßnahmen wie Wartung und regelmäßige Prüfungen sowie deren Ergebnisse ersichtlich sind.
- Hygienetätigkeiten dürfen nur von hygienegeschultem Personal durchgeführt werden.

Übertragungswege für SARS-CoV-2 über die Luft

- Der Übertragungsweg für SARS-CoV-2 über die Luft erfolgt durch Einatmen von Tröpfchen (Größe $> 5 \mu\text{m}$) und von Aerosolen (Größe $< 5 \mu\text{m}$), die beim Atmen, Husten, Sprechen und Niesen entstehen.
- Tröpfchen- und Aerosolübertragung unterscheiden sich hinsichtlich ihrer:
 - strömungsmechanischer Transporteigenschaften
 - biologischen Wirksamkeit.
- Tröpfchen sinken schneller zu Boden.
- Aerosole verbleiben über eine längere Zeit in der Luft und verteilen sich in geschlossenen Räumen überall hin.

Übertragungswege für SARS-CoV-2 über die Luft



Quelle: Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Mobile Luftreiniger MLR - Hinweise zur Auswahl und zum Betrieb

Übertragungswege für SARS-CoV-2 über die Luft

- Im Umkreis von 1 bis 2 Metern um eine infizierte Person ist die Wahrscheinlichkeit einer Exposition gegenüber Tröpfchen und Aerosolen erhöht.
- Bei einem längeren Aufenthalt in schlecht oder nicht belüfteten Innenräumen erhöht sich aufgrund der Verteilung und Anreicherung von belasteten Aerosolen in der gesamten Innenraumluft die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung auch über eine größere Distanz als 2 Meter.
- **Fazit:**
Diese Gefährdung kann durch eine ausreichende Lüftung der Räume mit Außenluft verringert werden (Verdünnungseffekt).

Dies gilt selbstverständlich auch für jede andere mögliche Infektion mit oraler Aufnahme der Erreger, z. B. Grippe, grippale Infekte, Atemwegsinfekte usw.

Gute Raumlufth durch Lüften

- Die Qualität der Lüftung kann durch eine CO₂-Messung überprüft werden. Eine CO₂-Konzentration bis zu 1.000 ppm ist noch akzeptabel, dieser Wert sollte möglichst unterschritten werden.
- **Achtung:** Die Messung dient nur als Indikator für die Lüftungseffektivität und keinesfalls als Messgröße des Infektionsrisikos.
- Durch verstärktes Lüften kann die Konzentration von möglicherweise in der Raumlufth vorhandenen virenbelasteten Aerosolen reduziert werden.
- Verstärktes Lüften ist insbesondere durch eine **Erhöhung der Frequenz**, durch eine **Ausdehnung der Lüftungszeiten** oder durch eine **Erhöhung des Luftvolumenstroms** möglich.

Gute Raumlufth durch freie Lüftung

- Die Lüftung durch Fenster kann:
 - als kontinuierliche Lüftung (gekipptes Fenster),
 - **als Stoßlüftung (kurzzeitig ganz geöffnetes Fenster)** oder
 - als Querlüftung (gegenüberliegende geöffnete Fenster) erfolgen.
- Es ergeben sich für die jeweiligen Jahreszeiten unterschiedliche Empfehlungen zur Dauer der Stoßlüftung:
 - **ca. 3 Minuten im Winter,**
 - **ca. 5 Minuten im Frühjahr/Herbst und**
 - **ca. 10 Minuten im Sommer.**
- Die Häufigkeit der Stoßlüftung ist von der Raumgröße und der Personenbelegung abhängig.

Intensität

+

+++

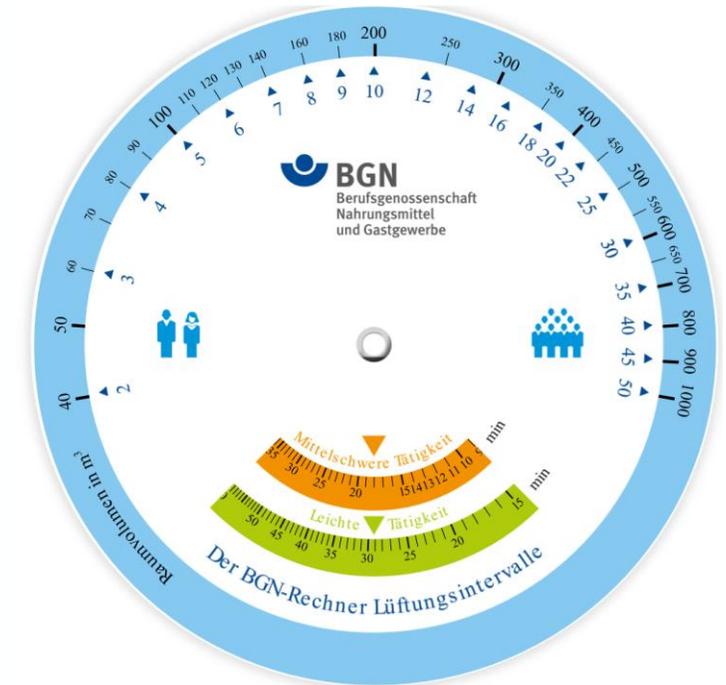
+++++



Quelle: BG ETEM, Arbeitsschutz kompakt

Gute Raumlufth durch freie Lüftung

- Die Häufigkeit der Stoßlüftung ist von der Raumgröße und der Personenbelegung abhängig.
- In Büroräumen sollte z. B. alle 60 Minuten mit vollständig geöffneten Fenstern gelüftet werden (siehe ASR A3.6).
- Besprechungs- und Seminarräume vor und nach der Nutzung ausgiebig Lüften.
- Überprüfung der Luftqualität über CO₂-Ampeln, BGN-Lüftungsdrehscheibe oder den CO₂- bzw. Lüftungs-Apps der BG´n und UK´n oder online: <https://www.bgn.de/lueftungsrechner>.



Gute Raumluft durch freie Lüftung - Lüftungs-Apps

App "CO2-Timer,, für IOS und Android

BGN Lüftungs-App



UK|BG

Die CO₂-App

- Infektionsschutzgerechtes Lüften**
Hinweise zur Virenübertragung über die Luft
- Schlechte Luft und ihre Folgen**
Auswirkungen und weitere Informationen
- Grundlagen der Berechnung**
Wie gelüftet wird, Richtwerte und Funktionsweise
- CO₂ - Rechner & Timer**
Lüftungszeit-Rechner & Erinnerung
- Timer**
Ihr aktuell laufender Timer
- Impressum**
und Datenschutzhinweise



BGN

Timer

27:00

Sie sind wichtiger Qualität
Stellung zu Beginn der Stunde,
Ende lösen und dann starten

Lüftungszeit für nach Minuten:
Sommer 10 Minuten
Frühling / Herbst 15 Minuten
Winter 3 Minuten

Timer starten

Laden im **App Store**

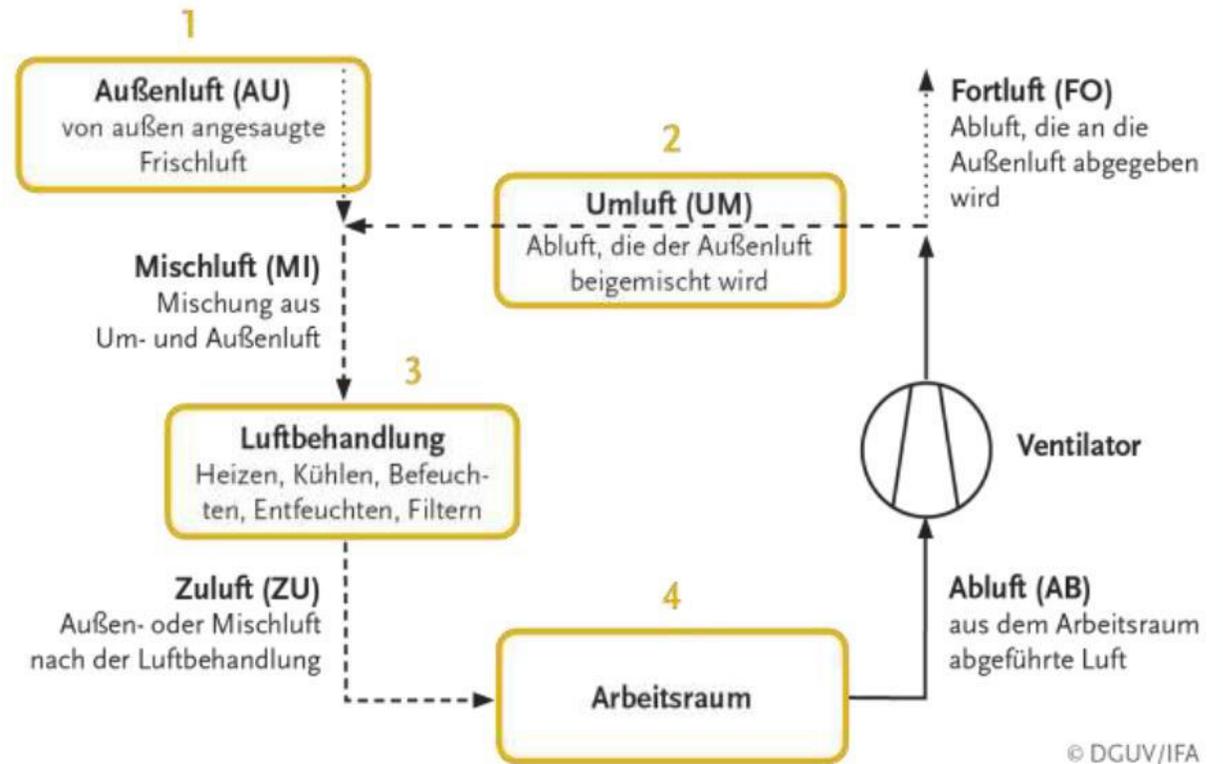
JETZT BEI **Google Play**

Gute Raumlufth durch Raumlufthtechnische Anlagen

Das Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 über sachgerecht instandgehaltene RLT-Anlagen ist als gering einzustufen.

Empfehlungen:

- Eine ausreichende Außenluftzufuhr sicherstellen, ggf. erhöhen und Umluftbetrieb vermeiden.
- Kann ein Umluftbetrieb nicht vermieden werden, sollten nach Möglichkeit höhere Filterstufen eingesetzt werden, z. B. von Klasse PM1 50% (früher F7) auf ePM1 80% (früher F9).
Sofern technisch möglich sollten HEPA-Filter der Klasse H13 oder H14 verwendet werden. Dabei ist der erhöhte Druckverlust durch diese hochwertigen Filter zu beachten.



Gute Raumlufth durch Raumlufthtechnische Anlagen

- Nachts oder am Wochenende, Lüftung nicht ausschalten, sondern mit abgesenkter Leistung fahren.
- Bei CO₂-gesteuerten RLT-Anlagen einen Zielwert von 400 ppm einstellen, damit die Anlage dauerhaft mit Nennleistung betrieben wird.
- Die Lüftung in Sanitärräumen dauerhaft laufen lassen, sofern möglich.
- Eine Änderung der Arbeitspunkte (Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten) ist nicht erforderlich.
- Die regulären Intervalle für Wartung und Inspektion einhalten (Herstellerangaben, VDI 6022). Eine zusätzliche Reinigung von Lüftungskanälen ist nicht notwendig.
- Der Austausch von Außenluftfiltern braucht nur im Rahmen der planmäßigen Instandhaltung zu erfolgen.

Quelle: DGUV Fachbereich Verwaltung: Fachbereich AKTUELL SARS-CoV-2: Empfehlungen zum Lüftungsverhalten an Innenraumarbeitsplätzen

Gute Raumlufth durch Raumlufthtechnische Anlagen

Außenluftvolumenstrom in Abhängigkeit vom Aktivitätsgrad

Aktivität	Notwendiger Außenluftvolumenstrom für 1.000 ppm ¹ \dot{V}_{1000} [m ³ /h/Person]	Notwendiger Außenluftvolumenstrom für 900 ppm ¹ \dot{V}_{900} [m ³ /h/Person]	Notwendiger Außenluftvolumenstrom für 800 ppm ¹ \dot{V}_{800} [m ³ /h/Person]	Notwendiger Außenluftvolumenstrom für 700 ppm ¹ \dot{V}_{700} [m ³ /h/Person]
Entspanntes Sitzen	29	35	44	60
Entspanntes Stehen	35	42	53	72
Leichte, überwiegend sitzende Tätigkeit	35	42	53	72
Stehende Tätigkeit I: Geschäft, Labor, Leichtindustrie	46	56	71	95
Stehende Tätigkeit II: Verkäufer, Haus- und Maschinenarbeit	58	70	88	119
Schwerarbeit an Maschinen	81	98	124	167
Körperlich schwere Arbeit, Sport	171	206	260	351

Beispiel:

2 Mitarbeitende im Büro
Aktivität: Leichte, überwiegend sitzende Tätigkeit

1000 ppm

35 m³/h x 2 MA = 70 m³/h

700 ppm

72 m³/h x 2 MA = 144 m³/h

Quelle: BGN: Ausbreitung des Corona-Virus vermeiden - Infektionsschutzgerechte Lüftung von Arbeitsbereichen-

Gute Raumlufth durch dezentrale oder mobile Umluftgeräte?

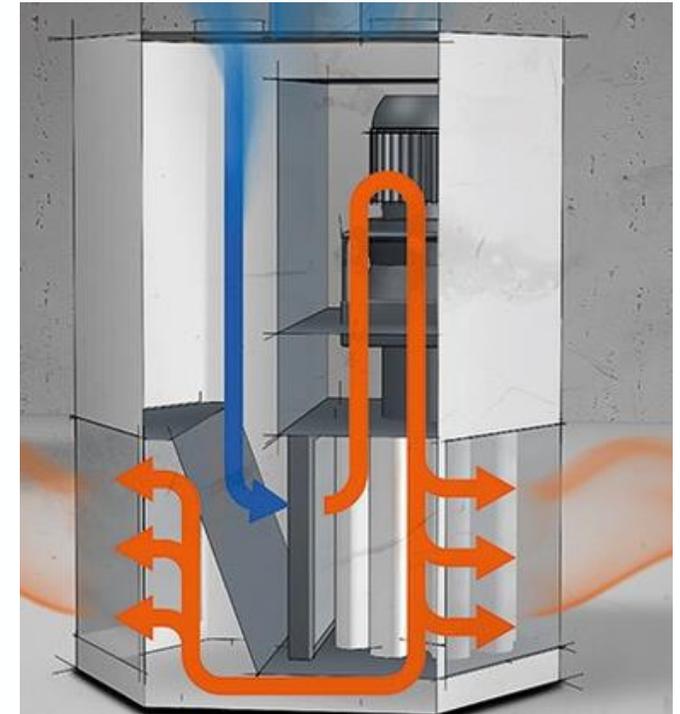
Zu den mobilen oder dezentralen Umluftgeräten zählen Klimageräte (z. B. Split-Klimaanlagen), Heizlüfter oder Ventilatoren (z. B. Standventilatoren).

- Diese Geräte sind zur Senkung der CO₂-Konzentration bzw. Abscheidung virenbelasteter Aerosole völlig ungeeignet.
- Einsatz nur in Innenräumen mit Einzelbelegung.
- Für eine ausreichende Frischluftzufuhr von außen ist zu sorgen.

Gute Raumlufth durch mobile Raumluftreiniger (MLR)

Luftreiniger sollen Partikel, gasförmige Verbindungen und mikrobielle Kontaminationen aus der Luft entfernen und somit zu einer Verbesserung der Luftqualität beitragen

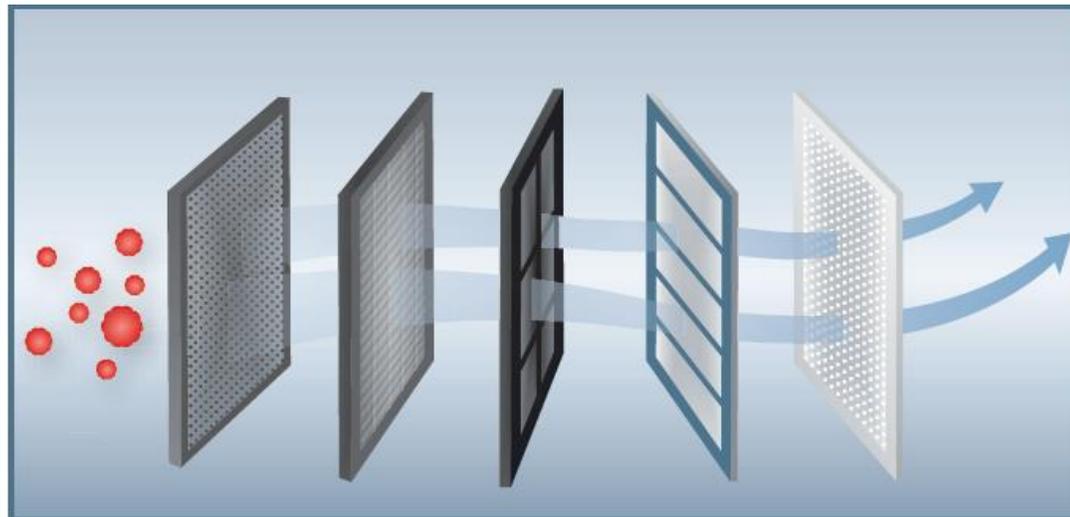
- Es kann zwischen Filtration und einer Luftbehandlung auf Basis von z. B. Ozon, kaltem Plasma, Elektrofiltern, Ionisation oder UV-C-Strahlung unterschieden werden.
- **Problem:** Durch den Umluftbetrieb wird keine Außenluft in den Innenraum geführt, sondern die vorhandene Luft vielmehr gleichmäßig im Raum verteilt wird.



Quelle: BG ETEM

Gute Raumluf durch mobile Raumluftreiniger (MLR)

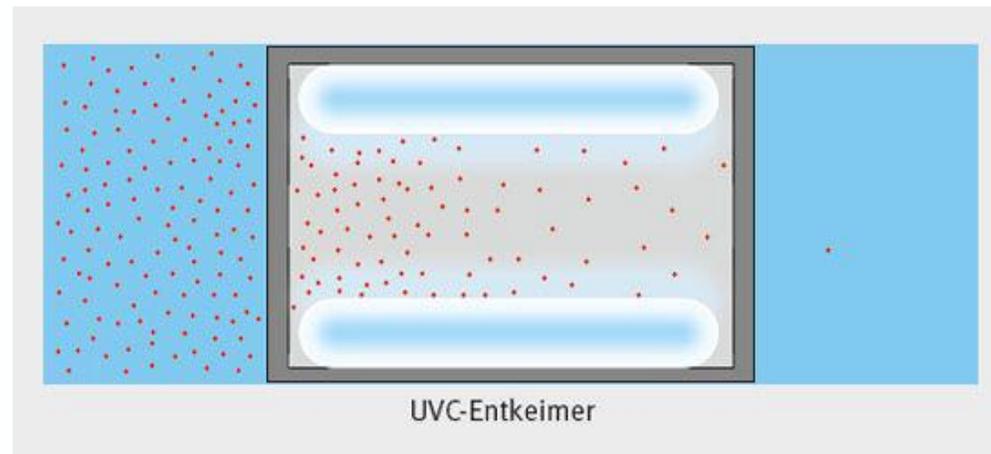
- **Filternde Luftreiniger** beruhen darauf, dass sie Raumluf mithilfe eines Ventilators ansaugen und durch einen sehr feinen Filter führen. Im Filter werden weitgehend alle Partikel und Aerosole abgeschieden. Die auf diese Weise behandelte Luft wird anschließend wieder in den Raum abgegeben.
- Von den verfügbaren Technologien können aktuell Geräte mit HEPA-Filtern H13/H14 (nach DIN EN 1822-1:2019) oder Feinstaubfiltern (Filterklassen ISO ePM1 \geq 70 % - vormals F8 - oder ISO ePM1 \geq 80 % - vormals F9) empfohlen werden.



Quelle: Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Mobile Luftreiniger MLR - Hinweise zur Auswahl und zum Betrieb

Gute Raumlufth durch mobile Raumluftreiniger (MLR)

- **Mobile Luftreiniger mit UV-C-Strahlung** können zu ausschließlich filternden Geräten eine Alternative sein, wenn entsprechende Wirksamkeitsnachweise erbracht werden.
Problem: Es existieren noch keine Prüfnormen zum Nachweis der Wirksamkeit unter standardisierten Testbedingungen.
- Sie müssen mit einer Vorfilterung betrieben werden und dürfen keine gesundheitsgefährdenden Stoffe (wie z. B. Ozon) freisetzen.
- UV-C-Strahlung ist **unsichtbar**, kann Keime/Viren unschädlich machen, ist jedoch gefährlich für Augen und Haut. UV-C Strahlung **darf nicht aus dem Gerät austreten!**



Quelle: BG RCT: Sichere Lüftung in Zeiten der Corona-Pandemie

Gute Raumlufth durch mobile Raumluftreiniger (MLR)

Einsatzbeschränkungen und -hinweise

- MLR können zwar eine mögliche Virenbelastung durch Aerosole in der Raumlufth reduzieren, aber ausgestoßene Tröpfchen im Nahbereich nicht erfassen!
- MLR haben eine **räumlich begrenzte Wirkung**. Die tatsächlich resultierende Effektivität der Luftreinigung hängt auch stark von den örtlichen Gegebenheiten (z. B. Raumgeometrie, Anordnung von Möbeln und Personen) ab.
- Zahl, Leistung und Aufstellort der MLR ist auf die räumlichen Gegebenheiten anzupassen, Zugluft muss vermieden werden. .
- Um strömungstechnisch nicht erfasste Raumbereiche zu vermeiden, sollten auf jeden Fall Experten zur Auswahl, Auslegung und Aufstellung geeigneter MLR herangezogen werden.

Gute Raumlufth durch mobile Raumluftreiniger (MLR)

Lärm

- Die in MLR eingebauten Ventilatoren erzeugen, abhängig von der eingestellten Leistung, **störender Lärm**.
- Tätigkeiten, die eine andauernd hohe geistige Konzentration erfordern, fallen nach ASR A3.7 „Lärm“ in die Tätigkeitskategorie I.
Während der Ausübung von Tätigkeiten der Tätigkeitskategorie I darf ein Lärmbeurteilungspegel von 55 dB(A) nicht überschritten werden.
Die Hintergrundgeräusche sollten die empfohlenen Höchstwerte der ASR A3.7 Abschnitt 6 nicht überschreiten. Diese Höchstwerte betragen z. B.
 - 35 dB(A) in Klassenräumen,
 - 40 dB(A) in Zweipersonenbüros und
 - 45 dB(A) in Großraumbüros.

Gute Raumlufth durch mobile Raumluftreiniger (MLR)

Wartung

- Die Filter eines MLR verschmutzen mit fortlaufender Nutzung.
 - Verschmutzte Filter erhöhen den Druckverlust und verringern den Volumenstrom bei konstanter Leistungsstufe des Geräts.
 - Außerdem reichern sich zugleich Stäube, Keime, Sporen und Schadstoffe an. Gerade in feuchter Umgebung sind belegte Filter ein idealer Nährboden für Schimmelpilze und Bakterien.
- Die Filter müssen regelmäßig kontrolliert, gereinigt und ggf. gewechselt werden, damit sie keine Luftschadstoffe abgeben und den Raum nicht zusätzlich belasten.
- Mit Filterwechsel, Wartung und Reparatur sind fachkundige Person zu beauftragen!
- Die Hinweise zu den vorgeschriebenen Intervallen für die Wartung und Inspektion beachten, ebenso die Bedienungsanleitung des Herstellers!
- **Empfehlung:** Schon beim Kauf Wartungsvereinbarung mit Fachbetrieb abschließen!
- **Übrigens:** Eine regelmäßige und gründliche Reinigung der Fußböden wirkt der Filterverschmutzung und Verkeimung des MLR entgegen!

Gute Raumluf durch Pflanzen?

- Pflanzen können in geringem Umfang Schadstoffe aus der Raumluf abbauen.
- Pflanzen können nur in seltenen Fällen helfen, die Luftfeuchte im Raum wesentlich zu erhöhen.
 - Der Effekt ist stark abhängig von der Art und Anzahl der Pflanzen.
 - Es werden viele Pflanzen, insbesondere solche, die einen hohen Wasserbedarf haben, z. B. Zyperngras, benötigt, um die Luftfeuchte merklich zu beeinflussen.
 - Klassische Büropflanzen können insgesamt maximal 10 g Wasser pro Stunde und m² Blattfläche verdunsten.
 - Eine Schefflera arboricola (Kleine Strahlenaralie) von 1,3 m Höhe schafft mit ihren ca. 1,4 m² Blättern eine Verdunstung von 14 g/Stunde.
- Bestimmte Pflanzen, z. B. die Birkenfeige (Ficus benjamina), können ein Allergierisiko darstellen.
- Bei mangelnder Pflege können sich in der Blumenerde Schimmelpilze vermehren, die Sporen an die Raumluf abgeben.

Aber

- **Pflanzen tragen zum psychischen Wohlbefinden der Beschäftigten bei.**
- **Sie schaffen eine individuelle Arbeitsumgebung und eine lebendige Atmosphäre.**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bei Rückfragen zu dieser Veranstaltung kontaktieren Sie:

Dipl. Ing, (FH) Rainer Spindler
Gesundheitszentrum Mannheim
Rainer.spindler@bad-gmbh.de

Dipl. Ing, (FH) Marcus Sedlaczek
Gesundheitszentrum Mannheim
marcus.sedlaczek@bad-gmbh.de

Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.