

## Statusbericht Raumluft-Sterilisation

### Zusammenfassung

Gegenwärtig erlebt die Raumluft-Sterilisation einen erheblichen Bedeutungsgewinn. Der Grund hierfür ist, dass nunmehr wissenschaftlich festgestellt wurde, dass COVID-19 auch durch sog. Aerosole übertragen werden kann. Aktuell werden deshalb „Lüftungsregeln“ festgelegt, die eine Ansteckung über Aerosole verhindern sollen. Diese Lüftungsregeln sind aber weder praktikabel noch wirkungsvoll. Lediglich ein Raumluft-Sterilisator mit ausreichender Leistungsfähigkeit kann diesen Infektionsweg wirkungsvoll unterdrücken.

### Wie lange wird uns COVID-19 im Griff haben?

**Dauerhaft, wobei die nächsten 3 Jahre besonders risikoreich sind.**

Führende Immunologen, Virologen und Epidemiologen sind einhellig der Überzeugung, dass der Menschheit COVID-19 – wie bei der Influenza (ebenfalls ein Corona Virus) – dauerhaft erhalten bleiben wird. Selbst ein evtl. in den nächsten Monaten zugelassener Impfstoff wird diese Situation nicht grundlegend verändern:

Hintergrund ist eine Besonderheit dieses Virus: Es siedelt sich zunächst nur im Rachen- und Nasenraum an, wo das Immunsystem wenig bis gar nicht reagieren kann, also weder selbst eine Immunantwort entwickeln kann, noch eine durch Impfung erworbene Immunität wirken kann. Erst wenn COVID-19 Viren in Lunge und Blutkreislauf eindringen, kann das Immunsystem reagieren.

Während dieser Zeit ist ein Infizierter aber bereits ansteckend.

Das ist auch der Grund dafür, dass ein Impfstoff keinen absoluten Schutz vor Ansteckung bieten kann, sondern nur die schweren Krankheitsverläufe abmildern oder verhindern wird. Normalerweise bleibt ein Impfschutz oder die Immunität nach durchlebter Erkrankung lange erhalten. Bei COVID-19 jedoch können sich Menschen mehrfach mit dem Virus infizieren. Eine Erklärung hierfür steht noch aus, aber es steht deshalb zu befürchten, dass ein COVID-19 Impfstoff nicht beliebig lange schützt.

Darüber hinaus gibt es bei der Impfung noch folgendes Problem: Selbst, wenn es innerhalb der nächsten Monate einen Impfstoff geben sollte, dann wird es rd. 3 Jahre dauern, bis genug Menschen geimpft sind. Aus diesem Grund wird COVID-19 die nächsten 3 Jahre eine tödliche Gefahr darstellen.

Von den persönlichen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Einschränkungen durch die Infektionsbekämpfung (Kontaktbeschränkungen etc.) werden dabei **alle** betroffen sein, ob sie nun geimpft sind oder nicht: Da selbst ein geimpfter Mensch krank sein und dabei andere infizieren kann, werden auch zukünftig strenge Hygienekonzepte erforderlich sein. Weil die Luft-Sterilisation einen wesentlichen Infektionspfad effizient unterdrücken kann, werden geeignete Geräte eine dauerhafte und weite Verbreitung finden.

## Hilft Lüftung?

### **Nein, nicht wirklich:**

Die aktuelle Lüftungsregel schreibt vor, die Raumluf alle 20 Minuten komplett durch eine Querlüftung (Dauer 5-10 Minuten) auszutauschen. Hintergrund der Regel: Falls sich ein Kranker im Raum befindet, atmen die Gesunden im Raum gerade noch nicht die krankmachende Virenanzahl ein.

### **Die 20-Minuten-Regel ist falsch:**

Die 20-Minuten-Regel nur für Räume mit 100 m<sup>3</sup> korrekt. Bei kleineren Räumen muss die Raumluf öfter, bei größeren Räumen seltener komplett ausgetauscht werden, bevor das Infektionsrisiko im Raum steigt.

### **Die 20-Minuten-Regel ist nicht praktikabel:**

- Viele Räume lassen sich überhaupt nicht Quer-Lüften
- Quer-Lüftung bei niedrigen Außentemperaturen kann aus Arbeitsschutzgründen verboten sein, wenn eine Mindest-Raumtemperatur von 20 °C nicht gewährleistet werden kann.
- Ein kompletter Luftaustausch alle 20 Minuten ist eine enorme Energieverschwendung
- Die Arbeit alle 20 Minuten für 10 Minuten zum Lüften zu unterbrechen, schränkt die Arbeitsleistung extrem ein.

### **Die 20 Minuten-Regel schützt nicht vor Infektionen:**

Zwar können durch eine Querlüftung alle Viren aus einem Raum entfernt werden, aber wenn sich nachher dieselbe Gruppe im Raum wiedertrifft, atmen die Menschen weiterhin infizierte Luft ein. Mit größter Sicherheit werden dann die Menschen im Raum angesteckt.

## Hilft eine Dauerlüftung oder eine Klimaanlage?

### **Nein, auch nicht wirklich.**

Mit Dauerlüftung und Klimaanlage kann die 20-Minuten Regel etwa verdoppelt werden, so dass dann „nur“ noch alle 40 – 50 Minuten gelüftet werden muss. Das für die meisten Anwendungen immer noch viel zu oft.

Im Detail:

Kann **zusätzlich** über **gekippte Fenster** gelüftet werden (Dauerlüftung), erhöht sich die Zeit zwischen den Quer-Lüftungen auf rd. **30 bis 40 Minuten**.

Dauer- und/oder Quer-Lüftungen bei niedrigen Außentemperaturen können aus Arbeitsschutzgründen nicht statthaft sein, wenn eine Mindest-Raumtemperatur von 20 °C nicht gewährleistet werden kann.

Kann alternativ **zusätzlich eine Klimaanlage** mit entsprechend hohem Außenluftanteil zugeschaltet werden, erhöht sich die Zeit zwischen den Quer-Lüftungen auf rd. **40 bis 50 Minuten**.

Derartig hochfrequente Unterbrechungen der Arbeitsabläufe mindern die Arbeitseffizienz erheblich.

### Was ist eigentlich notwendig?

- **Eine Gruppe von Menschen muss über einen „üblichen“ Zeitraum in einem Raum zusammenbleiben können, ohne sich gegenseitig anzustecken.**  
Diese „üblichen“ Zeiträume können beispielsweise beim Arzt 1 Stunde, in Restaurants 2 Stunden, in Clubs 4 Stunden, in Schulen rd. 6 Stunden und in Büros rd. 8 Stunden sein.
- **Die Raumtemperatur darf zur Sicherstellung der Arbeitssicherheit die Mindest-Raumtemperatur von 20 °C nicht unterschreiten.**
- **Die Arbeitsablauf darf nicht durch zu häufige Querlüftungen gestört werden.**

### Hilft ein Raumluf-Sterilisator?

**Ja, aber nur, wenn er über ausreichende Leistungsfähigkeit (mindestens 1000 m<sup>3</sup>/h) verfügt.**

#### Begründung:

Es ist bekannt, wie viele Viren in einem bestimmten Zeitraum eingeatmet werden müssen, bis eine Infektion angefacht wird.

Es ist ferner bekannt, wie viele virenbelastete Aerosole ein infizierter Mensch pro Minute ausatmet, wie sich diese virenbelasteten die Aerosole im Raum verteilen, wie lange sich diese Aerosole in der Raumluf halten und wie lange diese virenbelasteten Aerosole infektiös sind.

Daraus lässt sich ein geschlossenes mathematisches Modell dafür ableiten, wie lange sich gesunde Menschen gemeinsam mit einem infizierten Menschen in einem Raum aufhalten können, ohne selber krank zu werden. Vernünftigerweise findet dann ein vollständiger Luftaustausch (durch Quer-Lüftung) statt, bevor die Menschen eine krankmachende Virenlast eingeatmet haben.

Das Ergebnis dieser Berechnung hängt u. a. ab von

- der Anzahl der Infizierten im Raum
- der Raumgröße (In einem großen Raum ist die Virenkonzentration durch die Ausatemluft eines Infizierten klein, in einem kleinen Raum ist die Virenkonzentration hoch)
- den Dauer-Lüftungs-Möglichkeiten bzw. der Leistungsfähigkeit eines Raumluf-Sterilisators.

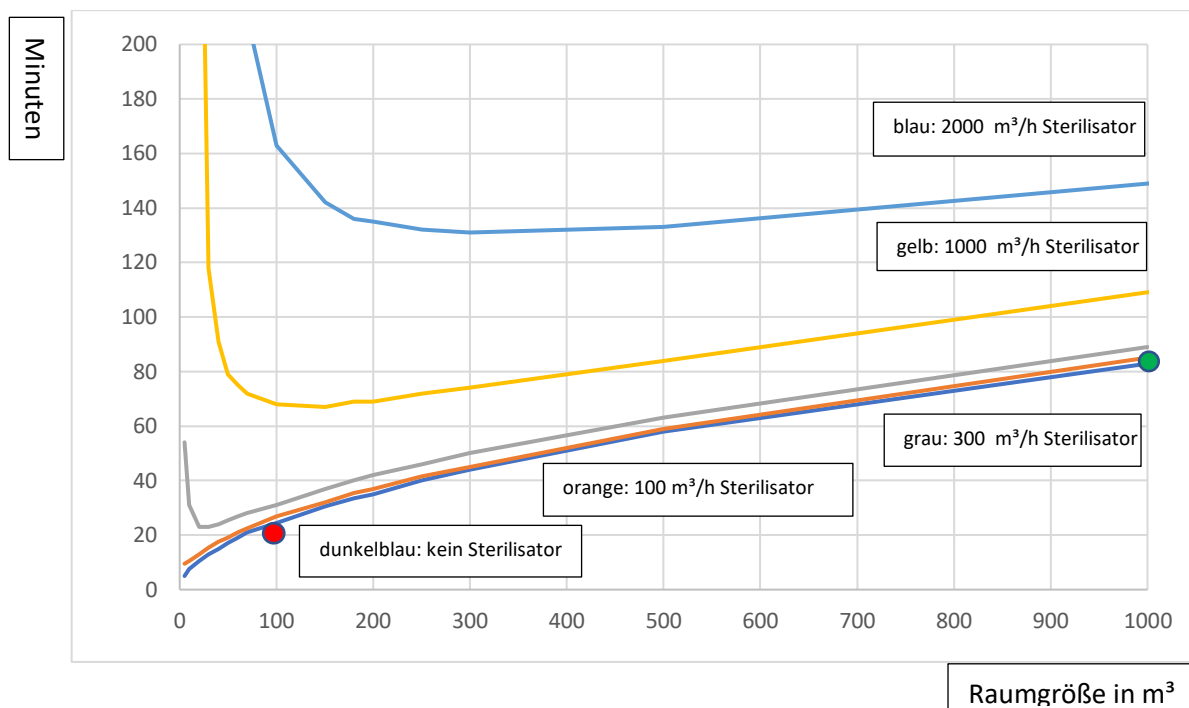
In der folgenden Grafik wird exemplarisch ein Raum gezeigt

- der über keine Dauerlüftungs-Möglichkeiten wie Fensterkippung oder Klimaanlage verfügt,
- in dem sich ein Infizierter befindet.

## Statusbericht Raumluf-Sterilisation

Für diesen Raum wird dargestellt:

- die maximal mögliche Verweildauer (in Minuten) in einem Raum, ohne dass ein Infektionsrisiko entsteht
- in Abhängigkeit von der Raumgröße (in  $m^3$ )
- für verschiedene Raumluf-Sterilisationsleistungen
  - ohne Sterilisator
  - mit 100  $m^3/h$  -, 300  $m^3/h$  -, 1000  $m^3/h$  -, 2000  $m^3/h$  - Sterilisator.



Es ist zu erkennen,

- dass ohne Sterilisator (dunkelblaue Kurve) die „erlaubte“ Verweildauer im Raum mit steigendem Raumvolumen ansteigt. Für einen 100  $m^3$  großen Raum ist nach rd. 25 Minuten die Ansteckungsschwelle erreicht. Daher rührt die o.a. 20-Minuten-Lüftungsregel (roter Punkt). Für einen 1000  $m^3$  Raum reicht ein vollständiger Luftaustausch alle 80 Minuten (grüner Punkt)
- dass kleine Raumluf-Sterilisatoren (orange und graue Linie) so gut wie wirkungslos sind.
- dass erst „große“ Raumluf-Sterilisatoren (gelbe und blaue Linie) essentiell erhöhte Aufenthaltsdauern ohne Infektionsrisiko erlauben.

| Raumvolumen         | erlaubte Aufenthaltsdauer            |                                     |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|                     | 1000 m <sup>3</sup> /h -Sterilisator | 2000 m <sup>3</sup> /h Sterilisator |
| 50 m <sup>3</sup>   | 1 Stunde 30 Minuten                  | 6 Stunden                           |
| 100 m <sup>3</sup>  | 1 Stunde 10 Minuten                  | 3 Stunden                           |
| 200 m <sup>3</sup>  | 1 Stunde 10 Minuten                  | 2 Stunden 15 Minuten                |
| 1000 m <sup>3</sup> | 2 Stunden                            | 2 Stunden 30 Minuten                |
| 5000 m <sup>3</sup> | 4 Stunden                            | 5 Stunden                           |

Zur Einordnung:

| Raumvolumen         | Beispiel- Abmessungen               | Typische Nutzung                         |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| 50 m <sup>3</sup>   | 20 m <sup>2</sup> Fläche (H=2,5 m)  | Einzelbüro, Behandlungszimmer            |
| 100 m <sup>3</sup>  | 40 m <sup>2</sup> Fläche (H=2,5 m)  | kleines Klassenzimmer, Büro, Wartezimmer |
| 200 m <sup>3</sup>  | 60 m <sup>2</sup> Fläche (H =3,3 m) | großes Klassenzimmer, größeres Büro      |
| 1000 m <sup>3</sup> | 200 m <sup>2</sup> Fläche (H=5 m)   | Einzelhandelsgeschäft, Restaurant, Club  |
| 5000 m <sup>3</sup> | 1000 m <sup>2</sup> Fläche (H=5 m)  | Supermarkt                               |

### Wie ist die Marktsituation?

**Die Mehrzahl der Geräte im Markt leistet nicht das, was die Hersteller versprechen. Verbraucher werden dadurch in falscher Sicherheit gewogen. Die Verbraucher werden so - teilweise wissentlich - einem erheblichen Gesundheitsrisiko ausgesetzt.**

Eine wissenschaftlich fundierte Marktuntersuchung hat ergeben,

- dass es viele Raumluf-Sterilisatoren gibt, die auf Verfahren beruhen, deren Wirkungsfähigkeit nicht nachgewiesen ist (z.B. Raumluf-Ionisatoren)
- dass es viele Geräte gibt, die zwar auf wissenschaftlich fundierten und technisch erprobten Methoden beruhen (z. B. Filteranlagen, UV-C Raumluf-Sterilisatoren)
  - die aber eine wesentlich zu geringe Leistungsfähigkeit aufweisen,
  - nicht den technischen Regelwerken gehorchen und so nicht bestimmungsgemäß betrieben werden können (insbes. Filteranlagen)
  - zu geringe Dosisleistungen aufweisen (UV-C Raumluf-Sterilisatoren)
  - oder deren Lärmemission bereits gesundheitsschädlich ist. (insbes. Filter-Anlagen)

Gegenwärtig ist – bei gleicher Leistungsfähigkeit - die UV-C Raum-Sterilisation der Raumluf-Filterung vorzuziehen:

- Die Betriebskosten von UV-C Raumluf-Sterilisatoren liegen wegen des geringeren Stromverbrauchs nur bei etwa 40 % der Betriebskosten des Filtergeräts
- Die laufenden Unterhaltskosten (Wartungskosten) UV-C Raumluf-Sterilisatoren liegen wegen der wesentlich höheren Lebensdauer der Komponenten nur bei etwa 10 % der Unterhaltskosten des Filtergeräts
- Der UV-C Raumluf-Sterilisator ist wegen der konstruktionsbedingten Möglichkeit „kleine“ Ventilatoren einzusetzen (siehe auch Stromverbrauch) wesentlich leiser als ein Filtergerät.

- Beim UV-Raumluf-Sterilisator fallen bei der Wartung keine möglicherweise infektiösen Filter an, die nur von geschultem Personal getauscht werden dürfen.
- Die Anschaffungskosten von UV-C Raumluf-Sterilisatoren liegen jedoch rd. 10 % über den Anschaffungskosten für ein Filtergerät.

## Detaillierte Begründung

Im weiteren Dokument werden die medizinisch-wissenschaftlichen Hintergründe und die wesentlichen Anforderungen an Raumluf-Sterilisationsgeräte erläutert.

- **Frage 1: Was sind Aerosole und wieviele Aerosole können COVID-19 belastet sein?**
- **Frage 2: Welche Methoden gibt es, um die Virenlast in Raumluf zu reduzieren**  
Die drei wissenschaftlich empfohlenen und technisch ausgereiften Methoden
  - vollständiger Tausch der Raumluf durch sog. Quer-Lüftung (dauert rd. 10 Minuten)
  - Einsatz von Raumluf-Filter-Geräten
  - Einsatz von UV-C Raumluf-Sterilisatoren

werden einander gegenübergestellt:

**Fazit:** In der warmen Jahreszeit (Mai -September) ist dauerhafte Quer-Lüftung eine Alternative, in der kalten Jahreszeit (Heizperiode Oktober bis April) ist der Einsatz von Raumluf-Sterilisatoren zwingend erforderlich.

- **Frage 3: UV-Raumluf-Sterilisatoren oder Raumluf-Filtergeräte zur Bekämpfung von COVID-19 Viren in der Luft?**  
**Fazit:** UV-C Raumlufsterilisatoren sind derzeit Raumluf filtern vorzuziehen.
  - Bei gleicher Reinigungsleistung sind bei UV-C Raumlufsterilisatoren die Gesamtkosten (Anschaffung, Betrieb, Wartung) geringer
  - Bei Raumluf-Filter-Geräten müssen die ggf. kontaminierten und infektiösen Filter durch Fachfirmen getauscht und entsorgt werden.

- **Frage 4 : Welche Rolle spielt die Filterleistung bzw. der Sterilisationsgrad bei Raumluf-Sterilisatoren?**

**Fazit:** Filter- bzw. Sterilisationsgrad spielt nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Alle Statements können durch wissenschaftliche Veröffentlichungen bzw. durch Marktanalysen belegt werden. Der Text ist unter Verzicht auf Quellenangaben als auch unter Verzicht auf viele mögliche Fallunterscheidungen absichtlich so populär wie möglich gehalten, um ein nicht-fachliches Publikum inhaltlich zu erreichen.

## Frage 1: Was sind Aerosole und wieviele Aerosole können COVID-19 belastet sein?

- Aerosole sind feinste Tröpfchen mit einem Durchmesser zwischen 0,1 und 10 µm (1 µm ist ein tausendstel mm). Ein menschliches Haar hat 50 -100 µm Durchmesser, ein COVID-19 Virus ist etwa 0,2 µm groß.
- Bei einem normalen Atemzug eines Erwachsenen (ca. 0,7 l) werden rd. 10.000 Aerosole ausgeatmet. Unter Belastung (Sport, Gesang etc.) werden bis zu 100 mal (!! ) so viel Aerosole ausgeatmet. Bei durchschnittlich 15 Atemzügen pro Minute stößt dabei also ein Mensch in Ruhe 10 l Luft und rd. 150.000 Aerosole pro Minute aus.
- Unter Berücksichtigung der Größenverteilung der Aerosole muss (als worst case) davon ausgegangen werden, dass ein kranker Mensch in Ruhe rd. 100.000 Aerosole pro Minute emittiert, die alle einen Virus tragen können. Die Viren in den Aerosolen sind aber nicht über unbegrenzte Zeiträume hinweg infektiös. Die sog. Halbwertszeit von Viren in Aerosolen beträgt rd. 160 Minuten. Nach dieser Zeit ist die Hälfte dieser Viren nicht mehr infektiös.
- Virologen gehen davon aus, dass rd. 3000 (im Verlauf von zwei Stunden) eingeatmete Viren ausreichen, um eine Infektion anzufachen.

Dazu folgende wichtige Bemerkungen:

- Leider kann der Veröffentlichung nur indirekt entnommen werden, wie der o.a. Zeitraum von 2 Stunden zustande kommt, in dem 3000 Viren eingeatmet werden müssen, um eine Infektion anzufachen. Allerdings kann der Wert von 2 Stunden mit anderen Überlegungen plausibilisiert werden: Der gesunde Körper ist in der Lage, binnen eines Tages 99,999 % der Viren zu inaktivieren. Daraus ergibt sich eine Halbwertszeit für einen Virus im Körper von rd. 1 h. Das bedeutet: Von 3000 eingeatmeten Viren ist nach 1 h nun noch die Hälfte infektiös, d.h. eine Dosis von 1500 Viren in 1 Stunde würde so noch zu keiner Anfachung der Infektion führen.
- Es wäre leichtsinnig, anzunehmen, dass keine Infektionsgefahr herrscht, wenn dauerhaft eine Virenlast < 1500 Viren pro Stunde eingeatmet wird. Tatsächlich steigt das Infektionsrisiko mit der Expositionsdauer.
- Die Dosis von 3000 Viren in 2 Stunden ist in mehrfacher Weise mit statistischen Unsicherheiten „belastet“. Einerseits gibt es bei der experimentellen Untersuchung Unsicherheiten und zweitens weist die Reaktionsfähigkeit des individuellen Immunsystems große Schwankungsbreiten auf (Stichwort: Risikogruppen).
- Gegen Aerosole helfen die gängigen AHA Regeln (Abstand halten – Hygiene beachten – Alltagsmaske tragen) **NICHT**. Die AHA Regeln greifen nur bei großen Tröpfchen, die nach dem Ausatmen rasch zu Boden sinken.
- Aerosole schweben nach Ihrer Ausatmung oft noch über Stunden im Raum, in dem Sie sich in kürzester Zeit gleichmäßig verteilen.

**Frage 2: Welche Methoden gibt es, um die Virenlast in Raumluf zu reduzieren?**

Grundsätzlich geht es darum, die Anzahl der Viren in der Raumluf zu reduzieren, d.h. die Virenkonzentration im Raum zu verringern.

Eine massive Verringerung der Virenkonzentration erreicht man durch sog. „vollständigen Austausch bzw. vollständige Sterilisation der Raumluf“.

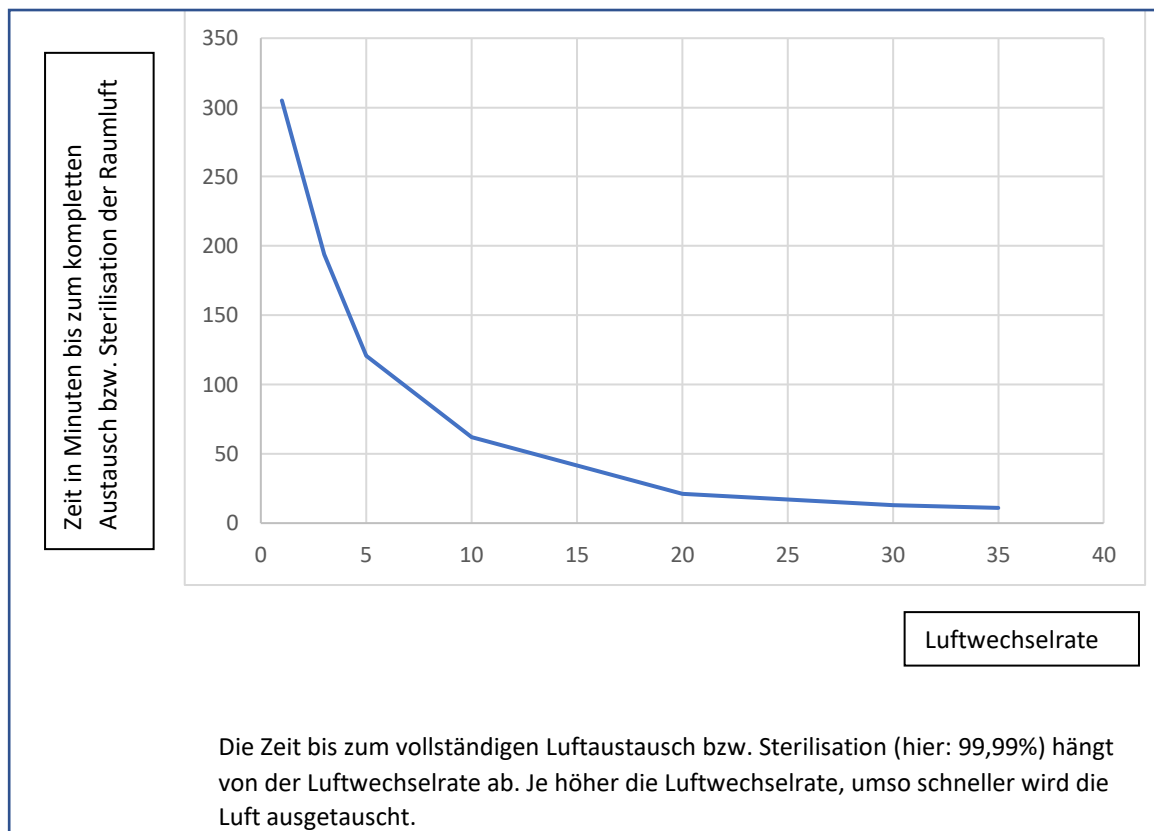
Von komplettem Austausch bzw. kompletter Sterilisation der Raumluf spricht man, wenn 99 % bis 99,99 % der Raumluf ausgetauscht oder sterilisiert sind.

Die Zeitdauer dieses Vorgangs hängt von der sog. Luftwechselrate ab: Die Luftwechselrate ist eine Zahl, die angibt, wieviel „frische“ Luft einem Raum binnen einer Stunde zugeführt wird.

- Eine Luftwechselrate von 10 bedeutet, dass einem Raum stündlich das 10-fache seines Raumvolumens zugeführt wird. Ein 10-facher Raumlufwechsel eines Raums mit 100 m<sup>3</sup> Rauminhalt führt zu einem Volumenstrom von 1000 m<sup>3</sup> pro Stunde (1000 m<sup>3</sup>/h).
- Eine Luftwechselrate von 10 heißt nicht, dass die Luft in einem Raum 10 mal pro Stunde komplett ausgetauscht wird, wie von unseriösen Herstellern in Werbeschriften falsch suggeriert wird.

Die Zeitdauer für den „vollständigen Austausch bzw. vollständige Sterilisation der Raumluf“ hängt von der Luftwechselrate ab wie folgt:

Grafisch:





Als Tabelle:

| Luftwechsel | Dauer, bis <b>99,99 %</b> der Raumluf ausgetauscht bzw. sterilisiert ist | Dauer, bis <b>99 %</b> der Raumluf ausgetauscht bzw. sterilisiert ist |
|-------------|--|---|
| 1 -fach     | 6 Stunden  | 3 Stunden   |
| 3-fach      | 3 Stunden  | 1,5 Stunden   |
| 5-fach      | 2 Stunden  | 1 Stunde  |
| 10-fach     | 1 Stunde   | 26 Minuten  |
| 20-fach     | 20 Minuten   | 12 Minuten  |
| 30-fach     | 13 Minuten   | 7 Minuten   |
| 35-fach     | 10 Minuten   | 6 Minuten   |
| pro Stunde  |  |   |

Eine Luftwechselrate um 35 erhält man gewöhnlich bei der sog. Quer- oder Stoßlüftung, bei der alle Türen und Fenster geöffnet werden. Bei einer sog. Dauer-Lüftung durch gekippte Fenster geht man von Luftwechselraten von 3 – 6 aus.

**Aktuell wird vorgegeben, in Räumen (z.B. Klassenzimmer und Büros) alle 20 Minuten durch eine Quer- bzw. Stoßlüftung für einen „vollständigen Austausch der Raumluf“ zu sorgen. Davon abgesehen, dass so rd. 25 % bis 30 % der Arbeitszeit für Lüftungsmaßnahmen eingesetzt werden würde, steht außerdem zu erwarten, dass diese Maßgabe während der Heizperiode aus Arbeitsschutzgründen nicht erfüllt werden kann und darf.**

Falls bei niedrigen Außentemperaturen (Heizperiode von Oktober bis April) trotz voll aufgedrehter Heizung keine ausreichende Raumtemperatur von 20 °C erreicht werden kann, darf die Arbeit aus Arbeitsschutzgründen nicht fortgesetzt werden, da die technischen Richtlinien für Arbeitsstätten (ASR Anhang 3.5 Absatz 1 „Richtlinien für die minimale Raumtemperatur“) verpflichtend einzuhalten ist. Die Idee mancher Kultusminister, die Schüler könnten ja im Mantel und Schal im Unterricht sitzen, ist mit bestehendem Recht schlicht nicht vereinbar.

Dennoch hat diese Maßgabe einen ernsten Hintergrund:

Dazu betrachten wir beispielhaft einen Raum von 100 m<sup>3</sup> Rauminhalt, das ist bei 2,5 m Raumhöhe ein Raum mit einer Grundfläche von 40 m<sup>2</sup>:

In diesem Raum befinde sich eine mit Covid-19 infizierte Person. Die Gesamtanzahl der Menschen im Raum ist dabei völlig irrelevant. Daher ist im Übrigen die Anregung, in Zimmern CO<sub>2</sub> Sensoren aufzustellen, um die Luftqualität zu messen, blanker Unsinn. Für alle Betrachtungen ist ausschließlich wichtig, dass 1 Kranker im Raum COVID-19 belastete Aerosole emittiert.

Dieser eine Kranke ist die permanente Quelle von rd. 100.000 COVID-19 belasteten Aerosolen pro Minute. Die aerosolgestützten Viren sind aber nicht unbegrenzt lange infektiös. Man geht von einer Halbwertszeit von rd. 160 Minuten aus. Das bedeutet, dass die Hälfte der vor 160 Minuten ausgeatmeten Viren dann nicht mehr infektiös ist. Trotzdem steigt die Anzahl der infektiösen, virenbelasteten Aerosole im Raum ständig an:

## Statusbericht Raumluf-Sterilisation

- nach 1 Minute: rd. 100.000 virenbelastete Aerosole
- nach 2 Minuten: rd. 200.000 virenbelastete Aerosole
- nach 45 Minuten: rd. 4.100.000 virenbelastete Aerosole

Diese Aerosole breiten sich in kürzester Zeit gleichmäßig im Raum aus und werden von den anderen Menschen im Raum eingeatmet. Je größer der Raum ist, umso weniger Viren atmet der Mensch pro Minute ein. Hat ein Mensch binnen zweier Stunden 3000 Viren eingeatmet, kann eine Infektion angefacht werden.

**Fall I:** Wenn der Raum nicht gelüftet wird und erfolgt auch keine zusätzliche Raumluf-Sterilisation, werden von einem Gesunden im o.g. 40 m<sup>2</sup> Beispiel-Raum im Verlauf von rd. 23 Minuten 3000 Viren eingeatmet. Daher ist es unbestritten sinnvoll, bei dem Raum nach 20 Minuten für einen „vollständigen Austausch der Raumluf“ zu sorgen.

Wenn allerdings nach dem vollständigen Austausch der Raumluf der Kranke mit den Gesunden weiterhin im Raum zusammensitzt, beginnt die kontinuierliche Kontamination der Raumluf mit virenbelasteten Aerosolen von vorne. Die Menschen werden sich dann trotzdem infizieren, weil sie bereits in der zweiten „Sitzungsperiode“ die Grenze von 3000 Viren innerhalb von 2 Stunden überschreiten.

**Fall II:** Wird der Raum permanent gelüftet (z.B. Dauer-Lüftung durch gekippte Fenster oder durch einer fest installierte Klimaanlage mit entsprechendem Frischluftanteil) oder wird die Raumluf permanent gefiltert oder sterilisiert, dann wird dem Raum beständig virenbelastete Luft entnommen und saubere Luft der virenbelasteten Luft im Raum wieder beigemischt. In Abhängigkeit von der Luftwechselrate stellt sich in dem Raum nach gewisser Zeit eine konstante Virenlast ein.

Für unseren Beispiel-Raum ergibt sich:

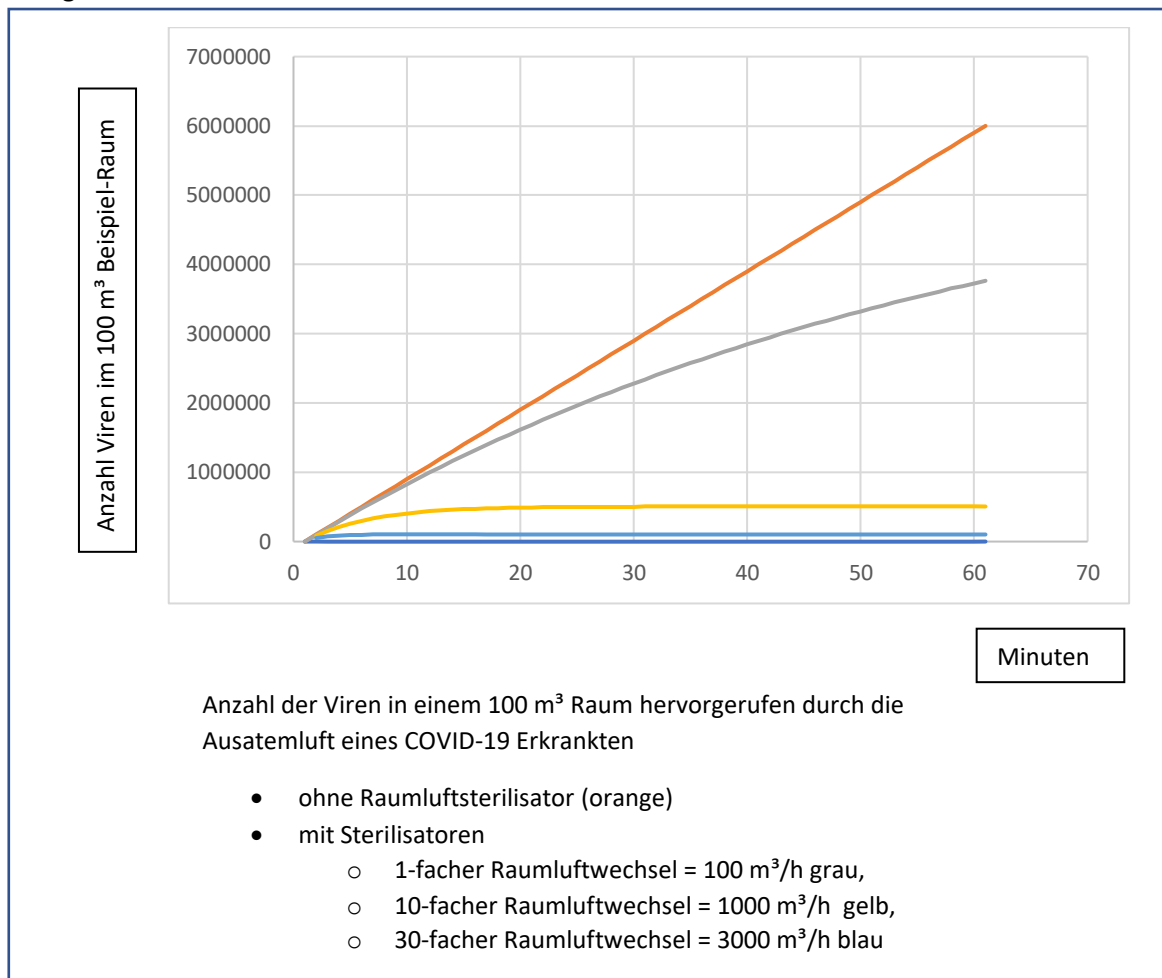
| 100 m <sup>3</sup> Raum<br>(40 m <sup>2</sup> Fläche bei<br>2,5 m Höhe) | Bei einem Kranken im Raum wird folgende<br>konstante Virenlast erreicht: |               | Krankmachende<br>Virendosis<br>(3000 Viren)<br>eingeatmet nach |
|---|--|---------------|--|
|   | Luftwechselrate  | bei           |  |
|   | 1  | 6.000.000     | 4 Stunden<br>27 Minuten  |
|   | 5  | 1.000.000     | 1 Stunde<br>45 Minuten   |
|   | 10   | 600.000       | 20 Minuten<br>1 Stunde 5 Minuten                               |
|   | 15   | 400.000       | 18 Minuten<br>1 Stunde 45 Minuten                              |
|   | 20   | 200.000       | 15 Minuten<br>2 Stunden 45 Minuten                             |
|   | 25   | 140.000       | 13 Minuten<br>4 Stunden  |
|   | 30   | 100.000       | 7 Minuten<br>6 Stunden   |
|   | 35   | 90.000        | 5 Minuten<br>6 Stunden 30 Minuten                              |
|   |  | Viren im Raum |  |

## Statusbericht Raumluf-Sterilisation

Allgemein formuliert:

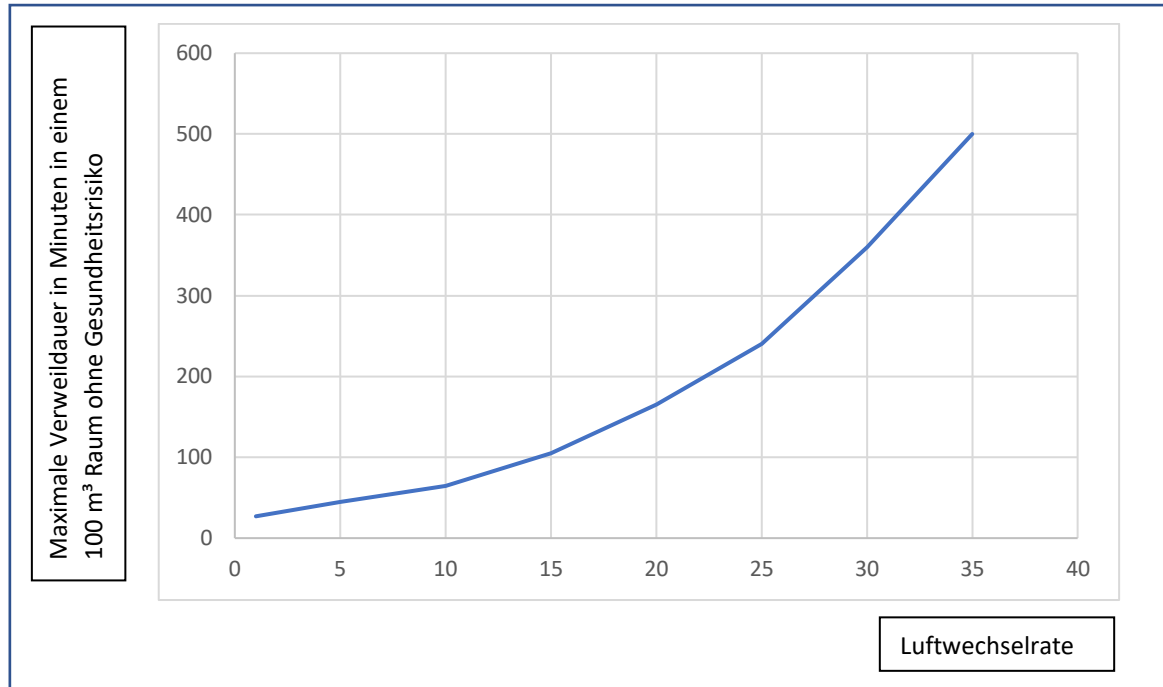
- Je größer die Luftwechselrate, umso schneller stellt sich eine konstante Virenlast ein und umso geringer fällt diese Virenlast aus.
- Je größer die Luftwechselrate, umso länger kann sich ein Mensch im Raum aufhalten, ohne krank zu werden

Grafisch dargestellt:



## Statusbericht Raumluf-Sterilisation

Der Zeitraum, in dem man sich in diesem 100 m<sup>3</sup> Raum ohne Gesundheitsrisiko aufhalten kann, hängt von der Luftwechselrate ab:



Ein vernünftiges Ziel könnte sein, für die maximale Verweildauer im Raum ohne Gesundheitsrisiko Werte zwischen 1 und 3 Stunden zu erreichen. Für unseren Beispiel-Raum von 100 m<sup>3</sup> (40 m<sup>2</sup> Fläche) wären dafür Luftwechselraten zwischen 10 und 20 erforderlich.

Diese Luftwechselrate könnte sich bei unserem 100 m<sup>3</sup> Beispiel-Raum zusammensetzen aus:

- Luftwechselrate durch Fensterlüftung (Luftwechselrate 3 -6), zuzüglich Luftwechselrate durch einen Raumluf-Sterilisator (Luftwechselrate 8 – 12, also rd. 1000 m<sup>3</sup>/h ): Ergibt Luftwechselrate 11 bis 18.
- Luftwechselrate durch Aircondition (Außenluftanteil der Luftwechselrate 5 -8), zuzüglich Luftwechselrate durch einen Raumluf-Sterilisator (Luftwechselrate 8 – 12): Ergibt Luftwechselrate 13 bis 20.

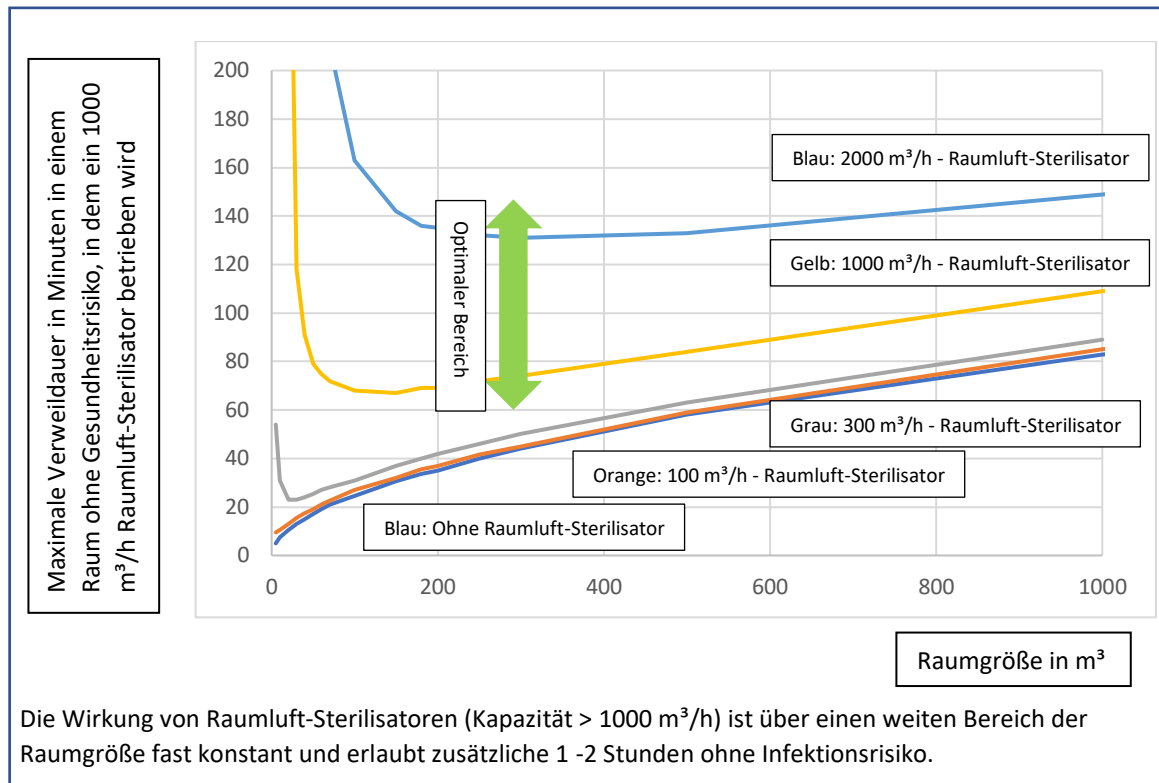
Soweit die Betrachtungen für unseren 100 m<sup>3</sup> Beispiel-Raum.

Nun stellt sich die Frage: Welche Luftwechselraten ergeben sich bei anderen Raumgrößen?

Bei fester Kapazität eines Raumluf-Sterilisators (z.B. 1000 m<sup>3</sup>/h) gibt es im Grunde zwei Effekte, die sich gegenseitig unterstützen:

- Verdünnungseffekt der Viren: Je größer der Raum, umso stärker wird die virenbelastete Ausatemluft des Kranken verdünnt, und umso länger kann sich ein Gesunder im Raum aufhalten bis er 3000 Viren eingeatmet hat.
- Effizienz des Raumluf-Sterilisators: Je kleiner der Raum, umso effizienter wird der Raumluf Sterilisator, weil bei konstanter Kapazität (z.B. 1000 m<sup>3</sup>/h) seine Luftwechselrate ansteigt.

Im Endeffekt ergibt sich eine „Badewannenkurve“:



**Fazit:**

**Für Räume ohne Luftaustausch** hängt der Zeitraum um durch eine Querlüftung (falls überhaupt möglich: Dauer 6-10 Minuten) für einen vollständigen Austausch der Raumluf zu sorgen vom Raumvolumen ab:

| Rauminhalt (in m <sup>3</sup> ) | Zeitdauer (in Minuten) zwischen zwei kompletten Austauschen der Raumluf durch Querlüftung (falls überhaupt möglich) | Anteil der Lüftungszeit an der Gesamtarbeitszeit | Kommentar   |
|---------------------------------|---|--|---|
| 20                              | 10  | 50 %   | Ist während der Heizperiode faktisch nicht möglich: Mindest-Raumtemperatur kann nicht gewährleistet werden. |
| 40                              | 15  | 40 %   |   |
| 100                             | 20  | 33 %   |   |
| 200                             | 30  | 25 %   |   |
| 500                             | 60  | 15%  |   |
| 1000                            | 80  | 10 %   |   |

Kann zusätzlich über gekippte Fenster gelüftet werden (**Dauerlüftung**), erhöht sich die Zeit zwischen den Quer-Lüftungen **um rund 10 bis 20 Minuten**.

Kann alternativ eine **Klimaanlage** mit entsprechend hohem Außenluftanteil zugeschaltet werden, erhöht sich die Zeit zwischen den Quer-Lüftungen um rd. **20 bis 30 Minuten**.

**Raumluf-Sterilisatoren** mit Kapazitäten zwischen **1000 m<sup>3</sup>/h und 2000 m<sup>3</sup>/h** erlauben dabei, die Zeit zwischen den Querlüftungen auf **erheblich** auszudehnen.

| Raumvolumen         | erlaubte Aufenthaltsdauer            |                                     |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|                     | 1000 m <sup>3</sup> /h -Sterilisator | 2000 m <sup>3</sup> /h Sterilisator |
| 50 m <sup>3</sup>   | 1 Stunde 30 Minuten                  | 6 Stunden                           |
| 100 m <sup>3</sup>  | 1 Stunde 10 Minuten                  | 3 Stunden                           |
| 200 m <sup>3</sup>  | 1 Stunde 10 Minuten                  | 2 Stunden 15 Minuten                |
| 1000 m <sup>3</sup> | 2 Stunden                            | 2 Stunden 30 Minuten                |
| 5000 m <sup>3</sup> | 4 Stunden                            | 5 Stunden                           |

Raumluf-Sterilisatoren mit geringen Kapazitäten < 200<sup>3</sup>/h sind hingegen so gut wie wirkungslos und erlauben bestenfalls sich die Zeit zwischen den Quer-Lüftungen zwischen 5 und 10 Minuten zu verlängern.

Die korrekte Raumluf-Sterilisator Leistung muss individuell festgelegt werden. Einflussgrößen sind:

- Raumgröße und Geometrie
- Lüftungsmöglichkeiten (Querlüftung, Dauerlüftung, Außenluftanteil der Klimaanlage)
- Heizungskapazität
- Nutzungsart
- Nutzungsdauer
- und andere Randbedingungen für die Nutzung des Raums (z.B. Lärmeintrag)

## **Frage 3: UV-Raumluf-Sterilisatoren oder Raumluf-Filtergeräte zur Bekämpfung von COVID-19 Viren in der Luft?**

Beide Methoden sind ausgereift und seit Jahrzehnten sicher und erfolgreich eingesetzt:

### **Über Filteranlagen:**

- Raumluf-Filteranlagen bestehen in der Regel aus einer Ventilatereinheit mit entsprechendem Schalldämpfer und einer Filtereinheit, die mindestes aus einem Vorfilter und einem sog. HEPA Hauptfilter besteht. Filter haben beschränkte Standzeiten und müssen entsprechend oft gewechselt werden.

### **Über UV-C Desinfektion:**

- UV-C Bestrahlung wird schon seit Jahrzehnten äußerst erfolgreich bei der Flächendesinfektion eingesetzt. UV-C Strahlung ist für Viren, Bakterien, Sporen und Algen in kürzester Zeit tödlich. UV-C ist aber auch für Menschen sehr gefährlich. UV-C Flächendesinfektion darf deshalb nur durchgeführt werden, wenn keine Menschen im Raum sind.
- Luftdesinfektion mit UV-C ist ebenso seit Jahrzehnten bekannt. Die UV-C Luftdesinfektion dient zur Desinfektion ausgeatmeter Luft, ist also nur dann sinnvoll, wenn auch Menschen im Raum sind. Deshalb wird bei der UV-C Luftdesinfektion die UV-C Strahlungsquelle so eingekapselt, dass keine UV-C Strahlung entkommen kann. Ventilatoren fördern dabei die zu desinfizierende Luft an der UV-C Strahlungsquelle vorbei. Dabei muss die UV-C Strahlungs-dosis groß genug sein, um die Viren in der Luft abzutöten. Die Strahlungs-dosis hierfür ist bekannt.

### **Andere Methoden:**

- Es werden jedoch auch andere Methoden der Raumlufdesinfektion beworben, wie z.B. sog. „Luft-Ionisatoren“ oder „Plasma“-Luftreinigungsgerate. Für diese Geräte konnte bisher kein Nachweis erbracht werden, dass deren Anwendung die COVID-19 Virenlast in Raumluf in erforderlichem Maße reduzieren kann.

**Filteranlagen und UV-C Raumluft-Sterilisatoren werden im Folgenden gegenübergestellt:**

| <b>Filterung der Schadstoffe aus der Luft</b>   | <b>UV-Sterilisation der Luft</b>   |
|---|--|
| <p>Verwendet werden sog. HEPA- Filter, die aus einem sehr dichten Gewebe bestehen, durch das die Raumluft gepresst wird.</p> <p>HEPA-Filter erfordern zwingend einen zusätzlichen Vorfilter.</p> <p>Zur Überwindung des Luftwiderstands der Filter braucht man einen Ventilator, der erheblichen Druck (bis zu 900 Pascal) aufbauen können muss. Der Ventilator ist deshalb sehr laut und verbraucht viel Strom.</p> <p>Beispiel:<br/>Um 1000 m<sup>3</sup> Raumluft pro Stunde zu filtern, benötigt man eine Ventilatorleistung von rd. 500 W.</p> <p>Die Geräuschemission dabei etwa so laut wie ein angeregt geführtes Gespräch im 1 m Entfernung.</p> <p>Ein Schalldämpfer ist erforderlich.</p> <p>Die Filter (HEPA- und Vorfilter) setzen sich im Laufe des Betriebs zu und müssen ausgetauscht werden. Die mögliche Nutzungsdauer des Filters hängt vom Verhältnis zwischen Filterfläche und Luftstrom ab. Als Richtwert können für die Standzeit der Filter rd. 3000 Stunden angesetzt werden.</p> <p>Die Filter können nach Gebrauch selbst infektiös sein.</p> <p>Ggf. zusätzliche Entsorgungskosten (Sondermüll)</p> | <p>Strahlungsquelle sind Quecksilber-Niederdruck Lampen.</p> <p>UV-Lampen sollten mit einem Vorfilter betrieben werden.</p> <p>Der Ventilator muss nur den Luftwiderstand des Vorfilters (rd. 150 Pascal) überwinden können müssen. Die UV-C- Lampen selbst bieten keinen Luftwiderstand.</p> <p>Beispiel:<br/>Um 1000 m<sup>3</sup> Raumluft pro Stunde zu sterilisieren benötigt man eine Ventilatorleistung von rd. 100 W. Zusätzlich sind UV-C Lampen mit rd. 100 W elektrischer Anschlussleistung notwendig.</p> <p><b>Die Betriebskosten für ein UV-C Raumluft-Sterilisator liegen also bei rd. 40 % im Vergleich zu einem Filtergerät.</b></p> <p>Die Geräuschemission ist dabei etwa so laut wie ein leise geführtes Gespräch im 1 m Entfernung</p> <p>Ein kleinerer Schalldämpfer ist erforderlich.</p> <p>UV-C Lampen haben Lebensdauern von rd. 9000 Betriebsstunden</p> <p>UV-C Leuchten sind automatisch immer steril.</p> <p>UV-Lampenhersteller nehmen alte UV Leuchten kostenlos zurück.</p> |



## Statusbericht Raumluf-Sterilisation

|   |  |
|---|--|
| <p>Filterwechsel erfordert Fachpersonal (Grund: Infektionsgefahr, Schätzkosten rd. 100 € pro Filterwechsel)</p> <p>Filter sind ein Serienprodukt.<br/>Für ein Umluftgerät mit 1000 m<sup>3</sup>/h muss alle 3000 Stunden mit Filterkosten um 500 € gerechnet werden.</p> <p>Ein 1000 m<sup>3</sup> /h - Filtergerät, das alle technischen Standards nachgewiesenermaßen erfüllt, kostet rd. 3500 €.</p> <p>Gesamtkosten bei 9000 Betriebsstunden (Anschaffung, Betrieb, Unterhalt) belaufen sich auf etwa 6.000 €.</p> | <p>Lampenwechsel kann von jedermann durchgeführt werden.</p> <p>UV-C Lampen sind ein preiswertes Massenprodukt. Im Grunde sind es nur sog. „Leuchtstoffröhren“. Für ein Umluftgerät mit 1000 m<sup>3</sup>/h sind alle 9000 Stunden neue UV-C Röhren für rd. 120 € erforderlich.</p> <p><b>Die Unterhaltskosten für ein UV-C Raumlufdesinfektionsgerät liegen daher nur bei 8 % im Vergleich zu einem Filtergerät.</b></p> <p>Ein 1000 m<sup>3</sup>/h -UV Raumluf-Sterilisator, der alle technischen Standards nachgewiesenermaßen erfüllt, kostet rd. 5000 €.</p> <p>Gesamtkosten bei 9000 Betriebsstunden (Anschaffung, Betrieb, Unterhalt) belaufen sich auf etwa 5.800 €.</p> |
|---|--|

### Fazit: Die UV-C Raumlufsterilisation ist derzeit der Raumlufilterung vorzuziehen.

- wesentlich größere Wartungsintervalle
- keine Handhabung von kontaminierten und infektiösen Filtern (hierfür ist Fachpersonal erforderlich, zusätzlich Entsorgungsproblematik)
- Geringere Gesamtkosten

### Bemerkung:

Tatsächlich werden wesentlich billigere Geräte angeboten. Im Rahmen einer umfangreichen und technisch fundierten Marktanalyse wurden bei vielen Produkten technische Fehler nachgewiesen, die die Erbringung der versprochenen Leistungen unmöglich machen.

Verbraucher, Verwender und Beschaffer dieser Geräte werden dabei teilweise - sicherlich wider besseren Wissens der Hersteller - in falscher Sicherheit gewogen und so einem erheblichen Gesundheitsrisiko ausgesetzt.

## **Frage 4: Welche Rolle spielen die Filterleistung bzw. der Sterilisationsgrad bei Raumlft-Sterilisatoren?**

Hersteller von Raumlftfilter-Geräten und UV-C Raumlft-Sterilisatoren überbieten sich gegenseitig beim sof. „Kill-Faktor“, das ist der prozentuale Anteil inaktivierter Viren.

Manche Hersteller werben dabei mit „Kill-Faktoren“ von 99,9995 %.

Diese Angabe ist weitgehend irrelevant. Ausschlaggebend und dominanter Wirkfaktor bei Raumlft-Sterilisatoren ist die Luftwechselrate. Ein „Kill-Faktor“ von 99 % ist hierfür vollkommen ausreichend.

### **Gesamt-Fazit:**

Es ist unabdingbar, die Raumlft periodisch durch Querlüftung (Dauer 6-10 Minuten) vollständig auszutauschen.

Ist eine Querlüftung nicht möglich, muss ein Raumlftsterilisator eingesetzt werden. Die Dauer der Sterilisation eines leeren Raumes liegt bei einer Luftwechselrate von 10 etwa zwischen 30 Minuten (Sterilisationsgrad 99%) und 1 Stunde (Sterilisationsgrad 99,99%).

Der Zeitraum zwischen zwei vollständigen Luftaustauschen durch Querlüftung oder für eine vollständige Sterilisation der Raumlft durch einen Raumlft-Sterilisator hängt ab von

- von der Raumgröße
- und den zusätzlichen Lüftungsmöglichkeiten (z.B. durch Dauerlüftung (Fensterklippung) oder den Einsatz einer Klimaanlage mit Außenluftanteil)

Für typische Klassenräume, Wartezimmer, Büros (Räume bis 200 m<sup>3</sup>) können so Zeiträume zwischen zwei vollständigen Luftaustauschen durch Querlüftung in der Größenordnung von 1 Stunde erreicht werden. Wenn nach dem Luftaustausch dieselben Menschen im Raum wieder zusammentreffen, wird in der Regel bereits in der „zweiten Sitzungsperiode“ die krankmachende Virenlast erreicht.

Wenn also Zeiträume zwischen zwei vollständigen Luftaustauschen durch Querlüftung von mehreren Stunden erreicht werden sollen, ist der Einsatz von Raumlft-Sterilisatoren unabdingbar. Hilfreich sind Raumlft-Sterilisatoren mit Leistungsfähigkeit > 1000 m<sup>3</sup>/h. Dabei ist ein „Kill-Faktor“ von 99 % vollkommen ausreichend. Kleinere Sterilisatoren sind hingegen so gut wie wirkungslos.

Derzeit sind UV-Raumlft-Sterilisatoren Filtergeräten vorzuziehen.

- Die Gesamtnoten (Anschaffung, Betrieb, Wartung) von UV-C Raumlft-Sterilisatoren ist geringer als die Gesamtkosten eines Filter-Geräts.
- Beim UV-C Raumlft-Sterilisator fallen bei Wartungsarbeiten keine infektiösen Komponenten an.

Derzeit sind nur sehr wenige Produkte auf dem Markt, die für eine Raumlft-Sterilisation empfohlen werden können.

**Anhang: Virenlast im 115 m<sup>3</sup> Beispiel-Raum**

In einem Raum von 40 m<sup>2</sup> Grundfläche und einer Raumhöhe von 2,9 m (Rauminhalt also 115 m<sup>3</sup>) befinden sich 2 Personen. Die eine Person ist „eine Virenschleuder“, die andere Person ist gesund.

Die kranke Person atmet pro Minute rund 100.000 virenbelastete Aerosole aus, die sich gleichmäßig im Raum verteilen. Da der Kranke ständig weiteratmet, steigt die Konzentration der Viren im Raum an. Die Halbwertszeit dieser aerosolgestützten Viren beträgt 160 Minuten.

Es wird weiter angenommen, dass jedes dieser Aerosole nur einen Virus trägt.

Die gesunde Person atmet diese Luft ein. Mit jedem Atemzug nimmt der Gesunde immer mehr Viren auf. Werden mehr als 3000 Viren binnen zweier Stunden inhaled, kann eine Infektion angefangen werden.

**Fall I: UV-C Gerät mit 115 m<sup>3</sup>/h , Kill-Faktor 99,99 %**

In der folgenden Grafik ist die Anzahl der Viren dargestellt, die der Gesunde einatmet, einmal mit Sterilisator (115 m<sup>3</sup>/h) (blaue Linie), einmal ohne Sterilisator (orange Linie).

Das Ergebnis ist erschütternd: Ohne Sterilisator hat der Gesunde nach rd. 24 Minuten eine krankmachende Viruslast eingeatmet, mit Sterilisator ist es bereits drei Minuten später so weit.

**Fazit: Ein Sterilisator, der 1 mal pro Stunde die Raumluf umwälzt ist faktisch so gut wie wirkungslos. Die Angabe, dass 99,99 % der Viren getötet werden, ist dabei völlig belanglos.**

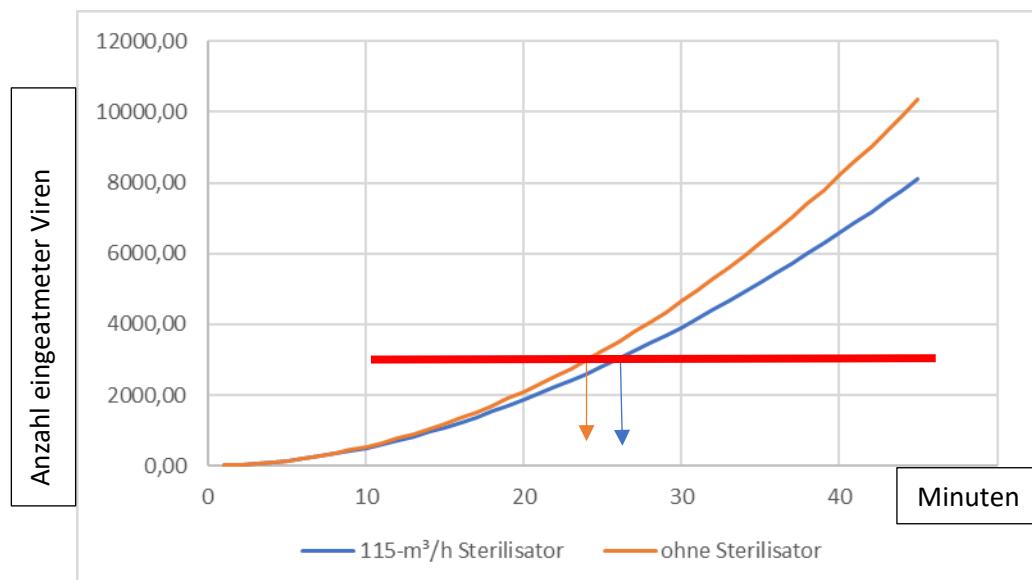


Bild1: Wird ein Raumlufsterilisationsgerät mit nur einem Luftwechsel pro Stunde eingesetzt, wird die kritische Virenlast, die zur Erkrankung führen kann, nach rd. 27 Minuten erreicht (blaue Linie) . Ohne UV-C Sterilisator wird diese Grenze 3 Minuten früher erreicht (orange Linie). Ein UV-C Raumlufsterilisationsgerät, das die Luft nur 1 mal pro Stunde umwälzt ist daher faktisch vollkommen wirkungslos.

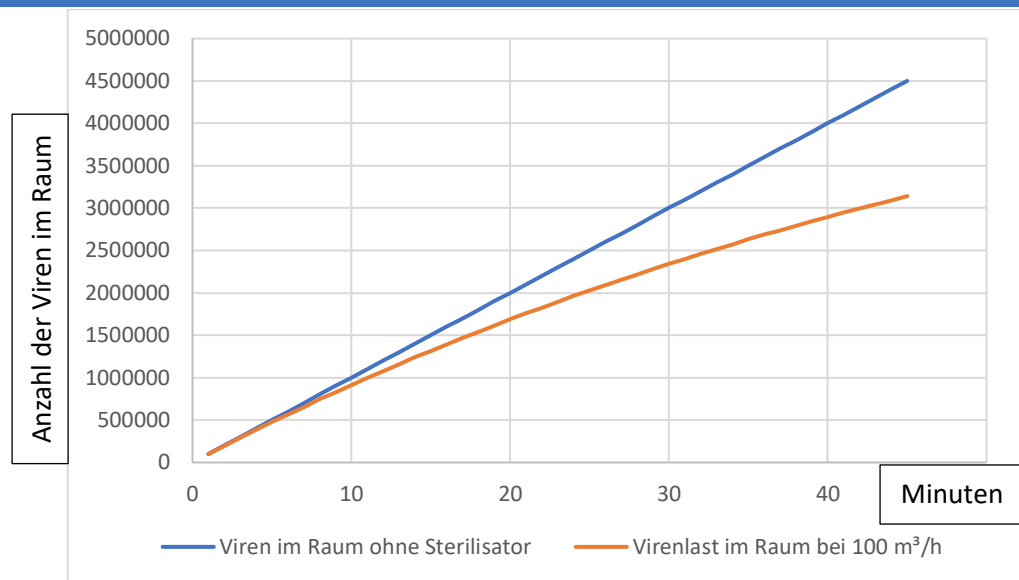


Bild 2: Die Anzahl der Viren im Raum steigt trotz eines 115 m³/h Raumlftdesinfektionsgerät immer weiter an.

### Fall II: UV-C Gerät mit 1000 m³/h , Kill-Faktor: 99 %

In dem Raum befindet sich ein UV-C Raumlft-Sterilisator mit einem Volumenstrom von 1000 m³/h. Die Raumlft wird also rd. 9 mal in der Stunde umgewälzt. Hier stellt sich eine ganz andere Situation dar: Der Gesunde hat nach 45 Minuten im selben Raum mit dem Kranken KEINE kritische Viruslast eingeatmet. Hier stellt sich auch die Gesamtentwicklung der Virenlast im Raum völlig anders dar: Schon nach rd. 20 Minuten ist die Virenlast im Zimmer konstant. Die Ansteckungsgefahr steigt deshalb nur noch linear an.

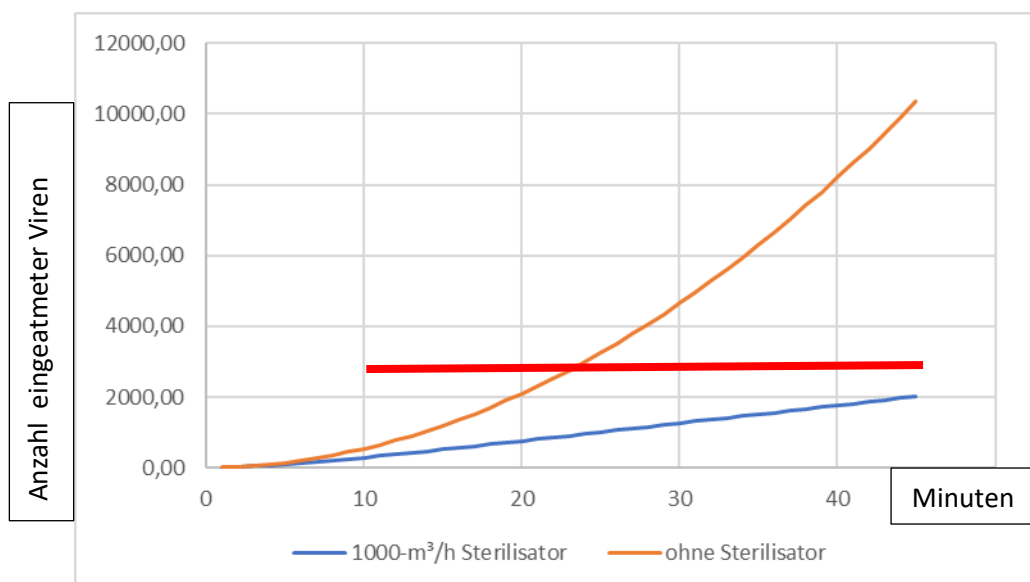


Bild 3: Ohne UV-Raumlftdesinfektionsgerät (orange Linie) wird nach rd. 23 Minuten die Grenze erreicht, bei der sich ein gesunder Mensch im Raum anstecken würde. Mit einem 1000m³/h UV-Raumlftdesinfektionsgerät (blaue Linie) wird diese Grenze nach 45 Minuten nicht erreicht. Es besteht KEINE Ansteckungsgefahr.

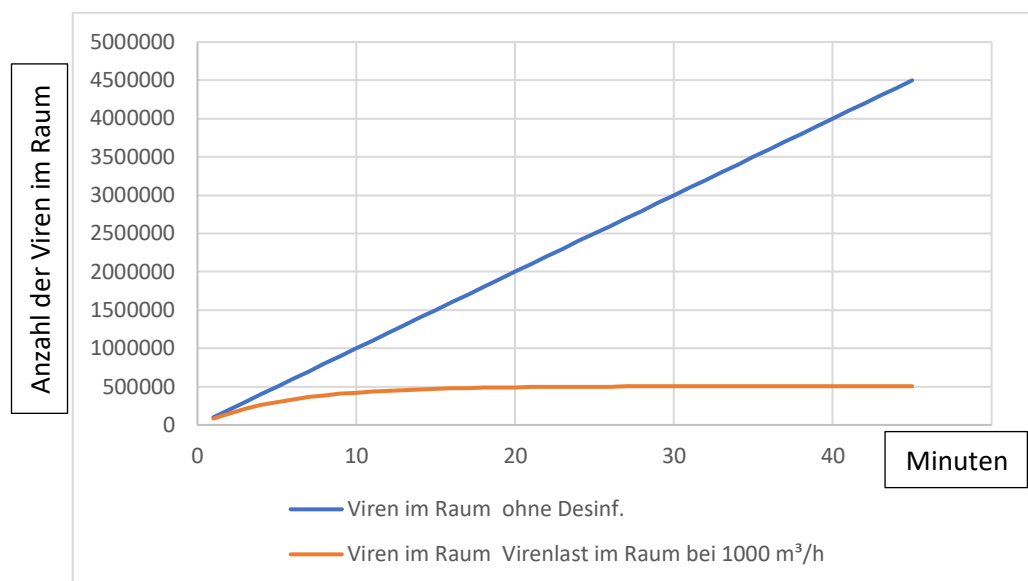


Bild 4: Die Gesamtvirenlast im Raum ist deutlich reduziert und pendelt sich bei einem Wert von rd. 500.000 Viren ein. Aufgrund der konstanten Virenlast steigt das Ansteckungsrisiko nur noch linear mit der Zeit an.

### Was macht Dr. Lederer / FMIcon GmbH?

- FMIcon berät Entscheidungsträger aus Politik, Gesellschaft und Gesundheitswesen bei der Regelsetzung im Bereich der Raumluf-Desinfektion.
- FMIcon hilft industriellen, gewerblichen und institutionellen Nutzern mit wissenschaftlichen Methoden bei der Implementierung von Raumluf-Sterilisatoren in genehmigungsfähige Hygienekonzepte.
- FMIcon hilft industriellen, gewerblichen, institutionellen und auch privaten Nutzern bei der korrekten Spezifikation und Auswahl eines geeigneten Raumluf-Desinfektionsgeräts.  
Berücksichtigt wird dabei
  - Raumgröße und Geometrie
  - Lüftungsmöglichkeiten (Querlüftung, Dauerlüftung, Außenluftanteil der Klimaanlage)
  - Heizungskapazität
  - Nutzungsart
  - Nutzungsdauer
  - und andere Randbedingungen für die Nutzung des Raums (z.B. Lärmeintrag)

FMIcon ist herstellerunabhängig und gibt keine Kaufempfehlungen. FMIcon stellt seinen Kunden jedoch eine jeweils wissenschaftlich bewertete, auf den individuellen Anwendungsfall zugeschnittene, aktuelle Marktübersicht von Raumluf-Desinfektionsgeräten als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung.

## **Der fachliche und persönliche Hintergrund von Dr. Lederer/FMIcon GmbH:**

Die Geschäftsführung der FMIcon GmbH obliegt dem Eigentümer Dr. Lederer. Dr. Lederer ist promovierter Physiker und verfügt über 25 Jahre Berufserfahrung auf den Gebieten der UV Radiometrie und Fluid-Mechanik, die er sich in leitender Funktion als Direktor und Professor in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) aneignen konnte. Dr. Lederer hatte gleichzeitig einen Lehrauftrag an der TU-Berlin in den Fachgebieten Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Energietechnik inne und betreute bis zu 10 Doktoranden im Rahmen zahlreicher drittmittelfinanzierter Forschungsvorhaben. Die Forschungsvorhaben wurden oftmals gemeinsam von der PTB mit der TU-Berlin und einschlägigen Instituten der Fraunhofer Gesellschaft und des DLR durchgeführt.

Nach zwei Jahren als Senior Consultant bei einem beratenden Ingenieurbüro machte sich Dr. Lederer 2019 mit der FMIcon GmbH selbständig.