

Reicht das offene Fenster?

# Die Nutzung von RLT-Anlagen in Bildungseinrichtungen

In Räumen, in denen gelernt werden muss, sollten beste Bedingungen vorherrschen.

Für ein konzentriertes Lernen der Schülerinnen und Schüler werden besondere Bedingungen an die Atemluft im Raum gestellt.

Hierbei spielen RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung eine wichtige Rolle – zusätzlich werden damit signifikant CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

In diesem Fachartikel werden die entscheidenden Kriterien und Maßnahmen im Hinblick auf die energetischen und hygienischen Ziele benannt.

TEXT: Christoph Kaup

**V**eranlasst durch die Corona-Pandemie wird der Nutzen verschiedener Lüftungsarten aktuell intensiv diskutiert. Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) sind für das Betreiben vieler Gebäude aus energetischer und hygienischer Sicht eine unabdingbare Voraussetzung. Alternativ kann durch geöffnete Fenster eine Lüftung erfolgen.

Viele Gebäude können jedoch nicht durch Fenster gelüftet werden, da ihre Funktion (zum Beispiel Operationsräume oder Schwimmhallen) oder ihre Kubatur (zum Beispiel Mehrzweckhallen) dies unmöglich machen. Viele Gebäudetypen wie Klassen- oder Büroräume können aber prinzipiell durch geöffnete Fenster oder durch mechanische RLT-Anlagen mit Außenluft versorgt werden. Grundsätzlich erfüllen RLT-Anlagen folgende Aufgaben:

- Versorgung der Räume mit gesundheitlich zuträglicher Außenluft
- Verringerung der Schadstoffbelastung der zugeführten Außenluft durch Filtration
- Verringerung der Schadstoffbelastung in den versorgten Räumen durch Ver-

- dünnung mit unbelasteter Außenluft sowie Abtransport der belasteten Abluft
- Temperierung der Luft auf komfortable Umgebungstemperaturen
- Gewährleistung einer raumerfüllenden Strömung im Raum
- eventuelles Be- und Entfeuchten der Luft
- Schalldämpfung
- Rückgewinn der Wärme, die mit dem Abluftstrom ansonsten ungenutzt entweichen würde.

## Versorgung der Räume mit gesundheitlich zuträglicher Außenluft

Räume sollen unstreitig mit einer gesundheitlich zuträglichen Außenluft versorgt werden. Dabei wird sauerstoffreiche Luft dem Raum zugeführt und die CO<sub>2</sub>-belastete Raumluft ersetzt. Zudem werden durch die Verdünnung mittels unbelasteter Außenluft Keime und Schadstoffe im Raum reduziert.

Zur Sicherstellung einer guten Raumluftqualität empfiehlt sich eine Zufuhr an Außenluft von rund 25 bis 30 m<sup>3</sup>/h pro Person. Damit wird insbesondere der CO<sub>2</sub>-Anteil im Raum begrenzt. Eine

CO<sub>2</sub>-Konzentration bis zu 1 000 ppm wird als noch akzeptabel angesehen<sup>1)</sup>. Niedrigere CO<sub>2</sub>-Konzentrationen sind vorteilhaft, aber auch mit höheren Kosten verbunden. Die kognitive Leistungsfähigkeit sinkt bei höheren CO<sub>2</sub>-Konzentrationen deutlich<sup>2)</sup>.

Bei der Einbringung der Zuluft in einen Raum gibt es zwei prinzipielle Luftführungsarten: Die Mischlüftung (Lüftung mittels impulsstarker Zuluftstrahlen, Vermischung von Zuluft und Raumluft) hat sich unter Fachleuten als praktikable Lösung in Räumen mit hoher Personendichte durchgesetzt. Eine raumerfüllende Strömung garantiert eine homogene Verdünnung der Schadstoffe und deren Abfuhr über die Abluft.

## F U ß N O T E N

- 1) SARS-CoV-2 Arbeitsschutzregel 4.2.3 Abs. 3: [https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AR-CoV-2/pdf/AR-CoV-2.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=18](https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AR-CoV-2/pdf/AR-CoV-2.pdf?__blob=publicationFile&v=18)
- 2) Ergebnis eines in österreichischen Schulen durchgeführten Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests in Abhängigkeit unterschiedlicher CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, Quelle: Ribic, Unser Weg, Heft 5, 2007.

Bei geringer Personenbelegung kann die Quelllüftung (Verdrängungslüftung mit möglichst geringer Vermischung der Zuluft und der Raumluft mittels turbulenzarmer Zuführung von kühler Luft, mit einer Luftführung von unten nach oben, unterstützt durch Thermik) zusätzliche Vorteile bei der Schadstoffabfuhr erbringen. Die durch konvektive Auftriebsströmungen bedingte Abfuhr der Schadstoffe kann im Deckenbereich effektiv abgesaugt werden. Bei der Quellluftströmung kann eine große Personenanzahl (zum Beispiel in Schulklassen) allerdings zu einem sehr großen Auftriebsvolumenstrom (etwa 72 m<sup>3</sup>/h und pro Person<sup>3)</sup>) führen. Dann kann bei zu geringem Abluftvolumenstrom (zum Beispiel 800 m<sup>3</sup>/h) die Verdrängungsströmungsform nicht stabil aufrechterhalten werden. Dies führt zu einer höheren Mischung mit der Raumluft, damit zu einer geringeren Lüftungseffektivität und mit dieser linear zu einem höheren benötigten Volumenstrom, der zum Abtransport von Schadstoffen notwendig ist.

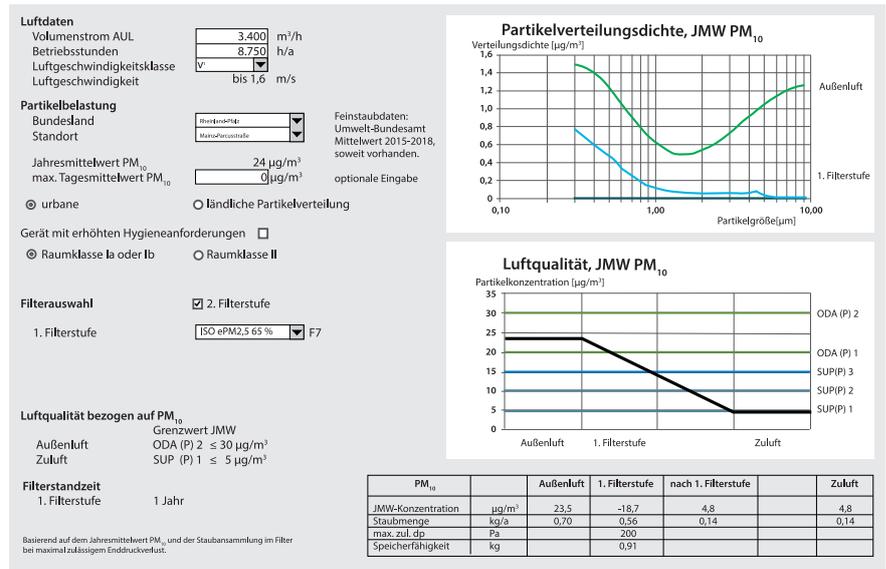
Der Volumenstrom im Raum ist oft nicht ausreichend, um selbst im Falle einer optimal ausgerichteten Auftriebsströmung über einer Person die in der Auftriebsströmung vorhandenen Aerosole aufzunehmen.

Der Volumenstrom in einer Auftriebsströmung nimmt somit deutlich zu. Dieser Effekt basiert auf der nicht zu verhindernden Einmischung von Raumluft in den Auftriebsstrahl. Für eine effektive Quelllüftung muss der Volumenstrom signifikant erhöht werden, da sich sonst eine turbulente Vermischung in der Atemzone einstellen kann, die eigentlich durch die Quelllüftung verhindert werden soll.

Bei der Fensterlüftung fällt der Außenluftwechsel je nach äußeren Bedingungen – wie Temperaturdifferenz zwischen außen und innen oder Windgeschwindigkeit und Windrichtung – hoch oder niedrig aus. Im Unterschied dazu ist die RLT von diesen äußeren Bedingungen unabhängig<sup>4)</sup>. Der Vorteil einer maschinellen Lüftungsanlage liegt darin, dass sie automatisch funktioniert, während bei der Fensterlüftung der Zufall waltet.

## Verringerung der Schadstoffbelastung durch Filtration

Die Filterung der Außenluft in RLT-Anlagen erfolgt in erster Linie zur Verringerung der Partikelbelastung. Nach



**Bild 1:** Auslegung einer einstufigen Filtration nach ISO 16890-1 für den Standort Mainz.

Grafik: Howatherm

VDI 6022 dienen die Filter der Reduktion von gesundheitlich bedenklichen Verunreinigungen und zusätzlich der Vermeidung von Ablagerungen in Komponenten und damit selbstverständlich auch dem Schutz der Anlage.

In der VDI 6022<sup>5)</sup> heißt es unter: 6 Anforderungen an Planung, Herstellung und Errichtung/6.1 Allgemeine Hinweise/6.1.1 Planung: „Maßgeblich für die Erreichung der erforderlichen Zuluftqualität sind: (...) eine Luftfilterung, die auf die Raumlasten und auf die Außenluftqualität abgestimmt ist.“ Weiterhin heißt es unter 6.3.9 Luftfilter/6.3.9.1 Allgemeine Anforderungen: „Luftfilter oder ähnliche der Luftreinigung dienende Technologien sind grundsätzlich so auszuwählen und anzuordnen, dass die Komponenten der RLT-Anlage und -Geräte ausreichend geschützt sind und die Zuluft mindestens die Luftqualität der jeweiligen Vergleichsluft (siehe Abschnitt 5.4) erreicht. Neben staubabscheidenden Luftfiltern sind beim Auftreten von gesundheitlich bedenklichen gasförmigen Verunreinigungen Gasfilter wie Aktivkohlefilter oder andere gesundheitlich unbedenkliche Gasabscheidemechanismen notwendig.“

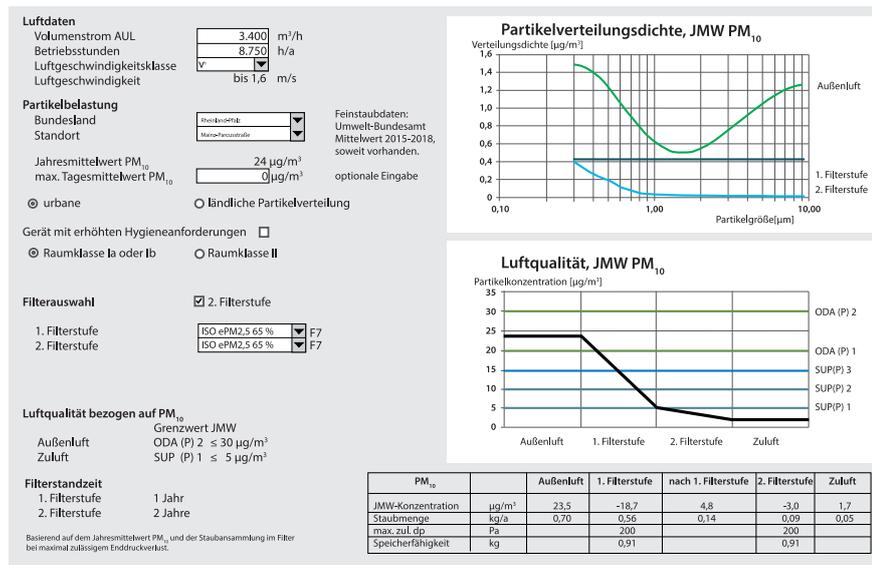
Filter dienen damit sowohl zur Reduktion der Staubbelastung, die signifikant ist, (Bild 1: Auslegung für Mainz mit nur einer Filterstufe) als auch dem Schutz der Komponenten. Die Staubbelastung (PM<sub>10</sub>) reduziert sich im Beispiel (Mainz) von rund 24 µg/m<sup>3</sup> auf rund 5 µg/m<sup>3</sup>).

In diesem Beispiel wird der Grenzwert ohne Filterung für den Jahresmittelwert für PM<sub>10</sub> nach WHO 2005 (20 µg/m<sup>3</sup>) überschritten. Laut Richtwert 2021 werden heute sogar nur noch 15 µg/m<sup>3</sup> empfohlen<sup>6)</sup>.

Nachdenklich stimmt auch ein Zitat aus den Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen der Europäischen Kommission<sup>7)</sup>: „3.4.1 Leitfaden für allgemeine Hygieneanforderungen und besondere Anforderungen an die Qualität der Innenraumluft in Schulgebäuden: Klassenräume sollten angemessen belüftet werden. Dies bedeutet, dass sich die Häufigkeit der Belüftung an gesundheitsrelevanten Kriterien ▶

## F U ß N O T E N

- Pro Person 20 l/s bei einer Atemhöhe von 1,2 m über Fußboden (Sitzende Tätigkeit) aus: Informationsschriften, Band 6: Quelllüftung in nicht-gewerblichen Gebäuden, 1. Auflage, REHVA Guidebook Nr. 1, VDI-TGA, 2003.
- Jingxin Yang, J. J.; Rewitz, Kai; Müller, Dirk: Experimental quantification of air volume flow by natural ventilation through window opening, IAQ 2020: Indoor Environmental Quality Performance Approaches, 2022 ASHRAE (www.ashrae.org).
- VDI 6022 Blatt 1: Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln), Beuth Verlag, Berlin 2018.
- https://www.umweltbundesamt.de/umwelt-themen/luft/daten-luft/luft-grenzwerte
- Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen, Europäische Kommission, Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher, Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle – Institut für Gesundheit und Verbraucherschutz.



**Bild 2:** Auslegung einer zweistufigen Filterung nach ISO 16890-1 für den Standort Mainz.

Grafik: Howatherm

orientiert. (...) Die Zulässigkeit einer mechanischen Belüftung hängt von der Qualität der Außenluft in einem bestimmten Schulbereich ab, das heißt sobald die Außenluft die WHO-Luftgüteleitlinien nicht erfüllt, darf sie nur gefiltert in die einzelnen Klassenzimmer gelangen. Ist ein mechanisches Belüftungssystem in Betrieb, ist auf eine regelmäßige Überprüfung und Wartung zu achten, damit eine einwandfreie Qualität der gefilterten Luft gewährleistet ist.“

Dieses Zitat stammt aus einer gemeinsamen Veröffentlichung der Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher und der Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission. Sie dient der evidenzbasierten, wissenschaftlichen Unterstützung der politischen Entscheidungsfindung in Europa.

Die Auslegung einer zweistufigen Filterung ergibt eine Reduktion der Feinstaubbelastung von 24 µg/m³ auf rund 2 µg/m³ (Bild 2). Eine Forderung nach HEPA-Filtern zur Abscheidung feinsten Staubbelastungen ist nicht notwendig, da auch Feinfilter deutliche Mengen an Stäuben selbst im Bereich von 0,3 µm abscheiden. Hierzu wurden in 2020 umfangreiche Messungen an der TU Berlin (HRI) durchgeführt<sup>8)</sup>.

Auch nach DIN EN 16798-3 werden Filter in Lüftungsanlagen ausschließlich auf Basis der Außen- und Zuluftanforderung (unter Berücksichtigung einer Mindestausstattung zur Sicherstellung der Betriebssicherheit) geregelt. Und zwar als

Feinstaubfilter und nicht als HEPA-Filter. HEPA-Filter werden in Operations- oder in Reinnräumen eingesetzt.

Partikel im Raum werden entweder im Umluftverfahren durch Feinfilter abgetrennt oder durch Verdünnung im Raum. Denn die Lüftung reduziert durch Verdünnung nicht nur Aerosole, sondern auch die Partikelbelastung, die im Raum entsteht. Gerade das ist ja der maßgebliche Nutzen der Lüftung. Bekanntlich sterben in der EU jedes Jahr rund 300 000 Menschen durch Feinstaubbelastung<sup>9)</sup>. Für Deutschland schätzt das Umweltbundesamt die Anzahl der an Feinstaubbelastung vorzeitig sterbenden Personen im Zeitraum 2007 bis 2015 im Mittel jährlich auf etwa 44 900<sup>10)</sup>.

### Temperierung der Luft auf komfortable Umgebungstemperaturen

Die Zuluft wird temperiert. Dadurch wird der thermische Komfort im Raum erhöht. Durch den Einsatz einer Wärmerückgewinnung kann die Außenlufttemperatur im Winter erwärmt und im Sommer gekühlt werden. Die zusätzliche Wärmeleistung kann über externe Quellen (Nacherwärmung oder Kühlung) erfolgen. Eine Regulierung der WRG-Wärmeleistung in der Übergangszeit ist durch einen thermischen Bypass zwischen Null und maximaler Leistung ( $\Delta t \times$  Übertragungsgrad) möglich.

Durch die Wärmerückgewinnung und eine Befeuchtung auf der Abluftseite kann

eine indirekte adiabatische Verdunstungskühlung bei zentralen RLT-Anlagen realisiert werden. Ohne Kältemaschine ist damit im Sommer eine ökologische Kühlung des Raumes durch Wasserverdunstung möglich. Im Unterschied zur Fensterlüftung kann letztlich eine gezielte Temperierung des Außenluftstroms realisiert werden.

Auch wird heute die Funktion Nachtkühlung (Freie Kühlung) in den Regelungsbausteinen von RLT-Anlagen immer häufiger verwendet. Häufig ist der für den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 notwendige Luftwechsel von 2 h<sup>-1</sup> bis 5 h<sup>-1</sup> für die Nachtlüftung nur mit einer Lüftungsanlage realisierbar.

Anmerkung: In Schulgebäuden können in der Nacht zur freien Kühlung die Fenster nicht geöffnet werden, da im Regelfall der Einbruchschutz nicht sichergestellt ist.

### Gewährleistung einer raumerfüllenden Strömung im Raum

Da die Außenluft oft kühler als die Raumluft ist, kann die thermische Auftriebsströmung im Raum meist zur Unterstützung der Lüftung genutzt werden (Quellluftprinzip).

Eine Quellluftströmung kann bei großer Personenanzahl (zum Beispiel bei Schulklassen) zu sehr großen Auftriebsvolumenströmen führen. Die Verdrängungsströmungsform kann dann bei zu geringem Außenluftvolumenstrom nicht kontinuierlich aufrecht gehalten werden.

Zudem bedarf die Quelllüftung immer einer Untertemperatur zur Gewährleistung der notwendigen Dichteunterschiede, um eine Auftriebsströmung sicherzustellen. Im Sommer muss daher eine Kühlung der Zuluft erfolgen, wenn die Außenluft wärmer als die Raumluft ist, um die Verdrängungsströmung aufrecht zu erhalten. Mit der maschinellen Lüftungsanlage sind prinzipiell beide Strömungsformen realisierbar.

#### F U ß N O T E N

- 8) Hartmann, A.; Lange, J.; Schumann, L.; Kriegel, M.; Swiderek, M.; Kaup, C.: Feinfilterkombinationen in RLT-Anlagen – Wie Feinfilter Aerosolpartikel effizient abscheiden, Bauverlag, tab 02/2021.
- 9) <https://www.sueddeutsche.de/gesundheit/feinstaub-luftverschmutzung-tote-eu-1.5464509>
- 10) <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-feinstaub>

## Eventuelles Be- und Entfeuchten der Luft

Grundsätzlich besteht bei RLT-Anlagen die Möglichkeit, die Luft im Winter zu befeuchten und im Sommer zu entfeuchten. Allerdings ist gerade die Be- und Entfeuchtung der Luft mit sehr hohen Kosten verbunden, sodass diese Optionen in Schulen meist nicht angewandt werden.

Der Nutzen einer richtig eingestellten Luftfeuchtigkeit ist allerdings unbestritten. Im Sommer gehen hohe Feuchten mit einem deutlichen Komfort- und Leistungsverlust einher. Im Winter führen niedrige relative Luftfeuchtigkeiten zu trockenen Schleimhäuten und trockenen Augen<sup>11)</sup>.

## Schalldämpfung

Bei geöffnetem Fenster können Schallprobleme auftreten, da dann die Schalldämmung des Fensters aufgehoben ist. RLT-Anlagen sind dagegen mit Schalldämpfern ausgestattet, wodurch die Lüftung bei geschlossenem Fenster möglich ist.

## Wärmerückgewinnung

Die Wärmerückgewinnung (WRG) ist eine Effizienzmaßnahme in RLT-Anlagen. Neben den Investitionsaufwendungen müssen vorwiegend die Elektroenergiekosten zum Betrieb der Anlage als Aufwand berücksichtigt werden. Der Nutzen der WRG liegt in der Reduktion des Primärenergieaufwands zum Heizen und Kühlen des geförderten Außenluftvolumenstroms.

Mit der WRG lassen sich thermische Übertragungsgrade von 0,7 bis 0,8 sinnvoll erzielen. Die Jahresarbeitszahl nach DIN EN 13053 von WRG-Systemen liegt üblicherweise in einem Bereich von 10 bis 20. Damit ist die WRG effizienter als eine Wärmepumpe, da die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe bei nur rund 3 bis 6 liegt.

Es ist energetisch sinnvoller, Abwärme mit höherem Temperaturniveau durch WRG direkt zu nutzen, statt Energie beispielsweise mittels elektrischer Wärmepumpen aus einem niedrigeren Umwelttemperaturniveau neu zu generieren oder primärenergetisch erzeugte Wärme zu verwenden. Da bei der Abwärmenutzung durch WRG die Abwärme zeitlich mit dem Bedarf an Wärme zusammenfällt, ist WRG auch eine nachhaltige nutzbare Ener-

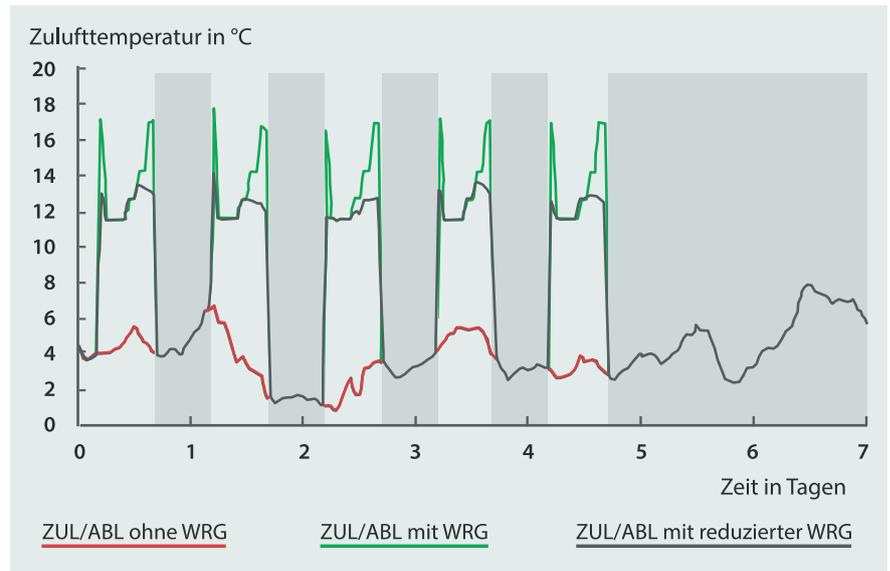


Bild 3: Typischer Verlauf der Zulufttemperatur in einer Winterwoche<sup>15)</sup>. Grafik: RWTH Aachen

giesource, die immer dann zur Verfügung steht, wenn Wärme benötigt wird. Es besteht also keine Zeitverschiebung zwischen Angebot und Nachfrage. Die zurückgewonnene Wärme wird meist dem Ursprungsprozess zugeführt. Sie kann aber auch einem anderen Prozess zugeführt werden (mehrfachfunktionale Nutzung).

Der Nettonutzen der WRG ergibt sich aus dem thermischen Nutzen abzüglich der Aufwendungen, die für die WRG notwendig werden.

Der Nettonutzen der WRG kann sowohl monetär als auch ökologisch als CO<sub>2</sub>-Einsparung bewertet werden.

Zur wirtschaftlichen Bewertung der WRG ist die Bilanzgrenze festzulegen<sup>12)</sup>. Gemäß VDI 3803 Blatt 5 kann die Bilanzgrenze unterschiedlich gezogen werden. Im Regelfall wird eine RLT-Anlage mit und ohne WRG bewertet, da die RLT-Anlage nicht alleine zur Nutzung einer WRG installiert wird, sondern neben der Funktion der WRG auch weitere Aufgaben übernimmt (siehe oben).

Im Rahmen dieser Bilanzgrenze ist die WRG selbst bei den geringen Betriebszeiten einer Schule wirtschaftlich. Dies gilt auch für die CO<sub>2</sub>-Bilanz.

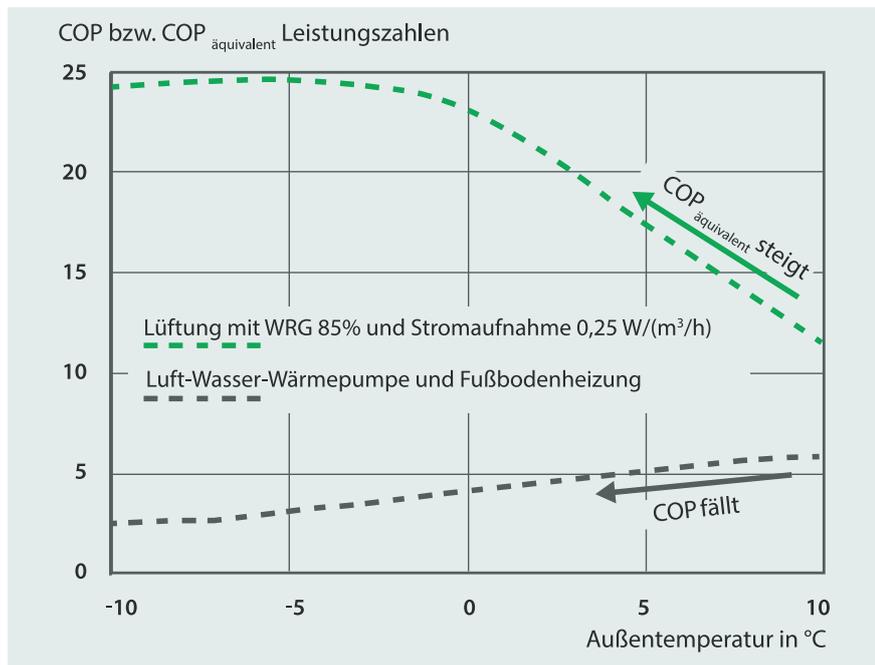
Wird die gesamte RLT-Anlage in die Bilanzgrenze einbezogen, kann die WRG die gesamte Anlage nicht alleine finanzieren. Aber die WRG trägt einen Anteil zur Finanzierung der Gesamtanlage bei. Trotz des dann erhöhten „grauen“ CO<sub>2</sub>-Aufwandes für das RLT-Gerät wird immer noch rund eine Tonne CO<sub>2</sub> pro 1 000 m<sup>3</sup>/h eingespart<sup>13)</sup>.

Die Nutzungszeiten für Schulen ergeben sich aus der DIN 18599 Blatt 10 und sind normativ vorgegeben. In der Realität sind heute die Nutzungsstunden in Schulen sogar deutlich höher, da Ganztagsbetreuung, Arbeitsgemeinschaften nach dem Unterricht sowie Ferienbetreuung und anderes immer stärker gefordert werden. Die Sommerferien fallen üblicherweise in die Zeit, in der nicht geheizt wird. In der Heizperiode spielen die Ferienzeiten über Weihnachten und in geringem Maße im Herbst und Frühjahr eine Rolle, die zu berücksichtigen sind.

Eine immer wieder genannte Argumentation zur Heizgrenze von 12 °C<sup>14)</sup> und deren Bedeutung bei der Nutzung der WRG, ist nicht gleichzusetzen mit einer zu tolerierenden Zulufttemperatur von 12 °C! Deshalb können ▶

## F U B N O T E N

- 11) Rewitz, K.; Seiwert, P.; Nienaber, F.: Einfluss der Luftfeuchte auf den Menschen, Literaturstudie zu einschlägigen wissenschaftlichen Studien zum Einfluss der technischen Luftbefeuchtung auf den Menschen, RWTH Aachen, 2020.
- 12) VDI 3803 Blatt 5: Wärmerückgewinnungssysteme. 6.1 Bilanzgrenzen der Wärmerückgewinnung, Beuth Verlag, Berlin 2013.
- 13) Kaup, C.: Bewertung der Wärmerückgewinnung mit raumluftechnischen Geräten in Schulen und vergleichbaren Räumen versus Fensterlüftung, HLH Bd. 73 (2022) Nr. 01-02.
- 14) DIN 4108 T6: Wärmeschutz in Gebäuden und VDI 2067 Raumheizung: Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen.
- 15) Kremer, M. T.; Rewitz, K.; Müller, D.: Bewertung der Wärmerückgewinnung für die maschinelle Belüftung von Klassenräumen, RWTH Aachen, 2021. doi:10.18154/RWTH-2021-07252



**Bild 4:** Vergleich von äquivalenten Leistungszahlen der Wärmerückgewinnung mit üblichen Leistungszahlen von Wärmepumpen <sup>16)</sup>. Grafik: Kurzstudie Hartmann, Schulze Darup, Leppig, Dresden

Heiztage nicht mit dem Bedarf der Lüftung und dem Beitrag der WRG gleichgesetzt werden. Lüftungswärmeverluste werden durch die WRG auch bei Temperaturen über 12 °C (bis rund 18 bis 20 °C) ausgeglichen.

Häufig wird argumentiert, dass die WRG erst unter 12 °C (Heizgrenze) einen Beitrag liefern kann. Hinter der 12 °C-Annahme steht die Hypothese, dass innere Lasten (zum Beispiel Personen) und Solarstrahlung eine Temperaturerhöhung von 8 K verursachen. Damit wären die Lüftungswärmeverluste ausgeglichen. Nicht jedoch die Transmissionswärmeverluste. Es darf aber nicht übersehen werden, dass eine Reduktion der Lüftungsverluste nicht durch einen Ausgleich der Transmissionsverluste durch die internen und solaren Gewinne erfolgen kann. Somit behält die WRG auch oberhalb von 12 °C einen beachtlichen Nutzen (Bild 3). In der Regel kann bei Nutzung einer WRG bei Außenlufttemperaturen ab etwa 0 °C und darüber auf eine zusätzliche Lufterwärmung vollständig verzichtet werden. In Deutschland ist die Heizgrenze üblicherweise auf 15 °C und die Innentemperatur auf 20 °C festgelegt (HG<sub>20/15</sub>).

Ein weiteres Zitat aus den Leitlinien der Europäischen Kommission für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen zum Thema: „3.4.1 Leitfaden für allgemeine Hygieneanforderungen und besondere Anforderungen an die Qualität

der Innenraumluft in Schulgebäuden: Die Art der Belüftung in den Klassenräumen (natürliche Belüftung, Querlüftung, mechanische Lüftung) hängt von der Luftdichte des Gebäudes, von der Klimazone, der Jahreszeit, der Außenluftqualität und dem Außenlärmpegel im Umfeld des Schulgebäudes ab sowie von der Reservekapazität des Heizungssystems, die für ein schnelles Aufwärmen der Klassenräume nach der Lüftung benötigt wird.“

Die Kosten zur Vermeidung von CO<sub>2</sub> bei Nutzung der WRG sind extrem niedrig. Auch müssen zur Sicherstellung der Klimaziele die Maßnahmen (zum Beispiel Dämmung der Gebäudehülle) additiv genutzt werden. Es ist nicht ein Wettbewerb der einen oder anderen Maßnahme, sondern eine sinnvolle Kombination von allen Maßnahmen, die dem Klimaschutz dienen. Beispielsweise kann eine Wärmepumpe additiv zur WRG genutzt werden. Bei der Wärmepumpe steigt die Leistungsziffer mit höherer Außenlufttemperatur, während bei der WRG die Leistungsziffer bei tieferen Außenlufttemperaturen steigt (Bild 4).

Für eine typische Heizperiode (Außenlufttemperatur -10 °C bis +10 °C) und die heute marktübliche Anlagentechnik (Wärmerückgewinnung 0,85 mit einer elektrischen Leistungsaufnahme der Ventilatoren 0,25 W/(m<sup>3</sup>/h)) ergeben sich äquivalente Leistungszahlen in einem Bereich von etwa 11 bis 25. Zum Vergleich

ergeben sich bei Wärmepumpen Leistungszahlen von typischerweise 3 bis 6.

In Folge der aktuellen Ukraine-Krise und der damit verbundenen Beschaffungsproblematik für Energie sowie der daraus resultierenden extremen Energiepreise, stellt sich zudem immer drängender die Frage, ob wir Wärmeverluste überhaupt noch tolerieren können. Die Wärme, die erst gar nicht erzeugt werden muss, ist einer wie auch immer primär-energetisch erzeugten Wärme grundsätzlich vorzuziehen.

## Zusammenfassung

RLT-Anlagen können einen großen Beitrag zur Versorgung von Räumen mit dem Lebensmittel Luft liefern. Dabei hat insbesondere die WRG einen großen Anteil zur Erreichung der Energieeinsparziele, da Energie zukünftig nicht unbegrenzt zur Verfügung steht und die Kosten für Energie in den vergangenen Monaten deutlich gestiegen sind. Zudem werden durch die WRG die Klimaziele unterstützt, da deutliche CO<sub>2</sub>-Reduktionen realisiert werden können. Zumal rund ein Viertel unseres Endenergiebedarfs die Gebäudewärme betrifft.

Des Weiteren leisten RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung einen Beitrag zur Reduktion von Feinstäuben in Gebäuden, weil die Außenluft gefiltert wird. Partikel im Raum werden durch den Lüftungseffekt wesentlich minimiert. Dies betrifft auch infektiöse Aerosole.

Letztlich sorgen RLT-Anlagen für eine gesundheitlich zuträgliche Luftqualität und für komfortable Bedingungen im Raum, damit wir Menschen uns auch in diesen Räumen wohlfühlen. ■

## F U ß N O T E

**16)** Hartmann, T.; Schulze Darup, B.; Leppig, J.: Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung als nachhaltige Schlüsseltechnologie zur Erreichung der Klimaziele (COP-Äquivalenzstudie) – Kurzstudie mit Validierung aus der Praxis, Dresden 2022.



**Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup**

ist Honorarprofessor am Umwelt-Campus Birkenfeld und Geschäftsführender Gesellschafter der Howatherm Klimatechnik GmbH, Brücken.  
Foto: Nikola Krieger