

# Passivhaus<sup>+</sup>

Kompendium 2018

spürbar

besser bauen


**PASSIVHÄUSER**  
aller Formen und Klimazonen

**KOMPONENTEN**  
für Neubau und Sanierung

**MOGELPACKUNG?**  
Das KfW-Effizienzhaus

**PLUSENERGIE**  
Rückschlag für Fertighäuser

Alle Rechte an diesem e-Magazine bei

 laible verlagsprojekte

[www.verlagsprojekte.de](http://www.verlagsprojekte.de)

## BEHAGLICH PARKEN

Tiefgarage in der thermischen Gebäudehülle von Andreas Nordhoff

Tiefgaragen können entweder als belüftete, kalte, offene Tiefgaragen geplant werden oder als geschlossene Tiefgaragen. Eine geschlossene Tiefgarage fordert immer ein Lüftungssystem, welches bei einem Kohlenstoffmonoxid-Gehalt ab 100 ppm einschaltet und giftige Gase aus der Tiefgarage ins Freie transportiert. Geregelt sind die Anforderungen an Lüftung und Brandschutz in den Sonderbauverordnungen der Länder.



Ob eine Tiefgarage offen oder in die thermische Gebäudehülle integriert ist, kann erhebliche Auswirkungen auf die Energiebilanz haben.

Eine geschlossene Tiefgarage befindet sich in der Regel unter dem Gebäude und kann somit ohne großen Mehraufwand in die thermische Gebäudehülle eingeplant werden. Aber warum sollte man das tun?

Bei einer offenen Tiefgarage leiten die Stützen, Unterzüge, Außenwände und Treppenhäuser viel Wärme an die kalte Außenluft. Um diese großen Wärmeverluste einerseits zu eliminieren und andererseits die Wärmegewinne aus den warm in die Tiefgarage hineinfahrenden Fahrzeugen zu nutzen, bietet es sich an, die Tiefgarage in die thermische Gebäudehülle einzubinden. In erster Näherung ist der dämmtechnische Aufwand geringer: Bei einer offenen Garage muss die Decke gegen eiskalte Außenluft gedämmt werden, hingegen muss die Bodenplatte einer geschlossenen Tiefgarage nur gegen lauwarmes Erdreich gedämmt werden.

Bei der geschlossenen Tiefgarage müssen das Garagentor und die Absaugöffnung luftdicht verschlossen werden. Hierfür sind geeignete Bauteile wie Tore der Luftdichtigkeitsklasse 5 gemäß DIN 12426 auf dem Markt verfügbar.

### Hybridlüftung als Lösung

Ein kleines Lüftungsgerät, welches über eine hohe Wärmerückgewinnung verfügt, sorgt dafür, dass das Hauptentlüftungsgerät nur ganz selten anspringen muss. Damit ist einerseits sichergestellt, dass die Konzentration an schädlichen Gasen so gut wie nie über die Grenzwerte ansteigt. Andererseits findet ein Auskühlen der Garage innerhalb der thermischen Gebäudehülle nicht statt.

Die Frage, ob auf die teuren und wartungsintensiven Abluftventilatoren gänzlich verzichtet werden kann, ist grundsätzlich mit „Ja“ zu beantworten. Diese Form der Lüftung kann als Hybridlüftung bezeichnet werden. Im Prinzip handelt es sich

dabei um eine offene Tiefgaragenlüftung, welche jedoch mit Toren geschlossen wird, die sich nur im Bedarfsfall öffnen, weil die kleine Lüftungsanlage, die den permanenten Luftaustausch sicherstellt, dafür sorgt, dass die Tore so gut wie nie aufgehen müssen.

Die Komponenten der Hybridlüftung sind damit im Einzelnen: eine klassische Tiefgaragenlüftung, zwei bis drei automatische Tore, eine CO-Meldeanlage und eine kleine Lüftungsanlage mit sehr guter Wärmerückgewinnung. Für ca. 20 000 Euro kann damit einerseits die thermische Gebäudehülle einer Tiefgarage luftdicht geschlossen werden und andererseits eine ausreichende Lüftung sichergestellt werden.

Da jedoch jede Tiefgarage unterschiedlich ist, bedarf es einer individuellen Planung durch einen erfahrenen Passivhausplaner, der die technischen Normen, eine CO-Simulation und auch das PHPP beherrscht und Ergebnisse mit den Behörden abzuklären vermag. Eine sehr gute Wirtschaftlichkeit lässt sich dabei immer wieder bei Tiefgaragen nachweisen, welche sich direkt unter dem Gebäude befinden.



### ANDREAS NORDHOFF

Dipl. Ing., Gründer des IBN (Institut für Bauen und Nachhaltigkeit). IBN berät seit 1996 Baufachleute und Bauherren, begleitet größere PH-Planungen bis zu fünf Jahren nach Fertigstellung (Monitoring) und bietet Weiterbildungen zum zertifizierten Passivhausplaner an. [www.ibn-passivhaus.de](http://www.ibn-passivhaus.de), [www.ecolearn.de](http://www.ecolearn.de)

# WÄRMERÜCKGEWINNUNG RAUF – WÄRMEDÄMMUNG RUNTER?!

Kompensation im Passivhaus von Andreas Nordhoff

In der Klimapolitik ist Kompensation ein gängiges, oft aber fragwürdiges Mittel: Da wird die Flugreise nach Mallorca mit einem gepflanzten Baum in Panama kompensiert, oder der Paketversand wird mit CO<sub>2</sub>-Neutralität gelabelt, weil der Paketdienstleister ein Wasserbauprojekt in Indien unterstützt. Auch am Bau wird oft genug zweifelhaft kompensiert, z. B. indem halberzige Energieeffizienz mit üppigen Photovoltaikflächen übertüncht wird.

Auch beim Passivhaus gibt es – durchaus interessante – Ansätze, die eine Maßnahme zur Erhöhung der Energieeffizienz mit einer anderen auszugleichen. Das ist legitim, denn am Ziel, dieses eine Projekt in sich so energieeffizient wie möglich zu machen, wird dabei nicht gerüttelt.

## 1 cm Dämmung = 1 % Wärmerückgewinnung?

Lässt sich z. B. 1 cm Wärmedämmung abspecken, wenn dafür ein Lüftungsgerät mit um 1 Prozentpunkt höherer Wärmerückgewinnung gewählt wird? Und welche der beiden Maßnahmen ist in ökonomischer und/oder ökologischer Hinsicht zu bevorzugen?

Ganz so einfach lässt sich hier keine Faustformel finden. Das Kölner Institut für Nachhaltigkeit IBN hat vier Passivhaustypen untersucht: ein Einfamilienhaus und Mehrfamilienhäuser mit 4, 22 bzw. 80 Wohneinheiten. Folgende Erkenntnisse wurden gewonnen:

1. Eine um 2-3 Prozentpunkte höhere Wärmerückgewinnung entspricht 1 cm Wärmedämmung in der gesamten Gebäudehülle (Außenwände, Bodenplatte und Dach).
2. Es gibt keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Gebäudetypen
3. Die Mehrkosten der besseren Wärmerückgewinnung liegen signifikant unter der Einsparung durch die dünnere Wärmedämmung.

Fazit: Wer sich bei seiner Wärmerückgewinnung an dem vom Passivhaus Institut geforderten Mindestwert von 75 % orientiert, verteuert das Passivhaus wesentlich und unnötig. Dieser Wert hatte seine Berechtigung in den 1990er-Jahren. Heute weisen fast alle passivhausgeeigneten Geräte Werte in der Wärmerückgewinnung von deutlich über 80 % auf. Gegenwärtig sind eine Reihe von Geräten mit WRG > 90 % auf dem Markt. 94 % ist beim Wärmebereitstellungsgrad zurzeit das Bestgebot (z. B. von Maico oder PAUL; bei 139 m<sup>3</sup>/h bzw. 144 m<sup>3</sup>/h. Das sind 19 Prozentpunkte mehr als der geforderte Mindestwert von 75 %. Anders ausgedrückt: Die 25 % Lüftungswärmeverluste der Passivhauslüftungen erster Generation können auf 6 % reduziert werden – das entspricht Faktor 4! Ebenfalls konnte festgestellt werden, dass eine Verbesserung des Wärmebereitstellungsgrades um 5 % einer Einsparung des Jahresheizwärmebedarfs von ca. 1 kWh/(m<sup>2</sup>a) entspricht.

## Auch Luftdichtheit spart Dämmung

Nicht nur bessere Wärmetauscher können Dämmstoffdicken und damit Herstellerenergieaufwand einsparen, sondern auch ein luftdichteres Gebäude. Wenn der n<sub>50</sub>-Wert um 0,1 h<sup>-1</sup> reduziert wird, kann ebenfalls ca. 1 cm Dämmung in der gesamten Gebäudehülle eingespart werden. Gefordert sind beim Passivhaus 0,6 h<sup>-1</sup>. Werte unter 0,5 h<sup>-1</sup> sind längst üblich. Erste (große) Gebäude haben auch schon Werte von unter 0,2 h<sup>-1</sup> erreicht. Zusammengefasst: Mit optimierter Wärmerückgewinnung und perfektionierter Luftdichtheit lassen sich schnell mehrere Zentimeter herkömmlicher Dämmung einsparen.

So macht Kompensation Sinn!



Mit hoher Wärmerückgewinnung lässt sich Dämmstärke reduzieren.



ANDREAS NORDHOFF

Dipl. Ing., Gründer des IBN (Institut für Bauen und Nachhaltigkeit). IBN berät seit 1996 Baufachleute und Bauherren, begleitet größere PH-Planungen bis zu fünf Jahren nach Fertigstellung (Monitoring) und bietet Weiterbildungen zum zertifizierten Passivhausplaner an. [www.ibn-passivhaus.de](http://www.ibn-passivhaus.de), [www.ecolearn.de](http://www.ecolearn.de)

## MIT IONISATION ZUR BESSEREN LUFTQUALITÄT

Lufthygiene und Gesundheit im Passivhaus 2.0 von Andreas Nordhoff

Passivhausplaner fordern üblicherweise einen hygienischen Mindestluftwechsel von 30 m<sup>3</sup>/h pro Person. Wenn aber nur zwei Personen in einem Haus wohnen, sollte der Mindestluftwechsel dennoch mindestens 30 % des Raumluftvolumens entsprechen. Das könnten bei einem 150-m<sup>2</sup>-Haus mit 375 m<sup>3</sup> Rauminhalt dann  $0,3 \times 375 = 112,5$  m<sup>3</sup>/h sein. So steigt die Luftmenge meist weit über das hygienisch erforderliche Maß. Dennoch sind wir gar nicht sicher, ob diese immense Luftmenge überhaupt ausreichend ist, denn in deutschen Großstädten oder an verkehrsbelasteten Straßen führt ein Mehr an CO<sub>2</sub>- und feinstaubbelasteter Luft nicht wirklich zur Steigerung der Luftqualität in den Innenräumen.



*Ein Wasserfall in den Bergen garantiert bestmögliche Luftqualität dank einer hohen Zahl an negativen Ionen.*

### Was zeichnet gute Luft aus?

Lassen Sie uns auf eine Forschungsreise in das Unsichtbare aufbrechen: Das Gas Luft ist durchsichtig und lebenswichtig. Circa 12 m<sup>3</sup> atmet jeder Mensch von diesem Lebensmittel täglich – das sind 0,5 m<sup>3</sup>/h. Doch warum empfehlen Normen und Richtlinien zwischen 15 und 50 m<sup>3</sup>/h Frischluft pro Person? Unser Organismus kann nicht zwischen guter und schlechter Luft unterscheiden, er atmet einfach ein und aus! Daher sei die Frage erlaubt, wo sich gute Luft außen und innen befindet und welche Luftwechsel sich daraus sinnvoll ergeben.

Wo finden wir noch frische Luft? Auf dem Lande und an der See! Doch was sind die kennzeichnenden Merkmale von gesunder Außenluft?

Der Sauerstoffgehalt sollte bei 21 % und damit einhergehend der CO<sub>2</sub>-Gehalt etwas unter 400 ppm liegen. Diese beiden Werte beeinflussen sich gegenseitig proportional. Steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration, sinkt der O<sub>2</sub>-Gehalt und umgekehrt. Der Mensch atmet 40 000 ppm CO<sub>2</sub> aus. In der ausgeatmeten Luft ist der Sauerstoffgehalt um 4 % niedriger (= 17 %). Stünde nur diese Luftqualität zur Atmung zur Verfügung, müsste noch keiner daran sterben, jedoch verspüren wir erhöhtes Unwohlsein.

Staub und insbesondere Feinstaub sollte möglichst keiner in der Luft sein. Das ist dann der Fall, wenn die Anzahl der negativen Ionen hoch ist. Negative Ionen finden sich in großer Menge am

Meer, im Gebirge, an Wasserfällen und nach einem Gewitter, das ja bekanntermaßen die Luft reinigt. Leider sind in geschlossenen Räumen, also dort, wo wir 90 % unserer Lebenszeit verbringen, annähernd keine negativen Ionen mehr vorhanden. Weil die Anzahl an Teilchen in der Luft immer gleich groß ist, bedeutet dies, dass bei einer großen Anzahl negativer Ionen die Anzahl an Feinstaubpartikeln gering ist – leider auch umgekehrt.

Warum ist Feinstaub so ein Problem? Je nach Größe lagert er sich unterschiedlich tief in den Lungenbläschen ab, kann sogar bis ins Blut wandern und dort sein Unwesen treiben. Unwesen ist der richtige Begriff, da Feinstaub fast immer wesensfern ist, so wie Abriebteilchen von Bremsbelägen, Braunkohlestaub oder Autoabgaspartikel.

Unter dem Sammelbegriff TVOC werden alle flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffe zusammengefasst, sie können harmlos bis hochgiftig (Phosgen) sein. Daneben gibt es noch Schimmelsporen, die sich ebenfalls von harmlos bis krebserregend bewegen. Doch eins ist klar: Wenn keine TVOCs gemessen werden und die Lebensbedingungen für Schimmelpilze (keine Wärmebrücken und/oder geringe Luftfeuchtigkeit) fehlen, können wir auch davon ausgehen, dass die Raumlufte, zumindest was diese zwei Punkte angeht, unbelastet ist.

Menschliche Ausdünstungen können olfaktorisch unangenehm sein, sind aber in der Regel nicht gesundheitsproblematisch (z. B. Knoblauchdünstung).

Zwischenfazit: Frischluft oder, korrekter ausgedrückt, „Außenluft“ von 15 bis 50 m<sup>3</sup>/h pro Person ist noch lange kein Garant für die gute Qualität unserer Atemluft.

### Raumluftqualitäten nach Norm

Ein Blick in eines der wichtigsten Regelwerke hilft dem Bauherren, Architekten und Planer bei seiner Entscheidungsfindung. Die VDI 6022 Teil 3 „Beurteilung der Raumluftqualität“ wurde erarbeitet, damit auf die sich verschlechternden Außenluftbedingungen, insbesondere in Ballungsgebieten, reagiert werden kann. Unter anderem werden in der VDI verschiedene Raumluftqualitäten (RAL 1 bis RAL 4) festgelegt. Die beste Luft (RAL 1) wird demnach in Krankenhäusern bei Immungeschwächten gefordert, hingegen müssen Lagerräume in der Regel nur mit einer geringen Raumluftqualität ausgestattet werden. In Wohnungsbauten sollte die RAL 2 zwischen Bauherr und Architekt vereinbart werden.

### Ionisation statt hohe Luftwechsel

In vielen Städten der Welt sind bereits in der Außenluft eine Vielzahl der in Normen genannten Grenzwerte um das Mehrfache überschritten, damit sind die geforderten Werte für die Innenluft erst recht unerreichbar.

Der konventionell denkende Passivhausplaner, der immer noch allein auf einen hohen Luftwechsel von z. B. 30 m<sup>3</sup>/h pro Person vertraut, bewegt sich auf ganz dünnem Eis. Mit viel Glück hat er eine gute Außenluftqualität (= ODA 1) und geringe Ausgasungen der Oberflächen und Möbel sowie keinen Schimmel, weil das Gebäude wärmebrückenfrei als Passivhaus gebaut wurde. Doch im Winter wird die Luft trocken und es kommt schnell zur Unterschreitung des Grenzwertes von 30 % der relativen Raumluftfeuchte.

Unstrittig kann die Frage nach der Notwendigkeit einer Lüftungsanlage im kühl-gemäßigten Klima, wie in Deutschland, mit Ja beantwortet werden. Bei einer sehr guten Außenluft und annähernd schadstofffreiem Innenraum kann die Außenluftmenge pro Person deutlich reduziert werden. Hierfür ist die richtige Bedarfssteuerung z. B. über CO<sub>2</sub> und eine strömungstechnisch optimierte Raumdurchströmung (z. B. Quellaftung) wichtig. Zum Standardrepertoire gehört auch der Einsatz von Grob-, Mittel- und Fein-Staubfiltern. Besonders interessant ist die Aufbereitung der Außenluft durch Ionisation und ggf. Ozonierung. Damit lässt sich der Luftwechsel auf wenige m<sup>3</sup>/h reduzieren. Dies ist einerseits eine Lösung für Ballungsgebiete, aber auch ein probates Mittel, um Investitions- und Folgekosten zu vermeiden – bei gleichzeitiger Verbesserung der Raumluftqualität. Übrigens können auch fotochemisch aktive Oberflächen die Luft bei Sonneneinstrahlung verbessern.

Das Spiel von Problemen und deren Lösungen geht bei schlechter Außenluft (ODA 4) so weit, dass die Außenluft mit Gassorptionsfiltern bzw. Elektrofiltern vorgereinigt werden kann. Zu trockene Luft und die daraus resultierenden Probleme (Austrocknen der Nasenschleimhäute und zunehmende Infektionsgefahr) werden vermieden.

### Zusammenfassung

Die zunehmend schlechter werdende Außenluft einerseits und die wachsenden Anforderungen an die Raumluftqualität andererseits fordern heutzutage eine aufwendigere Planung von Seiten der Passivhausplaner. Wann die prüffähige Raumluftqualität RAL 2 geliefert werden muss und wer diese vertraglich in welcher Tiefe verankert, sollte bereits bei der Bedarfsplanung nach DIN 18205 festgehalten werden.

*Danksagung des Autors:*

*Ich bedanke mich für die Mitarbeit von Clara Gerdung (Recherche etc.), Dr. Klaus Bolst (wissenschaftlicher Mentor) und Eckhard Steinicke (Baupraxis Ionisation etc.).*

### STICHWORT: IONISATION

Zwei sehr wichtige Aspekte der Luft-Ionen sind die biologische Reizwirkung und die luftreinigende Wirkung. Bei der biologischen Reizwirkung handelt es sich um die positiven Einflüsse der Luft-Ionen auf den menschlichen Körper, wie verbesserter Sauerstofftransport im Blut und verbesserte Zellregeneration. Die luftreinigende Wirkung erklärt sich durch die Ladung eines Luft-Ions, die eine elektrische Anziehungskraft ausübt und somit andere Partikel (wie Bakterien, Viren und Staub) bindet. Dadurch bilden sich Ionen-Cluster mit einer erhöhten Masse und diese sedimentieren schneller zu Boden. Die Hochschule Luzern hat die Wirkung von ionisierter Luft in Innenräumen in einem Literatur-Review untersucht und stellt fest: „Die Studien geben [...] deutliche Hinweise darauf, dass es Zusammenhänge zwischen der Gesundheit, dem Wohlbefinden und der physischen Leistungsfähigkeit mit dem Ionengehalt der Luft sowie dem Verhältnis von negativen zu positiven Ionen gibt. Ebenso finden sich Hinweise darauf, dass ionisierte Luft zu einem hohen Luftqualitätsempfinden beitragen kann. Die wohl aussagekräftigste Wirkung der Luftionisation in Bezug auf den Menschen ist deren Sauerstoffaufnahme und die damit zusammenhängenden Vorgänge im menschlichen Organismus und in der Folge das Wohlbefinden.“



ANDREAS NORDHOFF

Dipl. Ing., Gründer des IBN (PASSIVHAUS-TECHNIK – INSTITUT FÜR BAUEN UND NACHHALTIGKEIT). IBN berät seit 1996 Baufachleute und Bauherren, begleitet größere PH-Planungen bis zu fünf Jahren nach Fertigstellung (Monitoring) und bietet Weiterbildungen zum zertifizierten Passivhausplaner an. [www.ibn-passivhaus.de](http://www.ibn-passivhaus.de), [www.ecolearn.de](http://www.ecolearn.de)