

zehnder



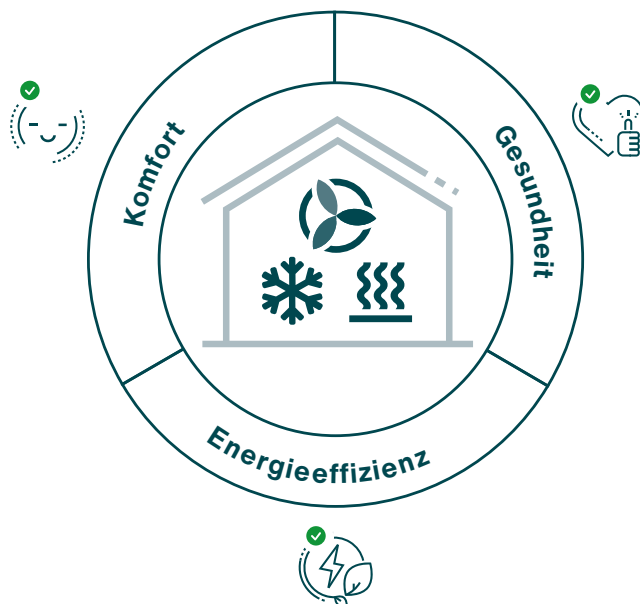
Wie innovative Technologien Gesundheit, Energieeffizienz und Komfort in Einklang bringen

Die Zukunft des nachhaltigen Wohnens

always the best climate

Die Zukunft des nachhaltigen Wohnens

Aufgrund des Klimawandels müssen wir mit extremeren Wetterbedingungen leben. Die sich daraus ergebende Überhitzung in Wohngebäuden wird zunehmend zum Problem. Während die Energiepreise in die Höhe schießen, bemühen sich Architekten, Planer und Designer, nachhaltige Häuser zu schaffen, um ein Gleichgewicht zwischen Gesundheit, Energieeffizienz und Komfort. Und für die Planung der Wohngebäude ist es eine große Herausforderung, dieses Gleichgewicht durch optimale Lüftungs- und Lufttemperierungssysteme herzustellen. Gesetzliche Vorschriften und Anforderungen der Endverbraucher stellen dabei zusätzliche Hürden dar.



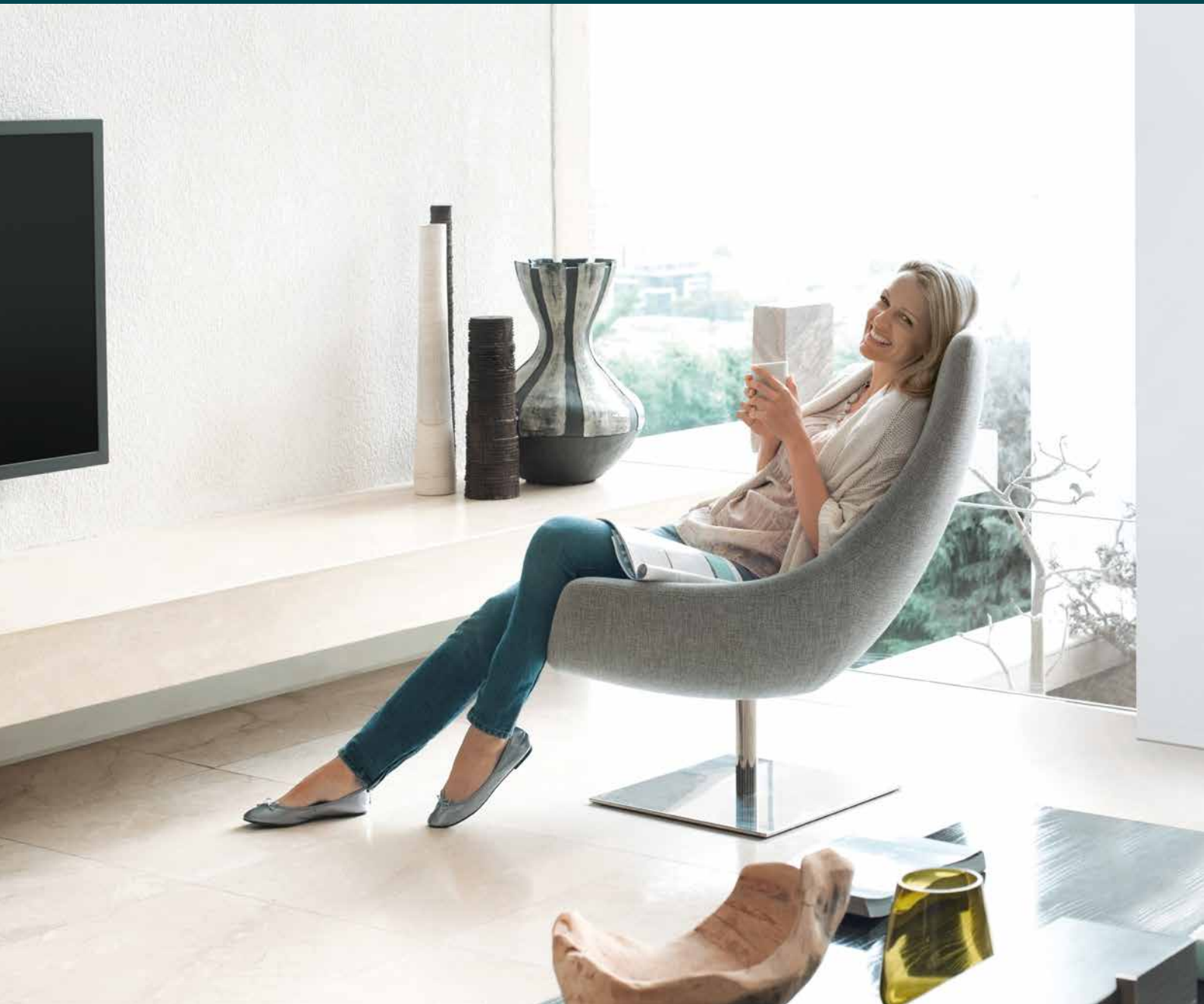
Dieses Whitepaper klärt folgende Fragen:

- Welche innovativen Technologien beeinflussen zukünftig unser Raumklima?
- Wie lassen sich diese Technologien in einem System für Lüftung und Lufttemperierung kombinieren?
- In welchen Wohngebäudetypen funktioniert diese Lösung am besten?

Was verstehen wir unter einem guten Raumklima?

Ein gutes Raumklima ist immer ein Gleichgewicht zwischen Gesundheit, Energieeffizienz und Komfort.

- Ein **gesundes** Raumklima: z. B. niedriger CO₂-Gehalt, schneller Abbau von Luftschadstoffen (VOC, Formaldehyd,...), Vermeidung von Hausstaubmilben und Schimmelpilzen, weniger Feinstaub und Pollen.
- Ein **energieeffizientes** Raumklima: z. B. optimale (Wieder-)Verwendung von Energie, um Strom und/oder fossile Brennstoffe zu sparen, ohne die Gesundheit und den Komfort zu beeinträchtigen.
- Ein **komfortables** Raumklima: z. B. angenehme Temperatur, schnelle Geruchsbeseitigung, optimale Luftfeuchtigkeit und keine Zugluft.



Die ideale Kombination aus Lüftung und Lufttemperierung

Um ein gesundes, energieeffizientes und komfortables Zuhause zu schaffen, müssen Lüftung und Lufttemperierung optimal aufeinander abgestimmt sein. Ist dies nicht der Fall, können die einzelnen Systeme gegeneinander arbeiten. Wenn beispielsweise eine Lüftungs- und eine Heizungsanlage unabhängig voneinander funktionieren, können sie unterschiedliche Temperatursollwerte und/oder Messpunkte haben. In diesem Fall führt die Lüftungsanlage möglicherweise kühle Außenluft in die Wohnung, um die Temperatur zu senken, während die Heizungsanlage gleichzeitig auf Hochtouren läuft, um die Temperatur zu erhöhen. Um die Energie optimal zu nutzen, sollten deshalb Lüftungs- und Heizungsanlage auf den gleichen Sollwert regeln.



Das Beispiel auf der nächsten Seite zeigt, was in einem gut gedämmten Haus passiert, wenn Lüftung und Lufttemperierung nicht im Gleichgewicht sind (**Haus 1-3**) und was passiert, wenn alle drei Anforderungen von einem System erfüllt werden (**Haus 4**).

01 Viel Lufttemperierung, keine Lüftung

Die Lufttemperierung sorgt stets für eine angenehme Temperatur im Haus. Da es gut gedämmt ist, dürfte der Energieverbrauch niedrig sein. Allerdings fehlt die Lüftung, und so ist der Komfort nur von kurzer Dauer. Obwohl die Raumluft im Haus zirkuliert, gelangt keine Frischluft hinein, was zu schlechten Gerüchen, einer hohen Luftfeuchtigkeit und einem hohen CO₂-Gehalt führt. Das macht die Wohnräume ungemütlich und auf Dauer ungesund.



02 Wenig Lufttemperierung, wenig Lüftung

Dieses Beispiel zeigt ein Haus, in dem die Lufttemperierung und Lüftung nur begrenzt erfolgen. In diesem Fall dürfte der systemspezifische Energieverbrauch gering sein. Die Bewohner müssen jedoch Einbußen in Bezug auf den Komfort (z. B. Temperatur, Geruch) und die Gesundheit hinnehmen, da die zugeführte Frischluftmenge nicht ausreicht und nicht gefiltert wird.



03 Wenig Lufttemperierung, viel Lüftung

Ausgiebiges Lüften sorgt für eine gesunde Raumluftqualität, denn frische Luft hält den CO₂ Gehalt niedrig. Zudem wird Schimmelbildung verhindert, indem feuchte Luft durch trockenere Luft ersetzt wird. Entweicht die begrenzte Menge an erwärmter oder gekühlter Raumluft einfach durch das Fenster. Bei geöffneten Fenstern kommt es zu störender Zugluft, Lärm und einfliegenden Insekten. Kurz gesagt: Hier lassen der Komfort und die Energieeffizienz zu wünschen übrig.



04 Ein System mit ausreichender Lüftung und Lufttemperierung

Ein integriertes System, das Lufttemperierung und Lüftung kombiniert, sorgt für das notwendige Gleichgewicht zwischen Gesundheit, Komfort und Energieeffizienz. Es bringt jederzeit frische, gefilterte Luft ins Haus und nutzt gleichzeitig die Wärme bzw. Kälte der Abluft. Gleichzeitig bringt es gefilterte frische Luft in Haus, sorgt für eine perfekte Luftfeuchtigkeit und auf Wunsch für eine energieeffiziente zusätzliche Lufttemperierung.



Drei Gründe für ein System, das Lüftung und Lufttemperierung vereint

Lassen Sie das Raumklimasystem die Arbeit für Sie erledigen

Sie versuchen, Gesundheit, Energieeffizienz und Komfort in Einklang zu bringen? Lassen Sie ein kombiniertes System für die Lüftung und Lufttemperierung die Arbeit für Sie erledigen. Es besteht aus einem Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, einer Luft/Luft-Wärmepumpe und einem gedämmten Luftverteilsystem.* In diesem Kapitel finden Sie drei Gründe, die für die Ausstattung eines Hauses mit einem solchen Raumklimasystem sprechen.

01

Mehr Wohngesundheit

Ein Komfort-Lüftungssystem garantiert die richtige Lüftungsmenge. Frische, gefilterte Luft bietet zahlreiche gesundheitliche Vorteile für die Bewohner, z. B. einen besseren Schlaf oder weniger Allergene und Schadstoffe. Eine innovative Technologie, bei der ein neues Wärmekomfortmodell zum Einsatz kommt, bietet eine einzigartige

Kombination aus ausgewogener Lüftung und Lufttemperierung: *das adaptive Komfortmodell.*

Das adaptive Komfortmodell

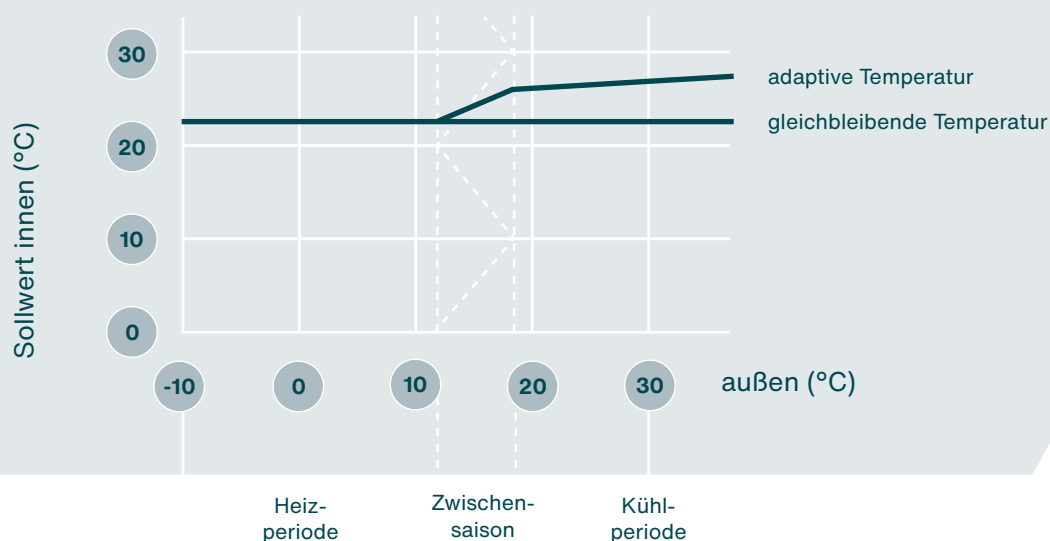
Lange Zeit nahm man an, dass es von den Parametern Temperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit abhängt, ob ein

Raumklima als behaglich empfunden wird oder nicht. Dieses Modell, das so genannte Fanger-Modell, ging davon aus, dass die Menschen unabhängig von der Jahreszeit konstante Werte für diese Parameter bevorzugen. Anfang der 2000er Jahre hat man jedoch erkannt: Steigen die Außentemperaturen, können auch die Innentemperaturen etwas höher sein, ohne dass wir dies als unangenehm empfinden. Der größte Vorteil dieser Erkenntnis ist die damit einhergehende Energieeinsparung.

Erst seit einigen Jahren ist bekannt, dass eine angepasste Raumtemperatur nicht nur

energieeffizient ist, sondern auch der Gesundheit zugutekommt. Unsere Komfortzone umfasst einen dynamischen Temperaturbereich, der zwischen 17 °C und 25 °C liegt. Indem sich die Innentemperatur allmählich der steigenden Außentemperatur anpasst, wird verhindert, dass der Körper sich „thermisch langweilt“. Das heißt, das Raumklima hilft dem Körper, sich an die Temperaturunterschiede zu gewöhnen. Dies wirkt sich positiv auf die Gesundheit aus (Blutdruck, Herzfrequenz und Glukosestoffwechsel) und macht die Bewohner widerstandsfähiger gegen Hitzewellen (erhöhte Schweißproduktion und niedrigere Körpertemperatur).⁴

Adaptive und gleichbleibende Temperatur



Bart Cremers, Knowledge Consultant Indoor Climate, erklärt, wie das adaptive Komfortmodell in den Klimasystemen von Zehnder umgesetzt wird:

„Als Hersteller von Raumklimasystemen und Planer von Häusern haben wir die Verantwortung, Energieeinsparungen zu erzielen und die Gesundheit der Bewohner zu verbessern. Adaptiver Komfort trägt dazu bei.

Der Algorithmus von Zehnder ComfoClima Cool analysiert den vergangenen Zeitraum, gewichtet aber die Temperatur der letzten Tage stärker als die der Tage davor. So wird die Innentemperatur ohne große Schwankungen allmählich angepasst.

**„Ein Jahr
hat drei
Jahreszeiten.“**



Bart Cremers

Mehr Energieeffizienz

15 % des gesamten weltweiten Energieverbrauchs und 40 bis 60 % des Energieverbrauchs in Gebäuden werden für die Lufttemperierung aufgewendet. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Klimaerwärmung zwar positiv auf den Heizbedarf auswirkt, die negativen Auswirkungen auf den Kühlbedarf jedoch viel größer sind.⁵

Infolgedessen steigt der Energiebedarf weiter an, während die Rechtsvorschriften zum Energieverbrauch immer strenger werden. Diese Fakten zeigen, wie wichtig es ist, nachhaltige Lösungen zu finden, um ein angenehmes und gesundes Raumklima für die Bewohner zu schaffen und gleichzeitig Energie und Kosten zu sparen.^{7,8}

Ein kombiniertes System für die Lüftung und Raumtemperierung ist eine solche Lösung. Als intelligentes Energiemanagementsystem kann es den Energieverbrauch in Wohngebäuden senken.⁵ Dies gelingt durch die Implementierung des bereits erwähnten adaptiven Komfortmodells, aber auch durch den Einsatz von *Trias Energetica*.⁹

Trias Energetica

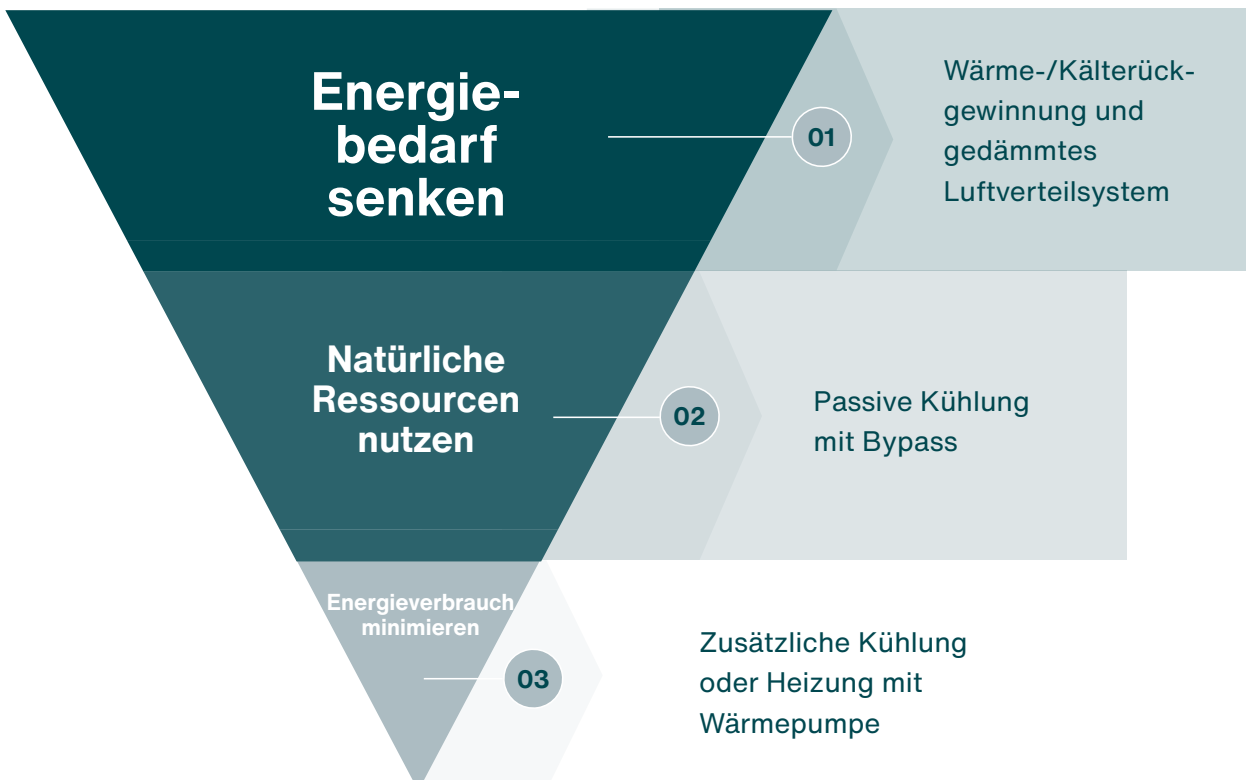
Die Strategie Trias Energetica wurde entwickelt, um eine nachhaltige Energieversorgung zu erreichen. Sie gilt bei der Planung von Passiv- und Niedrigenergiehäusern als wichtige Orientierungshilfe. Allen voran steht die größtmögliche Energieeinsparung, dann die Nutzung nachhaltiger/erneuerbarer Energien und schließlich die Deckung des verbleibenden Energiebedarfs, indem fossile Brennstoffe möglichst effizient genutzt werden.^{6,9}

Zehnder hat die Strategie Trias Energetica in seinen Systemen für die Lüftung und Lufttemperierung umgesetzt. Dies geschieht in drei Schritten:

1. Erstens erzielt das System durch Wärme- oder Kälterückgewinnung eine Energieeinsparung. Die Wärme oder Kälte, die bereits im Haus vorhanden ist, wird auf die zugeführte Außenluft übertragen, bevor sie in die Wohnräume gelangt. Im gedämmten Luftverteilsystem werden Temperaturschwankungen auf ein absolutes Minimum beschränkt.

2. Zweitens nutzt das System natürliche Energieressourcen. Wenn es beispielsweise draußen kühler ist als drinnen, aber die Wohnung zu warm ist, verwendet das System eine passive Kühlung: Es wird ein Bypass aktiviert, der die kühle Außenluft direkt in die Wohnung führt, ohne dass ein Wärmeaustausch stattfindet.
3. Schließlich wird die in der Fortluft enthaltene Energie durch eine Luft/Luft-Wärmepumpe genutzt, um zusätzliche Heiz- oder Kühlleistung zu erbringen.

Trias Energetica, angewandt auf ein kombiniertes System für die Lüftung und Lufttemperierung



Die nachstehenden Abbildungen zeigen beispielhaft, wie ein System für die Lüftung und Lufttemperierung die Raumtemperatur verbessert, wobei sowohl die Strategie Trias Energetica als auch der adaptive Komfort berücksichtigt werden.

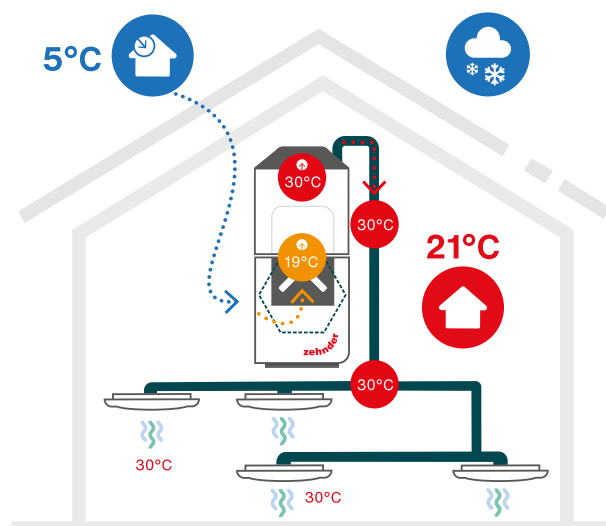
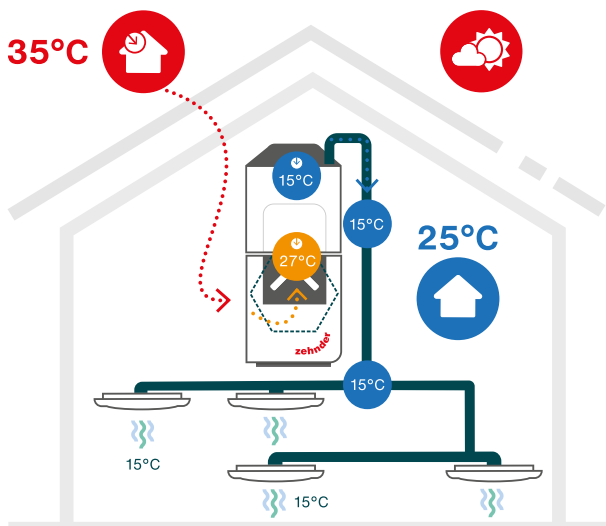
Im Sommer:

In diesem Beispiel beträgt die Außentemperatur 35 °C. Wenn die Luft in die Wohnung eintritt, passiert sie zunächst das Lüftungsgerät. Der Wärmetauscher im Gerät nutzt die aktuelle Raumtemperatur, um die einströmende Luft auf 27 °C zu kühlen. Anschließend wird sie durch die Luft/Luft-Wärmepumpe geleitet. Die Wärmepumpe entfeuchtet die Luft und kühlt sie auf 15 °C ab. Das vollständig gedämmte Luftverteilsystem sorgt dafür, dass die Lufttemperatur bis zur Zuführung in die Wohnräume nahezu gleichbleibt.

Zudem verhindert es Kondensation und damit Feuchtigkeitsprobleme. Die Zuluft kühlt die Raumtemperatur auf 25 °C.*

Im Winter:

In diesem Beispiel tritt die Außenluft mit einer Temperatur von 5 °C in das Lüftungsgerät ein. Wenn die Raumtemperatur bereits recht warm ist, kann der Wärmetauscher diese Wärme verwenden, um die Luft auf 19 °C zu erwärmen. Anschließend wird die Luft durch die Luft/Luft-Wärmepumpe geleitet. Diese Wärmepumpe erwärmt die Luft auf 30 °C. Das vollständig gedämmte Luftverteilsystem sorgt dafür, dass die Lufttemperatur bis zur Zuführung in den Wohnraum nahezu gleichbleibt. Die Zuluft vermischt sich mit der bereits vorhandenen Luft und heizt den Raum auf 21 °C auf.*



Mehr Komfort

Im Hinblick auf den Komfort bietet eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung den Bewohnern gegenüber der Fensterlüftung viele Vorteile. So werden beispielsweise Zugluft, Insekten und Luftverschmutzungen herausgefiltert, Lärm und Gerüche verringert und eine angenehmere Raumtemperatur erzielt. Wenn das Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung an eine Luft/Luft-Wärmepumpe und ein gedämmtes Luftverteilsystem gekoppelt ist, kann es Wärme und Kälte schneller bereitstellen als eine Flächenkühlung oder -heizung (z.B. eine Fußbodenheizung).

Das Raumklima ist behaglicher, vor allem wenn die Temperaturen schwanken und eine schnelle Reaktion des Systems erwünscht ist.

Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass es für Endverbraucher so gut wie unmöglich ist, die richtigen Einstellungen eines Lüftungssystems zu ermitteln. Bewohner nutzen konventionelle Systeme¹⁰ häufig falsch und nutzen nicht deren Potential in Bezug auf Komfort, Gesundheit und Energieeffizienz. Daher suchen immer mehr Menschen nach intelligenten Lösungen für mehr Behaglichkeit in ihren Wohnräumen.¹¹

Regelung

Wenn ein Bewohner das kombinierte System für die Lüftung und Lufttemperierung nicht manuell bedient, stellt die intelligente Regelung automatisch das perfekte Gleichgewicht zwischen Komfort, Gesundheit und Energieeffizienz her. Allerdings bedeutet die Regelung durch intelligente Technologie auch, dass dem Bewohner ein gewisses Maß an Kontrolle entzogen wird. Dies kann zu inneren Widerständen gegen das System, bekannt auch als psychologische Reaktanz, führen.

Hinzu kommt, dass Technologien immer für einen Standardnutzer entwickelt werden. Zwar eignet sich die automatisierte Funktion des Systems für die meisten Endverbraucher, aber nicht für alle.¹² Zudem ist das Leben der Bewohner nicht immer vorhersehbar und gleichtönig. Jeder Mensch und jedes Haus ist anders, und das tägliche Leben und die Aktivitäten in der Wohnung verändern sich ständig. Deshalb unterscheiden sich auch die Bedürfnisse und Erwartungen der Bewohner an das Raumklima.¹¹

Aus diesem Grund sollte ein Raumklimasystem so gestaltet sein, dass die Technologie und der Mensch die gewünschte Situation gemeinsam erreichen.¹⁰ Wie geht das? Durch ein automatisch funktionierendes Raumklimasystem mit besonderen *Szenarien*.

Szenarien anstatt Einstellungen

Wer weiß schon genau, wie hoch der Sollwert für die Raumtemperatur ist oder wie viel Frischluft zugeführt werden soll, wenn er eine Party feiert? Hier eignet sich ein System, das die Lüftung und Lufttemperierung integriert und das die automatisierte Funktion des Systems anhand von Szenarien vorübergehend aufheben kann.

Ein Szenario ist eine Kombination variabler Einstellungen, die für eine begrenzte Zeit manuell aktiviert werden können. Beispiele für solche Szenarien sind der „Urlaubsmodus“, „Partymodus“ oder „Kochmodus“. Wenn der Endverbraucher in der App ein bestimmtes Szenario auswählt, findet das System jeweils die perfekten Einstellungen für die Frischluft und Temperatur. Dabei berücksichtigt das System, ob es sich um die Heiz-, Kühl- oder Zwischensaison handelt.

Wenn beispielsweise an einem kalten Wintertag gekocht wird, passt sich das Szenario dem aktuellen Bedarf an. Dies könnte bedeuten, dass die Lüftung eine Zeit lang intensiviert wird, um Gerüche, überschüssige Feuchtigkeit und möglicherweise auch Feinstaub aus der Luft zu entfernen. Gleichzeitig wird, falls erforderlich, das Heizen eingeschränkt, da beim Kochen oft zusätzliche Wärme entsteht.

Veranstalten die Bewohner in einer heißen Sommernacht eine Party, müssen sie sich keine Sorgen um den CO₂-Gehalt oder steigende Temperaturen machen. Das Szenario „Party“ verstärkt die Lüftung und nutzt bei Bedarf eine (passive) Kühlung. Mit anderen Worten: Das System sorgt im jeweiligen Anwendungsfall für das ideale Raumklima. Auf diese Weise können die Bewohner das Raumklima unkompliziert beeinflussen, ohne zu wissen, welche Einstellungen am besten geeignet sind, und ohne Anpassungen in separaten Systemen vornehmen zu müssen.



Zehnder Lüftungstechnologie bietet intelligenten Lösungsansatz.

Die zuvor beschriebenen innovativen Technologien liefern insbesondere bei Niedrigstenergie- und Passivhäusern gute Ergebnisse. Moderne Gebäude, mit ihren luftdichten Gebäudehüllen und oft großen Fensterfronten, können sich ohne weiteres Zutun bei den entsprechenden Außentemperaturen schnell wie ein Gewächshaus aufheizen. Mit entsprechenden Folgen für die Gesundheit der Bewohner wie Herz-Kreislauf-Beschwerden, Kopfschmerzen oder allgemeiner Erschöpfungszustand.

Eine Luft/Luft-Wärmepumpe, wie die Kühleinheit Zehnder ComfoClima Cool, kann hier auf energieeffiziente Weise Abhilfe schaffen. Die Kühlung dieser einfach installierbaren, eigenständigen Lösung reicht aus, um den Bewohnern auf nachhaltige Weise zusätzlichen Komfort zu bieten.

Die Kühleinheit wird mühelos passgenau auf dem jeweiligen Zehnder Komfort-Lüftungsgerät aufgesetzt und beansprucht dadurch keinen zusätzlichen Stellplatz. Zudem kann Zehnder ComfoClima Cool sowohl als Links- oder Rechtausführung verwendet werden und ist somit jeder baulichen Situation vor Ort angepasst. Neben der Kühlfunktion kann Zehnder ComfoClima Cool die Zuluft im Winter auf eine konstant angenehme Temperatur erwärmen und so ganzjährig für optimalen Komfort sorgen. Um beim Transport der temperierten Luft Wärme- und Kälteverluste sowie Kondensatbildung zu vermeiden, empfiehlt sich die Installation eines vorgedämmten Luftverteilsystems, wie das System Zehnder ComfoFresh mit Thermal Shield.



Ein Erfolgsbeispiel für die Anwendung dieses Systems in einem Einfamilienhaus in Modena, Italien, ist eines der ersten Projekte, in denen die Zehnder ComfoClima Luft/Luft-Wärmepumpe eingesetzt wurde. Zehnder Experte Giuseppe Dalpasso arbeitete eng mit den Planern und Bauherren zusammen und beriet sie in Sachen Lüftung und Lufttemperierung. Er schildert, weshalb die Lösung für das Raumklima notwendig war:

„Mit seinen warmen und feuchten Sommern war Italien schon immer ein Vorreiter auf dem Gebiet der Kombination von Lüftung und Lufttemperierung. Hier braucht es Lösungen, die Komfort bieten, ohne die Energiekosten nach oben zu treiben.“

Das Projekt der Familie Cerchiari in der Nähe von Modena war der perfekte Praxistest für die Zehnder ComfoClima Luft/Luft-Wärmepumpe, denn im Nordosten Italiens ist es im Sommer sehr heiß und feucht. Auch wenn es sich um ein sorgfältig geplantes, gestaltetes und gebautes Passivhaus handelte, war die Herausforderung für das Kühlsystem groß. Mit dem Ergebnis sind die Bewohner überaus zufrieden.

Giuseppe Dalpasso begründet dies so:

„Vor etwas mehr als einem Jahr wurde das Klimasystem installiert. Seitdem berichten mir die Bewohner, dass auf allen drei Etagen des Hauses ein perfektes Raumklima herrscht. Besonders erstaunt waren sie über die angenehme Innentemperatur im Sommer. Einer von ihnen scherzte sogar, dass er an einem heißen Sommertag lieber drinnen bleiben würde, als im Garten in den Pool zu gehen!“

Systeme, die Lüftung und Lufttemperierung kombinieren, sind die Zukunft des nachhaltigen Wohnens. Und dies nicht nur in Italien, sondern auch in nördlicheren Gefilden. Gerade in besonders dicht gedämmten Gebäuden mit einem hohen Wärmeschutz stellen sich im Sommer die Herausforderung die Innenräume gut zu belüften und dabei angenehm kühl zu halten.

Herkömmliche Klimasysteme können nicht mit dem Wohnkomfort konkurrieren, den ein modernes System in einem Passivhaus vermittelt: Luftqualität, Temperatur, Feuchtigkeit und Geräuschpegel sind hier unübertroffen. Außerdem ergeben sich finanzielle Vorteile, vor allem in Kombination mit Photovoltaikanlagen.



Foto eines Referenzprojektes
Passivhaus in Nonantola in der Nähe von Modena (Italien)

Zusammenfassung

Die Nachfrage für nachhaltigere Häuser wächst. Gute Dämmung hilft, Kälte und Wärme draußen zu halten. Die Schwierigkeit besteht darin, frische Raumluft zu gewährleisten. Das perfekte Gleichgewicht zwischen Gesundheit, Energieeffizienz und Komfort zu finden, kann eine Herausforderung sein.

Dieses Whitepaper plädiert aus drei Gründen für die Integration der Lüftung und Lufttemperierung in ein System:

- 01 **Bessere Gesundheit der Bewohner:** Frische Luft in Verbindung mit dem adaptiven Komfortmodell wirkt sich positiv auf die Gesundheit aus.
- 02 **Höhere Energieeffizienz des Gebäudes:** Durch das Prinzip Trias Energetica wird der Energiebedarf gesenkt.
- 03 **Mehr Komfort in Wohnräumen:** Um das tägliche Leben der Bewohner angenehmer zu gestalten, Reaktanzen zu vermeiden und in jeder Situation ein perfektes Raumklima zu gewährleisten, wird der automatische Betrieb um manuell aktivierte, zeitlich begrenzte Szenarien ergänzt.

Ein integriertes System für die Lüftung und Lufttemperierung funktioniert am besten in Häusern mit geringem Heiz- oder Kühlbedarf (z. B. in einem Niedrigstenergie- oder Passivhaus).

Produkte

01



Das Lüftungsgerät Zehnder ComfoAir Q liefert Frischluft und gewinnt gleichzeitig Wärme oder Kälte aus der Abluft zurück.

Mehr über dieses Produkt



02



Die Luft/Luft-Wärmepumpe Zehnder ComfoClima Cool sorgt bei Bedarf für eine zusätzliche Temperierung der Luft.

Mehr über dieses Produkt



03



Das isolierte ThermalShield-Luftverteilsystem verhindert Wärme- oder Kälteverluste in den Leitungen.

Mehr über dieses Produkt



Wünschen Sie eine Beratung für Ihr Bauvorhaben?

Fragen Sie einen Experten von Zehnder.



Quellenangaben

* Fußnote: Beispiel für ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung: Zehnder ComfoAir Q; Beispiel für eine Luft/Luft-Wärmepumpe: Zehnder ComfoClima Cool; Beispiel für ein isoliertes Luftverteilsystem: ThermalShield

¹ Fanger, P. O. (1970). Thermal Comfort. Danish Technical Press.

² De Dear, R. J. & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. Energy and Buildings, 34(6), 549–561.

[https://doi.org/10.1016/s0378-7788\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/s0378-7788(02)00005-1)

³ Candido, C. & Dear, R. D. (2012). From thermal boredom to thermal pleasure: a brief literature review. Ambiente Construído, 12(1), 81–90.

<https://doi.org/10.1590/s1678-86212012000100006>

⁴ Van Marken Lichtenbelt, W. (22. April 2021). Thermisch comfort [Präsentation]. Een gezonde woningrenovatie gaat niet alleen om energie, Online, ISIAQ.nl symposium.

<https://www.youtube.com/watch?v=Q72kWDTkdS8>

⁵ Heatherly, M. T. (2021). The role of psychological reactance in smart house energy management systems“ (2021). Master-Arbeit.

https://scholarsmine.mst.edu/masters_theses/7992

⁶ Verbeeck, G. & Polders, K. (Oktober 2010). Do we have to adapt our buildings to climate change? Euregional Conference Sustainable Building. Towards 0-impact buildings and environments, Maastricht, Luik, Aken.

⁷ Rafique, M. M. & Rehman, S. (2018). Renewable and Sustainable Air Conditioning. Sustainable Air Conditioning Systems.

<https://doi.org/10.5772/intechopen.73166>

⁸ Gholamzadehmir, M., Del Pero, C., Buffa, S., Fedrizzi, R. & Aste, N. (2020). Adaptive-predictive control strategy for HVAC systems in smart buildings – a review. Sustainable Cities and Society, 63.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102480>

⁹ Lysen, E. H. (Red.). (1996). The Trias Energica: Solar energy strategies for developing countries.

<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/562387>

¹⁰ Spiekman, M. E., Boess, S. U., Guerra Santin, O., Rovers, T. J. H. & Nelis, N. (März 2022). Bewonersgedrag na renovatie. Waarom afwijkend gedrag heel normaal is. IEBB Thema 2, TNO.

¹¹ Kim, M. J., Cho, M. E. & Jun, H. J. (2020). Developing Design Solutions for Smart Houses Through User-Centered Scenarios. Frontiers in Psychology, 11.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00335>

¹² Eisma, R., Dickinson, A., Goodman, J., Syme, A., Tiwari, L. & Newell, A. F. (2004). Early user involvement in the development of information technology-related products for older people. Universal Access in the Information Society, 3(2), 131–140.

<https://doi.org/10.1007/s10209-004-0092-z>

