

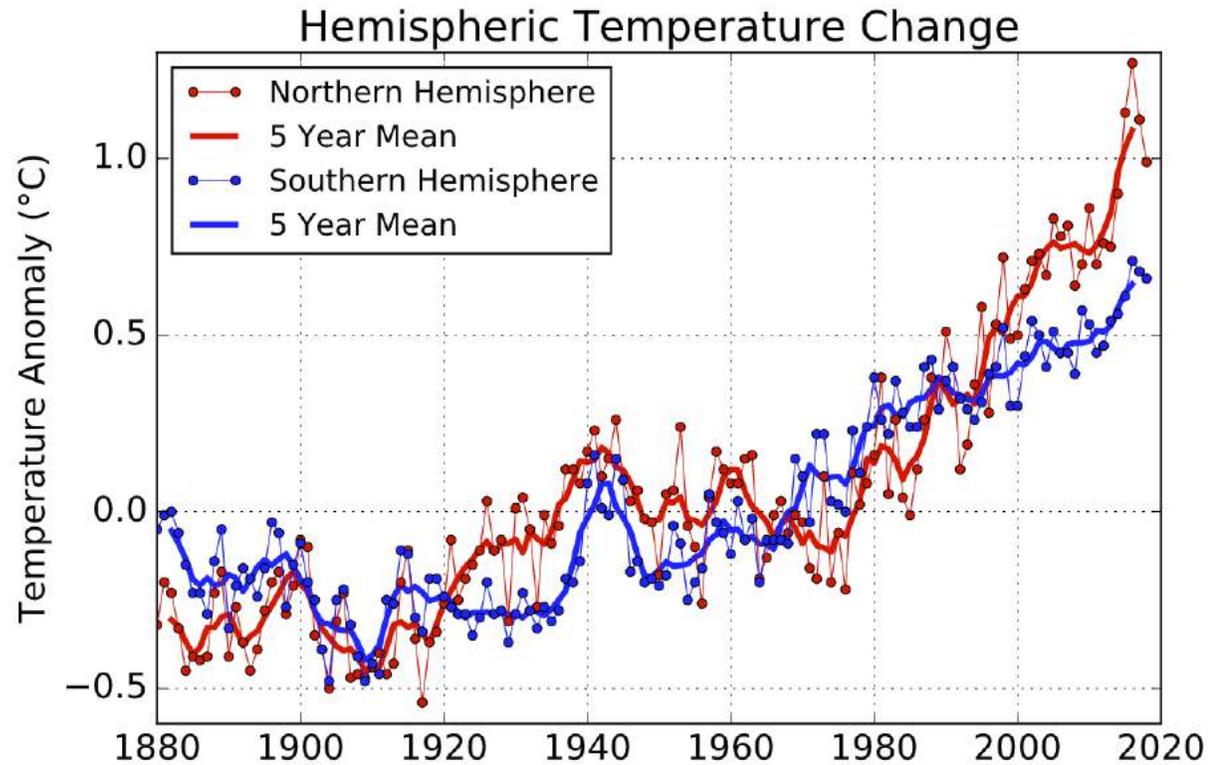


Wärme- / Kälteverteilung im Gebäude im Kontext des Klimawandels

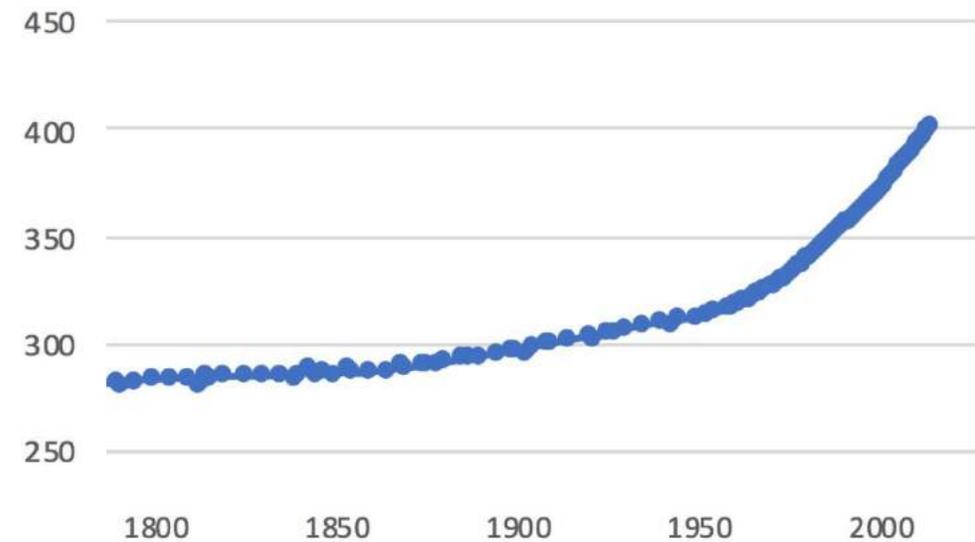
02.03.2021



Globale Erwärmung / Klimawandel



Quelle: Wikipedia



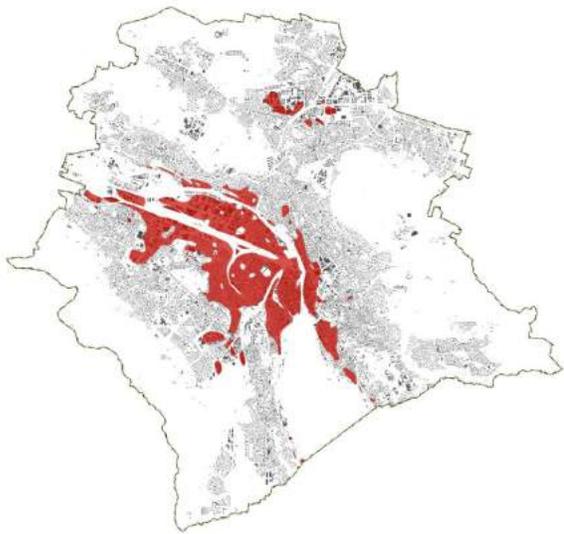
CO2 Konzentration in der Atmosphäre zwischen 1800 und 2019
Einheit: CO2 ppm - parts per million
Quelle: EPA: US Environmental Protection Agency: Climate Change Indicators: Atmospheric Concentrations of Greenhouse Gases

Die steigende CO2 Konzentration in der Atmosphäre ist eine der Hauptursachen für die globale Erwärmung resp. den Klimawandel.

Kehrseite der globale Erwärmung: Höherer Kühlbedarf

„In Städten ist es deutlich wärmer als im Umland. Dicht bebaute und versiegelte Flächen heizen sich stärker auf als natürliche; sogenannte Wärmeinseln entstehen. Zudem sind Städte oft nur gering durchlüftet und weisen eine erhöhte Belastung mit Luftschadstoffen auf. Rund 20 % des Siedlungsgebiets der Stadt Zürich sind bereits heute nachts überwärmt. Um dem entgegenzuwirken, wurden in kommunalen Richtplanung Aspekte des Stadtklimas berücksichtigt und eine Fachplanung zur Hitzeminderung erarbeitet.“

Quelle: Stadt-Zürich.ch

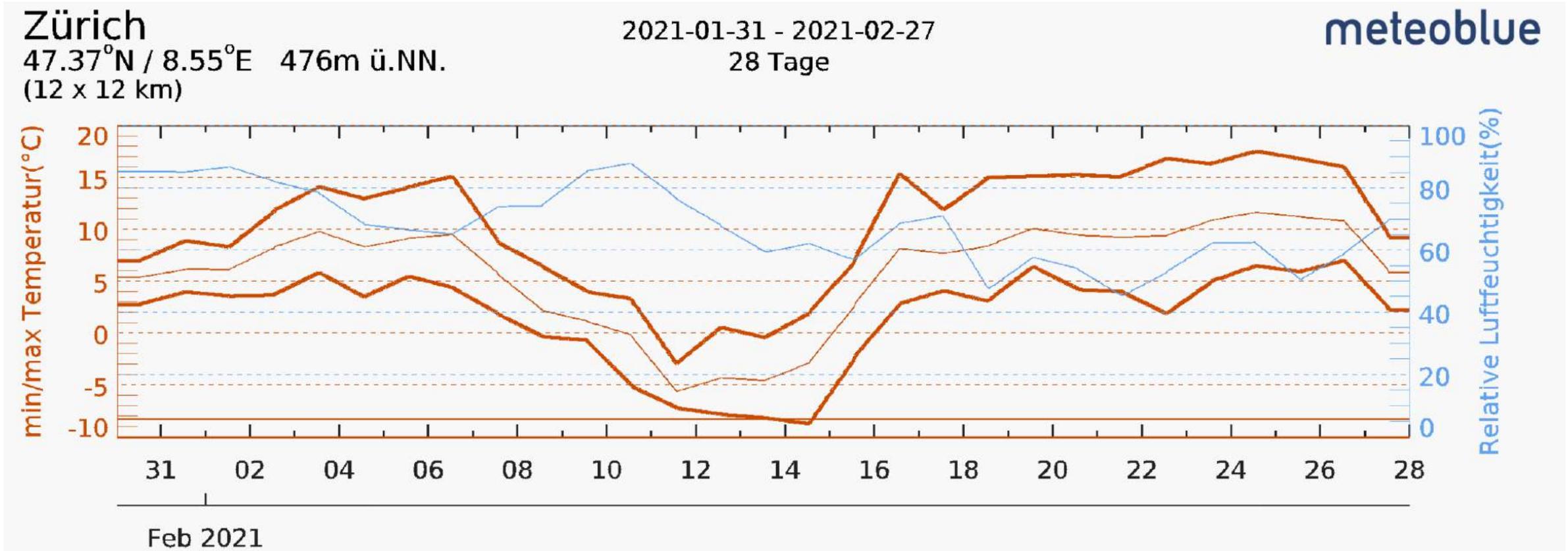


Büro- und Ladenflächen ohne Kühlung kann man nicht mehr vermieten.



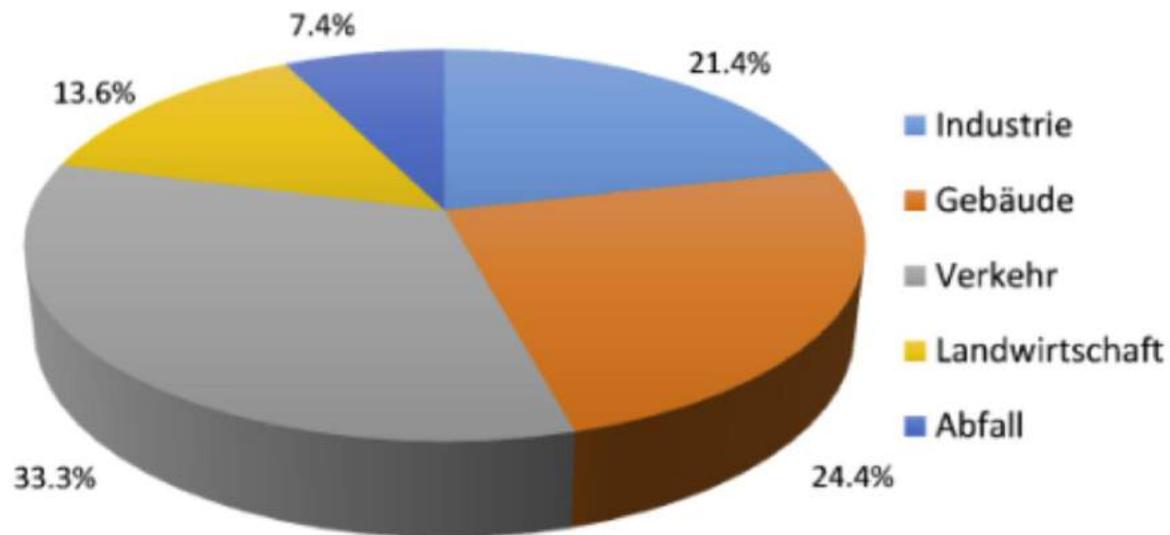
Green City 2000 Watt Areal mit «free cooling»

Kehrseite der globale Erwärmung: Grössere Temperaturschwankungen im Winter



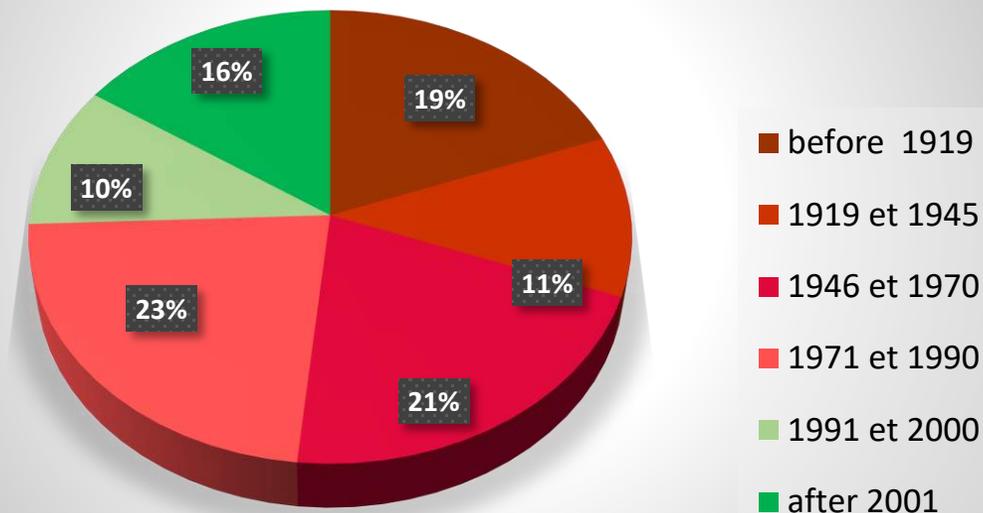
Der generelle Heizbedarf nimmt zwar durch die globale Erwärmung ab, jedoch erhöhen sich deutlich die Temperaturschwankungen. Das Gebäude, das Heizsystem und die Wärmeverteilung muss auf diese Schwankungen reagieren können.

Treibhausgasemissionen im Gebäude:



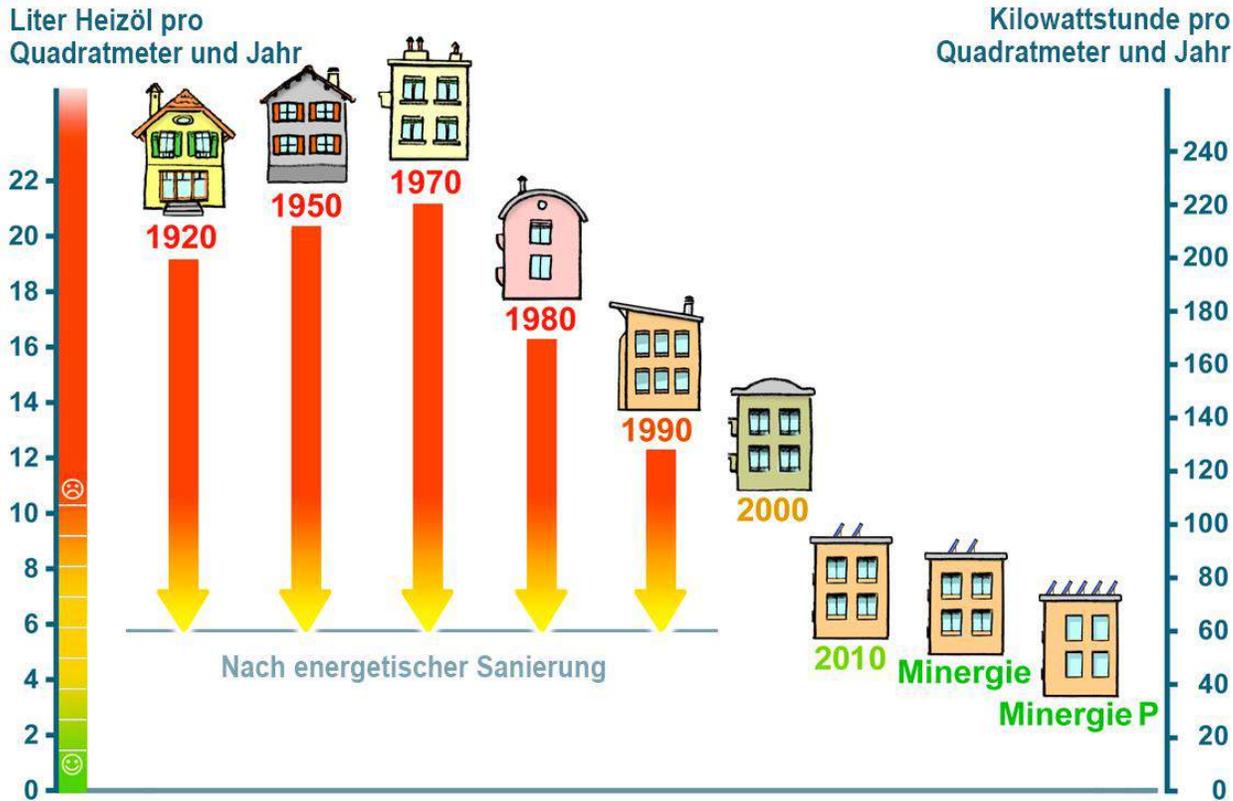
Quelle: befu.admin.ch

Baujahr Wohngebäude in der Schweiz



Rund ¼ der Treibhausgasemissionen werden in der Schweiz durch das beheizen von Gebäuden verursacht. 75% des Gebäudebestandes wurde vor 1990 erbaut und überwiegend mit Öl- und Gasheizungen geheizt.

Energetische Sanierung = Isolation und Wärmepumpe?



Quelle: energie-umwelt.ch



Jeder denkt bei energetischer Sanierung automatisch an die Isolation der Gebäudehülle und das Heizen mit erneuerbaren Energien, bzw. Wärmepumpen. Niemand denkt an die Wärmeverteilung!

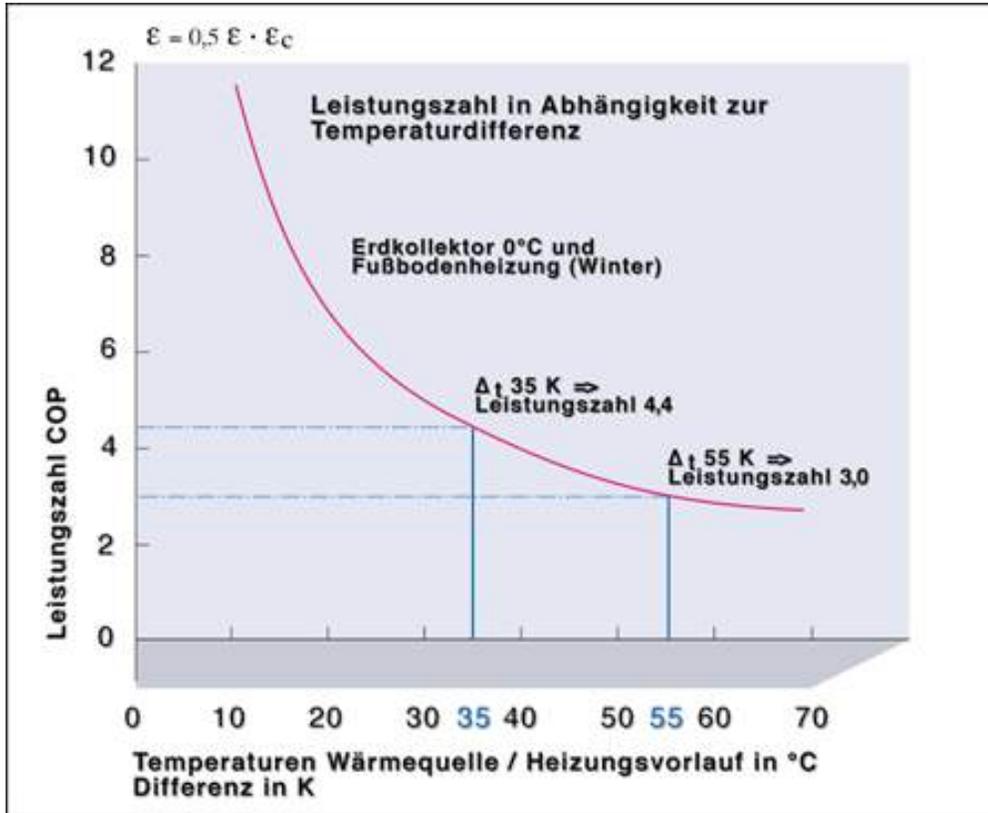
Klassische energetische Sanierung von Gebäuden:

Art der Dämmung	Kosten pro m2	Amortisation	Optik
Kern / Einblasdämmung	relativ gering	7-12 Jahre	Optik der Fassade bleibt erhalten
Wärmedämm- Verbundsystem	mittel	34-40 Jahre	Zumeist Putz
Hinterlüftete Vorhangfassade	sehr teuer	60-75 Jahre	Beliebig



Die Gebäudedämmung wird in der Schweiz sehr gefördert, bleibt jedoch je nach Art der Dämmung relativ teuer und in der Innenstadt nur schwierig umsetzbar (Kern / Einblasdämmung oder Innendämmung).

Wirkungsgrad / Effizienz von Wärmepumpen:



Runter mit den Vorlauftemperaturen, mit allen vertretbaren Mitteln!

Quelle: klima-innovativ.de

Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle (oder dem Verdampfer) und der Vorlauftemperatur des Heizwassers (Verflüssiger), auf deren Niveau die Wärmepumpe die Temperatur anheben muss. Je größer die Temperaturdifferenz, desto schlechter der Wirkungsgrad.

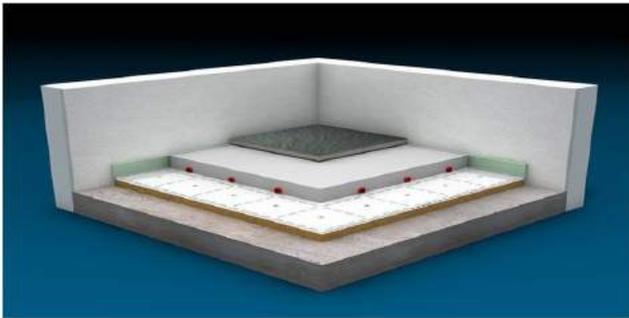
Vergleich des Wärmetransfers

Neben der Qualität der Aussenhülle hat auch die Art der Wärmeverteilung einen grossen Einfluss auf den Komfort, die Energieeffizienz und die Gesundheit im Innenraum.



Radiatoren (= Konvektoren):

- Art des Wärmetransfers: Konvektion
- Niedrige Vorlauftemperaturen nur bei gut isolierten Gebäuden möglich.
- Kühlung nicht möglich.
- Reaktivität: mittel



Fussbodenheizung:

- Art des Wärmetransfers: überwiegend Konvektion
- Niedrige Vorlauftemperaturen möglich, bis auf nicht isolierte Gebäude.
- Kühlung nur bedingt möglich (kalte Füsse = unkomfortable).
- Reaktivität: schwach

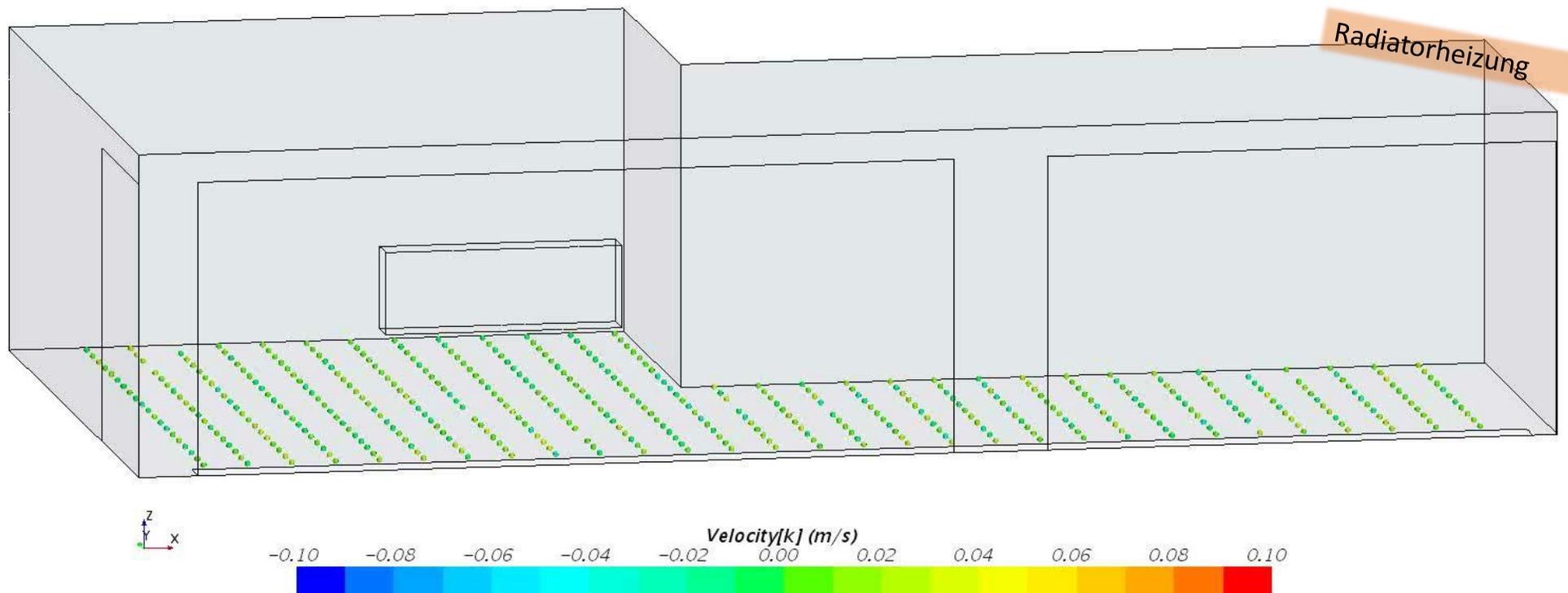


Kühl- und Heizdecke:

- Art des Wärmetransfers: Überwiegend Strahlung
- Niedrige Vorlauftemperaturen sehr gut möglich auch bei schlecht isolierten Gebäuden.
- 100% reversible für Heizen und Kühlung.
- Reaktivität: hoch

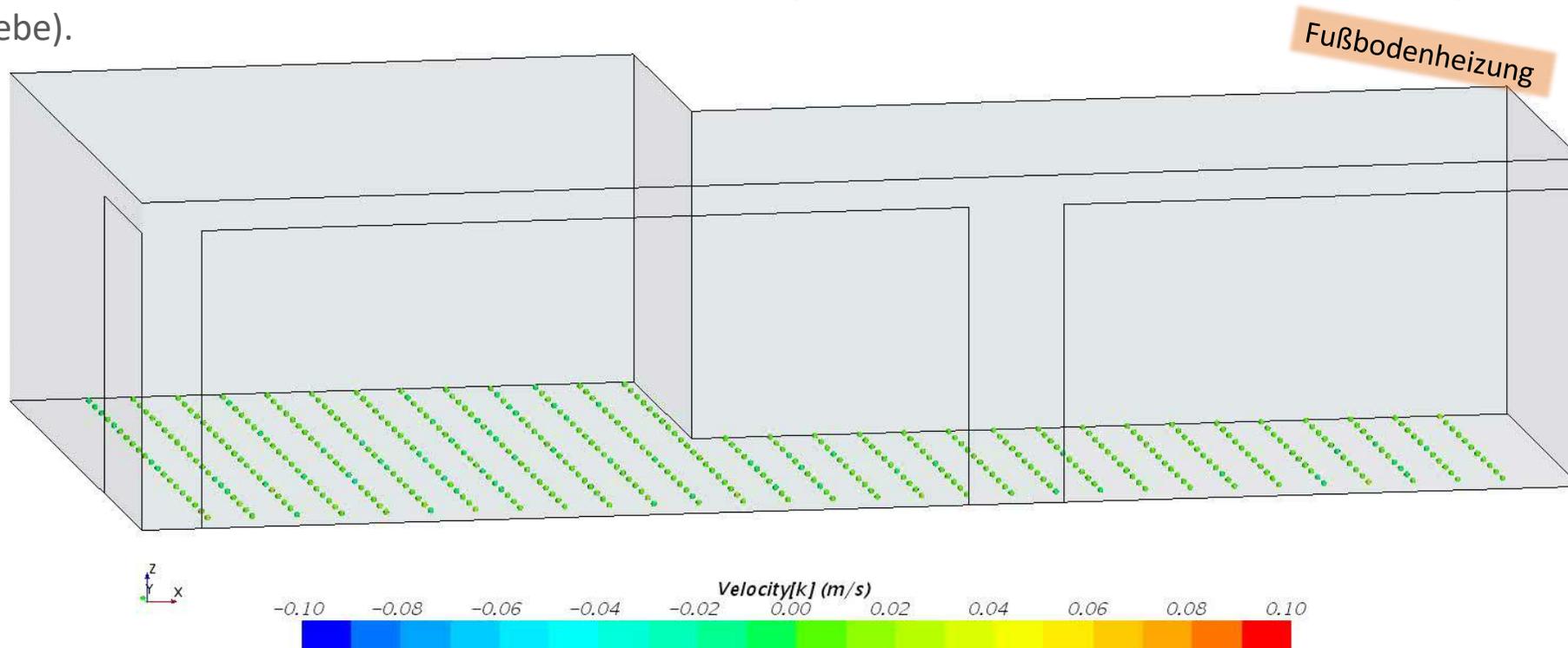
Vergleich des Wärmetransfers: Radiatoren

- Lokale Kaminwirkung, mit Luftgeschwindigkeiten über **0,1 m/s** gegen die Decke.
- Im Gegenzug entsteht natürlich eine Sogwirkung an der Bodenoberfläche.
- An den Fensterflächen fällt die abgekühlte Luft mit hoher Geschwindigkeit (über **0,1 m/s**) zu Boden.
- Folgen: Erhöhtes Schimmelrisiko um die kalten Fenster, ein unbehagliches Raumklima durch ungleichmäßige Wärmeverteilung, lokale Zugluft und Staubverwirbelungen.



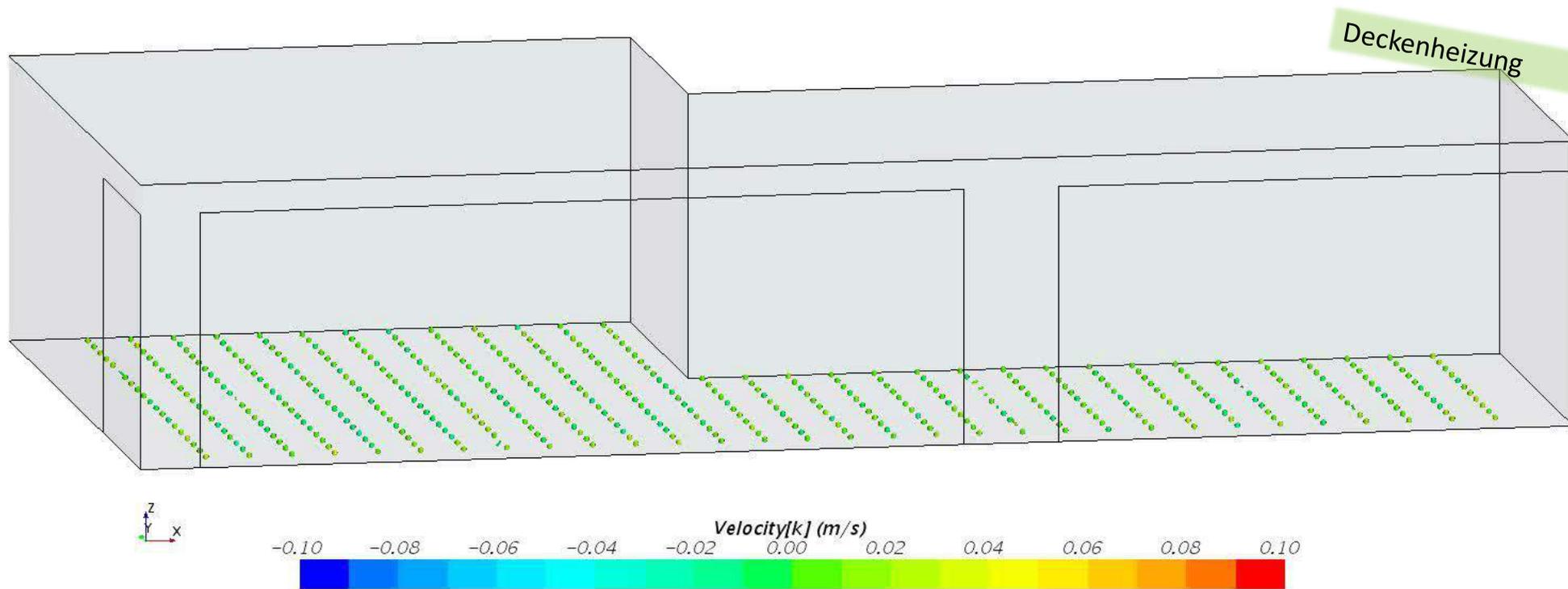
Vergleich des Wärmetransfers: Fussbodenheizung

- Flächige Energieverteilung im Raum durch Warmluft.
- Abfall von Kaltluft an den Fensterfronten (**0,1 m/s**) und dadurch Aufsteigen von warmer Luft an den Innenwänden zur Decke (**0,1 m/s**).
- Insgesamt stärker ausgeprägte Luftverwirbelung mit sehr hohen Luftgeschwindigkeiten über die gesamte Heizperiode zu erkennen.
- Folgen: Erhöhtes Schimmelrisiko um die kalten Fenster, ein Zugluftrisiko und extreme Staubverwirbelungen (Feinstaub bleibt in der Schwebe).



Vergleich des Wärmetransfers: Heizdecken (Strahlungsheizung)

- Nur im Moment der Aufheizphase entsteht eine langsame Luftbewegung mit ca. 0,04 m/s (Gelb).
- Bereits nach 10 Minuten, wenn die Raumbooberflächen gleichmäßig erwärmt sind, ist kaum noch eine Luftbewegung (0,0 m/s) festzustellen.
- Kein Kaltluftabfalls an Glasfronten, da diese auch durch Infrarotstrahlung erwärmt werden.
- Folgen: Staub und Schadstoffe bleiben am Boden liegen. Die Strahlung erlaubt eine gleichmäßige Raumbeheizung ohne große horizontale und vertikale Temperaturunterschiede.



Was beeinflusst den thermischen Komfort?



Auswirkungen des Wärmetransfers: Energieeffizienz

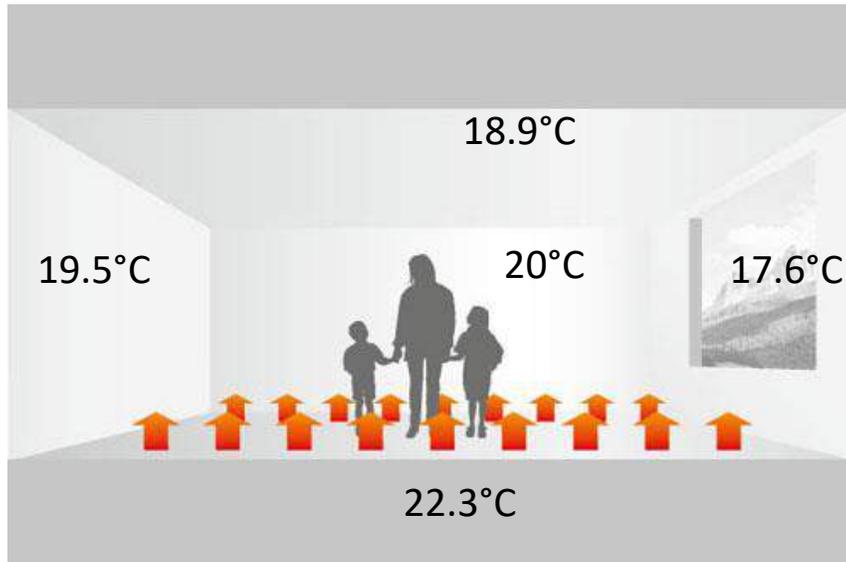
T (Wasser mittel)= 30°C (z.B. 32°C – 28°C)

T (Boden) = 22.2 – 22.4°C (=7.6°C)

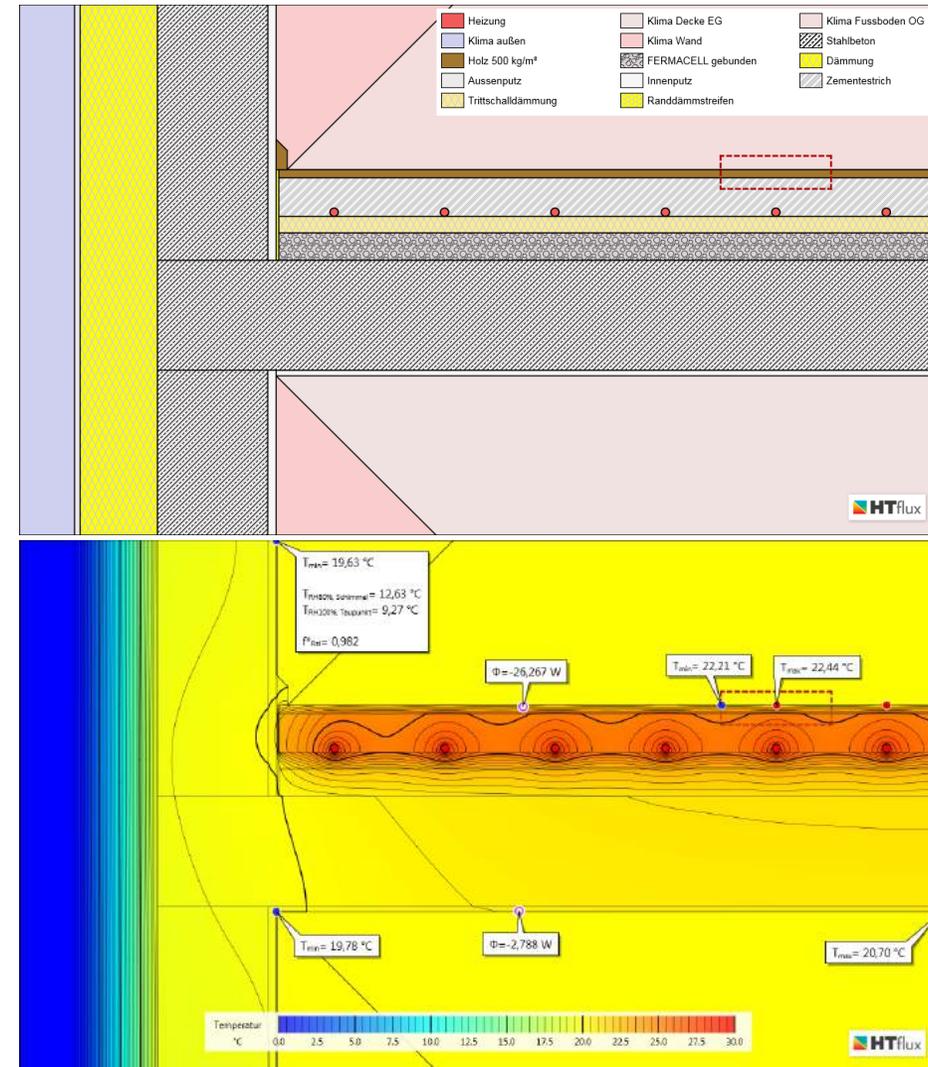
T (Luft) = 20°C

T (Aussen) = 0°C

T (Wand)= 17.6 – 19.6°C



Gefühlte Temperatur = 19.9 °C



Auswirkungen des Wärmetransfers: Energieeffizienz

T (Wasser mittel) = 30°C (z.B. 32°C – 28°C)

T (Decke): 28 °C

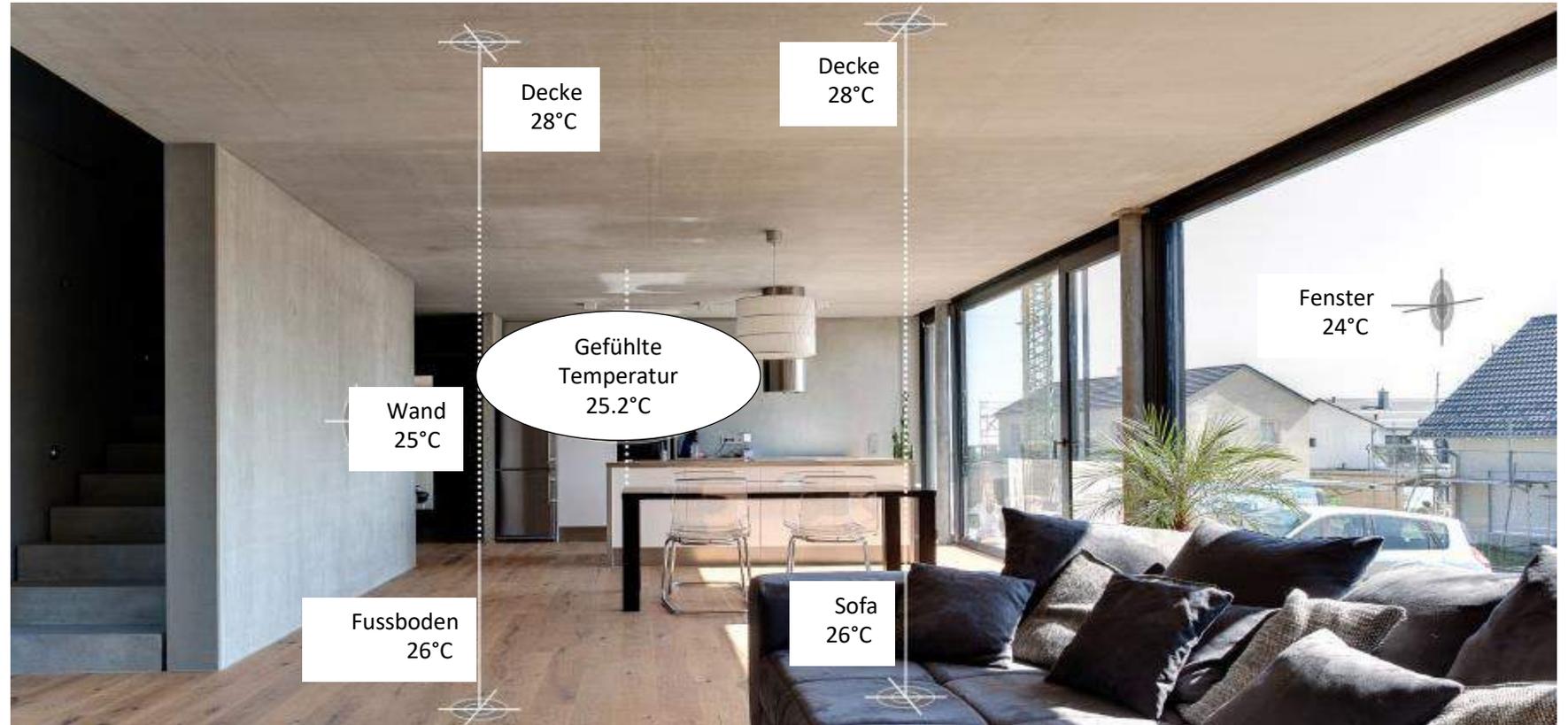
T (Boden) = 26°C

T (Luft) = 23.5°C

T (Aussen) = 0°C

T (Wand) = 25°C

T (Fenster) = 24°C



Gefühlte Temperatur = 25.2 °C

Auswirkungen des Wärmetransfers: Energieeffizienz

Die Vorlauftemperatur bei Deckenstrahlheizungen kann um 5°C gegenüber der Fussbodenheizung reduziert werden.

T (Wasser mittel)= 25°C (z.B. 27°C – 23°C)

T (Aussen) = 0°C

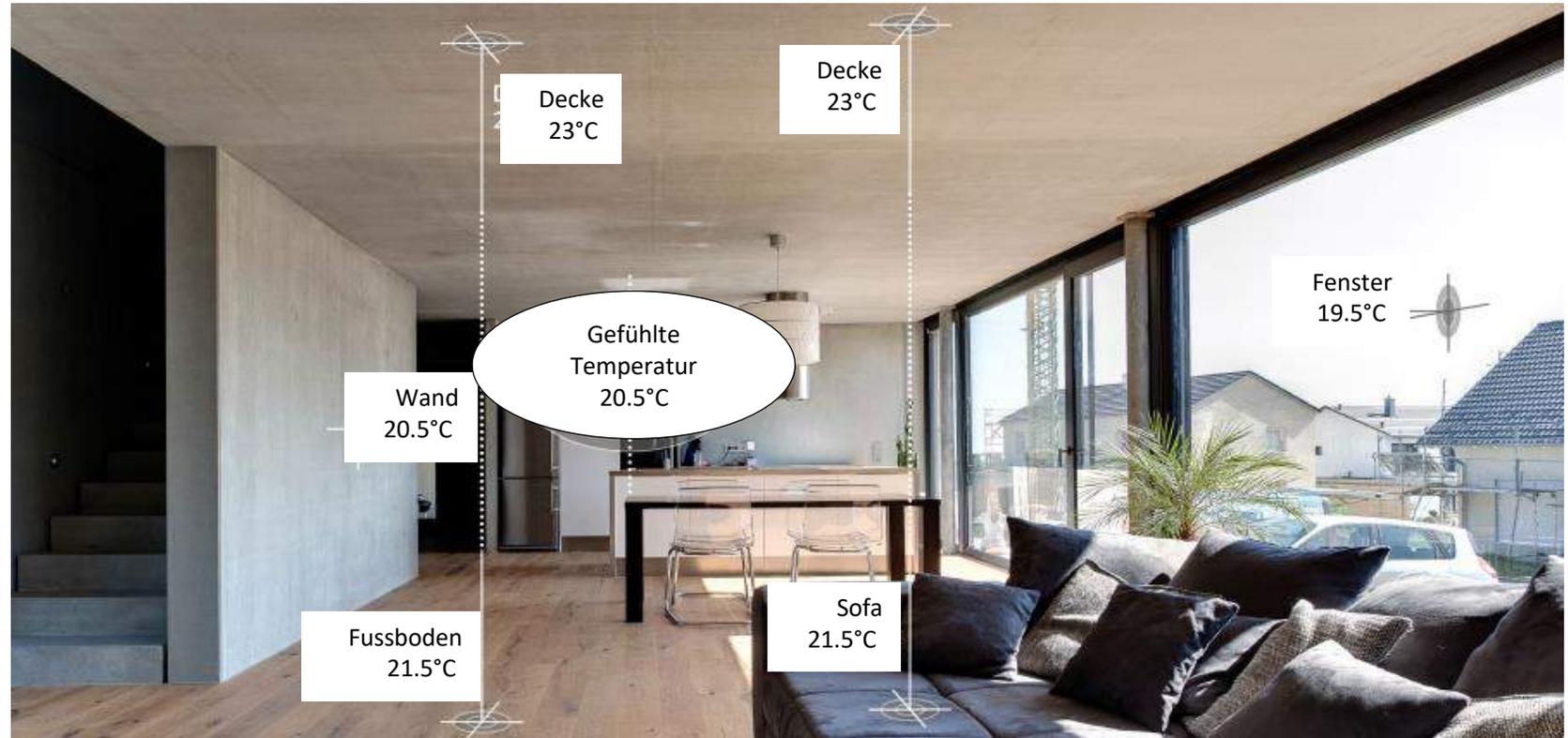
T (Decke): 23°C

T (Boden) = 21.5°C

T (Luft) = 18.5°C

T (Wand)= 20.5°C

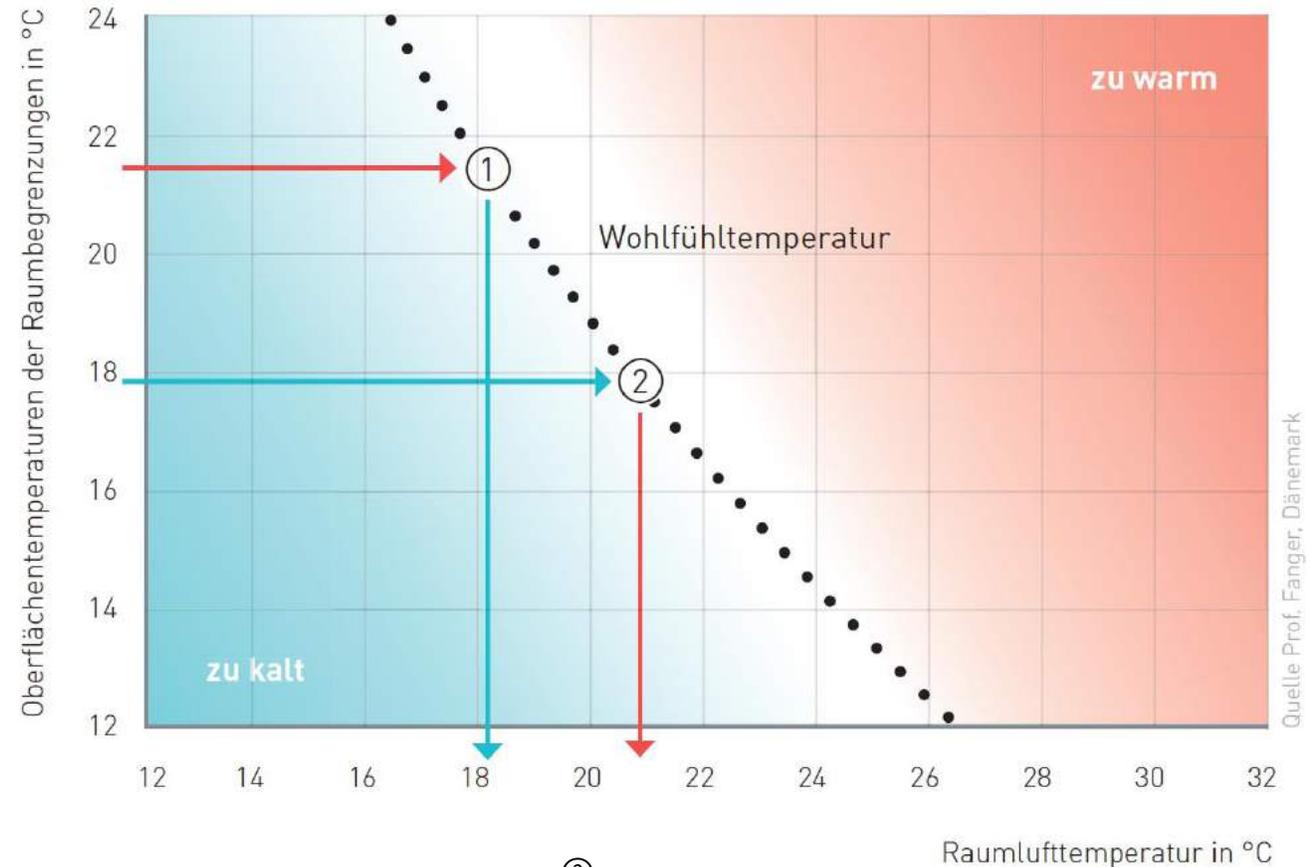
T (Fenster) = 19.5°C



Gefühlte Temperatur = 20.5 °C

Energieeinsparung gegenüber Fussbodenheizung: min. 28%

Auswirkungen des Wärmetransfers: Energieeffizienz

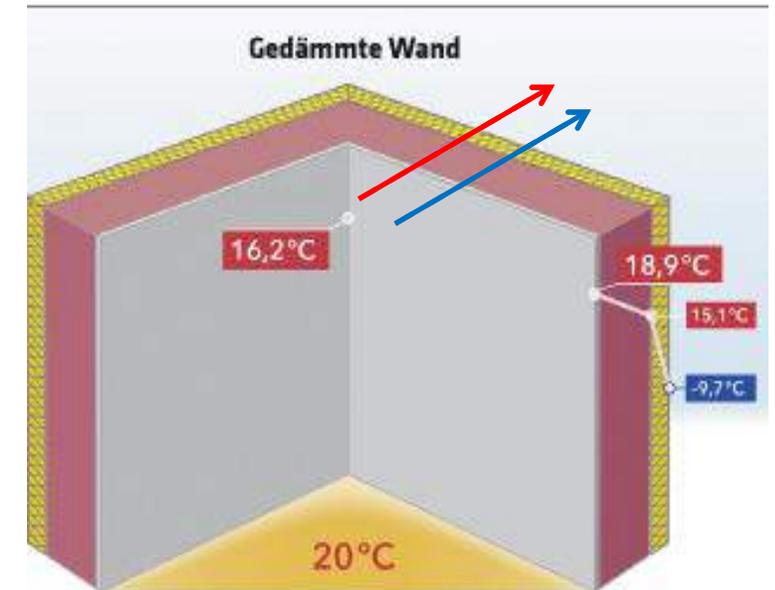
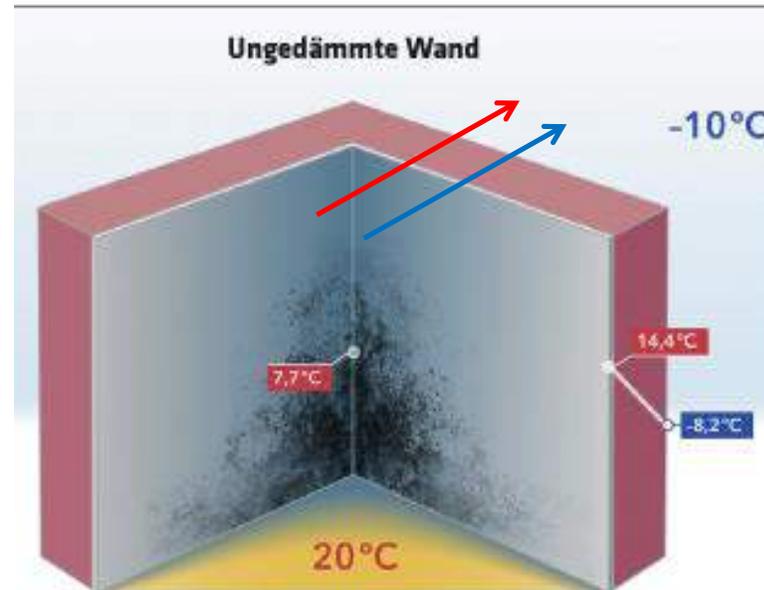


① Bei Hüllflächen-Temperaturen von rund 22 °C erzielt man das ideale Raumklima bereits mit einer Lufttemperatur von knapp 18 °C.

② Bei Hüllflächen-Temperaturen von 18 °C benötigt man für die gleiche thermische Behaglichkeit eine Lufttemperatur von ca. 21 °C.

Auswirkungen des Wärmetransfers: Energieeffizienz

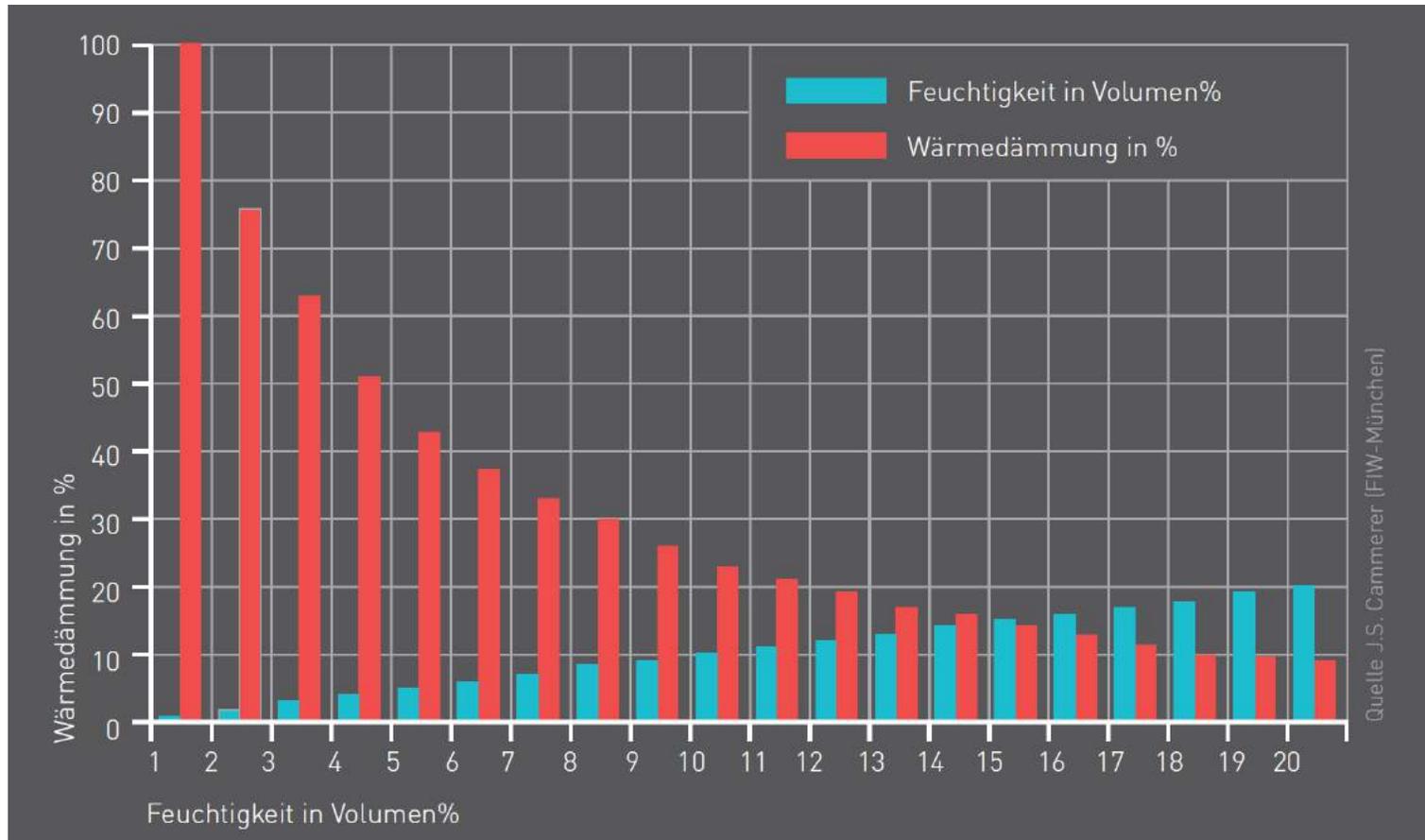
Feuchtigkeit und Wärmedämmung bei Konvektionsheizungen



- Der Feuchtetransport findet immer in die gleiche Richtung wie der Wärmefluss statt, wobei die Feuchtigkeit immer an der kältesten Stellen (Aussenwände) kondensiert (Wärmebrücken, Fenster etc.).
- Dies ist auch bei isolierten Wänden der Fall, aber in einem geringeren Masse.
- Da die Oberflächentemperatur der Aussemmauer bei Konvektionsheizungen geringer als die Lufttemperatur ist, wird Feuchtigkeit im Mauerwerk eingelagert.
- Um so länger eine Heizperiode dauert, desto mehr Feuchte wird in ein Bauteil gedrückt. Dies hat zur Folge dass die relative Feuchtigkeit zunimmt und sich die Dämmeigenschaft des Baukörpers verschlechtert.

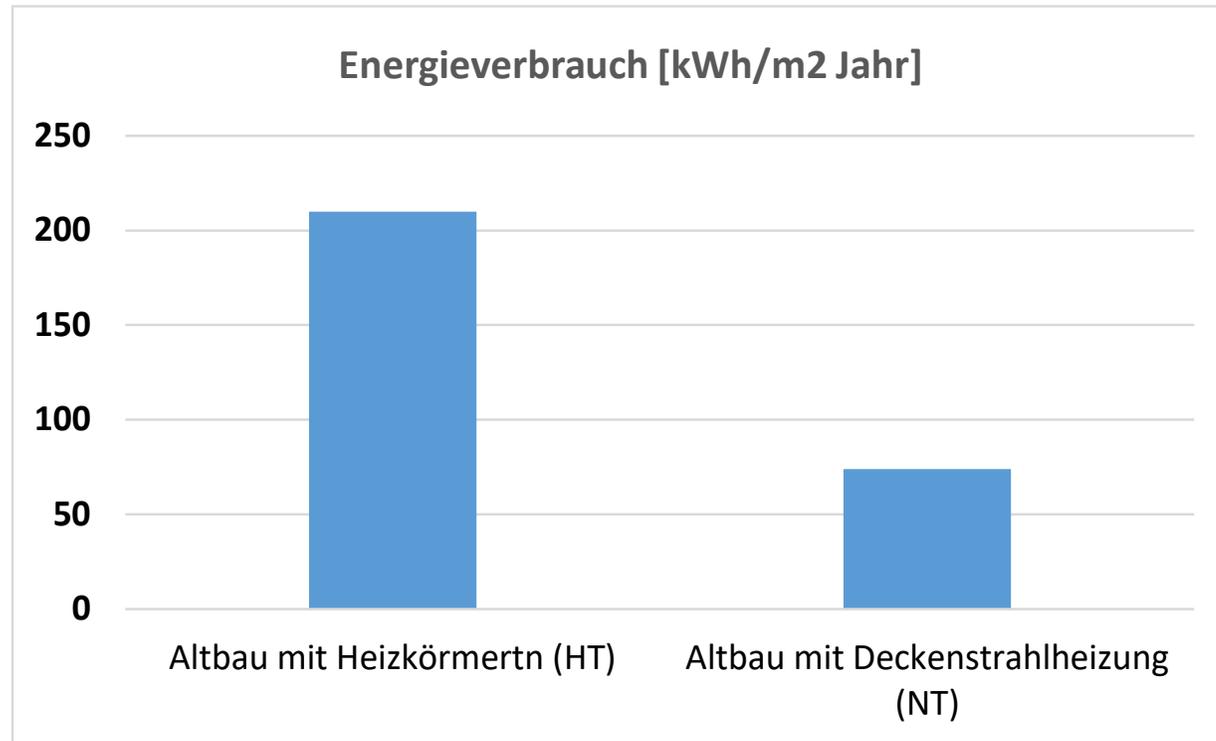
Auswirkungen des Wärmetransfers: Energieeffizienz

Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen in Abhängigkeit von ihrer Feuchte



Bereits 4 Vol.% Feuchtigkeit in einem Baustoff reduziert dessen Dämmwirkung um 50%!

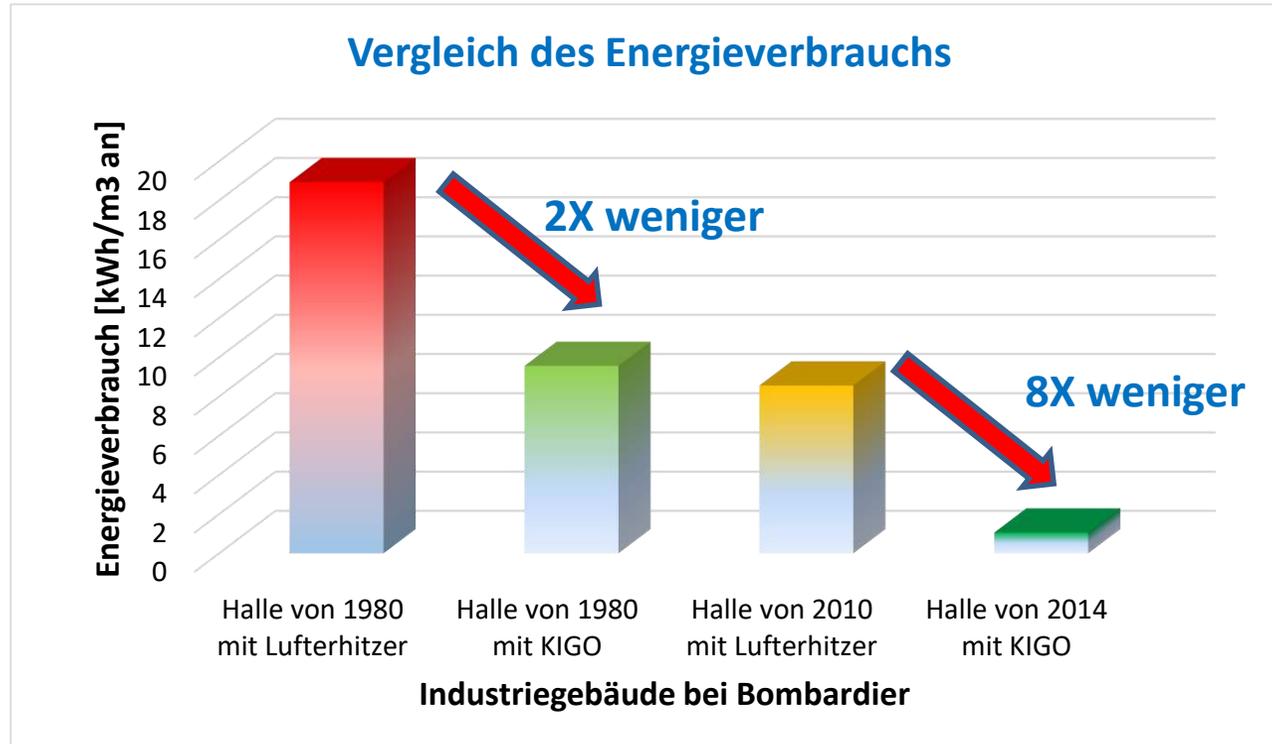
Auswirkungen des Wärmetransfers: Beispiel Wasserturm Konstanz



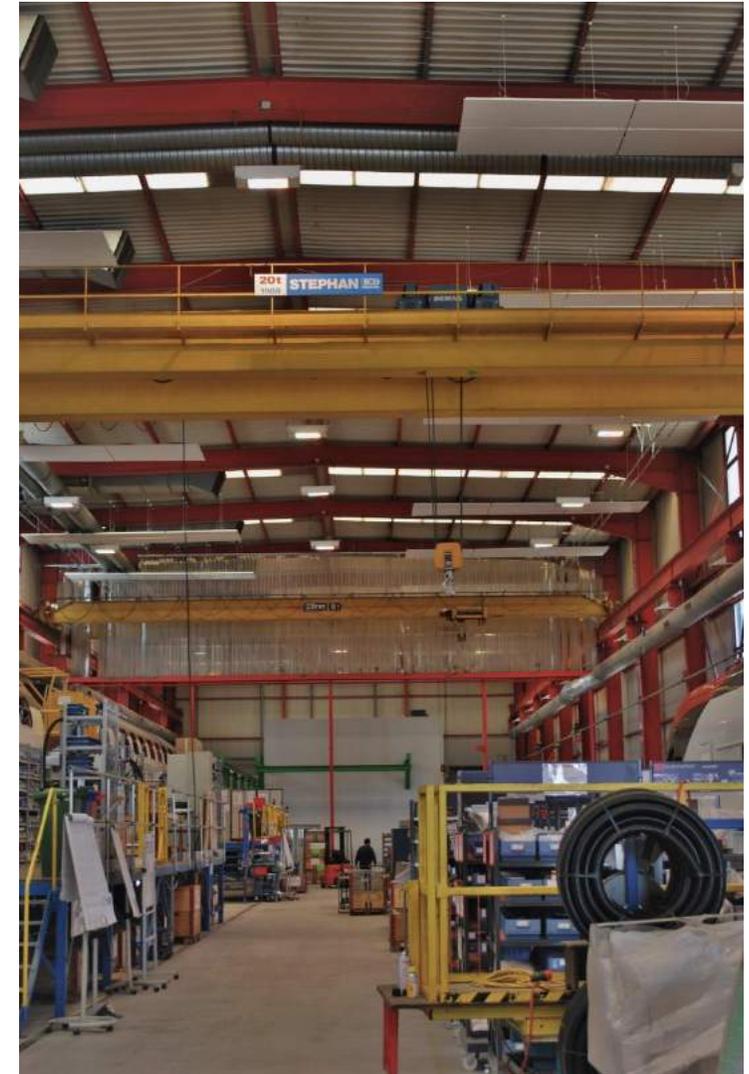
Der Wasserturm aus dem Jahre 1910 verbraucht mit seiner Niedertemperatur Deckenstrahlheizung 2.5x weniger Energie als mit den Hochtemperatur Heizkörpern vor der Sanierung der Wärmeverteilung. Die Aussenwände waren bei den Heizkörpern 5°C kälter als die RT, bei der Deckenstrahlheizung 2°C wärmer als die RT.



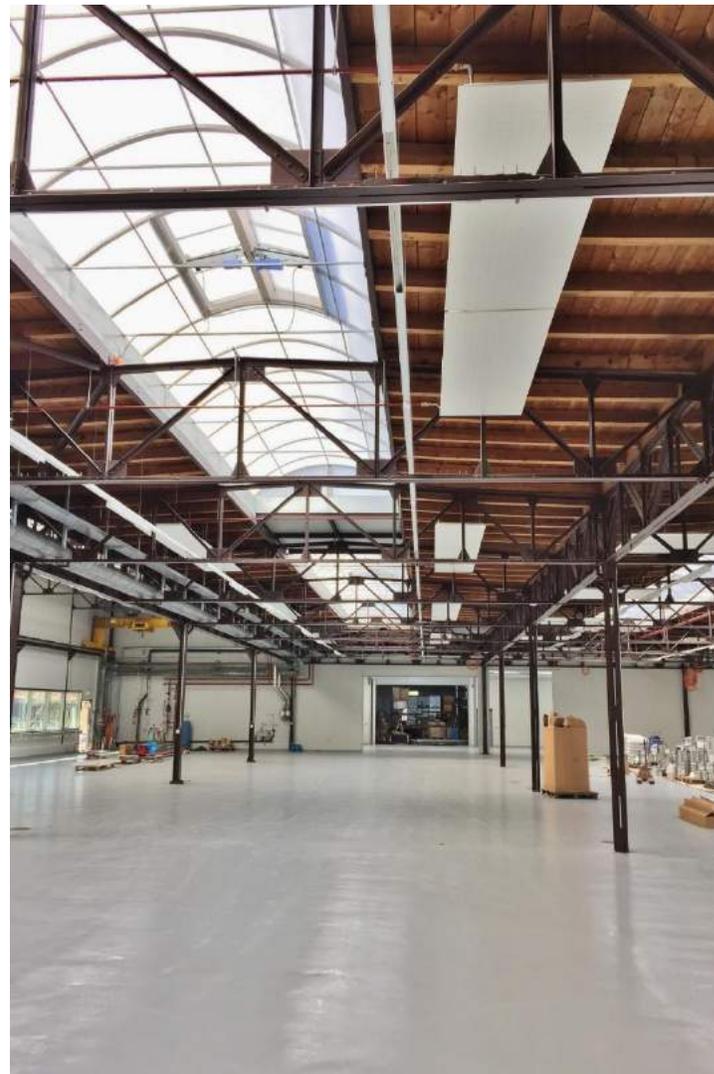
Auswirkungen des Wärmetransfers: Beispiel Bombardier



Die Halle Agites aus den 80' Jahren verbraucht jetzt (9.56 kWh/m³ Jahr) mit den Niedertemperatur KIGO Platten (Vorlauf 37-45°C) 2X weniger Energie als vor dem Austausch der Luftheizgeräte (18.93 kWh/m³ Jahr) und ist jetzt vergleichbar mit einer Halle aus 2010 mit einer entsprechenden Isolierung. Eine Neue Halle aus 2014 verbraucht mit KIGO nur noch 1.06 kWh/m³ Jahr!

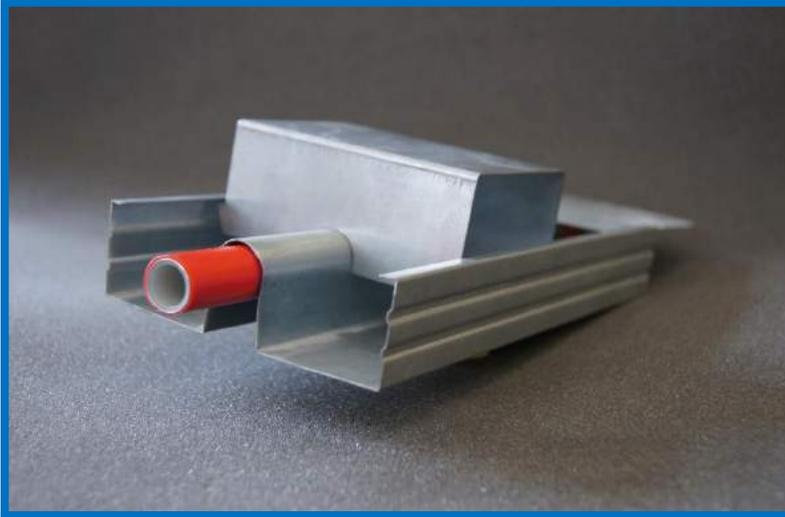


Auswirkungen des Wärmetransfers: Beispiel Nexans

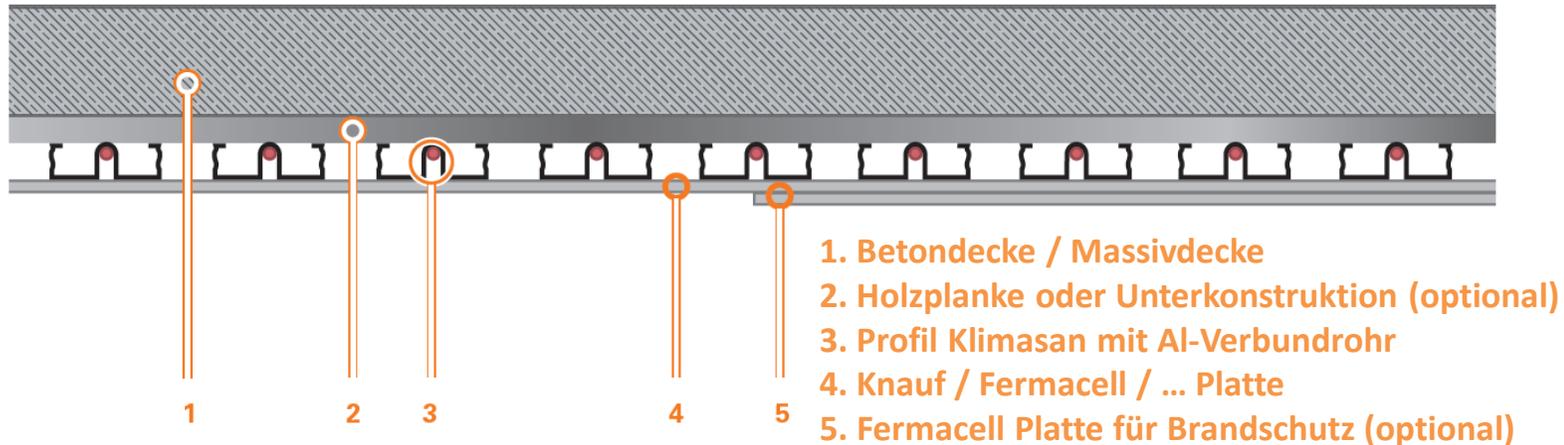


Der Kunde Nexans konnte Dank der Niedertemperatur KIGO Platten von einer Hochtemperatur Wärmeverteilung mit überhitzten Wasser (Gaskessel) auf eine CO₂-freie Niedertemperatur Wärmeverteilung (<40°C) mit Wärmepumpen wechseln. Realisierungen dieser Art werden vom BFE gefördert.

Sanierungsmöglichkeiten im Wohnungsbau



Sanierungsmöglichkeiten im Wohnungsbau



KIGO ZEN Klimatop System:

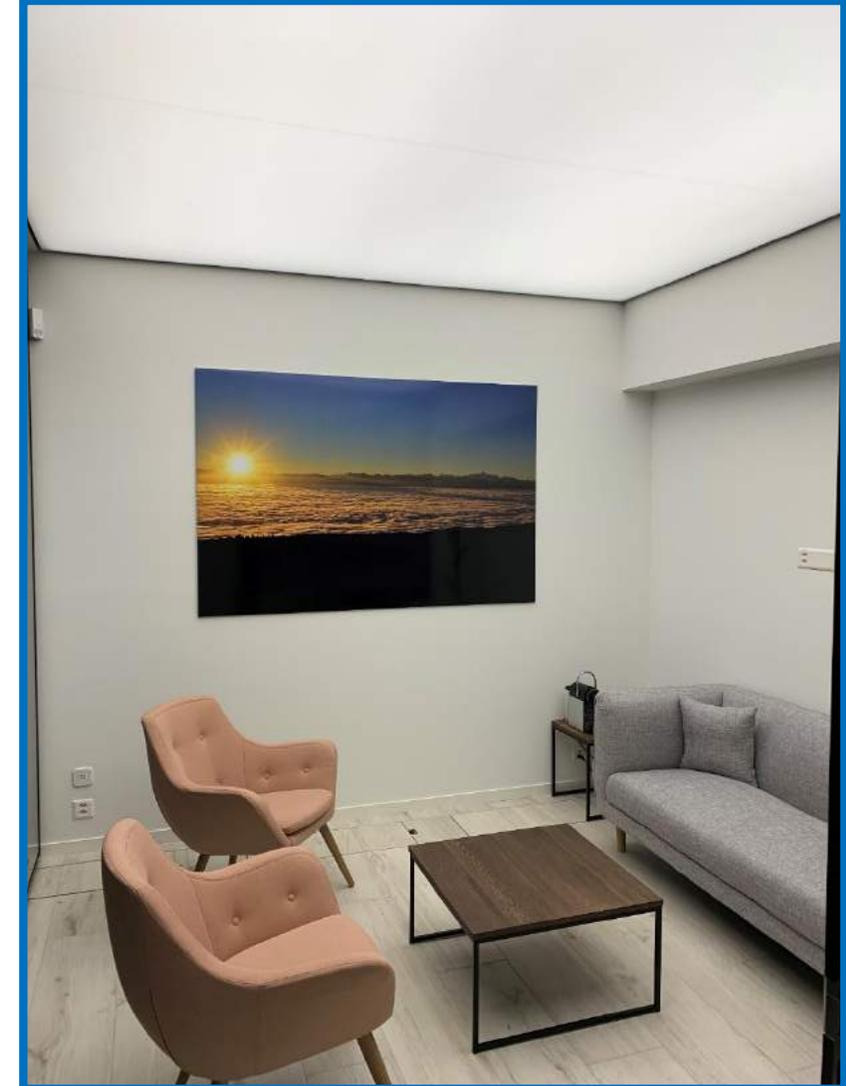
- Min. Aufbauhöhe = 3 cm (Montage direkt an die Betondecke)
- Wärme- und Kälteausaustausch über Leitblechprofil aus AL oder FE, in der ein AL-Verbundrohr eingebettet ist.
- Herkömmliche Trockenbaudecke, wobei die Platten direkt in das Wärmeleitprofil geschraubt werden.
- Heizungskollektor, wie bei der Fussbodenheizung.
- Integration von Leuchtelementen problemlos möglich.
- Ziel ist es grosse Heizflächen (bzw. Kühlflächen) mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen zu schaffen.



Beispiele von aktivierten Gipsdecken:



Sanierungsmöglichkeiten in Industriehallen und sonstigen Gebäuden:



Auswirkungen des Wärmetransfers: Gesundheit

Luft - Unser wichtigstes Lebensmittel!

Die tägliche Aufnahme an fester Nahrung beträgt ca. 1 kg

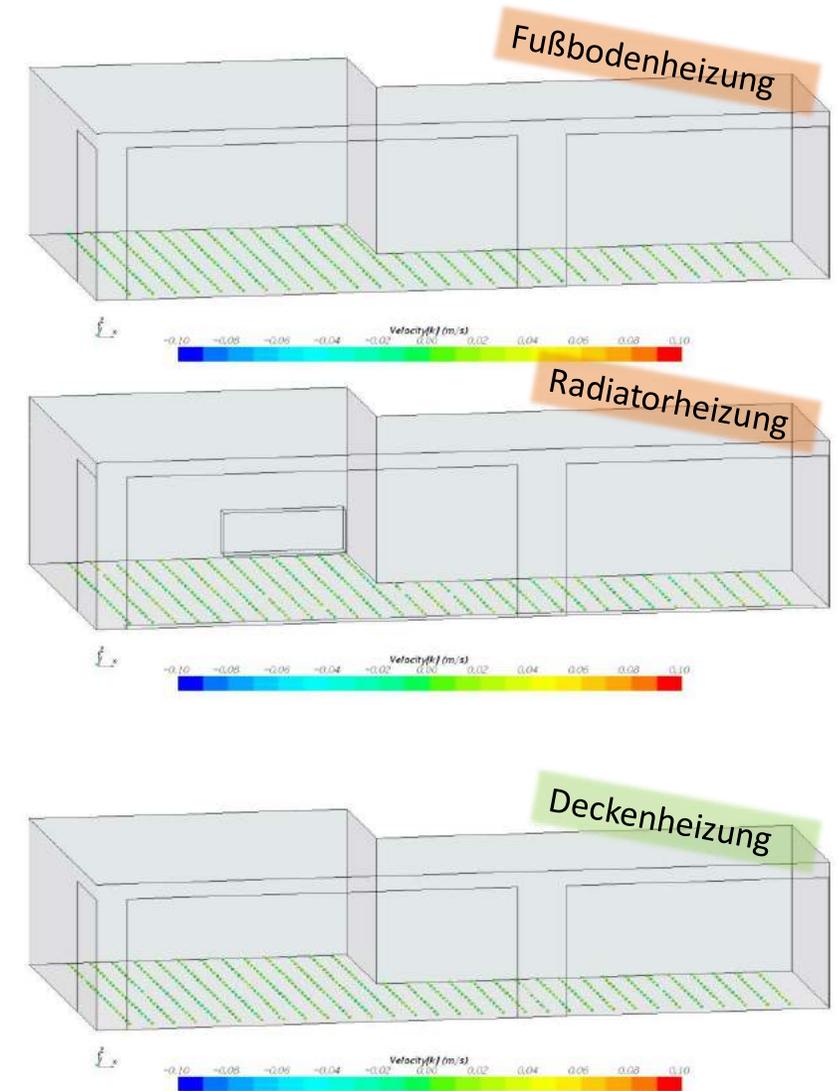
Die tägliche Aufnahme an flüssiger Nahrung ca. 3l.

Bei der Atmung werden pro Atemzug ca. 500 ml Luft aufgenommen, das sind bei ca. 16 Atmungen pro Minute täglich 10.000 –15.000 Liter Luft.

Luft ist ein elementares Lebensmittel.

Circa 90% unserer Zeit verbringen wir in Innenräumen.

Üblicherweise sind diese Lebensräume mit erwärmter und zirkulierender Luft beheizt und immer häufiger –besonders die Arbeitsräume –mit kalter Luft klimatisiert.



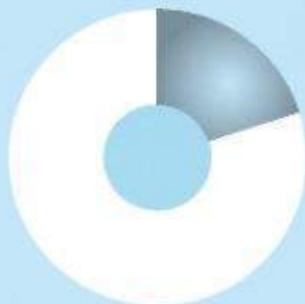
Auswirkungen des Wärmetransfers: Gesundheit

Hausstaub –
diese unappetitliche
Mischung aus:



WAS BEFINDET SICH IM HAUSSTAUB?

In 1 m³ Raum-
luft sind 100
Mio. Staub-
partikel



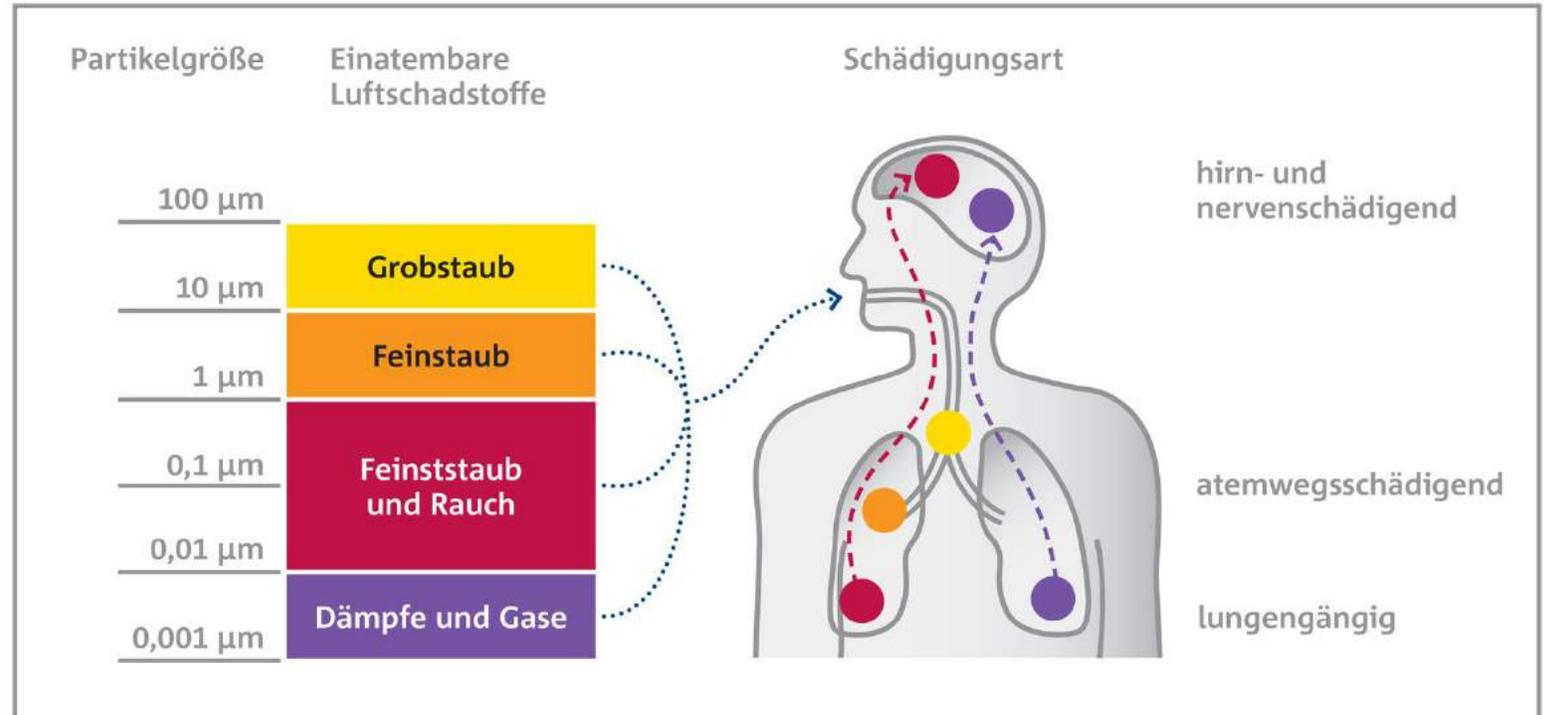
20% *Grobstaubpartikel wie z.B. Fasern,
Haare, Hautschuppen, Sand, ...*

80% *Allergener Feinstaub wie z.B. Milbenkot,
Bakterien, Schimmelpilzsporen, Pollen,
Rauch, Allergene vom Haustier, ...*

Ca. 80% der Partikel im Hausstaub machen nur 20% des Gewichts aus. Das Problematische am Hausstaub sind die Feinstaubpartikel, da diese schlimmstenfalls Allergien und chronische Atemwegserkrankungen verursachen können.

Auswirkungen des Wärmetransfers: Gesundheit

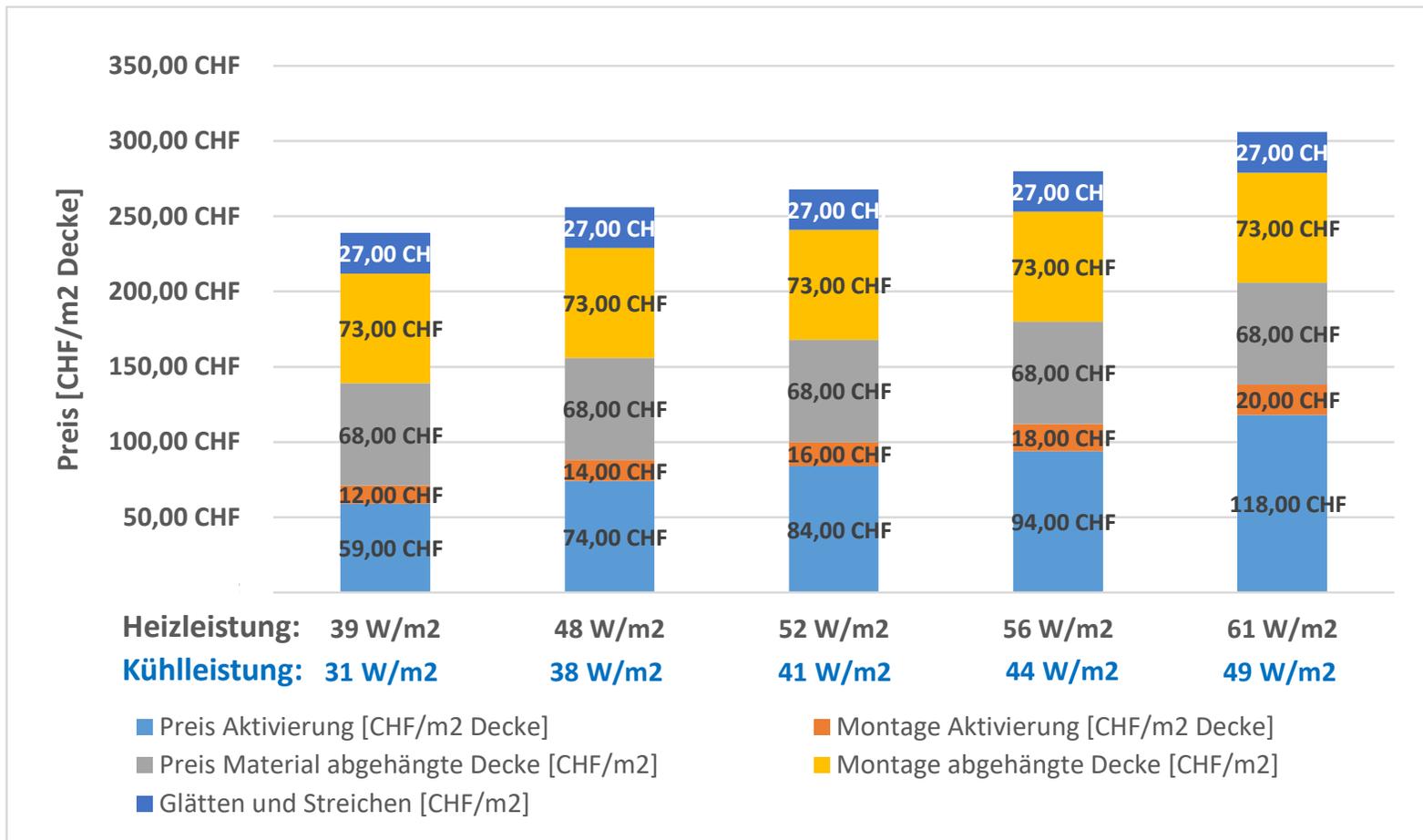
Krebs durch Hausstaub?



Im Hausstaub sind gesundheitsschädliche Chemikalien. Mit Abstand am häufigsten **Phthalate** (Weichmacher), die in Kunststoffen enthalten sind. Viele von ihnen stehen im Verdacht, krebserregend zu sein und bei Kindern das Asthmarisiko zu erhöhen. Ausserdem sind **Phenole** (Herstellung von Kunst- und Farbstoffen), **Flammschutzmittel** und **perfluorierte Kohlenwasserstoffe** (PFOA). Sie gilt als besonders gesundheitsschädlich, soll krebserregend sein, Hormonhaushalt und Immunsystem beeinträchtigen.

Forschungsarbeit der George Washington University, September 2016

Richtpreise für aktivierte KIGO ZEN Trockendecken:



Ausgangsbasis:

Bauvorhaben mit 1'500 m² EBF

Heizmodus: 35°C/32°C für 20°C

Kühlmodus: 15°C/18°C für 26°C

Geschlossen Decke

Montage mit Holz Lattung an der Decke

Die benötigte Heizleistung bei Deckenheizungen ist bedeutend geringer als bei anderen Heizsystemen, da diese bei der Wärmeübertragung effizienter sind.

Der Markt für Trockenbau in der Schweiz ist im Vergleich zu Frankreich und Deutschland nur sehr klein und die Preise für Gipsdecken relativ hoch (ca. 168 CHF/m²). Im Vergleich werden die Gipsdecken in Frankreich zu ca. 65 €/m² montiert.

Zusammenfassung:

- Der Kühlbedarf und die Temperaturschwankungen steigen infolge des Klimawandels. Das Gebäude, das Heizsystem und die Wärmeverteilung muss sich diesen neuen Bedingungen anpassen.
- Die Sanierung des Gebäudebestandes und das CO₂-freie Heizen ist für das Erreichen der Klimaziele 2050 unumgänglich.
- Auch ohne aufwändige Isolierung der Gebäudehülle kann der Energieverbrauch und CO₂ Ausstoss bereits mit Deckenheizungen massiv reduziert werden.
- Der Einfluss der Wärmeverteilung auf den Komfort, die notwendige Heizleistung und den Energieverbrauch wird heute noch unterschätzt.
- Deckenheizungen sind nicht nur die energetisch effizienteste Weise Wärme zu übertragen, sondern kreieren auch ein gesünderes und komfortableres Klima in den Gebäuden.



Danke für Ihre
Aufmerksamkeit.

