

**Kühlung und Lüftung in Zeiten des Klimawandels  
15. Innenraumtag des Arbeitskreises Innenraumluft, 28.11.24**

**Präventionsmaßnahmen für den sommerlichen  
Wärmeschutz in Zeiten des Klimawandels.  
Wie planen und betreiben wir künftig unsere Gebäude?**

Assoz. Prof. Dr.-Ing. Rainer Pfluger  
Universität Innsbruck  
AB-Energieeffizientes Bauen

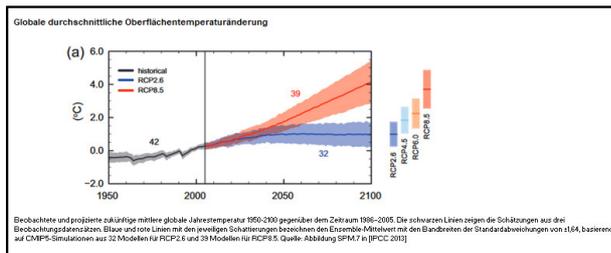


This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 957175. The presented contents are the author's sole responsibility and do not necessarily reflect the views of the European Union. Neither the EASME nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

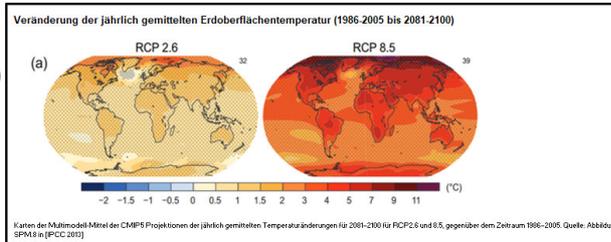
**Temperaturanstieg durch Klimawandel**

(Projektion IPCC 2013)

- a) RCP 2.6 Drastischer CO2-Rückgang
- b) RCP 8.5 „business as usual“



Sixth Assessment Report (AR6) (2022)  
Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)



**Zusammenfassung**  
[IPCC 2013] **Summary for Policymakers.** In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.  
[http://www.climatechange2013.org/ftp/report\\_formats/IPCC\\_AR5\\_SPM.pdf](http://www.climatechange2013.org/ftp/report_formats/IPCC_AR5_SPM.pdf)



### Temperaturanhebung der Sommertemperaturen im Klimadatensatz

- Temperaturanstieg durch Klimawandel (1-1,5 °C)
- Städtischer Heat Island – Effekt (ca. 1 bis 2 °C)
- Extrem heiße Sommer

Zusatztool zum freien Download  
**www.passivehouse.com**

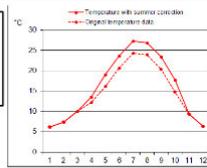
### Sommertemperaturanstieg

> Publikationen & Tools > Tools / Werkzeuge

#### Summer temperature modification of PHPP climate data

© Passive House Institute, September 2017

**Instructions**  
 The purpose of this tool is to modify existing PHPP climate data for higher temperatures during summer months. The modified temperature profile can be used to check buildings summer comfort under extreme summer conditions, future climate projections or for inner city planning (urban heat island).  
 ► Select a climate file as the 8 climate zones or any other climate data file (please refer to the data).  
 ► Enter the temperature increase for summer months (1.5 °C). Guidelines for suitable temperature ranges can be found in the additional worksheet "Urban Heat Island" and "Future Climate".  
 ► Copy the generated data from the worksheet and paste it into the "Summer modification" of your PHPP.



Selection of climate data  
 Country:   
 Region:   
 Climate data set:

Summer temperature increase:  °C

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Heating load	Cooling load	PDR			
Days	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	Winter 1	Summer 1	Winter 2	Summer 2	Winter 3	
ISO 15927-4:2018, table 3.1 reference climate	Latitude [°]	48.4	Longitude [°]	15.1	Altitude [m]	602	Location	SOBOL/Heidelberg	11.7	Orientation	South	Climate	Winter 1	Summer 1	Winter 2	Summer 2	Winter 3	Summer 3
Climate temperature	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PHPP climate	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PHPP climate	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
PHPP climate	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

# outPHit.eu

Lösungen für kostengünstige, schnelle  
 Sanierung mit zuverlässig hoher Qualität



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 957175. The presented contents are the author's sole responsibility and do not necessarily reflect the views of the European Union. Neither the EASME nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

## Wärmeschutz und Klimaresilienz



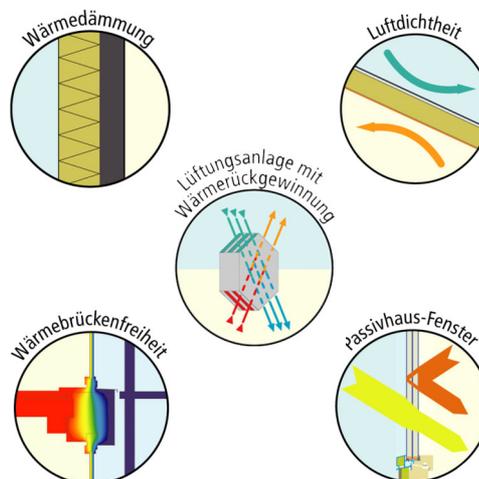
### Der EnerPHit-Standard

- Basierend auf den Passivhaus-Prinzipien
- Fokus liegt auf herausragender, energetischer Qualität, Wohnkomfort und Behaglichkeit – im **Winter UND Sommer**



**EnerPHit-Anforderungen**  
Passivhaus Komponenten und sehr niedriger Heizwärmebedarf\*

\*abhängig vom Klima; in Europa 15 - 30 kWh/m<sup>2</sup>a



Passivhaus-Prinzipien | © Passive House Institute

## Die Herausforderung



### Unser Gebäudebestand ist ineffizient

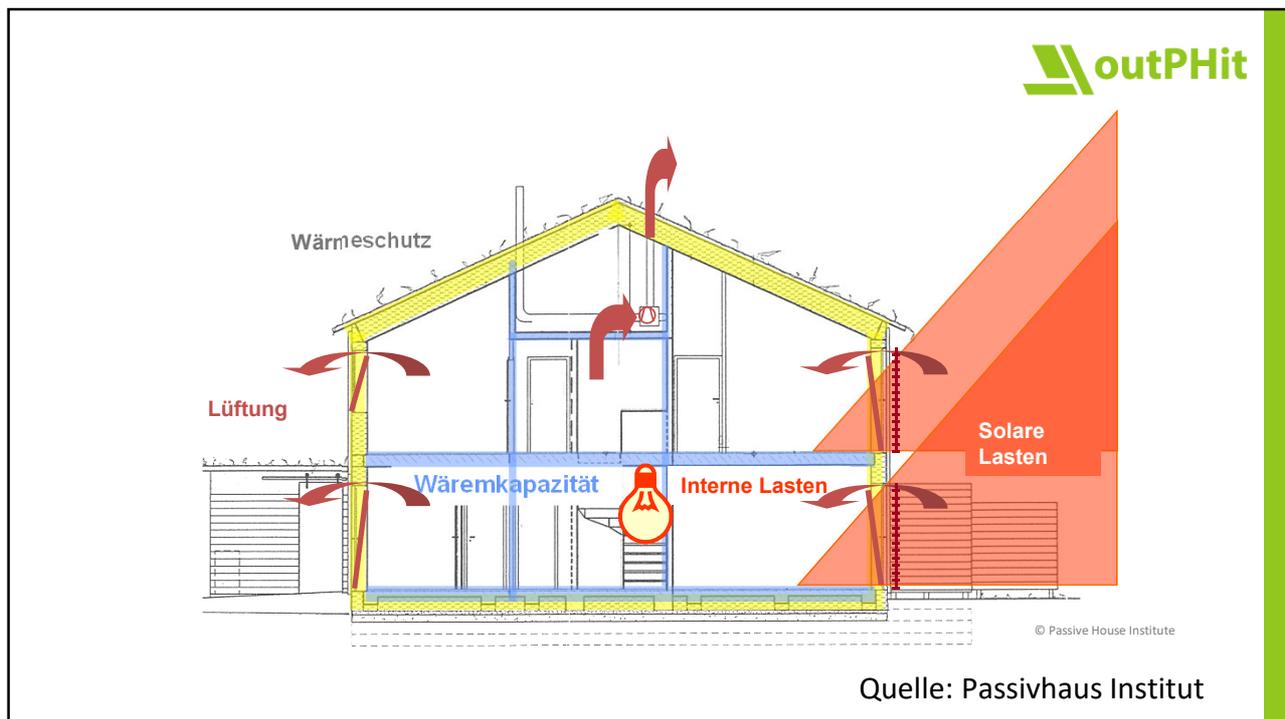
40 % der gesamten Treibhausgasemissionen entfallen auf Gebäude und beheizen den Klimawandel und Energiearmut

### Geringe thermische Behaglichkeit im Winter, Überhitzung im Sommer

Altbauten sind **häufig NICHT klimaresilient!**

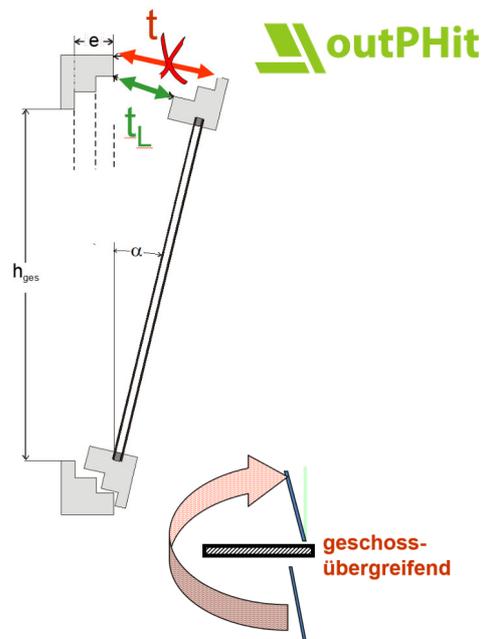


© Etienne Vekemans



## 1. Fensternachtlüftung

- **Große freie Querschnitte:** z.B. nach außen öffnbare Fenster
- **Durchzug:** Querlüftung oder noch besser über mehrere Stockwerke
- **Frühzeitig kühlen:** Nicht erst wenn das Gebäude schon überhitzt
- **Nachtlüftung:** Im Nichtwohngebäude funktioniert das nur automatisiert (Temp.-Diff. min. 4 K)
- **Interne Lasten minimieren:** Sparsame Geräte, Standby reduzieren, Steuerung



# Automatische Fensternachtlüftung

Universität Innsbruck, Fakultät für technische Wissenschaften



## Fensternachtlüftung bei einseitiger Lüftung und Querlüftung



### Abschätzung der Luftwechselrate im PHPP

Description	night
Reduction factor	50%
<b>Climate boundary conditions</b>	
Temperature diff interior - exterior	1
Wind velocity	0
<b>Window group 1</b>	
Quantity	1
Clear width	0,99
Clear height	2,12
Tilting window (check if appropriate)	x
Opening width (for tilting windows)	0,060
<b>Window group 2 (cross ventilation)</b>	
Quantity	4
Clear width	0,78
Clear height	2,12
Tilting window (check if appropriate)	x
Opening width (for tilting windows)	0,060
Difference in height to window 1	2,80

Night ventilation value **0,13** 1/h

Problem:  
Insekten, Feinstaub, Lärm

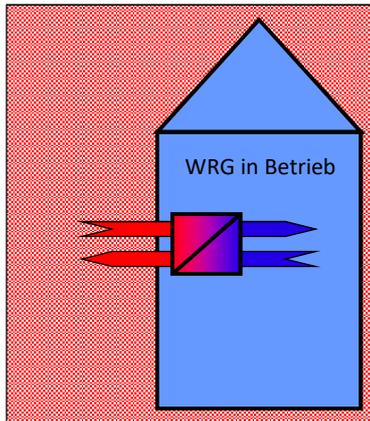


Quelle: Passivhaus Institut

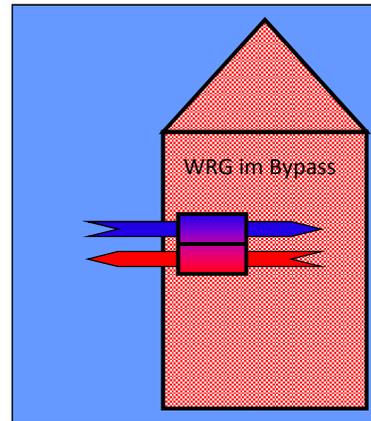
## 2. Kühlung mit der Lüftungsanlage mit Wärmeübertrager bzw. ohne (Bypass)



(bei Rotoren: Bypass bedeutet Rotordrehzahl =0)



Vorkühlung der Warmen Außenluft



Kühle Außenluft direkt zuführen

Quelle: Passivhaus Institut

JG13  
SLG7

## 3. Deckenventilatoren



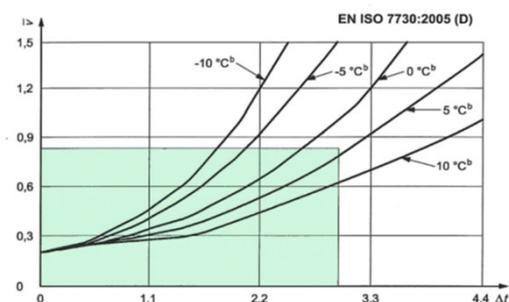
Anhebung der Komforttemperatur um bis zu 3 K

Aber: Große Unterschiede bzgl. der bevorzugten Luftgeschwindigkeit  
Bei Zugscheinungen außerhalb des Komfortbereichs!

Individuelle Einstellbarkeit ist ein MUSS



Quelle: Passivhaus Institut



## 4. Helle Oberflächen



**Opake solare Gewinne: besonders problematisch bei dunklen Oberflächenfarben**

Hotell und Studentenwohnheim in Innsbruck

Bueblos Blancos (Andalucía)

Hohe Solarabsorption



Hohe Reflexionsgrade



Urbane Überhitzung: Heat-Island-Effekt!

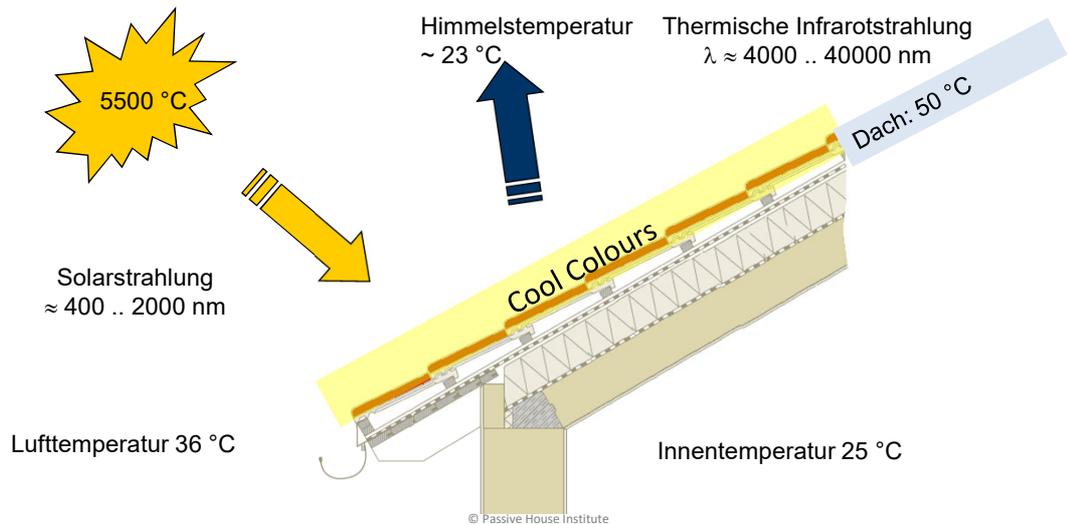


## Cool colours – Strahlungsbilanz am Dach



Ca. 30 % höhere Reflexionsgrade

Höhere Abstrahlung langwellig Strahlung (IR) (Emissivität ca. 90%)



**Möglichst hohe Reflexionsgrade, hohe langwellige Emissivität**

# Tool zur Ermittlung der Einstrahlung und Verschattung



Tirol Solar (<https://www.tirolsolar.at>)

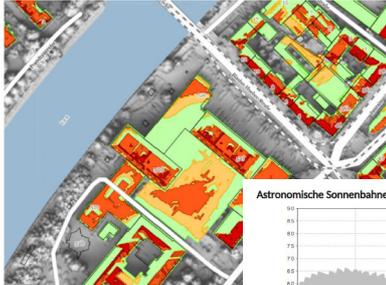


**Solarpotenziale der gewählten Dachfläche(n)**

Informationen zu den gewählten Dachflächen

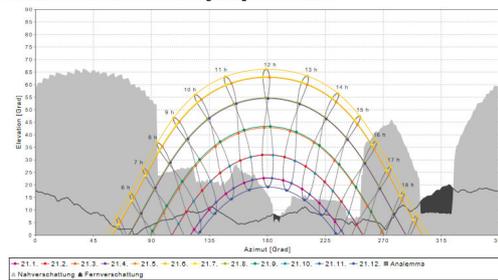
Position MGI Austria West 79682 RW: 236448 HWV  
 Position WGS 84 11°22'59" Ost: 47°15'52" Nord  
 Anzahl der Dachflächen (max. 10) 1  
 Anzahl der Dachteilflächen 372  
 Dachfläche verechnet 17.505 m<sup>2</sup>  
 Dachfläche real 21.612 m<sup>2</sup>

Eignung	kWh/m <sup>2</sup>	Anzahl	m <sup>2</sup>	kWh
Klasse 1	< 950	40	10.322	5.004.413
Klasse 2	950 < 1100	153	3.713	3.421.582
Klasse 3	1100 < 1300	126	5.854	6.383.153
Klasse 4	> 1300	45	1.722	1.798.648

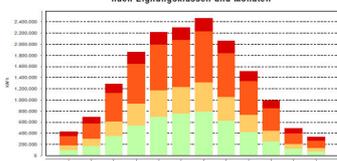


Horizontlinie  
Nah- und Fernverschattung

Astronomische Sonnenbahnen mit Verschattungen am gewählten Standort



Atmosphärisch korrigierte Solarstrahlung in kWh nach Eignungsklassen und Monaten



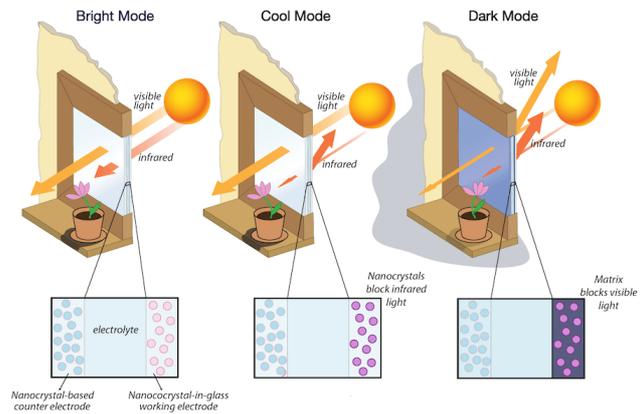
Die vorstehende Grafik führt die kumulierten Solarstrahlungswerte in kWh nach Eignungsklassen und Monaten für alle gewählten Gebäudedachflächen an. Die nachfolgenden Grafiken und Tabelle zeigen die Summen der Solarstrahlungswerte aller gewählten Gebäudedachflächen ab einem Mindestwert von mehr als 950 kWh an.

## 5. Hocheffiziente außenliegende Verschattung



Problem variabler Sonnenschutz:  
Kein Ausblick, Tageslicht nur über Lichtumlenkung

## Sonnenschutzverglasung vs Smart Glazing



## Thermochrome Verglasung



Winter:

- Hoher g-Wert im Winter
- Nutzung solarer Gewinn

Sommer:

- Sunblocking
- Tageslichtnutzung bleibt, kein Farbstich



(SunSmart, TNO)

Quelle: <https://www.tno.nl>

## Pilot-Line TNO-Brightlands Materials Center

Massenproduktion voraussichtlich 2025/26



Thermochrome  
Beschichtung  
u.a. aus  
Vanadiumdioxid

Garantierte  
Lebensdauer 20a

<https://www.tno.nl/en/sustainable/sustainable-chemical-industry/brightlands-materials-center-sustainable/smart-windows-make-climate-neutral/>

### Problem:

### Windanfälligkeit der außenliegenden Verschattung

Knickarmmarkisen nicht windstabil,  
Z.B. in Innsbruck häufig gleichzeitig Föhnsturm und Sonne!



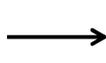
Lösung 3+1-Verglasung



## Funktionstrennung

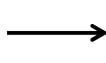


- Tageslicht-Umlenkung
- Sonnenschutz / Solarer Eintrag



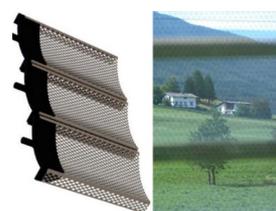
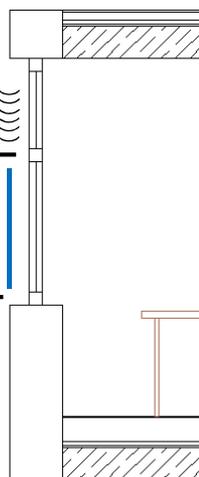
Oberer Behang

- Blendschutz / Sonnenschutz
- Sichtbezug nach Außen



Unterer Behang

Brüstung opak

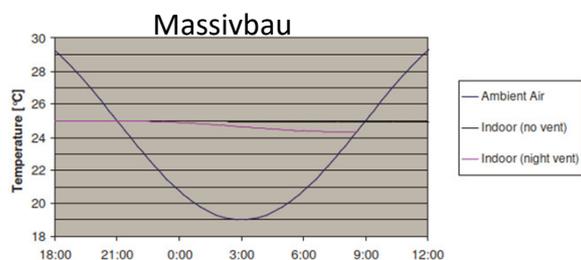
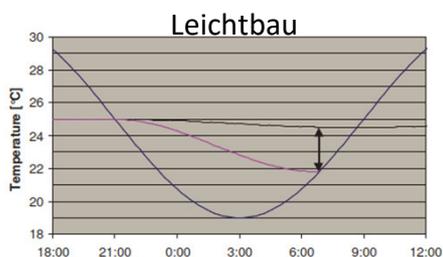


## 5. Einfluss der thermischen Masse



### Pufferung kurzfristiger solarer Lasten

- effektive Vermeidung von kurzfristiger Überwärmung
- nur sinnvoll in Verbindung mit effektiver Nachtlüftung
- Zugänglichkeit der Speichermasse (Problem Deckenabhängig)



Source: J. Schnieders, Passive Houses in South West Europe, 2009

Quelle: Passivhaus Institut

## Maßnahmen für hohen Sommerkomfort



### ➤ Solare Lasten

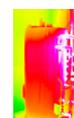


**Design-Aufgabe:** Orientierung, Glasanteil & Verglasungsart, Verschattung  
**Nutzereinfluss:** Bedienung/Nutzung der Verschattung

### ➤ Interne Gewinne

**Design-Aufgabe:** TWW-Verteilung, effiziente Gebäudetechnik u. Geräte  
**Nutzereinfluss:** Haushaltsgeräte, Standby, Unterhaltungselektronik

### ➤ Nachtlüftung



**Design-Aufgabe:** Fensteranordnung & Öffnungsquerschnitte, Einbruchssicherheit, Insektenschutz etc.

**Nutzereinfluss:** Manuelle Fensternachtlüftung, falls nicht automatisiert

Quelle: Passivhaus Institut

## Klimaresilientes Bauen



- **Wichtigste Maßnahmen:**
  - 1) Reduzierung der Wärmelasten (solare Wärmeeinträge & interne Wärmeeinträge)
  - 2) Passive Kühlung → Nachtlüftung
  - 3) Aktive Kühlung nur falls zwingend erforderlich
- **Abhängigkeiten bei der Bewertung des Überhitzungsrisikos**
  - 1) Hoher Nutzereinfluss
  - 2) Besonders heiße Sommer, Mikroklima (Urban Heat Island), Klimawandel
  - 3) Deutlicher Einfluss auf das Sommerverhalten & Überhitzungsrisiko

**→ ZIEL: Risikominimierung! “Summer Stress Test”**

# OutPHit-Projektteam



**Sie wollen mehr erfahren?**  
Besuchen Sie [outphit.eu](https://outphit.eu)