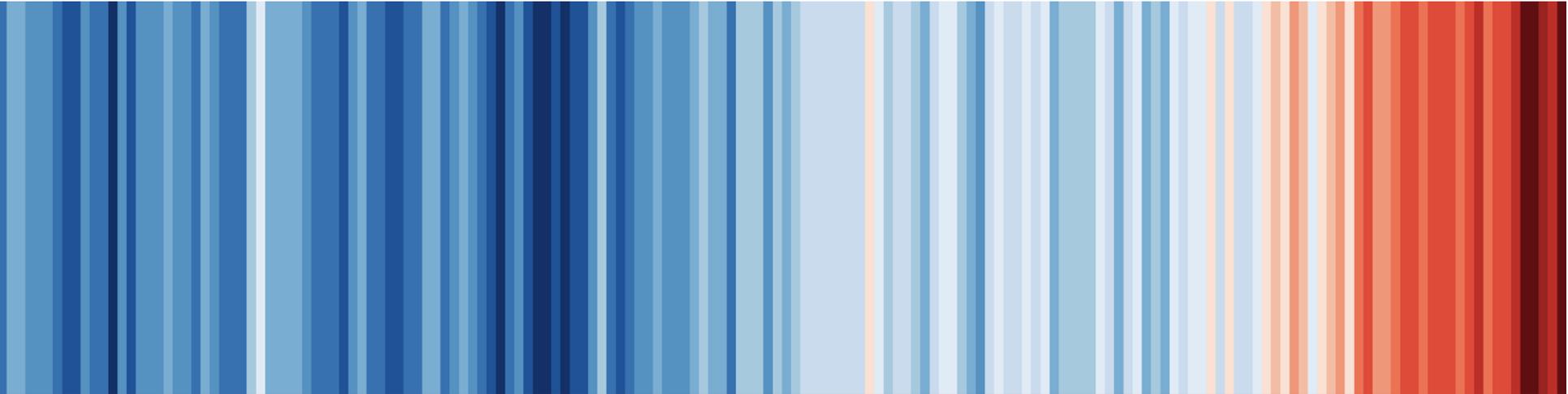


KÜHLUNG IN BESTANDSIMMOBILIEN

HAMBURG, NETZWERKKÄLTEEFFIZIENZ HAMBURG E.V.

JÖRG PROBST



DIE FÜNF KERNINFOS ZUM KLIMAWANDEL IN NUR 20 WORTEN:

1. ER IST REAL.
2. WIR SIND DIE URSACHE.
3. ER IST GEFÄHRLICH.
4. DIE FACHLEUTE SIND SICH EINIG.
5. WIR KÖNNEN NOCH ETWAS TUN.

Die wärmsten Jahre in Deutschland seit Beginn der Aufzeichnungen

Jahr	Abweichung (in Bezug auf 1881-1990)
2018	+2,7 °C
2019	+2,5 °C
2014	+2,5 °C
2015	+2,1 °C
2007	+2,1 °C
2000	+2,1 °C
1994	+1,9 °C
2017	+1,8 °C
2011	+1,8 °C
2002	+1,8 °C

Quelle: DWD



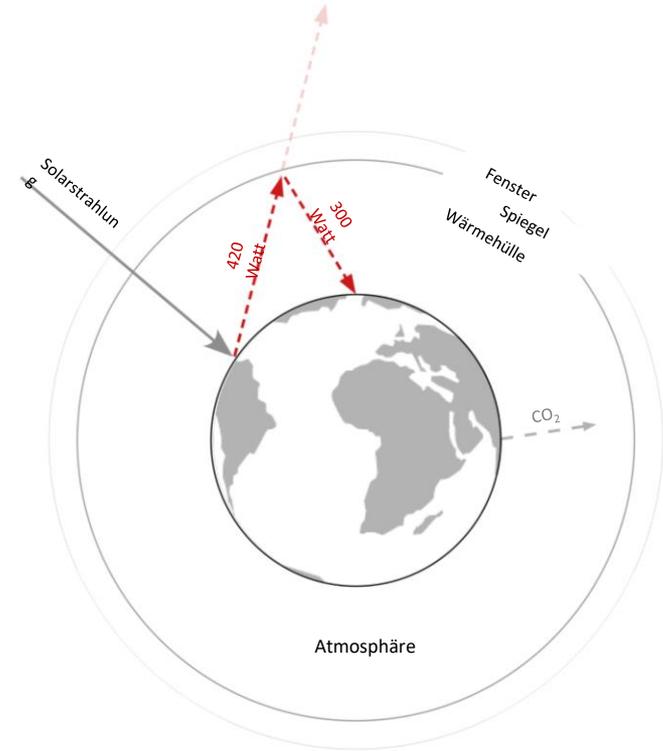
Über-Benutzung der Erde

Verbrauch Primärenergie > 120 kWh / Tag
Verbrauch Endenergie > 90 kWh / Tag

} Konstant seit 1990

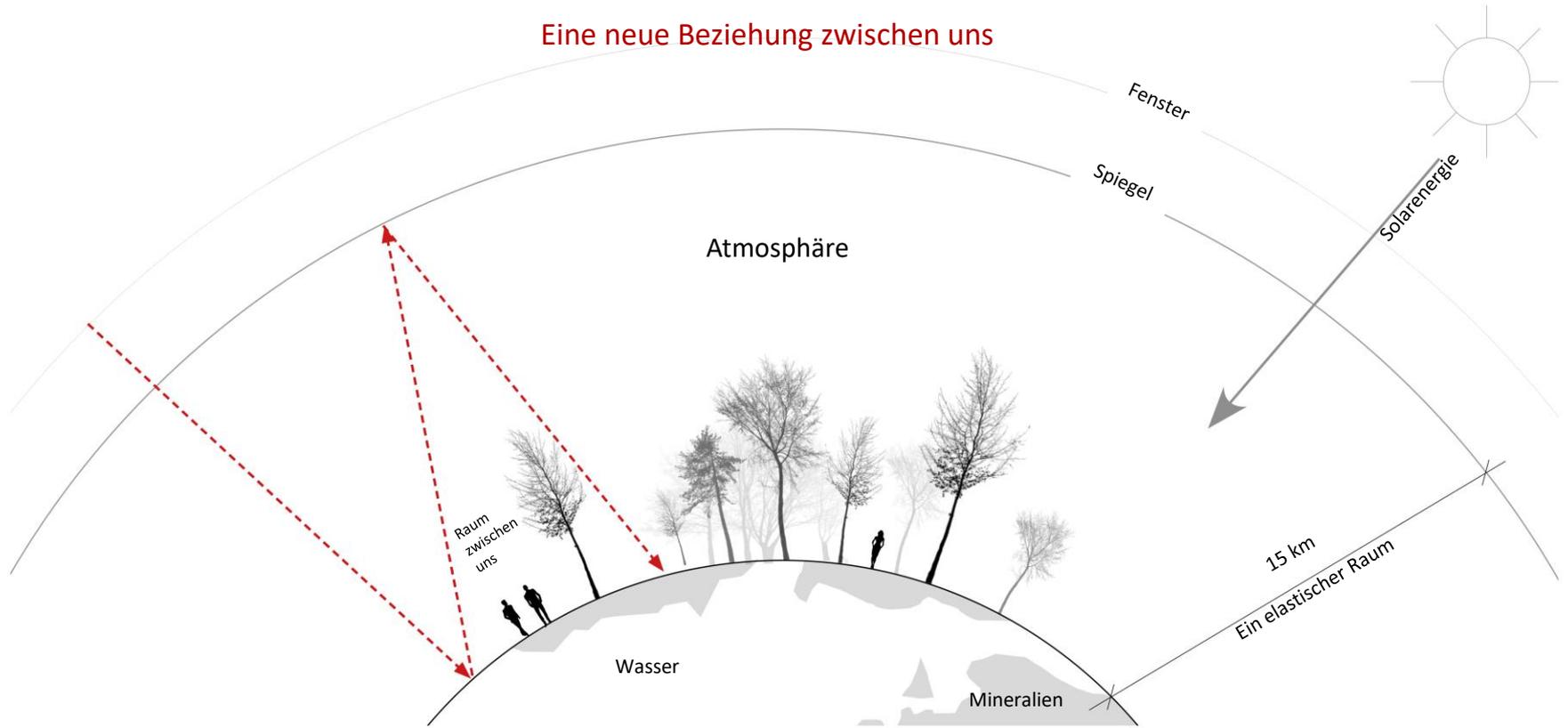
- Verbrennung von fossilen Brennstoffen aus Millionen von Jahren zu CO₂ in der **Gegenwart** (200 Jahre)
- Maßnahmen zur Reduktion sollen heute wirtschaftlich sein.
In der **Gegenwart** RO i = 1... 2

Kernproblem: Gegenwartsfokussierung



Eine neue Beziehung zur Atmosphäre

Eine neue Beziehung zwischen uns



Entwicklung des Wissens zur menschengemachten Klimaveränderung

Phase 4: Peripheres Wissen mit zunehmendem Rückfall in Projektion/ Verdrängung (2022/2023)



Corona Krise



Gaspreis Krise



Nahost Krise

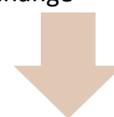
- Vertrauens- und Zutrauens - Bruch 2022/2023
- Die Klimafrage ist kein Anliegen mehr in der Mitte der Bevölkerung
- Zunehmendes Gefühl der Überforderung
- Unverständnis der Zusammenhänge



Radikalisierung der
Gesellschaft



Dogmatisierung der
Politik



Pessimismus

- Herausforderung im Sozialen (Hoffnung)
 - Transformation des Bewusstseins
- Pragmatische Schritte + realistische Wege für das:

1.5 ° Ziel



1,5 Grad werden bei einer CO₂ Konzentration in der Atmosphäre erreicht wenn:

noch ca 290 Giga Tonnen CO₂ emittiert werden (ab 2022)

Aktuell werden 1300 t/sec emittiert,- so das in etwa 6,5 Jahren das 1,5 Grad Ziel überschritten wird

Unberücksichtigt dabei ist:

das Wachstum der Bevölkerung um etwa 4 Mrd. Menschen die steigenden Emissionen im globalen Süden

Das 1,5 Grad Ziel und seine Überschreitung



Bedeutet eine wesentliche Veränderung der Lebensgrundlagen für Menschen Tiere und Pflanzen

ein etwa 3000 km breiter Streifen wird nicht bewohnbar sein
Ernteeinbußen von ca 20 % weltweit

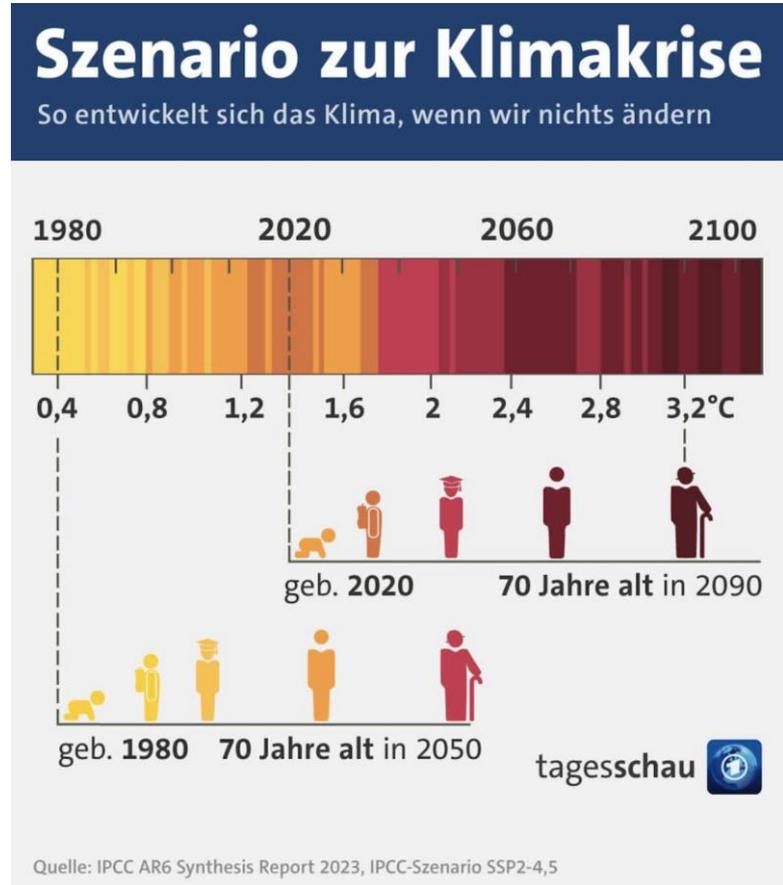


Bedeutet eine Ungleichheit und Ungerechtigkeit zwischen Arm und Reich,- dem globalen Süden und Norden

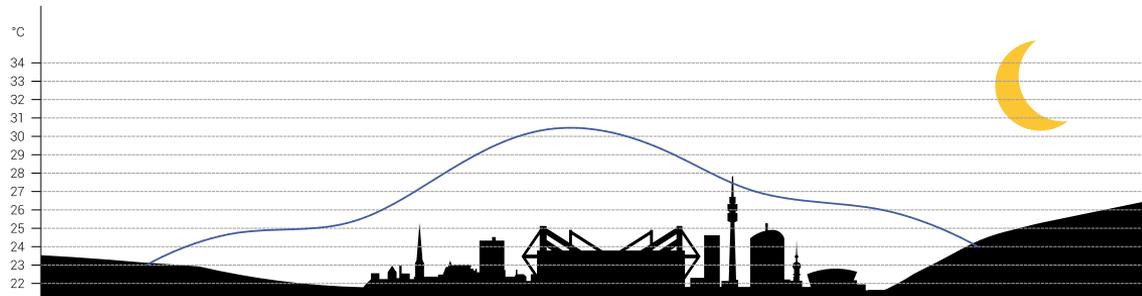
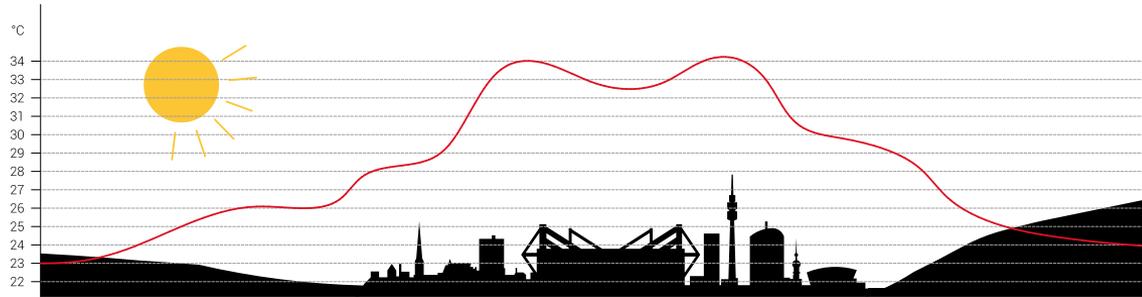


Bedeutet für unterschiedliche Generationen eine wesentliche Einschränkung der Entwicklungsmöglichkeiten

Die Klimakrise in Ihrer Wirkung auf die Generationen



BEGRIFFE BEGREIFEN: Die Temperatur in der Nacht steigt



WO LIEGEN DIE FRAGEN DER ZUKUNFT ?

DER KÜHLBEDARF VON GEBÄUDEN
STEIGT IN 10 JAHREN UM 100 %



- DIE ANZAHL DER TAGE MIT TEMPERATUREN ÜBER 25°C VERDOPPELT SICH.
- DIE ANZAHL DER TAGE MIT TEMPERATUREN ÜBER 30°C VERVIERFACHT SICH.

Forschungsfelder:

Attribut - Forschung , - Frederike Otto

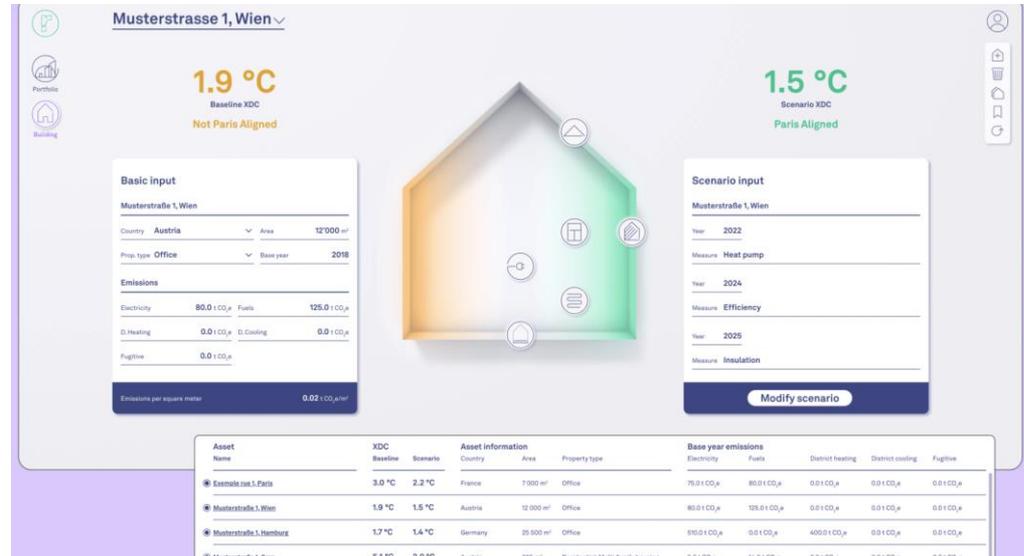
Ist das Wetter oder ist das Klimaveränderung ?



Forschungsfeld:

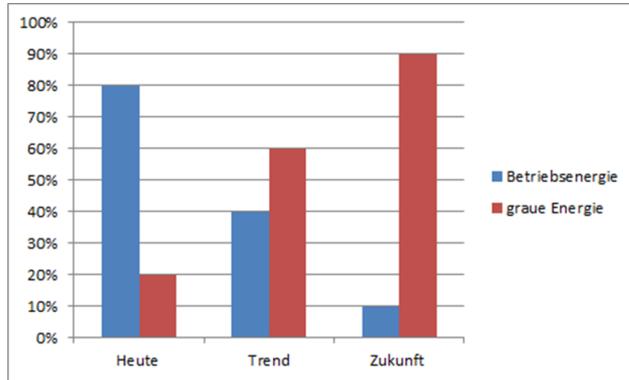
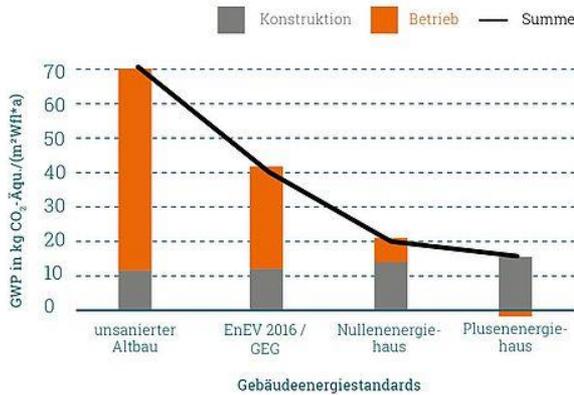
Wissenschaftsbasierte Zielabgleichung von Maßnahmen (XDC , Hanna Helmke)

Ist das Gebäude Klimaziel Kongruent ?



NEUBAU WOHNHEIM FÜR MENSCHEN MIT BEHINDERUNGEN IN NORDKIRCHEN

ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN ENERGIE- UND CO2-BILANZ



Projektbezogene Empfehlung Bilanzierung

- Ganzheitliche Betrachtung aller verursachten Emissionen

Graue Energien:

- Herstellung (A1-A3)
- Transport (C2)
- Abfallbehandlung (C3)
- Beseitigung (C4)
- Recyclingpotential (D)

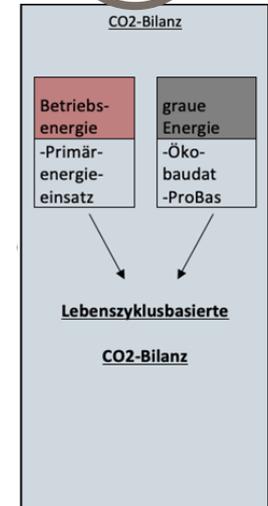
→ Betrachtung Graue Energien Bausubstanz

→ Betrachtung Graue Energien + Betriebsenergien Energietechnik

→ Ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung

Was ist graue Energie ?

Energie für die Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung



Wirkungsfeld Hamburg

	Endenergie Antrieb MWh/a	Nutzenergie Kälte MWh/a	typischer cop-Wert -
Gewerbekälte	426.719	891.010	2,09
Klimakälte	355.588	1.205.305	3,39
Prozess-/Großkälte ohne LZA	449.510	1.327.322	2,95
LZA Luftverlegung/-verflüssigung	317.228	57.033	0,18
Summe	1.549.046	3.480.669	2,25

Tabelle 14: Hamburger Kältemarkt nach Anlagentypen

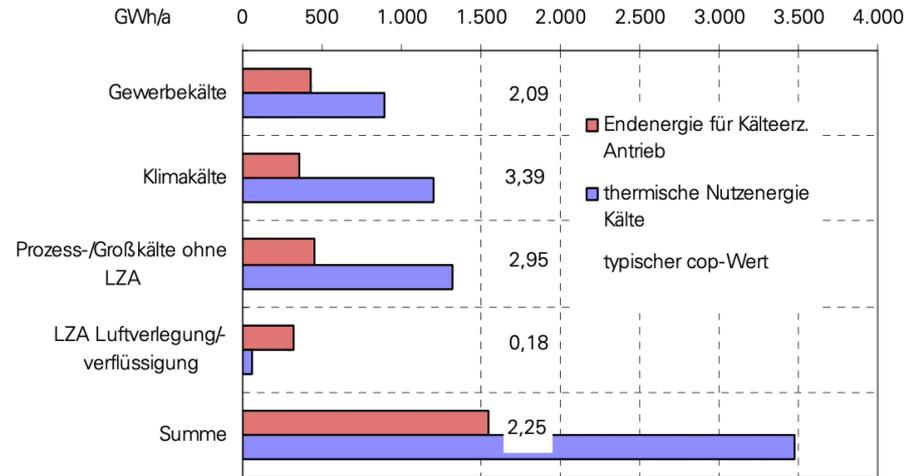


Abbildung 12: Hamburger Kältemarkt nach Anlagentypen

Optimierungsfelder Kälte-Energie-Effizienz

Energiebedarf

Gebäudeoptimierung

- Speichermassenoptimierung
- Nachtauskühlung
- Optimierung innerer Wärmequellen
- Prozessoptimierung

Optimierung der Klimatisierung

- Luftmengenoptimierung
- Trennung von Kühlung und Entfeuchtung

Optimierung der Kälteanforderungen

- Behaglichkeitsdefinition
- Prozessanforderungen

Energieverteilung

Hydraulik

- Pumpen
- Regelungen
- Motoren
- Dämmung

Energieerzeugung

Natürliche Kühlung

- Frei Kühlung
- Geothermie

Kälteerzeugung

- Verdichter
- Verdampfer
- Kondensator
- Kältemittel

Rückkühlung

- Wärmesenkenoptimierung
- Abwärmennutzung

Kühlung im Bestand



Einzelne Klimageräte an der Fassade eines Bestandsgebäudes

Nicht-Technische Maßnahmen

1. Natürliche Belüftung: Durch das Öffnen von Fenstern in den kühleren Abend- und Nachtstunden kann kühle Luft ins Gebäude gelangen und die gespeicherte Wärme verdrängen. Querlüftung, bei der gegenüberliegende Fenster geöffnet werden, kann die Kühlung weiter verbessern.
2. Verschattung: Außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen wie Markisen, Rollläden oder auch Bäume und Pflanzen können die direkte Sonneneinstrahlung reduzieren und so die Aufwärmung des Gebäudes verringern.
3. Dämmung: Eine gute Isolierung hält nicht nur im Winter die Wärme im Haus, sondern verhindert auch im Sommer das Eindringen von Wärme. Eine Nachrüstung der Dämmung kann sich daher positiv auf das Raumklima auswirken.
4. Reflektierende Materialien: Die Verwendung von reflektierenden Materialien auf Dächern und Außenwänden kann dazu beitragen, die Wärmeaufnahme des Gebäudes zu verringern.
Dachbegrünung

Aktive Kühlung

- **Verdunstungskühlung:** Diese Methode nutzt die natürliche Kühlwirkung von Wasser. Bei der Verdunstung entzieht Wasser der Umgebung Wärme, was zu einer Abkühlung führt. Dies kann durch den Einsatz von Wasserelementen wie Brunnen oder Teichen in oder um das Gebäude herum realisiert werden. Die Verdunstungskühlung kann besonders in trockenen Klimazonen effektiv sein, da sie nicht nur zur Abkühlung beiträgt, sondern auch die Luftfeuchtigkeit erhöht.
- **Wärmepumpen:** Wärmepumpen nutzen Temperaturunterschiede zwischen dem Gebäudeinneren und der Umgebung, um Wärme zu transportieren. Sie sind sowohl für Heiz- als auch Kühlzwecke einsetzbar und erreichen eine hohe Effizienz, insbesondere in Kombination mit anderen passiven Kühltechniken. Wärmepumpen können die Innentemperatur eines Gebäudes effektiv regulieren, indem sie überschüssige Wärme aus dem Gebäudeinneren entfernen und in die Umgebung abgeben.
- **Erdluftbrunnen:** Bei dieser Technik wird die konstante Temperatur des Erdreichs zur Kühlung der Luft im Gebäude verwendet. Die Luft wird durch unterirdische Rohre geführt, kühlt ab und wird dann in das Gebäude geleitet. Erdluftbrunnen können besonders in heißen Klimazonen effektiv sein, da sie die kühle Temperatur des Erdreichs nutzen, um die Innentemperatur des Gebäudes zu senken.
- **Latentwärmespeicher:** Diese Technik setzt auf Materialien, die Wärme aufnehmen und speichern können, wenn sie den Aggregatzustand wechseln. Die gespeicherte Wärme kann bei Bedarf freigesetzt werden, um das Gebäude zu kühlen. Latentwärmespeicher können dazu beitragen, Temperaturschwankungen zu reduzieren und die Innentemperatur auf einem konstanten Niveau zu halten.
- **Thermische Bauteilaktivierung:** Die thermische Bauteilaktivierung nutzt Bauteile wie Decken, Wände oder Böden zur Wärmespeicherung und -abgabe. Diese Bauteile nehmen Wärme auf, wenn sie verfügbar ist – beispielsweise während der Tagesstunden, wenn die Sonne das Gebäude erwärmt. Diese gespeicherte Wärme wird dann während der kühleren Nachtstunden wieder abgegeben. Dieser zyklische Prozess trägt dazu bei, Temperaturschwankungen zu reduzieren und die Innentemperatur auf einem angenehmen Niveau zu halten.

Technische Nachrüstungen: Klimagerät Split und Multisplit (VRF)

- Verbreitete und kostengünstige Variante für eine Nachrüstung
- Ab 2025 nur noch Kältemittel mit GWP unter 750 zulässig
- Noch keine natürlichen Kältemittel verfügbar (Propan und Butan)

- Defizite in der Behaglichkeit
- Defizit im Wirkungsgrad



Typisches Wand-Klimagerät

Technische Nachrüstungen: Flächenheizung

- Flächenheizungen und Kühlung in der Sanierung
- verschiedenen Quellen zur Beheizung und Kühlung
- Defizit im Umbauvolumen
- Hohe Kosten



Technische Nachrüstung : Wand und Deckenkühlung

- Nachrüstung Deckenkühlung und Wärmepumpe, ggf freie Kühlung



Technische Nachrüstung : Wand und Deckenkühlung

Sandwichaufbau



Herzstück des Systems



VL-Temp.	Raumtemperatur 18 °C	Raumtemperatur 20 °C	Raumtemperatur 22 °C	Raumtemperatur 24 °C	Raumtemperatur 26 °C
10°C	52 Watt	65 Watt	78 Watt	91 Watt	104 Watt
12°C	39 Watt	52 Watt	65 Watt	78 Watt	91 Watt
14°C		39 Watt	52 Watt	65 Watt	78 Watt
16°C			39 Watt	52 Watt	65 Watt
18°C				39 Watt	52 Watt
20°C					39 Watt

$\text{Kühlleistung} \triangleq \text{Raumtemp.} - \text{Vorlauftemp.} \times \text{Faktor } 6,5$

Hinsichtlich der Leistungsdaten wurde das System nach DIN EN 1264 & DIN EN 14240 geprüft.

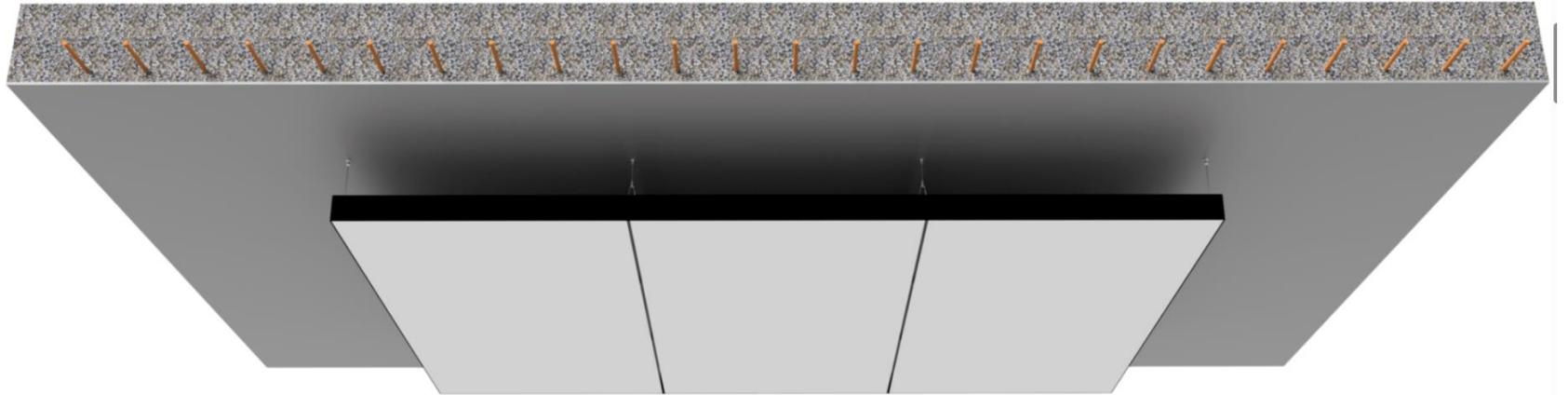
Technische Nachrüstung : Wand und Deckenkühlung

Kapillarmatten in Verbindung mit
Leichtbaudecken



Technische Nachrüstung : Wand und Deckenkühlung

Klimapanel



Technische Nachrüstung : Heiz und Kühlkörper

Fan Coils **NEU!**

KAMPMAN

PowerKon LT

Wärmepumpenheizkörper zum effizienten Heizen und Kühlen in Bestand und
Neubau.



Technische Nachrüstung : Kühlsegel



Fitnessstudio zum Bürogebäude

- Nachhaltige und energieeffiziente Sanierung im Einklang mit der Firmenphilosophie.
- 400 m² großes Gebäude nachhaltig saniert.
- Gute Isolation und Einsatz einer Wärmepumpe für Wand- und Fußbodenheizung.
- Variotherm Modul-Wandheizung ermöglicht Heizen und Kühlen des ehemaligen Fitnessstudios.
- Spezielles Fertigsystem aus 18 mm Gipsfaser-Platte mit integrierten Alu-Mehrschicht-Verbundrohren.
- Strahlungsaustausch sorgt ganzjährig für ein behagliches, gesundes Raumklima.
- Wassergeführte Fußbodenheizung im Trockenbau als ideale Ergänzung.
- Dünne Aufbauhöhe von 20 mm und geringes Eigengewicht von 25 kg pro m² – ideal für Sanierung im 1. Stock.
- Energieeffiziente Heizung, nutzbar auch zur „Ankühlung“ im Sommer.
- Kühlung über die Wand bei hohen Temperaturen bevorzugt, um Unbehagen durch direkten Kontakt mit kühlem Boden zu vermeiden.



HANDLUNGSEBENE:

Entsiegelung und Begrünung

Wirksamkeit

Kennwerte Tag/Nacht für ausgewählte Situationen

Tag (PET) Nacht (Lufttemp.)	Median (°C)	Median (°C)	Wirkbereich (m)
Rasen statt Asphalt	-3,9 -0,4	-6,6 -0,7	2-4 2-3
Rasen statt Pflasterung oder Chaussierung	-3,0 -0,9	-5,5 -1,3	2-4 2-3
Pflasterung oder Chaussierung statt Asphalt	-2,4 -0,2	-4,1 -0,4	2-4 2-3
Rasengitter statt Asphalt	-2,2 -0,2	-4,0 -0,4	2-4 2-3
Rasengitter statt Pflasterung oder Chaussierung	-1,8 -0,0	-3,3 -0,3	2-4 2-3

Quelle: Stadt Zürich (Hrsg.) 2020, Tab. 4



Quelle: Stadt Zürich (Hrsg.) 2020, Abb. 70, Abb. 76

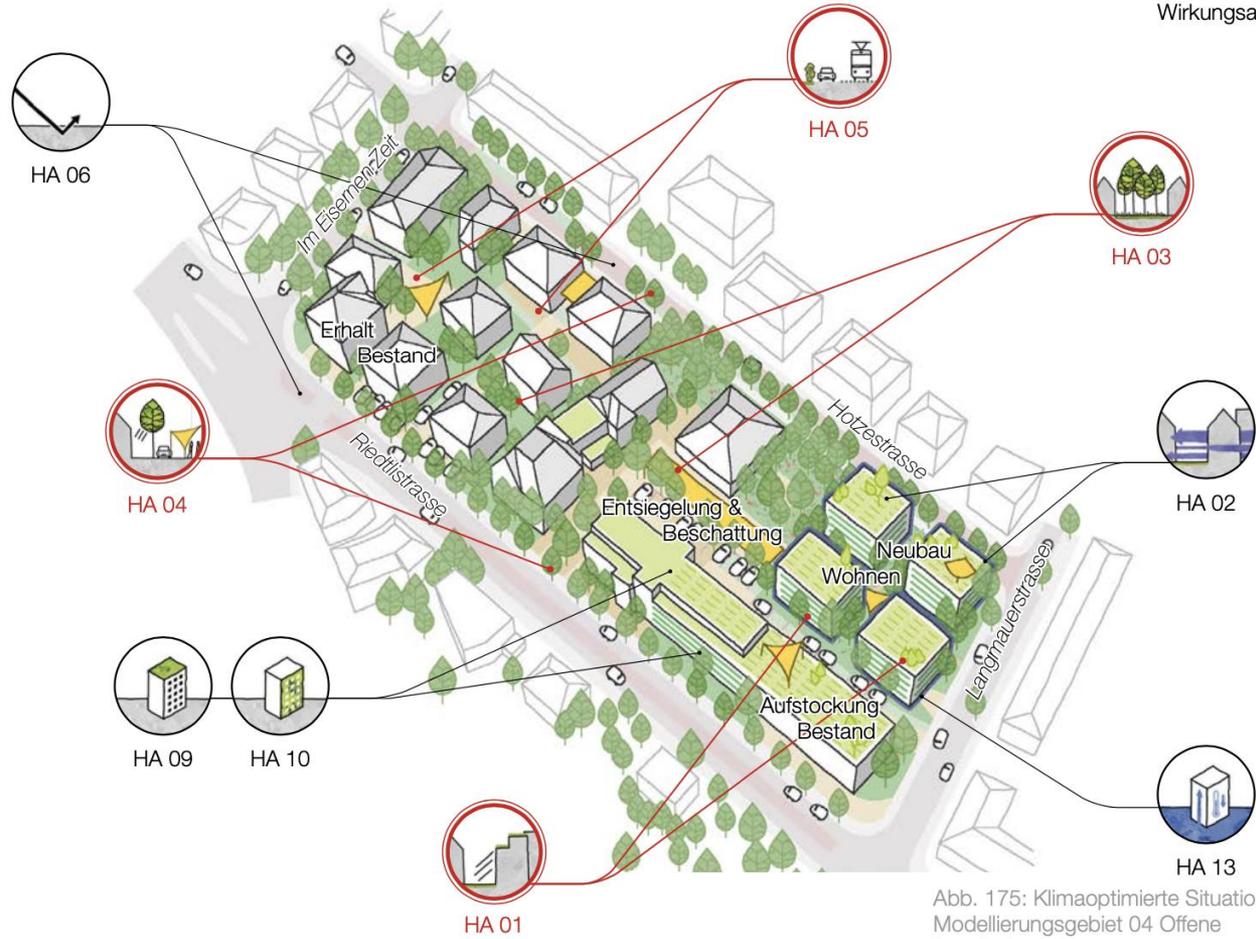
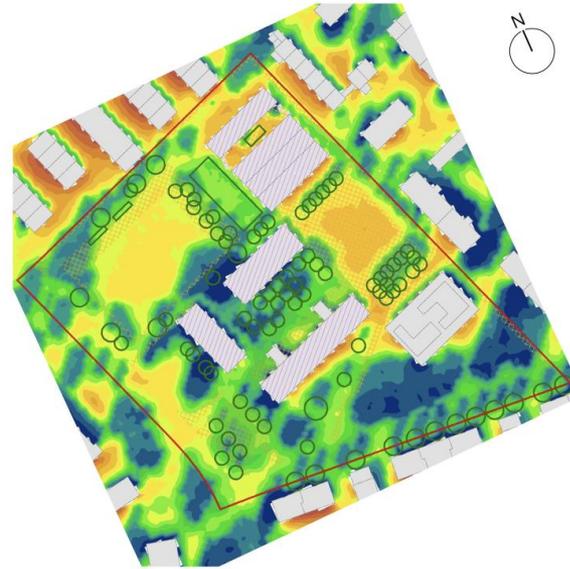
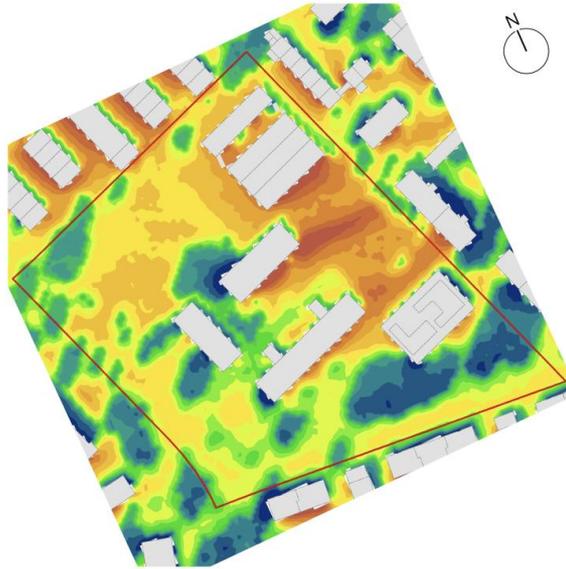


Abb. 175: Klimaoptimierte Situation, Modellierungsgebiet 04 Offene Randbebauung

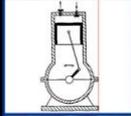
Wirksamkeitsanalyse



Was ist der weitere Weg ?

- Zusammenführung von Planungsparametern und Kosten
 - Bedarfsoptimierung (Verschattung, Begrünung)
 - TGA (Energieübertragung)
 - Energiekonzept (Energiegewinnung)
- Sammlung von best practice
- Erarbeitung von Seminaren
- Planungsleitfaden : Energetische Sanierung mit Kühlbedarf (in sozialen Einrichtungen , Krankenhäusern ...)
- Musterhafte Sanierung mit Monitoring

Spezifische
Kosten



Spezifische Kosten im Bereich der Kältetechnik

Spezifische Kosten für Kältemaschinen mit Rückkühlwerk, ohne Verrohrung

	0-250 kW	250-500 kW	500-1000 kW	1000-3000 kW	3000 kW-9000 kW
Scroll	480,00 €/kW	/	/	/	/
Hubkolben	300,00 €/kW	280,00 €/kW	240,00 €/kW	220,00 €/kW	160,00 €/kW
Schraube ab 125kW	265,00 €/kW	250,00 €/kW	210,00 €/kW	175,00 €/kW	160,00 €/kW
Turbo	/	/	/	195,00 €/kW	145,00 €/kW
Absorber	2000,00 €/kW	1500,00 €/kW	1400,00 €/kW	1340,00 €/kW	1400,00 €/kW

Spezifische Kosten für Kühldecken, Bauteilaktivierung und Gebläsekonvektoren in Kassettengeräten

Kühldecken:	ohne Verteilung			125-150 €/m²
Bauteilaktivierung:	ohne Verteilung			40-50 €/m²
Kassettengeräte:	komplett mit Verrohrung und Kälteerzeugung, ohne Elektro			1300-1500 €/kW
Splitgeräte	Decken-/ Kassettengeräte	7-14 kW	520 €/kW	Heizen und Kühlen
	Wand-/ Deckengeräte	2-14 kW	420 €/kW	nur Kühlen
	Wand-/ Deckengeräte	8-14 kW	450 €/kW	Heizen und Kühlen
	Fensterklimageräte	2-8 kW	265 €/kW	nur Kühlen

Quellen: Hersteller
Recknagel Sprenger

