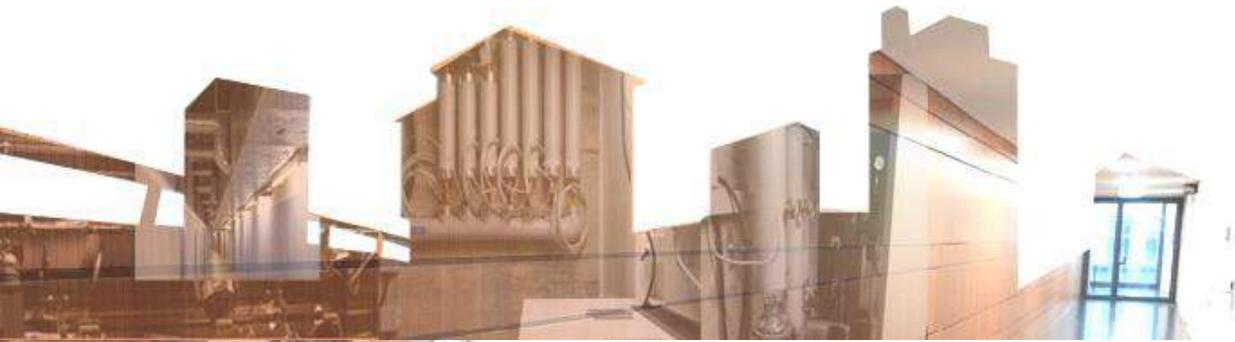


Planen mit der Klimaerwärmung

Prof. Gerhard Zweifel

Hauptamtlicher Dozent, Hochschule Luzern – Technik & Architektur

SIA: Präsident Kommission für Gebäudetechnik- und Energienormen (KGE),
Sachbearbeiter Merkblatt 2028...



G. Zweifel



Inhalt:

- Bisherige Studien zur Klimaerwärmung
 - > Climabau
- Wie geht es weiter? Klimaerwärmung in den SIA-Normen
 - > Pilotprogramm BAFU, Klimaszenarien 2018
 - > Vor- und Begleitprojekte
- Heizgradtage und Kühlgradstunden



Projekt Climabau

Finanzierung

Bundesamt für Energie BFE
Bundesamt für Umwelt BAFU
Hochschule Luzern HSLU

Bericht

<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=37044>

Autorenschaft HSLU

Gianrico Settembrini (IGE), Silvia Domingo-Irigoyen (IGE),
Thomas Heim (CCTP), Dominic Jurt (IGE), Axel Seerig (IGE),
Andrii Zakovorotnyi (IGE), Gerhard Zweifel (IGE),
Urs-Peter Menti (IGE)

Begleitgruppe

Rolf Moser (BFE, Vorsitz), Carla Gross (BAFU),
Roland Hohmann (BAFU), Andreas Fischer (MeteoSchweiz),
Mark Liniger (MeteoSchweiz), Martin Imholz (AG MuKE),
Gerhard Zweifel (SIA), Axel Seerig (HSLU)



© 2014 Steve Eggleton / eventdigital.co.uk

Bild: Minimum Monument von Nele Azevedo als Symbol für die Folgen der Klimaerwärmung.
© 2014 Steve Eggleton / eventdigital.co.uk

Fragenstellung des Projekts **ClimaBau** **Klimawandel und Schweizer Wohnbauten**

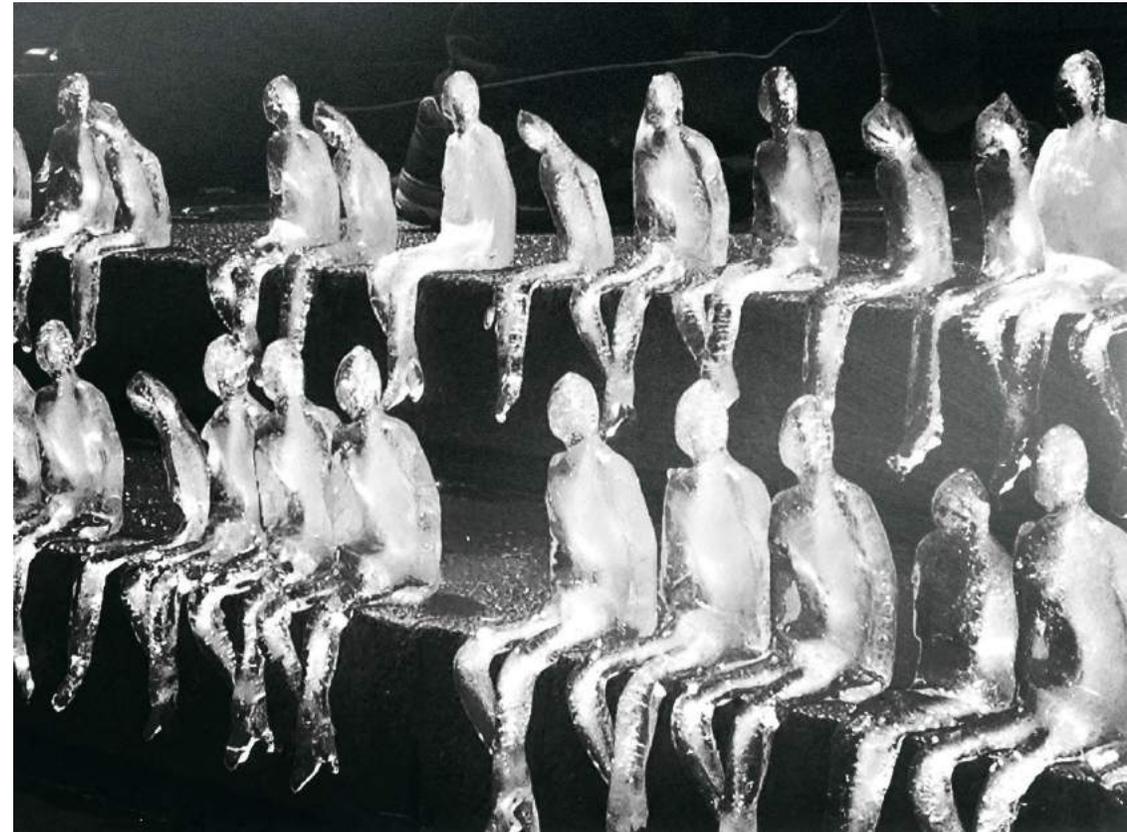
Raumtemperaturen in Wohngebäuden im laufenden Jahrhundert ohne Gegenmassnahmen?

Veränderung des **thermischen Komforts** ohne Kühlsysteme?

Energiebedarf für die Kühlung bei Erhalt der heutigen Komfortansprüchen?

Veränderung des **Gesamtenergie- und Leistungsbedarfs?** (Heizung, Kühlung, Beleuchtung)

Massnahmen zur Optimierung des Bedarfs? (techn. Ausstattung, Architektur, Normen, Gesetz usw.)



*Bild: Die Eisskulptur von Nele Azevedo als Symbol für die Folgen der Klimaerwärmung.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Minimum_Monument_art_installation_by_Nele_Azevedo_in_Chamberlain_Square%2C_Birmingham_UK.JPG*



Inhalte des Projekts und der Präsentation

Methodische Herangehensweise – drei Handlungsfelder

Das Klima

Klimaszenarien, bzw. **Meteorodatenätze** für die langfristige Betrachtung bis 2100?

Der Gebäudepark

repräsentative **Wohnbau-Typen**?

Die Simulationen

Einfluss des Klimawandels auf **Gesamtenergiebedarf** und **Behaglichkeit** bei den untersuchten Wohnbauten?

Handlungsempfehlungen zur Optimierung von Energiebedarf und Komfort über die gesamte Lebensdauer der Gebäude?

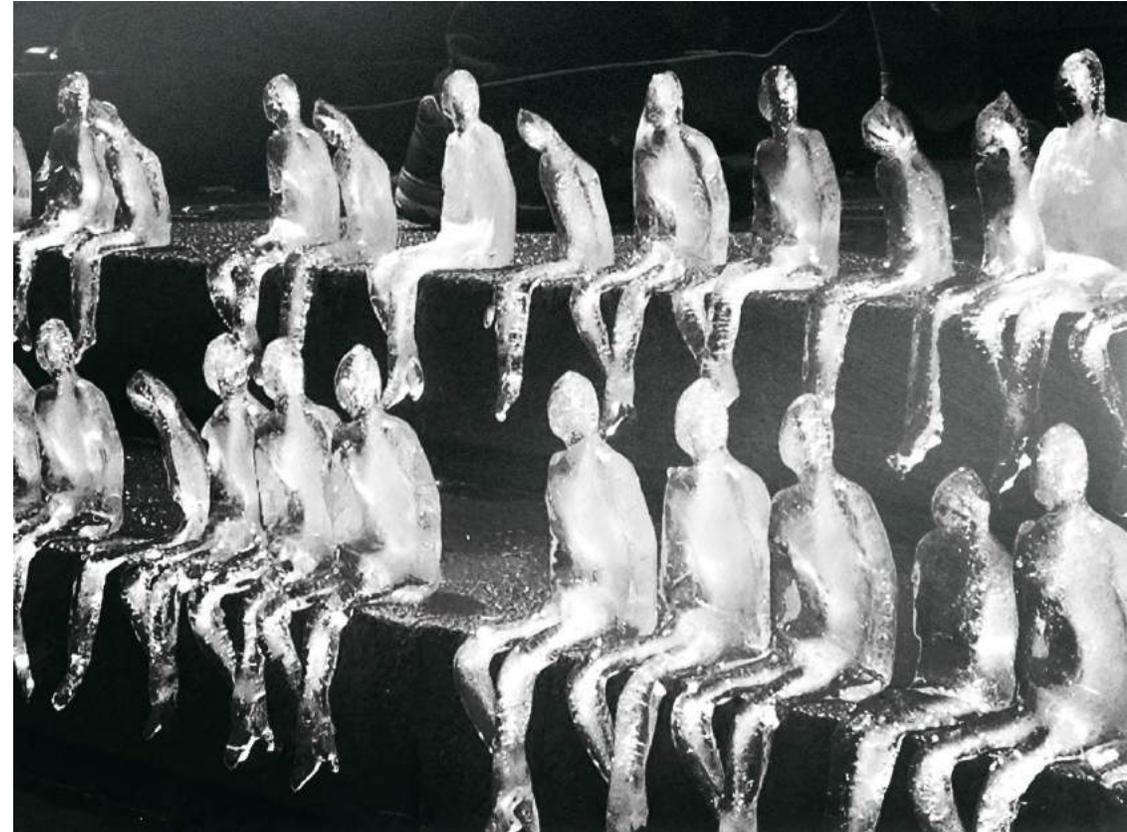
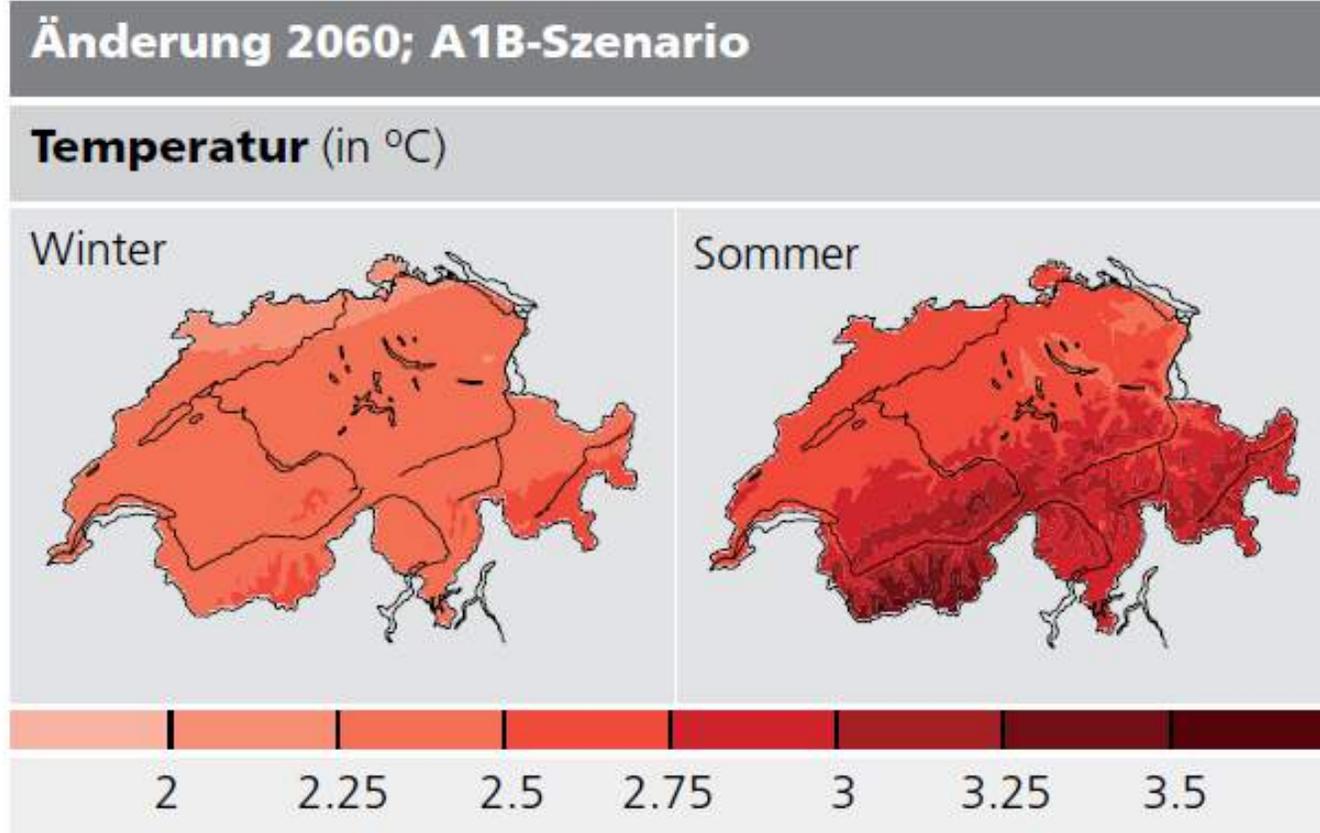
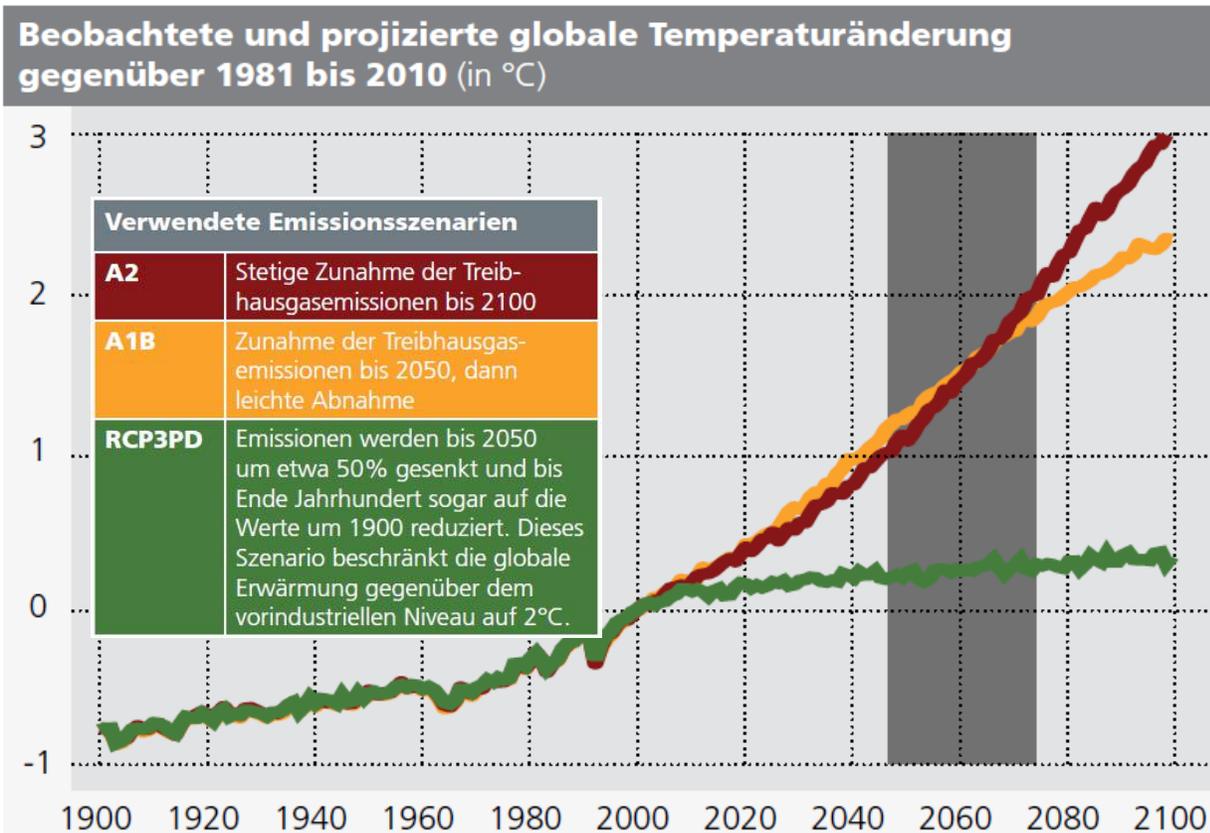


Bild: Die Eisskulptur von Nele Azevedo als Symbol für die Folgen der Klimaerwärmung.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Minimum_Monument_art_installation_by_Nele_Azevedo_in_Chamberlain_Square%2C_Birmingham_UK.JPG



Ausgangslage Klimawandel

Treibhausgasemissionen und Folgen...



Quelle (Daten und Abbildungen):
 MeteoSchweiz, 2013, Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht, Fachbericht MeteoSchweiz, 243, 36 pp
 Bild Titelseite: iStock - <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/zukunftsblog/archiv/2013/10/die-klima-erwaermung-steht-nicht-still.html>



Das Klima – in Zusammenarbeit mit MeteoSchweiz Betrachtungsentscheide

Vergleichsgrundlage (Referenz)

Periode «1995» (1980-2009)

Medianes Jahr 2004

Warmes Jahr 2003

Vergleichsprojektion

Klimaszenario A1B

Periode «2060» (2045-2074)

Mediane Modellkette von 10

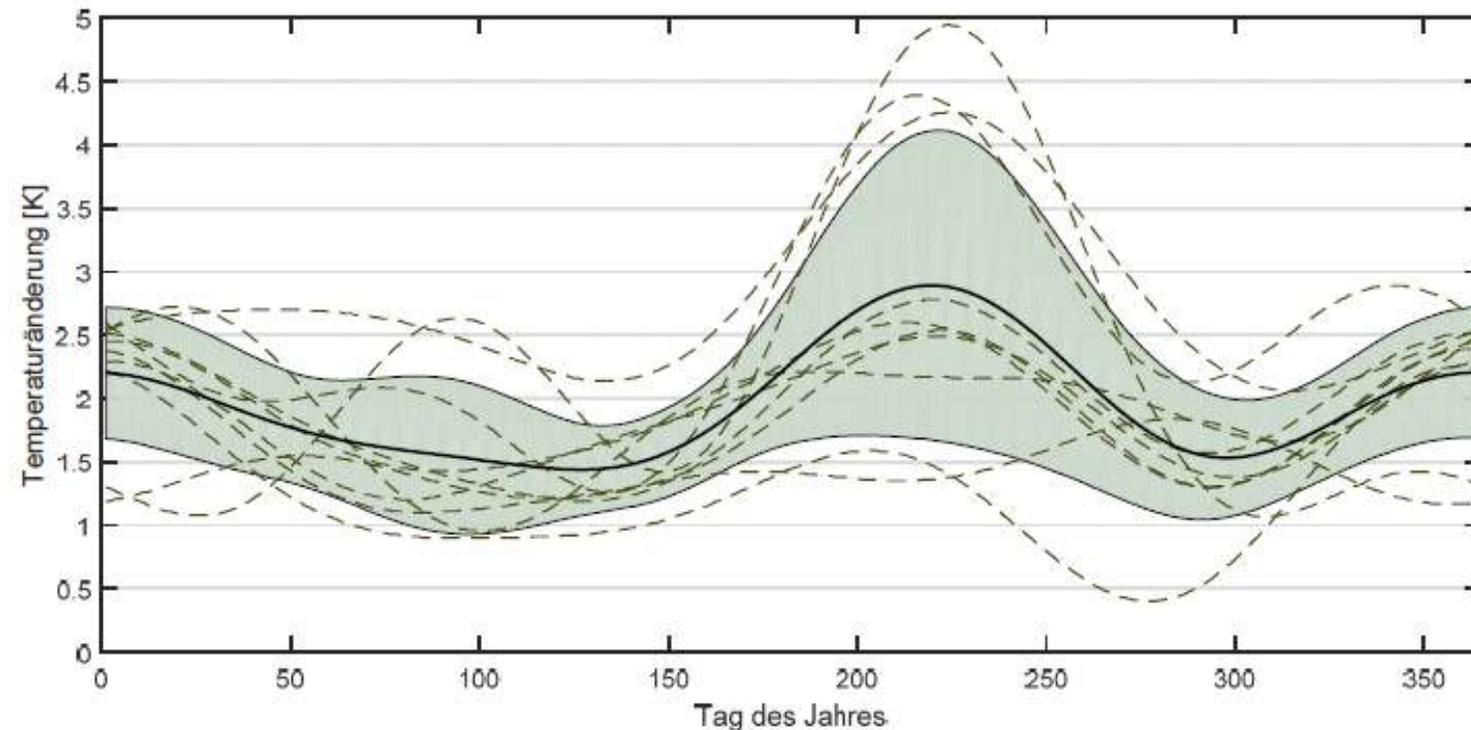
Medianes Jahr 2063

Warmes Jahr 2068

Alle Parameter für Simulation
(Strahlung, Feuchte, Wind)

Fokus Schweizer Mittelland

Standort Basel



Grafik: Jahresgang des Temperaturänderungssignals des Klimaszenarios A1B aus 10 Modellketten für den Standort Basel und der Periode „2060“ (2045-2074) im Vergleich zur Referenzperiode „1995“ (1980-2009).

Climabau: Der Gebäudepark – Auswahl von vier Fallbeispielen

Auswertung statistischer Unterlagen
Zukünftiger Standard und heutige Leuchtturmprojekte
Experteninterviews und Gespräche in der Begleitgruppe

Massivbau



Altbau-Gebäude, Zürich
Baujahr 1954
Tragwerkstyp: Mauerwerk
Wandtyp: Backstein Lochfassade
Deckentyp: Stahlbeton
Typ Aussenraum: Balkone einzeln
„Altbau standard“



Gebäudetyp 2, Nr. 1, Zürich
Baujahr 1929, Sanierung 2013
Tragwerkstyp: Mauerwerk
Wandtyp: Backstein Lochfassade
Deckentyp: Holzbalkendecke
Typ Aussenraum: Balkone einzeln
„Altbau geschützt“



Minergie-Gebäude, Lyss
Baujahr 2017
Tragwerkstyp: Mauerwerk
Wandtyp: Backstein Lochfassade
Deckentyp: Stahlbeton
Typ Aussenraum: Loggien einzeln
„Neubau massiv“

Hybridbau



Gebäudetyp 8 Nr. 3, Nebikon
Baujahr 2014
Tragwerkstyp: Stützensystem Holz
Wandtyp: Holzrahmen Lochfassade
Deckentyp: Holzrippendecke / UB
Typ Aussenraum: Loggien einzeln
→ „Neubau hybrid“



Die Simulationen – Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE - HSLU

Phase 1: die vier Fallbeispiele mit der Simulationssoftware IDA-ICE

Rahmenbedingungen

Möglichst **realitätsgetreue Abbildung** des Fallbeispiels

- Einbausituation (Orientierung, Fremdbeschattung)
- Bauweise (Dämmstärken, Speicherfähigkeit)
- Ausstattung (Beschattungs- und Lüftungssystem)
- Restliche Annahmen gemäss SIA-Normen

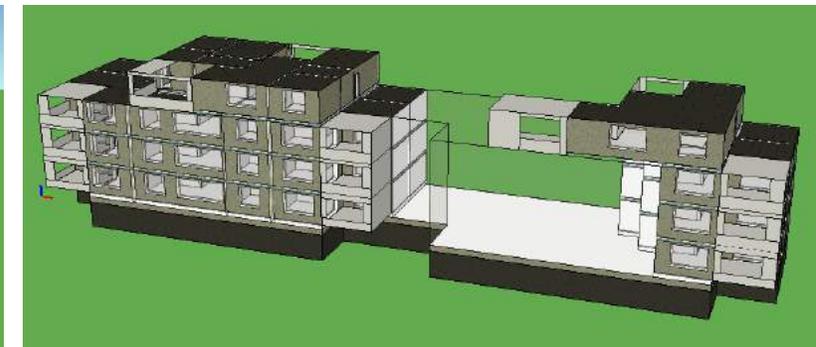
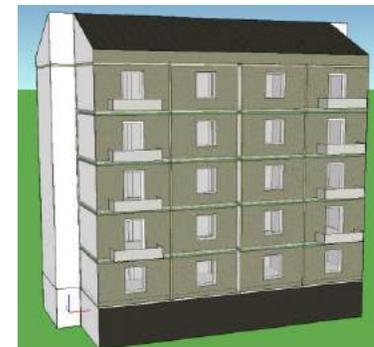
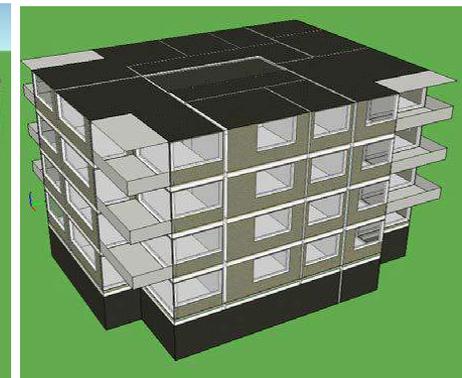
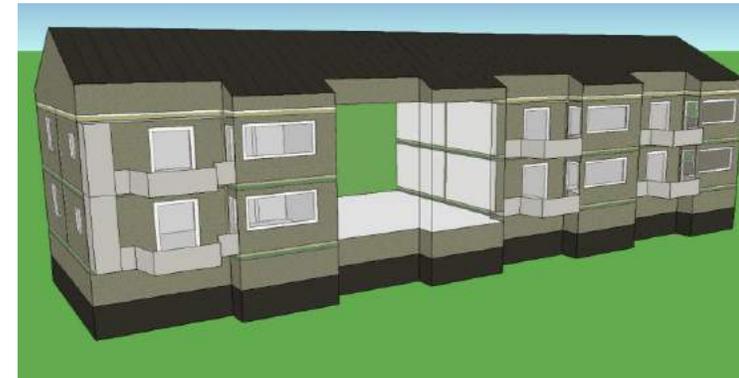
Standort **Basel**

Fokus 30-jährige Perioden «1995» und «2060»

Ermittelte Kennwerte

- ➔ Heizwärmebedarf und Heizwärmeleistung
- ➔ Klimakältebedarf und Klimakälteleistung
- Strombedarf Beleuchtung

(Maximale) empfundene Raumtemperaturen
Anzahl jährliche Überhitzungsstunden (SIA 180)
Predicted Percentage of Dissatisfied PPD
in ausgewählten Zonen



Abbildungen: In IDA ICE aufgebaute Simulationsmodelle der vier Fallbeispiele



Climabau: Ergebnisse Phase 1 – Einfluss des Klimawandels

Vergleich der Perioden «1995» und «2060»

Reduktion Heizwärmebedarf

Altbauten → ca. 20%
Neubauten → ca. 30%

Anstieg Klimakältebedarf

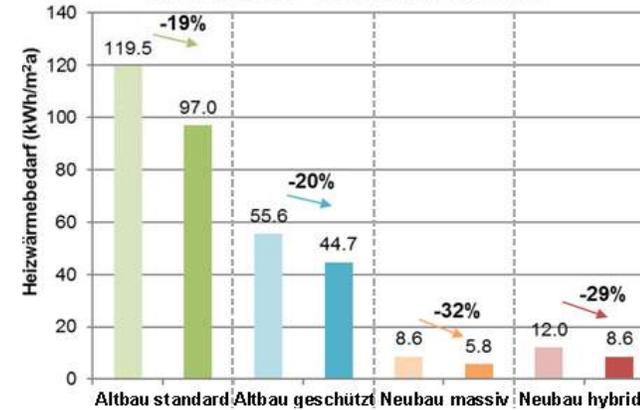
A → exponentiell, jedoch unbedeutend
N → stark, auf ca. 50% der Heizwärme

Klimakälteleistung in «2060»

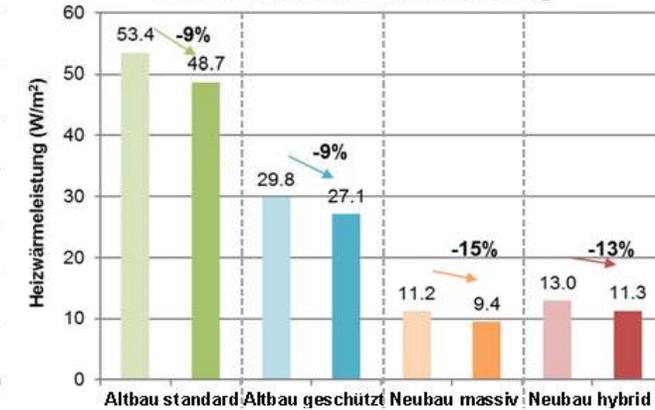
A → 25-40% der Heizleistung
N → bis zum Doppelten der Heizleistung

Grafiken: Jährliche Medianwerte zu Heizwärme- und Klimakältebedarf (links) sowie zu Heizwärme- und Klimakälteleistung (rechts) der vier untersuchten Fallstudien in der Referenzperiode „1995“ (1980-2009; jeweils die linke Säule) und der Periode „2060“ (2045-2074; jeweils die rechte Säule) am Standort Basel. Die Prozentzahlen geben die auf den Klima-wandel zurückführbare Veränderung an.

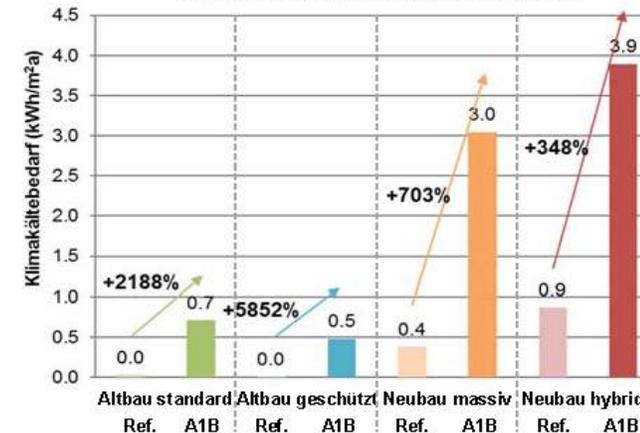
Altbauten ↔ Neubauten
Variation des Heizwärmebedarfs



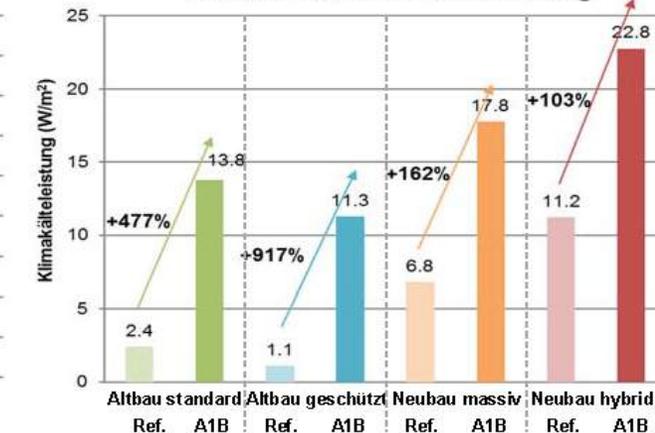
Altbauten ↔ Neubauten
Variation der Heizwärmeleistung



Variation des Klimakältebedarfs



Variation der Klimakälteleistung



Phase 2 – Parametervariation am Referenzgebäude

Einfluss des Klimawandels sowie der Parameter heute und in Zukunft

Betriebsparameter

Nachtkühlung

→ *mechanische Lüftung*

→ *natürliche Lüftung*

Sonnenschutz

➔ Nutzerverhalten (Kombinationen)

Entwurfsparameter

Qualität der Gebäudehülle (U-/g-Werte)

→ *opake Bauteile*

→ *transparente Bauteile (Fenster)*

➔ Fensteranteil

Orientierung

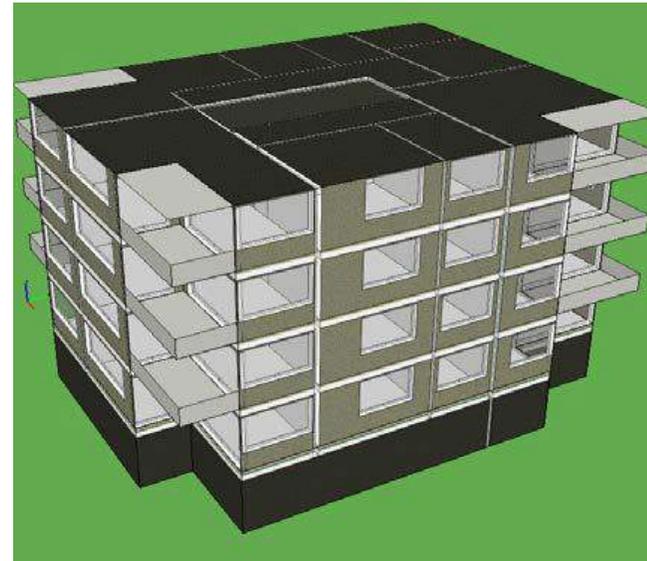
Wärmespeicherfähigkeit (thermische Masse)

Übergeordnete Parameter

➔ Standort

➔ Städtischer Wärmeinseleffekt

Potenzial PV-Anlagen (solare Kühlung)



Eigenschaften des Referenzgebäudes:

Neubau massiv (Beton / Backstein)

Gebäudehüllzahl (A_{th}/A_E) 1.15

Minergie-Standard

Wärmedämmung verputzt

Fensteranteil Fassade **ca. 54%**

Komfortlüftung mit WRG ($1\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$),
zusätzlich natürliche Lüftung wie folgt:

Bei $T_{AUL} < T_{RAL}$ & $T_{RAL} > 22\text{ °C}$

Fenster **100%ig geöffnet**

zwischen 06:00 und 07:00 Uhr sowie

zwischen 18:00 und 22:00 Uhr

Sonnenschutz: Stoffmarkisen automatisiert,
bzw. **Betätigung** (2/3 geschlossen) wenn
Solarstrahlung auf Fassade $> 150\text{ W/m}^2$ ist

Abbildung: Simulationsmodell des Referenzgebäudes für die zweite Phase der Untersuchungen und Kurzbeschreibung der wichtigsten Charakteristiken.

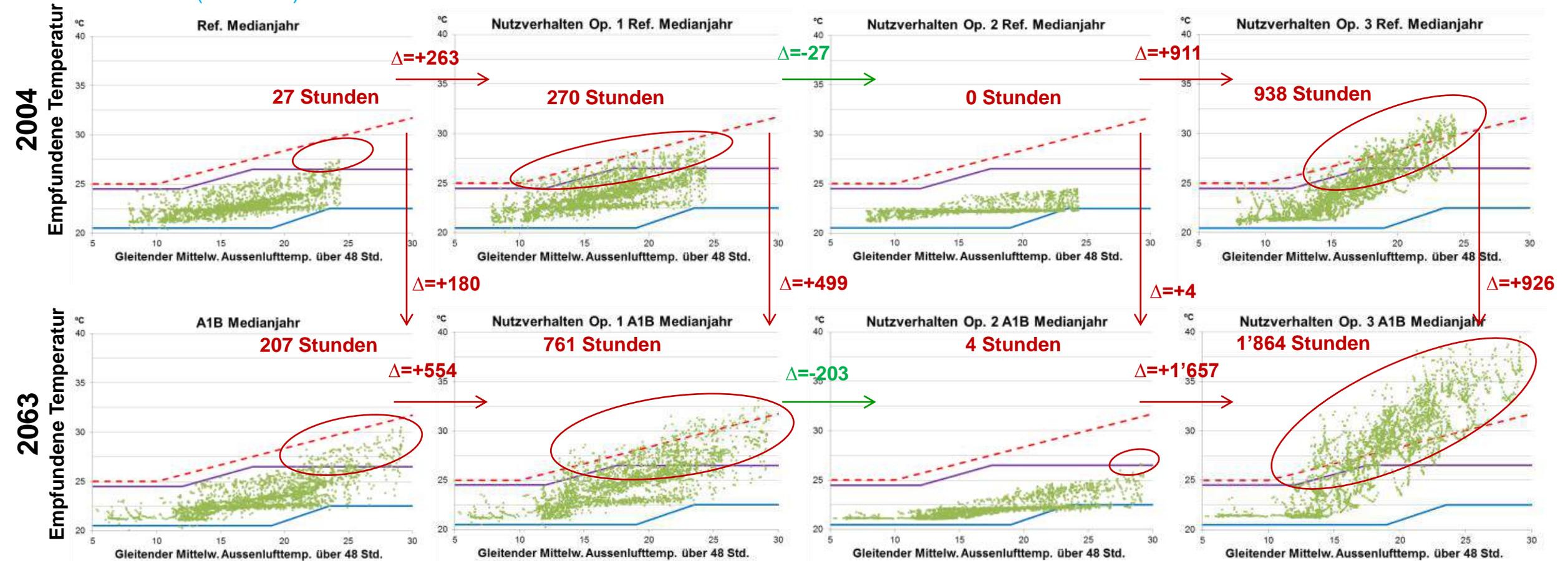
Parametervariation «Nutzerverhalten»

«der tagsüber Anwesende»
(Referenz)

«der tagsüber Abwesende»

«der energiebewusste Nutzer»

«der energieunbedachte Nutzer»



Grafiken: Empfundene Raumtemperaturen in Relation zur Aussentemperatur in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens während der Sommerperiode der Medianjahre 2004 und 2063 (Darstellung mit Komfortgrenzlinien gemäss SIA 180:2014). Die Stundenanzahldifferenzen bei den vertikalen Pfeilen sind primär auf den Klimawandel zurückzuführen, die bei den horizontalen Pfeilen auf die Parametervariation bei denselben klimatischen Bedingungen.

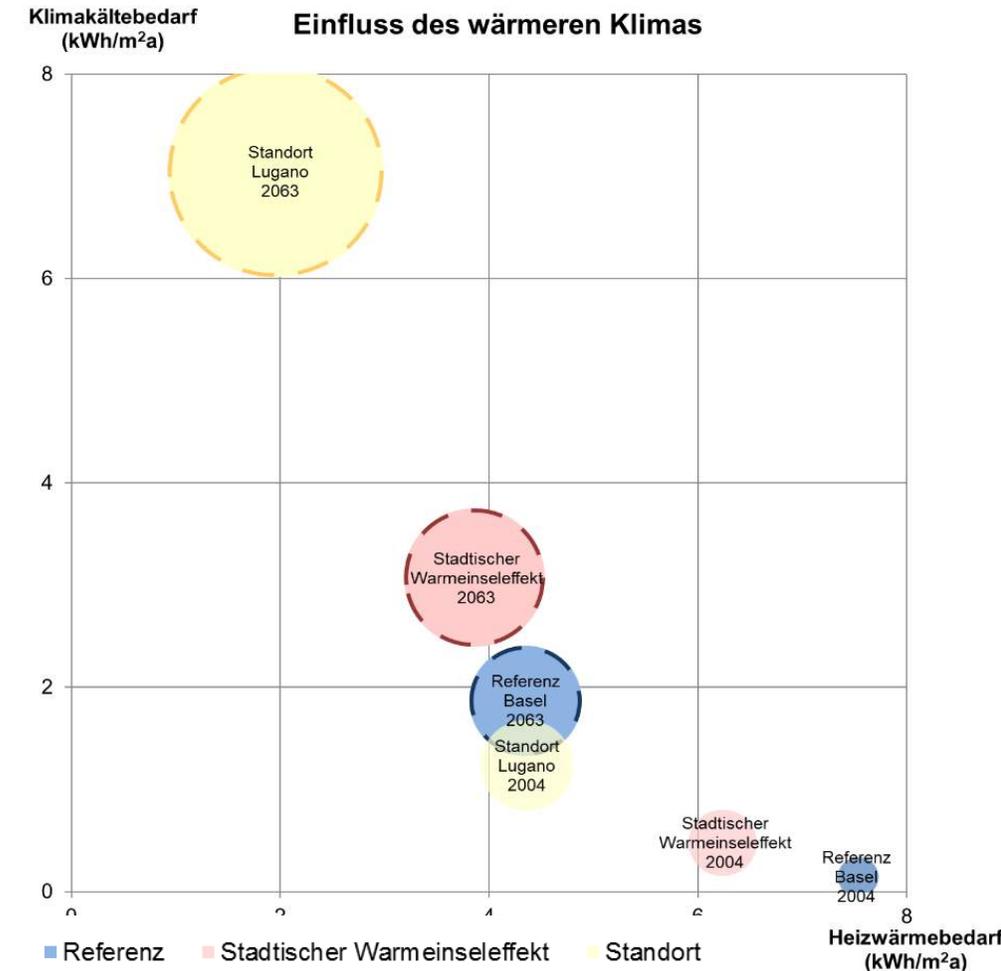
Parameter «Standort»/ «städtischer Wärmeinseleffekt»

Analyse der Bewertungsgrößen «Heizwärme- und Klimakältebedarf»

Beispiel durchschnittlich warmes Jahr 2063:

- **städtischer Wärmeinseleffekt** in Basel:
Erhöhung Überhitzungsstunden um mindestens 50%!
- Entsprechende Erhöhung des Klimakältebedarfs, geringfügige Reduktion des Heizwärmebedarfs.
- Standort **Lugano**:
Klimakältebedarf > 3x Heizwärmebedarf!

Grafik: Heizwärmebedarf (x-Achse) und Klimakältebedarf (y-Achse) des Referenzmodells in den Jahren 2004 und 2063, den durchschnittlich warmen Jahren der Perioden „1995“ und „2060“, jeweils am Standort Basel, unter Berücksichtigung des städtischen Wärmeinseleffekts am Standort Basel und am Standort Lugano. Die Grösse der Kreise stellt das Verhältnis der Anzahl an Überhitzungsstunden dar.



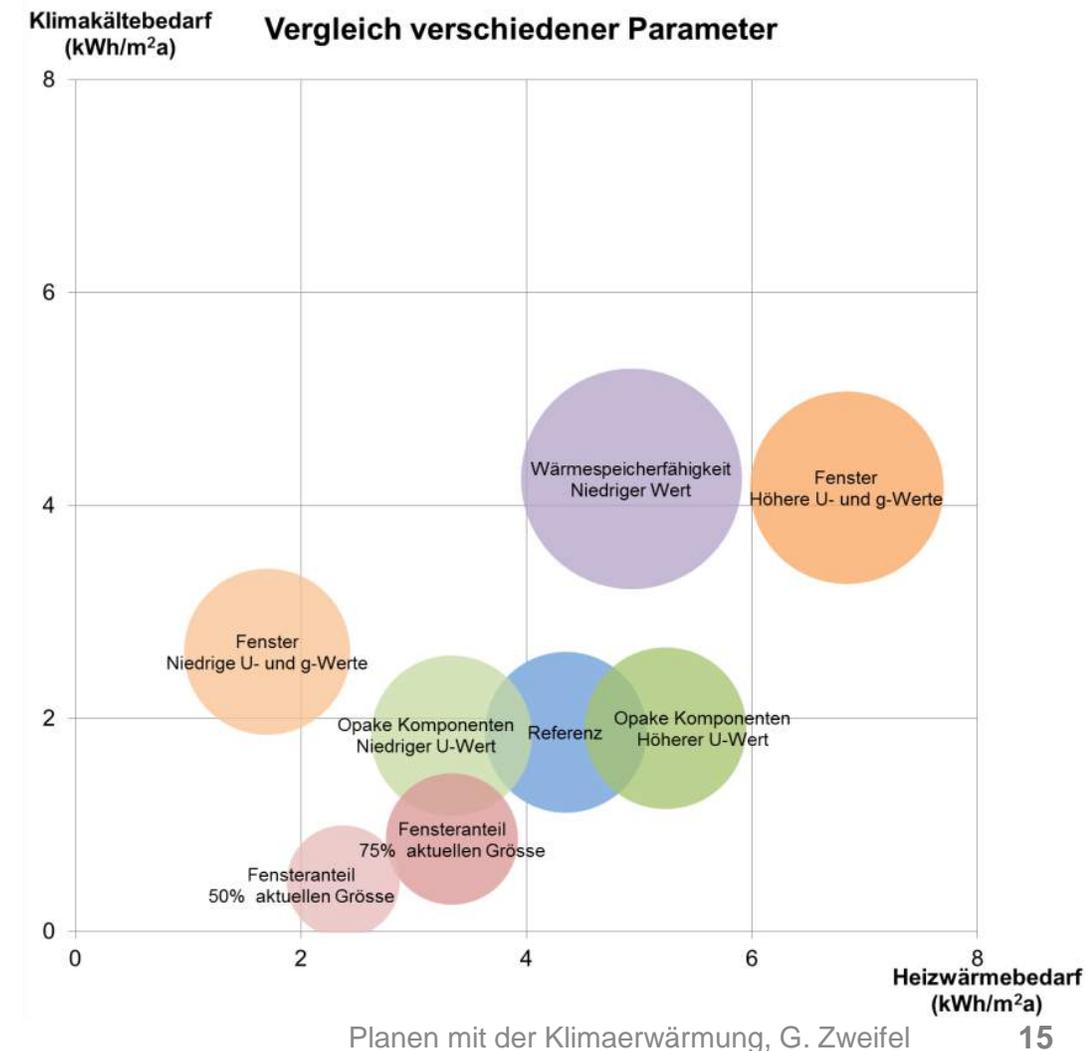
Rekapitulation Variation Entwurfsparameter

Analyse der Bewertungsgrößen «Heizwärme- und Klimakältebedarf»

Beispiel durchschnittlich warmes Jahr 2063:

- Bauteil **Fenster!**
- Hohe Relevanz **Wärmespeicherfähigkeit** (v.a. für den Klimakältebedarf)
- Variation der **U-Werte** bei opaken Komponenten: kaum Einfluss auf Klimakältebedarf. Niedrige U-Werte weiterhin zu empfehlen (Heizwärme-bedarf)

Grafik: Simulationsergebnisse aus der Parametervariation für den Heizwärmebedarf (x-Achse) und den Klimakältebedarf (y-Achse) des Referenzmodells im Jahr 2063, dem Medianjahr der Periode „2060“, am Standort Basel. Die Grösse der Kreise stellt das Verhältnis der Anzahl an Überhitzungsstunden dar.



Schlussfolgerungen

→ erheblicher Einfluss des Klimawandels auf Energiehaushalt und Behaglichkeit in Wohnbauten

Verschiebung der Bedeutung von der **Winter-** (Heizwärme) hin zur **Sommerbetrachtung** (Behaglichkeit)

- Energie und vor allem bei der **Leistung**
- Verstärkt in der **südlichen Schweiz** / in **Städten** (!)

Wichtigkeit des **Verhaltens der Bewohnerschaft**

- Unsachgemässe Bedienung des Referenzgebäudes
Raumtemp. > 40 °C / ca. 2'000 Überhitzungsstunden!
- Bei optimaler Bedienung
Sicherstellung von behaglichen Raumtemperaturen
- **Idealer Nutzer** realistisch? **Automation** als Lösung?

Entscheidende **Entwurfparameter**

- **Fenster, Speicherfähigkeit** (nach wie vor)

Massnahmen über den **Lebenszyklus** von Wohnbauten

- Integration in heutige Normen / Wirkung bis Ende Jh.
- **Free cooling/Geocooling¹** bei hohem Fensteranteil?

Solare Kühlung durch PV-Anlagen am Gebäude?

- Koinzidenz OK, jedoch **hohe Bedarfs-/Leistungsspitzen**
- **Künftig andere tageszeitliche Prioritäten**

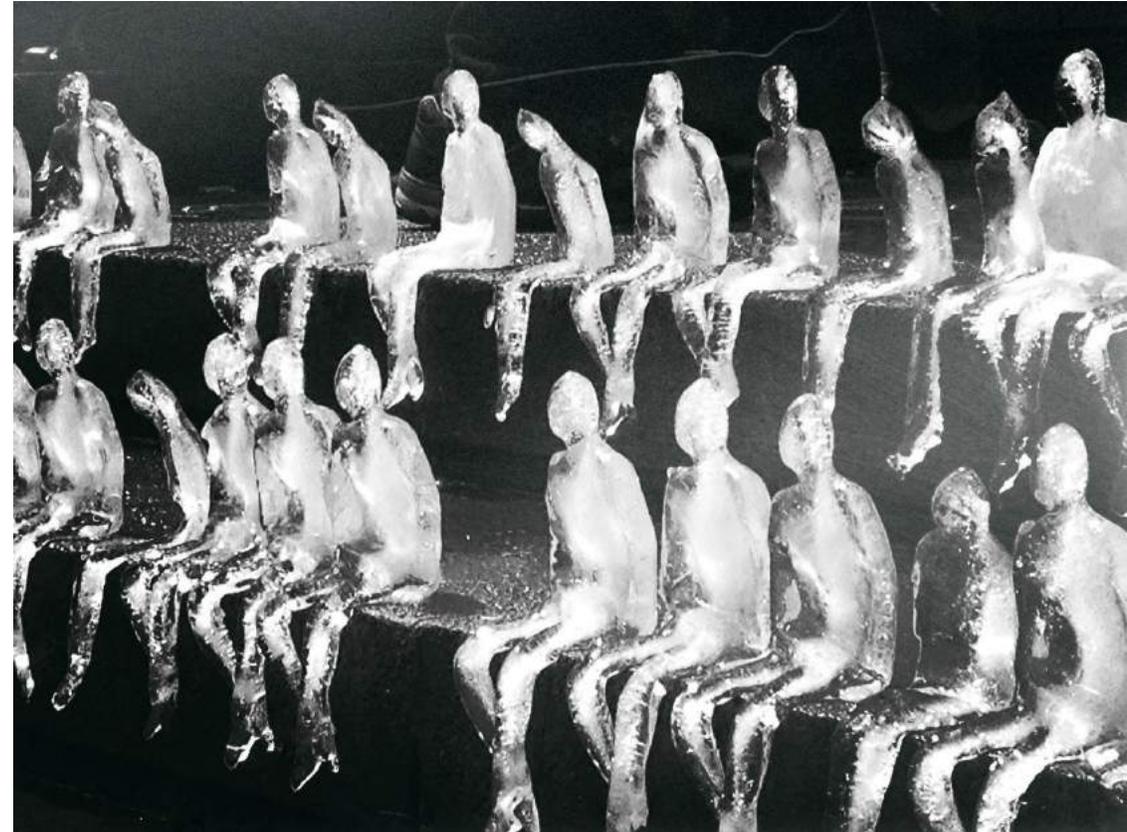


Bild: Die Eisskulptur von Nele Azevedo als Symbol für die Folgen der Klimaerwärmung.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Minimum_Monument_art_installation_by_Nele_Azevedo_in_Chamberlain_Square%2C_Birmingham_UK.JPG



Projekt «Klimadaten der Zukunft für Planende: Klimawandel und Merkblatt SIA 2028»

- Projekt SIA im Rahmes des Pilotprogramms «Anpassung an den Klimawandel» (BAFU)
- Ziele
 - Planenden neben den auf Messdaten beruhenden Werten im Merkblatt SIA 2028 eine praxistaugliche Alternative zur Verfügung stellen
die das mögliche, zukünftige Klima abbildet
 - Befähigen, die Auswirkungen der Klimaentwicklung in die Planung der Gebäude einzubeziehen und die Konsequenzen ihren Auftraggebenden aufzuzeigen
 - Zukunftsgerichtete Auslegung von Gebäudetechnik-Anlagen und Betriebsstrategien zur ressourcenschonenden Vermeidung von Überhitzung können evaluiert werden
- Stand: **Anfang!**

s i a

schweizerischer ingenieur- und architektenverein
société suisse des ingénieurs et des architectes
società svizzera degli ingegneri e degli architetti
swiss society of engineers and architects



Projekt «Klimadaten der Zukunft für Planende: Klimawandel und Merkblatt SIA 2028»

Vorbereitende / begleitende Projekte:

- Vorbereitende Master Thesis (MAS Energieingenieur)
 - Exemplarische Datenaufbereitung für 1 Station
-> Wir benötigen stündliche Daten! (CH 2018 stellt nur Tageswerte zur Verfügung)
 - Angewandt auf ein Fallbeispiel in Stadt ZH
 - **CH2011: «delta change», CH 2018: «quantile mapping»**
-> **Datenaufbereitung ist eine Herausforderung!**
- Klimawandel im Kanton Zürich: Massnahmenplan Anpassung an den Klimawandel
 - ...Erarbeitung von Klimadatensätzen für Haustechnik-Planungsprogramme (vergleichbar mit SIA 2028) und Berechnung von Beispielen zu Wirkungszusammenhängen bei Klimaanlage

s i a

schweizerischer ingenieur- und architektenverein
société suisse des ingénieurs et des architectes
società svizzera degli ingegneri e degli architetti
swiss society of engineers and architects



Heizgradtag-, bzw. Kühlgradstundenmethode

Liefert die Heizgradtag-, bzw. Kühlgradstundenmethode zur Normierung für Jahresvergleiche auch in Zukunft sinnvolle Resultate?

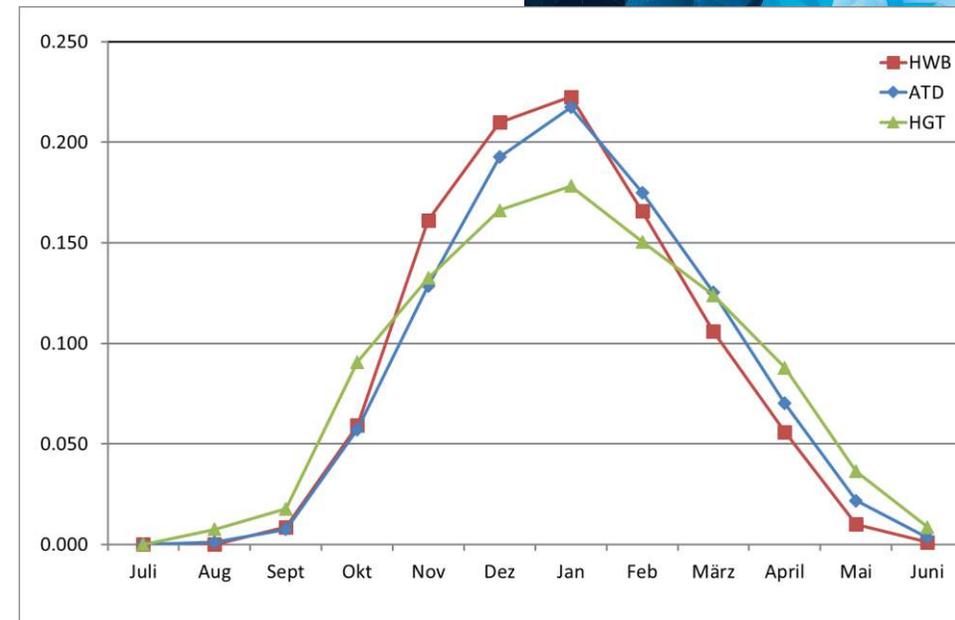
1. HGT sind gemäss SIA 380:2015 abgelöst durch ATD

- EN ISO 15927-6:2004
- Bilden Wärmebedarf besser ab
- Auch für VHKA verwendet (VEWA)
- Daten verfügbar bei MeteoCH
- Neuere Forschung zeigt **Korrekturbedarf:**

Vogel et. al.: EnBo -> «PTD»
(Korrektur mit Strahlung)

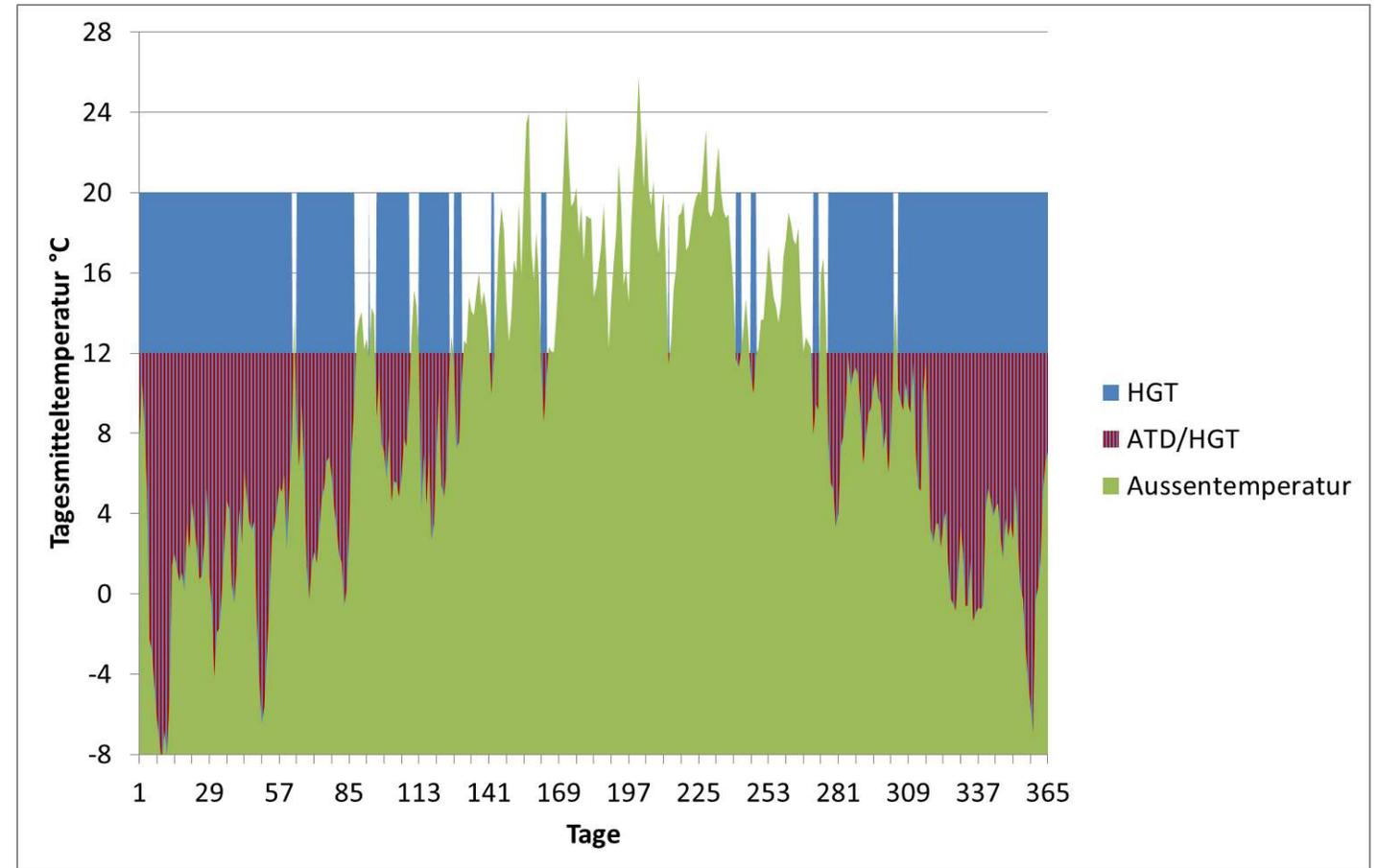
Mojic et. al: KlimaGapLite
(-> falsche Basistemperatur)

- SIA 380: **Revision startet jetzt**



HGT/ATD Definition

- Heizgradtage (HGT):
 $\Sigma(\theta_i - \theta_e)$, wenn $\theta_e < \theta_i$
z.B. $\Sigma(20 - \theta_e)$, wenn $\theta_e < 12$
- Akkumulierte Temperatur-
differenzen (ATD):
 $\Sigma(\theta_b - \theta_e)$
z.B. $\Sigma(12 - \theta_e)$
(-> analog KGT!)



Heizgradtag-, bzw. Kühlgradstundenmethode

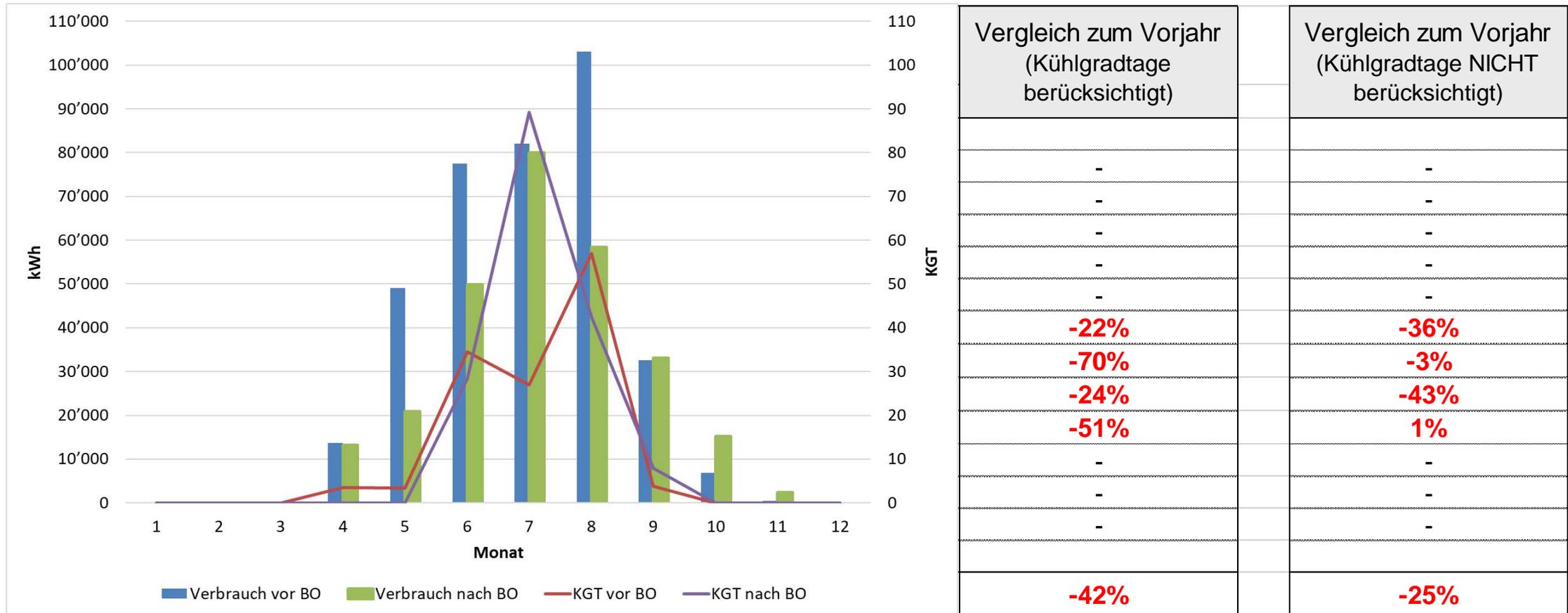
«Liefert die Heizgradtag-, bzw. Kühlgradstundenmethode zur Normierung für Jahresvergleiche auch in Zukunft sinnvolle Resultate?»

1. KGh/KGT: Bislang keine Daten beim SIA
 - Bedarf für Korrektur unbestritten
 - In VEWA verwendet (Definition mit 65F)
 - Skeptisch: Kühlung nicht primär temperaturgetrieben
 - Spezielle Fälle: Nachtauskühlung, stark temperaturabhängige Technik -> OK
 - **Kombiparameter (z.B. mit Strahlung)?**
2. Bezüglich Zukunft: Wir wissen es (noch) nicht
 - Wir benötigen zuerst die Daten
 - Wenn's heute geht, wieso nicht auch in Zukunft?

Station	Abk.	m ü. M.	Apr	Mal	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Total
Adelboden	ABO	1327	0,0	0,0	2,2	3,6	5,1	0,5	0,0	11,4
Altdorf	ALT	438	0,6	7,2	24,7	42,6	42,1	4,7	1,3	123,4
Basel-Binningen	BAS	316	0,1	5,5	31,6	58,6	60,2	6,2	0,4	162,6
Bern-Zollikofen	BER	553	0,0	2,1	19,5	38,3	39,1	1,8	0,0	100,8
Chur	CHU	556	0,0	5,9	27,4	43,7	43,3	3,6	0,1	124
Davos	DAV	1594	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	0,0	0,0	0,9
Glarus	GLA	517	0,1	4,5	35,9	73,5	70,8	7,4	0,4	192,6
Genève	GVE	412	0,1	3,2	18,5	28,5	27,1	0,9	0,2	78,7
Interlaken	INT	577	0,0	1,4	15,3	31,0	27,9	0,5	0,0	76,1
La Chaux-de-Fonds	CDF	1018	0,0	0,0	3,9	7,0	8,4	0,1	0,0	19,4
La Frétaz	FRE	1205	0,0	0,0	2,6	4,2	8,0	0,6	0,0	15,4
Locarno-Monti	OTL	367	0,2	10,7	54,8	110,3	103,6	14,8	0,3	294,7
Lugano	LUG	273	0,0	8,2	55,2	116,9	109,7	15,7	0,4	306,1
Luzern	LUZ	454	0,0	4,0	25,9	48,7	45,9	2,7	0,0	127,2
Magadino	MAG	203	0,0	9,0	56,8	111,0	97,8	10,4	0,0	285
Montana	MVE	1427	0,0	0,0	2,6	4,2	6,4	0,3	0,0	13,5
Neuchâtel	NEU	485	0,0	3,9	31,0	63,5	64,6	6,0	0,2	169,2
Payerne	PAY	490	0,0	2,0	20,7	42,4	43,2	2,8	0,1	111,2
Pully	PUY	456	0,0	4,9	34,4	70,5	71,6	8,3	0,2	189,9
Samedan	SAM	1709	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
Schaffhausen	SHA	438	0,1	3,9	25,7	45,3	45,0	2,6	0,1	122,7
Scuol	SCU	1304	0,0	0,0	1,9	5,6	5,7	0,0	0,0	13,2
Sion	SIO	482	0,0	6,0	36,3	65,6	56,0	3,5	0,0	167,4
Vaduz	VAD	457	0,9	9,7	30,9	47,6	48,5	8,2	1,7	147,9
Zermatt	ZER	1638	0,0	0,0	0,3	0,6	1,7	0,0	0,0	2,6
St. Gallen	STG	776	0,1	2,8	14,6	24,4	29,1	3,1	0,4	74,5
Zürich	SMA	444	0,0	3,7	23,6	41,3	43,3	3,4	0,1	115,4



Beispiel Klimakorrektur bei BO



Verlauf des Verbrauchs wird durch die KGT schlecht abgebildet -> KGT 18.3 untauglich



Fazit

- Berücksichtigung der Klimazukunft in der Planung in Arbeit, aber noch nicht gefestigt!
- Trends der Auswirkungen des Klimawandels aus der Forschung absehbar
-> Sommerlicher Wärmeschutz/Kühlung im Wohnbau akzentuiert
- Anpassung der Klimakorrektur wird bei der SIA 380-Revision berücksichtigt
- Geeigneter Parameter für Kältekorrektur noch nicht vorhanden



Wir danken für die Unterstützung

