



«Bauen im Klimawandel»

Nichts für Feiglinge – ab sofort sind
resiliente Architekturkonzepte gefordert

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik

Gianrico Settembrini

Leiter Forschungsgruppe

T direkt +41 41 349 38 16
gianrico.settembrini@hslu.ch

Horw 24.08.2020

EnergieTreff SG

Energieagentur St. Gallen

St. Gallen, den 26. August 2020

Das Klima 2018



News > Schweiz >

Rekordsommer 2018

So trocken war es zuletzt vor 97 Jahren

Nur im Sommer 1921 regnete es weniger als jetzt – und Niederschläge sind kaum in Sicht.

Mittwoch, 25.07.2018, 12:59 Uhr
Aktualisiert um 16:32 Uhr

Quellen / Sources:

links / gauche: Jörg Hammer, BAFU, 25. juli 2018 <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/trockenheit-in-der-schweiz-juli-2018.html>

mitte / centre: Keystone/Gian Ehrenzeller, <https://www.bluewin.ch/de/news/schweiz/auch-in-der-hoehe-gibt-es-in-der-schweiz-immer-weniger-schnee-146756.html>

Rechts / droite: Ti-Press / Alessandro Crinari / Keystone, 8. November 2018 <https://www.nzz.ch/panorama/bildstrecke/hochwasser-am-lago-maggiore-id.1434989#lg=1&slide=0>

Die Klimaszenarien CH2018

Kernaussagen (bis Mitte Jahrhundert)



+2,5°C bis +4,5°C
Sommertemperatur

-25% bis +10%
Sommerniederschlag

+0 bis +9 Tage
Längste
Sommertrockenperiode

Trockene Sommer

Gemüsebauerin Valérie bewässert ihre Gurken, denn die Böden sind trockener. Die Verdunstung steigt und es regnet seltener.



Winter: +10% Sommer: +10%
Stärkster jährlicher
Eintagesniederschlag

Winter: +10% Sommer: +20%
100-jährliches Eintages-
Niederschlagsereignis

Heftige Niederschläge

Hausbesitzer Urs räumt schon wieder seinen Keller aus, denn extreme Niederschläge sind merklich häufiger und intensiver geworden.

Quelle:

CH2018 (2018), CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, ISBN: 978-3-9525031-4-0
www.ch2018.ch

Die Klimaszenarien CH2018

Kernaussagen (bis Mitte Jahrhundert)



+3 bis +17
Sehr heisse Tage
(heute im Schnitt 1 Tag pro Sommer)

+2°C bis +5,5°C
Wärmster Tag des Jahres

Mehr Hitzetage

Nonna Lucia kann nicht schlafen, denn Hitzewellen, heisse Tage und Nächte sind häufiger und extremer.



400 m bis 650 m
Anstieg Nullgradgrenze
im Winter

+2°C bis +3,5°C
Temperatur im Winter

Schneearme Winter

Gian bleibt im Gras stecken, denn die Winter sind wärmer und bringen oft Regen statt Schnee

Quelle:

CH2018 (2018), CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, ISBN: 978-3-9525031-4-0
www.ch2018.ch

Die Klimaszenarien CH2018

Kernaussagen (bis Mitte Jahrhundert)



Klimaschutz greift

Eine umfassende Senkung des weltweiten Treibhausgasausstosses könnte den zukünftigen Klimawandel eindämmen. So liesse sich bis Mitte des 21. Jahrhunderts rund die Hälfte, bis Ende Jahrhundert zwei Drittel der möglichen Klimaveränderungen in der Schweiz vermeiden.

Quelle:

CH2018 (2018), CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, ISBN: 978-3-9525031-4-0
www.ch2018.ch

Die Klimaszenarien CH2018

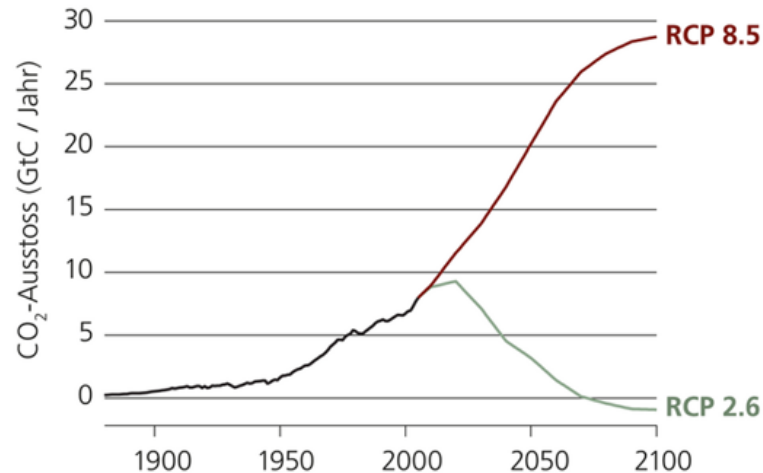
Emissionsszenarien

Emissionsszenarien

Weltweiter netto CO₂-Ausstoss aus fossilen und industriellen Quellen

(Quelle: Angepasst von IPCC 2013/WGI/Box 1.1/Figure 3b)

- Kein Klimaschutz
- Konsequenter Klimaschutz



Kein Klimaschutz (RCP8.5): Klimaschutzmassnahmen werden nicht ergriffen. Trotz des technischen Fortschritts nehmen daher die klimawirksamen Emissionen stetig zu – und mit ihnen die Erwärmung.

Konsequenter Klimaschutz (RCP2.6): Mit einer umgehend eingeleiteten Senkung der Emissionen auf praktisch Null wird der Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre bis etwa in 20 Jahren gestoppt. Damit lassen sich die Ziele des Pariser Klimaabkommens von 2015 wahrscheinlich erreichen und die globale Erwärmung auf zwei Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zustand begrenzen.

Quelle:

CH2018 (2018), CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, ISBN: 978-3-9525031-4-0
www.ch2018.ch

Die Klimaszenarien CH2018

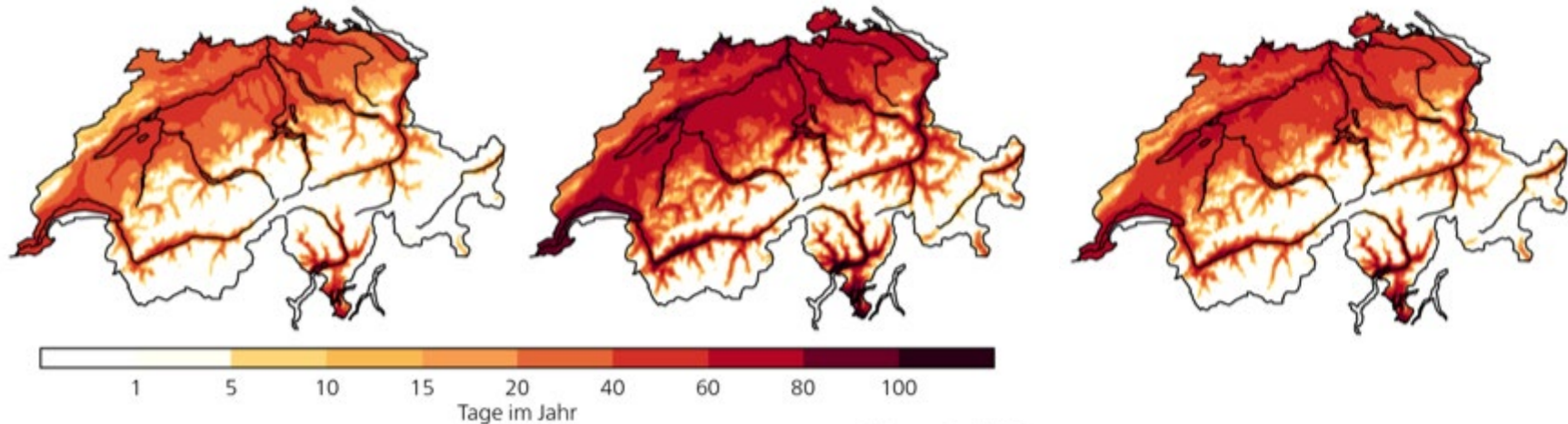
Klimaszenarien und Sommertage

Sommertage

Beobachtungen
Normperiode 1981-2010

2060
RCP8.5
Mittlere Schätzung

2060
RCP2.6
Mittlere Schätzung



Sommertag:

An einem Sommertag ist die Maximaltemperatur 25°C oder höher.

Die Anzahl Sommertage pro Jahr sind ein häufiger verwendeter Klimaindikator.

Quelle:

CH2018 (2018), CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, ISBN: 978-3-9525031-4-0
www.ch2018.ch

ClimaBau – Planen angesichts des Klimawandels

Energiebedarf und Behaglichkeit
heutiger Wohnbauten bis ins Jahr 2100

→ www.hslu.ch/climabau

Finanzierung Projekt ClimaBau

Bundesamt für Energie BFE
Bundesamt für Umwelt BAFU
Hochschule Luzern HSLU

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 MuKEn), Gerhard Zweifel (SIA)



© 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

Ausgangslage Klimawandel

Einfluss auf den Schweizer Gebäudepark

Es ist anzunehmen, dass das Schweizer Klima im Laufe des 21. Jh. signifikant vom heutigen und vergangenen Zustand abweichen wird. Je nach Szenario und Region wird bis zum **Ende des Jh.** eine Zunahme der jahreszeitlichen mittleren Temperatur von **3.2-4.8°C** vorausgesagt. [1]



[1] CH2011 (2011), "Swiss Climate Change Scenarios CH2011", published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich
Bild links: Wouda R., Editorialbild Das Magazin, Zeitschrift der TA Media AG, Ausgabe Nr. 8, Februar 2018
Bild mitte: Editorialbild Das Magazin, Zeitschrift der TA Media AG, Ausgabe Nr. 13, März 2019
Bild rechts: <http://www.torange-de.com/Backgrounds-textures/texture/Die-Textur-des-alten-Bürogebäude-14743.html>

Fragenstellung des Projekts ClimaBau

Klimawandel und Schweizer Wohnbauten

Raumtemperaturen in Wohngebäuden im laufenden Jahrhundert ohne Gegenmassnahmen?

Thermischer Komfort ohne Kühlsysteme?

Energiebedarf für die Kühlung bei Erhalt der heutigen Komfortansprüchen?

Gesamtenergie- und Leistungsbedarf?
(Heizung, Kühlung, Beleuchtung)

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

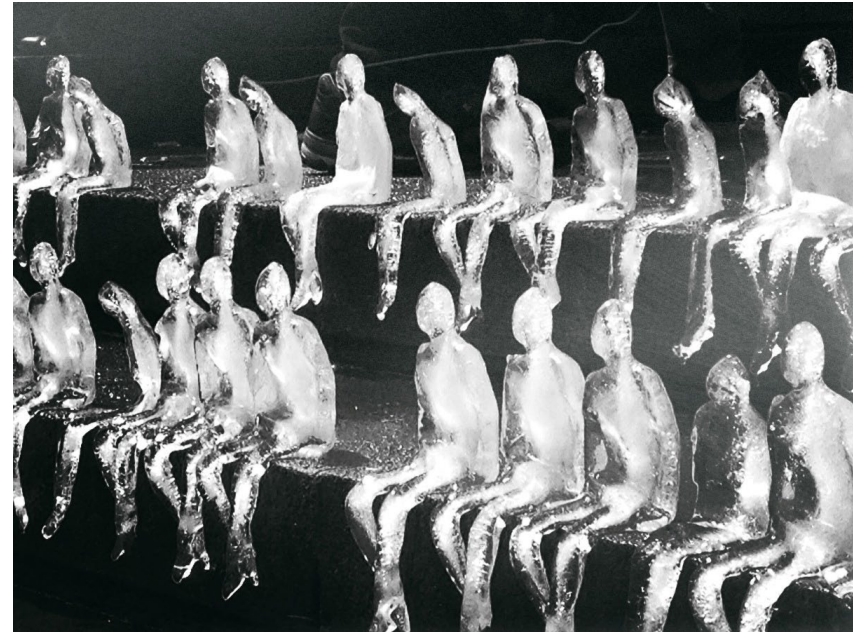


Bild: Die Eisskulptur von Nele Azevedo als Symbol für die Folgen der Klimaerwärmung.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Minimum_Monument_art_installation_by_Nele_Azevedo_in_Chamberlain_Square%2C_Birmingham_UK.JPG

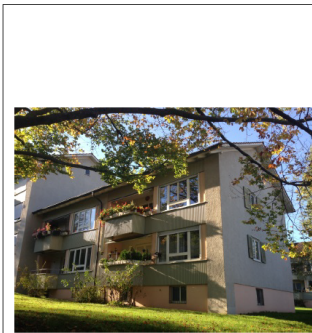
Simulationen Phase 1 – Einfluss des Klimawandels

Auswahl von vier realen Fallbeispielen

Rahmenbedingungen

Fokus Standort **Basel** (als Beispiel für das Schweizer Mittelland)
Mittleres CO₂-Emissionsszenario A1B

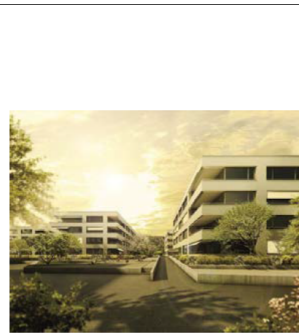
Massivbau



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



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



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

Hybridbau



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

Ergebnisse Phase 1 – Einfluss des Klimawandels

Vergleich der Perioden «1995» (1980-2009) und «2060» (2045-2074)

Reduktion Heizwärmebedarf

Altbauten → ca. 20%

Neubauten → ca. 30%

Anstieg Klimakältebedarf

A → exponentiell, jedoch unbedeutend

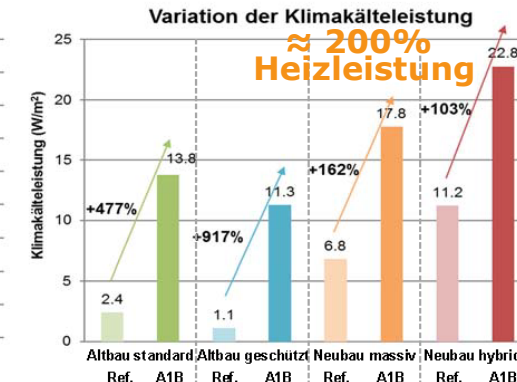
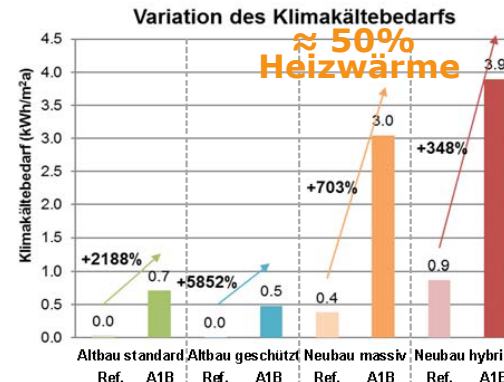
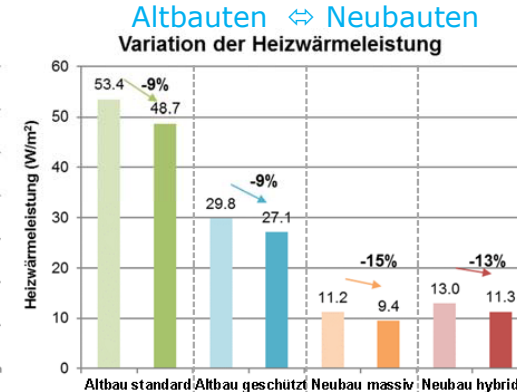
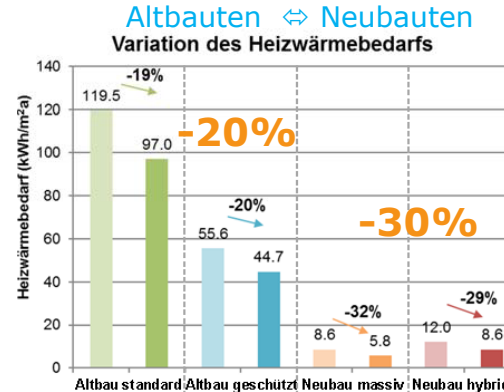
N → stark, auf ca. 50% der Heizwärme

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.



Phase 2 – Parametervariation am Referenzgebäude

Einzelne Parameter im Klimawandel

Betriebsparameter

Nachtkühlung

→ *mechanische Lüftung*

→ *natürliche Lüftung*

Sonnenschutz

Nutzerverhalten (Kombinationen)

Entwurfsparameter

Qualität der Gebäudehülle (U-/g-Werte)

→ *opake Bauteile*

→ *transparente Bauteile (Fenster)*

Fensteranteil

Orientierung

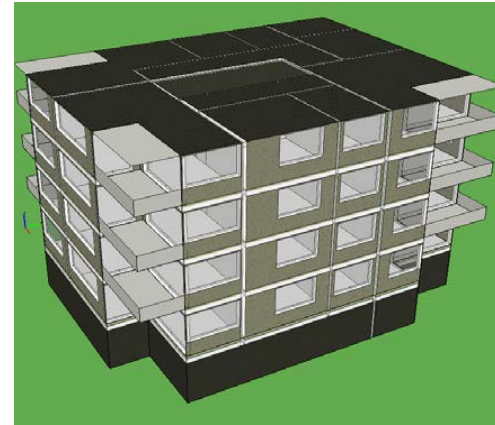
Wärmespeicherefähigkeit (thermische Masse)

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 $T_{AUL} < T_{RAL}$ & $T_{RAL} > 22^\circ\text{C}$

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.

Parameter «Standort»/ «städtischer Wärmeinseleffekt»

Analyse der Bewertungsgrössen «Heizwärme- und Klimakältebedarf»

Beispiel durchschnittlich warme Jahre 2004 und 2063:

→ **städtischer Wärmeinseleffekt:**

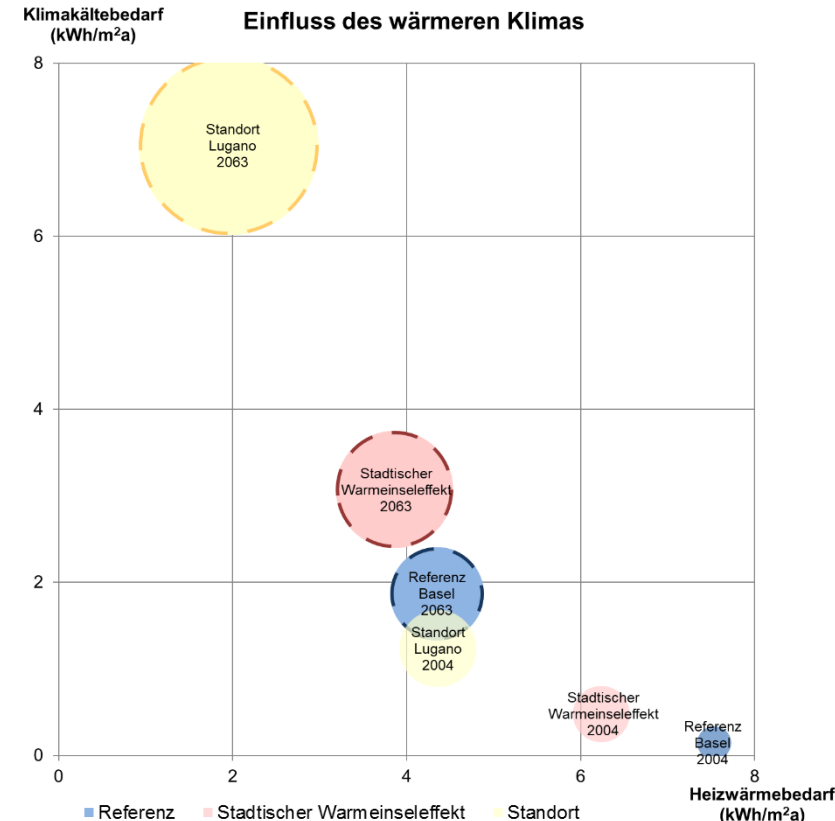
Erhöhung Überhitzungsstunden um mindestens 50%!

→ Entsprechende Erhöhung des Klimakältebedarfs,
geringfügige Reduktion des Heizwärmebedarfs.

→ Standort **Lugano** 2063:

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.



→ erheblicher Einfluss des Klimawandels auf Energiehaushalt und Behaglichkeit in Wohnbauten

Paradigmenwechsel:

Verschiebung 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 behagliche Raumtemperaturen

→ **Idealer Nutzer** realistisch? **Automation** als Lösung?



→ erheblicher Einfluss des Klimawandels auf Energiehaushalt und Behaglichkeit in Wohnbauten

Paradigmenwechsel:

Verschiebung 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 behagliche Raumtemperaturen

→ **Idealer Nutzer** realistisch? **Automation** als Lösung?

Entscheidende **Entwurfparameter**

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

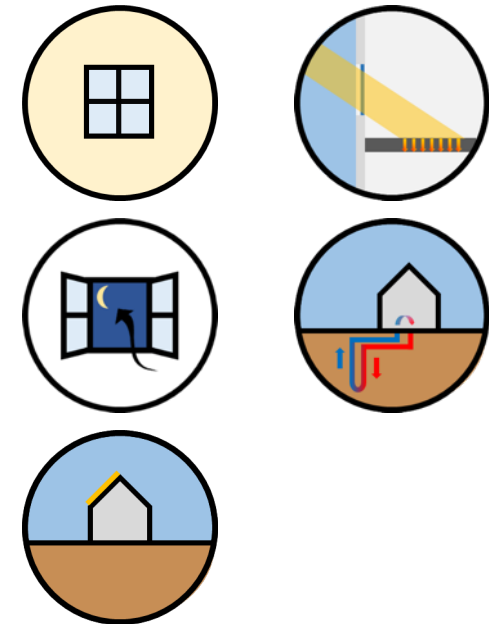
Massnahmen über den **Lebenszyklus** von Wohnbauten

→ 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



1) Free cooling: Abgabe der Wärme an die Luft während der Nacht.

Geocooling: Abgabe der Wärme an das Erdreich über dieselben Erdsonden, die im Winter Umgebungswärme für die Wärmepumpen liefern.

Klimawandel – konkrete Ansätze

Ein Blick in die Zukunft



© 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

Blick in die Zukunft

Welchen Beitrag können wir leisten?

Konkrete Ansätze / Forschungsprojekte

Bereit für den Klimawandel?

Handlungsempfehlungen für Bauherrschaften und Planende, 2020

Schweizer **Gebäudestandards** im Zeichen des Klimawandels, 2020

Klimageräte im Kontext des Klimawandels, 2020

Klimaanpassungen von Neu-, Um- und bestehenden Wohnbauten – **effiziente Kühlkonzepte**, 2021

Weiterbildung

3-Tages-Kurs HSLU

Bauen im Klimawandel

Mehr Info:

www.hslu.ch/klimawandel



© 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

Klimawandel – konkrete Ansätze

Ein Blick in die *Vergangenheit...*



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

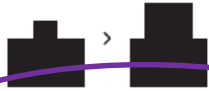
Traditionelle Architektur

Strategien in Abhängigkeit der klimatischen Bedingungen

Sparen

kühle subpolare und gemässigte Klimazonen

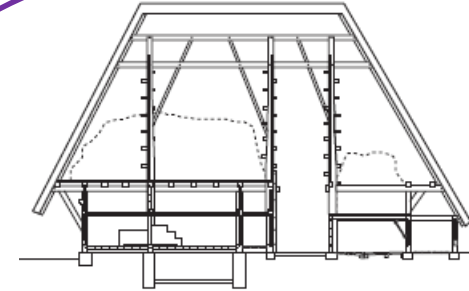
- Verdicken
Volumen grösser, Oberfläche kleiner



- Schrumpfen
zusammengezogene Gestalt (Winterhaus)



- Eingraben
mit Erde zudecken



Zehnderhütte, Schnitt
Aus: die Bauernhäuser im Kanton Luzern, Ernst Branner, 1977
Luzern, S. 178



Peter Vetsch, Wohnhaus Raven, Ascona
Aus: Vetsch 1994, S. 44

Traditionelle Architektur

Strategien in Abhängigkeit der klimatischen Bedingungen

Gewinnen

(warm)gemässigte u. subtropische Klimazonen

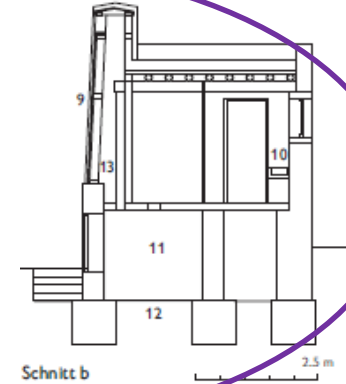
- Aussetzen
die sonnengeformte Gestalt



- Blähen
das Sommerhaus



- Umhüllen
raumhaltige Hülle



Arup Associates: Schule, Ladalch Indien 2001 (Sonnenfänger)
Aus: Energie Atlas Nachhaltige Architektur
Egger, Fuchs, Stark, Zeumer, 2008, Basel/Boston/Berlin S. 231



Martin Wagner: das wachsende Haus, Berlin, 1923
Aus: das wachsende Haus – Ein Beitrag zur Lösung der städtischen Wohnungsfrage, 1932, Berlin
S. 149

Traditionelle Architektur

Strategien in Abhängigkeit der klimatischen Bedingungen

Ausweichen

Subtropische oder tropische Klimata

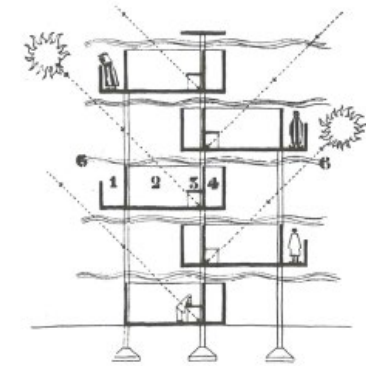
- Einschliessen
raumhaltige Hülle



- Durchlüften
Querlüftung durch tiefe Volumen



- Wandern
nutzungsneutrale Räume

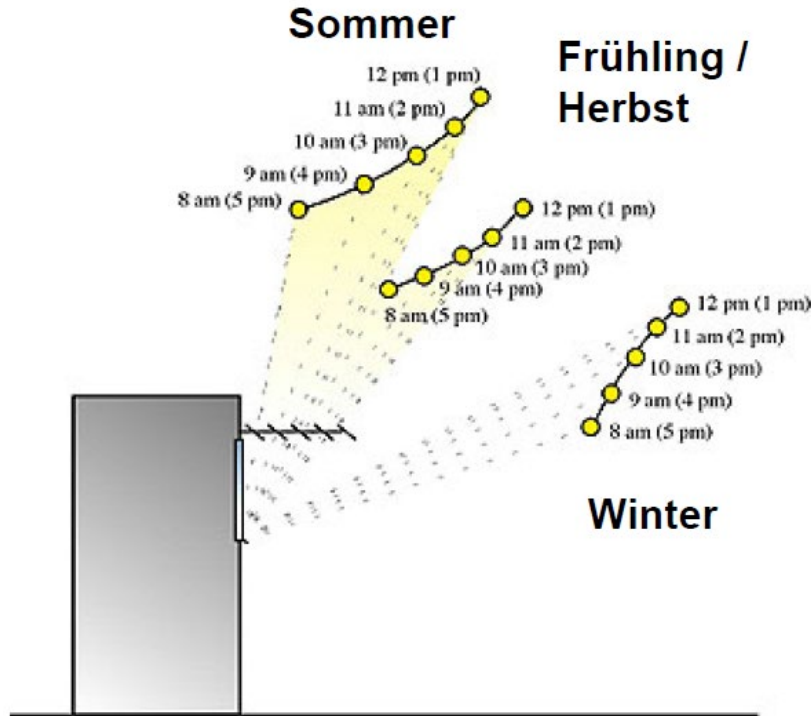


Entwurfsstrategien

**„Die Sonne
einführen, das
ist eine neue
und die
gebieterische
Aufgabe des
Architekten.“
*Le Corbusier***



Entwurfsstrategien

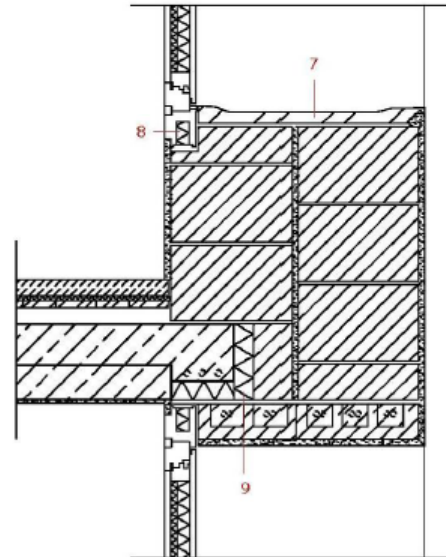
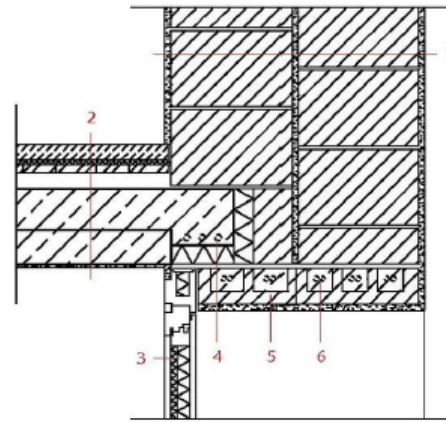
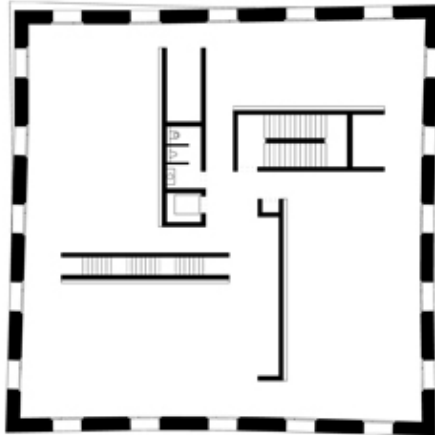
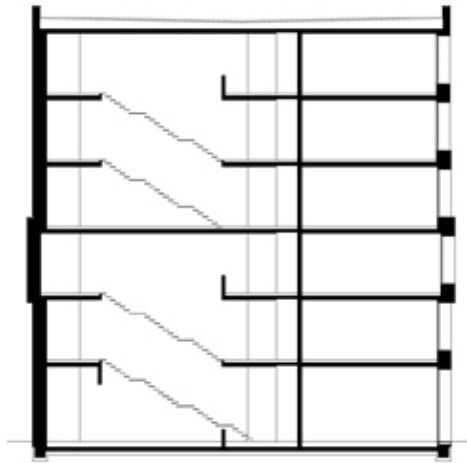


- Südfassaden weisen zwar starke Sonneneinstrahlung auf, aber mit steilem Einfallswinkel
- Fester Sonnenschutz bzw. Balkone können sinnvoll sein
- Südwest- und Südostfassaden bzw. Ost- und Westfassaden sind oft am problematischsten (viel Sonneneinstrahlung bei niedrigem Sonnenstand)
- Beweglicher, aussenliegender Sonnenschutz

Fallbeispiele

Bürohaus 2226, Lustenau, Austria, baumschlager eberle, 2013





1 Wandaufbau:
 gelöschter Kalkputz, 8 mm
 Kalkzement-Grundputz, 12 mm
 gelochter Ziegel, U-Wert = 0,24 W/m²K, 380 mm
 Mörtelfuge, 18 mm
 gelochter Ziegel, U-Wert = 0,34 W/m²K, 380 mm
 Kalkzement-Grundputz, 15 mm
 Kalkputz-Spachtelung, 5 mm



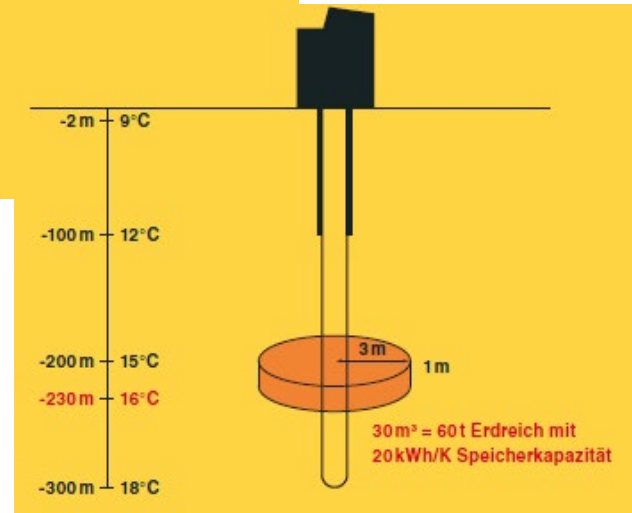


Fallbeispiele

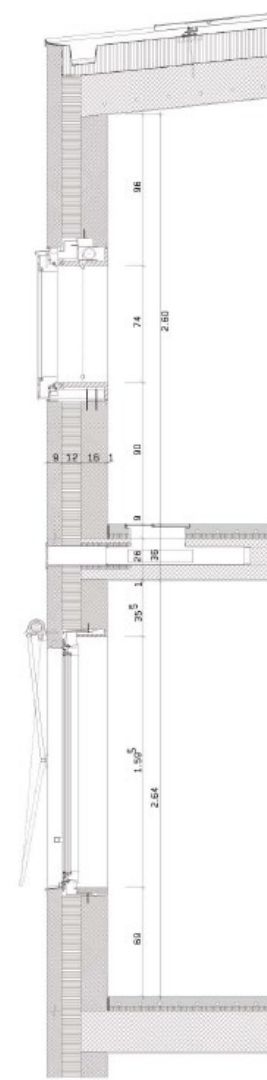
Bolleystrasse 35, Zürich, Schweiz, agps architects, 2009

Zero Emission LowEx

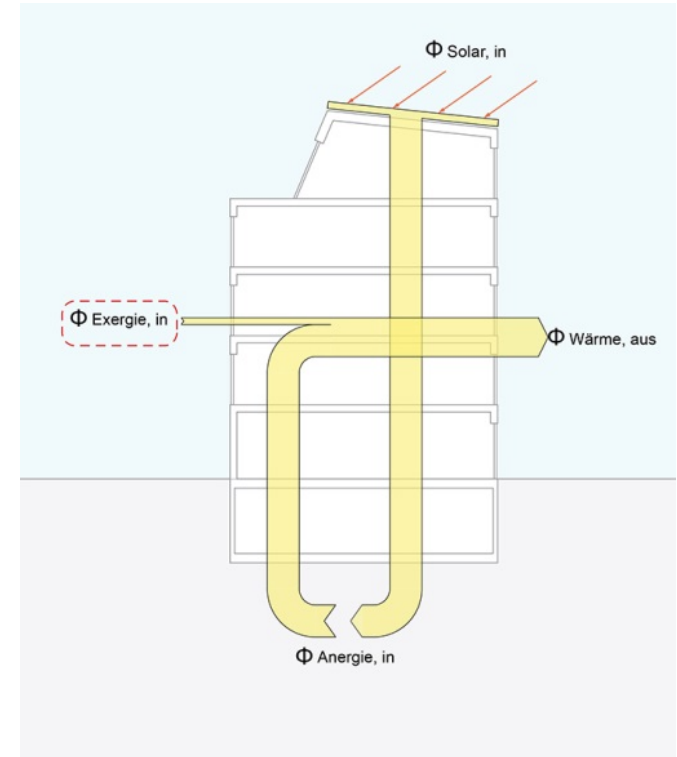
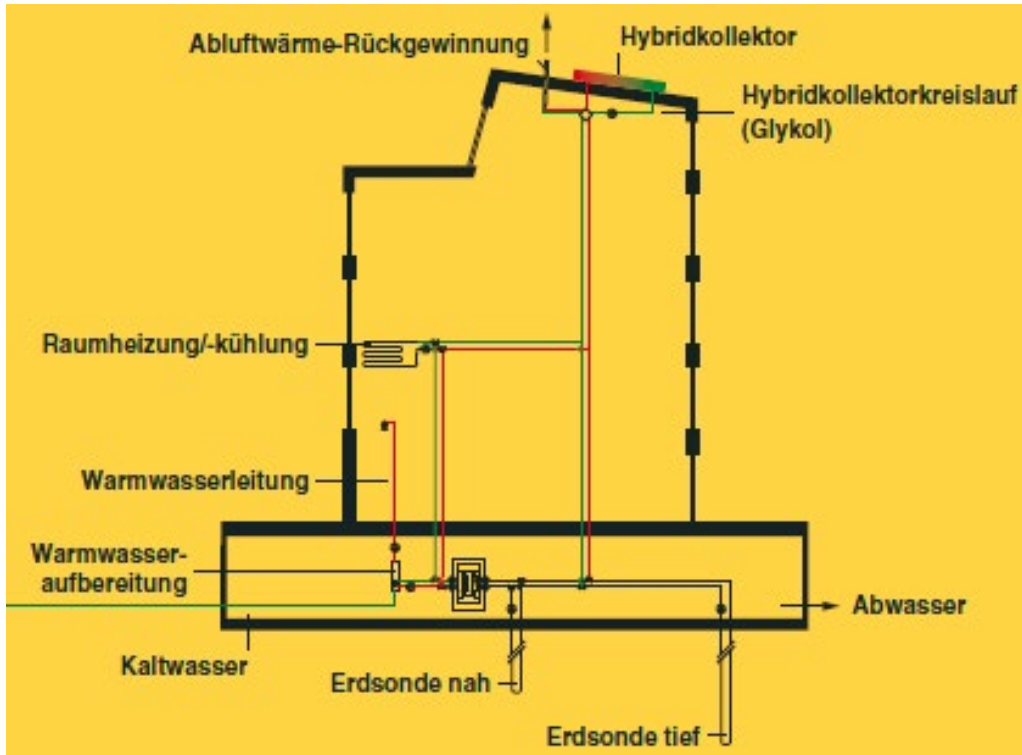
Hansjürg Leibundgut
viaGialla



References and pictures:
<http://www.architekturpreis-beton.ch/2013/B35-WOHNHAUS-BOLLEYSTRASSE-35/>
<http://www.agps.ch/b35>



Hochschule Luzern
Technik & Architektur

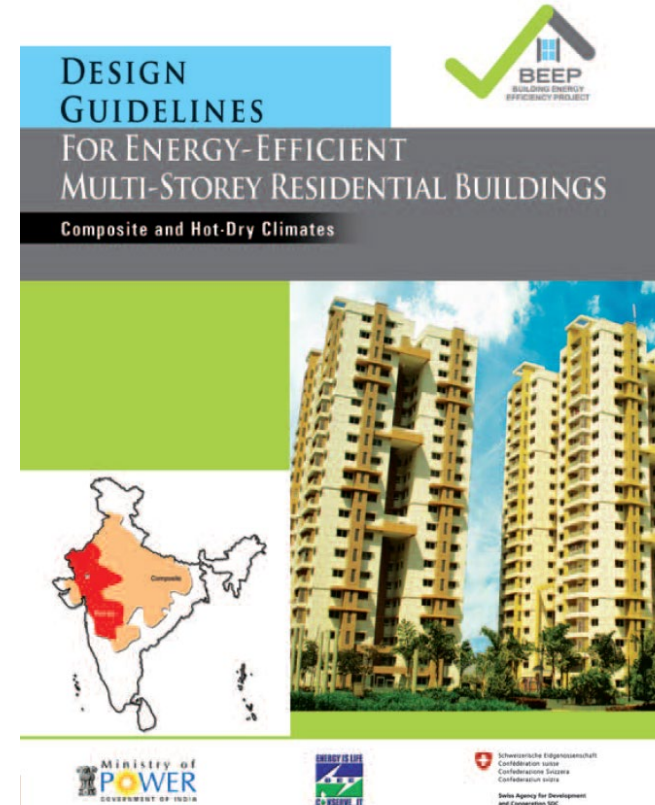


Building Energy Efficiency Project India Design Guidelines

2 publications for residential buildings

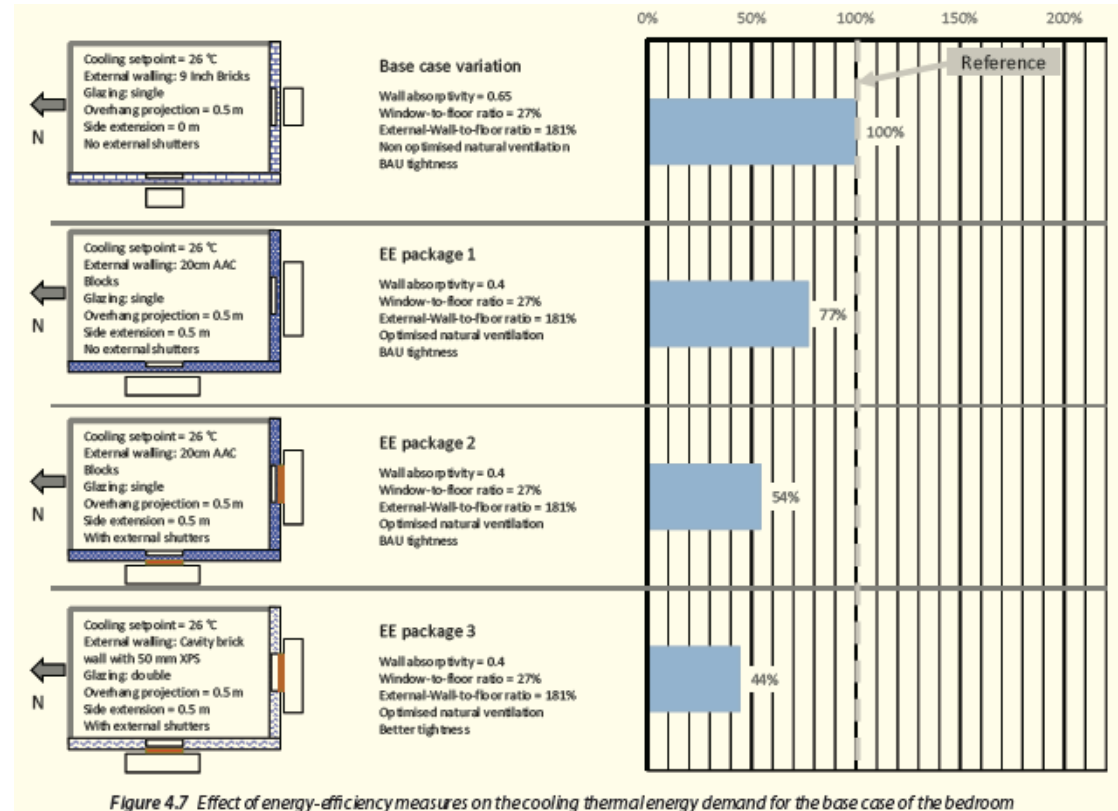
- good quality
- presented as
India's Intended Nationally
Determined Contribution INDC
at the COP21 in Paris 2015
- different climatic zones

→ <http://www.beepindia.org/resource/Residential-Guidelines>



Building Energy Efficiency Project India

Sun protection



Building Energy Efficiency Project India

Natural ventilation

Figures 5.7 and 5.8 show a few configurations of inlet and outlet openings in plan and section along with their effectiveness.

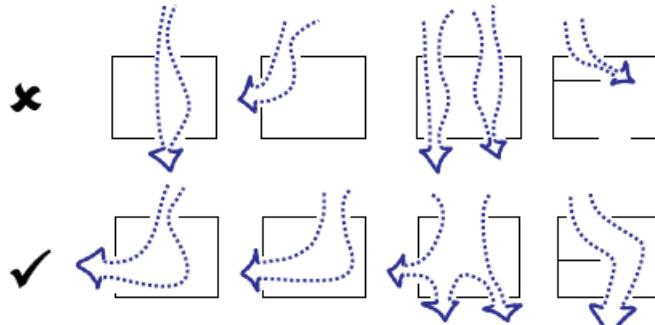


Figure 5.7 Inlet and outlet openings in plan
(Modified from: <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/passive-design/natural-ventilation/>)

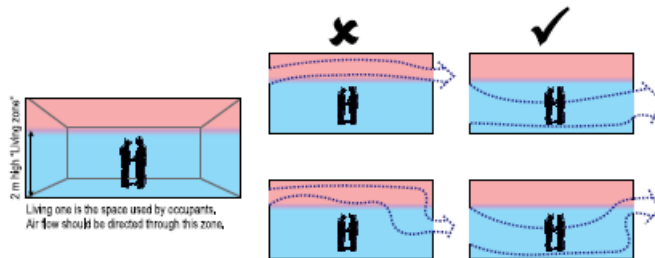


Figure 5.8 Inlet and outlet openings in section
(Modified from: <http://www.nzeb.in/knowledge-centre/passive-design/natural-ventilation/>)

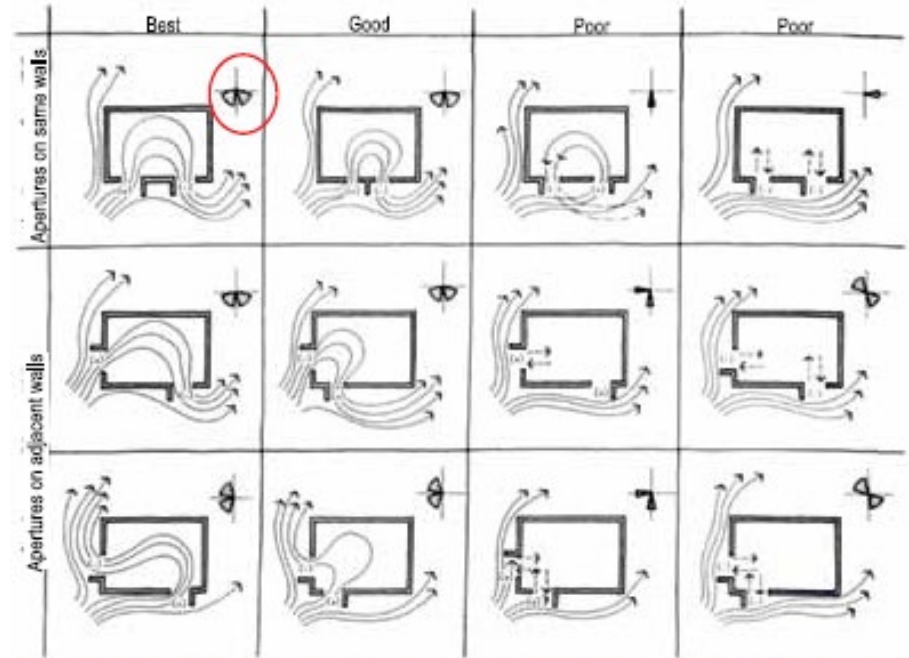
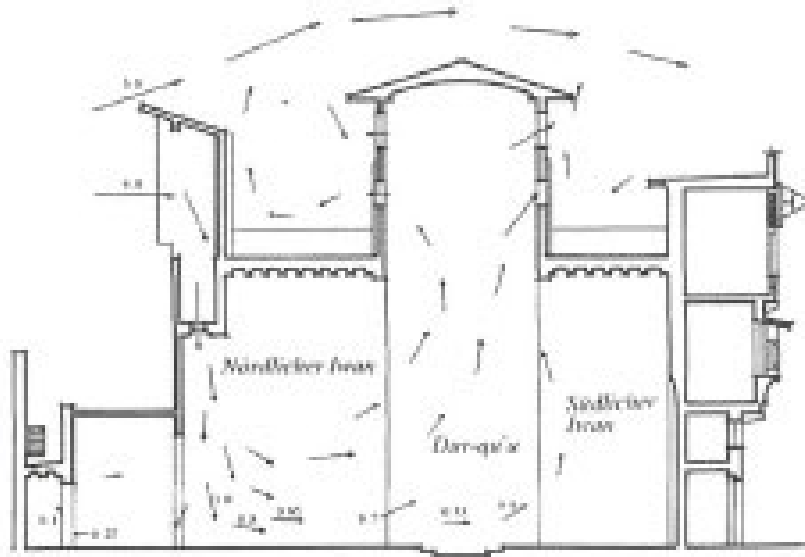


Figure 5.9 Different wing walls of better and worse effectiveness on the same wall and adjacent walls. The wind rose (circled in red) gives the prevailing wind direction for which air velocity inside the room is improved by the wing walls.

Source: Brown G Z and Mark DeKay. 2000. *Sun, Wind, and Light*, p. 184. Wiley.

Building Energy Efficiency Project India Natural ventilation

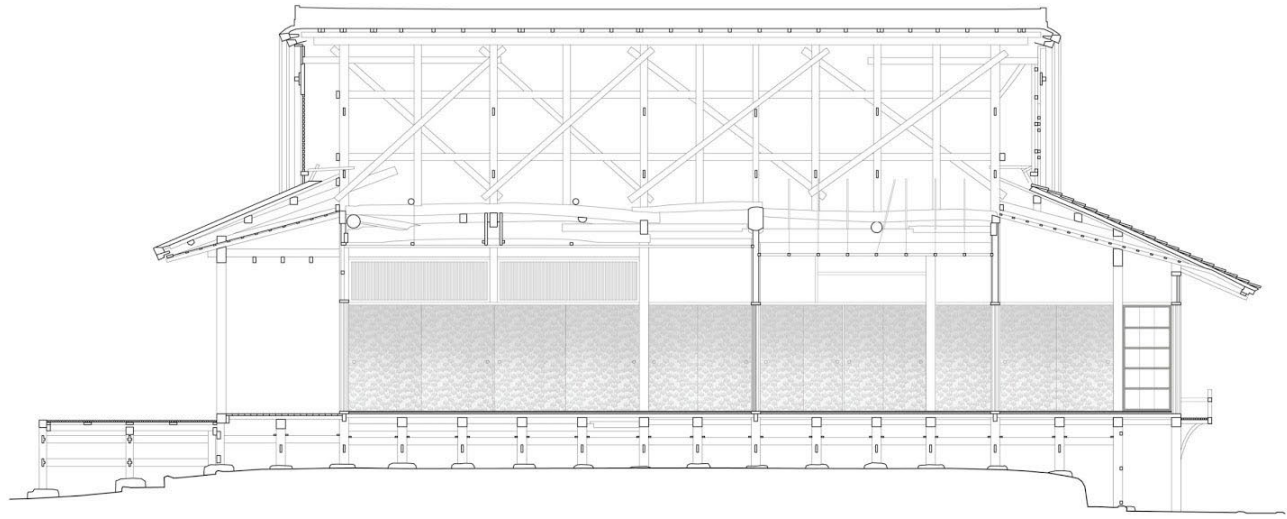


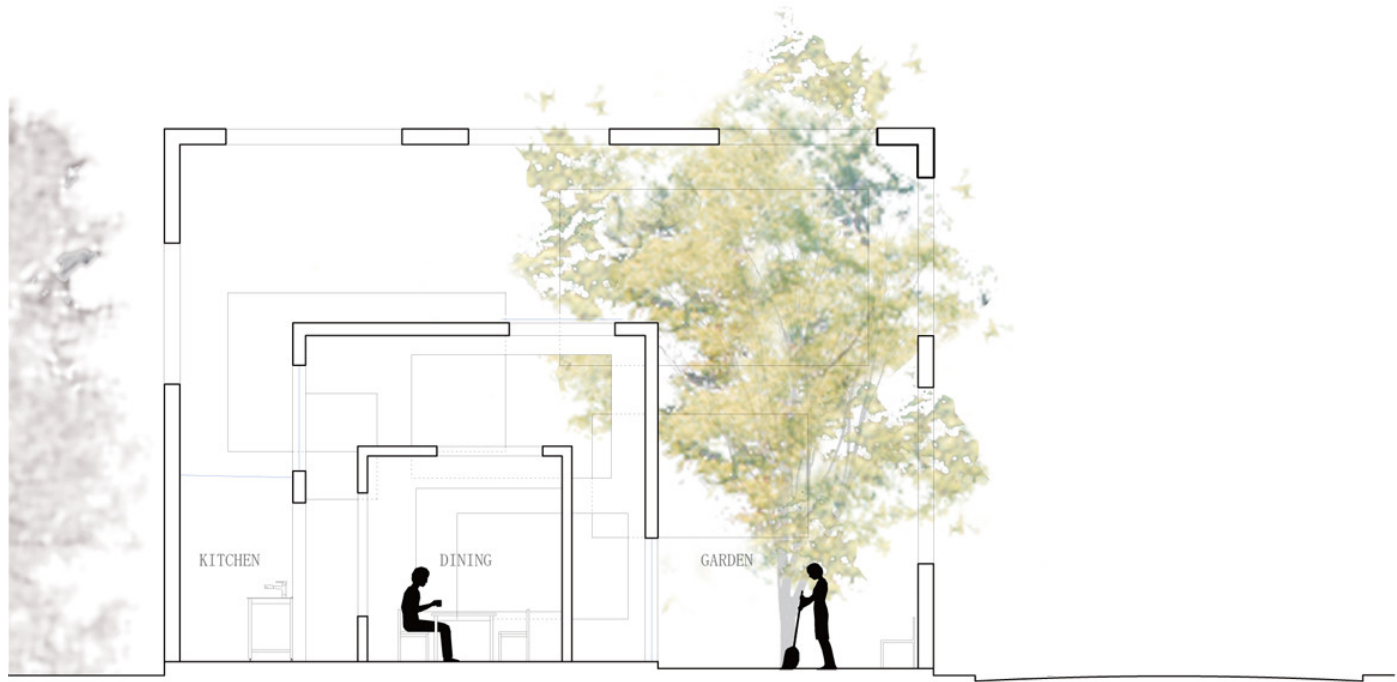


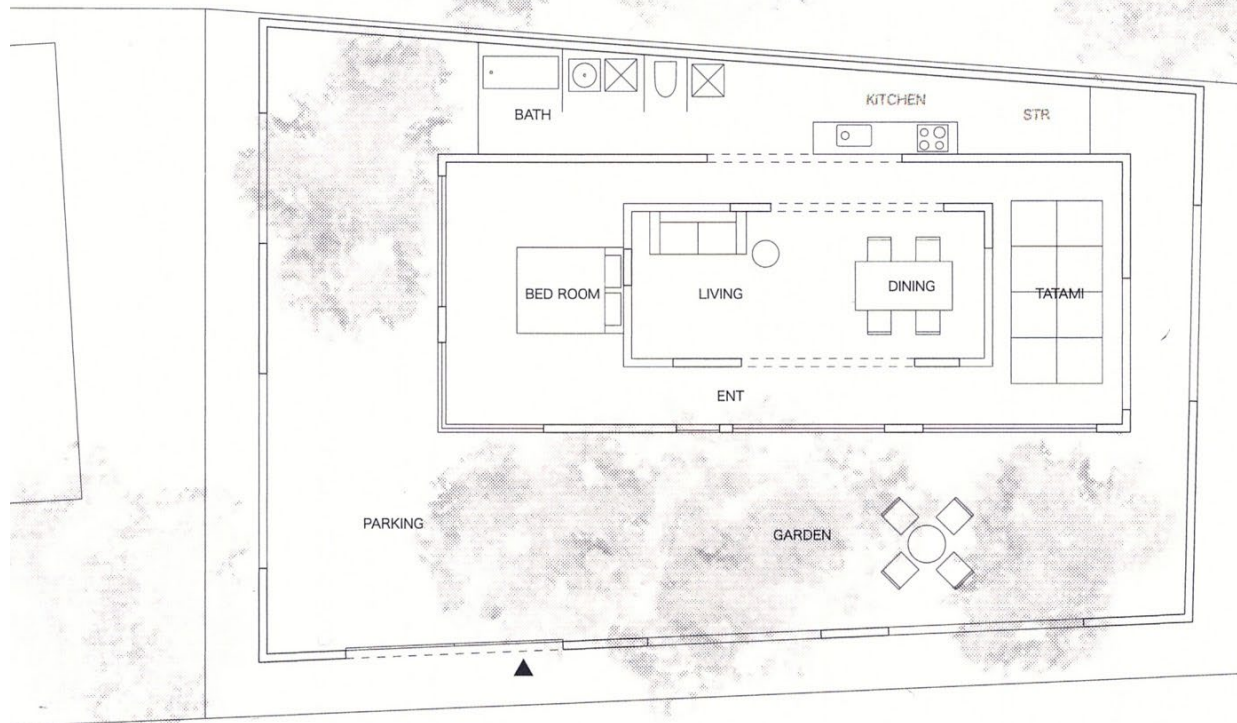














Kultur

Innovation

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Städtebau

Flexibilität

“form follows function”

Louis Sullivan

Klima

Interaktion

Sozialverträglichkeit

Ökologie

Raumprogramm

Wirtschaft

Gesetz

Lebenszyklus

Gesellschaft

Kreativität

„FORM FOLLOWS ENERGY“

Brian Cody, TU Graz

Raumplanung

Identifikation

Interdisziplinarität

Verdichtung

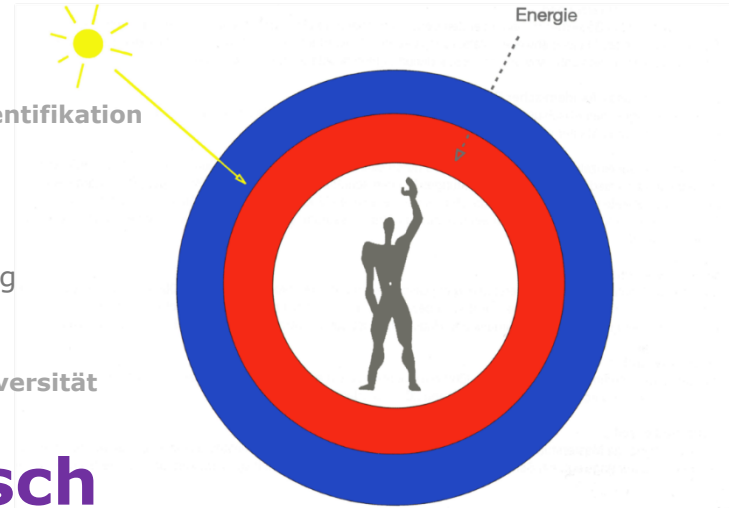
Zukunftsfähigkeit

Biodiversität

Ressourceneffizienz

Mensch

Ästhetik



Fragen und Diskussion

«klimakompatibles Bauen»



© 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