

# Vernakulärer Architektur im Kontext des Klimawandels

DI Dr. Gregor Radinger, MSc

2. Juni 2022

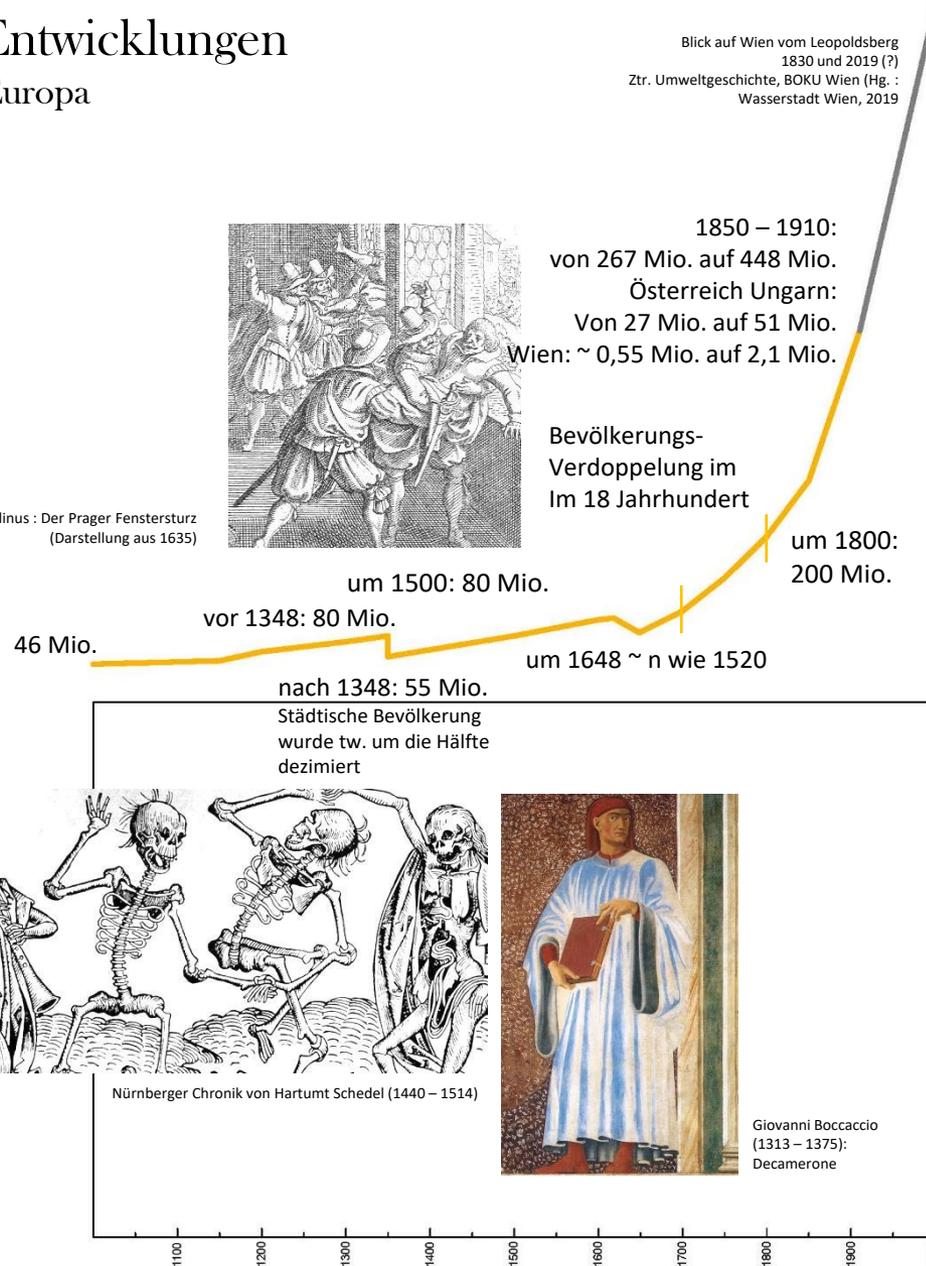


Peter Breughel der Ältere (1525-1569): Winterlandschaft mit Eisläufern und Vogelfalle (1565); Königliches Museum der schönen Künste in Brüssel

# Demographische und soziokulturelle Entwicklungen

## Bevölkerungsentwicklung in Europa

Einwohnerzahl aller europ. Staaten 2017:  
~ 746 Mio.



Blick auf Wien vom Leopoldsberg  
1830 und 2019 (?)  
Ztr. Umweltgeschichte, BOKU Wien (Hg.:  
Wasserstadt Wien, 2019



Johann Abelinus : Der Prager Fenstersturz  
(Darstellung aus 1635)



Gründerzeitliche Bebauung  
Czeike: Historisches Lexikon Wien

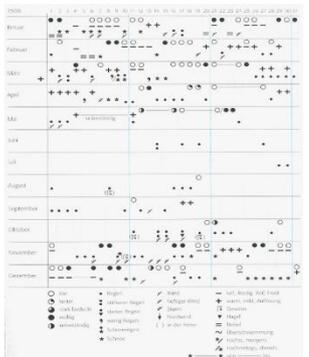


Nürnberger Chronik von Hartumt Schedel (1440 – 1514)



Giovanni Boccaccio  
(1313 – 1375):  
Decamerone

# Klimatische Entwicklungen rekonstruierte Temperaturjahresgänge



Wettertableau nach Wetteraufzeichnungen aus Tübingen im Jahr 1508 (Glaser 2001, S. 39)

← Deskriptive Aufzeichnungen Wetterjournale und ihre Quellenkritische Interpretation → Instrumentenmessungen und Proxydaten →



Galileo Galilei 1564 - 1642

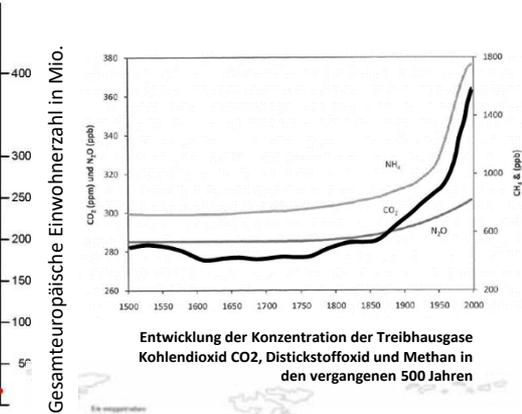


Kontinuierliche Wetterbeobachtungen in Kremsmünster ab 1763

**Mittelalterliche Warmzeit**  
(Ersterwähnung: Hubert Lamb 1913-1997)  
Hochphase um 1000 – 1300  
Häufung von warmen Sommern und milden Wintern, Gletscherrückgänge,...

**Modernes Klimageoptimum**  
Positive Temperaturentwicklungen im 20. Jahrhundert, v.a. in Herbst- und Wintermonaten

**Kleine Eiszeit**  
(Ersterwähnung: Francois Mattes (1875-1949))  
Verdrängung der hochmittelalterlichen Wärmeperiode ab etwa 1400, ausgeprägte Kaltphasen ab ~ 1550 mit nachhaltigen Temperatureinbrüchen, Maunder Minimum (~1675 – 1715)  
Gletschervorstöße in den Alpen bis ins 19. Jahrhundert



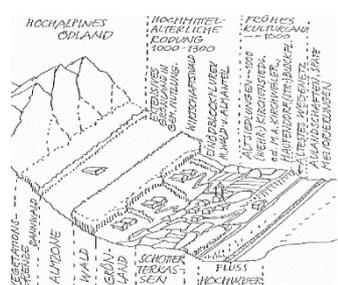
Entwicklung der Konzentration der Treibhausgase Kohlendioxid CO2, Distickstoffoxid und Methan in den vergangenen 500 Jahren

Kurzfristige und langfristige Temperaturschwankungen in den verg. 1000 Jahren (nach Glaser)

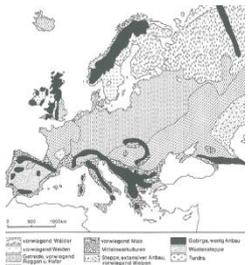
Ostkolonisation  
Höhepunkt um 1300  
Festlegung der Wege- und Siedlungsstruktur

Maunder Minimum

Frühneuzeitliche Anbauzonen in Europa (Rösener, 1993, S. 173)



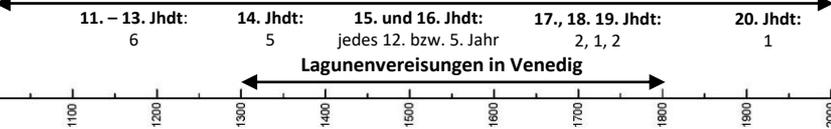
Vertikal gestaffeltes Siedlungskonzept (Dworsky 1984)  
Frühneuzeitliche Anbauzonen in Europa (Rösener, 1993, S. 173)



Kulturpflanzen aus der neuen Welt erreichen Europa



Bodensee-Totalvereisungen



1816 „Jahr ohne Sommer“ infolge eines Vulkanausbruchs  
Temperaturanomalien im „Jahr ohne Sommer“ 1816 (Pfister, 1999, S. 155)

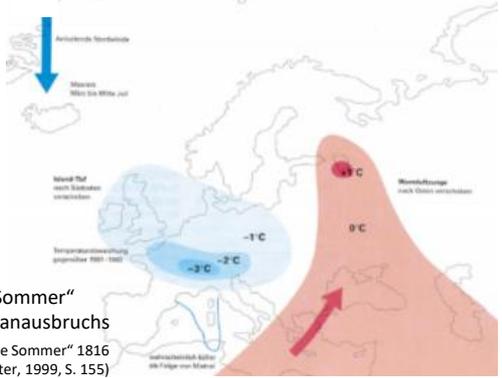
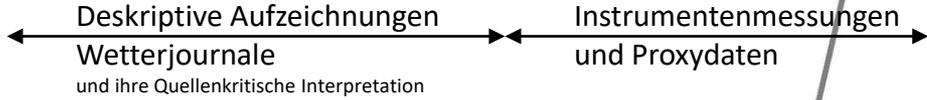


Illustration aus dem Montafon, 1817 (Behringer, 2018, S.128)

# Klimatische Entwicklungen rekonstruierte Temperaturjahresgänge



Wettertableau nach Wetteraufzeichnungen aus Tübingen im Jahr 1508 (Glaser 2001, S. 39)



Galileo Galilei 1564 - 1642



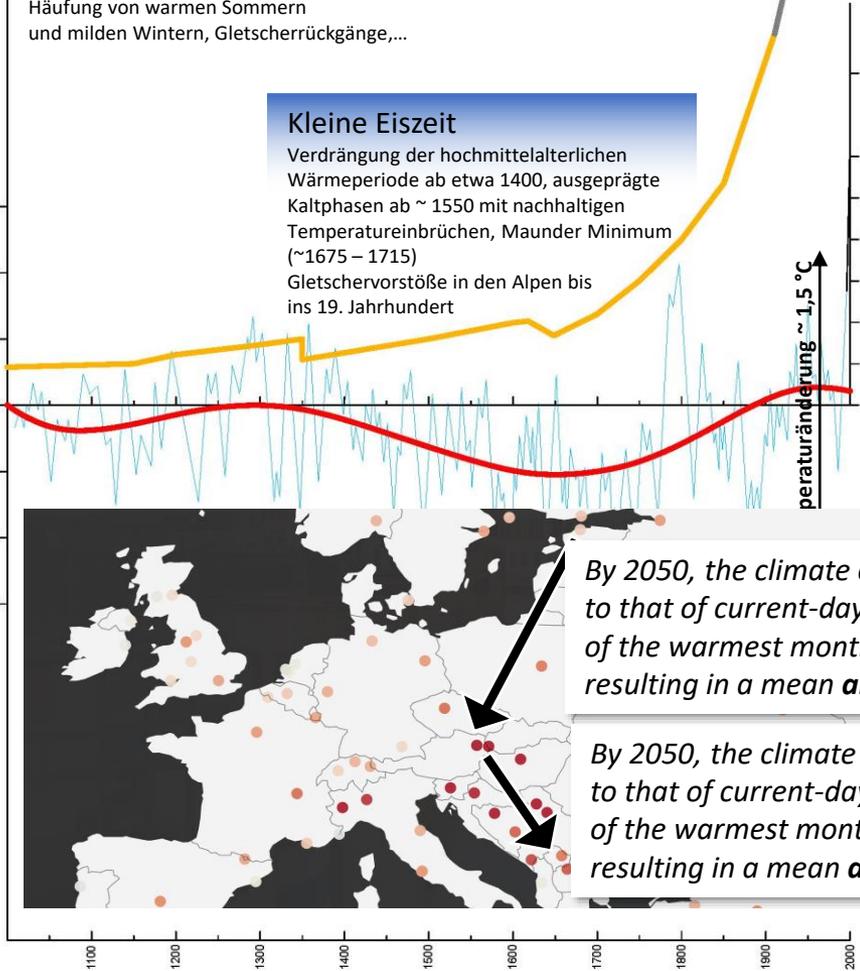
Kontinuierliche Wetterbeobachtungen in Kremsmünster ab 1763

**Mittelalterliche Warmzeit**  
(Hochphase um 1000 – 1300)  
Häufung von warmen Sommern und milden Wintern, Gletscherrückgänge,...

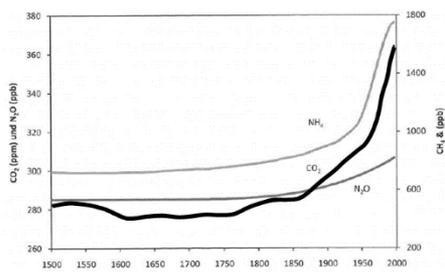
**Modernes Klimaoptimum**  
Positive Temperaturentwicklungen im 20. Jahrhundert, v.a. in Herbst- und Wintermonaten

**Kleine Eiszeit**  
Verdrängung der hochmittelalterlichen Wärmeperiode ab etwa 1400, ausgeprägte Kaltphasen ab ~ 1550 mit nachhaltigen Temperatureinbrüchen, Maunder Minimum (~1675 – 1715)  
Gletschervorstöße in den Alpen bis ins 19. Jahrhundert

Kurzfristige und langfristige Temperaturschwankungen in den verg. 1000 Jahren (nach Glaser)



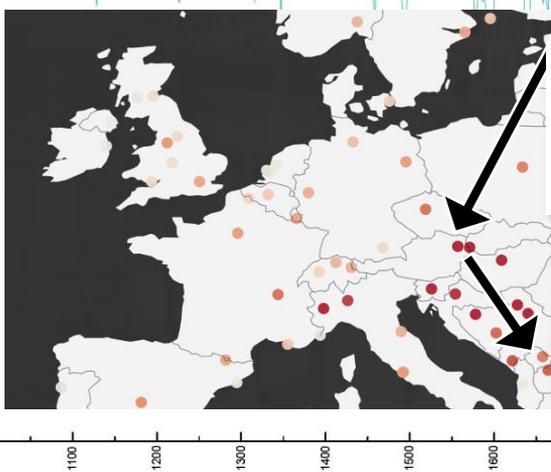
Gesamteuropäische Einwohnerzahl in Mio.



Entwicklung der Konzentration der Treibhausgase Kohlendioxid CO<sub>2</sub>, Distickstoffoxid und Methan in den vergangenen 500 Jahren

Crowther lab, ETH Zürich  
**Cities of the future:**  
Visualizing climate change

Temperaturprognosen für > 520 Millionenstädte bis zum Jahr 2050

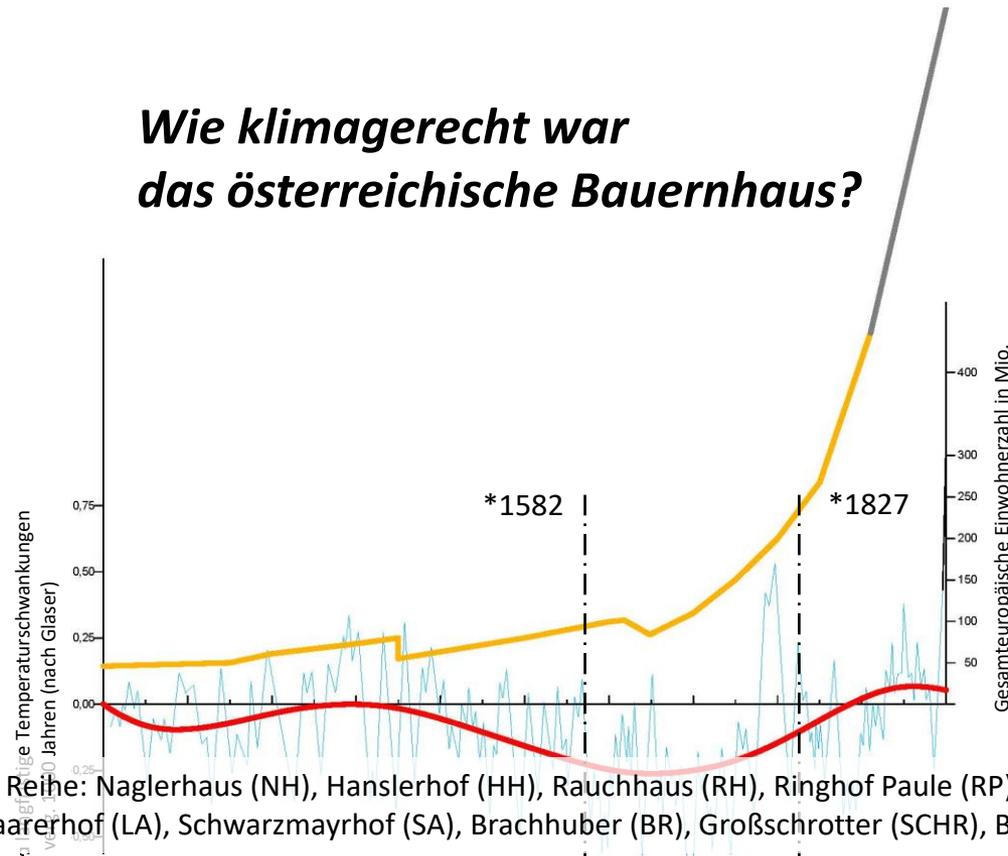


By 2050, the climate of **Helsinki** will be most similar to that of current-day **Vienna**. The maximum temperature of the warmest month is likely to increase by 5.2°C, resulting in a mean **annual temperature change of 2.8°C**.

By 2050, the climate of **Vienna** will be most similar to that of current-day **Skopje**. The maximum temperature of the warmest month is likely to increase by 7.6°C, resulting in a mean **annual temperature change of 2.3°C**.

2. nachchristliches Jahrtausend

## Wie klimagerecht war das österreichische Bauernhaus?



Obere Reihe: Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Ringhof Paule (RP), Säuerling (SA)

Untere Reihe: Laarerhof (LA), Schwarzmayrhof (SA), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR), Berglerhaus (BE)





Obere Reihe: Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Ringhof Paule (RP), Säuerling (SA)  
Untere Reihe: Laarerhof (LA), Schwarzmayrhof (SA), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR), Berglerhaus (BE)





Obere Reihe: Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Ringhof Paule (RP), Säuerling (SA)  
Untere Reihe: Laarerhof (LA), Schwarzmayrhof (SA), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR), Berglerhaus (BE)



# Case Studies Adaptierung vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse



Objekte am Originalstandort



Wiederaufbau im Museumsgelände



Fotos: ÖFLM

Obere Reihe: Naglerhaus (NH), Hanslerhof (HH), Rauchhaus (RH), Ringhof Paule (RP), Säuerling (SA)  
Untere Reihe: Laarerhof (LA), Schwarzmayrhof (SA), Brachhuber (BR), Großschrotter (SCHR), Berglerhaus (BE)



# Case Studies Adaptierung vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse



Objekte am Originalstandort



Wiederaufbau im Museumsgelände



Fotos: ÖFLM



## **Hanslerhof / Alpbach**

Unterinntaler Einhof

Seehöhe: ca. 1000 m

Angenommene Errichtungszeit:  
um 1660 (Hofgeschichte bis  
ins 13. Jhdt. zurückreichend)

## **Schwarzmayrhof / St. Ulrich**

Vierkanthof

Seehöhe: ca. 300 m

Angenommene Errichtungszeit:  
um 1735 (erste urkundliche  
Erwähnung im 1570)

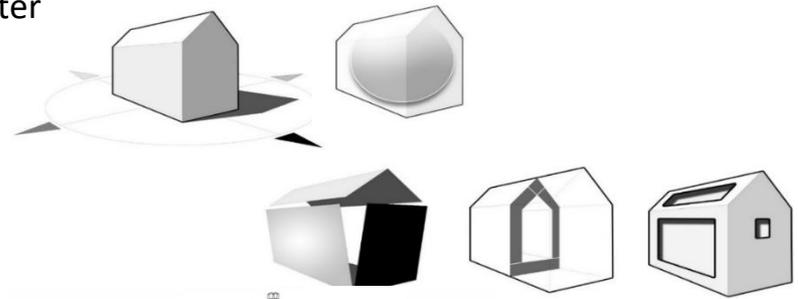
# Case Studies Adaptierung vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse

## Methodenset

### Gebäudebeschaffenheit

Identifikation geometrischer und konstruktiver Vergleichsparameter

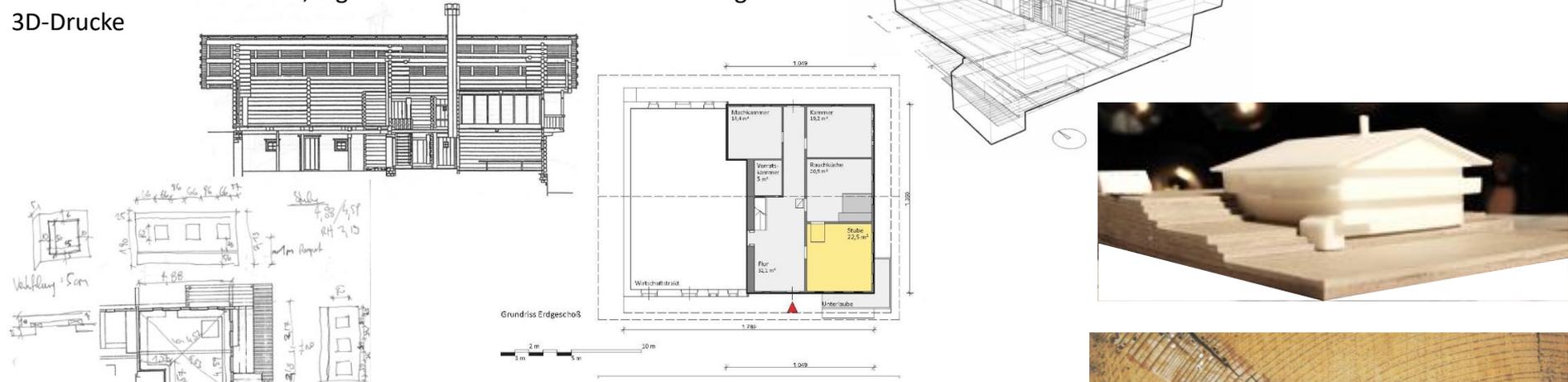
- Baukörpergeometrie und –orientierung
- Gebäude- bzw. Wohnbereichsvolumen, Nutzfläche
- Kompaktheit
- Bauweise und Aufbau der Gebäudehülle
- Außenraumexposition des Wohnbereiches
- Größe und Orientierung von Fensterflächen



### Plan- und Modellaufbereitung

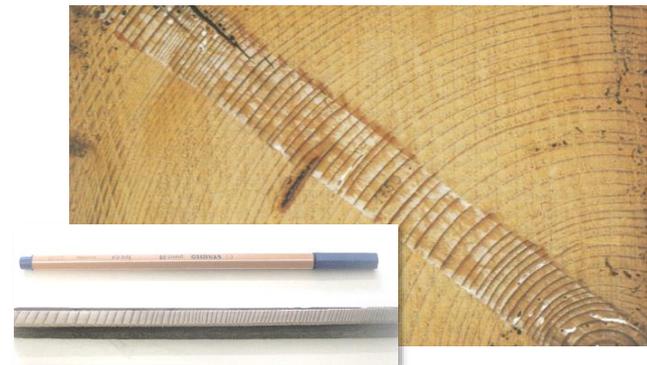
Historische Bauaufnahmen, digitalisierte Plan- und Modellerstellung

3D-Drucke



### Altersbestimmung

Auf Basis dendrochronologischer Untersuchungen des Insitiutes für Holzforschung, BOKU Wien



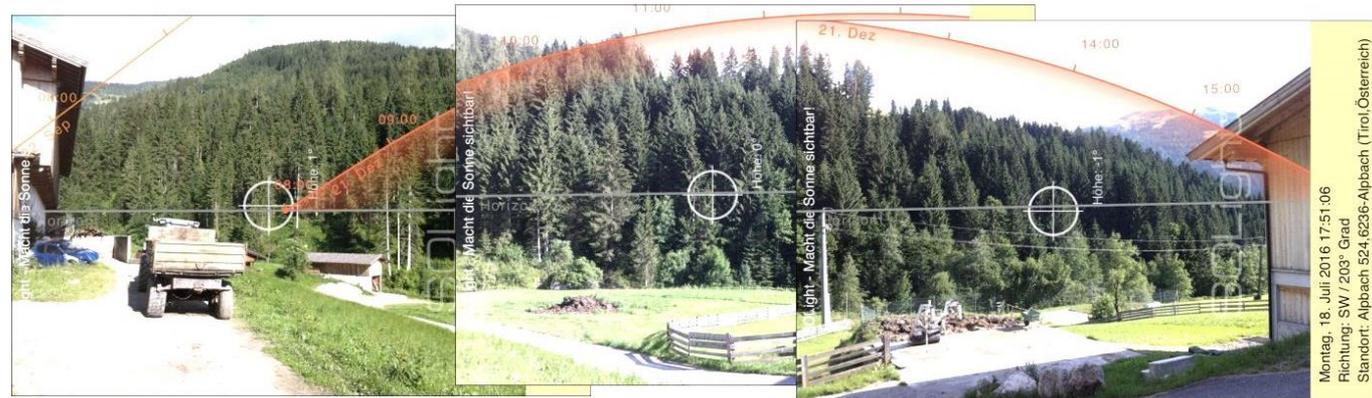
# Case Studies Adaptierung vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse

## Methodenset

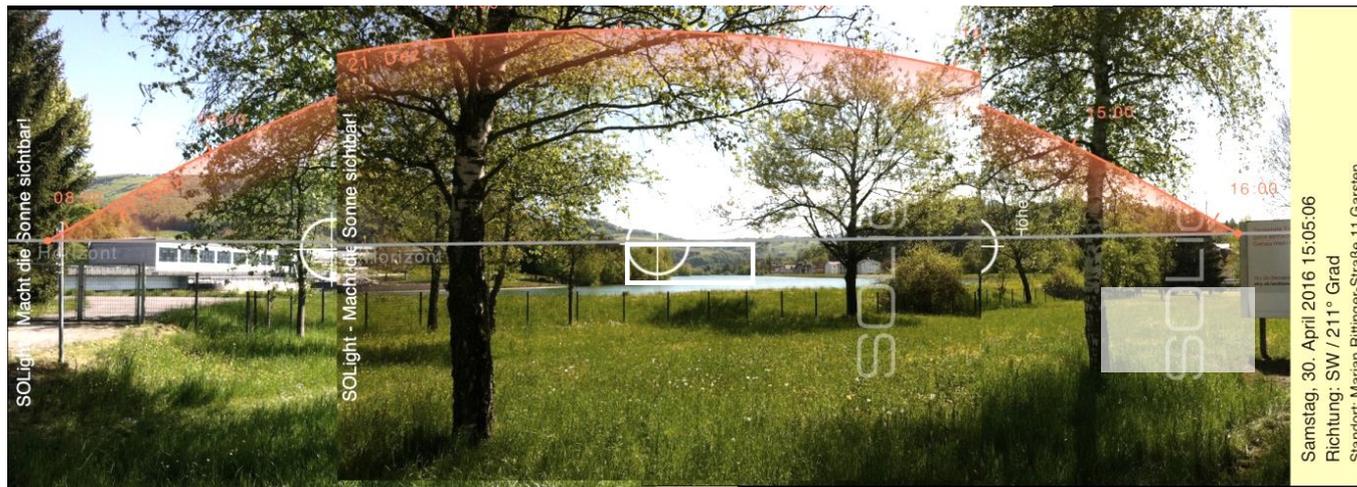
### In-situ Standortanalysen

Standortlokalisierung auf Basis von Literatur- und Bildanalysen, Informationen und digitale Kartographien der Gemeinde- und Länderverwaltungen

- Solare Strahlungsexposition des Errichtungsortes
- Geländebeschaffenheit
- Vegetation
- Landwirtschaftliche Bewirtschaftungsformen
- Andere naturräumliche Rahmenbedingungen



Solare Strahlungsexposition 21.12. Hanslerhof / Alpbach



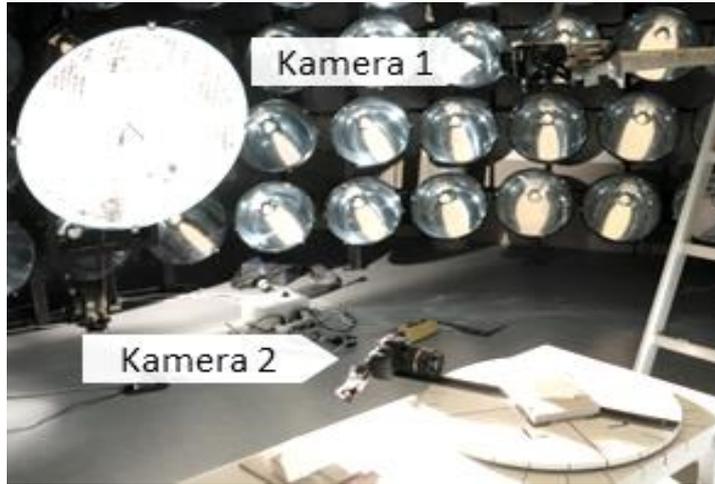
Solare Strahlungsexposition 21.12. Schwarzmayrhof / St. Ulrich

# Case Studies Adaptierung vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse

## Methodenset

### Lichtmessungen und -simulationen

- Lichtlaboruntersuchungen (Direktlichtstudien und solare Strahlungsexposition)

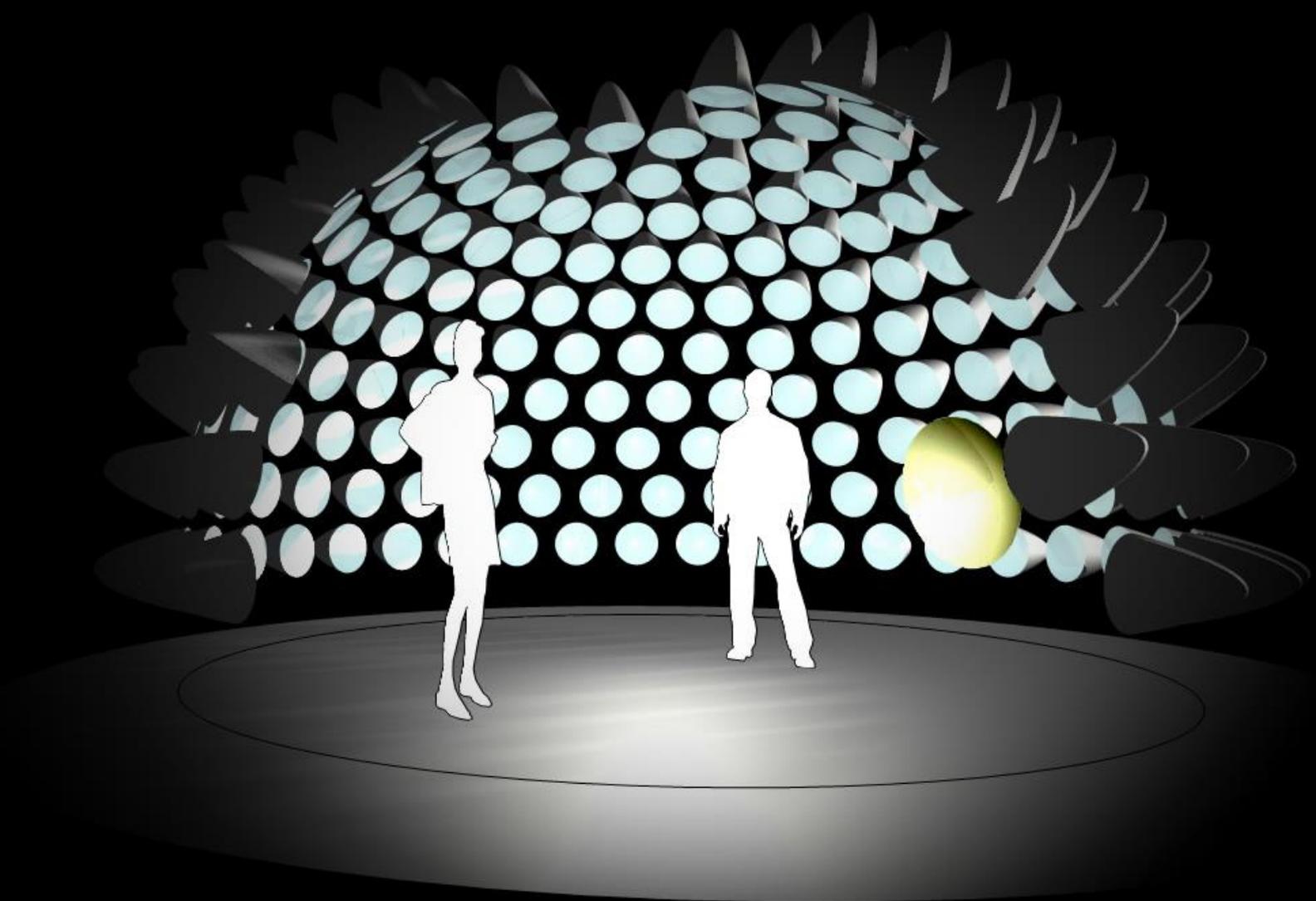


3D-Druck-Simulationsmodell

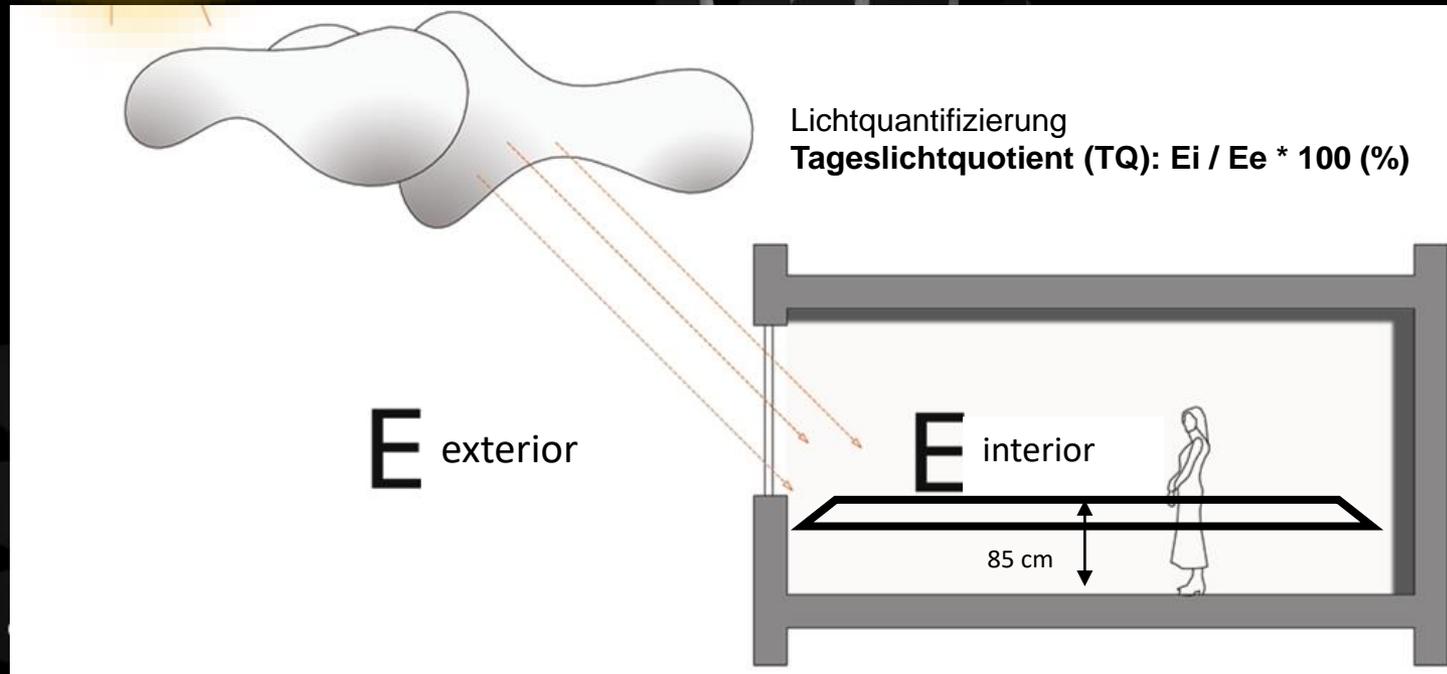




# Diffuslichtanalyse

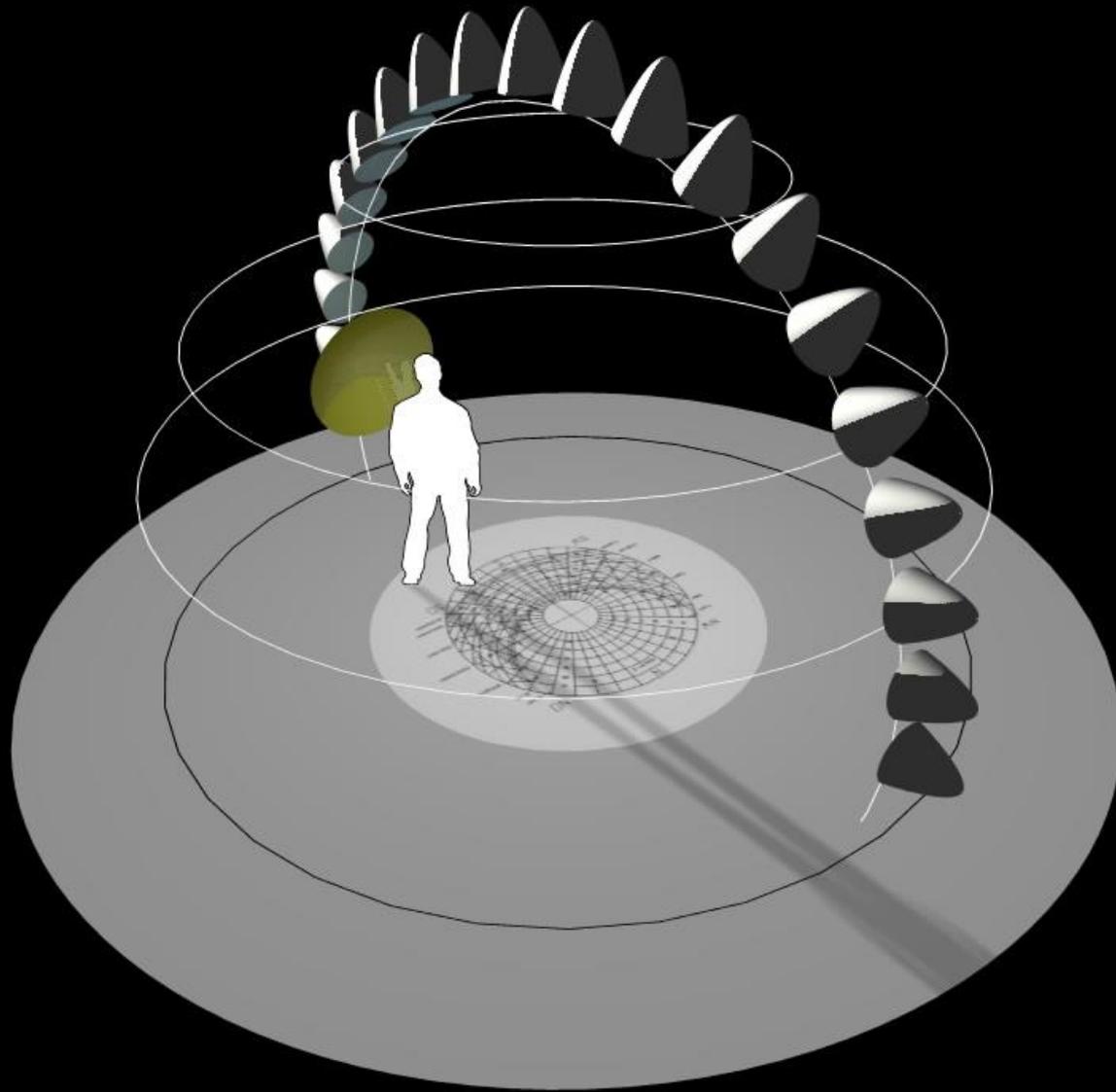


# Diffuslichtanalyse

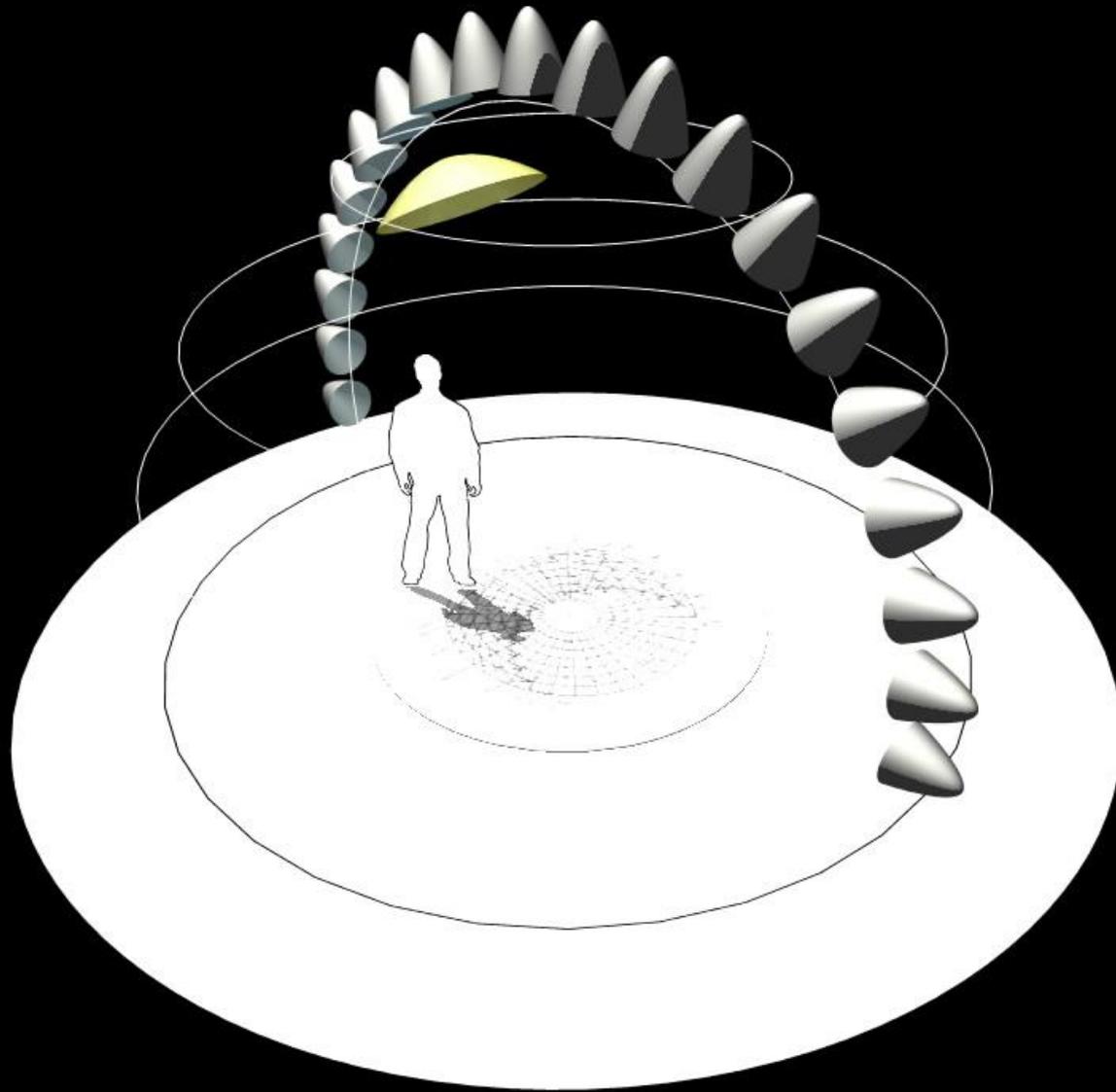


Helligkeitsverteilung: 3 : 1

# Direktlichtanalyse



# Direktlichtanalyse

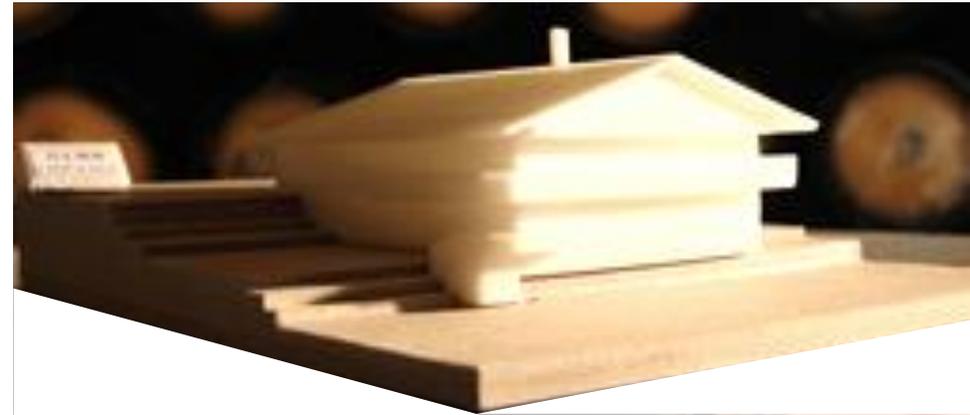
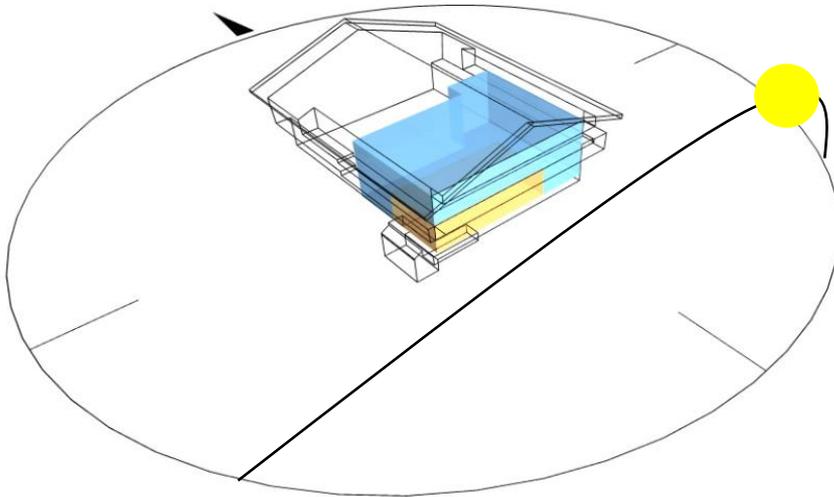


## Methodenset

### Lichtmessungen und -simulationen

- Lichtlaboruntersuchungen (Direktlichtstudien und solare Strahlungsexposition)

3D-Druck-Simulationsmodell

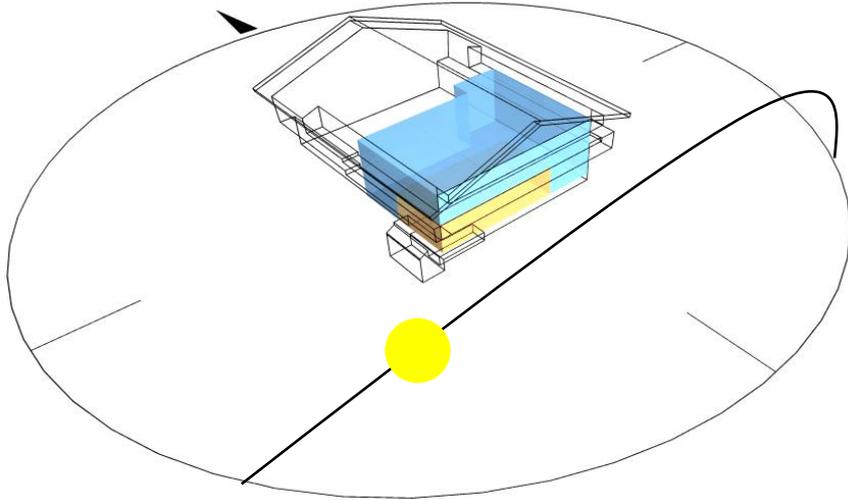


## Methodenset

### Lichtmessungen und -simulationen

- Lichtlaboruntersuchungen (Direktlichtstudien und solare Strahlungsexposition)

3D-Druck-Simulationsmodell

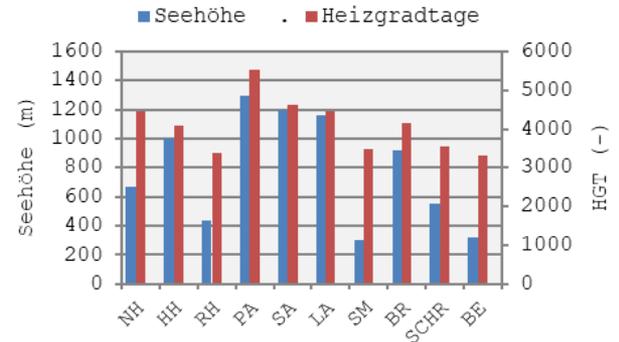
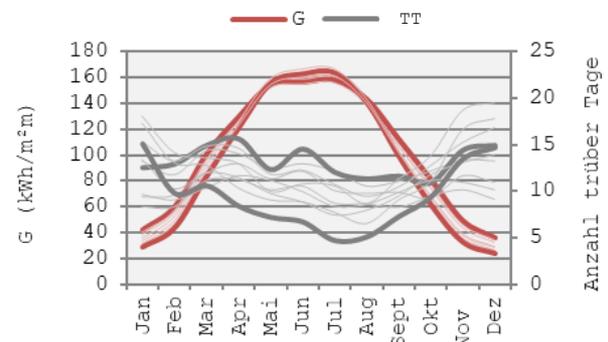
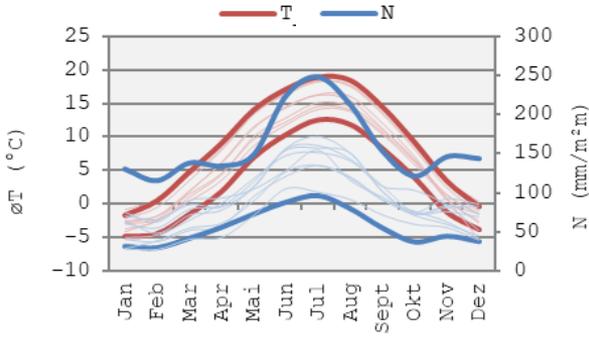


# Methodenset

Krec

## Klimatische Rahmenbedingungen

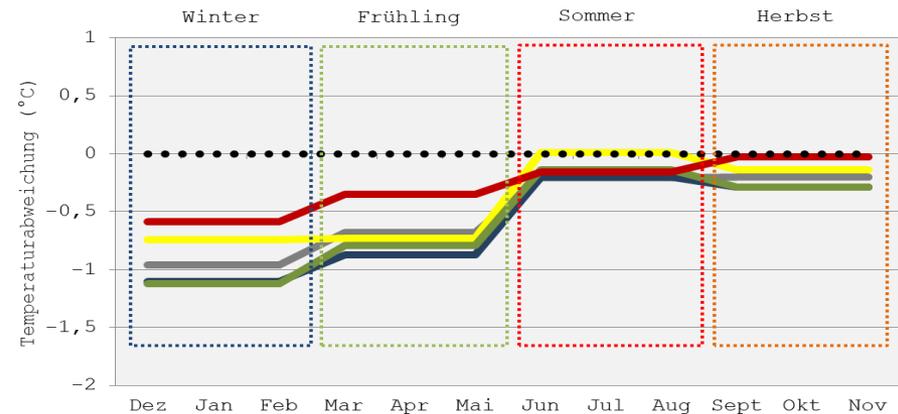
Monatsmittelwerte von Lufttemperatur und Niederschlag, Globalstrahlung und Anzahl an Tagen mit einem Bewölkungsmittel >80 %, Seehöhe und jährliche Heizgradtage (Betrachtungsperiode 1971 – 2000)



## Klimahistorische Betrachtungen

Positive und negative Temperaturabweichungen im Zeitraum seit dem Jahr 1000

Datenquelle: ZAMG, ÖKLIM Klimadatenrechner BMDW



**Temperaturabweichung im 17. bzw. 18. Jahrhundert gegenüber dem Vergleichszeitraum (20. Jahrhundert):**  
 ca. -0,56 °C bzw. -0,36 °C (in Wintermonaten -1,1 °C bzw. 0,7 °C)

- 1501–1600 -0,52 °C
- 1601–1700 -0,56 °C
- 1701–1800 -0,36 °C
- 1801–1900 -0,58 °C
- 1901–2000
- 1971–2000 (Ref.)

Nach Mauelshagen 2010

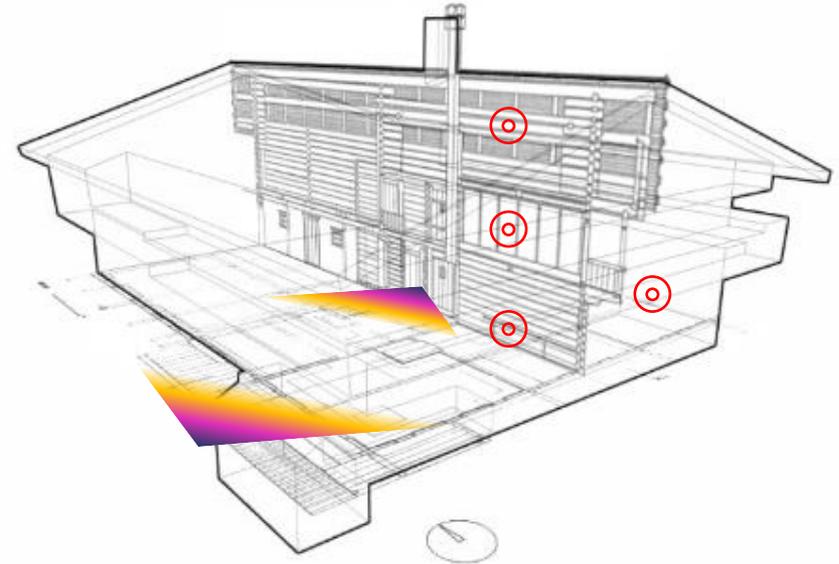
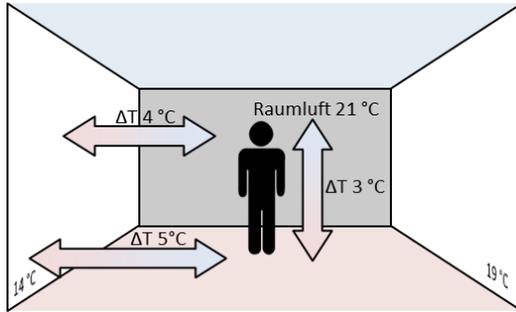


## Methodenset

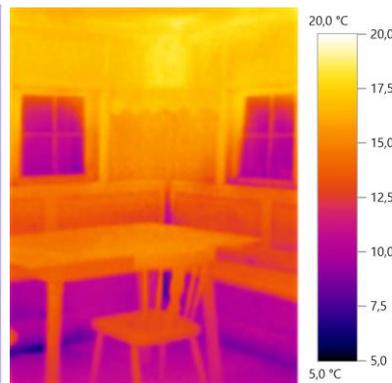
### Innenraumklima-Analyse

Messkampagnen zur thermische Raumuntersuchungen

- Innenraumtemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- (CO<sub>2</sub>-Konzentration im Innenraum)
- Oberflächentemperatur



Messpunkte und –positionen für Raum- und Oberflächentemperaturmessungen



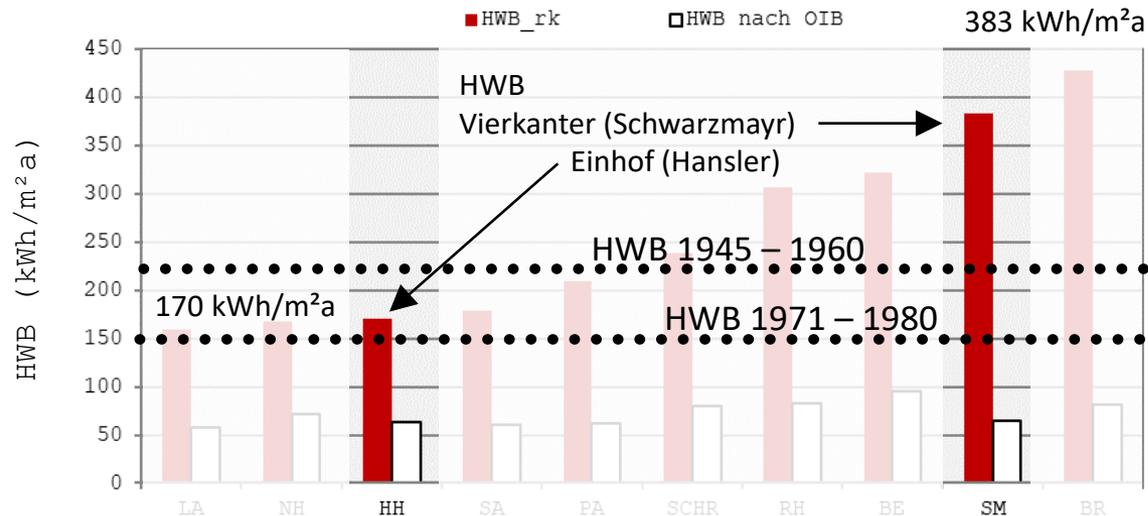
Sommermessungen	Wintermessungen
2016	2016/17
2017	2017/18
2018	

## Ergebnisse

### Energiekennzahlen

- **Heizwärmebedarfe (HWB<sub>rk</sub>)**  
170 kWh/m<sup>2</sup>a bzw. 382 kWh/m<sup>2</sup>a  
(Anforderungen an Gebäude bei größeren Sanierungen nach OIB-6: HWB<sub>rk</sub> = 58 bis 95 kWh/m<sup>2</sup>a)

**Aktuell erforderliche Werte für umfassend sanierte Wohngebäude werden nicht erreicht und 2,7-fach bzw. 6-fach übertroffen**



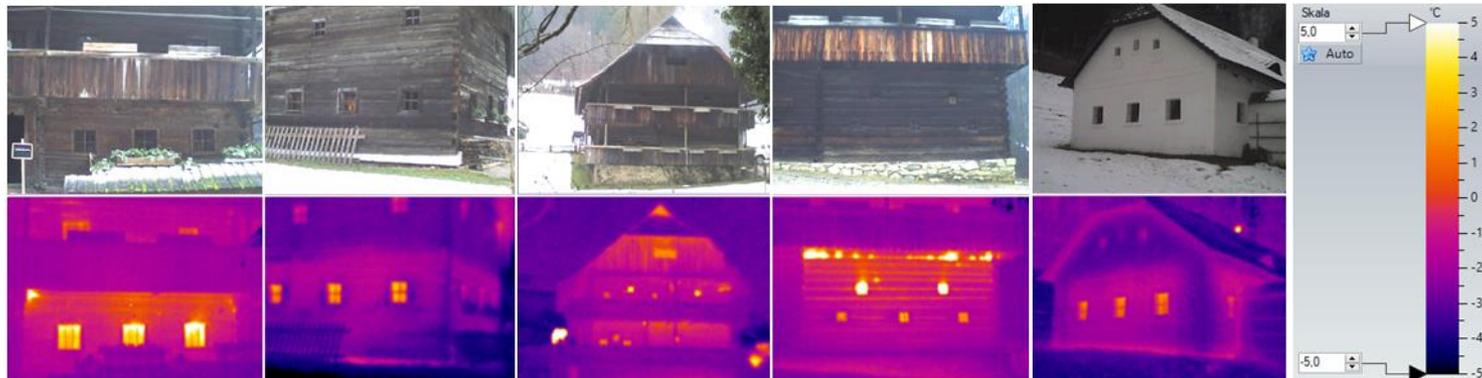
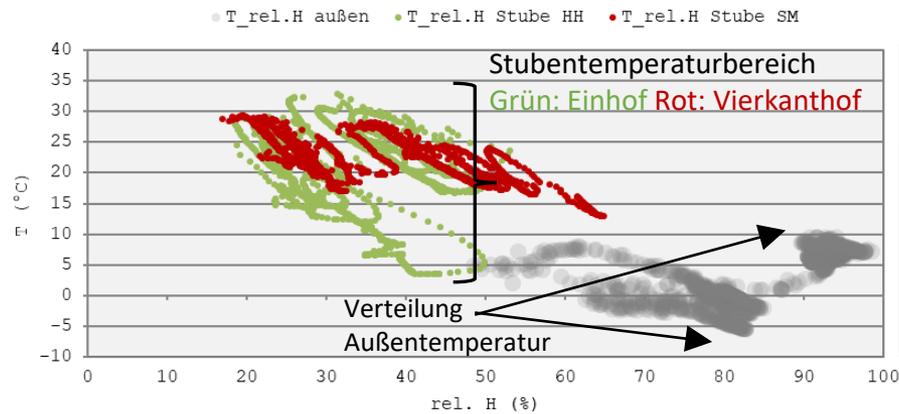
HWB von Einfamilienhäusern    1945 – 1960: 220 kWh/m<sup>2</sup>a    # ~ 150.000  
1971 – 1980: 150 kWh/m<sup>2</sup>a    # ~ 205.000  
Objektanzahl    # > 350.000

## Ergebnisse

Temperaturverteilungen im Winter in Stubenbereichen an Heizzagen ( $\phi T_{\text{außen}} 0,2 \text{ °C}$ )

Schwer kontrollierbare thermische Beherrschbarkeit

- Hohe Temperaturschwankungen im Innenraum (Schwankungsbreite bis zu  $17 \text{ °C}$ )
- 37 % bis 92 % der gemessenen Temperaturen liegen an Heizzagen innerhalb des thermischen Behaglichkeitsbereiches

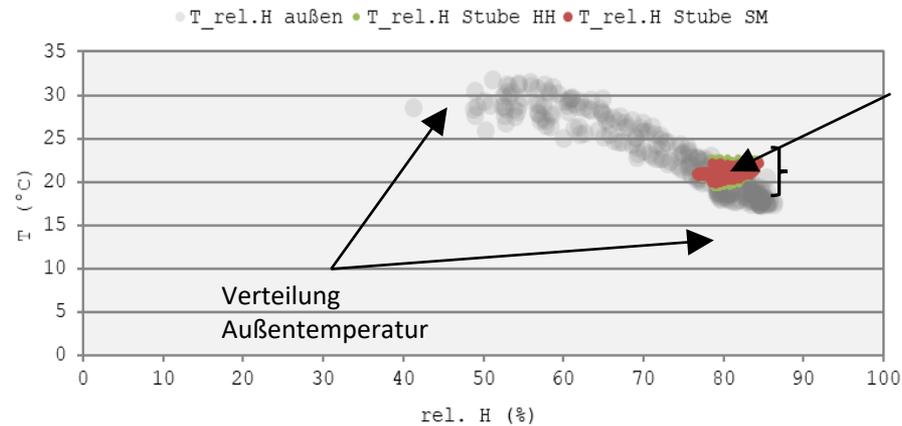


Sichtbarmachung von Leckagen und Wärmeverlustflächen in der Gebäudehülle durch Thermographien

## Ergebnisse

### Temperaturverteilung an Tropentagen ( $T_{\text{max}} > 30 \text{ °C}$ )

- Konstanter Temperaturbereich im Innenraum (Schwankungsbreite max.  $4 \text{ °C}$ , außen bis zu  $16 \text{ °C}$ )
- 100 % gemessenen Temperaturen liegen innerhalb des thermischen Behaglichkeitsbereiches!



Stubentemperaturbereich  
Grün: Einhof Rot: Vierkanthof

## Ergebnisse

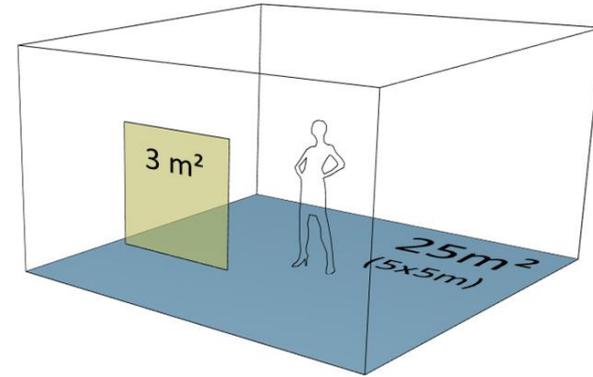
### Natürliche Lichteinträge

#### Die nutzflächen-bezogene Fenstergröße in Aufenthaltsräumen

Hanslerhof	9,1 %
Schwarzmayrhof	12,1%

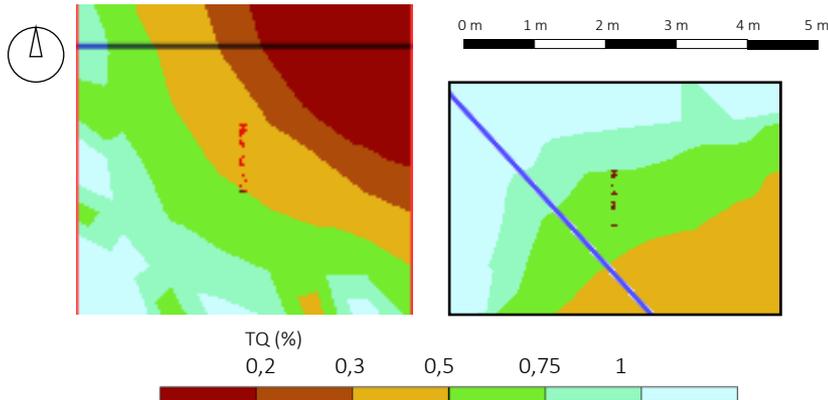
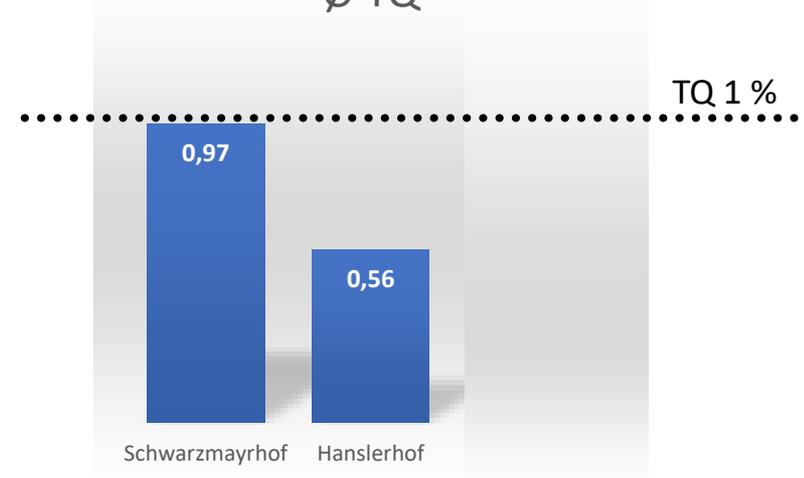
#### Ø Tageslichtquotient

Hanslerhof	0,6 %
Schwarzmayrhof	1 %



Anforderung nach OIB-RL 3:  
Gesamte Lichteintrittsfläche (Architekturlichte)  
von Aufenthaltsräumen  $\geq 12$  % der Bodenfläche

Ø TQ



Stubenansicht und TQ-Verteilung auf Messebene (85 cm ü FOK)  
Hanslerhof (links) und Schwarzmayrhof

## Ergebnisse

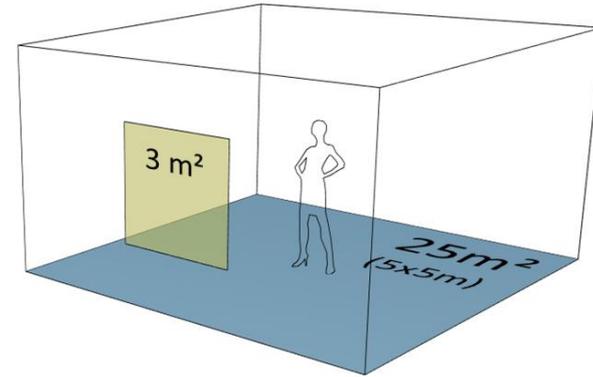
### Natürliche Lichteinträge

#### Die nutzflächen-bezogene Fenstergröße in Aufenthaltsräumen

Hanslerhof	9,1 %
Schwarzmayrhof	12,1%

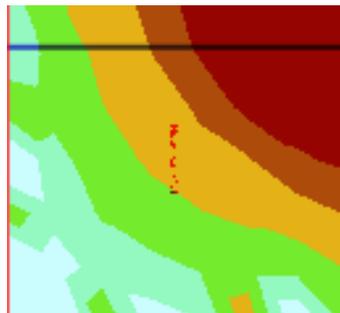
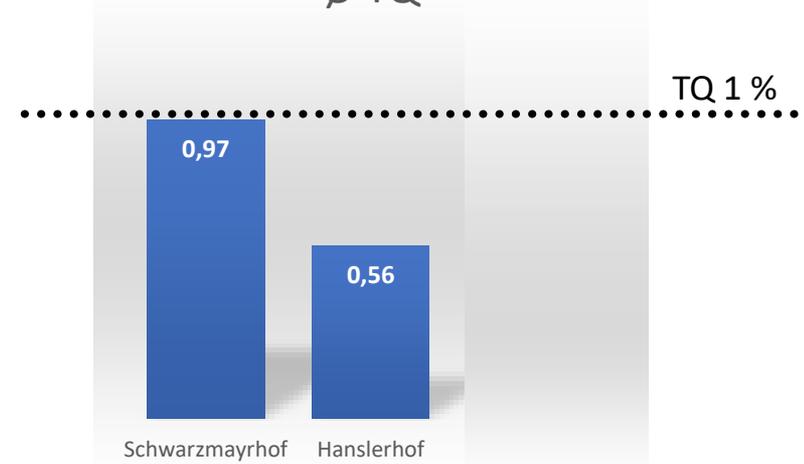
#### Ø Tageslichtquotient

Hanslerhof	0,6 %
Schwarzmayrhof	1 %

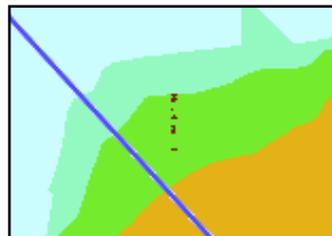


Anforderung nach OIB-RL 3:  
Gesamte Lichteintrittsfläche (Architekturlichte)  
von Aufenthaltsräumen  $\geq 12$  % der Bodenfläche

Ø TQ



0 m 1 m 2 m 3 m 4 m 5 m



TQ (%)

0,2 0,3 0,5 0,75 1

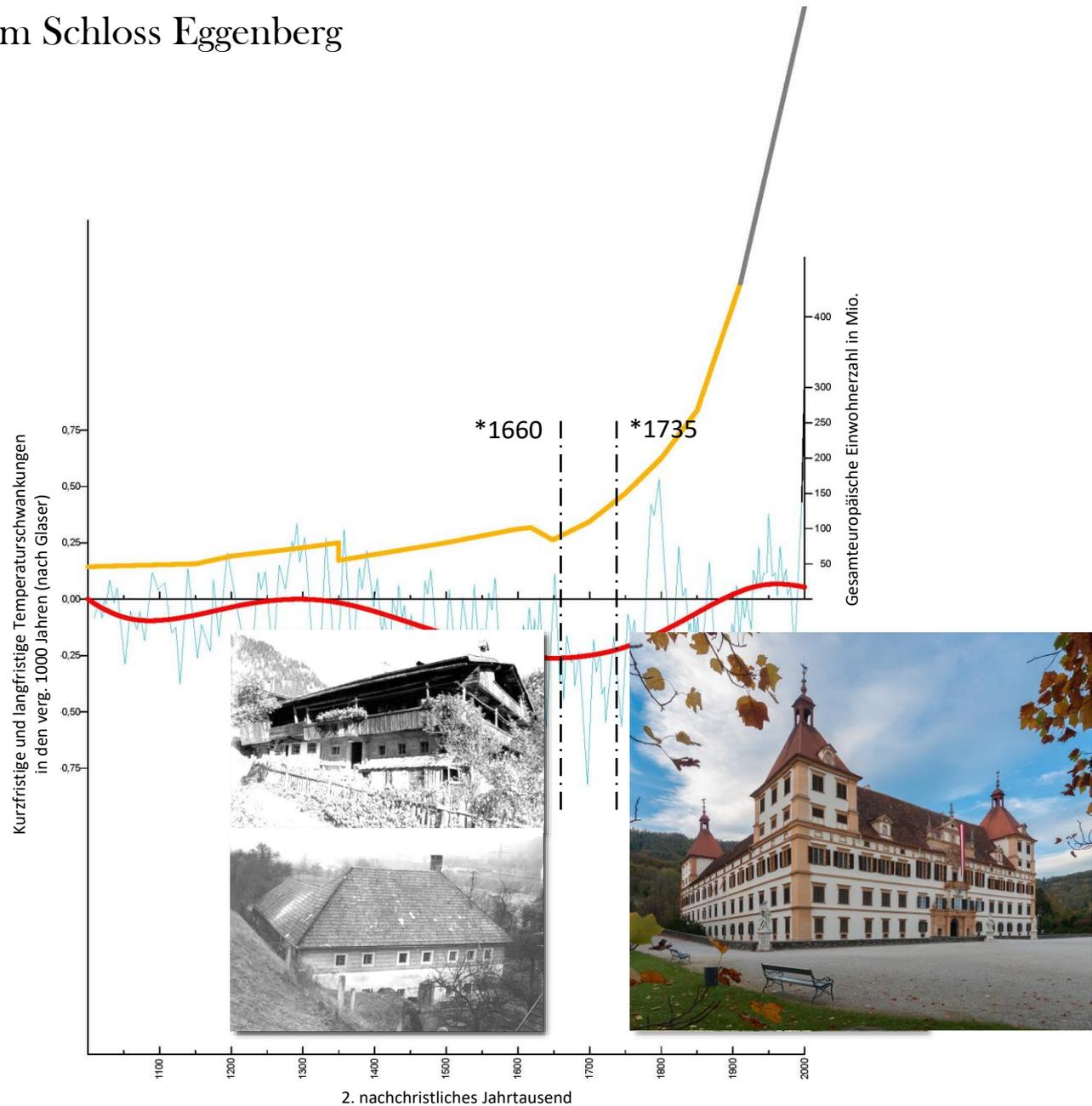


Stubenansicht und TQ-Verteilung auf Messebene (85 cm ü FOK)  
Library Cambridge Trinity College (links) und Schwarzmayrhof

# Vergleich-Studie

## Licht-Quantifizierung im Schloss Eggenberg

### Zwischenergebnisse



Planetensaal



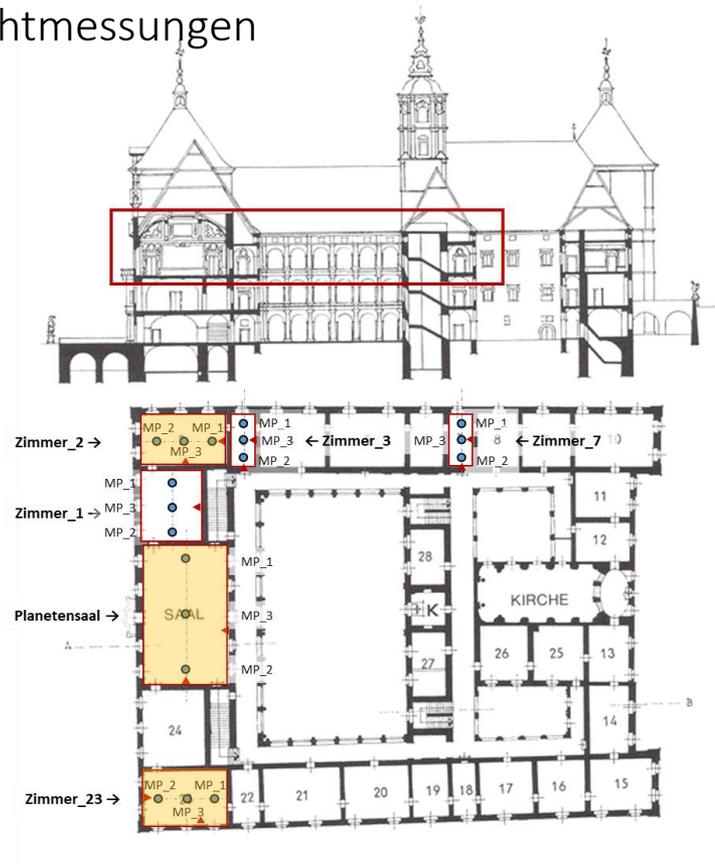
Zimmer 2



Zimmer 23



# Tageslichtmessungen



## Planetensaal

n Kerzen: 160  
Kerzen/m<sup>2</sup>: 0,58

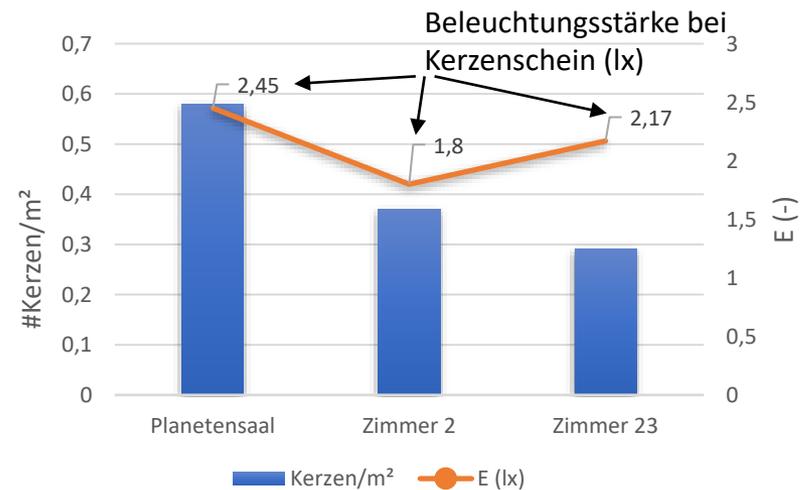
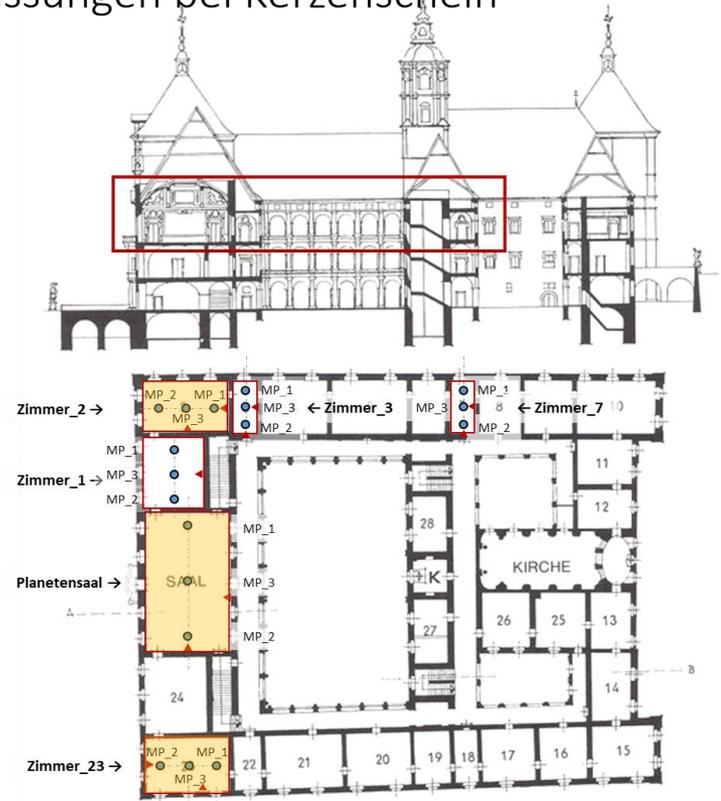
## Zimmer 2

n Kerzen: 37  
Kerzen/m<sup>2</sup>: 0,37

## Zimmer 23

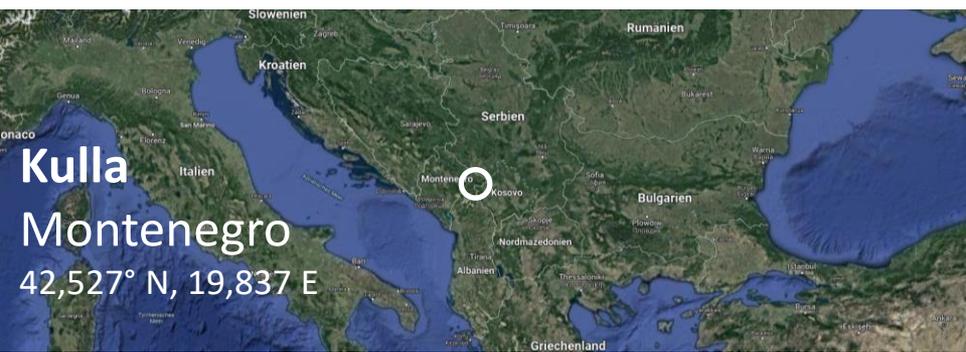
n Kerzen: 32  
Kerzen/m<sup>2</sup>: 0,29

## Lichtmessungen bei Kerzenschein

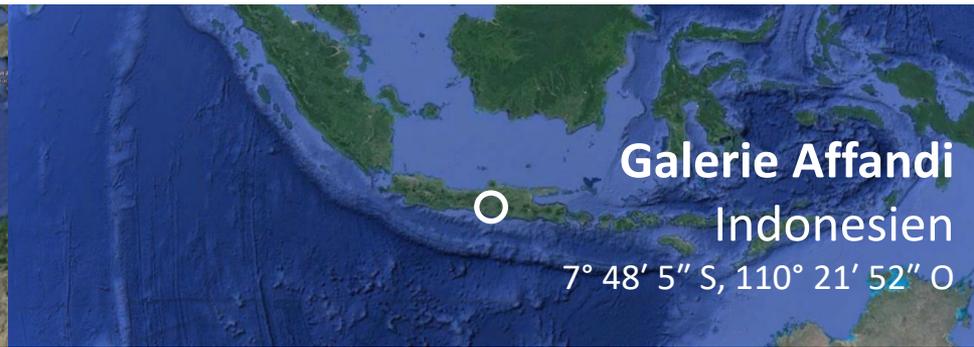


# Case Studies

Adaptierung vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse



**Kulla**  
Montenegro  
42,527° N, 19,837 E



**Galerie Affandi**  
Indonesien  
7° 48' 5" S, 110° 21' 52" O



**Kulla-Revitalisierung**  
gem. mit CHwB, IBO  
→ Prof. Caroline Jäger-Klein,  
Vortrag 9.12.2021

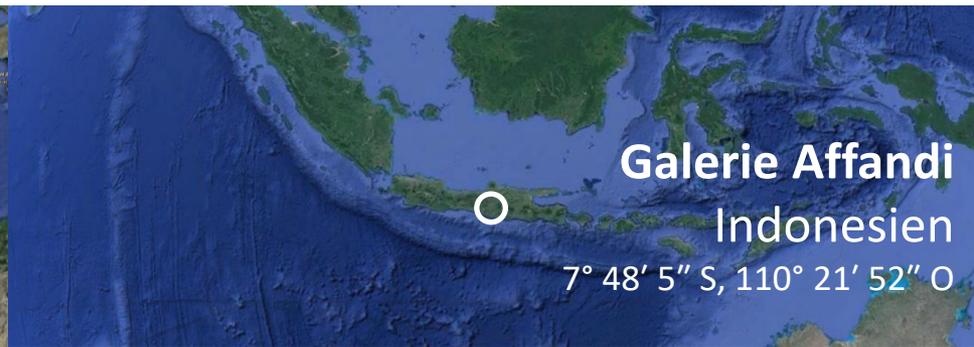
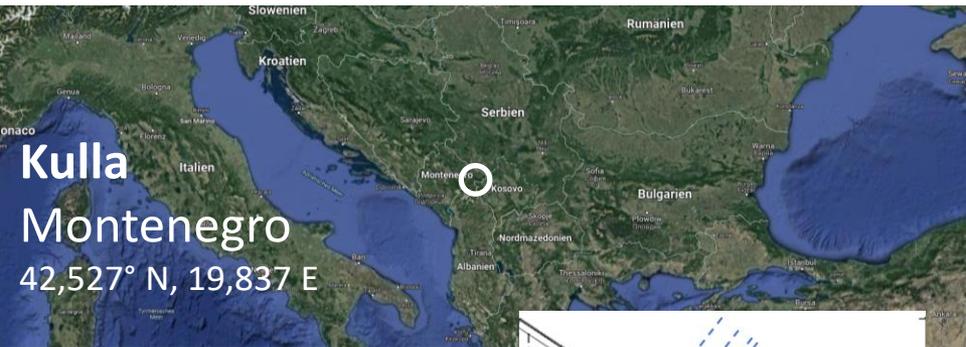


**Galerie Affandi:**  
TU Wien – Baugeschichte  
und Bauforschung,  
Donau-Uni Krens

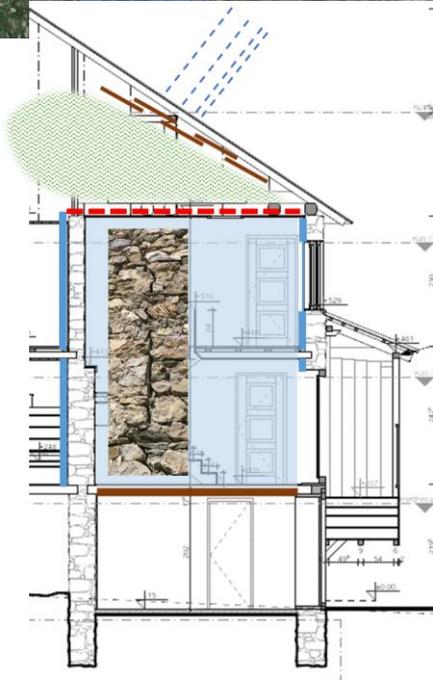
**Untersuchungsmethoden → Grundlage für Maßnahmen  
zur Bestandserhaltung bzw. –Ertüchtigung**  
unter Berücksichtigung von Nutzungskomfort und Erfordernissen zum Erhalt von Artefakten

# Case Studies

Adaptierung vernakulärer Gebäude an klimatische Standortverhältnisse



**Kulla-Revitalisierung** →  
Konzeption für  
Wärmeschutz, pass. Kühlung  
und natürliche Belichtung



**Galerie Affandi:**  
Ventilation und Temperatur-  
Optimierung, Anpassung  
der Lichtverhältnisse



Erforschung von Gebäudeeigenschaften  
Weiterentwicklung von tradierten Ideen



... für die zukunftsgerichtete Nutzung wertvoller Baubestände!

