



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna | Austria

Buildings of tomorrow Moisture safe, nearly-zero-energy and BIM based solutions.

Part 1: Experiences and future developments in Austria

Part 2: CIB W040 development of research road map
Resilience and risk management to mitigate
moisture problems in buildings

Prof. Dr. Thomas Bednar

TUW Vienna University of Technology
Institute for Building Constructions and Technology
Researchcenter for Building Physics and Sound Protection

Outline

History & Future Building related Energy System

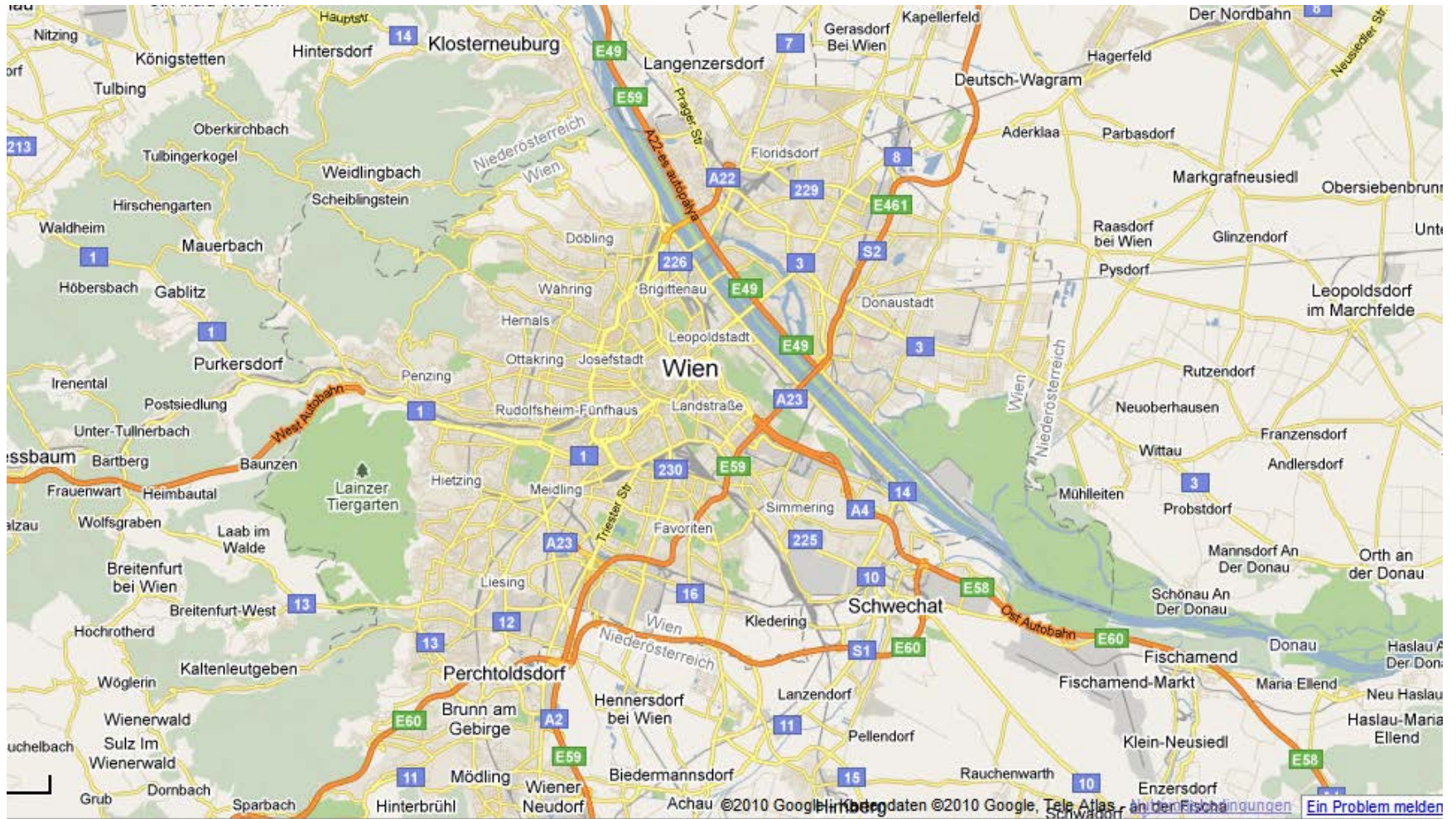
Cultural heritage Protection

New buildings - Lessons learned

Moisture Excess - Finland/Austria

Renovating Buildings – Changing the Risk for Moisture Damage

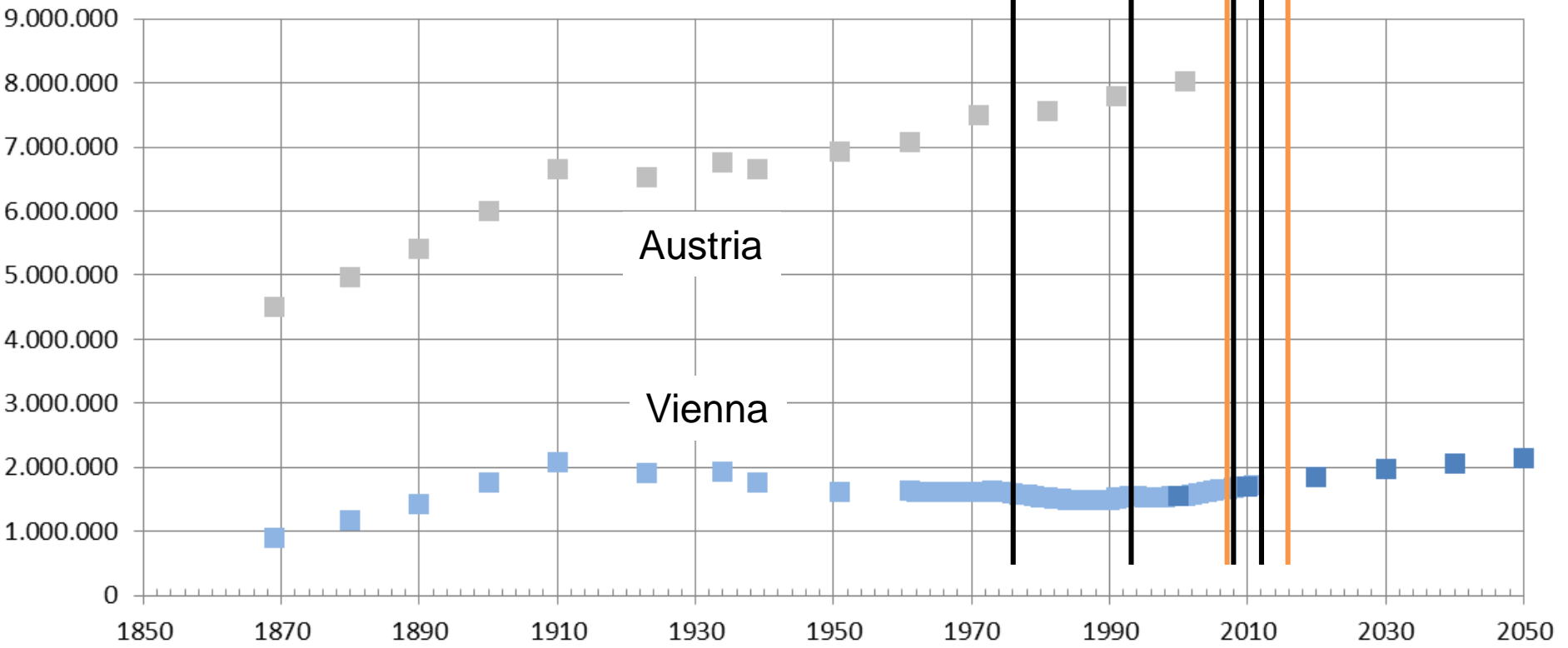
CIB W040 – Development of Research Roadmap



Gründerzeit
 Zwischenkriegszeit
 Wiederaufbauzeit
 Systembauweise
 Montagebauweise
 Wr. Bauordnung 1976
 Wr. Bauordnung 1993ff
 Wr. BTVO 2008 / OIB 2007
 Wr. BTVO 2012 / OIB 2011

Passivhausbauweise
 Plus-Energie-Gebäude

Population



Gründerzeit

Zwischenkriegszeit

Wiederaufbauzeit

Systembauweise

Montagebauweise

Wr. Bauordnung 1976

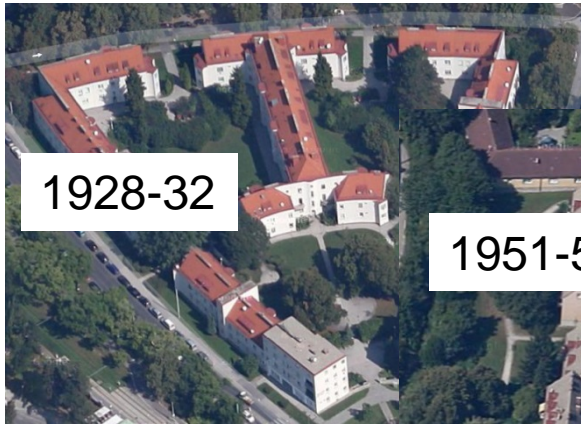
Wr. Bauordnung 1993ff

Wr. BTVO 2008 / OIB 2007

Wr. BTVO 2012 / OIB 2011



<http://www.gruenderzeitplus.at>



1928-32



1951-52



1997-98



1974-76

Massiv-Bauweise im sozialen Wohnbau in Wien
Amann, Jodl, Maier, Mundt, Pöhn, Pommer; 2007

<https://maps.google.com>

Vision 2050

Roadmap for 2020 and beyond

Action Plan for 2012-15

Municipal Department 18 -
Urban Development and Planning

Municipal Department 20 -
Energy Planning

Wiener Stadtwerke Holding AG

Wien 3420 Aspern Development AG

Siemens AG Österreich

Österreichisches Forschungs- und
Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H.

raum & kommunikation GmbH

Vienna University of Technology

Energieinstitut der Wirtschaft GmbH

Austrian Institute of Technology
GmbH

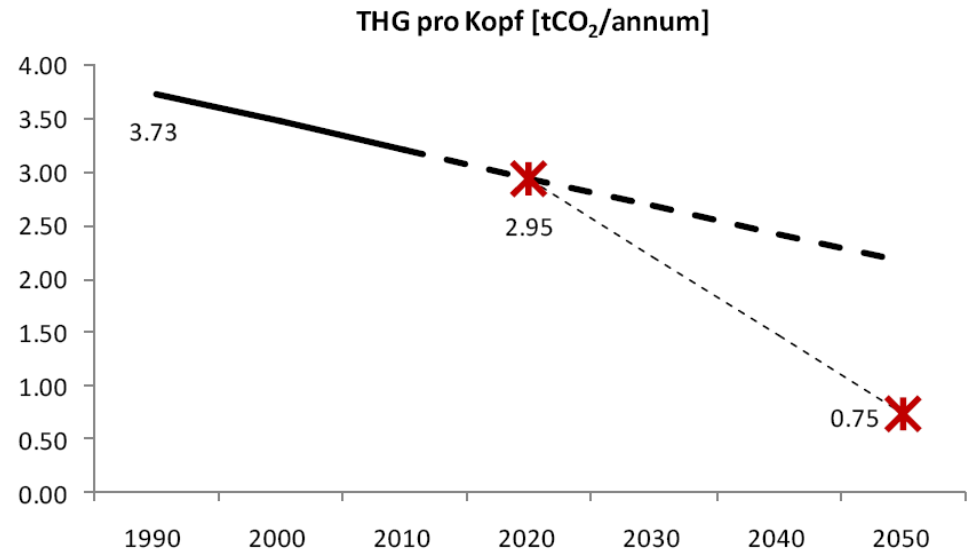
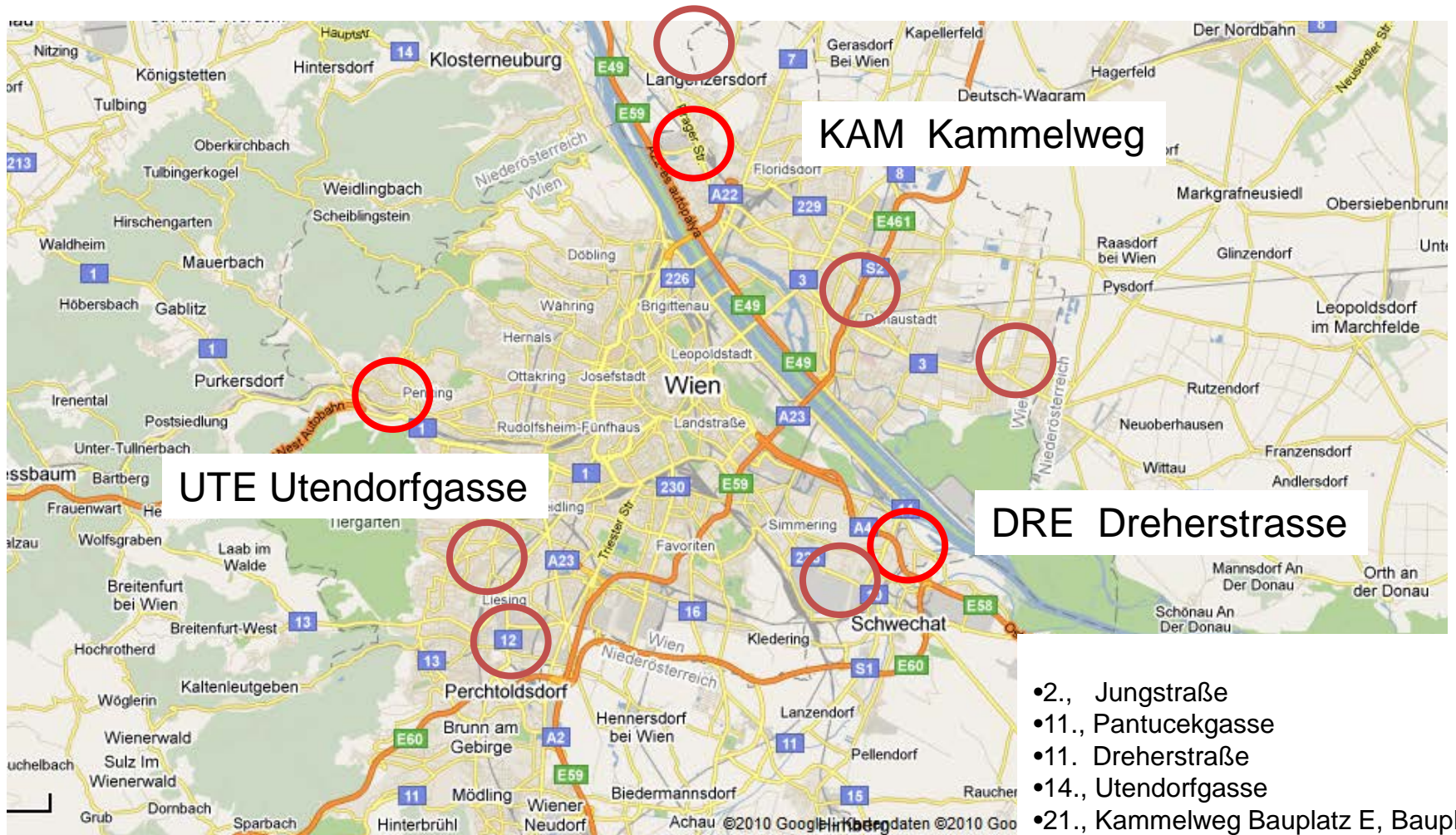


Abbildung 6: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen pro Kopf in Wien zwischen 1990 und 2050



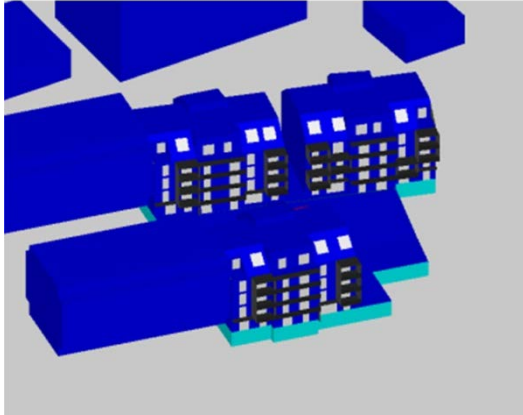
<https://www.wien2025.at/site/>

<http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/smartcity/index.html>



- 2., Jungstraße
- 11., Pantucekgasse
- 11., Dreherstraße
- 14., Utendorfsgasse
- 21., Kammelmweg Bauplatz E, Bauplatz B
- 21., Mühlweg
- 22., Esslinger Hauptstraße
- 23., Schellenseegasse
- 23., Anton-Heger-Platz

UTE Utendorfgasse



Start of occupation: 2007

Number of flats: 3 * 13

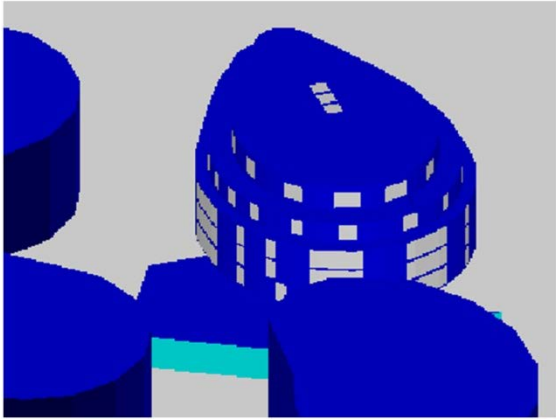
Gross floor area = 1330 m²

Area inside flats = 901 m²

Heating and hot water: central gas fired condensing boiler
 hot water storage tank
 distribution system with circulation pipe

Heating of flat through supply air

DRE Dreherstrasse



Start of occupation: 2007;

Number of flats: 27

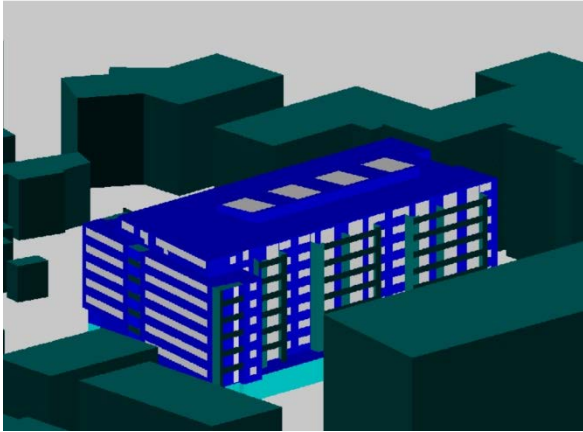
Gross floor area = 3216 m²

Net area inside flats = 2178 m²

Heating and hot water: district heating
 hot water storage tank
 distribution system with circulation pipe

Heating of flat through supply air.

KAM Kammelweg



Start of occupation: 2008

Number of flats: 80

Gross floor area = 8100 m²

Net area inside flats = 6808 m²

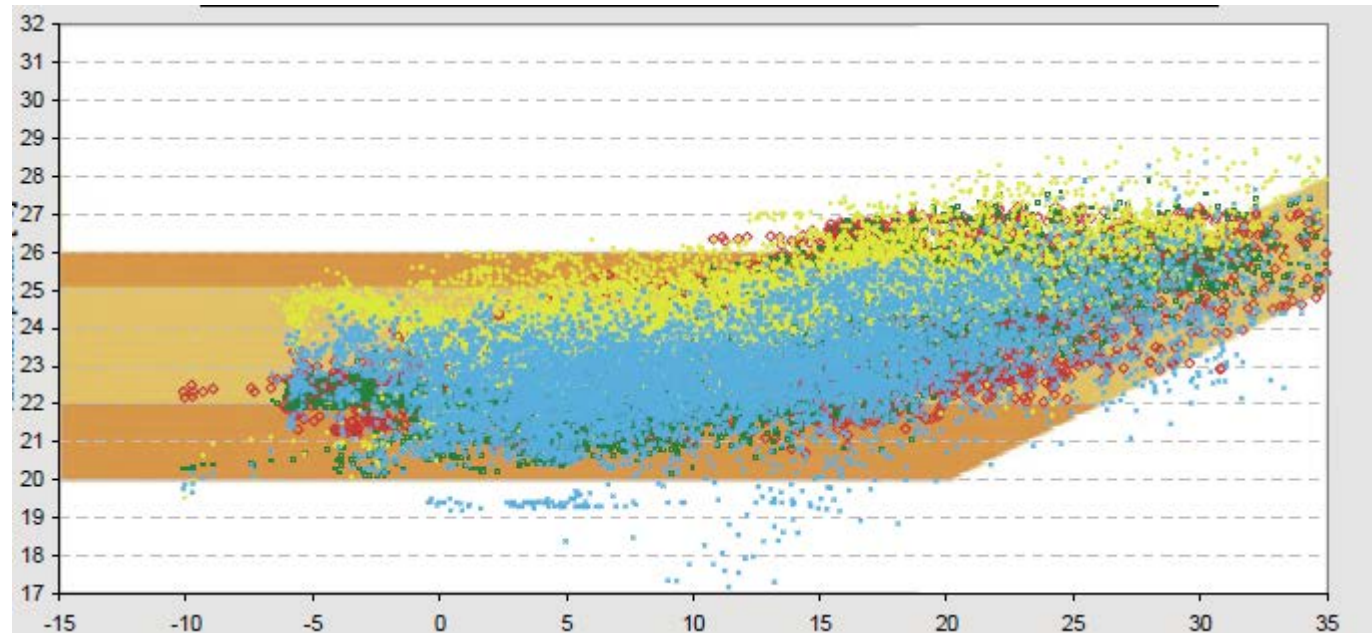
Heating and hot water: district heating
 hot water storage tank
 distribution system with electric trace heating

Heating of flat through minimized radiators.

Post occupancy evaluation
Comfort (Winter/Summer)

Utendorfasse

Room temperature in °C



Outdoor temperature in °C

Temperature: No problems report in Winter
Very good performance in Summer

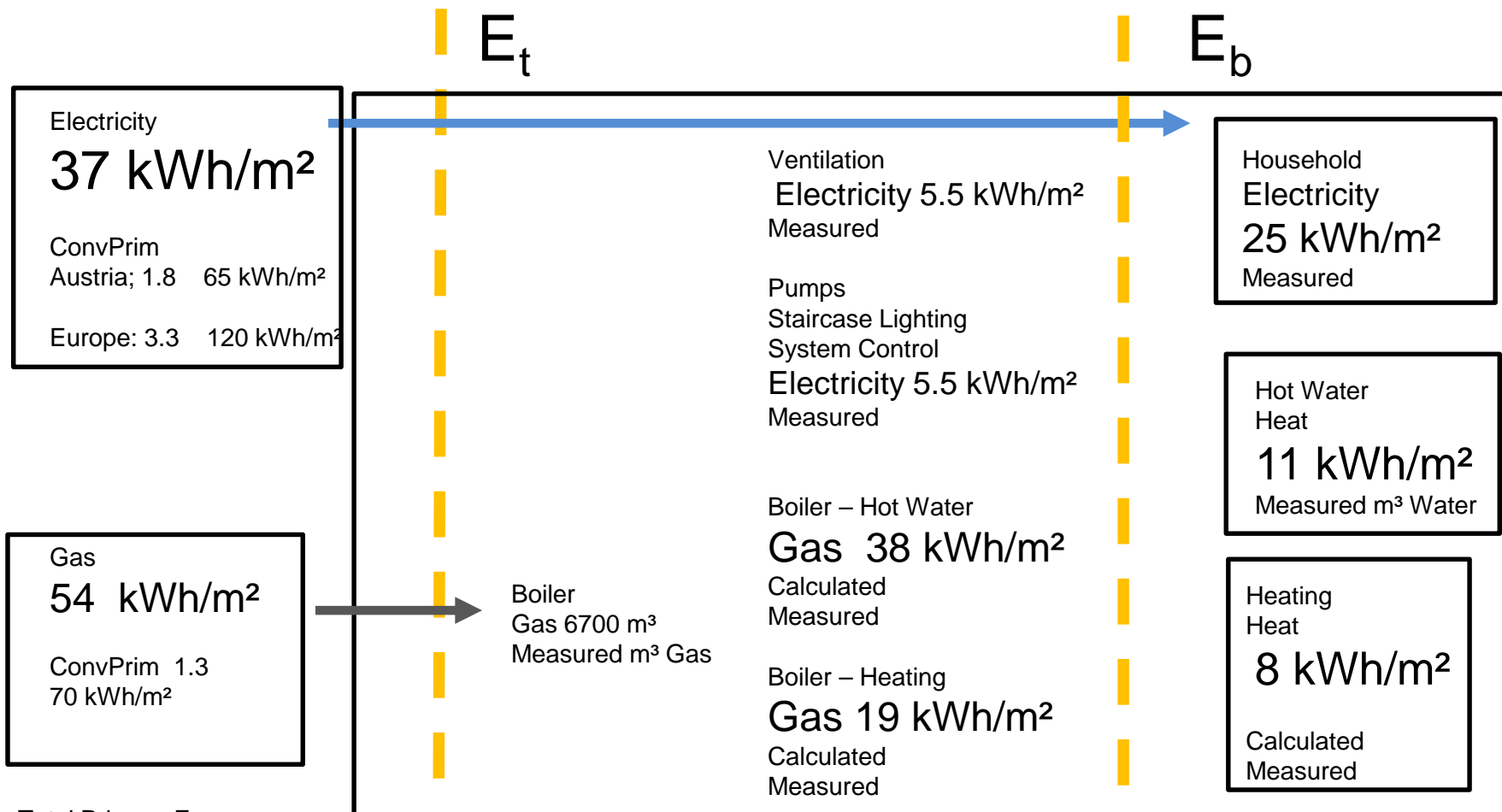
Start of occupation: 2007

IEA Annex 53 "Total energy use in buildings"

Number of flats: 13

Gross floor area = 1330 m² = REFERENCE AREA

Area inside flats = 901 m²



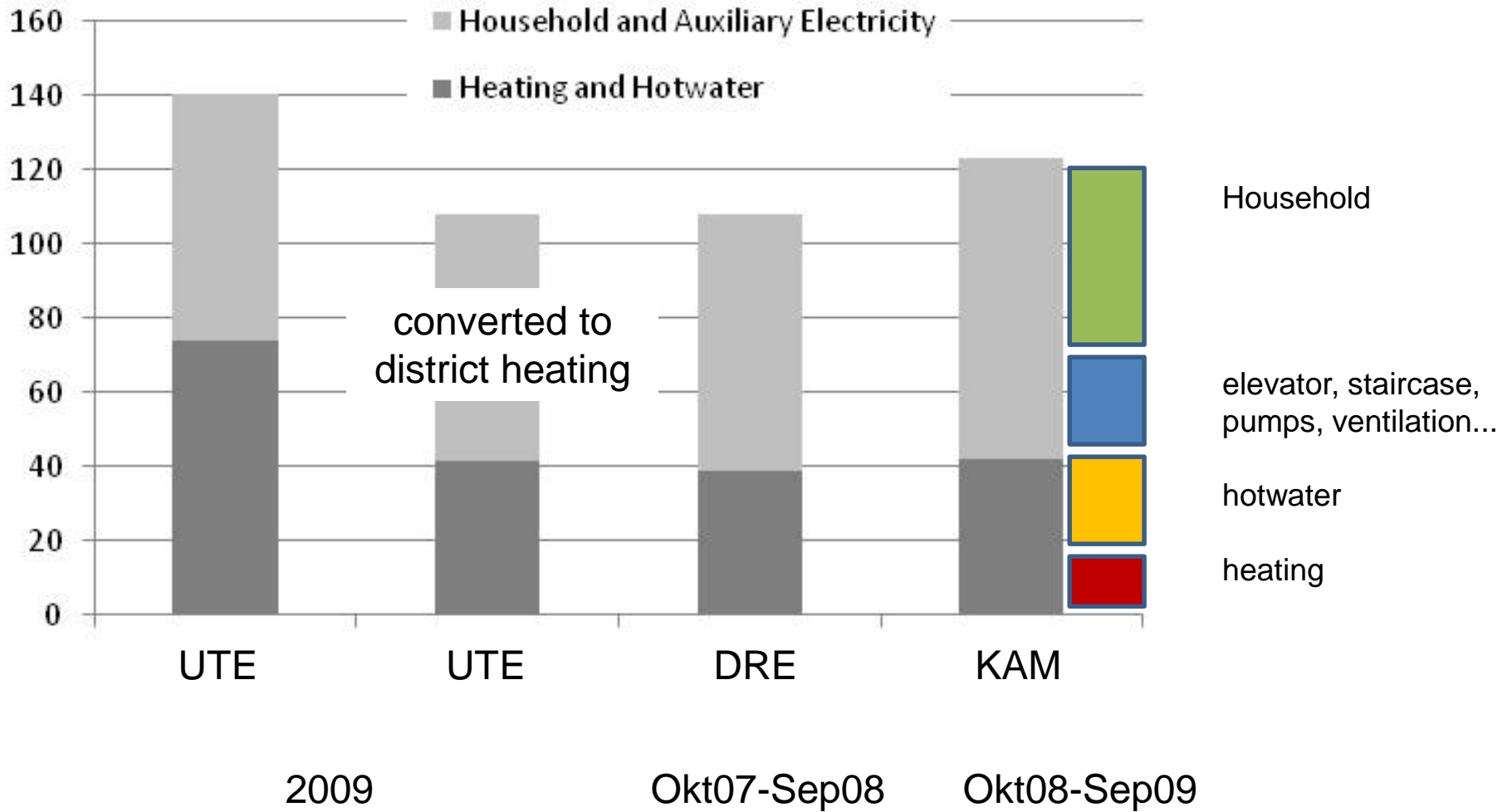
Total Primary Energy

Austria 135 kWh/m²

Europe 190 kWh/m²

Energy in kWh/m² reference area

Total primary energy use in kWh/m²



Measured energy consumption

Conclusions from building companies:

No mould growth inside the flats!!

Much better design process (Integral design)

Passive house concept in social housing works very well

- if people live there
- open windows during summer nights (April-September)
- if designer use detailed calculation methods
- if monitoring (system states) during first year is used

Future enhancements:

Reduction of system losses (currently 100% heating 300% hot water)

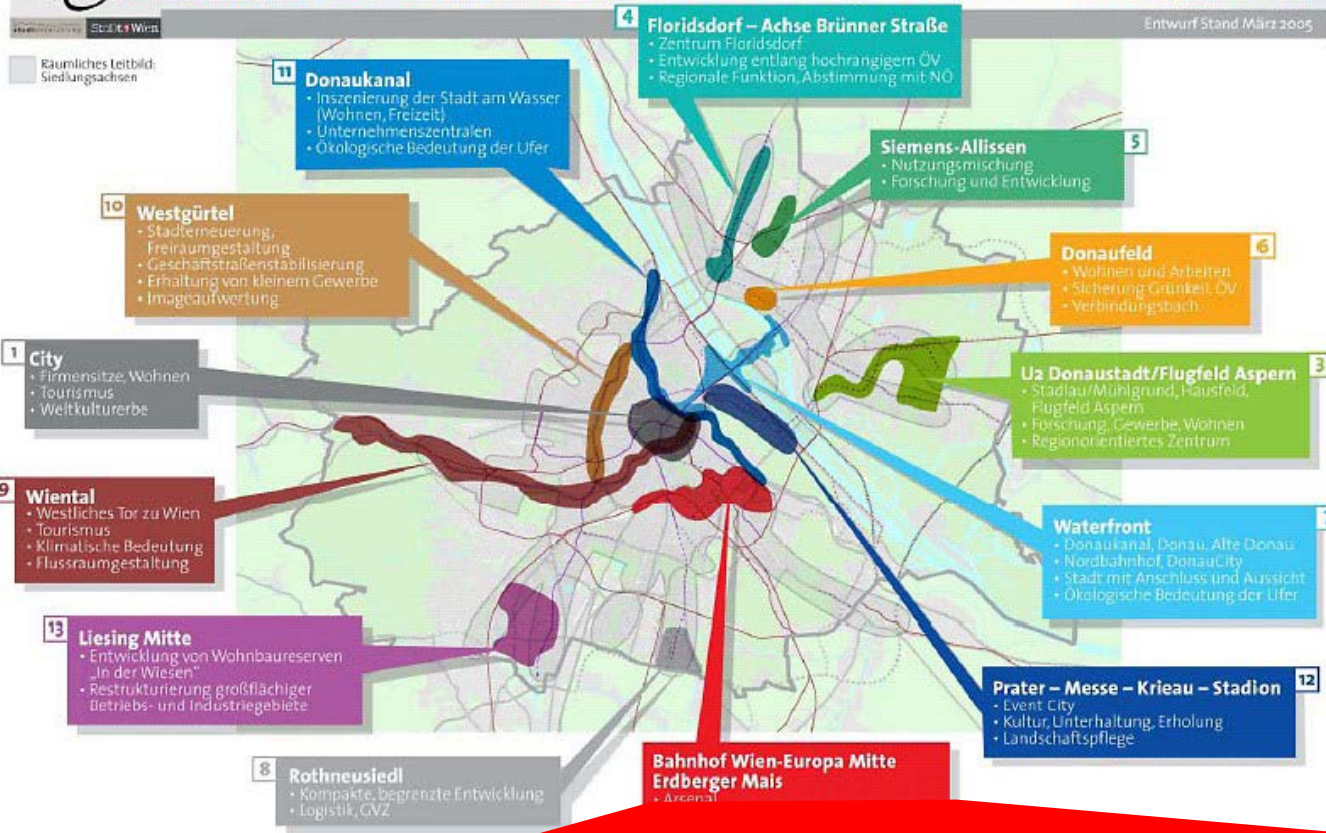
Reduction of pressure losses in ventilation system (6kWh/m² -> 3kWh/m² electricity)

Motivation of energy efficient household equipment

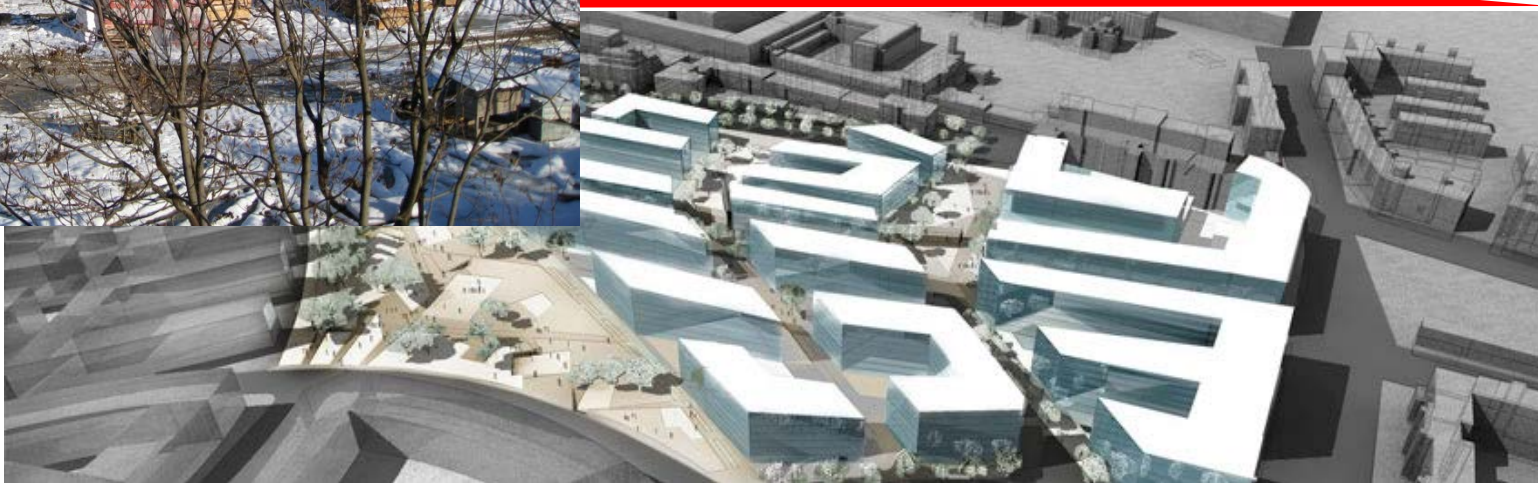
outdoor noise reduction (summer night time ventilation)

security concerns during design process

Räumliches Leitbild:
Siedlungsachsen



Räumliches Leitbild:
Siedlungsachsen



Räumliches Leitbild:
Siedlungsachsen

11 Donaukanal

- Inszenierung der Stadt am Wasser (Wohnen, Freizeit)
- Unternehmenszentralen
- Ökologische Bedeutung der Ufer

4 Floridsdorf – Achse Brünner Straße

- Zentrum Floridsdorf
- Entwicklung entlang hochrangigem ÖV
- Regionale Funktion, Abstimmung mit NÖ

Siemens-Allissen

- Nutzungsmischung
- Forschung und Entwicklung

5

10 Westgürtel

- Stadterneuerung, Freiraumgestaltung
- Geschäftstraßenstabilisierung
- Erhaltung von kleinem Gewerbe
- Imageaufwertung

Dona

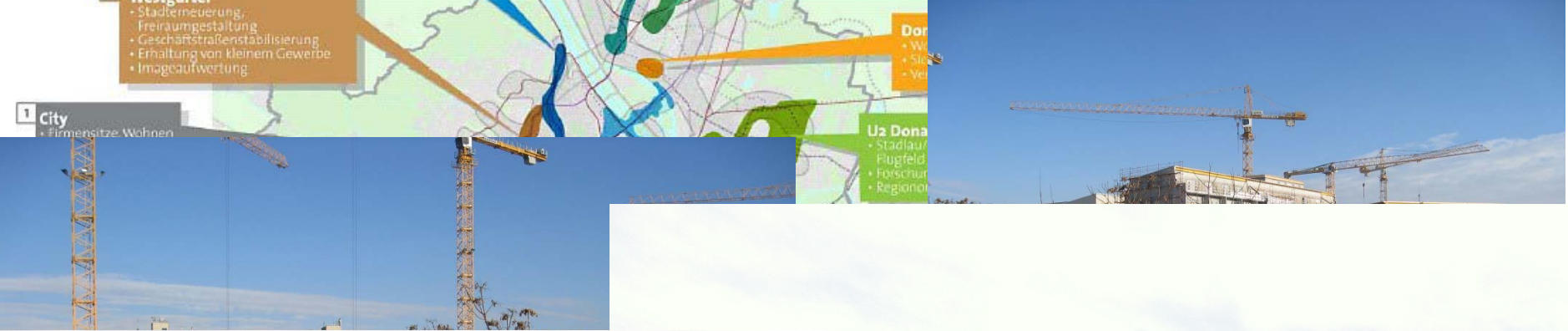
- W
- S
- Ver

U2 Dona

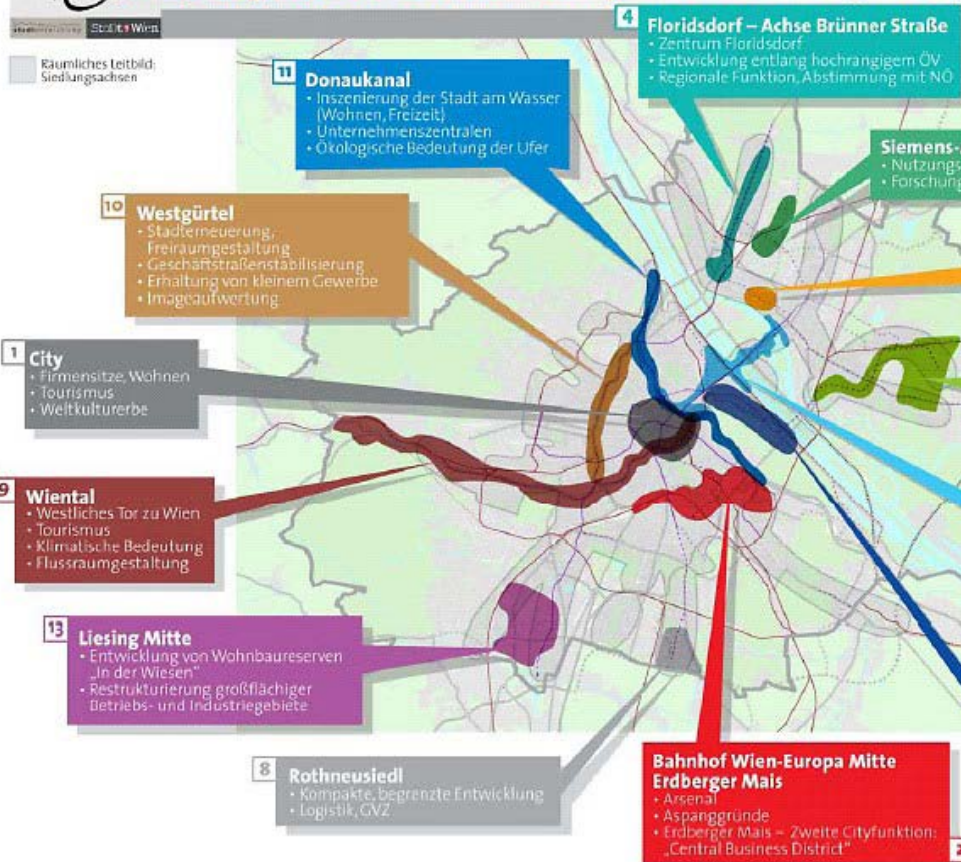
- Stadlauf
- Flugfeld
- Forschung
- Regional

1 City

- Firmensitze Wohnen



Europe's largest passive house settlement - Eurogate



<http://www.aspern-seestadt.at/en>

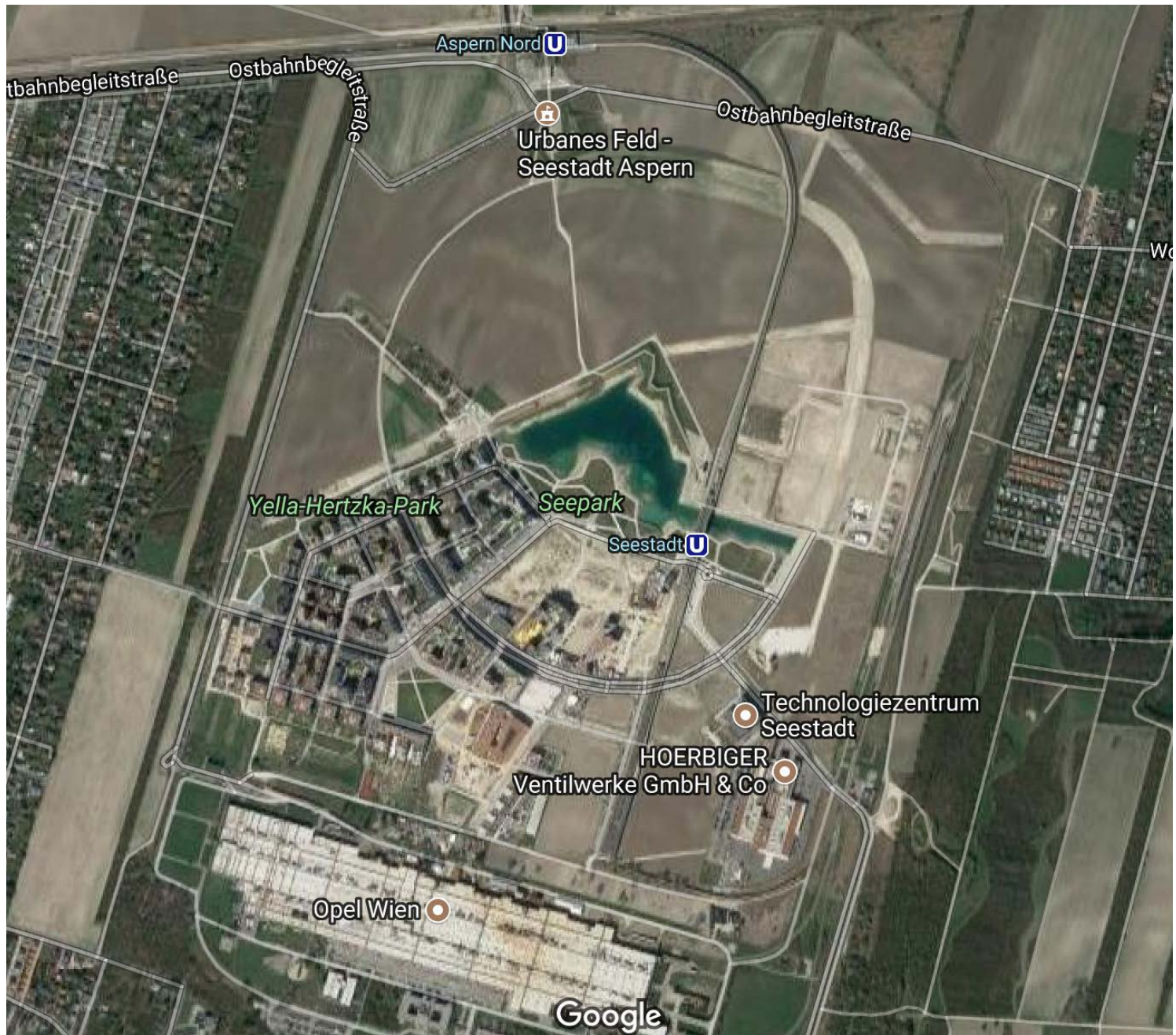


aspern Vienna's Urban Lakeside

20.000 people
living&working

nearly zero energy / plus energy

(Quelle: ATP – Architekten und Ingenieure)





Quelle: ATP – Architekten und Ingenieure

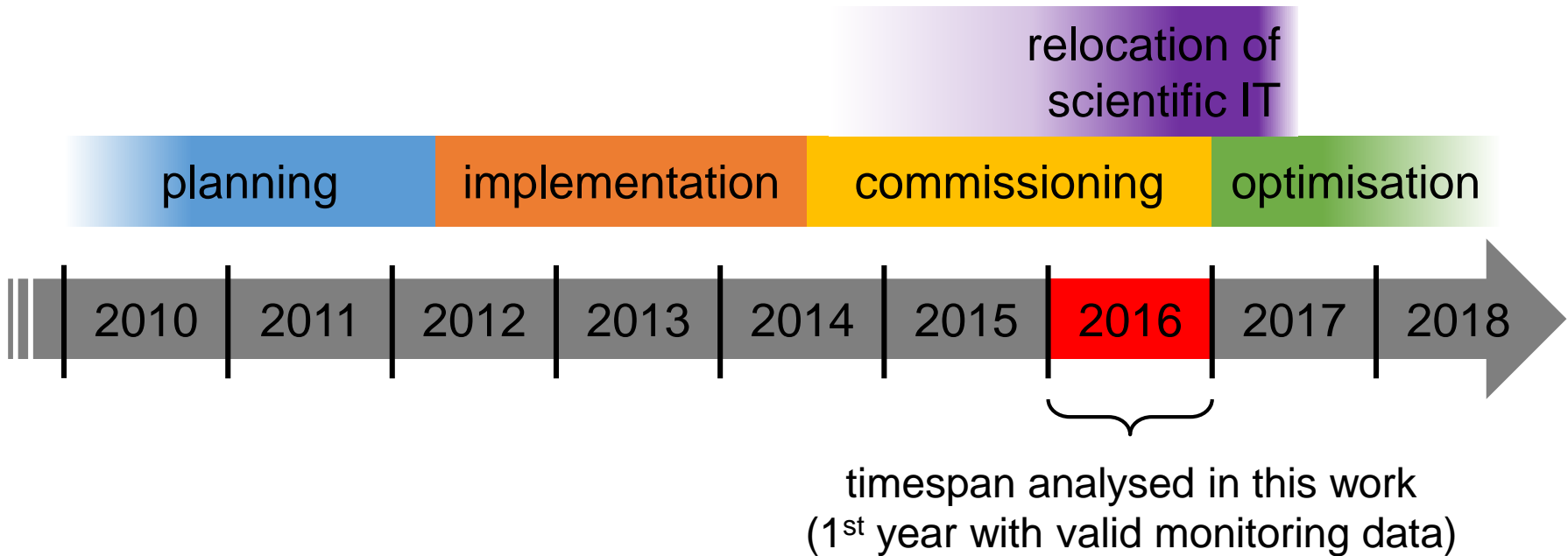




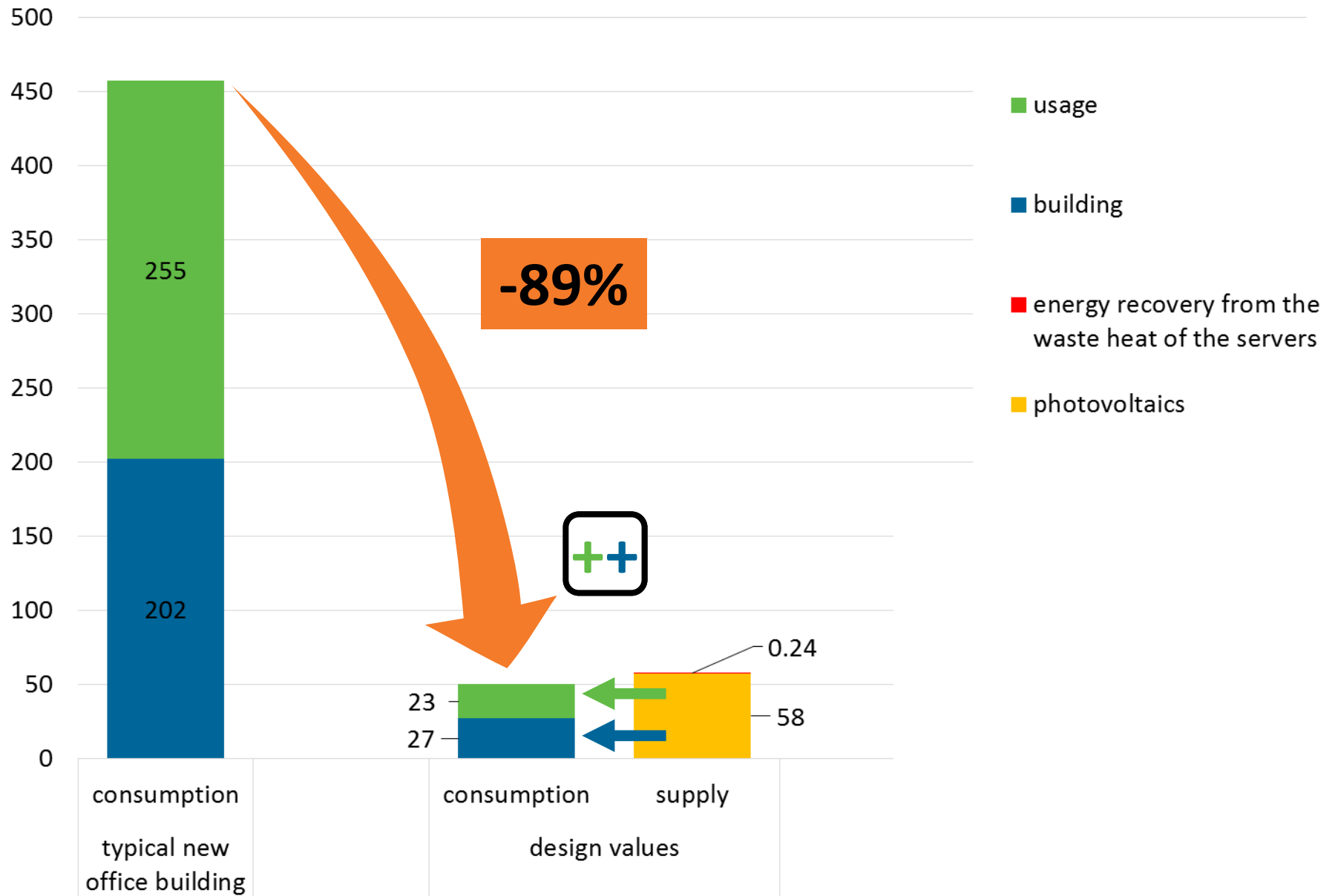
...before the refurbishment
Usage: mainly laboratories



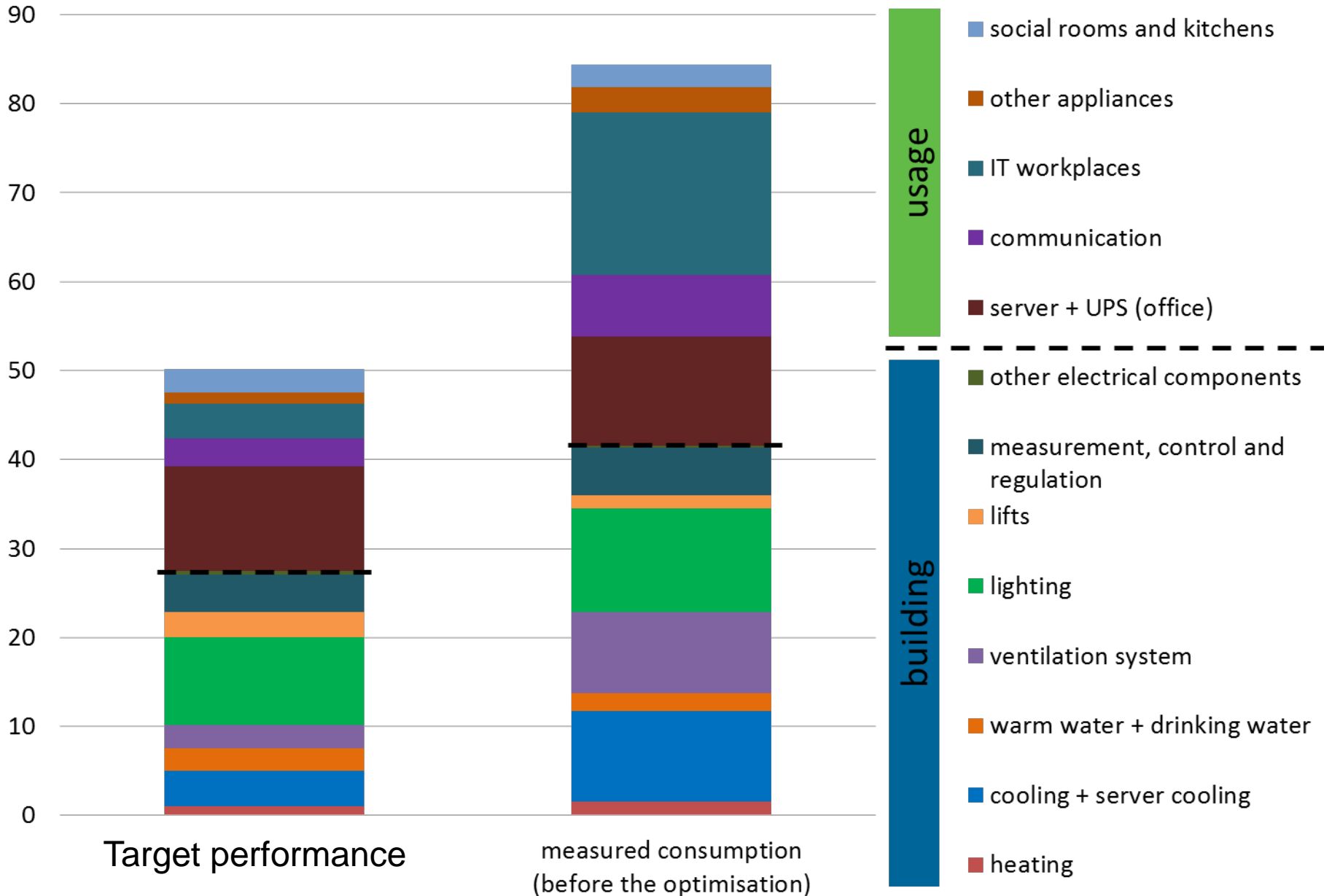
...after the refurbishment
Usage: mainly offices



Primary energy demand (non-renewable) in kWh/(m²_{GFA}·a)

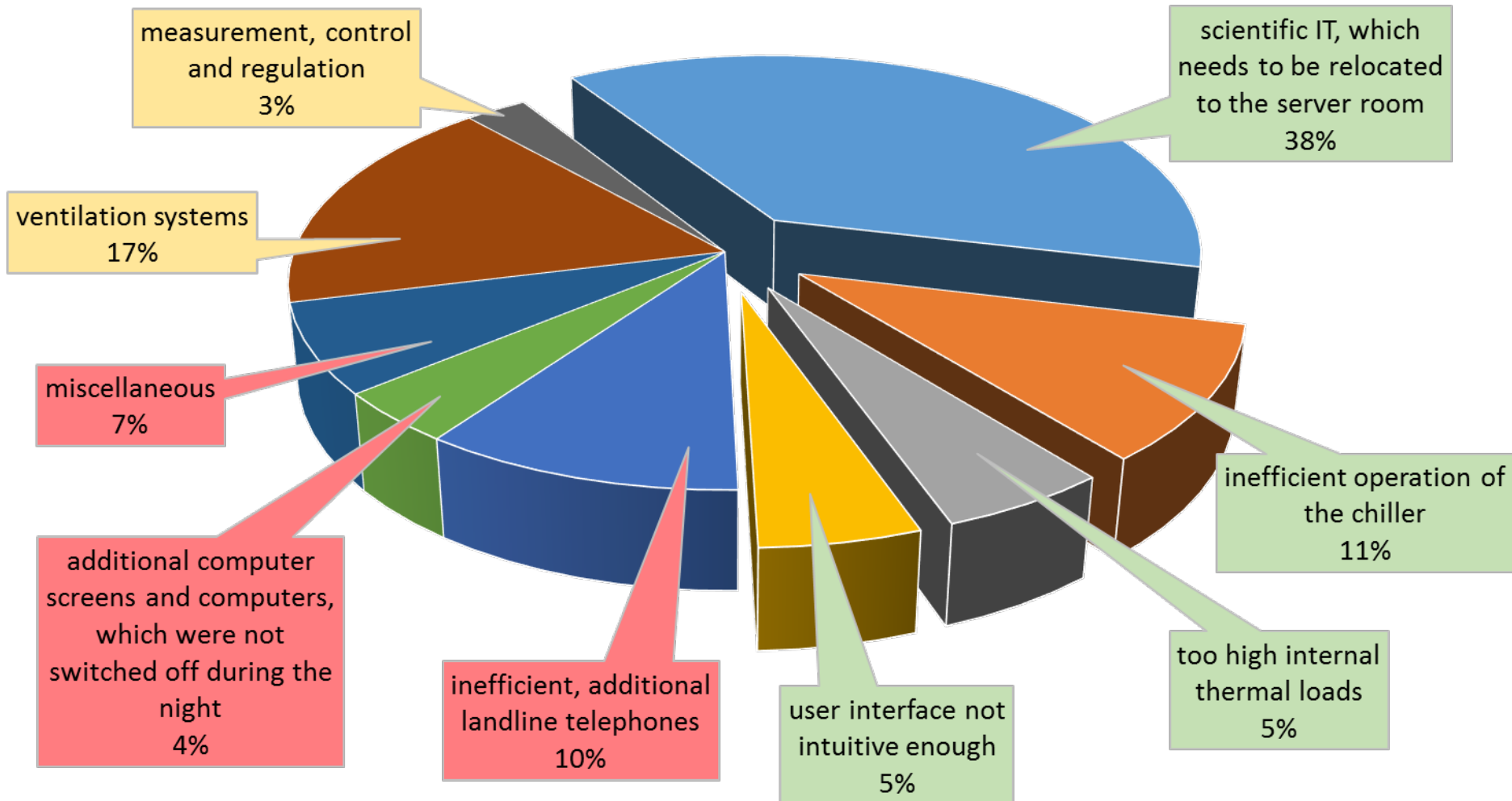


Primary energy demand (non-renewable) in kWh/(m²_{GFA}·a)

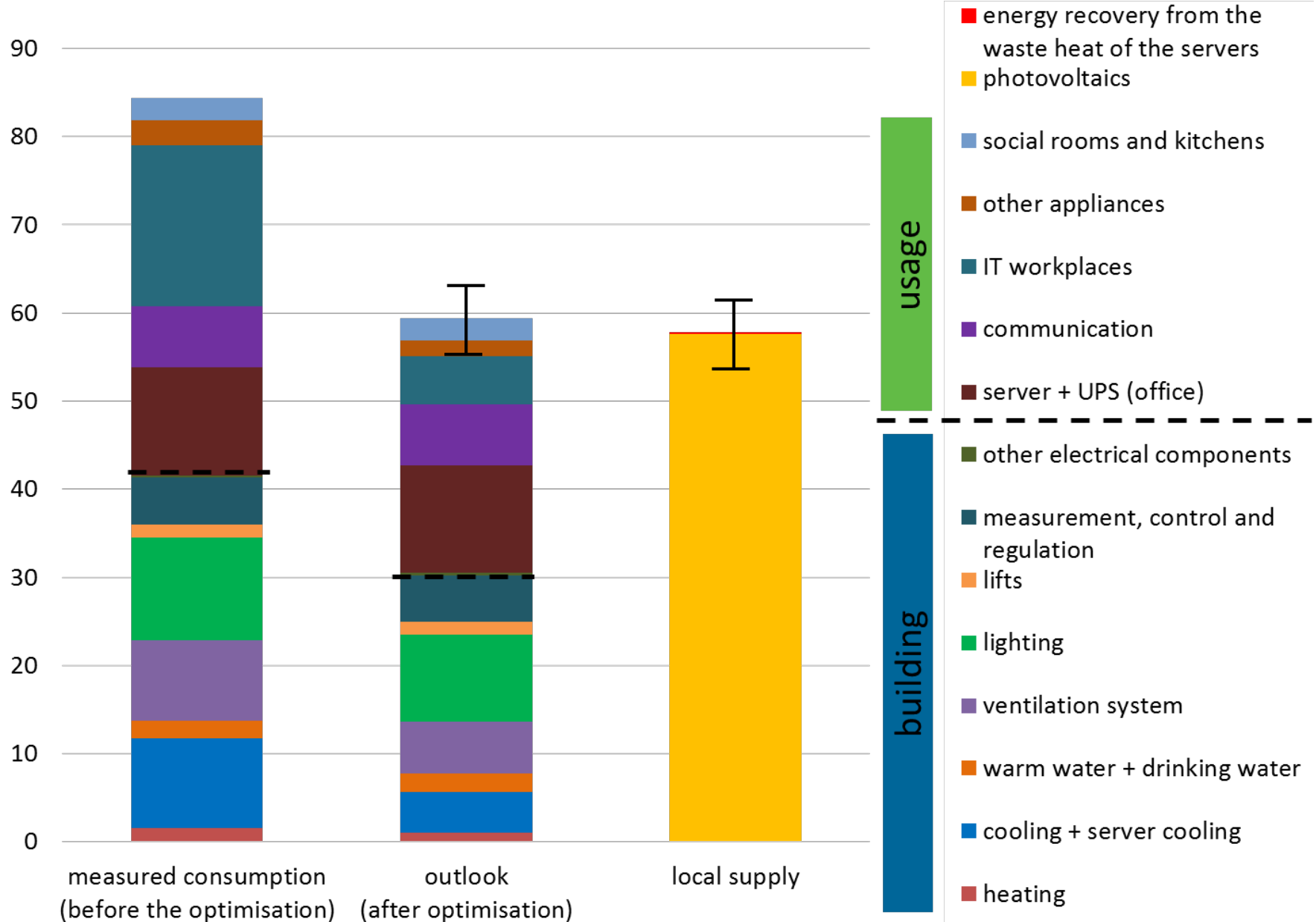


Monitoring 2016 – Reasons for increased consumption

■ further research needed
 ■ not improvable
 ■ improvable



Primary energy demand (non-renewable) in kWh/(m²_{GFA}·a)



Enhancing Energy Efficiency

Cultural Heritage Protection

Only 2% of buildings in Austria are listed

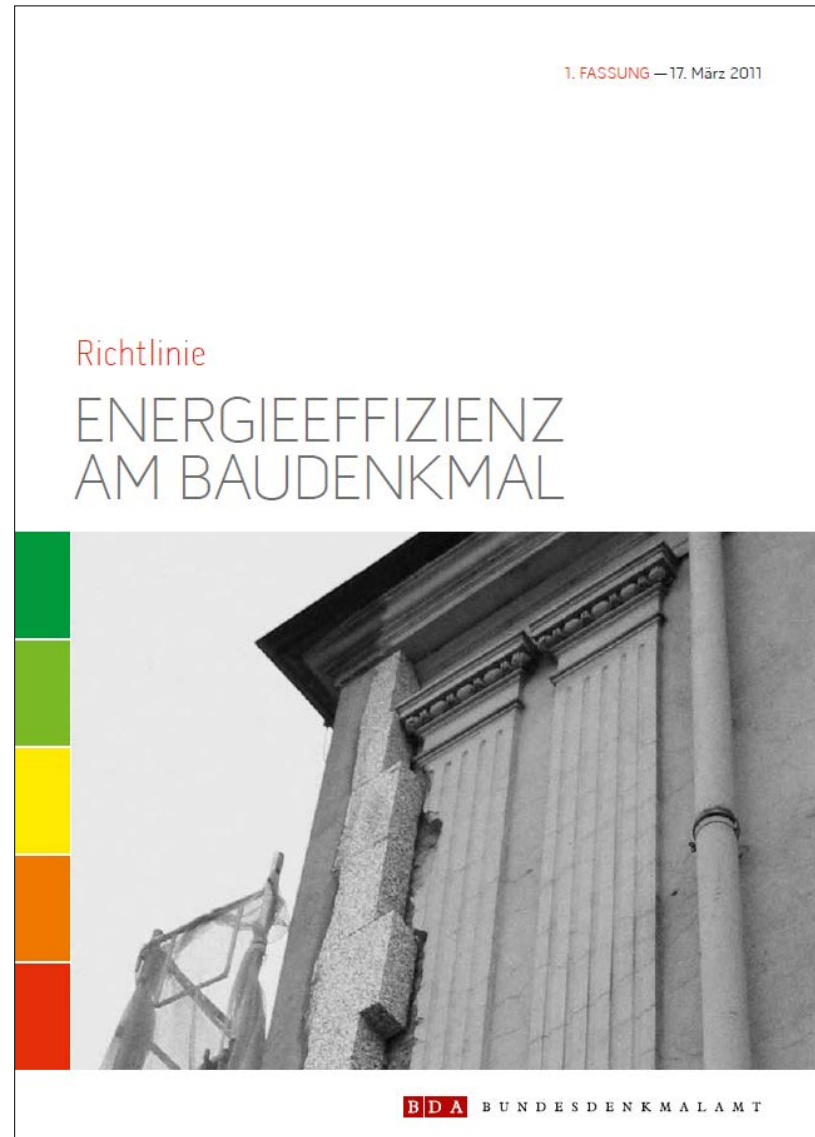
But more are under protection
being part of a historic town

Wish to reduce running costs

Lack of knowledge

Lack of awareness on risks

=> Development of Guideline 2011



Download from: <http://www.bda.at/downloads/1990/Richtlinien>

Guideline lists possible measure and the necessary steps in the design process

I. GRUNDREGELN

Für eine erfolgreiche energetische Sanierung gelten folgende denkmalpflegerische Grundregeln:

1. ORIGIN

Veränderungen sind dem Verstand, die Maßnahmen und der Zustand nach den Eingriffen gemäß denkmalpflegerischen Standards zu dokumentieren.

2. ANALYSE

Viele Baudenkmale weisen eine über die Zeit gewachsene, äußerst heterogene Substanz auf. Im Vorfeld einer Planung ist daher die möglichst vollständige Kenntnis des Bestands sowohl in bautechnischer als auch in bauphysikalischer Hinsicht notwendig.

3. GESAMTANLAGE

sich nicht nur auf die Optimierung

4. NUTZERVERHALTEN

Die Zielsetzung einer energetischen Sanierung kann nicht auf vorgegebenen Ansätzen wie beim normierten Energieausweis basieren, sondern muss konkret auf die Nutzung und das Nutzerverhalten im Objekt eingehen.

5. INDIVIDUELL

Baudenkmale erfordern Einzellösungen anstelle von Standardrezepten. Dies verlangt von den Beteiligten die Bereitschaft zu einem unter Umständen erhöhten Planungsaufwand, einer verbesserten Qualitätssicherung und verstärkter Kommunikation mit oder zwischen Baufachleuten, Bauherrschaft und Denkmalpflege bis zum Abschluss der Maßnahmen.

6. INSTANDSETZUNG

Als erster Schritt sind Fehlerquellen am Baudenkmal zu erheben, Reparaturen auszuführen. Substanzverluste sind, wo möglich, zu vermeiden.

7. MATERIALKONFORM

Notwendige Ergänzungen im Zuge energetischer Verbesserungen sind in der Materialität möglichst konform mit dem überlieferten Bestand auszuführen.

8. FEHLERTOLERANT

Da man sowohl in der Herstellung als auch in der Benutzung erfahrungsgemäß keine idealen Zustände vorfindet, sind fehlertolerante, reparaturfähige bzw. reversible Konstruktionen vorzuziehen.

9. RISIKOFREI

Eine langjährige Schadensfreiheit ist zu gewährleisten. Die Beteiligung von BauphysikerInnen mit einschlägiger Erfahrung im Umgang mit der Sanierung von Baudenkmalen ist hierzu oft notwendig. Neuerungen beziehungsweise Versuche sind am Baudenkmal ausschließlich dann vertretbar, wenn sie im Rahmen eines wissenschaftlichen Projekts begleitet werden. Ansonsten gilt für alle Maßnahmen: lieber weniger und sicher – als viel und riskant.

10. WEITBLICK

Maßnahmen am Denkmal reihen sich in eine schrittweise Optimierung im Laufe der vergangenen Jahrhunderte ein. Eine Erhaltung erfordert von allen Beteiligten einen über die allgemeine Haftung oder Amortisationszeit hinaus gehenden Weitblick.

easy applicable

not so easy applicable

only if really necessary

II. MASSNAHMEN ÜBERSICHT

Im Rahmen von energetischen Sanierungen können sehr verschiedene Maßnahmen eingesetzt werden. Sie bedeuten jeweils einen unterschiedlich starken Eingriff in das Bauwerk. Die folgende Liste gibt hierzu einen ersten Überblick, beansprucht jedoch keine Vollständigkeit (weitere Erläuterungen siehe angegebene Kapitel).

GRÜN

Denkmalverträgliche Maßnahme

Die Maßnahme bedeutet einen geringen Eingriff in Substanz und Erscheinung des Baudenkmal. Sie ist gut denkmalverträglich. Daraus ergibt sich eine einfache Bewilligungsfähigkeit.

GELB

Bedingt denkmalverträgliche Maßnahme

Die Maßnahme bedeutet einen gewissen nachteiligen Eingriff in Substanz und Erscheinung des Baudenkmal, die ist nur bedingt denkmalverträglich und erfordert einen erhöhten Planungsaufwand. Daraus ergibt sich eine eingeschränkte Bewilligungsfähigkeit beziehungsweise eine Bewilligung mit Auflagen.

ROT

Nicht denkmalverträgliche Maßnahme

Die Maßnahme bedeutet einen gravierenden nachteiligen Eingriff in Substanz und Erscheinung des Baudenkmal. Sie ist nicht denkmalverträglich. Daraus ergibt sich eine Versagung der Bewilligung.

Instandsetzung Wand	→ 1.1.1, 1.2.1
Instandsetzung Fenster und Türen	→ 4.1.1, 4.2.1
Instandsetzung Dach und eingestülpte Dämmung im Dachraum	→ 3.1.1 – 2
Dämmung oberste Geschoßdecke	→ 2.1.1
Dämmung über Gewölben abgesetzt	→ 2.3.1
Dämmung Fußboden unterkellert	→ 2.2.1
Dämmung Flachdach	→ 3.2.1
Mauerfußtemprierung	→ 6.4.2
Optimierung bestehender Heizungsanlage und Heizkörper	→ 6.1.1, 6.5
Gebäudeautomation	→ 8
Heizen mit Fernwärme, Heizen mit Holz (Einzelöfen)	→ 5.4, 6.2
Heizen mit Grundwasserwärmepumpe, Erdwärmepumpe (Tiefenbohrung)	→ 5.2.1, 5.2.2
Solarthermie neben dem Baudenkmal	→ 5.3.1

Abdichtung Fenster und Türen	→ 4.1.2, 4.2.2
Nachträgliche Beschichtung von Fensterglas	→ 4.1.3
Sockeltemprierung	→ 6.4.1
Heizen mit Holz (Zentral)	→ 5.1
Photovoltaik neben dem Baudenkmal	→ 5.3.2

Optimierung Fensterglas (beschichtete Einfachgläser)	→ 4.1.3
Optimierung Türglas	→ 4.2.3
Aufdoppelung Türblatt	→ 4.2.4
Zusätzliche Ebene Fenster und Türen	→ 4.1.4, 4.2.5
Dämmung Fußboden nicht unterkellert	→ 2.2.2
Dämmung auf Oberseite von Gewölben und unter Gewölben abgehängt	→ 2.3.2 – 3
Dämmung Dach (Auf-, Unter- und Zwischensparrendämmung mit Überlüftung)	→ 3.1.3 – 5
Innendämmputz und Innendämmung Wand	→ 1.1.2, 1.2.2, 1.2.5, 1.3.1

Außendämmung Holzbau verkleidet	→ 1.2.3
Außendämmung Mauerwerk erdberührend	→ 1.1.4
Bauteilheizung und Bauteiltemprierung	→ 6.3.1 – 3, 6.4.3
Heizen mit Erdwärmepumpe (Flächenkollektor), Luftwärmepumpe	→ 5.2.2, 5.2.3
Solarthermie am Baudenkmal nicht einsehbar	→ 5.3.1
Lüftungs- und Klimaanlagen	→ 7.1

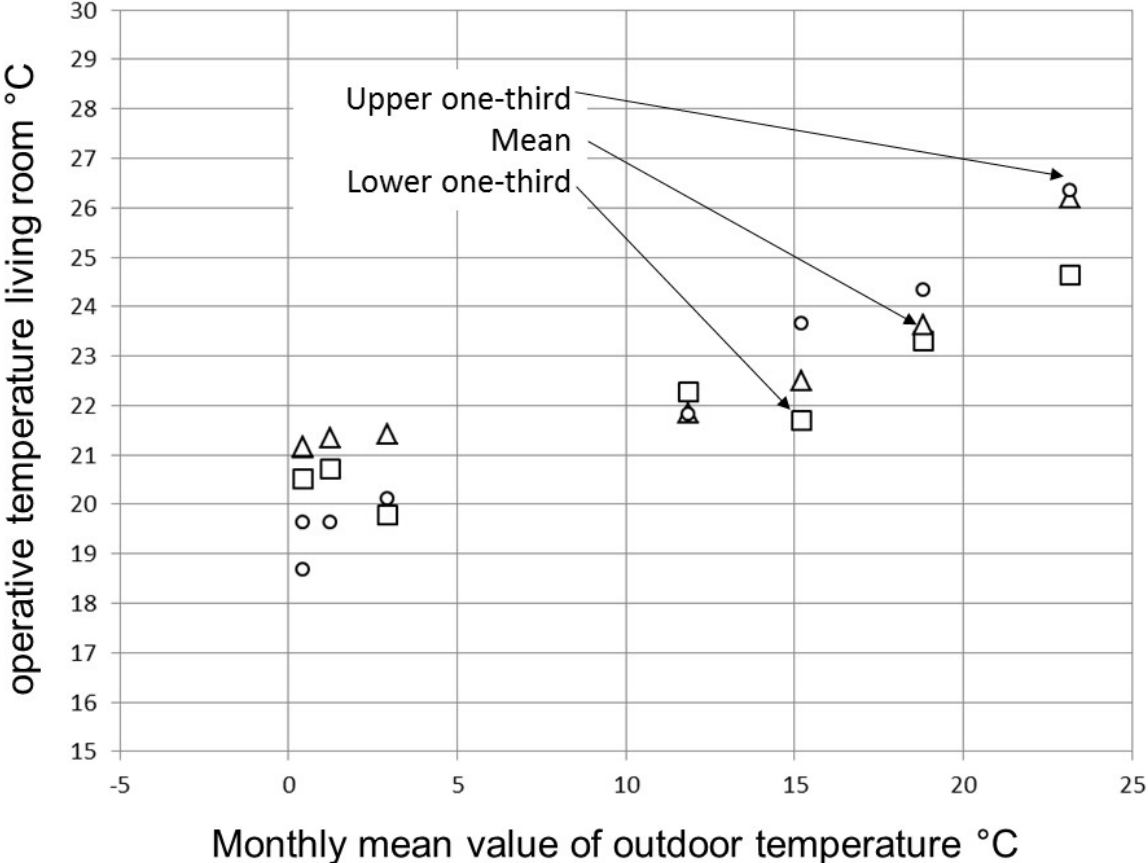
Einsatz von Isolierglas an Fenstern	→ 4.1.3
Zwischensparrendämmung ohne Überlüftung	→ 3.1.6
Photovoltaik am Baudenkmal nicht einsehbar	→ 5.3.2
Außendämmputz Wand verputzt	→ 1.1.3

Abbruch (Austausch) historischer Fenster und Türen	→ 4.1.5, 4.2.6
Dämmung auf Unterseite von Gewölben	→ 2.3.4
Dachdämmung ohne Unterdach	→ 3.1.7
Solarthermie und Photovoltaik am Baudenkmal einsehbar	→ 5.3.1, 5.3.2
Außendämmung Wand	→ 1.1.3, 1.2.4, 1.2.5, 1.3.2

Moisture excess – single family house

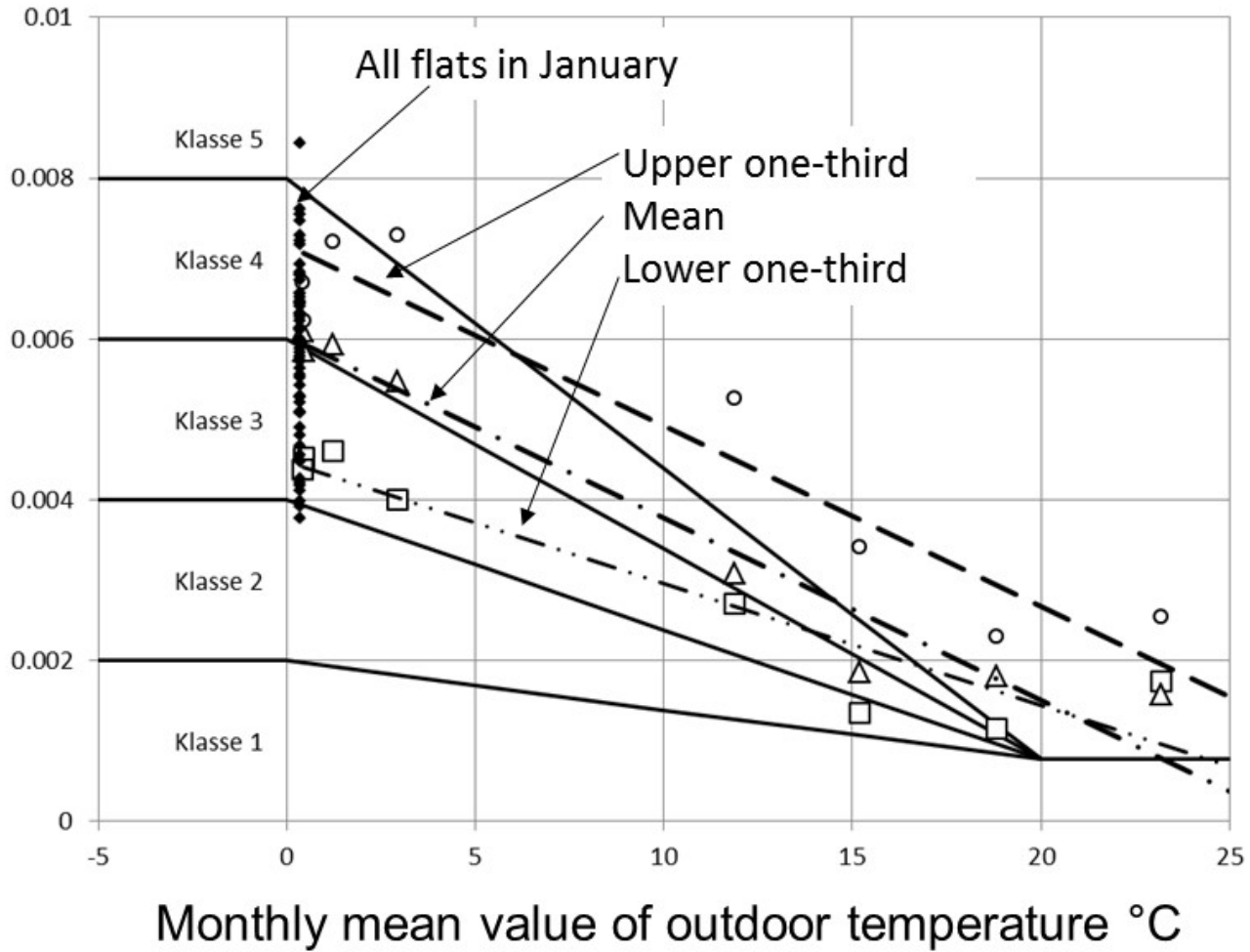


Moisture excess – single family house

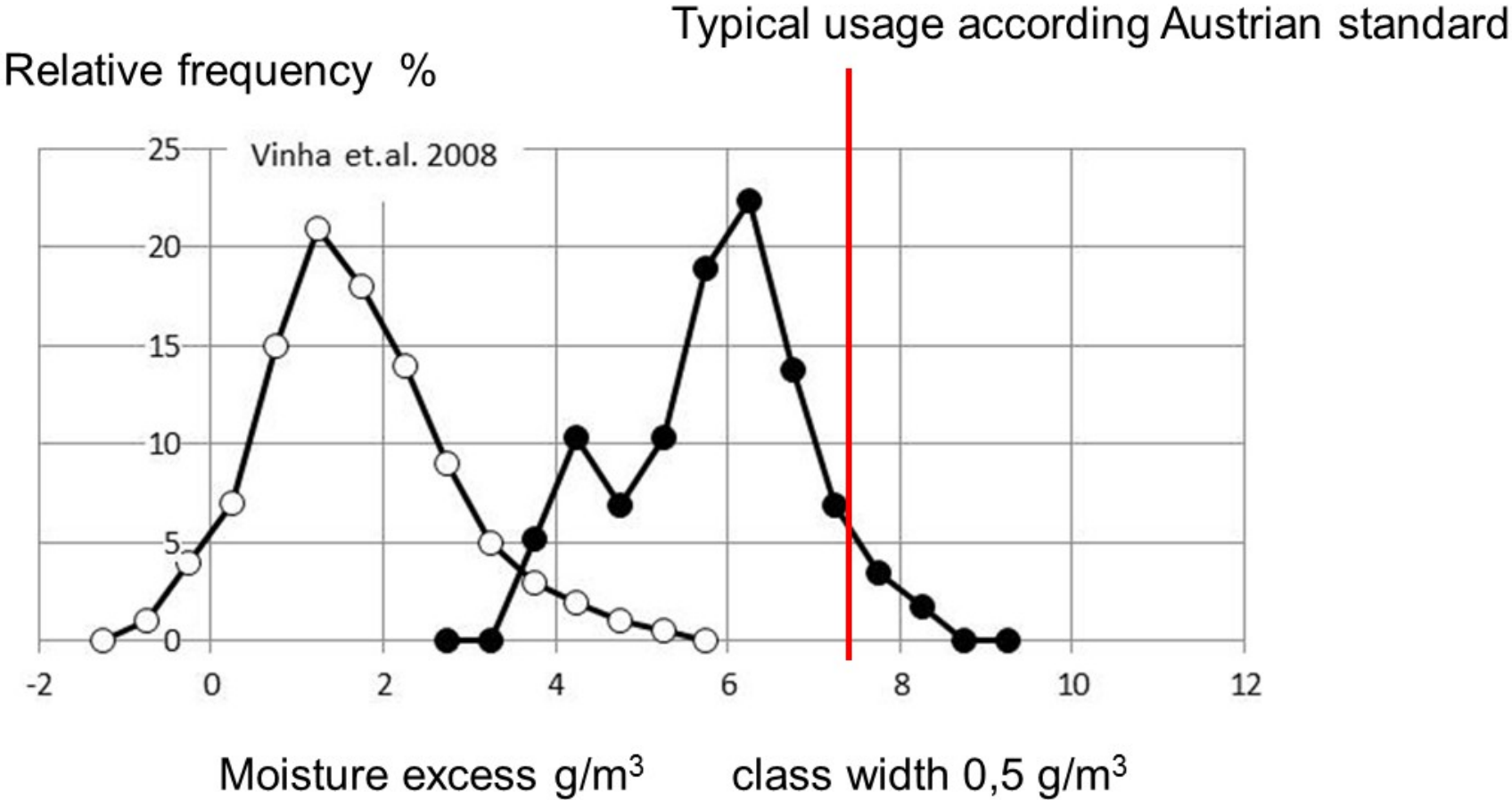


Moisture excess – single family house

Moisture excess kg/m^3

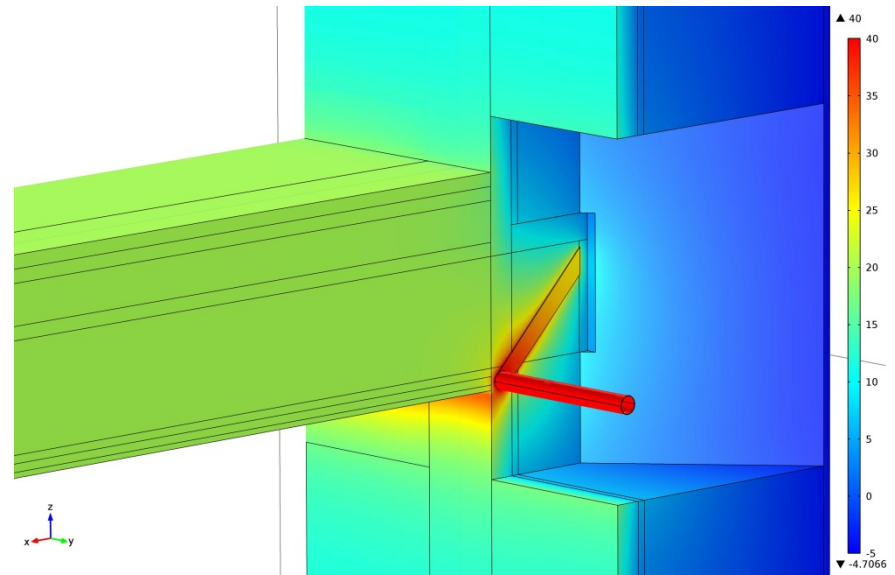
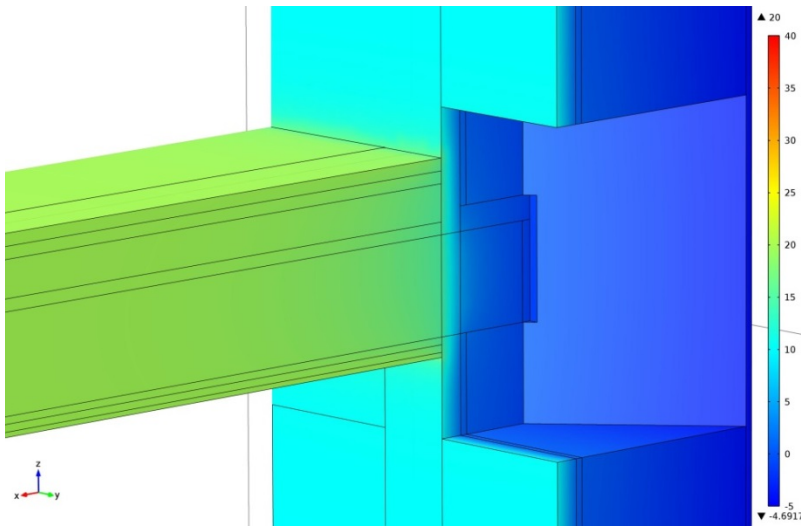


Moisture excess – single family house



Awareness for risk

- internal insulation increases risk of failure
- special focus during design process on reliability



How sensitive are inside insulated constructions with wooden beam bearings?

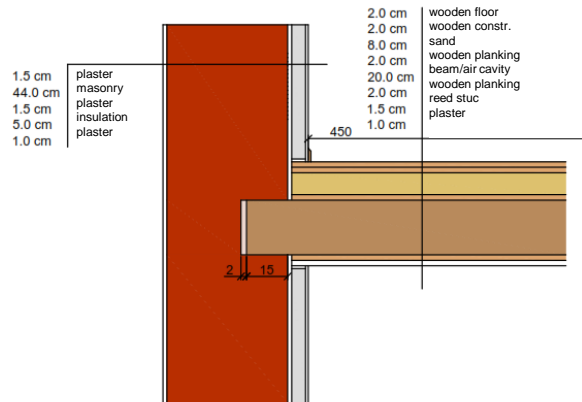


- Indoor/outdoor climate
- Driving rain
- Temperature difference in-out/floor-ceiling
- Air flows through construction – stack effect

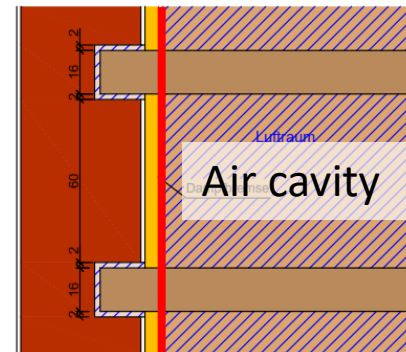
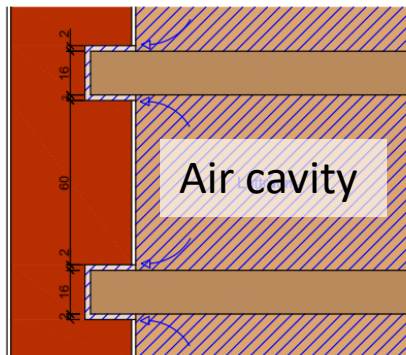
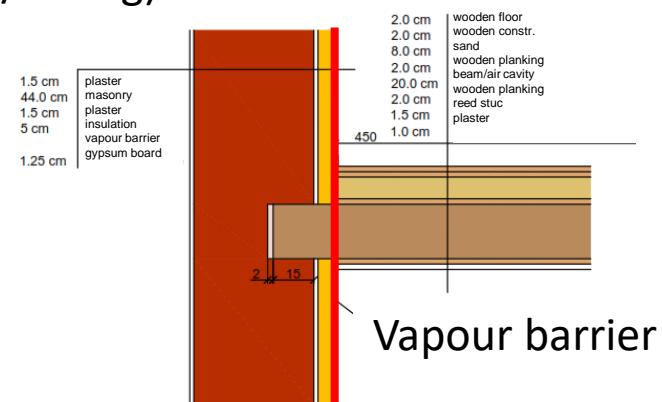


Introduction of a model considering airflows through ceiling cavities and wooden beam bearings

Room-by-room interior insulation and continuous air space

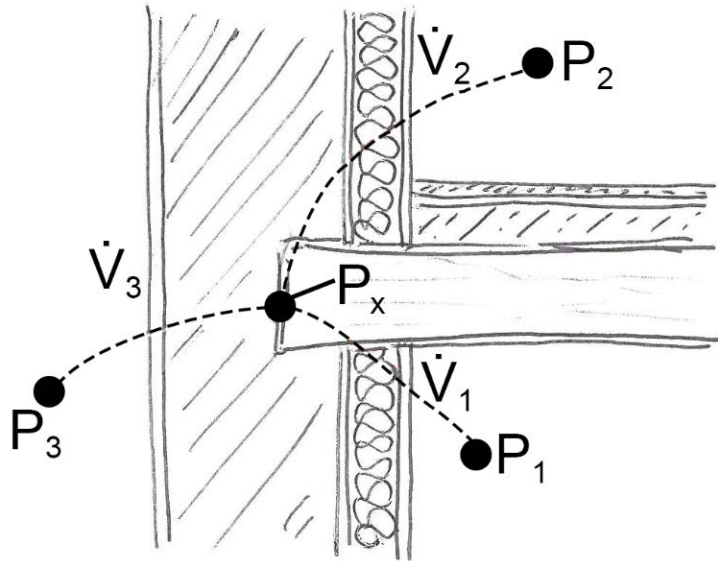


Over all continuous interior insulation and separated air spaces (beam head/ceiling)



Constructional versions of ceiling to wall connections with inside insulation

Characterisation of leakages according to EN 12114



$$\dot{V} = C \cdot \Delta p^n$$

C → air-flow coefficient in $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Pa}^n)$

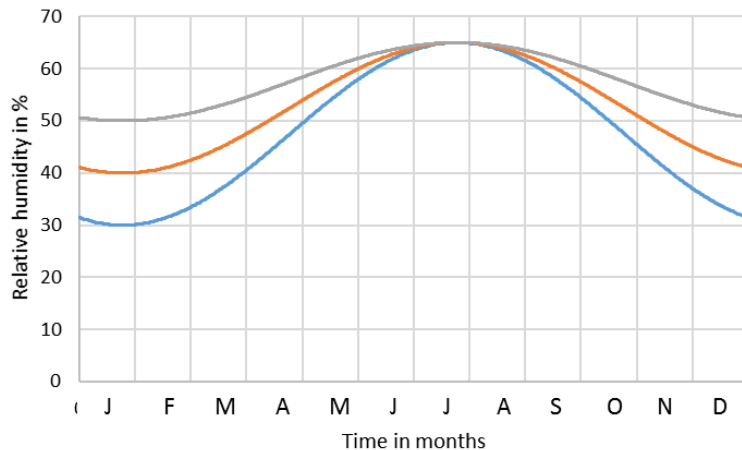
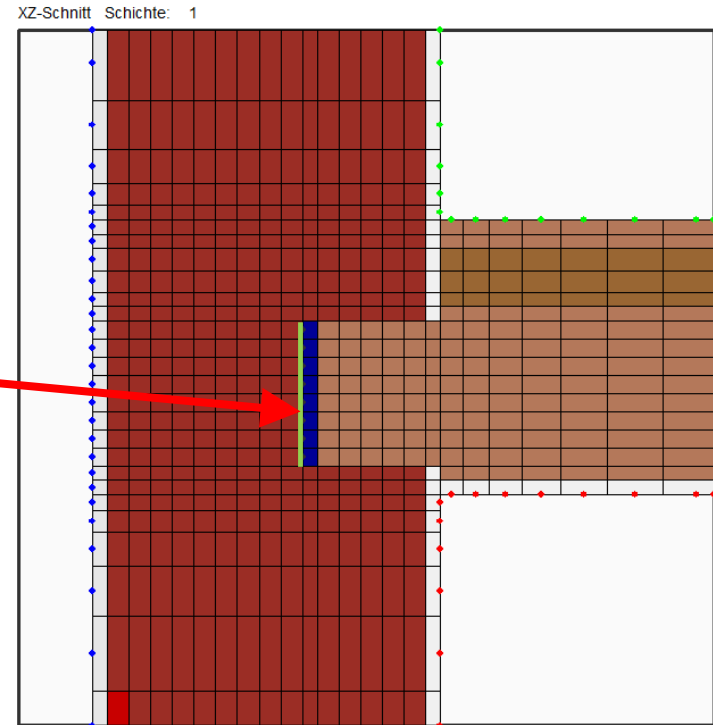
Δp → pressure difference between the two spaces in Pa

n → leakage exponent

Air-flow through ceiling to wall connection

3D Simulation model
with transient
boundary conditions

Condensation source

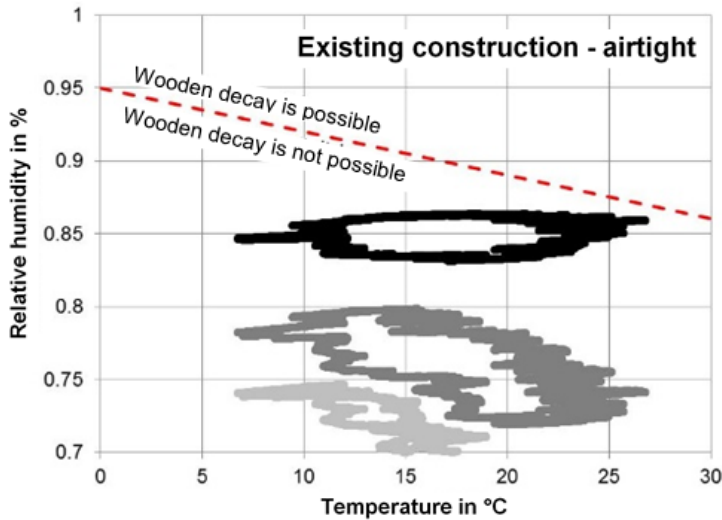


Outdoor climate: TRY Klagenfurt
Indoor climate: 3 moisture classes
acc. to Harreither 2012

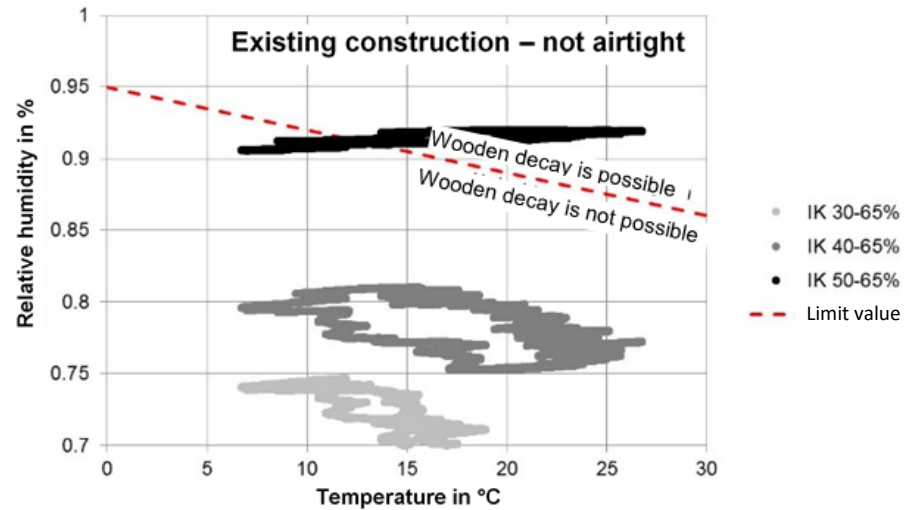
$\Delta p = 2\text{Pa}$
 $C = 5\text{E-}7$ resp. $4\text{E-}6 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{Pa}^n)$
acc. to Bednar 2010

Results – existing construction without insulation

Airtight with fractional leakage



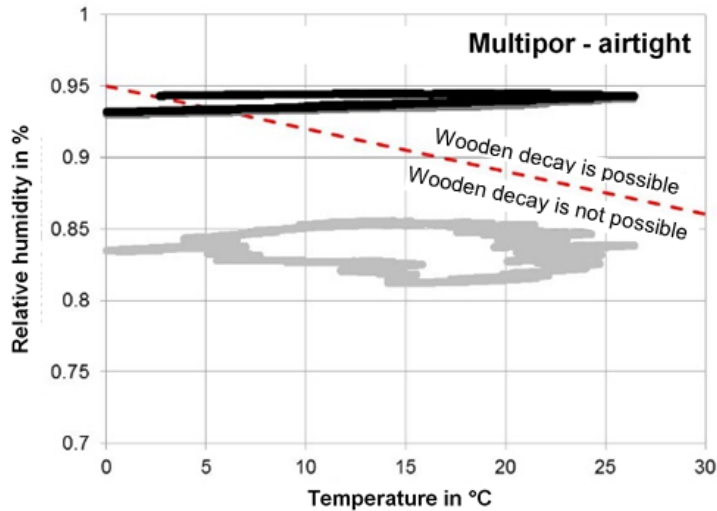
Not airtight with typical leakage



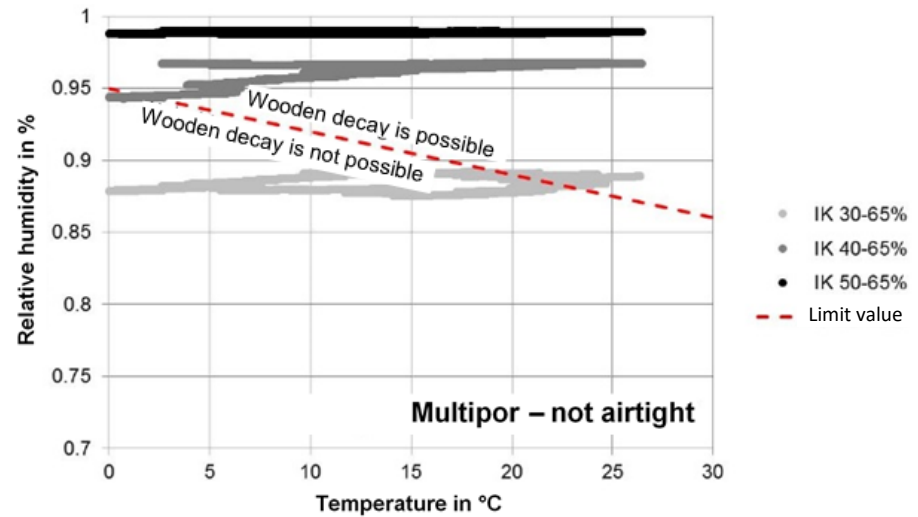
Indoor air RH (winter/summer)	Simulated RH in the critical point		Probability depending upon airtightness	
	Fractional leakage	Typical leakage	n50 = 10/h	n50 = 1,5/h
30 – 65 %	74,6 %	74,7 %	++	+
40 – 65 %	79,8 %	81,0 %	+	+
50 – 65 %	86,4 %	92,4 %	0	+

Results – room-by-room interior insulation

Airtight with fractional leakage



Not airtight with typical leakage

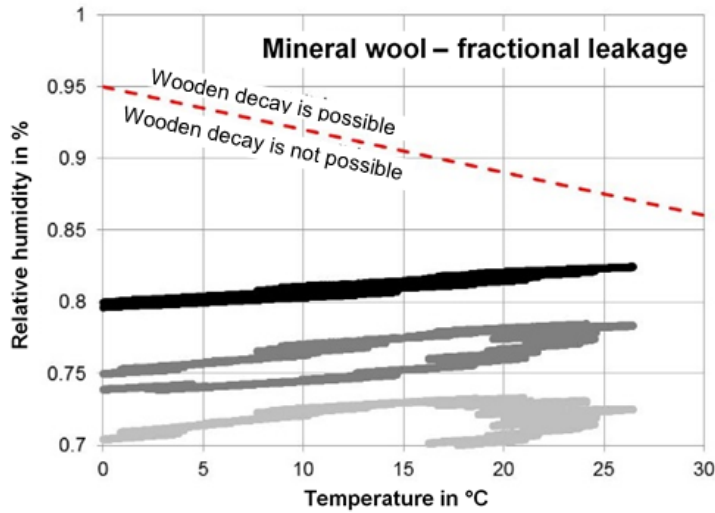


Evaluation acc. to Kehl 2013

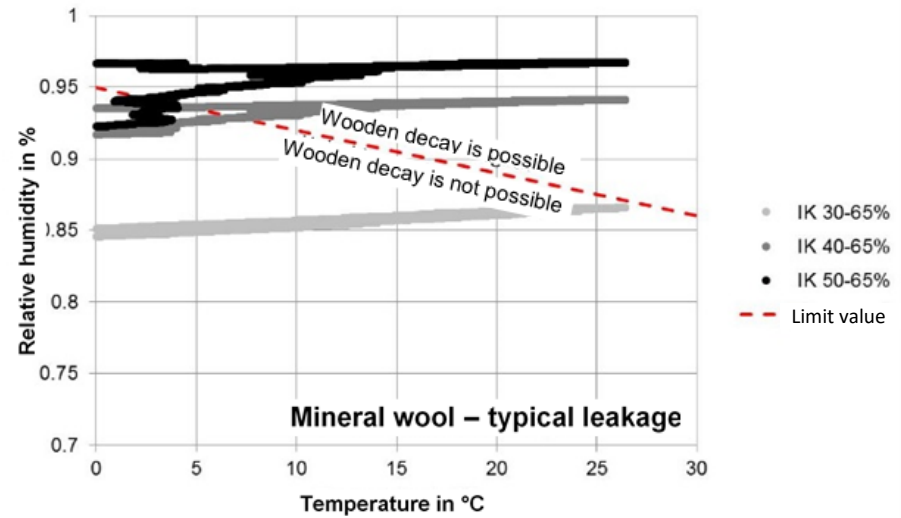
Indoor air RH (winter/summer)	Simulated RH in the critical point		Probability depending upon airtightness	
	Fractional leakage	Typical leakage	n50 = 10/h	n50 = 1,5/h
30 – 65 %	85,6 %	89,6 %	++	+
40 – 65 %	94,3 %	96,8 %	+	+
50 – 65 %	94,7 %	99,1 %	0	+

Results – continuous interior insulation with vapour barrier

Airtight with fractional leakage



Not airtight with typical leakage



Evaluation acc. to Kehl 2013

Indoor air RH (winter/summer)	Simulated RH in the critical point		Probability depending upon airtightness	
	Fractional leakage	Typical leakage	n50 = 10/h	n50 = 1,5/h
30 – 65 %	73,3 %	86,9 %	++	+
40 – 65 %	76,9 %	95,6 %	+	+
50 – 65 %	82,4 %	98,4 %	0	+

Distribution of risk for decay of the wooden beam depending on indoor RH, leakage size and construction type

Indoor air RH (winter/summer)	Existing building		Inside insulation roomwise, connected air cavity		Inside insulation continuous separated air cavities	
	Fractional leakage	Typical leakage	Fractional leakage	Typical leakage	Fractional leakage	Typical leakage
30 – 65 %	Green		Yellow		Green	
40 – 65 %	Green		Red		Red	
50 – 65 %	Yellow		Red		Red	

Green	low risk of failure
Yellow	detailed planning/execution/quality control/information needed
Red	very high risk of failure



Control during building process



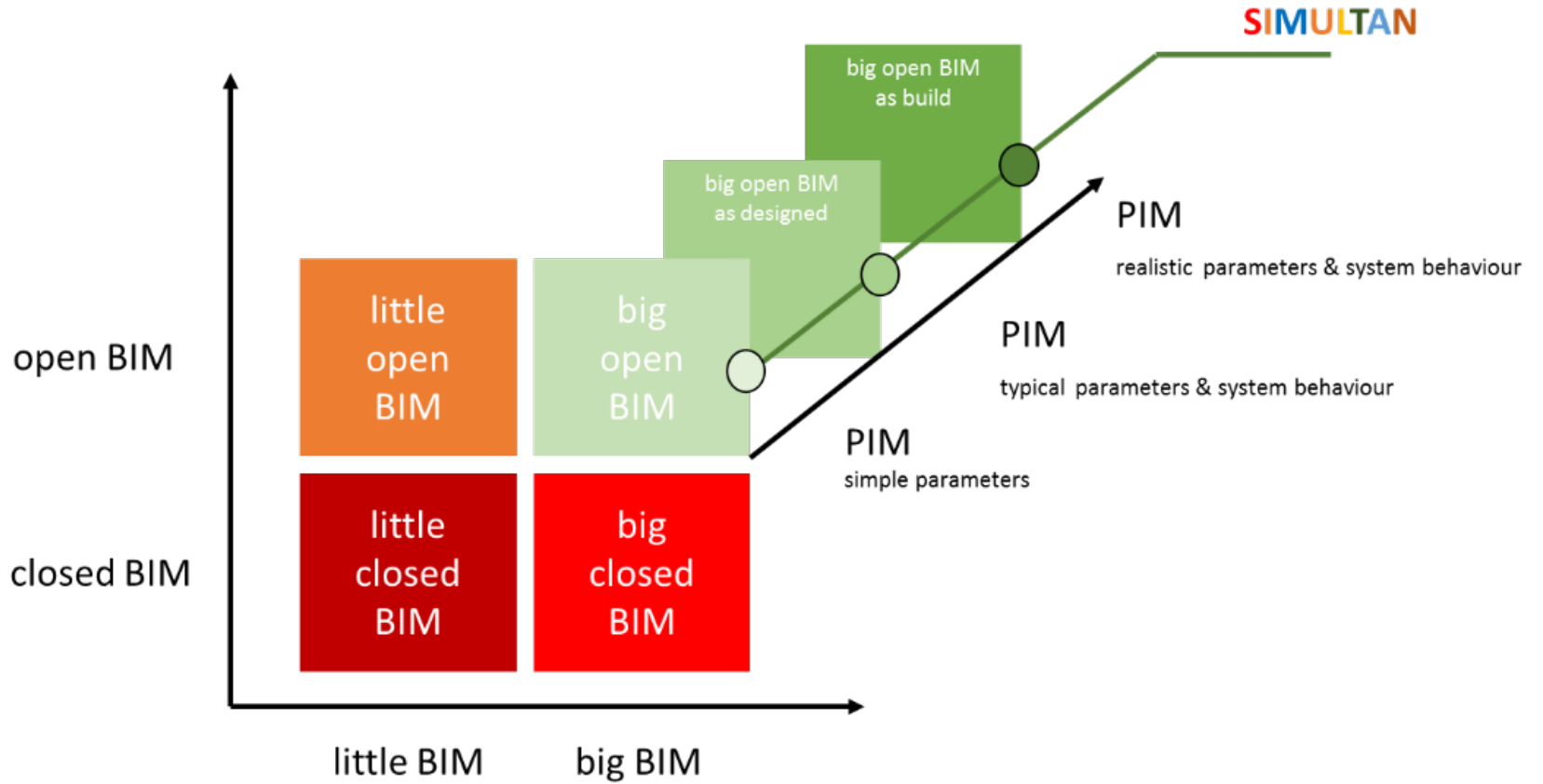
Definition of security level and required air tightness

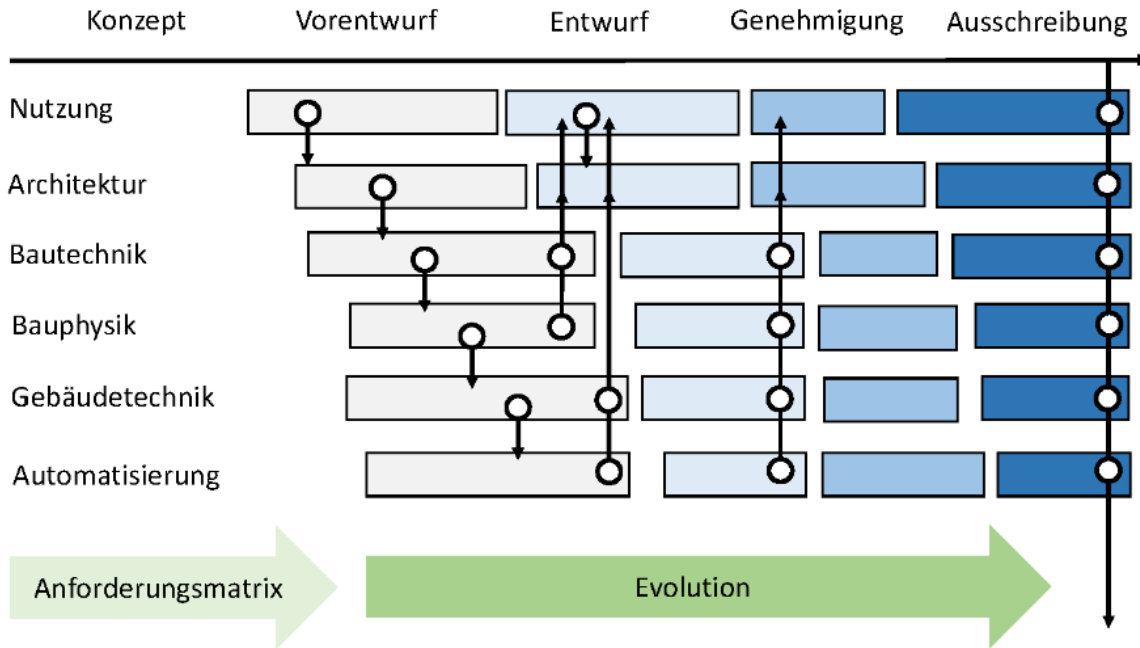


Ventilation system with negative pressure and monitoring recommended



further research on non-steady state tests in a double climate chamber





- Baukosten, Wartungs-, Instandhaltungskosten, Abbruchkosten
- Nutzbarkeit (auch z.B. geometrische Aspekte der Reinigbarkeit)
- Zufriedenheit mit Innenraumqualität
- Konformität mit Bauordnung – Energieausweis
- Einhaltung von
 - Nachhaltigkeits-,
 - Passivhaus-, Sonnenhaus- Plus-Plus-Energiegebäudekriterien
- Einhaltung von Kriterien der Netzfremdlichkeit

Errichtung

Betrieb

Umbau

Abbruch

Nutz

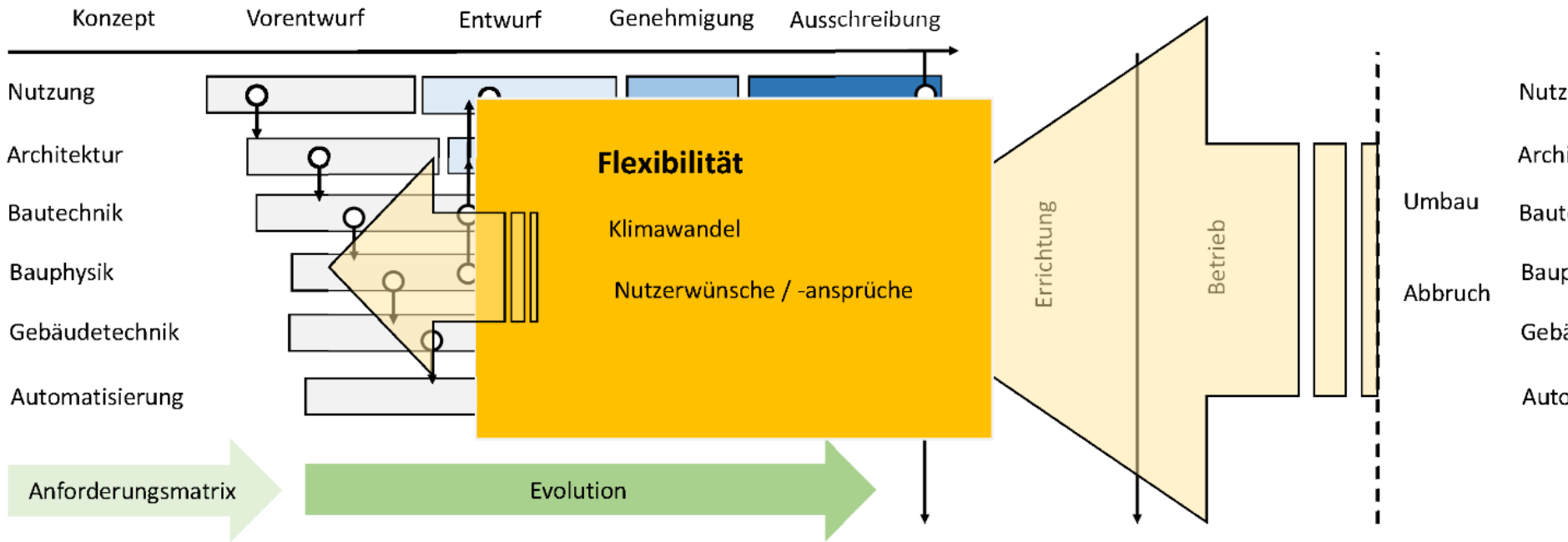
Archit

Baut

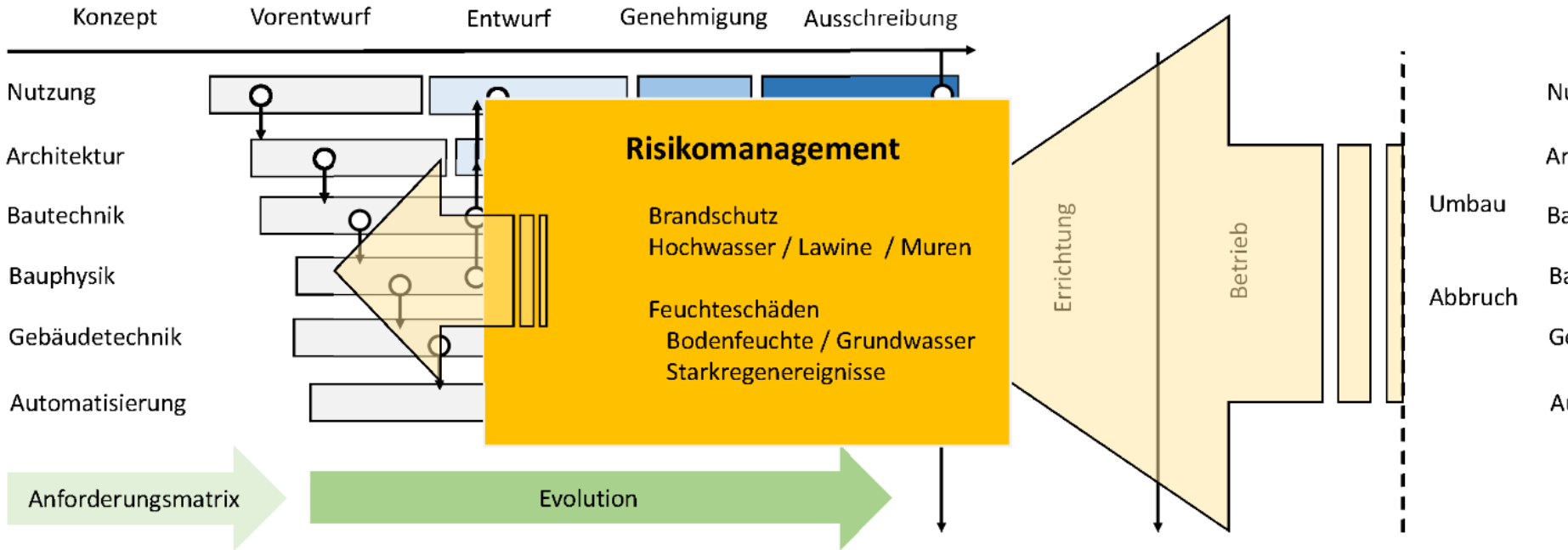
Baup

Gebä

Auto

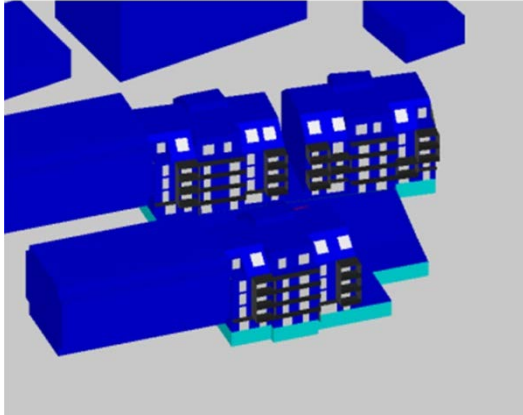


Baukosten, Wartungs-, Instandhaltungskosten, Abbruchkosten
 Nutzbarkeit (auch z.B. geometrische Aspekte der Reinigbarkeit)
 Zufriedenheit mit Innenraumqualität
 Konformität mit Bauordnung – Energieausweis
 Einhaltung von
 Nachhaltigkeits-,
 Passivhaus-, Sonnenhaus- Plus-Plus-Energiegebäudekriterien
 Einhaltung von Kriterien der Netzfrendlichkeit



- Baukosten, Wartungs-, Instandhaltungskosten, Abbruchkosten
- Nutzbarkeit (auch z.B. geometrische Aspekte der Reinigbarkeit)
- Zufriedenheit mit Innenraumqualität
- Konformität mit Bauordnung – Energieausweis
- Einhaltung von
 - Nachhaltigkeits-,
 - Passivhaus-, Sonnenhaus- Plus-Plus-Energiegebäudekriterien
- Einhaltung von Kriterien der Netzfremdlichkeit

UTE Utendorfgasse



Start of occupation: 2007

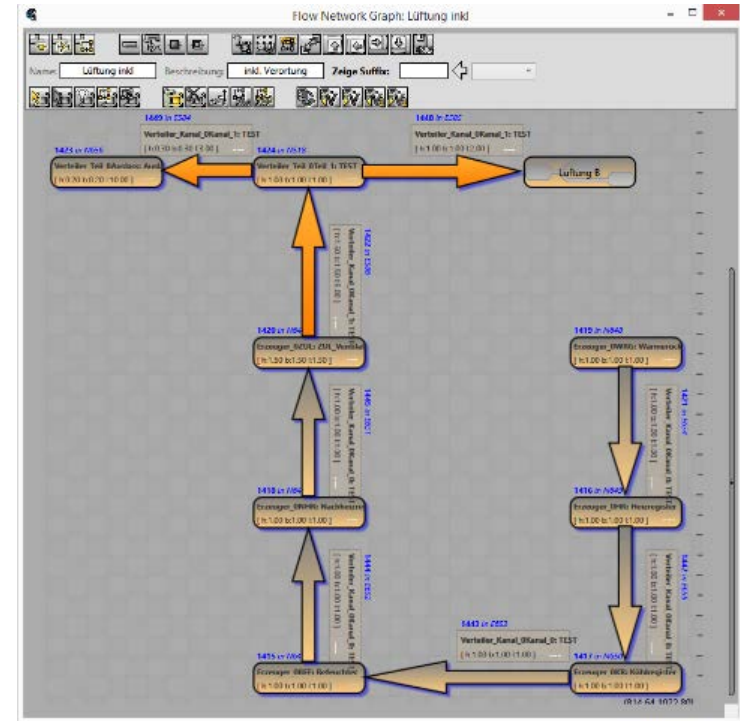
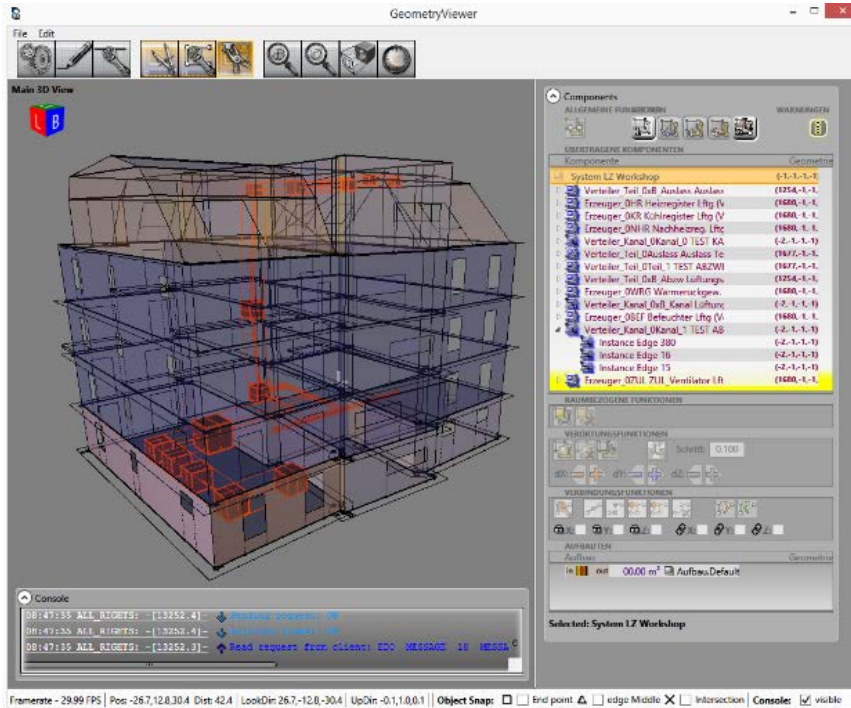
Number of flats: 3 * 13

Gross floor area = 1330 m²

Area inside flats = 901 m²

Heating and hot water: central gas fired condensing boiler
 hot water storage tank
 distribution system with circulation pipe

Heating of flat through supply air



<https://nachhaltigwirtschaften.at/en/sdz/projects/simultan-simultaneous-planning-environment-for-buildings-in-resilient-highly-energy-efficient-and-resource-efficient-districts.php>

Proof of concept finished

Less doubling of work

More time for analyses

Next step:

Setup of open data model & source community

CIB Working Commission 040 “Heat and Moisture transfer in buildings”

VISION 2020 - Nearly ZERO and MOISTURE safe.

All new buildings will be moisture safe.

Increase moisture safety so that after 2020
every new change within a building
will increase moisture safety.

CIB Working Commission 040 “Heat and Moisture transfer in buildings”

The process towards a research roadmap (RR)

Working Title:

Resilience and risk management to mitigate moisture problems in buildings

CIB Working Commission 040 “Heat and Moisture transfer in buildings”

All stakeholders will be contacted.....

Designer with a focus on the building physics performance

Building Owner, Contractor, Manufacturer

Researcher

Standardization ISO/CEN

Policy Maker

<https://fi.surveymonkey.com/r/MoistureSafetyFin>

