

# Hochschule für Technik Stuttgart

## Tagungsband zum Sommerkolloquium Bauphysik

12. und 13. Mai 2022

Seminarreihe des Studiengangs Bauphysik an der HFT-Stuttgart mit Themenschwerpunkten zur angewandten Bauphysik und Energieeffizienz

### INHALT

**Peter Schukraft** - Vermögen und Bau Baden-Württemberg  
*Energiestandards für Landesgebäude Baden-Württemberg*

**Kalliope Papadimitriou-Beyer** - Vermögen und Bau Baden-Württemberg  
*Recycling-Beton*

**Valentina Zanotto, Marcus Knapp** - AMSTEIN + WALTHERT AG  
*Gebäudesimulation: Einsatzbereiche und Praxis-Beispiele*

**Heiko Fischer** - ebök GmbH Tübingen  
*Holzbau aktuell - Konstruktion und Bauphysik*

**Martin Schneider** - Hochschule für Technik Stuttgart  
*Änderungen DIN 4109-2: Berechnung Luft- und Trittschallschutz nun auch bei Hybridgebäuden*

**Jochen Lang** - Akademie der Ingenieure, AkadIng GmbH  
*Qualifizierungswege in die Energie-Effizienz-Expertenliste für Förderprogramme des Bundes*

# Hochschule für Technik Stuttgart

## Sommerkolloquium Bauphysik 2022

### **Energiestandards für Landesgebäude Baden-Württemberg**

Peter Schukraft

Vermögen und Bau Baden-Württemberg

Die Landesverwaltung Baden-Württemberg soll bis Ende des Jahrzehnts - bis 2030! - netto- treibhausgasneutral organisiert werden. So der Entschließungsantrag der Regierungsfractionen zur Neufassung des Energie- und Klimaschutzgesetzes für landeseigene Liegenschaften. Aus dieser Zielsetzung heraus ergeben sich eine Fülle von Maßnahmen für den Neubau und die große Anzahl von Bestandsgebäuden. Darstellt werden die geltenden verschärften Standards für Neubau und Sanierung und die derzeit aus fachtechnischer Sicht noch ungelösten Eckpunkte.

Vermögen und Bau Baden-Württemberg

# Energiestandards für Landesgebäude Baden-Württemberg



Foto: Peter Schukraft

Sommerkolloquium HFT-Stuttgart  
12.05.2022



Baden-Württemberg

VERMÖGEN UND BAU  
BETRIEBSLEITUNG

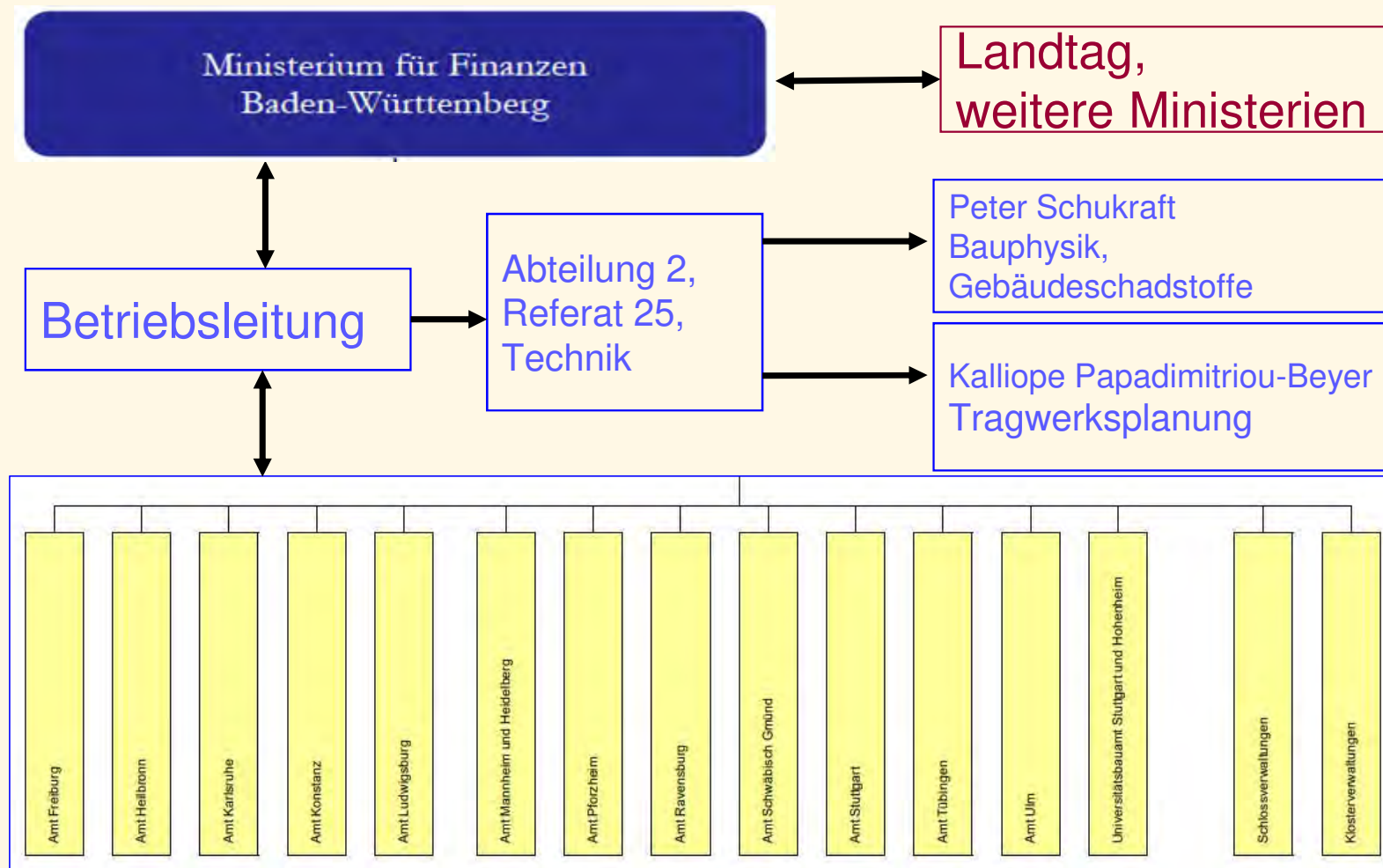
Dipl.-Ing. (FH) Bauphysik  
Peter Schukraft

# Agenda

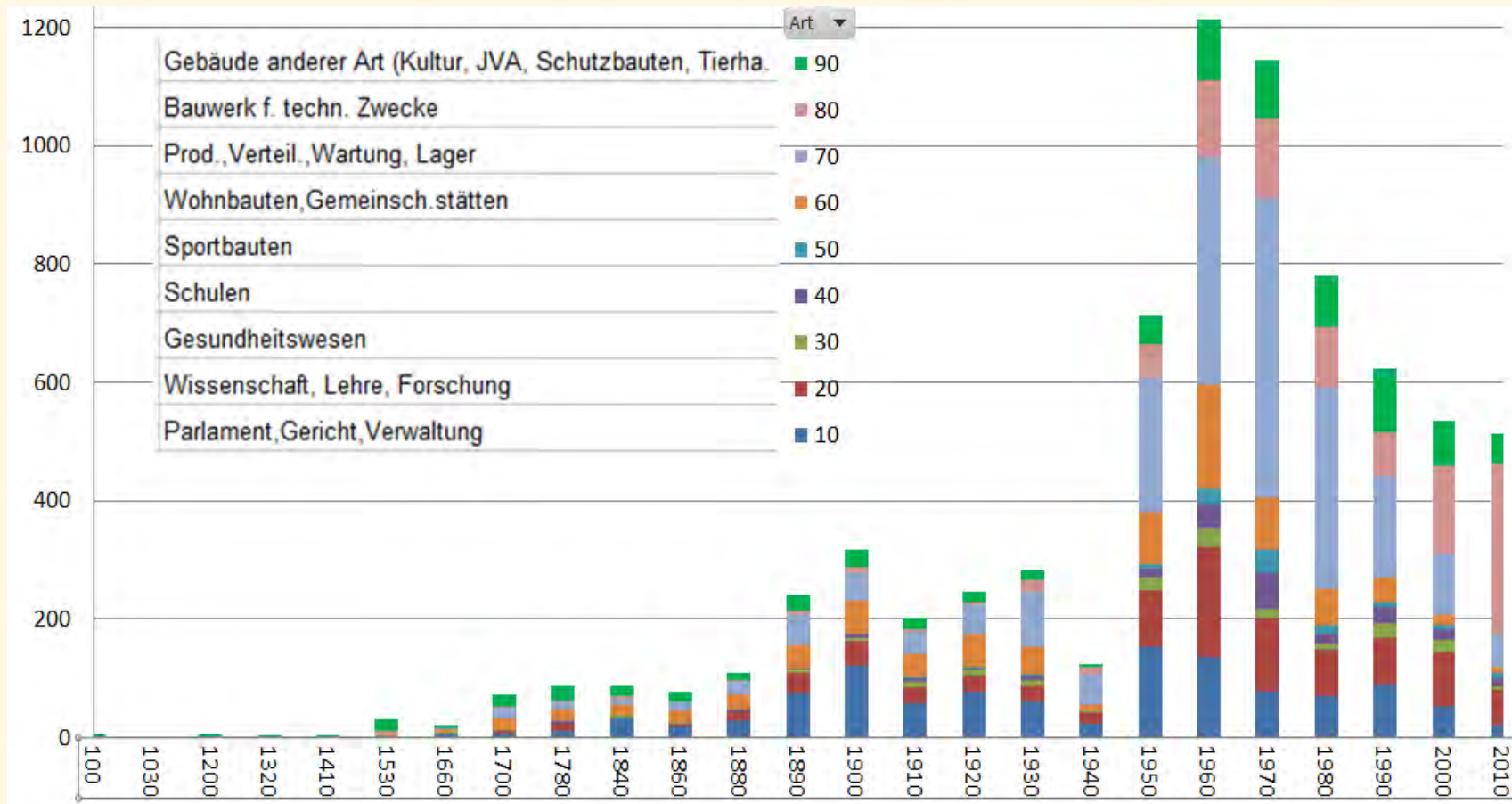
1. Vermögen und Bau; Gebäudestruktur
2. Vorbildfunktion
3. Gebäudestandards und weitere Vorgaben
4. PV-Strategie
5. Aufgabe/Beispiel
6. Zusammenfassung



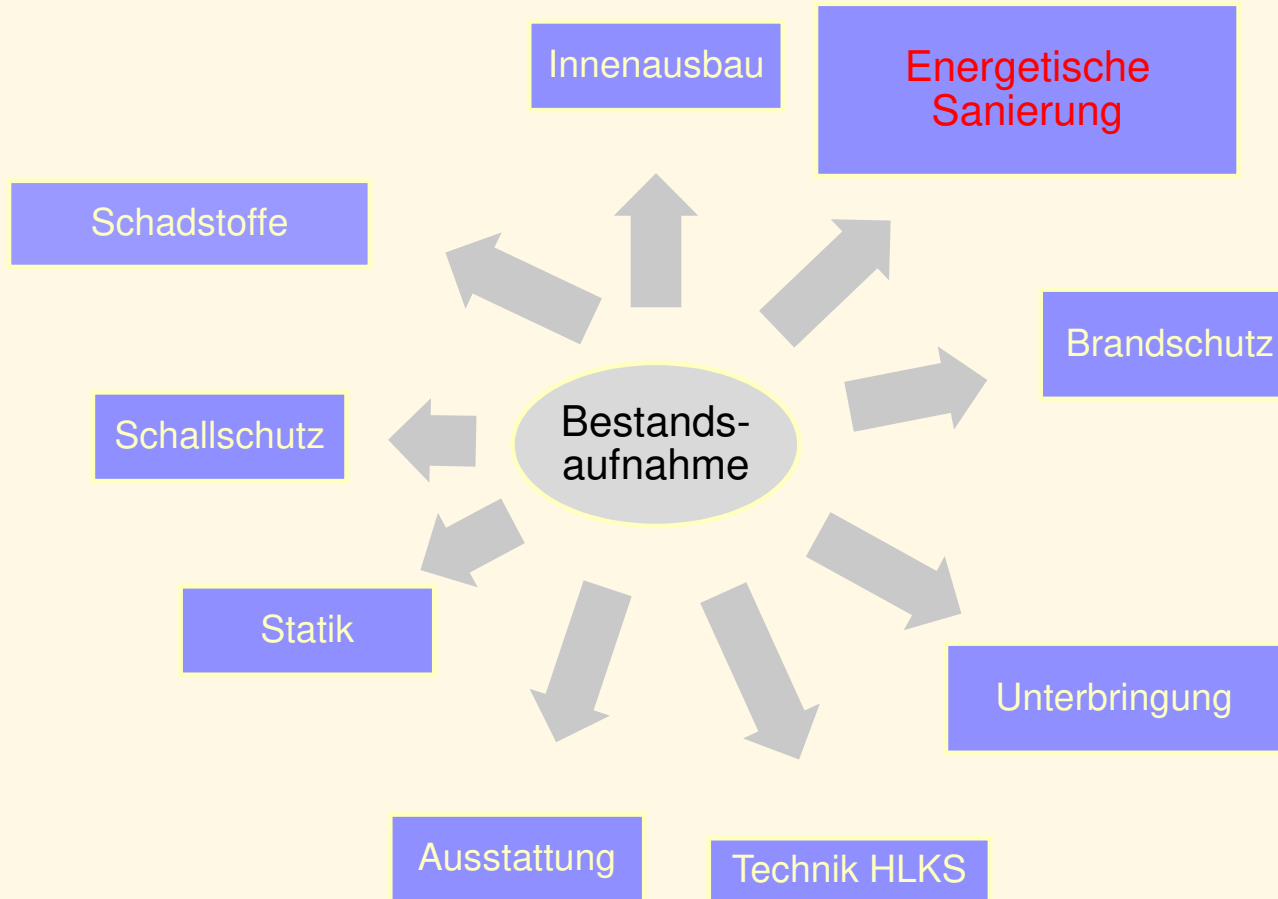
# Struktur Landesbetrieb Vermögen und Bau




# Gebäudestruktur




# Sanierungsziele




## Gebäudestruktur

 Sanierungsbedarf für Gebäude älter als 1990!

- im Landesbau schätzungsweise 4 – 5 Tsd. Gebäude

 Berücksichtigung aller Anforderungen

 Individuelle Bewertung von Einzelgebäuden

 Durchschnittliche Planungs- und Bauzeit 6 Jahre

# Grundlagen



## Vorbildfunktion

- EU-Recht
- Landesvorgaben



## Baden-Württemberg

- 2012  
Energie- und Klimaschutzkonzept (EuK) für landeseigene Liegenschaften
- 2020  
Fortschreibung des EUK 2012 → EUK 2020 - 2050
- 2022 (wird derzeit ausgearbeitet)  
Aktuell in Bearbeitung: Fortschreibung des EUK 2020  
Entschließungsantrag durch Fraktionen der Grünen und der CDU; vom  
Landtag verabschiedet; fachliche Detail werden derzeit ausgearbeitet



## Aktuelle Vorgaben EUK 2020 - 2050

### CO<sub>2</sub>-Reduzierungsziele (Basis 1990)





- bis 2020 40% (war bereits 2018 erreicht → Bezug zertifizierter Ökostrom)
- bis 2030 65% → bis 2040 80% → bis 2050 90%

### Technisches Monitoring

### Niedertemperaturheizsysteme (Grundvoraussetzung bauliche Ertüchtigung)

### Ersatz von ölbefeuerten Kesseln durch regenerative Systeme und hocheffiziente Kraftwärmekopplung (Erdgas!)

## Aktuelle Vorgaben EUK 2020 - 2050

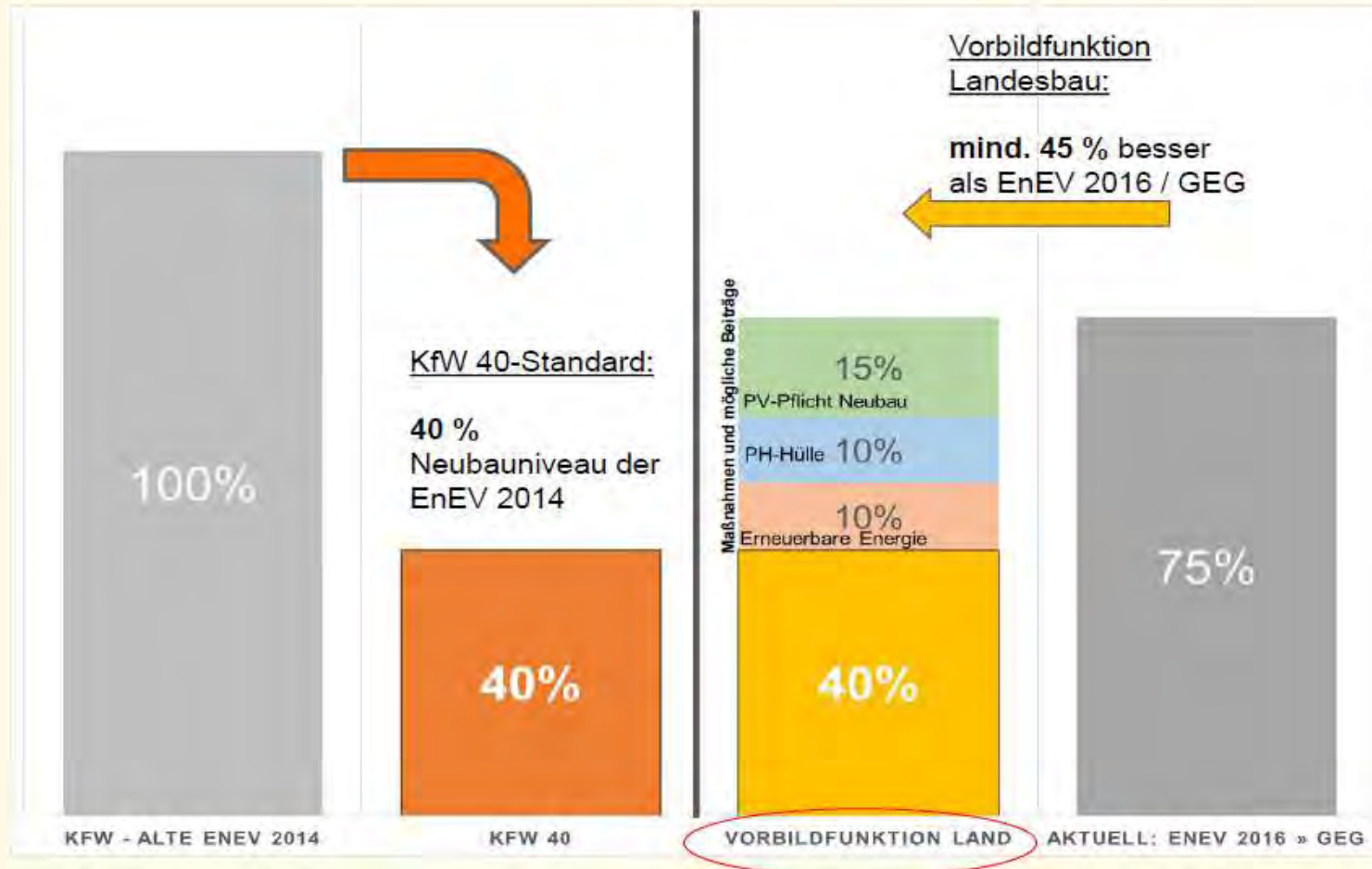
-  Ausbau der Photovoltaikflächen
  - bis 2025: 130.000 m<sup>2</sup> → - bis 2030: 175.000 m<sup>2</sup>
-  Pilotprojekte mit innovativen Energien (Brennstoffzelle, Batteriespeicher u.a.)
-  Identifizierung geeigneter Gebäuden für Umsetzung des Effizienzhaus-Plus-Standard (Basis EH-Plus Gebäude Ulm)
-  Energetische Mehrkosten müssen im Rahmen der Planung gesondert dargestellt werden.

# Aktuelle Vorgaben EUK 2020 - 2050

## Für Neubauten

- Primärenergetische Qualität KFW- Effizienzhaus 40 (Basis EnEV 2014)
- Gebäudehülle in Passivhausqualität nach Landesvorgabe (Bauteilkatalog wie im EUK 2012 mit wenigen Anpassungen)
- PV-Pflicht Dach und ggf. Fassade mit überwiegender Eigenstromnutzung
- Steigerung des EE-Anteils über gesetzliche Vorgaben hinaus
- (BNB-Zertifizierung)

# Neubau



## Aktuelle Vorgaben EUK 2020 - 2050

### Grundlegende Sanierung

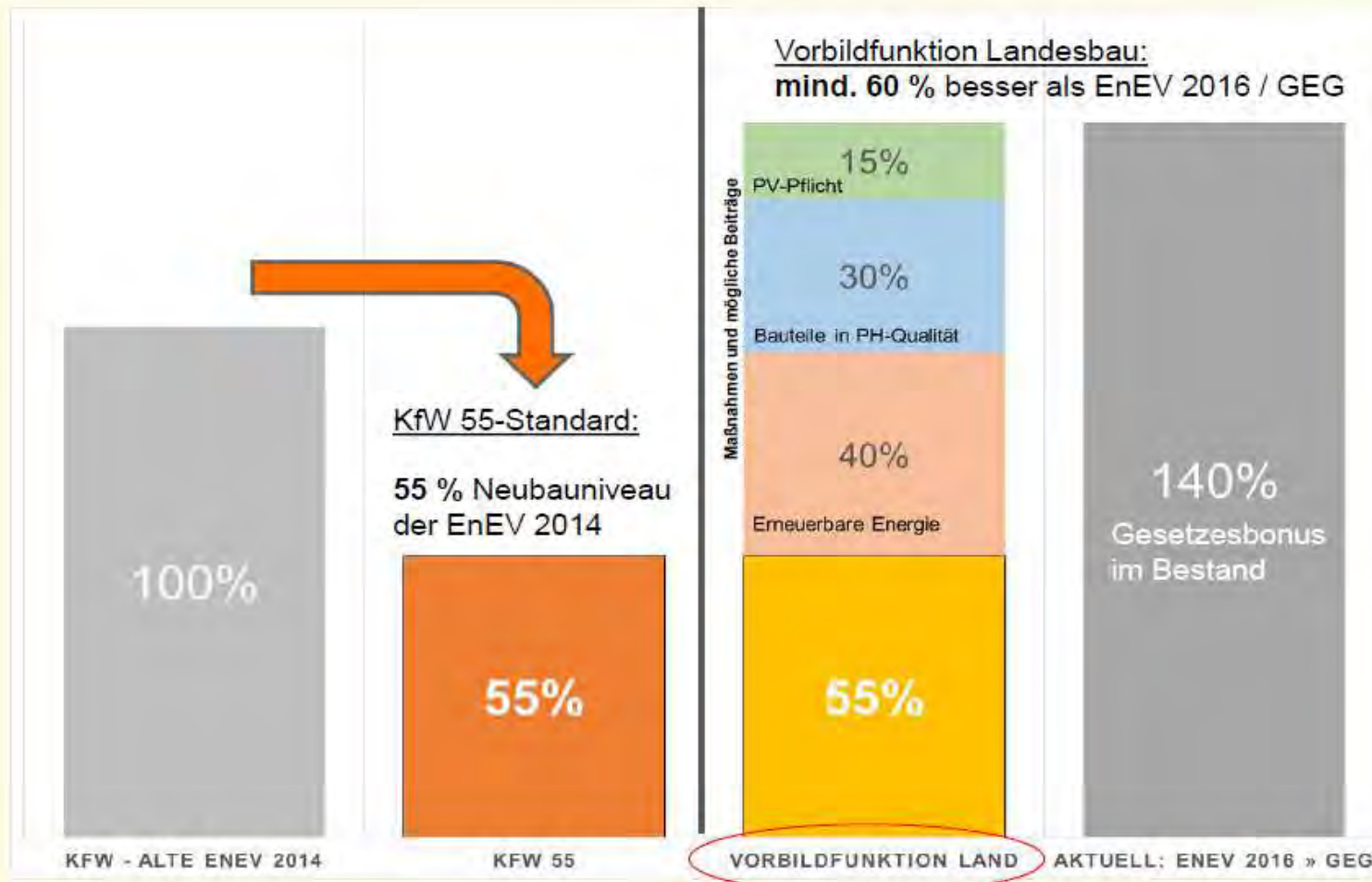
- Primärenergetische Qualität KFW- Effizienzhaus 55
- Gebäudehülle in Passivhausqualität nach Landesvorgabe (Ausnahmen beachten)
- Erhöhung Anteil erneuerbarer Energie bei Wärme- und Kälteversorgung, insb. PV (PV-Pflicht bei Dachsanierung)
- Niedertemperaturheizsysteme

### Teilsanierungen/Bauteilertüchtigung


- Gebäudehülle in PH-Qualität soweit wirtschaftlich
- bei Sanierung Flachdach (PV-Pflicht!)  
(Beachtung Statik, Brandschutz etc.)






# Grundlegende Sanierung



# Einordnung des Denkmalschutzes

-  Konkurrierende Gesetzgebung mit anderen Rechtsbereichen
  - Wärmeschutz/Energiegesetzgebung
  - Brandschutz
  - Arbeitsschutz
  - u.a.

→ „Soweit bei einem Baudenkmal.....die Erfüllung der Anforderungen dieses Gesetzes die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigt oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen, kann von den Anforderungen dieses Gesetzes abgewichen werden.“
-  Denkmalschutz bezieht sich nur auf denkmalschutzrelevante Bereiche des Gebäudes
-  Mit der zuständigen Denkmalschutzbehörde ist Einvernehmen zu erzielen!
-  Leistungsphase 4 HOAI, Genehmigungsplanung

# Bauteilkatalog

Bauteil	Max. zulässiger U-Wert [W/(m <sup>2</sup> *K)]	Max. zulässige Wärmeleitfähigkeit [W/(m*K)]	Mindestdicke [cm]
Opake Außenwand WDVS	0,14	0,035	24
Opake Außenwand Vorsatzschale	0,17	0,035	20
Opake Paneel PR-Fassade <sup>3)</sup>	0,18 <sup>2)</sup>	0,036	20
Flachdach (mit Gefälledämmung)	0,14	0,025	22/12 <sup>1)</sup>
Flachdach (mit Gefälledämmung)	0,14	0,040	30/20 <sup>1)</sup>
Boden gegen Erdreich	0,21	0,040	18
Tore/Sektionaltore	1,50		

- 1) 1. Wert: größte Dämmstoffdicke, 2. Wert: geringste Dämmstoffdicke  
Der Einfluss der punktförmigen Wärmebrücken ist bei der U-Wert Berechnung mit zu berücksichtigen. Grundsätzlich ist hierbei von wärmebrückenoptimierten Ausführungen auszugehen.
- 2) U-Wert im ungestörten Paneelbereich:  
PUR/PIR Hartschaum: unterhalb der Hochhausgrenze sind feuerhemmende Dämmstoffe als nichttragende Außenwandkonstruktion zulässig, in geschlossenen nichtbrennbaren Profilen können auch brennbare Dämmstoffe eingesetzt werden (siehe § 5 LBOAVO und Planungsvorgaben Brandschutz)

# Bauteilkatalog

Bauteil	Max. zulässiger $U_w$ - bzw. $U_{cw}$ -Wert [W/(m <sup>2</sup> *K)]	g-Wert [ - ]
Fenster (Lochfassade)	0,80	$\geq 0,5^{1)}$
Pfosten-Riegelfassaden <sup>2)</sup>	0,85	$\geq 0,5^{1)}$





1) Der g-Wert kann aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes abgemindert werden.

2) Wert gilt nur für das Fensterelement, siehe Fußnote <sup>3)</sup> analog opake Bauteile

## Weitere Vorgaben




- Wärmebrückenoptimierung
- Luftdichtigkeitskonzepte und messtechnische Überwachung; für Bestand im Rahmen der Gesamtanierung analog Neubau

## Neufassung EUK 2022 – In Vorbereitung



-  Annähernde Klimaneutralität der Landesgebäude 2030 anstatt 2040
  - Sanierungsquote über 2 %  
→ derzeit < 1%
-  Optimierung Energiemanagement (Anreize für nutzende Verwaltungen)
-  Effiziente Nutzung von Gebäudeflächen
-  Höchstmöglicher Energiestandard
  - Umsetzung von zwei Verwaltungsgebäude als Pilotprojekte im Effizienzhaus Plus-Standard
  - ab 2026 alle Verwaltungsgebäude im Effizienzhaus Plus-Standard
  - ab 2025/26 zwei Nichtverwaltungsgebäude als Pilotprojekt Effizienzhaus-Plus-Standard



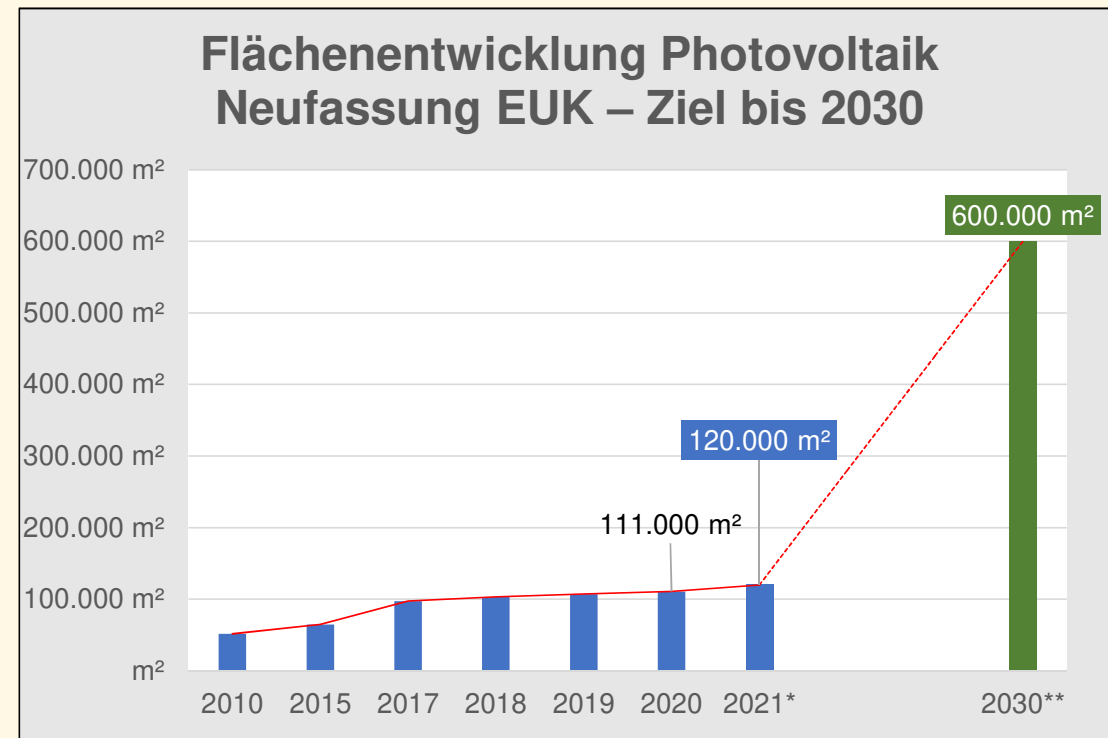
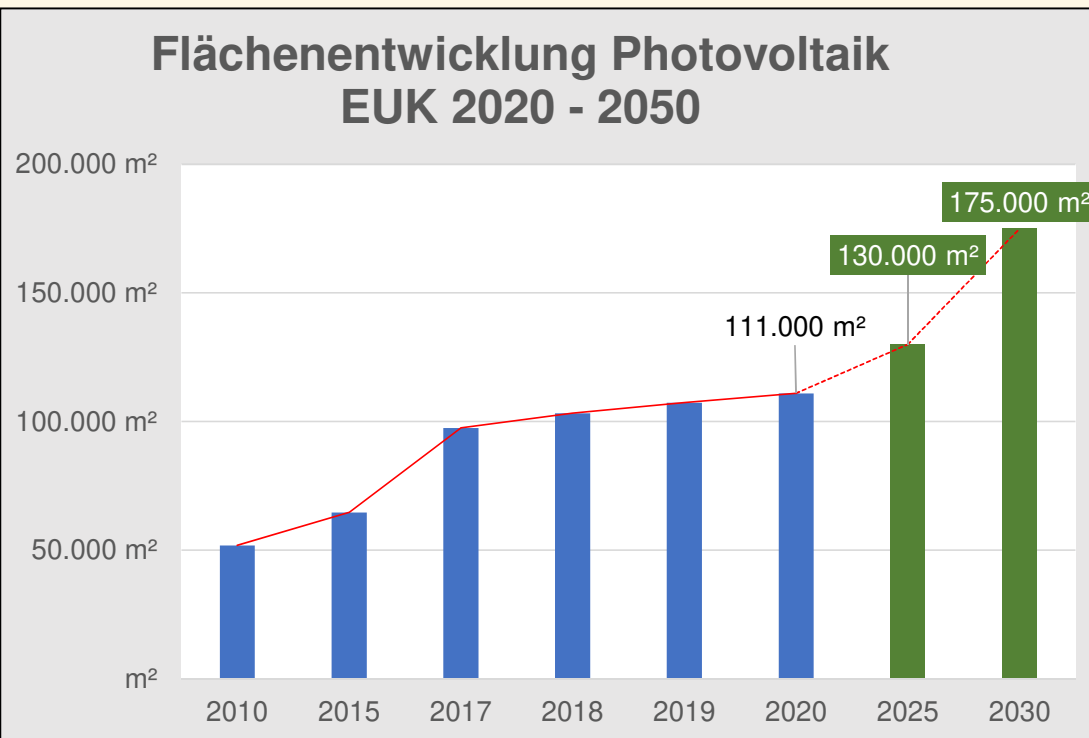
## Neufassung EUK 2022 – In Vorbereitung

-  **Umstellung auf klimaneutrale Wärmeversorgung** (Heizwerke, dezentral)
  - derzeit oft noch hohe fossile Anteile
  - Nachrüstung von Heizwerken bis dato mit BHKWs (Erdgasbetrieben) derzeit keine Alternativen!
  
-  Einstellung von Klimamanagern bei der VBV und den Hochschulen zur Entwicklung von Konzepten für die Erreichung des klimaneutralen Campus.  
(beschlossen)
  
-  Erhöhung Anteil erneuerbarer Energie bei Wärme- und Kälteversorgung, insb. PV (PV-Pflicht bei Dachsanierung)

## Neufassung EUK 2022 – In Vorbereitung


-  CO2-Schattenpreis bei Wirtschaftlichkeitsberechnung;  
Anwendung bei Entscheidung: Neubau/Sanierung
  - 180,- €/to
-  PV- Ausbau vorantreiben: möglichst alle geeigneten Dachflächen bis 2030
  - Neue Ziel bis 2030: **600.000** m<sup>2</sup> (vorher 175.000 m<sup>2</sup>!)


# PV-Strategie/PV-Ziele



# PV- Dachflächenkataster

	PV-Eignung Amtseinschätzung	Potential Dachfläche [m <sup>2</sup> ]	Potential Modulfläche [m <sup>2</sup> ]	Potential Leistung [kWp]	Potential Jahresertrag [GWh/a]
	10	115.574	83.591	11.942	10,75
sehr gut	9	102.362	53.491	7.642	6,88
	8	170.971	86.096	12.299	11,07
gut	7	193.255	107.756	15.394	13,85
	6	135.690	55.430	7.919	7,13
befriedigend	5	61.409	25.647	3.664	3,30
	4	28.012	11.354	1.622	1,46
	3	41.909	18.071	2.582	2,32
ausreichend	2	31.081	10.194	1.456	1,31
	1	23.571	6.426	918	0,83
ungeeignet	0	187.596	84.662	12.095	10,89

 1.800 untersuchte Dächer (800 ungeeignet; 8.000 landeseigene Dächer)

 zusätzliches Potential ca. 450.000 m<sup>2</sup> in Kategorie 2 – 10; Teilflächen > 200 m<sup>2</sup>

## Energiekennzahlen Landesbauten

### Wärmeverbrauch Landesgebäude BW 2019

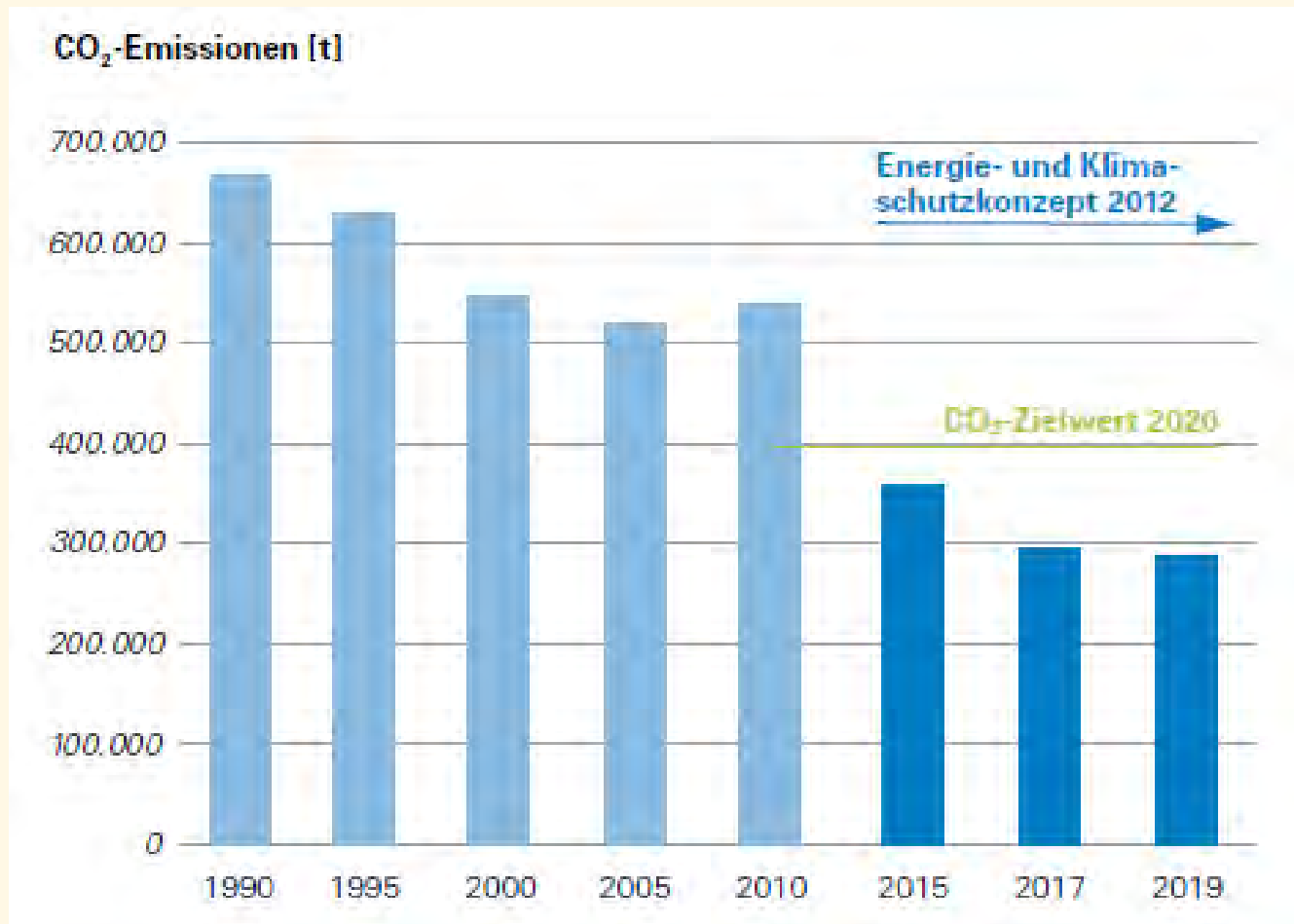
- Absolut: 1389 GWh
- 275 kWh/m<sup>2</sup>NUF: Universitäten und Kliniken
- 155 kWh/m<sup>2</sup>NUF: Sonstigen Landesgebäude

### Stromverbrauch Landesgebäude BW 2019


- 870 GWh
- 177 kWh/m<sup>2</sup>NUF: Universitäten und Kliniken
- 152 kWh/m<sup>2</sup>NUF: Sonstigen Landesgebäude
- Strombedarf steigt kontinuierlich (seit 2015 ca. 0,6 %/a)



# Absolute CO<sub>2</sub> – Emissionen Landesbauten BW




# Aufgabe

 Welche PV-Fläche wäre nötig, um den kompletten Stromverbrauch aller Landesbauten zu decken?

Annahmen:

Jahresertrag pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche : 200 kWh/m<sup>2</sup>a

→ 870.000.000 kWh/a : 200 kWh/m<sup>2</sup>a = 4.350.000 m<sup>2</sup>

 Speicherproblematik

- hohe Kosten für Batteriespeicher (800 – 1500 €/kWh)
- in Planung: Batteriespeicher mit 250 MWh in Kupferzell  
Kosten: 190 Mio. → 760 €/kWh  
→ entspricht ca. der Menge Strom die alle Landesgebäude BW durchschnittlich pro Tag benötigen
- derzeit keine Wasserstoff in relevanter Menge vorhanden
- Power to X derzeit nicht in relevanter Menge vorhanden

# Universitätsgebäude



Primär-  
energetischer  
Bewertungs-  
faktor 0,8

Foto: Peter Schukraft







Foto: Peter Schukraft

# Universitätsgebäude Stuttgart: hier Denkmalschutz



Foto: Peter Schukraft

## Zusammenfassung

-  Sanierungsrate erhöhen – Sanierung vor Neubau
-  Ausschöpfung sämtlicher zur Verfügung stehender EE  
(Bundesbau propagiert den Verzicht auf Holz!)
-  Umsetzung von Speichersystemen aller Art
-  Energetische Bilanzierungsverfahren erweitern auch unter Berücksichtigung „Grauer Energie“

### **Recycling-Beton**

Kalliope Papadimitriou-Beyer  
Vermögen und Bau Baden-Württemberg

Knapper werdende Ressourcen fordern neue Wege in der Baustoffproduktion. Der Bau-sektor zählt zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftszweigen. Gleichzeitig produziert er auch das mit Abstand größte Abfallaufkommen. Unser Ziel muss es deshalb sein, Bau-substanz so weit wie möglich zu erhalten. Sollte dies nicht möglich sein, so muss durch echte Kreislaufwirtschaft der natürliche Ressourcenbedarf deutlich reduziert werden. Der Recyclingbeton kann hierzu einen Beitrag leisten.

Vermögen und Bau Baden-Württemberg

## Recycling-Beton

Hochschule für Technik Stuttgart  
Sommerkolloquium Bauphysik, 12. Mai 2022



Albrecht Imanuel Schnabel

Kalliope Papadimitriou-Beyer  
Vermögen und Bau Baden-Württemberg  
Betriebsleitung



Recycling-Beton

## Agenda

1. Vorstellung Vermögen und Bau Baden-Württemberg
2. Politische Vorgaben
3. Ressourcenknappheit – Abfallaufkommen
4. Kreisläufe schließen
5. Recycling-Beton: Baustoff, Grenzen, Normen
6. Zusammenfassung
7. Ausblick



## Vermögen und Bau Baden-Württemberg

### Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg

#### Landesbetrieb Vermögen und Bau Baden-Württemberg

zuständig für die Landesgebäude und die Unterbringung von Landeseinrichtungen

#### Betriebsleitung

Staatliche Schlösser und Gärten

**12 Ämter und 1 Universitätsbauamt**

#### Landesbetrieb Bundesbau Baden-Württemberg

zuständig für die Bauaufgaben des Bundes in Baden-Württemberg

#### Betriebsleitung

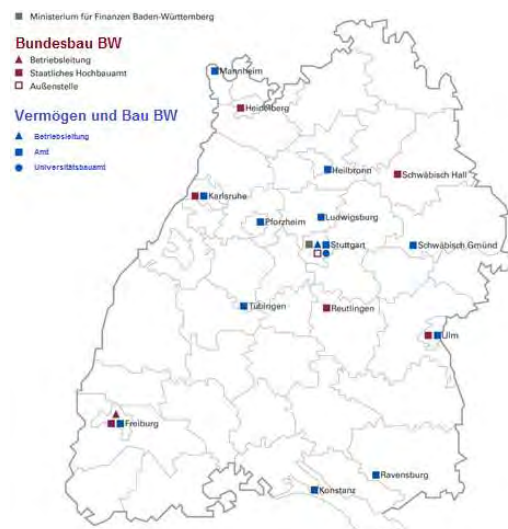
6 Staatliche Hochbauämter

3

## Vermögen und Bau Baden-Württemberg

### In Zahlen

- rund 8.000 landeseigene Gebäude
- rund 2.200 Anmietungen
- rund 12 Mio. m<sup>2</sup> Gebäudefläche
- Bauausgaben 2020: ca. 1,0 Mrd. €
- Gesamtumsatz 2020: ca. 1,6 Mrd. €
- rund 2.000 Mitarbeiter



4

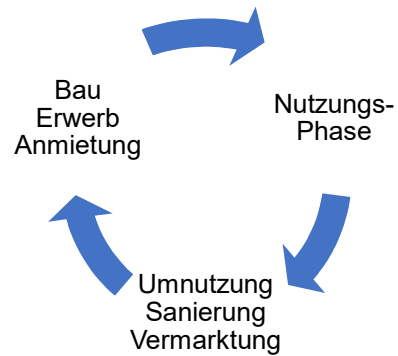


Recycling-Beton

## Vermögen und Bau Baden-Württemberg

- Land ist Eigentümer, Bauherr und Betreiber
- Unterbringung staatlicher Institutionen des Landes
- Optimale Nutzung der Immobilien
- Instandhaltung, Sanierung oder bedarfsgerechter Neubau
- Bau-, Immobilien- und Gebäudemanagement liegen in einer Hand

**Lebenszyklus:**



5

Recycling-Beton

## Gebäude des Landes

- Universitäten und Hochschulen
- Universitätskliniken
- Forschungsanstalten
- Gerichte und Justizvollzugsanstalten
- Polizeigebäude
- Schlösser, Gärten und Burgen



6

## Politische Vorgaben – Koalitionsvertrag

### Koalitionsvertrag zwischen BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und der CDU vom 11.05.2021:

„Durch eine effizientere Nutzung der Gebäudeflächen werden wir den **Ressourcen- und Energieverbrauch begrenzen**... Wir nutzen nachhaltige Materialien (Holzbau, Recyclingbeton und andere) und legen künftig... einen Schwerpunkt auf die **Kreislauffähigkeit** der verwendeten Materialien.“

„Wir werden ... Konzepte entwickeln mit dem Ziel, den Abbruch bestehender Gebäude zu vermeiden. Darüber hinaus werden wir der **Recyclingfähigkeit** von Bauprodukten und Bauarten ein stärkeres Gewicht beimessen und Bauen im Bestand erleichtern...“

### Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 2021

...Ziel ist „die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der **natürlichen Ressourcen** zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von **Abfällen** sicherzustellen.“

7

## Bausektor in Deutschland

### Ressourcenverbrauch

Rund 90% aller in Deutschland verwendeten mineralischen Rohstoffe werden für die Herstellung von Baustoffen und Bauprodukten verwendet

### Abfallaufkommen

Ca. 55% des gesamten Abfallaufkommens in Deutschland (in Tonnen) entsteht im Bereich des Bausektors



8

## Ressourcenverfügbarkeit

**Mineralische Rohstoffe:** Sand, Kies, gebrochene Natursteine

- Abbau ist mit erheblichen Eingriffen in die Natur verbunden → konkurrierende Nutzungen: Wasserschutz, Naturschutz, Wohn-/Gewerbegebiete, Straßen...
- Bausektor zählt zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftssektoren
- Weltweite Verknappung von Rohstoffen, Sandknappheit
- Deutsche Erdüberlastungstag am 04. Mai 2022



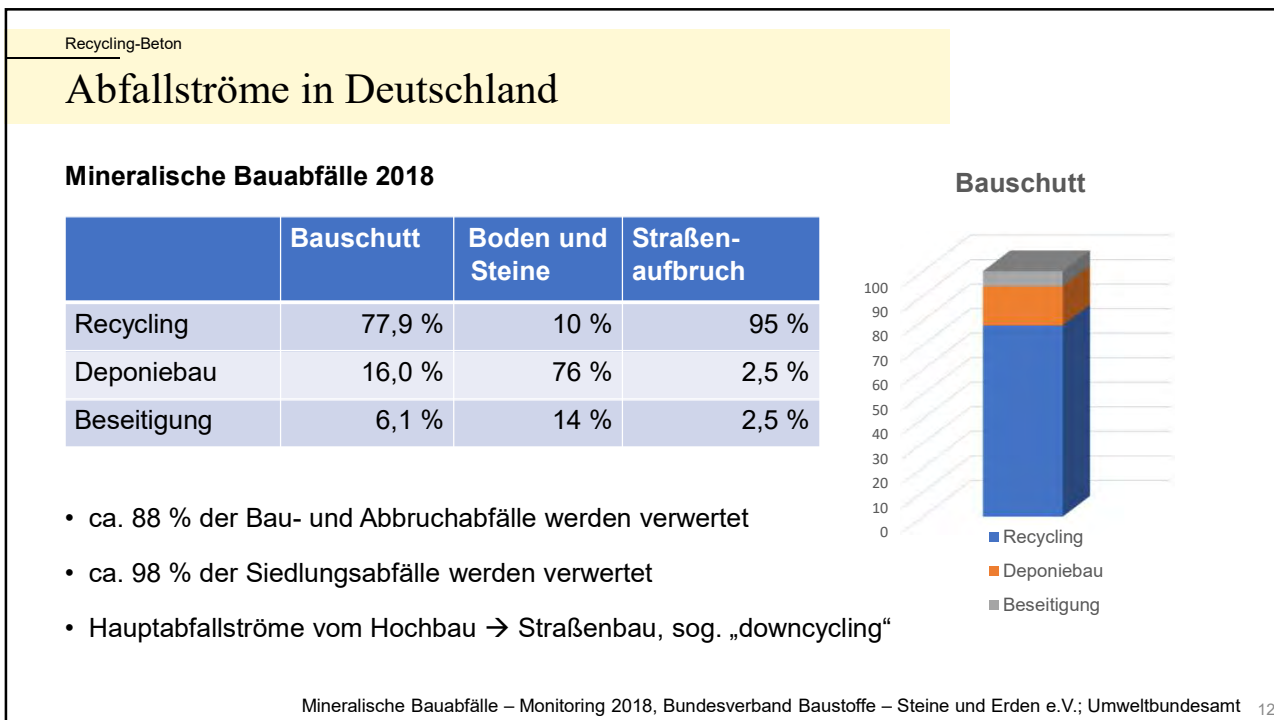
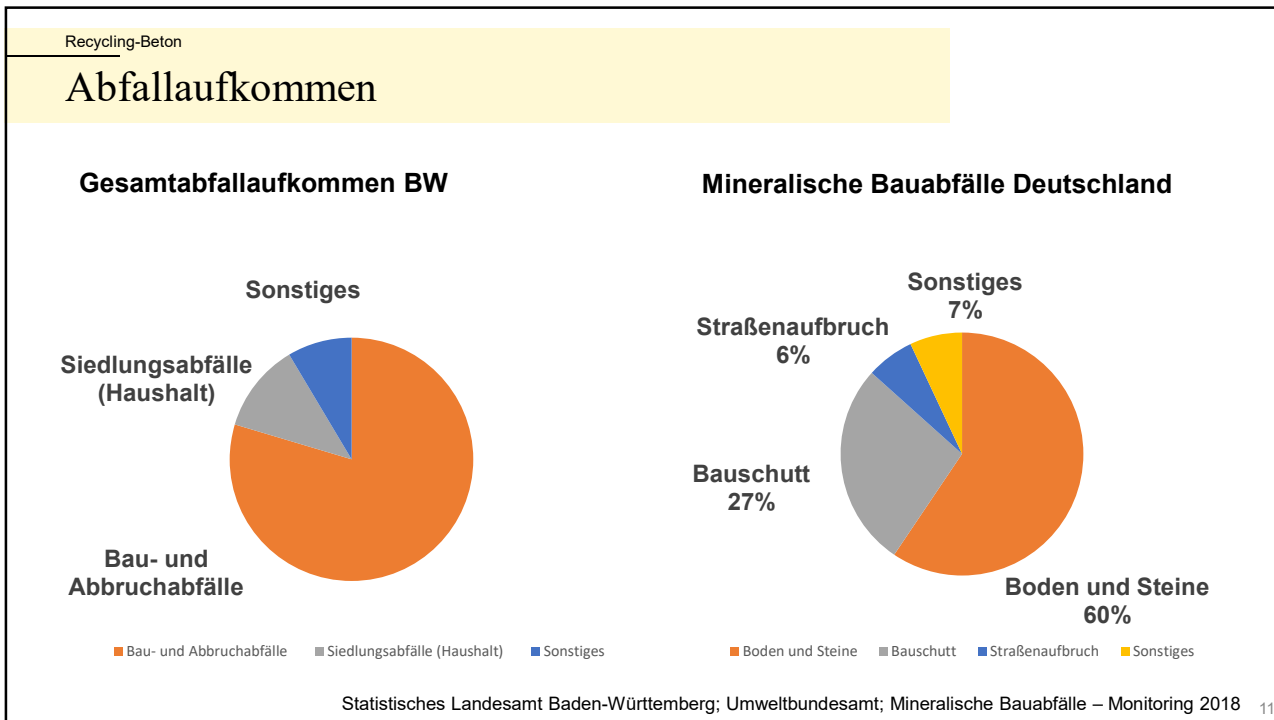
Recycling als Chance?

9

## Abfallaufkommen Baden-Württemberg

- Bausektor produziert mit Abstand größtes Abfallaufkommen
- aufgrund knapper Deponiekapazitäten wird Entsorgung immer teurer

Jahr	Abfallaufkommen insgesamt	Bau- und Abbruchabfälle	Siedlungsabfälle (Haushalt)
	<b>in Mio. Tonnen</b>		
2000	50,8	39,55	6,79
2010	37,6	28,04	5,86
2015	47,0	37,26	5,90
2019	50,6	40,28	6,00



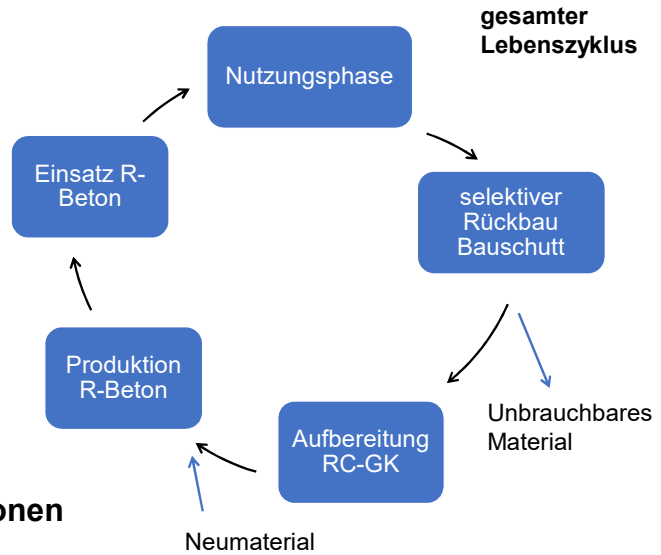
## Kreislaufwirtschaft – Schonung der Ressourcen

### Ziel: Rohstoffkreisläufe schließen

- Nutzungsintensivierung, Umnutzung und Sanierung statt Neubau
- Recyclinggerechtes Bauen
- sortenreiner Rückbau, hochwertige Nutzung
- mineralische Bauabfälle als RC-Baustoffe wiederverwenden
- Gebäude als Materiallager für zukünftige Generationen



**Ressourcen und Deponieräume schonen**



## Aktuelle Situation im Bausektor

Rohstoffgewinnung	Verwertung von Bauschutt	Transport
50% aller geförderten Rohstoffe im EU-Durchschnitt entfallen auf die Bauwirtschaft. Erhebliche Eingriffe in Natur- und Landschaftshaushalt.	Mehr als 90 % der mineralischen RC-Baustoffe werden aktuell im Verkehrswegebau verwendet. D.h. der Recyclingweg ist abhängig vom Bauaufkommen im Straßenbau.	Oft weite Transportwege von der Gewinnung zum Einbauort. Zukünftig Konzentration der Baumaßnahmen auf Ballungsräume.
Lösungsansatz		
Erhöhung des Einsatzes mineralischer Recycling-Baustoffe	Recyclingwege für hochwertige Nutzung mineralischer Bauabfälle im Bereich des Hochbaus	Reduzierung der Transportwege, Rückbau und Aufbereitung mineralischer Bauabfällen vor Ort

## Lebensweg von Betonbauteilen

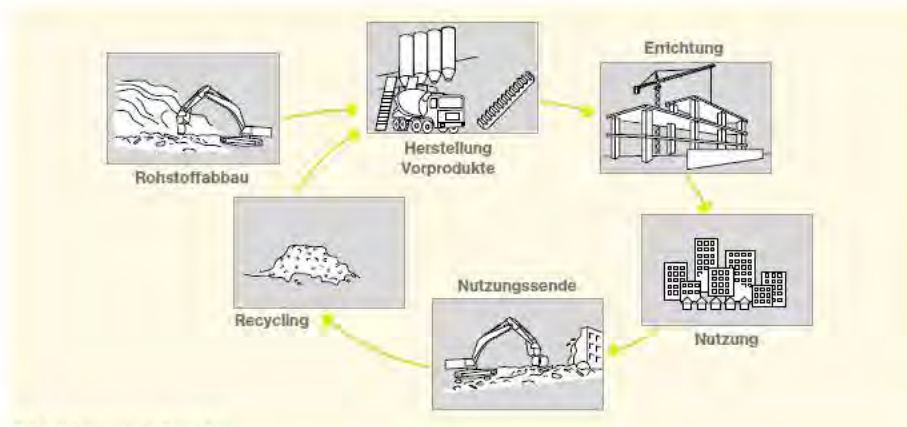


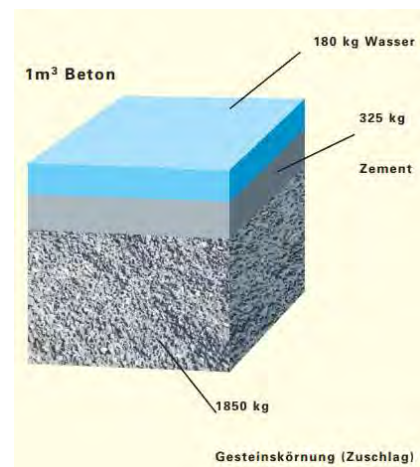
Abb. 4: Lebensweg von Bauwerken

aus „Erläuterungen zu den EPD's Umweltproduktdeklarationen, Informationszentrum Beton GmbH 2020

15

## Recycling-Beton

- Recycling-Baustoffe = RC-Baustoffe
- Recycling-Beton = RC-Beton = R-Beton = Ressourcenschonender Beton
- Bestandteile von Beton: Gesteinskörnung (GK), Zement, Wasser, Zusatzmittel/Zusatzstoffe
- R-Beton: Substitution eines Anteils der natürlichen Gesteinskörnung > 2 mm durch rezyklierte Gesteinskörnung





aus Leitfaden zum Einsatz von R-Beton, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW 2017

16

Recycling-Beton

## Recycling-Gesteinskörnung – Zusammensetzung

- DIN 4226-101 unterscheidet vier RC-Gesteinskörnungs - Typen
- nur Typ 1 und Typ 2 bauaufsichtlich zugelassen

Typ 1	Typ 2
Betonsplitt mit max. 10 M.-% Ziegelanteil	Bauwerksplitt mit einem Anteil an gebrochenem Ziegel von max. 30 M.-%
	

17

Recycling-Beton

## Recycling-Gesteinskörnungs-Anteil

### Zulässige Anteile von RC-Material in R-Beton

Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
Feuchtigkeitsklassen	Expositionsklassen nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
WO (trocken)	Karbonatisierung XC1	≤ 45 Vol.-%	≤ 35 Vol.-%
	kein Korrosionsrisiko X0 Karbonatisierung XC1 bis XC4		
WF (feucht)	Frostangriff ohne Taumiteleinwirkung XF1 und XF3 und in Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	≤ 35 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%
	chemischer Angriff (XA1)	≤ 25 Vol.-%	≤ 25 Vol.-%

### Anwendungsgrenzen

- Beschränkung der Druckfestigkeit auf max. C 30/37
- kein Spannbeton und Leichtbeton möglich
- Keine Beanspruchung durch Chloride, Taumittel und Verschleiß, erlaubt
- Feinanteile < 2 mm als RC-Sand nicht zugelassen

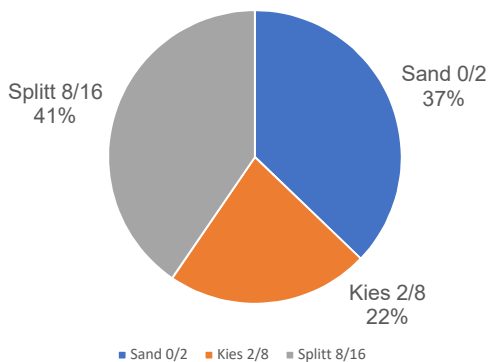
DAfStb-Richtlinie; Zement-Merkblatt

18

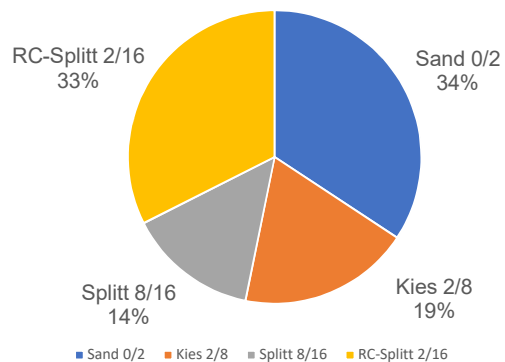


## Gesteinskörnung-Verteilung – Beispiele

**Standard-Beton C20/25**  
Verteilung der Gesteinskörnung



**Recycling-Beton C20/25**  
Verteilung der Gesteinskörnung

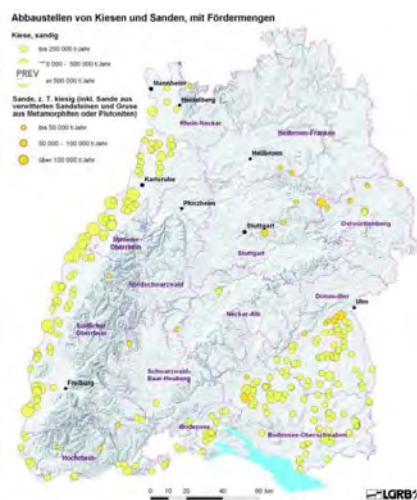


aus Leitfaden zum Einsatz von R-Beton, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW 2017

## Natürliche Gesteinskörnung

### Abbaugelände natürlicher Gesteinskörnung

- Verfügbarkeit natürlicher GK
- Transportentfernung entscheidend
- RC-GK möglichst in der Fläche etablieren, Angebot vergrößern



Abbaustellen von Kies (ohne gebrochene Zuschläge)  
Quelle: LGRB



## Recycling-Beton

### Einsatzmöglichkeiten innerhalb der Anwendungsgrenzen

- Keine Einschränkungen bezüglich der Bauteile (Decken, Wände, Stützen, Bodenplatte, Fundamente)
- WU-Konstruktionen (Weiße Wanne) möglich
- Sichtbeton möglich, GK ist von außen nicht sichtbar



Quelle: Informationszentrum Beton IZB, Albrecht Richter

21

## R-Beton - aktuelles Regelwerk

### Grundsätzlich:

- R-Beton unterliegt den gleichen Regelwerken und Qualitätssicherungssystemen wie konventioneller Beton
- R-Beton muss im Lieferverzeichnis als solcher gekennzeichnet werden
- umwelttechnische Eignung der RC-GK muss geprüft werden
- etwas höherer Überwachungsaufwand als bei Beton mit natürlicher Gesteinskörnung (erweiterte Erstprüfung)



Mit Einführung der Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen **VV TB** im Januar 2018 in Baden-Württemberg liegt ein geschlossenes Regelwerk für die Verwendung von R-Beton vor.

22

## R-Beton – aktuelles Regelwerk

### Hersteller von Gesteinskörnung:

- DIN EN 12620: Gesteinskörnung für Beton, auch RC-GK
- DIN 4226-101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen
- DIN 4226-102: Typprüfung und Werkseigene Produktionskontrolle
- DAfStb-Richtlinie: Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) im Beton (Alkali-Richtlinie)
- **Betonhersteller:**
- DAfStB- Richtlinie: Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620"

23

## Strategie beim Landesbau Vermögen und Bau

### Vorgabe R-Beton:

- erfolgreiche Umsetzung von Projekten u.a. in Stuttgart, Tübingen und Ulm
- Planung weiterer Projekte mit verpflichtender Vorgabe von R-Beton
- Standorte für diese Bauvorhaben müssen entsprechend der Verfügbarkeit von R-Beton gewählt werden



Ulm Hochschule Ersatzneubau 2021

Albrecht Imanuel Schnabel



Uni Stuttgart-Vaihingen, PEGASUS Laborgebäude 2018

Prof. Angelika Mettke



Uni Tübingen, NWI Servergebäude, 2014

Jörg Jäger

24

## Strategie beim Landesbau Vermögen und Bau

### Aber:

- Aufgrund nicht flächendeckender Verfügbarkeit aktuell noch schwierige Wettbewerbssituation für R-Beton
  - Insbesondere Transportwege > 25 km führen zu ökologisch und ökonomisch ungünstigerer Bewertung gegenüber Primärrohstoffen
- Seit Mitte November 2017 gilt für alle Bauvorhaben des Landes die Vorgabe geeignete Betonbauteile für R-Beton **offen** auszuschreiben.
- Im Fokus stehen Projekte in den Ballungsräumen
- kurze Wege zwischen Abbruch/Rückbau – GK-Aufbereitung – Neubau

25

## Strategie beim Landesbau - Ausschreibung

### Vergabetechnische Umsetzung:

Ausschreibungstechnisch kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

- Verpflichtender Einsatz von R-Beton in ausgewählten Bauteilen (Nebenangebote, Wertungsmatrix-Umweltaspekt)
- Ausschreibung von Bauteilen, die sowohl für Normal- als auch R-Beton zugelassen sind
- In der jeweiligen Position erfolgt die Angabe der verwendeten GK durch den Bieter (Bieterabfrage)
- Zusätzliche Eignungskriterien durch Abfragen der
  - Eigenerklärung des Rohbauunternehmers (Fachwissen über Einbau von R-Beton...)
  - Leistungsnachweis eines R-Betonlieferanten (Nachweis der R-Beton-Eignung...)

26

## Recycling-Beton - Zusammenfassung

- Recyclinggerechtes Bauen über gesamten Lebenszyklus (Planung-Herstellung-Rückbau) betrachten
- Ressourcenschonung durch das Schließen von Wertstoffkreisläufen
- hochwertige Verwertung sekundärer Rohstoffe (kein „downcycling“)
- selektiver, sortenreiner Rückbau
- Aufbereitung von mineralischen Bauabfällen möglichst vor Ort
- Transportwege reduzieren, Emissionen reduzieren
- Steigerung der Akzeptanz von Recyclingbaustoffen

27

## Recycling-Beton - Zusammenfassung

### Land hat Voraussetzungen geschaffen:

- Land übernimmt Vorreiterrolle beim Einsatz von Recycling-Baustoffen
- Signalwirkung des Landes durch verpflichtende bzw. offene Ausschreibung von R-Beton
- kontinuierliche Nachfrage von R-Beton → Attraktivität des Baustoffs erhöhen
- Frühzeitiges Einbinden aller Beteiligten (Bauherr, Planer, Unternehmer)



- R-Beton wird integraler Bestandteil der Kreislaufwirtschaft
- Schonung der natürlichen Ressourcen
- effizientere Nutzung von Material
- Schonung von Deponie- und Abbauf Flächen
- Reduktion von Transportwegen
- Steigerung der Nachfrage, dadurch Erhöhung des Angebotes durch die Hersteller

28

Recycling-Beton

## Recycling-Beton

### Ausblick:

neue DIN 1045-2, Gelbdruck im Laufe von 2022 mit ??????

- Zulassung von RC-Brechsand unter Auflagen
- RC-GK  $\leq 25$  Vol.-% ohne Einschränkung einsetzbar
- tlw. Erhöhung der Substitutionsanteile weiterer Expositionsklassen auf max. 45 Vol.-%



### Leitfaden zum Einsatz von R-Beton



Leitfaden zum Einsatz von R-Beton, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW 2017

29

Recycling-Beton

## Landesbau Vermögen und Bau – Beispiele

### Einsatz R-Beton



Universität Tübingen, NWI Servergebäude, 2014

Jörg Jäger

ca. 90 % des Betonvolumens aus R-Beton mit Ausnahme

- weit gespannter Hohlkörperdecken
- hochbelastete Wände mit einer Betongüte > C 30/37
- Fertigteile

Gesamtbaukosten GBK: ca. 6,0 Mio. Euro



Uni Stuttgart-Vaihingen, Pegasus Laborgebäude 2018

Prof. Angelika Metke

Alle Betonbauteile ab Decke über UG

- ohne Bohrpfähle, Bodenplatte und vertikale UG-Bauteile

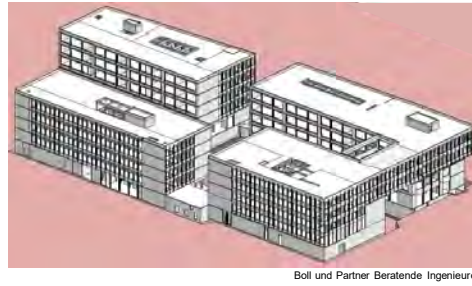
Gesamtbaukosten GBK: ca. 6,5 Mio. Euro

30

Recycling-Beton

## Landesbau Vermögen und Bau – Beispiele

### Einsatz R-Beton



Alle Betonbauteile außer

- Betongüte größer C30/37
- Verformungssensible Bereiche
- Sichtbeton Flächen SB3
- Bereiche mit einer Korngröße 0/8



31

Recycling-Beton

## Recycling-Beton

... Vielen Dank!

32

# Hochschule für Technik Stuttgart


Sommerkolloquium Bauphysik 2022

## **Gebäudesimulation: Einsatzbereiche und Praxis-Beispiele**

Valentina Zanotto, Marcus Knapp  
AMSTEIN + WALTHERT AG

Anhand von praxisorientierten Anwendungsfällen wird aufgezeigt, wo Simulationen in der Planung eingesetzt werden können sowie wann diese einen Mehrwert darstellen. Schlüsselkriterien dabei sind: Planungssicherheit, Ressourcenschonung, Komplexität und Flexibilität.





# Gebäudesimulation: Einsatzbereiche und Praxisbeispiele

Sommerkolloquium Bauphysik, 12.05.2022



# Vorstellung Referent\*innen

Amstein + Walthert AG, Zürich  
Bereich Bauphysik



**Marcus Knapp**

Ing. HTL Holztechnik  
NDK Akustik

Bereichsleiter / Partner

21 Jahre Erfahrung in der  
Bauphysik, mit Fokus auf  
Holzbau.

Seit 2010 Bereichsleiter und  
Partner.



**Valentina Zanotto**

M.Sc. Arch. / SIA  
Ph.D.

Teamleiterin

10 Jahre Erfahrung in der  
Bauphysik.

Mehr als 15 Jahre Erfahrung  
in Gebäudesimulation, mit  
Fokus auf thermische  
Behaglichkeit.

# Was ist eine Simulation?

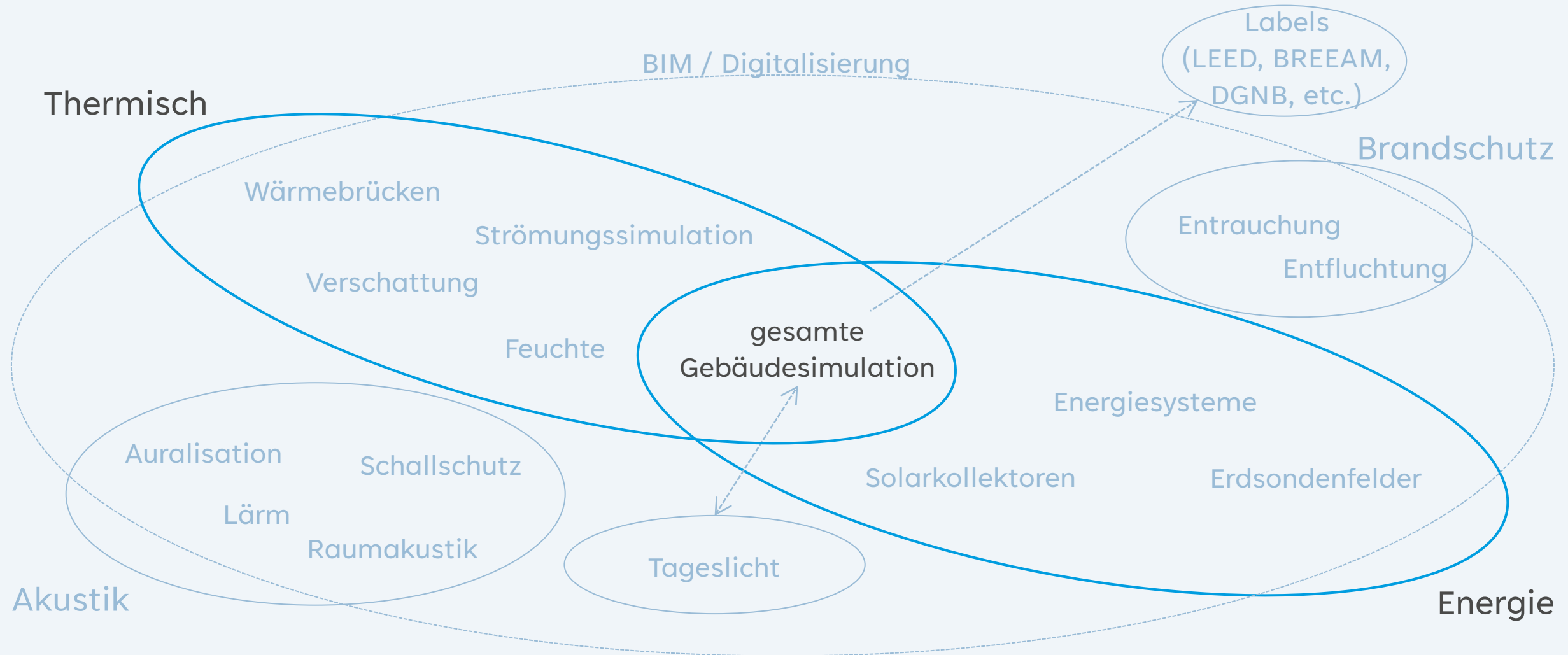
Die Wissenschaft analysiert die Realität anhand der Abstraktion ihres Verhaltens.

Manchmal ist am Bau das zu untersuchende Phänomen zu komplex für eine rein theoretische Behandlung. Mögliche Herausforderungen:

- Dynamische Systeme (Aussenklima, Nutzerverhalten etc.)
- Viele mitwirkenden Parameter (diverse Nutzungen, Gleichzeitigkeit etc.)
- Komplexe Geometrien und Gestaltung
- Komplexe Energiesysteme (System-Komponenten, Steuerung)

In diesen Fälle können die realen Phänomene mittels eines Modells nachgebildet werden.  
→ Das ist eine Simulation.

# Wann kann eine Simulation zu Nutze kommen?



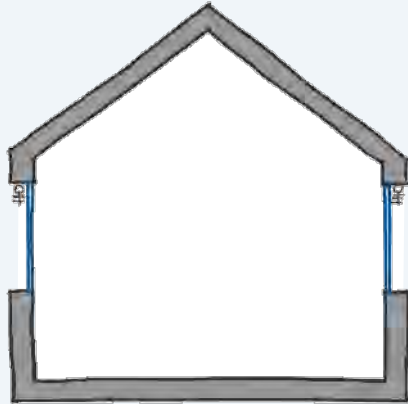
# Wann ist eine Gebäudesimulation erforderlich?

- Analyse sommerlicher Wärmeschutz (CH), sobald eine vereinfachte Berechnung aufgrund der Gestaltung nicht möglich ist
- Für die Zertifizierung gemäss diversen Gebäudelabels:
  - MINERGIE, wenn eine aktive Kühlung vorhanden ist
  - DGNB (Raumklima und/oder Energie)
  - LEED
  - BREEAM

# Wann ist eine Gebäudesimulation sinnvoll?

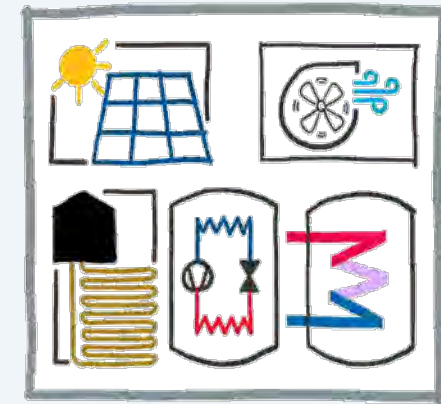
Zur Planungssicherheit → Optimierung resp. Untersuchung von Varianten

Gebäude:



- Architektur / Gebäudegeometrie
- Gebäudehülle
- Nutzung

Gebäudetechnik:



- Abgabesysteme
- Lüftung
- Erzeugung
- Systemsteuerung / -Regelung



# Praxisbeispiele Einsatz Gebäudesimulation



## Energiekonzept Villa

Neubau

Ziele:

- Planungssicherheit Energiekonzept
- Energieeffizienz

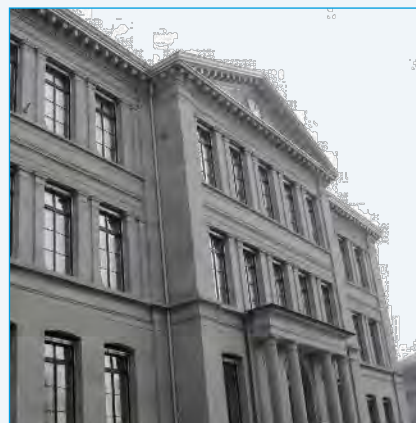


## BREEAM Bürobau

Neubau

Ziele:

- Ermittlung Energiebedarf
- Energieeffizienz



## Fensterlüftung Schulhaus

Umbau

Ziele:

- Planungssicherheit Lüftungskonzept
- Gutes Innenraumklima



## Sanierungskonzept Bürobau

Umbau

Ziele:

- Untersuchung Umbauvarianten
- Gutes Innenraumklima
- Energieeffizienz
- Investitionskosten



## Sanierungskonzept Eishalle

Umbau

Ziele:

- Untersuchung Umbauvarianten
- Holzschutz

# Energiekonzept Neubau Villa



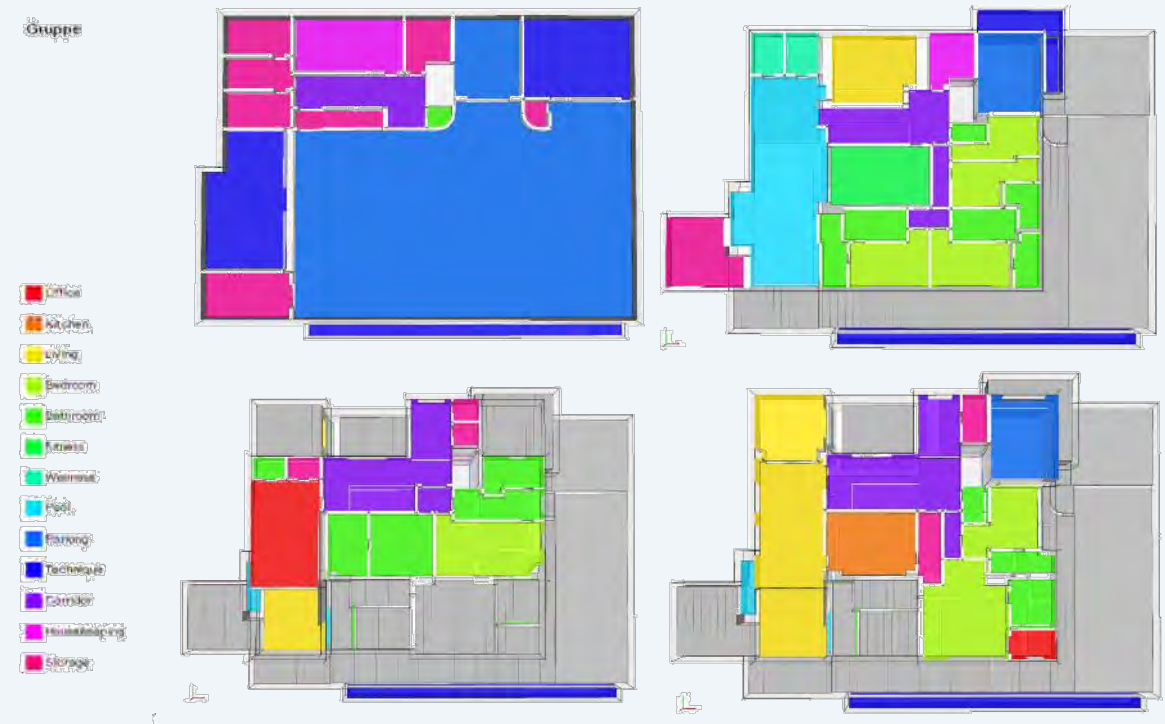
# Energiekonzept Neubau Villa

## Fragestellung:

- Dimensionierung lokale Heiz-/Kühl-elemente
- Dimensionierung Erdwärmesonden

## Herausforderungen:

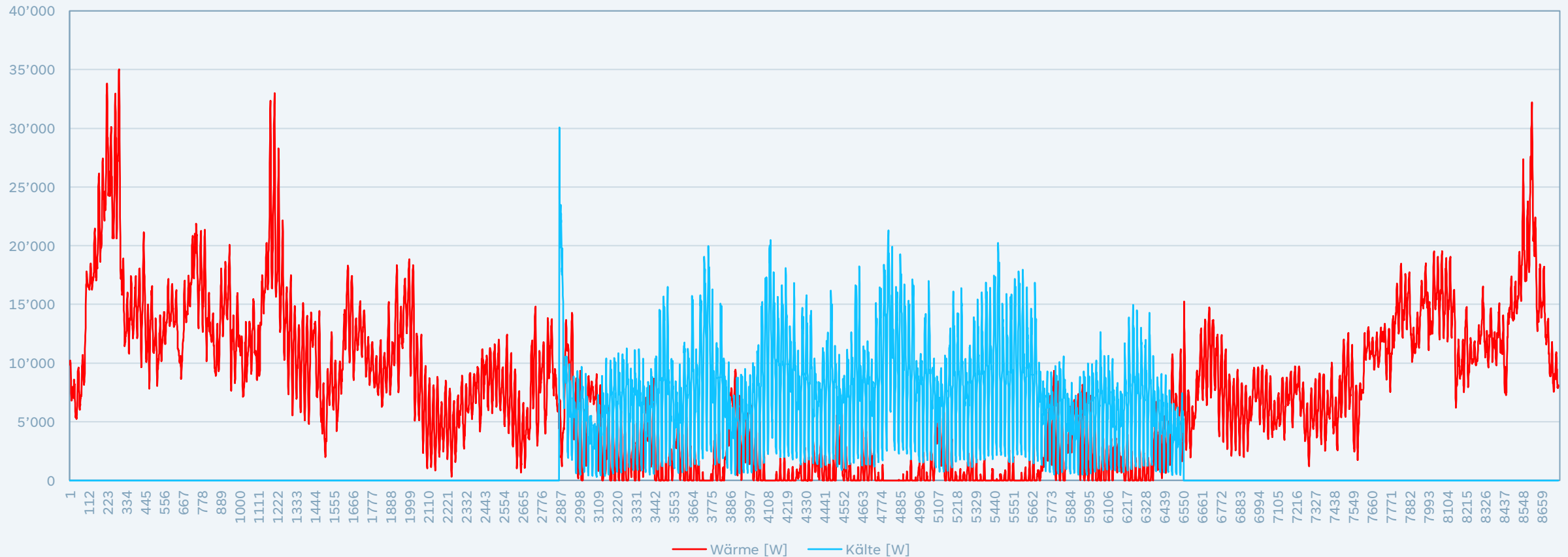
- Diverse Klimazonen im Gebäude
- Poolheizung
- Free-Cooling
- Verhältnis Heizung/Kühlung → Regeneration EWS





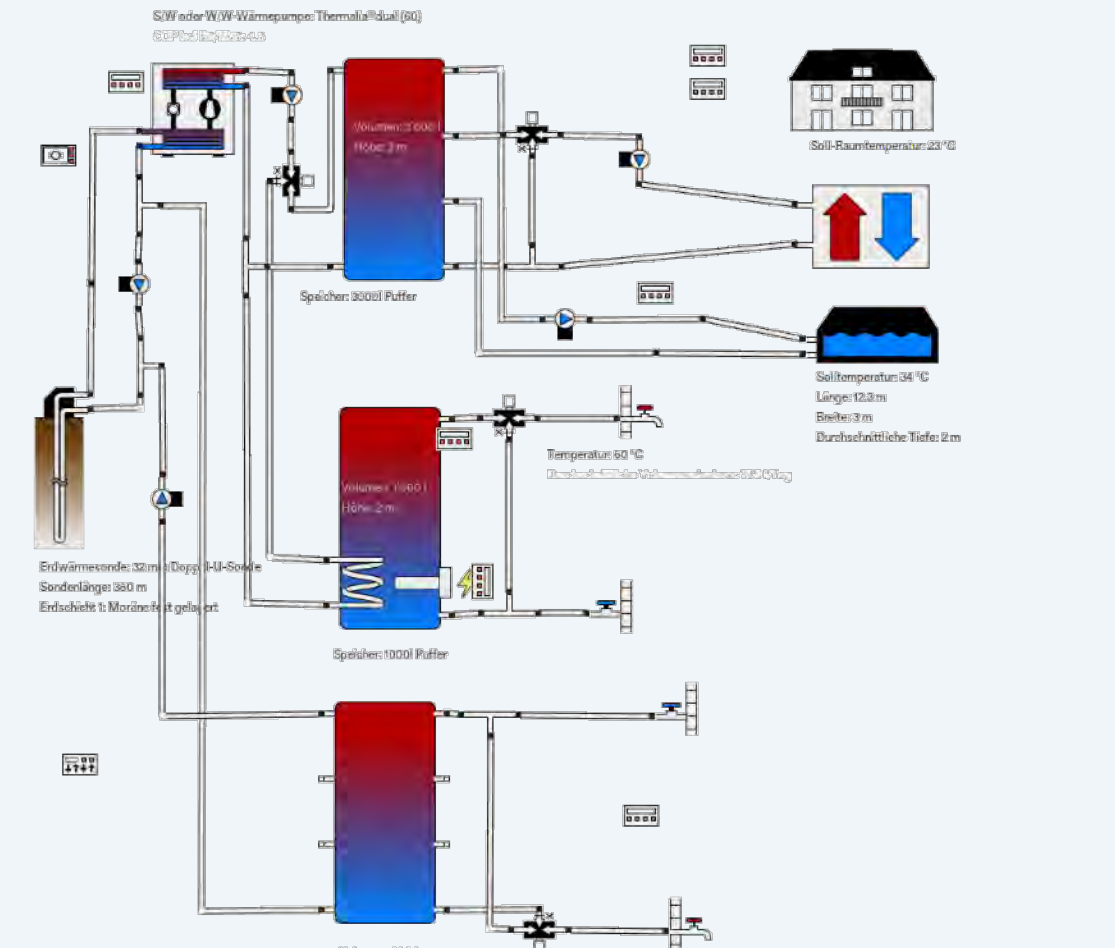
# Energiekonzept Neubau Villa

## ■ Ermittlung des Nutzenergiebedarfs mittels Gebäudesimulation



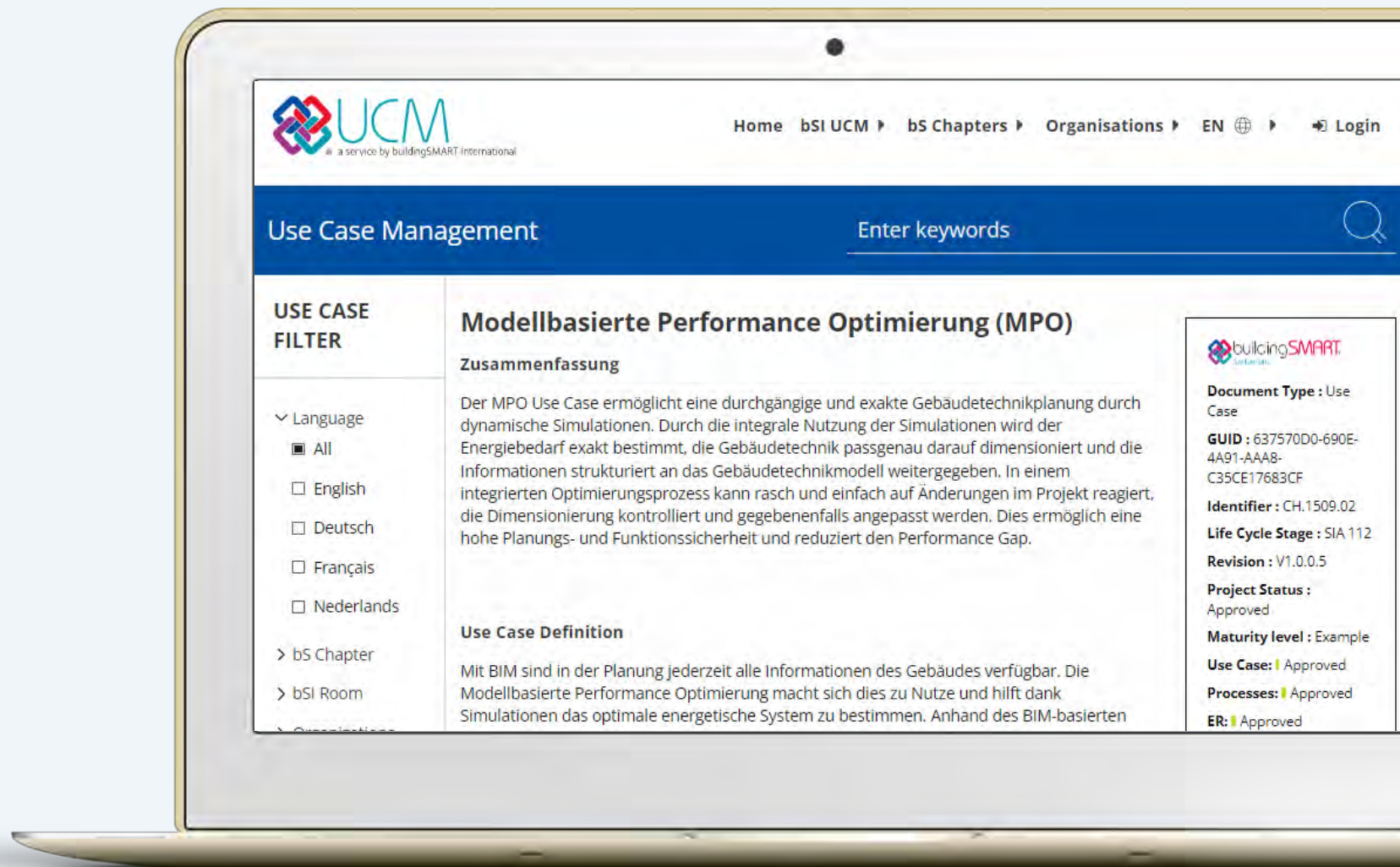
# Energiekonzept Neubau Villa

- Übernahme Werte Nutzenergiebedarf
- Modellierung und Simulation der Technik (Erzeugung)
- Dimensionierung der Erzeugung:
  - Wärmepumpe / Kältemaschine
  - Erdwärmesonden
- Ermittlung des Endenergie- sowie Primärenergiebedarfs



# Modellbasierte Performance Optimierung (MPO)

- Entwicklung BIM-Use-Case für die Integration von Simulationen in den digitalen Planungsprozess
- Definition Rollen und Regeln:
  - Bauherr: Projektanforderungen
  - Architekt: Gebäude
  - Bauphysiker: Simulation Gebäude
  - Energieconsultant: Simulation Technik
  - Technik: HLKS-Planer



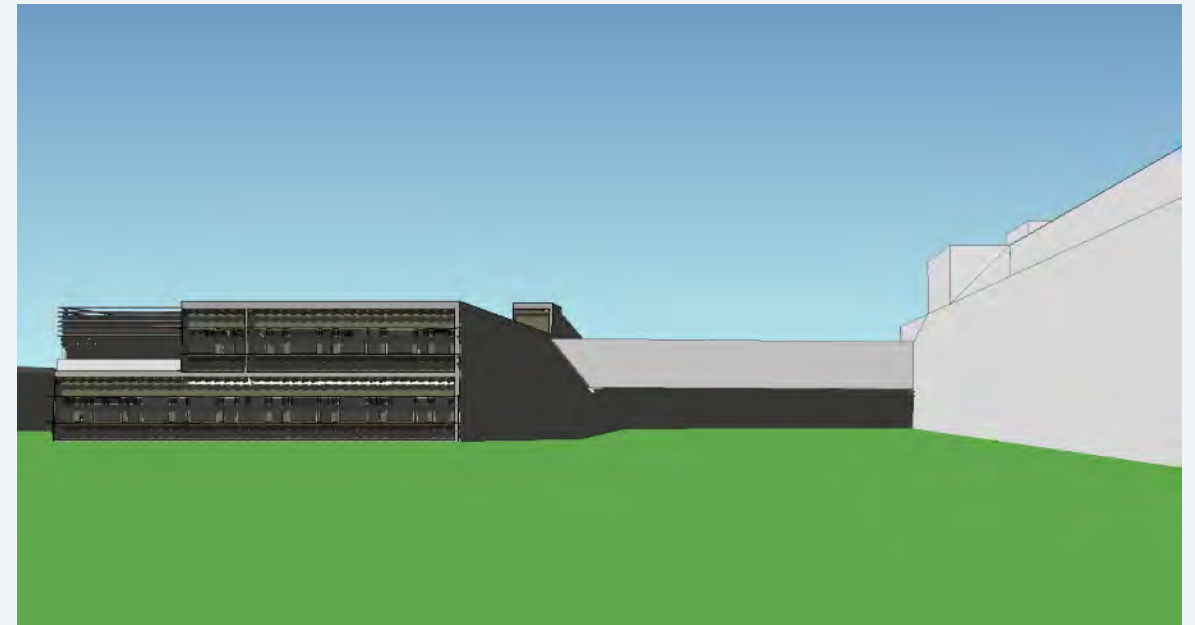
The screenshot displays the UCM (Use Case Management) web application interface. The header includes the UCM logo (a service by buildingSMART International) and navigation links: Home, bSI UCM, bS Chapters, Organisations, EN, and Login. A search bar is located on the right side of the header.

The main content area is titled "Use Case Management" and features a search bar with the text "Enter keywords". Below this, the "USE CASE FILTER" sidebar is visible, showing options for Language (All, English, Deutsch, Français, Nederlands) and bS Chapter (bS Chapter, bSI Room).

The main content area displays the details for the "Modellbasierte Performance Optimierung (MPO)" use case. The "Zusammenfassung" (Summary) section describes the MPO use case as enabling a consistent and exact building technical planning through dynamic simulations. The "Use Case Definition" section states that with BIM, all information of the building is available at any time in the planning phase, and that MPO makes use of this information to determine the optimal energy system.

On the right side, a sidebar provides metadata for the use case, including the Document Type (Use Case), GUID (637570D0-690E-4A91-AAAB-C35CE17683CF), Identifier (CH.1509.02), Life Cycle Stage (SIA 112), Revision (V1.0.0.5), Project Status (Approved), Maturity level (Example), Use Case (Approved), Processes (Approved), and ER (Approved).

# BREEAM Zertifizierung Neubau Bürobau



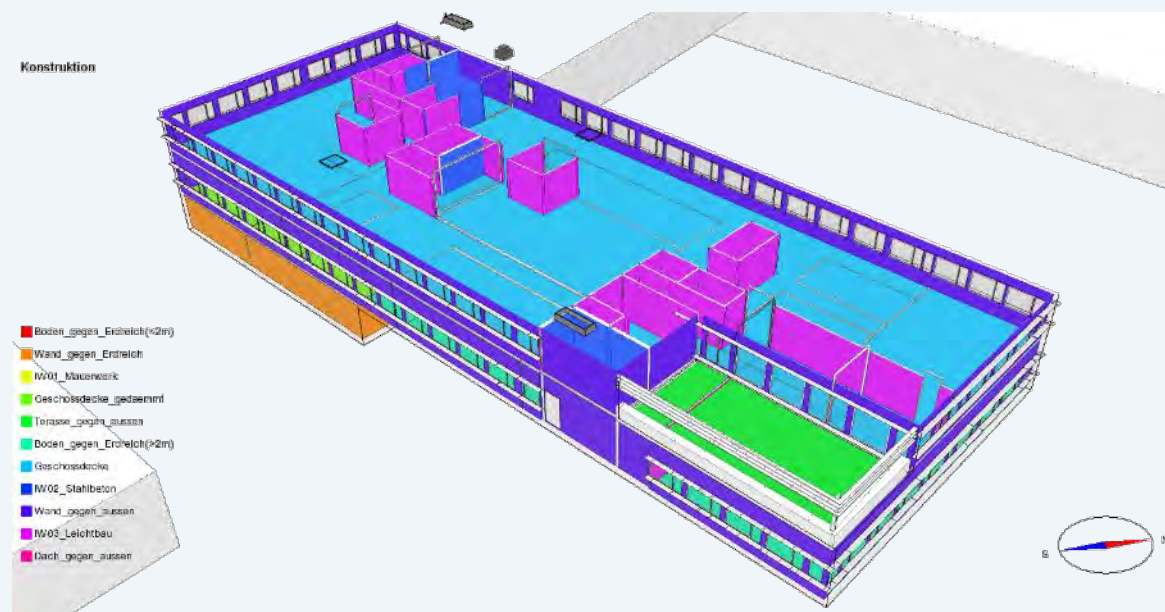
# BREEAM Zertifizierung Neubau Bürobau

## Fragestellung:

- Zertifizierung des Gebäudes nach dem internationalen Label BREEAM

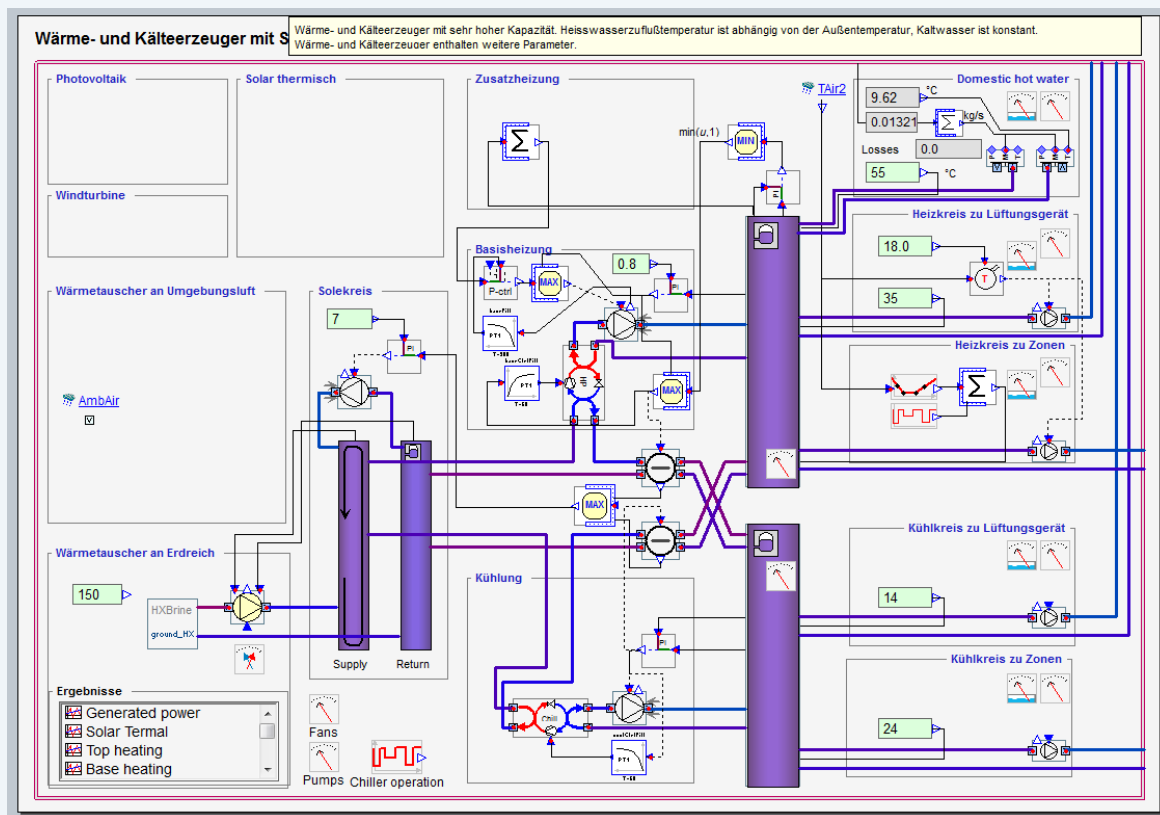
## Herausforderungen:

- Keine spezifischen Angaben zum Referenzgebäude für die Schweiz
- Modellierung des Gebäudes und der Technik in einem einzigen Modell





# BREEAM Zertifizierung Neubau Bürobau



EQUA. SIMULATION TECHNOLOGY GROUP		Bericht Endenergiebedarf	
<b>Projekt</b>		<b>Gebäude</b>	
Kunde		Bodenflächen im Modell	3510.7 m <sup>2</sup>
Verantwortlicher Ingenieur	Javier Garcia de Andres	Volumen des Modells	13323.5 m <sup>3</sup>
Ort	Spreitenbach	Modellflächen mit Bodenkontakt	1523.4 m <sup>2</sup>
Klimadatei	Buchs-Aarau (normal)	Modell-Hüllfläche	4792.9 m <sup>2</sup>
Fall	20160808_IKEA_Ist_ESBO-Erzeuger	Fenster/Hüllflächen	9.6 %
Simuliert	08.08.2016 12:44:43	Durchschnittlicher U-Wert	0.211 W/(K·m <sup>2</sup> )
		Hüllfläche pro Volumeneinheit	0.3597 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

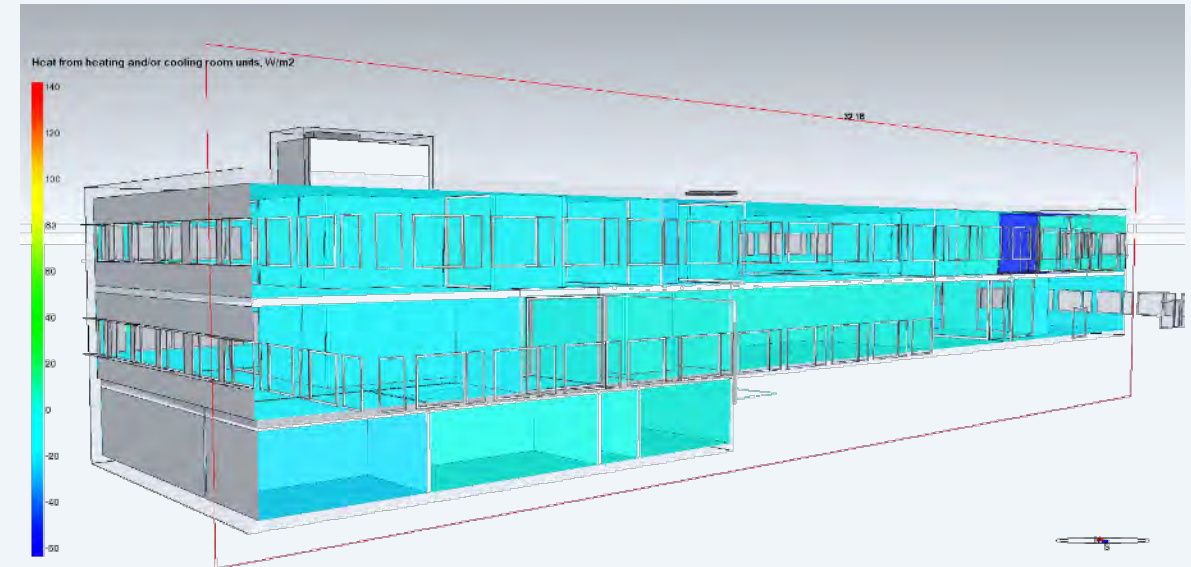
## Komfortreferenzwerte

Für Zone mit größtem Überhitzungsproblem: Anteil der Stunden mit einer operativen Temperatur über 27°C	20 %
Für Zone mit durchschnittlichen Temperaturen: Anteil der Stunden mit einer operativen Temperatur über 27°C	0 %
Anteil der belegten Stunden in denen ein Raum thermischen Diskomfort verursacht	8 %

## Übersicht Endenergiebedarf

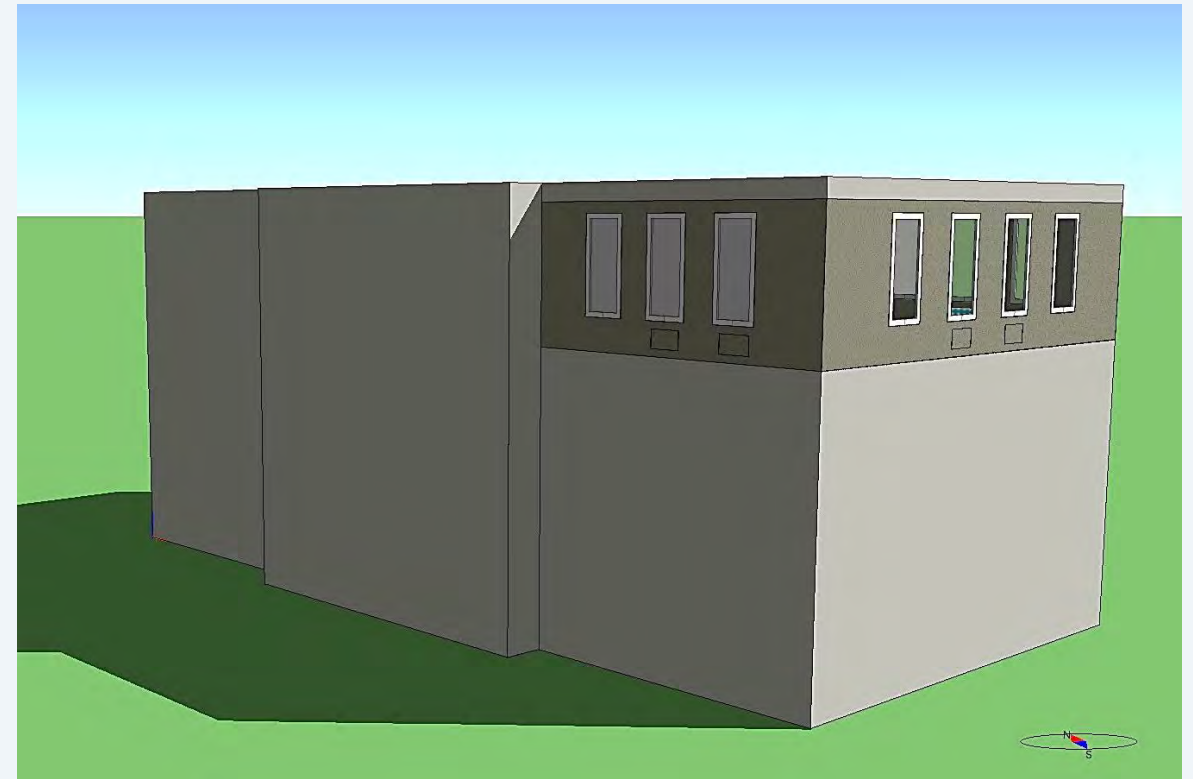
	Endenergiebedarf		Bedarf	CO <sub>2</sub>		Primärenergie	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>		kg	kg/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Lighting, facility	39391	11.2	21.2	5475	1.6	105962	30.2
Electric cooling	11562	3.3	15.6	1607	0.5	31101	8.9
HVAC aux	18825	5.4	7.68	2617	0.7	50640	14.4
Electric heating	5040	1.4	22.02	701	0.2	13558	3.9
Gesamt, Strom - zentral	74818	21.3		10400	3.0	201261	57.3
Gesamt	74818	21.3		10400	3.0	201261	57.3
Equipment, tenant	66226	18.9	21.39	9205	2.6	178148	50.7
Gesamt, Strom - Mieter	66226	18.9		9205	2.6	178148	50.7
Gesamtwert	141044	40.2		19605	5.6	379409	108.1

# BREEAM Zertifizierung Neubau Bürobau





# Dimensionierung Fensterlüftung Umbau Schule



# Dimensionierung Fensterlüftung Umbau Schule

## Fragestellung:

- Sicherstellung Luftqualität
- Minimierung sommerliche Überhitzung
- Dimensionierung und Steuerung automatischer Fensterlüftung

## Herausforderungen:

- Schulgebäude unter Denkmalschutz
  - Innendämmung und Holzdecken
  - Keine mechanische Lüftung
  - Stoffstoren

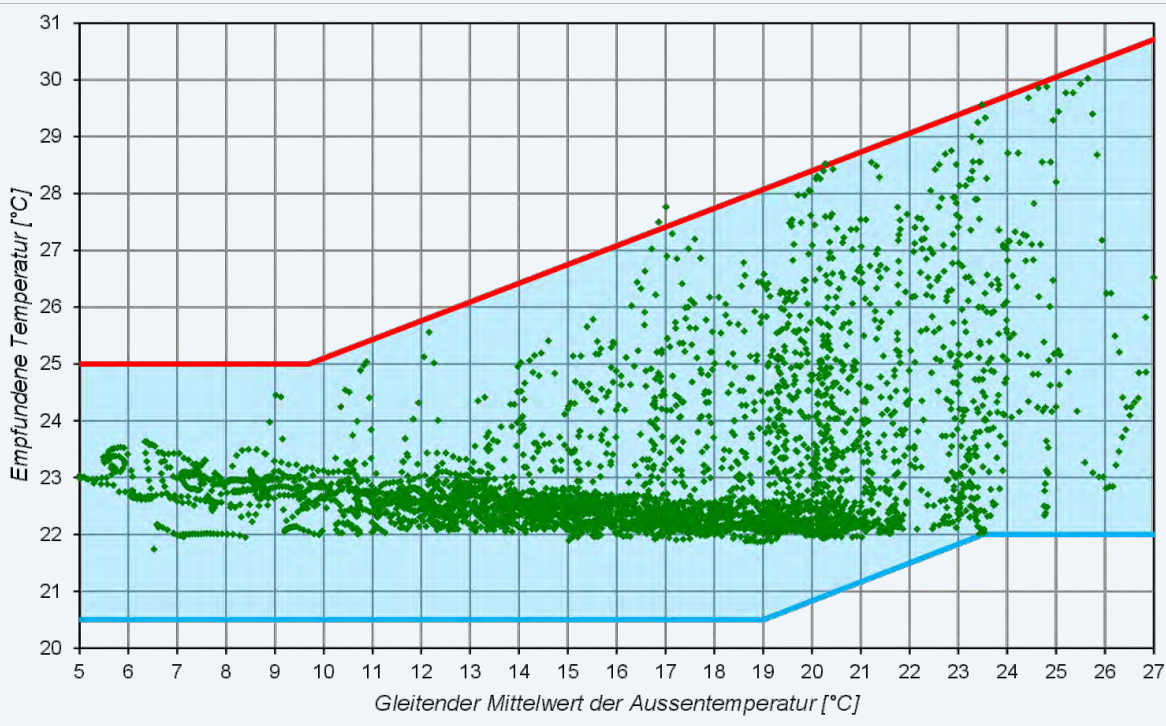




# Dimensionierung Fensterlüftung Umbau Schule

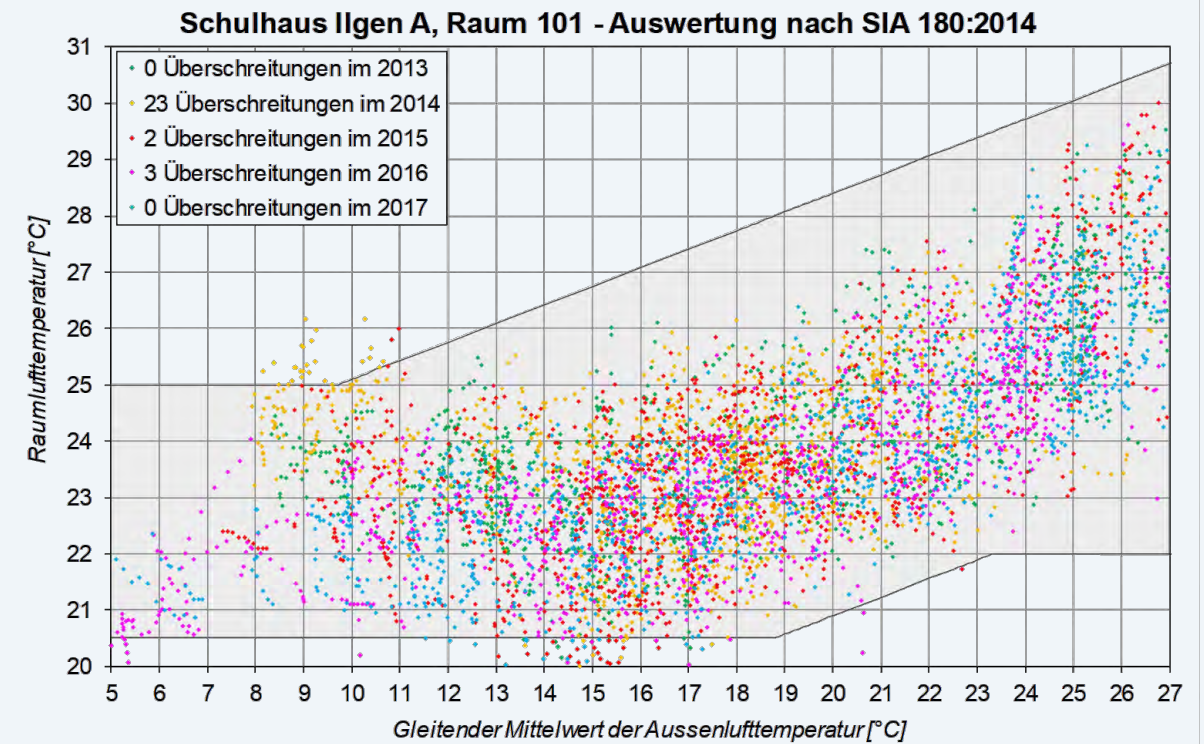
## Planung:

- Nachweis sommerlicher Wärmeschutz gemäss Simulation



## Betrieb:

- Messung der sommerlichen Raumtemperaturen



# Optimierung sommerliches Raumklima Umbau Bürogebäude





# Optimierung sommerliches Raumklima Umbau Bürogebäude

## Fragestellung:

- Überhitzung im Sommer
- Studie für Umbau des Gebäudes zur Optimierung des Raumklimas im Sommer

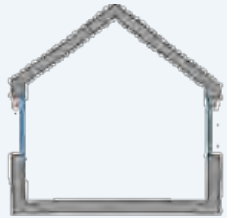
## Herausforderungen:

- Fensterlüftung aufgrund Lärmbelastung ungünstig
- Nutzung «passiver» Massnahmen
- Vergleich der Life-Cycle-Kosten sowie der Nachhaltigkeit (LCA)



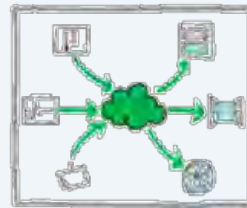
# Optimierung sommerliches Raumklima Umbau Bürogebäude

## Phase I: Definition und Beurteilung von Einzelmassnahmen



### Baulich:

- Speichermasse:
  - Gebäude
  - Fassade
- Fenstergrösse
- Verglasung (g-Wert)
- Verschattungen
  - horizontal
  - Vertikal
- Beleuchtung (W/m<sup>2</sup>)



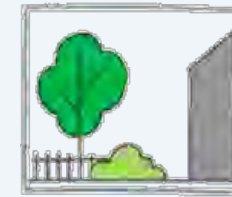
### Organisatorisch:

- Effiziente Fensterlüftung
- Querlüftung (Türöffnung)
- Grossraumbüro
- Flexible Arbeitsorganisation (reduzierte Belegung)
- Personalisierung Arbeitsplatz (Tischventilator, Begrünung)



### Technisch:

- Automatischer Sonnenschutz
- Automatische Fensteröffnung (Nachtauskühlung)
- Nachtauskühlung durch mechanische Lüftung
- Vorkühlung der Zuluft



### Landschaftlich:

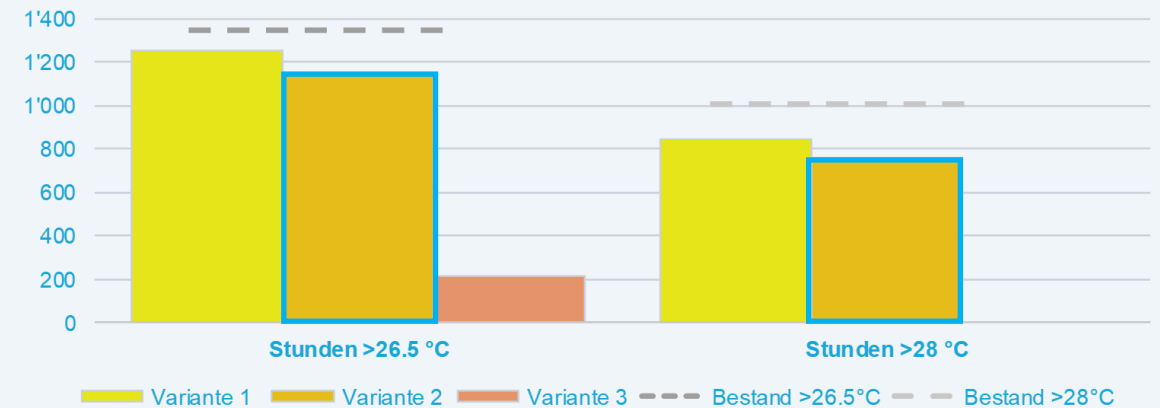
- Pflanzung von Bäumen
- Fassadenbegrünung
- Dachbegrünung + PV
- Arealenthitzung durch Entsiegelung
- Cool Spots: grüne Aussenräume mit hoher Aufenthalts- und Arbeitsqualität

# Optimierung sommerliches Raumklima Umbau Bürogebäude

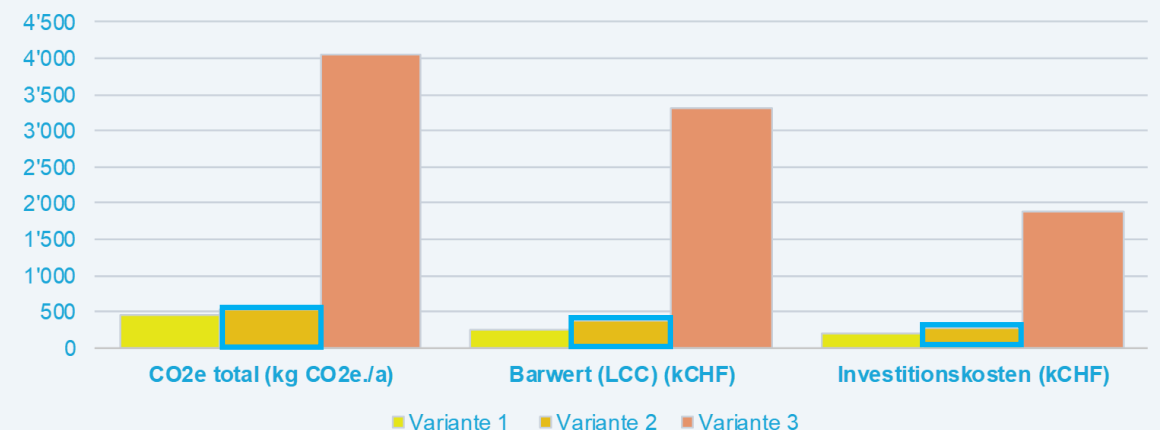
## Phase II: Definition und Beurteilung von Massnahmenpakete pro Gebäude

- **MIN:** saisonale Beschattung + Optimierung Ist-Zustand (Sonnenschutz und Lüftung inkl. Nachtauskühlung)
- **MITTEL:** wie MIN + leichte Vorkühlung Zuluft (Grundwasser)
- **MAX:** wie MIN + komplette Vorkühlung Zuluft und Kühldecken (Kältemaschine)

Überhitzungsstunden



Lebenszyklusbetrachtungen

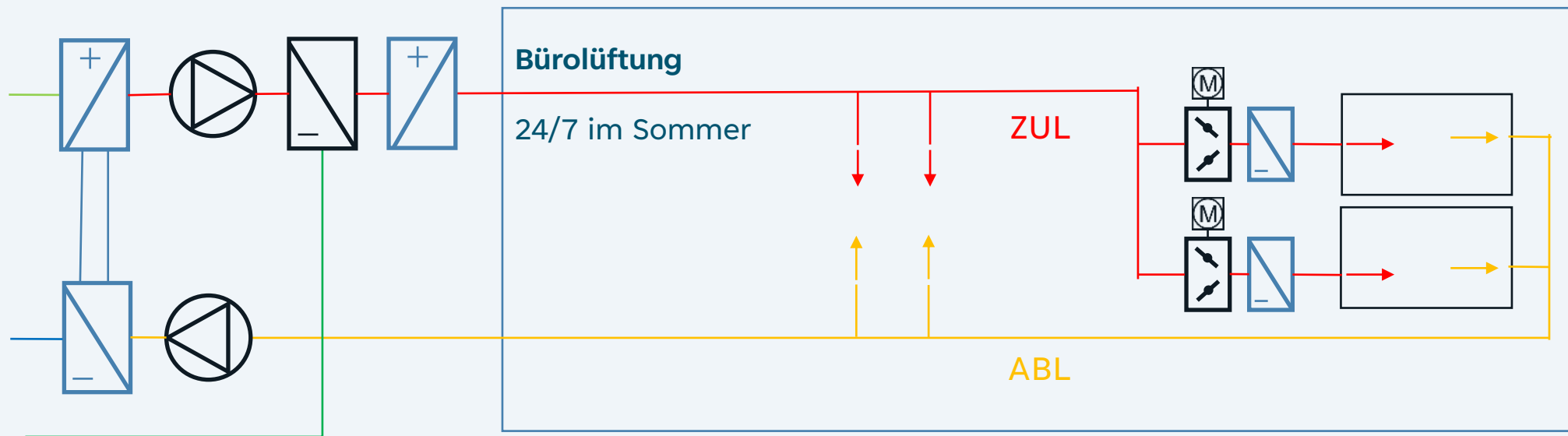




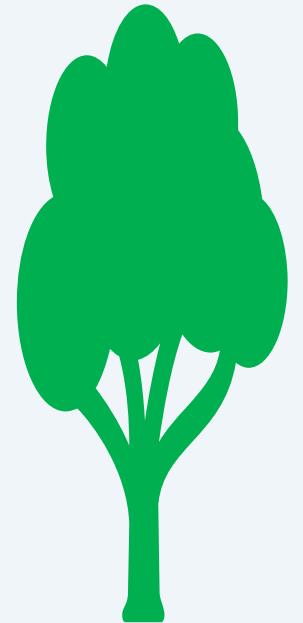
# Optimierung sommerliches Raumklima Umbau Bürogebäude

## Phase III: weitere Spezifizierung der Empfehlung

Nachtauskühlung

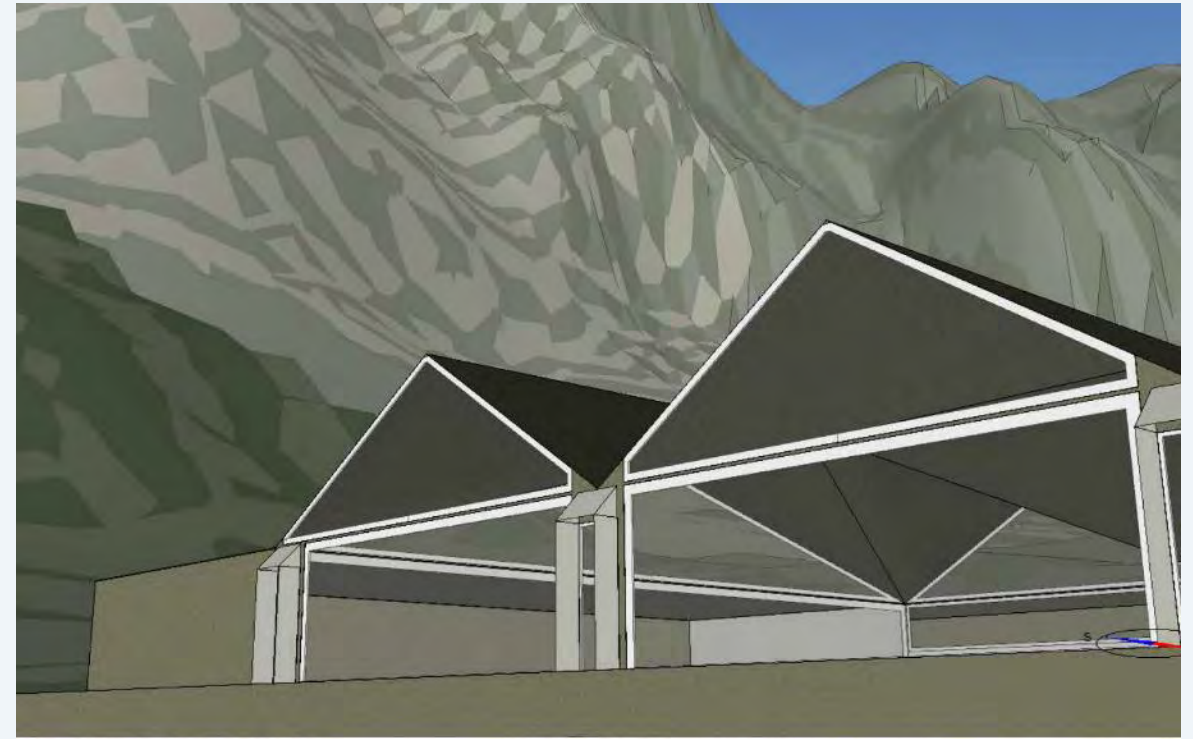


Kühlung mit Grundwasser  
Doppelnutzung



Verschattung  
und Kühlung  
Ost und West

# Massnahmen Umbau Eissporthalle



# Massnahmen Umbau Eissporthalle

Fragestellung:

- Holzschutz Dachkonstruktion
- Optimierung Hallenklima

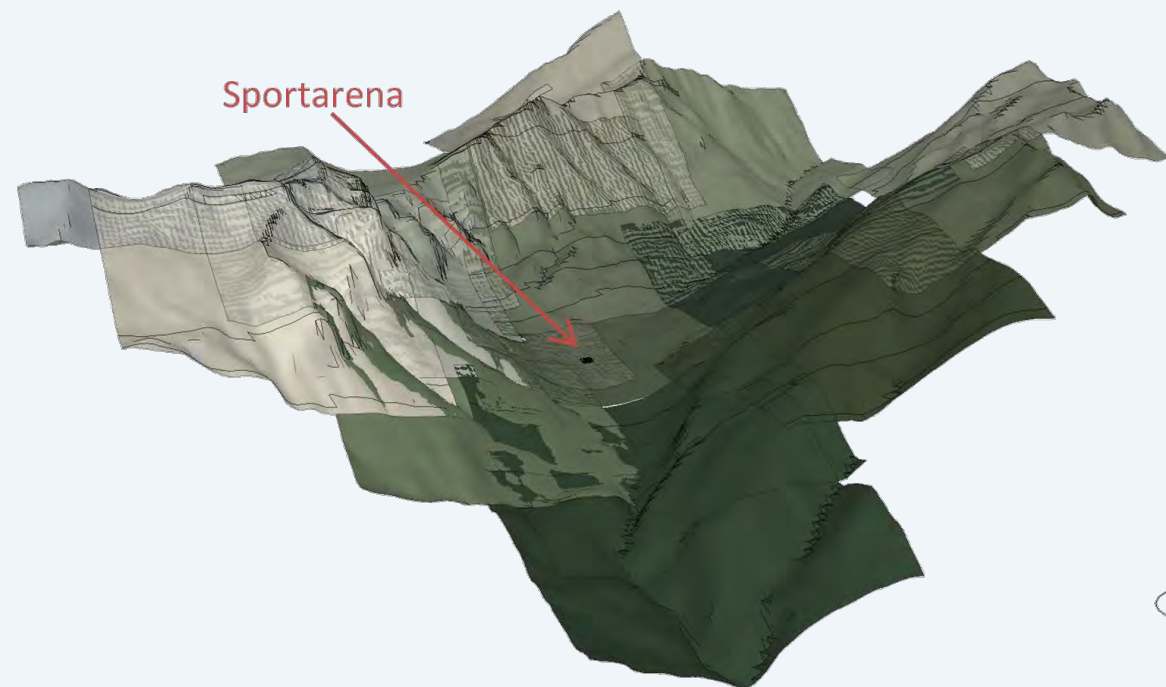
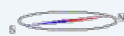
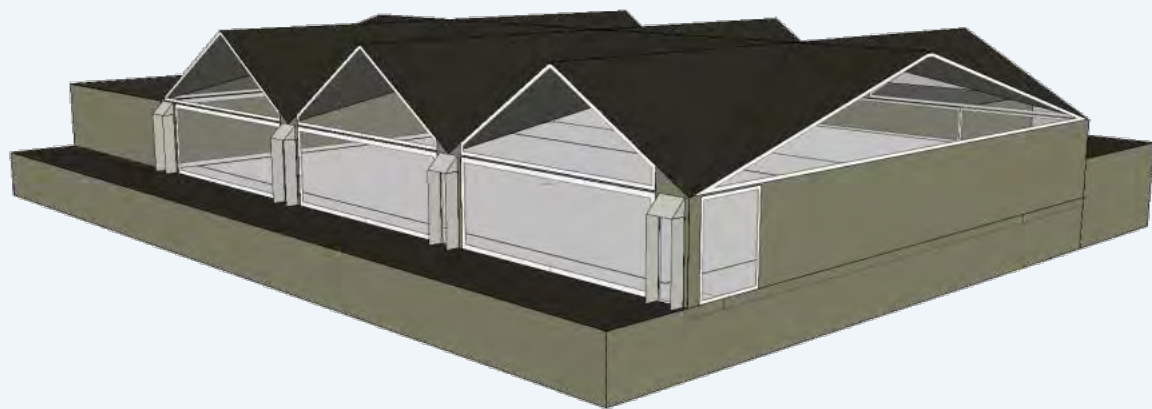
Herausforderungen:

- Komplexe Dachgeometrie
- Verschattung durch Gebirge
- Unklare Parameter Nutzung, insbesondere Feuchtelast
- Grosser Luftwechsel durch Undichtigkeiten





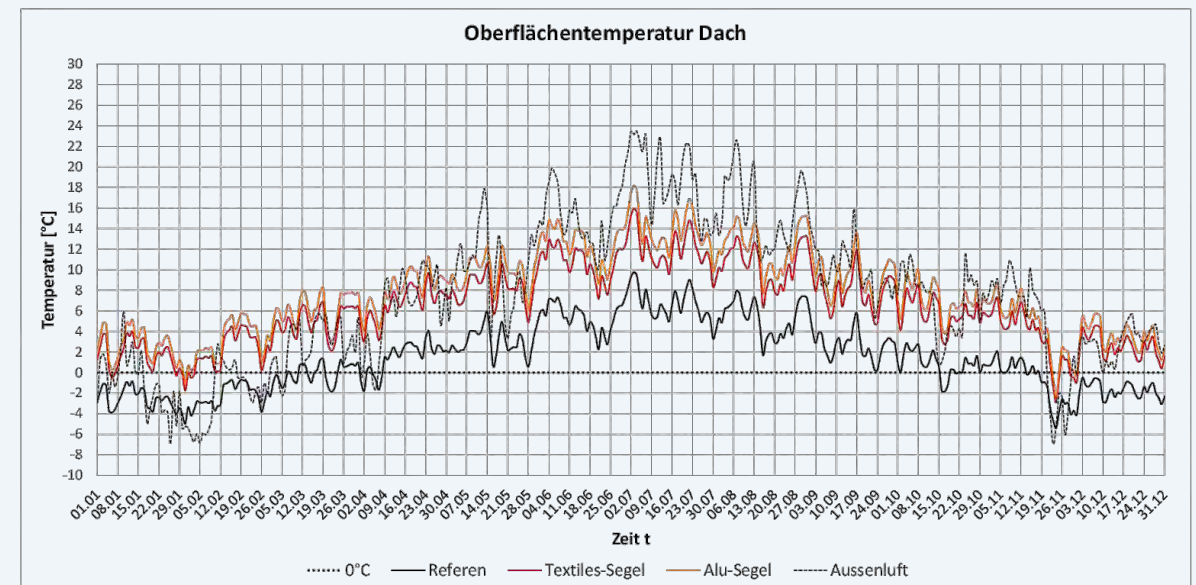
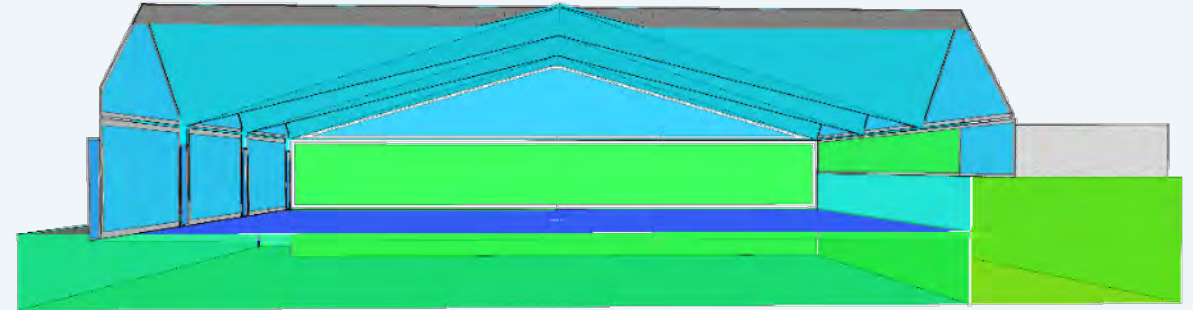
# Massnahmen Umbau Eissporthalle



# Massnahmen Umbau Eissporthalle

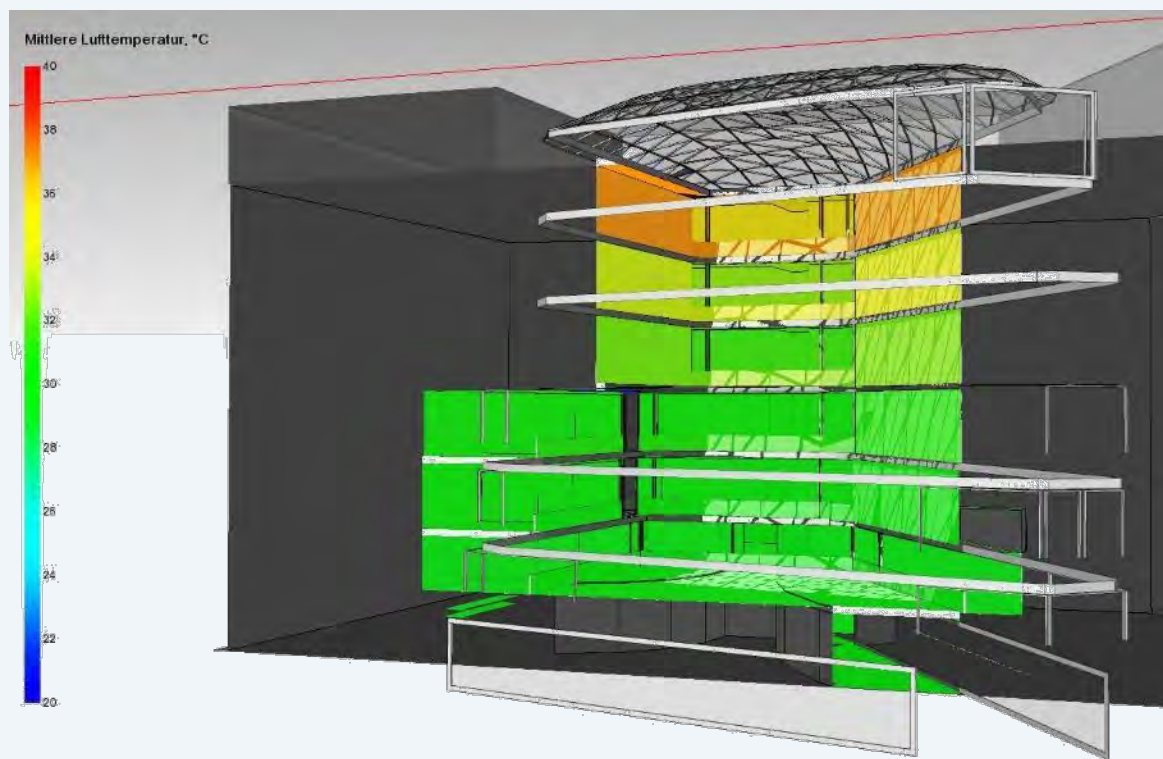
## Vorgehen:

- Validierung des Simulationsmodells durch Messungen im IST-Zustand
- Definition möglicher Umbauvarianten
  - Ausführung Deckensegel (Low-E)
  - Behebung Undichtigkeiten (Infiltration)
  - Verbesserung der Gebäudehülle (U-Werte)
  - Ausführung einer Entfeuchtung
- Ausführung Muster-Deckensegel und Messung vor Ort

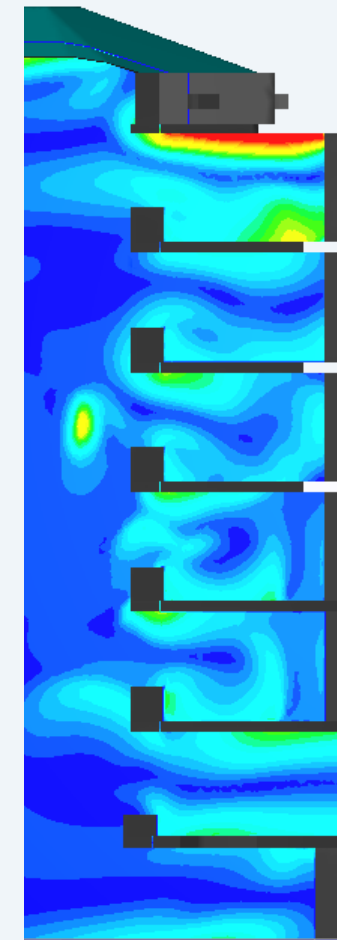
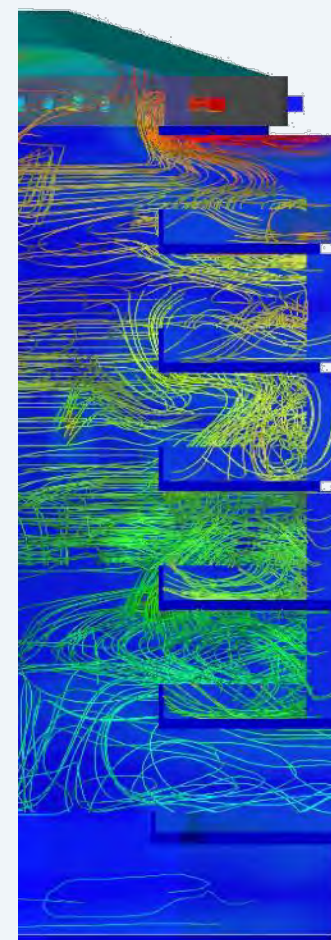
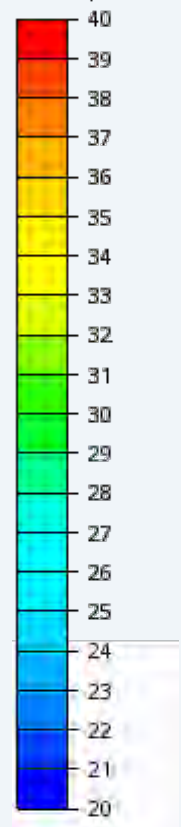


# Spezielle Untersuchungen

## 1 / Temperaturschichtung in einem Atrium



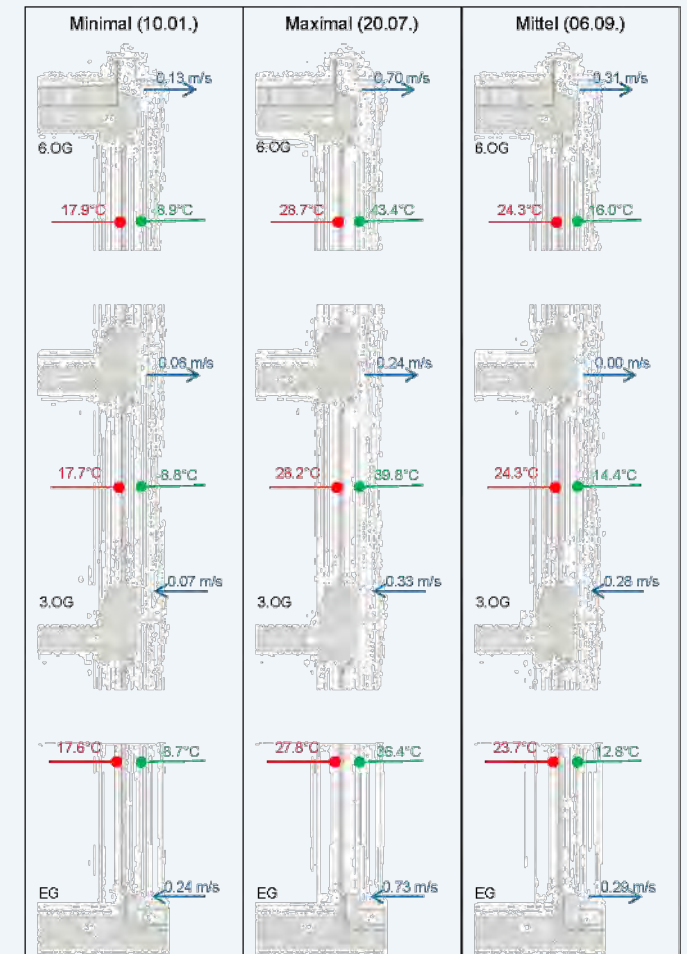
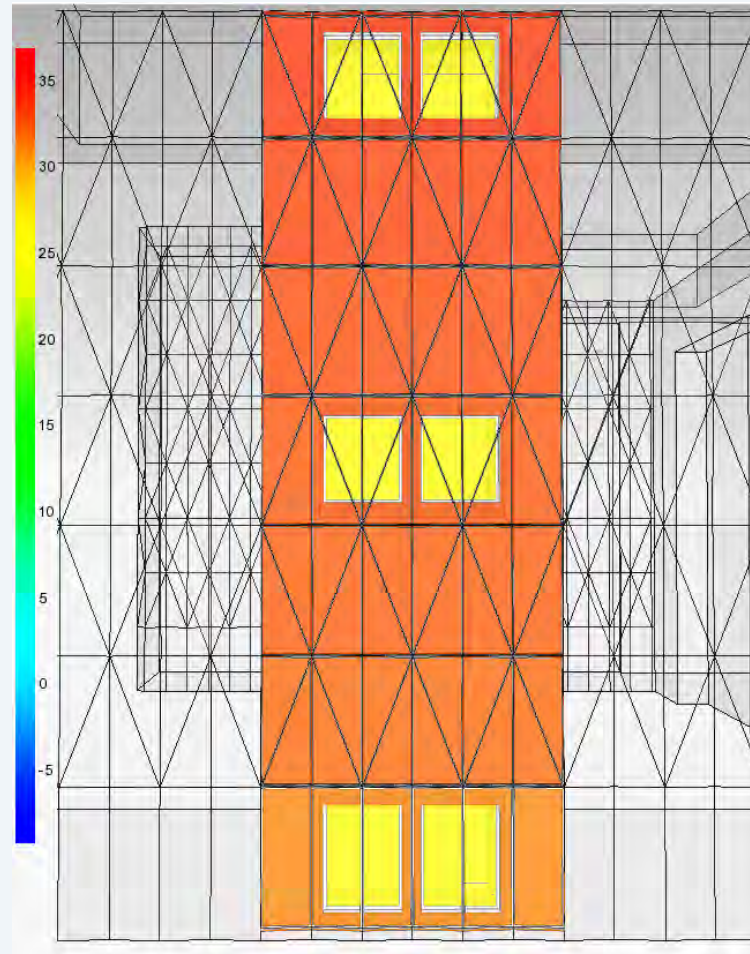
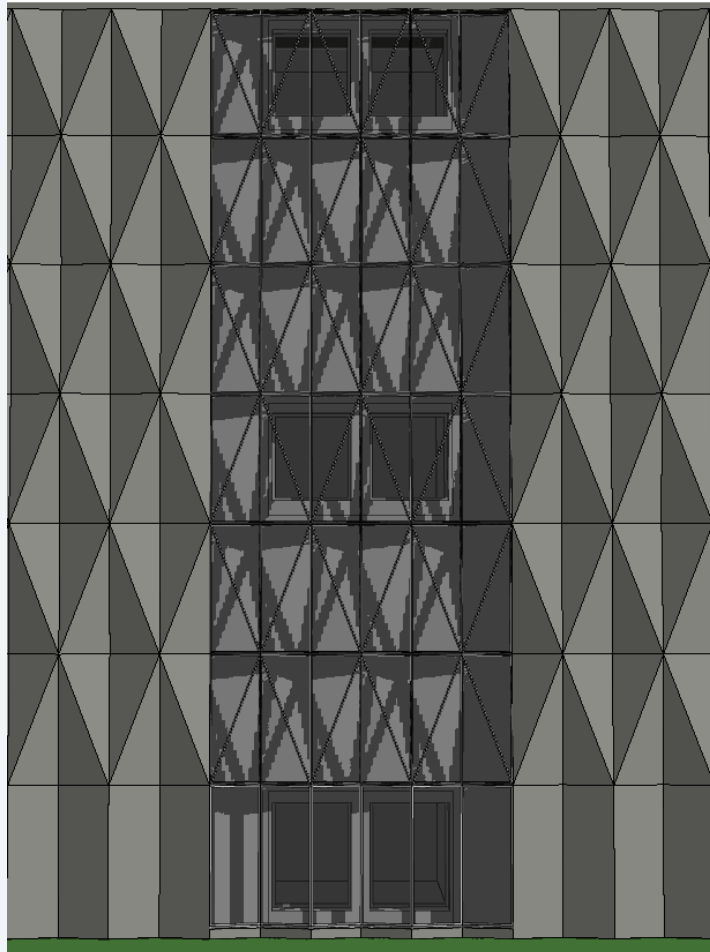
[6] Temperature





# Spezielle Untersuchungen

## 2 / Temperaturschichtung in einer Doppelfassade





# Fazit

- Dynamische Gebäudesimulationen können die thermische Behaglichkeit sowie die Energieflüsse in Gebäuden schon in den frühen Projektphasen realistisch prognostizieren. Dadurch steigen:
  - Flexibilität
  - Planungssicherheit
  - Energie- und Ressourceneffizienz
- Spezielle bauphysikalische Fragenstellungen können in moderne Simulationsverfahren integriert werden  
→ Unterschiedliche Simulationsverfahren / Untersuchungen können kombiniert werden (z.B. Gebäudesimulation, Strömungssimulation, Feuchtesimulation etc.)
- Grosses Potential durch die Einführung von digitalen Bauprozessen

# Fragen?

 Marcus Knapp / Valentina Zanotto

 +41 44 305 94 07 / +41 44 305 94 16

 [marcus.knapp@amstein-walthert.ch](mailto:marcus.knapp@amstein-walthert.ch)  
[valentina.zanotto@amstein-walthert.ch](mailto:valentina.zanotto@amstein-walthert.ch)

 [amstein.walthert.ch](https://amstein.walthert.ch)



# Hochschule für Technik Stuttgart

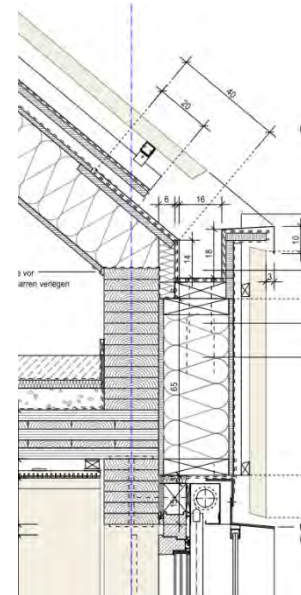
## Sommerkolloquium Bauphysik 2022

### **Holzbau aktuell - Konstruktion und Bauphysik**

Heiko Fischer  
ebök GmbH Tübingen

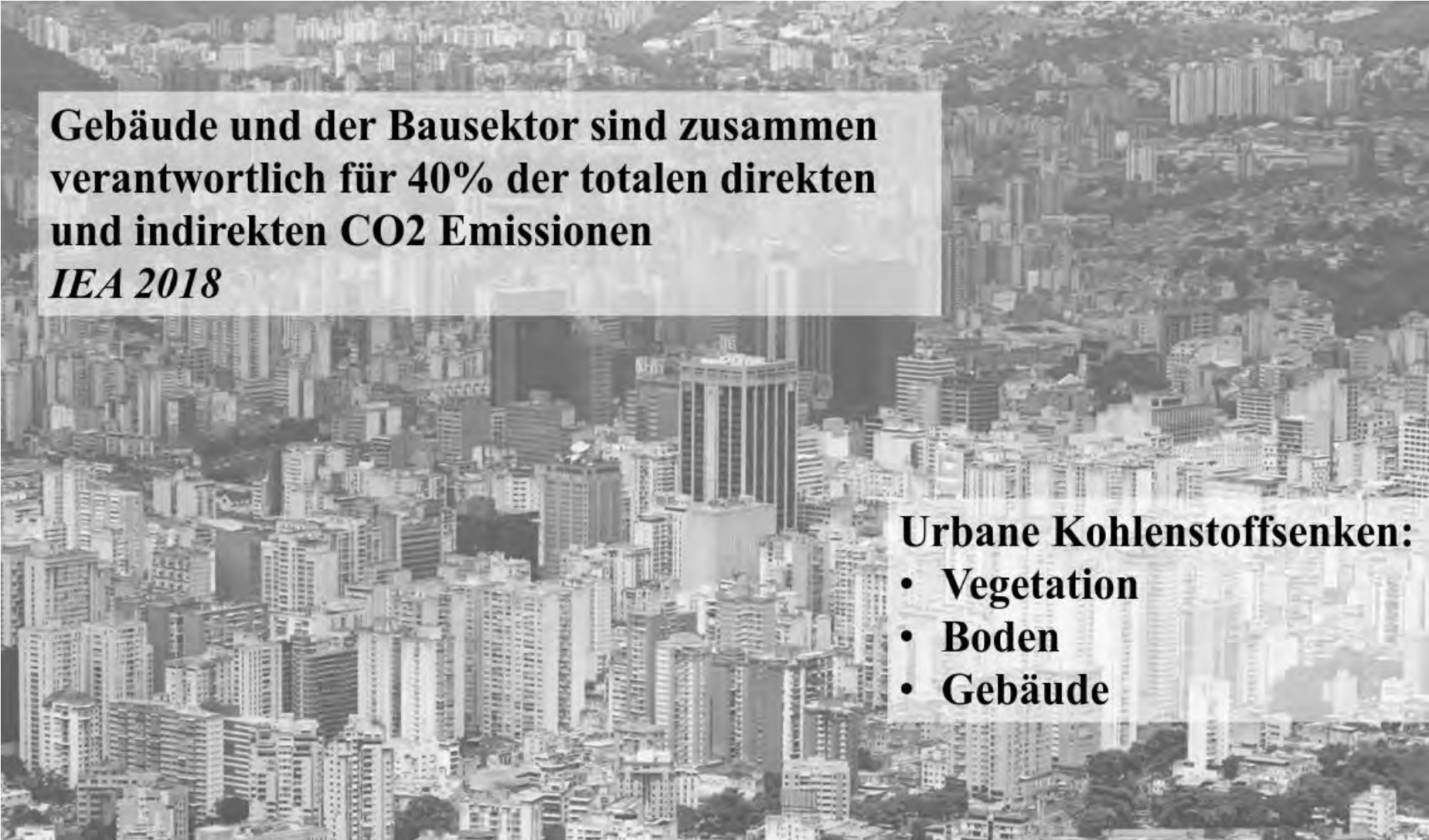
Am Beispiel des Neubau Rathaus Aldingen in Holzbauweise werden die Möglichkeiten und die Herausforderungen an die Holzbauweise bei größeren Bauvorhaben hinsichtlich der Konstruktion, der Bauphysik (Wärme- und Schallschutz, Raumakustik) sowie der Integration der Haustechnik und des Brandschutzes detailliert vorgestellt. Im Anschluss erfolgt ein Ausblick auf die Möglichkeiten der Holz-Stroh-Lehmbauweise für mehrgeschossige Gebäude und die bauphysikalischen Besonderheiten.





# Holzbau aktuell – Konstruktion und Bauphysik

Dipl.-Ing. (FH) Heiko Fischer, Ingenieurbüro ebök Tübingen



**Gebäude und der Bausektor sind zusammen  
verantwortlich für 40% der totalen direkten  
und indirekten CO2 Emissionen**

*IEA 2018*

**Urbane Kohlenstoffsenken:**

- **Vegetation**
- **Boden**
- **Gebäude**

Quelle: Prof. Schellnhuber , Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)



## Unsichtbare Kosten: Bauwesen und Beton



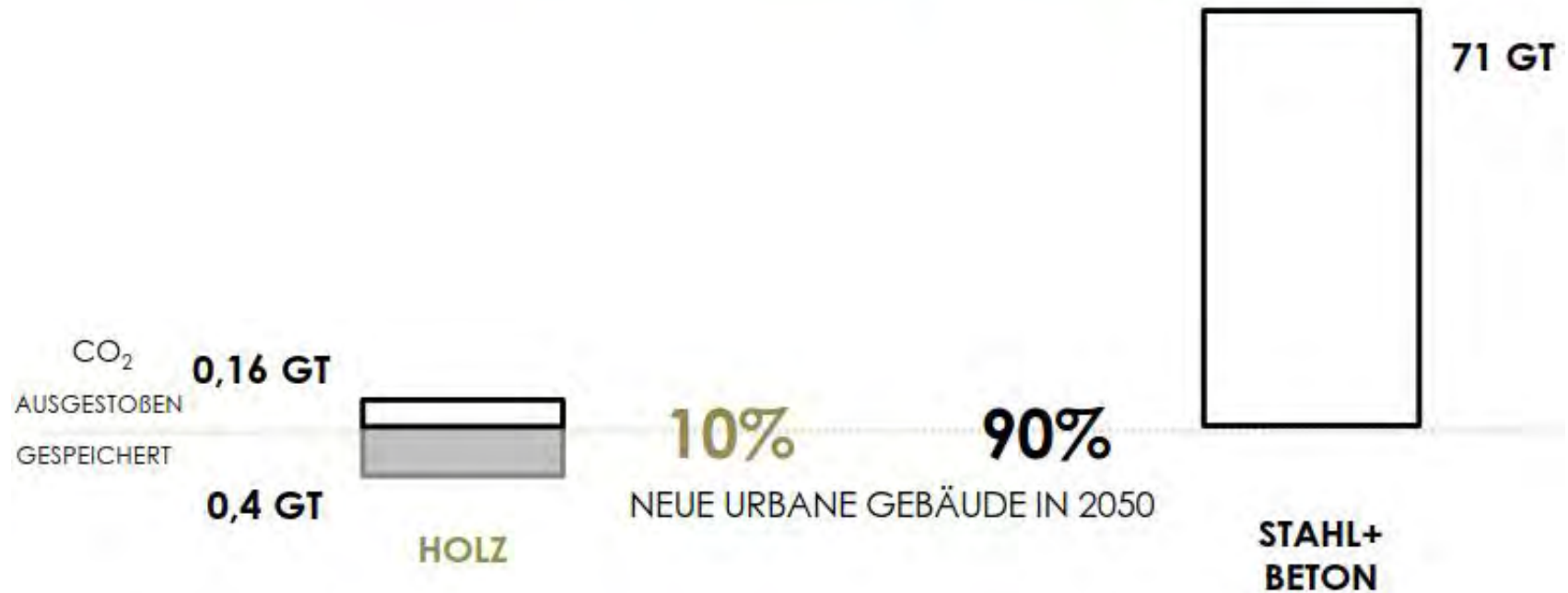
© Omar Chathwala/Flickr

- Das globale Bauwesen wird bis 2050 so viel neue Infrastruktur benötigen wie bereits seit 1850 errichtet wurde.
- Dadurch wird der größte Teil des CO<sub>2</sub> Budgets (1.5°C) aufgebraucht, wenn konventionelle Materialien wie Beton verwendet werden.
- Allein in China wurde zwischen 2008 und 2010 so viel Beton verbaut, wie im gesamten 20. Jahrhundert in den USA

→ Klimaschutz wird in den Städten entschieden.

Quelle: Prof. Schellnhuber , Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

## Gebäude als globale Kohlenstoffsenke

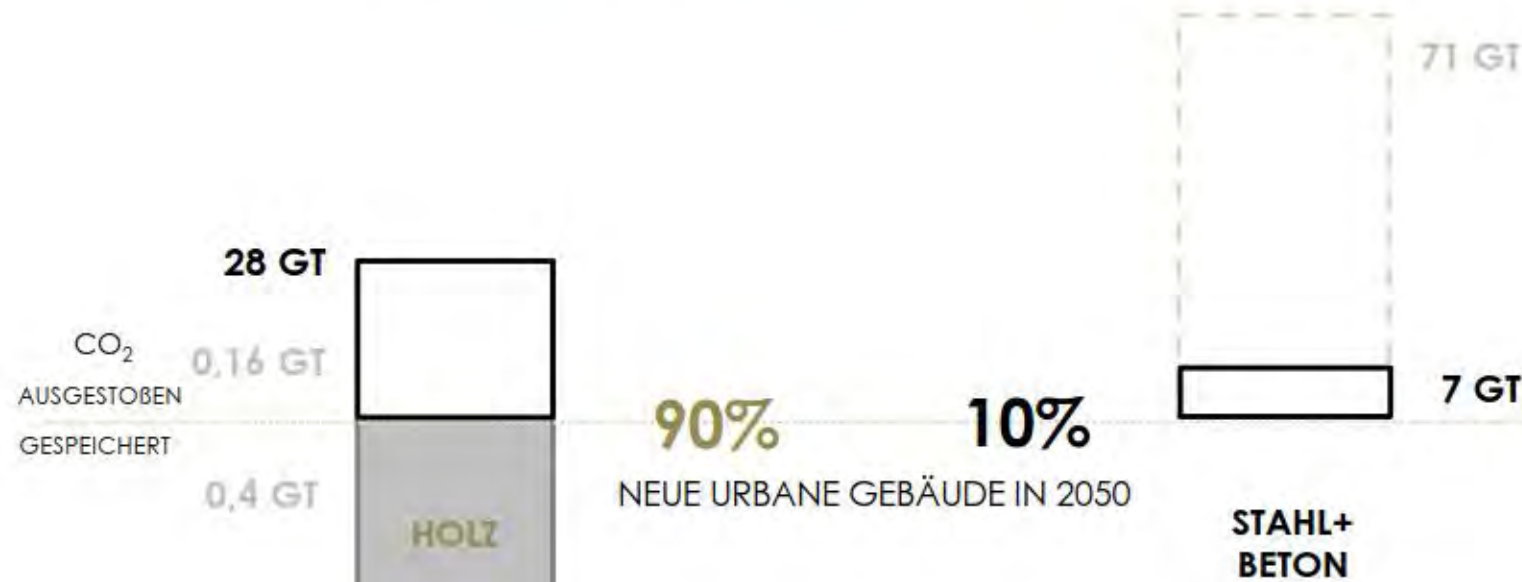


aktuelle Situation (weltweit), mineralbasierte Bauweise, Freisetzung großer Mengen CO<sub>2</sub>

Quelle: Prof. Schellnhuber , Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)



## Gebäude als globale Kohlenstoffsенke



dauerhafte CO<sub>2</sub>-Speicherung in fest verbauten, nachwachsenden Rohstoffen

- weltweit genügend Biomasse vorhanden, auch dauerhaft (bei nachhaltiger Bewirtschaftung)
- Reduktion mittl. Anstieg Globaltemperatur um bis zu 0,4 K möglich, verzögerter Eintritt Klimafolgen und ggf. Vermeidung der Erreichung kritischer Kippunkte möglich

Quelle: Prof. Schellnhuber , Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

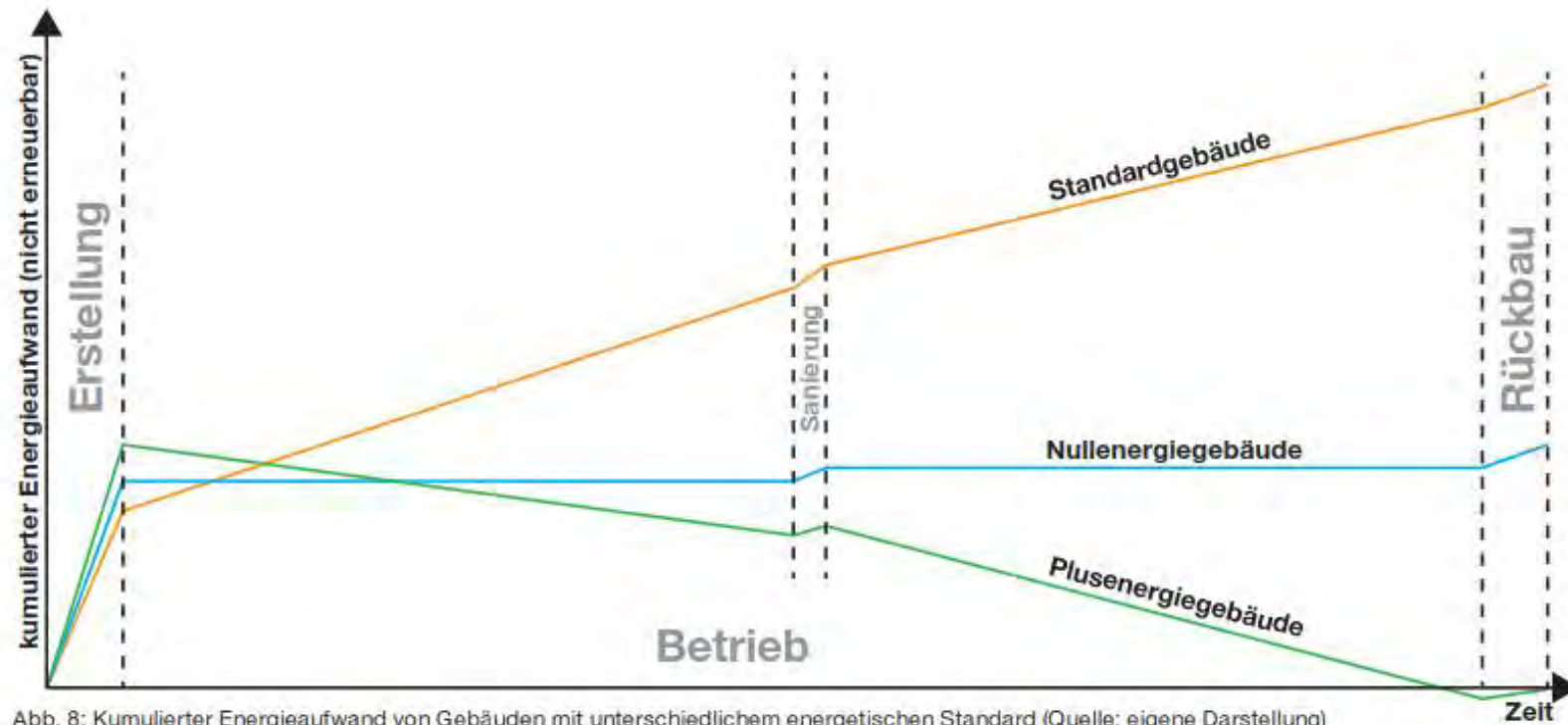


Abb. 8: Kumulierter Energieaufwand von Gebäuden mit unterschiedlichem energetischen Standard (Quelle: eigene Darstellung)

- Wärmeschutz der Außenbauteile wesentlich für Energiebedarf während gesamter Nutzungsphase
- bei effizienter Energieerzeugung und Rückgewinnung im Gebäude Energiebedarf für Herstellung, Sanierung und Rückbau Gebäude hauptsächlich für nichterneuerbaren Energieaufwand
- je besser die Energieeffizienz des Gebäudes, desto höher der Anteil des Energiebedarfs während der Bauphase → Verschiebung Schwerpunkt der energetischen Betrachtung von Nutzungsphase hin zu Bau-/Erstellungsphase  
→ sorgfältige Planung rechnet sich 😊



zum Vergleich: Rathaus Bestand  
(fast ein Wertstofflager...)

Neubau Rathaus Aldingen  
Ansicht Innenhof / Westfassade Büro/ Gewerbetrakt und  
Nordfassade Sitzungssaal / Bürgerbüros  
Architektur: BJW Broghammer Jana Wohlleber Architekten BDA,  
78658 Zimmern ob Rottweil  
Tragwerk: merz kley partner GmbH, A-6850 Dornbirn





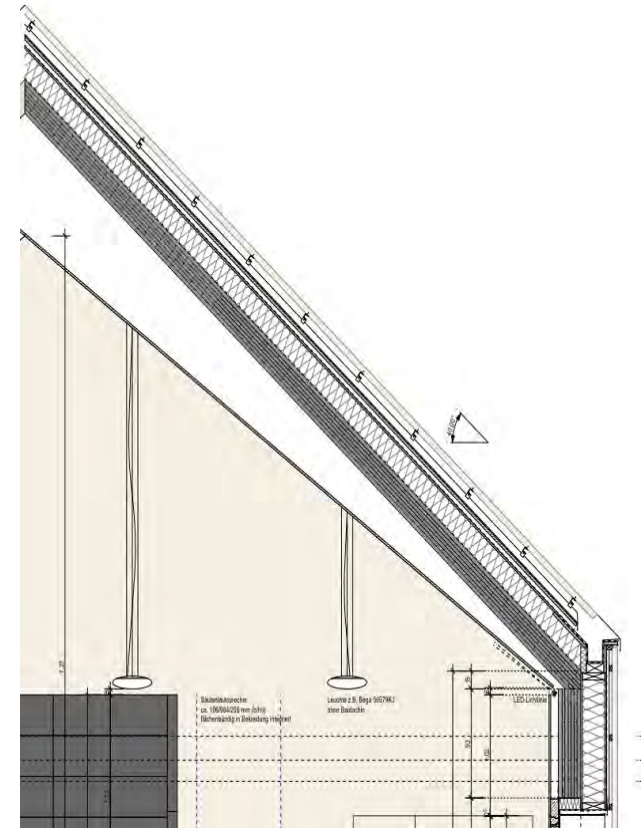


Zum Vergleich:  
Rathaus Bestand



Ansicht Innenhof mit Westfassade Büro/ Gewerbetrakt und Nordfassade Sitzungssaal / Bürgerbüros

Architektur: BJW Broghammer Jana Wohlleber Architekten BDA,  
78658 Zimmern ob Rottweil  
Tragwerk: merz kley partner GmbH, A-6850 Dornbirn



Großer Sitzungssaal:

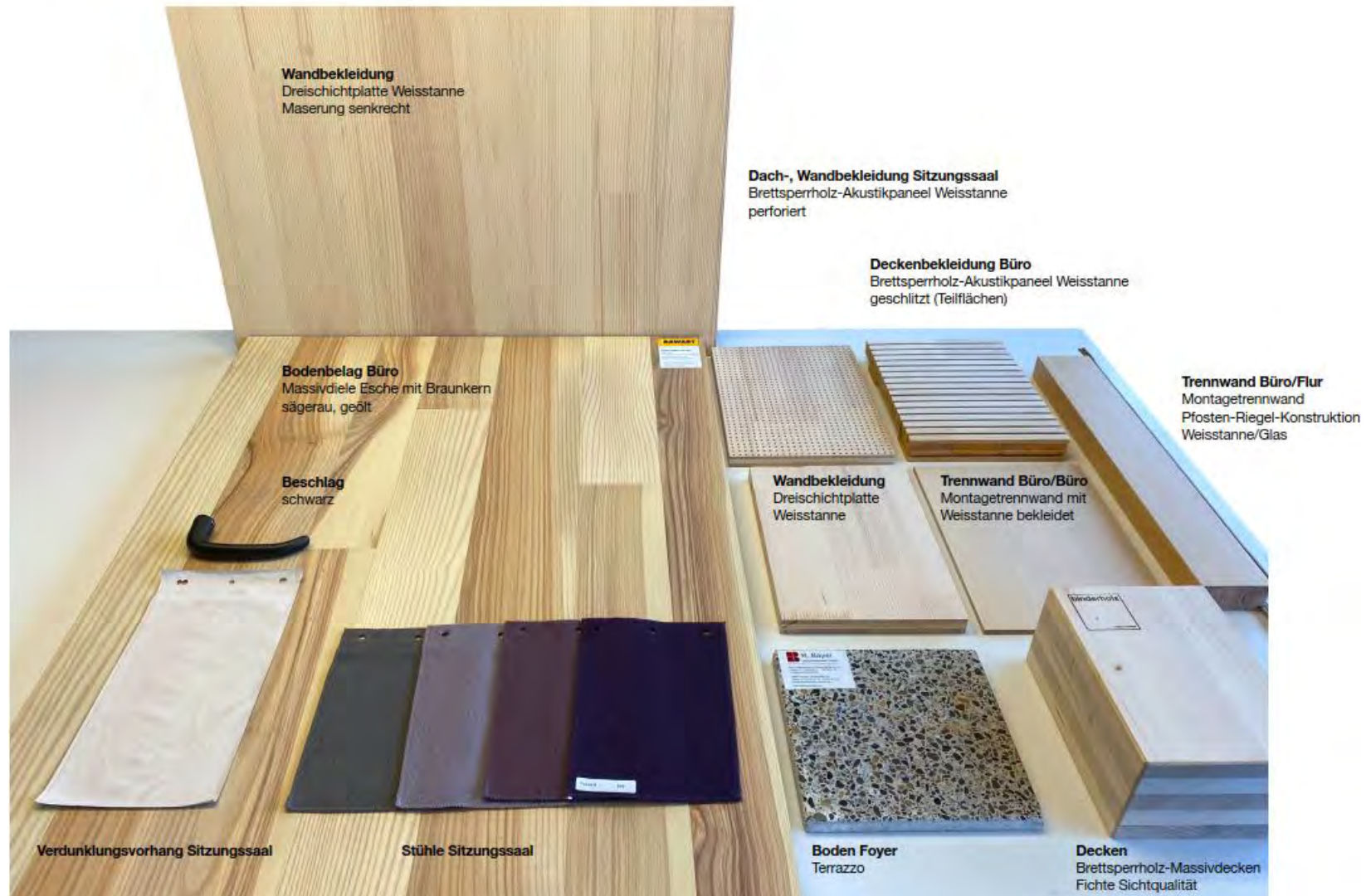
Bodenbelag : Massivholz-Dielen aus Eschenholz auf Heizestrich (FBH)

Wandbekleidung: MDF-Platten mit Weisstanne-Furnier (MDF wegen Brandschutz erforderlich )

Deckenbekleidung : Weisstanneleisten auf Fuge / mikroperforiert, Hohlraum schallabsorbierend (Raumakustik)

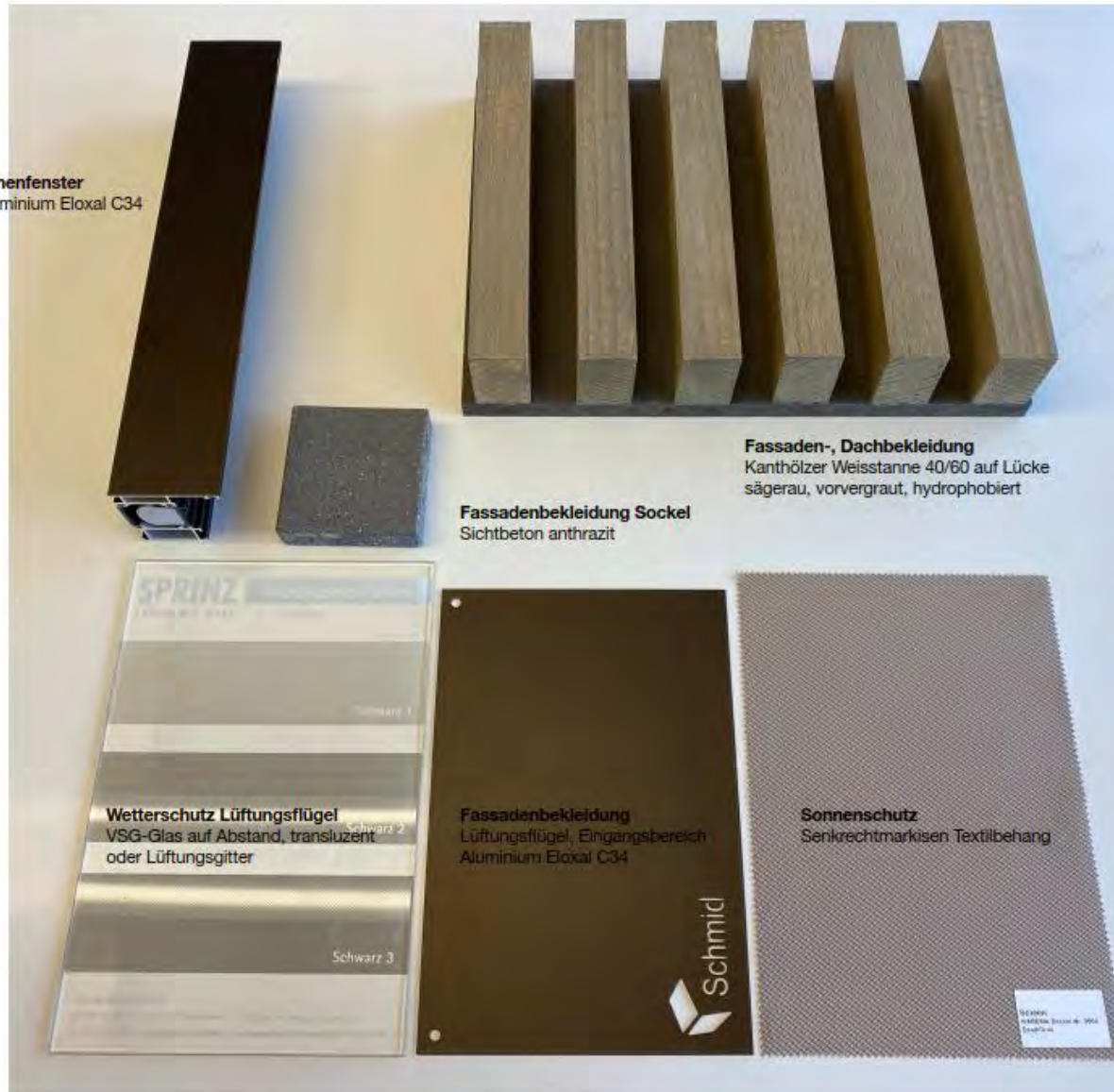


MATERIAL INNEN



MATERIAL AUSSEN

**Holz-Alu-Rahmenfenster**  
Deckschale Aluminium Eloxal C34



**Fassaden-, Dachbekleidung**  
Kanthölzer Weisstanne 40/60 auf Lücke  
sägerau, vorvergraut, hydrophobiert

**Fassadenbekleidung Sockel**  
Sichtbeton anthrazit

**Wetterschutz Lüftungsfügel**  
VSG-Glas auf Abstand, transluzent  
oder Lüftungsgitter

**Fassadenbekleidung**  
Lüftungsfügel, Eingangsbereich  
Aluminium Eloxal C34

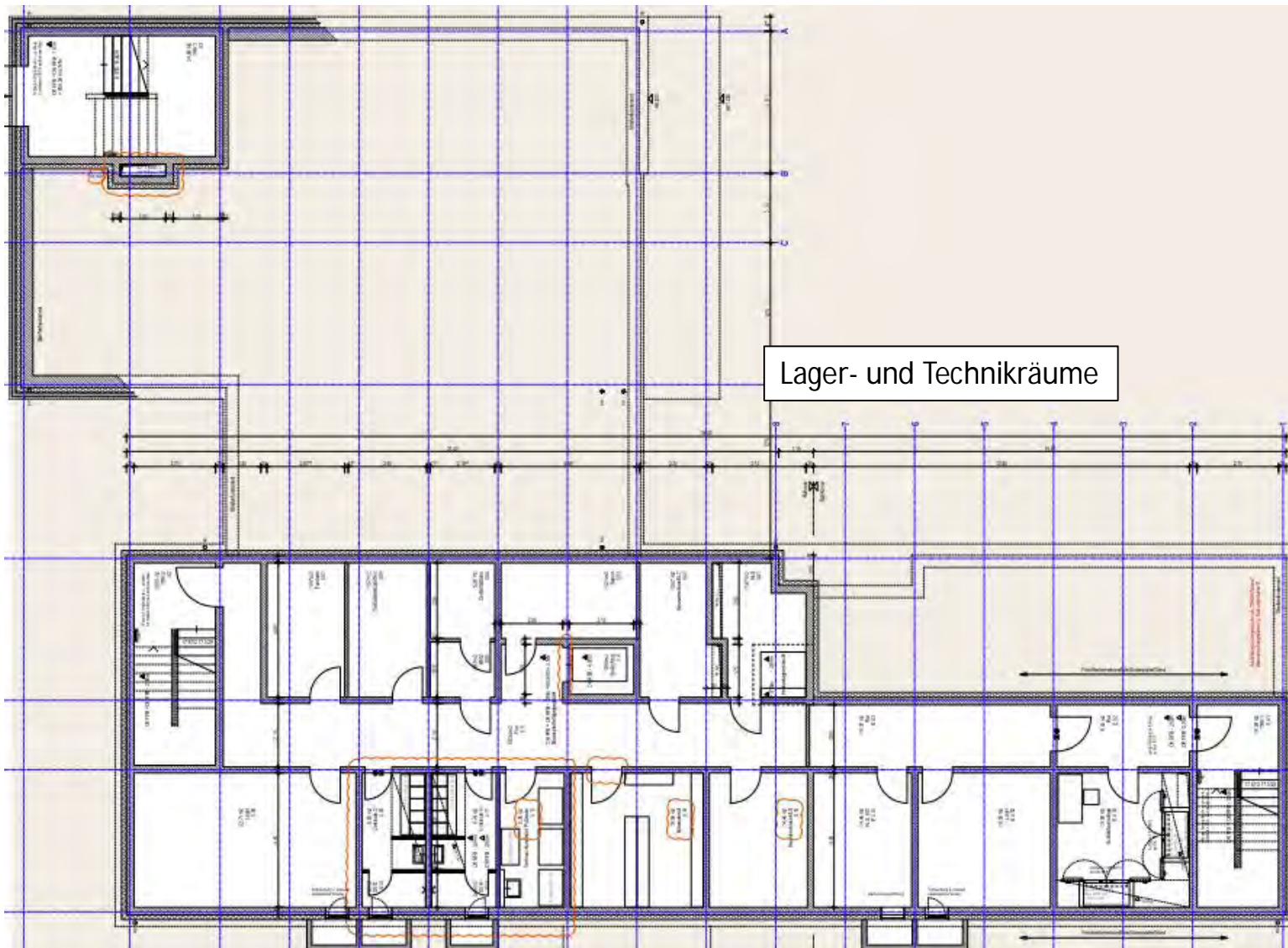
**Sonnenschutz**  
Senkrechtmarkisen Textilbehang





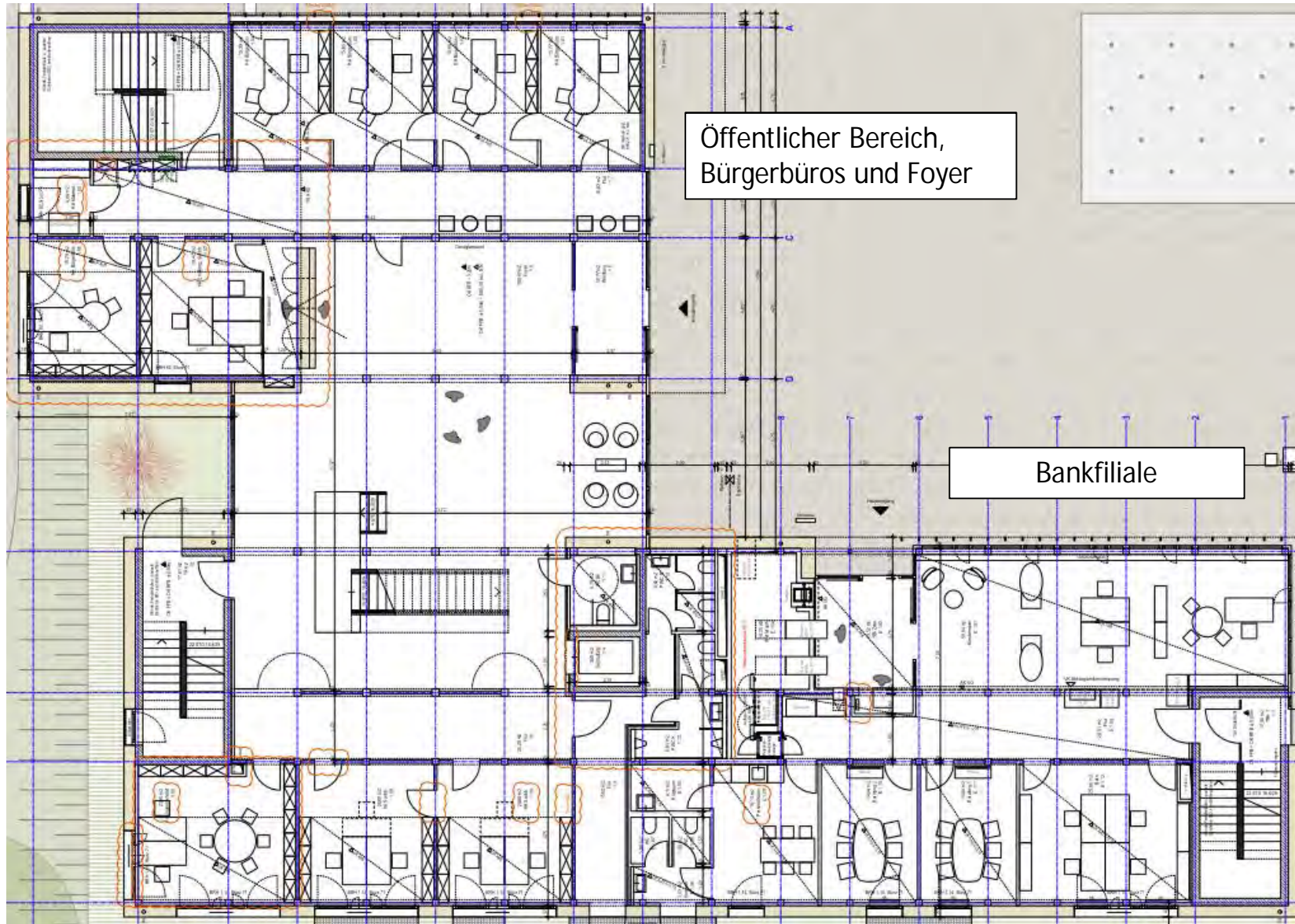
Lageplan Bestand / Abriss (gelb) – Neubauten

→ Abriss manchmal unumgänglich

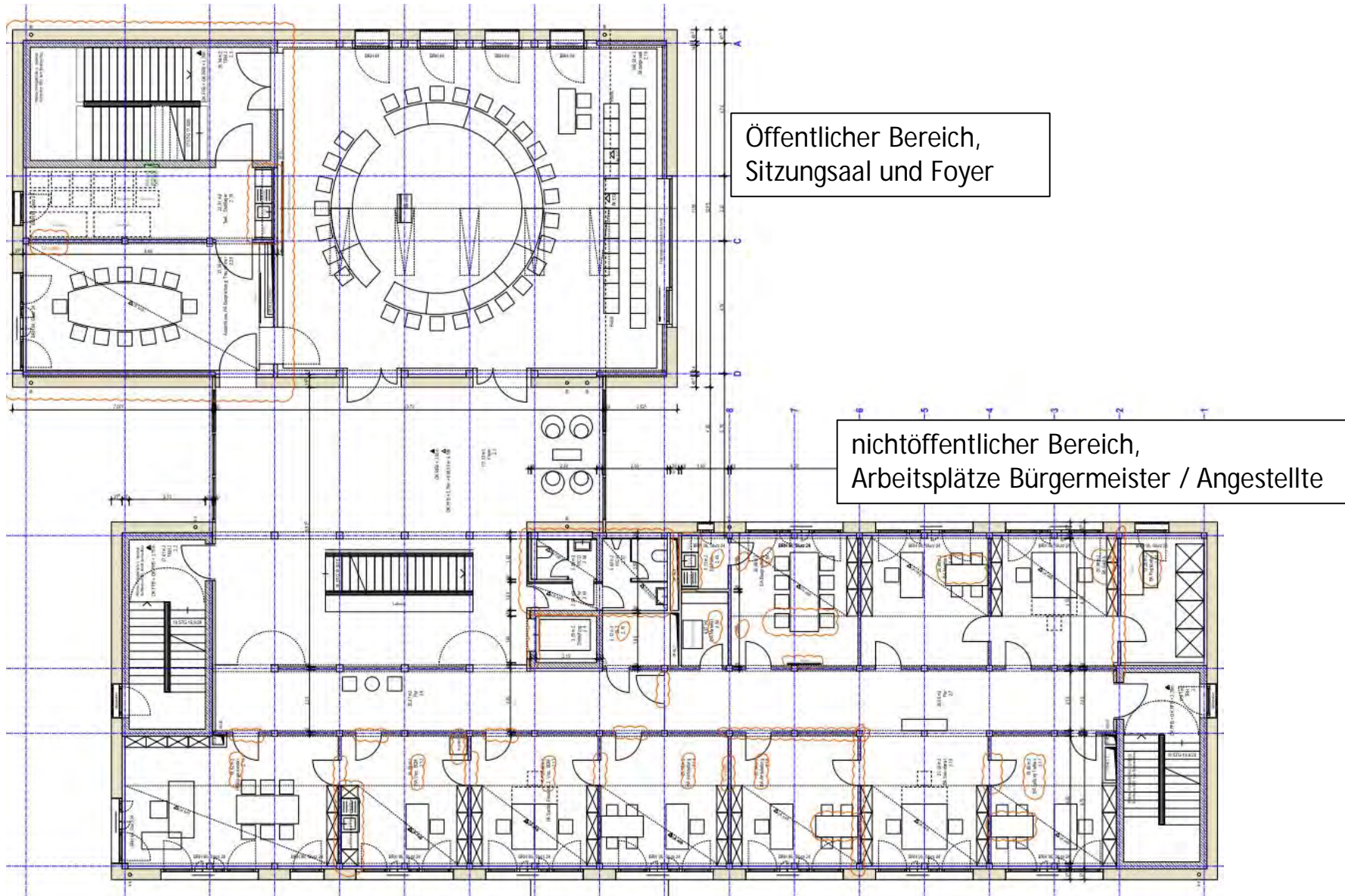


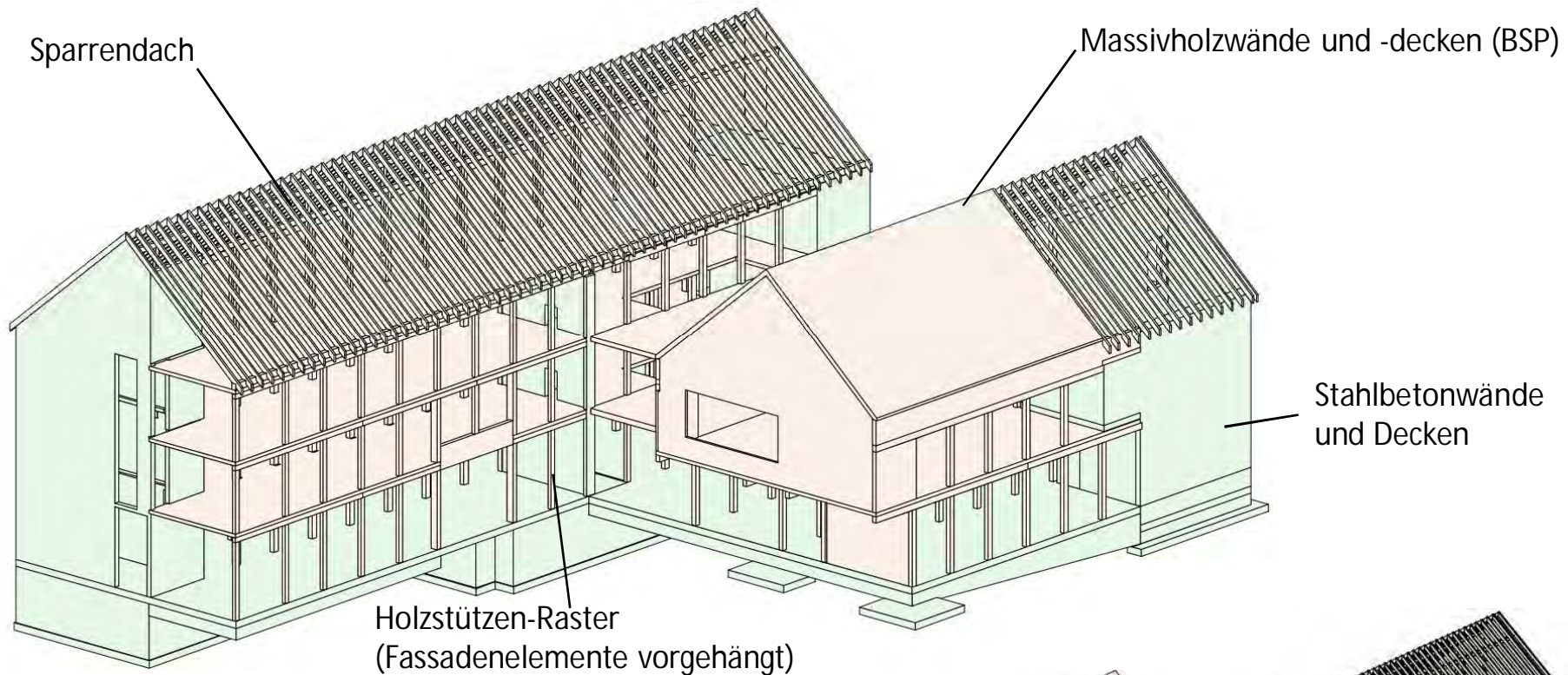
Lager- und Technikräume





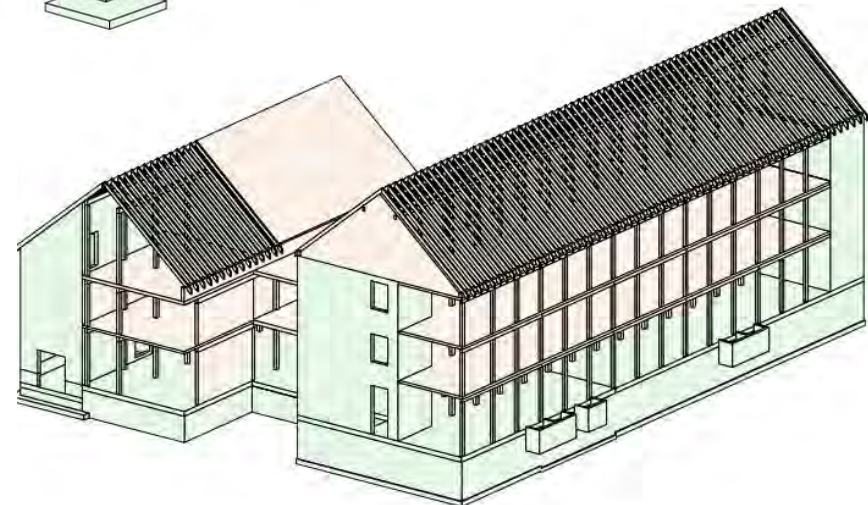






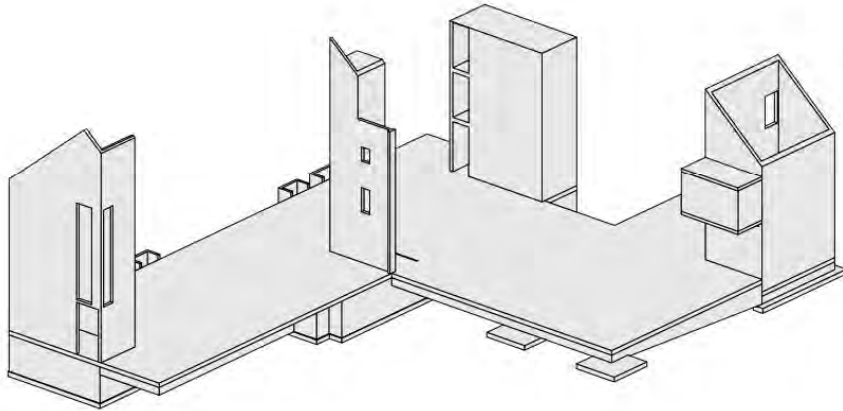
Ansicht Nord-West Bürofassade / Gewerbetrakt und Sitzungssaal / Bürgerbüros

Ansicht Süd-Ost

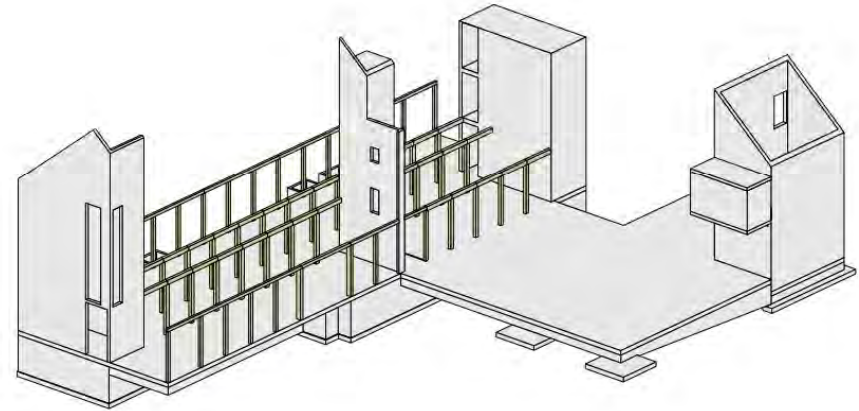


Tragwerk: merz kley partner GmbH, A-6850 Dornbirn

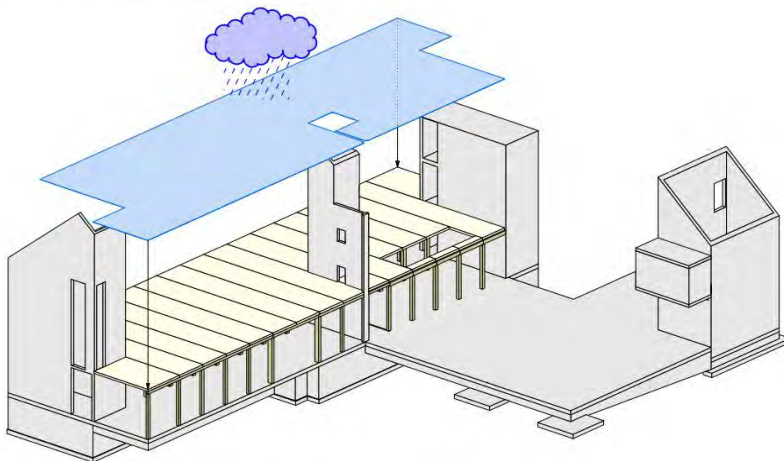




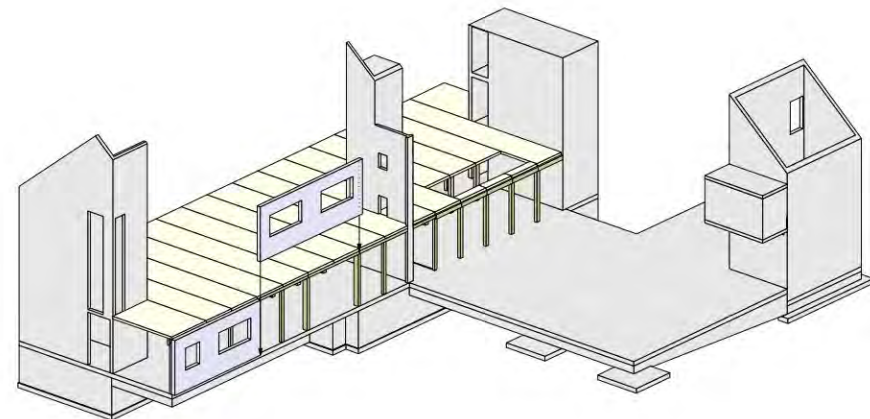
1. Stahlbeton fertig



2. Stützen und Unterzüge vorelementiert



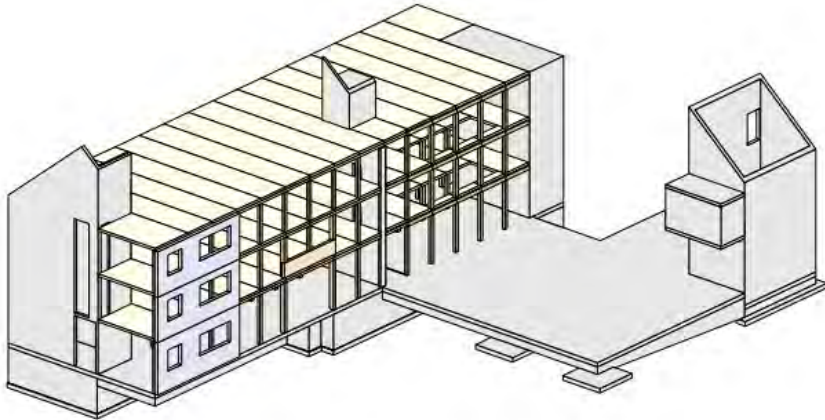
3. BSP-Deckenelemente und temporärer Witterungsschutz



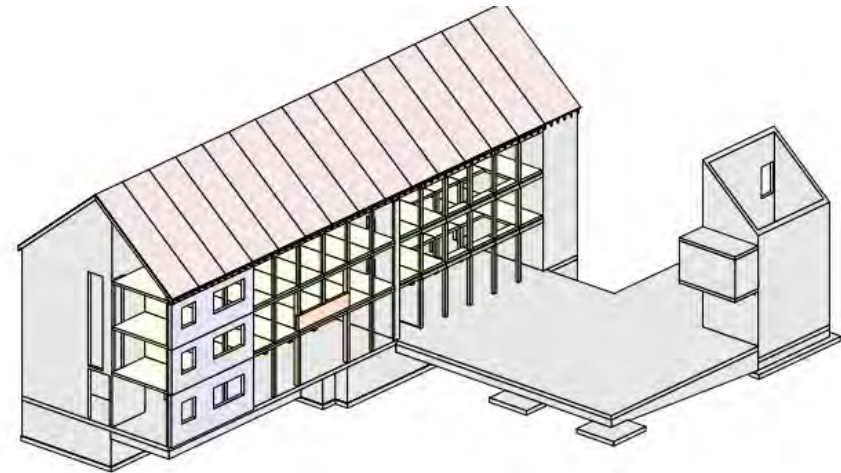
4. ggf. bereits Verglasung als Gebäudehülle

Tragwerk: merz kley partner GmbH, A-6850 Dornbirn

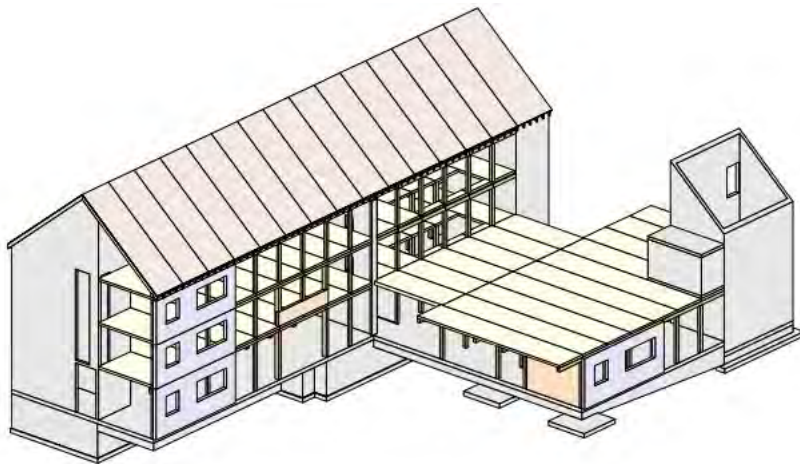
## Montageablauf Stahlbeton - Holzbau



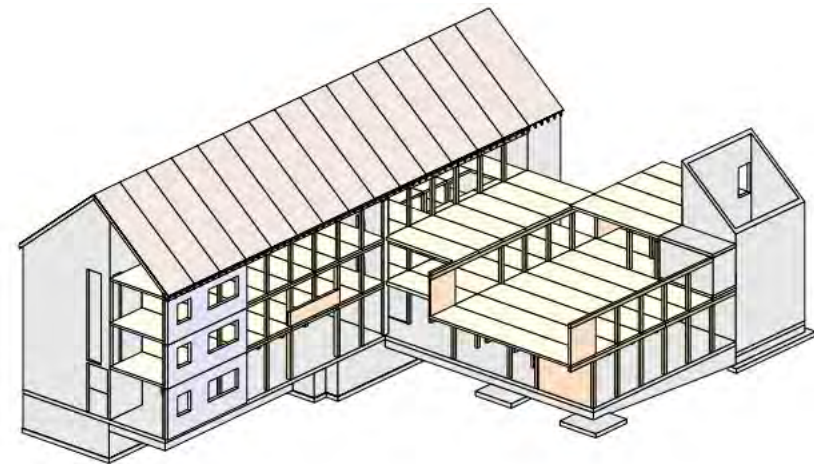
5. Gleiche Vorgehensweise weitere Geschosse



6. Dachelemente, Gebäudehülle fertig



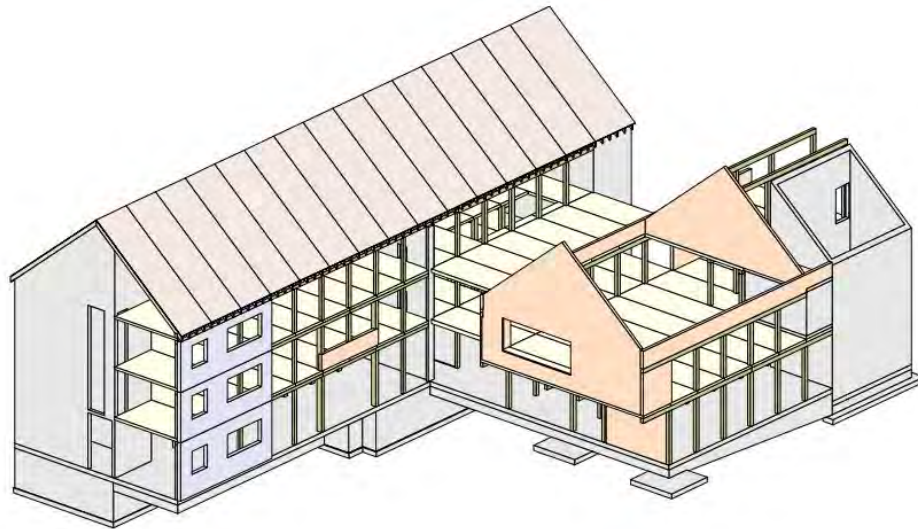
7. EG zweite Gebäudehälfte, weiteres Vorgehen wie bisher



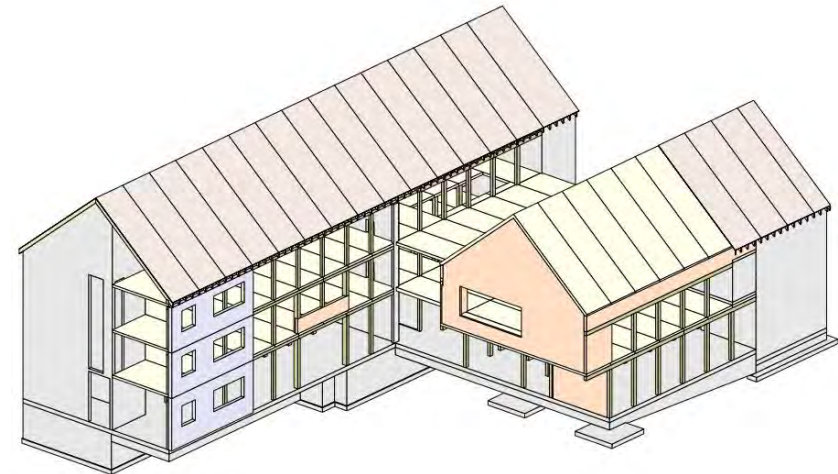
8. 1. OG

Tragwerk: merz kley partner GmbH, A-6850 Dornbirn



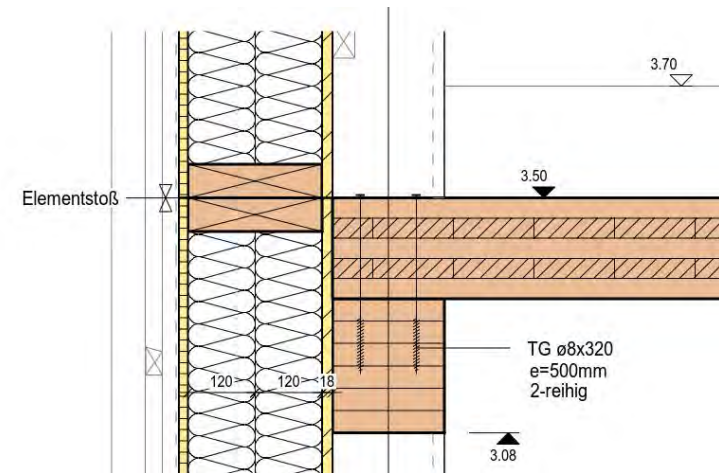
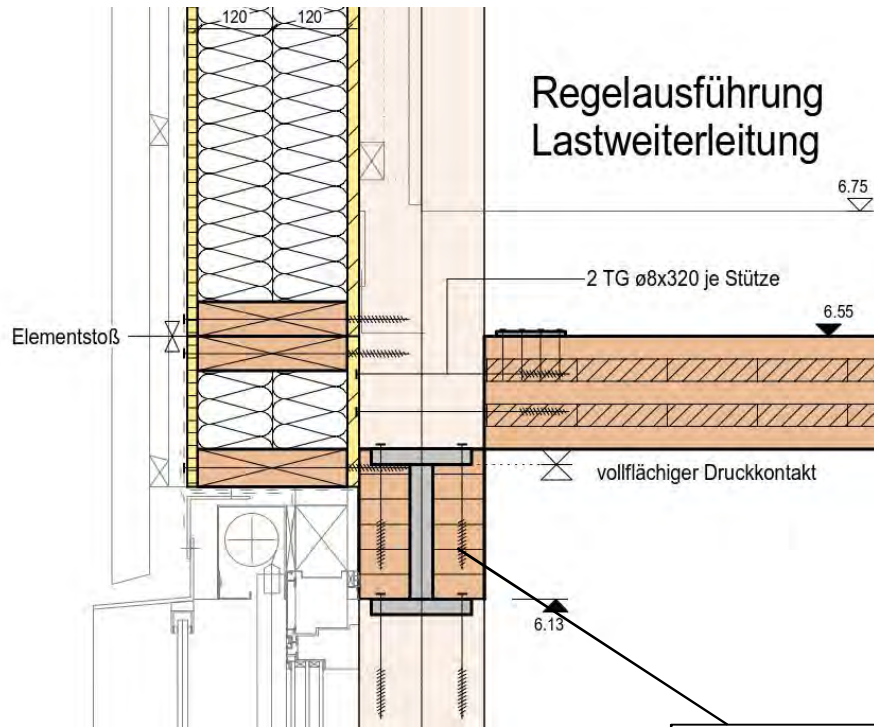


9. Dachgeschoss



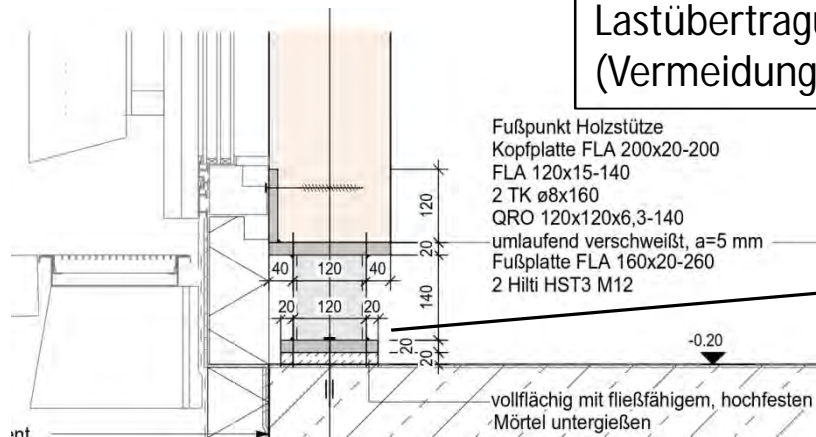
10. Dachelemente

- kurze Bauzeit durch hohe Vorfertigung der Decken- und Dachelemente sowie Wandelemente (Fassade incl. Fenster und teilweise Innenwände)
- Gebäude in kurzer Zeit dicht, konsequenter Witterungsschutz während Montage Holzbauteile



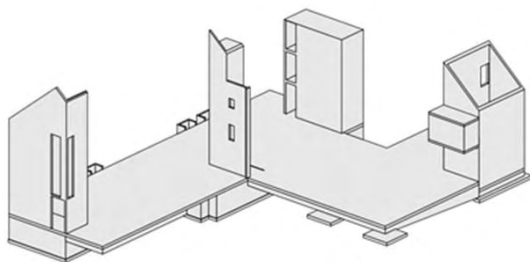
Auflager Geschossdecke auf Längsträger, Ausschnitt an Tragstütze

Lastübertragung durch Stahl-Fertigteile (Vermeidung Querpressung Decke)



Lastübertragung / Feuchteschutz Fußpunkt durch Stahl-Fertigteile



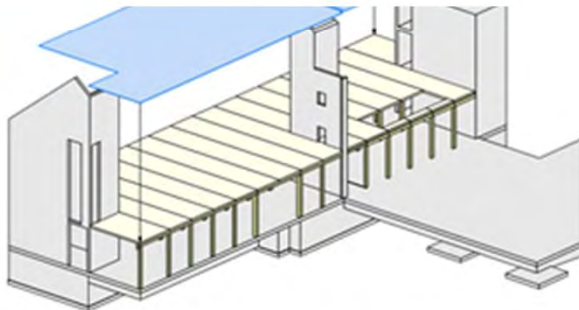


1. Stahlbeton fertig



Massivbau steht, Holzbau in Vorfertigung





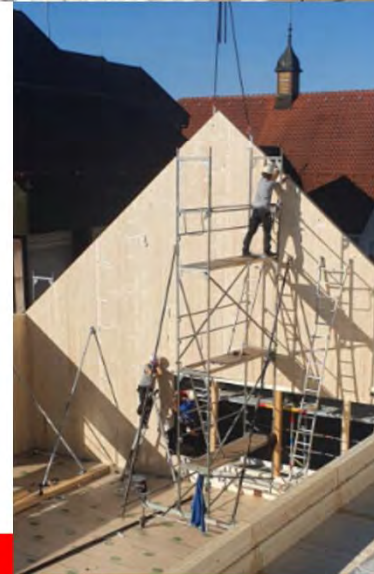
3. BSP-Deckenelemente und temporärer Witterungsschutz





Konstruktion Decke / Außenwand mit Zuluftöffnungen (veränderte Optik im Laufe der Bauzeit)





Maßfertigung im  
Holzbau, Massivholz-  
Wandscheiben

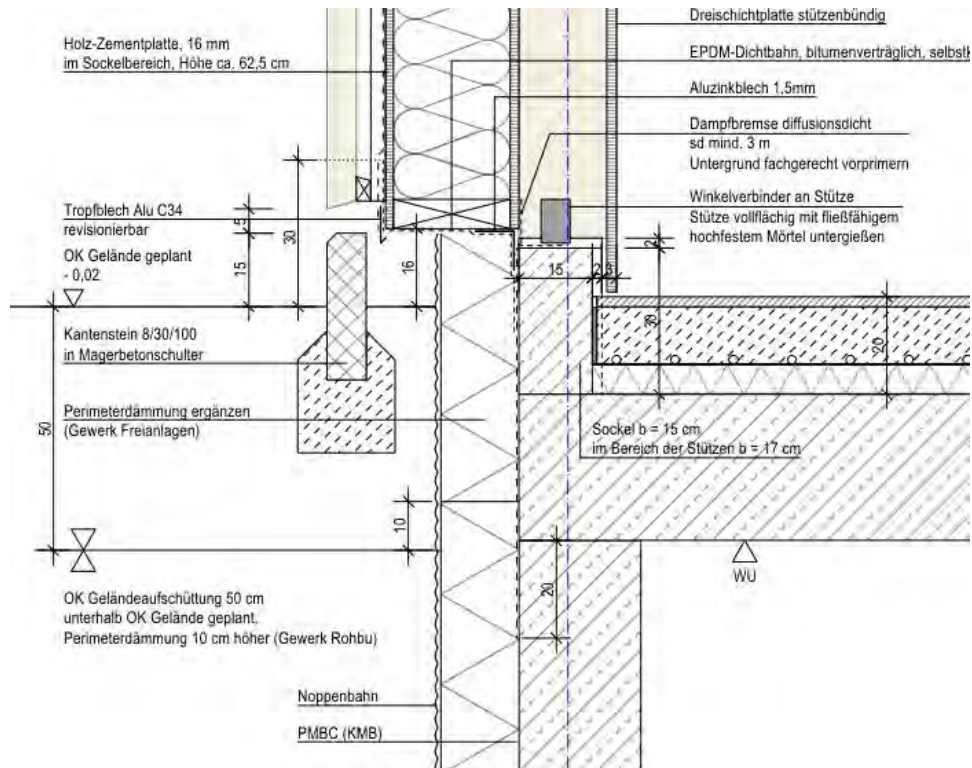




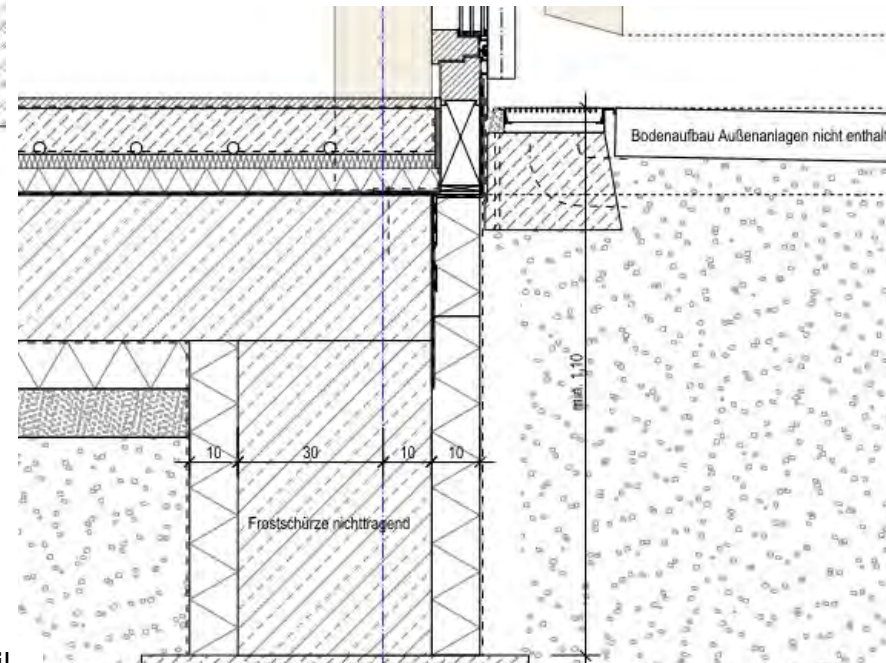
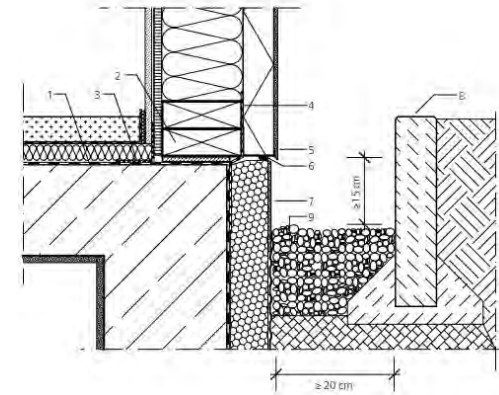
Bilder Dachmontage



10. Dachelemente



Sockelausführung mit Einstufung der Schwelle in GK 0 (siehe Detail 8.1.2)



## Planung Sockel / Fußpunkte

Architektur : BJW Broghammer Jana Wohlleber, 78568 Zimmern o. Rottweil

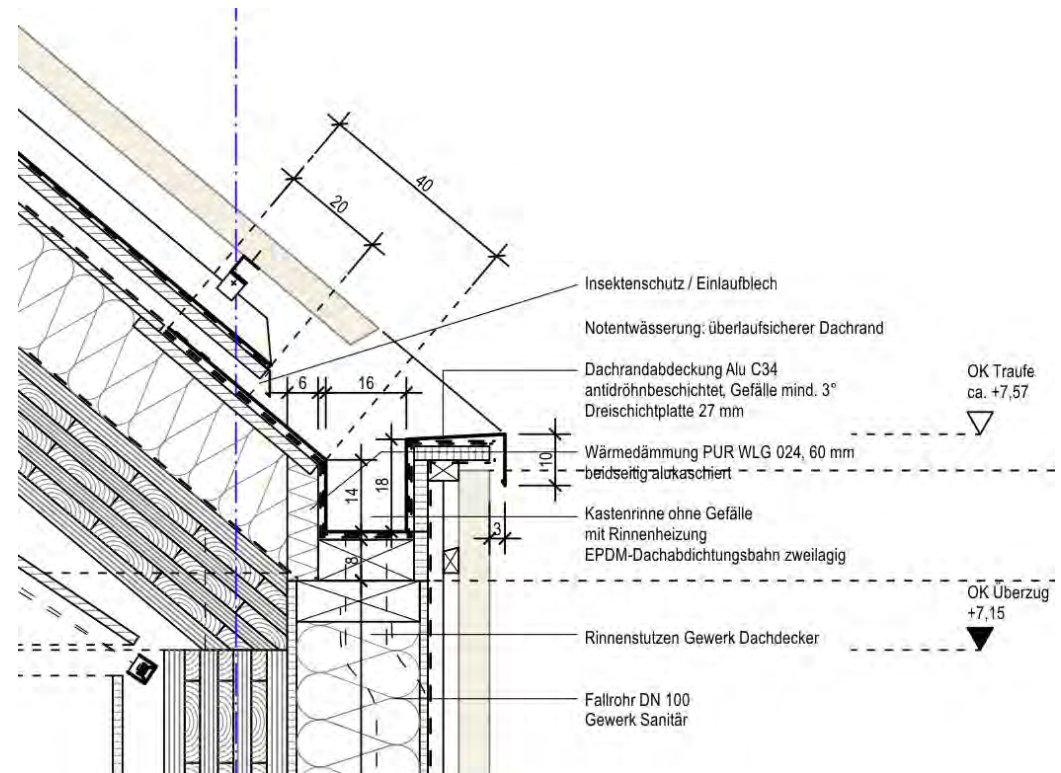
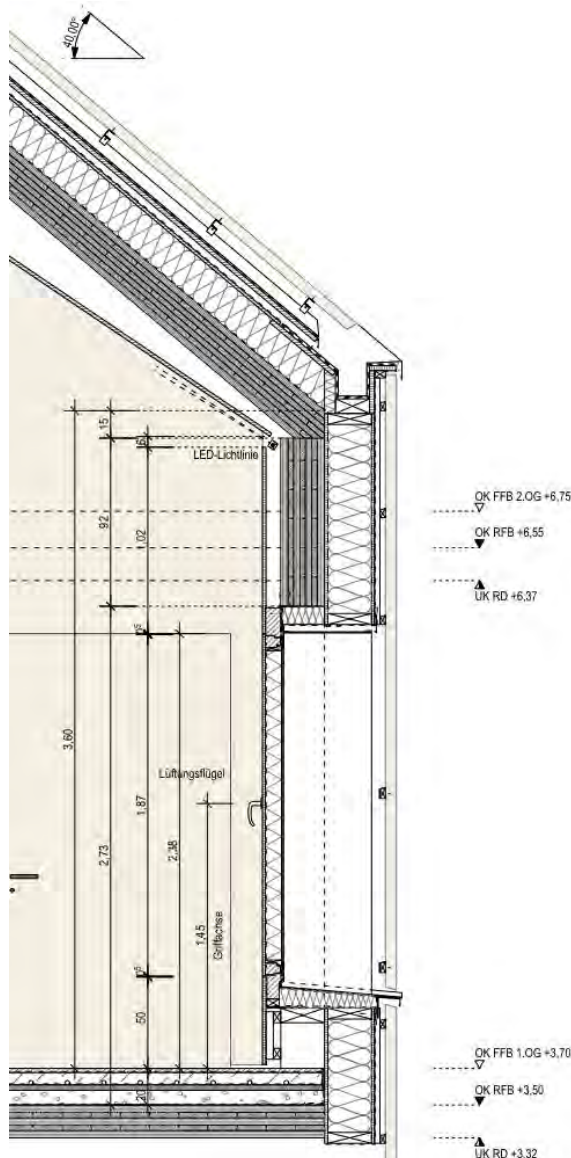




Unterer Abschluss:  
Betonsockel oder  
Stahlprofile



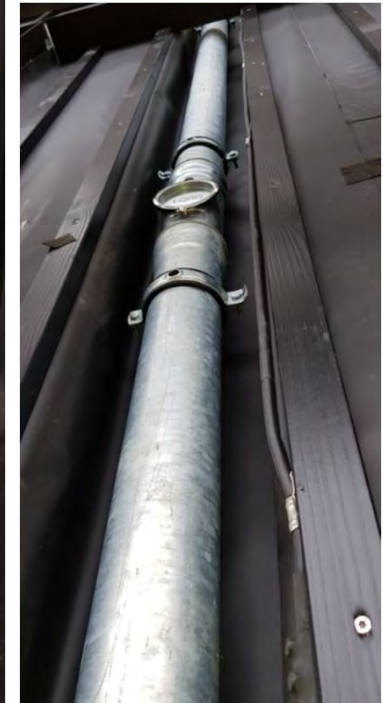
Fenster: temporäre Abdichtung Bauzeit,  
2. Abdichtungsbene unter Sims



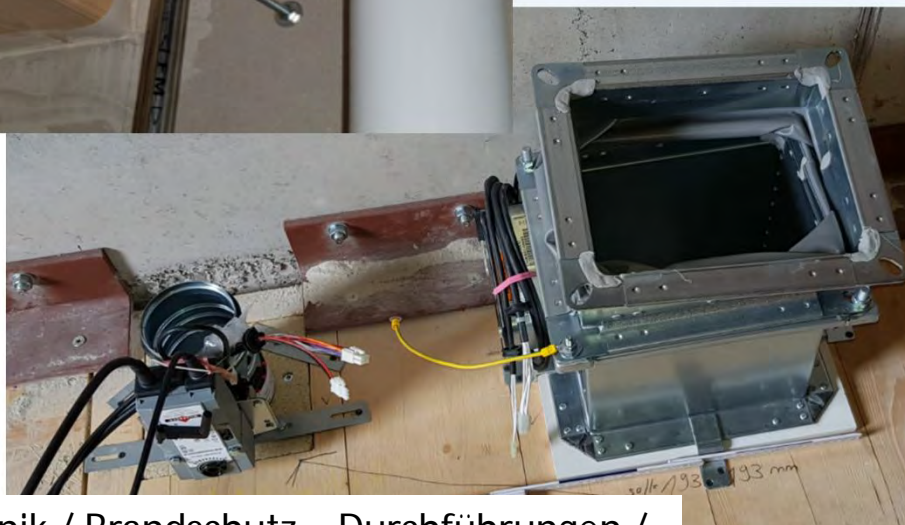
- Fassadenschnitt Sitzungssaal / innenliegende Rinne
- konsequente Abdichtung unterhalb Rinne bis VK Fassade , Abdichtung hinter Fall-Leitung RW
  - Abdichtung 40cm in Dachschräge (bei Schnee / Eisbildung in Rinne, Rückstau RW)
  - Regelmäßige Wartung Rinne wichtig

Architektur : BJW Broghammer Jana Wohlleber, 78568 Zimmern o. Rottweil



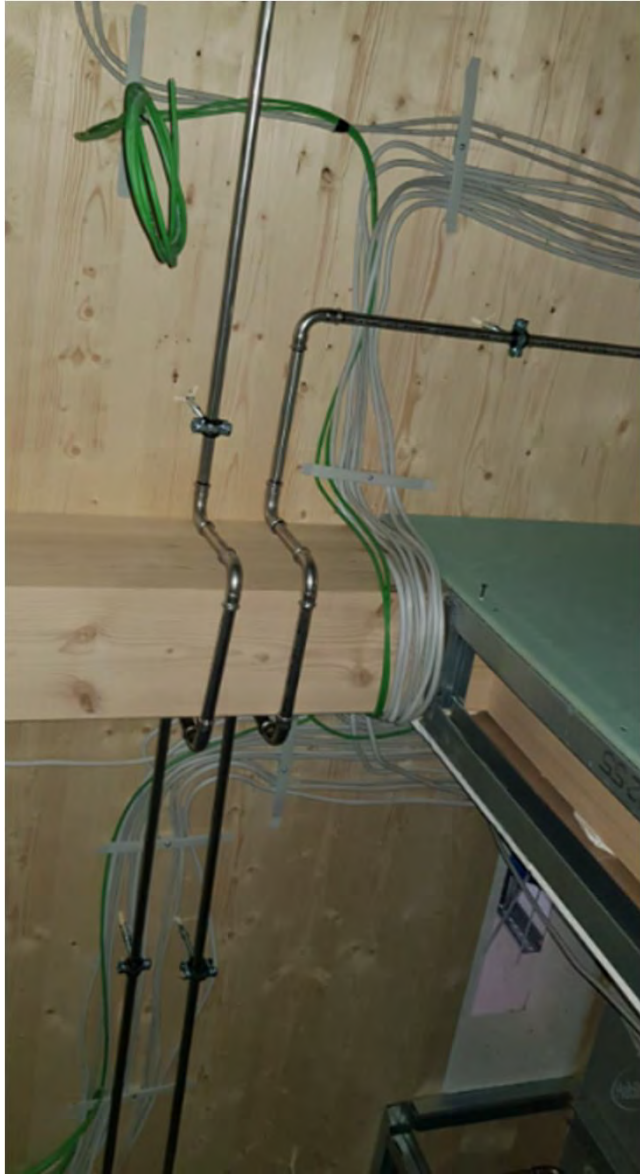


Schutz gegen Wasser – temporär während Bauzeit und nach Fertigstellung , Schmutz- und Regenwasser



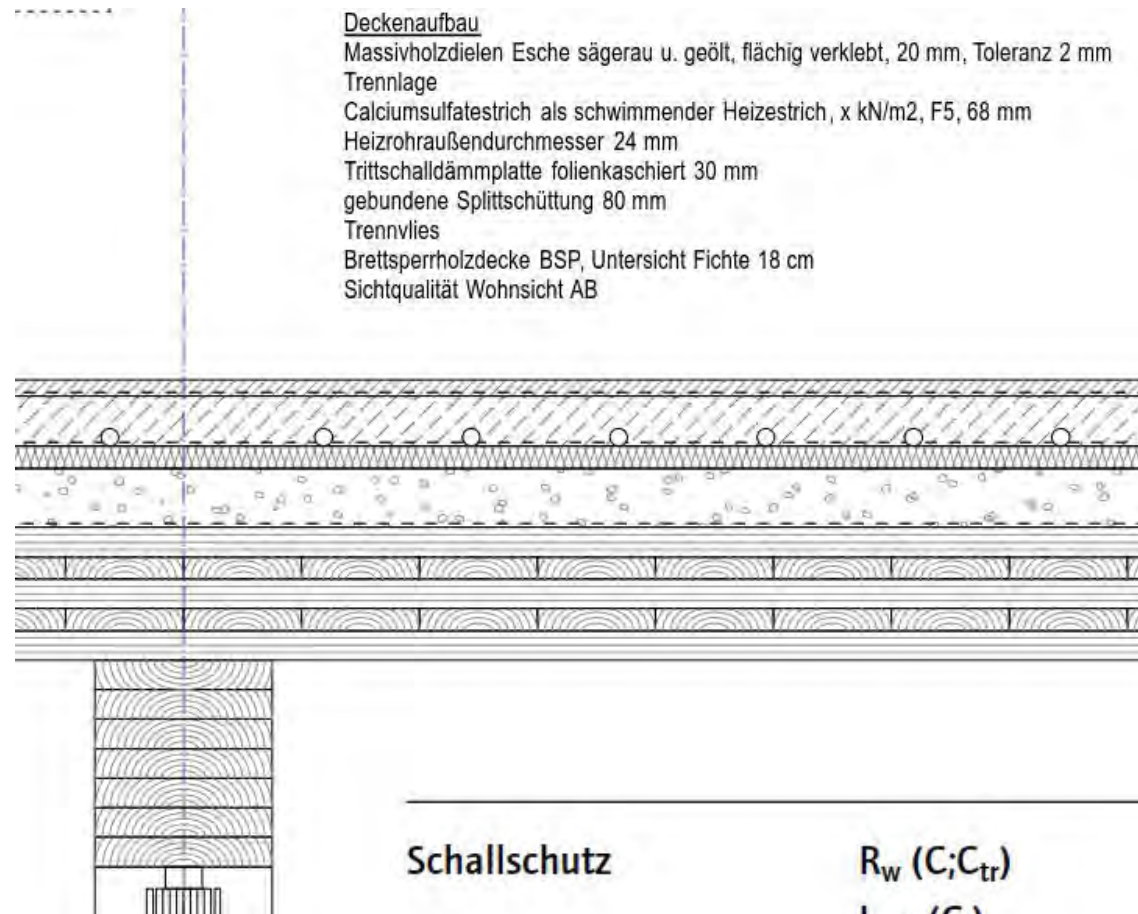
Haustechnik / Brandschutz – Durchführungen /  
Verschluss Ringspalte





Haustechnik folgt Holzbau ... klappt nicht auf allen Baustellen wie gedacht → Leitungskreuzungen vermeiden durch Vorplanung

...Bodenaufbau und Schallschutz - Theorie



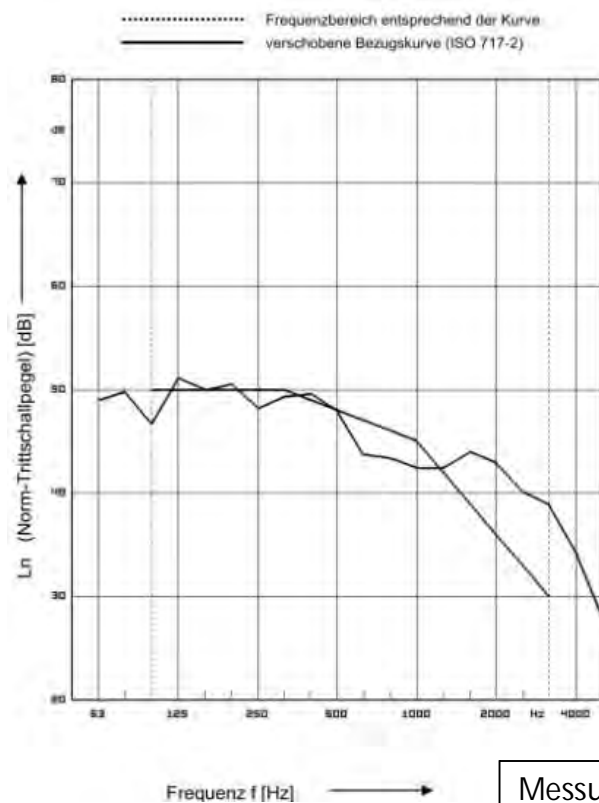
Deckenaufbau  
 Massivholzdielen Esche sägerau u. geölt, flächig verklebt, 20 mm, Toleranz 2 mm  
 Trennlage  
 Calciumsulfatestrich als schwimmender Heizestrich, x kN/m<sup>2</sup>, F5, 68 mm  
 Heizrohraußendurchmesser 24 mm  
 Trittschalldämmplatte folienkaschiert 30 mm  
 gebundene Splittschüttung 80 mm  
 Trennvlies  
 Brettsper Holzdecke BSP, Untersicht Fichte 18 cm  
 Sichtqualität Wohnsicht AB

<b>Schallschutz</b>	$R_w (C_i; C_{tr})$	73(-2;-8) dB
	$L_{n,w} (C_i)$	46(-1)

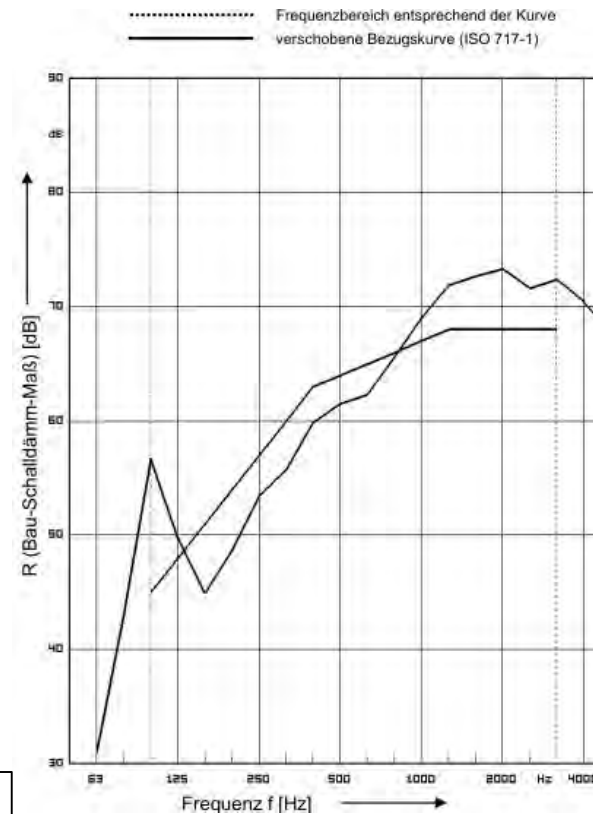
Beurteilung durch Müller-BBM

Trittschallmessung:  $L_{n,w} (C_1) = 47 (-2)$  dB  
 Zementestrich (FBH)  
 Tackerplatte FBH  
 40mm Steinwolle EPS 1  
 80mm gebundene Schüttung  
 140mm BSP-Decke  
 flankierende Wände entkoppelt aufgestellt

Luftschallmessung:  $R'_w (C; C_{tr}) = 64 (-2;-6)$  dB  
 Zementestrich (FBH)  
 Tackerplatte FBH  
 40mm Steinwolle EPS 1  
 80mm gebundene Schüttung  
 140mm BSP-Decke  
 flankierende Wände entkoppelt aufgestellt



Messungen: ebök GmbH, Tübingen





Bodenaufbau – Bilder aus der Praxis....

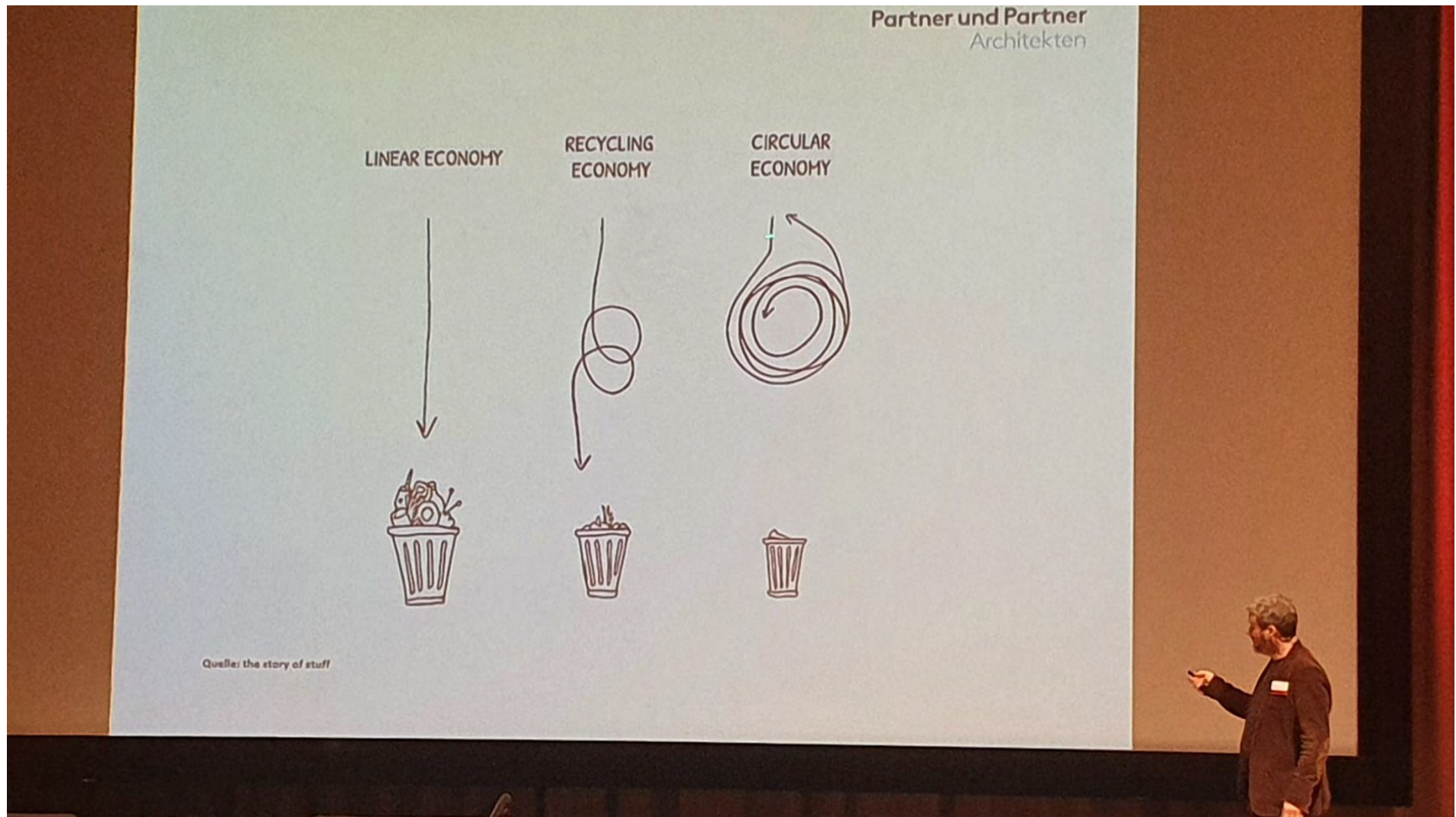


Für guten Schallschutz Leitungskreuzungen  
HLS / Elektro möglichst vermeiden

→ sorgfältige Planung (und Bauleitung)



Holzbautagung 29.4. 2022 Rosenheim



Vortrag von Architekt Jörg Finkbeiner – circular economy → ressourcen- und klimagerechte Architektur



Einbau zugfester Holzverbindungen (metallfrei), Pfosten / Deckenträger und Pfosten / Wandscheibe, Verbindungen leimfrei, prinzipiell wieder lösbar (Kraftaufwand erforderlich),

Lastabtragung über Pfosten / Träger aus Baubuche (hohe Tragfähigkeit durch Verleimung von Holzschichten (Multiplex), dadurch Verwendung von astigem Holz in Nicht-Sichtqualität möglich (sonst Papier-/Brennholz))





zugfeste Holzverbindungen (metallfrei)  
Deckenträger / Wandscheibe über  
Schwalbenschwanz-Verbinder, konisch gefräst für  
Zugfestigkeit, Einbau von oben und Sicherung über  
Holz-Stabdübel



Befestigung Pfosten in Deckenträger über  
Holzschwert + Stabdübel aus Hartholz

collegium academicum Heidelberg





Holz- Stroh-Lehmbauweise – Aufrichten eines vorgefertigten Gebäudes  
Zimmerei Grünspecht, Freiburg





Wandaufbauten (Raumseite)  
Strohballendämmung, auf Maß vorgefertigt nach  
Wand-Abbundplan Zimmerei, Dämmstärke 36cm  
Holzständer aus Stammware, kein KVH



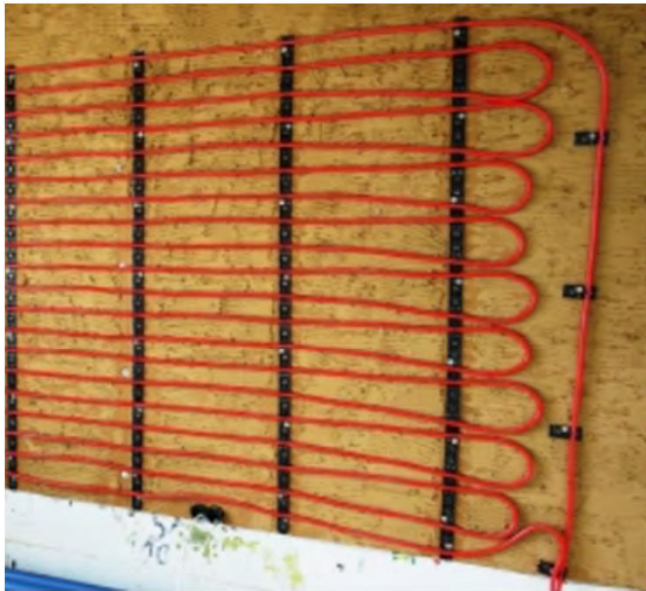
Innenoberfläche aus Lehmputz direkt  
auf Strohballen(Naturfarbe oder  
Färbung mit Farbpigmenten möglich),  
Putzarbeiten auf Baustelle, keine  
Vorfertigung wegen erhöhten  
Trocknungszeiten





Strohballen:  
Anlieferung – Einbau - Grundputz Lehm





## Integration Wandheizung

Lehmputz in mehreren Schichten mit Gewebeeinlage, verlängerte Trocknungszeiten gegenüber Standard-Innenputz sind zu beachten, gute Durchlüftung der Baustelle erforderlich





Ansichten Außen- und Innenseite  
während Bauphase







Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Viel Spaß und Mut bei der  
Umsetzung von Holzbauprojekten !

### **Änderungen DIN 4109-2: Berechnung Luft- und Trittschallschutz nun auch bei Hybridgebäuden**

Martin Schneider

Hochschule für Technik Stuttgart

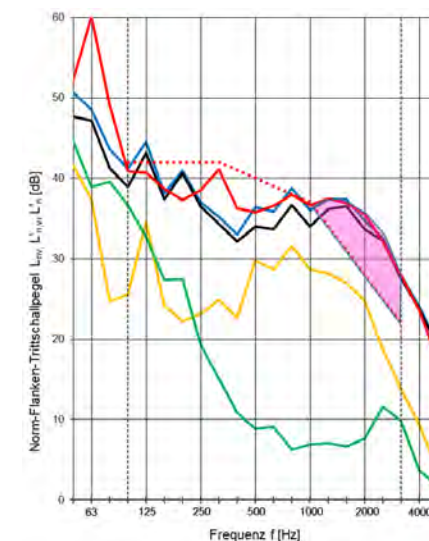
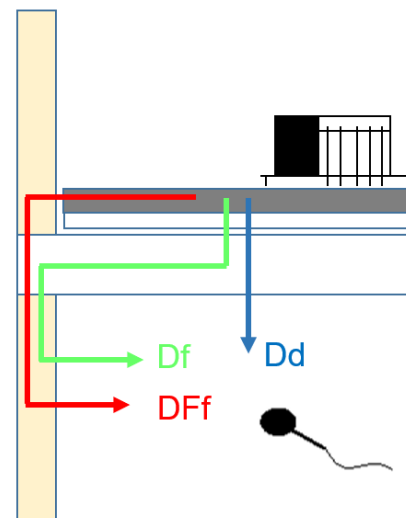
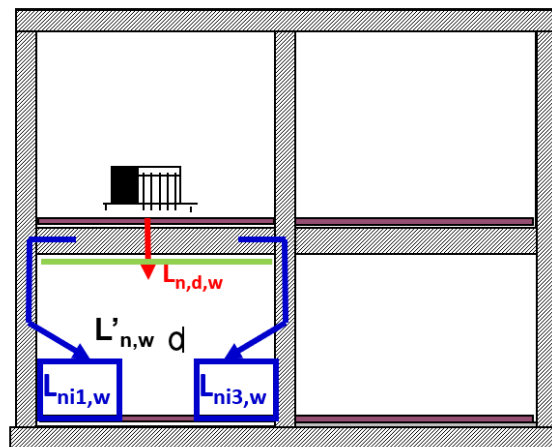
DIN 4109: Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen wurden 2016 veröffentlicht und wird derzeit überarbeitet. Besonders die Berechnung der flankierenden Trittschallübertragung soll sowohl im Massivbau als auch im Leichtbau neu geregelt werden. Für Hybridbauten (z.B. Stahlbetondecken mit Massivholzwänden) ergeben sich damit und in Verbindung mit zusätzlichen Daten im Bauteilkatalog neue Berechnungsmöglichkeiten.

# Änderungen DIN 4109 – 2 Berechnung Luft- und Trittschallschutz bei Hybridgebäuden?

Martin Schneider

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart

		Trittschall		
Trennbauteil	Massivdecke / schw. Estrich / Unterdecke	Decke Leichtbau / Balkenlage / mit schw. Estrich		
Direkte Trittschallübertragung	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.2 Massivbau	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.3 Leichtbau		
	$L_{n,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w$		$L_{n,w}$ aus DIN 4109-33, Abschnitt 4.3.1, Tabellen 15 bis 23	
Trittschallminderung	$\Delta L_w = \Delta L_{w,Leichtb} + \Delta R_{w,Unterdecke}/2$			
flankierendes Bauteil	Wände massiv	Wände Leichtbau / Metal oder HTW	Wände Massivholz (getrennt)	Wände massiv (durchlaufend, z.B. Treppenhauswand oder Altbau)
	Wände Leichtbau / Metal oder HTW	Wände Massivholz (getrennt)	Wände Leichtbau / Metal oder HTW	Wände Massivholz
Flankierende Trittschallübertragung	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.2 Massivbau			
	$L_{n,i,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w - (R_{i,w} - R_{e,w})/2$ $\Delta R_{i,w} = R_{i,w} - 10 \lg(S_i/l_i)$	$L_{n,i,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w$ $XX - 10 \lg(l_i/l_e)$ ?	$L_{n,i,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w - (R_{i,w} - R_{e,w})$ $\Delta R_{i,w} = R_{i,w} - 10 \lg(S_i/l_i)$	





# Motivation (Status DIN 4109)

**DIN 4109 regelt Schallschutz im Hochbau**

- **Schallschutz innerhalb der Gebäude (Luft-, Trittschall, Technische Anlagen, ...)**
- **Schallschutz gegenüber Außenlärm**

**DIN 4109 Reihe wurde 2016 neu veröffentlicht**

**zuständige Normausschuss**

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| • <b>DIN 4109-1: Mindestanforderungen</b>                | • <b>NA 005-55-74</b> |
| • <b>DIN 4109-2: Rechenverfahren</b>                     | • <b>NA 005-55-75</b> |
| • <b>DIN 4109-31, 32,...36: Bauteilkatalog</b>           | • <b>NA 005-55-75</b> |
| • <b>DIN 4109-4: Messtechnische Nachweise</b>            | • <b>NA 005-55-76</b> |
| • <b>DIN 4109-5: Erhöhte Anforderungen (August 2020)</b> | • <b>NA 005-55-74</b> |

- **NA 005-55-75: hat 4 Arbeitskreise:**

**AK1: Massivbau**

**AK3: Elemente**

**AK2: Leichtbau**

**AK4: gebäudetechnische Anlagen**

# Motivation (Zukunft DIN 4109)

## Überarbeitung DIN 4109

- Fehler und Unklarheiten beseitigen (Auslegungsanfragen)
- Höhe der Anforderungen überprüfen (z.B. Trittschall Holz-, Leichtbau)
- Bauteilkataloge überarbeiten und erweitern z.B. 4109-33
- Messtechnische Nachweise anpassen
- Außenlärm

## Änderungen in DIN 4109:

- DIN 4109-2: Rechenverfahren: Trittschall, Hybridbauten,...
- DIN 4109-33: Bauteilkatalog: Holz-, Leicht- und Trockenbau

## Zeitschiene

- Ende 2022: Erarbeitung von abgestimmten Arbeitspapieren
- Anfang / Mitte 2023: Neue Entwürfe für alle Teile der DIN 4109 Reihe

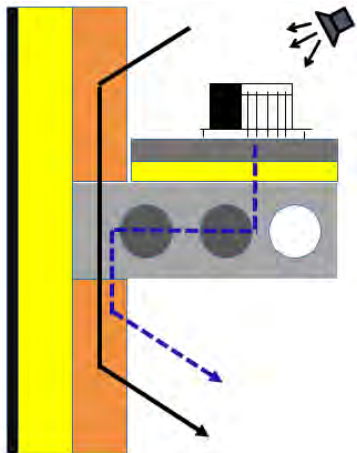
# Motivation (hybrid?)

## Hybridbauten

- **Bauten mit unterschiedlichen Baukonstruktionen:  
massiv - leicht  
Stahlbetondecken – Massivholzwände  
oder -Holzrahmenbauweise,  
Skelettbauweise, ...**

## Hybridbauteile

- **Bauteile aus unterschiedlichen Materialien:  
Holzbetonverbunddecke, ...**





# Inhalt

- 1. Motivation**
- 2. Anforderungen an den Schallschutz**
- 3. Neues Trittschallverfahren in DIN 4109-2**
  - Trittschallverfahren; bislang - neu**
  - Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau**
  - Trittschallverfahren bei zweischalige Haustrennwänden**
- 4. Übersicht zu den Berechnungsverfahren Luft- und Trittschall**
- 5. Hybridbau**
  - Beispiel MFH Stahlbetondecken mit Massivholzwänden**
  - Mess- und Rechenwerte für Luft- und Trittschalldämmung**
- 6. Zusammenfassung**

# Besonderheiten bei den Anforderungen für den Holzbau

## DIN 4109-1: 2018-01 „Mindestanforderungen“

Tabelle 2 — Anforderungen an die Schalldämmung in Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden und in gemischt genutzten Gebäuden

Zeile 2: Wohnungstrenndecken  $L'_{n,w} \leq 50^{a,b}$  dB

<sup>a</sup> Im Falle von baulichen Änderungen von vor 1. Juli 2016 fertiggestellten Gebäuden liegt die Anforderung bei  $L'_{n,w} \leq 53$  dB.

<sup>b</sup> Beim Neubau von Gebäuden mit **Deckenkonstruktionen, die DIN 4109-33**:2016-07, Schallschutz im Hochbau — Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Holz-, Leicht- und Trockenbau, zuzuordnen sind, liegt die Anforderung bei  $L'_{n,w} \leq 53$  dB.

## DIN 4109-5: 2020-08 „Erhöhte Anforderungen“

Tabelle 2 — Erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung in Mehrfamilienhäusern und in gemischt genutzten Gebäuden

Zeile 2: Wohnungstrenndecken  $L'_{n,w} \leq 45$  dB

# Inhalt

1. Motivation
2. Anforderungen an den Schallschutz
3. **Neues Trittschallverfahren in DIN 4109-2**  
**Trittschallverfahren; bislang - neu**  
**Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau**  
**Trittschallverfahren bei zweischalige Haustrennwänden**
4. Übersicht zu den Berechnungsverfahren Luft- und Trittschall
5. Hybridbau  
    Beispiel MFH Stahlbetondecken mit Massivholzwänden  
    Mess- und Rechenwerte für Luft- und Trittschalldämmung
6. Zusammenfassung



# Trittschallverfahren

## Massivbau:

$L_{n,eq,0,w}$  äquiv. bew. Trittschallpegel der Massivdecke

$\Delta L_w$  bew. Trittschallminderung

$K$  Korrekturwert Flankenübertragung  $K= 0...6$  dB

$K$  Korrekturwert Flankenübertragung  $K=-9...6$  dB

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K$$

## Beiblatt 1 zu DIN 4109

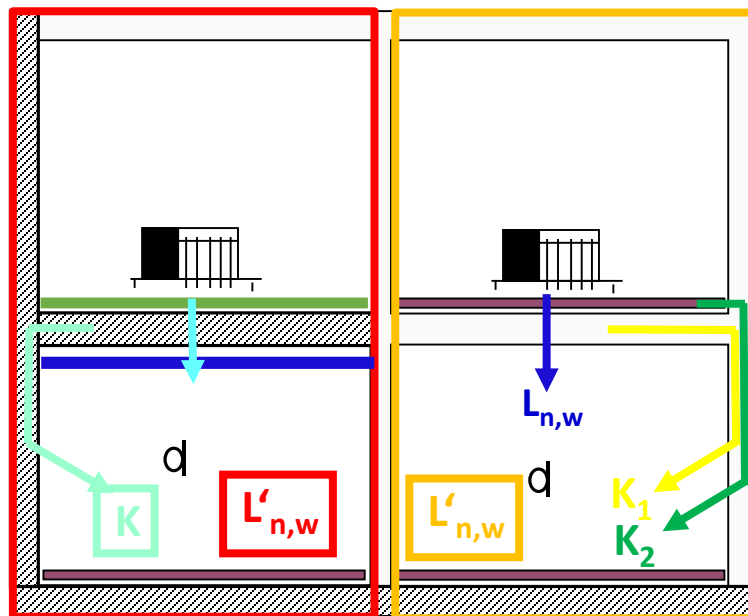
$$L'_{n,w,R} = L_{n,w,eq,R} - \Delta L_{w,R}$$

## Holz-, Leicht- und Trockenbau:

$L_{n,w}$  bew. Trittschallpegel der ges. Holzdecke

$K_1$ ...Korrekturwert für den Übertragungsweg Df

$K_2$ ...Korrekturwert für den Übertragungsweg DFf



$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2$$

# Trittschallverfahren

## Kritikpunkte am bestehenden Trittschallverfahren in DIN 4109-2

- **Massivbau:**
  - K aus der mittleren flächenbezogenen Masse:**
    - schwere Bauteile gleichen leichte Bauteile nicht aus
    - Vorsatzschale vor dem trennenden Bauteil wird nur pauschal berücksichtigt
    - Vorsatzschalen vor flankierenden Bauteilen werden nicht berücksichtigt
  - Diagonale und horizontale Übertragung:**
    - pauschale Korrektur über  $K_T$  (5/10/20 dB)
    - nur für Bauteile mit  $m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$
    - keine Korrekturen für zweischalige Haustrennwände
- **Leichtbau:**
  - $K_1$  und  $K_2$  pauschal für alle Flanken:**
    - in der Regel wird mit der ungünstigsten Flanke gerechnet
  - Diagonale und horizontale Übertragung:**
    - bislang nicht berechenbar

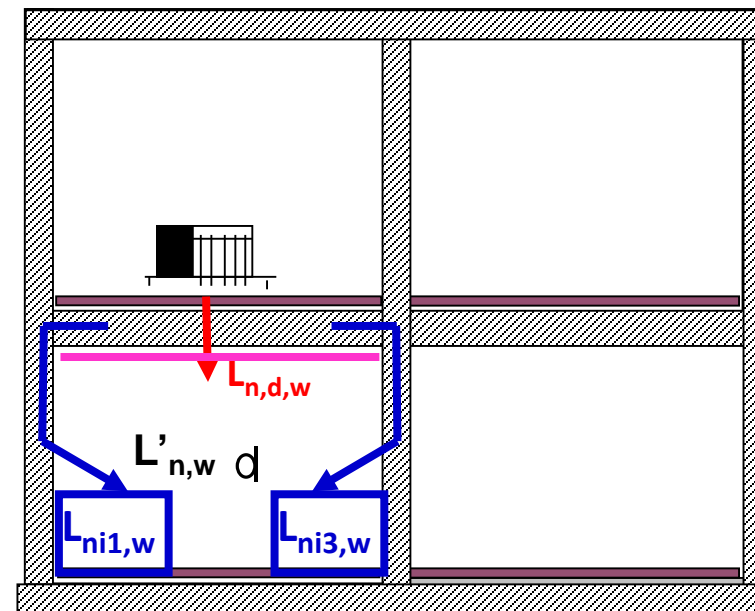
# Neues Trittschallverfahren

- In DIN EN ISO 12354-2 wurde 2017 ein vereinfachtes Berechnungsverfahren für die Trittschallübertragung veröffentlicht und Korrektur K wird ersetzt
- Berechnung bew. Norm-Trittschallpegel für die **direkten Übertragung**  $L_{n,d,w}$
- Berechnung des **bew. Norm-Flankentrittschallpegels**  $L_{n,ij,w}$
- **energetische Summation** der **direkten** und der flankierenden Übertragung

$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w}$$

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L - + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

$$L'_{n,w} = 10 \log \left( 10^{\frac{L_{n,d,w}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{n,ij,w}}{10}} \right)$$



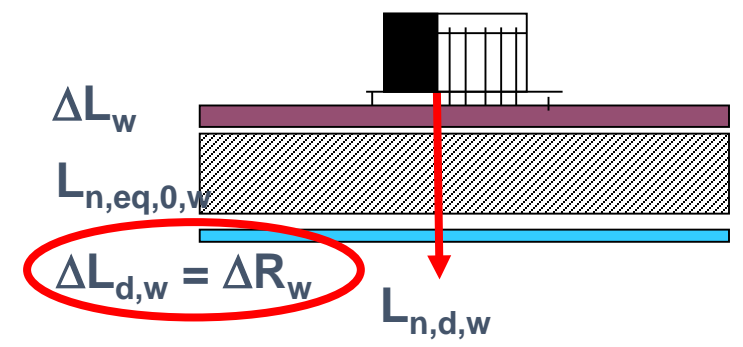
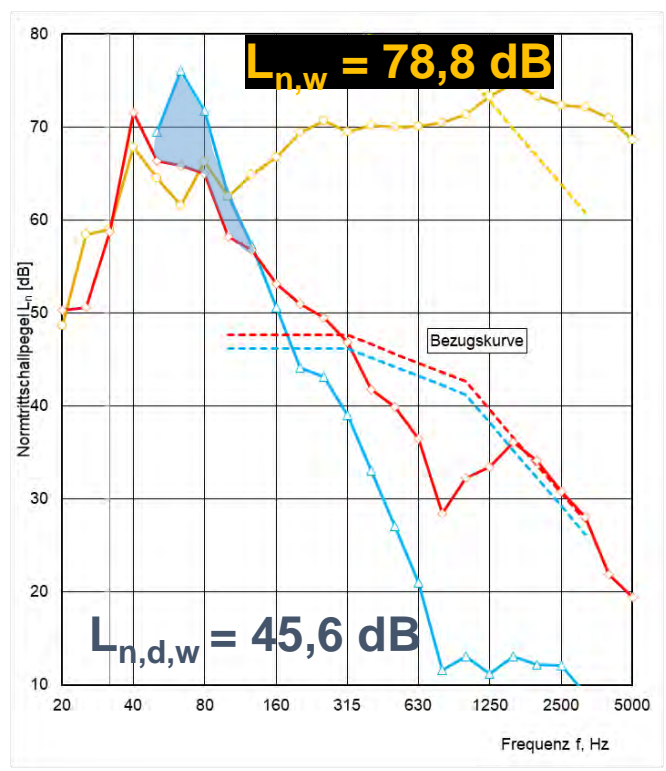
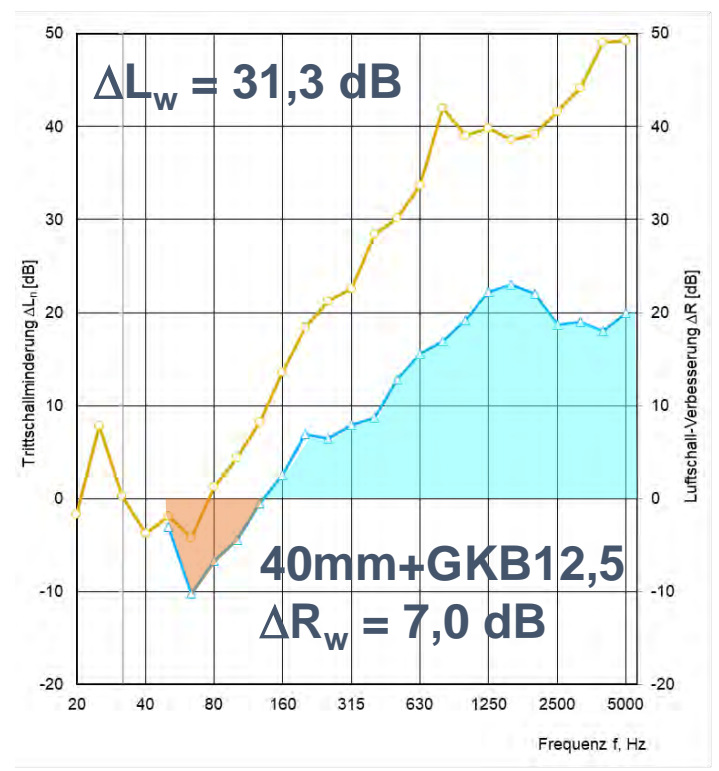


# Neues Trittschallverfahren

Bew. Norm-Trittschallpegel für den direkten Übertragungsweg  $L_{n,d,w}$

$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w}$$

$$\Delta L_{w,ges} = \Delta L_{w,1} + \Delta R_w / 2 \text{ (für } \Delta L_{w,1} > \Delta R_w \text{)}$$

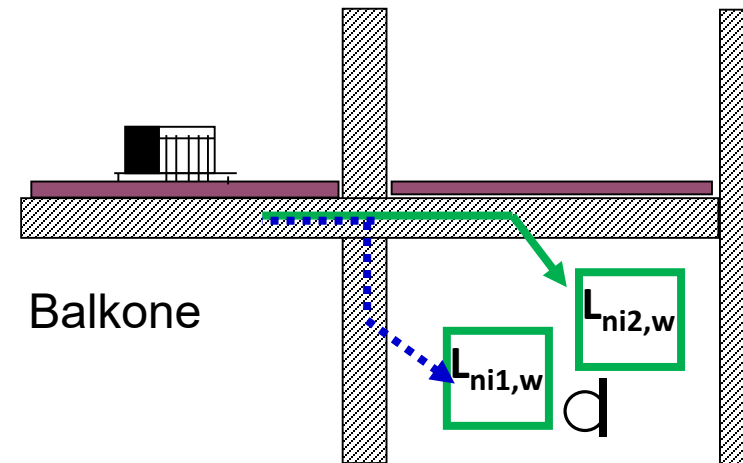
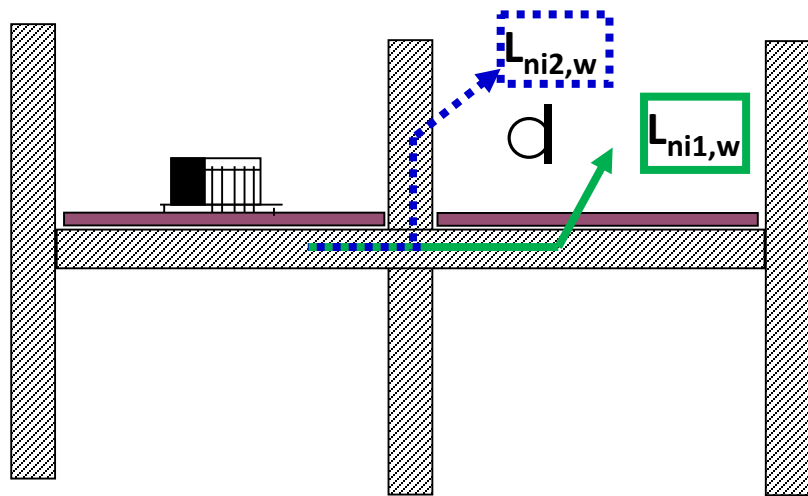




# Neues Trittschallverfahren

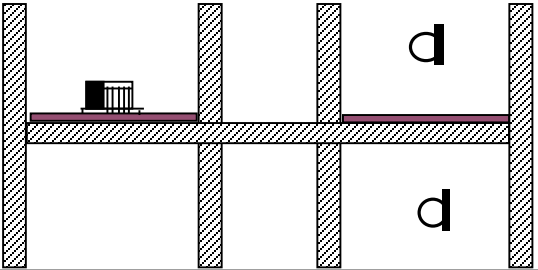
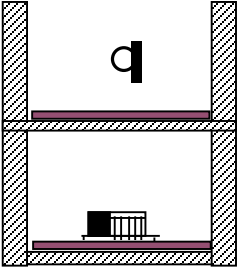
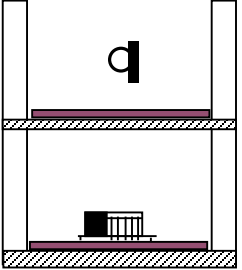
## Horizontale und diagonale Übertragung

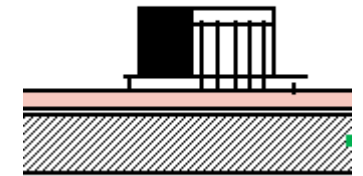
$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$



Übertragung nach oben, über einen Raum oder über eine Trennfuge hinweg:  
Berechnung bislang weiter über  $K_T$

# Neues Trittschallverfahren

Lage der Empfangsräume (ER)	Beschreibung	$K_T$ [dB]
	neben oder schräg unter der angeregten Decke und ein weiterer Raum zwischen Sende- und Empfangsraum	10 dB <sup>1</sup>
	über der angeregten Decke oder Bodenplatte (Gebäude mit tragenden Wänden)	10 dB <sup>1</sup>
	über der angeregten Decke oder Bodenplatte (Skelettbau)	20 dB <sup>1</sup>



$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T$$

<sup>1</sup> Werte aus Beiblatt1



# Trittschallverfahren im Holz- und Leichtbau

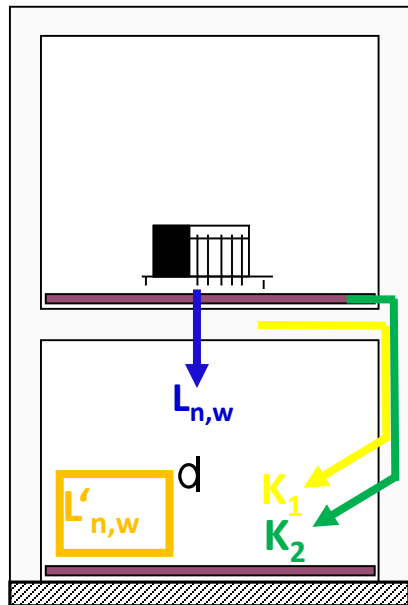
## Bestehendes Trittschallverfahren in DIN 4109-2

### Holz-, Leicht- und Trockenbau:

$L_{n,w}$  bew. Trittschallpegel der ges. Holzdecke

$K_1$ ...Korrekturwert für den Übertragungsweg Df

$K_2$ ...Korrekturwert für den Übertragungsweg DFf



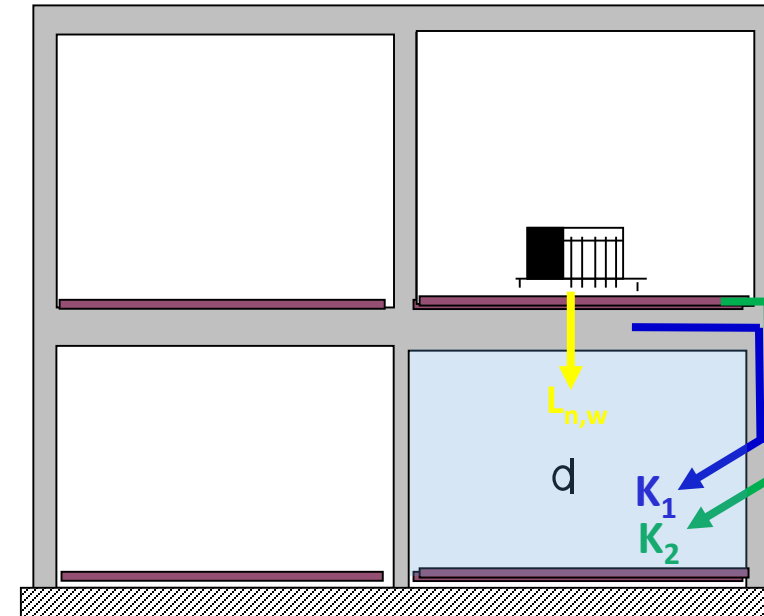
$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2$$

# Beispiel aktuelles Trittschallverfahren

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2$$

## Kritikpunkte:

- $K_1$  und  $K_2$  pauschal für alle Flanken:  
Rechnung mit der ungünstigsten Flanke
- Diagonale und horizontale Übertragung:  
bislang nicht berechenbar
- Sehr auf der „sicheren Seite“ liegend
- Keine Berücksichtigung von elastischen  
Zwischenschichten
- Keine Berücksichtigung von Vorsatzschalen  
vor flankierenden Wänden



# Neues Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau

$$L'_{n,w} = 10 \log \left[ 10^{-0,1L_{n,d,w}} + \sum_{j=1}^n 10^{-0,1L_{n,ij,w}} \right]$$

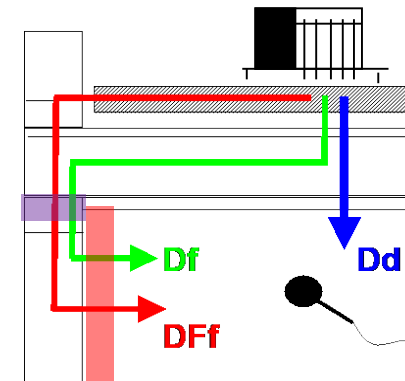
**direkte** und **flankierende Übertragung** (meist 4 Wege) wird getrennt berücksichtigt

$$L_{n,ij,w} = 10 \lg(10^{0,1L_{n,Df,w}} + 10^{0,1L_{n,DFf,w}})$$

flankierende Übertragung wird für jede Flanke auf den Wegen **DFf** und **Df** berechnet und energisch addiert

$$L_{n,Df,w} = L_{n,Df,lab,w} - \Delta R_{j,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

$$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$



$\Delta R_{j,w}$ : Verbesserung durch Vorsatzschale auf dem flankierenden Bauteil im Empfangsraum

$\Delta K_{ij}$ : Verbesserung der Stoßstellendämmung z.. durch elastische Zwischenschichten

# Neues Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau

$$L_{n,Df,w} = L_{n,Df,lab,w} - \Delta R_{j,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

$$10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}} = 10 \lg \frac{4m \times 5m}{1m \times 5m} = 10 \lg 4 = 6dB$$

$$L_{n,Df,lab,w} = 10 \lg \left( 10^{0,1(L_{n,d,w} + K_1)} - 10^{0,1L_{n,d,w}} \right)$$

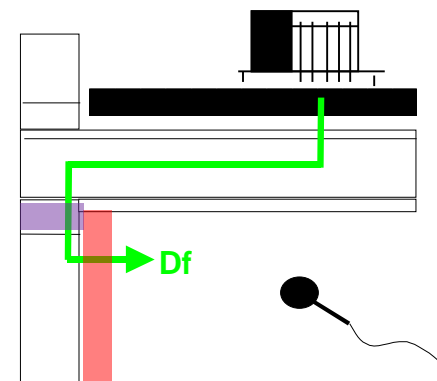


Tabelle 3 — Korrekturwert  $K_1$  zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df (Übertragungssituation nach Bild 5a))

1		2				
		Deckenaufbau				
Wandaufbau im Empfangsraum						
		2 × GK an FS	1 × GK an FS	GK-Lattung oder direkt	offene HBD	BSD oder HKD
	GK + HW	$K_1 = 6 \text{ dB}$	$K_1 = 3 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$		
	GF	$K_1 = 7 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$		
	HW	$K_1 = 9 \text{ dB}$	$K_1 = 5 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$		
	Holz- oder HW-Element	$K_1 = 4 \text{ dB}$				

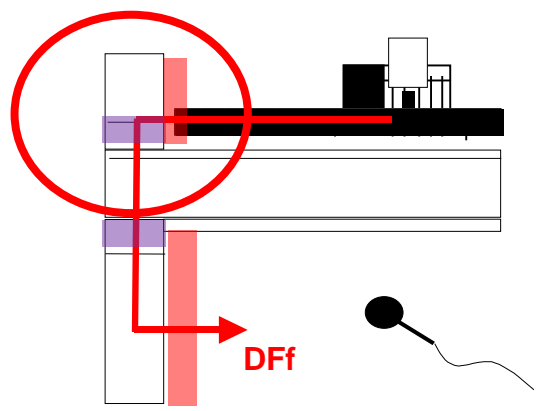
GK	9,5 mm bis 12,5 mm Gipsplatte nach DIN 18180/DIN EN 520, Rohdichte von $\rho \geq 680 \text{ kg/m}^3$ , mechanisch verbunden
GF	12,5 mm bis 15 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2, Rohdichte von $\rho \geq 1100 \text{ kg/m}^3$ , mechanisch verbunden
HW	12 mm bis 22 mm Holzwerkstoffplatte, Rohdichte von $\rho \geq 650 \text{ kg/m}^3$ , mechanisch verbunden



# Neues Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau

$$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

$$10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}} = 10 \lg \frac{4m \times 5m}{1m \times 5m} = 10 \lg 4 = 6dB$$



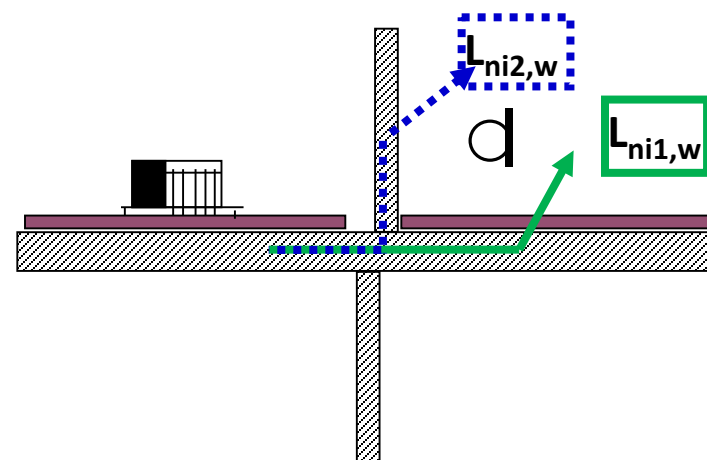
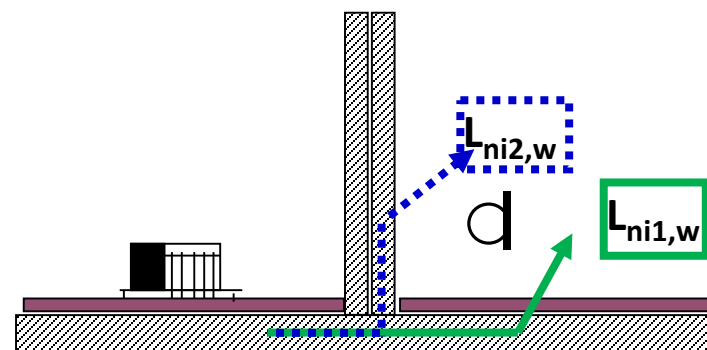
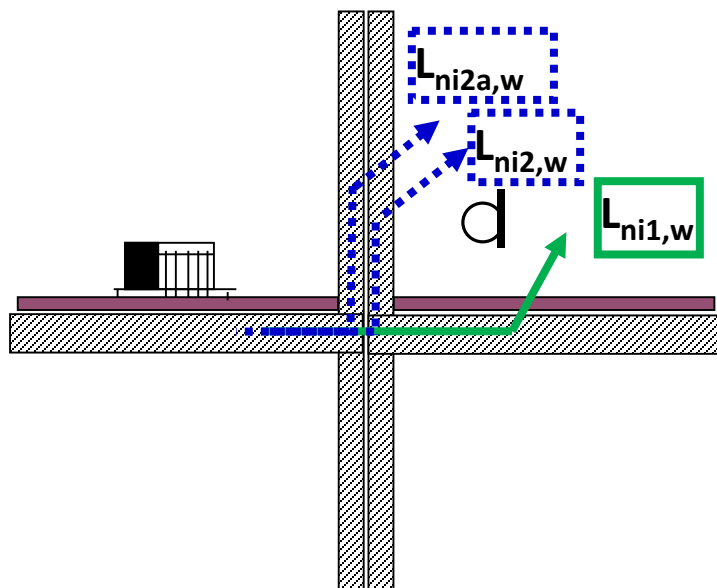
DIN 4109-2, Tabelle 4:

**Tabelle 4 — Korrekturwert  $K_2$  zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Dff (Übertragungssituation nach Bild 5b))**

Wandaufbau im Send- und Empfangsraum	Estrichaufbau	Trittschallübertragung auf dem Weg Dd + Df: $L_{n,w} + K_1$ dB																	$L_{n,DFf,w}$ dB					
		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51		52	53	54	55	> 55
 GK + HW	a)	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	44
	b)	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	40
	c)	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
 HW	a)	11	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	46
	b)	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	45
	c)	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	42
 Holz- oder HW-Element	a)	11	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	46
	b)	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	45
	c)	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	42

# Zweischalige Haustrennwände

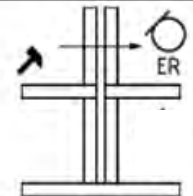
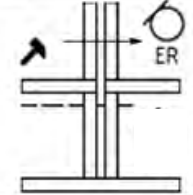

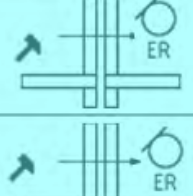

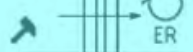
## Trittschallverfahren bei zweischaligen Haustrennwänden

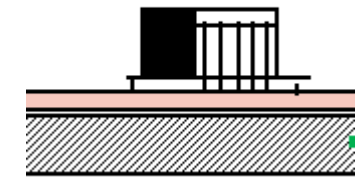


- Stoßstellendämmung über Trennfuge?
- Welche Wege sind zu berechnen?
- Staffelgeschosse?
- Durchgehende Bodenplatte

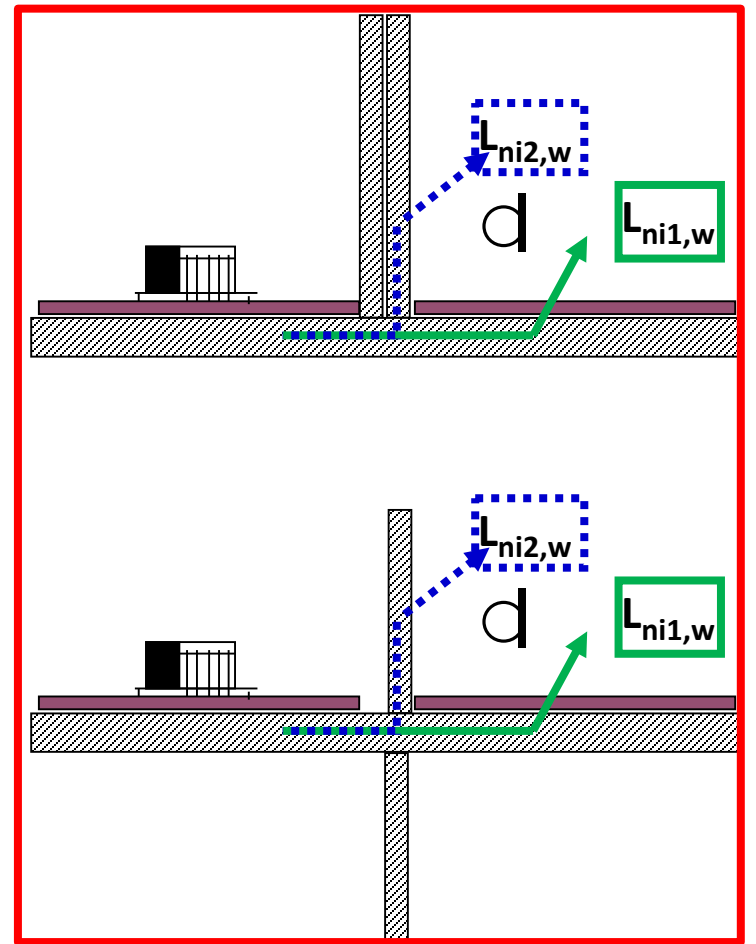
# Zweischalige Haustrennwände

## Umsetzung „vereinfachtes“ Trittschallverfahren in DIN 4109-2

Spalte	1	2	3
Zeile	Situation (Vertikalschnitt)	Beschreibung	$K_T$ dB
1		vollständige Trennung der Schalen und der flankierenden Bauteile ab Oberkante Bodenplatte, auch gültig für alle darüber liegenden Geschosse, unabhängig von der Ausbildung der Bodenplatte und der Fundamente	15 dB
2		Außenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ (z. B. Kelleraußenwände als „weiße Wanne“)	12 dB
3		Außenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ (z. B. Kelleraußenwände als „weiße Wanne“) Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	6 dB
4		Außenwände getrennt Bodenplatte und Fundamente getrennt	12 dB
5		Außenwände getrennt Bodenplatte getrennt auf gemeinsamen Fundament	9 dB
6		Außenwände getrennt Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	9 dB



$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T$$



# Inhalt

## 1. Motivation

## 2. Anforderungen an den Schallschutz

## 3. Neues Trittschallverfahren in DIN 4109-2

Trittschallverfahren; bislang - neu

Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau

Trittschallverfahren bei zweischalige Haustrennwänden

## 4. **Übersicht zu den Berechnungsverfahren Luft- und Trittschall**

## 5. Hybridbau

Beispiel MFH Stahlbetondecken mit Massivholzwänden

Mess- und Rechenwerte für Luft- und Trittschalldämmung

## 6. Zusammenfassung



# Übersicht Berechnungsverfahren Luftschall

		Luftschall vertikal						
Trennbauteil	Massivdecke / schw. Estrich / Unterdecke	Decke Leichtbau / Balkenlage / mit schw. Estrich			Decke Massivholz plint/ mit schw. Estrich			
Direkte Luftschallübertragung	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.2 Massivbau	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.4 Luftschalldämmung im Holz,- Leicht- und Trockenbau			DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.4 Luftschalldämmung im Holz,- Leicht- und Trockenbau			
	$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w}$ DIN 4109-32 , Abschnitt 4.1.4.2 ( $R_{s,w}$ aus fl. bez. Masse)	$R_{Dd,w} = R_w$ DIN 4109-33, Abschnitt 4.3.1 Tabellen 15 bis 23			$R_{Dd,w} = R_w$ aus DIN 4109-33, Abschnitt 4.3.1 Tabellen 24 bis 25			
Luftschallverbesserung	$\Delta R_w = \Delta R_{w\_Estrich} + \Delta R_{w\_Unterdecke}/2$ für $\Delta R_{w\_Estrich} > \Delta R_{w\_Unterdecke}$			$\Delta R_{Dd,w} = R_{Dd,w} - R_{s,w}$ mit: $R_{s,w}$ aus m				
flankierendes Bauteil	Wände massiv	Wände Leichtbau / Metal oder HTW	Wände Massivholz (getrennt)	Wände massiv (durchlaufend, z.B Treppenhauswand oder Altbau / Mischbau)	Wände Leichtbau / Metall oder HTW	Wände Massivholz	Wände massiv (durchlaufend, z.B Treppenhauswand oder Altbau / Mischbau)	Wände Leichtbau / Metall oder HTW
	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.2 Massivbau	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.5 Mischbauweisen	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.5 Mischbauweisen	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.5 Mischbauweisen	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.4 Leichtbau	nicht explizit geregelt	DIN 4109-2; Abschnitt 4.2.5 Mischbauweisen	nicht explizit geregelt
Flankierende Luftschallübertragung	$R_{ij,w} = R_{i,w}/2 + R_{j,w}/2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\lg(S_i/A_{ij})$	$R_{ij,w} = D_{n,f,w} + 10\lg(I_{lab}/I_{ij}) + 10\lg(S_i/A_0)$	$R_{ij,w} = R_{i,w}/2 + R_{j,w}/2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\lg(S_i/I_{ij})$	$R_{ij,w} = R_{i,w}/2 + R_{j,w}/2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij,min} + 10\lg(S_i/I_{ij})$	$R_{ij,w} = D_{n,f,w} + 10\lg(I_{lab}/I_{ij}) + 10\lg(S_i/A_0)$	$R_{FF,w} = R_{i,w}/2 + R_{j,w}/2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\lg(S_i/I_{ij})$	$R_{ij,w} = R_{i,w}/2 + R_{j,w}/2 + \Delta R_{ij,w} + K_{ij,min} + 10\lg(S_i/I_{ij})$	$R_{ij,w} = D_{n,f,w} + 10\lg(I_{lab}/I_{ij}) + 10\lg(S_i/A_0)$

Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f,w} := 76 \text{ dB} / 67 \text{ dB}$  (DIN 4109-33:2016)

# Berechnungsverfahren Trittschall

Trittschall									
Trennbauteil	Massivdecke / schw. Estrich / Unterdecke			Decke Leichtbau / Balkenlage / mit schw. Estrich			Decke Massivholz ohne/ mit schw. Estrich		
Direkte Trittschallübertragung	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.2 Massivbau			DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.3 Leichtbau			Verfahren nach DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.2 Massivbau und nach DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.3 Leichtbau zulässig		
	$L_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w$			Übernahme der Daten aus dem Holzbauhandbuch in DIN 4109-33 aus DIN 4109-33, Abschnitt 4.3.1, Tabellen 24 bis 25 bei Massivholzdecken mit Schüttung					
Trittschallminderung	$\Delta L_w = \Delta L_{w\_Estrich} + \Delta R_{w\_Unterdecke}/2$						$\Delta L_w = \Delta L_{w\_Estrich} + \Delta R_{w\_Unterdecke}/2$		
flankierendes Bauteil	Wände massiv	Wände Leichtbau / Metal oder HTW	Wände Massivholz (getrennt)	Wände massiv (durchlaufend, z.B Treppenhaus- wand oder Altbau / Mischbau)	Wände Leichtbau / Metall oder HTW	Wände Massivholz	Wände massiv (durchlaufend, z.B Treppenhaus- wand oder Altbau / Mischbau)	Wände Leichtbau / Metall oder HTW	Wände Massivholz
Flankierende Trittschallübertragung	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.2 Massivbau			DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.3 Leichtbau			DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.3 Leichtbau		
	$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - (R_{i,w} - R_{j,w})/2 - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$	$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - XX - 10\lg(l_o/l_{ij})?$	$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - (R_{i,w} - R_{j,w})/2 - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$	$L_{n,Df,w} = L_{n,Df,lab,w} - \Delta R_{j,w} - \Delta K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$ ; $L_{n,DFf,w}$ i.d.R. nicht erforderlich	$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$	$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$	$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$ ; $L_{n,DFf,w}$ i.d.R. nicht erforderlich	$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$	$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10\lg(S_i/l_{ij})$

**Norm-Flankentrittschallpegel  $L_{n,Df,w} = XX \text{ dB} / XX \text{ dB}$  (DIN 4109-33:202X)**

# Inhalt

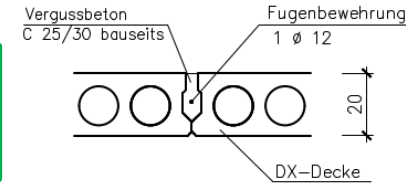
1. Motivation
2. Anforderungen an den Schallschutz
3. Neues Trittschallverfahren in DIN 4109-2
  - Trittschallverfahren; bislang - neu
  - Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau
  - Trittschallverfahren bei zweischalige Haustrennwänden
4. Übersicht zu den Berechnungsverfahren Luft- und Trittschall
5. **Hybridbau**
  - Beispiel MFH Stahlbetondecken mit Massivholzwänden**
  - Mess- und Rechenwerte für Luft- und Trittschalldämmung**
6. Zusammenfassung

# Beispiel: MFH Massivdecke mit Massivholzwänden

Treppenhaukern mit Aufzug: Stahlbeton

## Wohnungstrenndecke:

200 mm Stahlbeton-Hohlkörper ( $m' = 330 \text{ kg/m}^2$ ) mit schw. Estrich

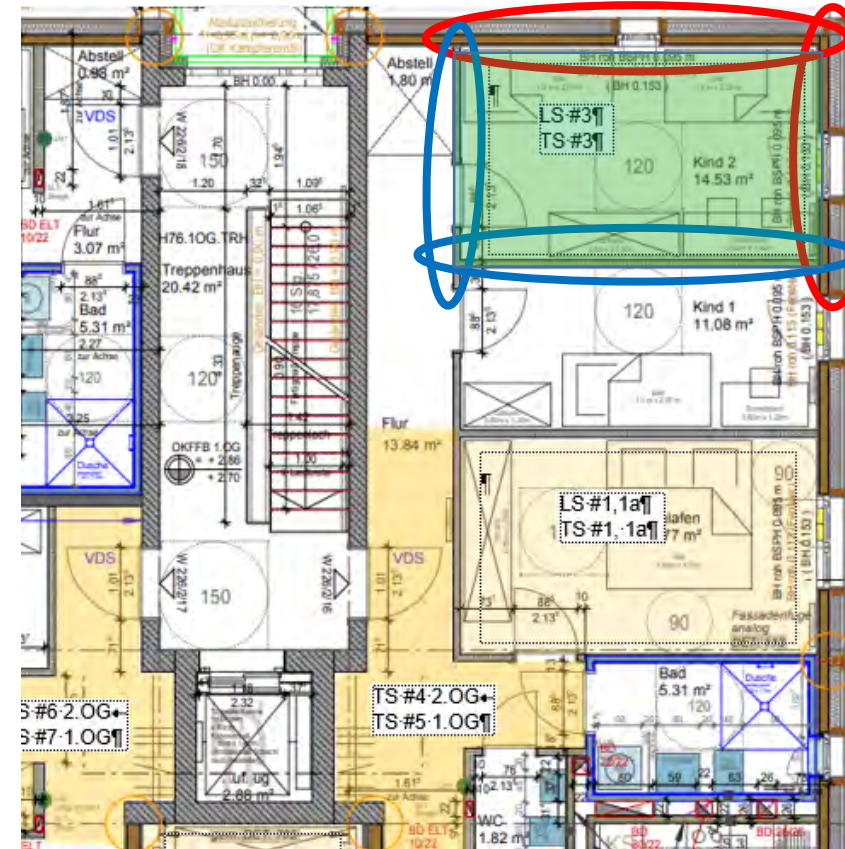


## Außenwand

180 mm Brettsperrholzelemente; einseitig mit 2 x 18 mm GKF-Platten beplankt;  
160 mm Mineralwolle-Wärmedämmung mit Konterlattung und Holzverschalung

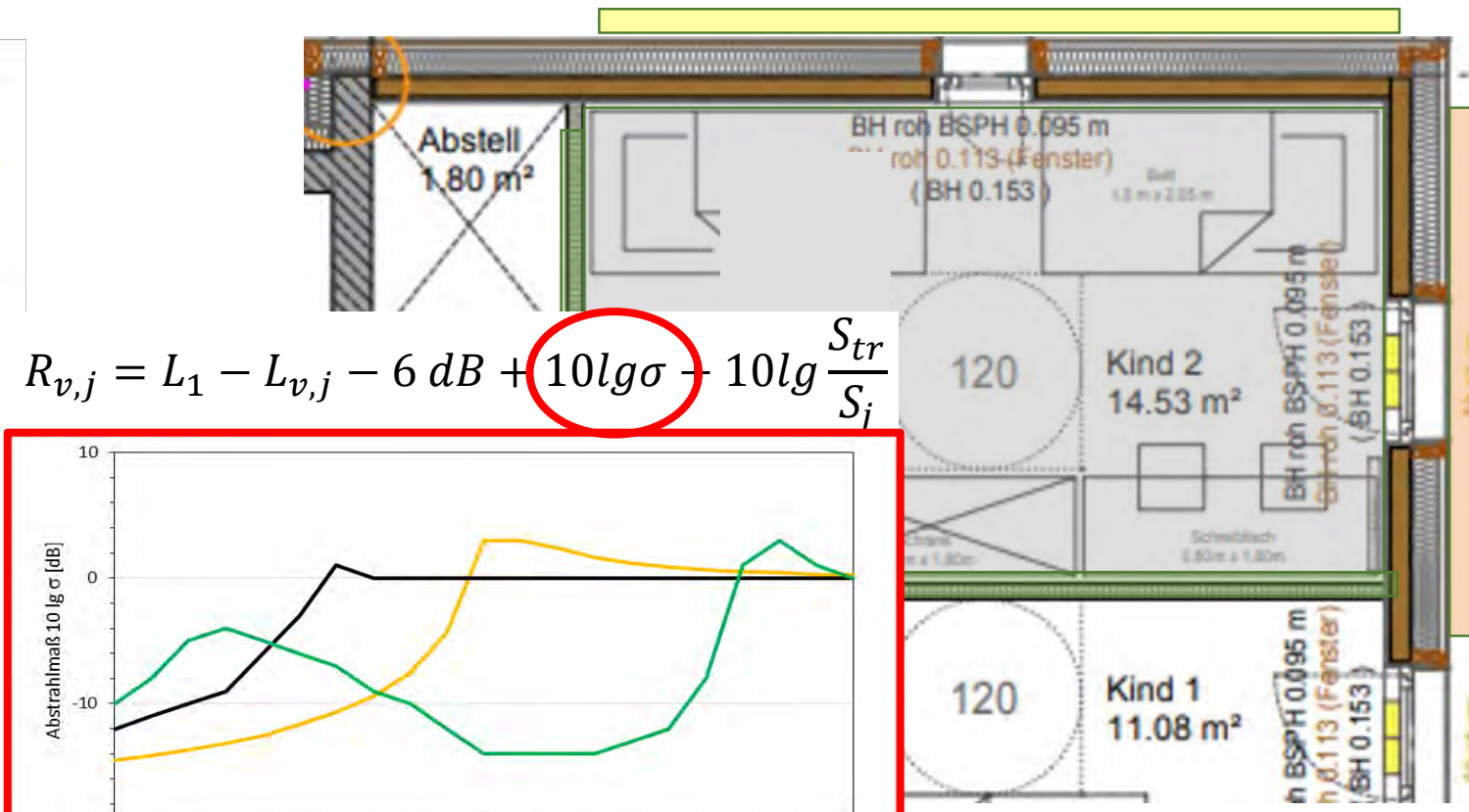
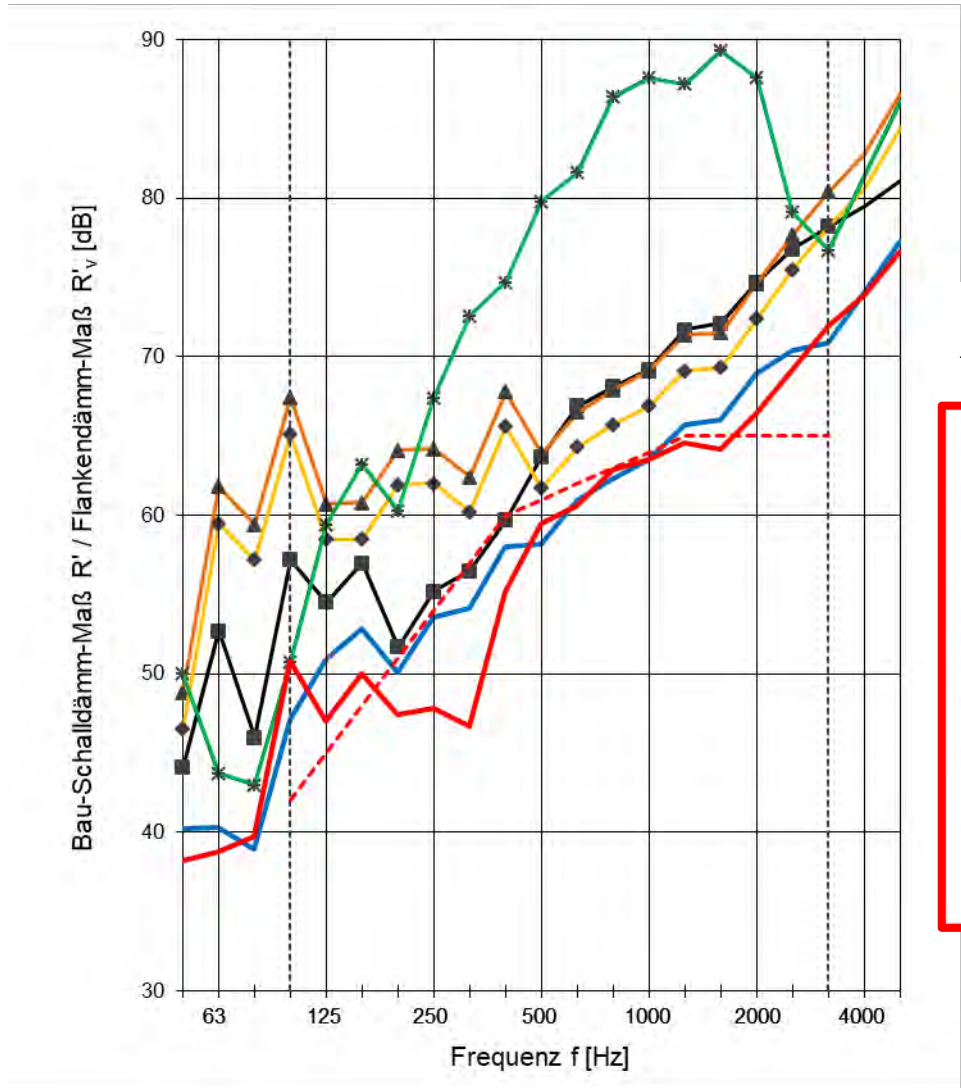
## Innenwände nichttragend:

50 mm Metallständer CW 50, mit 40 mm Mineralwolle, beidseitig 2 x 12,5 mm GKF

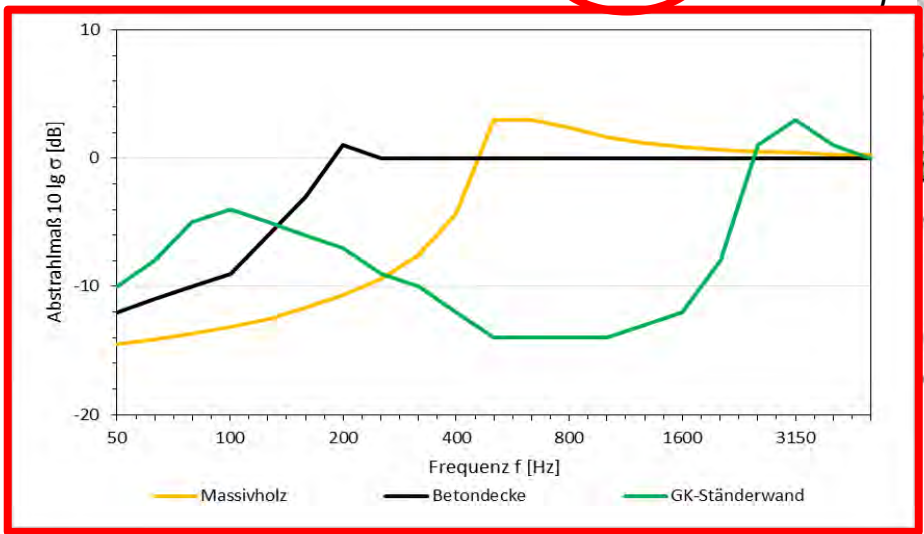




# Messergebnisse Luftschalldämmung Decke



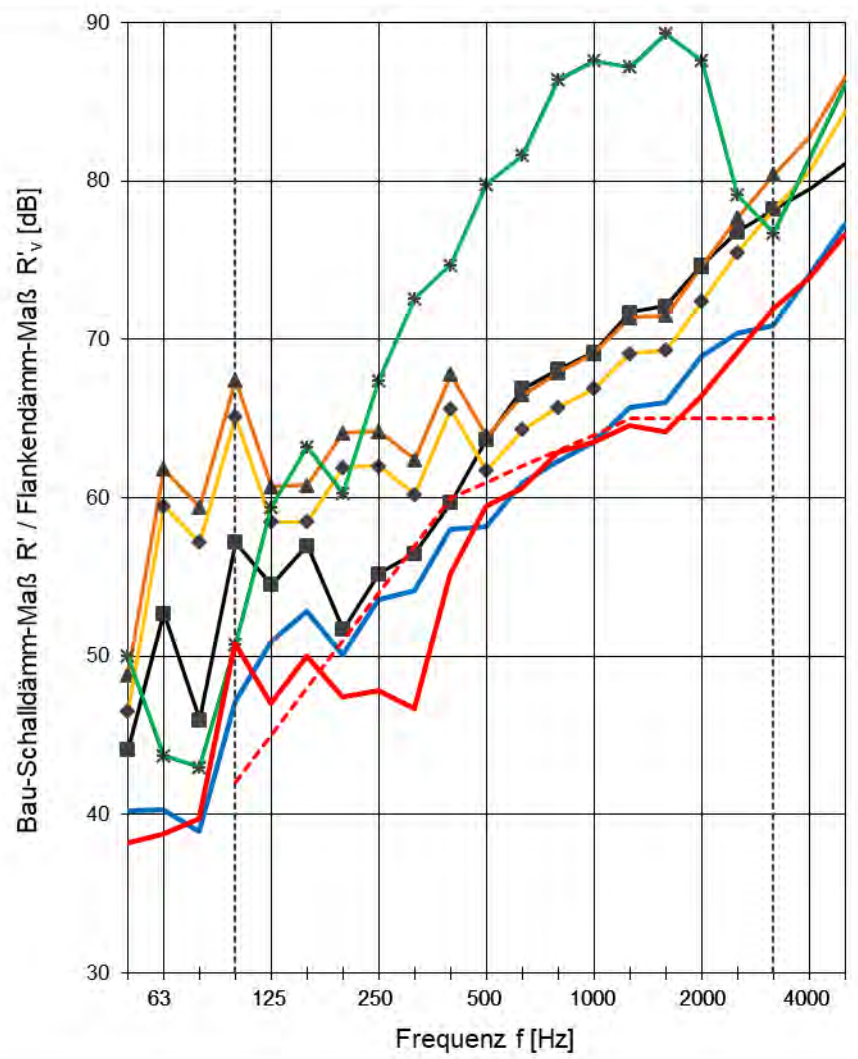
$$R_{v,j} = L_1 - L_{v,j} - 6 \text{ dB} + 10 \lg \sigma + 10 \lg \frac{S_{tr}}{S_i}$$



$R'_w = 61,2 \text{ dB}$

DIN 4109-1/-5 Wohnungsbau: erf.  $R'_w \geq 54/57 \text{ dB}$

# Messergebnisse Luftschalldämmung Decke



Messwerte  $R'_{w} = 61,2 \text{ dB}$

Rechenwerte

Körperschall Gesamt:	$R'_{v,w} = 63.2 \text{ dB}$	$R'_{w} = 63.6 \text{ dB}$
Decke	$R_{vij,w} = 67.3 \text{ dB}$	$R_{ij,w} = 69.9 \text{ dB}$
AW	$R_{vij,w} = 70.4 \text{ dB}$	$R_{ij,w} = 71.1 \text{ dB}$
AW2	$R_{vij,w} = 68.2 \text{ dB}$	$R_{ij,w} = 69.6 \text{ dB}$
IW GK	$R_{vij,w} = 77.5 \text{ dB}$	$D_{n,f,w} = 76 \text{ dB}$
IW GK Türe	$R_{vij,w} = 77.5 \text{ dB}$	$D_{n,f,w} = 76 \text{ dB}$

$$R_{d,w} = R_{i,w} + \Delta R_{ij,w} = 55.6 \text{ dB} + 14 \text{ dB} = 69.9 \text{ dB}$$

$$\text{Metallständerwände: } D_{n,f,w} = 76 \text{ dB}$$

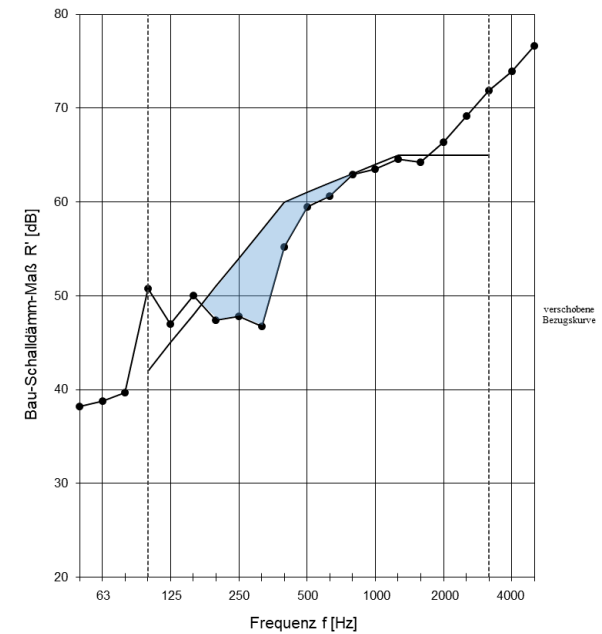
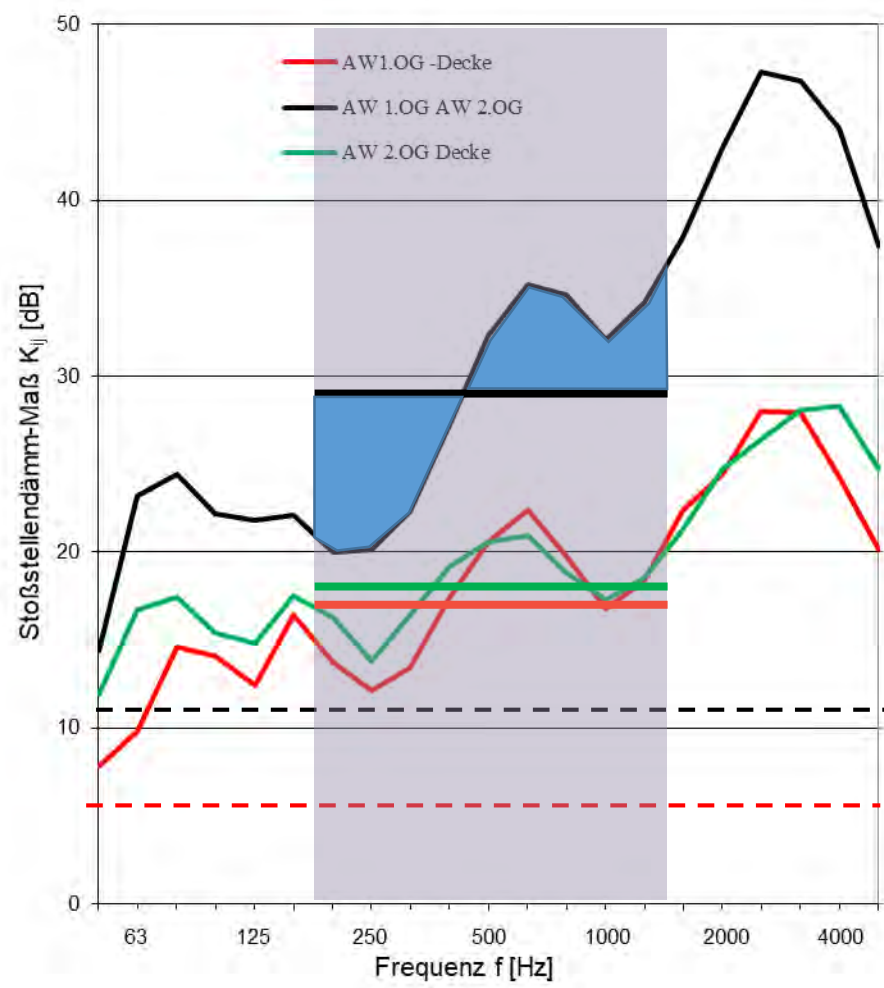
$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg\left(\frac{S_s}{l_0 l_f}\right)$$

$$R_{j,w} = 25 \lg(m') - 7 \text{ dB} = 44,6 \text{ dB}$$

$$K_{ij} = ?? \text{ dB}$$

# Stoßstellendämm-Maße

## T-Stoß AW - Decke

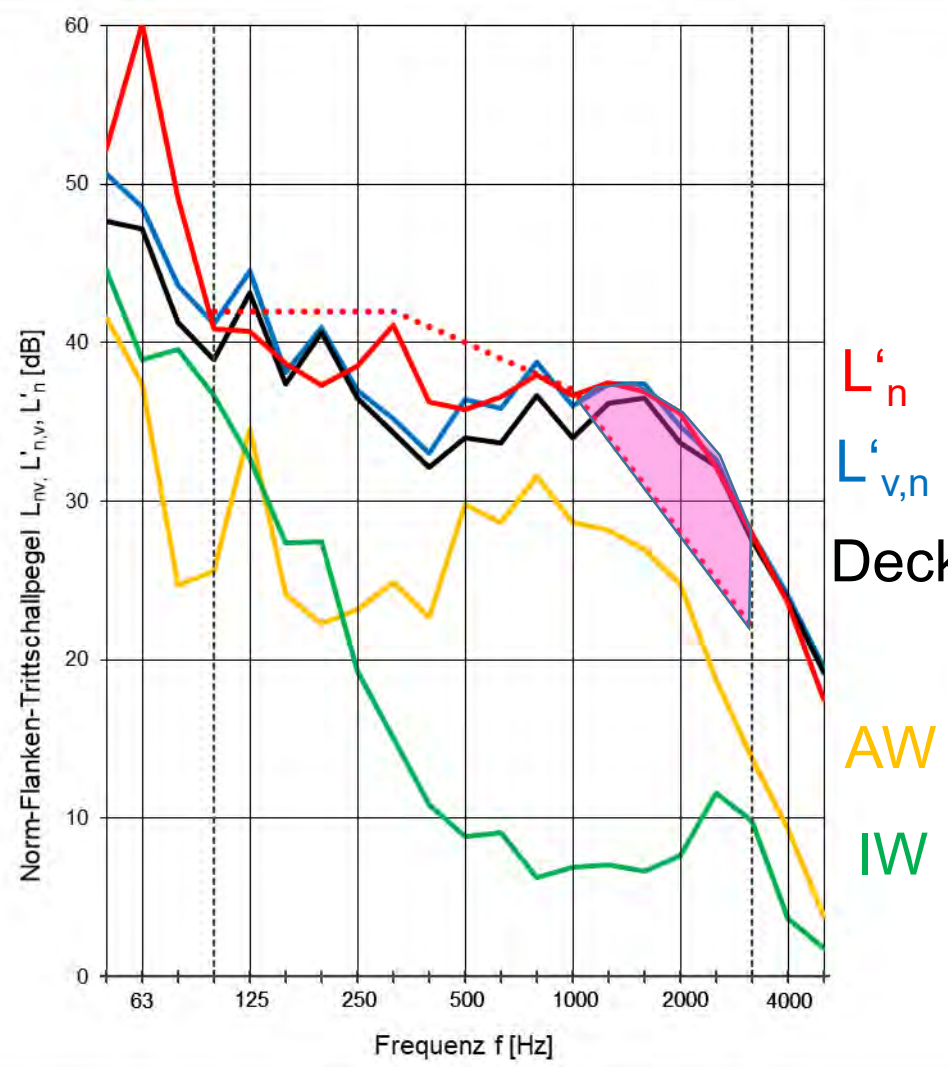


		Messwert $K_{ij}$	Rechenwert $K_{ij}$
		200 Hz - 1250 Hz	(DIN 4109-32)
AW 2.OG	Decke	18.0 dB	5,9 dB
AW 1.OG	AW 2.OG	28.7 dB	11,1 dB
AW 1.OG	Decke	17.2 dB	5,9 dB



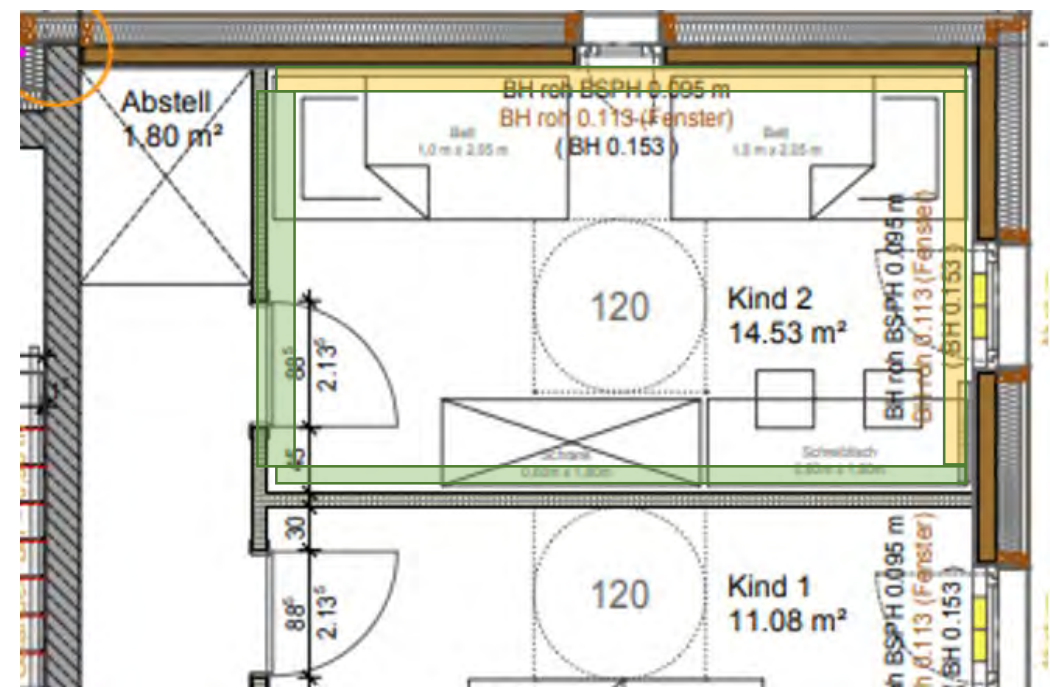
# Messergebnisse Trittschalldämmung

$$L_{n,v,ij} = L_{v,j} + 10 \log(\sigma) + 6dB + 10 \lg(S_i/10)$$



$L'_n$   
 $L'_{v,n}$   
 Decke

AW  
 IW



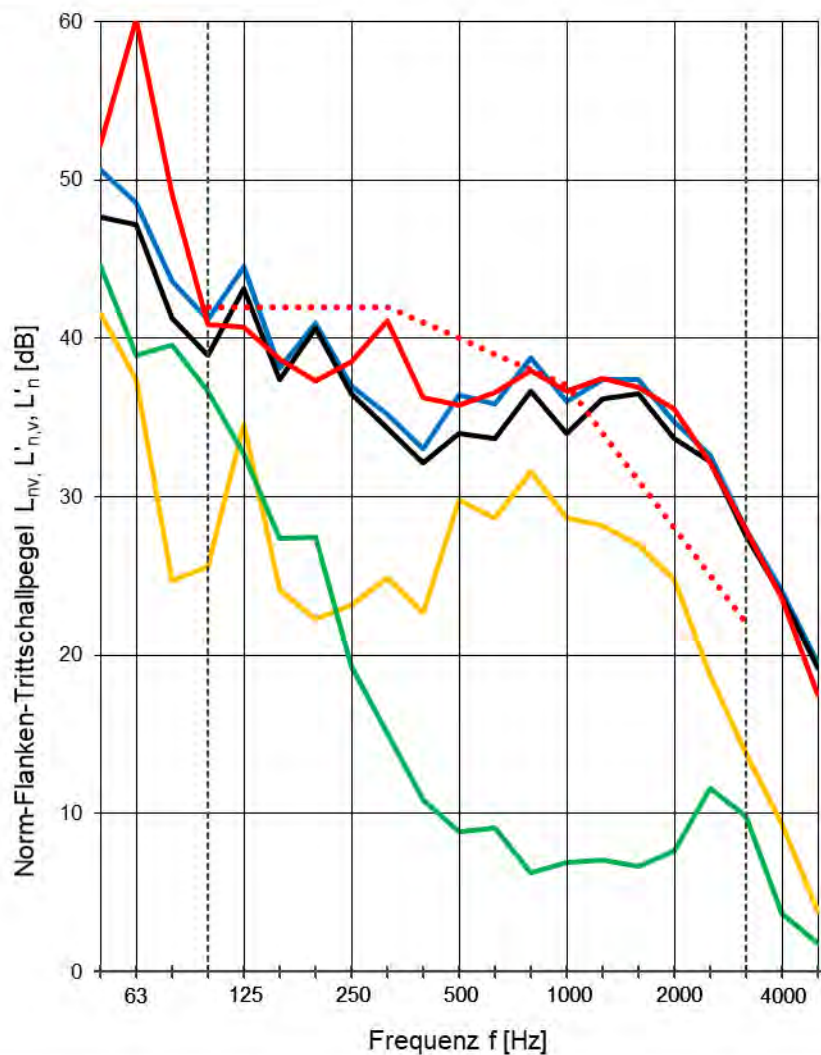
Überschreitung der Bezugskurve: Decke (+AW)

$$L'_{n,w} = 40 \text{ dB}; L'_{n,w} + C_{l,50-2500} = 46 \text{ dB}$$

DIN 4109-1/-5 Wohnungsbau:  $L'_{n,w} \leq 50/45 \text{ dB}$



# Messergebnisse Trittschalldämmung



Messwerte  $L'_{n,w} = 40$  dB

Rechenwerte

Körperschall Gesamt:	$L'_{n,v,w} = 40$ dB	$R'_w = 39,4$ dB
Decke	$L_{n,vi,w} = 39,6$ dB	$L_{n,i,w} = 39,2$ dB
AW	$L_{n,vij,w} = 29,8$ dB	$L_{n,ij,w} = 21,4$ dB
AW2	$L_{n,vij,w} = 32,1$ dB	$L_{n,ij,w} = 18,8$ dB
IW GK	$L_{n,vij,w} = 22,1$ dB	$L_{n,ij,w} = XX$ dB
IW GK Türe	$L_{n,vij,w} = 24,2$ dB	$L_{n,ij,w} = XX$ dB

Äquivalente Norm-Trittschallpegel ( $m' = 330$  kg/m<sup>2</sup>)

$L_{n,eq,0,w} = 75,9$  dB

Verbesserung schw. Estrich ( $m' = 140$  kg/m<sup>2</sup>;  $s' = 7$  MN/m<sup>3</sup>)

$\Delta L_w = 36,7$  dB

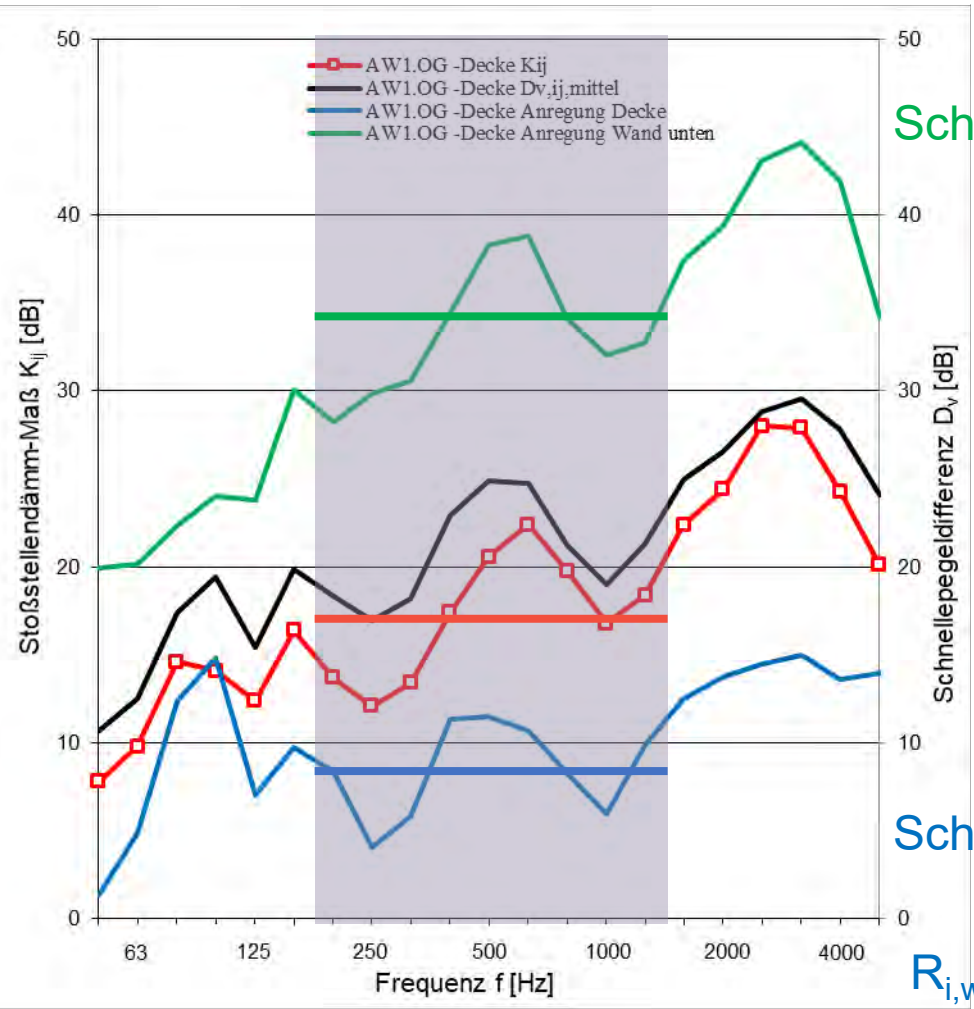
$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w = 39,2$  dB

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

Übertragung auf dem Weg DFF

# Stoßstellendämm-Maße

## T-Stoß AW - Decke



Schnellepegeldifferenz  $D_{v,AW-Decke}$

Richtungsgemittelte  
Schnellepegeldifferenz  $D_{v,ij}$

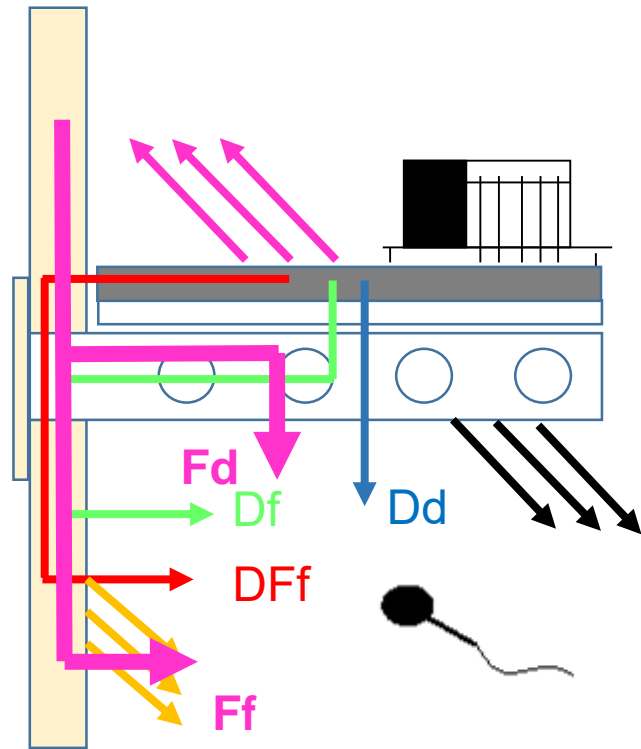
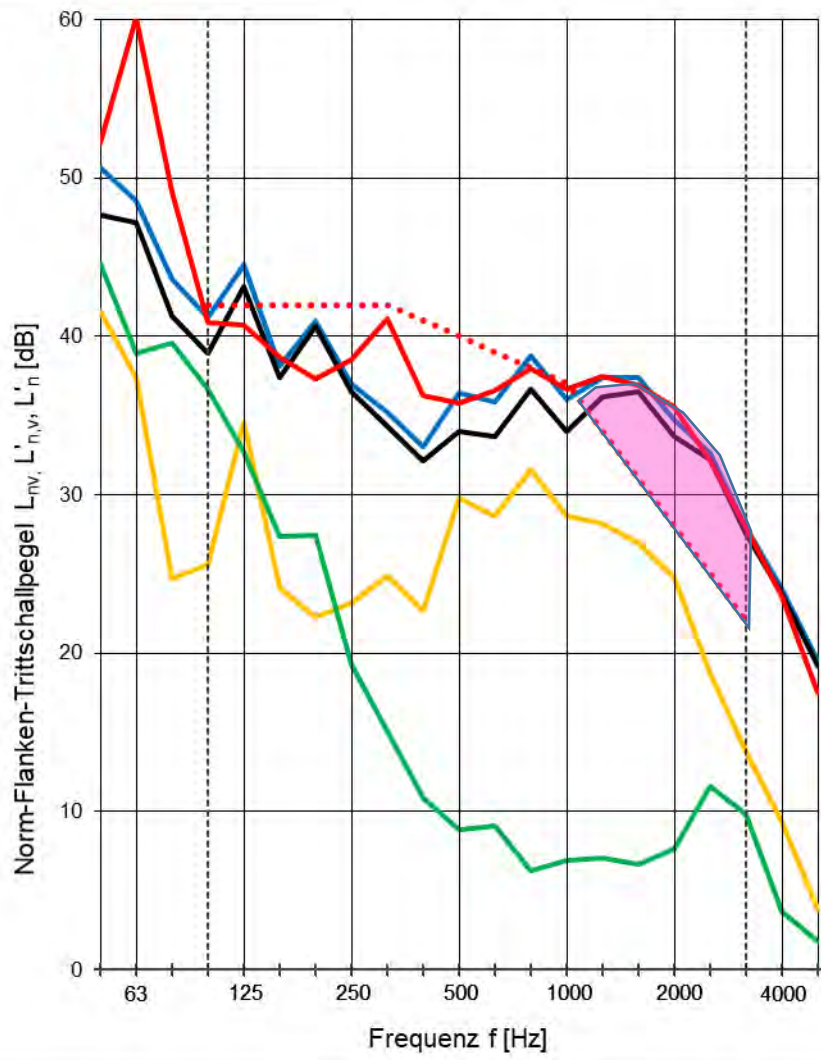
Stoßstellendämm-Maß  
 $K_{ij} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \lg(I_{ij}/(a_i a_j))$

$K_{ij \text{ 200-1250Hz}} = 17.2 \text{ dB}$

Schnellepegeldifferenz  $D_{v,Decke-AW}$

$R_{i,w}/2 - R_{j,w}/2 \approx 5 \text{ dB}$

# Übertragungswege Trittschall Hybridbauten



# Zusammenfassung

- Überarbeitung der DIN 4109 Reihe mit Ziel 2023 Entwürfe zu veröffentlichen
- Neues Trittschallverfahren bringt erhebliche Vorteile besonders für den Holzbau: Berücksichtigung unterschiedlicher Flanken dadurch höhere Genauigkeit (geringere Unsicherheit)
- Übernahme der Daten aus dem Holzbau-Handbuch in Bauteilkatalog DIN 4109-33
- Berechnung des Schallschutzes bei Hybridbauten sollen normativ verankert werden
- Beispiel MFH zeigt, dass hoher Schallschutz bei Hybridbauweise (Stahlbeton, Massivholz) möglich ist.
- Stoßstellendämm-Maße Massivholz – Stahlbeton bedürfen weiterer Untersuchungen

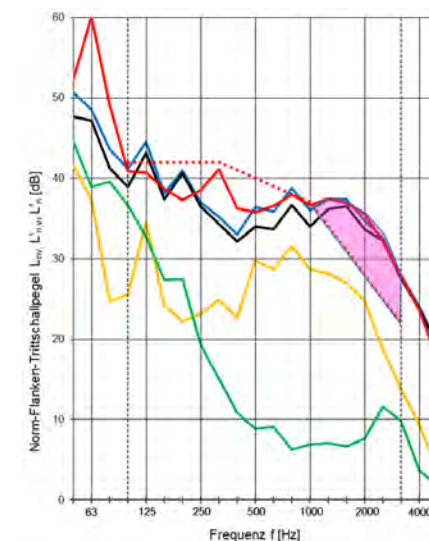
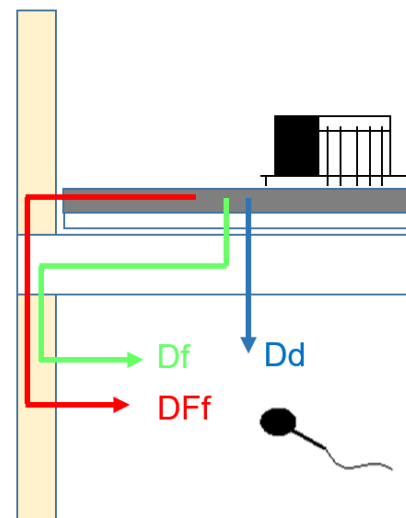
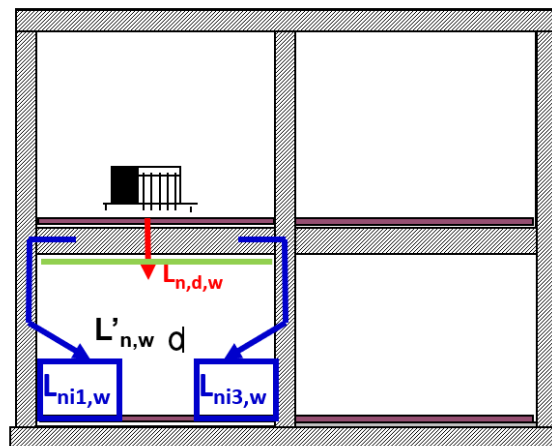


# Änderungen DIN 4109 – 2 Berechnung Luft- und Trittschallschutz bei Hybridgebäuden?

Martin Schneider

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart

		Trittschall		
Trennbauteil	Massivdecke / schw. Estrich / Unterdecke	Decke Leichtbau / Balkenlage / mit schw. Estrich		
Direkte Trittschallübertragung	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.2 Massivbau	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.3 Leichtbau		
	$L_{n,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w$		$L_{n,w}$ aus DIN 4109-33, Abschnitt 4.3.1, Tabellen 15 bis 23	
Trittschallminderung	$\Delta L_w = \Delta L_{w,Leichtb} + \Delta R_{w,Unterdecke}/2$			
flankierendes Bauteil	Wände massiv	Wände Leichtbau / Metal oder HTW	Wände Massivholz (getrennt)	Wände massiv (durchlaufend, z.B. Treppenhauswand oder Altbau)
				Wände Leichtbau / Metall oder HTW
Flankierende Trittschallübertragung	DIN 4109-2; Abschnitt 4.3.2 Massivbau			
	$L_{n,i,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w - (R_{i,w} - R_{e,w})/2$ $\Delta R_{i,w} = R_{i,w} - 10 \lg(S_i/l_i)$	$L_{n,i,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w$ $XX - 10 \lg(l_i/l_i)?$	$L_{n,i,w} = L_{n,e,d,w} - \Delta L_w - (R_{i,w} - R_{e,w})$ $\Delta R_{i,w} = R_{i,w} - 10 \lg(S_i/l_i)$	



# Hochschule für Technik Stuttgart

## Sommerkolloquium Bauphysik 2022

### **Qualifizierungswege in die Energie-Effizienz-Expertenliste für Förderprogramme des Bundes**

Jochen Lang

Akademie der Ingenieure, AkadIng GmbH

In der von der DENA geführten Energie-Effizienz-Expertenliste werden besonders qualifizierte Personen und Sachverständige gelistet, die sich im Bereich des energieeffizienten Bauens qualifiziert haben. Deren Bildungshintergrund, Zusatzqualifizierungen und die dortige Leistung bieten die Möglichkeit, Bauherren den Zugang zu Fördermitteln des Bundes (BAFA und KfW) zu ermöglichen. Welche Wege es hierzu gibt, welche Voraussetzungen notwendig sind und welches Angebot Sie zukünftig von der Hochschule für Technik in Kooperation mit der Akademie der Ingenieure erwartet, erfahren Sie in diesem Vortrag.

Herzlich willkommen zum

## **SOMMERKOLLOQUIUM BAUPHYSIK**

Qualifizierungswege in die Energie-  
Effizienz-Expertenliste für  
Förderprogramme des Bundes

Jochen Lang  
Geschäftsführer AkadIng



**AKADEMIE DER INGENIEURE**

- Die Akademie
- Hintergrund: DENA, BAFA, KfW & Co.
- Anforderungen
- Bildungsstruktur: der Weg in die „**Liste**“
- Charakteristika: Praxis- und Anwendungswissen
- Perspektive: Angebot HfT + AkadIng

## Inhalte



**AKADEMIE DER INGENIEURE**  
bundesweit – persönlich -praxisnah





Akademiesitz:

Ostfildern/Stuttgart

Tätigkeit:

bundesweit an über 50  
Standorten/online

Zertifizierung:

DIN EN ISO 9001:2015

Süßigkeiten:

490 kg / Jahr 😊

- 
- Weiterbildung im Bau- und Planungswesen
  - Inhouse-Trainings
  - Bildungsplanung
  - Fachkräfte-Gewinnung + -entwicklung
  - Online-Lernplattformen

## Die Akademie



**AKADEMIE DER INGENIEURE**  
bundesweit – persönlich -praxisnah

## Kategorien Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten

<b>EBW</b>	Energieberatung für Wohngebäude (BAFA)
<b>BEG WG</b>	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude
- BEG WG EH	- Effizienzhaus
- BEG WG EM	- Einzelmaßnahmen
<b>BEG NWG</b>	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude
- BEG NWG EG	- Effizienzgebäude
- BEG NWG EM	- Einzelmaßnahmen
<b>BEG WG DM</b>	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude Denkmal
<b>BEG NWG DM</b>	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude Denkmal
<b>EBN</b>	Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (BAFA)
- EBN DIN 16247	- Energieberatung Anlagen, Systeme – Energieaudit DIN 16247
- EBN DIN 18599	- Energieberatung für NWG DIN 18599
- Contracting-OB	- Contracting-Orientierungsberatung



Quelle: <https://www.energie-effizienz-experten.de/>

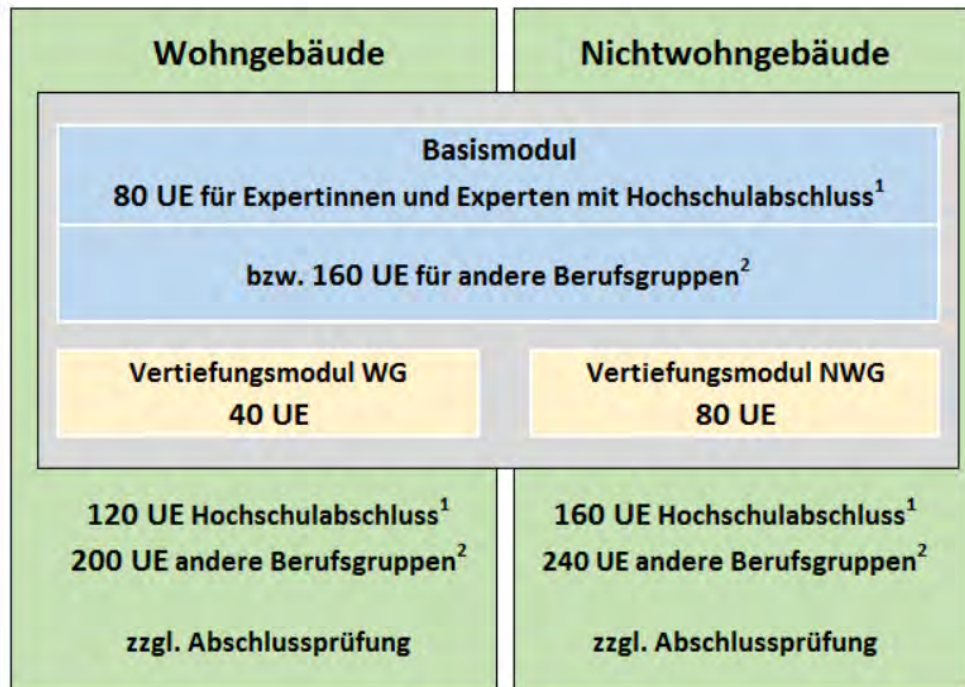
- Wohngebäude
  - Nichtwohngebäude + Energieaudit
  - Denkmal
- 72 Seiten Regelheft mit Anforderungen!

## Hintergrund



**AKADEMIE DER INGENIEURE**  
bundesweit – persönlich -praxisnah

# Anforderungen



Quelle: <https://www.energie-effizienz-experten.de/>

- Akademiker
- Meister, Techniker, Handwerk
- „Quereinsteiger“



**AKADEMIE DER INGENIEURE**  
bundesweit – persönlich -praxisnah

## Basis-Modul WG + NWG

80 UE

Ausstellung von Energieausweisen, Grundlagenwissen Bauphysik,  
Anlagentechnik, Beratung



Vertiefungs-Modul WG  
40 UE

Vertiefungsmodul NWG  
80 UE

Energieberatung, Berichterstellung,  
iSFP, Effizienzhausplanung

Nichtwohnungsbau, Energieaudit,  
BAFA-Programme

Vertiefungsmodul Denkmal  
80 UE

## Bildungsstruktur



**AKADEMIE DER INGENIEURE**  
bundesweit – persönlich – praxisnah



## Nachhaltigkeitsklasse NH

- Förderung im Rahmen BEG im Neubau bis Ende 2022 nur möglich, wenn NH-Klasse erreicht wird.
- Gebäude benötigt eine Nachhaltigkeitszertifizierung und zusätzlich müssen Anforderungen an das QNG erfüllt werden.
- Nachhaltigkeitsauditor/-koordinator muss Bewertung durchführen und durch eine Zertifizierungsstelle prüfen lassen

– noch undefinierte Anforderungen!



Informationsseminar am 27.06.2022 in  
Kooperation mit Bundesamt für Bauwesen

## Bildungsstruktur



AKADEMIE DER INGENIEURE  
bundesweit – persönlich – praxisnah

- Praxisnähe
- akkreditierte Zertifikatslehrgänge
- vorbereitender Software-Workshop
- Projektarbeit, Workshop, schriftl. Prüfung
  - 1000 Fragen-Pool
- Live-Training – keine „Konserve“
- Experten-Referententeam

## Charakteristika: Praxis- und Anwendungswissen



- Anerkennung bereits absolvierter Lernmodule der HfT
- kompakte Ergänzungsmodule
- Inhouse-Trainings für Büros/Unternehmen
- individuelle Begleitung – viele Ausnahmefälle
- Bildungsmodule für Re-Listung
- Lehrgangsmodule Nachhaltiges Bauen

## **Perspektive: Angebot HfT und AkadIng**



Akademie der Ingenieure AkadIng GmbH  
Gerhard-Koch-Straße 2  
73760 Ostfildern

Tel.: 0711 21 95 75 -92

[j.lang@akademie-der-ingenieure.de](mailto:j.lang@akademie-der-ingenieure.de)

**DANKE für Ihre  
Aufmerksamkeit**



**AKADEMIE DER INGENIEURE**  
bundesweit – persönlich – praxisnah