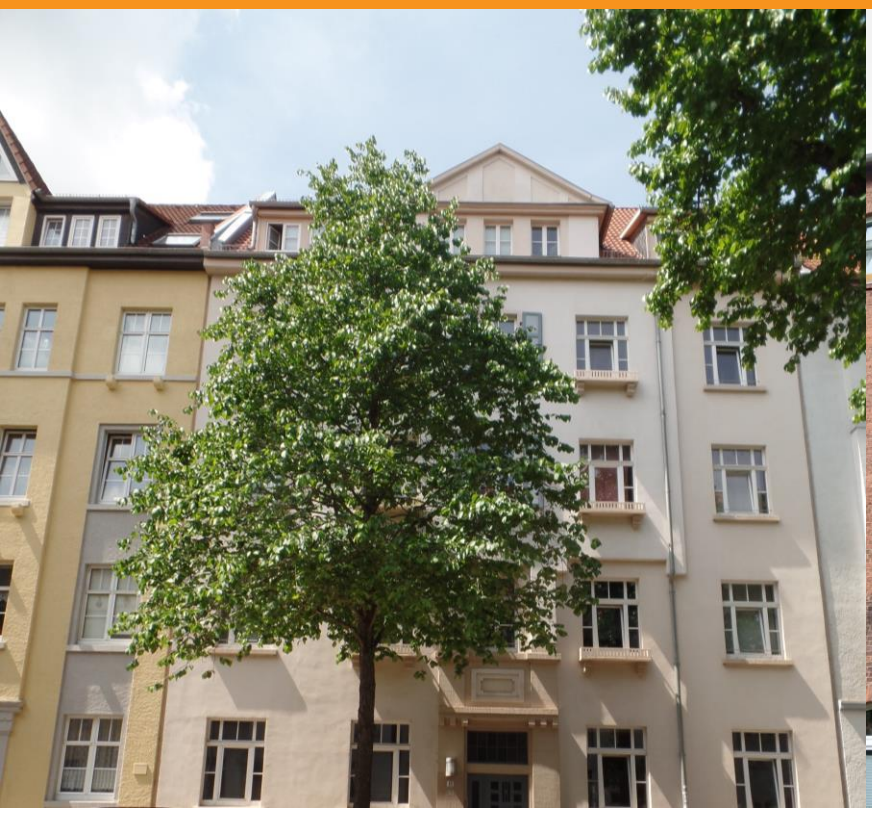
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

DLR Projektträger

HeatResilientCity

HeatResilientCity

Hitzeresiliente Stadt- und Quartiersentwicklung in Großstädten –
Bewohnerorientierte Wissensgenerierung und Umsetzung in Dresden und Erfurt



Gebäudesteckbrief

Mehrfamilienwohnhaus der Gründerzeit mit ausgebautem Dachgeschoss

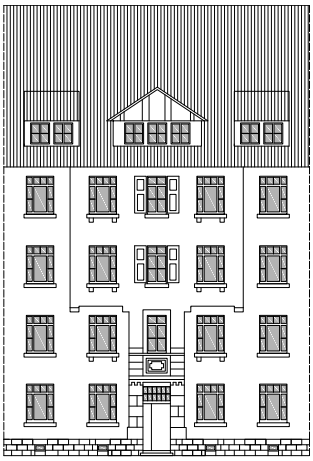
David Schiela, Christoph Schünemann, Stefanie Kunze

Der vorliegende Gebäudesteckbrief beinhaltet eine allgemeine Beschreibung des o.g. Gebäudetyps im Hinblick auf Baukonstruktion und Haustechnik, die Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes im Ist-Zustand anhand des Sonneneintragskennwerteverfahrens, der dynamisch-thermischen Gebäudesimulation und der Erfassung sowie Auswertung durchgeführter Messreihen. Anhand dieser werden dann geeignete Anpassungsmaßnahmen vorgestellt und deren Wirksamkeit als Einzelmaßnahme sowie in Form von Maßnahmenkombinationen dargestellt. Die Bewertung der Anpassungsmaßnahmen in Bezug auf deren technische Umsetzbarkeit, Wartungsaufwand, Wirtschaftlichkeit und Nutzerakzeptanz bilden den Abschluss dieses Gebäudesteckbriefes.

Dresden, Januar 2021

HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT DRESDEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

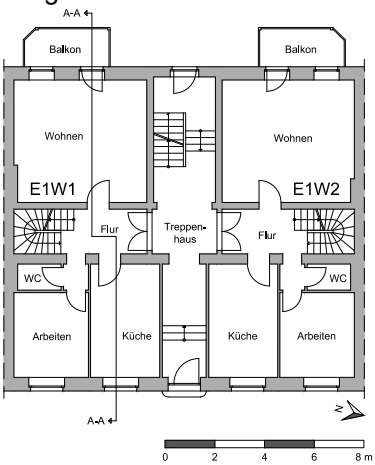
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung



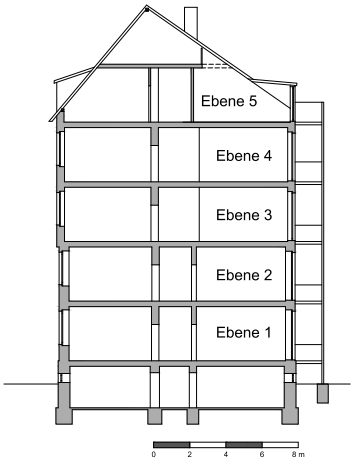
Allgemeine Gebäudebeschreibung

Bei dem Repräsentanten handelt es sich um ein im Jahr 1912 in geschlossener Blockrandbebauung errichtetes Mehrfamilienhaus der Gründerzeit. Kennzeichnend für den Baustil der Gründerzeit sind vor allem die mit vielfältigen Gestaltungselementen ausgeführten straßenseitigen Fassaden der Gebäude. So prägen in der Regel Gesimse und Gewände sowie Schmuckelemente das Erscheinungsbild der Gebäude. Die Fassaden der Hinterhöfe sind im Vergleich dazu schlichter und mit weniger Stilelementen ausgeführt. Im Hinblick auf die Baukonstruktionen sind vor allem das Ziegelmauerwerk und in den Wohnetagen realisierte Holzbalkendecken charakteristische Merkmale dieser Bauzeit.

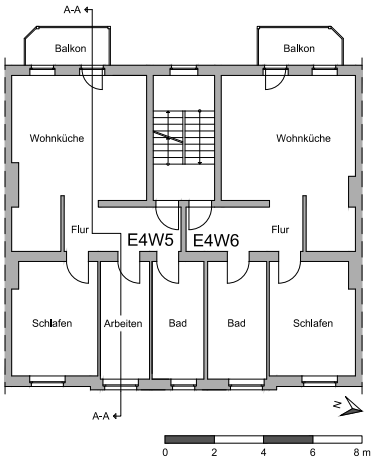
Erdgeschoss



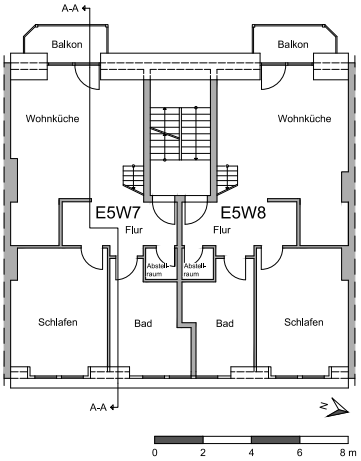
Schnitt A-A

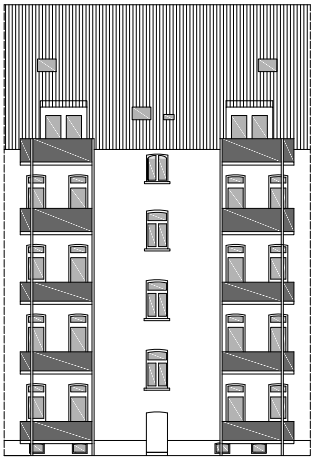


4. Gebäudeebene



Dachgeschoss





Baukonstruktion

Ein wesentliches Merkmal des Gebäudes ist das ausgebaute Dachgeschoss mit zwei als Maisonette-Wohnung ausgebildeten Wohneinheiten. Die Giebel- und Drempelwände des Dachgeschosses sind als Ziegelmauerwerk ausgeführt und mit einer 6 cm starken Innendämmung versehen. Zudem sind die Innenwände als Trockenbauwände konstruiert, sodass nur wenig Speichermasse im Dachgeschoss vorhanden ist. Die Außen- und Innenwände der Vollgeschosse sind im Vergleich dazu ausschließlich als Ziegelmauerwerk realisiert. Der Fußbodenaufbau besteht in den Wohngeschossen aus einer Wärme- und Trittschalldämmung, einem Trockenestrich und Bodenbelägen.

25. Januar 2021

KENNWERTE

Gebäudestruktur	
Bundesland	Thüringen
Stadt	Erfurt
Baujahr	1912
Bebauungsart	Mehrfamilienhaus in geschlossener Blockrandbebauung
Geschosse	Kellergeschoss (KG) Erdgeschoss (EG) 1.- 3. Obergeschoss (OG) Dachgeschoss (DG)
Dachform	Satteldach
Unterkellerung	vollunterkellert

Grundflächen, Rauminhalte und Flächenanteile	
Gebäudegrundfläche (GGF, m²)	190
Bruttorauminhalt (BRI, m³)	3694
Fensterflächenanteil (%) (bezogen auf die Grundfläche der Räume)	4-28

Nutzungen	
Kellergeschoss	Mieterkeller, Haustechnikräume
EG / 1. OG	2 Fünfzimmerwohnungen
2. - 3. OG	Jeweils 1 Drei- und 1 Zweizimmerwohnung
DG	2 Dreizimmerwohnungen

Geometrie und Höhenkoten	
Länge (m)	14,50
Breite (m)	13,05
Traufhöhe (m)	Straßenseite: ca. 14,50
OK FF EG (m)	0,00
OK Gelände (m)	Straßenseite: ca. -1,28

KONSTRUKTIONSDETAILS

Baukonstruktionen	
Gründung	Streifenfundamente
Fassade	*Straßenseite:* Putzfassade bzw. Naturstein im Sockelbereich; *Hofseite:* Klinkermauerwerk, Balkonanbauten
Fenster	Kunststofffenster; 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung; U_W = 1,80 W/m²K, g = 0,6
Dach	Satteldach; Pfettendachstuhl aus Holz; Dachsteindeckung
TGA	Zentrale Wärme- und Warmwasserversorgung, Gas

Obergeschosse	
Außenwände	Ziegelmauerwerk; 38 cm, 51 cm; U = 0,92-1,17 W/m²K
Innenwände	Ziegelmauerwerk bzw. Fachwerk / Trockenbauwand; 8-10 cm, 25 cm, 38 cm / 10 cm, 12,5 cm
Fußboden	Trockenestrich auf Dämmung mit Fliesen oder Laminat
Decke	Holzbalkendecke als Einschubde-
Treppe	Zweiläufige, gegenläufige Treppe mit Zwischenpodest; Betonwerksteintreppe

Erdgeschoss	
Außenwände	Ziegelmauerwerk; 51 cm; U = 0,92-0,94 W/m²K
Innenwände	Ziegelmauerwerk bzw. Fachwerk / Trockenbauwand; 8-10 cm, 25 cm, 38 cm / 10 cm, 12,5 cm
Fußboden	Trockenestrich auf Dämmung mit Fliesen oder Laminat; Stahlträgerdecke zu KG; U = 0,50 W/m²K
Decke	Holzbalkendecke als Einschubdecke
Innentreppe	Gegenläufig gewendelte U-Treppe aus Holz

Dachgeschoss	
Außenwände	Ziegelmauerwerk (25 cm) mit 6 cm Innendämmung; U = 0,42-0,45 W/m²K
Innenwände	Trockenbauwand; 12,5 cm
Fußboden	Trockenestrich auf Dämmung mit Fliesen oder Laminat
Dachkonstruktion	Pfettendachkonstruktion mit Zwischensparrendämmung; 16 cm U = 0,30 W/m²K
Innentreppe	Einläufige Holztreppe

SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ IST-ZUSTAND

Sonneneintragskennwerteverfahren nach DIN 4108-2:2013-02

Randbedingungen

- Standort Erfurt: Sommerklimaregion B
- Kritischer Raum: Arbeitszimmer im Erdgeschoss
  Grundfläche: 10,23 m²; Fensterflächenanteil: 28 %
  Fenster: Östliche Ausrichtung, Neigung von 90°, kein Sonnenschutz
- Wirksame Wärmespeicherkapazität: Schwere Bauart (ca. 132 Wh/(K*m²))
- Annahme einer erhöhten Nachtlüftung: n ≥ 2 h^{-1}

Nachweis: S_{zul} = 0,17 = S_{vor} = 0,17 Nachweis erfüllt!

Dynamisch-thermische Gebäudesimulation mit IDA ICE 4.8

Randbedingungen

Wetterdatensatz

Testreferenzjahr TRY [i]	$T_{Ø,Jahr}$ [°C]	$T_{Ø,Sommer}$ [°C]	T_{max} [°C]	T_{Summe} [Kh/a]	$I_{direkt,Σ}$ [kWh/m² a]	$I_{diffus,Σ}$ [kWh/m² a]
[1] Mittleres Jahr der Gegenwart	10,0	19,5	30,9	87.429,2	511,5	564,2
[2] Sommerfokussiertes Jahr der Zukunft	11,6	21,7	35,8	101.904,6	571,2	565,9

Innere Wärmeeinträge durch Personen, Geräte und Beleuchtung

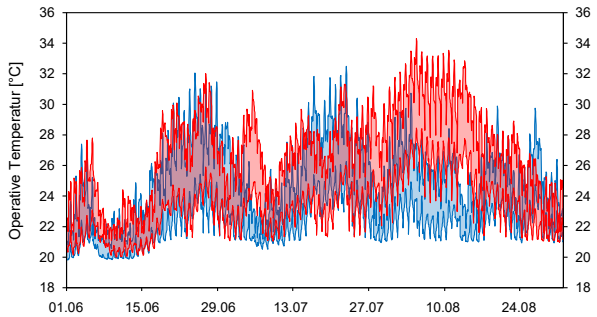
Profil	Anwesenheit des Nutzers	Summe der Wärmeeinträge pro Tag durch			Gesamtsumme der inneren Wärmeeinträge pro Tag
		Personen	Geräte	Beleuchtung	
Mittel	Berufstätig	43 Wh/m² d	53,5 Wh/m² d	3,5 Wh/m² d	100 Wh/m² d

Fensterlüftungsverhalten im Wohn- und Schlafzimmer

- Fenster ganz geöffnet: 7.00 Uhr - 8.00 Uhr & 21.00 Uhr - 23.00 Uhr; Innentüren geschlossen
- Fenster gekippt: 23.00 Uhr - 7.00 Uhr; Innentüren geschlossen
- Grundluftwechsel von 0,5 h^{-1}: 8.00 Uhr - 21.00 Uhr

Simulationsergebnisse

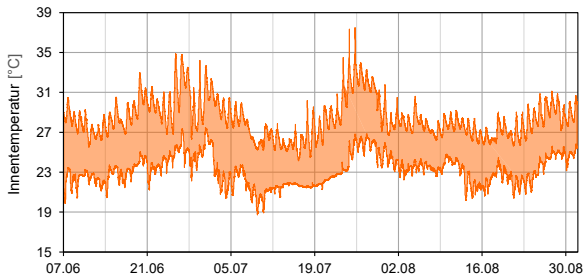
	TRY [1]	TRY [2]
Maximaltemperatur	26,3 - 32,5 °C	28,5 - 34,3 °C
Übertemperaturgradstunden		
Bezugswert 26 °C	0 - 1390 Kh	189 - 3421 Kh
Bezugswert 28 °C	0 - 366 Kh	2 - 1299 Kh
Überschreitungshäufigkeit		
Bezugswert 26 °C	0 % - 34 %	10 % - 60 %
Bezugswert 28 °C	0 % - 11 %	0 % - 31 %
Raumbezogener Heizwärme- und Kühlenergiebedarf		
Heizwärmebedarf	49 - 113 kWh/m²a	41 - 101 kWh/m²a
Kühlenergiebedarf	Keine aktive Kühlung im IST-Zustand	



Simulierter Temperaturbereich im Gebäude unter gegenwärtigen (blau) und zukünftigen (rot) Klimabedingungen

Erfassung und Auswertung von Innenraummessungen (Juni bis Oktober 2019)

Auswertungszeitraum: 07.06 - 07.10.2019	
Maximaltemperaturen	28,1 - 37,5 °C
Übertemperaturgradstunden (Bezugswert 26 °C)	51 - 3597 Kh
Überschreitungshäufigkeiten (Bezugswert 26 °C)	4 % - 67 %
Überschreitungshäufigkeiten (Bezugswert 28 °C)	0 % - 36 %



25. Januar 2021

ANPASSUNGSMASSNAHMEN

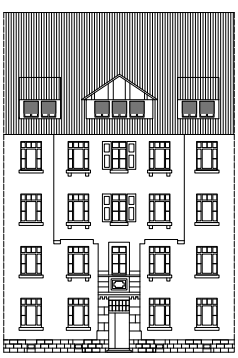
Strategie 1: Minderung der Wärmeeinträge (Dachgeschoss)

1.1 Senkrecht-Markisen an den östlichen und **Außenrollläden** an den westlichen Fenstern des **Dachgeschosses**

- F_c-Wert: 0,2 (Abminderungsfaktor für Fensterverglasung)
- Steuerung: Tagsüber sind die Verschattungen immer unten

1.2 Innenrollos an den östlichen und **Außenrollläden** an den westlichen Fenstern des **Dachgeschosses**

- F_c-Wert 0,6 (Innenrollos); 0,2 (Außenrollläden)
- Steuerung: Tagsüber sind die Verschattungen immer unten



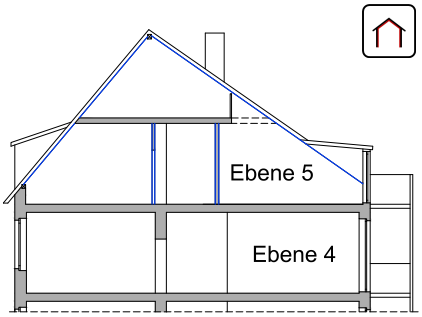
Strategie 2: Optimierung der Wärmespeicherfähigkeit (Dachgeschoss)

2.1 Verkleidung der Trockenbau-Innenwände im **Dachgeschoss** und der Dachschrägen mit **PCM-Gipskartonplatten**

- Innenwände: Beidseitige Doppelbeplankung (2,5 cm)
- Dachschrägen: Doppelbeplankung (2,5 cm)

2.2 Innenwände im **Dachgeschoss** als **Ziegelmauerwerk** und **keine Innendämmung** an der Giebelwand

- Innenwände als Ziegelmauerwerk: 15 cm
- Keine Innendämmung an den Giebelwänden



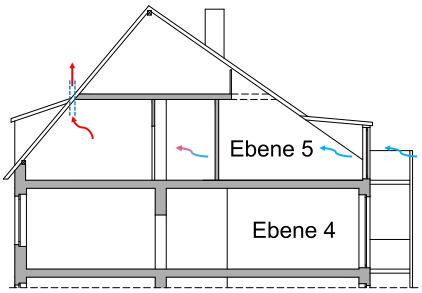
Strategie 3: Optimierung des Luftwechsels (Dachgeschoss)

3.1 Unterstützung des Luftwechsels durch eine Abluftanlage in den Badezimmern der Dachgeschosswohnungen

- **Luftwechsel: 1 h^{-1}**
- Steuerung: Innentemperatur > Außentemperatur
  Innentemperatur > 23 °C
- Annahmen: Fenster im Bad geschlossen, Innentüren mit Türschlitzen zwischen Türblatt und Fußboden

3.2 Unterstützung des Luftwechsels durch eine Abluftanlage in den Badezimmern der Dachgeschosswohnungen

- **Luftwechsel: 2 h^{-1}**
- Steuerung: Innentemperatur > Außentemperatur
  Innentemperatur > 23 °C
- Annahmen: Fenster im Bad geschlossen, Innentüren mit Türschlitzen zwischen Türblatt und Fußboden



Strategie 4: Kühlung (Alle Geschosse)

4.1 Aktive Kühlung ab einer Raumlufttemperatur von 26 °C vom 15. Mai - 15. September in Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmern

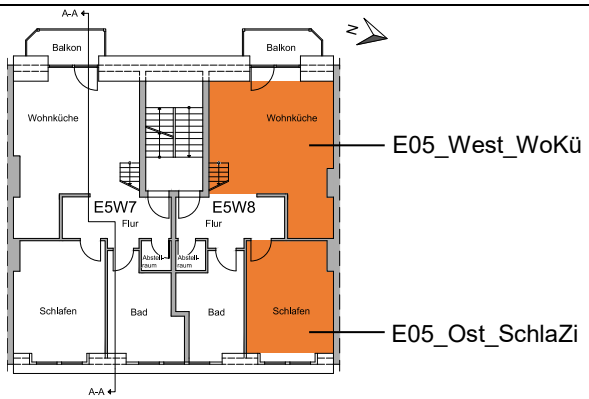
- Steuerung: Kühlung, wenn Innentemperatur > 26 °C
- Annahmen: Fenster geschlossen, Grundluftwechsel von 0,5 h^{-1}

4.2 Aktive Kühlung ab einer Raumlufttemperatur von 23 °C vom 15. Mai - 15. September in Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmern

- Steuerung: Kühlung, wenn Innentemperatur > 23 °C
- Annahmen: Fenster geschlossen, Grundluftwechsel von 0,5 h^{-1}

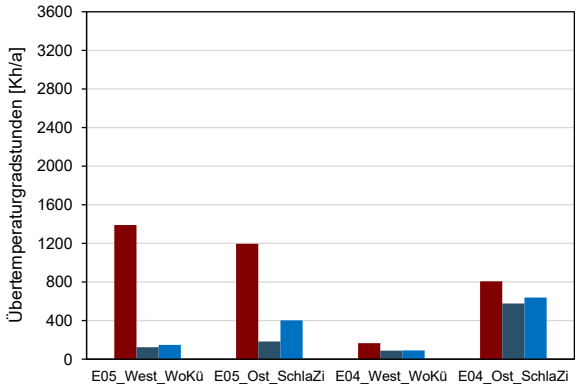
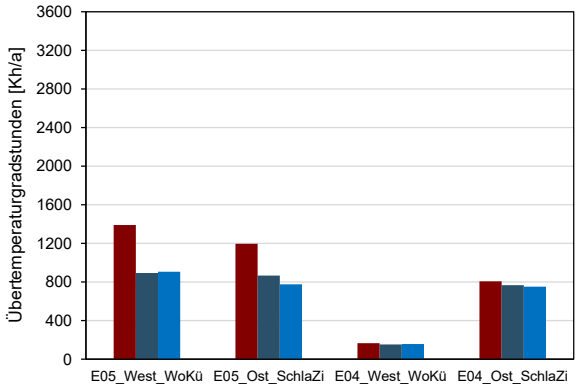
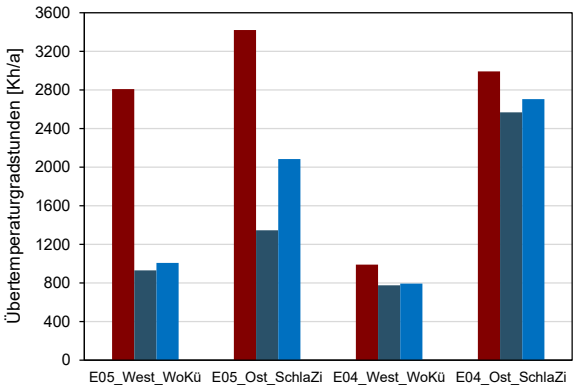
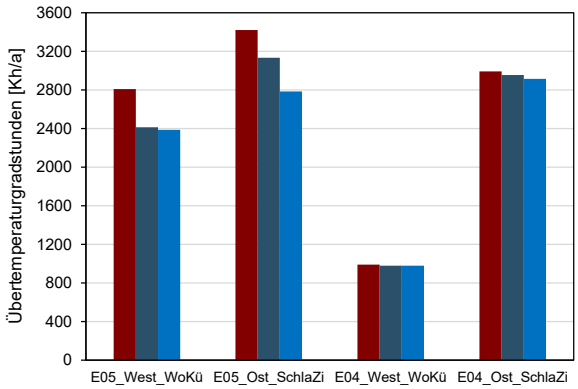
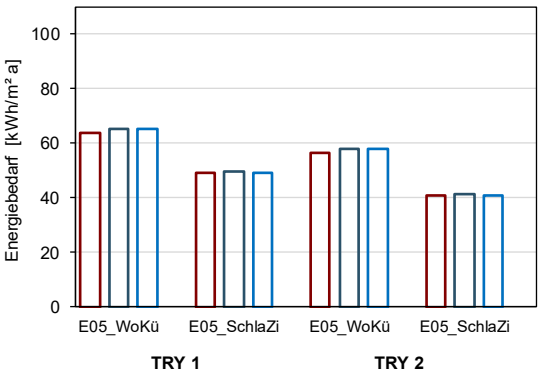
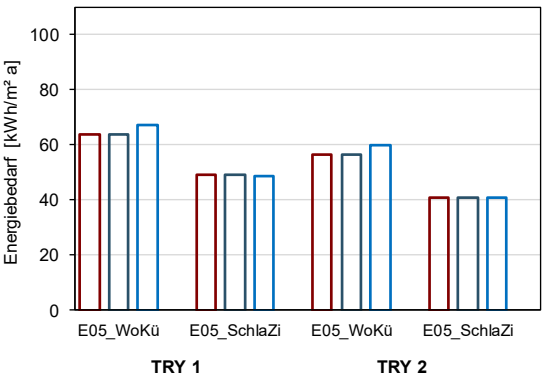
WIRKSAMKEIT VON EINZELMASSNAHMEN

Ausgewählte Räume zur Auswertung:



Legende

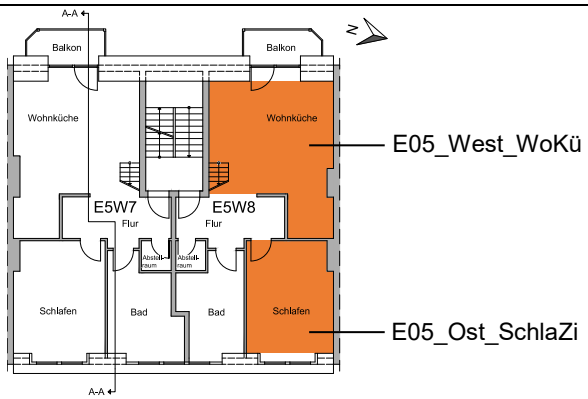
- IST-Zustand
- PLAN-Zustand i.1
- PLAN-Zustand i.2
- Heizwärmebedarf
- Kühlenergiebedarf

	Strategie 1	*Strategie 2*
Übertemperaturgradstunden ÜTG (Bezugstemperatur 26 °C)	*Gegenwärtig (TRY 1)*	*Gegenwärtig (TRY 1)*
		
	Zukünftig (TRY 2)	*Zukünftig (TRY 2)*
		
Heizwärme- und Kühlbedarf		

25. Januar 2021

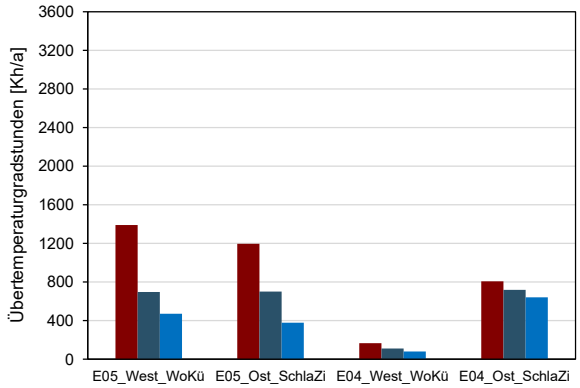
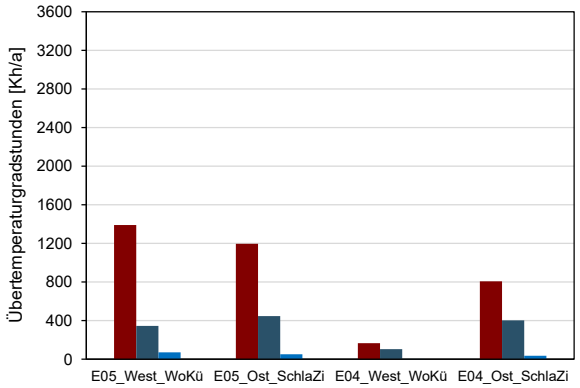
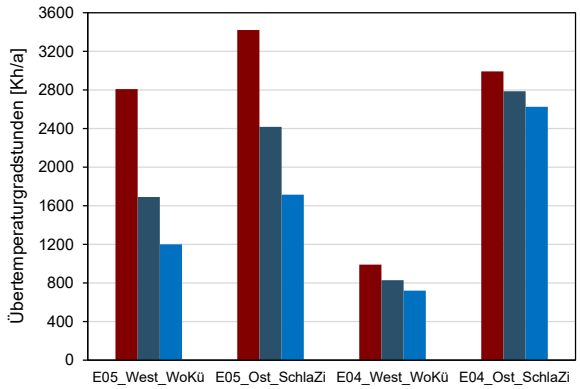
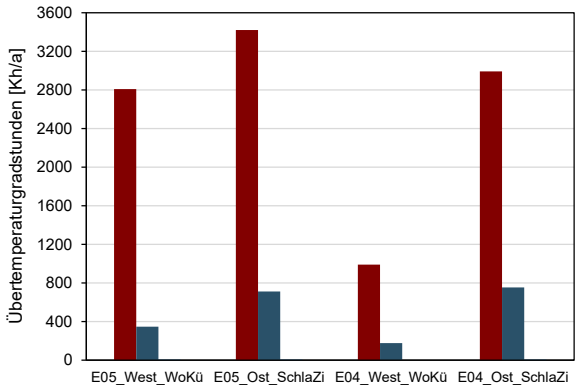
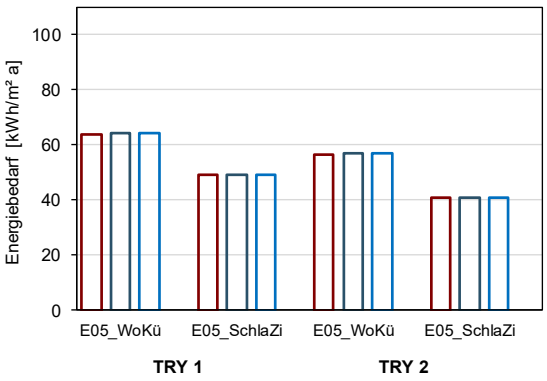
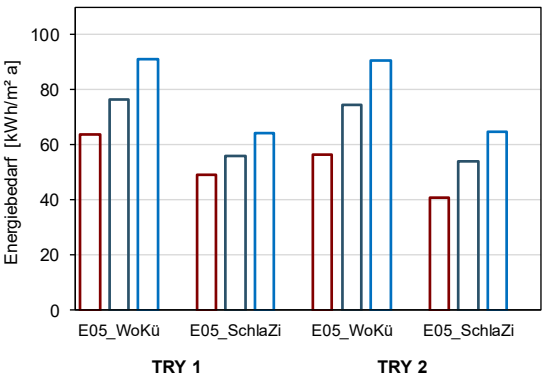
WIRKSAMKEIT VON EINZELMASSNAHMEN

Ausgewählte Räume zur Auswertung:



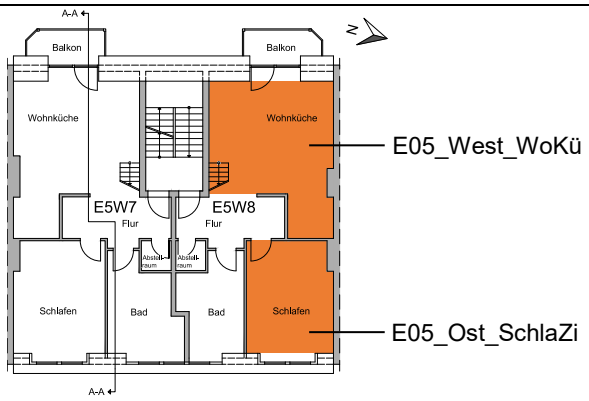
Legende

- IST-Zustand
- PLAN-Zustand i.1
- PLAN-Zustand i.2
- Heizwärmebedarf
- Kühlenergiebedarf

	Strategie 3	*Strategie 4*
Übertemperaturgradstunden ÜTG (Bezugstemperatur 26 °C)	*Gegenwärtig (TRY 1)*	*Gegenwärtig (TRY 1)*
		
	Zukünftig (TRY 2)	*Zukünftig (TRY 2)*
		
Heizwärme- und Kühlbedarf		

WIRKSAMKEIT VON MASSNAHMENKOMBINATIONEN

Ausgewählte Räume zur Auswertung:

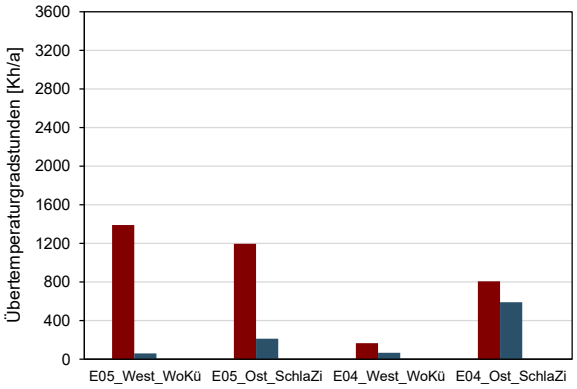


Legende

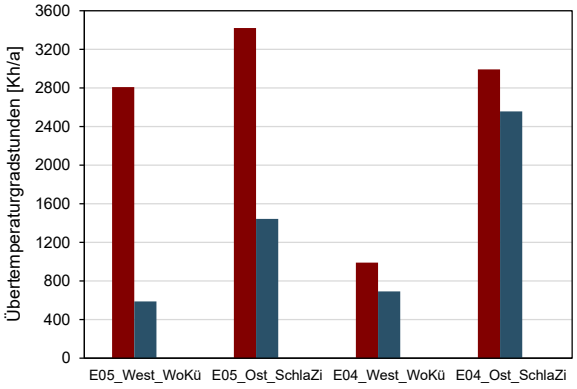
- IST-Zustand
- PLAN-Zustand Kombination
- Heizwärmebedarf
- Kühlenergiebedarf

Kombination 1.2 + 3.1

Gegenwärtig (TRY 1)

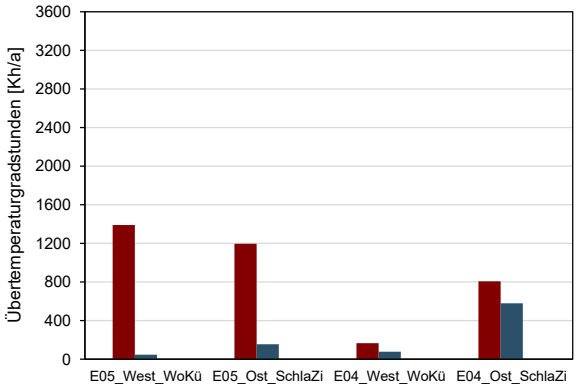


Zukünftig (TRY 2)

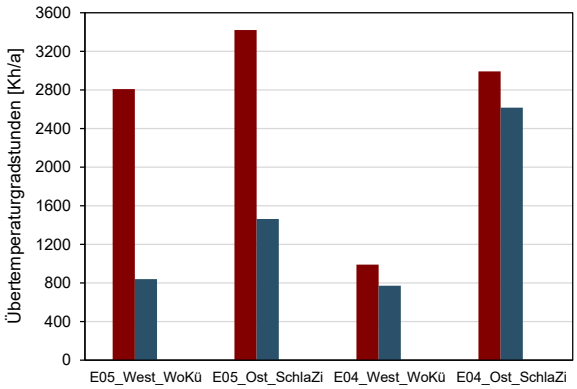


Kombination 1.2 + 2.2

Gegenwärtig (TRY 1)

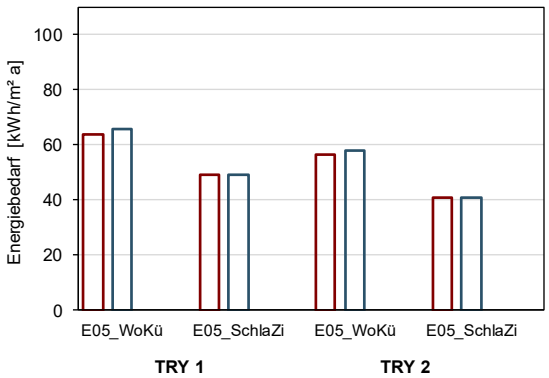


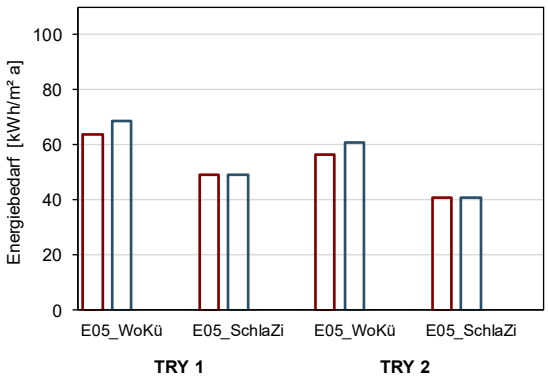
Zukünftig (TRY 2)



Übertemperaturgradstunden ÜTG (Bezugstemperatur 26 °C)

Heizwärme- und Kühlbedarf





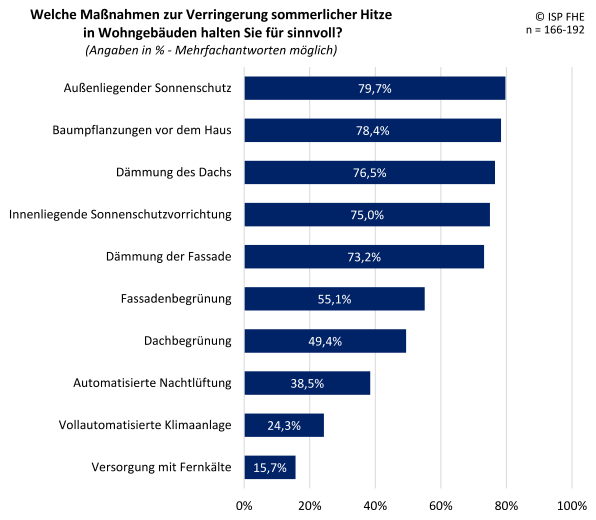
25. Januar 2021

BEWERTUNG DER ANPASSUNGSMASSNAHMEN

	Strategie 1	*Strategie 2*

Technische Umsetzbarkeit, Wartungsaufwand und Wirtschaftlichkeit	**Maßnahme 1.1**
	– Installation der **östlichen Senkrechtmarkisen** über ein Gerüst oder über eine Arbeitsbühne
	– Empfohlen wird für die Senkrechtmarkisen eine elektrische Steuerung mit integriertem Windwächter, da die Konstruktionen windanfällig sind
	– Anbau der **westlichen Rollläden** über die vorhandenen Balkone
	– Empfohlen wird für die Rollläden eine manuelle Steuerung, da der Windwiderstand hoch ist
	– Jährliche Reinigung und Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Verschattungseinrichtungen gemäß Herstellerangaben
	
	Wirtschaftlichkeit:
	– Angenommene Nutzungsdauer: 25 Jahre
	– Installationskosten: ~26.500 € (inkl. Umsatzsteuer)
	– Laufende Kosten für Wartung und Betrieb: **-**
	– Kosten für Reduktion der ÜTG (Zukünftig TRY 2):
	  – Gebäude-Mittel: 1,88 €/Kh
	  – Dachgeschoss-Mittel: 0,55 €/Kh
		Maßnahme 2.1
		– Hoher Bau- und Kostenaufwand zum Anbringen der **PCM Gipskartonplatten** an den Innenwänden im Dachgeschoss
		– Mieterinnen und Mieter müssen ihre Wohnung für Baumaßnahme verlassen, da hohe Staub- und Lärmbelastung
		
		Wirtschaftlichkeit:
		– Angenommene Nutzungsdauer: 50 Jahre
		– Installationskosten: ~49.000 € (inkl. Umsatzsteuer)
		– Laufende Kosten für Wartung und Betrieb: **-**
		– Kosten für Reduktion der ÜTG (Zukünftig TRY 2):
		  – Gebäude-Mittel: 10,03 €/Kh
		  – Dachgeschoss-Mittel: 2,82 €/Kh

	Maßnahme 1.2
	– Installation der **östlichen Innenrollos** über eine Schienen- oder Seilführung in die Fensterlaibung
	– Empfohlen wird für die Innenrollos eine manuelle Steuerung, da somit der Wartungsaufwand gering ist
	– Anbau der **westlichen Rollläden** über die vorhandenen Balkone
	– Empfohlen wird für die Rollläden eine manuelle Steuerung, da der Windwiderstand hoch und der Wartungsaufwand gering sind
	– Jährliche Reinigung und Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Verschattungseinrichtungen gemäß Herstellerangaben
	
	Wirtschaftlichkeit:
	– Angenommene Nutzungsdauer: 25 Jahre
	– Installationskosten: ~9500 € (inkl. Umsatzsteuer)
	– Laufende Kosten für Wartung und Betrieb: **-**
	– Kosten für Reduktion der ÜTG (Zukünftig TRY 2):
	  – Gebäude-Mittel: 0,76 €/Kh
	  – Dachgeschoss-Mittel: 0,22 €/Kh
		Maßnahme 2.2
		– Hoher Bau- und Kostenaufwand zur Errichtung der Innenwände aus **Ziegelmauerwerk** und zum **Entfernen der Innendämmung** im Dachgeschoss
		– Mieterinnen und Mieter müssen ihre Wohnung für Baumaßnahmen verlassen, da hohe Staub- und Lärmbelastung
		– Statische Reserven des Dachtragwerks bzw. der Geschossdecke müssen bei der Planung der Ziegelmauerwerk-Innenwände zwingend berücksichtigt werden
		
		Wirtschaftlichkeit:
		– Zu dieser Maßnahme können keine Angaben zur Wirtschaftlichkeit gemacht werden, da zunächst umfangreiche statische Überprüfungen des Tragwerks erforderlich sind.

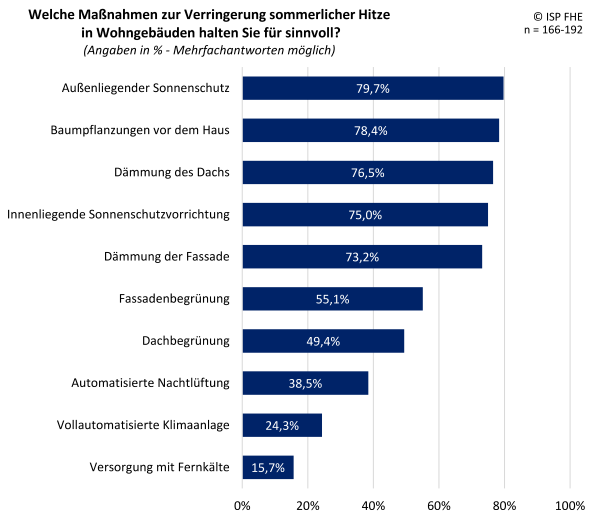
Nutzerakzeptanz		Zur Berücksichtigung der Nutzerakzeptanz von gebäudebezogenen Hitzeanpassungsmaßnahmen wurden vom Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation der Fachhochschule Erfurt (ISP) Befragungen in der Sommerperiode 2018 in Dresden-Gorbitz und in der Erfurter Oststadt durchgeführt. Ein wichtiger Bestandteil der Befragungen war u. a. die Frage, welche Maßnahmen an und in Wohngebäuden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer für sinnvoll halten. Aus den Befragungsergebnissen für die Erfurter Oststadt zeigt die links dargestellte Abbildung eine Priorisierung von ausgewählten baukonstruktiven sowie haustechnischen Anpassungsmaßnahmen.

BEWERTUNG DER ANPASSUNGSMASSNAHMEN

	Strategie 3	*Strategie 4*

Technische Umsetzbarkeit, Wartungsaufwand und Wirtschaftlichkeit	**Maßnahme 3.1**
	– Dachdurchbruch im Badezimmer zur Installation eines Dachventilators für die **Abluftanlage mit 1-fachen Luftwechsel**
	– Innentüren müssen Türschlitze zwischen Türblatt und Fußboden haben oder mit Lüftungsgittern versehen werden, damit ein Luftwechsel zwischen den Räumen stattfinden kann
	– Regelmäßige Wartung der Anlagen gemäß Herstellerangaben
	
	Wirtschaftlichkeit:
	– Angenommene Nutzungsdauer: 20 Jahre
	– Installationskosten: ~3000 € (inkl. Umsatzsteuer)
	– Laufende Kosten für Wartung und Betrieb: 140 €/a
	– Kosten für Reduktion der ÜTG (Zukünftig TRY 2):
	  – Gebäude-Mittel: 1,03 €/Kh
	  – Dachgeschoss-Mittel: 0,32 €/Kh
		Maßnahme 4.1 und 4.2
		– Zur **aktiven Kühlung ab T_{Luft} = 26 °C bzw. 23 °C** der Räume wird ein Klima-Splitgerät empfohlen
		– Dieses besteht aus einer Außeneinheit, die mit mehreren Inneneinheiten kombiniert werden kann
		– Bei der Planung ist die leichte Zugänglichkeit für Installation und Wartung, der Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung und die Lärmbelästigung während des Betriebes der Geräte zu beachten
		– Hoher baulicher Aufwand zur Installation der erforderlichen Leitungen im Dachgeschoss
		– Regelmäßige Wartung der Geräte gemäß Herstellerangaben
		
		Wirtschaftlichkeit:
		– Angenommene Nutzungsdauer: 20 Jahre
		– Installationskosten: ~4000 €/Gerät (inkl. Umsatzsteuer)
		– Jährliche Kosten für Wartung und Betrieb: 610 €/Gerät
		– Kosten für Reduktion der ÜTG (Zukünftig TRY 2):
		  – Gebäude-Mittel: 3,12 €/Kh (beispielhaft für die Maßnahme 4.1 mit einer Zieltemperatur von 26 °C für insgesamt 10 Klima-Geräte)
		  – Dachgeschoss-Mittel: 1,76 €/Kh (beispielhaft für die Maßnahme 4.1 mit einer Zieltemperatur von 26 °C für insgesamt 10 Klima-Geräte)

	Maßnahme 3.2
	– Dachdurchbruch im Badezimmer zur Installation eines Dachventilators für die **Abluftanlage mit 2-fachen Luftwechsel**
	– Innentüren müssen Türschlitze zwischen Türblatt und Fußboden haben oder mit Lüftungsgittern versehen werden, damit ein Luftwechsel zwischen den Räumen stattfinden kann
	– Regelmäßige Wartung der Anlagen gemäß Herstellerangaben
	
	Wirtschaftlichkeit:
	– Angenommene Nutzungsdauer: 20 Jahre
	– Installationskosten: ~3500 € (inkl. Umsatzsteuer)
	– Laufende Kosten für Wartung und Betrieb: 190 €/a
	– Kosten für Reduktion der ÜTG (Zukünftig TRY 2):
	  – Gebäude-Mittel: 0,82 €/Kh
	  – Dachgeschoss-Mittel: 0,25 €/Kh	

Nutzerakzeptanz		Zur Berücksichtigung der Nutzerakzeptanz von gebäudebezogenen Hitzeanpassungsmaßnahmen wurden vom Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation der Fachhochschule Erfurt (ISP) Befragungen in der Sommerperiode 2018 in Dresden-Gorbitz und in der Erfurter Oststadt durchgeführt. Ein wichtiger Bestandteil der Befragungen war u. a. die Frage, welche Maßnahmen an und in Wohngebäuden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer für sinnvoll halten. Aus den Befragungsergebnissen für die Erfurter Oststadt zeigt die links dargestellte Abbildung eine Priorisierung von ausgewählten baukonstruktiven sowie haustechnischen Anpassungsmaßnahmen.