



# Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion

Masterarbeit - Jakob Schulz

Energetische Sanierung eines denkmalgeschützten Fachwerkhäuses



## Ziele

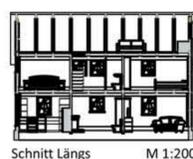
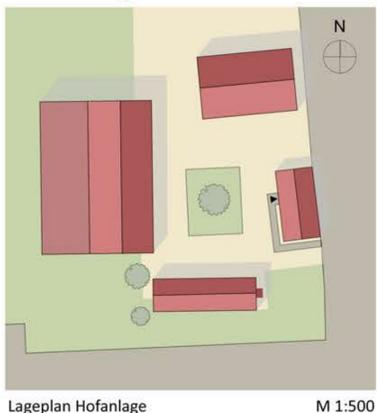
- Entwicklung passiver und aktiver Maßnahmen zur energetischen Optimierung des Gebäudes unter Berücksichtigung denkmalrechtlicher Vorgaben, bauphysikalischer Hintergründe, Kosten und Umweltwirkungen
- Erfüllung der Anforderungen an Effizienzklasse Denkmal
- Berücksichtigung der Ökobilanzen verwendeter Baustoffe
- Entwicklung eines Energiesystems basierend auf erneuerbaren Energieträgern und lokaler Erzeugung
- Abschätzen der Übertragbarkeit auf ähnliche Gebäude

## Bestandsaufnahme und Instandsetzung

Das Ellerhaus (Altenteil) ist ein Gebäude einer Hofanlage in Fachwerkbauweise. Nach jahrzehntelanger Nichtnutzung wird das Gebäude instandgesetzt, energetisch optimiert und mit einer modernen Anlagentechnik versehen. Im Bestandszustand sind keine Anlagen zur Wärme- oder Wasserversorgung vorhanden.

Der Stockwerkbau mit rechteckiger Grundfläche und Satteldach ist aus Erd-, Ober und Dachgeschoss aufgebaut.

Vor der energetischen Sanierung wird das Gebäude ohne nennenswerte Veränderungen am Erscheinungsbild instandgesetzt. Dabei bleibt die Originalsubstanz größtenteils erhalten.



Schnitt Längs M 1:200



Schnitt Quer M 1:200



Ansicht West M 1:200



Ansicht Süd M 1:200

Technische Universität Darmstadt Fachbereich Bauingenieurwesen Institut KGBauko	Inhalt der Zeichnung: <b>Grundriss EG - OG - DG</b>
Masterarbeit - Energetische Sanierung eines denkmalgeschützten Fachwerkhäuses	Beschreibung des Zeichnungsgegenstandes: <b>Ellerhaus</b>
Bearbeiter: Jakob Schulz	11.07.2022
Unterschrift: JS	Maßstab: 1:100 01

## Passive Maßnahmen

Für die thermische Optimierung der Bauteile der Gebäudehülle werden Varianten mit unterschiedlichen Materialien und Aufbauten entwickelt. Im Rahmen einer Nutzwertanalyse werden diese anhand der gewichteten Kriterien U-Wert, Kosten, Treibhauspotential, Primärenergiebedarf und Aufwand bewertet. Vorteilhaft schneiden Konstruktionen aus natürlichen/recyclten Materialien ab. Mit den Vorzugsvarianten werden Heizlast und Jahres-Energiebilanz erstellt.

**Dach**  $U=0,166 \text{ W/m}^2\text{K}$   $D=31,2 \text{ cm}$

Sparrenzwischenraum wird mit flexiblen Holzfasermatten gefüllt, zusätzlich entsteht eine gedämmte Installationsebene.

Nr.	Material	Dicke (m)
1	Ziegel	0,04
2a	Fichte	0,04
2b	Luft	0,04
3	Holzfasermatte	0,045
4a	Fichte	0,2
4b	Holzfasermatte	0,2
5	Dampfbremse PE	0,0002
6a	Fichte	0,04
6b	Holzfasermatte	0,04
7	Lehmbauplatte	0,025
8	Lehmputz	0,005

**Außenwand**  $U=0,456 \text{ W/m}^2\text{K}$   $D=30,0 \text{ cm}$

Diffusionsoffenes und kapillaraktives Innendämm-System mit Hanfwolle zwischen Holzlattung, beplankt von Lehmbauplatten mit Wandheizung.

Nr.	Material	Dicke (m)
1	Lehmputz	0,002
2	Lehmputz	0,003
3	Lehmbauplatte	0,025
4a	Hanf-Lehm-Schüttung	0,07
4b	Fichte	0,07
5a	Eiche	0,01
5b	Kalkputz	0,01
6a	Eiche	0,18
6b	Lehmausfachung	0,18
7a	Eiche	0,01
7b	Kalkputz	0,01

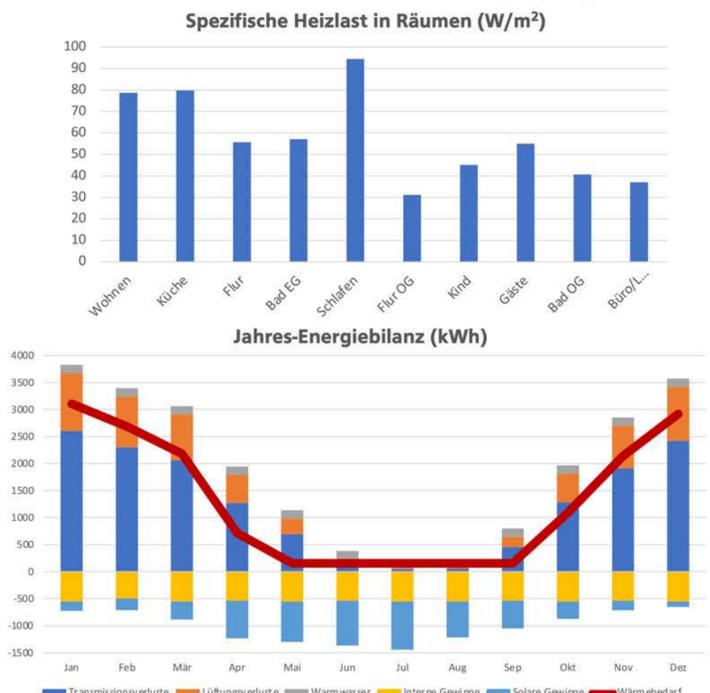
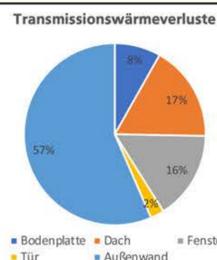
**Boden**  $U=0,237 \text{ W/m}^2\text{K}$   $D=23,7 \text{ cm}$

Glasschaumschotter bildet die untere Schicht, auf einer Hanf-Lehm-Schüttung liegt Dielenboden.

Nr.	Material	Dicke (m)
1	Fichte	0,03
2a	Fichte	0,04
2b	Hanf-Lehm-Schüttung	0,04
3	Hanf-Lehm-Schüttung	0,04
4	Polyesterfolie	0,001
5	Polyesterfaservlies	0,001
6	Glasschaumschotter	0,08
7	Polyesterfaservlies	0,002

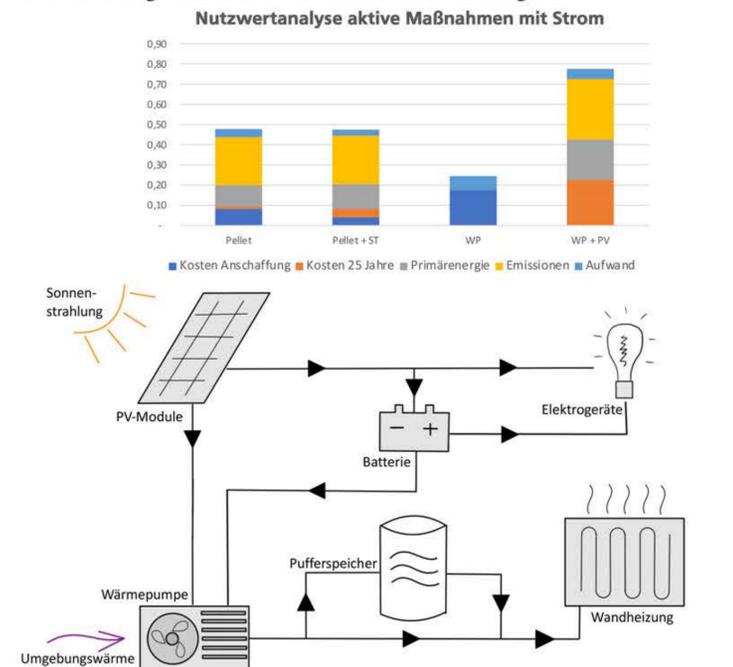
## Heizlast und Jahres-Energiebilanz

Die größten Transmissionsverluste treten über Außenwände auf. Zusammen mit Lüftungsverlusten ergibt sich die spezifische Heizlast in den Räumen. Sie ist besonders hoch, wenn die Räume von Außenbauteilen begrenzt werden. Die Jahresbilanz zeigt, dass im Sommer kaum Wärmeenergiebedarf besteht. Im Winter übersteigen die Verluste die Gewinne und verursachen ein Energiedefizit.



## Aktive Maßnahmen

Für die aktive Energieversorgung wurden Systeme auf Basis erneuerbarer Energien entwickelt und anhand der Kriterien Kosten, Emissionen, Primärenergiebedarf und Aufwand bewertet. Ein Pellet-Brennwertkessel mit und ohne Solarthermie sowie eine Wärmepumpe mit und ohne Photovoltaik wurde modelliert. Als geeignet präsentieren sich die Kombinationen mit solarer Unterstützung. Unter Berücksichtigung der Stromversorgung ist die Wärmepumpe mit PV die vorteilhafteste Variante. Sowohl ein Batterie- als auch ein Warmwasserspeicher kommen zum Einsatz. Die Heizwärme wird mit Wandheizungs-Elementen an die Räume übertragen.



## Bewertung nach GEG-Anforderungen

Für das Gebäude wird ein jährlicher Primärenergie-Bedarf von 43 kWh/m<sup>2</sup> erwartet. Zusammen mit dem spezifischen Transmissionswärmeverlust von 0,53 W/m<sup>2</sup>K werden die Anforderungen an den Effizienzhaus-Denkmal-Standard erfüllt und dank der Versorgung mit größtenteils erneuerbaren Energien auch die EE-Klasse erreicht. Limitierender Faktor bei der Optimierung sind die passiven Maßnahmen, da die Gebäudehülle material- und platzbedingt nicht unbegrenzt verbessert werden kann. Durch das erneuerbare und effiziente Anlagensystem kann der Bedarf jedoch auf eine umweltverträgliche und ökonomisch vertretbare Weise gedeckt werden.

Anforderungen nach GEG 2020	Ellerhaus	Höchstwert
Jahres-Primärenergiebedarf (kWh/m <sup>2</sup> )	43,28	117,51
Transmissionswärmeverlust (W/m <sup>2</sup> K)	0,53	0,56

