

**Für ein
gutes Klima
in der Stadt.**

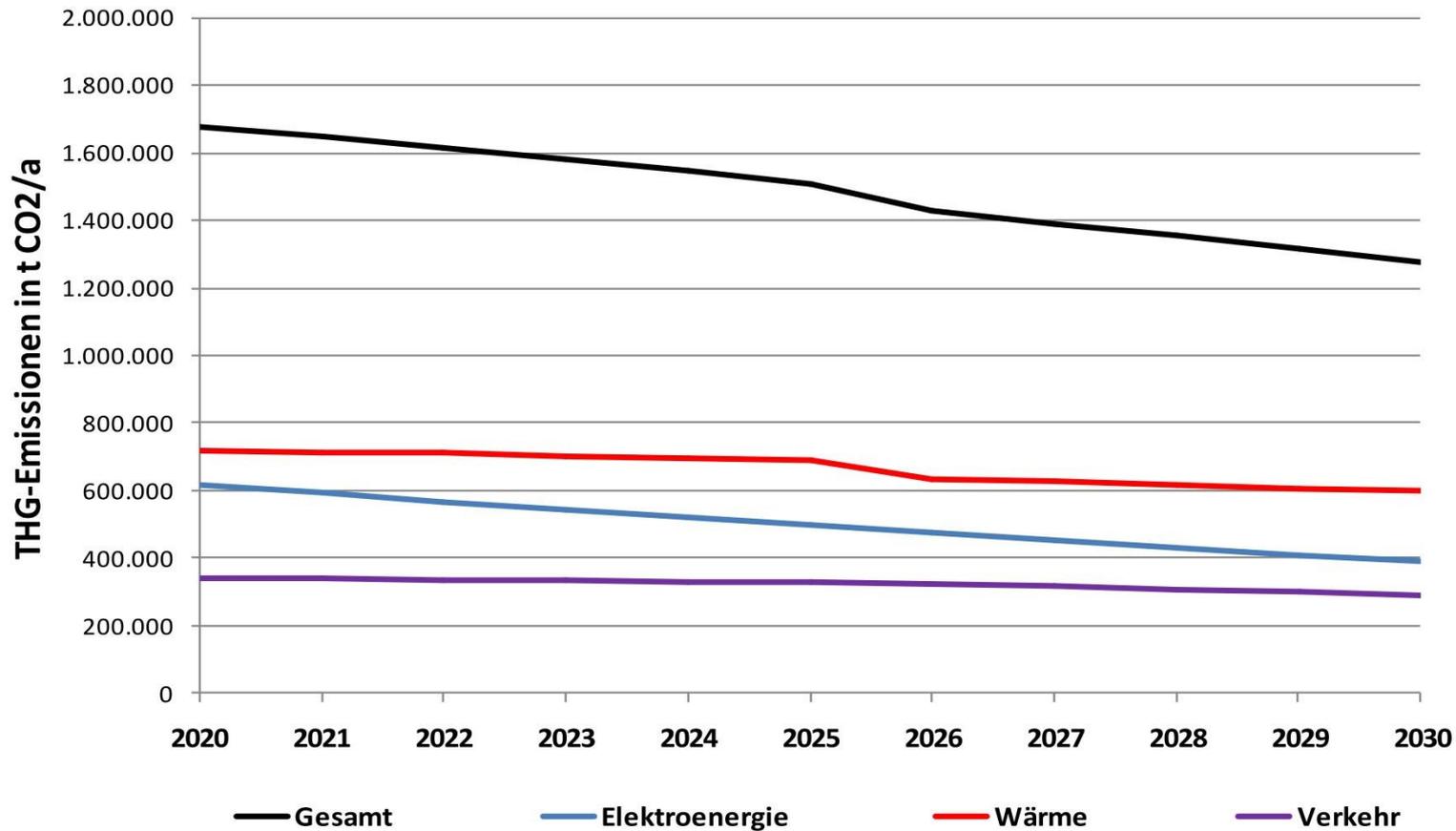
Augsburger Energiestandard

Standard für energieeffizientes Bauen und Sanieren

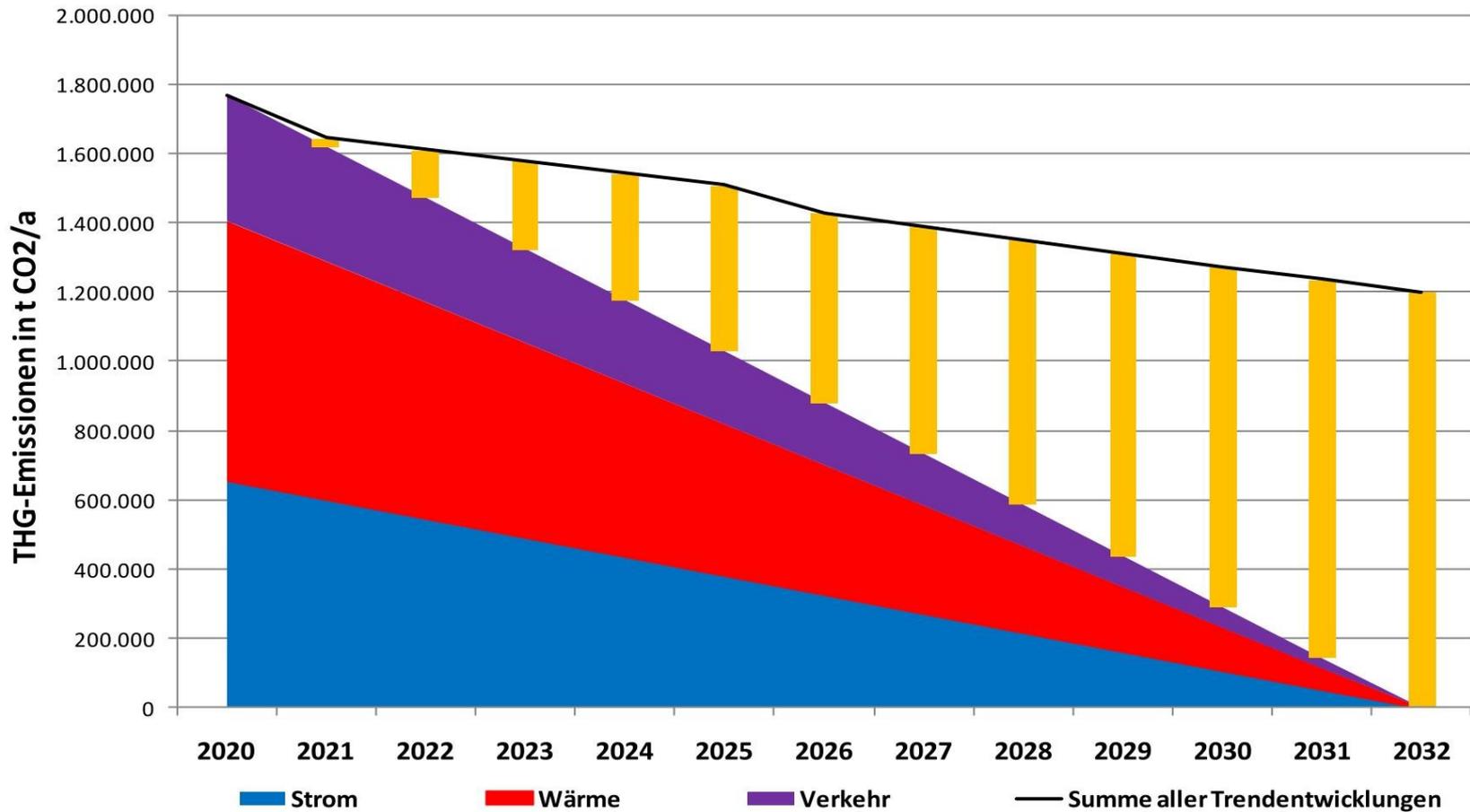
Anforderungen des Augsburger Energiestandards

	NEUBAU	BESTAND
Wohngebäude (Geschosswohnungsbau)	KfW Effizienzhaus 40 (Ausnahmen begründen ²⁾)	KfW Effizienzhaus 55 (Ausnahmen begründen ^{1) 2)})
Nichtwohngebäude	KfW Effizienzgebäude 40 (Ausnahmen begründen ²⁾)	KfW Effizienzgebäude 55 (Ausnahmen begründen ^{1) 2)})
Ausnahmeregelung staatlich geförderter Wohnungsbau¹⁾	KfW Effizienzhaus 55 Ausnahmen begründen	KfW Effizienzhaus 70 Ausnahmen begründen
	NEUBAU UND BESTAND	
Sonderfall Restriktionen Wärmeversorgung Wohngebäude/ Nichtwohngebäude²⁾	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeschutzanforderungen des jeweiligen KfW-Standards einhalten • Sonderfall begründen • nach 15 Jahren Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energieträger prüfen, mit dem Ziel, den KfW-Standard nachträglich zu erreichen 	

Prognose der THG-Emissionen in Augsburg 2020 bis 2030



Stadt Augsburg - Differenz zwischen Trends und Zielpfad



17

**PARTNERSCHAFTEN
ZUR ERREICHUNG
DER ZIELE**



Bachelor Thesis

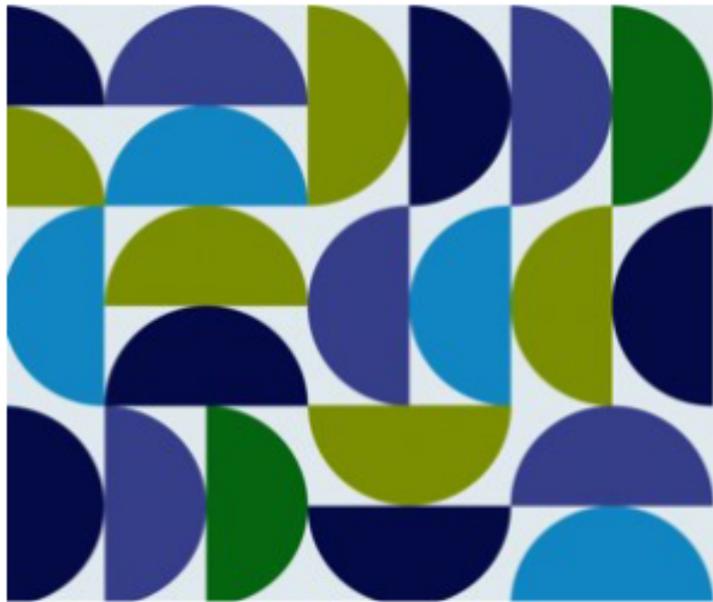
Aufgabenstellung

Profs. Martin Bauer Dirk Jacob und Michael Schmidt

Bachelor - Thesis

Bauen im Bestand – Energetische Sanierung:

Blue City – Klimaneutrale Elias-Holl-Grundschule Augsburg



**Für ein
gutes Klima
in der Stadt.**

Bildquelle: Blue City <https://www.augsburg.de/umwelt-soziales/umwelt/blue-city>

0

Gründe!



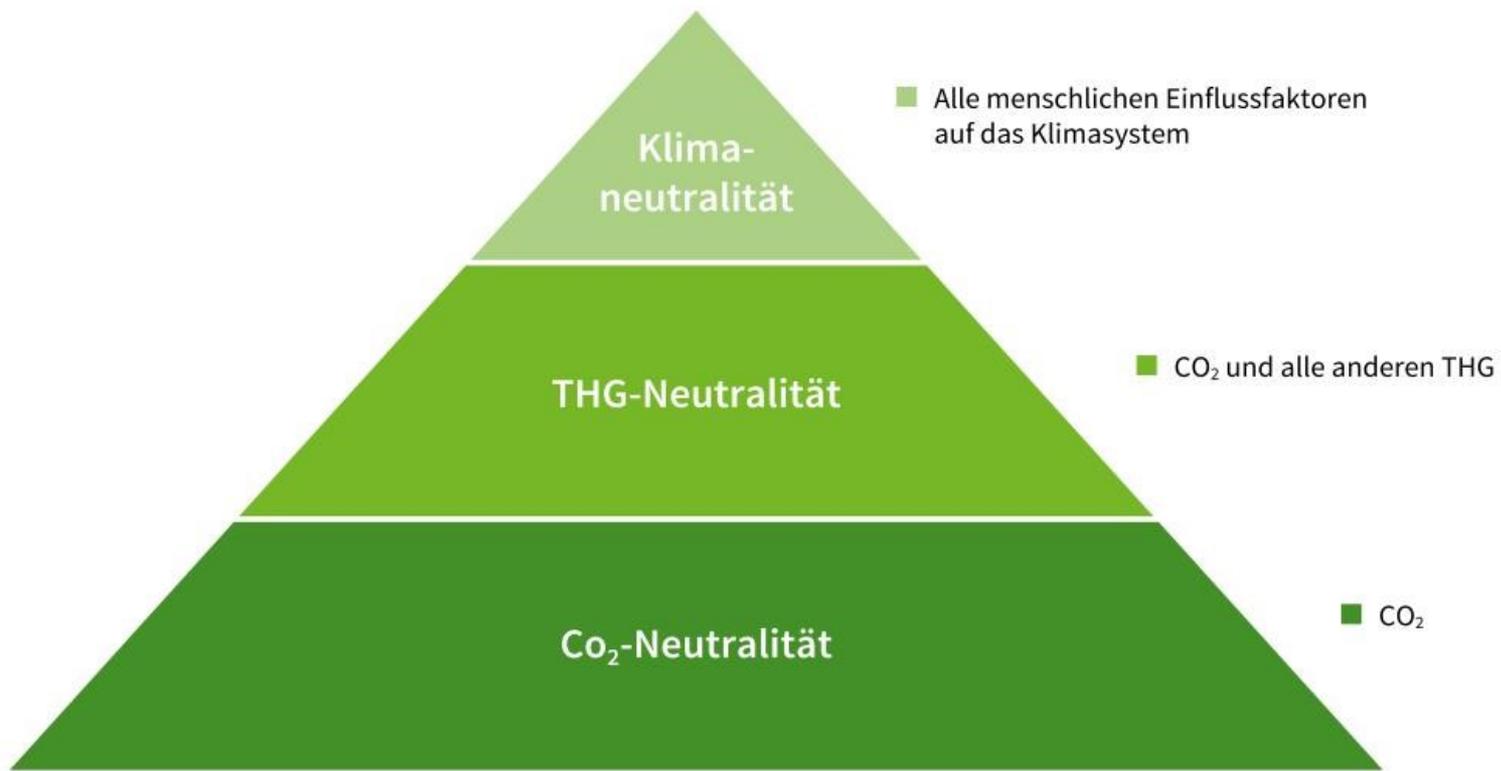
CO₂(-Äquiv.)

Treibhausgasneutralität (THG / GWP)

beschreibt den Zustand, in dem eine Balance aus Quellen und Senken aller im Kyoto-Protokoll und Doha Amendment definierten THG herrscht.

Treibhausgasneutralität beschreibt den Zustand, in dem eine Balance aus Quellen und Senken aller im Kyoto-Protokoll und Doha Amendment definierten THG herrscht. Da es bisher für Nicht-CO₂-THG kaum Negativemissionstechnologien gibt, erfordert auch das Erreichen der Treibhausgasneutralität ein Übererfüllen in Bezug auf CO₂ (eine netto-negative CO₂-Emissionsbilanz).

Definition Treibhausgasneutralität



Begriffe wie „Klimaneutralität“, „Treibhausgasneutralität“ oder „CO₂-Neutralität“ sind zu unterscheiden. Sie führen aufgrund ihrer unterschiedlichen Konzeptionen zu verschiedenen Resultaten beim Klimaschutz.

Unterscheidung zur Klimaneutralität



Nachhaltigkeit BNB

Übersicht Nachhaltigkeitskriterien

identische Inhalte *	Nachhaltigkeitskriterien	Bedeutungsfaktor	Gewichtung Gesamtbewertung
Ökologische Qualität		22,5%	
Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt			
	1.1.1 Treibhauspotenzial (GWP)	3	3,750%
	1.1.2 Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	1	1,250%
	1.1.3 Ozonbildungspotenzial (POCP)	1	1,250%
	1.1.4 Versauerungspotenzial (AP)	1	1,250%
	1.1.5 Überdüngungspotenzial (EP)	1	1,250%
BN	1.1.6 Risiken für die lokale Umwelt	3	3,750%
BN	1.1.7 Nachhaltige Materialgewinnung / Biodiversität	1	1,250%
Ressourceninanspruchnahme			
	1.2.1 Primärenergiebedarf	3	3,750%
UK	1.2.3 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	2	2,500%
BN	1.2.4 Flächeninanspruchnahme	2	2,500%
Ökonomische Qualität		22,5%	
Lebenszykluskosten			
	2.1.1 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	3	13,500%
Wertentwicklung			
	2.2.2 Anpassungsfähigkeit	2	9,000%
Soziokulturelle und funktionale Qualität		22,5%	
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit			
BN BK UK	3.1.1 Thermischer Komfort	3	2,500%
BN BK UK	3.1.3 Innenraumlufthygiene	3	2,500%
BN BK UK	3.1.4 Akustischer Komfort	2	1,667%
	3.1.5 Visueller Komfort	2	1,667%
	3.1.6 Einflussnahmemöglichkeiten durch Nutzer	2	1,667%
	3.1.7 Aufenthaltsmerkmale im Außenraum	2	1,667%
BN BK UK	3.1.8 Sicherheit	1	0,833%
	3.1.9 Innenraumqualität	3	2,500%
Funktionalität			
	3.2.1 Barrierefreiheit	2	1,667%
	3.2.4 Zugänglichkeit	2	1,667%
BN BK UK	3.2.5 Mobilitätsinfrastruktur	1	0,833%
Sicherung der Gestaltungsqualität			
BN	3.3.1 Gestalterische und städtebauliche Qualität	3	2,500%
BN	3.3.2 Kunst am Bau	1	0,833%
Technische Qualität		22,5%	
technische Ausführung			
	4.1.1 Schallschutz	2	4,500%
BN	4.1.2 Wärme- und Tauwasserschutz	2	4,500%
	4.1.3 Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit	2	4,500%
BN BK UK	4.1.4 Rückbau, Trennung und Verwertung	2	4,500%
BN BK UK	4.1.5 Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren	1	2,250%
BN BK UK	4.1.6 Bedienungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der TGA	1	2,250%
Prozessqualität		10,0%	
Planung			
	5.1.1 Projektvorbereitung	3	1,429%
	5.1.2 Integrale Planung	3	1,429%
BN BK UK	5.1.3 Komplexität und Optimierung der Planung	3	1,429%
BN BK UK	5.1.4 Ausschreibung und Vergabe	2	0,952%
BN BK UK	5.1.5 Voraussetzungen für eine optimale Bewirtschaftung	2	0,952%
Bauausführung			
BN BK UK	5.2.1 Baustelle / Bauprozess	2	0,952%
BN BK UK	5.2.2 Qualitätssicherung der Bauausführung	3	1,429%
BN BK UK	5.2.3 Systematische Inbetriebnahme	3	1,429%
Standortmerkmale		100,0%	
Standortmerkmale			
BN BK UK	6.1.1 Risiken am Mikrostandort	2	15,385%
BN BK UK	6.1.2 Verhältnisse am Mikrostandort	2	15,385%
BN BK UK	6.1.3 Quartiersmerkmale	2	15,385%
	6.1.4 Verkehrsanbindung	3	23,077%
BN BK UK	6.1.5 Nähe zu nutzungsrelevanten Einrichtungen	2	15,385%
BN BK UK	6.1.6 Anliegende Medien / Erschließung	2	15,385%

* Diese Kriteriensteckbriefe sind inhaltlich identisch mit den angegebenen Systemvarianten in folgenden Versionen: BN 2015, BK 2017 und UK 2017

Arbeiten- Vorstellung

Saskia Bäurle, Sarah Brandner, Sabrina Deubler, Pia Hofmann



Elias-Holl-Grundschule im Bestand



Elias-Holl-Grundschule im Bestand

Bachelorthesis



Sarah Brandner

Begrünte Fassade als Puffer
zu stark versiegeltem
Verkehrsübungsplatz

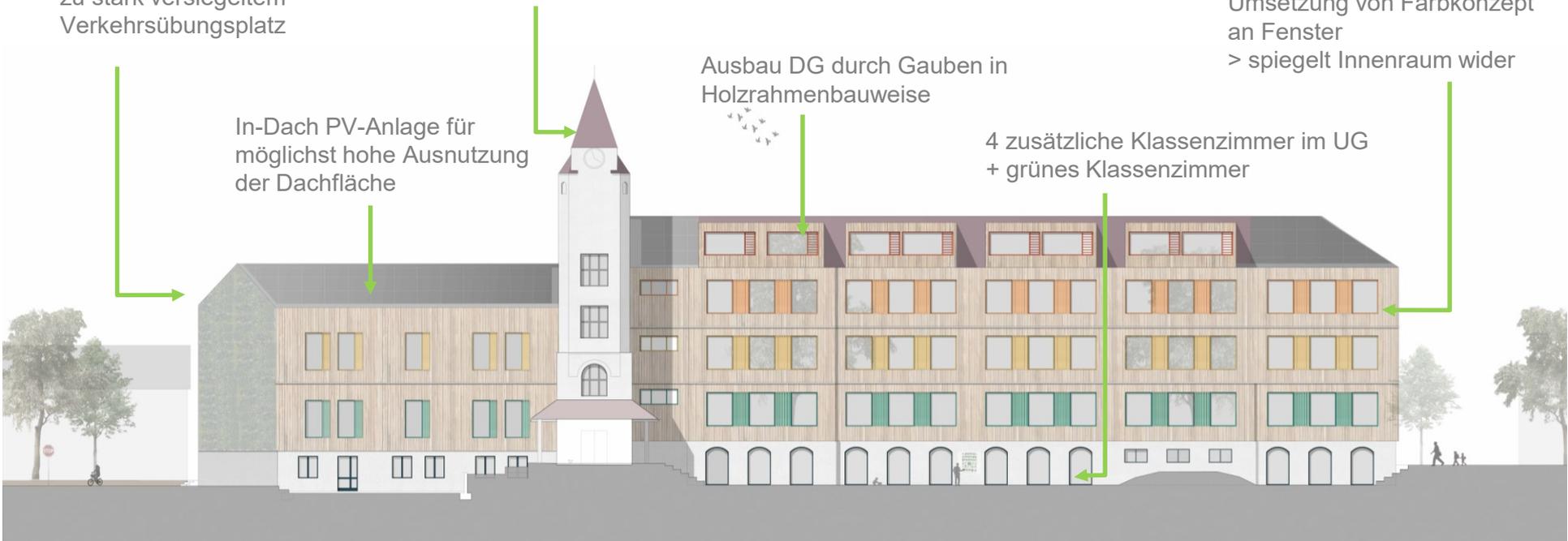
Sanierung Turm mit Putzfassade
> Erhalt von ursprünglichem Bild

Umsetzung von Farbkonzept
an Fenster
> spiegelt Innenraum wider

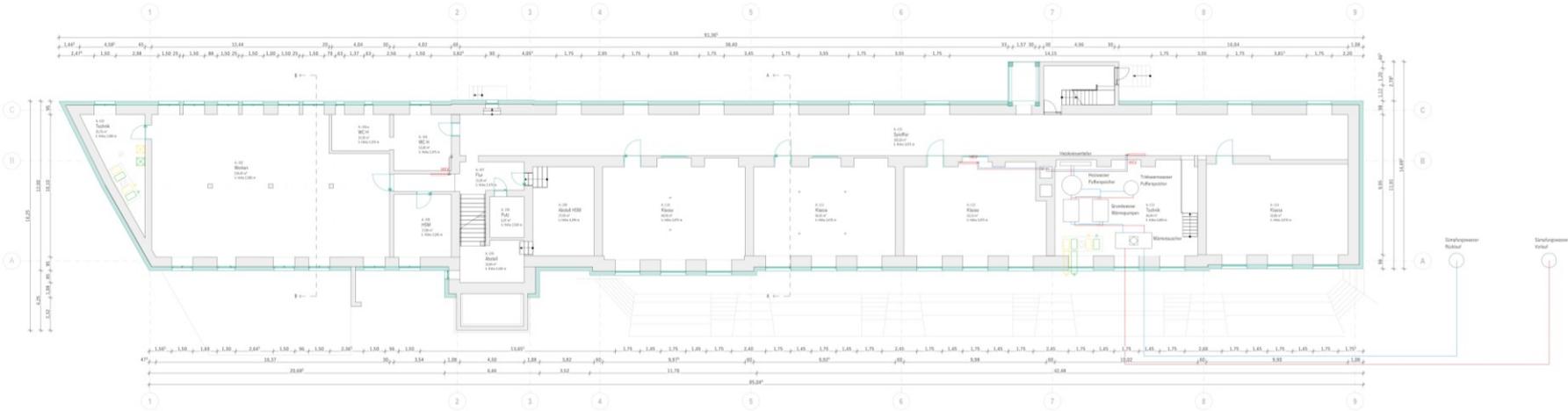
In-Dach PV-Anlage für
möglichst hohe Ausnutzung
der Dachfläche

Ausbau DG durch Gauben in
Holzrahmenbauweise

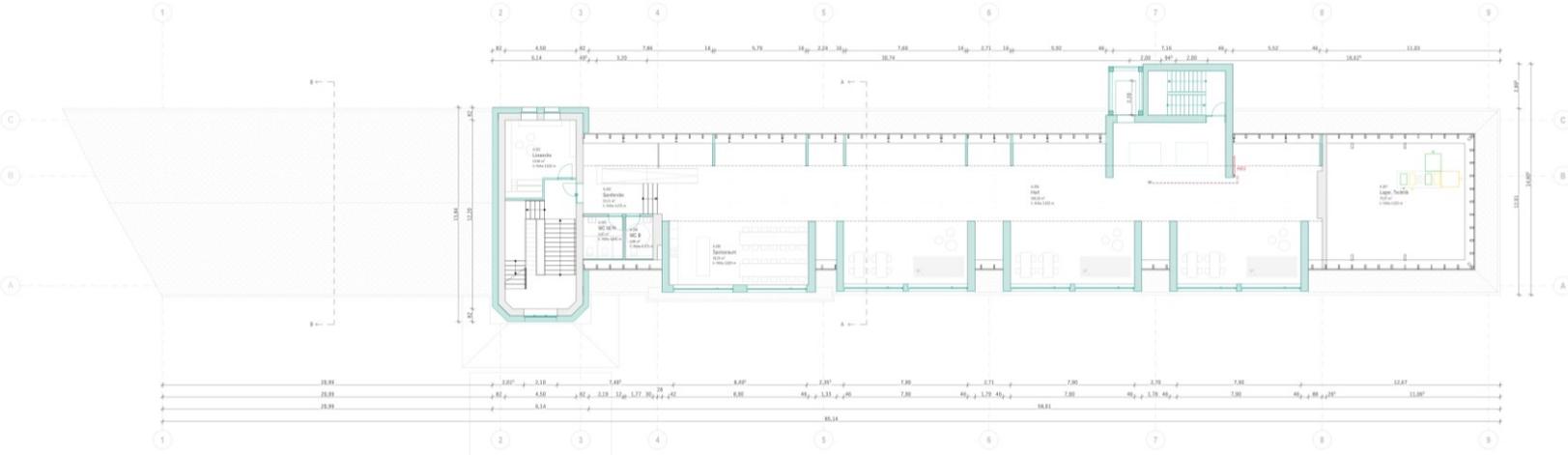
4 zusätzliche Klassenzimmer im UG
+ grünes Klassenzimmer



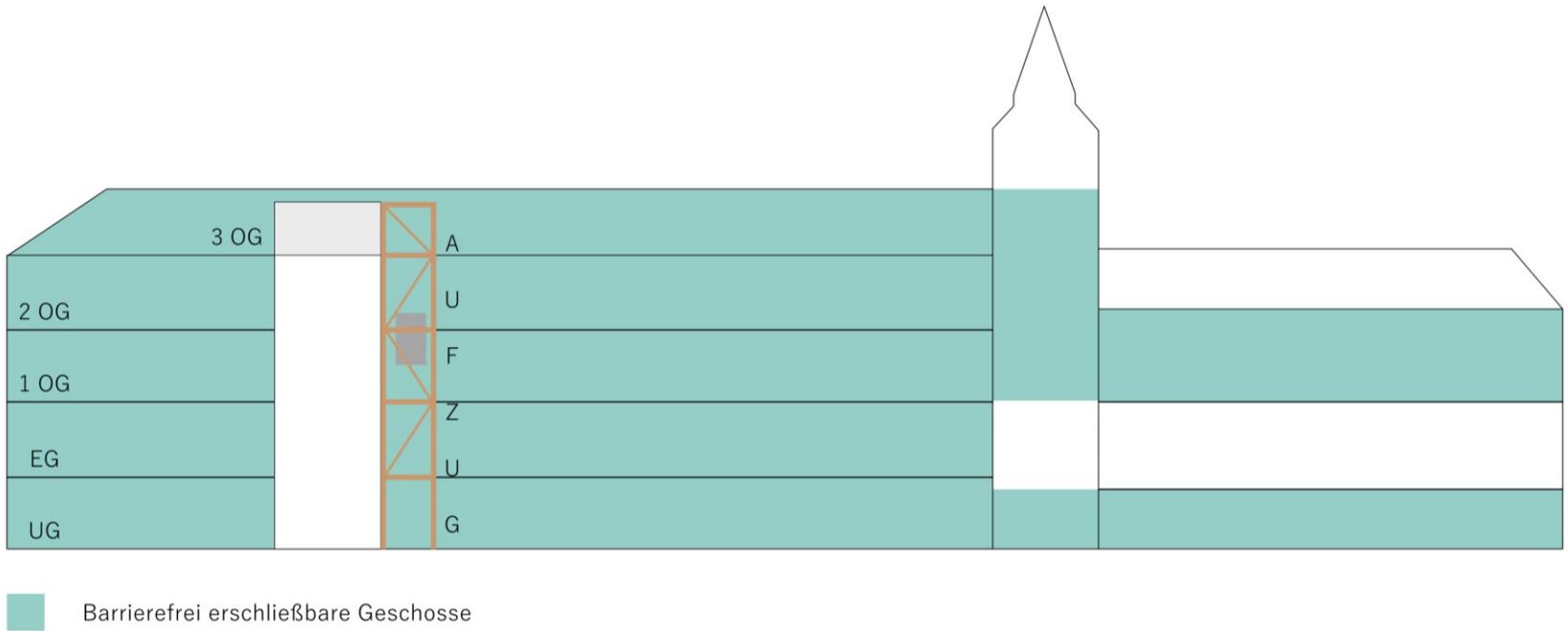
Ansicht Süd – Strategie der Suffizienz



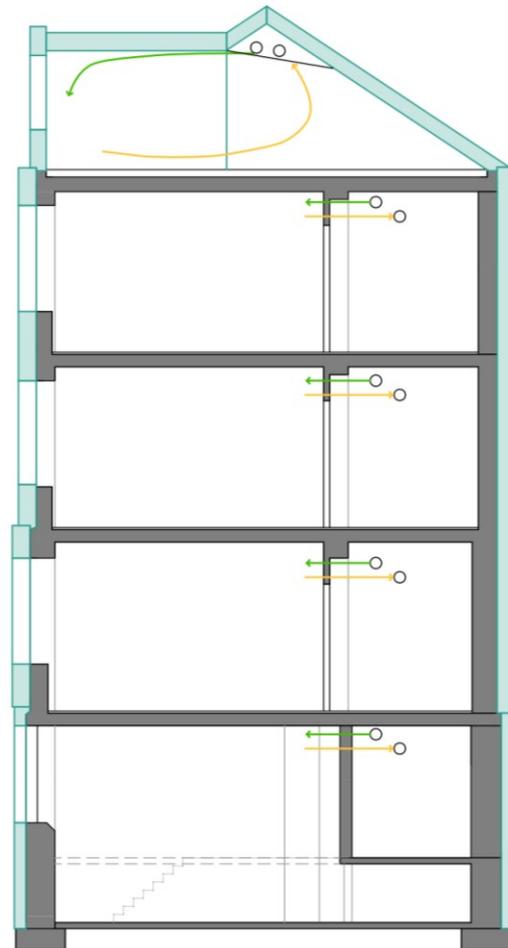
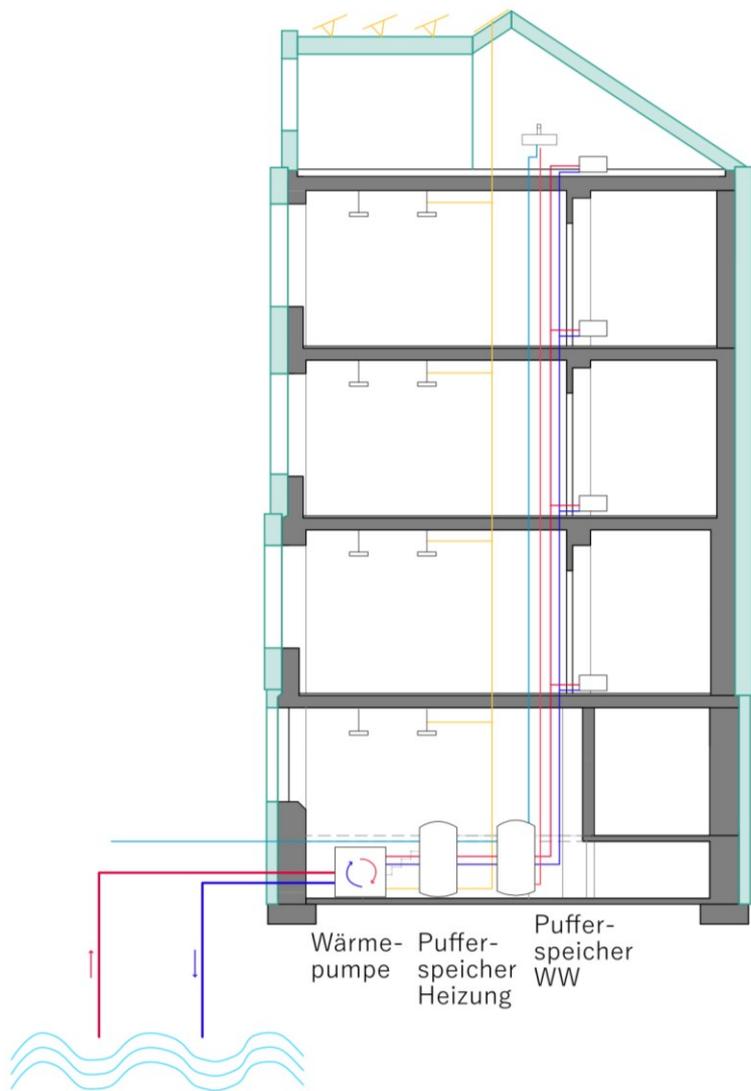
Grundriss UG



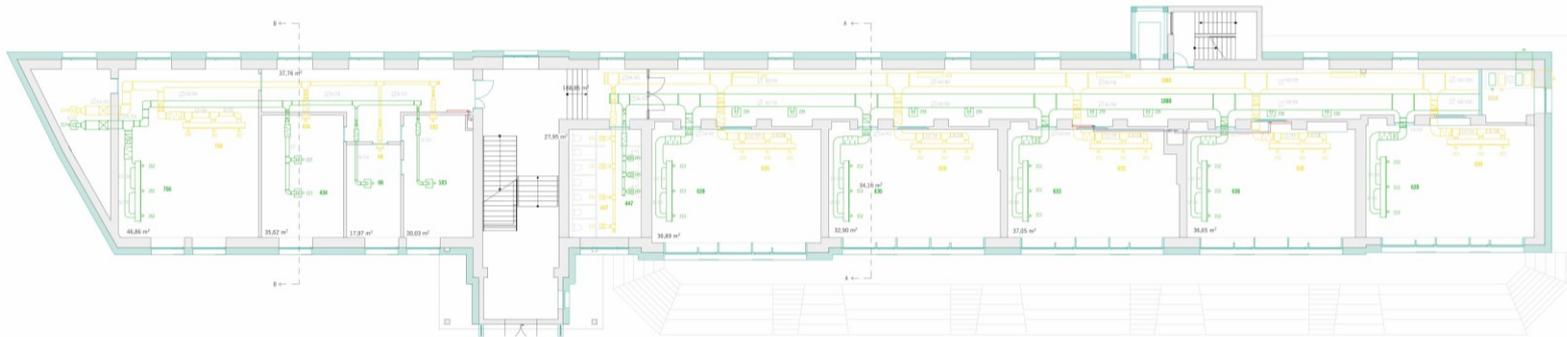
Grundriss 3. OG



Barrierefreiheit



Technikkonzept



Lüftungsverteilung

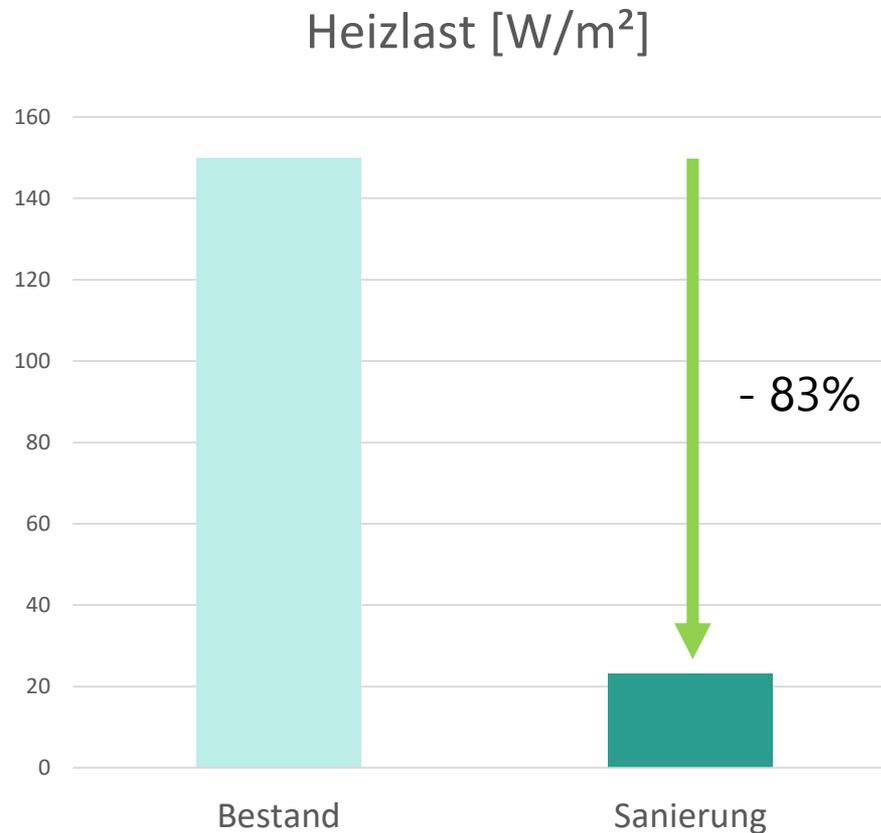
Energetische Kennwerte - Heizlast

Heizlast Bestand

150 W/m²

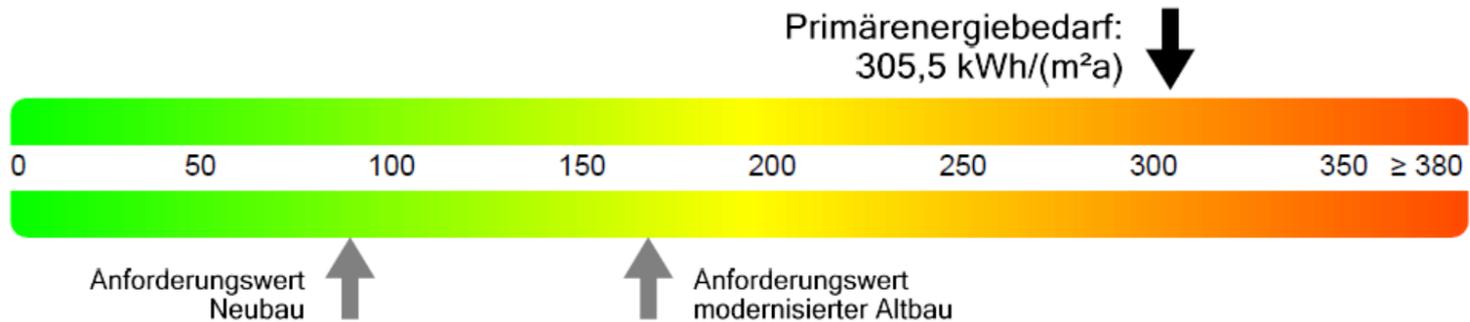
Heizlast Sanierung

23 W/m²

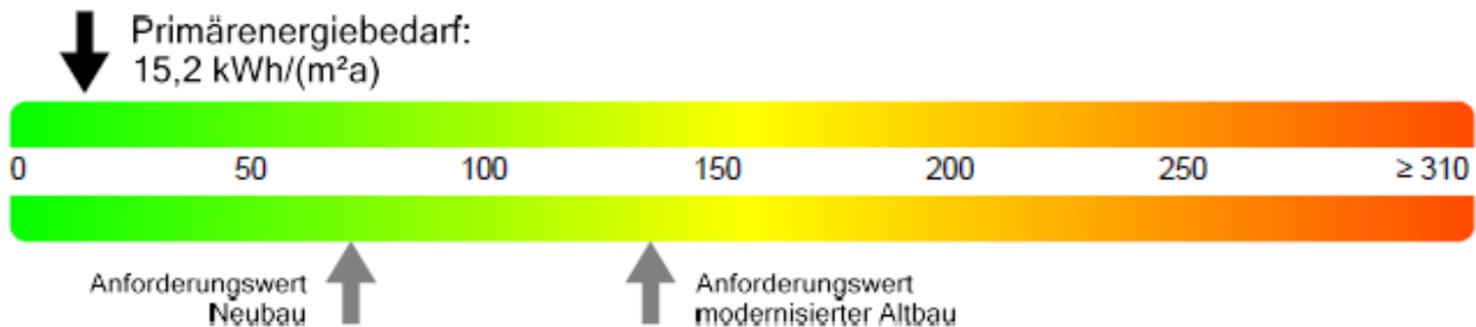


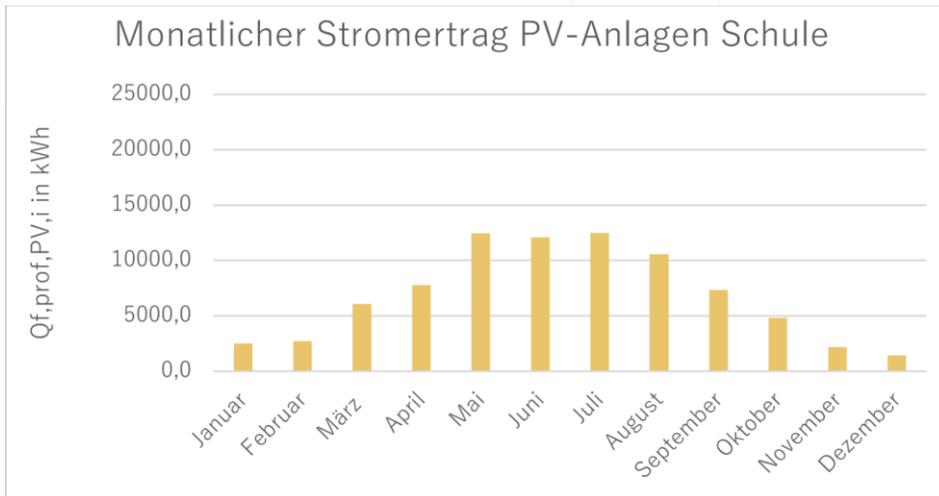
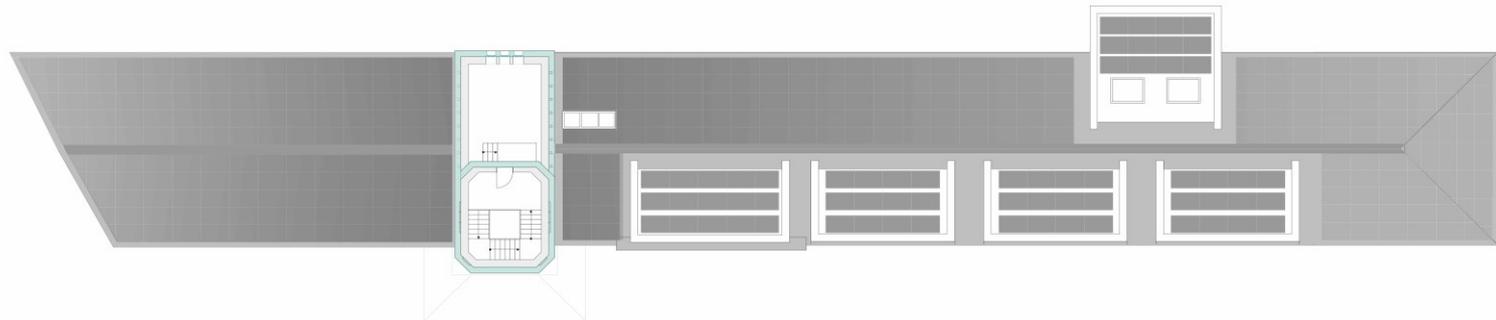
Energetische Kennwerte – Energiebilanz DIN 18599

BESTAND



SANIERUNG





PV-Anlage

Strom Ertrag 22,69 kWh/m²a

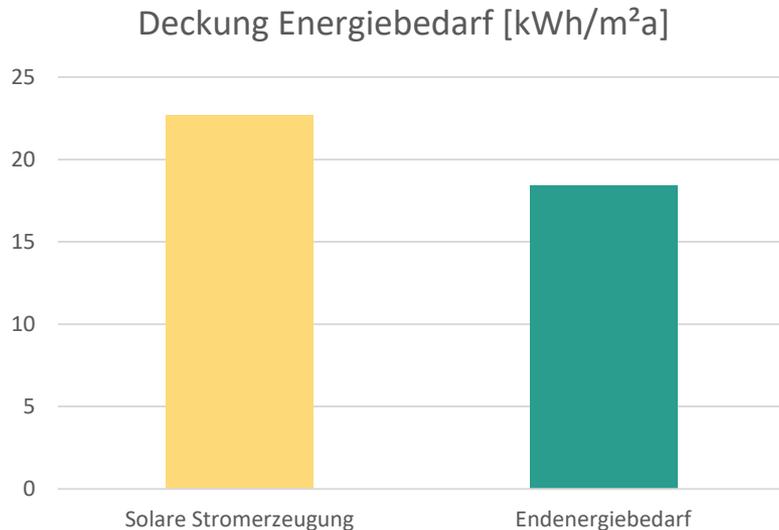
Dachintegrierte PV-Anlage

Energetische Kennwerte - Energiebilanz

Endenergie Bestand	305,8	[kWh/m ² a]
Endenergie Sanierung	18,4	[kWh/m ² a]

Strom-Erzeugung
PV-Anlage Schule

22,69 [kWh/m²a]



Energiebedarf der Schule kann zu **120 %** gedeckt werden

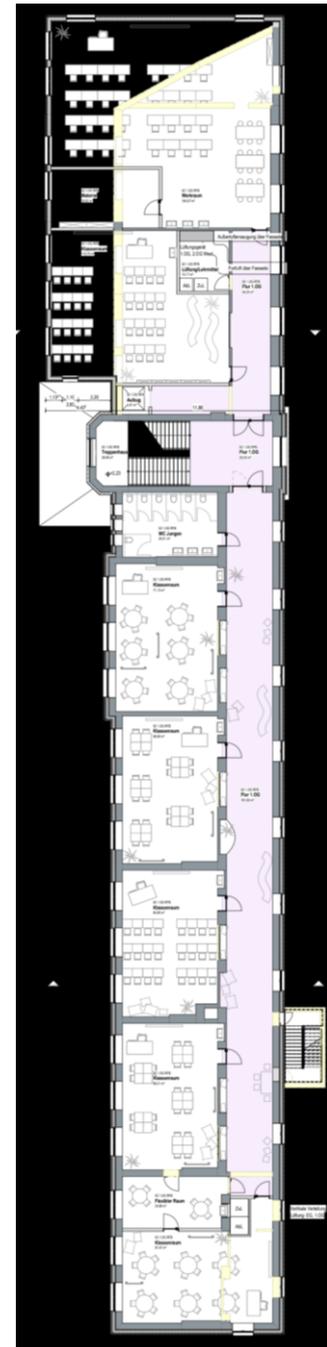
Bachelorarbeit



Pia Hofmann

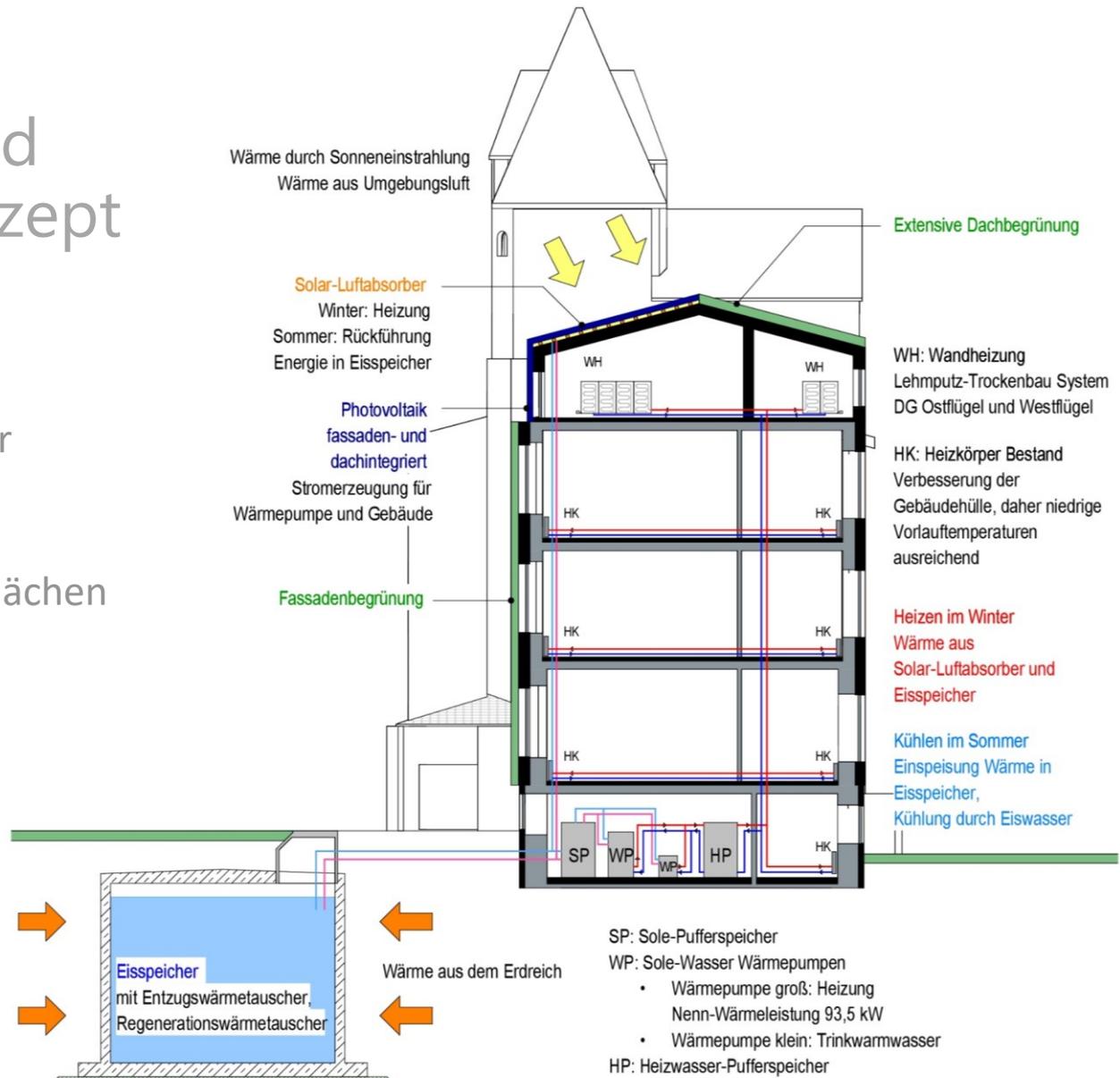
Maßnahmen Baukonstruktion

- Raumkapazität erhöhen
 - Ausbau beider Dächer
 - Anbau am Westflügel
- Thermische Gebäudehülle verbessern
 - Holzrahmenbauelemente
 - WDVS am Turm
 - Perimeterdämmung im UG
 - Innendämmung auf Bodenplatte
 - neue Fenster
- Barrierefreiheit
 - Aufzug
 - 20 von 25 Klassenzimmern barrierefrei



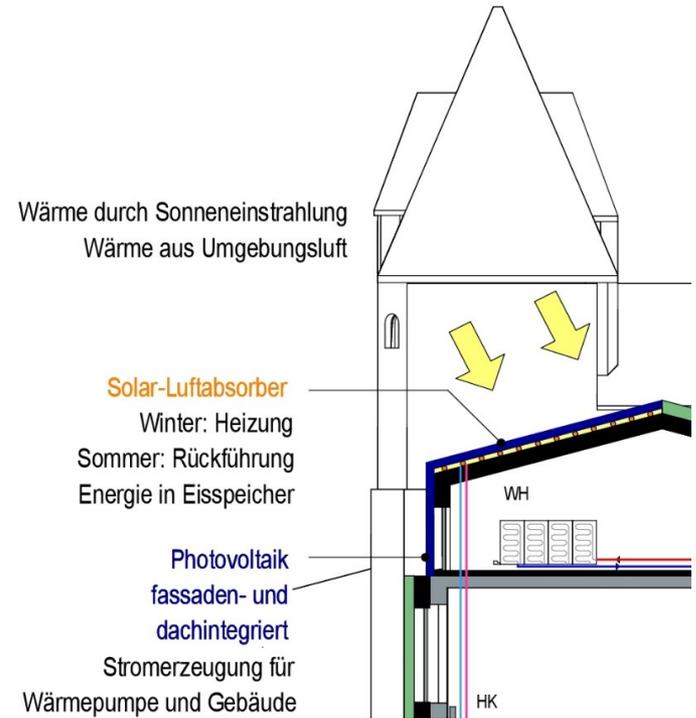
Heizungs- und Kühlungskonzept

- Photovoltaik
- Eis-Energiespeicher
- Solar-Luftabsorber
- Teilweise Nutzung bestehender Heizflächen
- Wandheizung



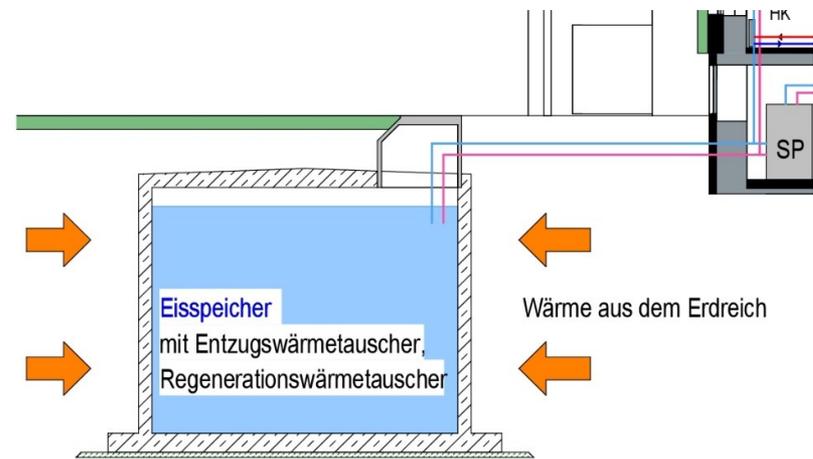
Photovoltaik und Solar-Luftabsorber

- Autarkiequote Strombedarf: 57%
- Solar-Luftabsorber-Leitungen unter der dachintegrierten PV
- PV-Ertrag:
 - 130.000 kWh
 - 29 kWh/m²NGF



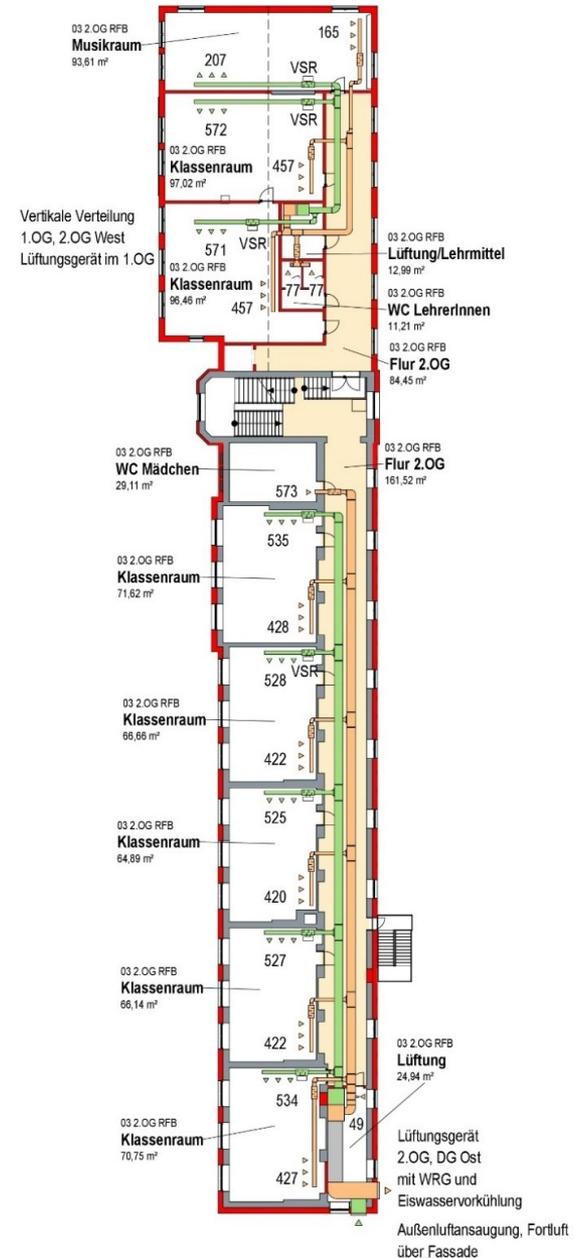
Eis-Energiespeicher

- Wasser als Energiespeichermedium
- Nutzung Geothermie und Kristallisationsenergie im Phasenübergang flüssig – fest
- Regeneration durch Wärme von Solar-Luftabsorber & Gebäudekühlung
- Heizung im Winter, Kühlung im Sommer
- Volumen: 900 m³

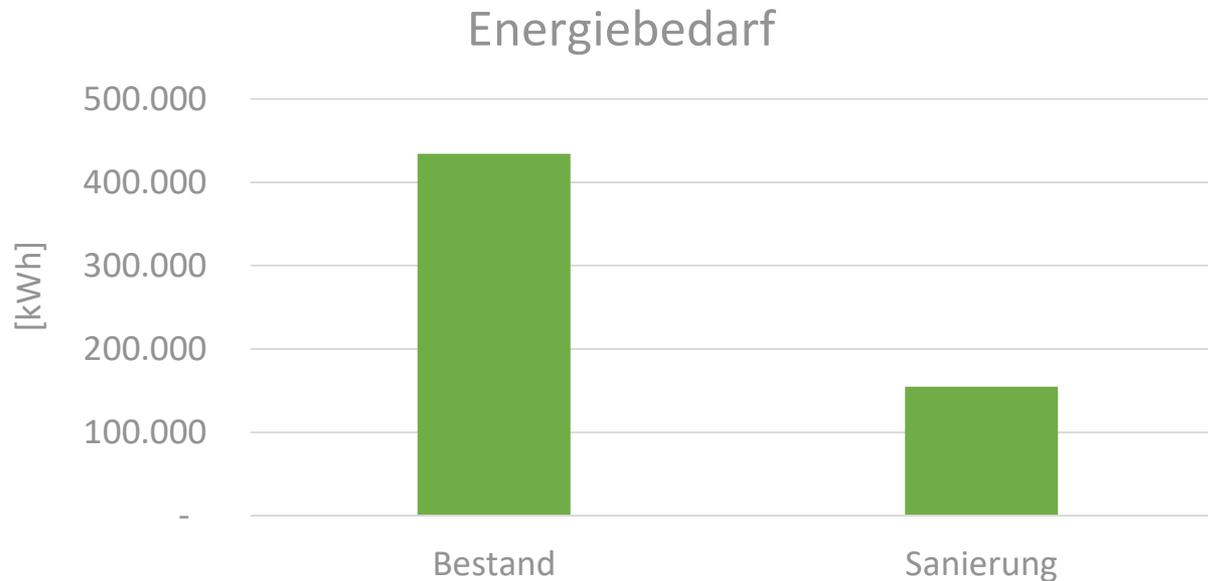
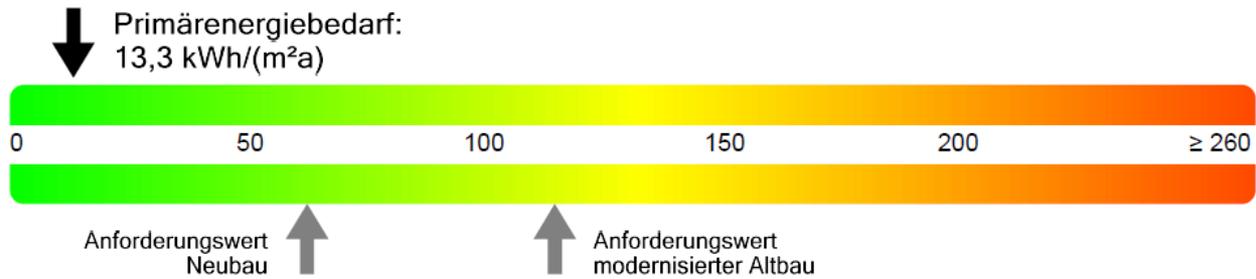


Lüftungskonzept

- Hybrides Lüftungssystem
 - Manuelle Fensterlüftung
 - Mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Semizentrale Lüftungsanlage
 - Insgesamt 5 Geräte
 - Horizontale Verteilung in abgehängter Decke
 - Vertikale Verteilung über Schächte



Gebäudebilanzierung DIN V 18599



Zusammenfassung

- Erhebliche Verbesserung verglichen mit dem Bauzustand
- Bewahrung und Aufwertung des Charakters
- Vorhandenes wird genutzt und auf die Zukunft vorbereitet



Bachelorthesis



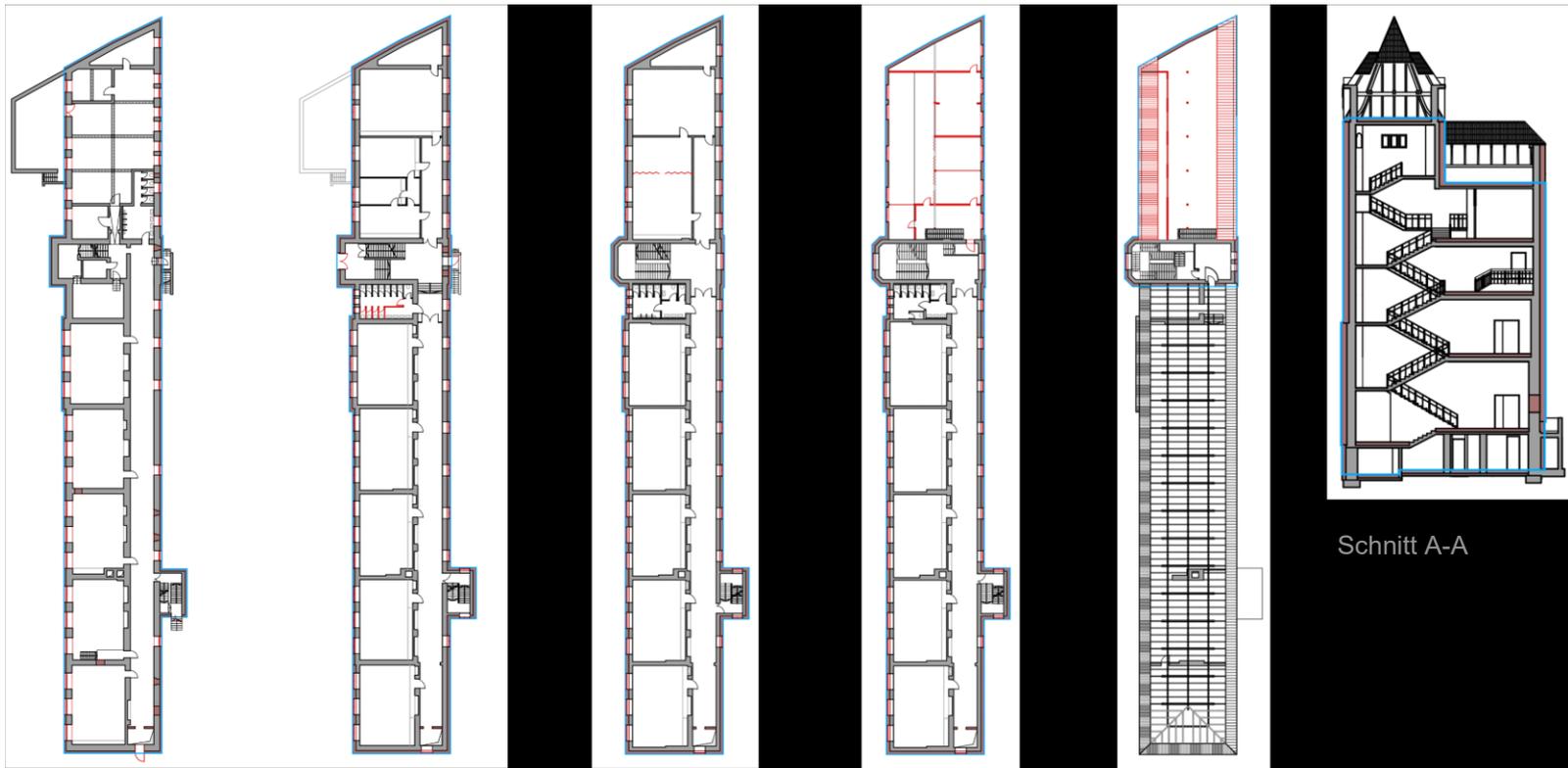
Saskia Bärle

Ergebnisse



	Einheit	Bestand	Sanierung	Änderung
Nettogrundfläche	[m ²]	2.977	3.190	+ 7 %
Bruttogrundfläche	[m ²]	3.909	4.785	+ 18 %
Hüllfläche A	[m ²]	5.758	6.093	+ 5 %
Beheiztes Gebäudevolumen V _e	[m ³]	12.589	13.161	+ 4 %
A/V _e -Verhältnis	[1/m]	0,46	0,46	+ 0 %
Spez. Primärenergiebedarf	[kWh/(m ² *a)]	156,9	15,1	- 90 %
Spez. Endenergiebedarf	[kWh/(m ² *a)]	135,6	51,0	- 62 %

Thermische Hülle



Untergeschoss

Erdgeschoss

1. Obergeschoss

2. Obergeschoss

Dachgeschoss

Schnitt A-A

Energetische Maßnahmen

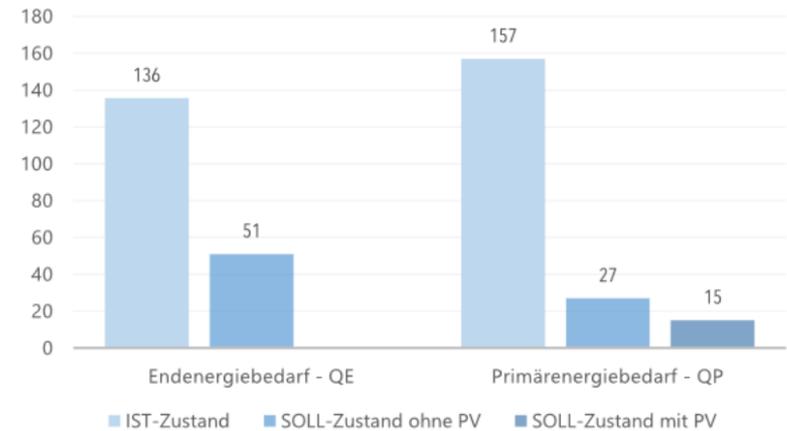
Endenergiebedarf



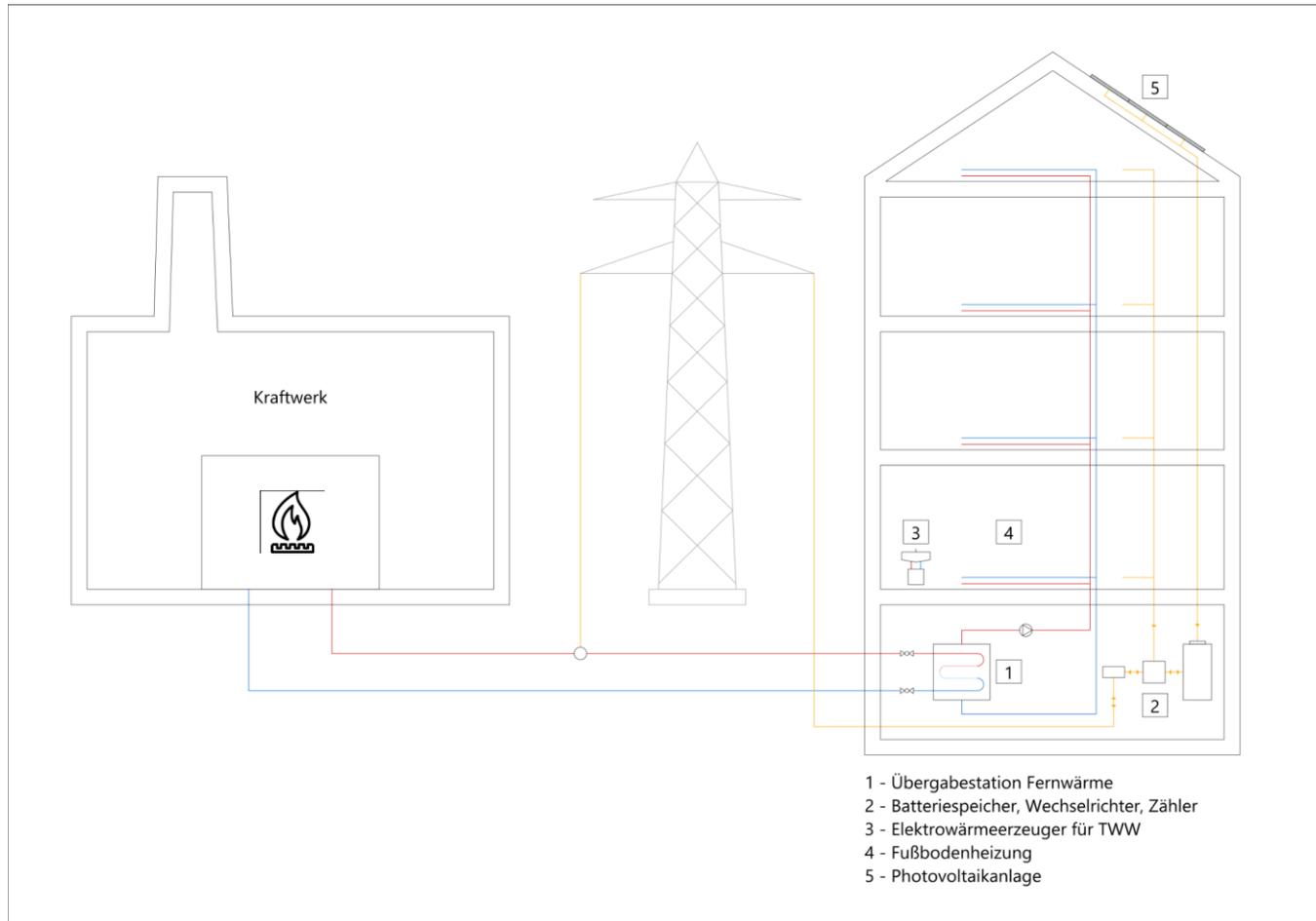
Primärenergiebedarf



Vergleich Energiebilanzen [kWh/(m²*a)]



Energiekonzept



Lüftungskonzept

Hybrides Lüftungssystem

Manuelle Fensterlüftung im Sommer

Mechanische Lüftung mit WRG im Winter

Lüftungsanlage

Insgesamt vier Geräte

Horizontale Verteilung in abgehängte Decke

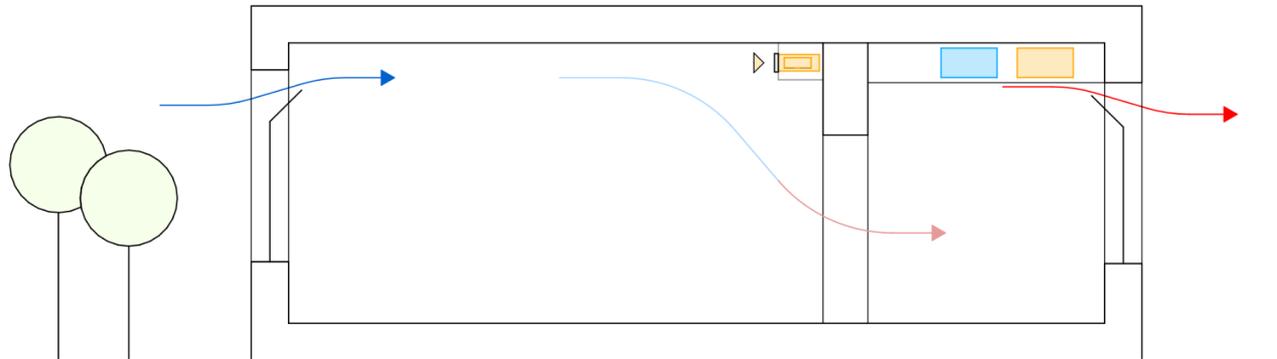


Kühlungskonzept

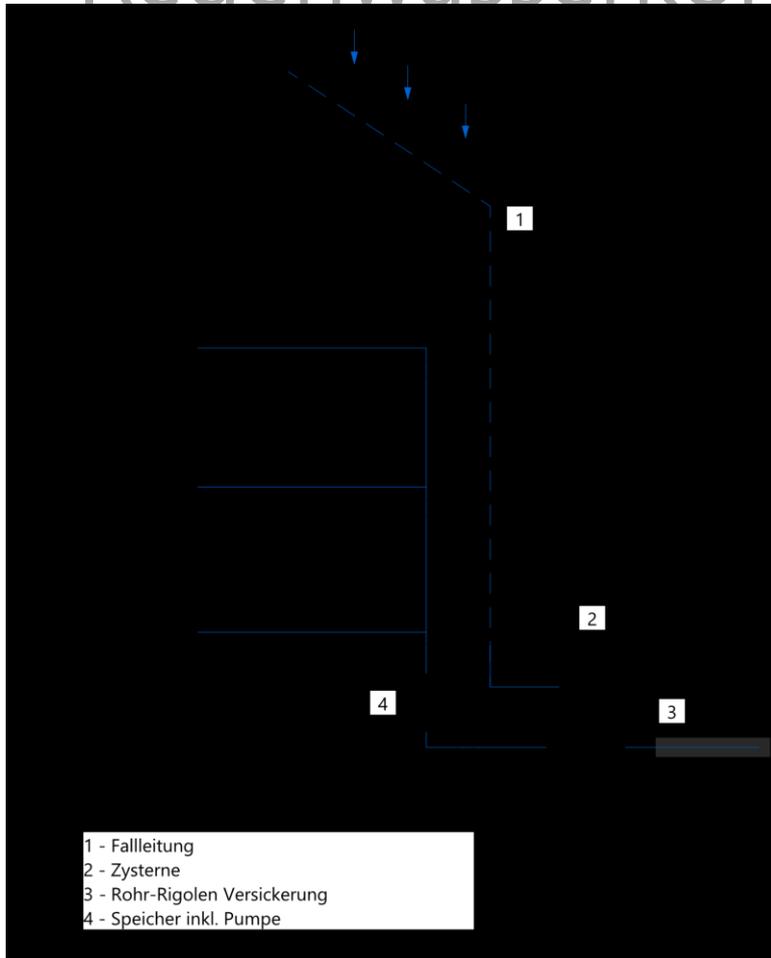
Passive Systeme

Nachtlüftung durch Querlüftung

PCM (Phase Change Materials)



Regenwasserkonzept



1. Die Falleitungen leiten das Regenwasser in die Zisterne

2. Die Zisterne ist ein unterirdischer Regenwassertank

3. Das überschüssige Regenwasser wird in einen unterirdischen Kiesspeicher gefördert und versickert dort langsam in den Untergrund

4. Der Speicher fungiert als Regenwasser-Verteilernetz und versorgt mit Hilfe der Pumpe die Verbrauchsstellen im Haus

Akustikkonzept



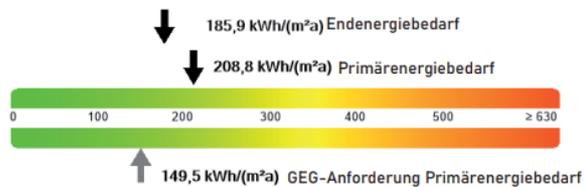
Bachelorthesis



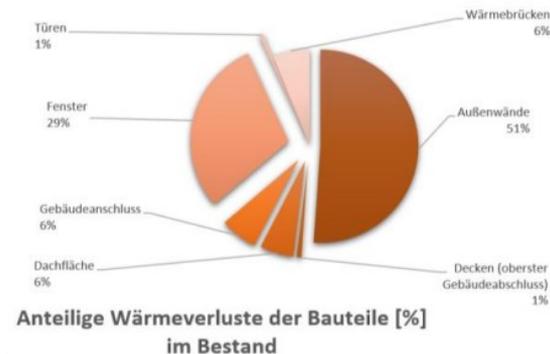
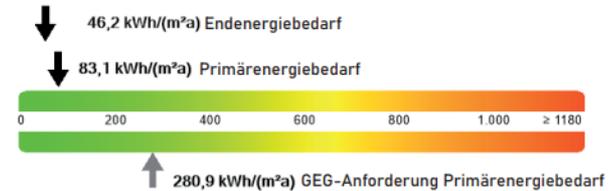
Sabrina Deubler

Bestandsbewertung und Sanierung

Energiebedarf Bestand



Energiebedarf Sanierung inkl. Anbau

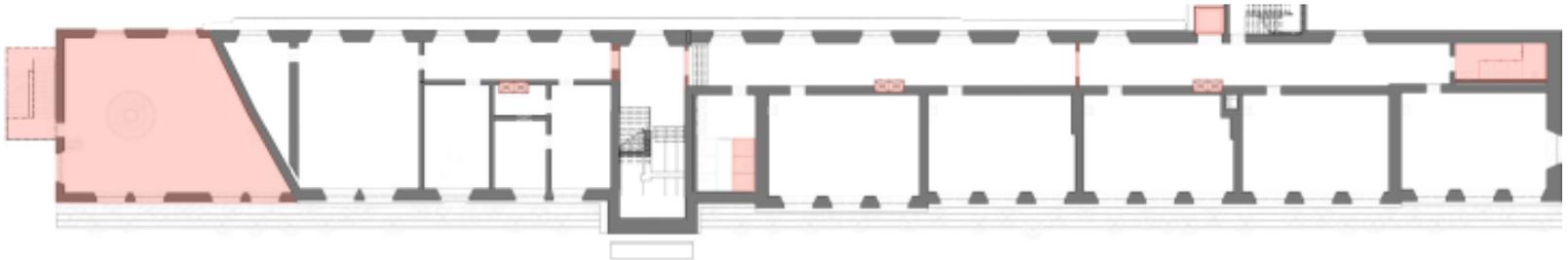


Energetische Betrachtung nach DIN V 18599

Maßnahmen Wärmeschutz:

- Außendämmung
- Fenstersanierung
- TGA Optimierung
- Reduktion Wärmebrücken

Grundrissoptimierung



Moderne Lernkonzepte:

- Cluster-Prinzip mit offenen Spiel-/Lernfluren

Brandschutzkonzept beachten:

- Nutzungseinheiten < 400 m²
- Fluchtweglänge ≤ 35 m

Inklusionen fördern, Maßnahmen zur Barrierefreiheit:

- Behindertengerechte Erschließung
- Behindertengerechte Unisex-WCs

TGA Optimierung

Semi-zentrale Lüftungsanlagen:

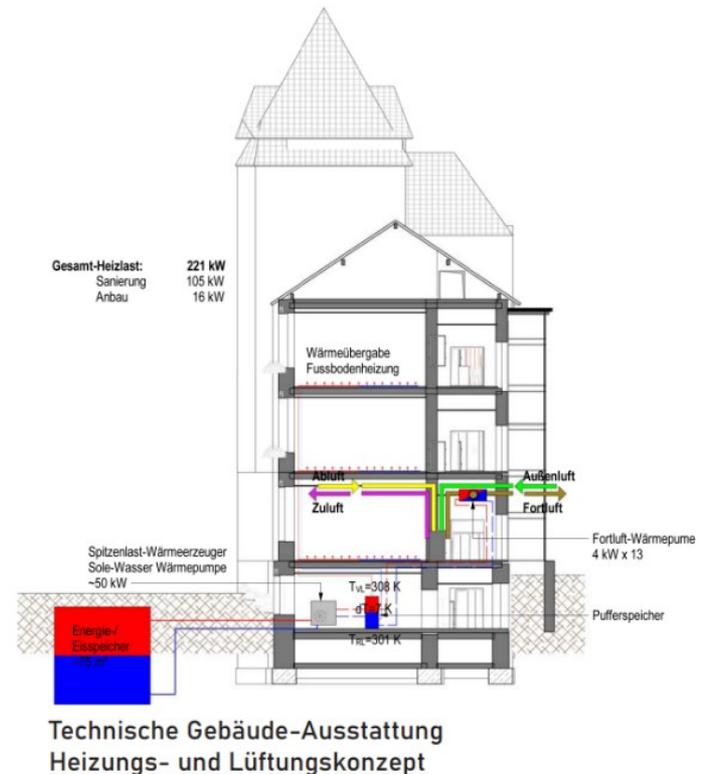
- Angepasst an Brandschutzkonzept
- WRG + Abluft-WP

Effizientes Heiz- und Kühl-Konzept:

- Abluft-WP
- Spitzenlast-Wärmeerzeuger (Sole-WP)
- Flächenheizsystem (FBH)
- Außenliegender Wärmespeicher

Warmwasserbereitung:

- allg. Reduzieren (WC nur PWC)
- Energieeffiziente DLE ohne Bevorratung



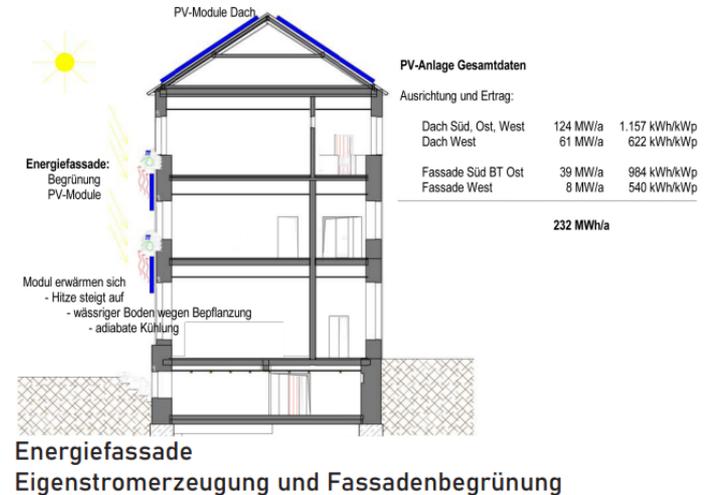
Eigenstromproduktion

Photovoltaik-Anlage:

- ~600 PV Module (435 Wp)
- Komplette Dachfläche, Fassade Süd+West
- 232 MWh/a Ertrag
- 40 kWh Stromspeicher

Fassadenoptimierung:

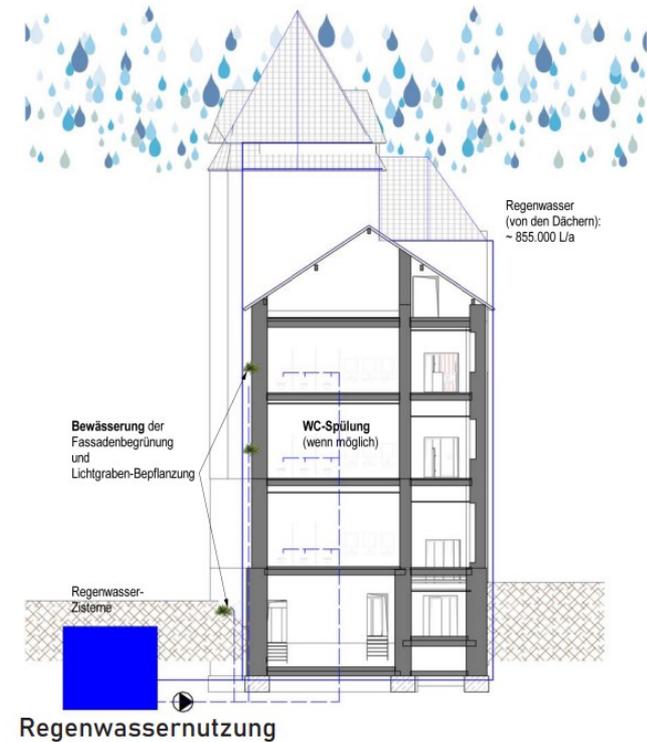
- Begrünte Fassade
- reduziert Wärmekonvektion der PV-Module



Regenwassernutzung

Einsparpotential:

- Retention um Hitzeperioden überbrücken
- Bewässerung (Außenanlage, Fassade)
- Trinkwasser-Substitution (WC-Spülung)
- Grünflächen als adiabate Kühlung



Sommerlicher Wärmeschutz

Freie Lüftung:

- Überhitzung vermeiden
- Öffnenbare Oberlichter → Querlüftung
- Nachtlüftung

Lüftungsanlage:

- Sommer-Bypass
- WP mit Kühlfunktion

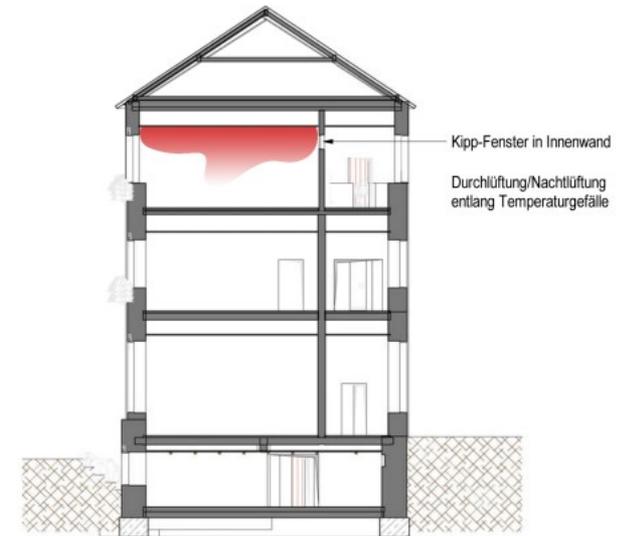
Bauteilaktivierung:

- Kühlung über FBH

Sommerlicher Wärmeschutz:

Regelklassenzimmer (~60m²) ohne Maßnahmen zulässig $s_{\text{voh}} = 0,06 < s_{\text{zul}} = 0,07$

Anbau Kantine (130 m²) nur **mit** Maßnahmen zulässig $s_{\text{voh}} = 0,05 < s_{\text{zul}} = 0,07$
(+Nachtlüftung erhöht)



Freie Lüftung/Querlüftung
Nachtlüftung

Optimierung Innenraum

Tageslichtnutzung:

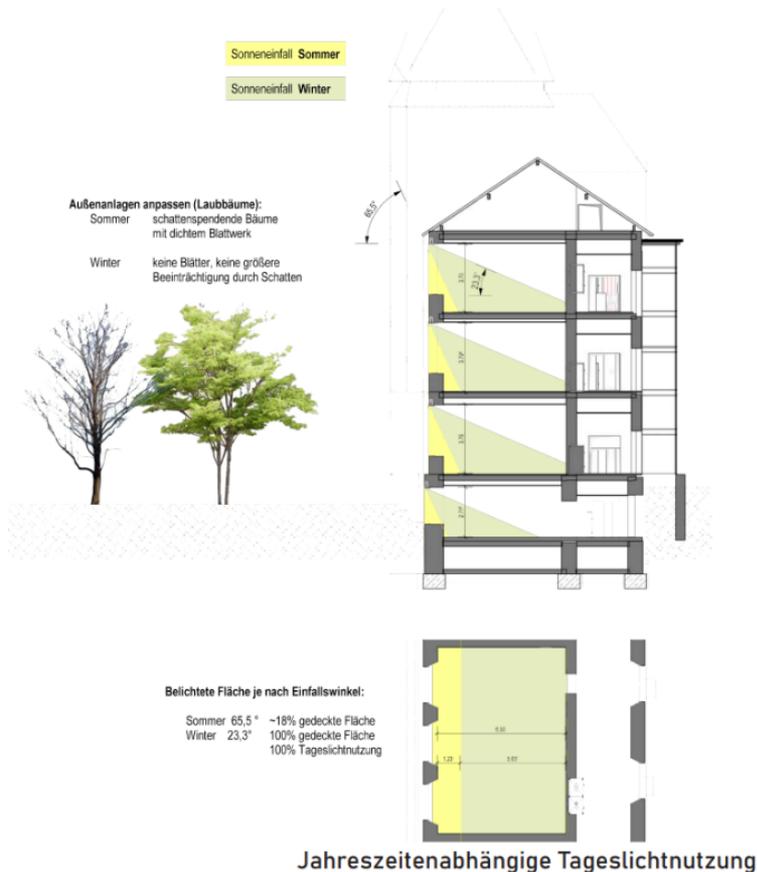
- Zirkadianer Rhythmus
- Einsparpotential im Winter
- Laubbäume im Sommer (Verschattung)

Akustik:

- Schwimmend gelagerte Bauteile
- Akustisch wirksame Bauteile (Akustikdecke)
- Dicht schließende Fenster

Behaglichkeit:

- Gebäudetechnik optimieren



Bestand und Sanierung

Effizienzsteigerung

- NGF	2.905 m ²	→ 3.661 m ²	= +26%
- A _{thHüll}	4.869 m ²	→ 4.823 m ²	= +/- 0 %
- Endenergie	185 kWh/m ² _{NGFa}	→ 47 kWh/m ² _{NGFa}	= -71%
- Eigenstrom	232 MWh/a		= + 100%

Nutzungsoptimierung

- Brandschutz
- Schallschutz
- Sommerlicher Wärmeschutz
- Behindertengerechte Räume
- Klimafolgeanpassung
- Gebäudeautomatisation

Gebäude Technik

Sabrina Deubler

Energieversorgungssystem

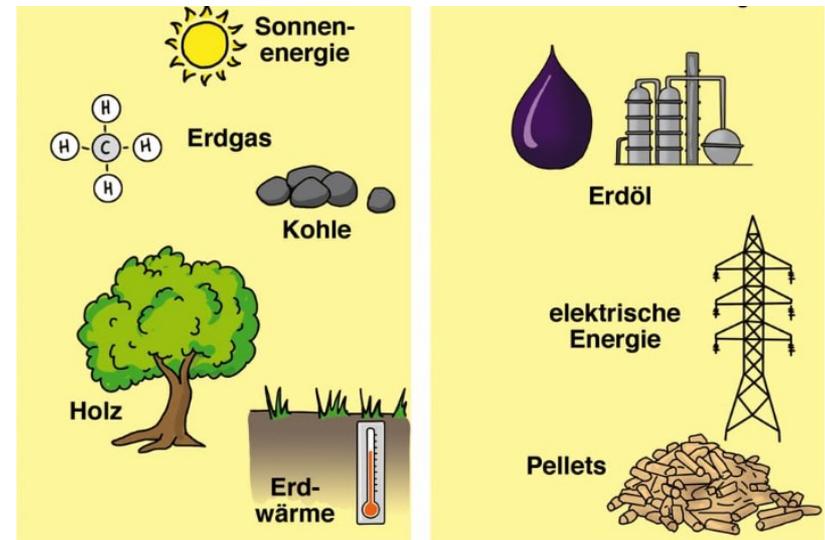
Energieträger:

- Fossil (Erdgas, -öl)
- Regenerativ (Sonne, Biomasse, Umweltwärme)
- Fernwärme
- Brennstoffzelle

Speicher

Auslegung/Wahl:

- Vorlauftemperatur (Wärmeübergabe, PWH?)
- Gebäude-Heizlast
- Kühl-Anforderung (?)
- Lokale Gegebenheiten (Verkehrswege, Schallschutz, etc.)

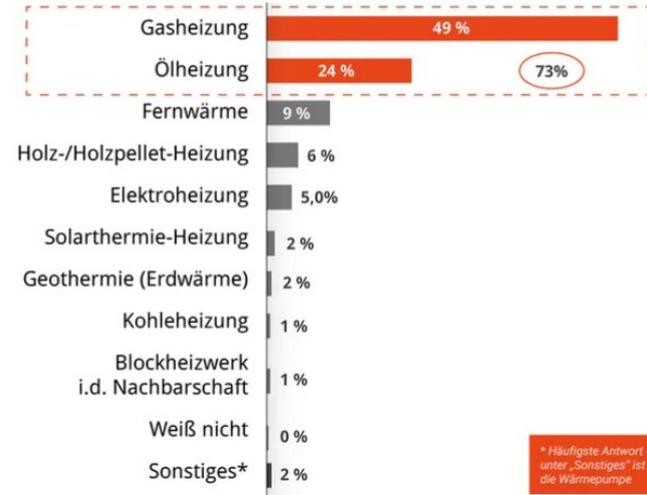


<https://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/heizungsvergleich/energietraeger-und-brennstoffe-im-vergleich>

Energieträger im Bestand

Bestands-Wärmeerzeuger:

- Gas-Brennwert (Baujahr 1996)
- Fossiler Brennstoff
- Austauschpflicht nach 30a



Thermondo. Heizstudie; Available from: <https://www.thermondo.de/info/waermewende/studien/thermondo-heizstudie/>.

Energieträger für Sanierung

Regenerative Energieträger:

- Biomasse → Lagerung, Anlieferung
- Umweltwärme → Grundwasser, Geothermie, Luft
- Fernwärme → Ausbau, welche eigentliche Energieträger
- Brennstoffzelle → innovativer

• Wärmeeinspeisung inkl. AVA	665.993,592 MWh
• Anteil der in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Wärme	75,45%
• Anteil an regenerative Wärme	29,35%

• Energieträgermix



Kritische Betrachtung nötig!

• Emissionen der FW-Erzeugung		
CO ₂ -Emissionsfaktor für die Wärmelieferung ¹	106	kg/MWh
NO ₂ -Emissionen	89,39	g/MWh
Staub-Emissionen	0,60	g/MWh
SO ₂ -Emissionen	4,99	g/MWh
• Primärenergiefaktor ²	0,25	
• Hocheffizienz der Wärme nach EU-Effizienz-Richtlinie	erfüllt	

Primärenergiefaktor FW 309-1:2014 (§ 22 Absatz 2 GEG)	0,03
Primärenergiefaktor nach Kappung (§ 22 Absatz 3 GEG)	0,25
CO₂-Emissionsfaktor FW 309-1:2021 (Anlage 9 GEG)	0 g/kWh

TGA Sanierung

Wärmeübergabe:

- Heizkörper
- Flächenheizung
- Lüftungsanlage

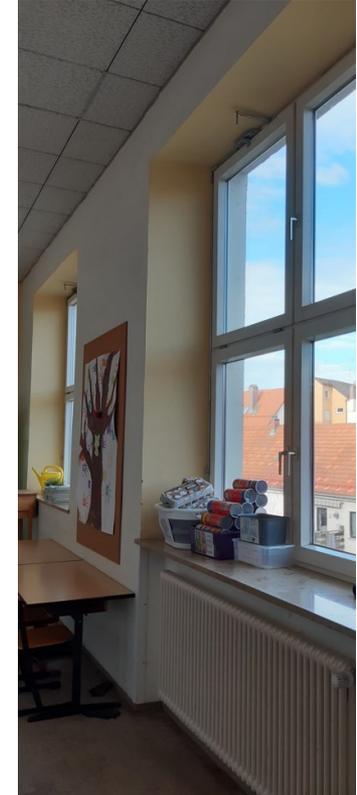
Energiegewinne:

- AbL/FoL WP
- PV

Speicherung:

- Wärme
- Strom

Gebäudeautomatisierung



Gebäude im Klimawandel

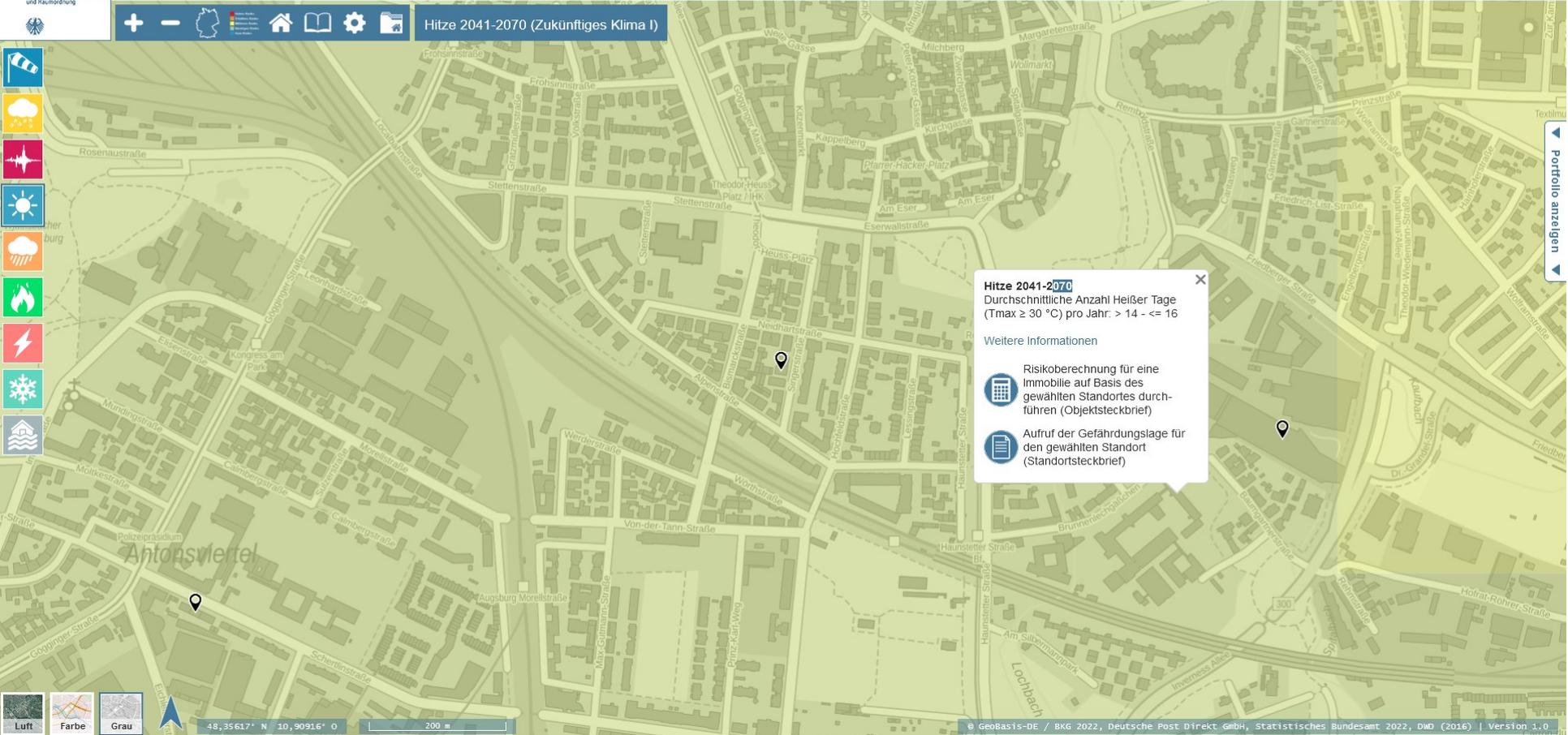
Sarah Brandner, Pia Hofmann

Adresssuche / Standort für Naturgefahrenanalyse wählen:

86159 Augsburg, Bayern - Innenstadt

Klicken Sie auf eine beliebige Stelle in der Karte, um zusätzliche Funktionen aufzurufen.

Hitze 2041-2070 (Zukünftiges Klima I)



Hitze 2041-2070
Durchschnittliche Anzahl Heißer Tage
(Tmax ≥ 30 °C) pro Jahr: > 14 - <= 16

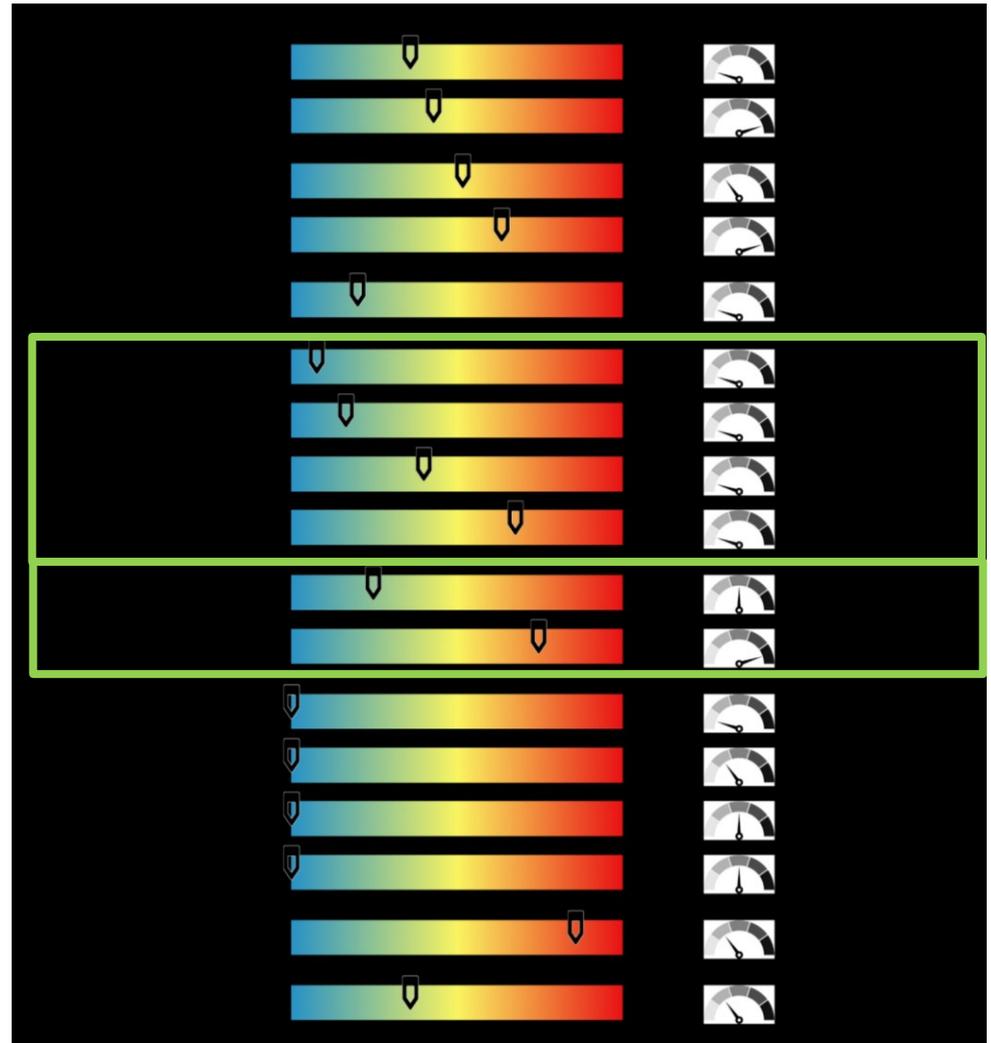
Weitere Informationen

- Risikoberechnung für eine Immobilie auf Basis des gewählten Standortes durchführen (Objektsteckbrief)
- Aufruf der Gefährdungslage für den gewählten Standort (Standortsteckbrief)

Risiko v. a. aufgrund

Hitze

und
Starkregenereignisse!



Standort Naturgefahren

Risiko v. a. für Hitzetage und Starkregenereignisse!



- ➔ Entgegen der Risikoanalyse!
- ➔ Keine Nachtkühlung möglich!

Standort Naturgefahren

Entsiegelung

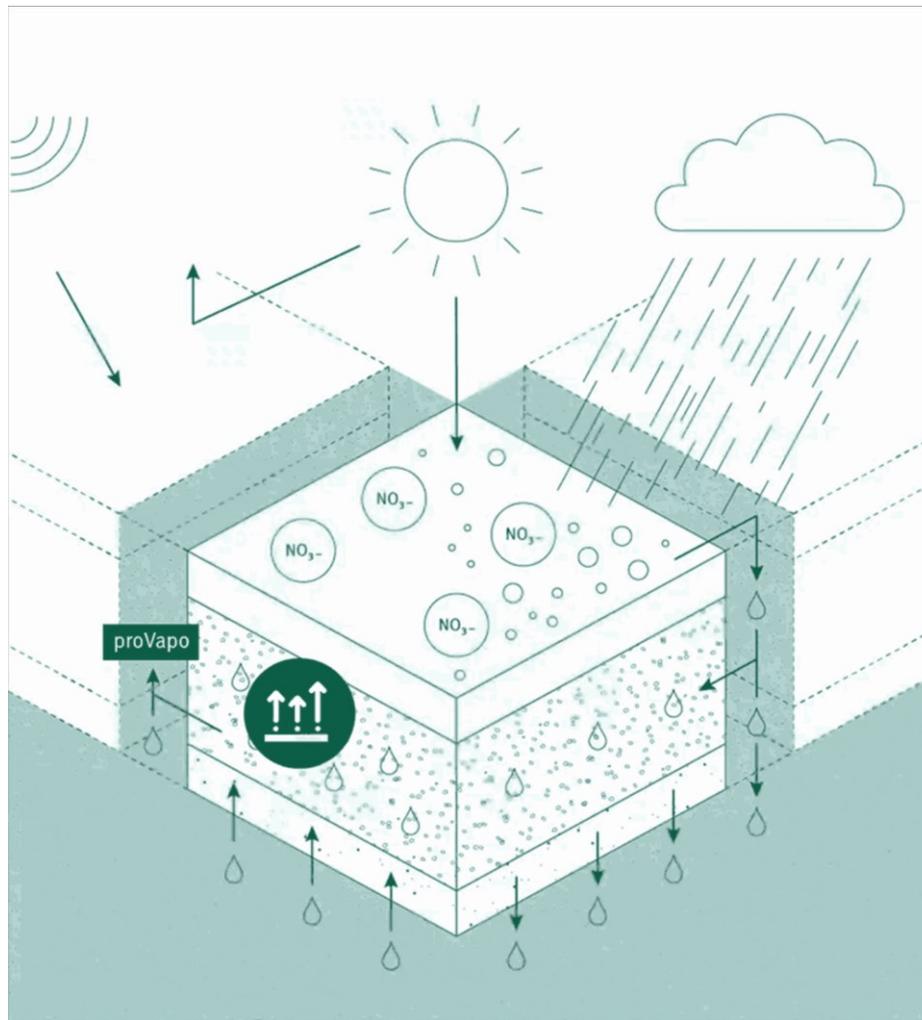
Bepflanzung

Verschattung

Versickerung



Lösungsansätze – Hitze + Starkregen

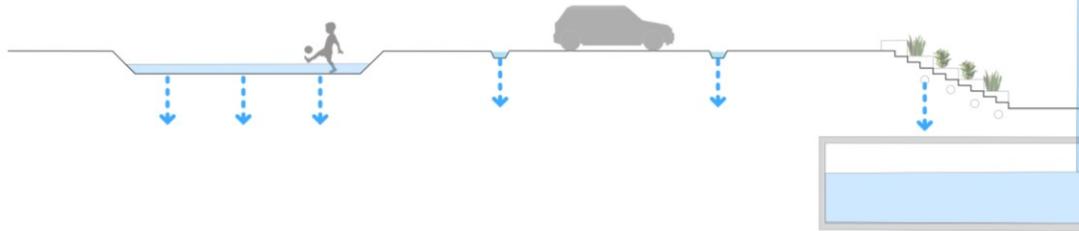


Klimastein (z.B. Fa. Godelmann)



Multifunktionale
Retentionsflächen

Versickerungsmulden



Zisterne

Regenwassermanagement

- „Grüne Architektur“
- Kühlwirkung → Minderung Hitzeinseleffekt
- Rückhaltung Regenwasser → Entlastung Kanalisation
- Säuberung Wasser
- Biodiversität
- Feinstaubsäuberung
- Kohlenstoffspeicherung
- Schallminderung um bis zu 10 dB



(Messbare Vorteile von Fassadenbegrünungen 2017)

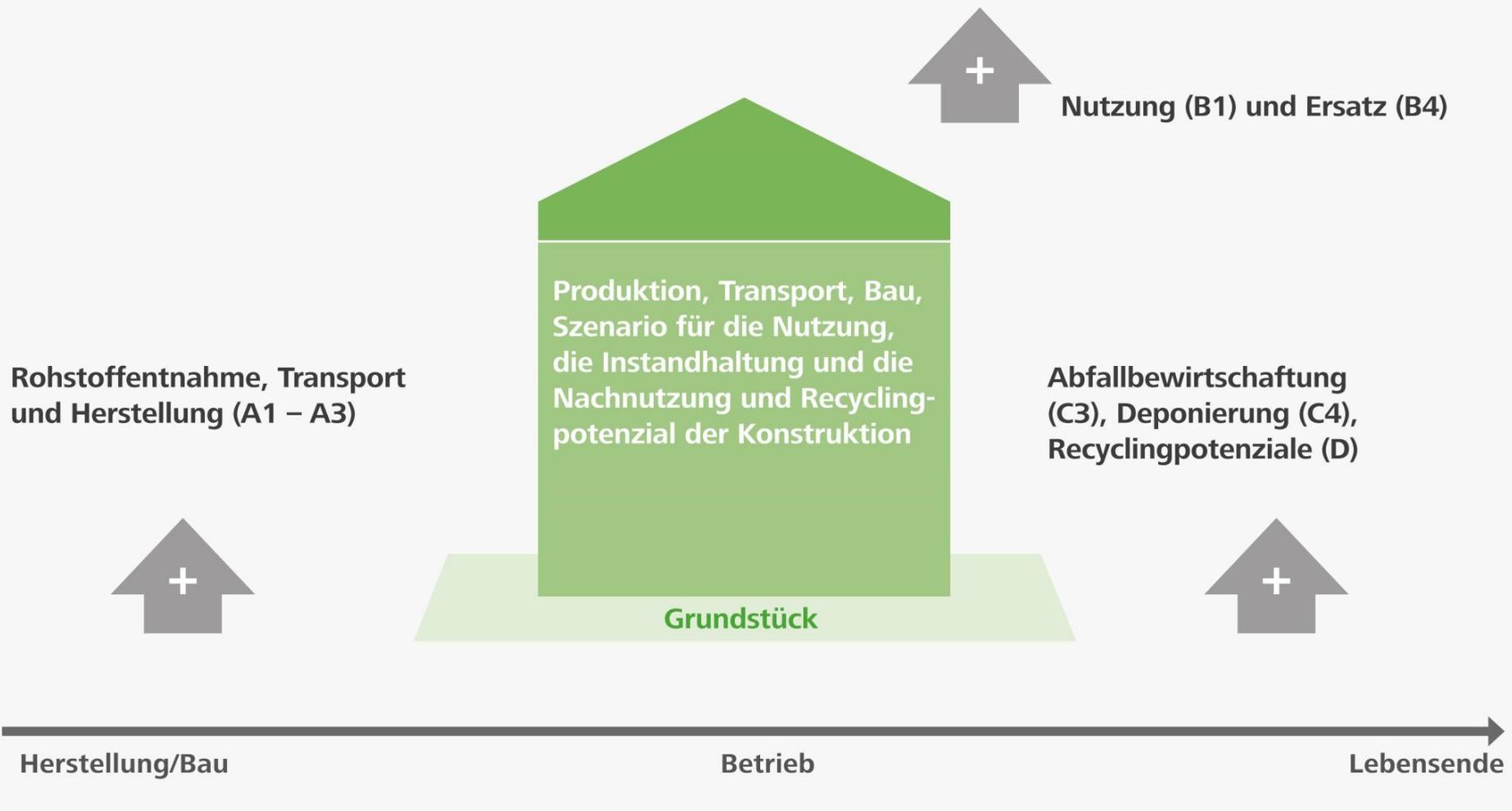
Lösungsansatz – Fassadenbegrünung

Ökobilanz Aspekte

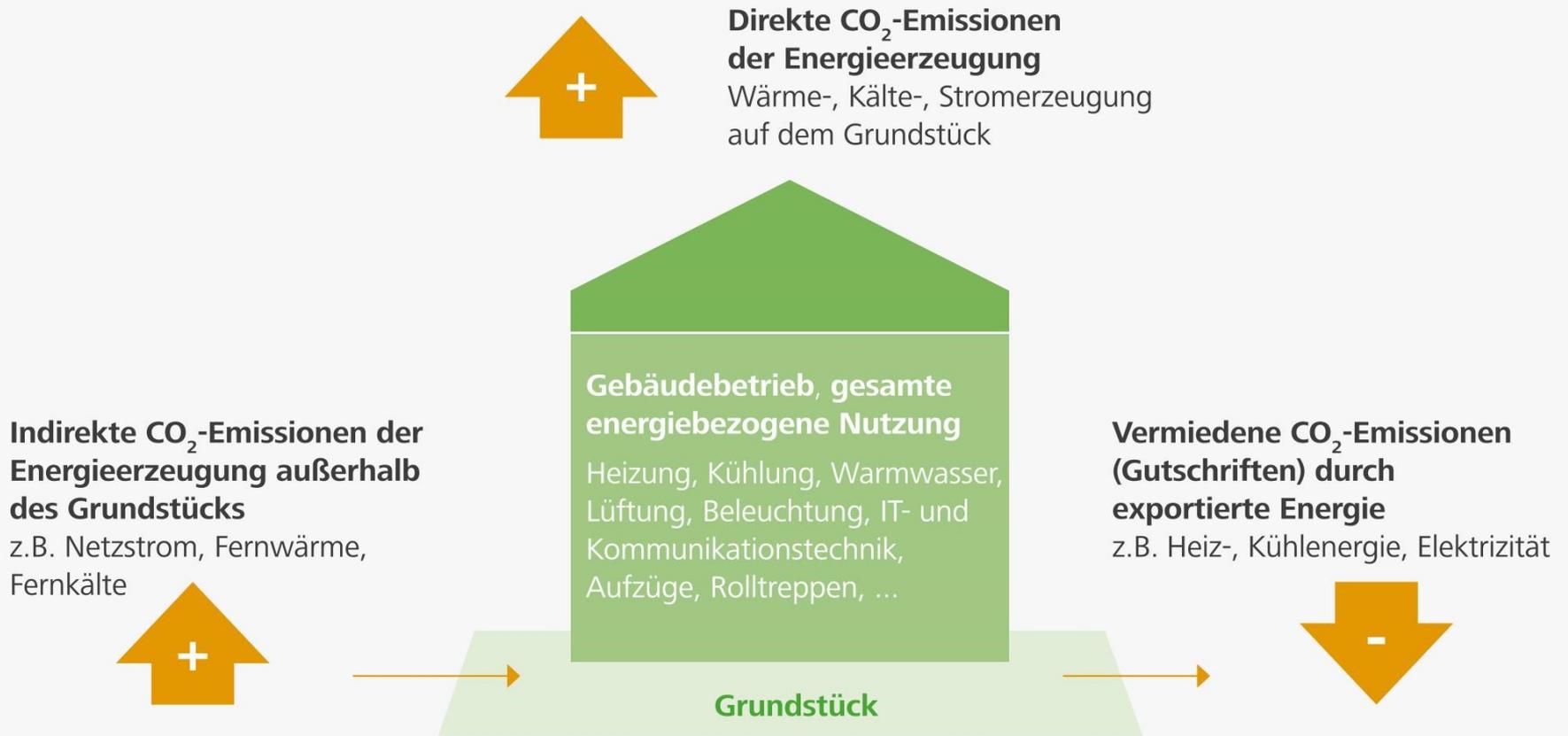


Lebenswegphasen und –module nach DIN EN 15978

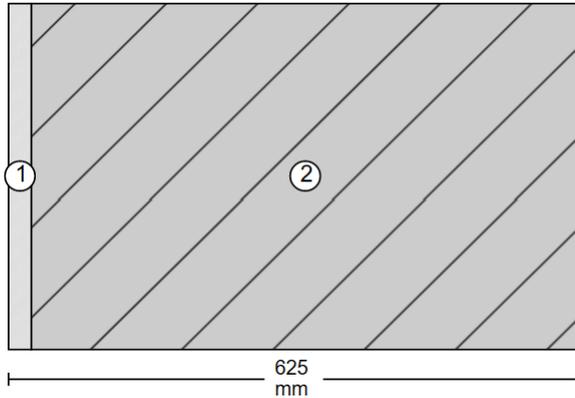
Lebenswegphasen	A 1-3			A 4-5		B 1-7					C 1-4				D		
	Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase					Ende des Lebenszyklus				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze		
	Rohstoffbeschaffung	Transport	Produktion	Transport	Errichtung / Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung	Austausch	Modernisierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau / Abriss	Transport	Abfallverwertung	Entsorgung	Potential für Wiederverwertung, Rückgewinnung und Recycling
Module gemäß DIN EN 15978	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Deklarierte Module	x	x	x				(x)		(x)		x	(x)			x	x	x



Bilanzierung der Treibhausgasemissionen Bilanzrahmens „Konstruktion“



Bestandsaußenwand - Mauerwerk



- ① Kalkputzmörtel, 25,00mm
- ② Mauerziegel, 600,00mm

Außenwand – Phase C

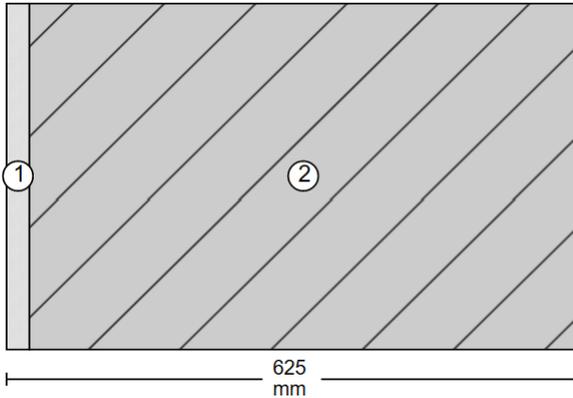
C3 - 5,9148 kg CO₂-äü. / m²_{Wandfl.}
 C4 0,8670 kg CO₂-äü. / m²_{Wandfl.}

Phase C

-5,0478 kg CO₂-äü. / m²_{Wandfl.}

C 1-4			
Ende des Lebenszyklus			
Rückbau / Abriss	Transport	Abfallverwertung	Entsorgung
C1	C2	C3	C4
		x	x

Bestandsaußenwand - Mauerwerk



- ① Kalkputzmörtel, 25,00mm
- ② Mauerziegel, 600,00mm

Außenwand – Phase A und C

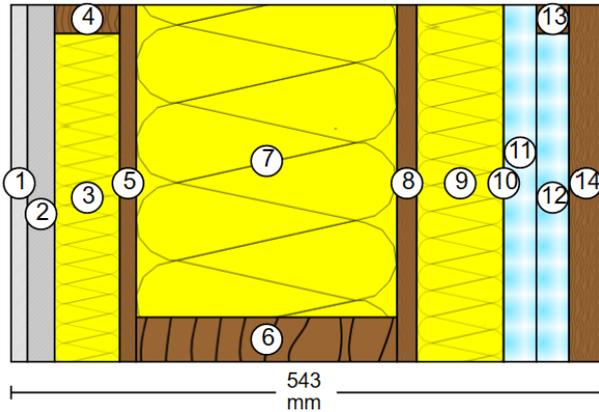
A1 – A3	93,176	kg CO ₂ -ä. / m ² _{Wandfl.}
C3	- 5,9148	kg CO ₂ -ä. / m ² _{Wandfl.}
C4	0,8670	kg CO ₂ -ä. / m ² _{Wandfl.}

Phase A und C

88,1282 kg CO₂-ä. / m²_{Wandfl.}

	A 1-3			A 4-5		C 1-4		
	Herstellungsphase			Errichtungsphase		Ende des Lebenszyklus		
Rohstoffbeschaffung	Transport							
	Produktion							
	Transport							
	Errichtung / Einbau							
	Rückbau / Abriss							
	Transport							
	Abfallverwertung							
	Entsorgung							
		A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2
	x	x	x					x
								x

Neue Außenwand - Holzständerwand



- ① Lehmputz, 15,00mm
- ② Lehmbauplatte, 25,00mm
- ③ Holzfaserdämmplatten, 60,00mm
- ④ Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 60,00mm
- ⑤ EGGER OSB-Platten, 15,00mm
- ⑥ Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE), 240,00mm
- ⑦ Holzfaserdämmstoff, 240,00mm
- ⑧ 3- und 5-Schicht Massivholzplatte (Durchschnitt DE), 18,00mm
- ⑨ Holzfaserdämmplatten, 80,00mm
- ⑩ Kraftpapier, 0,10mm
- ⑪ eLCA Luftschicht, 30,00mm
- ⑫ eLCA Luftschicht, 30,00mm
- ⑬ Laubschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 30,00mm
- ⑭ Laubschnittholz - getrocknet (Durchschnitt DE), 30,00mm

Außenwand – Phase A und C

A1 – A3 - 146,3696 kg CO₂-ä. / m²_{Wandfl.}
 C3 184,8315 kg CO₂-ä. / m²_{Wandfl.}
 Instandh. 14,2014 kg CO₂-ä. / m²_{Wandfl.}

Phase A, C und Instandhaltung

52,6633 kg CO₂-ä. / m²_{Wandfl.}

B 1-7		
Nutzungsphase		
Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung
	B1	B2
(x)		

Vergleich Mauerwerk - Holzständerwand

Außenwand – Mauerwerk

A1 – A3	93,176	kg CO ₂ -äu. / m ² _{Wandfl.}
C3	- 5,9148	kg CO ₂ -äu. / m ² _{Wandfl.}
C4	0,8670	kg CO ₂ -äu. / m ² _{Wandfl.}

Phase A und C

88,1282 kg CO₂-äu. / m²_{Wandfl.}

Außenwand – Holzständerwand

A1 – A3	- 146,3696	kg CO ₂ -äu. / m ² _{Wandfl.}
C3	184,8315	kg CO ₂ -äu. / m ² _{Wandfl.}
Instandh.	14,2014	kg CO ₂ -äu. / m ² _{Wandfl.}

Phase A, C und Instandhaltung

52,6633 kg CO₂-äu. / m²_{Wandfl.}

Nach dem BNB – Bewertungsmaßstab für Schulen zur
Bewertung des Treibhausgaspotentials (GWP)

Anforderungsniveau

≤ 17 kg CO₂-äu. / (m²_{NGF} * a)

Bedarf DIN V 18599:

Endenergie (el. Strom)

41,6 kWh/m²_{NGFa}

Strom

2,0 kWh/m²_{NGFa}

GWP

23,9 kg CO₂-Äqu./m²_{NGFa}

Erzeugung:

Strom

63,4 kWh/m²_{NGFa}

GWP

-34,2 kg CO₂-Äqu./m²_{NGFa}

Konstruktion GWP

9,8 kg CO₂-Äqu./m²_{NGFa}

GWP ges.

-0,5 kg CO₂-Äqu./m²_{NGFa}

Beispiel Klimaneutralität

Fazit und Empfehlung



Saskia Bäurle, Sarah Brandner, Sabrina Deubler, Pia Hofmann