



**ENERGETISCHE SANIERUNG UND TREIBHAUSGASNEUTRALITÄT**  
INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE  
UNIVERSITÄT AUGSBURG  
ALTER POSTWEG 118  
86159 AUGSBURG

Saskia Bäurle - 2173526  
Julia Wawretschka - 2173753

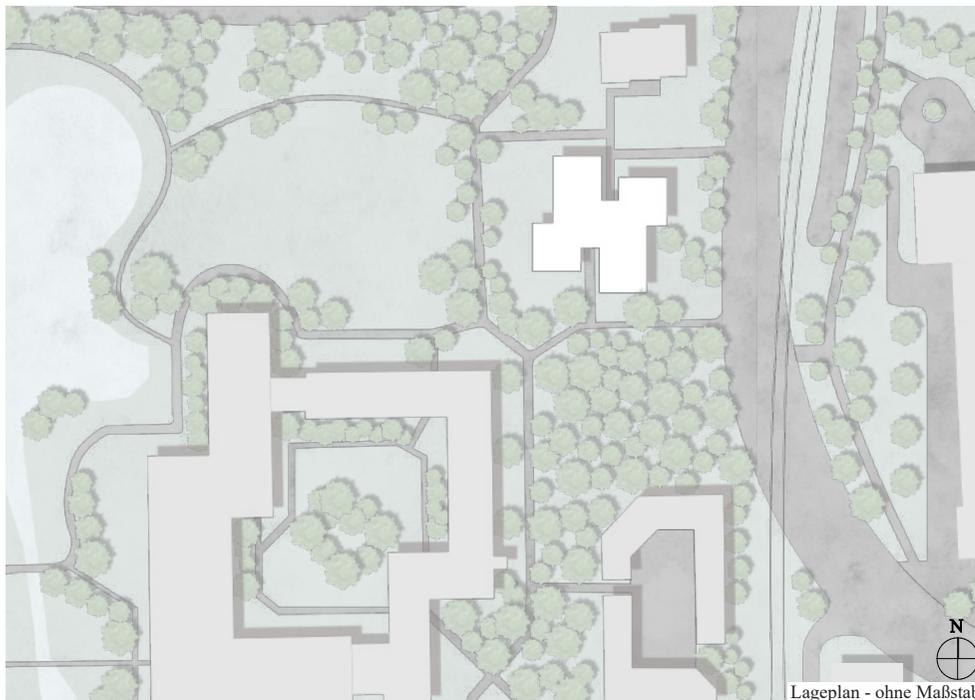
# agenda.

Energetische Sanierung  
Geographisches Institut Uni Augsburg



Gebäude	02
Ziele	03
Treibhausgasneutralität	04
Klimafolgeanpassung	09
Sanierungsmaßnahmen	10
Tageslicht	15
Sommerlicher Wärmeschutz	18
Lüftungskonzept	19
Kühlungskonzept	20
Energiekonzept	21

# gebäude.



Die Universität Augsburg wurde 1970 gegründet und seitdem wurden verschiedene Bauprojekte durchgeführt, um die Infrastruktur zu erweitern.

Die Baupläne zeigen, dass das Gebäude selbst im Jahr 1975 entworfen und im selben Jahr errichtet wurde, bevor es 1976 eingeweiht wurde. Das Institut für Geographie bietet eine Vielzahl von Lehr- und Forschungseinrichtungen für verschiedene geographische Bereiche, darunter physische Geographie, Humangeographie, Wirtschaftsgeographie und Geoinformatik.

Die Nutzung der Räumlichkeiten kann sich je nach den Anforderungen und Schwerpunkten der geographischen Forschung und Lehre ändern. Ursprünglich waren vor allem Büros in der Gebäudeplanung vorgesehen, weiterhin auch Seminarräume und eine Hausmeisterwohnung.

# ziele.



## Flexible Nutzung

Optimierung der für die  
Nutzung benötigten  
Flächen



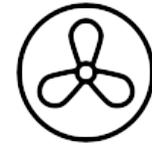
## Treibhausgasneutralität

Optimierung und  
Reduktion der emittierten  
Treibhausgase durch die  
Sanierung zur  
Verbesserung der  
Einwirkungen auf die Umwelt



## Regenerative Energienutzung

Reduktion der  
Umweltbelastung und  
Unabhängigkeit von den  
fossilen Brennstoffen



## Lüftungsanlage

Verbesserung der  
Lüftungswärmeverluste inkl.  
des Energiebedarfs  
und deutliche  
Steigerung des Komforts

# treibhausgasneutralität.

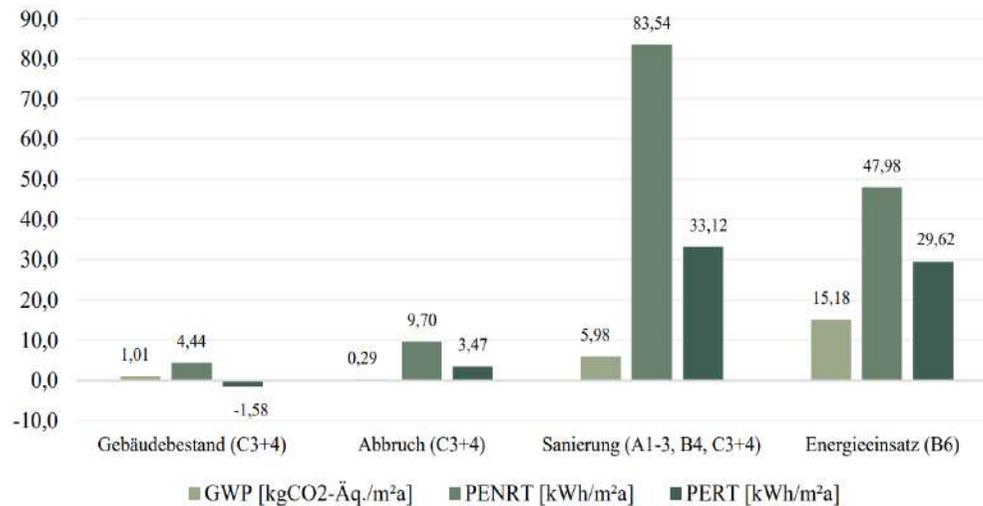
	<b>GWP</b> [kgCO <sub>2</sub> -Äqv./ (m <sup>2</sup> *a)]	<b>PENRT</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>PERT</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>PEges</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]
Konstruktion	4,0	13,6	6,3	19,9
Energieträger	3,8	13,5	3,4	17,0
20 % - Aufschlag*	9,4	32,6	11,7	44,2
Nutzung	15,2	48,0	29,6	77,6
<b>Summe</b>	<b>24,4</b>	<b>80,7</b>	<b>41,3</b>	<b>121,7</b>

<b>Anforderungsniveau</b>	<b>Ergebnisse Ökobilanz</b>
<u>GWP:</u> ≤ 30 kgCO <sub>2</sub> Äqv./.(m <sup>2</sup> *a)	25 kgCO <sub>2</sub> Äqv./.(m <sup>2</sup> *a)
<u>PENRT:</u> ≤ 100 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	81 kWh/(m <sup>2</sup> *a)
<u>PEges:</u> ≤ 129 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	122 kWh/(m <sup>2</sup> *a)
<u>Anteil PERT:</u> ≥ 31 %	34 %

Die Tabelle zeigt eine Aufschlüsselung der Umweltauswirkungen des Treibhausgaspotentials (GWP), des nicht erneuerbaren (PENRT) sowie des erneuerbaren Primärenergiebedarfs (PERT) und des Gesamtprimärenergiebedarfs (PEges). Dabei werden diese Auswirkungen in die Konstruktion und den Energieträger unterteilt. Da es sich bei der Ökobilanz um das vereinfachte

Verfahren handelt, wird ein 20% Aufschlag auf die Konstruktion für Leitungsführung, Beleuchtung etc. vorgenommen. Aus der Summe der aufgeführten Punkte ergibt sich die jeweilige Umweltauswirkung.

# treibhausgasneutralität.



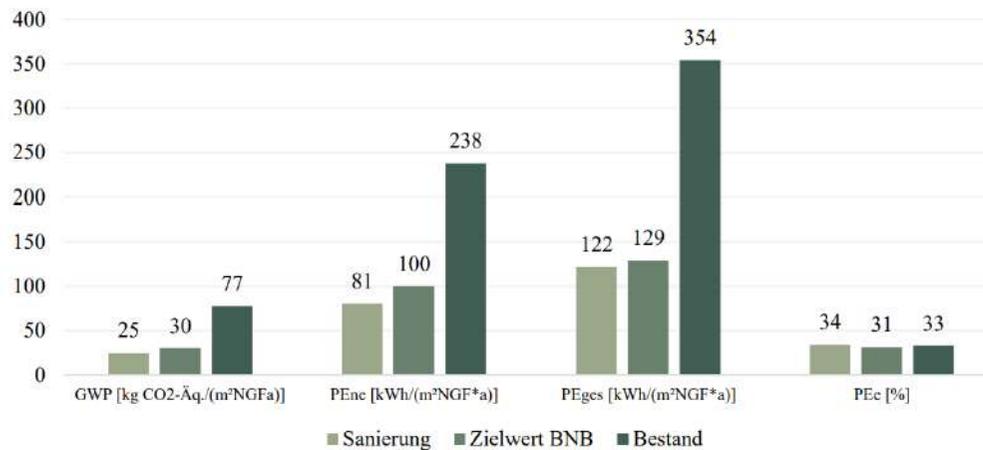
Gebäude Nutzungsdauer: 50 Jahre  
Nettogrundfläche: 2299 m<sup>2</sup>

Ein Produkt durchschreitet in seinem Lebenszyklus unterschiedliche Phasen, welche sich nach der DIN EN 15978:2012-10 in Informationsmodule untergliedern lassen. Dabei beschreiben das Modul A die Herstellung, das Modul B den Betrieb und das Modul C den Rückbau und die Abfallbehandlung.

Der Gebäudebestand ist im aktuellen Zustand bereits gebaut, wodurch lediglich das Modul C betrachtet wird. Der Abbruch, das Modul C beschreibt die Bauteile, welche im Zuge der Sanierung entfallen. Die Sanierung beinhaltet sämtliche Bauteile welche in das Gebäude eingebaut werden, wodurch hier die Module A-C, somit der gesamte Lebenszyklus aufgelistet werden. Unter Energieeinsatz wird der Umwelteinsatz, Ressourcenanspruch sowie Primärenergiebedarf verstanden, der für den Gebäudebetrieb, hier die Beheizung, Stromnutzung ect. benötigt wird.

# treibhausgasneutralität.

Zielerfüllung nach BNB



Das nebenstehende Diagramm zeigt die Ergebnisse der Umweltwirkung, Primärenergiebedarf sowie der Ressourceninanspruchnahme des Bestandes, der geplanten Sanierung sowie die 100 % Zielerfüllungswerte nach BNB Hochschulgebäuden.

Es wird deutlich, dass das Bestandsgebäude die Zielwerte massiv verfehlt. Der Anteil an erneuerbaren Primärenergien dagegen überschreitet das Anforderungsniveau lediglich um 2%. Anhand den geplanten Sanierungsmaßnahmen können die Zielwerte nach BNB Hochschulgebäude erfüllt werden.



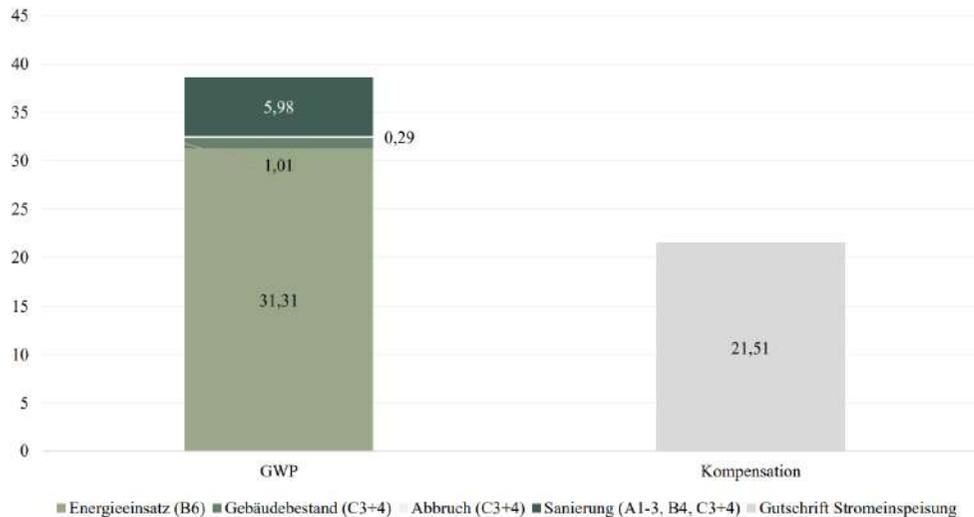
**Bestand**  
77 kgCO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>2</sup>\*a



**Sanierung**  
25 kgCO<sub>2</sub>-Äq./m<sup>2</sup>\*a

Der ökologische Rucksack veranschaulicht bildhaft die Gesamtheit der Ressourcen, die bei der Produktion, Nutzung und Entsorgung eines Produkts benötigt werden.

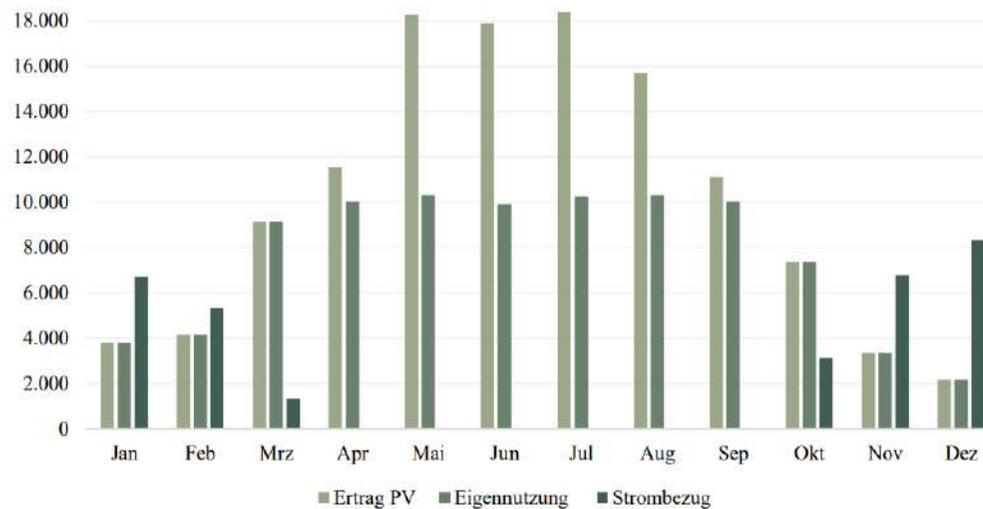
# treibhausgasneutralität.



Um eine Treibhausgasneutralität zu erreichen, ist eine Kompensationsrechnung der emittierten und eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig. Mit einer vollflächigen Belegung des Daches mit PV-Modulen können pro Jahr und Quadratmeter 21,51 kgCO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden. Dies ist durch die Erzeugung und Nutzung von regenerativen Energien möglich. Mit der vollflächigen Belegung ist eine 100 % Zielerfüllung nach BNB erreicht.

Um eine vollständige Kompensation aller Treibhausgase zu erzielen, werden 609 m<sup>2</sup> mehr PV-Fläche benötigt. Soll der Gebäudebetrieb eine Treibhausgasneutralität erreichen, so sind 294 m<sup>2</sup> mehr PV-Fläche notwendig.

# treibhausgasneutralität.



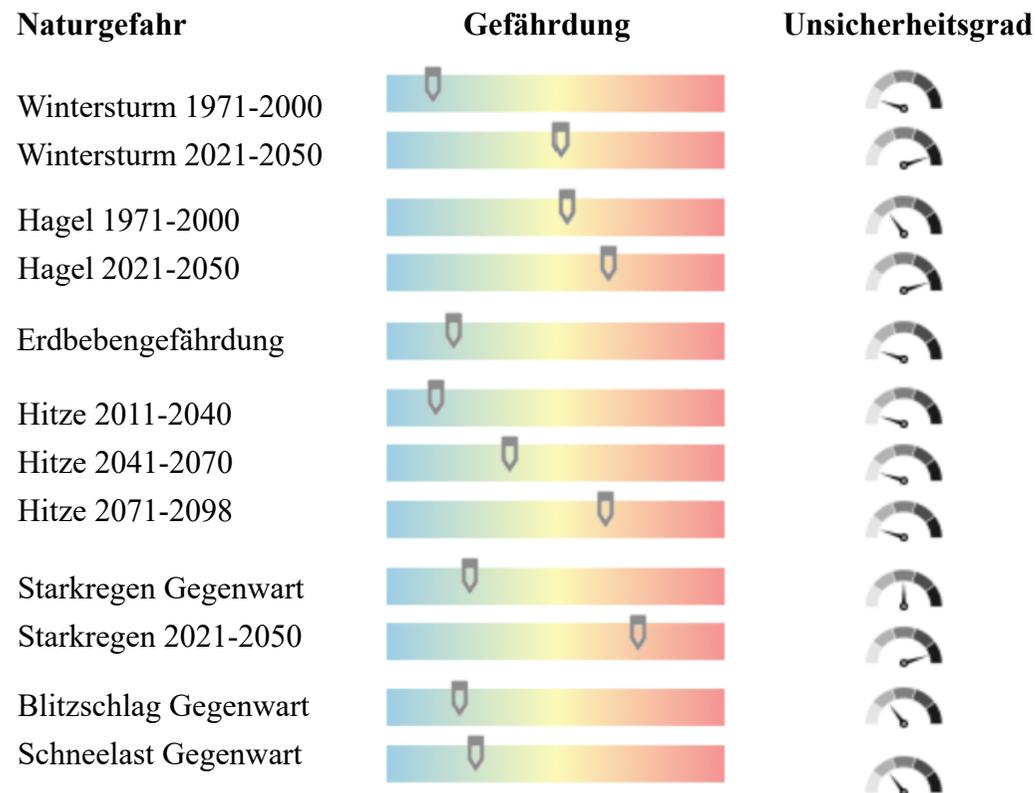
Mit einer PV-Fläche von 689 m<sup>2</sup> können im Jahr bis zu 122.905 kWh an Strom produziert werden. Nach Berücksichtigung des Trinkwarmwasserbedarfs, der Beleuchtungs- und Luftförderungsenergie sowie den Arbeitshilfen wird ein Elektrizitätsbedarf von 122.446 kWh/a erwartet.

Wenn beide Werte verglichen werden, so wird deutlich, dass bereits mehr Strom pro Jahr produziert wird, als tatsächlich verbraucht wird. Allerdings werden die Spitzenwerte in den Sommermonaten erreicht. Daraus ergibt sich in diesen Monaten ein großer Überschuss, der in den Wintermonaten benötigt wird.

Um die Plusenergie zu erreichen, ist über ein Langzeitspeicher, eine Sektorenkopplung bzw. ein Energiekonzept für die Universität Augsburg möglicherweise inkl. des umliegenden Quartiers nachzudenken.

Wird über eine Vergrößerung der PV-Fläche nachgedacht, so ist auch mit einem Zuschlag von 600 Modulen eine Deckung des Strombedarfs in den Wintermonaten nicht gegeben.

# klimafolgenanpassung.



Die Folgen des Klimawandels sind bereits spürbar. Die Winterstürme, Hagel-, Hitze- sowie Starkregenrisiken nehmen in den folgenden Jahren immer weiter zu.

Der Unsicherheitsgrad beschreibt dabei, wie genau die Vorhersage im aktuellen Zeitpunkt ist. Wenn sich der Zeiger im linken Bereich befindet, ist die Unsicherheit gering und die Wahrscheinlichkeit, dass die Gefährdungen in diesem Maße zunehmen sehr hoch. Je weiter der Zeiger nach rechts wandert, so ungenauer ist die Prognose und die Gefährdungswahrscheinlichkeiten können noch variieren.

Bei der Betrachtung wird deutlich, dass die Hitzegefahr sich zwischen 2071 und 2098 im Vergleich zu 2011-2040 verdoppelt. Angesichts neuer Hitzerekorde, häufiger Hitzetage, Dürre, Waldbrandgefahr und sinkenden Trinkwasserständen sind dringende Maßnahmen notwendig.

# sanierungsmaßnahmen.



## Variante I

<b>Jahresheiz- wärmebedarf</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>Heizlast</b> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>Jahres- strombedarf</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>GWP</b> [kgCO <sub>2</sub> -Äq./(m <sup>2</sup> *a)]	<b>PENRT</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>PERT</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>Umbaukosten</b> [€/m <sup>2</sup> ]	<b>Lebenszyklus- kosten</b> [€/m <sup>2</sup> ]
87	46	52	55	164	75	213	3.255

In der ersten Variante werden die Auswirkungen untersucht, die sich ergeben, wenn die bestehenden Fenster ausgetauscht, jedoch sonst keine weiteren Maßnahmen vorgenommen werden. Indem Fenster mit einem  $U_w$ -Wert von  $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  eingesetzt werden, wird der Heizwärmebedarf um 22% und die Heizlast um 28% gesenkt. Mit dem Fensteraustausch sinkt der Strombedarf um 37% und das GWP

reduziert sich um 29% auf  $55 \text{ kg CO}_2\text{-Äq.}/(\text{m}^2 \text{NGF} \cdot \text{a})$ . Die Umbaukosten belaufen sich auf  $213 \text{ €/m}^2 \text{BGF}$  und die Lebenszykluskosten auf  $3.255 \text{ €/m}^2 \text{BGF}$ . Im Vergleich zu der Ausgangssituation senken sich die Lebenszykluskosten bereits um 6 %. Folglich stellt diese Maßnahme bereits eine Verbesserung der Energieeffizienz sowie der Umweltauswirkungen des Gebäudes dar.

# sanierungsmaßnahmen.



## Variante II

<b>Jahresheiz- wärmebedarf</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>Heizlast</b> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>Jahres- strombedarf</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>GWP</b> [kgCO <sub>2</sub> -Äq./(m <sup>2</sup> *a)]	<b>PENRT</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>PERT</b> [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	<b>Umbaukosten</b> [€/m <sup>2</sup> ]	<b>Lebenszyklus- kosten</b> [€/m <sup>2</sup> ]
78	41	41	47	147	66	415	3.178

In der 2. Variante wird die bestehende Fassade durch eine neue, modulare Holzständerwand ersetzt. Diese wird im Werk vorgefertigt und auf der Baustelle angeschlossen. Dadurch wird die Bauzeit deutlich verringert. In diesem Zug werden die Fenster neu angeordnet. Da die neue Außenwand eine deutliche Verbesserung der Transmissionswärmeverluste zur bestehenden Außenwand

darstellt, reduziert sich der Heizwärmebedarf um 29%. Der Strombedarf sinkt um 49% und das GWP um 39%. Da es sich bei dieser Maßnahme um einen größeren Eingriff in der Gebäudestruktur handelt, steigen die Umbaukosten auf 415 €/m<sup>2</sup>BGF an. Gleichzeitig sinken durch diese Maßnahme die Lebenszykluskosten auf 3.178 €/m<sup>2</sup>BGF.

# sanierungsmaßnahmen.



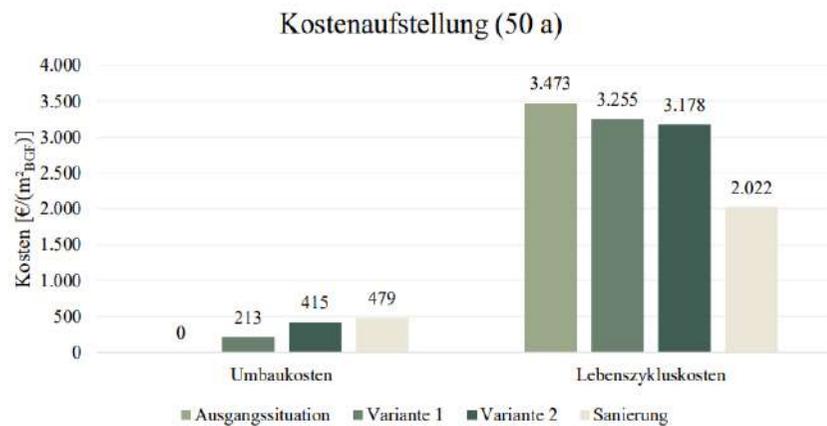
## Variante III - Sanierung

Jahresheiz- wärmebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	Heizlast [W/m <sup>2</sup> ]	Jahres- strombedarf [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	GWP [kgCO <sub>2</sub> -Äq./(m <sup>2</sup> *a)]	PENRT [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	PERT [kWh/(m <sup>2</sup> *a)]	Umbaukosten [€/m <sup>2</sup> ]	Lebenszyklus- kosten [€/m <sup>2</sup> ]
39	28	14	25	81	41	479	2022

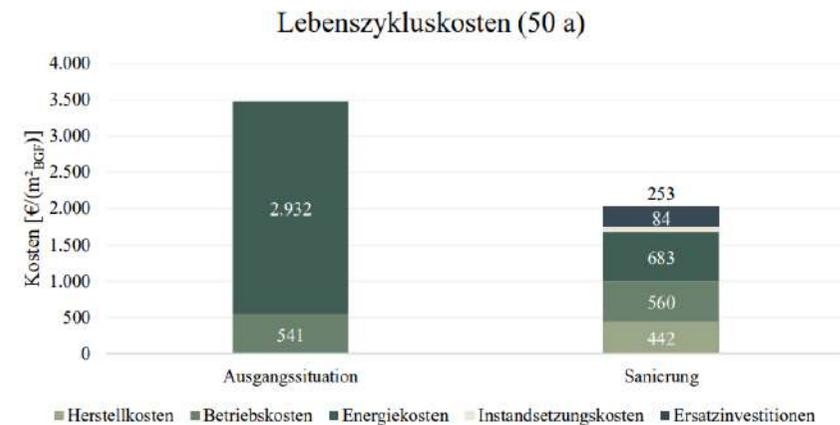
In der ausgearbeiteten Version wird zusätzlich zu der Konstruktion eine Ost-West orientierte PV-Anlage sowie eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung pro Brandabschnitt vorgesehen. Mit dieser zusätzlichen Technik wird der Heizwärmebedarf auf 39 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) reduziert, was eine Verbesserung von 65% zur Ausgangssituation darstellt. Die Heizlast reduziert sich dabei sogar um mehr als die Hälfte. Der Strombedarf wird mit diesen Sanierungsmaßnahmen um

83% gesenkt. Auch die Umweltauswirkungen reduzieren sich signifikant und weisen auf, dass eine Sanierung des Gebäudes zu einer Reduktion der Emissionen führt, wenngleich neue Produkte produziert werden müssen und dadurch Emissionen anfallen. Die Umbaukosten belaufen sich auf 479 €/m<sup>2</sup>BGF, die Lebenszykluskosten dagegen auf 2.022 €/m<sup>2</sup>BGF.

# sanierungsmaßnahmen.



Im oben stehenden Diagramm sind die Umbau- sowie Lebenszykluskosten der einzelnen Varianten aufgelistet. Es ist erkennbar, dass sich zwar die Umbaukosten zu jeder weiteren Maßnahme steigern, jedoch werden gleichzeitig die Lebenszykluskosten aufgrund der Einsparung des Heizwärmebedarfs gesenkt.



In der Ausgangssituation sind in den Lebenszykluskosten lediglich die Betriebs- sowie Energiekosten aufgeführt. In der nebenstehenden rechten Säule sind neben den Energie- und Betriebskosten noch Herstell-, Instandsetzungskosten sowie Ersatzinvestitionen dargestellt. Diese beziehen sich auf die neu hergestellten Bauteile im Zuge der Sanierungsmaßnahmen. Anhand dieser Gegenüberstellung wird deutlich, dass sich die Energiekosten um 77% senken lassen. Aufgrund der vermehrten Maßnahmen, erhöht sich der Wartungsaufwand bezogen auf die Bauteile und somit die Betriebskosten für die Sanierung.

# sanierungsmaßnahmen.

Energetische Sanierung  
Geographisches Institut Uni Augsburg



Ansicht West - ohne Maßstab



Neue  
Fenster

Holzständer-  
wand

Rockpaneel  
Verkleidung

Neuer  
Fluchtbalkon

Neue  
Raumaufteilung

Begrüntes  
Dach

Lüftungs-  
anlage

Photovoltaik  
Anlage

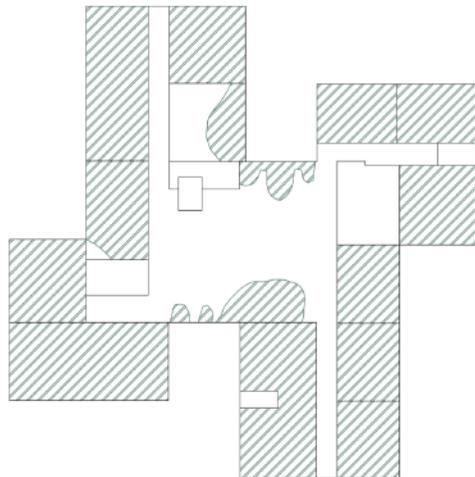
## Ziel-Beleuchtungsstärke nach DIN EN 17037

	100 lx	300 lx	500 lx
<b>Raumanteil Zielwert Empfehlungsstufe gering [%]</b>	95	50	-
<b>Raumanteil Zielwert Empfehlungsstufe mittel [%]</b>	-	95	50
<b>D Bezug [%]</b>	0,7	2,2	3,6
	<b>EG / OG</b>	<b>EG / OG</b>	<b>EG / OG</b>
<b>Flächenanteil auf 0.85 m [%]</b>	96 / 99	65 / 86	40 / 61

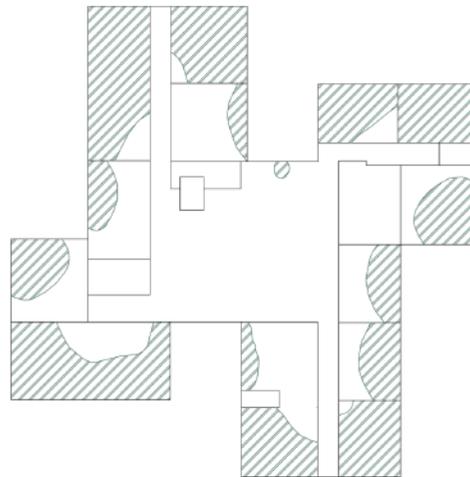
Die DIN EN 17037 gliedert den Zielwert der Empfehlungsstufe in gering, mittel und hoch. Dabei wird dieser Zielwert jeweils in Prozent angegeben. Weiterhin wird zwischen der Beleuchtungsstärken 100 lx, 300 lx und 500 lx differenziert. Dabei beschreibt die Beleuchtungsstärke die Menge des auf eine Fläche auftretenden Lichts. Der erreichte Zielwert wird hierbei jeweils für die drei Stufen der Beleuchtungsstärke angegeben, sofern vorhanden.

Der D Bezug stellt den Tageslichtquotienten in Prozent dar. Dabei wird bei dem Tageslichtquotient das Verhältnis der Beleuchtungsstärke im Innenraum zu Beleuchtungsstärke im Außenraum bei bedecktem Himmel verstanden.

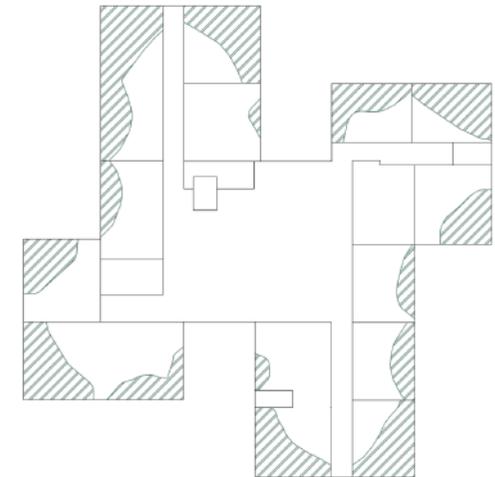
# tageslicht.



Schema EG - 100lx - ohne Maßstab



Schema EG - 300lx - ohne Maßstab

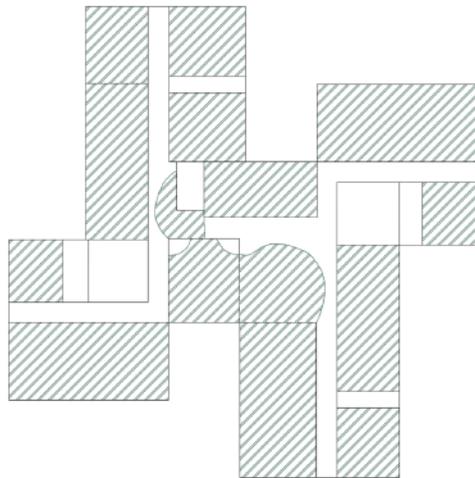


Schema EG - 500lx - ohne Maßstab

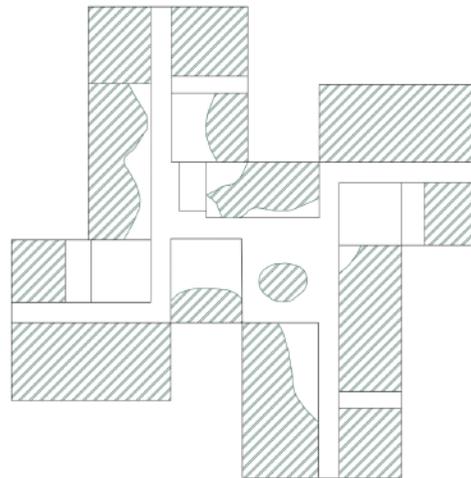
Anhand der Tageslichtsimulation werden die drei unterschiedlichen Ziel-Beleuchtungsstärken, 100 lx, 300 lx und 500 lx, untersucht. Hierbei wird deutlich, dass mit zunehmender Beleuchtungsstärke die Verfügbarkeit im Raum schwindet.

Weiterhin ist ablesbar, dass die Verglasung in den Fluren wenig ausschlaggebend ist und diese nur marginal mit Tageslicht versorgt werden.

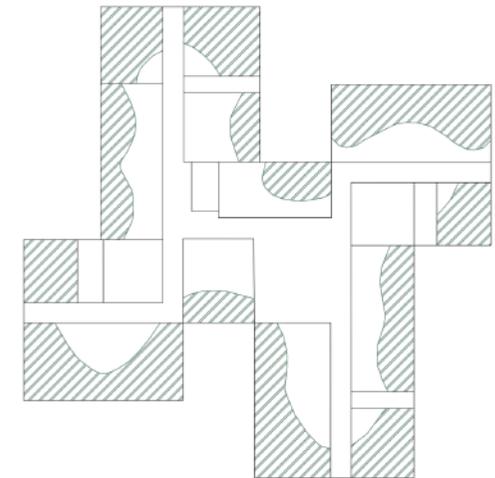
# tageslicht.



Schema OG - 100lx - ohne Maßstab



Schema OG - 300lx - ohne Maßstab

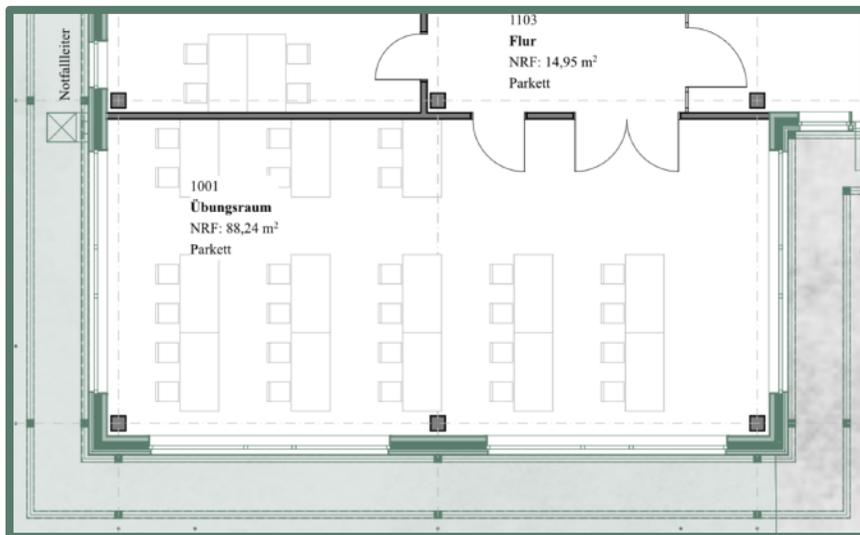


Schema OG - 500lx - ohne Maßstab

Bei der Simulation des Obergeschosses wird deutlich, dass dieses mehr mit Tageslicht versorgt wird im Vergleich zum Erdgeschoss. Hierbei ist auch die Ausprägung des 500 lx Beleuchtungsstärken-Szenario deutlich verstärkt.

Werden die Tabelle sowie die Schemata betrachtet, so wird erkennbar, dass die Zielwert-Empfehlungsstufe gering für beide Geschosse erreicht wird. Die mittlere Stufe kann hingegen nur im 500 lx Beleuchtungsstärken-Szenario im Erdgeschoss erfüllt werden.

# sommerlicher Wärmeschutz.



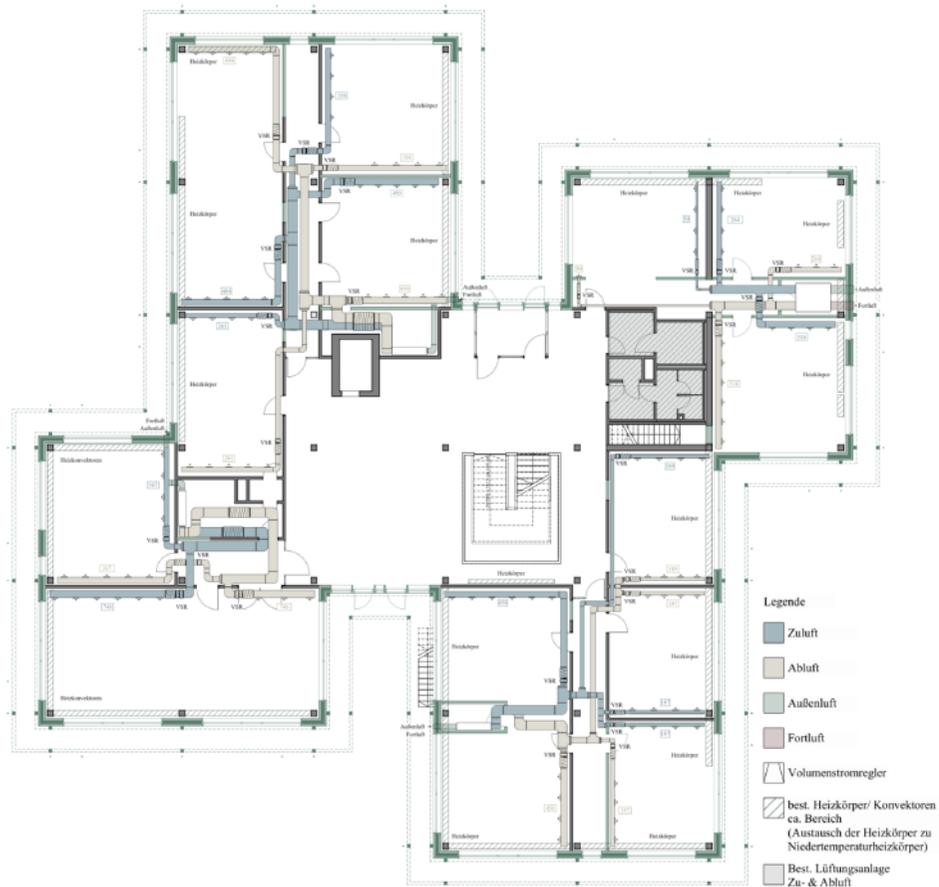
Grundrissausschnitt EG - ohne Maßstab

Anhand unseres Konzeptes mit der angedachten Fensteranordnung, der Sonnenschutzverglasung im Süden und der Nachtlüftung über die Fenster und Oberlichter wird der sommerliche Wärmeschutz nach DIN4108-2 im kritischsten Raum erfüllt.

**zulässiger Sonneneintragskennwert**  
 $\leq 0,063$

**vorhandener Sonneneintragskennwert**  
 $= 0,052$

# lüftungskonzept.



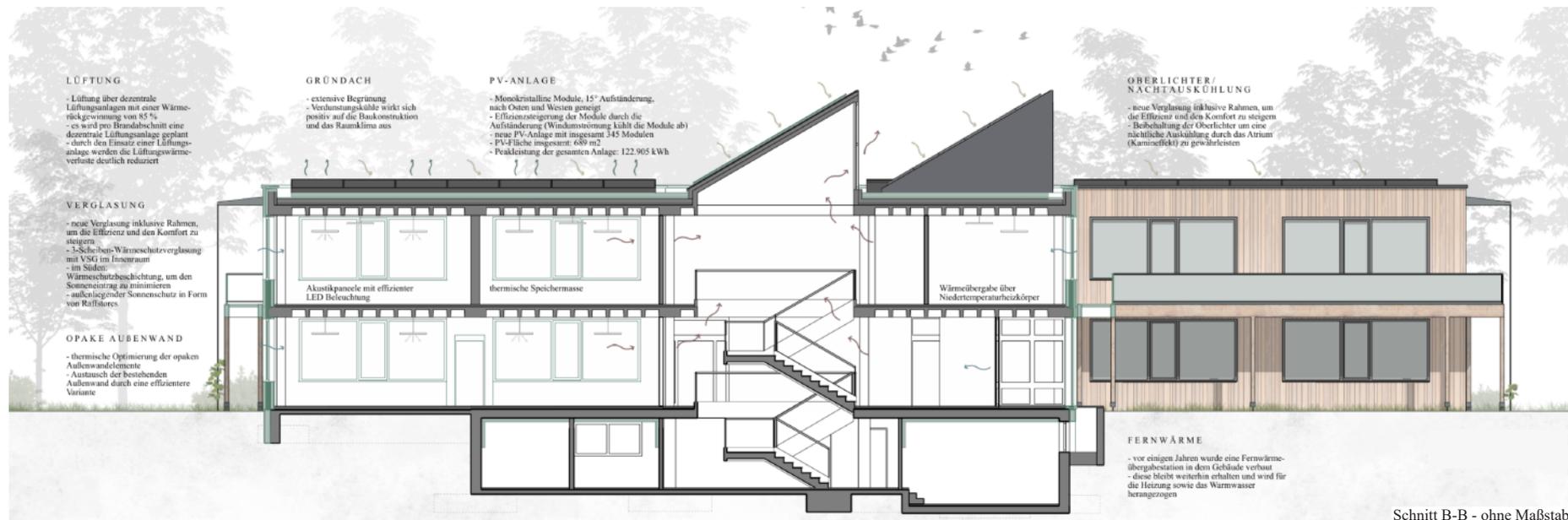
Grundriss EG mit Technikkonzept - ohne Maßstab

Ein wichtiger Punkt bei der Einsparung von Energie und somit zur Verbesserung des Endenergiebedarfs ist der Einsatz einer Lüftungsanlage. Durch diese Anlage werden die Lüftungswärmeverluste vor allem in der Heizperiode deutlich gesenkt, da die Fenster nicht geöffnet werden müssen und somit die warme Luft ungehindert austreten kann. Mit einer Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage wird der Wärmeverlust auf ein Minimum reduziert. Folglich wird der Energieverbrauch deutlich gesenkt.

Im Kellergeschoss wird ein zentrales Lüftungsgerät eingeplant. Im Erdgeschoss wie auch im Obergeschoss dagegen wird ein Lüftungsgerät pro Brandabschnitt geplant. Dadurch ergeben sich insgesamt neun Anlagen für dieses Gebäude. Indem in jedem Brandabschnitt ein Lüftungsgerät installiert wird, wird dort jeweils auch ein Technikraum benötigt. Zeitgleich werden vertikale Leitungsstränge und Brandschutzklappen nicht benötigt. Weiterhin wird durch die dezentrale Verwendung von Lüftungsanlagen große Querschnitte vermieden.

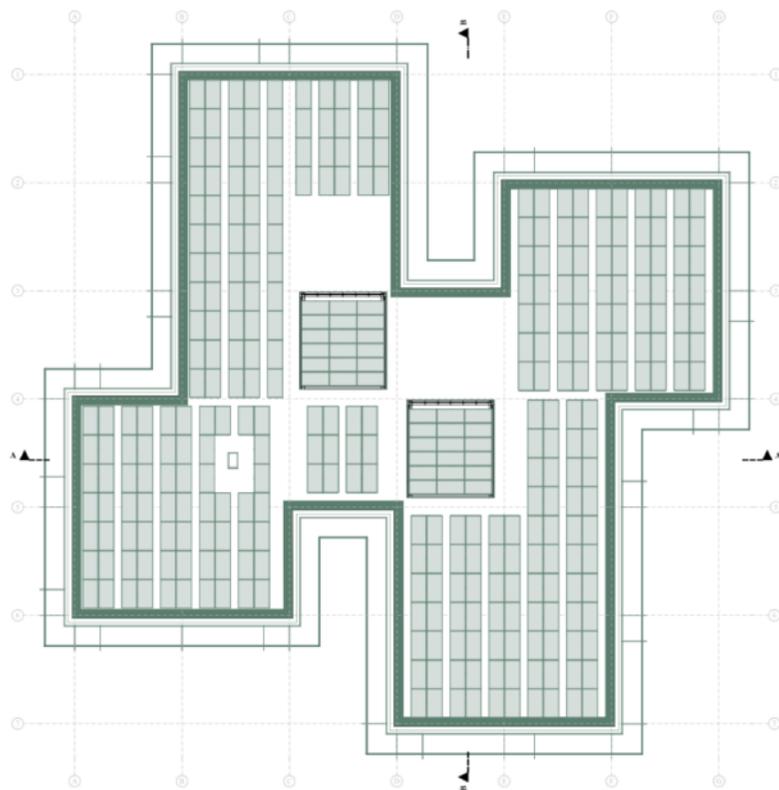
# kühlungskonzept.

Energetische Sanierung  
Geographisches Institut Uni Augsburg



Neben der Lüftungsanlage als aktive Maßnahme wird im Sommer noch die Nachtauskühlung als passive Maßnahme angedacht. Da die globale Temperatur stetig ansteigt, ist es wichtig, die Gebäude vor Überhitzung im Sommer zu schützen, um eine angenehme Aufenthaltsqualität und Behaglichkeit zu gewährleisten. Daher ist es wichtig, die während des Tages aufgestaute Wärme im Gebäude über Nacht zu entlassen und das Gebäude wieder abzukühlen. Durch

Oberlichter im offenen Treppenhaus kann mit Hilfe des thermischen Auftriebs (Stichpunkt Kamineffekt) die warme Luft aus dem Gebäude transportiert werden. Dafür müssen die Fenster, die Oberlichter sowie die innenliegenden Türen geöffnet werden, sodass ein Durchzug entsteht. Die warme Luft tritt bei den Oberlichtern aus und das Gebäude kühlt über Nacht ab.



Dachaufsicht - ohne Maßstab

### Heizkörperaustausch

Um Energie einzusparen, werden die bestehenden Heizkörper durch Niedertemperaturheizkörper ausgetauscht. Es wird die Annahme getroffen, dass die bestehenden Heizleitungen noch intakt sind und kein Austausch benötigt wird.

### Fernwärme

Die Stadt Augsburg möchte die erste klimafreundliche Stadt Bayerns werden und setzt mit der Nutzung und dem stetigen Ausbau von Fernwärme eine wegweisende Richtung. Da das Geographische Institut erst vor wenigen Jahren eine Fernwärmeübergabestation erhalten hat, wird bei diesem Sanierungskonzept die Fernwärme weiterhin erhalten. Dadurch werden Ressourcen und Kosten geschont.

### Photovoltaikanlage

Durch eine Belegung der freien Dachfläche mit PV-Modulen kann regenerativer Strom erzeugt werden, wodurch kein Strom mit fossilen Anteilen aus dem Netz bezogen werden muss. Aufgrund des regenerativen Anteil können CO<sub>2</sub>-Emissionen während des Gebäudebetriebs kompensiert werden.