
Bachelorthesis

Bauen im Bestand - Bauherren Präsentation

Energetische Sanierung: Blue City -

Klimaneutrale Elias-Holl-Grundschule Augsburg



Inhaltsverzeichnis

1. Kontext	3	4. Gebäudetechnik	21
1.1 Umgebung	4	4.1 Lüftung	22
1.2 Anbindung an ÖPNV	4	4.2 Heizung	24
1.3 Risikobewertung	5	4.2.1 Heizlast	24
1.3.1 Naturgefahren	5	4.2.3 Energiekonzept	25
1.3.2 Verbesserungspotenzial am Bestand	5	4.3 Beleuchtung	26
2. Architektur	6	4.4 Strom aus PV	27
2.1 Historie	7	5. Bauphysik	28
2.2 Bestandsgebäude	8	5.1 Energetische Kennwerte	29
2.3 Raumbedarf	9	5.2 sommerlicher Wärmeschutz	30
2.4.1 Entwurfsentstehung und Konzept	10	6. Ökobilanz	31
2.4.2 Konstruktion	11	6.2 Bewertung der CO2-Neutralität	34
2.4.3 Rezyklierbarkeit und Biologischer Kreislauf	13	6.3 Ausblick	34
2.4.4 Barrierefreiheit	14		
2.5 Außenraum	15		
3. Material + Farbkonzept	18		



1. Kontext

1.1 Umgebung

Nachbarbebauung

Die Schule befindet sich etwas versteckt hinterhalb des Jakoberwalls in der Jakobervorstadt. Die Umliegende Bebauung ist geprägt von einer Blockrandbebauung aus Gebäuden, die bereits vor der Schule errichtet wurden.

Im Umkreis um das Gebäude gibt es vor Allem Wohnbebauung, aber auch eine Kinderkrippe, Restaurants und die direkte Nähe zum Park am Jakoberwall.

1.2 Anbindung an ÖPNV

Die Schule ist sehr gut an den ÖPNV angeschlossen:

Tram

Haltestelle Jakobertor in 3 Min. Fußweg

Tram Linie 1: von Göggingen nach Lechhausen Neuer Ostfriedhof

Haltestelle Fuggerei in 5 Min. Fußweg

Tram Linie 1: von Göggingen nach Lechhausen Neuer Ostfriedhof

Bus

Haltestelle Jakobertor, in 3 Minuten Fußweg

Buslinien 33, 23, 22, 305, 303, 302, 301, 225



1.3 Risikobewertung

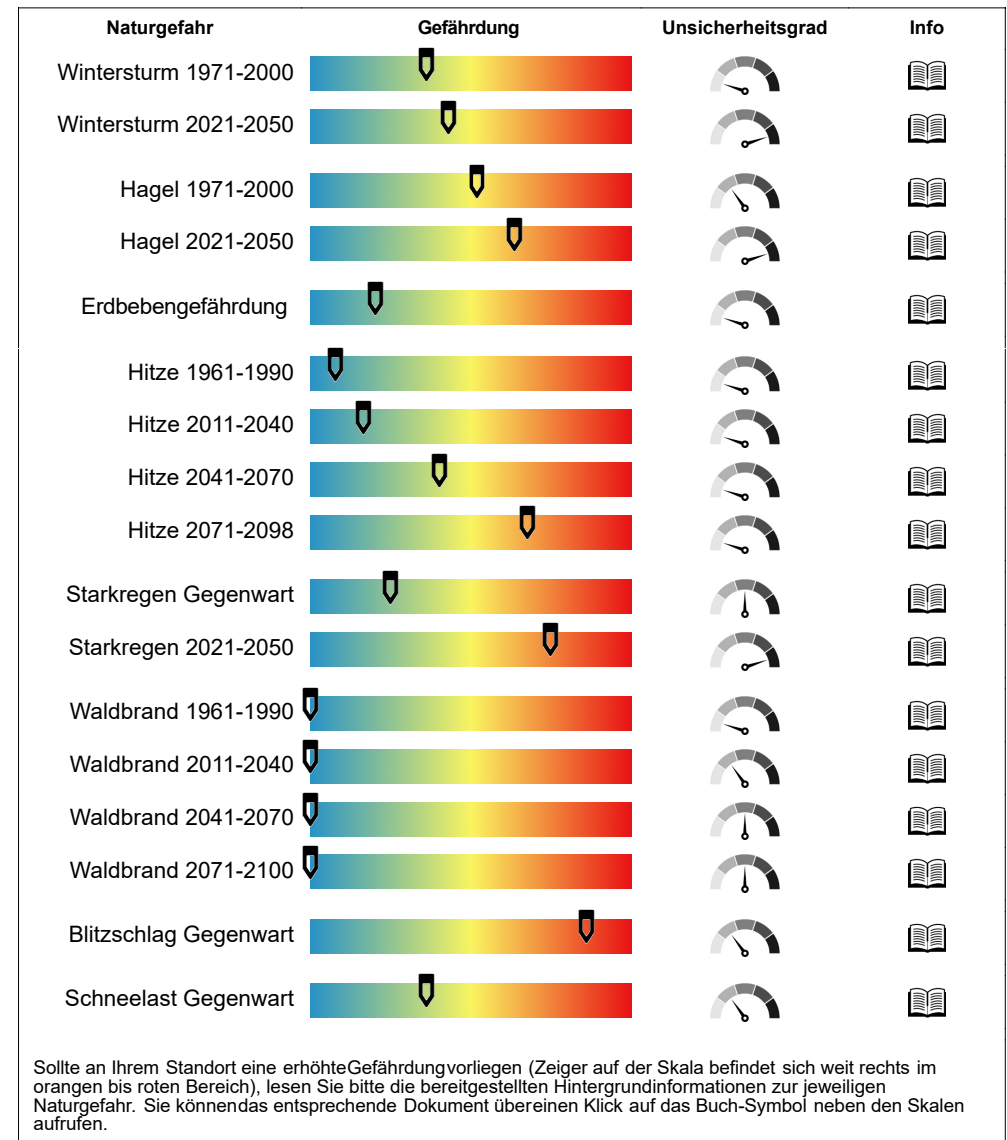
1.3.1 Naturgefahren

Wie die nachfolgende Gefährdungsbewertung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-, und Raumforschung zeigt, ist die Elias-Holl-Grundschule in Augsburg vor allem durch Hagel, Starkregen und Hitze gefährdet.

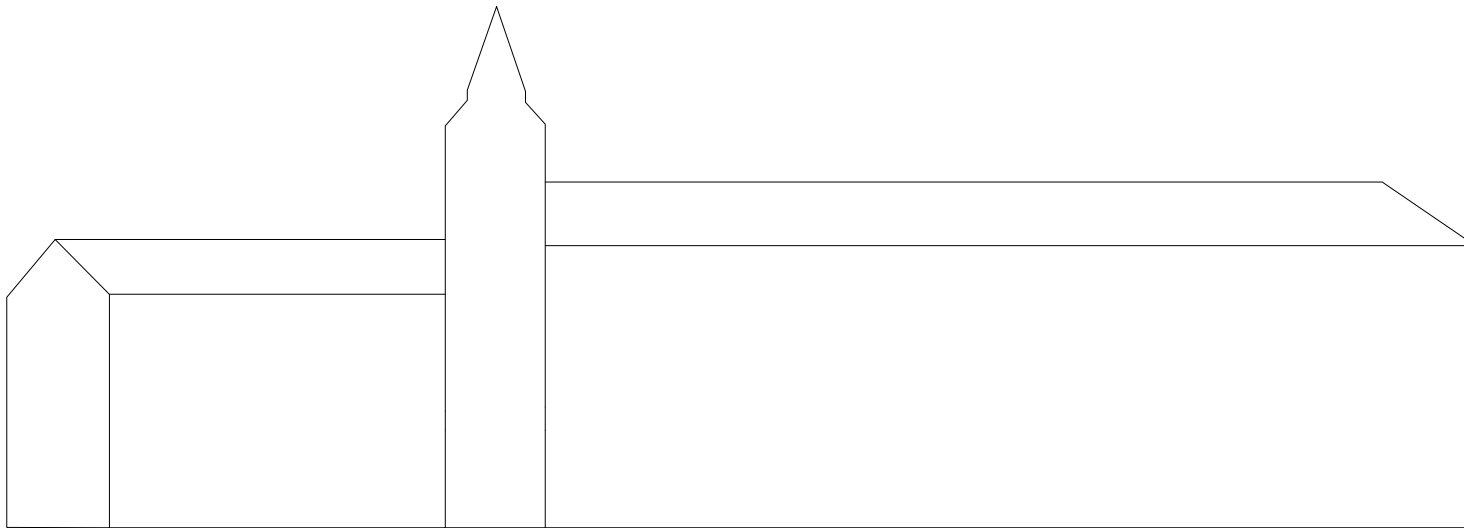
Hitze und Strakregenereignisse werden im Zuge des Klimawandels immer weiter zunehmen. Aus diesem Grund ist es unabdingbar, Gebäude auf die kommenden Klimaveränderungen anzupassen und die Resilienz zu steigern.

1.3.2 Verbesserungspotenzial am Bestand

- Hoher Versiegelungsgrad auf dem Grundstück (Pausenhof, Verkehrsübungsplatz)
> Oberflächenwasser versickert nur langsam
- Entstehung von Hitzeinseln durch dunkle Oberflächen, die keine Absorption zulassen
Pausenhof und zukünftiger Verkehrsübungsplatz erhitzen sich im Sommer stark, wodurch es auch im Gebäude zu übermäßiger Hitzeeinfuhr kommt
- Unterdimensionierte Abwasserleitungen



Hinweis: Die Risikobewertung basiert auf Daten aus dem Jahr 2016. Bitte beachten Sie bei der Auswertung, dass sich die Risikolage aufgrund klimatischer Veränderungen fortlaufend ändern kann. Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr.



2. Architektur

2.1 Historie



1. Weltkrieg
Baracken des Lazarett
im Schulhof



1909
Eröffnung als Arbeits-
schule

1944 - 2. Weltkrieg
3. OG der Schule brennt nach
Bombenangriff aus

1952
Anbau mit 3 Klassenzimmern

1973
Doppelturnhalle, Sportplatz
und neue Pausenhalle

2006
nur noch Grundschule

2008
Einführung Hort



2.2 Bestandsgebäude

Außenansicht

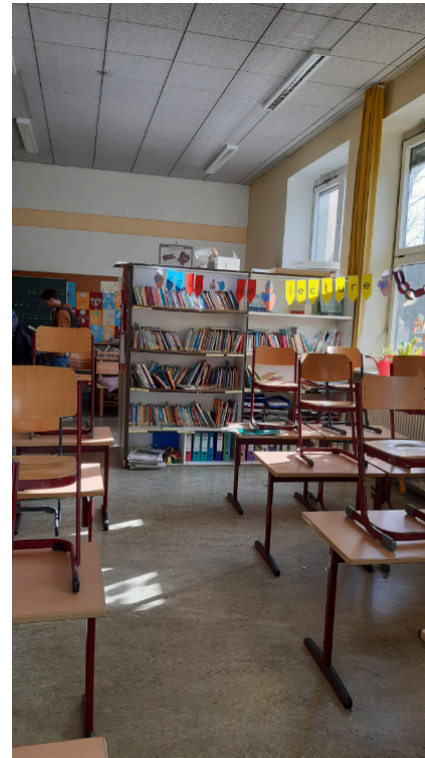


Klassenzimmer

Alle Klassenzimmer verfügen über sehr hohe Fenster und sind nach Süden ausgerichtet, was der Tageslichtversorgung zu Gute kommt.

Bisher sind noch nicht alle Klassenzimmer mit digitalen Lehrmitteln ausgestattet, was aber nach und nach nachgerüstet wird.

Die Innenraum Einrichtung folgt keinem einheitlichen Muster und variiert von Klassenzimmer zu Klassenzimmer



Klassenzimmer 1. OG Wesflügel
mit „Bibliothek“



Klassenzimmer 2. OG



Treppenhaus mit erhaltenswertem Jugendstil-Geländer



Flur 2. OG mit bunt zusammengewürfelten Möbeln

2.3 Raumbedarf

Die Schule hat derzeit erheblichen Raumangel. Nach Aussagen der Schulleiterin werden mindestens 4 neue Klassenzimmer benötigt, da sonst in den kommenden Jahren aufgrund immer größer werdender Schulsprengel keine weiteren Kinder mehr aufgenommen werden können. Außerdem ist ein eigener Raum für eine Bibliothek notwendig.

Raumbedarf

- 4 neue Klassenzimmer
- eigener Raum für Lesecke
- Aufwertung der Räumlichkeiten für den Hort

2.4 Entwurf

2.4.1 Entwurfsentstehung und Konzept

Der Hort befindet sich bisher im eher tristen Kellergeschoss, das nicht ausreichend mit Tageslicht versorgt ist.

Außerdem führt die nicht gedämmte Bodenplatte und undichte Fenster zu unbehaglichen Aufenthaltsqualitäten.

Um die Anforderungen an die Erweiterung des Raumprogramms umzusetzen und dennoch den laufenden Schulbetrieb nicht zu sehr zu beeinträchtigen wurde eine Variante ausgearbeitet, die mit den nötigsten Mitteln das meiste aus dem Bestandsgebäude herausholt.

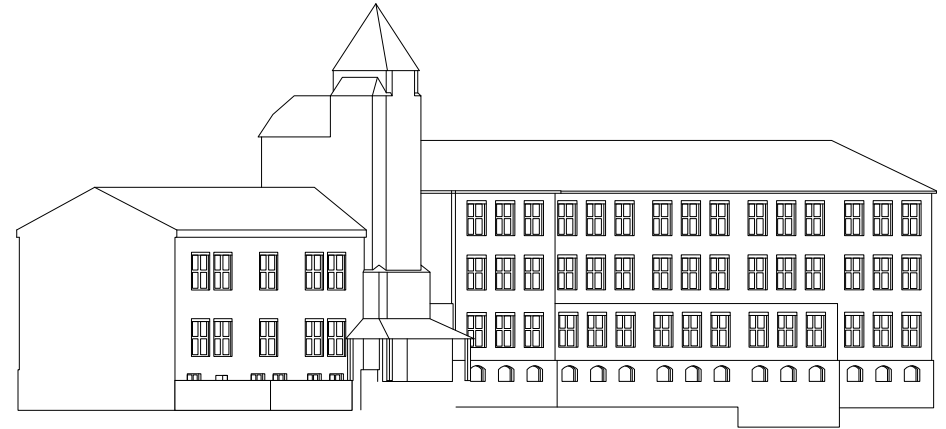
Der Entwurf steht daher unter dem Motto:

Suffizienz - so viel wie nötig



Um den Bestand bestmöglich auszunutzen wird deshalb das Dachgeschoss des Ostflügels durch Gauben ausgebaut. Hier befindet sich dann der Hort.

Da Das UG für Dämmung der Kellerwände ohnehin abgegraben werden muss, bietet es sich an hier die Fenster bodentief zu vergrößern und so mehr Tageslicht in die dort entstehenden Klassenräume zu bringen. Um den Lichtgraben vor den Fenstern bestmöglich zu nutzen wird der Außenraum hier besonders aufgewertet und dient als „Grünes Klassenzimmer“, als Erweiterung für die Klassenräume.



2.4.2 Konstruktion

Dämmung

Dämmung auf Passivhaus-Niveau durch vorgehängte Fassade (TES-System) als Holzrahmenbau, mit vertikaler Holzschalung verkleidet an West und Ostflügel.

Turm ebenfalls mit TES-Fassade verkleidet und verputzt, um die Eigenständigkeit zu betonen und das Alter der Schule zu gedenken.

Dämmung des Kellergeschosses mit Perimeterdämmung aus Schaumglasplatten

Schaffen von Raum

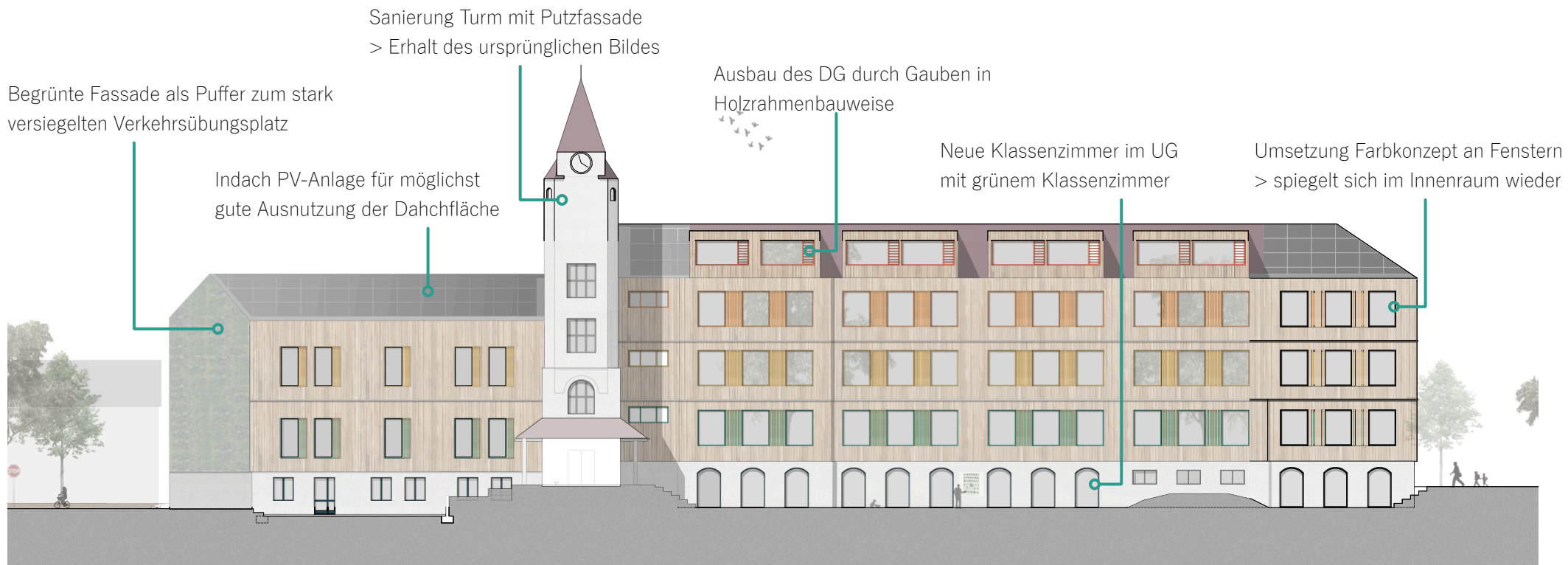
Ausbau des Dachgeschosses im Ostflügel mit Gauben, um dort neuen Platz für den Hort zu schaffen - mit mehr Aufenthaltsqualität.

Gauben aus Holzrahmenbauwänden und Hohlkastendecke (Flachdach)

Klimafolgeanpassung

Begrünte Fassade an Westseite des Gebäudes als „Puffer“ zum Verkehrsübungsplatz:

- Systemgebundene Fassadenbegrünung,
- selbstbewässernd, mit gesammeltem Regenwasser von Grundstück



Innenraum

Dachausbau, Hort

Um für den sommerlichen Wärmeschutz möglichst viel Speichermasse in den Dachausbau zu integrieren werden die Innenwände als Holzständerwände mit Strohlehm-Ausfachung ausgebildet und mit Lehmbauplatten bekleidet.

Abgehängte Decke

Die neue Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung macht eine zumindest teilweise abgehängte Decke unabdingbar. Die

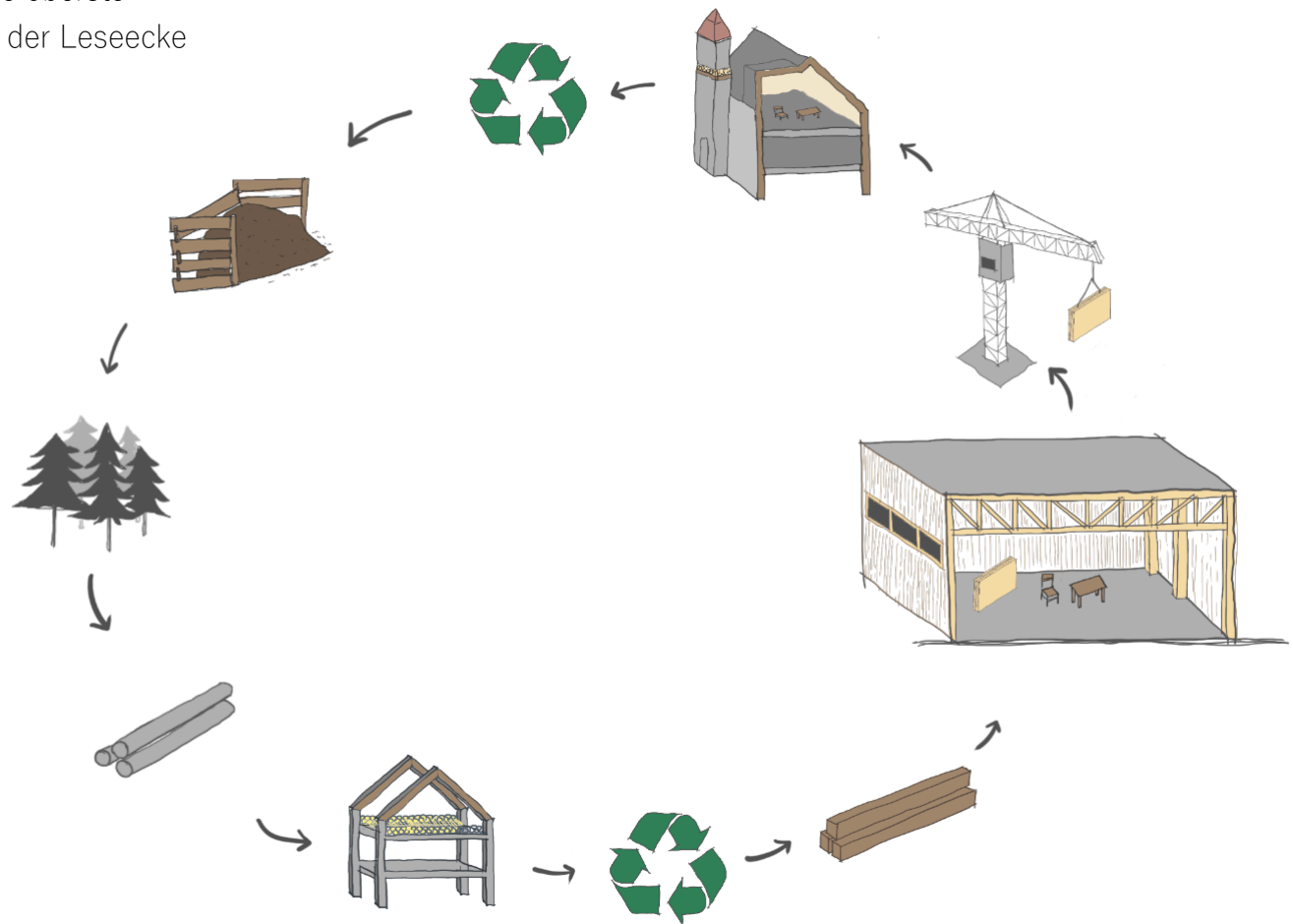
2.4.3 Rezyklierbarkeit und Biologischer Kreislauf

Die im Bestand existierende Dämmung der obersten Geschosdecke wurde erst ungefähr im Jahre 1970 im Zuge der Sanierung der Turnhalle nachgerüstet. Die Mineralwolle wird in der Sanierung wiederverwendet, indem sie als Dämmung für die oberste Geschosdecke des Westflügels, des Turms und der Leseecke eingesetzt wird.

Die Balken des Dachstuhls im Bestandsgebäude müssen wegen der Gauben rückgebaut werden.

Diese werden dadurch Teil des Urban Mining. Sie werden auf ihr Potential geprüft und dann zu Bauteilen für die Sanierung verarbeitet werden. Falls der Zustand der Bauteile nicht für eine Wiederverwendung ausreicht, können die Holzbalken zu Möbeln für den Hort weiterverwertet werden.

Nach möglichst vielen Kreisläufen können organische Materialien kompostiert werden und so wieder Teil des biologischen Kreislaufs werden und eine Grundlage für die nachwachsenden Pflanzen.



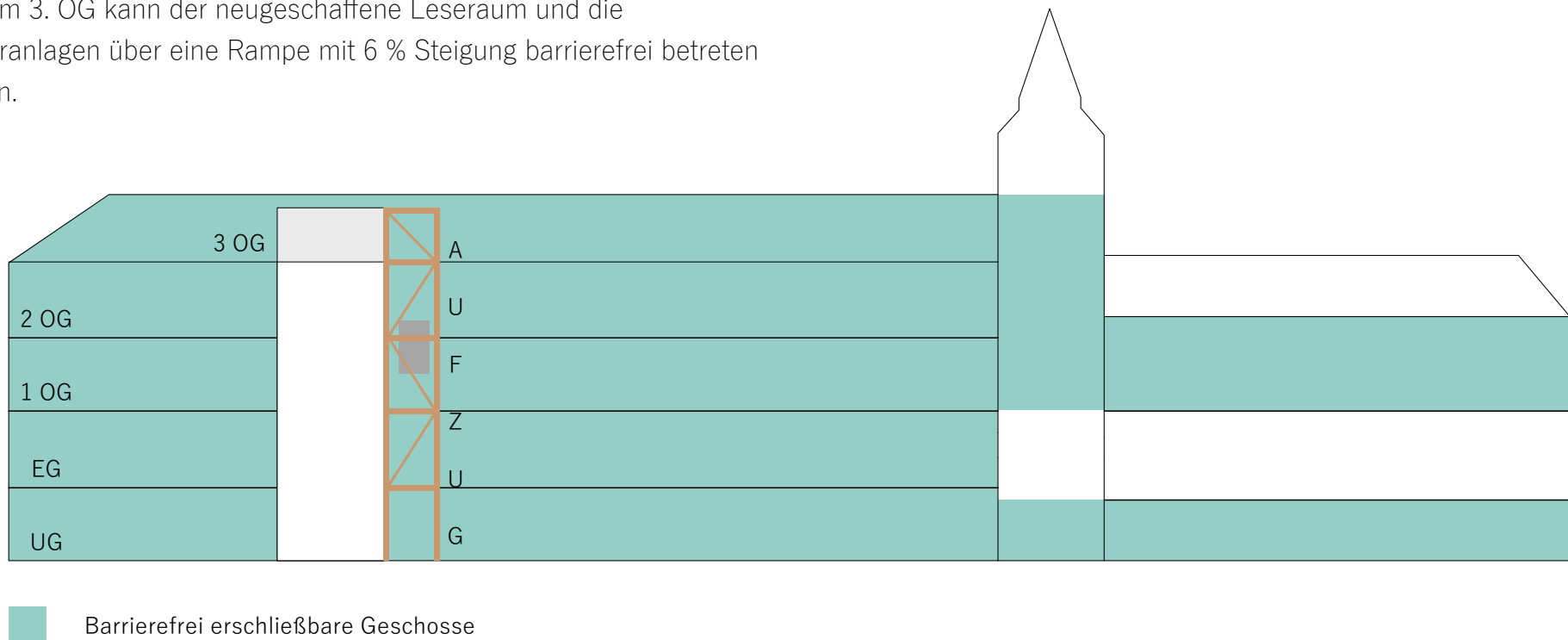
2.4.4 Barrierefreiheit

Durch den Aufzug an der Nordseite des Gebäudes, der an das bestehende Fluchttreppenhaus rangesetzt wird können ca. 80 % des Gebäudes barrierefrei erschlossen werden.

Der Aufzug führt vom UG des Ostflügels bis ins 3. OG. Von da aus kann auch das Untergeschoss und der 1. Stock des Westflügels barrierefrei erreicht werden. Lediglich das Erdgeschoss des Westflügels ist aufgrund einer kleinen Treppe nicht barrierefrei zu erreichen. Hier könnte aber ein Treppenlift oder ähnliches angebracht werden.

Auch im 3. OG kann der neugeschaffene Leseraum und die Sanitäranlagen über eine Rampe mit 6 % Steigung barrierefrei betreten werden.

Durch diese Maßnahmen kann die Schule die Inklusion von Kindern mit Einschränkungen gewährleisten.



2.5 Außenraum

ZIELE

- Weniger versiegelte Fläche und mehr durchlässige Oberflächen für eine regulierte Versickerung bei gleichzeitiger Verdunstungskühlung im Sommer.
- Qualitative Aufwertung des Pausenhofs

Befestigte Wege

Godelmann Klimastein

- Speichert Wasser und verdunstet gezielt
- unterstützt Prinzip der Schwammstadt

Spiegelung der Gebäudefunktionen nach außen

Pausenhalle	> Pausenhof
Turnhalle	> Spielfläche
Schulgebäude	> Grünes Klassenzimmer

Pausenbereich

- Sitzgelegenheiten für Pausenbrot
- Sitzgelegenheiten evtl. als DIY-Projekt für die Schüler
- Wege aus Hackschnitzel
- Entstehung von Aufenthaltsoasen

Spiel- und Sportbereich

- 1 multifunktionale Fläche (mit Fußball- und Basketballfeld)
- bunte Tartanbahn mit Trampolinen

- 1 befestigte Fläche für Inline-Skating, etc.
- 1 Fläche mit Erhebungen zum Klettern

Grünes Klassenzimmer

- Naturkundeunterricht im Freien
- Dreiteilung der Abstufung: Treppenstufen für Erschließung, Sitzstufen für Unterricht im Freien, bepflanzte Stufen als Versickerungsmulden > praxisnaher Unterricht

Verkehrsübungsplatz

- Straßenbegleitgrün: Blühwiese > echte Regeln im Miniaturformat
- Versickerungsmulden als Begleitung

Spielplatz

- Mulden + Erhebungen, teils auch
- natürlicher Spielplatz

Feuerwehrezufahrt und barrierefreier Zugang zum Aufzug

- Schotterrasen
- Rasenfugenpflaster

Umrandung des Grundstücks

- Büsche zur Abgrenzung von Nachbarn
- nicht giftig, nicht stachelig, dicht: gut für Vögel

- Befestigte und unbefestigte Fläche (weil wenn matschig)
- Baumrigolen (Speichern Wasser, wenn trocken > Baum wird mit Wasser versorgt) nur bei neuen Bäumen möglich



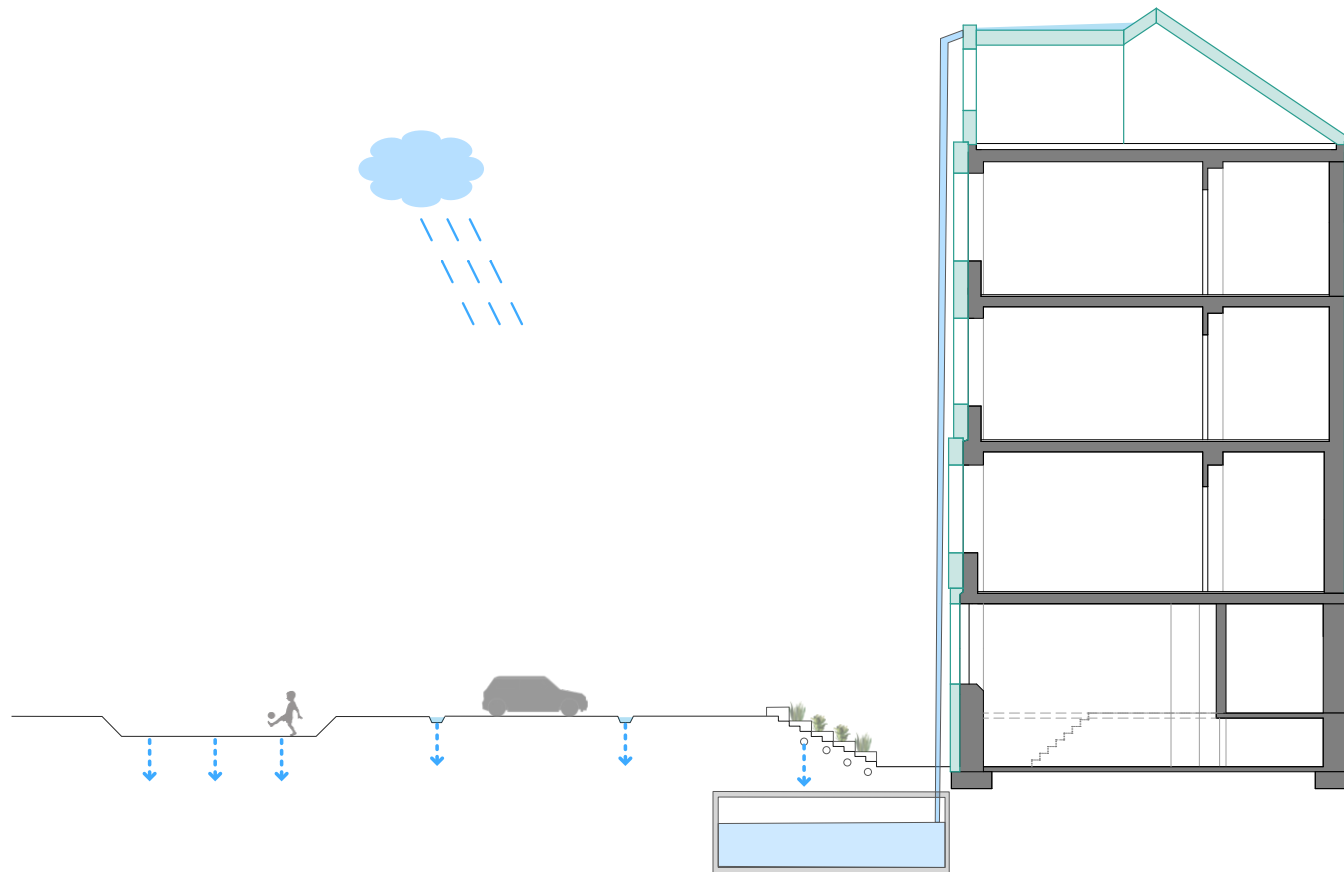
Regenwassermanagement

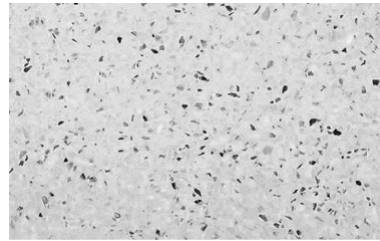
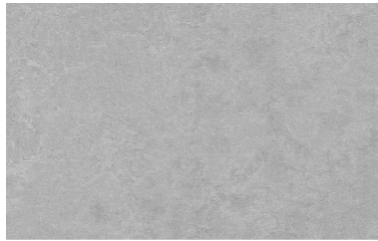
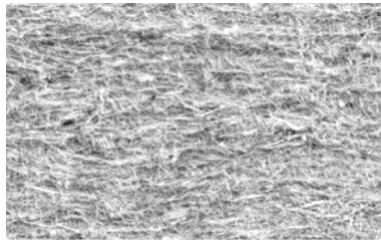
Ein Mittel zur Klimafolgeanpassung an Starkregenereignisse

Multifunktionale Retentionsfläche zum Rückstau von
Jahrhundertregenereignissen

Versickerungsmulden bei Parkplatz zum Auffangen von Oberflächen-
wasser

Speichern von gutem Regenwasser in einer Zisterne





3. Material + Farbkonzept

Farbkonzept



Wände
Farbakzente und Spielwände



Decke, Bauteile
Fensterrahmen, Akustikdecke
Filz für Akustik

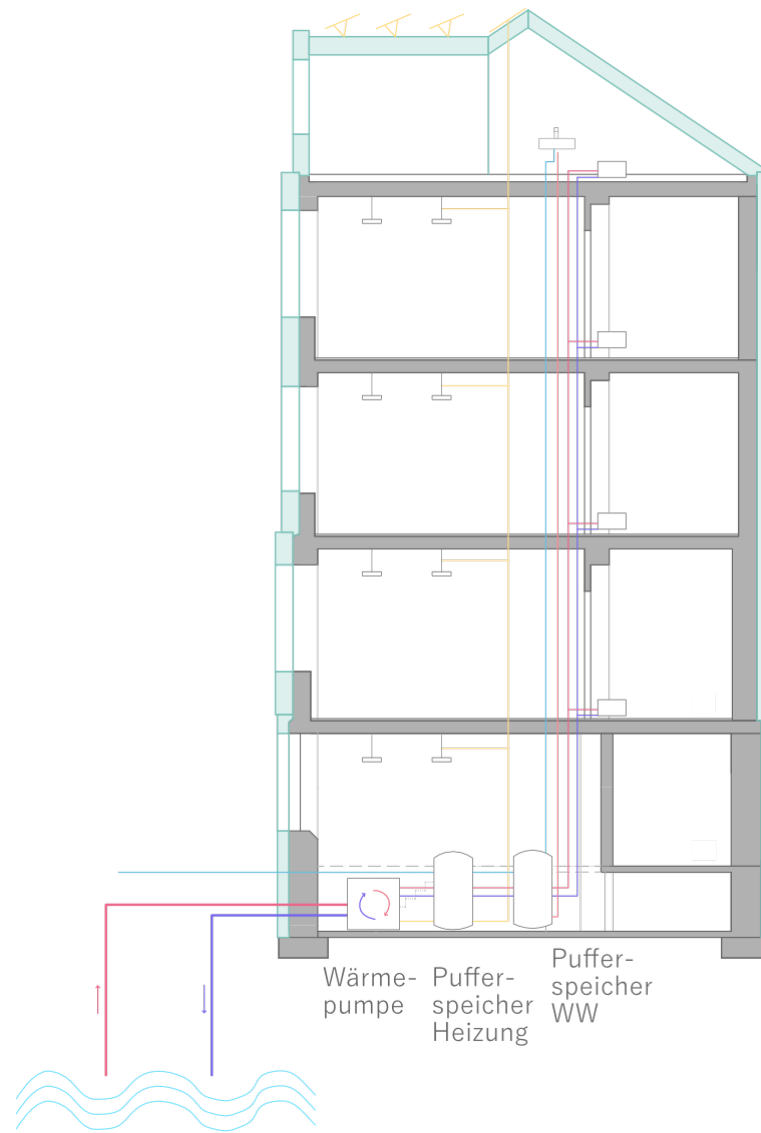
Wandelement
Kork, als Pinnwand

Fußbodenbelag
Linoleum, Fa. forbo, Farbe
sparrow





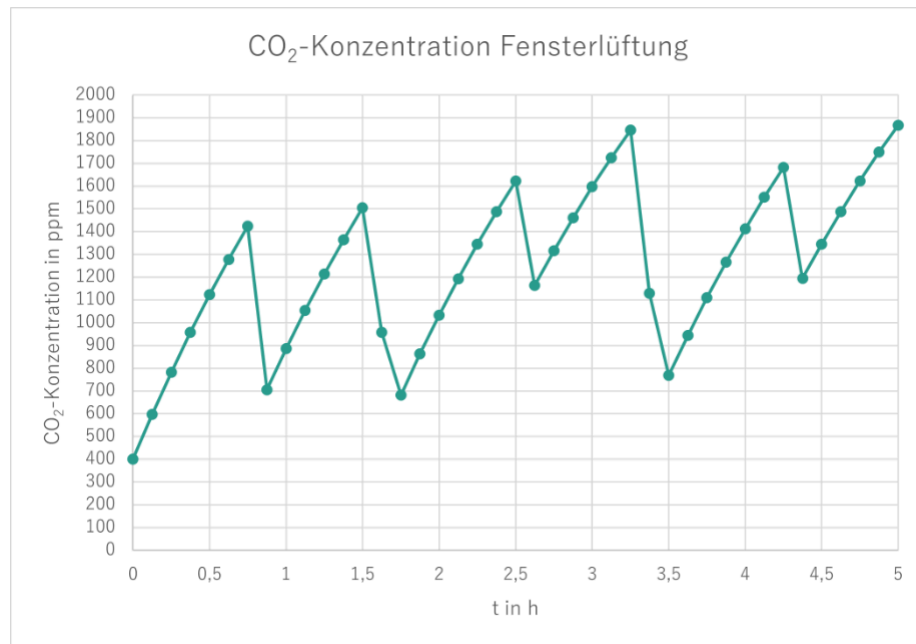
4. Gebäudetechnik



4.1 Lüftung

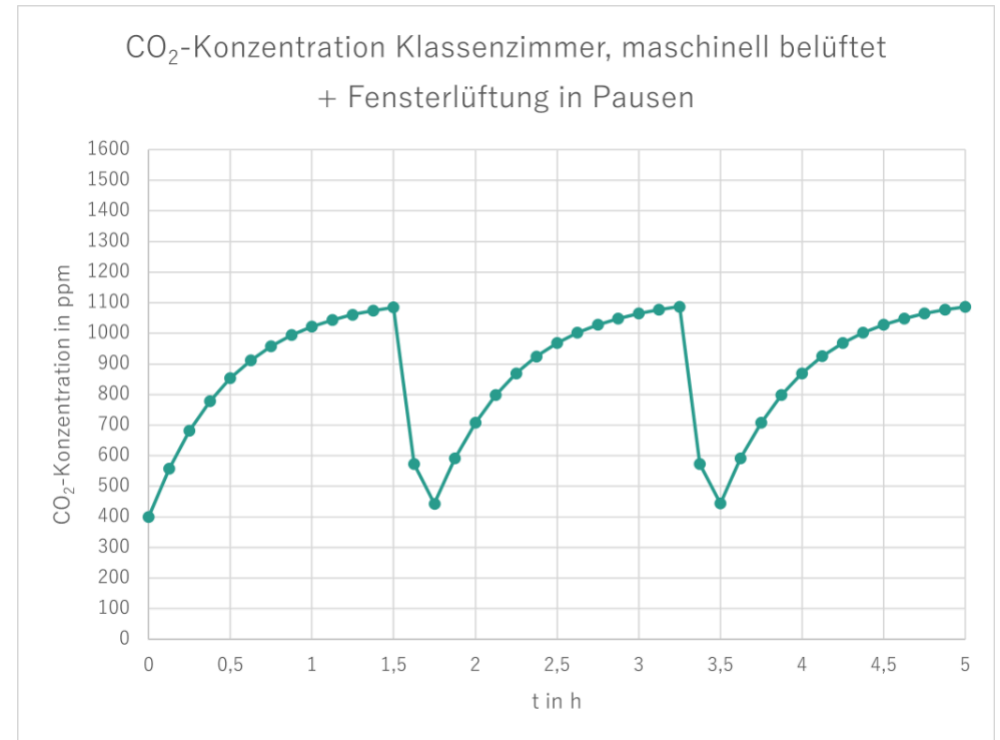
Bisher wird in der Grundschulen allein die Fensterlüftung zur Lüftung der Klassenzimmer angewendet. Darunter leidet die Luftqualität in den Klassenräumen. Schnell schleichen sich CO₂-Konzentrationen von 2000 ppm bis 5000 ppm über weite Teile des Unterrichts ein. Dies beeinflusst die Konzentrationsfähigkeit der SchülerInnen und kann zu Müdigkeit und Kopfschmerzen führen. Daher wird eine durchschnittliche CO₂-Konzentration von maximal 1000 ppm über die Dauer einer Unterrichtsstunde empfohlen.

Beispielhafter CO₂-Verlauf über die Dauer eines Unterrichtstages im Klassenzimmer mit natürlicher Lüftung
Beispiel Fensterlüftung im Raum A.109 über einen Tagesverlauf hinweg:



> Eine maschinelle Lüftung ist in jedem Fall notwendig, um den kritischen Wert von 1000 ppm nicht zu überschreiten

Verbesserung der CO₂-Konzentration mit hybrider Lüftung

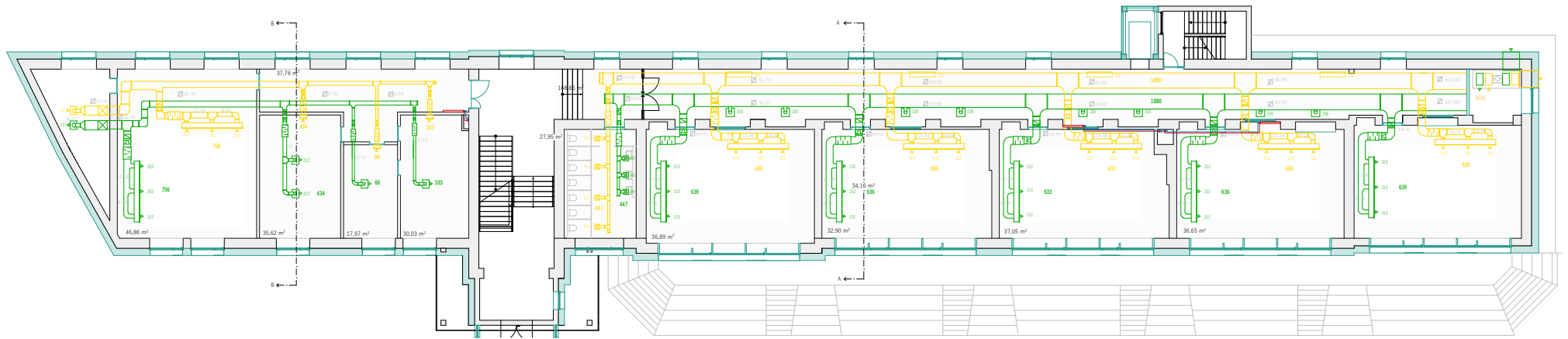


Auslegung Lüftungsgeräte

Insgesamt gibt es 6 Lüftungsgeräte mit Volumenströmen zwischen 4226 und 5510 m³/h.

Insgesamt ist für das gesamte Gebäude ein Volumenstrom von 19526 m³/h notwendig.

Exemplarische Leitungsplanung für EG



4.2 Heizung

4.2.1 Heizlast

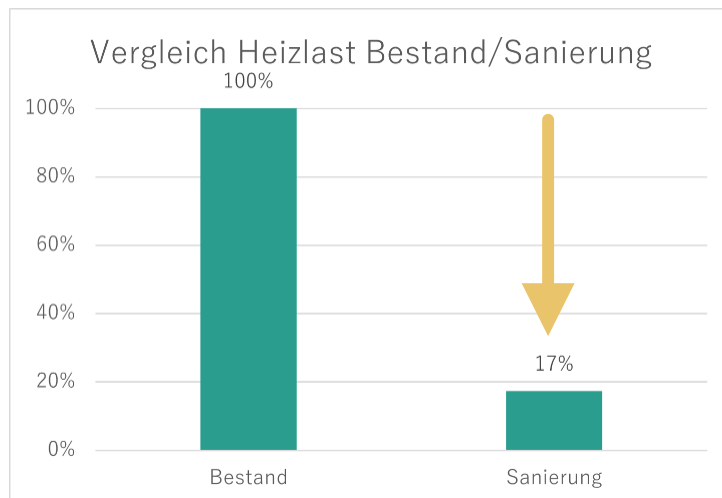
Heizlast im Bestand

Heizlast gesamtes Gebäude	480 kW
wärmeübertragende Hüllfläche	4650 m ²

Heizlast Sanierung

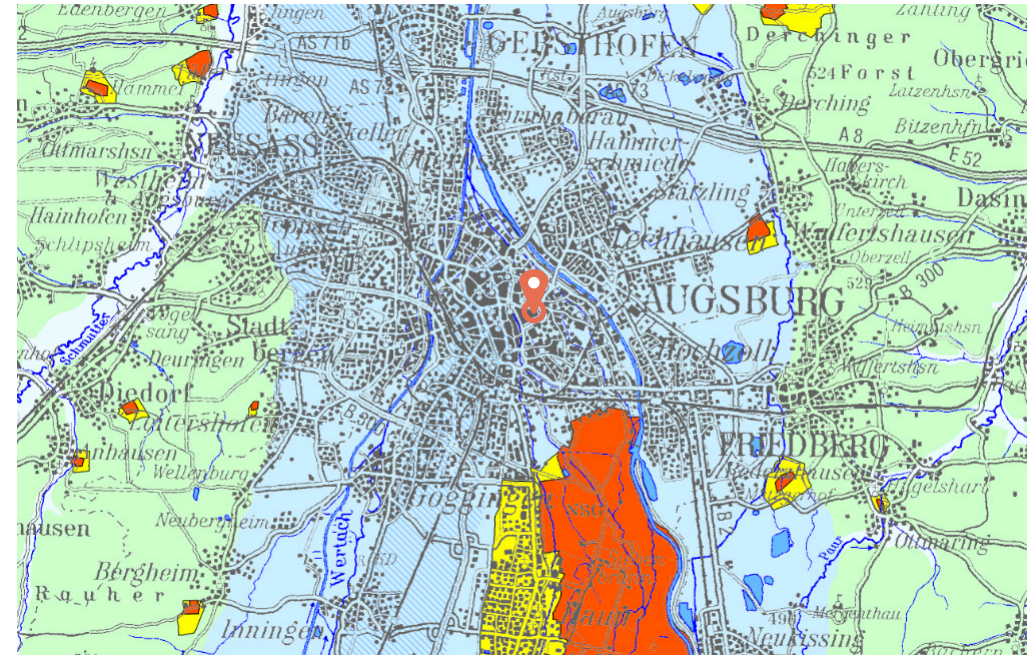
Heizlast gesamtes Gebäude	83 kW
wärmeübertragende Hüllfläche	4879,63 m ²

Durch die Dämmmaßnahmen am Gebäude kann die Heizlast auf 17% gesenkt werden.



4.2.2 Wärmeerzeuger

Grundwasserwärmepumpe



Für oberflächennahe Geothermie nutzbare Wärmequellen und Wärmesenken

Grundwasser in Lockergesteinen

Erdwärmekollektor grundsätzlich möglich

- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung möglich, Grundwasserflurabstand kleiner als 10 m
- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung möglich, Grundwasserflurabstand größer als 10 m und kleiner als 20 m
- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung möglich, Grundwasserflurabstand größer als 20 m
- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung möglich, Grundwasserflurabstand unbekannt
- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung bedingt möglich, Grundwasserflurabstand und Grundwassererergiebigkeit unbekannt

Die Wärmeversorgung mit einer Grundwasser-Wärmepumpe ist am Standort grundsätzlich möglich.

4.2.3 Energiekonzept

Wärmepumpe in Verbindung mit Fußbodenheizung
> Wärmepumpe kann besonders effizient arbeiten.

Vorlauf Temperatur 40° C

Rücklauf Temperatur 30° C

Zwei Pufferspeicher sind notwendig:

1 Heizwasser-Pufferspeicher

1 Trinkwarmwasser-Pufferspeicher

Energiebilanz

GEG-Werte

spez. Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]

Ist-Wert 33,16

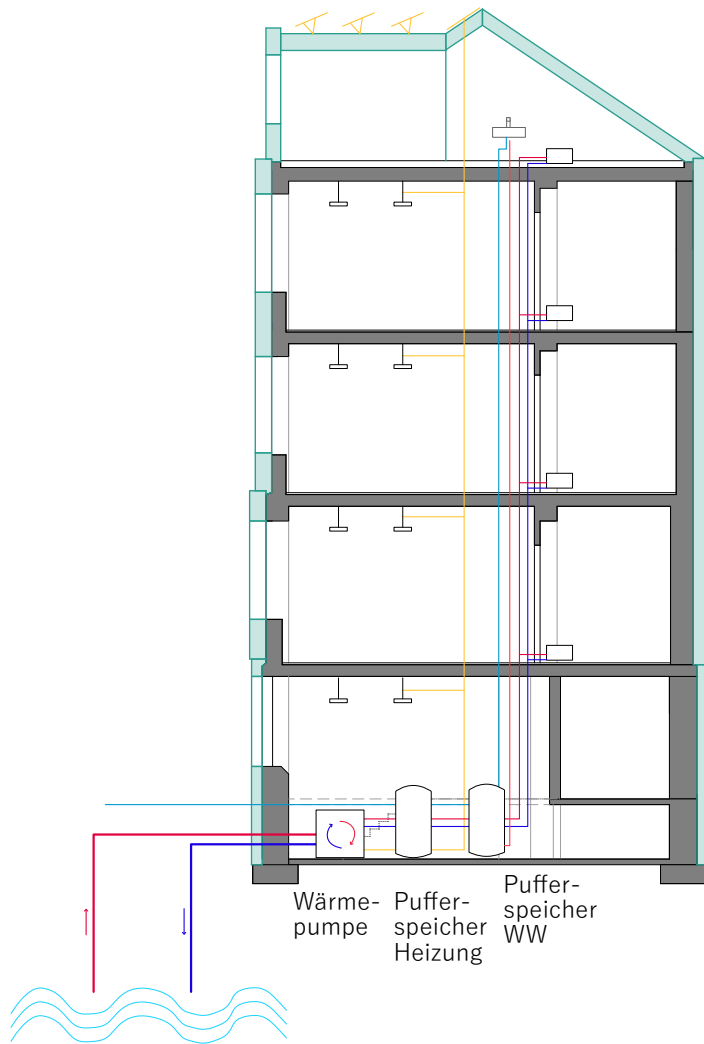
Soll-Wert 72,87

45,5 % zulässig

Spez. Nutzenergiebedarf 30,1 [kWh/(m²K)]

Spez. Endenergiebedarf 18,4 [kWh/(m²K)]

Spez. Primärenergiebedarf 33,16 [kWh/(m²K)]



4.3 Beleuchtung

Tageslicht

- Höherer Bodenaufbau > weniger Brüstungshöhe, Kinder haben einen besseren Ausblick
- alle Klassenzimmer sind an der Südfassade angeordnet, wodurch eine gute Grundlage für die Tageslichtverfügbarkeit geschaffen wurde.

In allen Klassenzimmern kann der gesetzlich vorgegebene Fensterflächenanteil nach DGUV 202-090 von 10% eingehalten werden

Sonnenschutz

- Hohe Bäume im Schulhof bieten im Sommer bei vollem Bewuchs einen natürlichen Sonnenschutz
- Zusätzlich werden in allen Klassenzimmern an Raffstores mit frei beweglichen Lamellen angebracht, die bedarfsgerecht gesteuert werden können. Auch eine Kippstellung ist möglich.

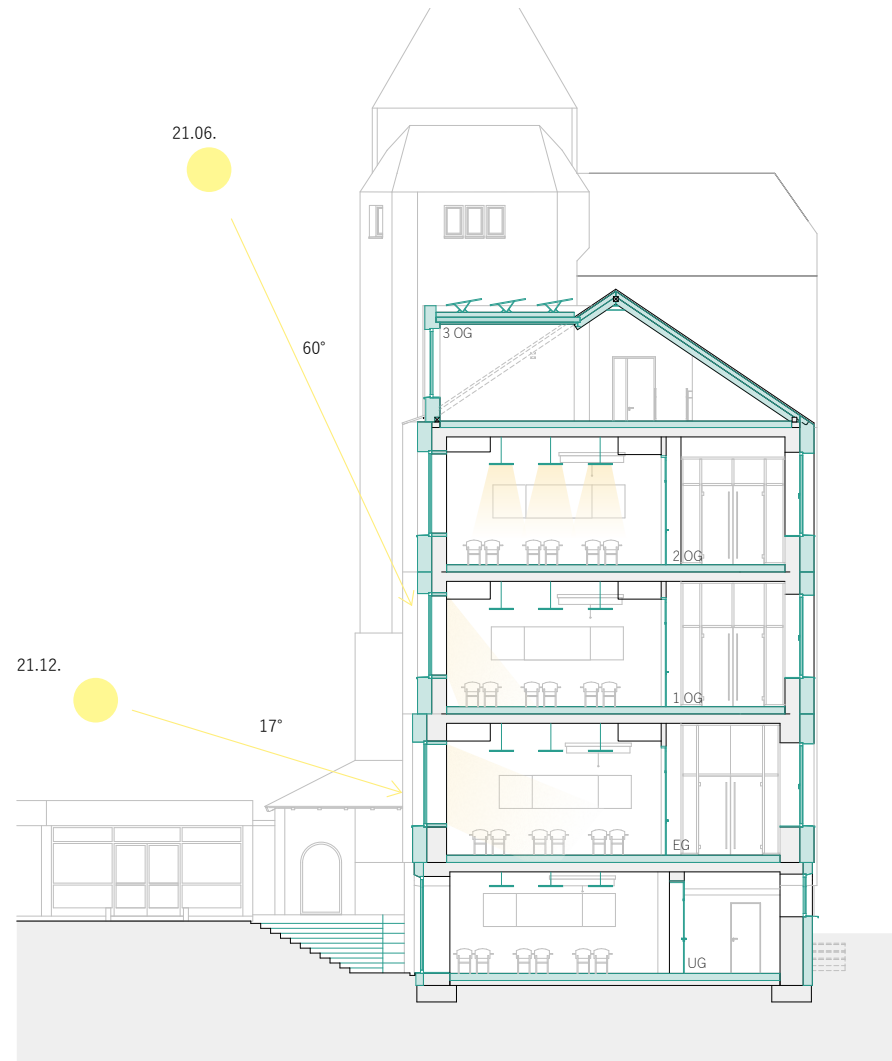
Weitere Vorteile:

Die Alu-Lamellen können zudem im Vergleich zu beispielsweise Markisen wieder gut recycelt werden, haben eine hohe Lebensdauer und sind weniger Wartungsaufwändig was Verschmutzung angeht.

Künstliches Licht

Die Klassenzimmer sollen vollständig mit LED beleuchtet werden.

Hierfür kommen Pendelleuchten mit Runden tellerartigen Leuchten zum Einsatz, die für eine gleichmäßige Beleuchtung im Innenraum sorgen sollen.



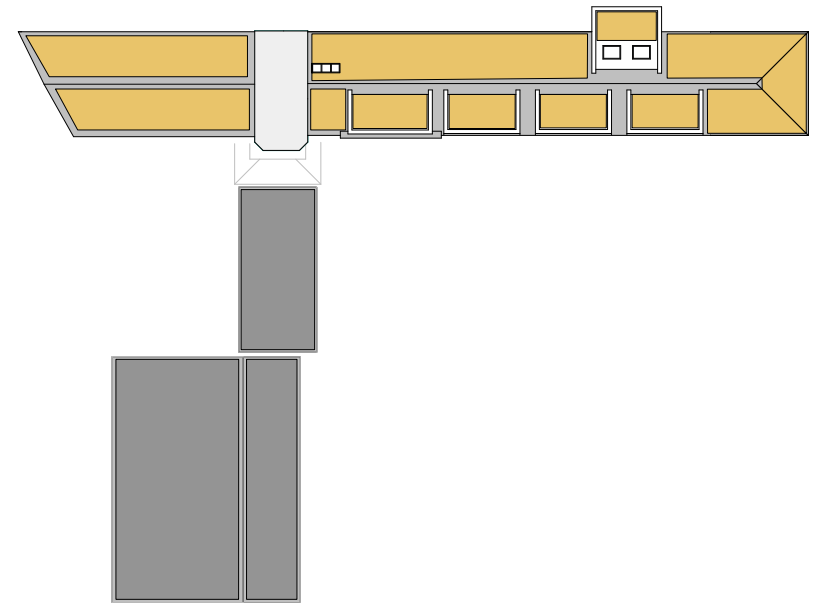
Sonnenstand zur Winter- (21.12.)/ Sommersonnenwende (21.06) und mit künstlicher Beleuchtung

4.4 Strom aus PV

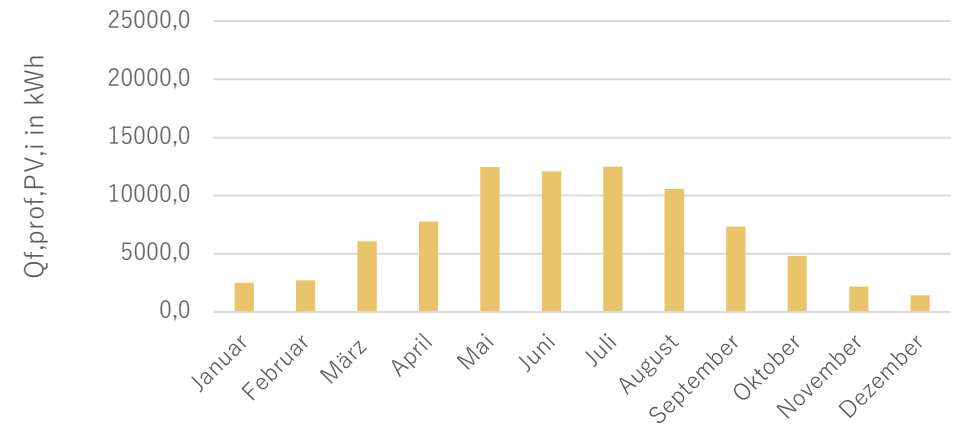
Monatlicher Stromertrag der PV-Anlagen des Schulgebäudes

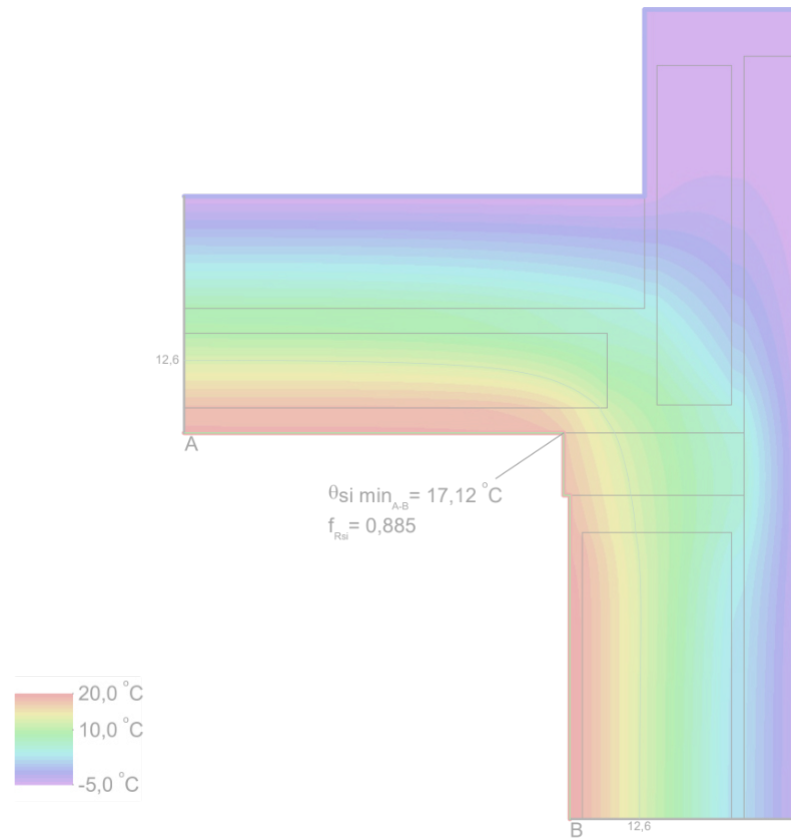
Stromertrag PV-Anlagen Schule

	Ertrag	Fläche
Dach Westflügel	19746	129,704268
Dach Gauben	14013	99,627916
Dach Westfl. N	15822	131,58404
Dach Ostfl. Ost	3130	22,557264
Dach Ostfl. Süd	4865	31,956124
Dach Ostfl. Nord	24863	206,77492
Gesamt	82437 kWh/a	622,204532 m²



Monatlicher Stromertrag PV-Anlagen Schule





5. Bauphysik

5.1 Energetische Kennwerte

Energieverbräuche lt. Energieausweis (Primärenergie)

Energieverbrauch Wärme	364758 kWh
Energieverbrauch Strom	42052 kWh
Energieverbrauch gesamt	406810 kWh

Energiebedarfe lt. Energiebilanzierung

Nutzenergiebedarf Heizung	205,79 kWh/(m ² a)
Nutzenergiebedarf Warmwasser	1,83 kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	305,54 kWh/(m ² a)

NGF Bestand 3200,54 [m²]

NGF Sanierung 3633,03 [m²]

> Flächenzuwachs von 432,49 m², das entspricht 12%

A/Ve Bestand 0,25

A/Ve Sanierung 0,26

Heizlast Bestand 150 W/m²

Heizlast Sanierung 23 W/m²

Energie Bestand

Endenergiebedarf	305,8 [kWh/m ² a]
Primärenergiebedarf	305,54 [kWh/m ² a]

Energie Sanierung

Ohne PV

Endenergiebedarf	18,4 [kWh/m ² a]
Primärenergiebedarf	33,16 [kWh/m ² a]

Mit PV

Endenergiebedarf	8,4 [kWh/m ² a]
Primärenergiebedarf	15,19 [kWh/m ² a]

5.2 sommerlicher Wärmeschutz

Der Nachweis für den sommerlichen Wärmeschutz wurde sowohl für die Klassenzimmer, als auch für den Hort durchgeführt

Ergebnisse

- Der sommerliche Wärmeschutz kann entweder durch eine erhöhte Nachtlüftung ($n = 2 \text{ 1/h}$) oder mit passiver Kühlung erreicht werden.
- aus Gründen der Resilienz und zur zukünftigen Anpassung an den Klimawandel und dadurch häufiger auftretende Hitzewellen werden beide Systeme umgesetzt

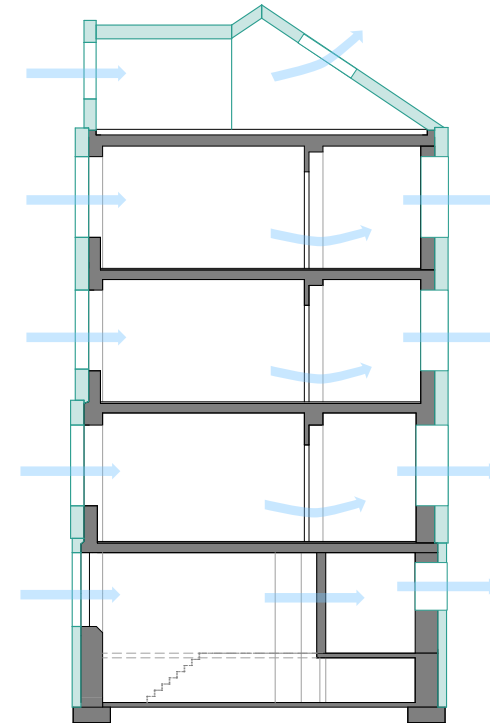
Passive Kühlung

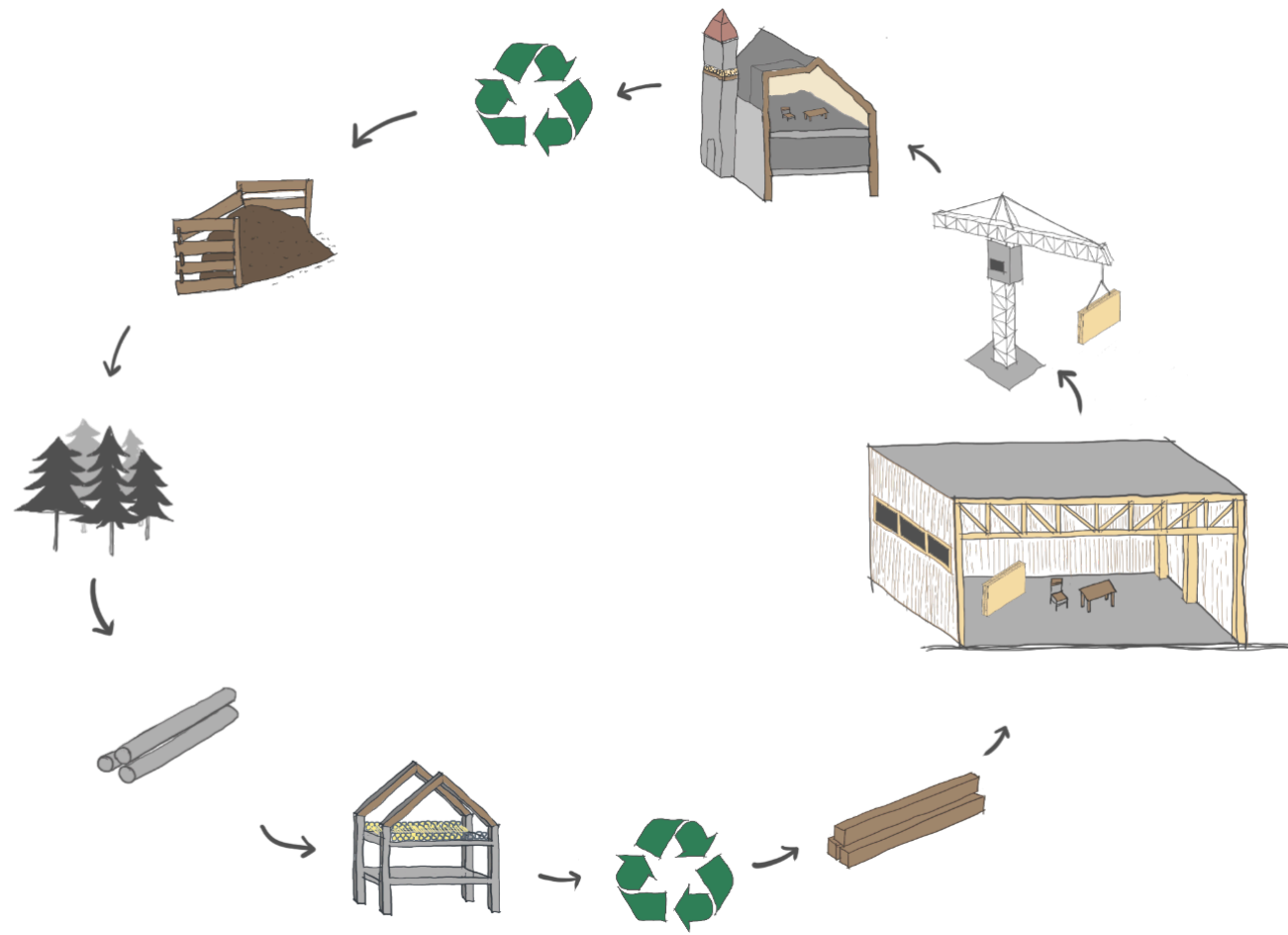
- Über Zirkulation von kühlem Wasser durch die Fußbodenheizungsrohre im Sommer

Nachtlüftung

- Nachtlüftungsöffnungen
 - Einbruchsicher
 - Witterungsgeschützt
 - nutzerfreundlich: automatische, mechanische Öffnung
- Durchzug und Abfuhr von Wärme wird durch Querlüftungsmöglichkeit über die Nordfassade bzw. im Hort über Oberlichter/Dachfenster gewährleistet

Schema Nachtlüftung





6. Ökobilanz

6.1 Bilanzierung nach BNB

Bilanzierte Module

	A1-A3	C1-C3
Neubausubstanz	✓	✓
Bestandssubstanz	x	✓
Abbruch	x	x

	Anforderungsniveau
Z: 100	≤ 17 kg CO ₂ -Äqu./ (m ² _{NGFa} ·a)
R: 50	= 33 kg CO ₂ -Äqu./ (m ² _{NGFa} ·a)
G: 10	≥ 43 kg CO ₂ -Äqu./ (m ² _{NGFa} ·a)
0	Das Treibhauspotenzial wurde nicht nachgewiesen.
Zwischenwerte sind abschnittsweise linear zu interpolieren.	

GWP = 6,26 kg CO₂/m²NGFa
 > Anforderung erfüllt
100 Punkte

	1. Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE _{ne})
	Anforderungsniveau
60	≤ 71 kWh / (m ² _{NGFa} ·a)
30	= 120 kWh / (m ² _{NGFa} ·a)
6	≥ 146 kWh / (m ² _{NGFa} ·a)
0	Der Primärenergiebedarf nicht erneuerbar wurde nicht nachgewiesen.
Zwischenwerte sind abschnittsweise linear zu interpolieren.	

PENERT = 146 kWh/m²NGFa
 > Anforderung mäßig erfüllt
6 Punkte

	2. Gesamtprimärenergiebedarf (PE _{ges})
	Anforderungsniveau
40	≤ 120 kWh / (m ² _{NGFa} ·a)
20	= 158 kWh / (m ² _{NGFa} ·a)
4	≥ 191 kWh / (m ² _{NGFa} ·a)
0	Der Primärenergiebedarf gesamt (PE _{ges}) wurde nicht nachgewiesen.
Zwischenwerte sind abschnittsweise linear zu interpolieren.	

PEGes = 191 kWh/m²NGFa
 > Anforderung mäßig erfüllt
4 Punkte

	3. Anteil erneuerbarer Primärenergie (PE _e)
	Anforderungsniveau
20	≥ 43 %
10	= 28 %
2	= 21 %
0	< 21 %
oder der Anteil erneuerbarer Primärenergie (PE _e) wurde nicht nachgewiesen	
Zwischenwerte sind abschnittsweise linear zu interpolieren.	

Anteil PERT = 24 %
 > Anforderung mäßig erfüllt
2 Punkte

Gesamt: **112 Punkte**

Ökobilanz

Konstruktion

KG 300+400 Bestand+Sanierung

GWP 8,54 [kg CO₂-Äquiv./m²NGFa]

PEGes 92,26 [kWh/m²NGFa]

Nutzung (Strom-Mix 2015)

Primärenergie

GWP 10,07 [kg CO₂-Äquiv./m²NGFa]

PEGes 135,68 [kWh/m²NGFa]

Energieerzeugung

GWP -13,37 [kg CO₂-Äquiv./m²NGFa]

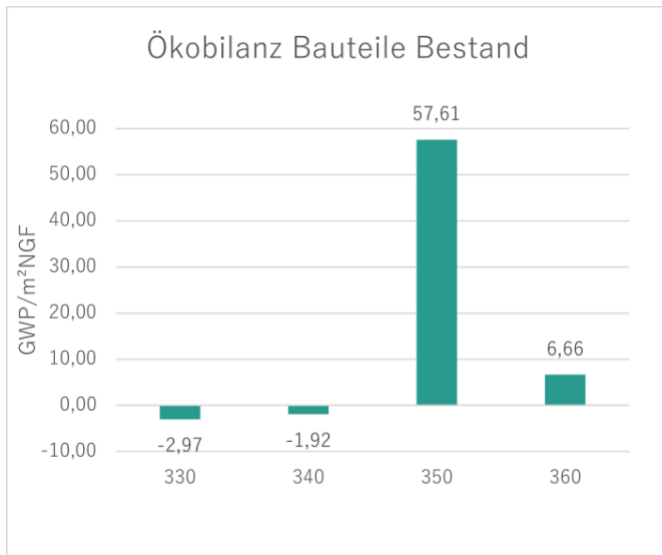
PEGes -69,91 [kWh/m²NGFa]

GESAMT-ÖKOBILANZ (mit Faktor 1,2)

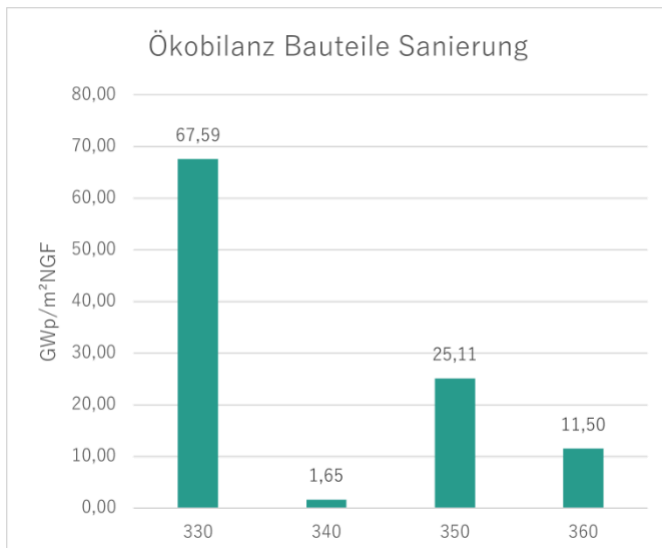
GWP 6,28 [kg CO₂-Äquiv./m²NGFa]

PEGes 189,63 [kWh/m²NGFa]

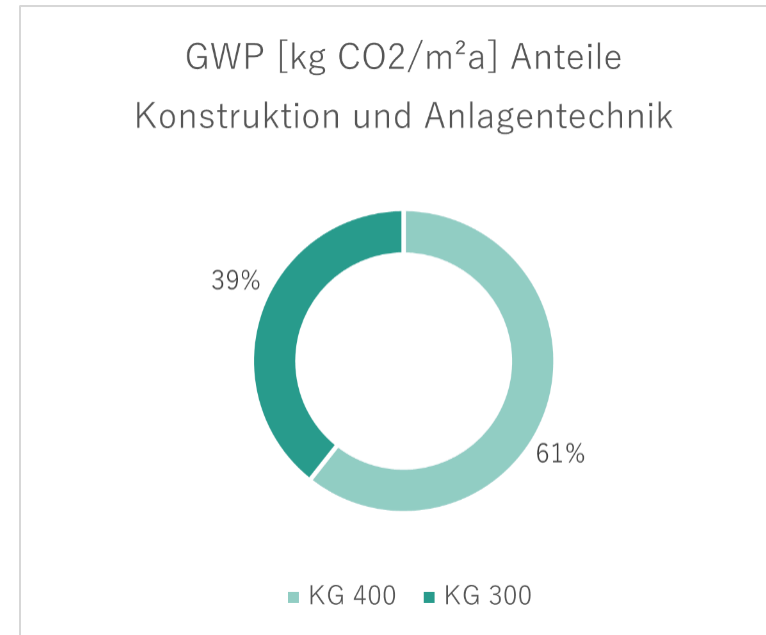
Konstruktion im Bestand



Konstruktion der Sanierung



Die Ökobilanz für die technischen Anlagen mit PV-Anlage, Aufzug, Lüftungsgeräten und Wärmepumpe macht insgesamt 61% des GWPs aus.



6.2 Bewertung der CO2-Neutralität

Kompensation der CO2-Aufwendungen für die Sanierung

Mit PV nur auf dem Schuldach

Jahr 2152 - in 129 Jahren

Mit PV auf allen Dächern der Liegenschaft

Jahr 2061 - in 38 Jahren

Nutzung

Bestand	GWP	63,21 [kg CO2-Äquiv./m ² NGFa]
---------	-----	---

Sanierung	GWP	10,07 [kg CO2-Äquiv./m ² NGFa]
-----------	-----	---

> Einsparung von 84% gegenüber der Nutzung im Bestand

Fazit:

Ein (netto) CO2-neutraler Betrieb der Grundschule ist möglich! Durch die PV-Anlage auf dem Schuldach, können die CO2-Emissionen, die durch die Nutzung (also Endenergiebedarf für Heizen, Warmwasser und Strom) entstehen, zu ca. 130% kompensiert werden.

6.3 Ausblick

Um für zukünftige Geburtenzahlen oder Zuzug aus ländlichen Gebieten gewappnet zu sein, besteht bei der Elias-Holl-Grundschule immer noch die Möglichkeit eine Aufstockung auf den Westflügel zu errichten.