

# Thermische Simulation, Sommerlicher Wärmeschutz

210903 | Schulhaus Aesch LU



Zürich, 25. August 2022

## Inhalt

1. Ausgangslage
2. Grundlagen
3. Zielsetzung
4. Schulhaus: Schulzimmer
5. Schulhaus: Aula
6. Schulhaus: Treppenhaus
7. Turnhalle
8. Fazit

## 1. Ausgangslage

Für den Neubau der Schulanlage Aesch (Turnhalle, Werkhof, Schul- und Kindergarten) soll der Minergie-Standard angestrebt, jedoch nicht definitiv zertifiziert werden.

Sowohl das Schulhaus als auch die Turnhalle sehen grosszügige Fensterflächen vor und sind oberirdisch im Bereich der Fassade in Holzbauweise geplant.

Das Lüftungskonzept sieht eine Low-Tech-Variante vor mit automatisierten Lüftungsflügel im Bereich der Fenster. In Kombination mit einer Nachtauskühlung und Aktivierung der thermischen Speichermasse soll eine effiziente Nachtauskühlung erarbeitet werden. Dabei handelt es sich um die Simulation der bei Standardnutzung zu erwartenden Raumtemperaturen. Die Resultate dienen auch als Grundlage für ein sinnvolles Steuerungskonzept der automatischen Fensterflügel.

Zur Ermittlung der notwendigen Massnahmen für die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes nach SIA 180:2014, Anhang C1 und die Beurteilung des sommerlichen Raumkomforts nach SIA 382/1:2014 wurden vier kritische Räume in zwei Gebäuden (Schulhaus, Turnhalle) mittels thermischer Simulationen untersucht.

Bei den gewählten Räumen handelt es sich um:

Gebäude Schulhaus:

- Ein Schulzimmer im 2. Obergeschoss auf der Südseite
- Die Aula im Erdgeschoss auf der Südseite
- Das Treppenhaus in der Mitte des Gebäudes (nur Beurteilung der Raumtemperaturen)

Gebäude Turnhalle:

- Die Turnhalle

## 2. Grundlagen

Für die Untersuchung wurden folgende Grundlagen verwendet:

- [1] Plangrundlage des Architekten, Stand 20.06.2022
- [2] Angaben zu den Baukonstruktionen (gae), Stand Juni 2022
- [3] Angaben zu den technischen Einrichtungen, Stand Juni 2022
- [4] Besprechung der effektiven Raumnutzungen mit der Bauherrschaft vom 23.06.2022
- [5] SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden
- [6] SIA 382/1:2014, Lüftungs- und Klimaanlageanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen
- [7] SIA 2024:2015 Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik
- [8] SIA 2028:2010 Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik
- [9] Simulationsprogramm IDA ICE 4.8

### 3. Zielsetzung

Bei Räumen, die nicht aktiv gekühlt werden (über keine Klimatisierung verfügen) und die über die Fenster gelüftet werden können, sollte die empfundene Temperatur während der Aufenthaltszeit innerhalb des grauen Feldes der nachfolgenden Abbildung liegen (Figur 3 der SIA 180:2014 [5]). Diese Beurteilungskurve dient auch für die Überprüfung der Anforderungen «Nachweis sommerlichen Wärmeschutz» nach SIA 180:2014 [5], Anhang C1.

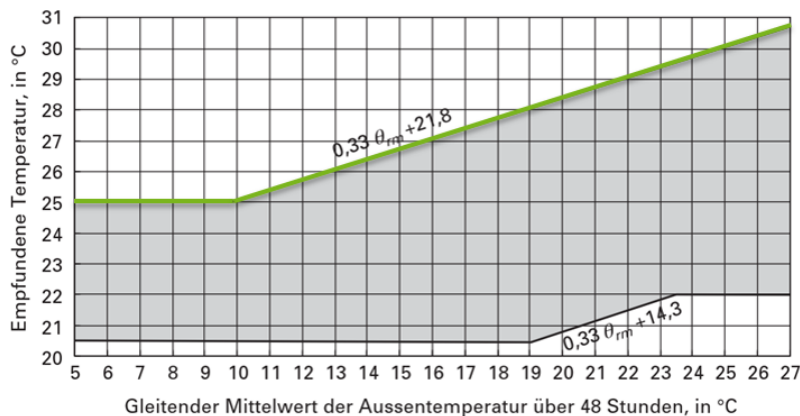


Abbildung 1 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, je nach dem gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur [5]

Bei Räumen, die mechanisch belüftet oder aktiv gekühlt werden (z.B. durch eine Zuluftkühlung), sollte die empfundene Temperatur während der Aufenthaltszeit innerhalb des grauen Feldes der nachfolgenden Abbildung liegen (Figur 4 der SIA 180:2014 [5] bzw. Figur 2 der SIA 382/1:2014 [6]). Das heisst, dass insbesondere bei Neubauten die Kühlleistung so ausgelegt wird, dass keine Überschreitung auftritt.

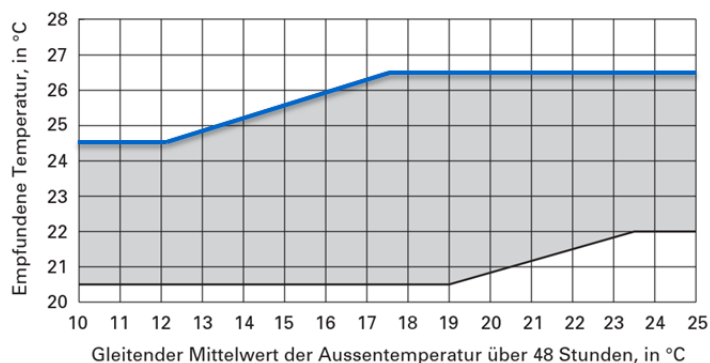


Abbildung 2 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Wohn- und Büroräumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, je nach gleitendem Mittelwert der Aussentemperatur [5]

Gemäss SIA 382/1:2014 [6], Ziffer 4.5.4, ist bei Neubauten eine Kühlung erwünscht, jedoch nicht notwendig, falls die Raumtemperatur während der Nutzungszeit die obere (blaue) Grenzlinie zwischen einer und 100 Stunden pro Jahr überschreitet. Bei mehr als 100 Stunden ist eine Kühlung notwendig. Die Beurteilung erfolgt immer mit den Klimadaten des normalen Jahres.

Für die Beurteilung des sommerlichen Komforts nach Minergie gilt ebenfalls das Kriterium mit 100 Stunden Überschreitung der blauen Grenzlinie.

#### 4. Schulhaus: Schulzimmer

Folgendes kritische Schulzimmer wurde für die Untersuchung modelliert.



Abbildung 3 Kritisches Schulzimmer in der Fassadenansicht

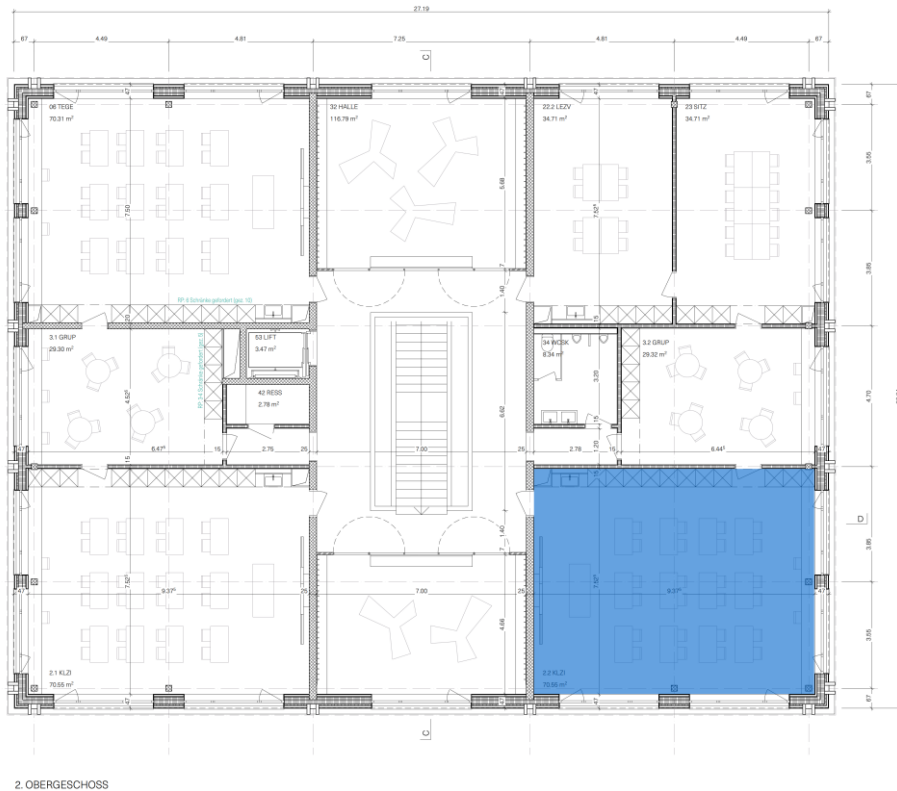


Abbildung 4 Kritisches Schulzimmer im Grundriss

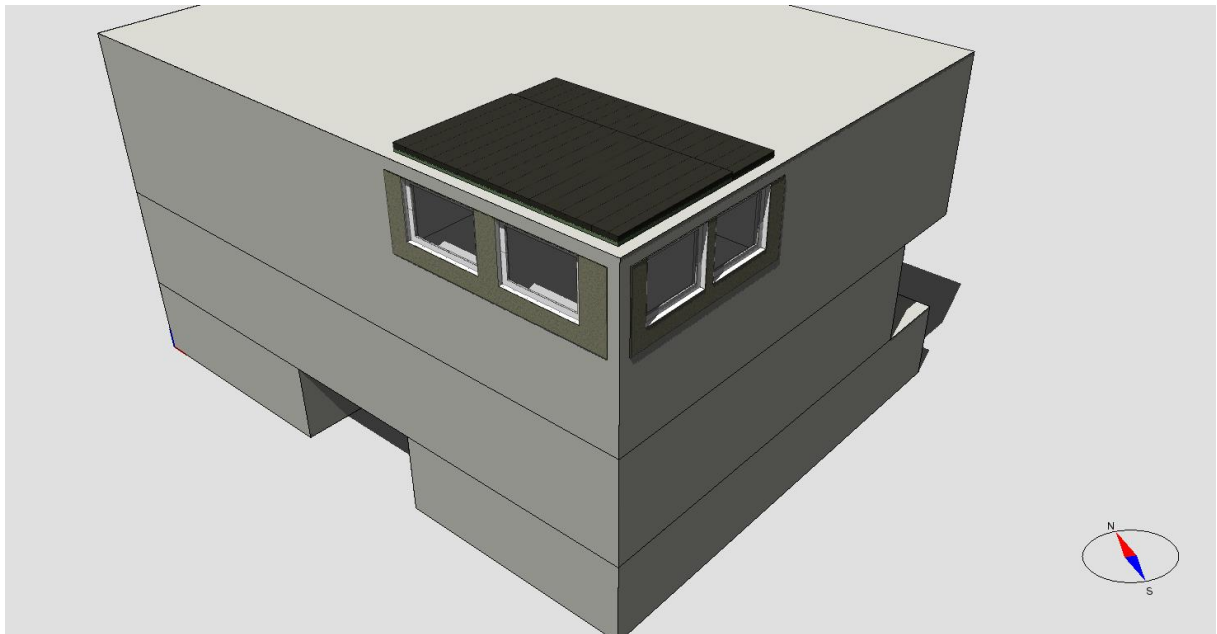


Abbildung 5 Kritisches Schulzimmer modelliert in IDA ICE, Verschattungssituation am 1. Juli um 15 Uhr

#### 4.1. Nachweis sommerlicher Wärmeschutz (SIA 180:2014, Anhang C1)

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen des Simulationsmodells zusammengefasst. Diese entsprechen den Vorgaben der SIA 180:2014, Anhang C.1, und berücksichtigen gleichzeitig die geplante Situation.

<b>RANDBEDINGUNG</b>	<b>MODELLIERUNG/PARAMETRISIERUNG</b>
Berechnungsprogramm	IDA ICE 4.8
Berechnungszeitschritt	Dynamisch (Ereignisabhängig), max. 1h
Klimadaten	Luzern - normales DRY (Design Referenz Year)
Beobachtungsperiode	16. April – 15. Oktober 2011 (Samstag bis Samstag)
Bauteile	Boden: 5 mm Linoleum, 80 mm UB, 40 mm TS/WD, 350 mm Beton Aussenwand: 25 mm Gips, 450 mm Holz-Leichtbau-Wand Innenwand1: 250 mm Beton Innenwand2: 150 mm Gips-Leichtbau-Wand Decke: 250 mm Beton, 70% Deckenbelegung mit Akustik (85 mm) Fenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 38%, Rahmenanteil 30% (inkl. Lüftungsflügel)
Sonnenschutz	Sonnenschutz mit totalen g-Wert (Storen + Glas) von 8%, ab 200 W/m <sup>2</sup>
Interne Wärmeeinträge	120 Wh/m <sup>2</sup> als Summe über 24 Stunden, homogen verteilt (5 W/m <sup>2</sup> )
Infiltration	konstant 0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Aussenluft-Volumenstrom	3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h; erhöhter Aussenluft-Volumenstrom 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h, falls die empfundene Temperatur im Raum über 22°C liegt und die Aussenlufttemperatur tiefer liegt als die Raumlufttemperatur. Die Zulufttemperatur entspricht der Aussenlufttemperatur (keine WRG).
Heizung	Ideales Heizelement welches 21°C garantiert
Innere Umschliessungsflächen	Bei angrenzenden, nicht modellierten Innenräumen wird der Wärmestrom vernachlässigt (adiabatische Randbedingung)
Verschattung	Nur Verschattung durch Sturz/Leibung und Schulgebäuden berücksichtigt

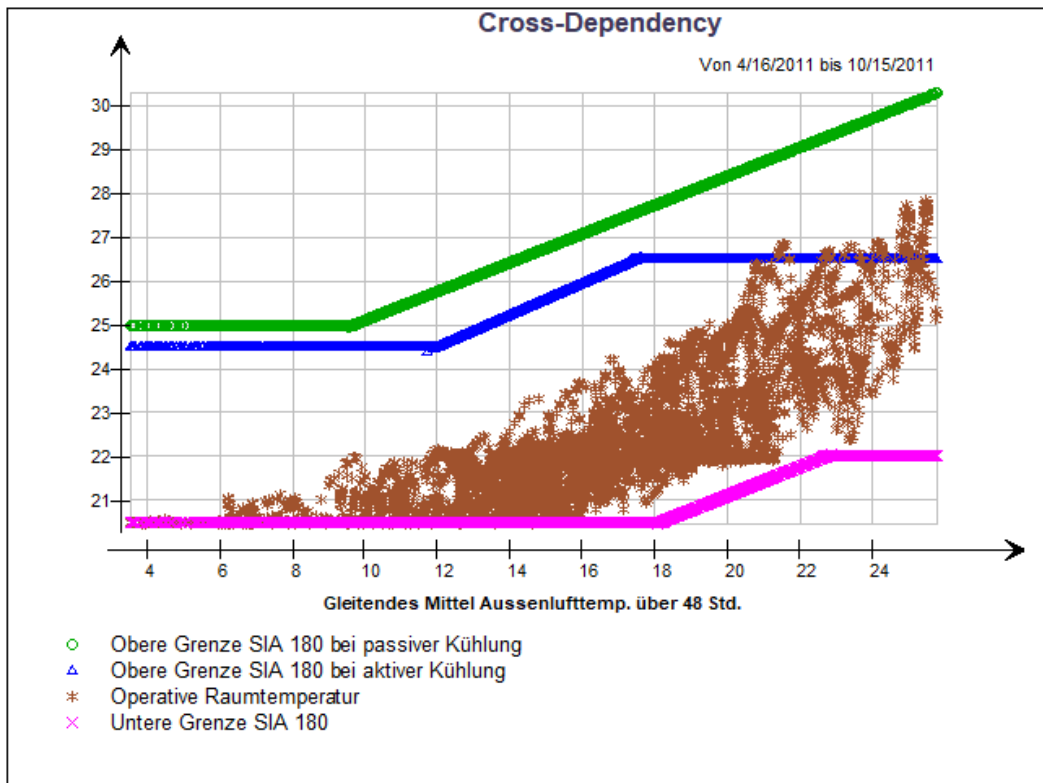


Abbildung 6 Kritisches Schulzimmer: Nachweis sommerlicher Wärmeschutz nach SIA 180, Anhang C1

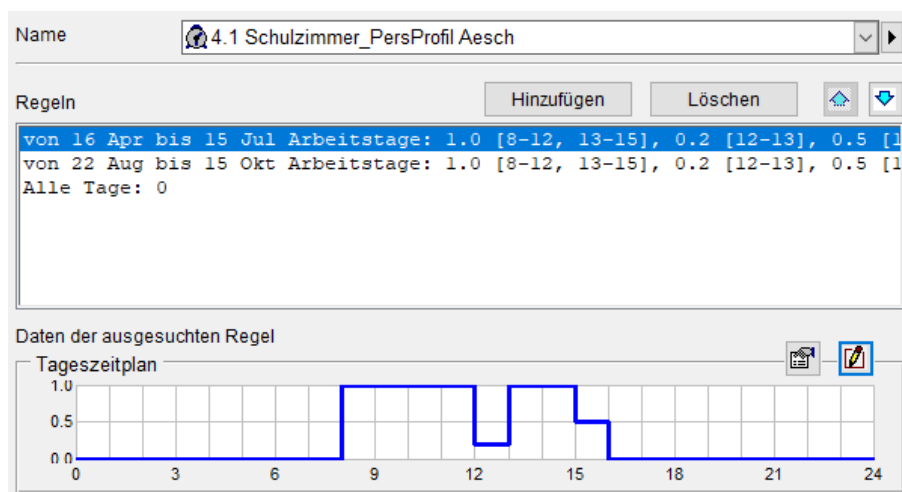
Mit dem geplanten Sonnenschutz und dem Glas g-Wert von 38% können die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach SIA 180:2014, Anhang C.1 erfüllt werden: die grüne Grenzkurve wird nie überschritten.

#### 4.2. Beurteilung des sommerlichen Raumkomforts

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen des Simulationsmodells zusammengefasst. Diese entsprechen der effektiv geplanten Raumnutzung und berücksichtigen gleichzeitig die vorgesehenen baulichen und technischen Vorkehrungen.

RANDBEDINGUNG	MODELLIERUNG/PARAMETRISIERUNG
Berechnungsprogramm	IDA ICE 4.8
Berechnungszeitschritt	Dynamisch (Ereignisabhängig), max. 1h
Klimadaten	Luzern - normales DRY (Design Referenz Year)
Beobachtungsperiode	16. April – 15. Oktober 2011 (Samstag bis Samstag)
Bauteile	Boden: 5 mm Linoleum, 80 mm UB, 40 mm TS/WD, 350 mm Beton Aussenwand: 25 mm Gips, 450 mm Holz-Leichtbau-Wand Innenwand1: 250 mm Beton Innenwand2: 150 mm Gips-Leichtbau-Wand Decke: 250 mm Beton, 70% Deckenbelegung mit Akustik (85 mm) Fenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 38%, Rahmenanteil 30% (inkl. Lüftungsfügel)
Sonnenschutz	Sonnenschutz mit totalen g-Wert (Storen + Glas) von 8%, ab 200 W/m <sup>2</sup>
Interne Wärmeeinträge	Gemäss SIA 2024:2015 [7] Raumnutzung 4.1 Schulzimmer Anpassung der Raumnutzung für Primarschule, sowie Berücksichtigung der Schulferien (siehe unten) Nutzungszeiten von Montag bis Freitag Bei Vollbelegung: 24 Personen
Infiltration	konstant 0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Lüftung/Nachtauskühlung	Automatische Fenster-Querlüftung, je 1 m <sup>2</sup> Öffnung an beiden Fassaden Stetige Temperatur-Regelung (Tag und Nacht, Solltemperatur 23°C)
Heizung	Ideales Heizelement welches 21°C garantiert
Innere Umschliessungsflächen	Bei angrenzenden, nicht modellierten Innenräumen wird der Wärmestrom vernachlässigt (adiabatische Randbedingung)
Verschattung	Nur Verschattung durch Sturz/Leibung und Schulgebäuden berücksichtigt

#### Vereinbarte Nutzungszeiten Schulzimmer (inkl. 5 Wochen Sommerferien)





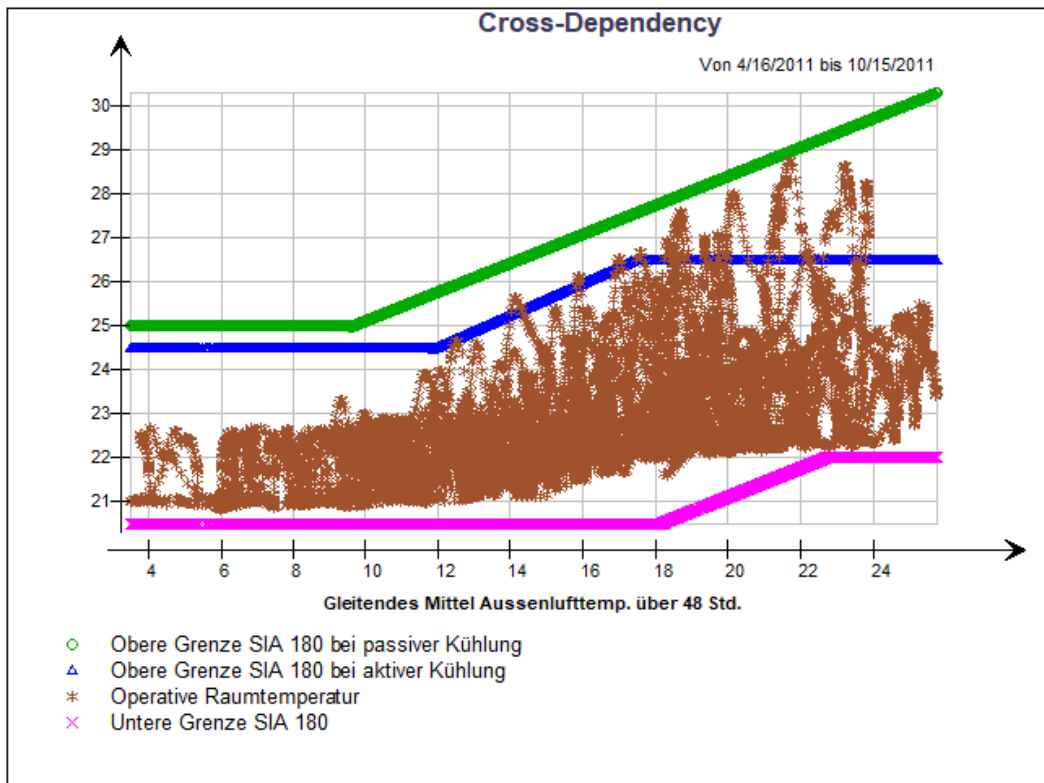


Abbildung 7 Kritisches Schulzimmer: SIA 180 Komfortbewertung – Nur automatische Fenster-Querlüftung, angepasste Raumnutzung.

Mit den geplanten baulichen und technischen Vorkehrungen wird die blaue Grenzkurve nach SIA 180:2014, Figur 4, bzw. SIA 382/1:2014, Figur 2, während der Nutzungszeit an 52 Stunden überschritten. Die Anforderung an den sommerliche Raumkomfort (weniger als 100 Überschreitungsstunden während der Nutzungszeit) ist somit erfüllt.

## 5. Schulhaus: Aula

Folgender Bereich wurde für die Untersuchung der Aula modelliert.

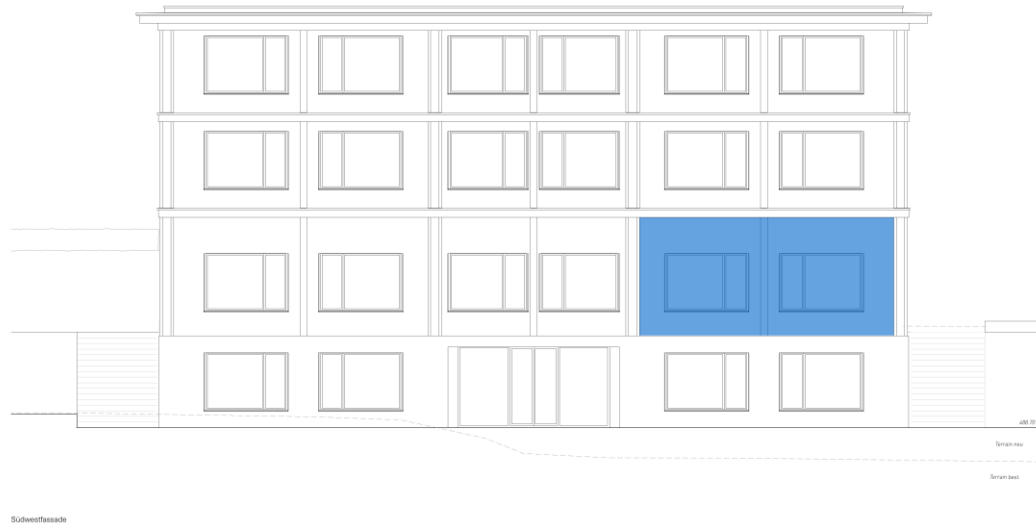


Abbildung 8 Aula in der Fassadenansicht

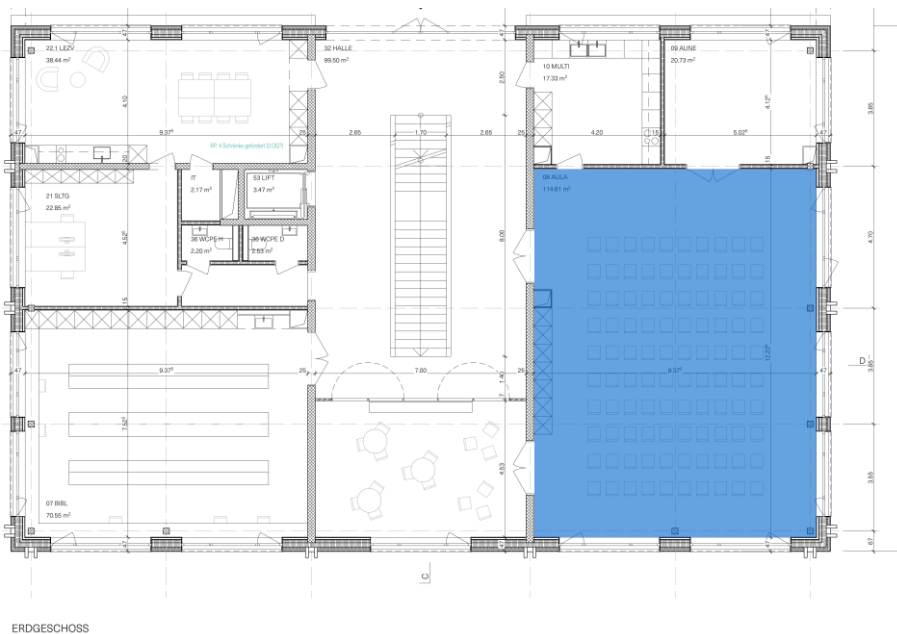


Abbildung 9 Aula im Grundriss

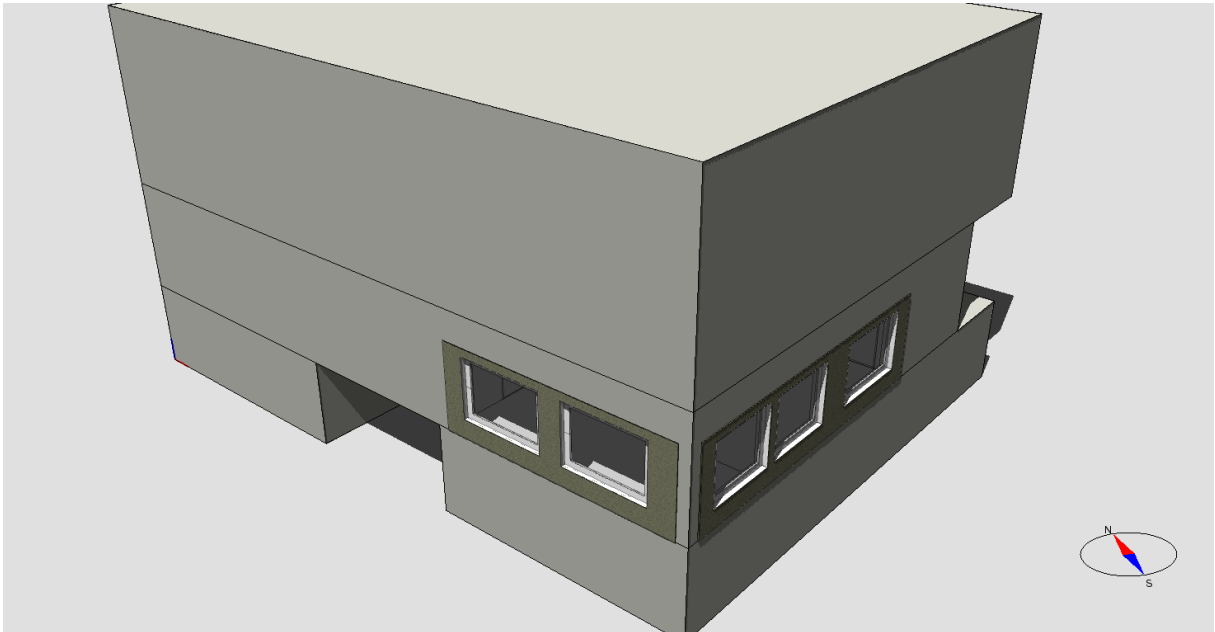


Abbildung 10 Aula modelliert in IDA ICE, Verschattungssituation am 1. Juli um 15 Uhr

### 5.1. Nachweis sommerlicher Wärmeschutz (SIA 180:2014, Anhang C1)

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen des Simulationsmodells zusammengefasst. Diese entsprechen den Vorgaben der SIA 180:2014, Anhang C.1, und berücksichtigen gleichzeitig die geplante Situation.

<b>RANDBEDINGUNG</b>	<b>MODELLIERUNG/PARAMETRISIERUNG</b>
Berechnungsprogramm	IDA ICE 4.8
Berechnungszeitschritt	Dynamisch (Ereignisabhängig), max. 1h
Klimadaten	Luzern - normales DRY (Design Referenz Year)
Beobachtungsperiode	16. April – 15. Oktober 2011 (Samstag bis Samstag)
Bauteile	Boden: 80 mm UB geschliffen, 40 mm TS/WD, 350 mm Beton Aussenwand: 25 mm Gips, 450 mm Holz-Leichtbau-Wand Innenwand1: 250 mm Beton Innenwand2: 150 mm Gips-Leichtbau-Wand Decke: 350 mm Beton, 30% Deckenbelegung mit Akustik (85 mm) Fenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 38%, Rahmenanteil 30% (inkl. Lüftungsflügel)
Sonnenschutz	Sonnenschutz mit totalen g-Wert (Storen + Glas) von 8%, ab 200 W/m <sup>2</sup>
Interne Wärmeeinträge	120 Wh/m <sup>2</sup> als Summe über 24 Stunden, homogen verteilt (5 W/m <sup>2</sup> )
Infiltration	konstant 0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Aussenluft-Volumenstrom	3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h; erhöhter Aussenluft-Volumenstrom 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h, falls die empfundene Temperatur im Raum über 22°C liegt und die Aussenlufttemperatur tiefer liegt als die Raumlufttemperatur. Die Zulufttemperatur entspricht der Aussenlufttemperatur (keine WRG).
Heizung	Ideales Heizelement welches 21°C garantiert
Innere Umschliessungsflächen	Bei angrenzenden, nicht modellierten Innenräumen wird der Wärmestrom vernachlässigt (adiabatische Randbedingung)
Verschattung	Nur Verschattung durch Sturz/Leibung und Schulgebäuden berücksichtigt

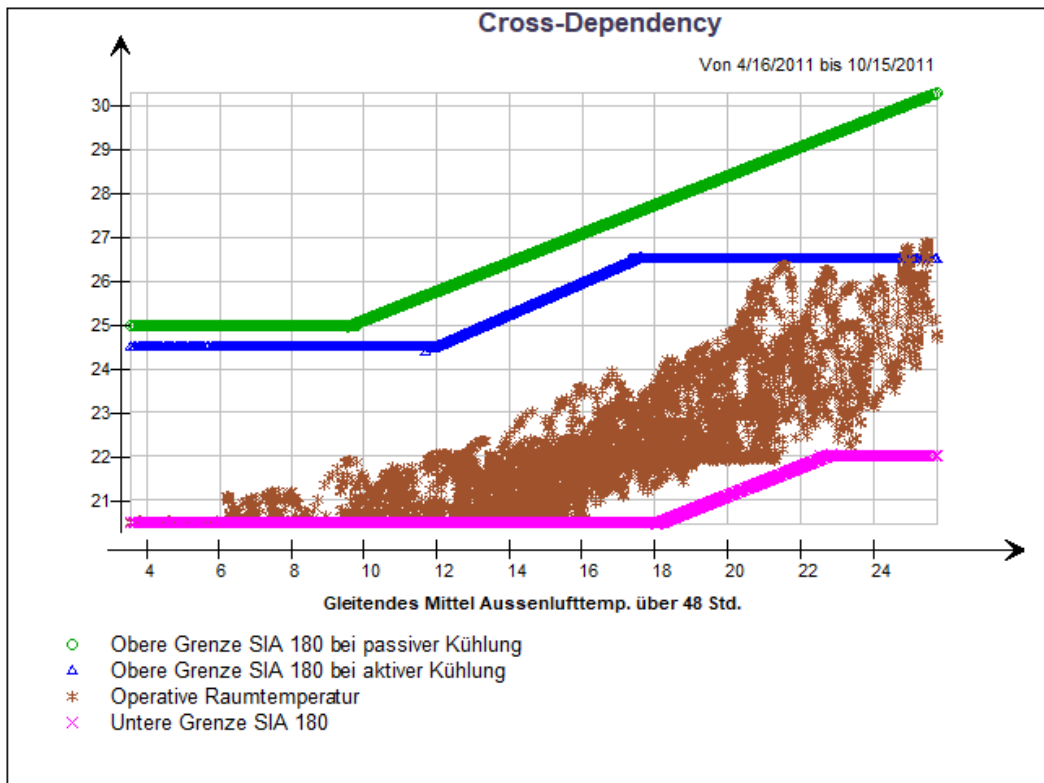


Abbildung 11 Aula: Nachweis sommerlicher Wärmeschutz nach SIA 180, Anhang C1

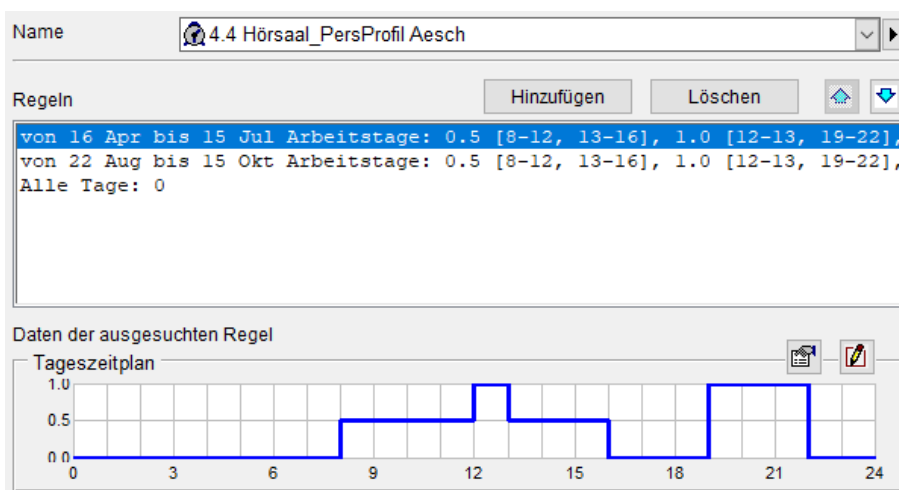
Mit dem geplanten Sonnenschutz und dem Glas g-Wert von 38% können die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach SIA 180:2014, Anhang C.1 erfüllt werden: die grüne Grenzkurve wird nie überschritten.

## 5.2. Beurteilung des sommerlichen Raumkomforts

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen des Simulationsmodells zusammengefasst. Diese entsprechen der effektiv geplanten Raumnutzung und berücksichtigen gleichzeitig die vorgesehenen baulichen und technischen Vorkehrungen.

RANDBEDINGUNG	MODELLIERUNG/PARAMETRISIERUNG
Berechnungsprogramm	IDA ICE 4.8
Berechnungszeitschritt	Dynamisch (Ereignisabhängig), max. 1h
Klimadaten	Luzern - normales DRY (Design Referenz Year)
Beobachtungsperiode	16. April – 15. Oktober 2011 (Samstag bis Samstag)
Bauteile	Boden: 80 mm UB geschliffen, 40 mm TS/WD, 350 mm Beton Aussenwand: 25 mm Gips, 450 mm Holz-Leichtbau-Wand Innenwand1: 250 mm Beton Innenwand2: 150 mm Gips-Leichtbau-Wand Decke: 350 mm Beton, 30% Deckenbelegung mit Akustik (85 mm) Fenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 38%, Rahmenanteil 30% (inkl. Lüftungsfügel)
Sonnenschutz	Sonnenschutz mit totalen g-Wert (Storen + Glas) von 8%, ab 200 W/m <sup>2</sup>
Interne Wärmeeinträge	Gemäss SIA 2024:2015 [7] Raumnutzung 4.4 Hörsaal Anpassung der Raumnutzung für Primarschule, sowie Berücksichtigung der Schulferien (siehe unten) Nutzungszeiten von Montag bis Freitag Bei Vollbelegung: 58 Personen
Infiltration	konstant 0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Lüftung/Nachtauskühlung	Automatische Fenster-Querlüftung, je 1 m <sup>2</sup> Öffnung an beiden Fassaden Stetige Temperatur-Regelung (Tag und Nacht, Solltemperatur 23°C)
Heizung	Ideales Heizelement welches 21°C garantiert
Innere Umschliessungsflächen	Bei angrenzenden, nicht modellierten Innenräumen wird der Wärmestrom vernachlässigt (adiabatische Randbedingung)
Verschattung	Nur Verschattung durch Sturz/Leibung und Schulgebäuden berücksichtigt

### Vereinbarte Nutzungszeiten Aula (inkl. 5 Wochen Sommerferien)



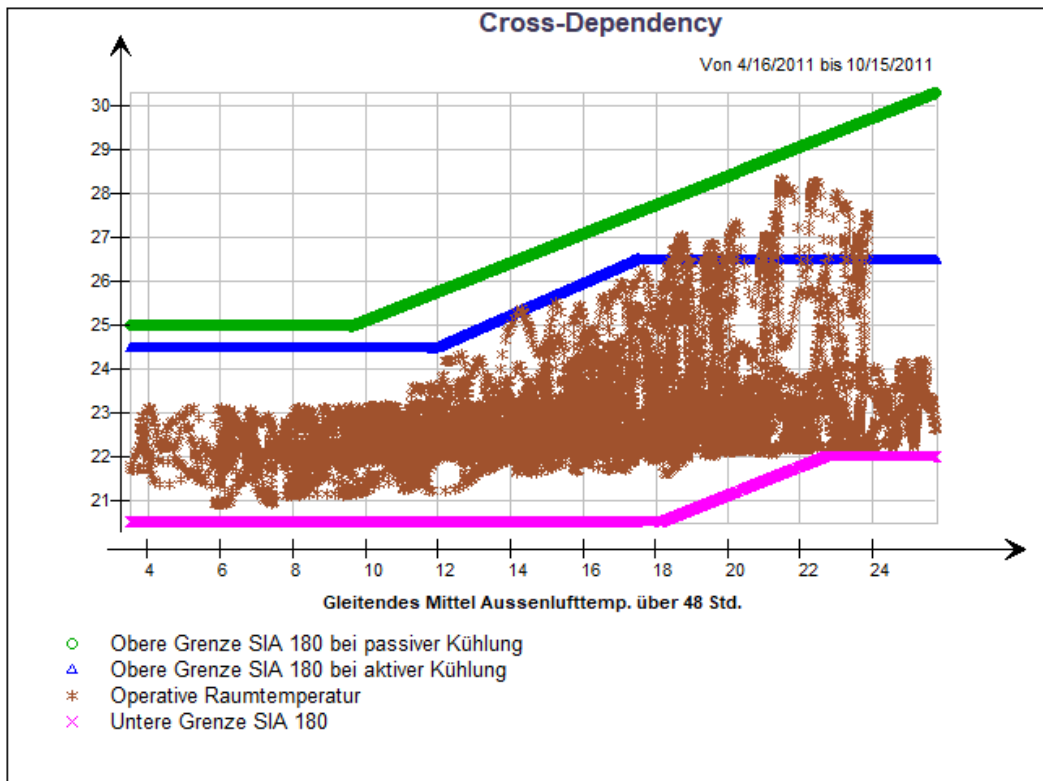


Abbildung 12 Aula: SIA 180 Komfortbewertung – Nur automatische Fenster-Querlüftung, angepasste Raumnutzung

Mit den geplanten baulichen und technischen Vorkehrungen wird die blaue Grenzkurve nach SIA 180:2014, Figur 4, bzw. SIA 382/1:2014, Figur 2, während der Nutzungszeit an 43 Stunden überschritten. Die Anforderung an den sommerliche Raumkomfort (weniger als 100 Überschreitungsstunden während der Nutzungszeit) ist somit erfüllt.

## 6. Schulhaus: Treppenhaus

Für das Treppenhaus wurden 4 Bereiche über alle Stockwerke modelliert.

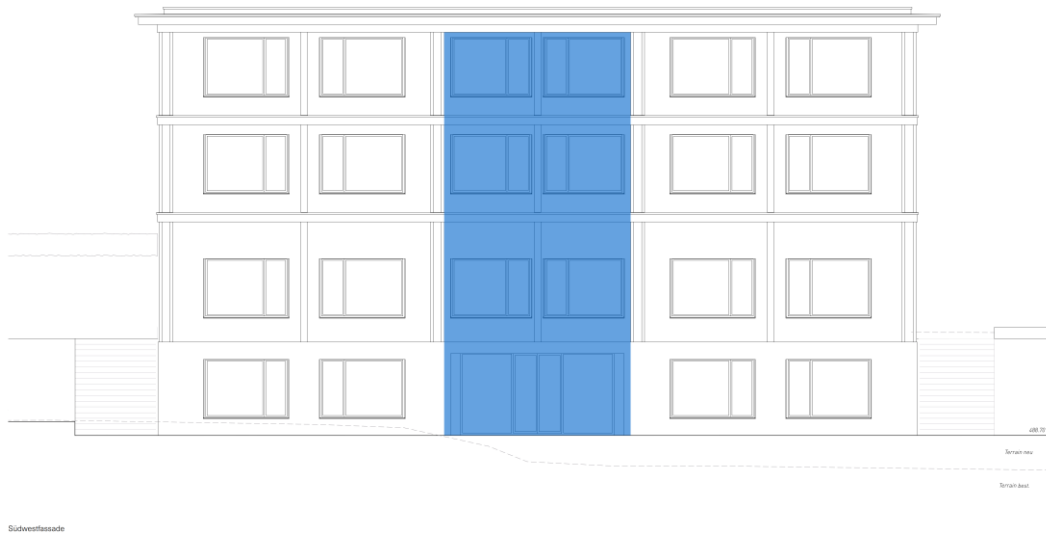


Abbildung 13 Treppenhaus in der Fassadenansicht

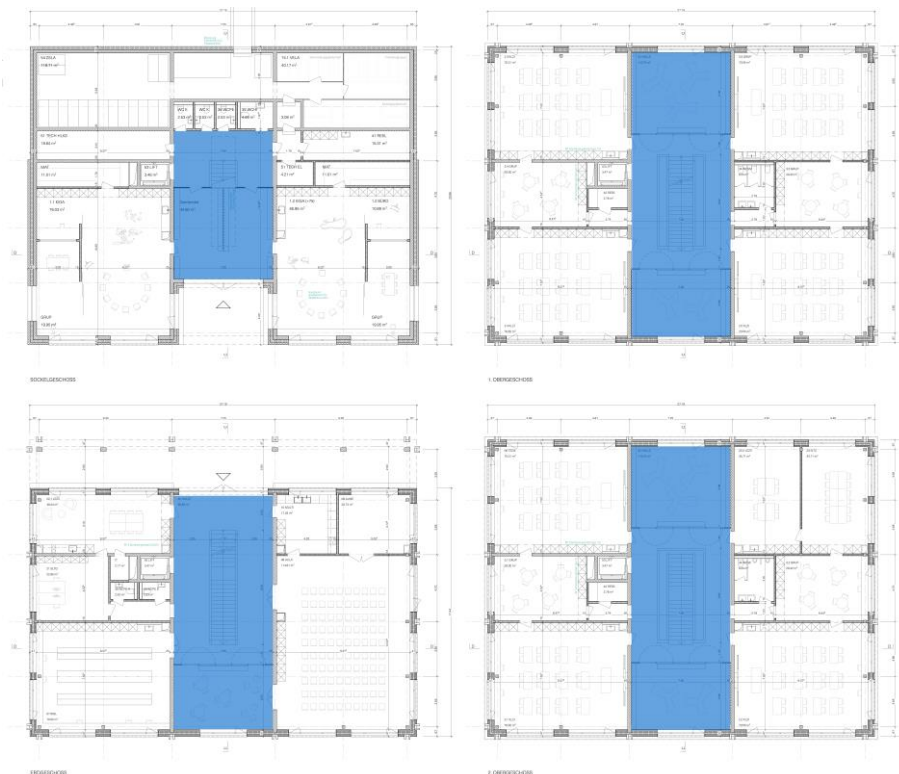


Abbildung 14 Treppenhaus im Grundriss



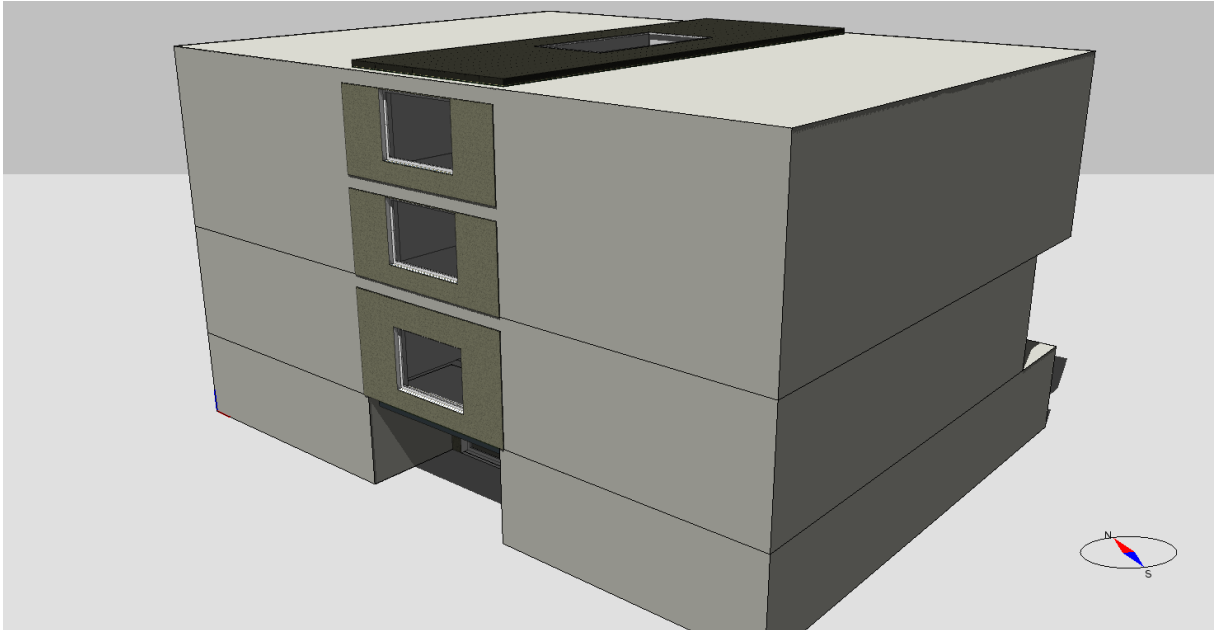


Abbildung 15 Treppenhaus modelliert in IDA ICE, Verschattungssituation am 1. Juli um 15 Uhr

Beim Treppenhaus ist kein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes, wie zum Beispiel bei einem Schulzimmer, erforderlich. An dieser Stelle wird aber untersucht wie sich das Low-Tech-Konzept mit automatischer Fensterquerlüftung auf die sommerlichen Raumtemperaturen im Treppenhaus auswirkt.

### 6.1. Beurteilung des sommerlichen Raumkomforts

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen des Simulationsmodells zusammengefasst. Diese entsprechen der effektiv geplanten Raumnutzung und berücksichtigen gleichzeitig die vorgesehenen baulichen und technischen Vorkehrungen.

<b>RANDBEDINGUNG</b>	<b>MODELLIERUNG/PARAMETRISIERUNG</b>
Berechnungsprogramm	IDA ICE 4.8
Berechnungszeitschritt	Dynamisch (Ereignisabhängig), max. 1h
Klimadaten	Luzern - normales DRY (Design Referenz Year)
Beobachtungsperiode	16. April – 15. Oktober 2011 (Samstag bis Samstag)
Bauteile	Boden: 80 mm UB geschliffen, 40 mm TS/WD, 350 mm Beton Aussenwand: 25 mm Gips, 450 mm Holz-Leichtbau-Wand Innenwand: 250 mm Beton mit Akustik (85 mm) Decke: 350 mm Beton Fenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 38%, Rahmenanteil 30% (inkl. Lüftungsfügel) Dachfenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 20%, Rahmenanteil 10%
Sonnenschutz	Sonnenschutz mit totalen g-Wert (Storen + Glas) von 8%, ab 200 W/m <sup>2</sup> Das Dachfenster weist keinen Sonnenschutz auf
Interne Wärmeeinträge	Gemäss SIA 2024:2015 [7] Raumnutzung 12.1 Verkehrsfläche
Infiltration	konstant 0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Lüftung/Nachtauskühlung	Automatische Fenster-Querlüftung, je 1 m <sup>2</sup> Öffnung im UG und im DG Stetige Temperatur-Regelung (Tag und Nacht, Solltemperatur 23°C)
Heizung	Ideales Heizelement welches 21°C garantiert
Innere Umschliessungsflächen	Bei angrenzenden, nicht modellierten Innenräumen wird der Wärmestrom vernachlässigt (adiabatische Randbedingung)
Verschattung	Nur Verschattung durch Sturz/Leibung und Schulgebäuden berücksichtigt

Die automatische Fensterquerlüftung im Treppenhaus führt zu recht guten Resultaten in Bezug auf den sommerlichen Raumkomfort. Auch im Dachgeschoss sind nur vereinzelt Überschreitungen der blauen Grenzkurve vorhanden.

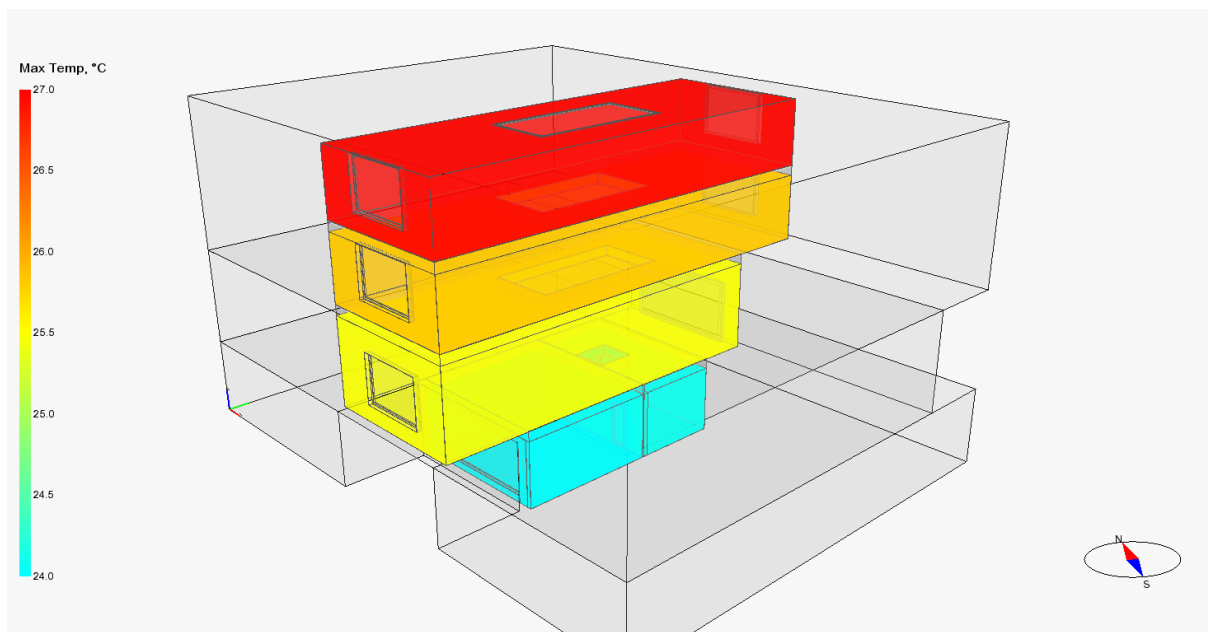


Abbildung 16 Maximale sommerliche Temperaturen im Treppenhaus

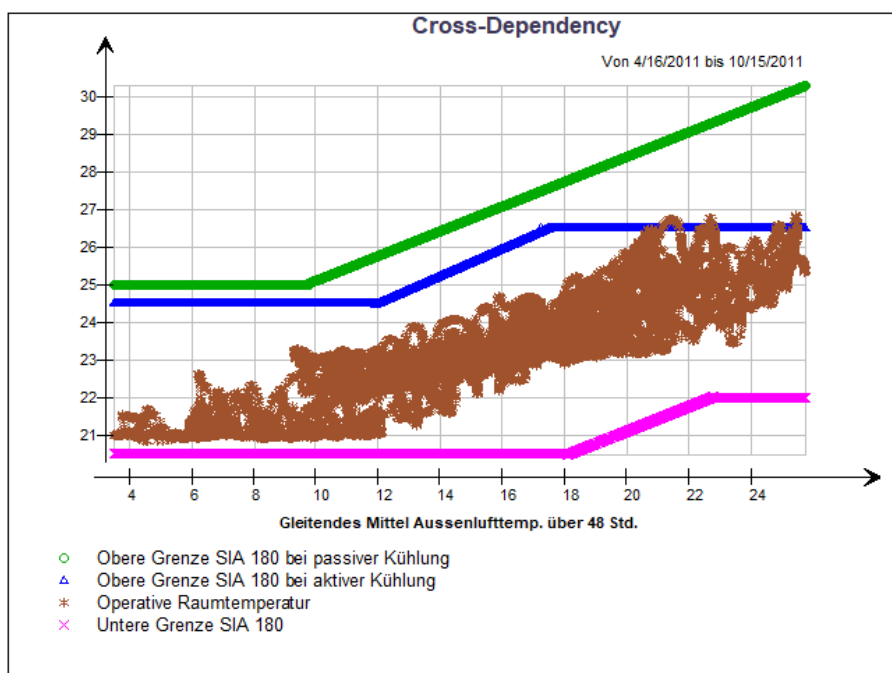


Abbildung 17 Treppenhaus: SIA 180 Komfortbewertung – Nur automatische Fenster-Querlüftung

Automatisierte Öffnungen auch in den mittleren Geschossen führen zu einer weiteren Steigerung des sommerlichen Raumkomforts im Treppenhaus.

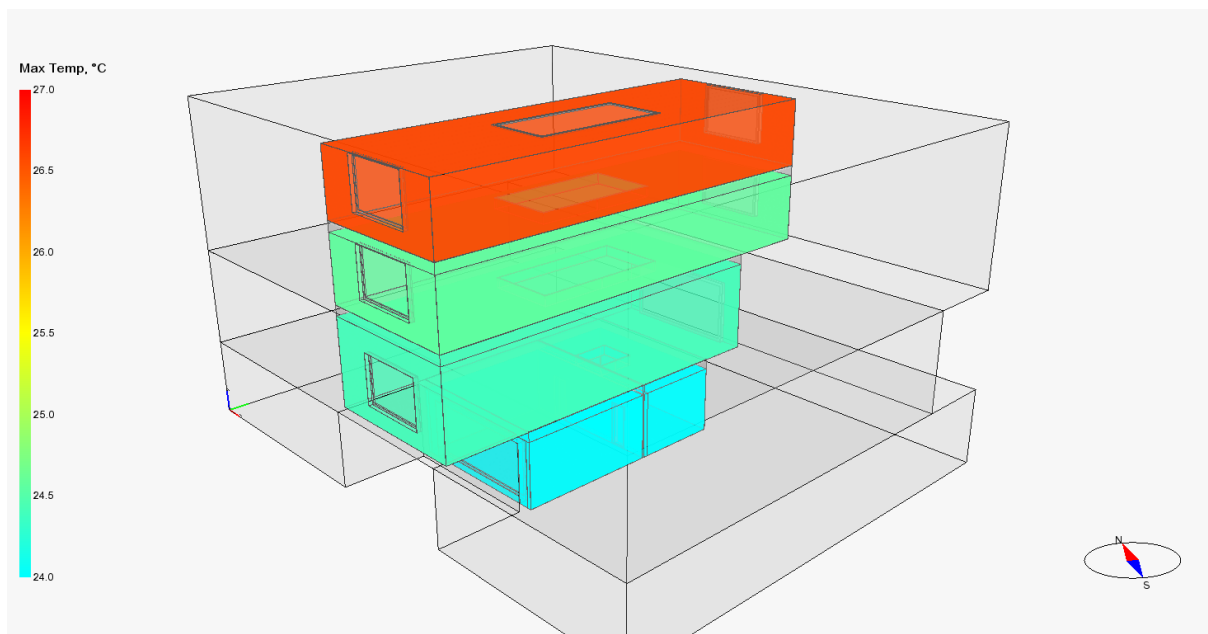


Abbildung 18 Maximale sommerliche Temperaturen im Treppenhaus mit automatisierte Öffnungen in allen Geschossen

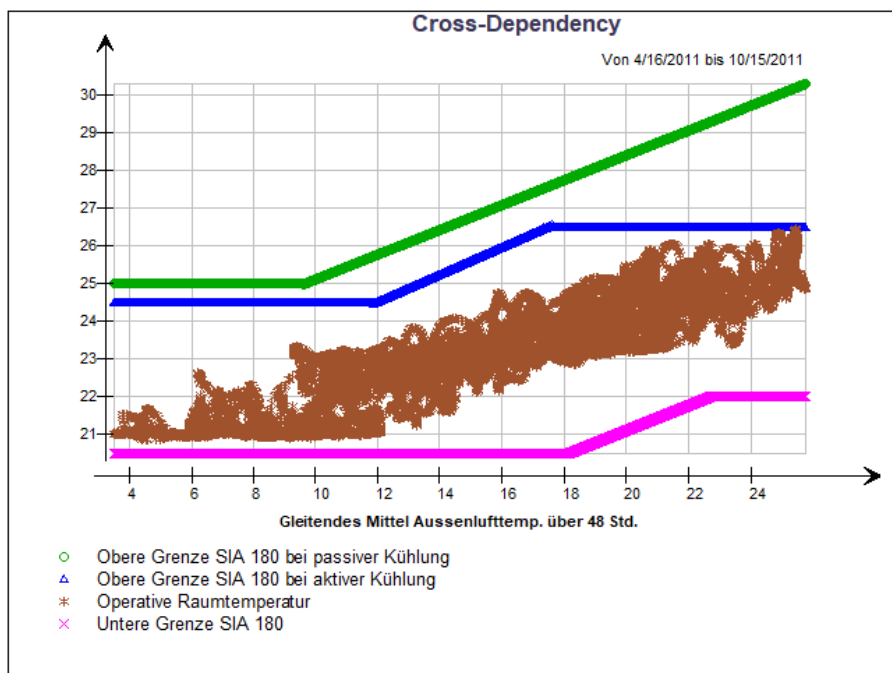


Abbildung 19 Treppenhaus: SIA 180 Komfortbewertung – Nur automatische Fenster-Querlüftung in allen Geschossen

## 7. Turnhalle

Für die Turnhalle wurde ein Bereich über beide Stockwerke modelliert.

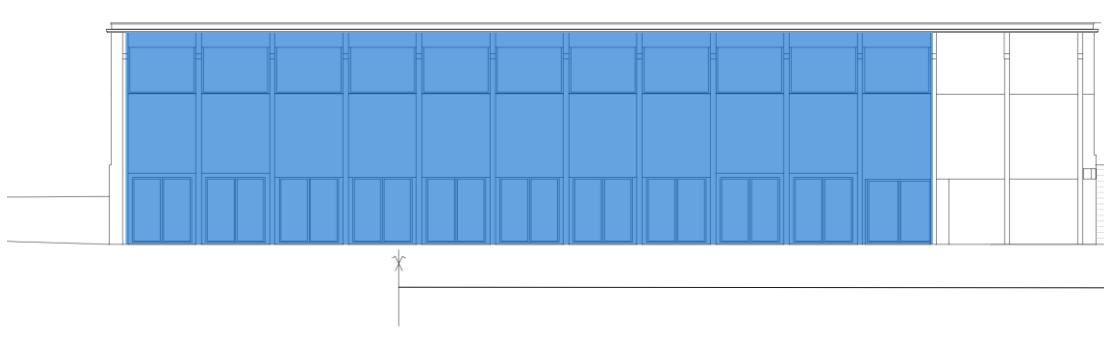


Abbildung 20 Turnhalle in der Fassadenansicht

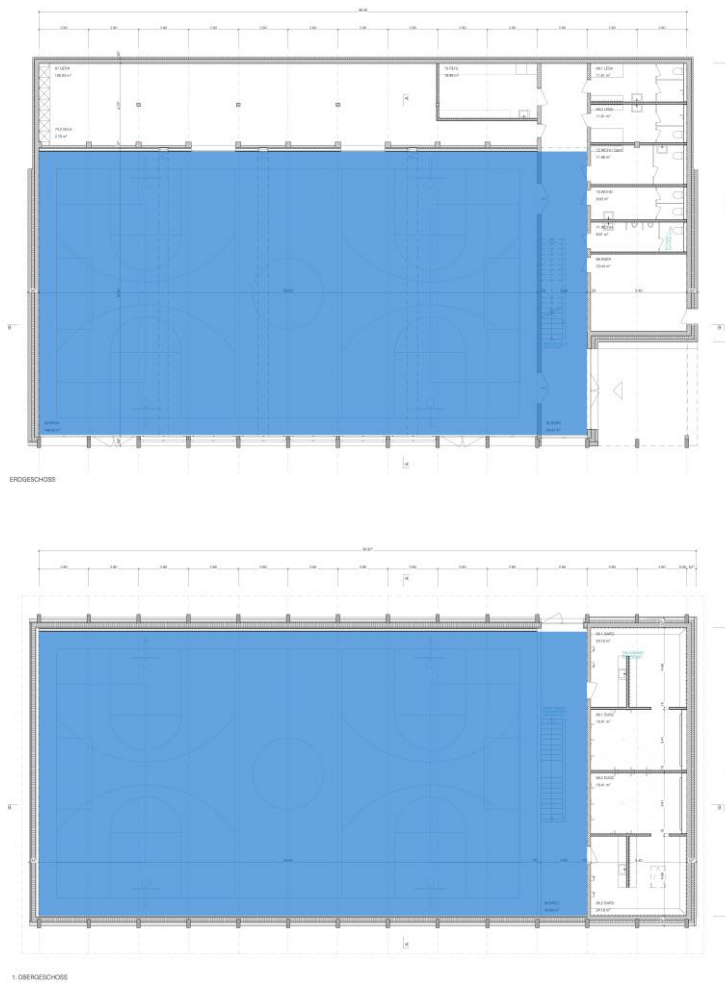


Abbildung 21 Turnhalle im Grundriss

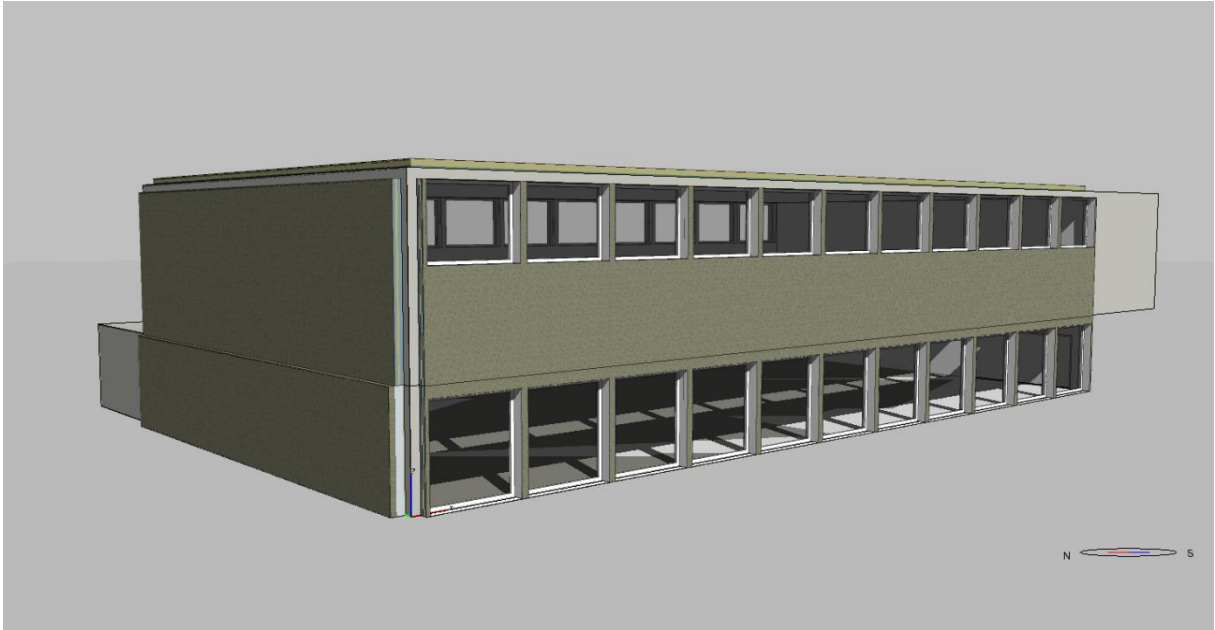


Abbildung 22 Turnhalle modelliert in IDA ICE, Verschattungssituation am 1. Juli um 17 Uhr

## 7.1. Nachweis sommerlicher Wärmeschutz (SIA 180:2014, Anhang C1)

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen des Simulationsmodells zusammengefasst. Diese entsprechen den Vorgaben der SIA 180:2014, Anhang C.1, und berücksichtigen gleichzeitig die geplante Situation.

<b>RANDBEDINGUNG</b>	<b>MODELLIERUNG/PARAMETRISIERUNG</b>
Berechnungsprogramm	IDA ICE 4.8
Berechnungszeitschritt	Dynamisch (Ereignisabhängig), max. 1h
Klimadaten	Luzern - normales DRY (Design Referenz Year)
Beobachtungsperiode	16. April – 15. Oktober 2011 (Samstag bis Samstag)
Bauteile	Boden: 30 mm Sportboden, 80 mm UB, 20 mm TS, 300 mm Beton Aussenwand1: 35 mm Akustik, 250 mm Beton, 200 mm Foamglas Aussenwand2: 25 mm Gips, 500 mm Holz-Leichtbau-Wand Innenwand1: 250 mm Beton Innenwand2: 35 mm Akustik, 300 mm Gips-Leichtbau-Wand Interne Speichermasse: 200 mm Holzbalken im Dachbereich Dach: 540 mm Holz-Leichtbau-Dach, 60% Deckenbelegung mit Akustik Fenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 38%, Rahmenanteil 15%
Sonnenschutz	Sonnenschutz mit totalen g-Wert (Storen + Glas) von 8%, ab 200 W/m <sup>2</sup> Fenster im Bodenbereich ohne Sonnenschutz
Interne Wärmeeinträge	120 Wh/m <sup>2</sup> als Summe über 24 Stunden, homogen verteilt (5 W/m <sup>2</sup> )
Infiltration	konstant 0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Aussenluft-Volumenstrom	3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h; erhöhter Aussenluft-Volumenstrom 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h, falls die empfundene Temperatur im Raum über 22°C liegt und die Aussenlufttemperatur tiefer liegt als die Raumlufttemperatur. Die Zulufttemperatur entspricht der Aussenlufttemperatur (keine WRG).
Heizung	Ideales Heizelement welches 21°C garantiert
Innere Umschliessungsflächen	Bei angrenzenden, nicht modellierten Innenräumen wird der Wärmestrom vernachlässigt (adiabatische Randbedingung)
Verschattung	Nur Verschattung durch Sturz/Leibung und Schulgebäuden berücksichtigt

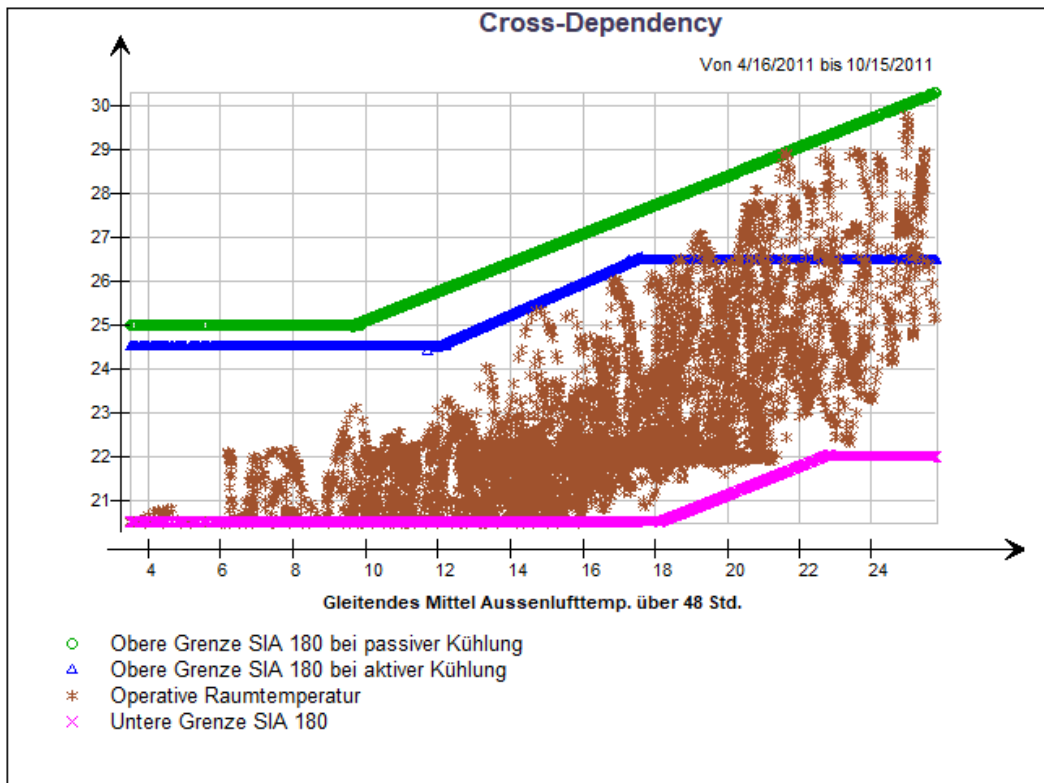


Abbildung 23 Turnhalle: Nachweis sommerlicher Wärmeschutz nach SIA 180, Anhang C1

Mit dem geplanten Sonnenschutz und dem Glas g-Wert von 38% können die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach SIA 180:2014, Anhang C.1 erfüllt werden: die grüne Grenzkurve wird nie überschritten.



## 7.2. Beurteilung des sommerlichen Raumkomforts

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen des Simulationsmodells zusammengefasst. Diese entsprechen der effektiv geplanten Raumnutzung und berücksichtigen gleichzeitig die vorgesehenen baulichen und technischen Vorkehrungen.

<b>RANDBEDINGUNG</b>	<b>MODELLIERUNG/PARAMETRISIERUNG</b>
Berechnungsprogramm	IDA ICE 4.8
Berechnungszeitschritt	Dynamisch (Ereignisabhängig), max. 1h
Klimadaten	Luzern - normales DRY (Design Referenz Year)
Beobachtungsperiode	16. April – 15. Oktober 2011 (Samstag bis Samstag)
Bauteile	Boden: 30 mm Sportboden, 80 mm UB, 20 mm TS, 300 mm Beton Aussenwand1: 35 mm Akustik, 250 mm Beton, 200 mm Foamglas Aussenwand2: 25 mm Gips, 500 mm Holz-Leichtbau-Wand Innenwand1: 250 mm Beton Innenwand2: 35 mm Akustik, 300 mm Gips-Leichtbau-Wand Interne Speichermasse: 200 mm Holzbalken im Dachbereich Dach: 540 mm Holz-Leichtbau-Dach, 60% Deckenbelegung mit Akustik Fenster: Ug 0.6 W/m <sup>2</sup> K, g-Wert 38%, Rahmenanteil 15%
Sonnenschutz	Sonnenschutz mit totalen g-Wert (Storen + Glas) von 8%, ab 200 W/m <sup>2</sup> Fenster im Bodenbereich ohne Sonnenschutz
Interne Wärmeeinträge	Gemäss SIA 2024:2015 [7] Raumnutzung 11.1 Turnhalle Berücksichtigung der Schulferien (5 Wochen, siehe unten) Nutzungszeiten von Montag bis Freitag Bei Vollbelegung: 26 Personen
Infiltration	konstant 0.15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Lüftung/Nachtauskühlung	Automatische Fenster-Querlüftung, je 2.4 m <sup>2</sup> Öffnung an beiden Fassaden Keine Öffnung bei den Fenstern im Bodenbereich Stetige Temperatur-Regelung (Tag und Nacht, Solltemperatur 22°C)
Heizung	Ideales Heizelement welches 21°C garantiert
Innere Umschliessungsflächen	Bei angrenzenden, nicht modellierten Innenräumen wird der Wärmestrom vernachlässigt (adiabatische Randbedingung)
Verschattung	Nur Verschattung durch Sturz/Leibung und Schulgebäuden berücksichtigt

### Nutzungszeiten Turnhalle (5 Wochen Sommerferien)

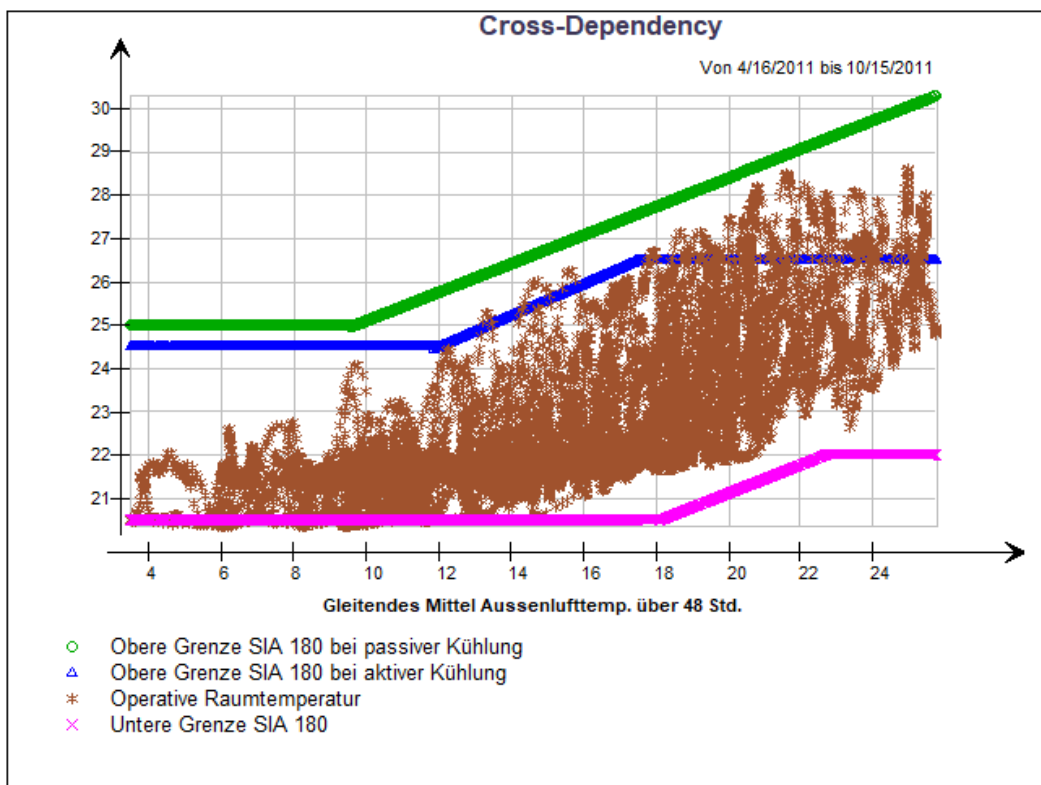
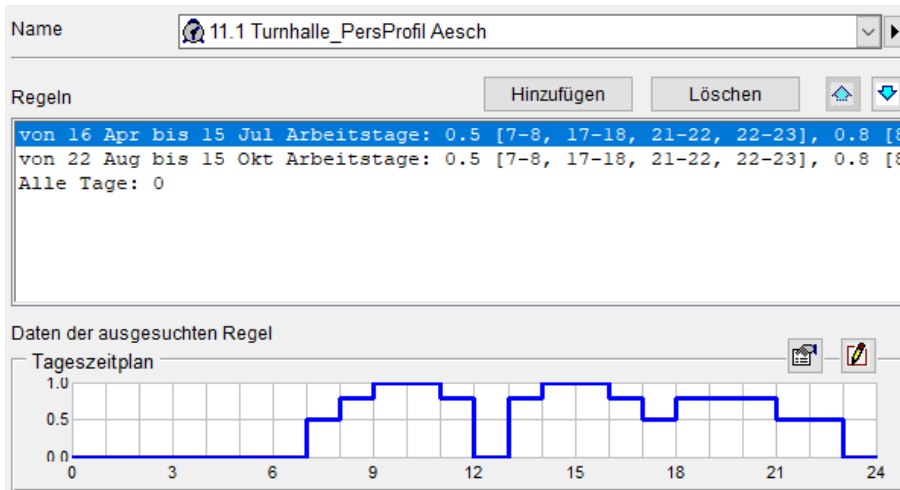


Abbildung 24 Turnhalle: SIA 180 Komfortbewertung – Nur automatische Fenster-Querlüftung, angepasste Raumnutzung.

Mit den geplanten baulichen und technischen Vorkehrungen wird die blaue Grenzkurve nach SIA 180:2014, Figur 4, bzw. SIA 382/1:2014, Figur 2, während der Nutzungszeit an 55 Stunden überschritten. Die Anforderung an den sommerliche Raumkomfort (weniger als 100 Überschreitungsstunden während der Nutzungszeit) ist somit erfüllt.

## 8. Fazit

Dank der guten Kombination zwischen Glas-g-Wert, Sonnenschutzeinrichtung und aktivierbaren thermischen Speichermasse ist es möglich das Schulhausgebäude und die Turnhalle mit einer automatisierten Querlüftung so zu betreiben, dass der sommerliche Wärmeschutz nach SIA 180:2014 restlos eingehalten ist.

Bei der Beurteilung des sommerlichen Raumkomforts wurden gemäss Vereinbarung mit der Bauherrschafft die effektiven Nutzungszeiten (angepasstes Nutzungsprofil für Kindergarten-/Primarschulnutzung) und Sommerferien berücksichtigt.

Die Klimaerwärmung wirkt sich eher negativ auf diesen Low-Tech-Ansatz aus. Was allerdings in dieser rein thermischen Betrachtung nicht berücksichtigt wird ist der kühlende konvektive Effekt der Luftbewegung welcher aus der Querlüftung resultiert.

Folgende allgemeine Nachteile einer automatischen Fensterlüftung sollten nicht vergessen werden:

- Bei geöffneten Lüftungselementen ist die Schalldämmung gegen Aussenlärm geringer
- Die Zulufttemperatur entspricht im Winter der Aussenlufttemperatur und kann den thermischen Komfort beeinträchtigen
- Die Ersatzluft kann nicht gefiltert werden, deshalb gelangen Schadstoffe und Feinstaub direkt in die Räume
- Es ist keine Wärmerückgewinnung möglich
- Der Einbruchschutz ist bei offenen Fenstern/Lüftungsflügel geschwächt
- Der Witterungsschutz ist bei offenen Fenstern/Lüftungsflügel beeinträchtigt
- Der übliche Intervallbetrieb führt zu zeitlich ungleichmässiger Raumluftqualität

## Gartenmann Engineering AG

ppa. Arne Pfeiffer  
B. Ing. (FH) Bauphysik  
Mitglied der Standortleitung Luzern / Prokurist

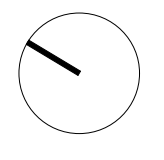
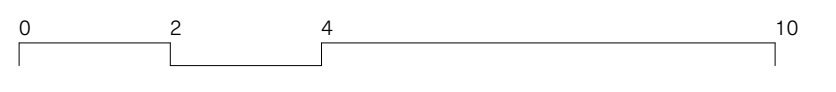
Fabian Brütsch  
Dipl. Masch.-Ing. ETH / SIA

T +41 44 545 15 29  
E f.bruetsch@gae.ch

GRUNDRISS SCHULHAUS, MST.1:100

PHASE: VORPROJEKT  
 GEZ / GEP: MaN / LuS  
 FORMAT: 84 x 59.4  
 DATUM: 20.06.2022  
 PLANNR.: 831210\_S  
 DATEI: 21203\_Masterplan 3D\_TP1

ALLGEMEIN: 492.20 m.ü.M

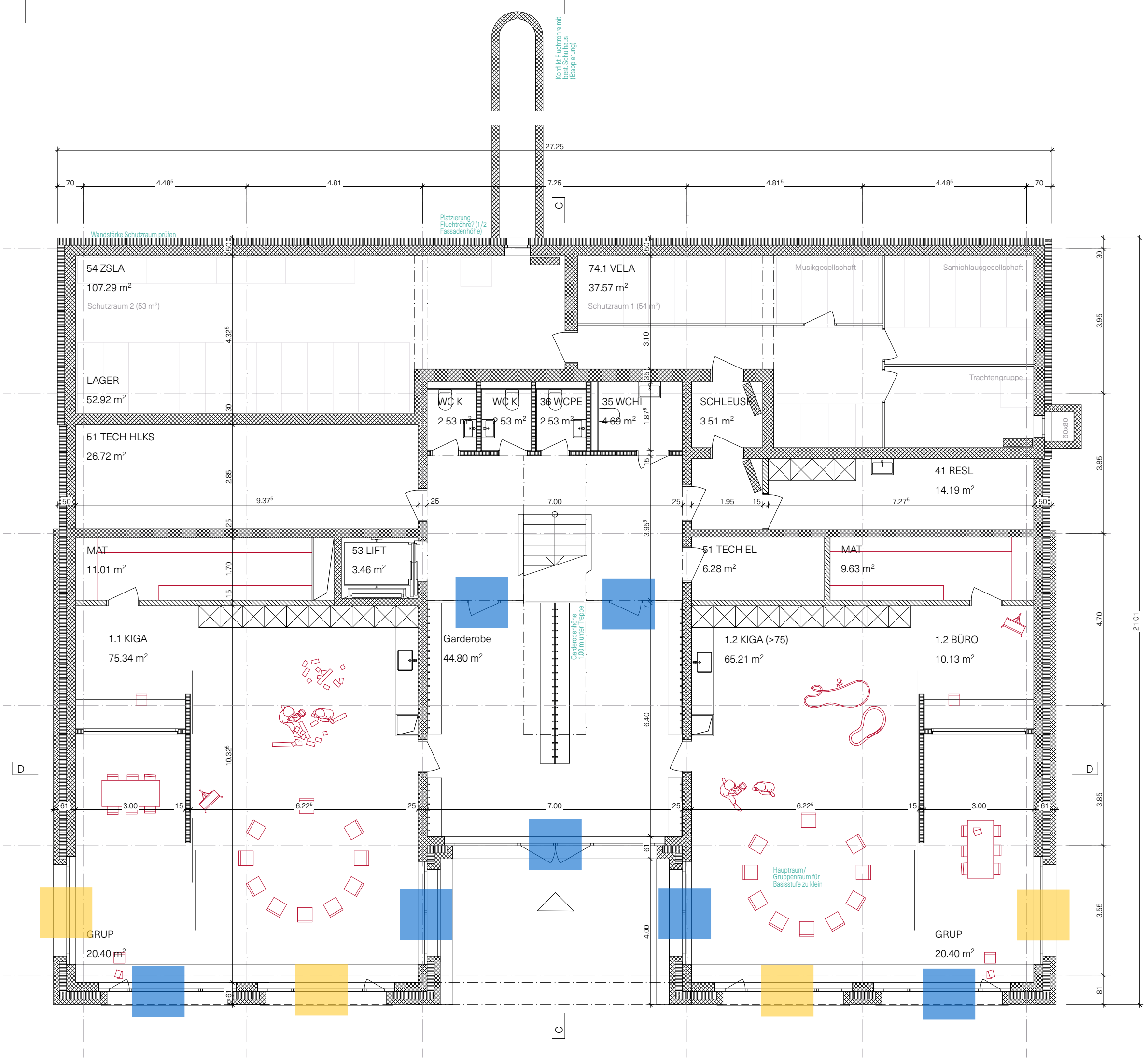


automatisierte Lüftungsöffnung erforderlich  
 automatisierte Lüftungsöffnung empfohlen  
 manuelle Lüftungsöffnung

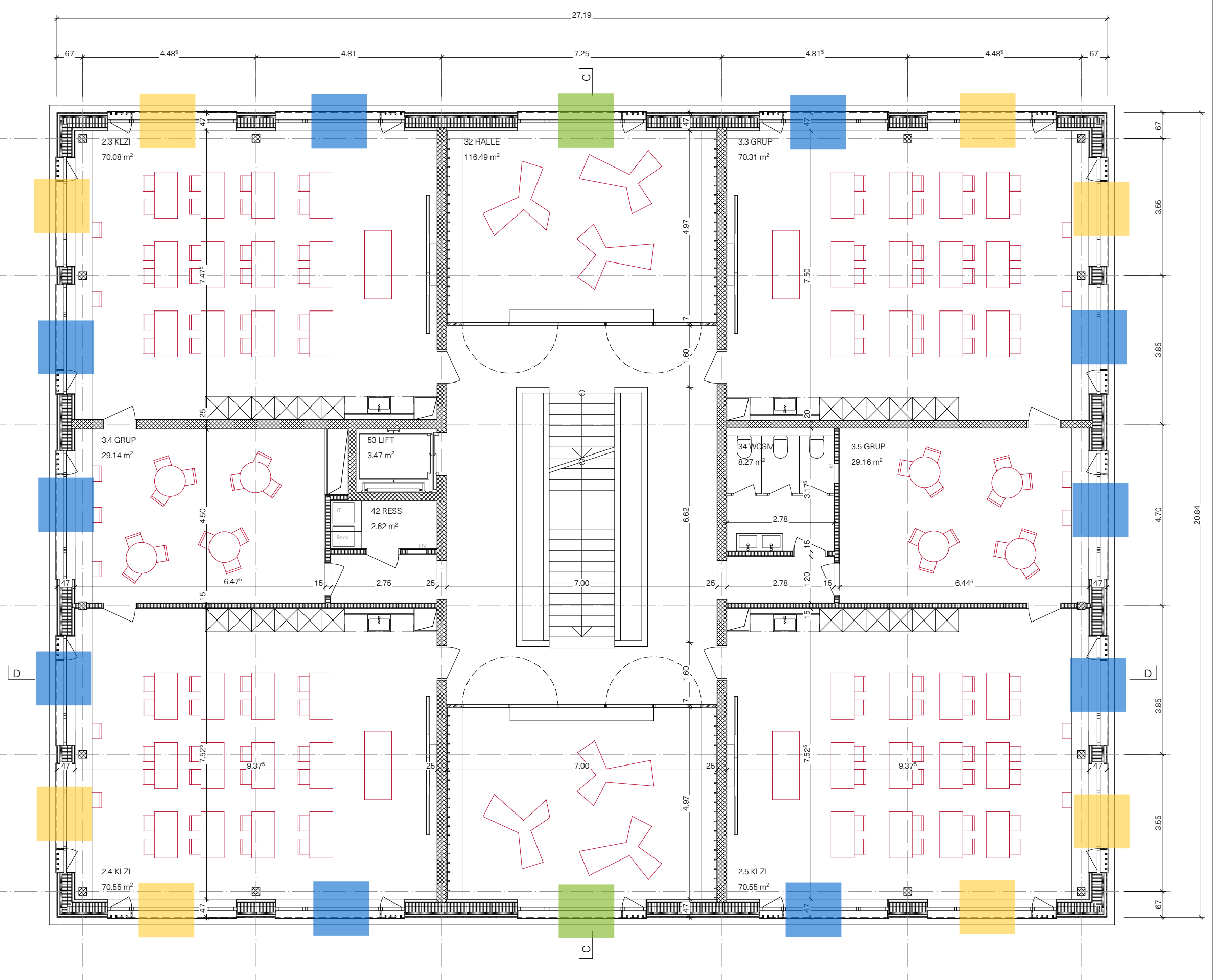


Gartenmann  
 Engineering  
**gae**  
 01.07.2022

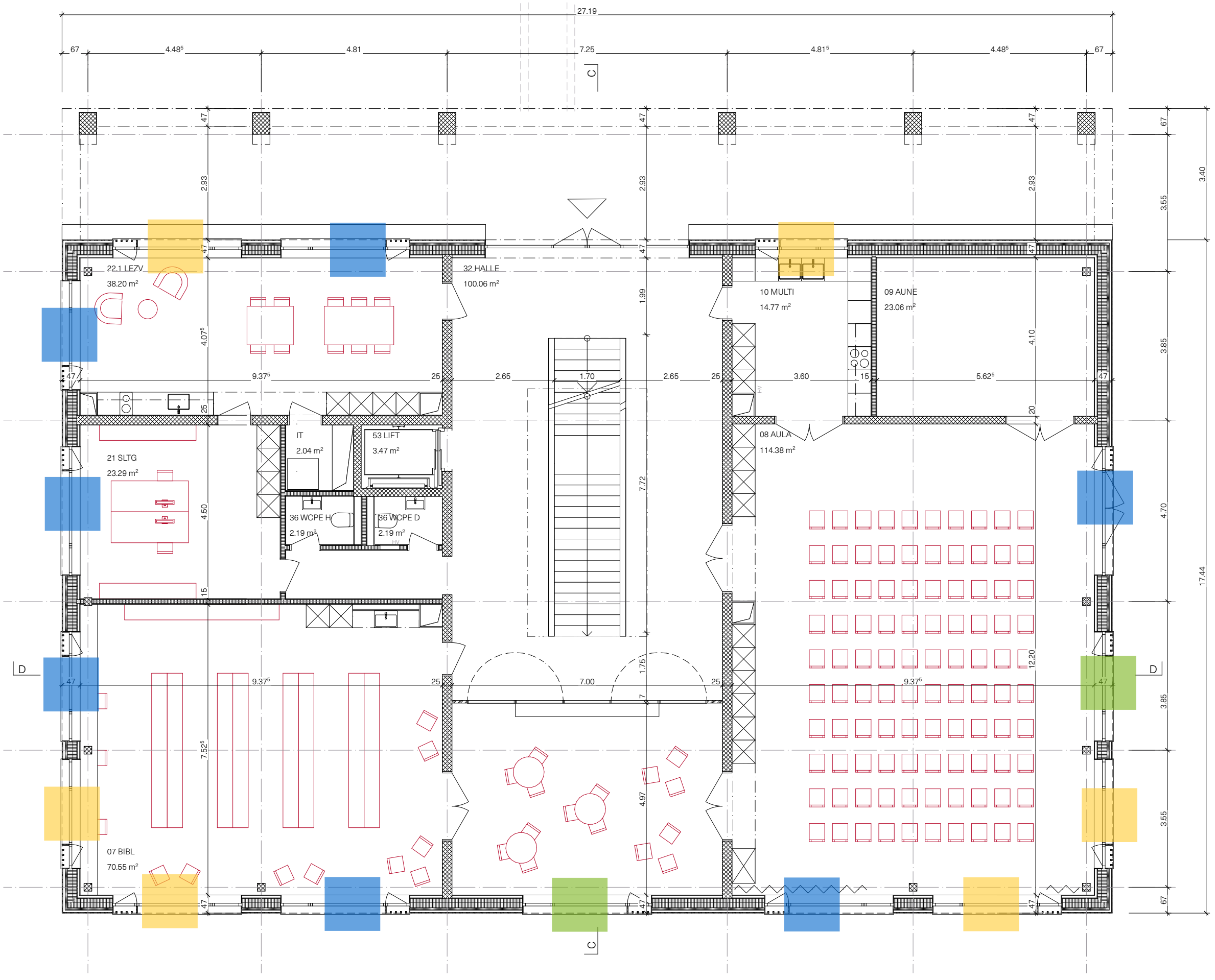
Cysatstrasse 23A  
 6004 Luzern  
 T 041 541 04 00  
 www.gae.ch



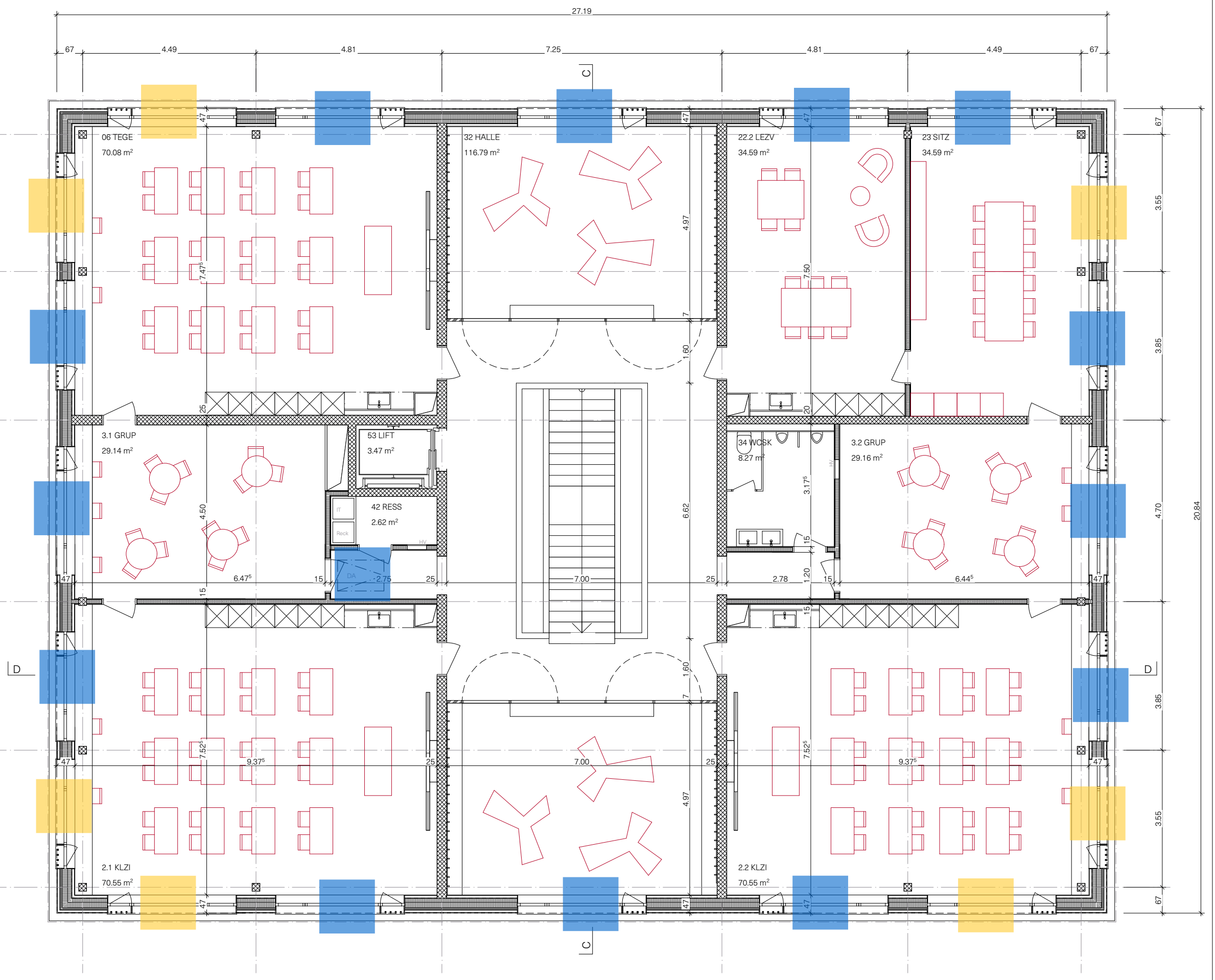
SOCKELGESCHOSS



1. OBERGESCHOSS



ERDGESCHOSS

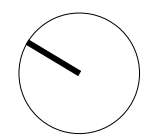


2. OBERGESCHOSS

GRUNDRISS TURNHALLE, MST.1:100

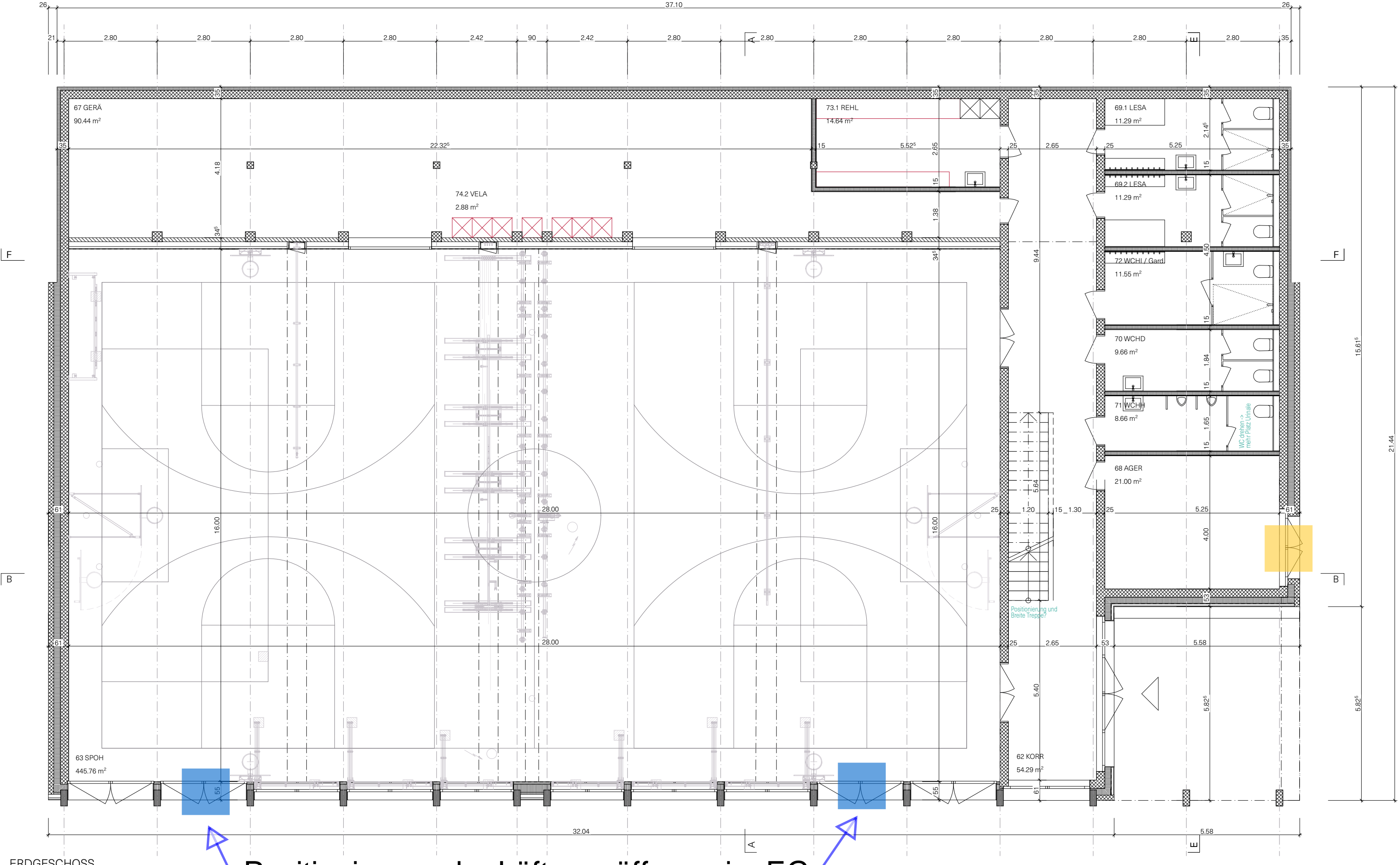
PHASE: VORPROJEKT    FORMAT: 84 x 59.4    PLANNR.: 831.211\_T  
 GEZ. / GEP: MaN / LuS    DATUM: 20.06.2022    DATEI: 21203\_Masterplan 3D\_TP1

ALLGEMEIN: 492.20 m.ü.M

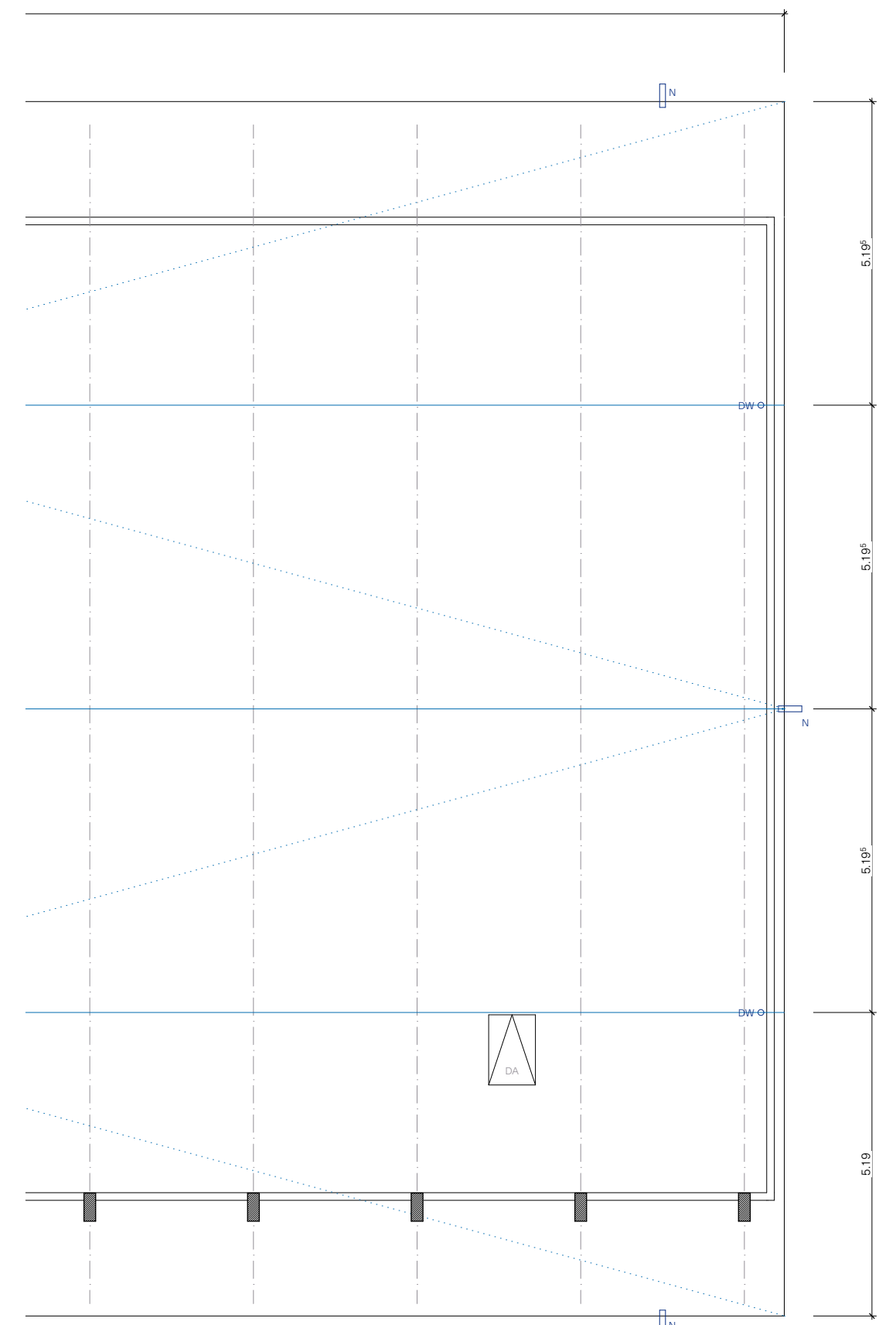


automatisierte Lüftungsöffnung erforderlich ■  
 automatisierte Lüftungsöffnung empfohlen ■  
 manuelle Lüftungsöffnung ■

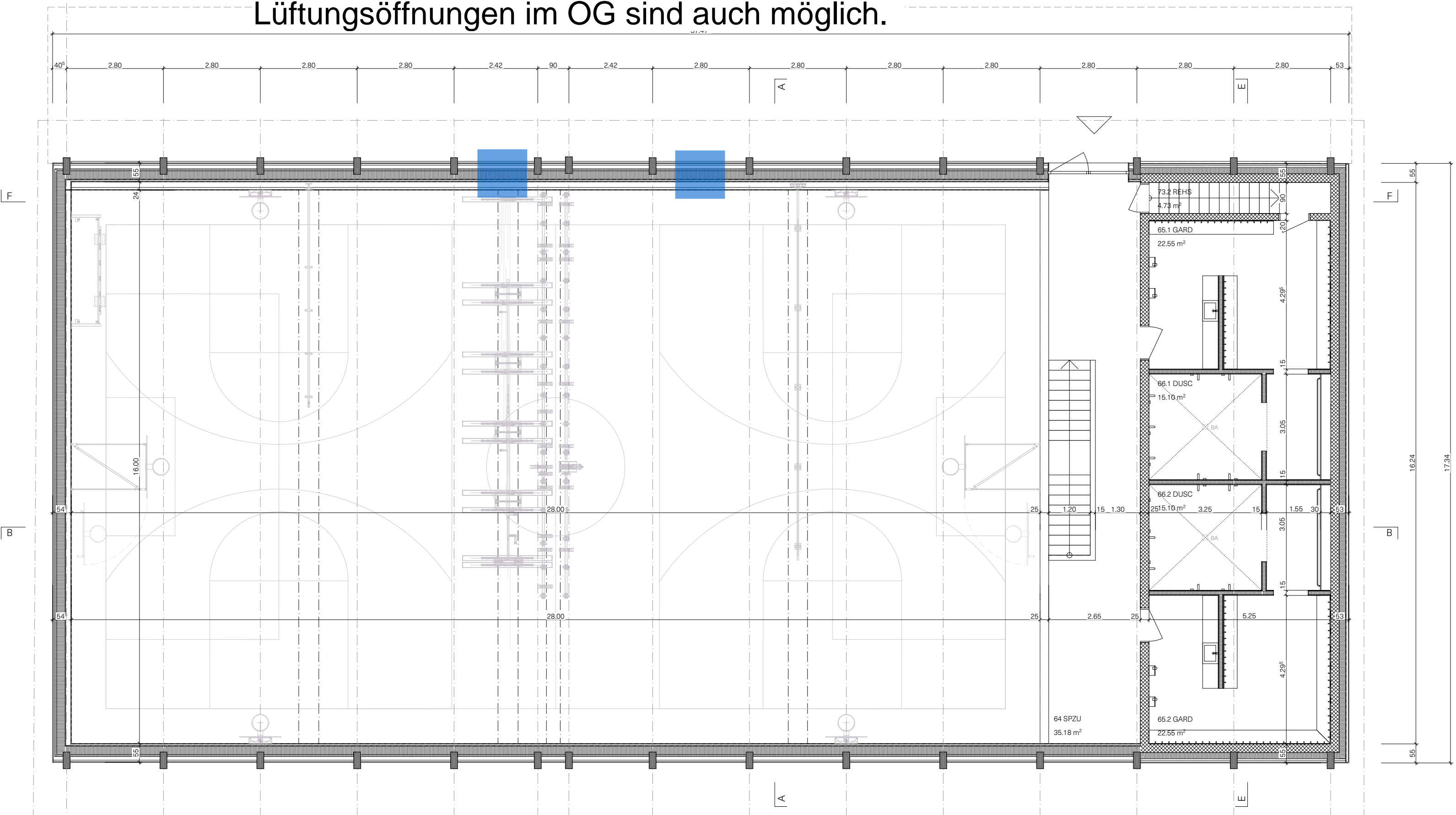
Gartenmann  
 Engineering **gde**    Cysatstrasse 23A  
 6004 Luzern  
 T 041 541 04 00  
 www.gae.ch  
 01.07.2022



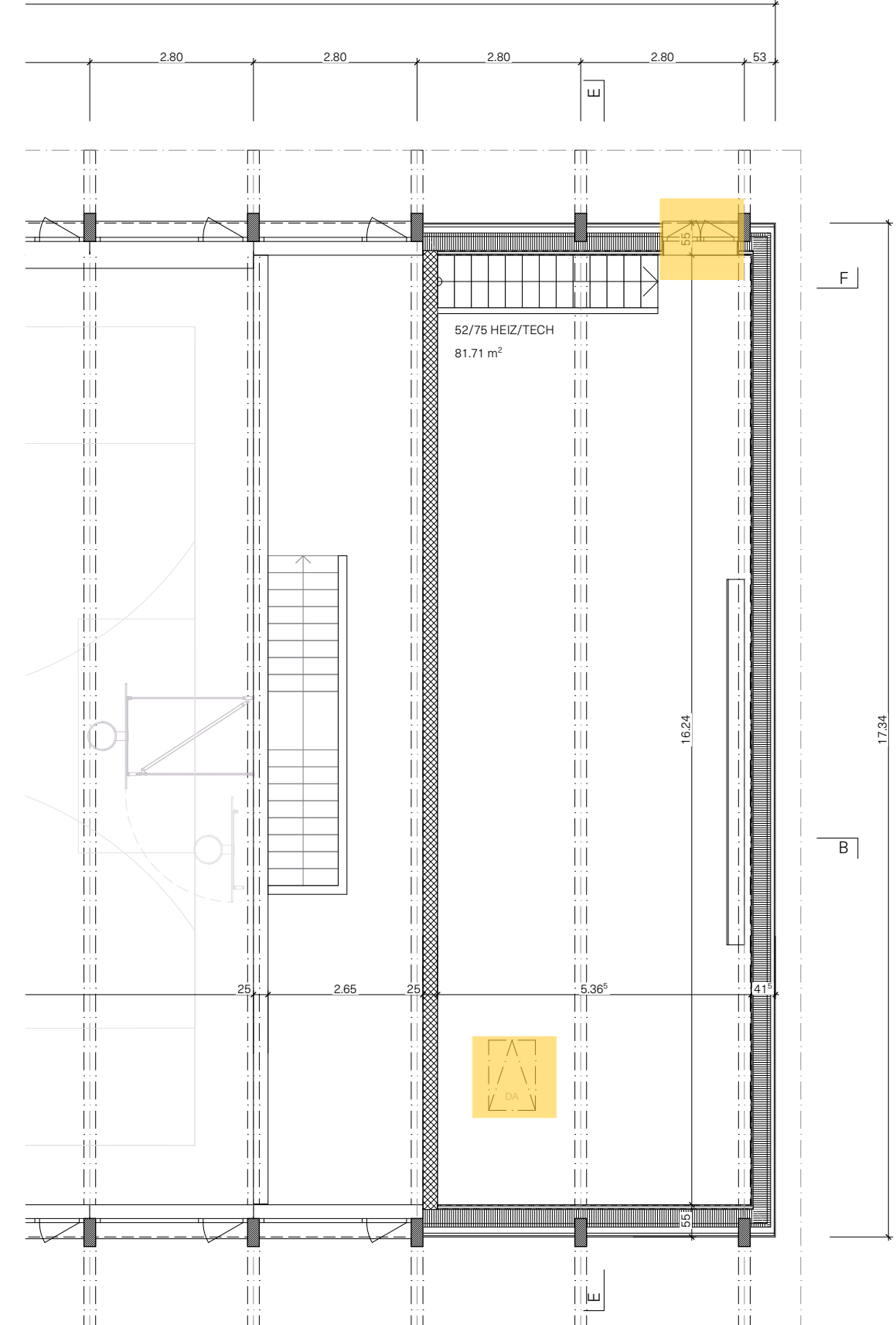
Positionierung der Lüftungsöffnung im EG führt zu einem Kamineffekt und damit zu einer thermischen Verbesserung (Empfehlung). Lüftungsöffnungen im OG sind auch möglich.



DACHAUFSICHT



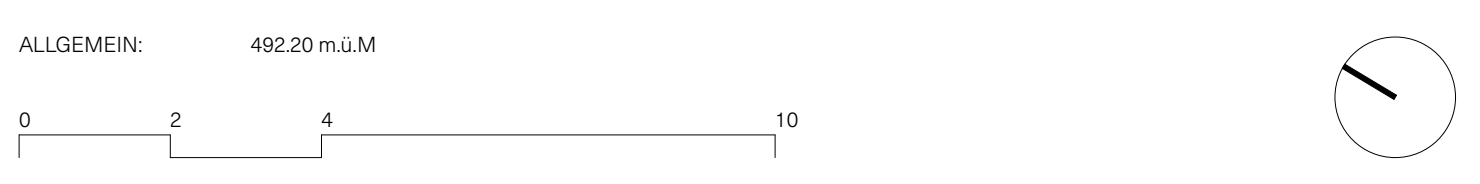
1. OBERGESCHOSS



2. OBERGESCHOSS

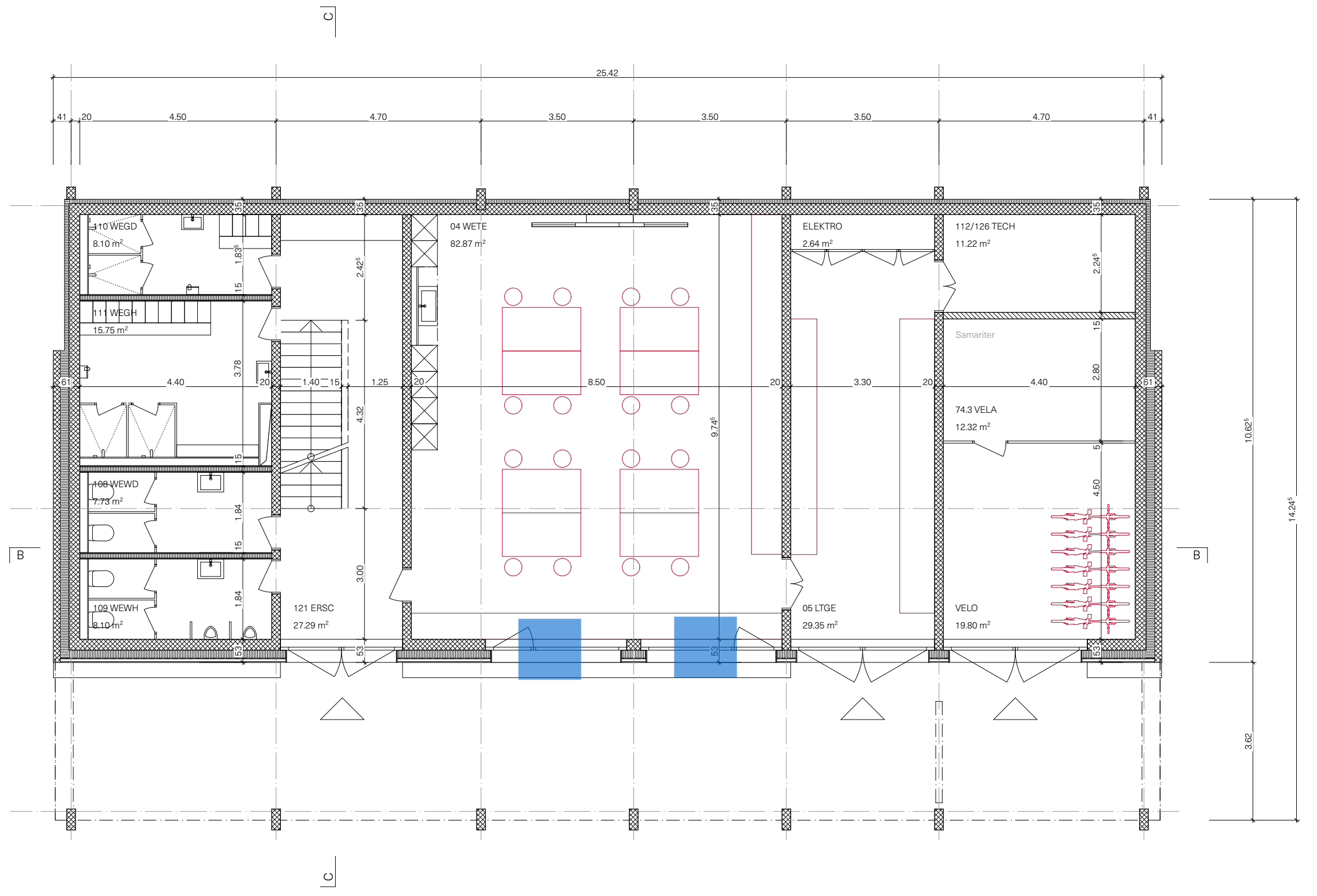
GRUNDRISSSE WERKHOF, MST.1:100

PHASE: VORPROJEKT    FORMAT: 84 x 59.4    PLANNR.: 831.212\_W  
 GEZ. / GEP.: MaN / LuS    DATUM: 20.06.2022    DATEI: 21203\_Masterplan 3D\_TP1

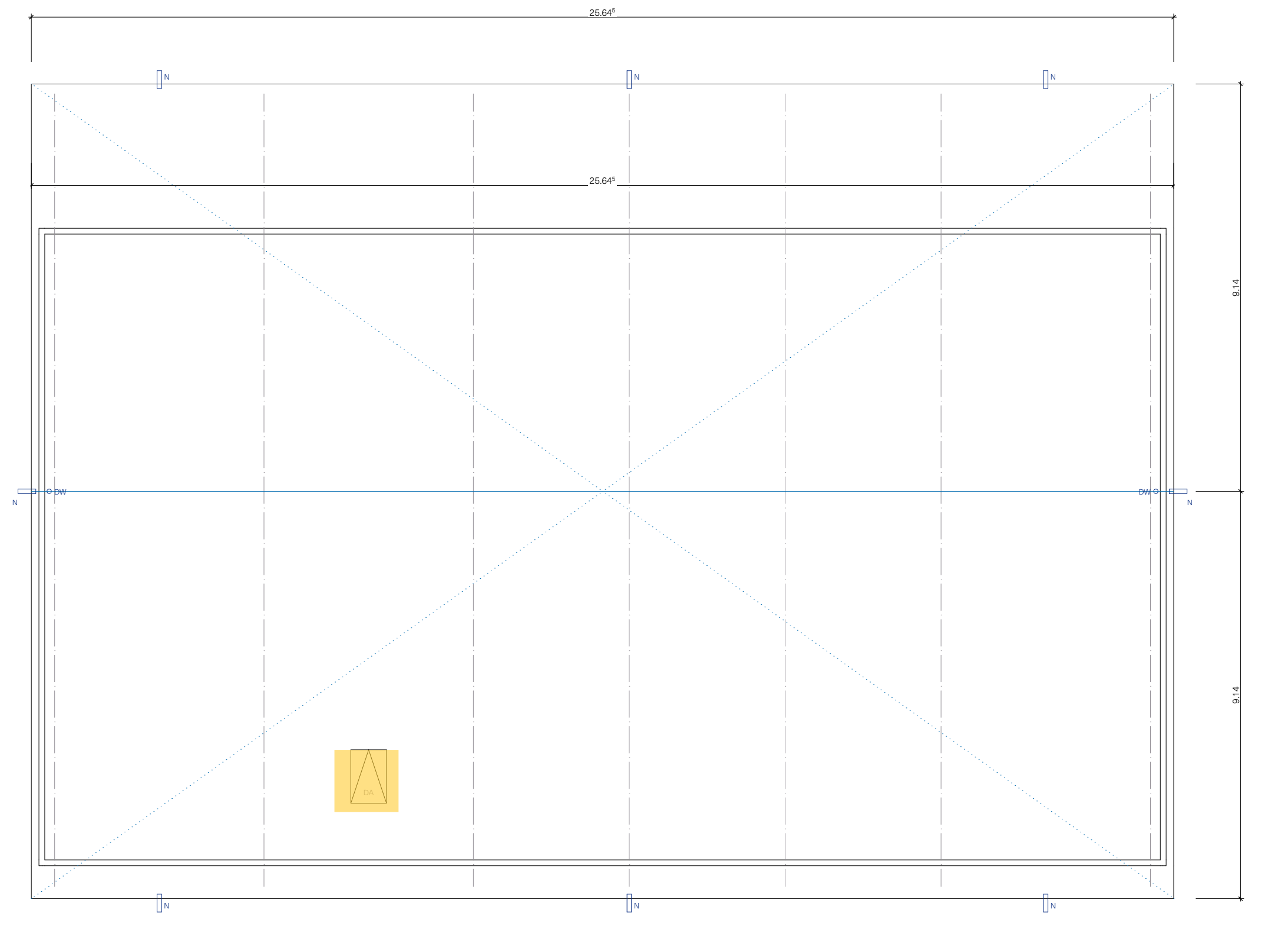


automatisierte Lüftungsöffnung erforderlich ■  
 automatisierte Lüftungsöffnung empfohlen ■  
 manuelle Lüftungsöffnung ■

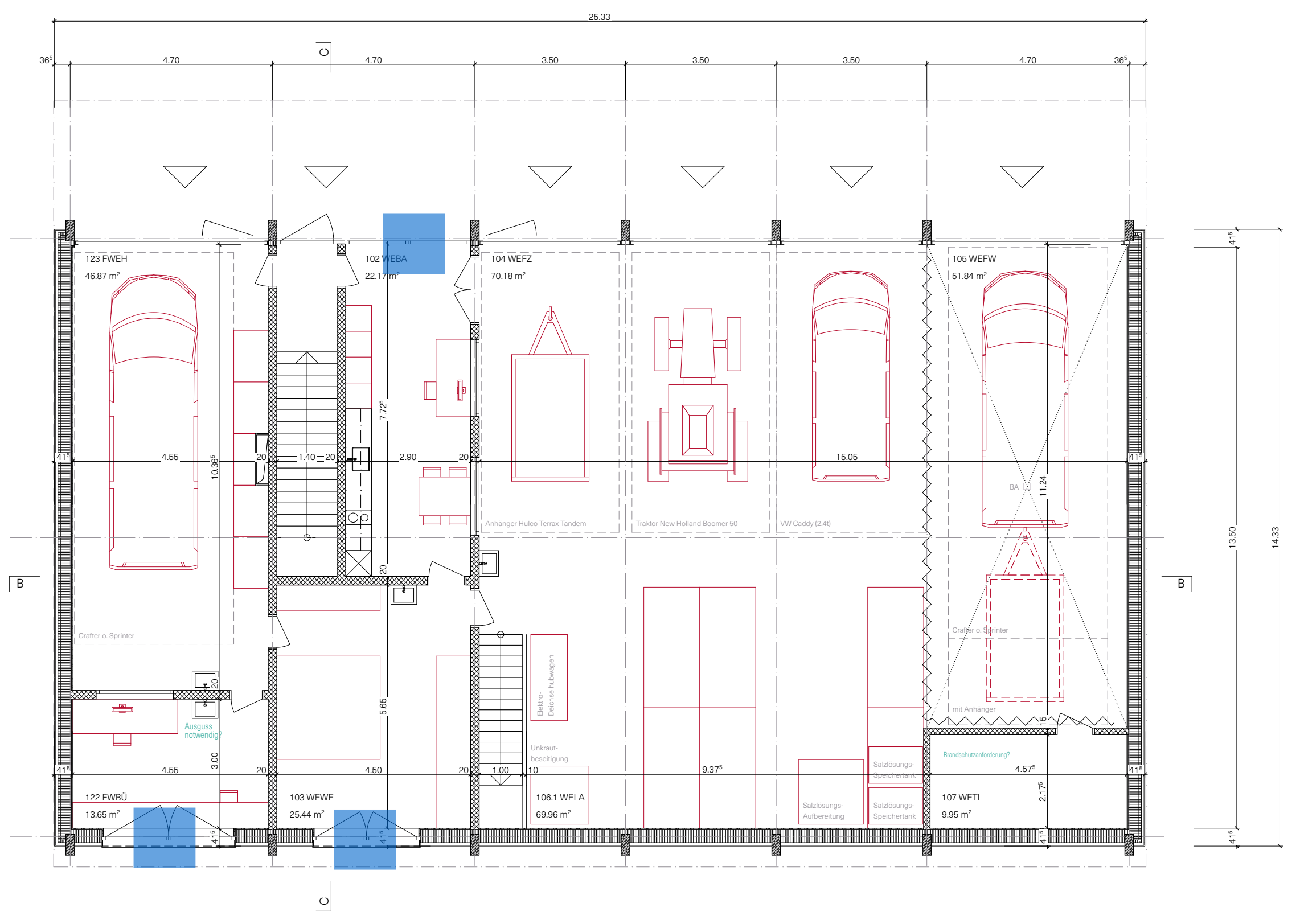
Gartenmann  
 Engineering **gae** Cysatstrasse 23A  
 6004 Luzern  
 T 041 541 04 00  
 www.gae.ch  
 01.07.2022



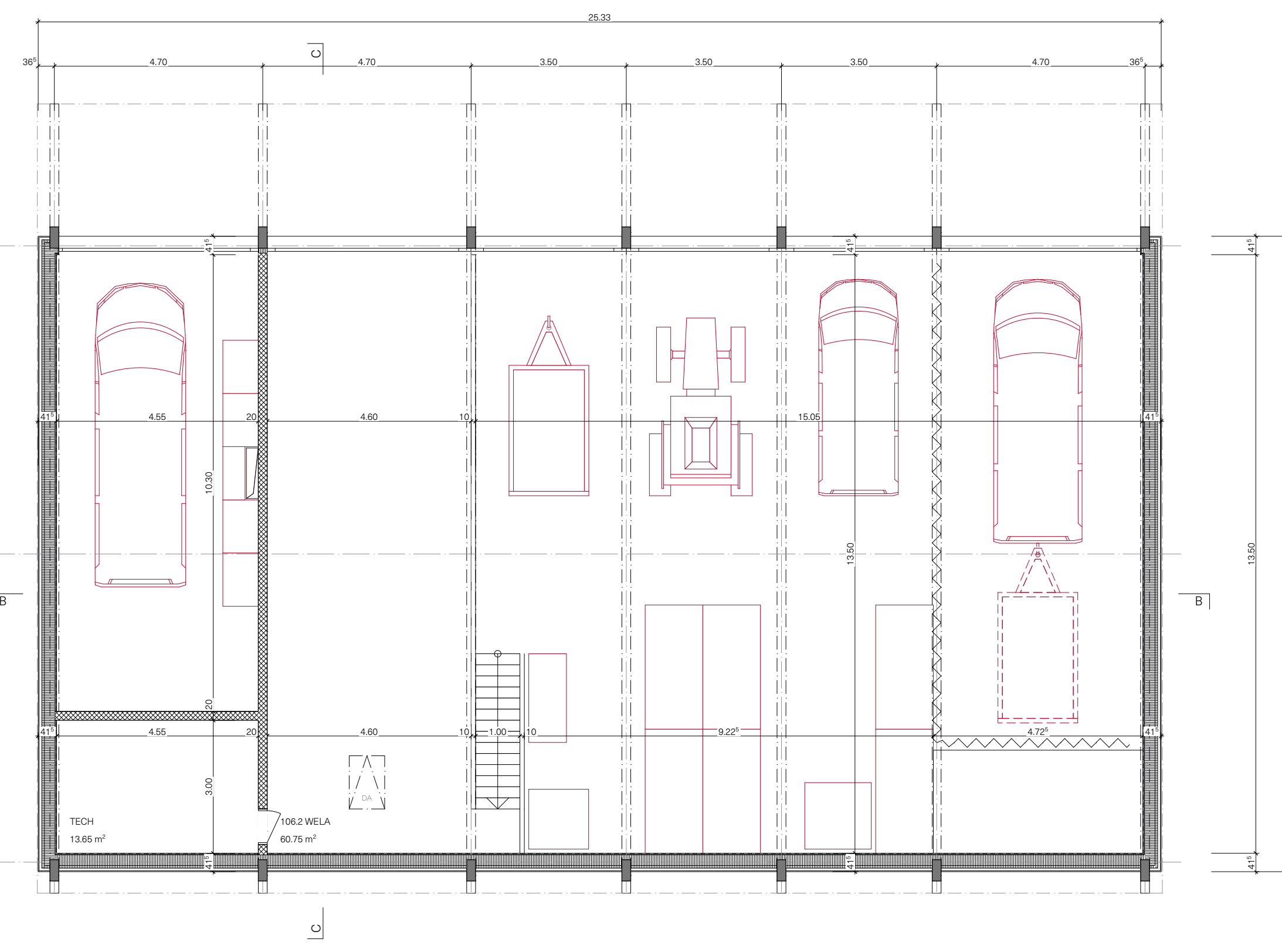
ERDGESCHOSS



DACHAUSICHT



1. OBERGESCHOSS



2. OBERGESCHOSS