

Auftragsspezifikation

vom 23.02.2023

Wohn- und Geschäftsgebäude Büchenbach-Nord

Bauwerke Bauträger GmbH

Kontakt:

Alpha IC GmbH
Martin Brinks
T +49 221 80 10 99 54
m.brinks@alpha-ic.com
www.alpha-ic.com

Projektnummer 23 071 01

© 2023, Alpha IC GmbH

Die vorliegende Ausarbeitung unterliegt in den von der Alpha IC GmbH erstellten Inhalten dem Urheberrecht und ist geistiges Eigentum der Alpha IC GmbH. Eine Weiterverwendung und Bekanntmachung gegenüber Dritten, auch in Auszügen, bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Zustimmung der Alpha IC GmbH. Das Unternehmenslogo ist eine eingetragene Bildmarke.

Inhalt

Inhalt	2
1 Zusammenfassung und Fazit	3
1.1 Zusammenfassung.....	3
1.2 Fazit.....	3
2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung	5
2.1 Kurzbeschreibung des Gebäudes.....	5
2.2 Aufgabenstellung	5
3 Lösungsweg Simulation	6
3.1 Zielsetzung visueller Komfort	6
3.2 Zielsetzung zur Besonnung gemäß DIN EN 17037	7
4 Randbedingungen	9
4.1 Geometrie.....	9
4.2 Zu bewertende Räume.....	12
4.3 Verschattung.....	13
5 Ergebnisse	14
5.1 Ergebnisse für das westlich gelegene Gebäude (Apostelkirche)	15
5.2 Ergebnisse für die östlich gelegenen Gebäude (Martin-Luther-Kirche und Nebengebäude)	16
5.3 Ergebnisse für das nördlich gelegene Gebäude (geplanter Neubau Gewobau).....	18
5.4 Ergebnisse für die südlich gelegenen Gebäude (verschiedene Wohngebäude an der Büchenbacher Anlage).....	20
Abbildungsverzeichnis	22
Tabellenverzeichnis	23

1 Zusammenfassung und Fazit

1.1 Zusammenfassung

In Erlangen wird zwischen der Büchenbacher Anlage und der Odenwaldallee ein neues Wohn- und Geschäftsgebäude geplant. Das geplante Gebäude besteht aus drei Blöcken mit einer maximalen Höhe von 20 m laut Bebauungsplan. Zwischen den Blöcken befindet sich ein Geschoss mit einer maximalen Höhe von 6,5 m.

Umliegend um das geplante Gebäude befinden sich Bestandsgebäude sowie ein ebenfalls in der Planung befindliches Gebäude. Da das neue Wohn- und Geschäftsgebäude andere Höhen aufweist als das Bestandsgebäude an dieser Stelle, soll durch eine Besonnungssimulation geprüft werden, ob für die umliegenden Gebäude die Anforderungen an die Besonnung eingehalten werden.

Dies sind die Apostelkirche im Westen, die Martin-Luther-Kirche im Osten, verschiedene Wohngebäude im Süden an der Büchenbacher Anlage sowie ein geplanter Neubau der Gewobau im Norden.

Für das Projekt Wohn- und Geschäftsgebäude Büchenbach-Nord soll die Besonnung der umliegenden Gebäude mit Tageslicht basierend auf der DIN EN 17037 untersucht werden. Die Untersuchung wird teilweise basierend auf dem Vorgehen laut DIN EN 17037 durchgeführt, siehe Abschnitt 3.2. Teilweise, da Fensterpositionen nicht bekannt sind, wird die jeweilige Unterkante des Gebäudes als Referenzpunkt genommen.

Die Ergebnisse für die Apostelkirche, siehe Tabelle 5.1, zeigen die Einhaltung der Anforderung für alle Fenster im Erdgeschoss sowie im Kellergeschoss.

Die Ergebnisse für die Martin-Luther-Kirche, siehe Tabelle 5.2, zeigen die Einhaltung der Anforderung für alle Fenster im Obergeschoss sowie die Fenster EG 1 bis EG 4. Die Fenster EG 5 bis EG 7 werden nicht ausreichend besonnt.

Das geplante Gebäude der Gewobau im Norden hat deutlich mehr als vier Stunden Besonnung und ist damit analog der Kategorie „Hoch“ einzustufen.

Die Gebäude auf der anderen Seite der Büchenbacher Anlage liegen südlich des Wohn- und Geschäftsgebäudes und werden daher durch dieses nicht verschattet.

1.2 Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass für fast alle untersuchten Fenster bzw. Gebäude die Besonnungsanforderungen der **DIN EN 17037** eingehalten werden oder das geplante Wohn- und Geschäftsgebäude für deren Verschattung nicht relevant ist.

Lediglich für drei Fenster der Martin-Luther-Kirche im südlichen Bereich der westlichen Fassade, welche unter dem Obergeschoss zurückgesetzt liegen (Fenster EG 5 bis EG 7 laut Abbildung 5.2), kann die Besonnungsanforderung nicht nachgewiesen werden. Diese Fenster werden, sobald die Sonne ab ca. 12 Uhr auf der Fassade steht, bis ca. 14:30 durch das darüber liegende Geschoss der Martin-Luther-Kirche eigenverschattet. Erst ab dann trifft der Schatten des Wohn- und Geschäftsgebäudes auf diese Fenster. Ohne ein Gebäude an der Stelle des Wohn- und Geschäftsgebäudes würden diese Fenster bis ca. 18:10 (Sonnenuntergang) besonnt. Die Besonnungssituation mit dem Bestandsgebäude wird aufgrund der geringeren Höhe zwischen diesen beiden Werten liegen. **Ob mit der Verschattung durch das Bestandsgebäude die Einhaltung der Besonnung nach DIN EN 17037 eingehalten werden kann, kann so nicht beantwortet werden. Hierfür wäre eine entsprechende Untersuchung mit der Geometrie des Bestandsgebäudes notwendig.**

An dieser Stelle sei erwähnt, dass **eine Einhaltung der DIN EN 17037**, Besonnung, nur für Patientenzimmer in Krankenhäusern, in Spielzimmern in Kindergärten und in **mindestens einem Wohnraum in Wohnungen sichergestellt werden** sollte.

2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

2.1 Kurzbeschreibung des Gebäudes

In Erlangen wird zwischen der Büchenbacher Anlage und der Odenwaldallee ein neues Wohn- und Geschäftsgebäude geplant. Das vorhandene Bestandsgebäude wird abgerissen. Das geplante Gebäude besteht aus drei Blöcken mit einer maximalen Höhe von 20 m laut Bebauungsplan, Stand 31.01.2023. Zwischen den Blöcken befindet sich ein Geschoss mit einer maximalen Höhe von 6,5 m, ebenfalls laut Bebauungsplan.

Umliegend um das geplante Gebäude befinden sich Bestandsgebäude sowie ein ebenfalls in der Planung befindliches Gebäude. Da das neue Wohn- und Geschäftsgebäude andere Höhen aufweist als das Bestandsgebäude an dieser Stelle, soll durch eine Besonnungssimulation geprüft werden, ob für die umliegenden Gebäude die Anforderungen an die Besonnung eingehalten werden.

Dies sind die Apostelkirche im Westen, die Martin-Luther-Kirche im Osten, verschiedene Wohngebäude im Süden an der Büchenbacher Anlage sowie ein geplanter Neubau der Gewobau im Norden.

2.2 Aufgabenstellung

Für das Projekt Wohn- und Geschäftsgebäude Büchenbach-Nord soll die Besonnung der umliegenden Gebäude mit Tageslicht basierend auf der DIN EN 17037 untersucht werden. Die Untersuchung wird teilweise basierend auf dem Vorgehen laut DIN EN 17037 durchgeführt, siehe Abschnitt 3.2. Teilweise, da Fensterpositionen nicht bekannt sind, wird die jeweilige Unterkante des Gebäudes als Referenzpunkt genommen. Dies stellt eine Worst-Case-Betrachtung dar, da die Verschattung durch ein Objekt im Allgemeinen mit der Höhe abnimmt.

3 Lösungsweg Simulation

Das im Außenbereich zur Verfügung stehende Tageslicht und die Besonnung hängt von der geografischen Lage, den klimatischen Randbedingungen, der Tages- und Jahreszeit ab. Die eigentliche Tageslichtversorgung eines Gebäudes hängt darüber hinaus von den baulichen Verhältnissen im Außenraum, der Raumorientierung und den Fassaden- und Raumparametern ab.

Da die Tageslichtversorgung mit der Tages- und Jahreszeit variiert, ist das Substitutionspotential der Beleuchtungsenergie dynamisch und hat einen ebensolchen Einfluss auf die Gebäudeenergiebilanz (Heizung und Raumkonditionierung).

Zur Analyse und Identifikation der Besonnung wird das 3D-Modell der Tageslichtsimulation vom 18.08.2022 übernommen. Insbesondere wird hier darauf hingewiesen, dass die Lichtkuppeln laut Planstand vom 03.02.2023 mit einer Größe von 1,6 m x 1,6 m berücksichtigt sind. Hierbei werden die Geometrie des Baukörpers, die Fassaden- und Raumparameter, die geografische Lage sowie die Nachbarbebauungen erfasst.

Im Einzelnen werden die folgenden Teilschritte durchgeführt:

- a. Übernahme des 3D-Gebäudemodells
- b. Lichttechnische Modellierung der Flächen
- c. Simulationsberechnung durch Radiosity und Raytracing-Verfahren
- d. Ergebnisauswertung hinsichtlich Besonnung

Die Randbedingungen der Simulation sind im Kapitel 4 detailliert beschrieben.

3.1 Zielsetzung visueller Komfort

Der visuelle Komfort beeinflusst im hohen Maße die physische und psychische Verfassung des menschlichen Körpers und damit seine Leistungsfähigkeit. Insbesondere das einfallende Tageslicht in Kombination mit der Sichtverbindung nach außen sorgt für Informationen, die der Körper zu seiner Regulation (circadianer und circannualer Rhythmus, Hormonausschüttung) benötigt. Das Tageslicht weist Qualitätsmerkmale auf, die in ihrer Gesamtheit durch künstliche Beleuchtung nicht erreichbar sind.

Daher sollten ständige Arbeitsplätze / Aufenthaltsbereiche vorrangig mit Tageslicht beleuchtet werden. Da das Tageslicht jedoch örtlich und zeitlich nicht immer in ausreichendem Maße zur Verfügung steht, ist eine gute künstliche Beleuchtung erforderlich. Bei der Gestaltung von Arbeitsräumen ist auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Tageslicht- und Kunstlichtversorgung zu achten, um ein hohes Energieeinsparpotenzial für künstliche Beleuchtung und Kühlung, sowie eine hohe Nutzerakzeptanz zu erreichen. Die Zufriedenheit der Nutzer steht in starkem Zusammenhang mit auftretenden Lichtbedingungen. Daher muss in allen ständig genutzten Innenräumen eine, ausreichende und störungsfreie Beleuchtung gesichert werden.

Visueller Komfort wird durch ausgewogene Beleuchtung ohne nennenswerte Störungen wie Direkt- und/oder Reflexblendung und ein ausreichendes Beleuchtungsniveau sowie der individuellen Anpassung an die jeweiligen Bedürfnisse erreicht. Weitere Kriterien sind Blendfreiheit, Lichtverteilung und Lichtfarbe im Raum. Die Anforderungen gelten grundsätzlich für Tageslicht- und Kunstlichtbeleuchtung, wobei bei der Bewertung der Tageslichtbeleuchtung die Dynamik und Veränderung der Lichtbedingungen eine große Rolle spielen.



Abbildung 3.1: Einfluss des visuellen Komforts auf die Behaglichkeit

3.2 Zielsetzung zur Besonnung gemäß DIN EN 17037

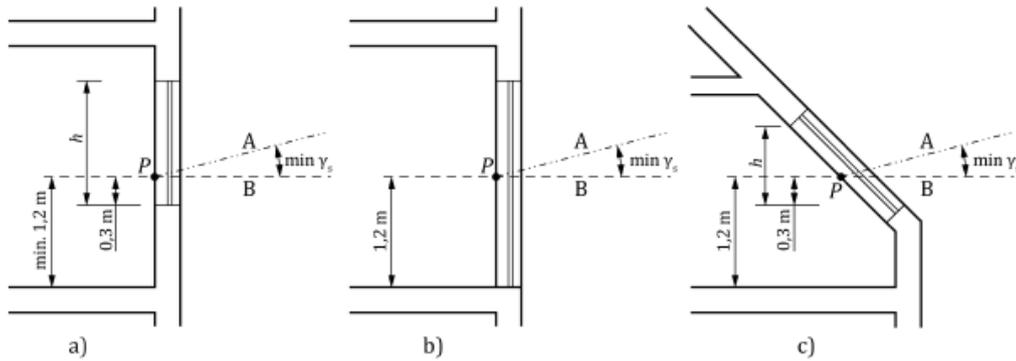
Ob die Möglichkeit einer Besonnung eines Aufenthaltsraumes erwünscht oder unerwünscht ist, hängt in der Regel von dessen Verwendungszweck ab. Vor allem für Wohnräume ist die Besonnbarkeit ein wichtiges Qualitätsmerkmal, da eine ausreichende Besonnung zur Gesundheit und zum Wohlbefinden beiträgt.

Deshalb sollte die mögliche Besonnungsdauer in mindestens einem Aufenthaltsraum einer Wohnung an einem Tag zwischen dem 1. Februar und dem 21. März eine Besonnungsdauer nach Tabelle 3.1 erhalten. Als Nachweisort gilt der Bezugspunkt P, für vertikale Öffnungen laut Abbildung 3.2 und für horizontale Öffnungen laut Abbildung 3.3.

Tabelle 3.1: Tabelle A.6 aus DIN EN 17037 – Empfehlung für die tägliche Besonnungsdauer

Tabelle A.6 — Empfehlung für die tägliche Besonnungsdauer

Empfehlungsstufe für die Besonnungsdauer	Besonnungsdauer
Gering	1,5 h
Mittel	3,0 h
Hoch	4,0 h

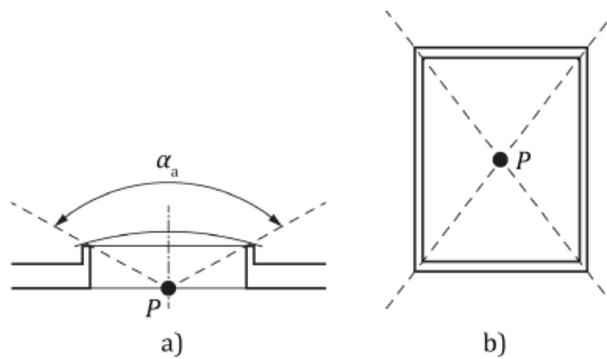


Legende

- a) vertikale Tageslichtöffnung mit einer Brüstung unter 1,2 m über dem Boden
- b) vertikale Tageslichtöffnung beginnend in Bodenhöhe
- c) Tageslichtöffnung in einer geneigten Fläche
- A niedrigste Sonnenhöhe
- B Horizont
- γ_s Sonnenhöhe
- P Bezugspunkt

Bild D.2 — Position des Bezugspunktes P im Querschnitt

Abbildung 3.2: Bezugspunkt P der Auswertung für vertikale Flächen, Bild D.2 aus DIN EN 17037



Legende

- a) Querschnitt
- b) Draufsicht
- α_a Empfängerwinkel
- P Bezugspunkt

Bild D.3 — Position des Bezugspunktes P für eine horizontale Tageslichtöffnung

Abbildung 3.3: Bezugspunkt P der Auswertung für horizontale Flächen, Bild D.3 aus DIN EN 17037

4 Randbedingungen

Für die Simulation wird die Software TAS 3D Modeller, Version 9.5.4, eingesetzt. TAS 3D Modeller arbeitet nach dem Radiosity- und Raytracing-Verfahren. Der Auswertungspunkt der zu untersuchenden Räume ist nach den Vorgaben der DIN EN 17037 definiert und wird zur Analyse herangezogen, wenn die Fenstergeometrien der umliegenden Gebäude bekannt sind. Sonst wird als Worst-Case-Betrachtung die Unterkante des entsprechenden Gebäudes gewählt.

Als auszuwertender Tag wird der 21. März gewählt.

4.1 Geometrie

Zur Eingabe der Geometrie des Gebäudes wurden die Grundrisspläne und Ansichten mit Stand vom 20.01.2023 zugrunde gelegt. Ausgenommen hiervon sind die Höhen und Abmessungen des Wohn- und Geschäftsgebäudes, diese wurden dem Bebauungsplan vom 31.01.2023 entnommen. Die Höhen der umliegenden Bestandsbebauung wurden öffentlich zugänglichen Quellen (Google Earth, Version 7.3.6) entnommen.

Es wurden nur die umliegenden Gebäude modelliert, für die eine Verschattung durch das Wohn- und Geschäftsgebäude grundsätzlich in Frage kommt. Im Falle der beiden Kirchen wurden die Gebäude nur teilweise modelliert, sofern diese für die Besonnung relevant sind.

Für die beiden Kirchen, für die die Besonnung anhand der konkreten Fenster ermittelt wird, sind keine planmäßigen Angaben zu den Fenstergrößen vorhanden. Daher wurden durch den Auftraggeber Fotos der Fassaden erstellt und anhand dieser wurden die Fenstergrößen ermittelt. Die eingebauten Fenster im Modell sind in Abbildung 4.4 und Abbildung 4.5 gezeigt.

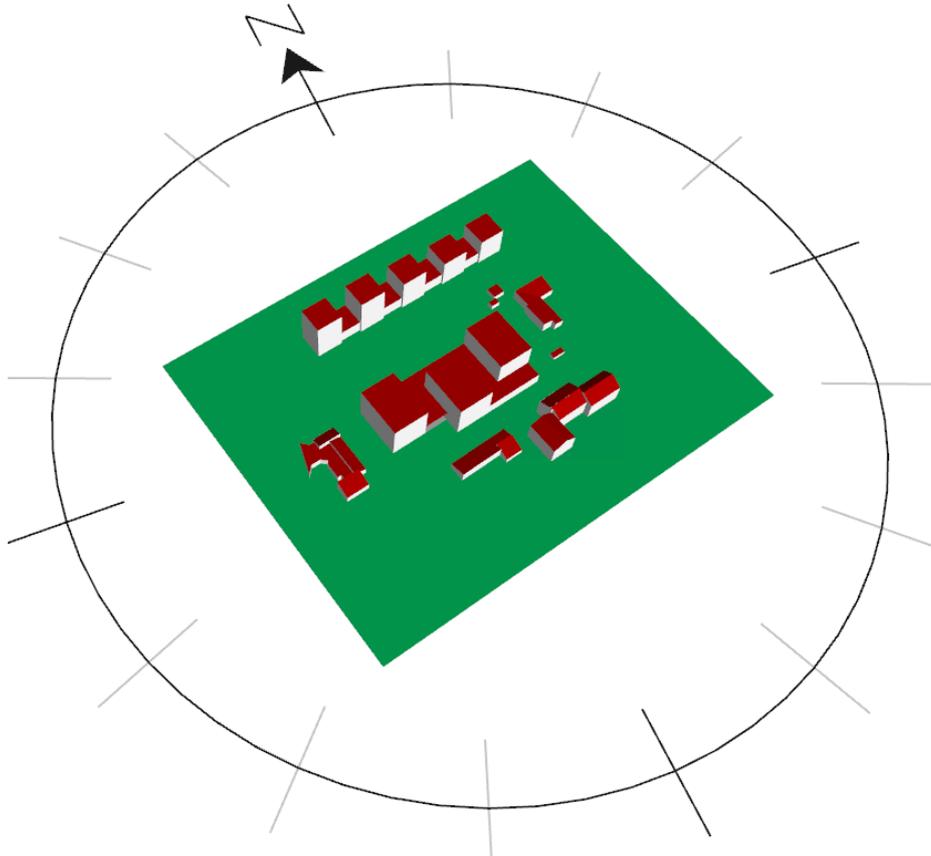


Abbildung 4.1: 3D Modell des Gebäudes mit Kompass

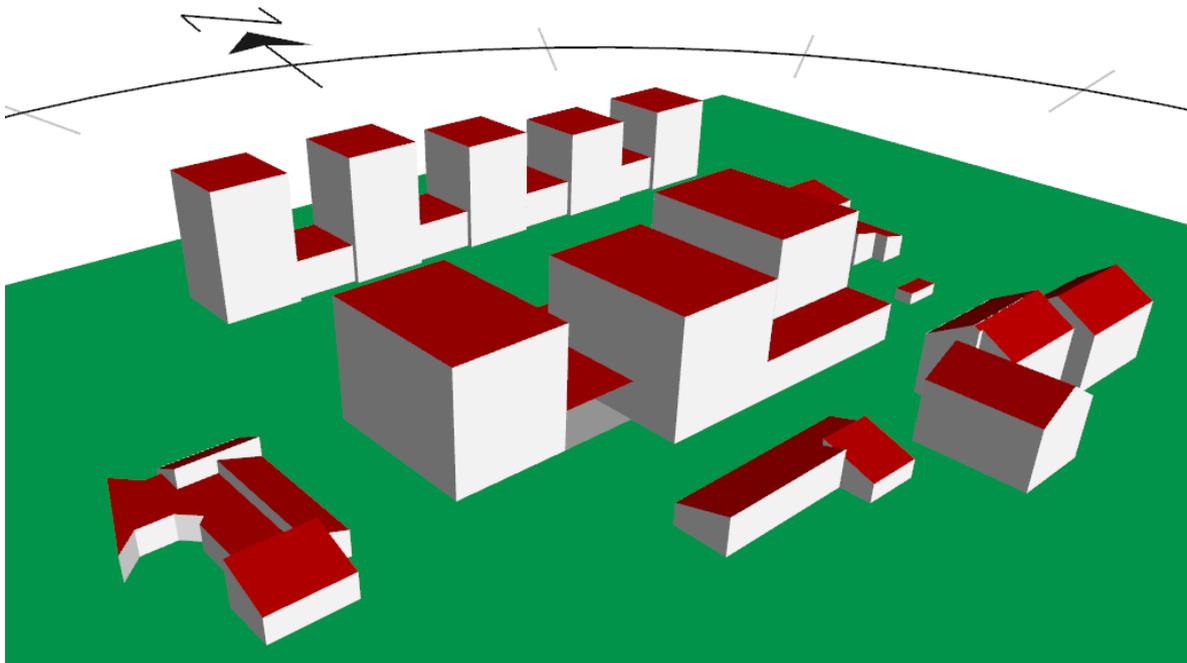


Abbildung 4.2: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Blickrichtung aus Südwest

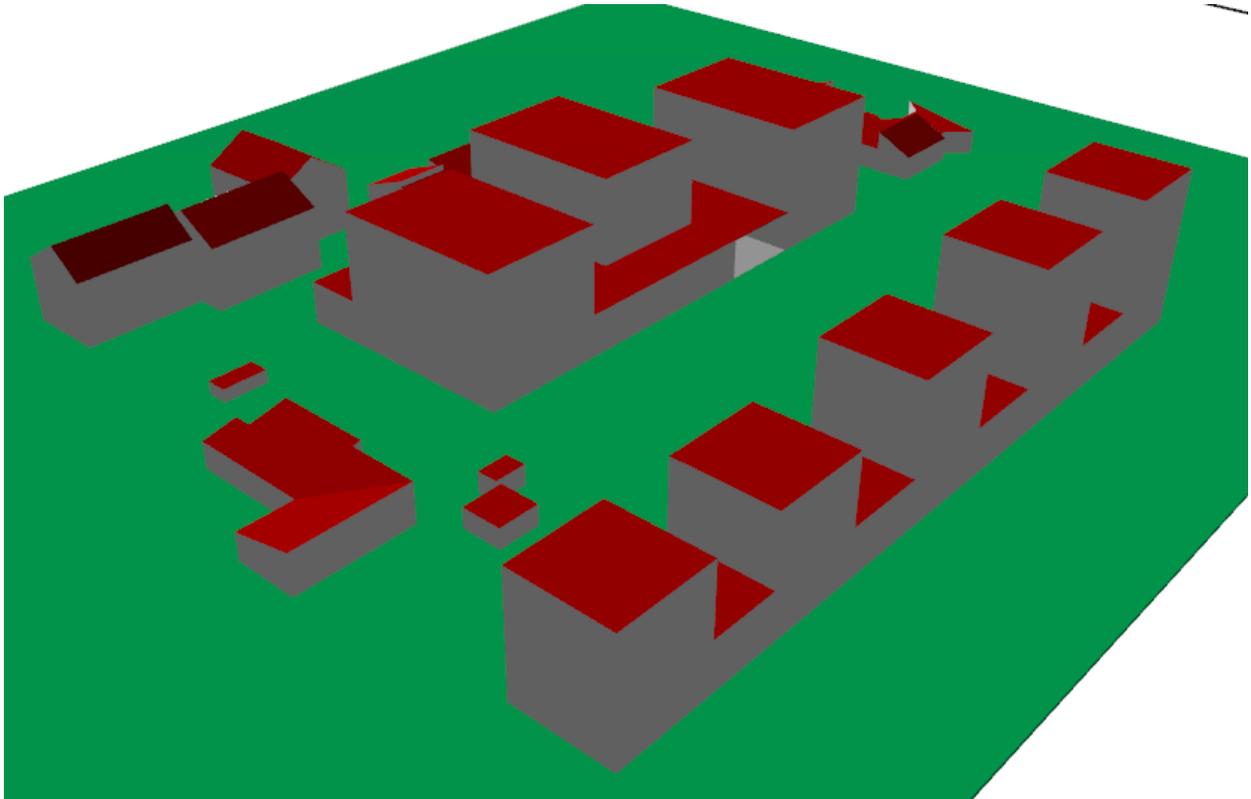


Abbildung 4.3: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Blickrichtung aus Südwest

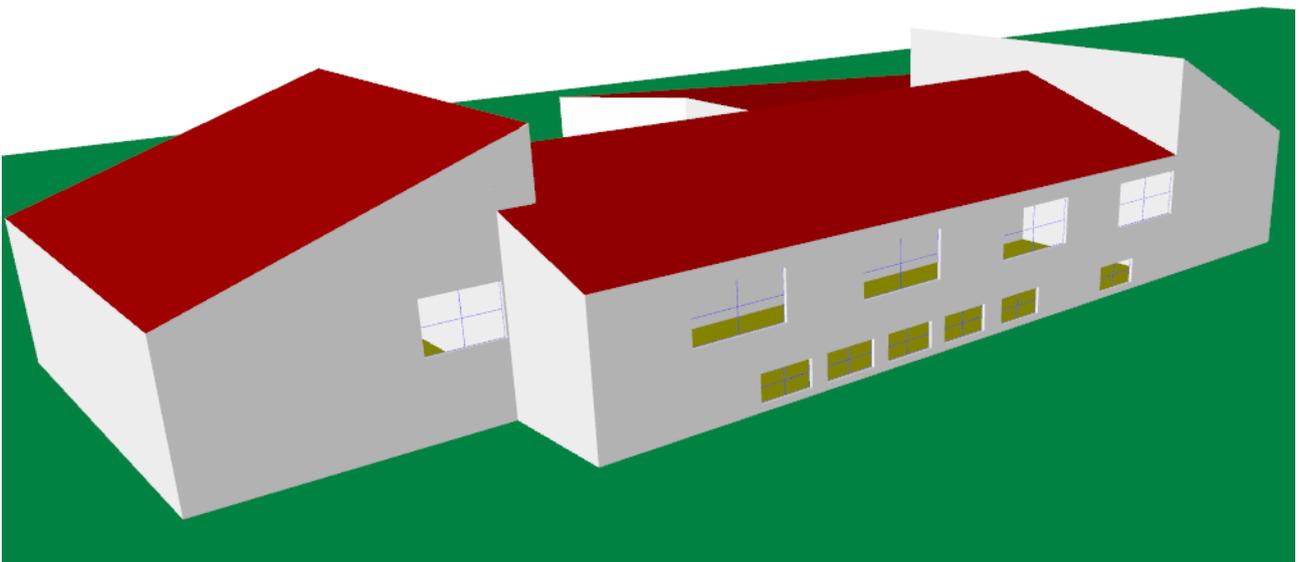


Abbildung 4.4: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Fassade Apostelkirche mit Fensteröffnungen

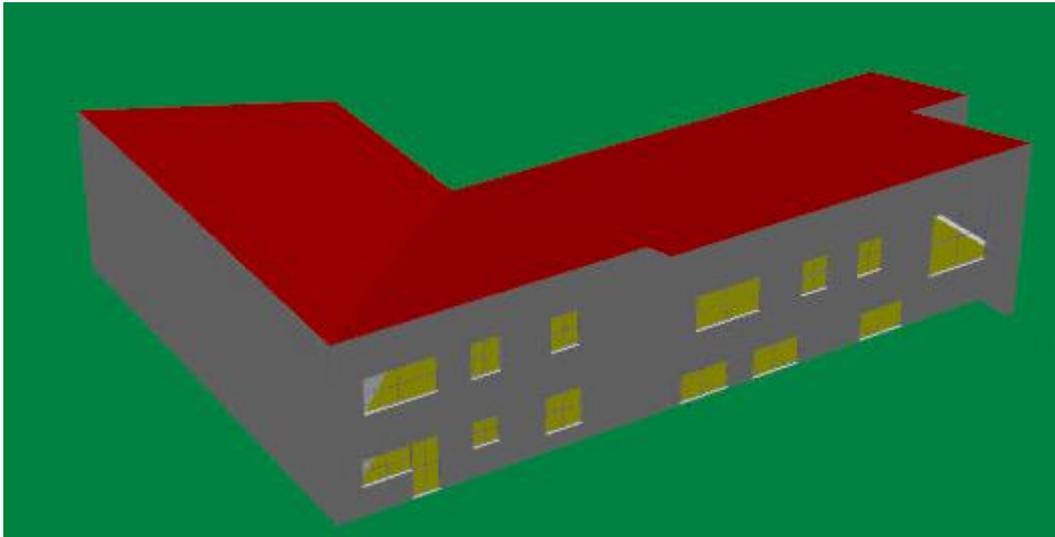


Abbildung 4.5: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Fassade Martin-Luther-Kirche mit Fensteröffnungen

4.2 Zu bewertende Räume

Die Besonnungssimulation gem. DIN EN 17037 wird detailliert für die Gebäude im Westen und Osten, Apostelkirche und Martin-Luther-Kirche, durchgeführt. Die Fensteröffnungen sind dabei näherungsweise ermittelt, siehe Abschnitt 4.1. Außerdem wird für die Martin-Luther-Kirche nur das Hauptgebäude untersucht, die Nebengebäude sind Garagen oder ähnliches und werden nicht betrachtet. Für die Gebäude im Süden und Norden, Wohngebäude und Planung Neubau Gewobau, wird gezeigt, dass das Wohn- und Geschäftsgebäude auf diese keinen relevanten Einfluss bezüglich der Besonnung hat.

In Abbildung 4.6 ist die Benennung der Gebäudeteile gezeigt.

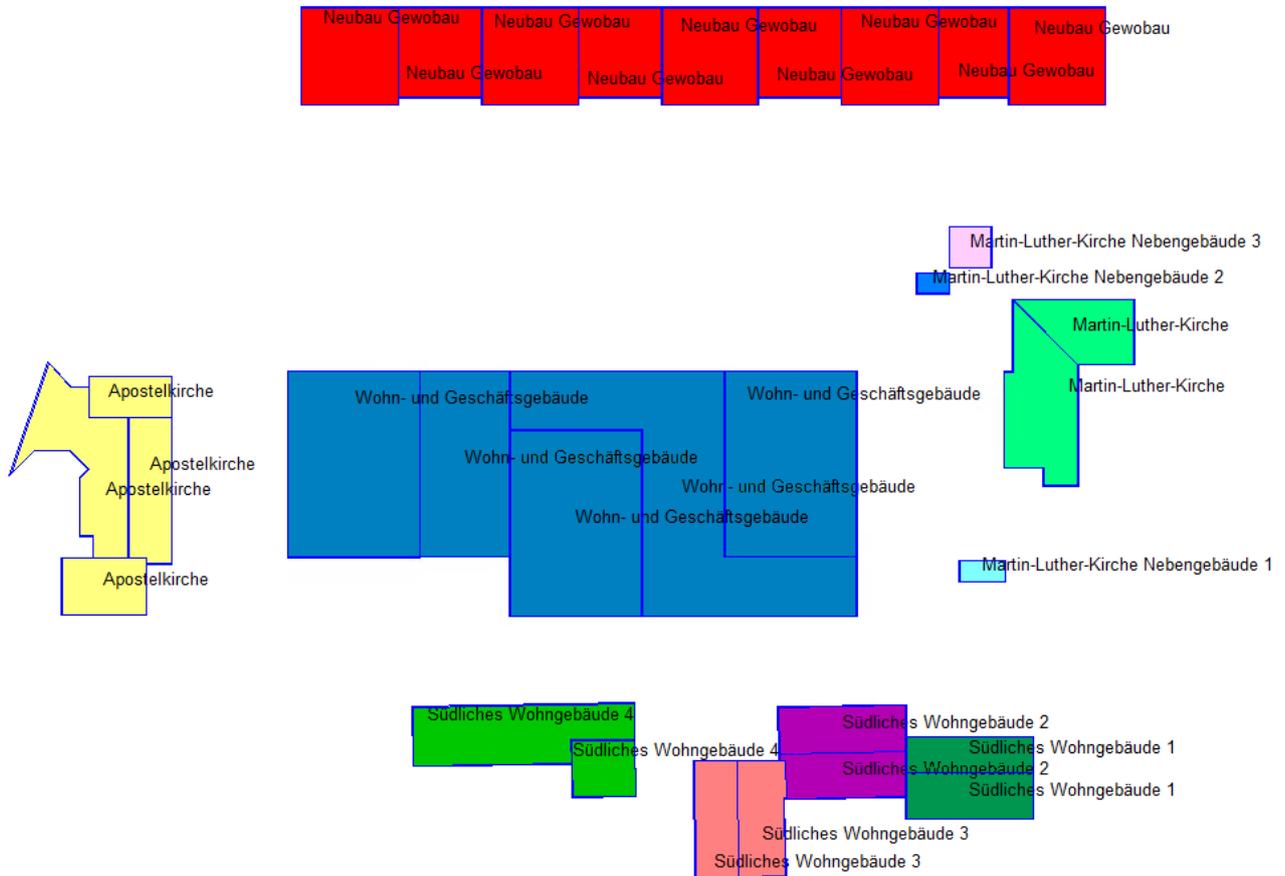


Abbildung 4.6: Benennung der Gebäude

4.3 Verschattung

Die Eigenverschattung des Gebäudekomplexes wird bei der Simulation automatisch berücksichtigt. Relevante Umgebungsbebauung ist im Modell abgebildet und wird berücksichtigt.

5 Ergebnisse

Abbildung 5.1 zeigt exemplarisch die Besonnungs- und Verschattungssituation im Überblick am 21. März um 10:00 Uhr.

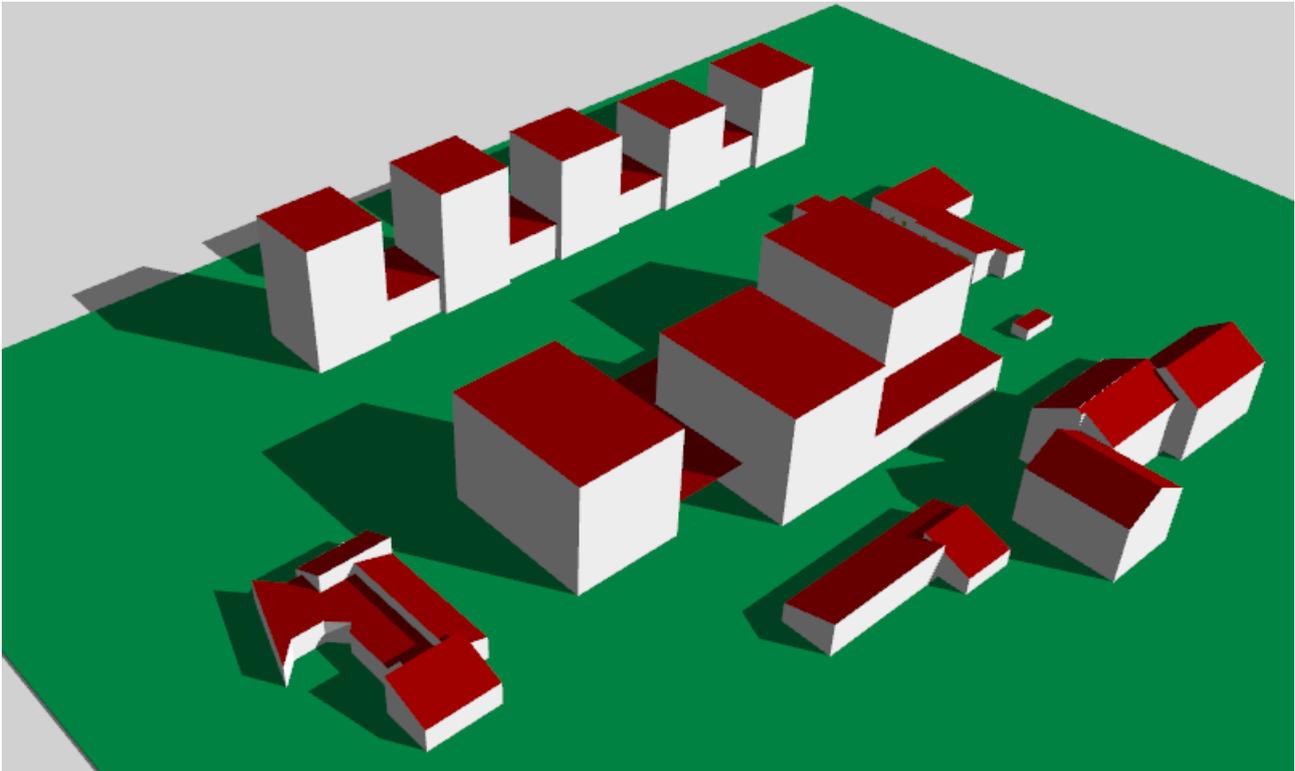


Abbildung 5.1: Besonnungs-/Verschattungssituation am 21. März um 10:00 Uhr

Die weiteren Ergebnisse können den nachfolgenden Abschnitten entnommen werden.

5.1 Ergebnisse für das westlich gelegene Gebäude (Apostelkirche)

Abbildung 5.2 zeigt die Besonnungssituation exemplarisch am 21. März um 9 Uhr sowie die Nummerierung der Fenster für Tabelle 5.1.

Die Ergebnisse, siehe Tabelle 5.1, zeigen die Einhaltung der Anforderung für alle Fenster im Erdgeschoss sowie im Kellergeschoss.

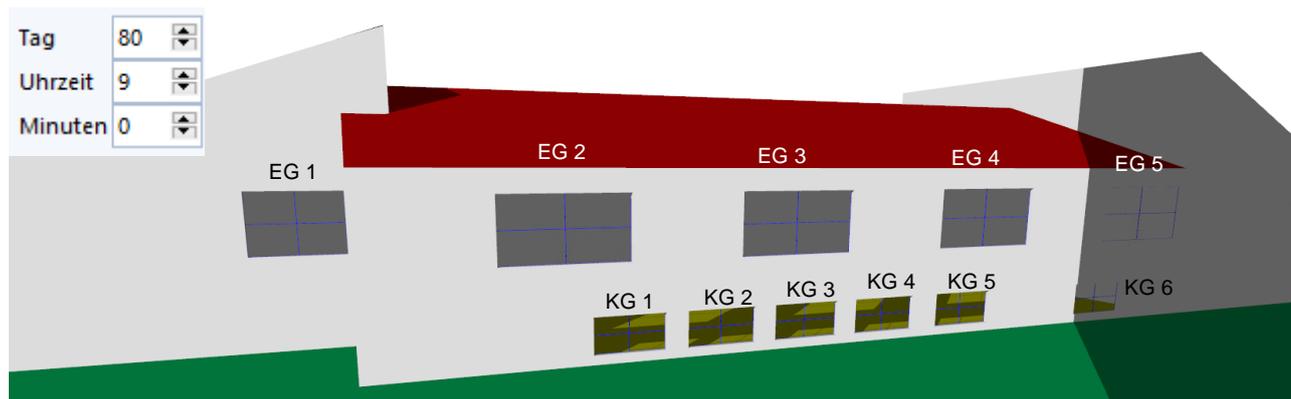


Abbildung 5.2: Besonnungs-/Verschattungssituation Apostelkirche am 21. März um 09:00 Uhr und Benennung der Fenster

Tabelle 5.1: Auswertung der Besonnungsdauer Apostelkirche am 21. März [hh:mm]

Fensterbezeichnung	Beginn Uhrzeit Besonnung	Ende Uhrzeit Besonnung	Dauer Besonnung [hh:mm]	Einstufung nach DIN EN 17037
KG 1	7:20	11:05	03:45:00	Mittel
KG 2	7:20	11:05	03:45:00	Mittel
KG 3	7:35	11:05	03:30:00	Mittel
KG 4	8:05	11:05	03:00:00	Mittel
KG 5	8:30	11:05	02:35:00	Gering
KG 6	9:05	11:05	02:00:00	Gering
EG 1	7:10	11:05	03:55:00	Mittel
EG 2	7:10	11:05	03:55:00	Mittel
EG 3	7:35	11:05	03:30:00	Mittel
EG 4	8:35	11:05	02:30:00	Gering
EG 5	9:15	11:05	01:50:00	Gering

5.2 Ergebnisse für die östlich gelegenen Gebäude (Martin-Luther-Kirche und Nebengebäude)

Für die Martin-Luther-Kirche wird nur das Hauptgebäude untersucht, die Nebengebäude sind Garagen oder ähnliches und werden nicht betrachtet.

Abbildung 5.3 zeigt die Besonnungssituation exemplarisch am 21. März um 13 Uhr sowie die Nummerierung der Fenster für Tabelle 5.2.

Die Ergebnisse, siehe Tabelle 5.2, zeigen die Einhaltung der Anforderung für alle Fenster im Obergeschoss sowie die Fenster EG 1 bis EG 4.

Die Fenster EG 5 bis EG 7 halten die Anforderungen nicht ein, da diese am Auswertepunkt nicht oder nicht ausreichend lange direkt besonnt werden. Abbildung 5.4 zeigt die Situation der Fenster um 14:29 Uhr. Der Auswertepunkt ist verschattet, allerdings nicht durch den Neubau, sondern durch das darüber liegende, vorgesetzte Geschoss der Martin-Luther-Kirche. Bis zu diesem Zeitpunkt werden diese Fenster durch die Martin-Luther-Kirche eigenverschattet. Erst ab 14:30 Uhr verschattet der Neubau diese Fenster. Dies ist der Schatten des östlichen Turmes des Neubaus. Ab 17:50 Uhr ist der Schatten des Neubaus weit genug gewandert, so dass EG 5 besonnt wird, allerdings nur bis die Sonne um 18:10 untergeht.

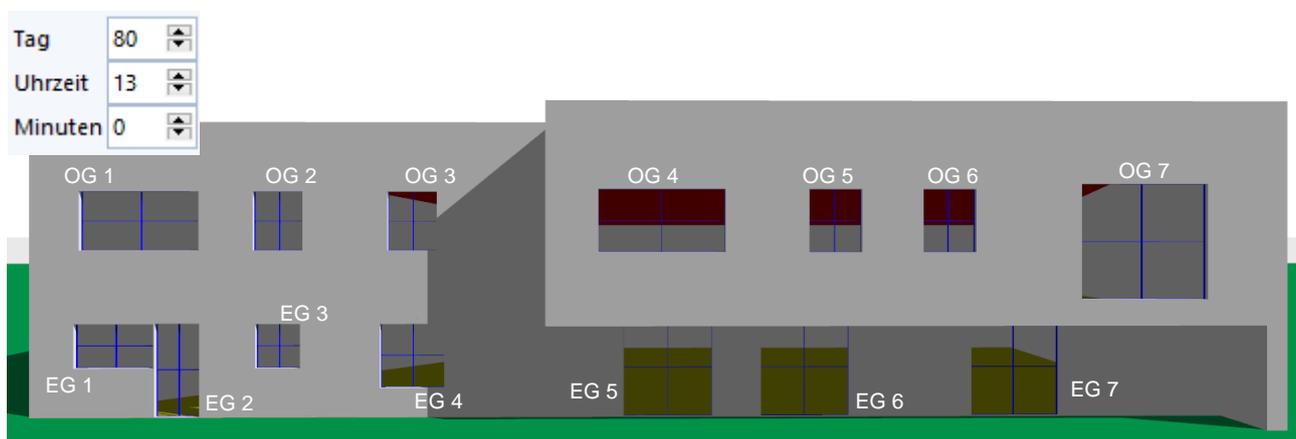


Abbildung 5.3: Besonnungs-/Verschattungssituation Martin-Luther-Kirche am 21. März um 13:00 Uhr und Benennung der Fenster



Abbildung 5.4: Besonnungs-/Verschattungssituation Martin-Luther-Kirche am 21. März um 14:29 Uhr, Detailansicht Fenster EG 5 bis EG 7

Tabelle 5.2: Auswertung der Besonnungsdauer Martin-Luther-Kirche am 21. März [hh:mm]

Fensterbezeichnung	Beginn Uhrzeit Besonnung	Ende Uhrzeit Besonnung	Dauer Besonnung [hh:mm]	Einstufung nach DIN EN 17037
EG 1	12:20	14:30	03:55:00	Mittel
	16:20	18:05		
EG 2	12:25	14:30	03:45:00	Mittel
	16:30	18:10		
EG 3	12:25	14:30	03:35:00	Mittel
	16:40	18:10		
EG 4	13:00	14:30	02:40:00	Gering
	17:00	18:10		
EG 5	17:50	18:10	00:20:00	Nicht erfüllt
EG 6			00:00:00	Nicht erfüllt
EG 7			00:00:00	Nicht erfüllt
OG 1	12:10	14:50	04:25:00	Hoch
	16:25	18:10		
OG 2	12:20	14:50	04:00:00	Hoch
	16:40	18:10		
OG 3	12:20	14:50	03:40:00	Mittel
	17:00	18:10		
OG 4	12:10	14:45	02:55:00	Gering
	17:50	18:10		
OG 5	12:20	14:45	02:25:00	Gering
OG 6	12:20	14:45	02:25:00	Gering
OG 7	12:00	14:40	02:40:00	Gering

5.3 Ergebnisse für das nördlich gelegene Gebäude (geplanter Neubau Gewobau)

Für das im Norden geplante Gebäude durch die Gewobau ergibt sich nur eine geringfügige Verschattung durch das Wohn- und Geschäftsgebäude. Von ca. 07:30 Uhr bis ca. 08:00 Uhr wird ein geringer Teil des Gebäudes verschattet, siehe Abbildung 5.5. Eine Verschattung am Abend tritt durch das Wohn- und Geschäftsgebäude nicht auf, siehe Abbildung 5.6.

Damit hat das geplante Gebäude im Norden deutlich mehr als vier Stunden Besonnung und ist damit analog der Kategorie „Hoch“ einzustufen.

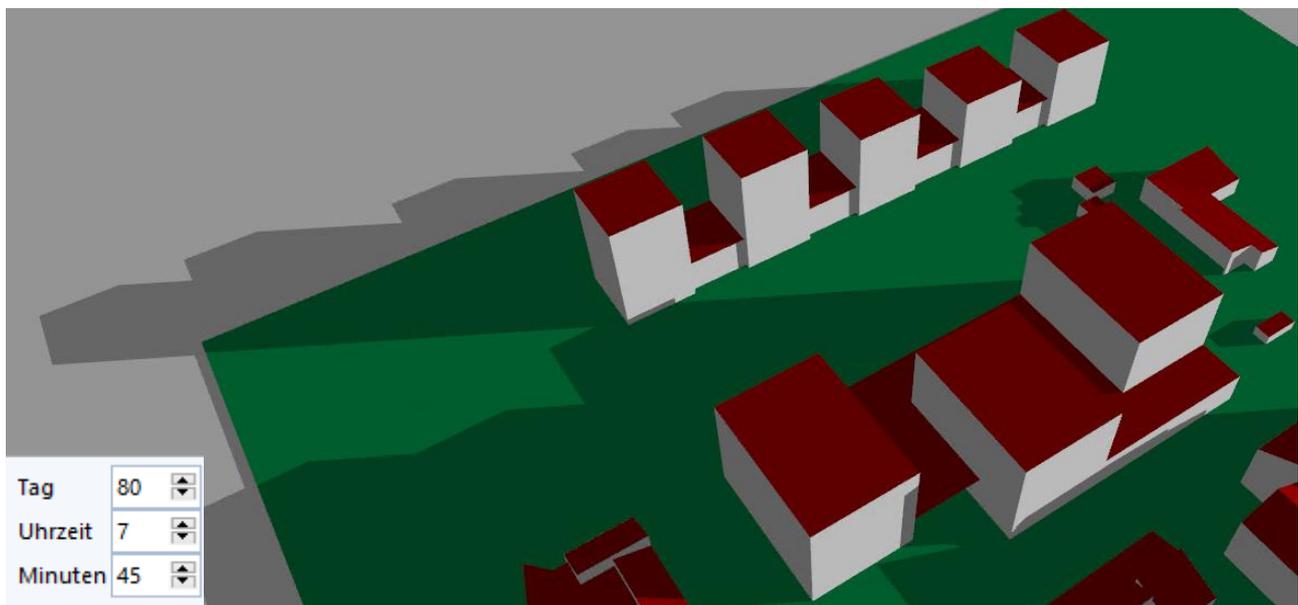


Abbildung 5.5: Verschattung nördlich gelegenes Gebäude (Gewobau) am 21. März um 07:45 Uhr

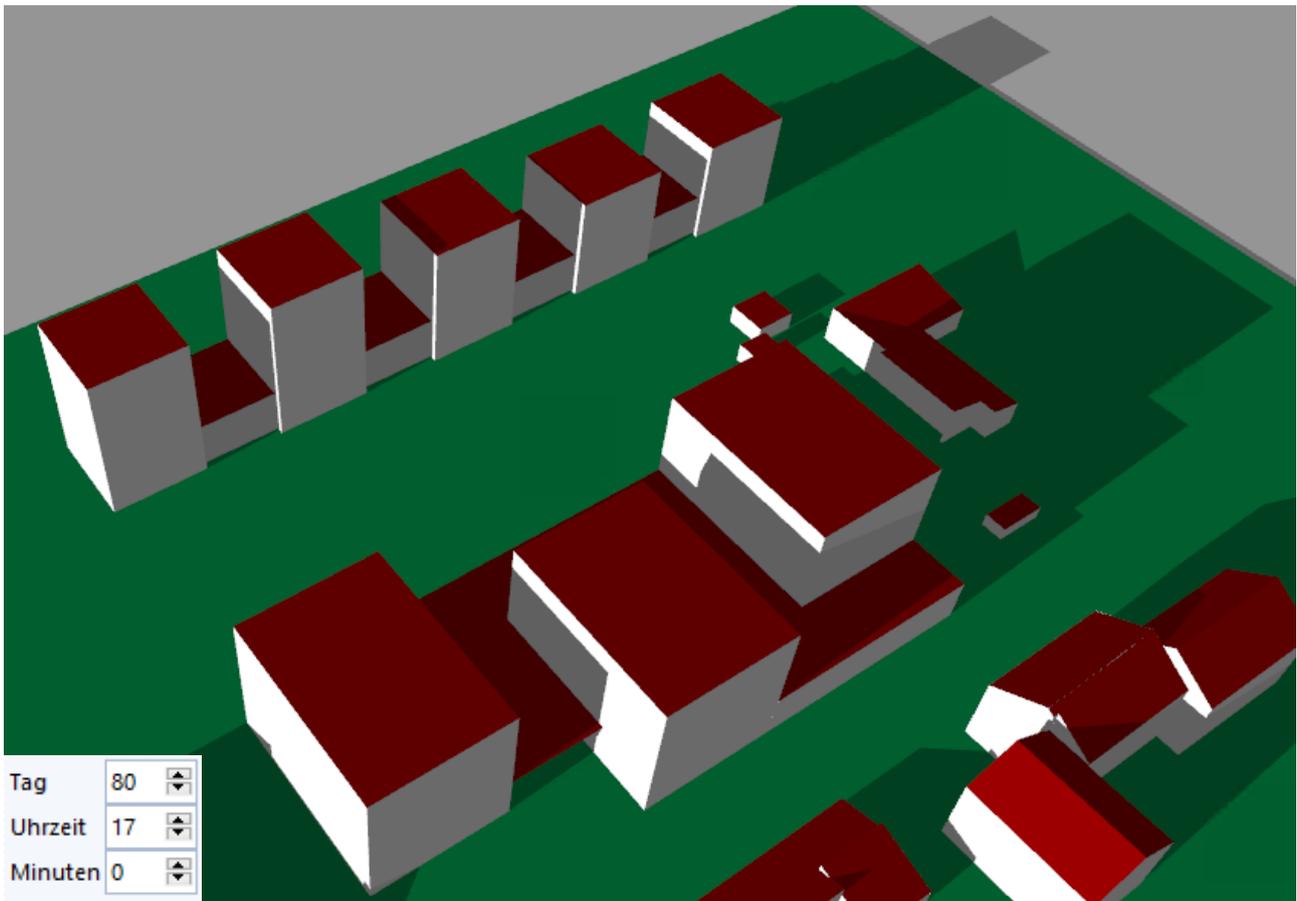


Abbildung 5.6: Verschattung nördlich gelegenes Gebäude (Gewobau) am 21. März um 17:00 Uhr

5.4 Ergebnisse für die südlich gelegenen Gebäude (verschiedene Wohngebäude an der Büchenbacher Anlage)

Die Gebäude auf der anderen Seite der Büchenbacher Anlage liegen südlich des Wohn- und Geschäftsgebäudes und werden daher durch dieses nicht verschattet. In Abbildung 5.7 und Abbildung 5.8 sind die Morgen- und Abendstunden gezeigt, um dies zu belegen.

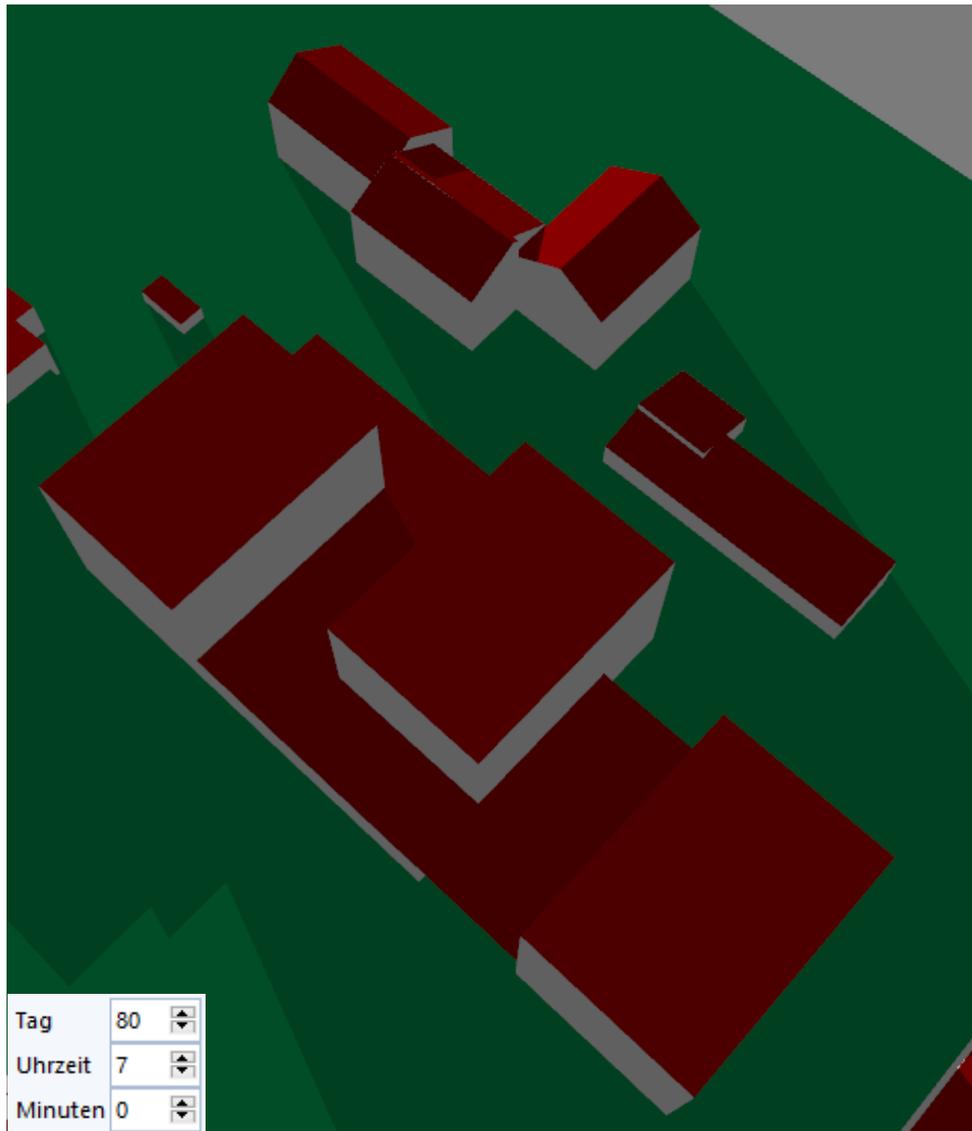


Abbildung 5.7: Verschattung südlich gelegene Gebäude (Wohngebäude) am 21. März um 07:00 Uhr

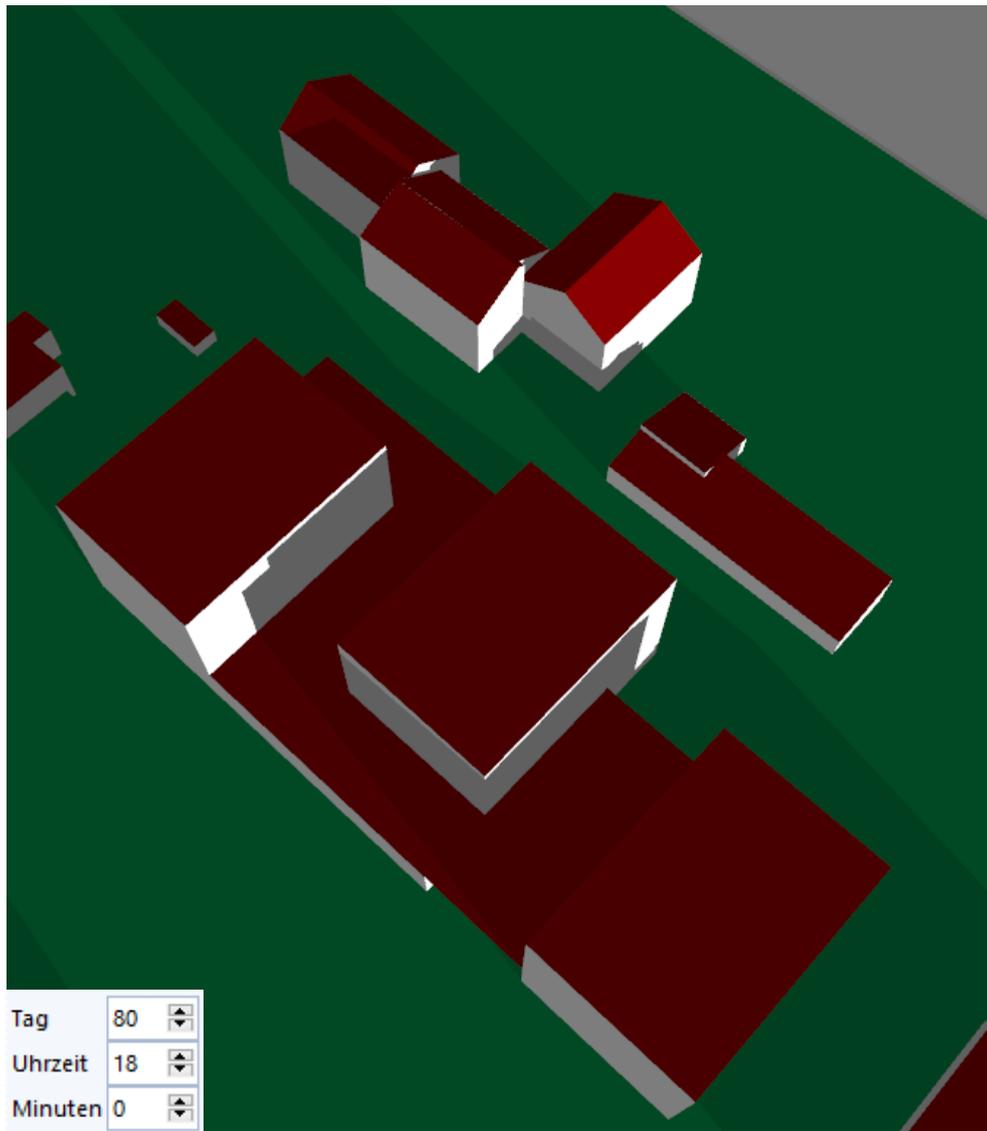


Abbildung 5.8: Verschattung südlich gelegene Gebäude (Wohngebäude) am 21. März um 18:00 Uhr

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Einfluss des visuellen Komforts auf die Behaglichkeit.....	7
Abbildung 3.2: Bezugspunkt P der Auswertung für vertikale Flächen, Bild D.2 aus DIN EN 17037	8
Abbildung 3.3: Bezugspunkt P der Auswertung für horizontale Flächen, Bild D.3 aus DIN EN 17037	8
Abbildung 4.1: 3D Modell des Gebäudes mit Kompass.....	10
Abbildung 4.2: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Blickrichtung aus Südwest	10
Abbildung 4.3: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Blickrichtung aus Südwest	11
Abbildung 4.4: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Fassade Apostelkirche mit Fensteröffnungen.....	11
Abbildung 4.5: 3D Modell des Gebäudes, Detailansicht Fassade Martin-Luther-Kirche mit Fensteröffnungen	12
Abbildung 4.6: Benennung der Gebäude.....	13
Abbildung 5.1: Besonnungs-/Verschattungssituation am 21. März um 10:00 Uhr.....	14
Abbildung 5.2: Besonnungs-/Verschattungssituation Apostelkirche am 21. März um 09:00 Uhr und Benennung der Fenster	15
Abbildung 5.3: Besonnungs-/Verschattungssituation Martin-Luther-Kirche am 21. März um 13:00 Uhr und Benennung der Fenster	16
Abbildung 5.4: Besonnungs-/Verschattungssituation Martin-Luther-Kirche am 21. März um 14:29 Uhr, Detailansicht Fenster EG 5 bis EG 7	16
Abbildung 5.5: Verschattung nördlich gelegenes Gebäude (Gewobau) am 21. März um 07:45 Uhr.....	18
Abbildung 5.6: Verschattung nördlich gelegenes Gebäude (Gewobau) am 21. März um 17:00 Uhr.....	19
Abbildung 5.7: Verschattung südlich gelegene Gebäude (Wohngebäude) am 21. März um 07:00 Uhr.....	20
Abbildung 5.8: Verschattung südlich gelegene Gebäude (Wohngebäude) am 21. März um 18:00 Uhr.....	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Tabelle A.6 aus DIN EN 17037 – Empfehlung für die tägliche Besonnungsdauer	7
Tabelle 5.1: Auswertung der Besonnungsdauer Apostelkirche am 21. März [hh:mm].....	15
Tabelle 5.2: Auswertung der Besonnungsdauer Martin-Luther-Kirche am 21. März [hh:mm].....	17