

Publizierbarer Endbericht FUTUREbase

Anhang 02 – Fassadenanalysen ECOTECH

FUTUREbase ECOTECT

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Summary | 3 |
| 2. Ziel und Einschränkungen | 3 |
| 3. Methoden | 3 |
| 4. Modellbildung | 4 |
| 4.1. Variante A | 4 |
| 4.1.1. Winter | 4 |
| 4.1.2. Sommer | 5 |
| 4.2. Variante B | 5 |
| 4.2.1. Winter | 6 |
| 4.2.2. Sommer | 6 |
| 4.3. Variante C | 7 |
| 4.3.1. Winter | 7 |
| 4.3.2. Sommer | 8 |
| 4.4. Variante D | 9 |
| 4.4.1. Winter | 9 |
| 4.4.2. Sommer | 10 |
| 5. Ergebnis | 11 |
| 5.1. Insolation | 11 |
| 5.1.1. Winter | 11 |
| 5.1.1.1. Variante A | 11 |
| 5.1.1.2. Variante B1 | 11 |
| 5.1.1.3. Variante C | 12 |
| 5.1.1.4. Variante D | 12 |
| 5.1.1.5. Diskussion | 13 |
| 5.1.2. Sommer | 15 |
| 5.1.2.1. Variante A | 15 |
| 5.1.2.2. Variante B1 | 15 |
| 5.1.2.3. Variante C | 16 |
| 5.1.2.4. Variante D | 16 |
| 5.1.2.5. Diskussion | 17 |
| 5.2. Sample Days | 19 |
| 5.2.1. 17. Dezember – komplett bewölkt | 19 |
| 5.2.1.1. Variante A | 19 |
| 5.2.1.2. Variante B | 19 |
| 5.2.1.3. Variante C | 19 |
| 5.2.1.4. Variante D | 20 |
| 5.2.1.5. Diskussion | 20 |
| 5.2.2. 1. Februar – sehr sonnig | 21 |
| 5.2.2.1. Variante A | 21 |
| 5.2.2.2. Variante B | 21 |
| 5.2.2.3. Variante C | 21 |
| 5.2.2.4. Variante D | 22 |
| 5.2.2.5. Diskussion | 22 |
| 5.2.3. 23. Juni – komplett bewölkt | 23 |
| 5.2.3.1. Variante A | 23 |
| 5.2.3.2. Variante B | 23 |
| 5.2.3.3. Variante C | 24 |
| 5.2.3.4. Variante D | 24 |
| 5.2.3.5. Diskussion | 24 |
| 5.2.4. 27. Juli – total sonnig | 25 |

| | | |
|----------|-----------------------------|----|
| 5.2.4.1. | Variante A | 25 |
| 5.2.4.2. | Variante B | 26 |
| 5.2.4.3. | Variante C | 26 |
| 5.2.4.4. | Variante D | 26 |
| 5.2.4.5. | Diskussion | 27 |
| 5.3. | Fazit | 27 |
| 6. | Appendix | 28 |
| 6.1. | Materialeigenschaften | 28 |
| 6.1.1. | Variante A | 28 |
| 6.1.2. | Variante B | 28 |
| 6.1.3. | Variante C | 28 |
| 6.1.4. | Variante D | 28 |
| 6.2. | Script Commands | 28 |
| 6.2.1. | Allgemein | 28 |
| 6.2.2. | Variante A | 29 |
| 6.2.3. | Variante B | 29 |
| 6.2.4. | Variante C | 29 |

1. Summary

2. Ziel und Einschränkungen

Ziel dieser Untersuchung ist eine qualitative Aussage über vier Fassadengeometrien mit zugehörigen Verschattungsstrategien hinsichtlich folgender Eigenschaften:

- Strahlungsgewinn im Winter
- Strahlungsreduktion im Sommer
- Gewährung von Ausblick

- Lüftbarkeit

Untersucht wurde für die verschiedenen Geometrien jeweils ein Sommerfall (1. Juli – 15. September) und ein Winterfall (15. November – 15. Februar). Die Übergangszeit wird als nicht kritisch für das solare Design angesehen und wurde daher nicht gesondert betrachtet.

In dieser Untersuchung nicht enthalten ist eine Analyse der Tageslichtverhältnisse im Innenraum.

3. Methoden

Zur Untersuchung der Fragestellung wurden für die vier Varianten mehrere Modelle generiert, die das Verhalten der Variante zu einer jeweils anderen Zeit wiedergeben sollte. Für jedes dieser Modelle wurde die Strahlung berechnet, die auf ein Fenster zur relevanten Zeit nach Berücksichtigung diverser Verschattungen und Reflexionen fällt, und mit der anderer Modelle verglichen.

Die Simulation wurde mit dem Programm ECOTECT durchgeführt und die Daten mit Excel aufbereitet. Für die Simulation in ECOTECT wurden folgende globale Annahmen getroffen:

- Alle Fensterflächen wurden mit einem Grid von 10x10 Punkten gesampled
- Strahlungsreflexion vom Boden wurde nicht berücksichtigt
- Die Reflexivität des Vordachs, sowie etwaiger für die Reflexion relevanter Wände wurde mit 0.5 angenommen

Eine genauere Beschreibung der Annahmen und Parameter findet sich im Appendix.

4. Modellbildung

Dieses Kapitel beschreibt alle Modelle, die in ECOTECT simuliert wurden. Jeder Fall jeder Variante trägt einen Namen, wobei die Namen äquivalenter Modelle verschiedener Varianten gleich sind (zB. „0 – Fenster“).

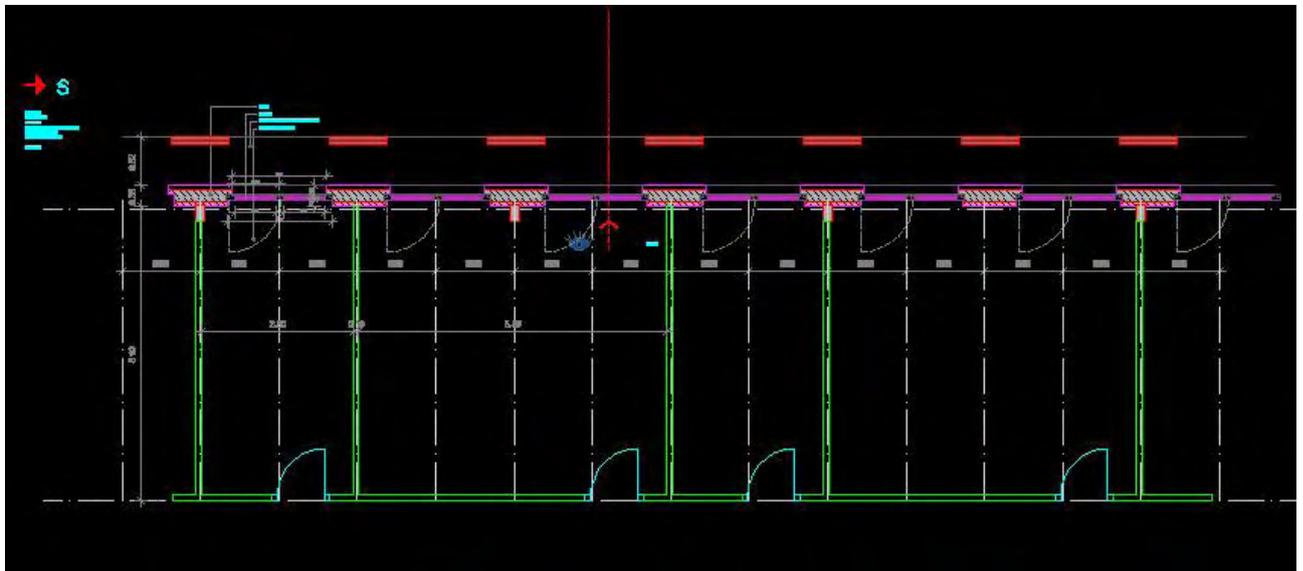
Im zugehörigen Bild ist Fassadengeometrie orange, Sonnenschutzelemente grün, Balkon beige und das jeweils untersuchte Fenster pink.

Der Text soll kurz die Funktionsweise des jeweiligen Falls erläutern.

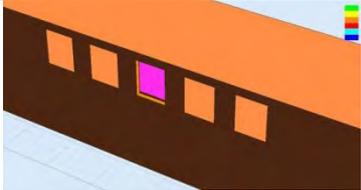
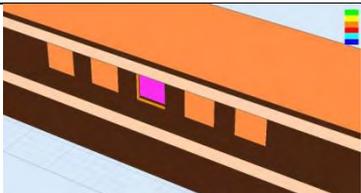
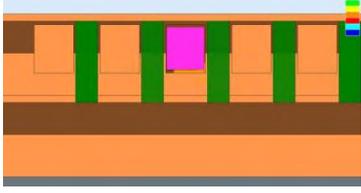
Die Spalte Simulationszeitraum gibt an, über welchen Zeitraum am Tag die Simulation dieses Modelles gerechnet wurde. Statische Modelle mit fixer Geometrie wurden generell von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang gerechnet. Dynamische Modelle, deren Geometrie sich zu jedem Zeitpunkt ändert (der Sonnenschutz passt sich dem Sonnenstand an) wurden nur vormittags gerechnet.

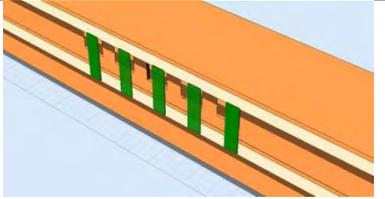
4.1. Variante A

Fensterfläche 2,72m

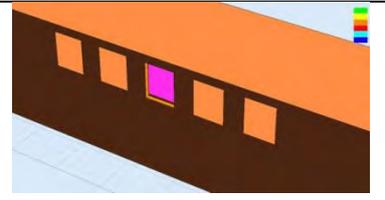
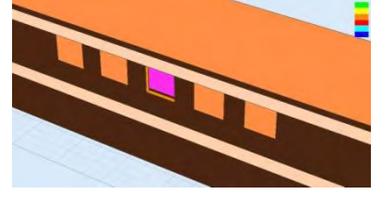
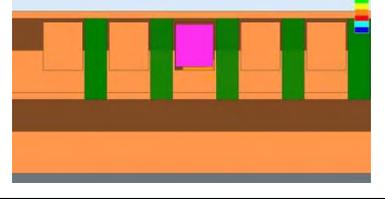
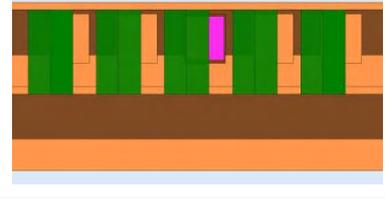
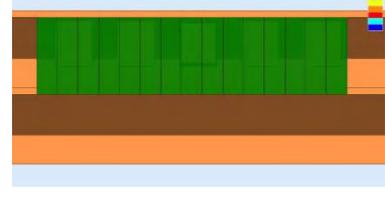
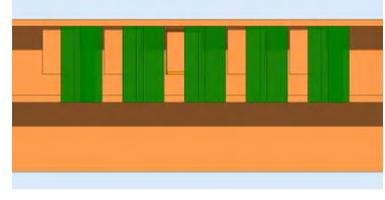


4.1.1. Winter

| | | | |
|---------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Dieser Fall beschreibt den Strahlungseinfall auf ein Fenster, das sich auf einer Ostfassade ohne jegliche verschattenden Elemente befindet. | Simulationszeitraum: 07:00-16:00 |
| 0 – Fenster /Balkon |  | Im Unterschied zu Fall 1 ist hier in jedem Geschoß ein Vordach angebracht (beige) | 07:00-16:00 |
| 1 – Fix offen |  | Die dreiteiligen, vertikalen Verschattungselemente werden jeweils zwischen den Fenstern zusammengeschoben, | 07:00-16:00 |

| | | | |
|-----------------------------|---|--|-------------|
| 2 – Dynamisch unverschattet |  | Elemente sind auf ein Drittel zusammengeschoben und folgen dem Sonnenstand, sodass die Direktstrahlung immer ungehindert auf die Fenster fällt | 07:00-12:00 |
|-----------------------------|---|--|-------------|

4.1.2. Sommer

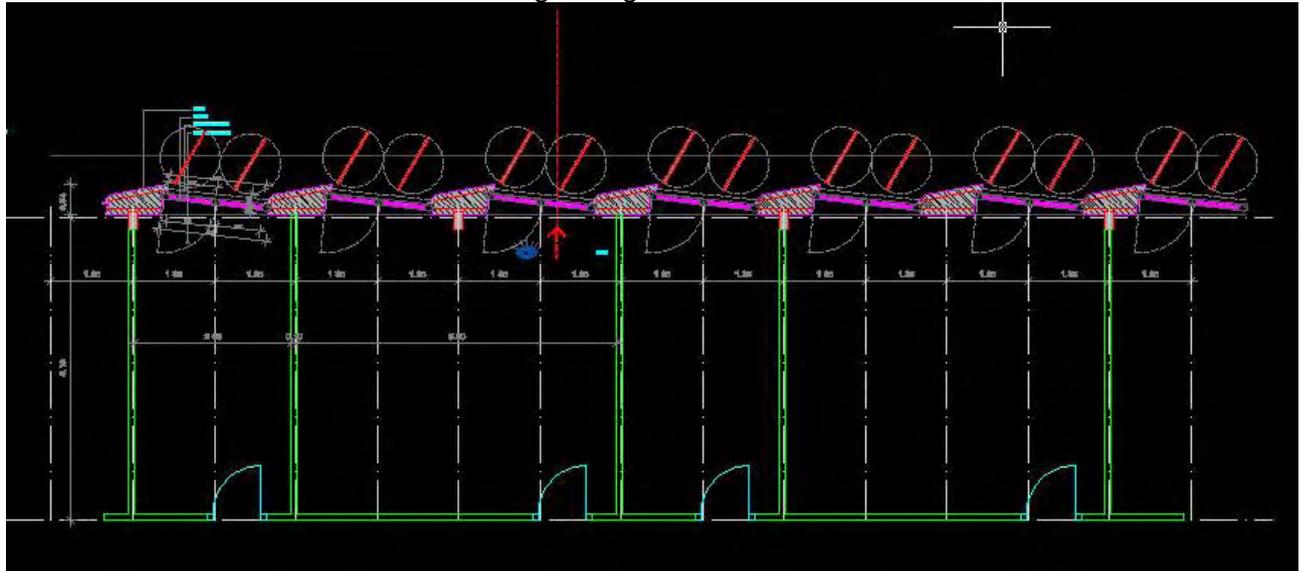
| | | | |
|------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Referenzfall wie im Winter | Simulationszeitraum: 04:00-19:00 |
| 0 – Fenster /Balkon |  | Ebenfalls wie Winter | 04:00-19:00 |
| 1 – Fix offen |  | Wie Winter | 11:00-19:00 |
| 3 – Dynamisch minimal Sonne |  | Die Elemente schieben sich dynamisch zwischen Sonne und Fenster und blocken Direktstrahlung komplett. | 04:00-12:00 |
| 4 – Fix komplett verschattet |  | Der Sonnenschutz ist komplett ausgefahren und bedeckt die gesamte Fassade | 04:00-19:00 |
| 5 – Fix teilverschattet |  | Der Sonnenschutz bedeckt am Nachmittag zwei Drittel der Fassade (die halbe Fensterfläche) | 11:00-19:00 |

4.2. Variante B

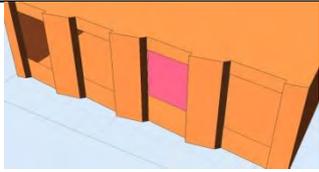
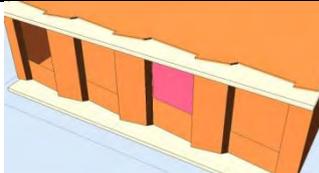
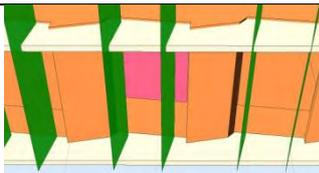
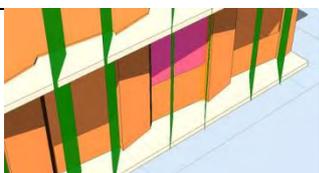
Fensterfläche: 2.72m

Verschattungselemente wurden in dieser und den folgenden Varianten immer zweigeschoßig modelliert, da die Verschattungselemente zu gewissen Zeitpunkten (oft kurz vor Mittag) einen Einfluss auf die Fenster ein Geschoß tiefer haben können. Dabei wurde die Elemente auf Höhe

der Balkone nicht ausgespart, gehen also „durch den Balkon durch“. Diese Vereinfachung kann bei hohen Sonnenständen zu kleinen Ungenauigkeiten führen

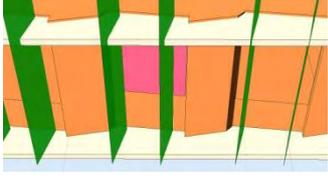
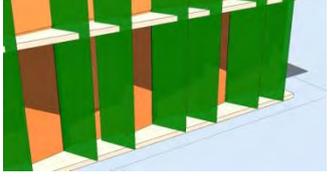
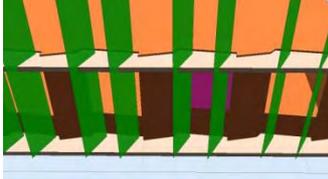


4.2.1. Winter

| | | | |
|-----------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Grundfall ohne Verschattungsgeometrie | Simulationszeitraum: 07:00-16:00 |
| 0 – Fenster /Balkon |  | Im Unterschied zu Fall 1 ist hier in jedem Geschoß ein Vordach angebracht (beige) | 07:00-16:00 |
| 1 – Fix offen |  | Elemente stehen normal zu Fenstern | 07:00-16:00 |
| 2 – Dynamisch unverschattet |  | Elemente folgen vormittags dem Sonnenstand | 07:00-11:00 |

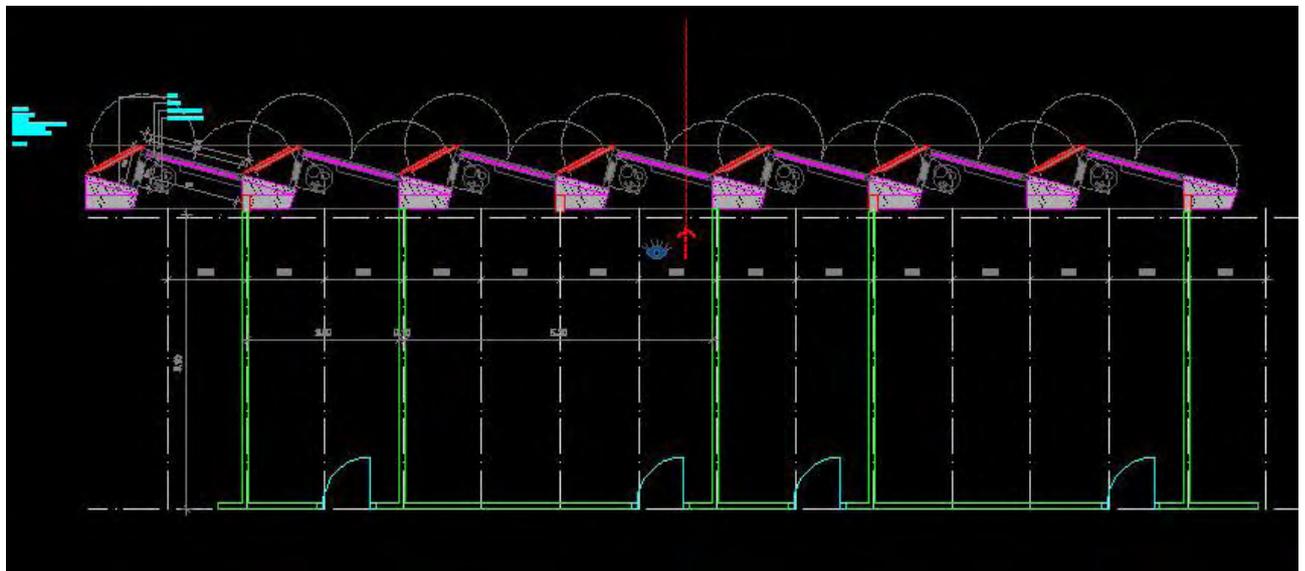
4.2.2. Sommer

| | | | |
|---------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Grundfall ohne Verschattungsgeometrie | Simulationszeitraum: 04:00-19:00 |
| 0 – Fenster /Balkon |  | Im Unterschied zu Fall 1 ist hier in jedem Geschoß ein Vordach angebracht (beige) | 04:00-19:00 |

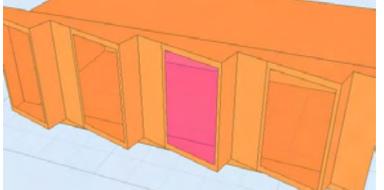
| | | | |
|-------------------------------|--|--|-------------|
| 1 – Fix offen |  | Elemente stehen normal zu Fenstern | 11:00-19:00 |
| 3 – Dynamisch minimal Sonne |  | Elemente stehen vormittags immer normal zur Sonne und blocken Direktstrahlung komplett | 04:00-11:00 |
| 4 – Fix komplett verschattet“ |  | Die Elemente stehen in einem stumpfen Keil vor dem Fenster, um einen möglichst großen Bereich direkt und indirekt zu verschatten | 04:00-19:00 |
| 5 – Fix teilverschattet |  | Wie „1 – Fix offen“, Elemente stehen nicht normal sondern 60° von Süden | 11:00-19:00 |

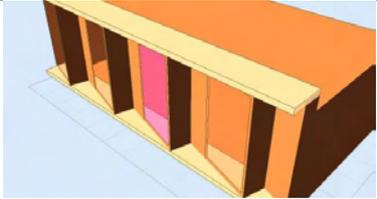
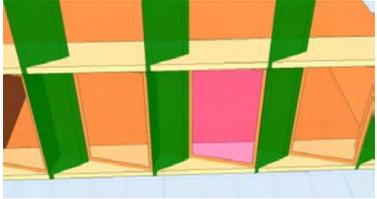
4.3. Variante C

Fensterfläche: 4.79m

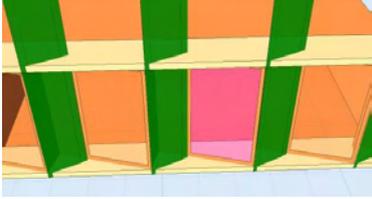
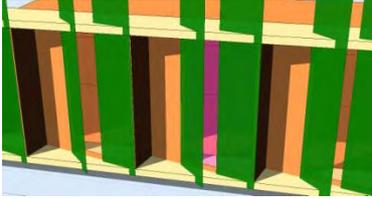
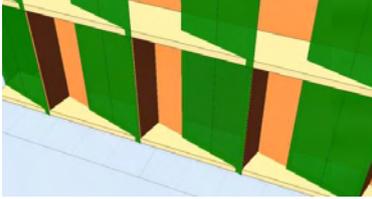
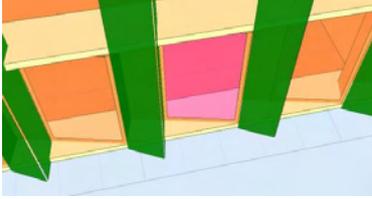


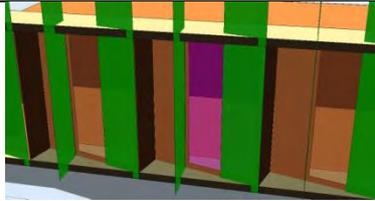
4.3.1. Winter

| | | | |
|-------------|---|-----------|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Grundfall | Simulationszeitraum: 07:00-16:00 |
|-------------|---|-----------|-------------------------------------|

| | | | |
|---------------------|---|---|-------------|
| 0 – Fenster /Balkon |  | Mit Vordach | 07:00-16:00 |
| 1 – Fix offen |  | Verschattungselemente stehen zwischen den Fenstern zusammengeklappt | 07:00-16:00 |

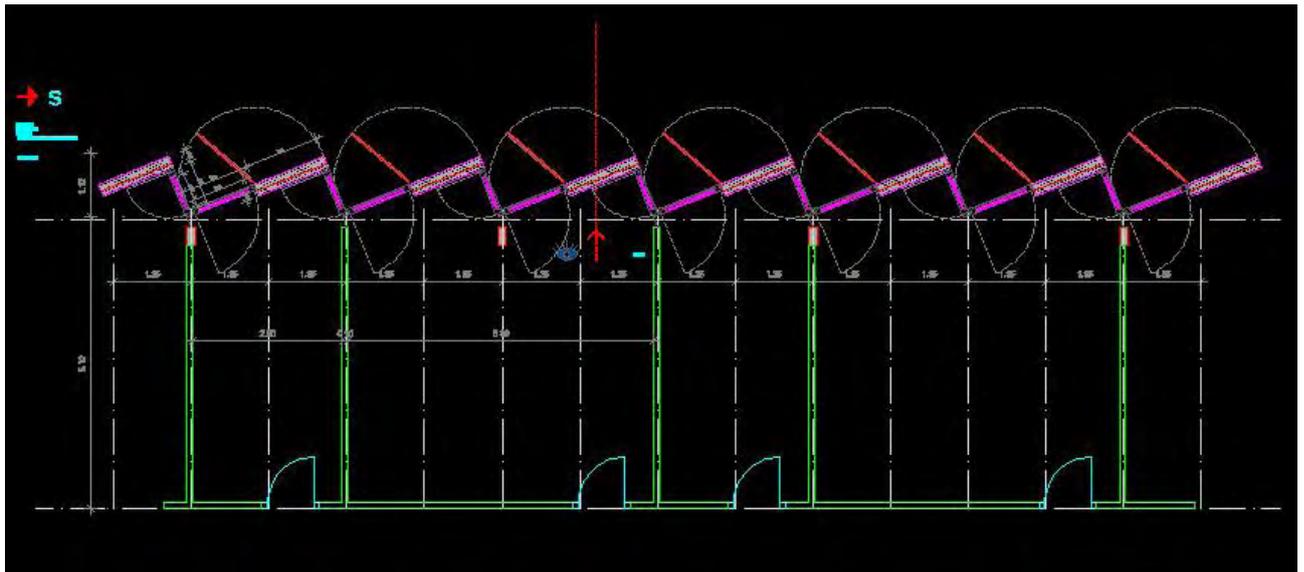
4.3.2. Sommer

| | | | |
|-------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Grundfall | Simulationszeitraum: 04:00-19:00 |
| 0 – Fenster /Balkon |  | Mit Vordach | 04:00-19:00 |
| 1 – Fix offen |  | Verschattungselemente stehen zwischen den Fenstern zusammengeklappt | 04:00-19:00 |
| 3 – Dynamisch minimal Sonne |  | Direktstrahlung wird komplett ausgeblendet. Das äußere Panel bleibt geschlossen während sich das innere normal zur Sonne ausrichtet | 04:00-11:00 |
| 4 – Fix komplett verschattet“ |  | Sonnenschutz geschlossen | 04:00-19:00 |
| 5 – Keil zw. Fenstern |  | Elemente bilden einen Spitzen Keil zwischen den Fenstern, der Ausblick und Diffusstrahlung zulässt. Direktstrahlung wird mit fortschreitendem Vormittag blockiert | 04:00-19:00 |

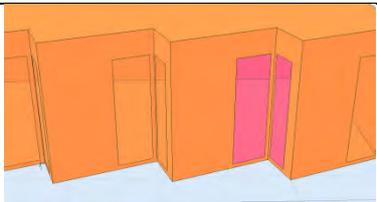
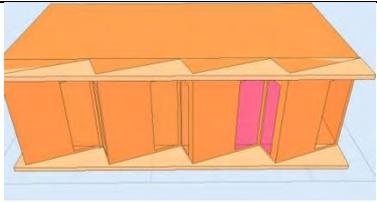
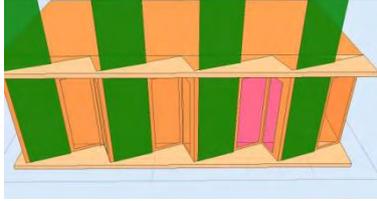
| | | | |
|---------------|---|--|-------------|
| 6 - Halboffen |  | Äußeres Element geschlossen, Inneres normal zu Süden | 11:00-19:00 |
|---------------|---|--|-------------|

4.4. Variante D

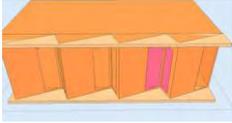
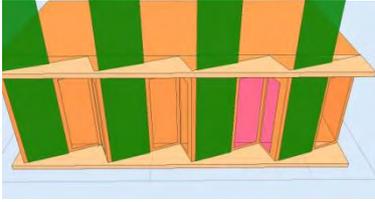
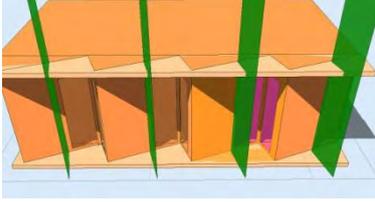
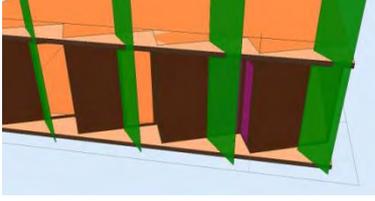
Fensterfläche: = 2.30m + 1.61m =4.02m



4.4.1. Winter

| | | | |
|---------------------|---|---|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Grundfall | Simulationszeitraum: 07:00-16:00 |
| 0 – Fenster /Balkon |  | Mit Vordach | 07:00-16:00 |
| 1 – Fix offen |  | Verschattungselemente stehen zwischen den Fenstern zusammengeklappt | 07:00-16:00 |

4.4.2. Sommer

| | | | |
|-------------------------------|---|--|-------------------------------------|
| 0 – Fenster |  | Grundfall | Simulationszeitraum: 04:00-19:00 |
| 0 – Fenster /Balkon |  | Mit Vordach | 04:00-19:00 |
| 1 – Fix offen |  | Verschattungselemente stehen zwischen den Fenstern zusammengeklappt | 04:00-19:00 |
| 3 – Dynamisch minimal Sonne |  | Direktstrahlung wird komplett ausgeblendet. Panel steht normal zum Sonnenstand | 04:00-11:00 |
| 4 – Fix komplett verschattet“ |  | Minimaler Strahlungseintrag direkt und diffus | 04:00-19:00 |
| 5 – Halboffen |  | Panel gibt einen 90cm breiten Spalt offen | 11:00-19:00 |

5. Ergebnis

Dieses Kapitel präsentiert die Ergebnisse der Simulation der im vorigen Kapitel beschriebenen Fälle. Eine kompakte Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich in Kapitel „5.3 Fazit“.

5.1. Insolation

Folgender Abschnitt zeigt Insolationsdiagramme, die die gesamte Diffus- und Direktstrahlung abbilden, die auf einen Quadratmeter Fensterfläche fallen. Jeder stündliche Wert stellt einen Mittelwert aller über den Simulationszeitraum auftretenden stündlichen Werten dar.

Der „Tagesmittelwert Insolation Designfall“ ist als Kennzahl zu verstehen, der zustande kommt, indem man die stündlichen Mittelwerte des besten Designfalls über alle 24 Stunden eines Tages mittelt. Der so berechnete Wert ist deutlich kleiner als die zu Tageslichtzeiten auftretenden Werte und stellt keine physikalische Größe im eigentlichen Sinn dar.

Zu Beginn jeder Variante ist jeweils kurz beschrieben, wie der Designfall, auf den später oft Bezug genommen wird, zusammengesetzt wird. Im Winter versucht er jeweils unter Berücksichtigung der vorhandenen Sonnenschutzelemente den Strahlungseinfall zu maximieren. Im Sommer wird ein Kompromiss aus Vollverschattung, Dynamischer Verschattung und Teilverschattung mit Ausblick abhängig von Bürozeiten und Sonnenstand geschlossen

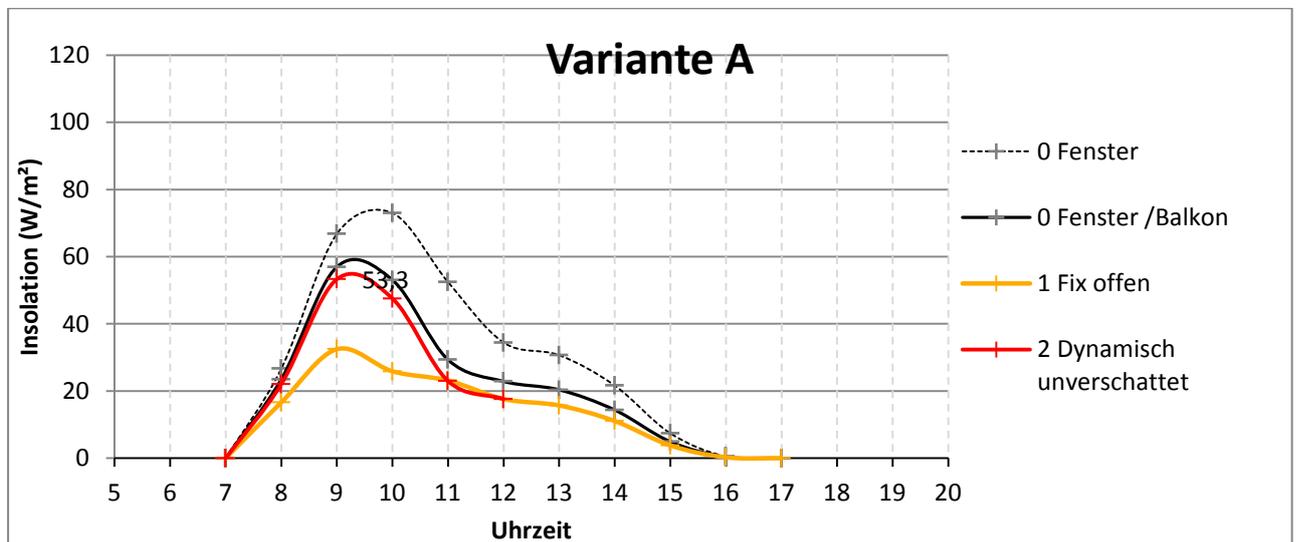
5.1.1. Winter

5.1.1.1. Variante A

Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-12 Uhr – „2 Dynamisch unverschattet“

12-24 Uhr – „1 Fix offen“



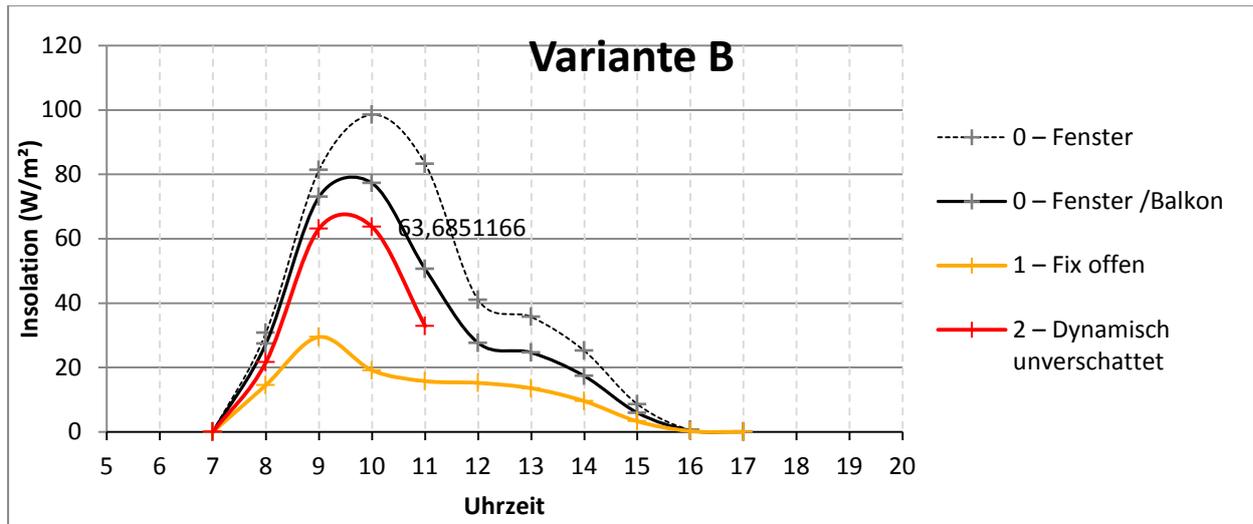
„2 Dynamisch unverschattet“ ist deutlich günstiger als „1 Fix offen“ weil die Elemente an den veränderten Einfallswinkel der Direktstrahlung angepasst werden.

5.1.1.2. Variante B1

Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-12 Uhr – „2 Dynamisch unverschattet“

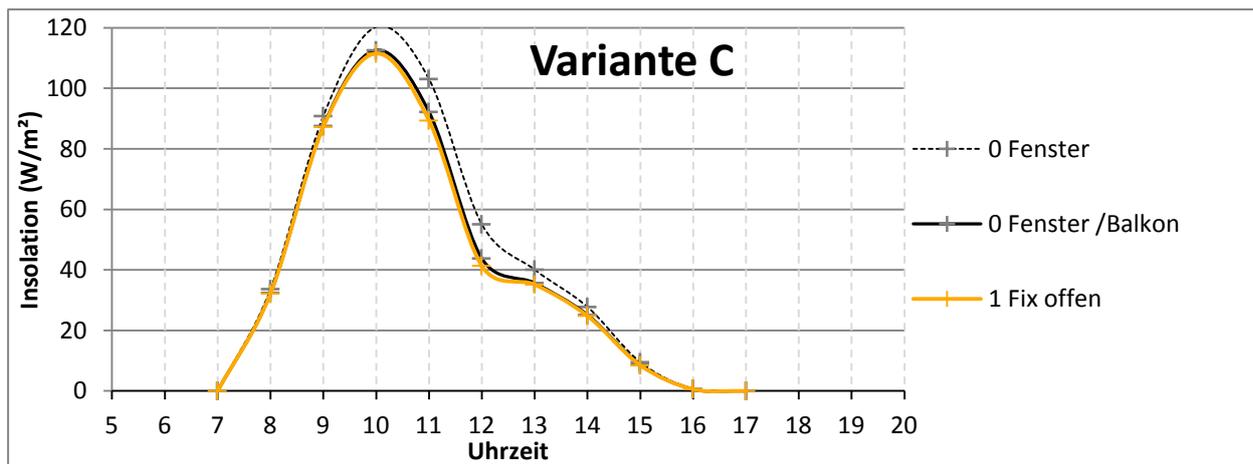
12-24 Uhr – „1 Fix offen“



5.1.1.3. Variante C

Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-24 Uhr – „1 Fix offen“

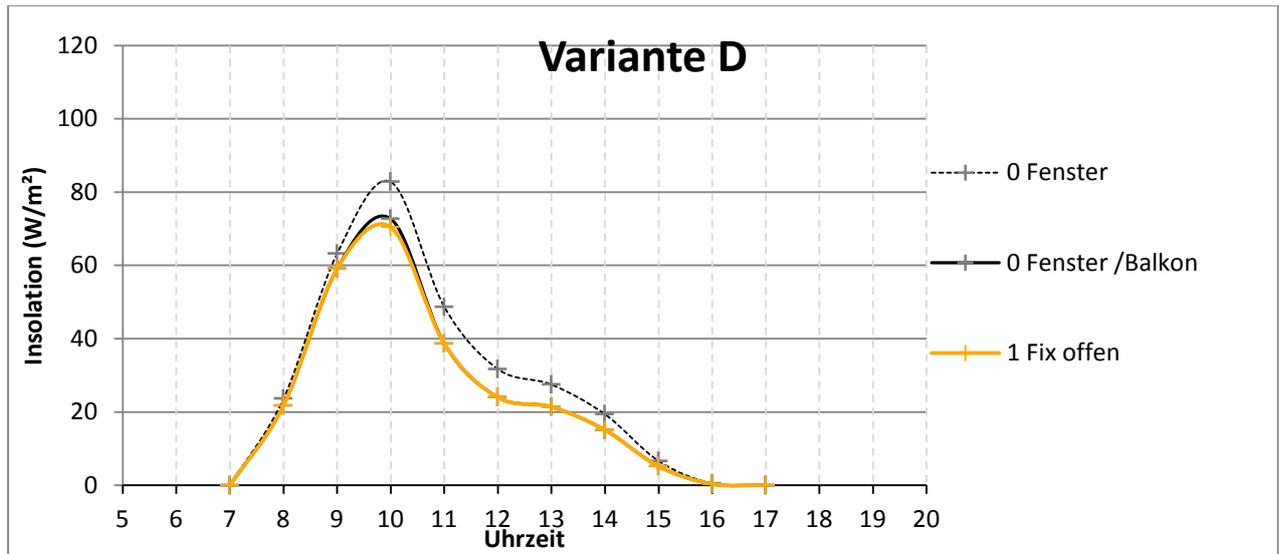


Die Sonnenschutzelemente haben keinen nennenswerten Verschattungseffekt, wenn sie zwischen den Fenstern zusammengeklappt sind.

5.1.1.4. Variante D

Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-24 Uhr – „1 Fix offen“

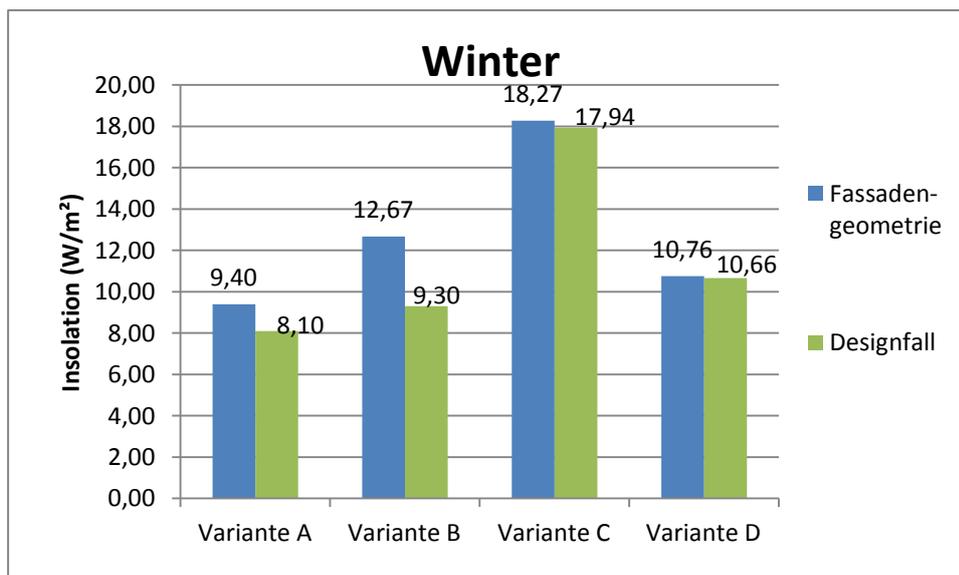


Auch in Variante D war kein nennenswerter Verschattungseffekt durch die Sonnenschutzelemente zu erwarten. Das trifft auch auf alle Messwerte zu, bis auf den um 10Uhr. Der Abschattungseffekt dort kommt dadurch zustande, dass die Sonne in so spitzem Winkel auf das nach Norden weisende Fenster einfällt, dass die zusätzlichen paar Zentimeter, die der Sonnenschutz vor der Fassade einnimmt, ausreichen, um es teilweise zu verschatten.

5.1.1.5. Diskussion

Fall 0 Balkon verliert gegenüber der bloßen Fassade in allen Varianten deutlich in den Stunden kurz vor Mittag durch den dann hohen Sonnenstand.

Variante C erreicht bei weitem die höchsten Insolationswerte, sowohl im Falle der bloßen Fassadengeometrie als auch unter Berücksichtigung der Verschattungsgeometrie. Grund dafür ist erstens, dass die Drehung der Fensterflächen Richtung Süden den direkten Strahlungseinfall deutlich begünstigt (siehe „0 Fenster“ in Variante B und C). Zweitens ist das Verhältnis Balkontiefe – Fensterhöhe größer als in den anderen Varianten, was den abschattenden Effekt des Balkons drastisch reduziert (vgl. hierzu Varianten A, B und C im Zeitraum 10-12Uhr). Drittens sind Sonnenschutzelemente in Variante C (wie auch D) äußerst gut zu „verstecken“ und behindern die Sonneneinstrahlung nicht.



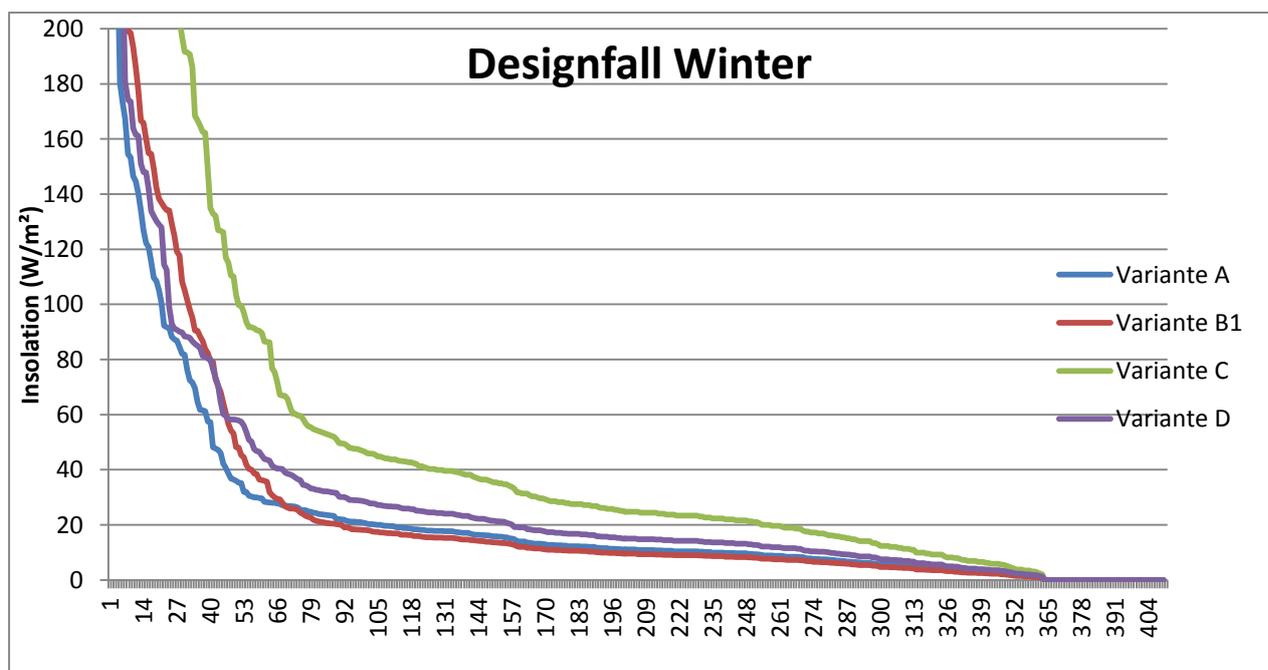
| Tagesmittelwerte 0-24h Fassaden-Insolation (W/m) | Fassaden-geometrie | Relativ zu A | Designfall | Relativ zu A |
|---|--------------------|--------------|------------|--------------|
| Variante A | 9.40 | | 8.10 | |
| Variante B | 12.67 | +35% | 9.30 | +15% |
| Variante C | 18.27 | +94% | 17.94 | +122% |
| Variante D | 10.76 | +14% | 10.66 | +32% |

Betrachtet man nur die Performance der Fassadengeometrien (und vergleicht hierzu „0 Fenster“ und „0 Balkon“ der einzelnen Varianten), so schneidet Variante C vor B und dann D ab, die wiederum deutlich vor A liegen.

Betrachtet man nur die verschiedenen Sonnenschutzgeometrien, so sind die rotierenden Elemente aus Variante B die schlechteste Option. Um die Direktstrahlung nicht zu blockieren müssen sie permanent dem Sonnenstand angepasst werden. Gleichzeitig verdecken sie so aber immer einen gewissen Teil des Himmels dessen Diffusstrahlung verloren geht.

Variante B wurde daher auch mit einer Sonnenschutzanordnung wie in Variante A modelliert und ausgewertet. Diese blieb aber hinter den Erwartungen zurück und wurde nicht weiter verfolgt, weshalb sie nicht Teil dieses Berichts ist. Im Wesentlichen gab es keine merkbare Verbesserung zu den rotierenden Elementen. Grund dafür war teilweise, dass der Balkon von Variante A tiefer als der von B modelliert wurde, wodurch die „Schiebeelemente“ von A einen größeren Effekt auf die Diffusstrahlung in B hatten als in A. Außerdem gibt es durch die Stellung der Fenster in B leicht nach Süden hin geometrische Probleme, die verhindern, dass sich die Sonnenschutzelemente genau wie in A zwischen die Fenster passen lassen.

Folgendes Diagramm sortiert alle simulierten Stunden im Winter nach ihrem Insolationwert. Dadurch lässt sich gut erkennen, wie lange eine Variante über einem gewissen Insolationwert bleibt. Zu beachten ist hier, dass, da bei den Simulationen nur jeder zweite Tag gerechnet wurde, die Stundenangaben die Hälfte der eigentlichen Stunden darstellen.



Man sieht hier, dass obwohl Variante B und D beide im Durchschnitt über Variante A liegen (siehe obige Tabelle), Variante B hauptsächlich zu den Spitzenstunden besser ist als A, dann aber während den Stunden diffuser Strahlung sogar hinter jene zurückfällt. Variante D dagegen ist

während Stunden mit hoher Strahlung kaum besser als A. Das ist ein Vorteil, da die hohen Strahlungserträge (ab ca. 150W/m) sowieso als störend empfunden würden und nicht verwertet werden könnten. In Zeiten diffuser Strahlung kommt D deutlich über A zu liegen und stellt damit eine substantielle Verbesserung gegenüber der ersten Variante dar.

5.1.2. Sommer

Zur Erklärung des Designfalls: Vor und nach den Bürozeiten (wegen Sommerzeit 7-16 Uhr nach astronomischer Zeit) kann komplett verschattet werden. Vormittags wird immer Direktstrahlung vermieden und am Nachmittag wird ein Kompromiss aus Ausblick und Komplettabstimmung gewählt.

5.1.2.1. Variante A

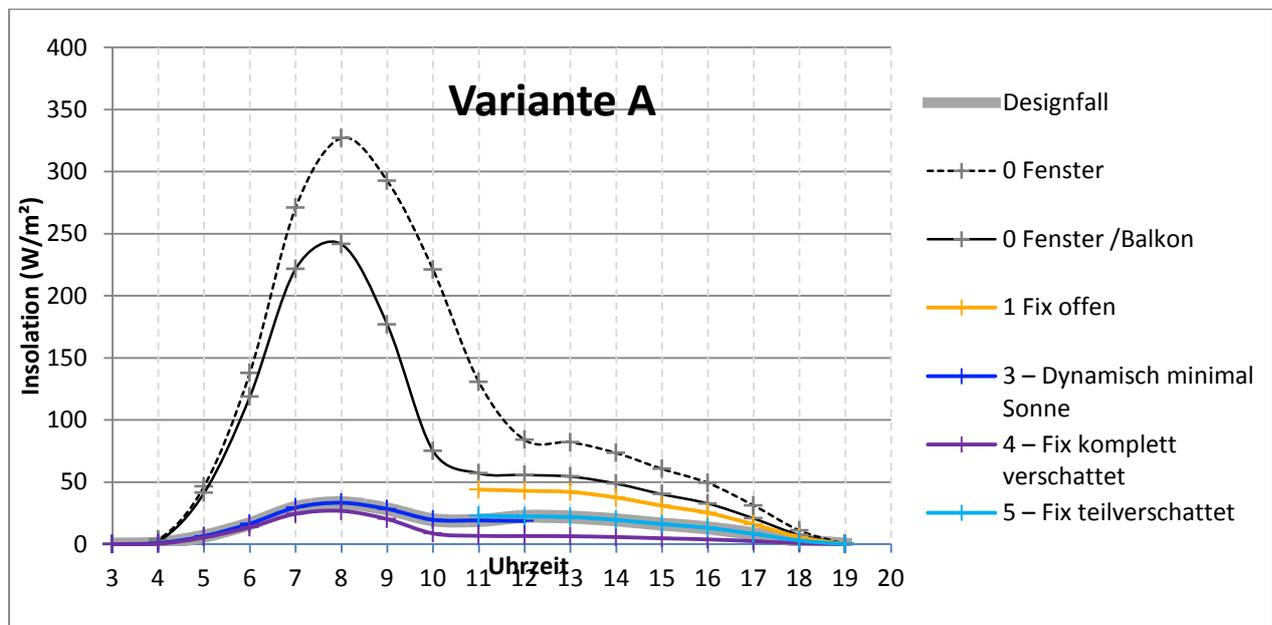
Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-7 Uhr – „4 Fix komplett verschattet“

7-12 Uhr – „3 Dynamisch minimal Sonne“

12-16 Uhr – „5 Fix teilverschattet“

16-24Uhr – „4 Fix komplett verschattet“



5.1.2.2. Variante B1

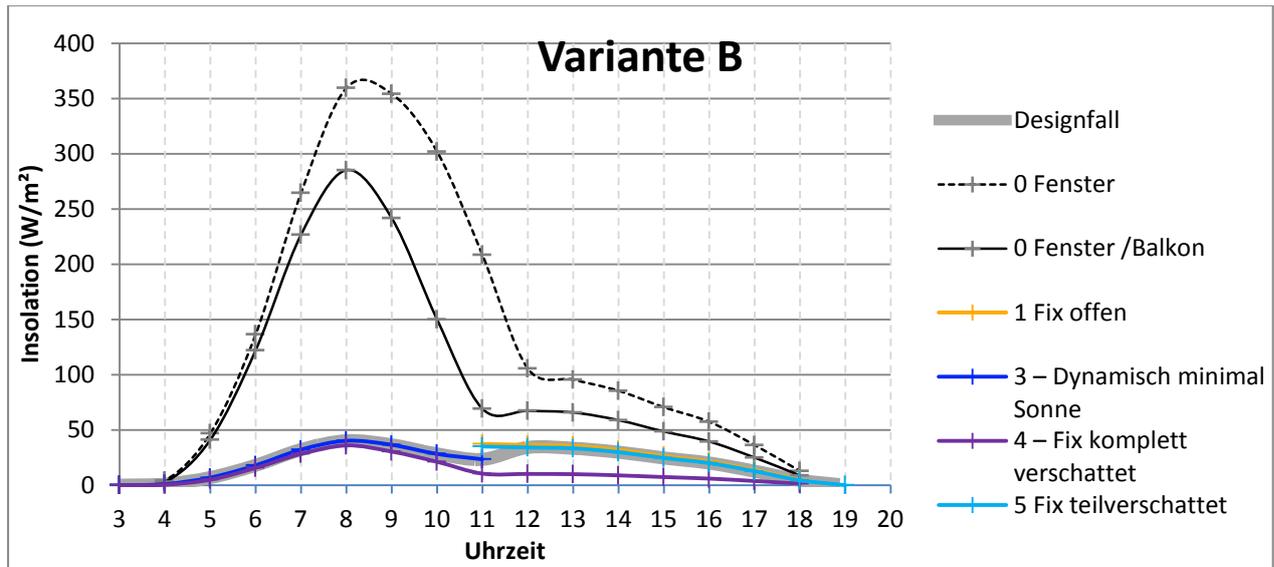
Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-7 Uhr – „4 Fix komplett verschattet“

7-12 Uhr – „3 Dynamisch minimal Sonne“

12-16 Uhr – „5 Fix teilverschattet“

16-24Uhr – „4 Fix komplett verschattet“



5.1.2.3. Variante C

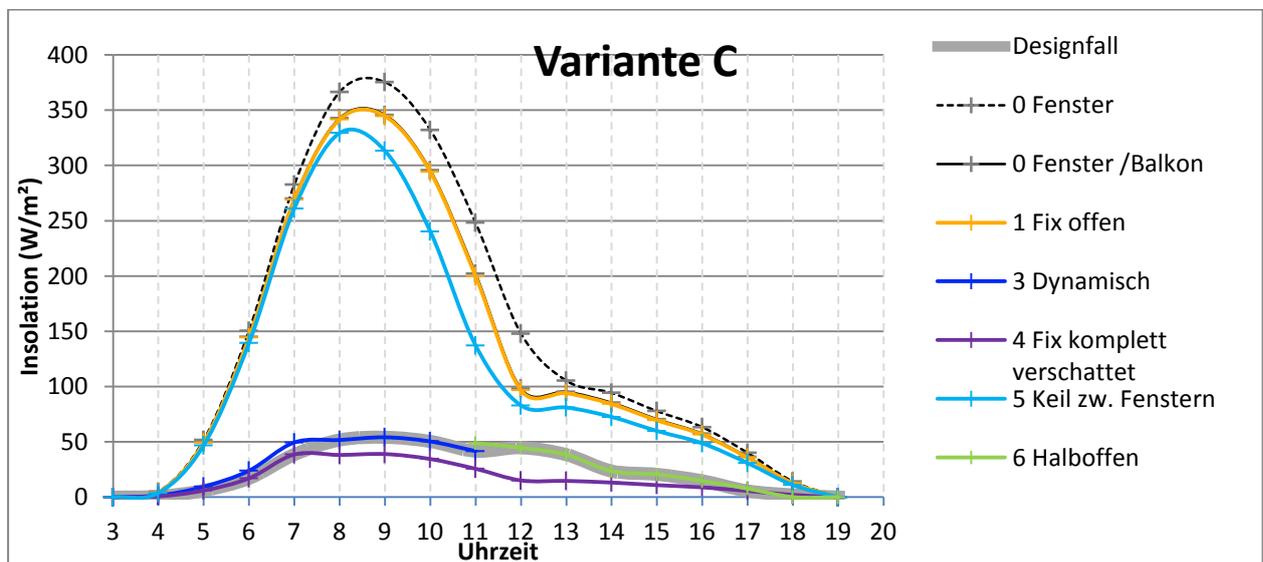
Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-7 Uhr – „4 Fix komplett verschattet“

7-12 Uhr – „3 Dynamisch“

12-16 Uhr – „6 Halboffen“

16-24Uhr – „4 Fix komplett verschattet“



Fall „5 Keil zw. Fenstern“ erzielt im Vergleich zu 1 Fix offen Abschattungserfolge von bis zu 30%. Im Durchschnitt wird die Strahlung aber nur um 12% verringert.

5.1.2.4. Variante D

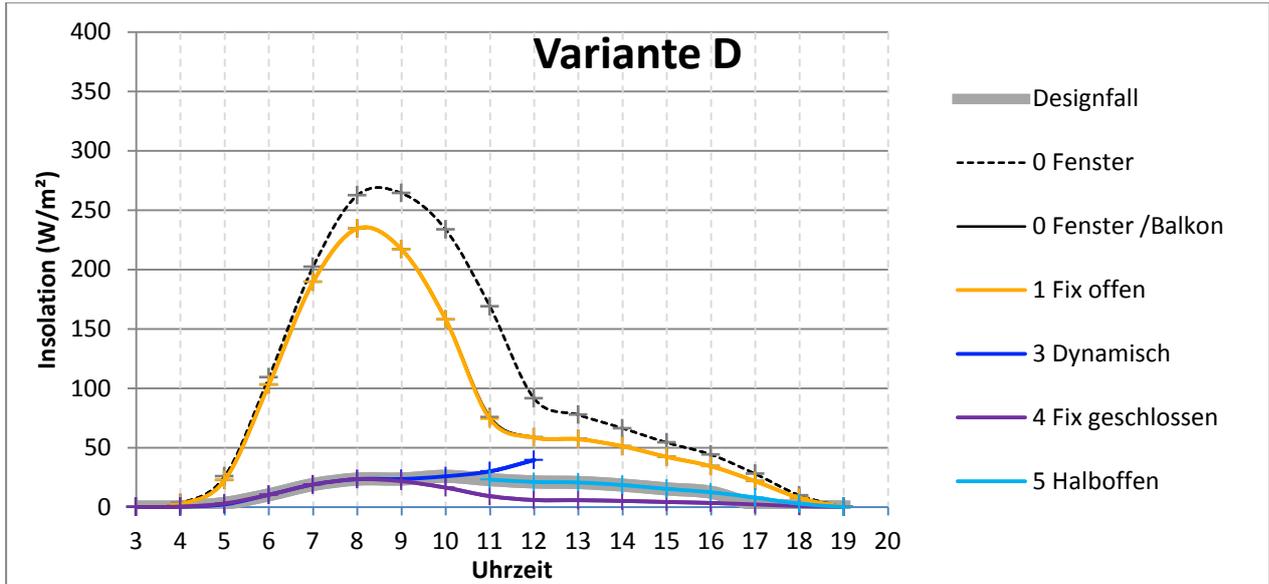
Der Designfall setzt sich zusammen aus:

0-7 Uhr – „4 Fix geschlossen“

7-12 Uhr – „3 Dynamisch“

11-16 Uhr – „5 Halboffen“

16-24Uhr – „4 Fix geschlossen“

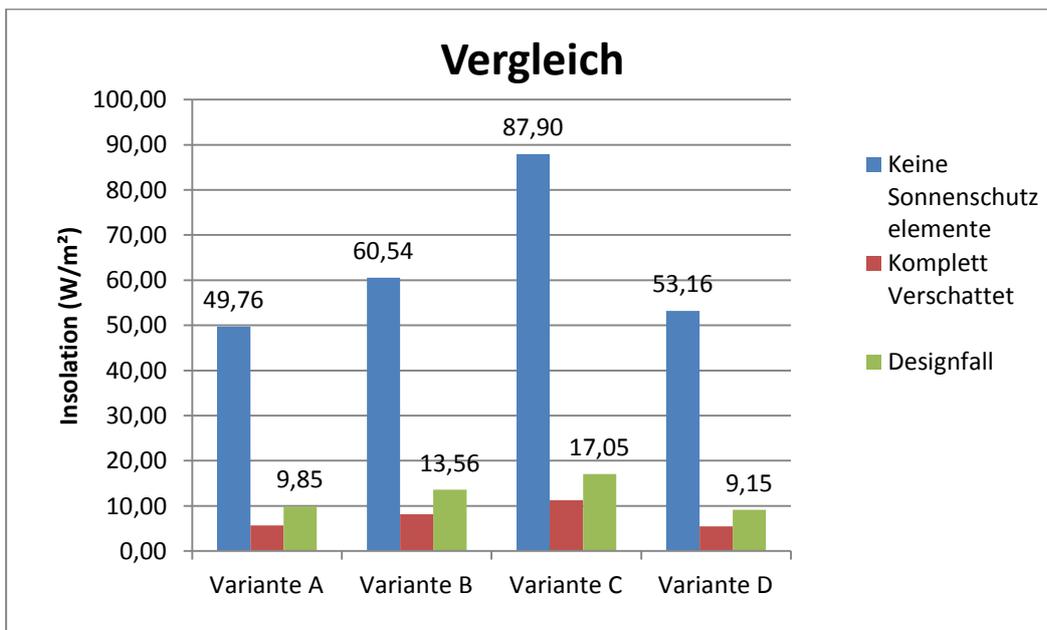


Der Ausblick ist hier nur möglich, wenn die Bürotische nach Norden weisen, man also durch das große nordseitige Fenster den Ausblick sucht. Das südseitige Fenster bietet nach Süden keinen Ausblick. Dadurch hätten Büros auf der Ostseite des Gebäudes das Licht von rechts (Blick nach Norden, Licht von Osten)

5.1.2.5. Diskussion

Die Insolation zu Spitzenzeiten variiert aufgrund verschiedener Fassadengeometrien stark von Variante zu Variante.

Besonders bei Varianten C und D, weil dort der Sonnenschutz näher an den Fensterflächen steht, ist die Transparenz der Verschattungselemente ausschlaggebend für die Beschattungsperformance. Eine niedrigere Transparenz würde diese Varianten nochmal deutlich verbessern.



| Tagesmittelwerte 0-24h | Keine Sonnenschutz | | Komplett Verschattet | | Designfall | |
|---------------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|--------------|------------|--------------|
| Insolation (W/m) | -elemente | Relativ zu A | | Relativ zu A | | Relativ zu A |
| Variante A | 49.76 | | 5.68 | | 9.85 | |
| Variante B | 60.54 | +22% | 8.14 | +43% | 13.56 | +38% |
| Variante C | 87.90 | +77% | 11.22 | +98% | 17.05 | +73% |
| Variante D | 53.16 | +07% | 5.45 | -4% | 9.15 | -7% |

Die Fassadengeometrie von Variante B, D und insbesondere C verstärkt den Strahlungseinfluss.

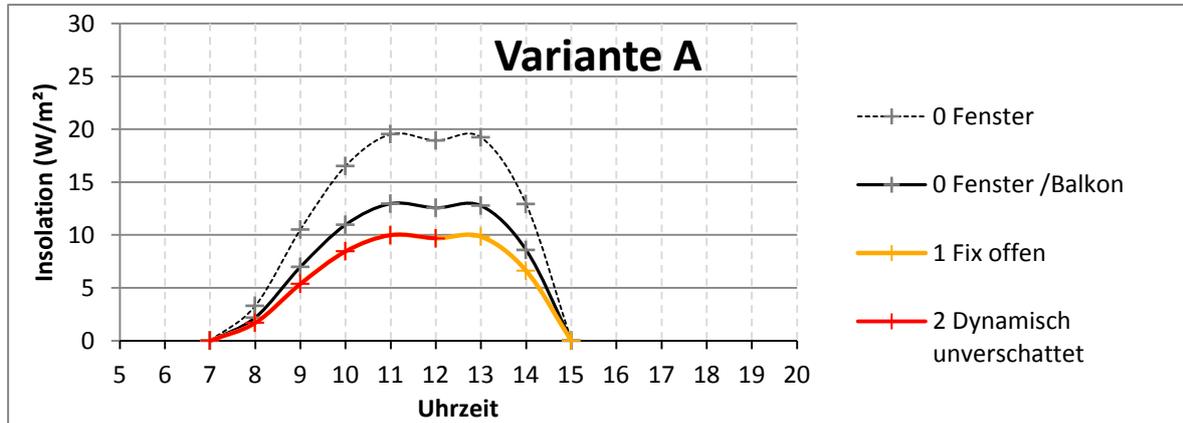
Trotzdem ist der Sonnenschutz von Variante D so effektiv, dass er weniger Strahlung als Referenzfall A durchlässt, was Varianten B und C nicht gelingt.

5.2. Sample Days

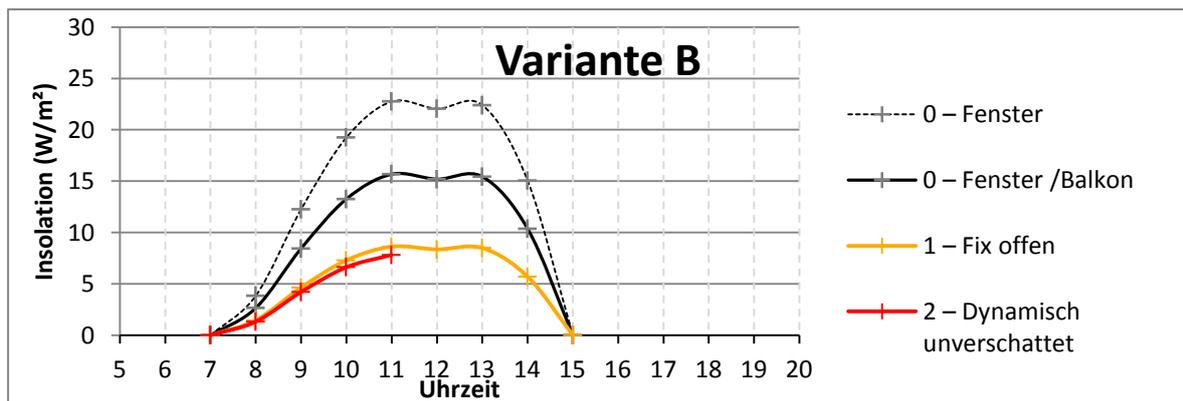
Die Designfälle entsprechen hier denen der jeweiligen Jahreszeiten. Hier ist gut zu sehen, worin sich die Varianten an total bewölkten beziehungsweise strahlend sonnigen Tagen unterscheiden.

5.2.1. 17. Dezember – komplett bewölkt

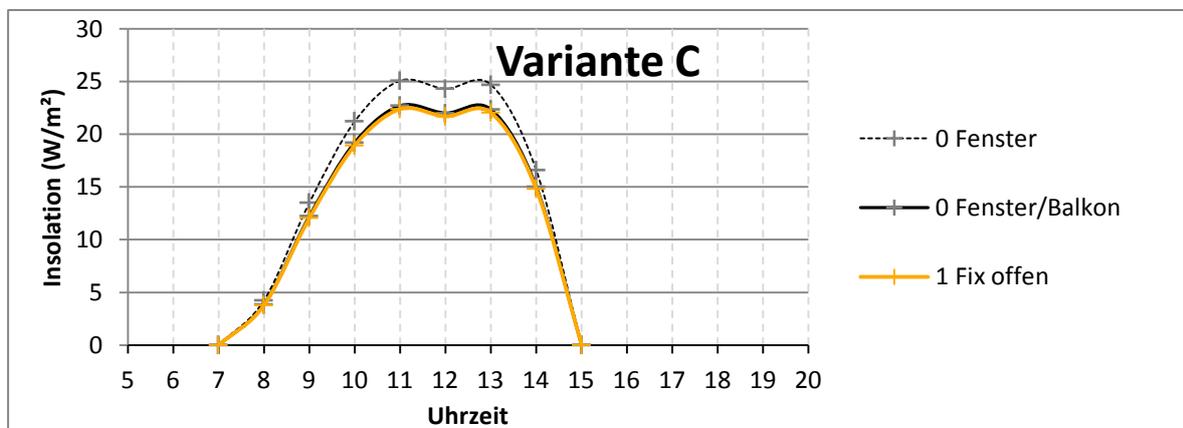
5.2.1.1. Variante A



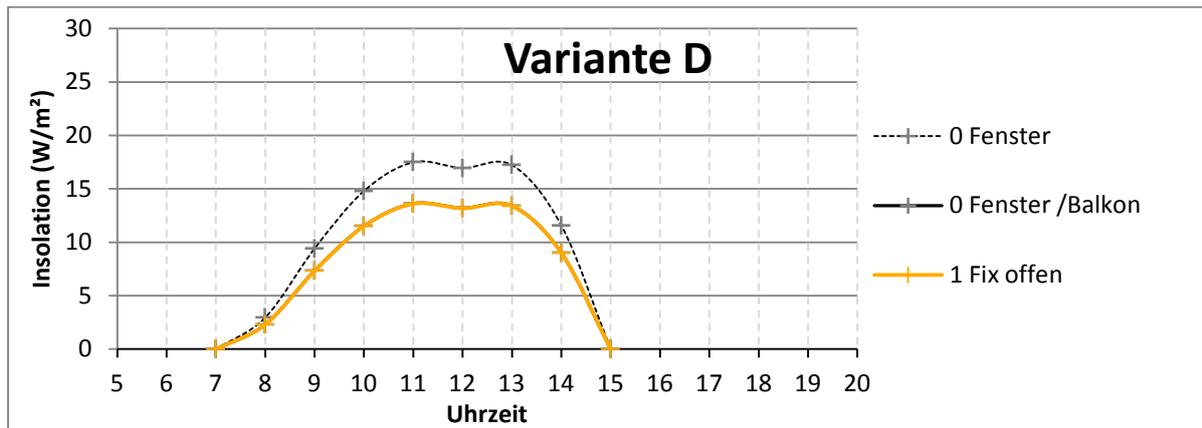
5.2.1.2. Variante B



5.2.1.3. Variante C



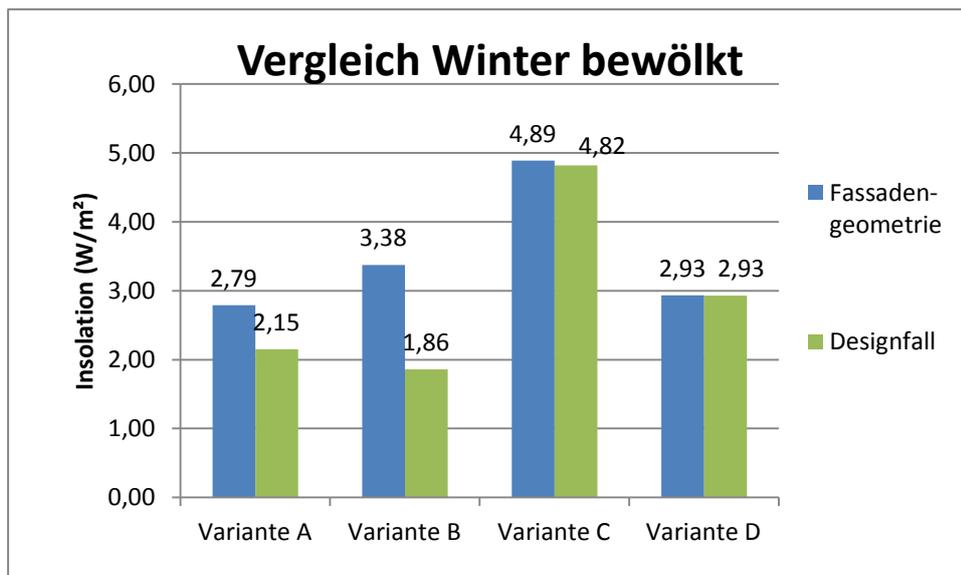
5.2.1.4. Variante D



5.2.1.5. Diskussion

Für diffuse Strahlung bringt eine dynamische Anpassung an den Sonnenstand keine Verbesserung. In Variante B ist das Rotieren der Elemente sogar kontraproduktiv, da dadurch mehr restlicher Himmel verdeckt wird.

Gut zu erkennen ist hier der große Einfluss des Balkons. Varianten A und B haben relativ zur Fensterhöhe einen weitaus tieferen Balkon als Variante C, wodurch größere Teile des skydome nicht zur Diffusstrahlung beitragen.

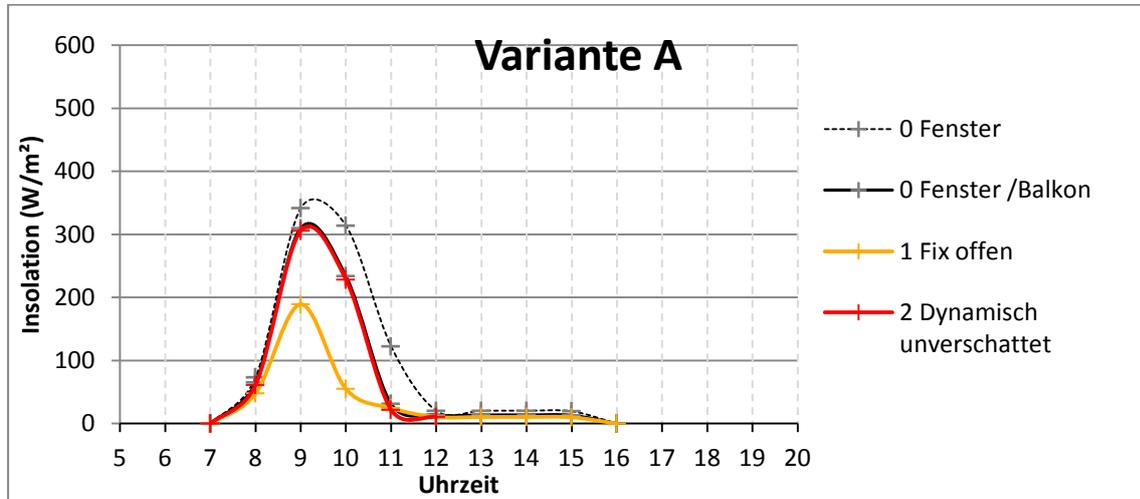


Tagesmittelwerte 0-24h
Insolation (W/m)

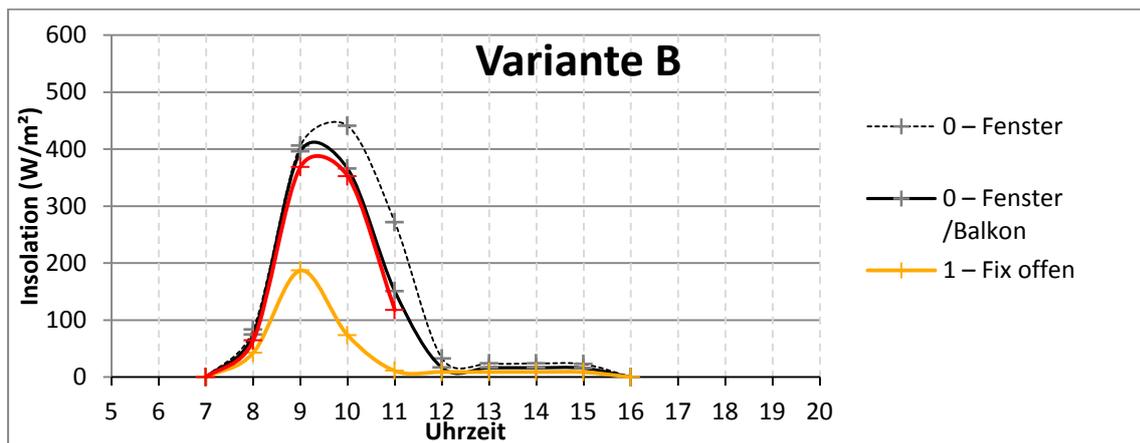
| | Fassaden-geometrie | Designfall |
|------------|--------------------|------------|
| Variante A | 2.79 | 2.15 |
| Variante B | 3.38 | 1.86 |
| Variante C | 4.89 | 4.82 |
| Variante D | 2.93 | 2.93 |

5.2.2. 1. Februar – sehr sonnig

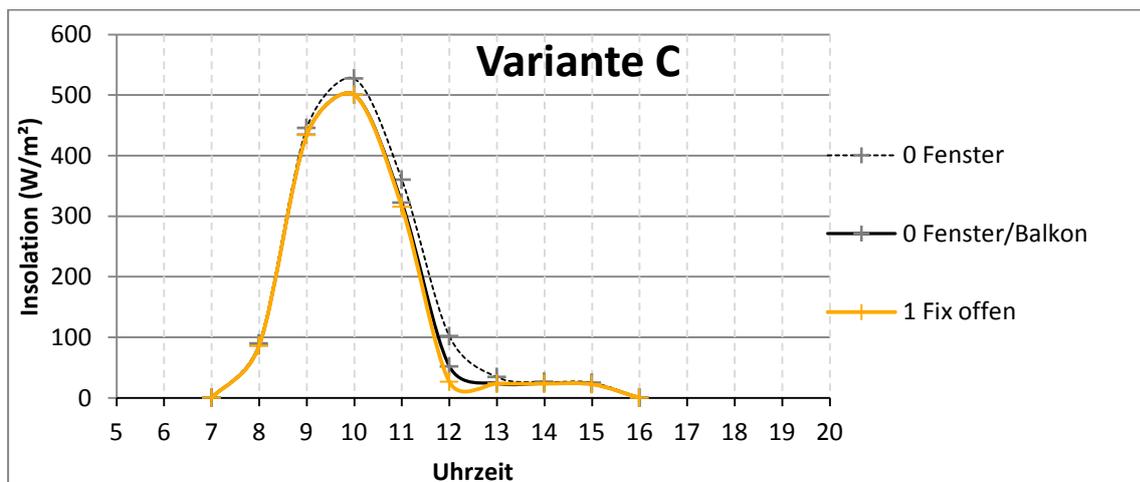
5.2.2.1. Variante A



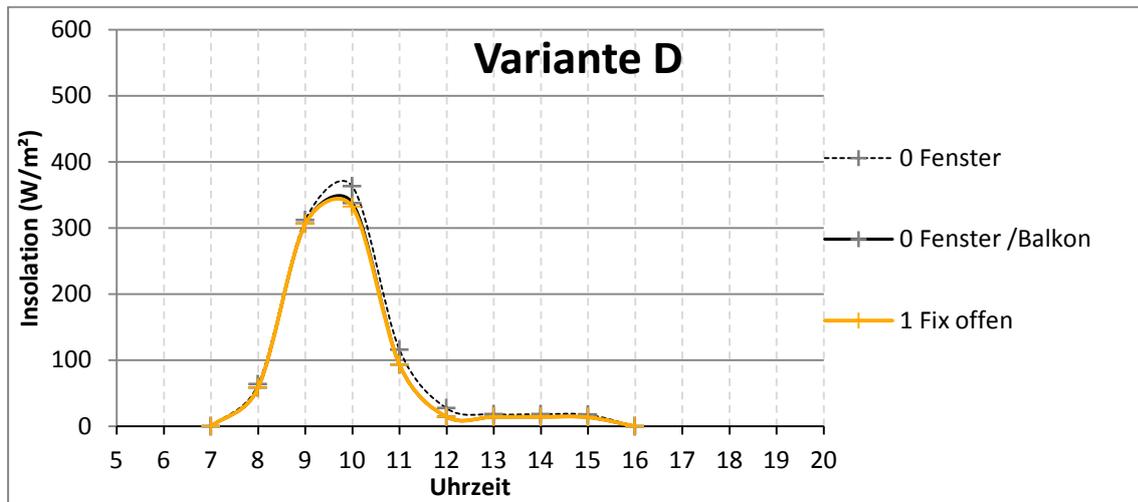
5.2.2.2. Variante B



5.2.2.3. Variante C



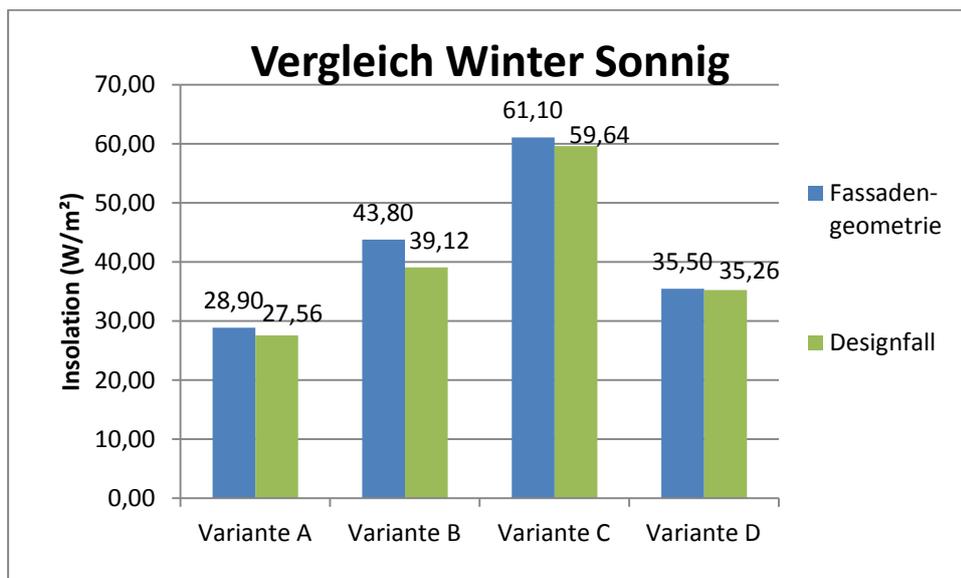
5.2.2.4. Variante D



5.2.2.5. Diskussion

Im Vergleich Vormittag mit Nachmittag zeigt sich, dass die Direktstrahlung an sonnigen Tagen (selbst im Winter) einen deutlich größeren Anteil darstellt.

In Bezug auf Direktstrahlung kommen auch die dynamischen Modelle von Variante A und B sehr nahe ihrer Referenzwerte „0 – Fenster/Balkon“.



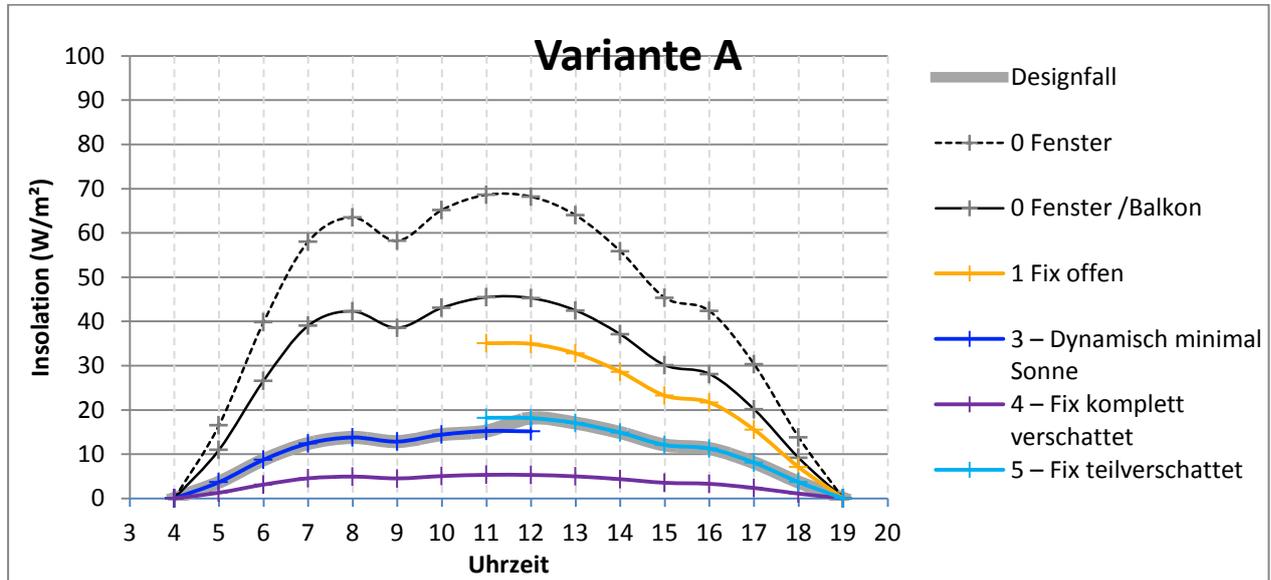
Tagesmittelwerte 0-24h

| Insolation (W/m) | Fassaden-geometrie | Designfall |
|-------------------|--------------------|------------|
| Variante A | 28.90 | 27.56 |
| Variante B | 43.80 | 39.12 |
| Variante C | 61.10 | 59.64 |
| Variante D | 35.50 | 35.26 |

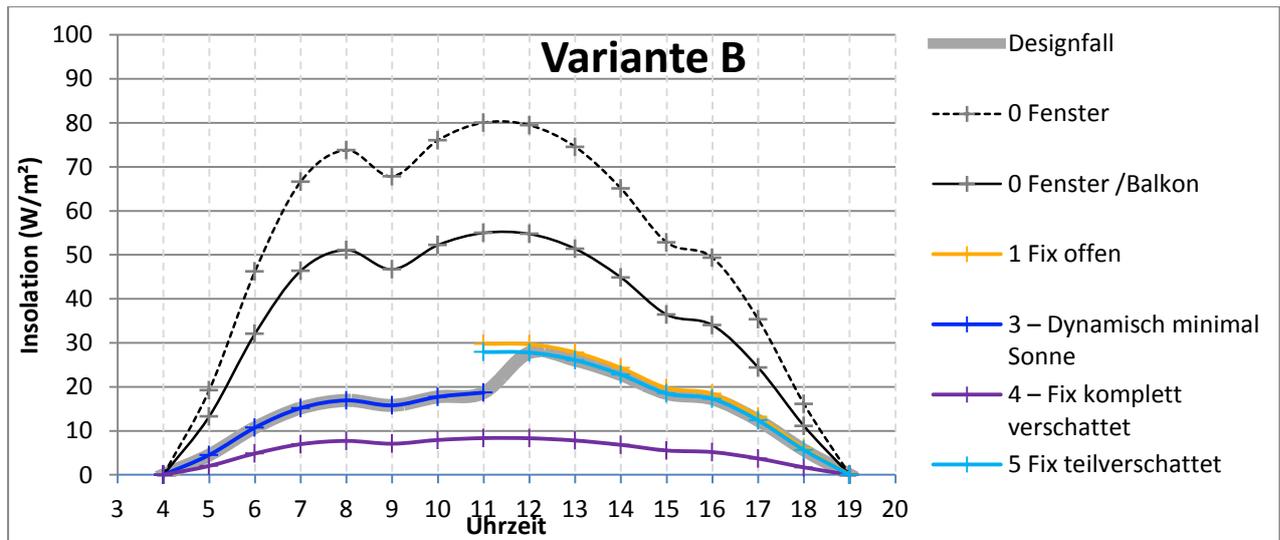
Im Vergleich zum 17. Dezember, komplett bewölkt, ist hier Variante B noch deutlich besser als Variante D. Allerdings kommen sonnige Tage im Winter seltener vor als Bewölkte. Die Ausnutzung diffuser Strahlung bzw. größere Strahlungserträge bei niedrigerer Gesamtstrahlung sind wichtiger. Hier ist Variante D klar besser.

5.2.3. 23. Juni – komplett bewölkt

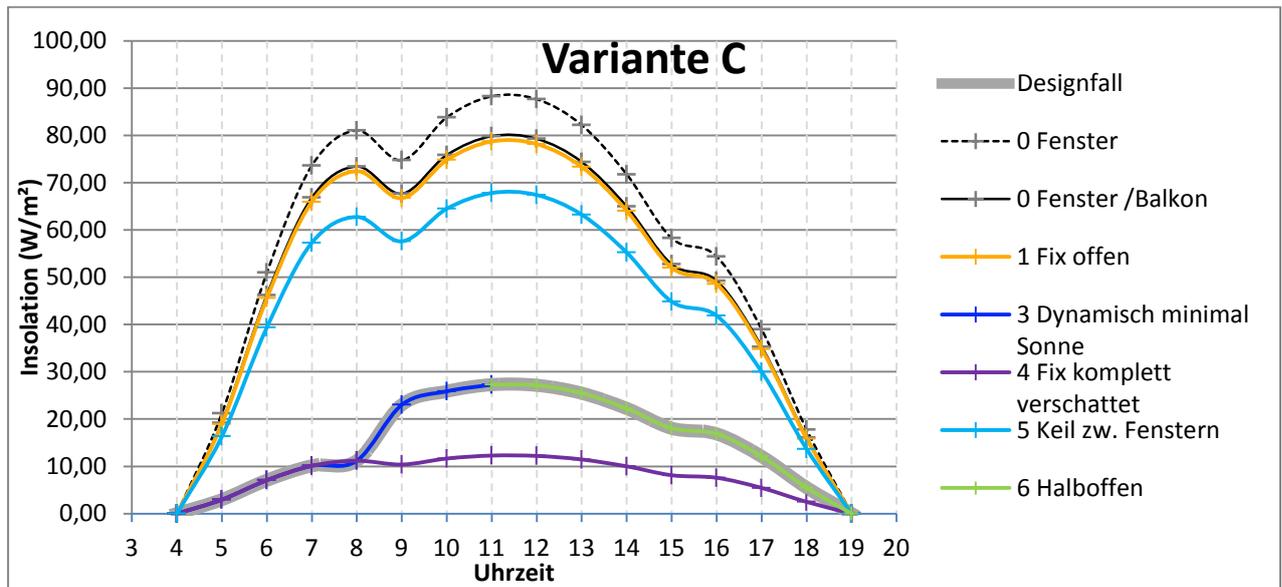
5.2.3.1. Variante A



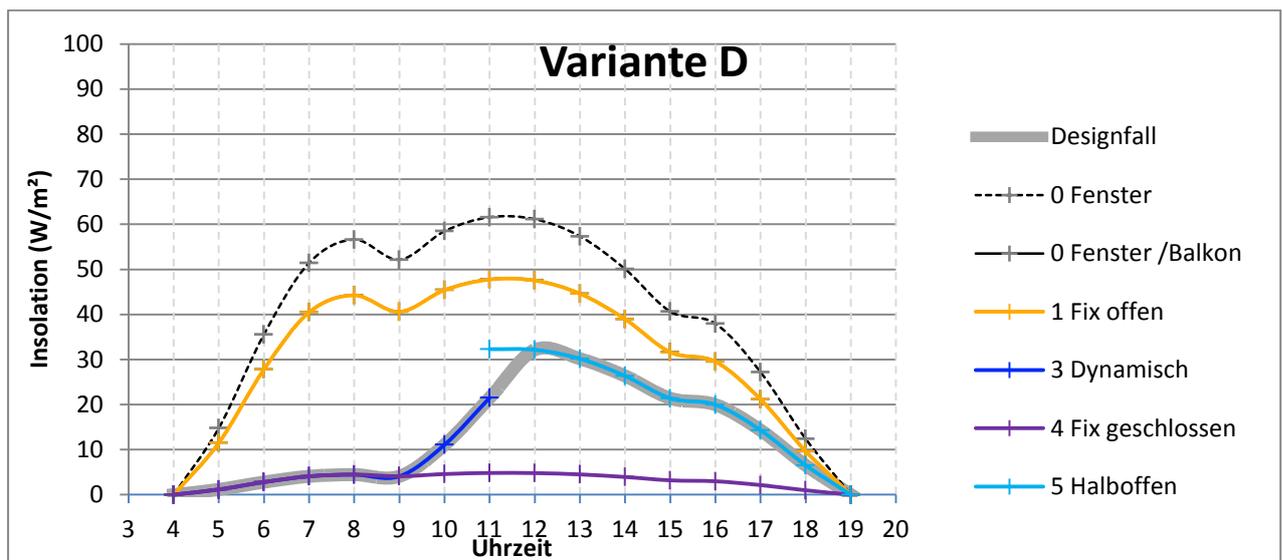
5.2.3.2. Variante B



5.2.3.3. Variante C

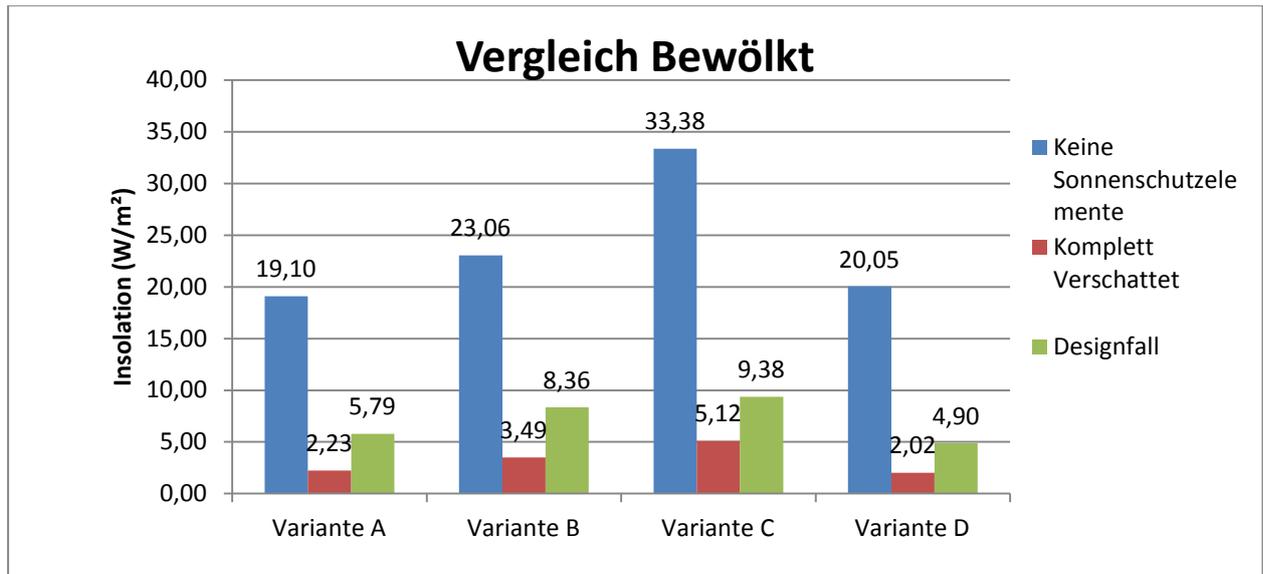


5.2.3.4. Variante D



5.2.3.5. Diskussion

Bei Varianten A und B ist fixe Maximalbeschattung deutlich effektiver als dynamische Modelle.



Tagesmittelwerte

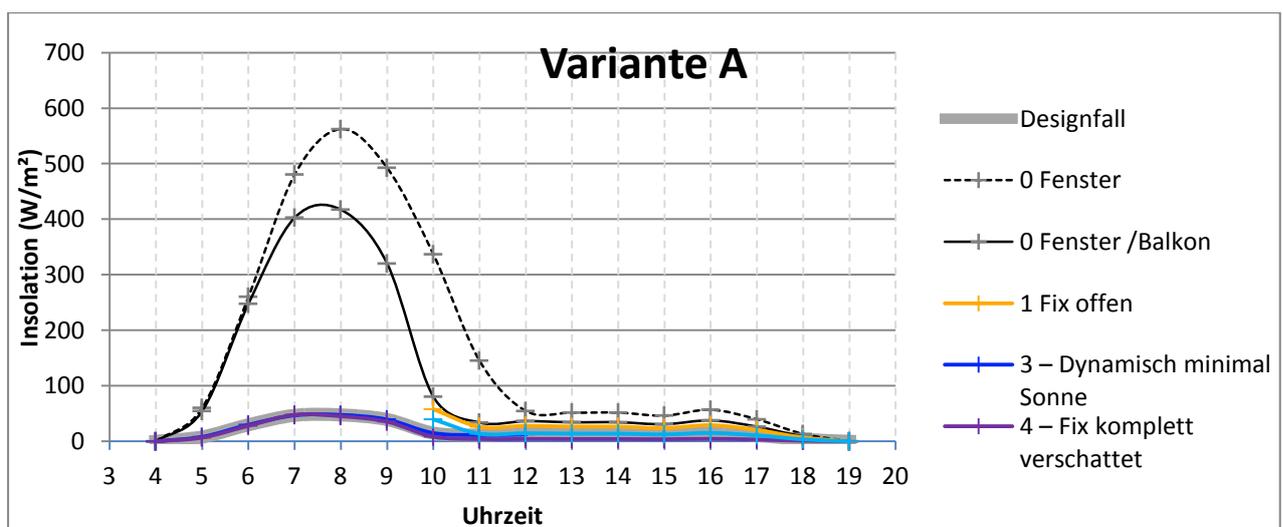
0-24h

| Insolation (W/m) | Keine Sonnenschutzelemente | Komplett Verschattet | Designfall |
|------------------|----------------------------|----------------------|------------|
| Variante A | 19.10 | 2.23 | 5.79 |
| Variante B | 23.06 +21% | 3.49 +56% | 8.36 144% |
| Variante C | 33.38 +75% | 5.12 +129% | 9.38 162% |
| Variante D | 20.05 +5% | 2.02 -10% | 4.90 -15% |

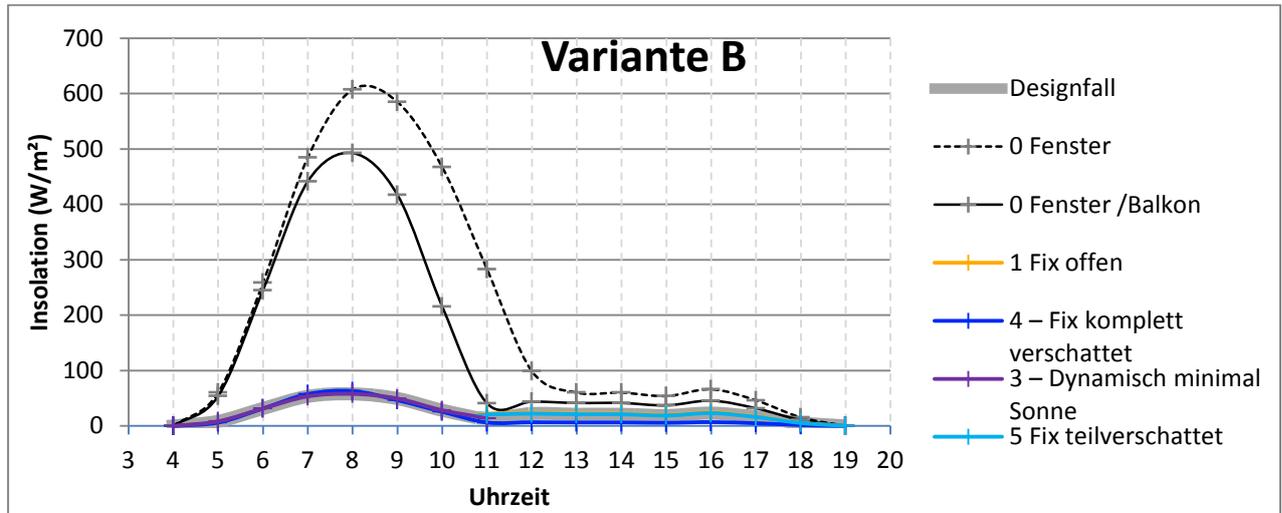
Variante D ist klar besser als alle anderen Varianten, ließe unverschattet aber immer noch mehr Strahlung ein als A und B.

5.2.4. 27. Juli – total sonnig

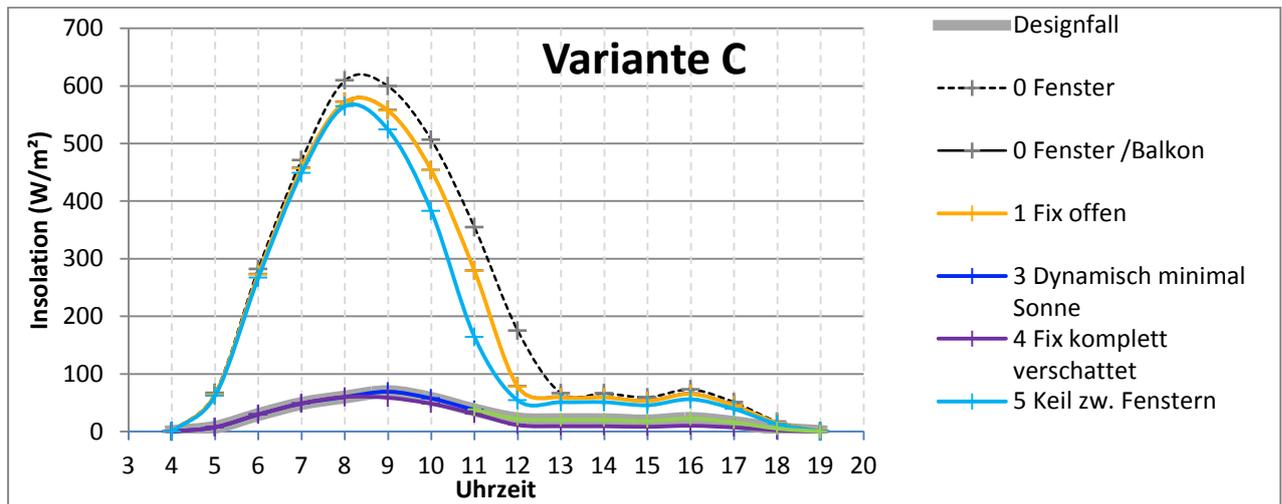
5.2.4.1. Variante A



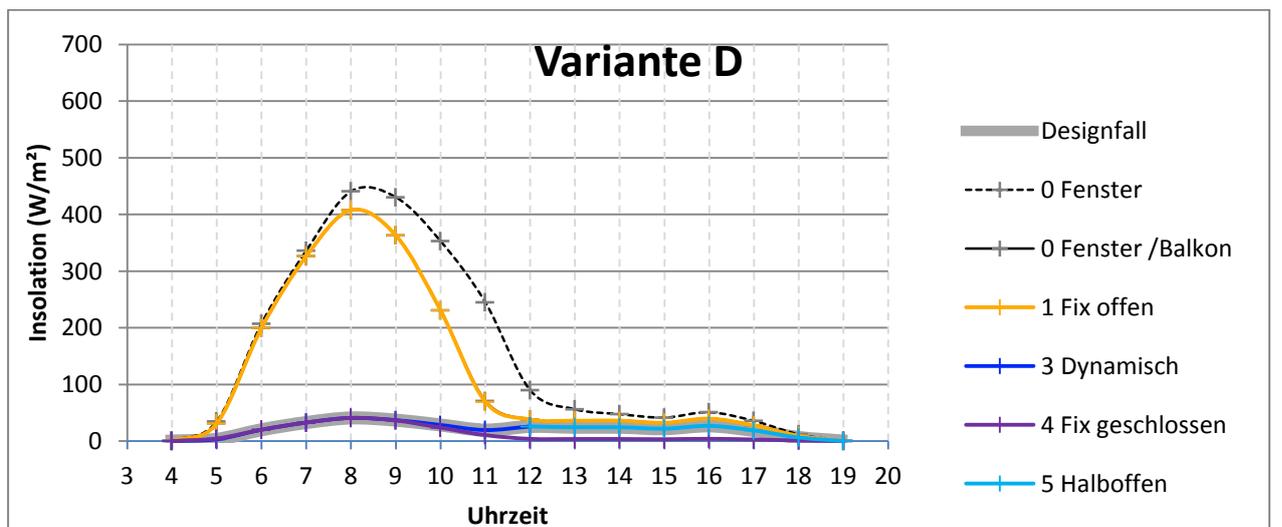
5.2.4.2. Variante B



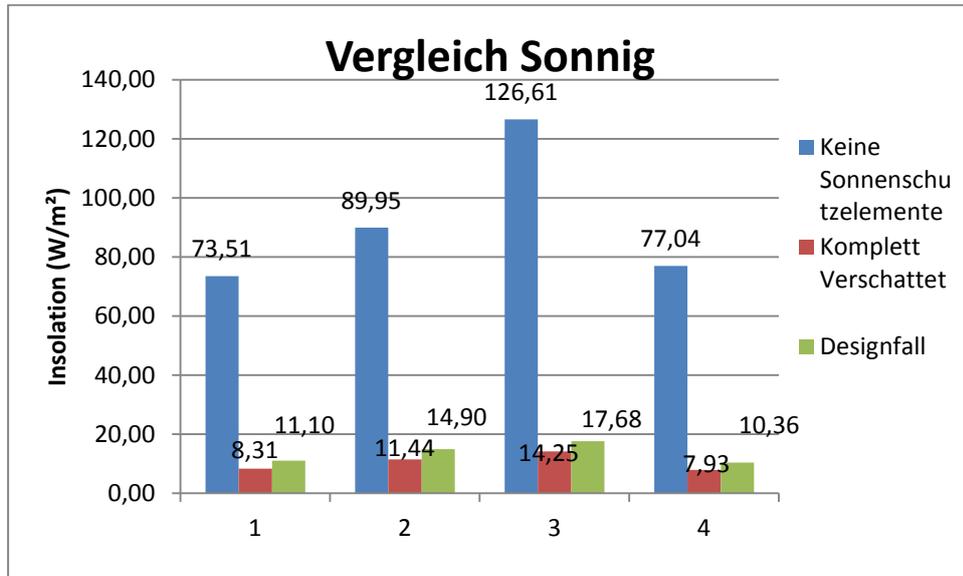
5.2.4.3. Variante C



5.2.4.4. Variante D



5.2.4.5. Diskussion



Tagesmittelwerte

0-24h

| Insolation (W/m) | Keine Sonnenschutzelemente | Komplette Verschattung | Designfall |
|------------------|----------------------------|------------------------|------------|
| Variante A | 73.51 | 8.31 | 11.10 |
| Variante B | 89.95 | 11.44 | 14.90 |
| Variante C | 126.61 | 14.25 | 17.68 |
| Variante D | 77.04 | 7.93 | 10.36 |

5.3. Fazit

Ausgehend von Variante A, welche als Standard angesehen wird, verbessern alle drei untersuchten Fassadengeometrien den Strahlungseinfall – sowohl im Winter als auch im Sommer.

Variante C erreicht sogar fast doppelt so hohe Werte. Im Sommer lässt sich diese sehr hohe Strahlung dann aber nicht ausreichend abschatten. Das macht Variante C zwar für den Wohnbau interessant, für den Einsatz in Bürogebäuden ist sie aber schwierig einsetzbar.

Die Fassadengeometrien von Variante B und D erreichen ähnliche Werte. Variante B ist allerdings schwer effizient zu verschatten als auch unverschattet zu lassen.

Variante D hat die effizienteste Verschattung. Als einzige Variante erhöht sie sowohl die Strahlung im Winter (um ca. 32%) und als auch verringert sie im Sommer (um ca. 7%). Das, gemeinsam mit der zu erwartend guten Durchlüftbarkeit, lassen eine signifikante Verbesserung zur Standardfassade erwarten.

6. Appendix

ShadingMask resolution 1,5,5:

1= Fenster werden mit 10x10=100 Punkten gesampled.

5,5 = shadingmask resolution 5° azimuth and 5° altitude increments

ground reflection = 0: ECOTECT nimmt für Bodenreflexionen einen fixen Reflexionskoeffizienten von 0.2 an. Unabhängig vom Verschattungsgrad erhalten alle senkrechten Flächen dadurch immer ca. 10% der verfügbaren Diffusstrahlung ($0.2/2=0.1=10\%$, weil für senkrechte Flächen nur der halbe Skydome relevant ist). Diese Vereinfachung liefert insbesondere für die Vollverschattungsfälle unphysikalische Ergebnisse.

6.1. Materialeigenschaften

Vordach Material „Plaster_Insulation_Suspended“

- Transmittance („visible Transmittance“): **0.0**
- Reflexivity: **0.502**
- Emissivity: 0.9
- U-Value: 0.5
- Admittance: 0.9
- Solar Absorption: 0.548

Rahmen Material: „FramedPlasterboard“ s.o.

6.1.1. Variante A

Tagged as Reflectors: unteres Vordach und Fensterrahmen

6.1.2. Variante B

Tagged as Reflectors: unteres Vordach und schmale Fläche rechts des Fensters.

6.1.3. Variante C

Tagged as Reflectors: unteres Vordach

6.1.4. Variante D

Tagged as Reflectors: unteres Vordach sowie die Wände in denen die beiden Fenster sitzen.

6.2. Script Commands

NICHT AKTUELL!!

6.2.1. Allgemein

| runCustom(season, startHour, stopHour, dynamische Verschattung, text): | |
|--|---|
| season | „winter“ ... 15.Nov-15.Feb „summer“ ... 1.Juni-15.Sept |
| startHour | 0-24 ... Start Zeitpunkt der täglichen Simulation |
| stopHour | 0-24 ...Endzeitpunkt der tägl. Simul. 11 zB bedeutet bis INCL. Elf uhr |
| dynamischeVersch | 0 ... keine Shading Mask Updates 1 ... Shading Mask Updates bei jedem timestep |

| | |
|------|--|
| Text | Lässt am Ende der Simulation einen text ausgeben, zur beschriftung |
|------|--|

6.2.2. Variante A

| | |
|-------------|---|
| setState(0) | fix zusammengeschoben zw. Fenstern |
| setState(1) | Folgt dem Sonnenstand vollkommen unverschattend. Bei Einfallwinkel über 85 Grad wird nicht nachgeführt, Panele stehen dann genau zwischen den Fenstern |
| setState(2) | Verschattet voll mit zwei Panele und folgt der Sonne, Bei Einfallwinkel über 85 Grad wird nicht nachgeführt, Panele stehen dann direkt vor den Fenstern |
| setState(3) | Panele sind auf voll ausgefahren, Vollverschattung |
| setState(4) | Panele sind 2/3 ausgefahren und stehen fix halb vor Fenstern, halb dazwischen |

6.2.3. Variante B

| | |
|-------------------------|---|
| setState(„fixopen“) | Elemente stehen normal zur Fensterfläche |
| setState(„open“) | Vormittags dynamisch unverschattend, nachmittags wie „fixopen“ |
| setState(„block+open“) | Vormittags dynamisch vollverschattend, nachmittags normal wie „fixopen“ |
| setState(„block+close“) | Vormittags dynamisch verschattend, nachmittags komplett geschlossen |
| setState(„closed“) | Komplett geschlossen |

6.2.4. Variante C

| | |
|------------------------|---|
| setState(„open“) | Flügel stehen zwischen Fenstern zusammengeklappt |
| setState(„diffuse“) | Flügel bilden spitzen Keil zwischen Fenstern |
| setState(„trace+open“) | Vormittags dynamisch vollverschattend. Winkel sind so geregelt, dass es zu keiner Schattenüberlappung der beiden Flügel kommt. Die Flügel sind unter der Prämisse der direkten Vollverschattung immer maximal geöffnet. Geht zu Mittag in Fall „open“ über. |
| setState(„closed“) | Flügel sind vor Fenstern zusammengeklappt |