

Gutachten

Besonnungsverhältnisse bei Realisierung des Bebauungsplanentwurfes Nr. 43 „Blotenberg“ in Werther (Westf.)

Auftraggeber:

Stadt Werther (Westf.)

Mühlenstraße 2

33824 Werther (Westf.)

Pinneberg, den 25. November 2014

Version 1.0

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung	3
2. Bewertungsgrundlagen	6
3. Methodik und Untersuchungsumfang	8
4. Eingangsdaten der Modellrechnungen	10
5. Berechnungsergebnisse	15
5.1. Sonnenstunden an den Stichtagen 17. Januar und 21. März	15
5.2. Globalstrahlung und Verschattung	23
5.3. Optimale Azimut- und Neigungswinkel von Dachflächen	46
6. Bewertung und Empfehlungen	48
Literatur	51

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

1. Aufgabenstellung

Die Stadt Werther (Westf.) erarbeitet derzeit den Bebauungsplan Nr. 43 „Blotenberg“. Das Plangebiet (Abb. 1) grenzt südlich an den bebauten Kernbereich von Werther an. Es handelt sich im Wesentlichen um den Bereich der Ackerfläche südlich des Hofes Overbeck. Nach Nordwesten wird das Plangebiet von dem Teutoburger-Wald-Weg und nach Nordosten von der Bielefelder Straße begrenzt. Im Osten und Süden schließt ein Baumstreifen bzw. ein Wald das Plangebiet ab und im Südwesten endet es am Gelände des Diakoniewerks Werther Waldheimat. Insgesamt handelt es sich um eine Fläche von etwa 5 ha.

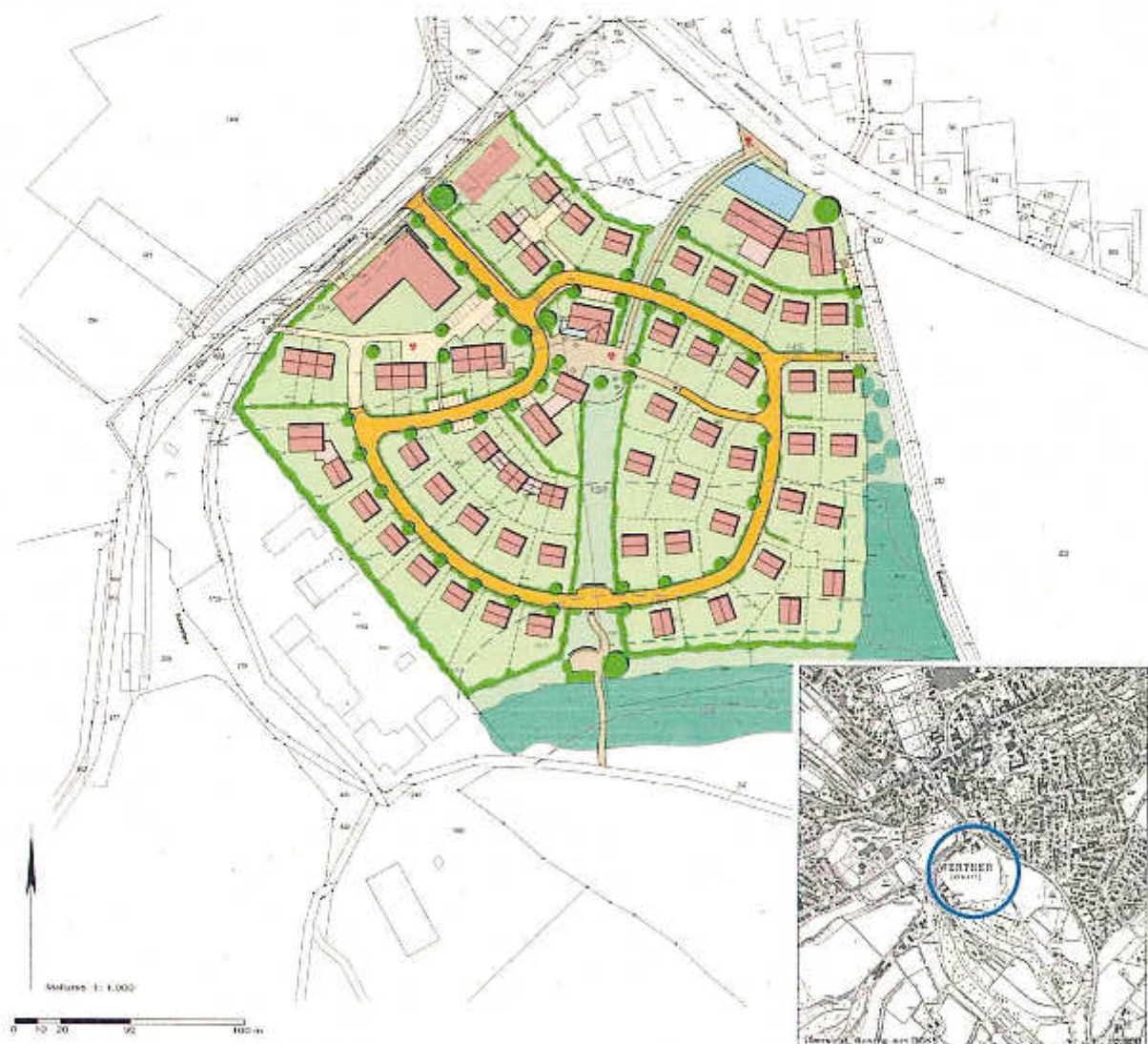


Abbildung 1: Rahmenkonzept zum B-Planentwurf Nr. 43 „Blotenberg“ mit beispielhafter Bebauung, Erschließung und Grünplanung.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Mit dem Bebauungsplan „Blotenberg“ sollen neue Flächen vorwiegend für Wohnbebauung ausgewiesen werden. In begrenztem Umfang sind weitere Nutzungen möglich, insbesondere entlang der Bielefelder Straße und des Teutoburger-Wald-Weges.

Die Grundrisse der bestehenden Bebauung sind in der Abbildung 1 mit grauen Linien dargestellt. Eine mögliche Anordnung und Größe der künftigen Bebauung ist anhand der braunen Farbflächen vorgegeben. Gegliedert wird der Planbereich durch Erschließungswege und Grünstreifen / Hecken. Die Höhe der künftigen Bebauung ist noch nicht abschließend geregelt. Möglich wäre sowohl eine 1 ½- als auch eine 2 ½-geschossige Bebauung.

Das Plangebiet liegt am nordwestlichen Hang des Blotenbergs, der von rund 140 m NHN bei Hof Overbeck bis auf maximal 175 m NHN ansteigt. Nach Südwesten hin schließen sich bereits in 1 km Entfernung die nordöstlichen Ausläufer des Teutoburger Waldes an, die im Bereich des Hengebergs eine Höhe von bis zu 316 m NHN erreichen. Möglicherweise könnte also das Geländere relief in den Wintermonaten bei niedrig stehender Sonne zu einer größeren Verschattung bzw. reduzierten Sonnenscheindauer im Vergleich zu einer ebenen, freien Lage beitragen. Hinzu kommt, dass es sich bei dem südlich angrenzenden Waldbestand um einen älteren Wald mit Baumhöhen von mindestens 20 m handelt. Insbesondere im südlichen Plangebiet dürfte der Wald deshalb zu einer erheblichen Verschattung führen. Und schließlich verschatten sich in einer Siedlung auch die Gebäude gegenseitig, wobei die unterschiedlich hohe Lage am Hang sowie die Bauhöhen eine weitere Rolle spielen können. Aus diesen Überlegungen heraus hat der Planungsausschuss der Stadt Werther beschlossen, neben möglichen Auswirkungen der vorgesehenen Bebauung hinsichtlich klimatischer Veränderungen auch die Verschattung und die solarenergetischen Möglichkeiten im Plangebiet untersuchen zu lassen.

Aufgabe des vorliegenden Gutachtens ist es, mögliche Verschattungseinflüsse durch das umgebende Geländere relief, den angrenzenden Waldbestand sowie durch Bestands- und Plangebäude auf Basis von Simulationsrechnungen in ihrer räumlichen Verteilung im Plangebiet zu quantifizieren und zu bewerten. Als Referenz dient dabei die maximal mögliche Besonnung für ein ebenes, unverschattetes Gelände.

Die Bewertung erfolgt einerseits anhand von DIN-Normen für die Mindestbesonnung von Wohnräumen, andererseits anhand relativer Differenzen in der solarenergetisch nutzbaren Globalstrahlung. Schließlich ist anhand von Vergleichsrechnungen für eine 1 ½- und eine 2 ½-geschossige Bebauung zu untersuchen, wie sich unterschiedliche Bebauungshöhen auf gesunde Wohnverhältnisse hinsichtlich einer ausreichenden Besonnung, aber auch hinsichtlich solarenergetischer Nutzungsmöglichkeiten auswirken.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Dieses Verschattungsgutachten basiert auf den folgenden Unterlagen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden:

- Rahmenplan, Variante 4a zum Bebauungsplan Nr. 43, Maßstab 1:1.000 („43-Rahmenplan V4a_130926.pdf“)
- Digitaler Lageplan der Bestands- und Planbebauung gemäß Rahmenplan („B-Plan_20140805.dxf“)
- Digitales Geländemodell DGM10 in 10 m Rasterauflösung für ein Gebiet von 12x12 km² („dgm10_32xxx_5yyy_2_nw.xyz“)
- 3d-Stadtmodell Kreis Gütersloh zur Visualisierung der Gebäudestrukturen im Plangebiet und Umgebung, zugänglich unter www.geoportal.kreis-guetersloh.de

Daneben standen als eigene Datenbasis

- Digitales Landschaftsmodell GlobDEM50 in 50 m Rasterauflösung der Fa. metSoft, Heilbronn
- Luftaufnahmen aus Google Earth

zur Verfügung. Außerdem wurden die Örtlichkeiten bei einem Ortstermin am 7.11.2013 besichtigt.

2. Bewertungsgrundlagen

Zur Bewertung der Relevanz von Verschattungen existieren keine eindeutigen rechtlichen Regelungen, wie beispielsweise gesetzliche Grenzwerte für Mindest-Besonnungszeiten oder Einstrahlungssummen.

Als technische Regel benennt die DIN 5034 [1] als Voraussetzung für „Gesundheit und Wohlbefinden“ Mindestzeiten der Besonnung von Aufenthaltsräumen zu bestimmten Stichtagen. Demnach soll mindestens ein Wohnraum jeder Wohneinheit am 17. Januar mindestens eine Stunde und zur Tag- und Nachtgleiche (21.3. und 23.9.) mindestens vier Stunden direkte Sonneneinstrahlung erhalten. Dieses technische Regelwerk ist zwar baurechtlich nicht verbindlich, wird aber regelmäßig zur Bewertung von Verschattungswirkungen bspw. im Rahmen von B-Planverfahren angewendet. Allerdings wird die DIN 5034 mit einer einfachen Stichtagregelung auch nicht den Komplexitäten jedes Einzelfalls und der unterschiedlichen städtischen oder ländlichen Lage von Untersuchungsgebieten gerecht. So werden die DIN-Anforderungen in innerstädtisch verdichteter Bebauung häufig schon innerhalb der gewachsenen Bestandsbebauung verletzt und können bei Neubauvorhaben nicht mehr erfüllt werden. Im ländlichen Bereich mit vergleichsweise offener Bebauung greifen dagegen die Anforderungen der DIN kaum.

Aus dieser Problematik heraus kristallisieren sich aus der laufenden Rechtsprechung von Bundes- und Landesverwaltungsgerichten der letzten Jahre Bewertungskriterien heraus, die sich eher an *relativen* Änderungen der Besonnungsverhältnisse durch Baumaßnahmen statt an *absoluten* Daten zu Stichtagen orientieren. In stark verdichteten Innenstadtlagen kann sogar die Unterschreitung der Mindestbesonnung am 21.3. / 23.9. in gewissem Rahmen hinnehmbar sein (OVG Berlin 27.10.2004, 2 S 43.04). Dagegen wird in weniger verdichteten Lagen eher auf die Zumutbarkeit der relativen Änderung von Besonnung und Verschattung geachtet. Das BVerwG hat in Präzedenzfällen (23.2.2005, 4 A 4.04 und 23.2.2005, 4 A 2.04) eine Verminderung der Einstrahlung in den strahlungsarmen Wintermonaten um 13 % als noch zumutbar, um 30 % jedoch als nicht mehr zumutbar bewertet.

Diese Bewertungskriterien aus der Rechtsprechung beziehen sich jedoch auf die Verschattung einer *Bestandsbebauung* durch Neubauten. Sie eignen sich daher nicht für die Bewertung der Verhältnisse innerhalb eines insgesamt *neu* entstehenden Wohngebietes. Zudem geht es im vorliegenden Fall (neben der Bewertung „gesunder Wohnverhältnisse“) auch um die Frage einer wirtschaftlich noch sinnvollen solarenergetischen Nutzung. Diese hängt neben der Art der Anlage (Solarthermie, Photovoltaik) und technischen Kenngrößen auch von der energetisch

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

verfügbaren solaren Einstrahlung ab. Ideal wäre deshalb die Quantifizierung der tatsächlichen Globalstrahlung unter Berücksichtigung der Verschattungseinflüsse. Eine solche Berechnung wäre zwar möglich, aber mit erheblichen Unsicherheiten verbunden, da die realen Bewölkungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet in ihrer zeitlichen Variabilität nicht bekannt sind.

Als Bewertungskriterium für die solarenergetischen Nutzungsmöglichkeiten wird daher im Rahmen dieser Untersuchung der prozentuale Anteil an der maximal verfügbaren solaren Einstrahlung berechnet. Als Referenzwert (100 %) wird die astronomisch mögliche Einstrahlung in einem ebenen Gelände ohne Verschattung herangezogen.

3. Methodik und Untersuchungsumfang

Die Sonneneinstrahlung wird nach unterschiedlichen Strahlungsanteilen unterschieden. Die Summe aller auf einer Empfangsfläche (hier: Erd- oder Dachoberfläche oder Hausfassaden) eintreffenden kurzwelligen Strahlungsflüsse wird als *Globalstrahlung* bezeichnet. Diese setzt sich aus der direkt von der Sonne kommenden *Direkteinstrahlung* (am scharfen Schatten erkennbar) und der ungerichteten *Diffusstrahlung* zusammen, die aus der Streuung des Sonnenlichts in der Atmosphäre resultiert. Die Diffusstrahlung ist nicht gleichmäßig über den Himmel verteilt, sondern weist Intensitätsmaxima in der Sonnenumgebung und dem Zenit auf. Sie wird daher nach isotropen und anisotropen Anteilen unterschieden. Die vom Erdboden, Horizonteinschränkungen oder anderen Hindernissen *reflektierte Globalstrahlung* kann je nach vertikalem Neigungswinkel einer Empfangsfläche einen nicht vernachlässigbaren Anteil an der gesamten empfangenen Globalstrahlung ausmachen. Die reflektierte Globalstrahlung ist einerseits von dem Reflektionsvermögen der Oberflächen („Albedo“) abhängig, andererseits aber auch von der Stärke der dort auftreffenden Globalstrahlung – somit also dem höchst komplexen Wechselspiel gegenseitiger Verschattung und Vielfachreflektion.

Die Berechnung der Einstrahlungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet „Blotenberg“ erfolgt mit dem Simulationsmodell METSUN in der Version 3.6. Dieses Modell ist eine programmtechnische Eigenentwicklung und beruht auf frei zugänglichen, veröffentlichten Berechnungsansätzen [2], [3], [4], [5] und VDI-Richtlinien [6], [7]. Verifikationsrechnungen mit METSUN wurden in [8] veröffentlicht. Das Modell entspricht mit den implementierten Berechnungsansätzen dem heutigen technischen Stand.

METSUN berechnet kurzwellige Strahlungsflüsse auf beliebig orientierte Flächen unter Berücksichtigung von Verschattungen sowohl durch Orographie als auch durch andere Hindernisse, wie z. B. Gebäude oder Bäume. Dabei wird nach direkter, diffuser (isotrope und anisotrope) und reflektierter Strahlung unterschieden. Zusätzlich steht als Berechnungsergebnis der prozentuale Anteil der Verschattungstunden an den astronomisch möglichen Sonnenstunden zur Verfügung.

Die Strahlungsberechnung erfolgt für diskrete Empfangspunkte auf Empfangsflächen. Die Anzahl und Größe von ebenen Empfangsflächen und deren Orientierung im Raum ist frei wählbar, ebenso die räumliche Auflösung dieser Flächen in Empfangspunkte. Abschattende Objekte sind immer als ebene Drei- oder Vierecke beliebiger Lage im Raum definiert. Räumliche Objekte werden durch eine beliebige Anzahl von Objektoberflächen angenähert.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Das Modell kann entweder die astronomisch möglichen Strahlungsflüsse, ggf. unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Zeitreihe der Bewölkungsverhältnisse, oder die realen Strahlungsflüsse unter Vorgabe einer gemessenen Zeitreihe der Globalstrahlung berechnen.

Bei Vorgabe einer gemessenen Jahreszeitreihe der Globalstrahlung lassen sich zwar die einzelnen Strahlungsflüsse unter dem Verschattungseinfluss recht genau berechnen. Sie gelten aber nur für das betrachtete Jahr und lassen sich nicht ohne weiteres auf die mittleren Verhältnisse zukünftiger Jahre übertragen. Zudem kann die räumliche Übertragung der Messdaten von einer möglicherweise weit entfernt gelegenen Messstation mit erheblichen Fehlern verbunden sein. Im Rahmen dieses Gutachtens werden deshalb die astronomisch möglichen Strahlungsflüsse bei ganzjährig unbewölktem Himmel betrachtet.

Die Berechnungen erfolgen für zwei Varianten:

1. „G1“:

Plangebäude im Bereich des Bebauungsplans werden 1 ½-geschossig ausgeführt.

2. „G2“:

Plangebäude im Bereich des Bebauungsplans werden 2 ½-geschossig ausgeführt.

Die für beide Varianten berechneten Sonnenscheindauer, Globalstrahlungen und Verschattungsanteile auf Flächen unterschiedlicher Höhen, die repräsentativ für das Erdgeschoss und mittlere Dachhöhen sind, werden einander gegenübergestellt und bewertet. Anhand eines Vergleichs der Rechnungen für beide Varianten lassen sich Empfehlungen bezüglich einer, ggf. innerhalb des Plangebiets unterschiedlichen, optimalen Geschossigkeit aussprechen.

4. Eingangsdaten der Modellrechnungen

Die Gebäude im Untersuchungsgebiet und dessen näherer Umgebung wurden für die Modellrechnungen auf Basis der eingangs genannten Planunterlagen als digitales dreidimensionales Modell erstellt. Höhenangaben zu den Gebäuden sind in den Lageplänen nicht enthalten. Hinsichtlich der Plangebäude wurden von der Stadt Werther (Mail Herr Kreyensiek vom 18.9.2014) folgende Höhen vorgegeben:

- Variante G1 (1 ½ Geschosse): Traufhöhe 4,2 m, Firsthöhe 9,0 m
- Variante G2 (2 ½ Geschosse): Traufhöhe 6,5 m, Firsthöhe 11,5 m

Die Höhe der Bestandsgebäude wurde anhand des 3d-Stadtmodells, ergänzt durch Fotos und Luftaufnahmen abgeschätzt. Das auf dieser Basis erstellte 3D-Modell liegt im modellspezifischen Datenformat von METSUN vor.

In der Abbildung 2 sind alle in die Berechnungen eingehenden Gebäude farbig eingefärbt vor dem Hintergrund des Lageplans dargestellt. Es handelt sich dabei um die geplanten Neubauten sowie um Gebäude in der Umgebung des Plangebietes, von denen entweder eine relevante Verschattung auf das Plangebiet ausgehen könnte oder die potentiell von der Bebauung im Plangebiet betroffen sein könnten. Aufgrund der allgemein niedrigen Bauhöhen handelt es sich nur um wenige Bestandsgebäude in der Nachbarschaft. Nach Westen und Osten kann bei niedrigem Sonnenstand eine Verschattungswirkung weiter reichen als bei hohem Sonnenstand im Süden. Deshalb werden die Gebäude nördlich von Plangebiet und Bielefelder Straße nicht mehr betrachtet. Kleine und niedrige Anbauten, Carports, etc. gehen ebenfalls nicht in die Berechnung ein, weil diese in der Regel bei der höheren umgebenden Bebauung ab wenigen Metern Entfernung keinen eigenen Beitrag mehr zur Verschattung beitragen.

Alle Gebäude werden im Modell als Quader, ggf. mit aufgesetztem Satteldach digitalisiert oder aus solchen Elementen zusammengesetzt. Geringfügige Abweichungen der Dachformen (z.B. Krüppelwalm statt Sattel) oder Gebäudevorsprünge (z.B. Erker) sind bezüglich der Abschattungseffekte vernachlässigbar, insbesondere bei größerer Entfernung.

Die blauen Dreiecke in Abbildung 2 markieren sechs Punkte, für die exemplarisch eine optimale Dachausrichtung berechnet wurde, um unter den gegebenen Verschattungsbedingungen eine maximale Strahlungsausbeute zu erzielen.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“


Abbildung 2: Lageplan mit Grundrissen der in den METSUN-Simulationen berücksichtigten Bestands- und Plangebäude (braun). Punkte zur Berechnung optimaler Ausrichtung von Dachflächen sind mit „OP1“ bis „OP6“ markiert.

Der Wald auf dem Blotenberg, der südlich und östlich bis an das Plangebiet heranreicht, wird in den Simulationsrechnungen in seiner abschattenden Wirkung berücksichtigt. Aufgrund der Dichte des Baumbestandes und der Größe der Bestandsfläche ist bei tiefstehender Sonne der Waldbestand auch im Winter praktisch undurchlässig für die solare Einstrahlung. Diese Annahme stimmt in sehr guter Näherung für die außerhalb des Waldes liegenden Flächen.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Dicht am Waldrand oder innerhalb des Waldes kann dagegen bei höher stehender Sonne noch ein nennenswerter Anteil der Strahlung den Boden erreichen. Deshalb dürfen die Ergebnisse der Simulationsrechnungen nicht innerhalb des Waldbestandes oder direkt am Waldrand bewertet werden und sind daher in den späteren Abbildungen ausgeschnitten. Neben dem flächigen Waldbestand gehen auch die Baumbestände im Zuge des Teutoburger-Wald-Weges in die Berechnungen ein. Über die Höhe der unterschiedlichen Baumbestände liegen keine Daten vor, so dass eine durchschnittliche Höhe von 20 m angesetzt wird.

Sonstige einzelne Bäume oder Baumgruppen werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Auch wenn später neue Anpflanzungen von Bäumen und Gehölzgruppen innerhalb des Plangebiets zu weiteren Verschattungen führen werden, so könnten hierüber nur willkürliche und spekulative Annahmen getroffen werden, die hinsichtlich der Bewertung und Empfehlungen zu den geplanten Baustrukturen nicht zielführend wären.

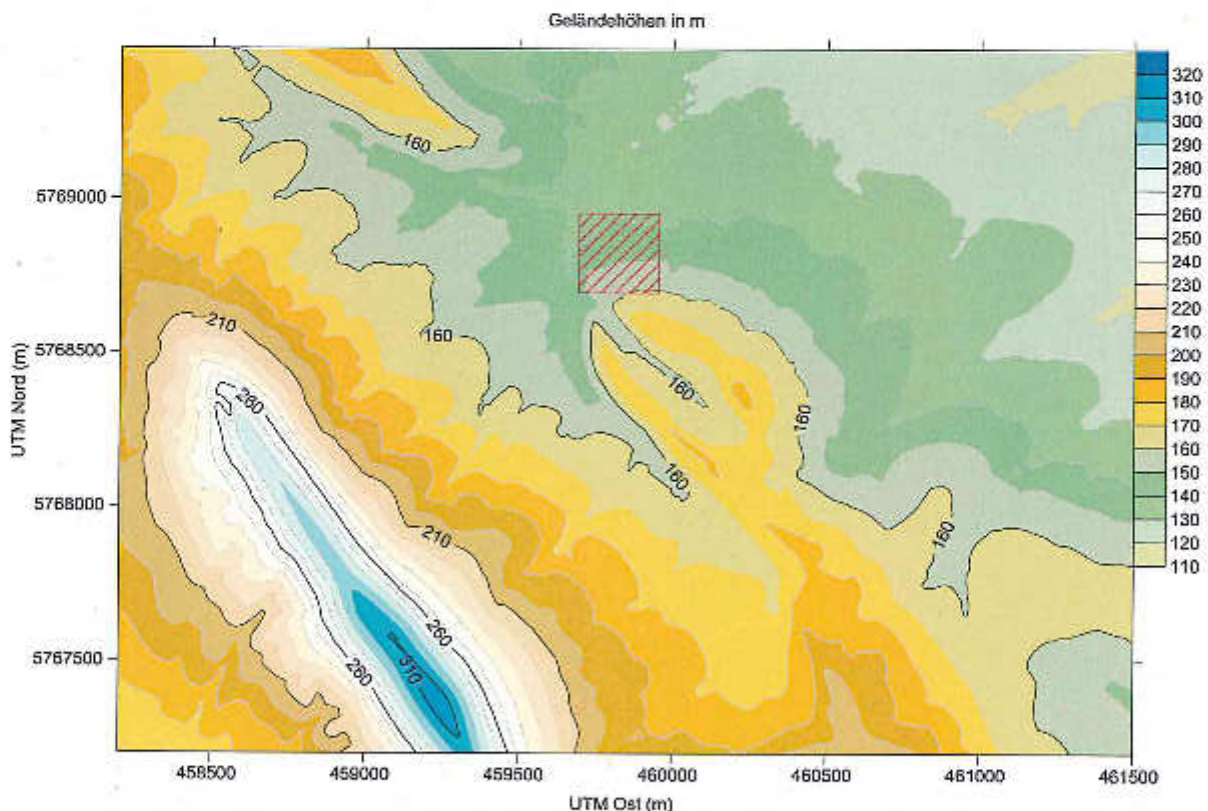


Abbildung 3: In METSUN berücksichtigte Geländehöhen der Umgebung in m NHN. Die Lage des Plangebietes ist rot schraffiert.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Abbildung 3 zeigt den Gebietsausschnitt mit Geländehöhen über NHN, der in den Modellrechnungen berücksichtigt wird. Die Lage des Plangebietes ist darin rot schraffiert. Eine Abschattung der direkten Sonneneinstrahlung dürfte höchstens im Winterhalbjahr in den Abendstunden bei tiefstehender Sonne im Südwesten eine Rolle spielen. Jedoch wird auch die Reduzierung der diffusen Einstrahlung durch Abschattung eines Teils der südwestlichen Hemisphäre in den Simulationen berücksichtigt.

Das Modell METSUN berechnet die solare Einstrahlung auf vorab definierten Empfangsflächen, die beliebig im Raum orientiert sein können, jedoch immer eben sein müssen. Wegen limitierter Rechenkapazitäten und aus Gründen der Darstellungsmöglichkeiten ist es sinnvoll, sich auf eine Auswahl repräsentativer Empfangsflächen zu beschränken, die wie folgt definiert wurden:

1. Eine horizontale Fläche von 295 m x 300 m in einer Höhe von 2 m über Grund bei einer räumlichen Auflösung von 1 m. Die Höhe über Grund entspricht etwa dem Niveau von Erdgeschossfenstern. Diese Empfangsfläche deckt den Bereich des Plangebietes in seiner maximalen West-Ost- und Nord-Südausdehnung ab, wie er in Abbildung 2 rot gestrichelt ist.
2. Eine horizontale Fläche mit identischer Ausdehnung und Auflösung, aber in einer Höhe von 6 m über Grund. Diese Höhe soll den mittleren Höhenbereich eines Satteldachs bei 1 ½-geschossiger Bebauung repräsentieren.
3. Eine horizontale Fläche mit identischer Ausdehnung und Auflösung, aber in einer Höhe von 9 m über Grund. Diese Höhe soll den mittleren Höhenbereich eines Satteldachs bei 2 ½-geschossiger Bebauung repräsentieren.

Auf diesen drei horizontalen Empfangsflächen wird von METSUN die einfallende Sonnenstrahlung an diskreten Punkten in den angegebenen Rasterabstand von 1 m berechnet, also an insgesamt 265.500 Punkten. Daneben wird an den in Abbildung 2 markierten Punkten „OP1“ bis „OP6“ ebenfalls die Einstrahlung auf jeweils sehr kleine Empfangsflächen von 1 m² berechnet. Allerdings wird in diesen Rechnungen deren Himmelsausrichtung sowie Neigung systematisch in kleinen Schritten variiert und das Verhältnis der Globalstrahlung auf die geneigte und verschattete Fläche im Verhältnis zu einer ungestörten Einstrahlung auf eine horizontale Fläche berechnet. Damit lässt sich, abhängig von der Position im Plangebiet, eine für solarenergetische Nutzung optimale Ausrichtung der Dachflächen angeben.

Die Strahlungsberechnungen werden für ein ganzes Jahr in einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten durchgeführt. Die Berechnung der Einstrahlung und Abschattung erfolgt dabei in diskreten Raumwinkelementen. Hierzu wird die Himmelshalbkugel in jeweils 720 Azimut- und Zenitsegmente aufgeteilt; die horizontale Auflösung beträgt somit 0,5°, die vertikale 0,25°.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Als geographischer Bezugspunkt für die Berechnung des Sonnengangs wird eine östliche Länge von $8^{\circ} 24' 53''$ und eine nördliche Breite von $52^{\circ} 04' 07''$ verwendet. Monatliche Mittelwerte für den Trübungsgrad der Atmosphäre (Linke-Trübungsfaktoren) werden nach [9] gesetzt.

5. Berechnungsergebnisse

5.1. Sonnenstunden an den Stichtagen 17. Januar und 21. März

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Anzahl der astronomisch möglichen Sonnenstunden, wie sie für den 17. Januar bzw. den 21. März und für eine Höhe von 2 m über Grund in den Varianten G1 und G2 berechnet werden. Diese Höhe über Grund entspricht in etwa dem Niveau von Fenstern im Erdgeschoss. In allen Abbildungen sind die Bereiche mit dichtem, hohem Baumbestand ausgeschnitten, weil die Berechnungsergebnisse zwischen den Bäumen bzw. direkt am Waldrand nicht belastbar sind. Die Farbskalen sind in allen Abbildungen einheitlich.

Ohne Verschattung durch Gebäude, Bäume oder Wolken sind am 17. Januar mehr als 8 Stunden Sonnenschein möglich und am 21. März gut 12 Stunden. Diese maximalen Besonnungszeiten entsprechen am 17. Januar dem dunkelroten Farbton, am 21. März hellgelb bis weißen Farbflächen. Sie werden im gesamten Rechengebiet nicht erreicht. Im Nordosten reichen die berechneten Sonnenstunden zwar fast bis an die theoretisch möglichen Werte heran, dort fehlen aber einige Gebäude, weil sie im eigentlichen Untersuchungsgebiet keinen Beitrag zur Verschattung leisten.

Da die Sonne im Januar im Südosten auf- und im Südwesten untergeht (21. März: Osten / Westen), können Gebäudefassaden mit Nordwest- bis Nordostausrichtung überhaupt keine direkte Sonneneinstrahlung erhalten, was in den Abbildungen deutlich an allen entsprechend orientierten Gebäuden an den dunkelblauen Farbflächen (Sonnenscheindauer 0 bis 1 Std.) erkennbar ist. Fassaden, die von Südost bis Südwest orientiert sind, können dagegen sogar im Januar in den Genuss von bis zu 8 Sonnenstunden kommen, sofern keine Nachbargebäude abschatten. Das ist allerdings an keinem Gebäude der Fall. Die nach DIN 5034 geforderte Mindest-Besonnung von 1 Stunde am 17. Januar zeigt sich an mindestens hellblauen Farbtönen. Am 21. März ist die Überschreitung einer Mindestbesonnung von 4 Stunden in den Abbildungen aus den hellgrün / rot / gelben Farbzonen ersichtlich.

Bereits bei Variante G1 (1 ½-geschossige Bebauung) wird an 13 der geplanten Gebäude an keinem Fenster im Erdgeschoss eine Mindest-Besonnung von 1 Stunde am 17. Januar erreicht (Abb. 4a). Es handelt sich um die Gebäude im südöstlichen Plangebiet, die im Winter auch tagsüber überwiegend im Schatten des Hochwaldes liegen. Verschattung durch benachbarte Gebäude mag zusätzlich einen kleinen Beitrag leisten. Die direkt nördlich und westlich benachbarten Gebäude erhalten zumindest an einer Hausfassade die nach DIN 5034

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

erforderliche Mindestbesonnung. Im übrigen Plangebiet ist die Dauer der Besonnung vor allem von der Lage und Entfernung zu Nachbargebäuden abhängig, liegt aber meist an mindestens einer Fassade im Bereich von 3 bis 4 Stunden und damit klar über den Anforderungen der DIN 5034.

Bei 2 ½-geschossiger Bebauung (Variante G2) nimmt natürlich die Verschattung auf die Nachbarbebauung zu (Abb. 4b). Im zentralen und östlichen Plangebiet kommen dadurch 14 Häuser hinzu, an denen sich die Besonnung am 17. Januar so reduziert, dass an allen Fassaden die Besonnungsdauer von 1 Stunde nicht mehr erreicht oder zumindest nur knapp überschritten wird. Diese Gebäude sind in der Abbildung mit einem weißen Stern gekennzeichnet. Ursächlich für die kritische Reduzierung der Besonnungsdauer an den weiß markierten Häusern ist die Erhöhung um ein Geschoss vor allem bei den Häusern, die von den weißen Linien umschlossen sind.

In der Abbildung 4c wird die Besonnungsdauer für den 17. Januar bei einer 2 ½-geschossigen Bebauung in einem Niveau von 6 m über Grund, also näherungsweise dem 1. OG gezeigt. Es verbleiben 6 Häuser am Waldrand, die selbst im 1. OG am 17. Januar nicht die erforderliche Mindestbesonnung erhalten. Dennoch erhalten diese Häuser natürlich in den Wintermonaten im 1. OG eine höhere Besonnung als im EG.

Kombiniert man die Auswertungen der Abbildungen 4a bis 4c, so lassen sich für die in Abb. 4c farblich markierten Häuser folgende Schlussfolgerungen ziehen, die später in den Empfehlungen zu berücksichtigen sein werden:

- weiß markiert: Bei 2 ½-geschossiger Bauweise werden zwar auch im Obergeschoss die Anforderungen der DIN 5034 am 17.1. nicht erreicht. Dennoch wird gegenüber der 1 ½-geschossigen Bebauung eine Verbesserung der Besonnung in einigen Wohnräumen erreicht, ohne benachbarte Gebäude dadurch übermäßig zu verschatten.
- grün markiert: Bei 2 ½-geschossiger Bauweise werden im Obergeschoss die Anforderungen der DIN 5034 am 17.1. erreicht. Gegenüber der 1 ½-geschossigen Bebauung werden benachbarte Gebäude nicht übermäßig verschattet.
- rot markiert: Bei 2 ½-geschossiger Bauweise werden zwar im Obergeschoss die Anforderungen der DIN 5034 am 17.1. erreicht. Allerdings werden dadurch gegenüber der 1 ½-geschossigen Bebauung benachbarte Gebäude so zusätzlich verschattet, dass dort die Anforderungen der DIN 5034 nicht oder nur noch sehr knapp erfüllt werden können.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

- gelb markiert: Die so markierten Häuser erhalten in jedem Fall die Mindestbesonnung nach DIN 5034. Bei 2 ½-geschossiger Bauweise schatten sie jedoch Nachbargebäude so stark ab, dass dort die DIN nicht mehr erfüllt werden kann.

An allen nicht markierten Häusern wird zwar bei 2 ½-geschossiger Bauweise in der Umgebung die Besonnungsdauer reduziert. Jedoch können die Anforderungen der DIN 5034 an gesunde Wohnverhältnisse für den 17. Januar weiterhin eingehalten werden.

Am 21. März sind die Verhältnisse hinsichtlich der Mindest-Besonnungsdauer nach DIN 5034 wesentlich unkritischer (Abb. 5). Zwar führt gegenseitige Verschattung zu einer Reduzierung der maximal möglichen Besonnung. Aber an allen Häusern wird die erforderliche Besonnungsdauer von 4 Stunden an mindestens einer Fassade übertroffen.

Auch bei Erhöhung aller Gebäude auf 2 ½ Geschosse wird die DIN 5034 am 21. März an allen Häusern eingehalten.

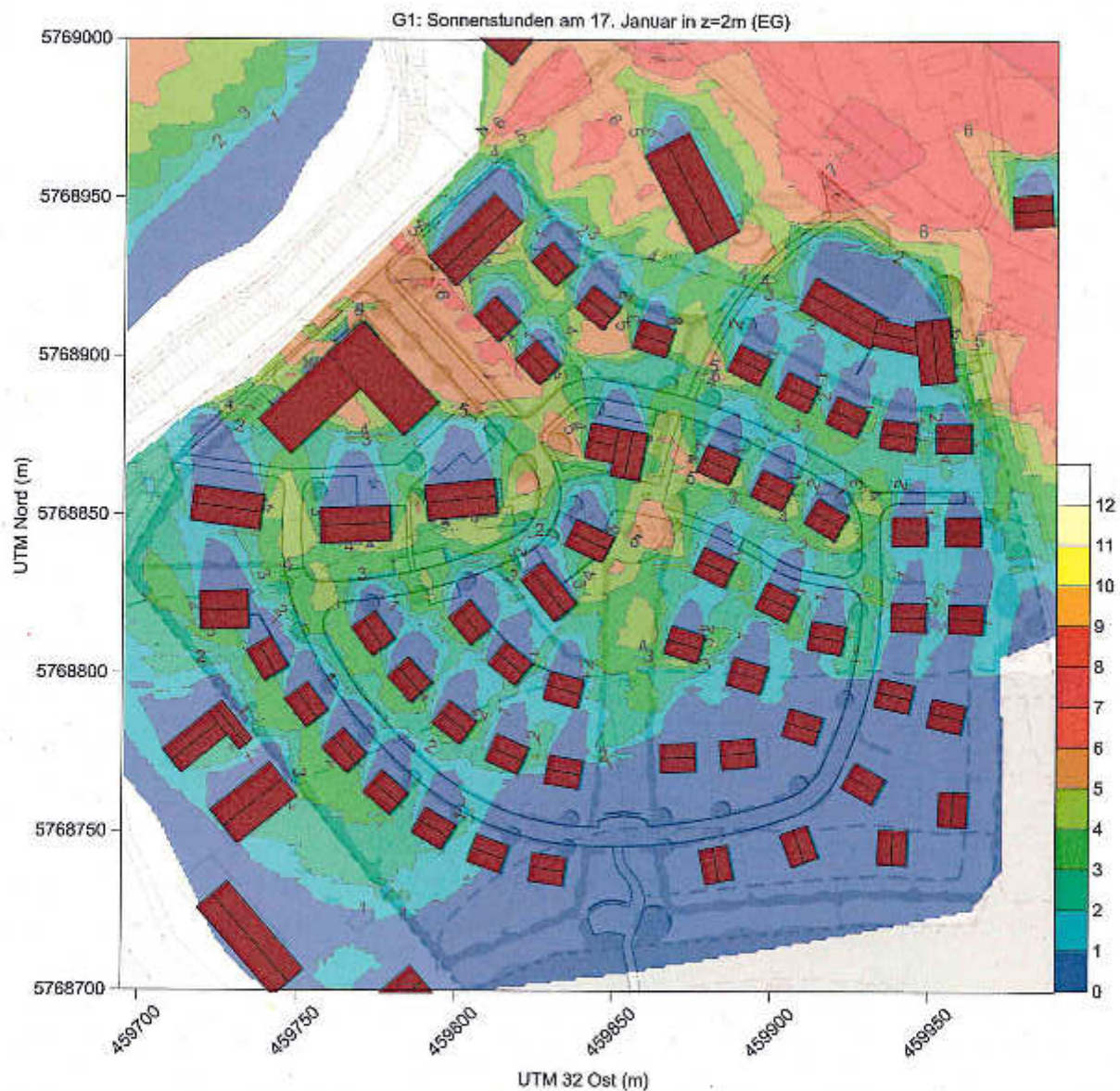


Abbildung 4a: Astronomisch mögliche Anzahl an Sonnenstunden am 17. Januar in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in der Variante G1.

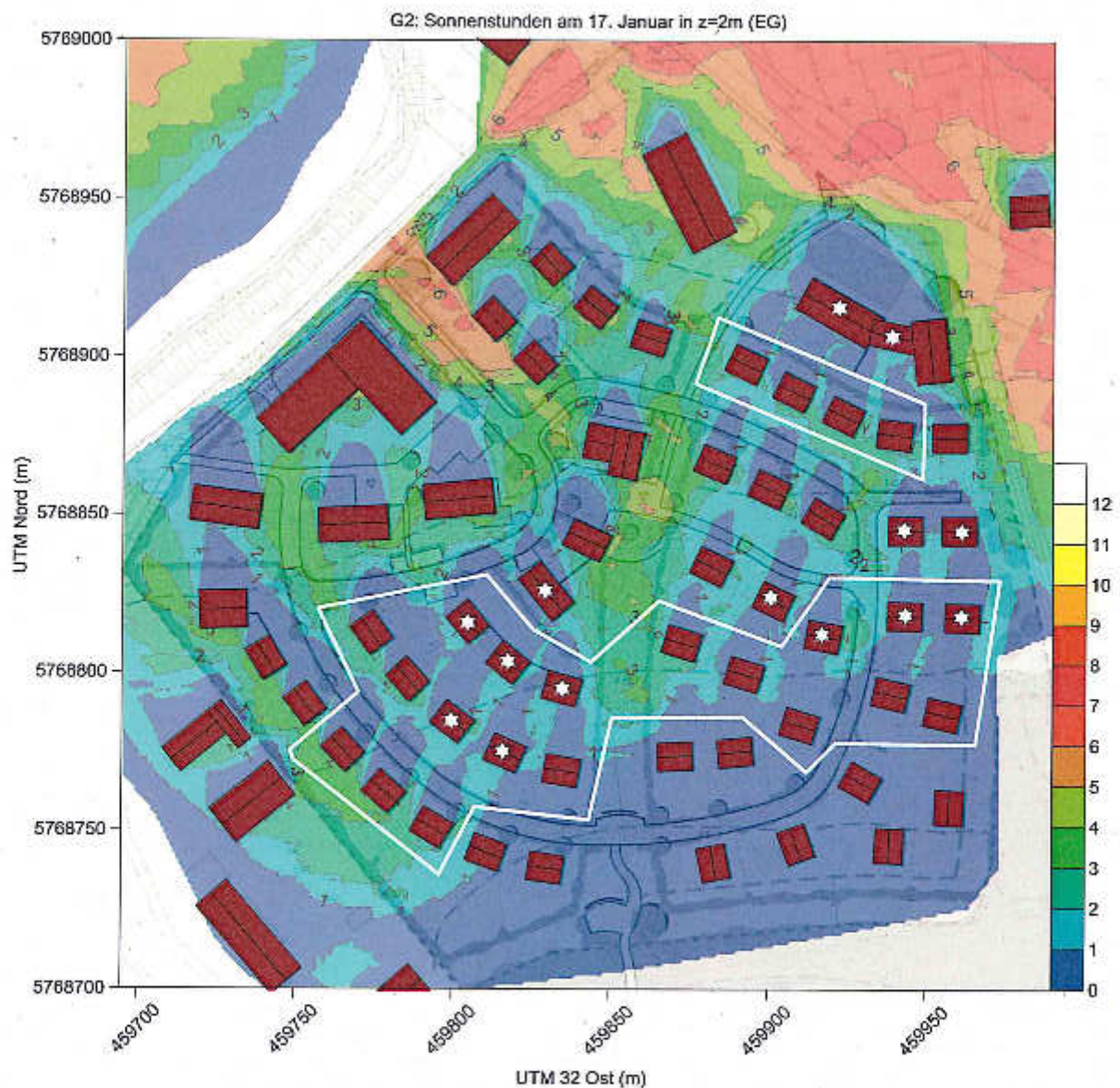


Abbildung 4b: Astronomisch mögliche Anzahl an Sonnenstunden am 17. Januar in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in der Variante G2. Die weißen Markierungen sind im Text erläutert.

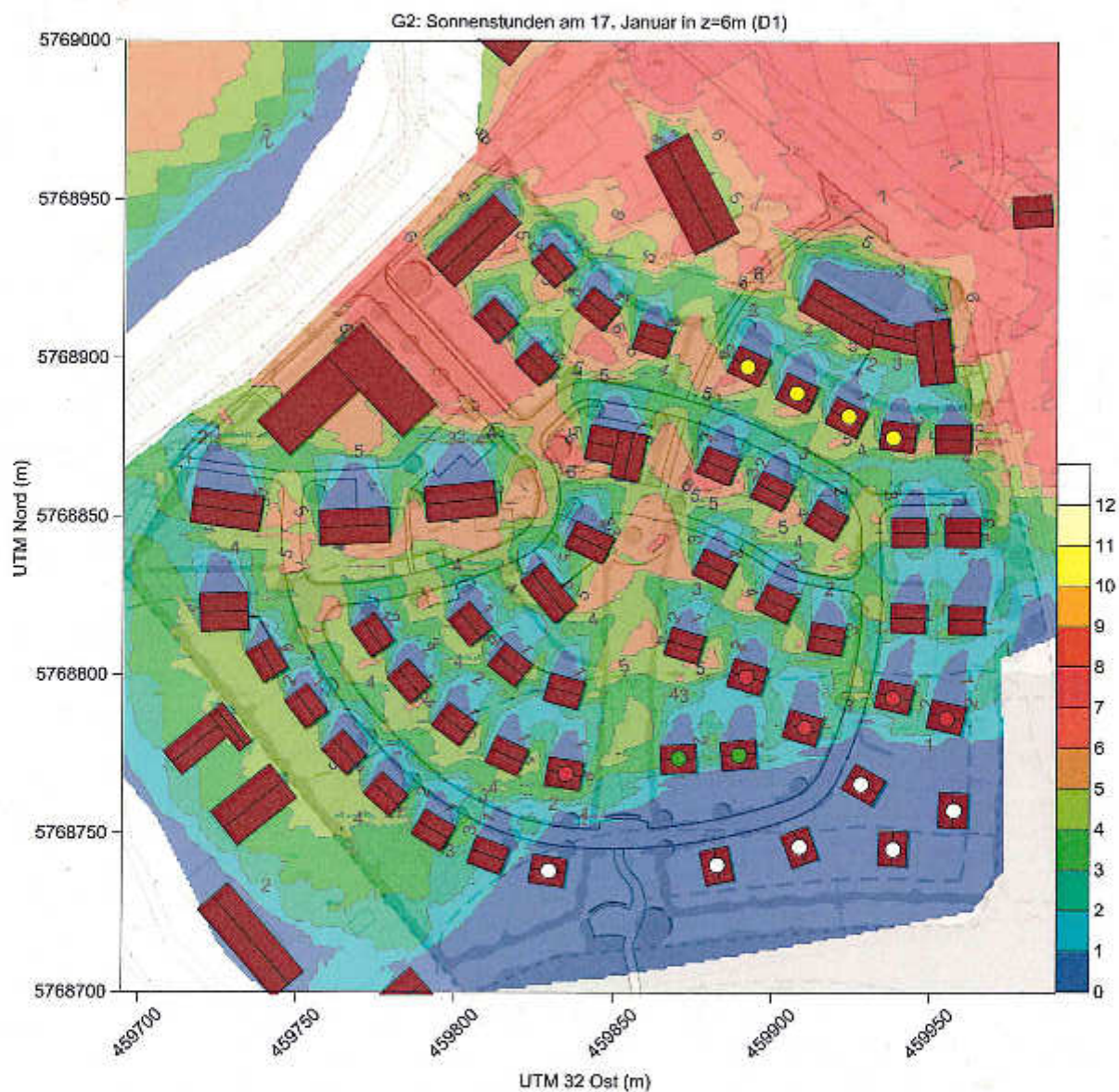


Abbildung 4c: Astronomisch mögliche Anzahl an Sonnenstunden am 17. Januar in einer Höhe von ca. 6 m über Grund (ca. D1) in der Variante G2. Die Farbmarkierungen sind im Text erläutert.

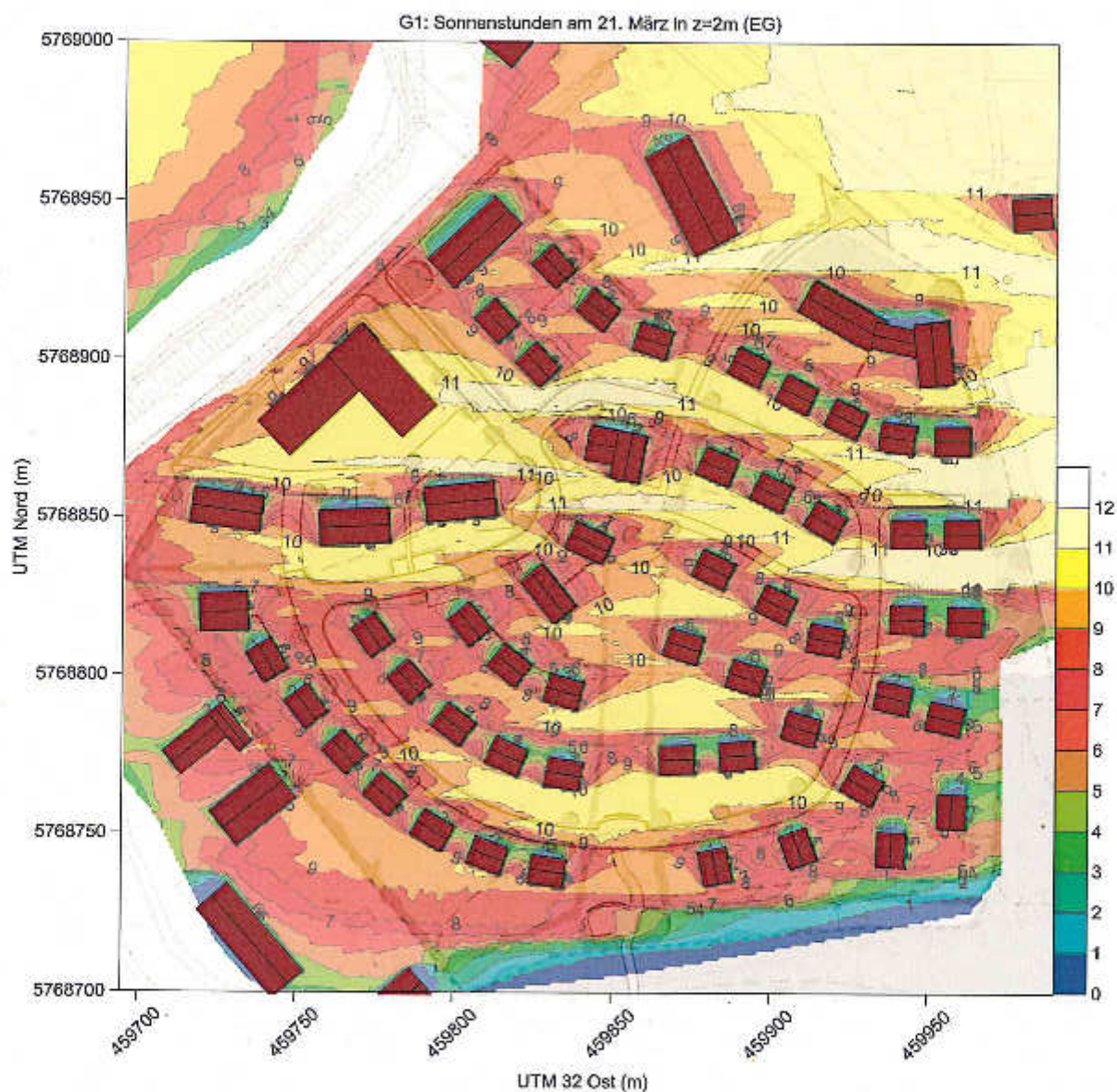


Abbildung 5a: Astronomisch mögliche Anzahl an Sonnenstunden am 21. März in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in der Variante G1.

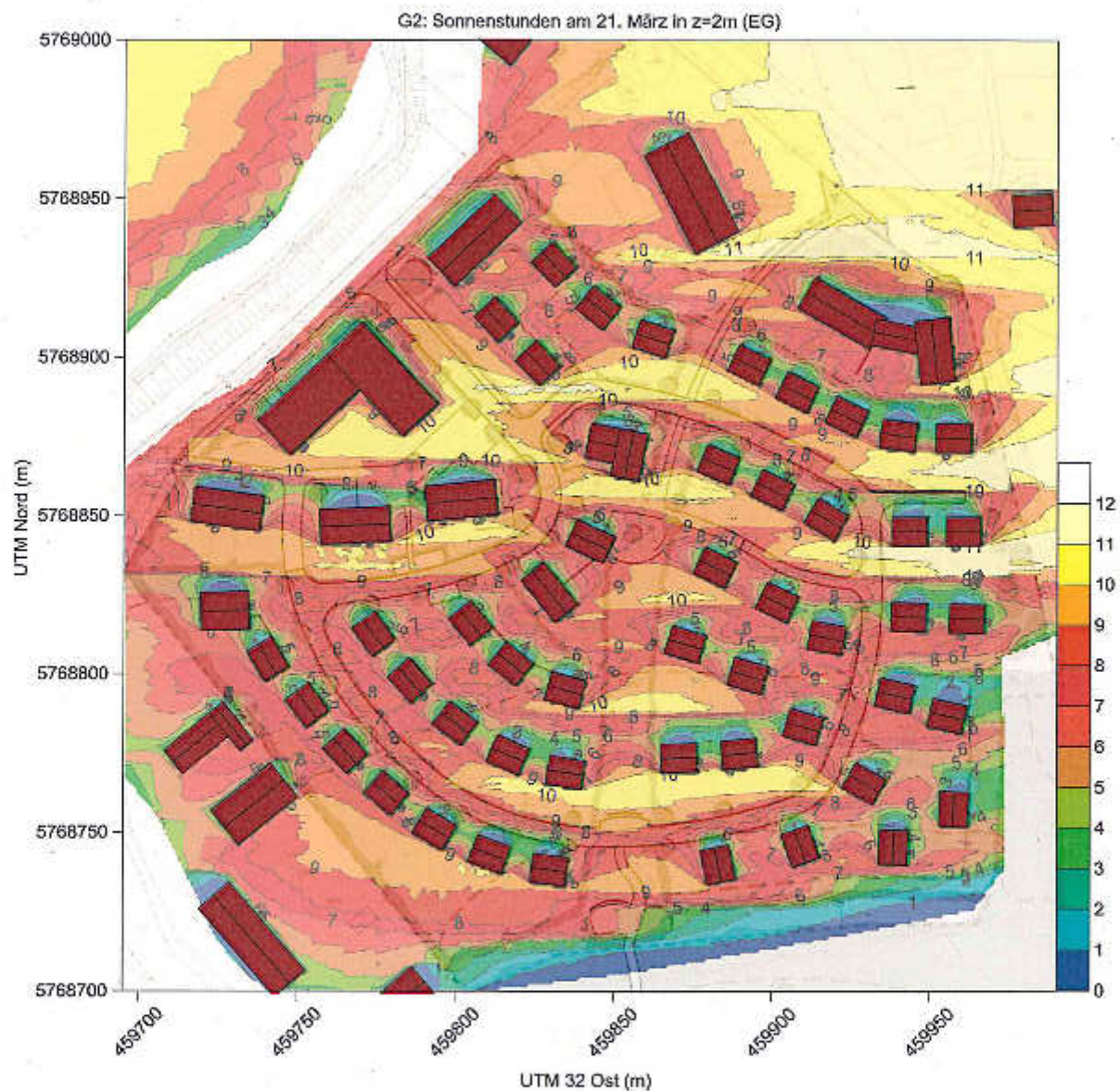


Abbildung 5b: Astronomisch mögliche Anzahl an Sonnenstunden am 21. März in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in der Variante G2.

5.2. Globalstrahlung und Verschattung

Die Globalstrahlung bildet, wie im Abschnitt 3 erläutert, die Summe aller solaren Einstrahlungen. Sie ist ein Maß für die einfallende solare Energie (nutzbar durch Solaranlagen oder Photosynthese) und ist in erster Näherung proportional zu der vom Menschen empfundenen Helligkeit. Die Globalstrahlung bzw. der aufgrund von Verschattung noch verfügbare prozentuale Anteil an der maximalen Globalstrahlung kann als Bewertungshilfe genutzt werden, ob eine solarenergetische Nutzung noch wirtschaftlich vertretbar ist.

Die Verschattung bezieht sich dagegen nur auf die Abschattung der direkten Sonnenstrahlung, die je nach Wetterlage, Jahres- und Tageszeit einen unterschiedlich großen Anteil an der gesamten Einstrahlung hat. Der Verschattungsanteil an der astronomisch möglichen Besonnungsdauer sagt daher noch nichts über die Reduzierung der zur Verfügung stehenden Solarenergie aus. Allerdings kann bei Photovoltaikanlagen aus technischen Gründen die Teilverschattung zum Gesamtausfall größerer Flächen führen. Aus diesem Grunde sind Anlagen zur Stromerzeugung nur dort sinnvoll, wo der zeitliche Verschattungsanteil sehr gering ist.

Die Abbildungen 6a bis 6c zeigen für eine Bezugshöhe von 2 m über Grund den prozentualen Anteil an der über das gesamte Jahr theoretisch verfügbaren Globalstrahlung, der aufgrund von Verschattung tatsächlich noch zur Verfügung steht; und zwar für die Variante G1 (Abb. 6a), G2 (Abb. 6b) sowie die Differenz von Variante G2 gegenüber G1 (Abb. 6c). Analog zeigen die Abbildungen 7a bis 7c den Verschattungsanteil an den Sonnenstunden im Jahresmittel für die gleiche Bezugshöhe.

In den Abbildungen 8 und 9 sowie 10 und 11 wiederholen sich diese Darstellungen für die beiden Bezugshöhen 6 m über Grund (Dachfläche 1) bzw. 9 m über Grund (Dachfläche 2).

Bezugshöhe 2 m (Erdgeschoss)

Bei 1 ½-geschossiger Bebauung (Variante G1, Abb. 6a) stehen an den Südseiten der meisten Gebäude im Jahresmittel um die 80 % der maximal möglichen Globalstrahlung zur Verfügung. Das ist etwa der optimale Wert, der bei offener Bauweise durch leichte Verschattung von Nachbarhäusern und „Eigenverschattung“ erreicht werden kann. An den nach Nordwest bis Nordost orientierten Hausseiten ist die Globalstrahlung grundsätzlich geringer. Eine gegenseitige Verschattung findet im Wesentlichen nur zwischen den direkten Nachbargebäuden einer Hausreihe statt.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Weniger günstig sieht es im südöstlichen Planbereich aus, wo im Extremfall der dicht am Waldrand gelegenen Häuser die Globalstrahlung auf bis zu 60 % reduziert sein kann. Dort wird also nicht nur im Winter die Mindest-Besonnung nach DIN 5034 nicht erreicht, sondern ist im gesamten Jahr die Einstrahlung und Helligkeit erheblich reduziert. Dies gilt allerdings nur für einen Streifen von rund 40 m parallel zum Waldrand und betrifft damit ca. 10 Häuser. In größerer Entfernung wird auch an den Häusern, die im Januar fast keine direkte Sonne erhalten, die für das gesamte Plangebiet typische Globalstrahlung um 80 % berechnet.

Ein verschattender Einfluss des umgebenden Geländereiefs lässt sich kaum feststellen. Möglicherweise bewirkt er eine Reduzierung des Anteils verfügbarer Globalstrahlung um weniger als 2 %, die ganz im Nordosten, außerhalb des Einflussbereichs der Bebauung, berechnet werden. Dieser Anteil kann am Hang des Blotenbergs auch geringfügig größer sein, lässt sich aber von dem viel größeren Einfluss des Waldrandes und der Gebäude nicht trennen.

Wird die Bauhöhe generell auf 2 ½ Geschosse erhöht (Abb. 6b), so nimmt natürlich die gegenseitige Verschattung etwas zu. Bei dieser Bauhöhe zeigt sich dann auch, im Gegensatz zur 1 ½-geschossigen Bauweise, ein Verschattungseinfluss von Hauszeilen auf die jeweils nördlich benachbarte Hauszeile. Generell sinkt aber dadurch der Anteil verfügbarer Globalstrahlung an den Südseiten der Häuser nur um 5 – 10 %. Auf jeweils kleinen Streifen an den Nordseiten der Häuser reduziert sich der Anteil zwar lokal um 20 – 30 % (Abb. 6c), hier handelt es sich aber nur um den Schattenwurf der Häuser auf ihre jeweils eigenen Grundstücke. An der Differenzendarstellung der Abbildung 6c wird außerdem deutlich, dass sich nahe des Waldrandes eine höhere Bebauung nur wenig nachteilig auf die verfügbare Globalstrahlung auswirkt, weil hier der Wald der limitierende Faktor ist, nicht aber die Bauhöhe.

Für den Verschattungsanteil an den astronomisch möglichen Sonnenstunden (Abb. 7) gelten ähnliche Aussagen wie für die Globalstrahlung. Generell wird die Sonne vor den Südseiten der Häuser in Variante G1 in etwa 30 % der Jahresstunden durch umgebende Objekte (Häuser, Wald, Gelände) abgeschattet. Innerhalb des schon erwähnten Streifens am Waldrand kann im ungünstigsten Fall die Südseite eines Hauses in jeder zweiten Sonnenstunde verschattet werden. Mit größerer Bauhöhe (Variante G2, Abb. 7b) nimmt die Reichweite der Verschattung zu. Die Differenzendarstellung Abb. 7c zeigt aber, dass die jeweils nördlich benachbarten Häuser in der Regel weniger als 10 % zusätzlicher Verschattung ausgesetzt sind, die Grundstücke davor teilweise etwas mehr. Nahe dem Waldrand ändert sich mit größerer Bauhöhe die Verschattung praktisch nicht, weil die Gebäude ohnehin im Schatten des Waldes liegen.

Bezugshöhe 6 m (Dachfläche 1)

Diese Bezugshöhe ist insofern relevant, als sie etwa der mittleren Höhe einer auf dem Dach montierten Solaranlage bei 1 ½-geschossiger Bebauung entspricht. Die Berechnungsergebnisse sind in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt.

Die Bezugshöhe schneidet die 9 m hohen Gebäude, so dass sich an den West-, Nord- und Ostseiten der angeschnittenen Dachflächen natürlich noch Abschattungen durch das jeweilige Gebäude selbst zeigen. Für die Beurteilung sind deshalb nur die Werte vor den südlich ausgerichteten Dachflächen relevant, auf denen Solaranlagen platziert würden.

Auf Höhe der südlichen Dachflächen werden in Variante G1 im überwiegenden Plangebiet um 95 % der maximal verfügbaren Globalstrahlung berechnet. Ein verschattender Einfluss durch umgebende Gebäude, Geländere relief oder den Wald ist somit äußerst gering.

In der ersten Hausreihe am Waldrand ist die globale Einstrahlung dagegen im Extremfall bis auf 70 % der verfügbaren Strahlung reduziert. In der zweiten und dritten Reihe liegen die berechneten Werte zwischen 90 % und 95 %.

In den Berechnungsergebnissen der Abbildung 8b ist die Bebauung im gesamten Plangebiet um ein Geschoss erhöht. Die Bewertung, wie sich das Strahlungsangebot im Niveau einer Solaranlage auf 1 ½-geschossiger Bebauung (Dachfläche 1) ändert, wenn die *umgebende* Bebauung 2 ½-geschossig wird ist insofern schwierig, als in den Berechnungen immer auch das *betrachtete Gebäude selbst* um ein Geschoss erhöht wurde und sich somit selbst zusätzlich abschattet. Beide Einflüsse lassen sich nicht eindeutig trennen. Jedoch kann anhand der räumlichen Darstellungen von Abb. 8b und 8c näherungsweise abgeschätzt werden, welche Reduzierung der Globalstrahlung auf die Erhöhung der umgebenden Bebauung und welche auf das betrachtete Gebäude selbst zurückzuführen ist. Generell führt eine um ein Geschoss erhöhte Umgebungsbebauung bei der angenommenen Gebäudeanordnung und den Bauabständen im Dachniveau einer 1 ½-geschossigen Bebauung zu einem Rückgang im Anteil der verfügbaren Globalstrahlung um etwa 4 bis 8 %, so dass dann noch um 90 % der maximal verfügbaren Globalstrahlung an den Dachflächen zur Verfügung stehen.

In diesem Höhenniveau spielt zwar die Abschattung durch den Wald noch immer eine erhebliche Rolle. Sie dominiert aber nicht alles, so dass sich eine Erhöhung der Bebauung um ein Geschoss an den umgebenden Gebäuden bereits bemerkbar macht und dort ebenfalls zu einer Reduzierung der Globalstrahlung um 3 % bis 5 % führt.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Der zeitliche Verschattungsanteil liegt vor den nach Süd orientierten Dachflächen im nördlichen und zentralen Planbereich in einem Bereich von etwa 10 % bis 15 %. In dieser Berechnungsgröße zeigt sich jedoch ein weiter reichender Einfluss des Waldes als bei der Globalstrahlung. Bis etwa 70 m Entfernung vom Waldrand werden noch über 15 % Verschattungsanteil berechnet, nahe dem Waldrand bis zu 50 %. Natürlich liegen die Verschattungszeiten vor allem bei niedrigem Sonnenstand, also in den Morgen- und Abendstunden sowie im Winter vor, somit in Zeiten geringerer Globalstrahlung. Daraus erklärt sich auch, dass der Verschattungsanteil höher als die Reduzierung der Globalstrahlung ist.

Mit Erhöhung der Bebauung um ein Geschoss nimmt der zeitliche Verschattungsanteil meist zwischen 5 % und 10 % zu, so dass er dann insgesamt bei 15 % bis 25 % liegt. Nahe des Waldrandes ändert sich dagegen durch die höhere Bebauung der Verschattungsanteil meist um weniger als 5 %.

Bezugshöhe 9 m (Dachfläche 2)

Die Dachfläche 2 repräsentiert etwa die Verhältnisse an einer auf dem Dach montierten Solaranlage bei 2 ½-geschossiger Bebauung. Die Berechnungsergebnisse sind in den Abbildungen 10 und 11 dargestellt.

Wenn keine Abschattung durch Nachbargebäude vorkommen kann, weil diese alle 1 ½-geschossig sind, dann wird im überwiegenden Teil des Plangebietes in dieser Bezugshöhe nahezu der maximal mögliche Anteil von rund 98 % an der verfügbaren Globalstrahlung berechnet. Ab der zweiten Hausreihe am Waldrand reduziert sich der Wert bis auf minimal rund 85 % an den am weitesten südöstlich gelegenen Häusern (Abb. 10a).

Erhöht sich die Bebauung überall um ein Geschoss, so nimmt die Globalstrahlung dadurch lediglich um weitere 1 % bis 2 % ab. Dies gilt einheitlich für das gesamte Plangebiet einschließlich der Häuser am Waldrand.

Der zeitliche Verschattungsanteil liegt in dieser Höhe im nordöstlichen Plangebiet bei 5 % und nimmt in Richtung Süd und Südwest allmählich zu. In der zweiten bis dritten Bebauungsreihe vor dem Waldrand werden 10 % überschritten und bei den Häusern direkt am Waldrand können bis zu 35 % der Sonnenstunden verschattet sein.

Bei allgemeiner Erhöhung der Geschosszahl auf 2 ½ nimmt der zeitliche Verschattungsanteil, je nach Abstand zur Nachbarbebauung, um weitere 2 % bis 5 % zu.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Vergleicht man die Dachfläche 2 bei 2 ½-geschossiger Bebauung mit der Dachfläche 1 bei 1 ½-geschossiger Bebauung, so liegt der Anteil an verfügbarer Globalstrahlung auf dem Niveau der Dachfläche 2.

Vergleicht man die zwei technisch möglichen Varianten, Solaranlage auf Niveau der Dachfläche 1 bei 1 ½-geschossiger Bebauung und Solaranlage auf Niveau der Dachfläche 2 bei 2 ½-geschossiger Bebauung, so liegen in dem höheren Niveau verfügbare Globalstrahlung und Verschattung jeweils nur um etwa 2 bis 5 Prozentpunkte über bzw. unter den Werten im niedrigeren Niveau. Die geringsten Differenzen treten im nördlichen Plangebiet, die höchsten im südlichen Plangebiet auf.

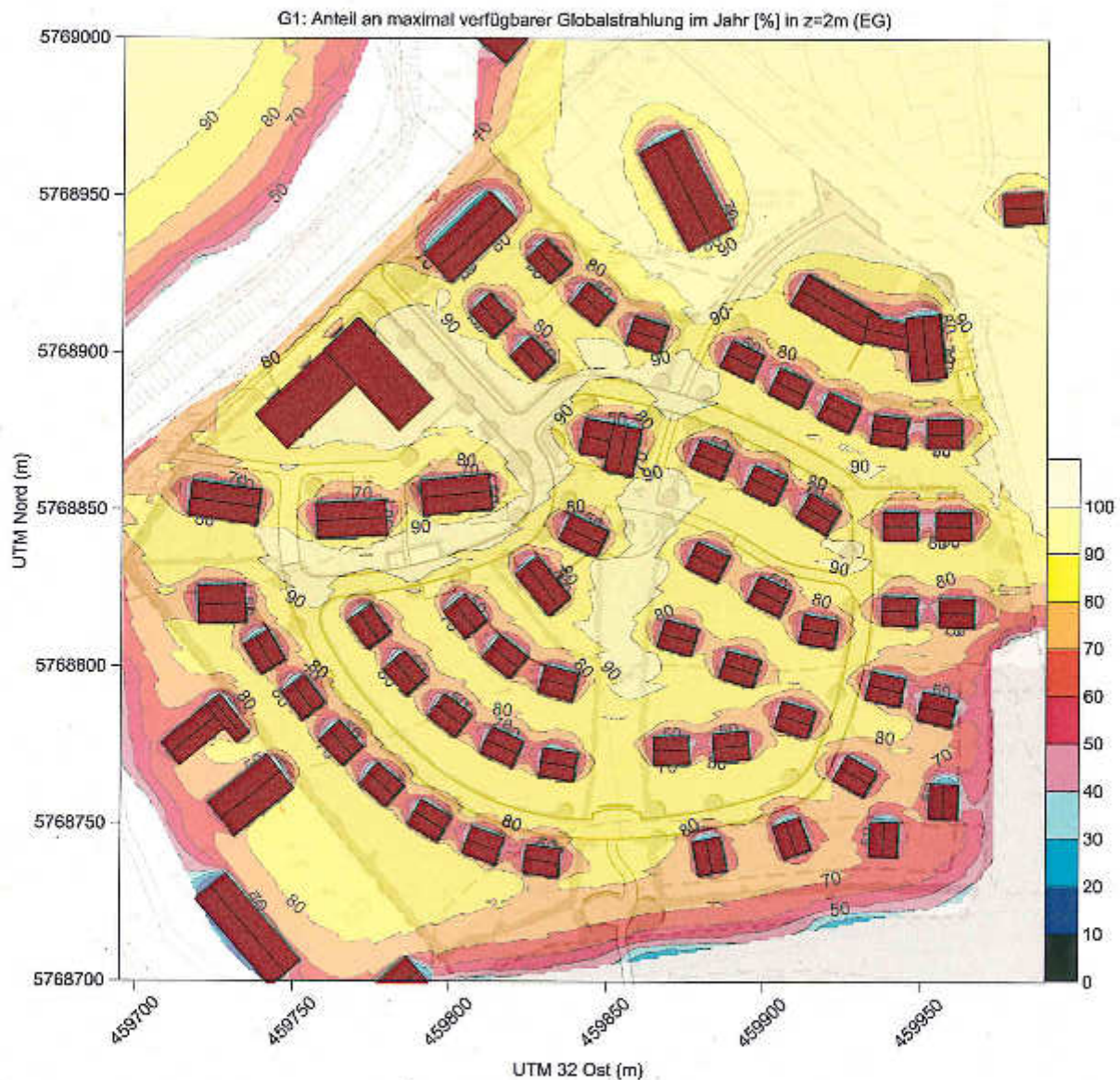


Abbildung 6a: Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in Variante G1.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

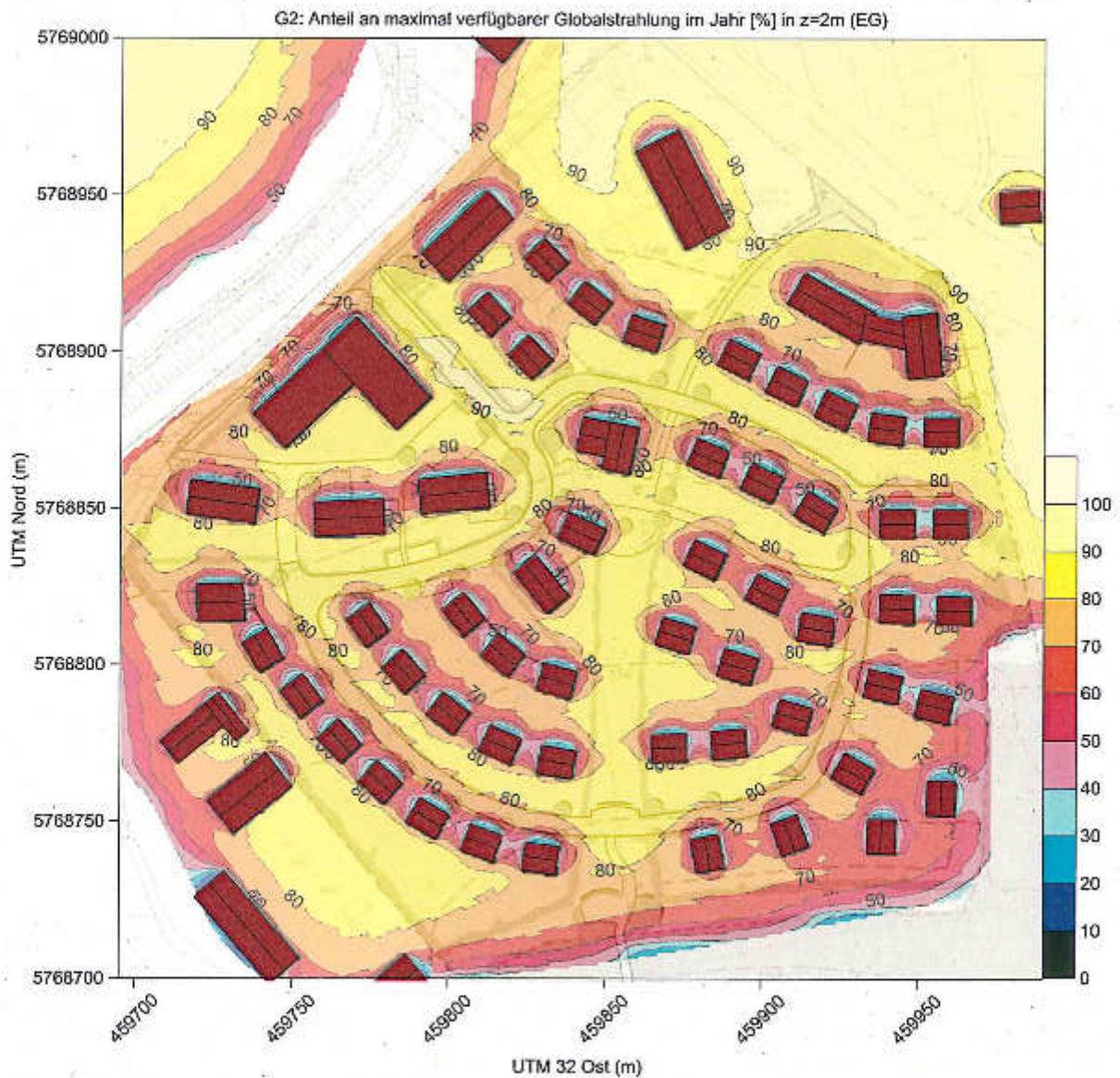


Abbildung 6b: Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in Variante G2.

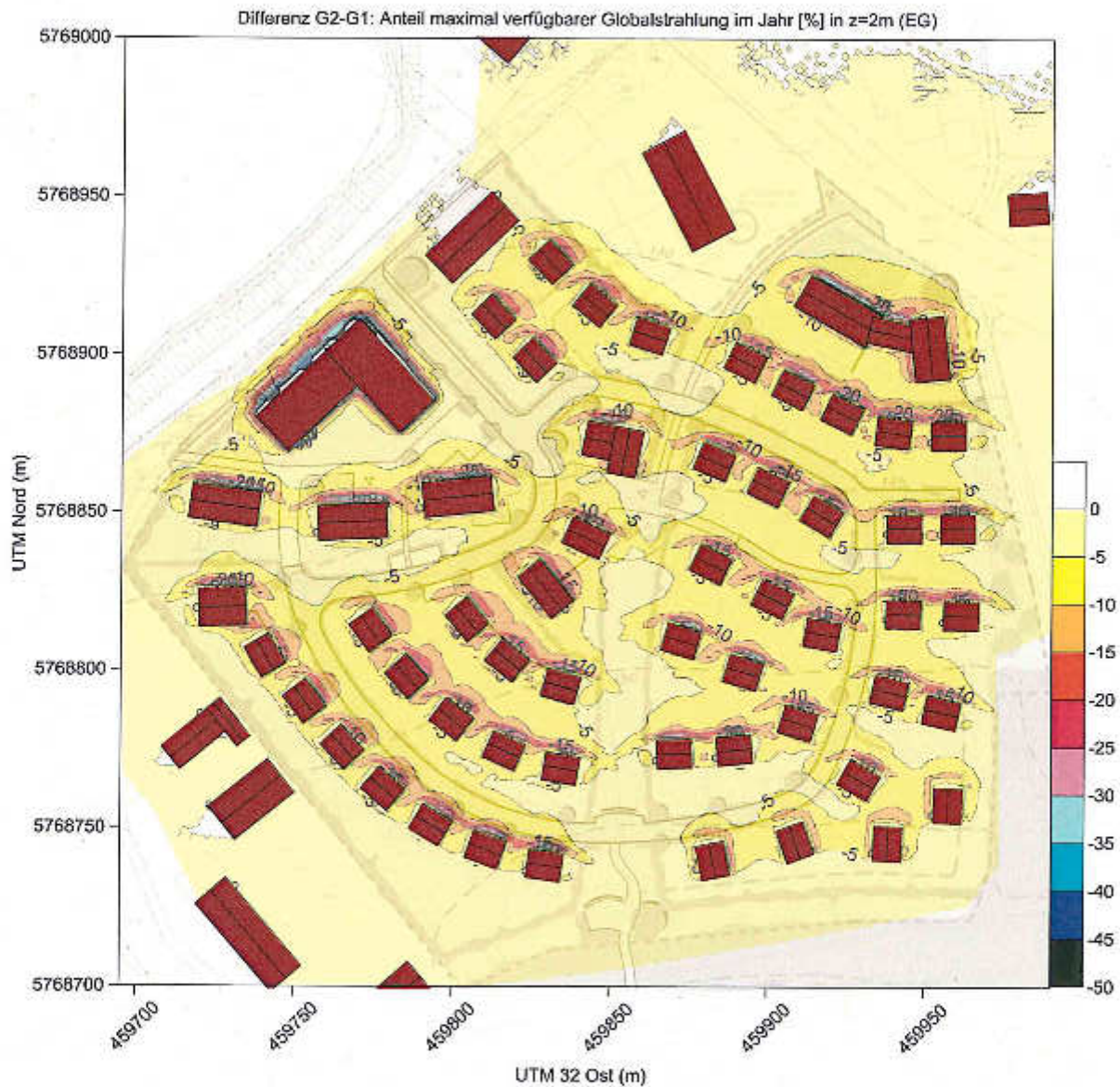


Abbildung 6c: Differenz zwischen Variante G2 und G1 im Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG).

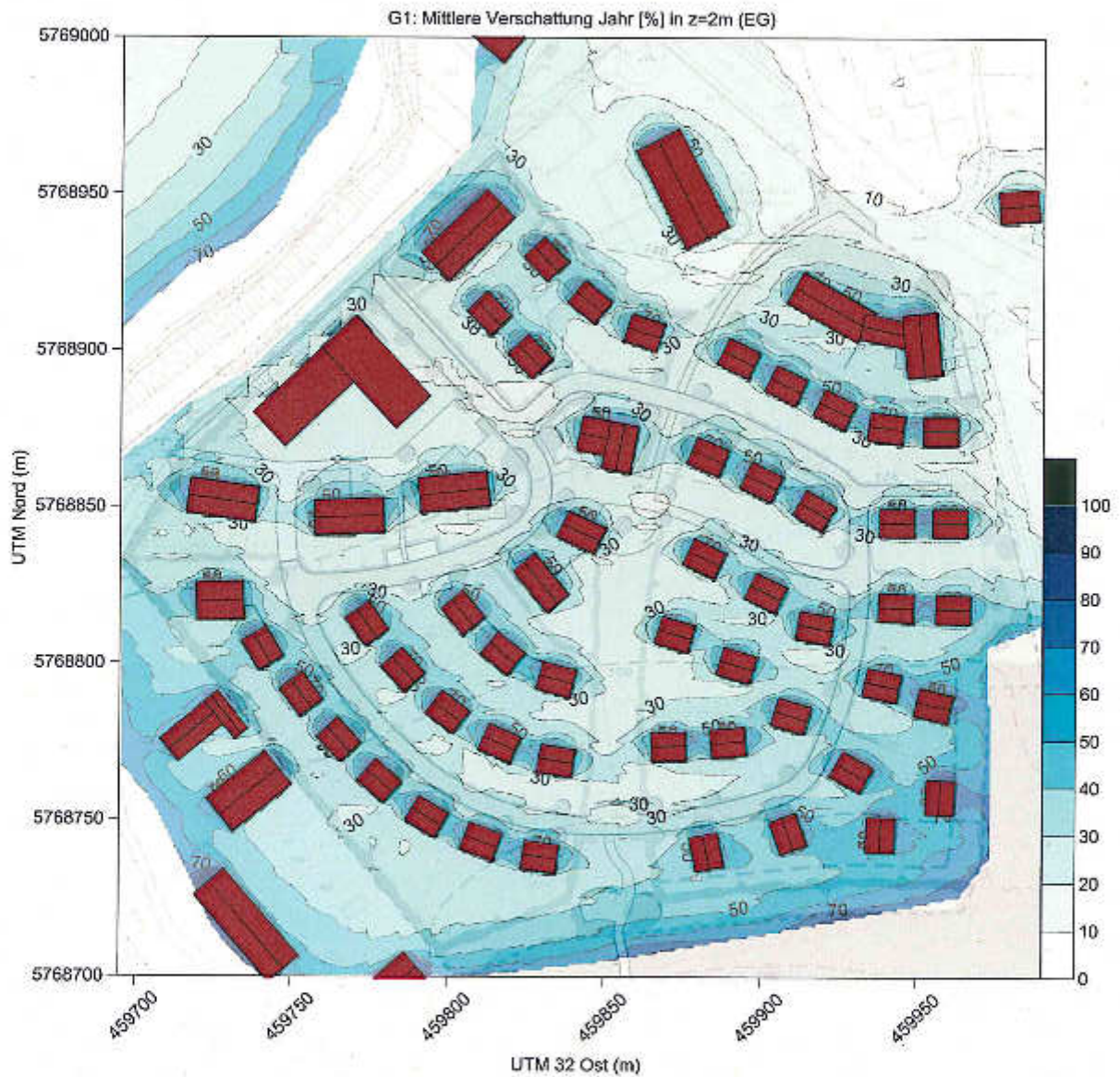


Abbildung 7a: Jahresmittel der astronomisch möglichen mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in Variante G1.

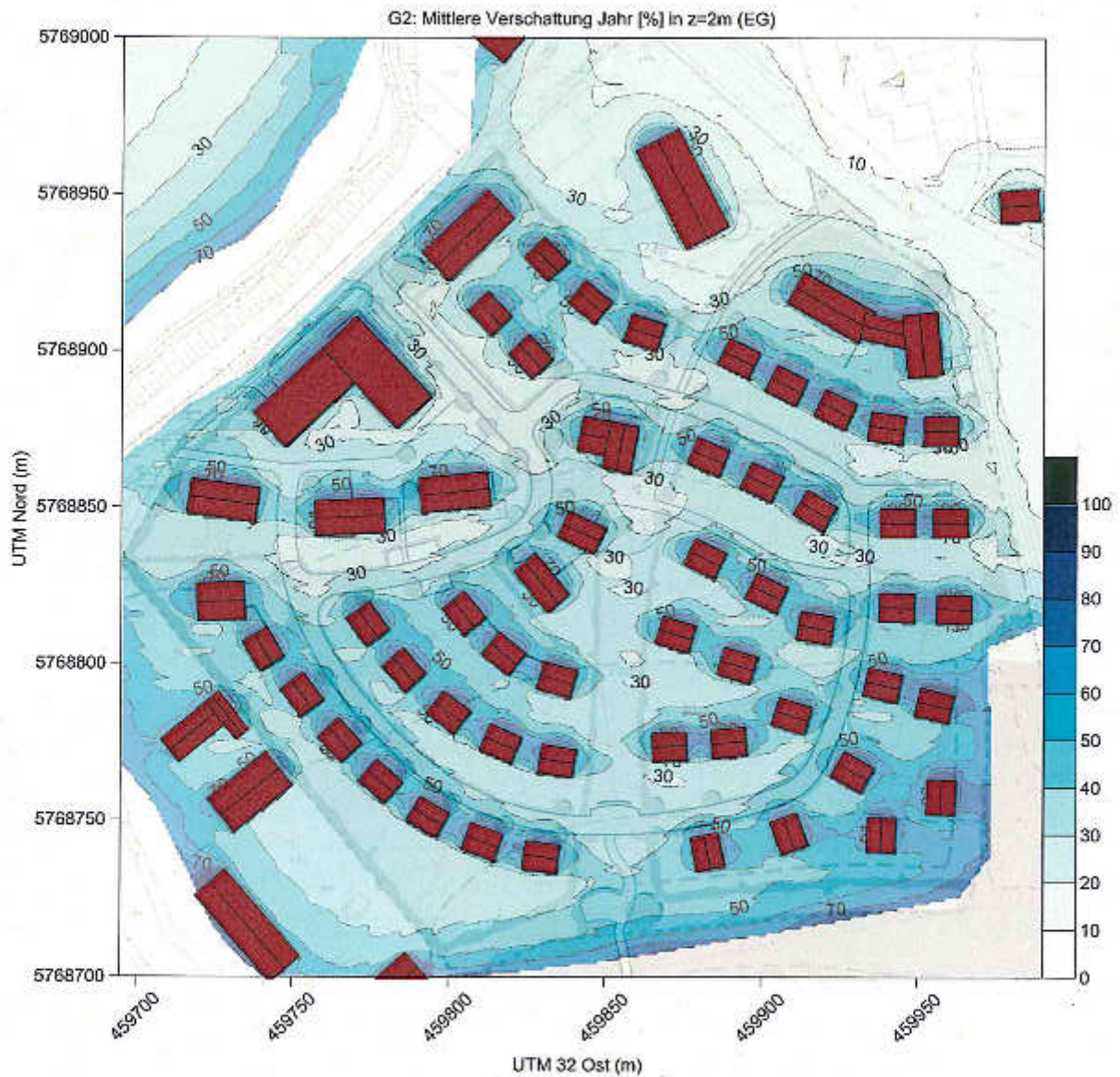


Abbildung 7b: Jahresmittel der astronomisch möglichen mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG) in Variante G2.

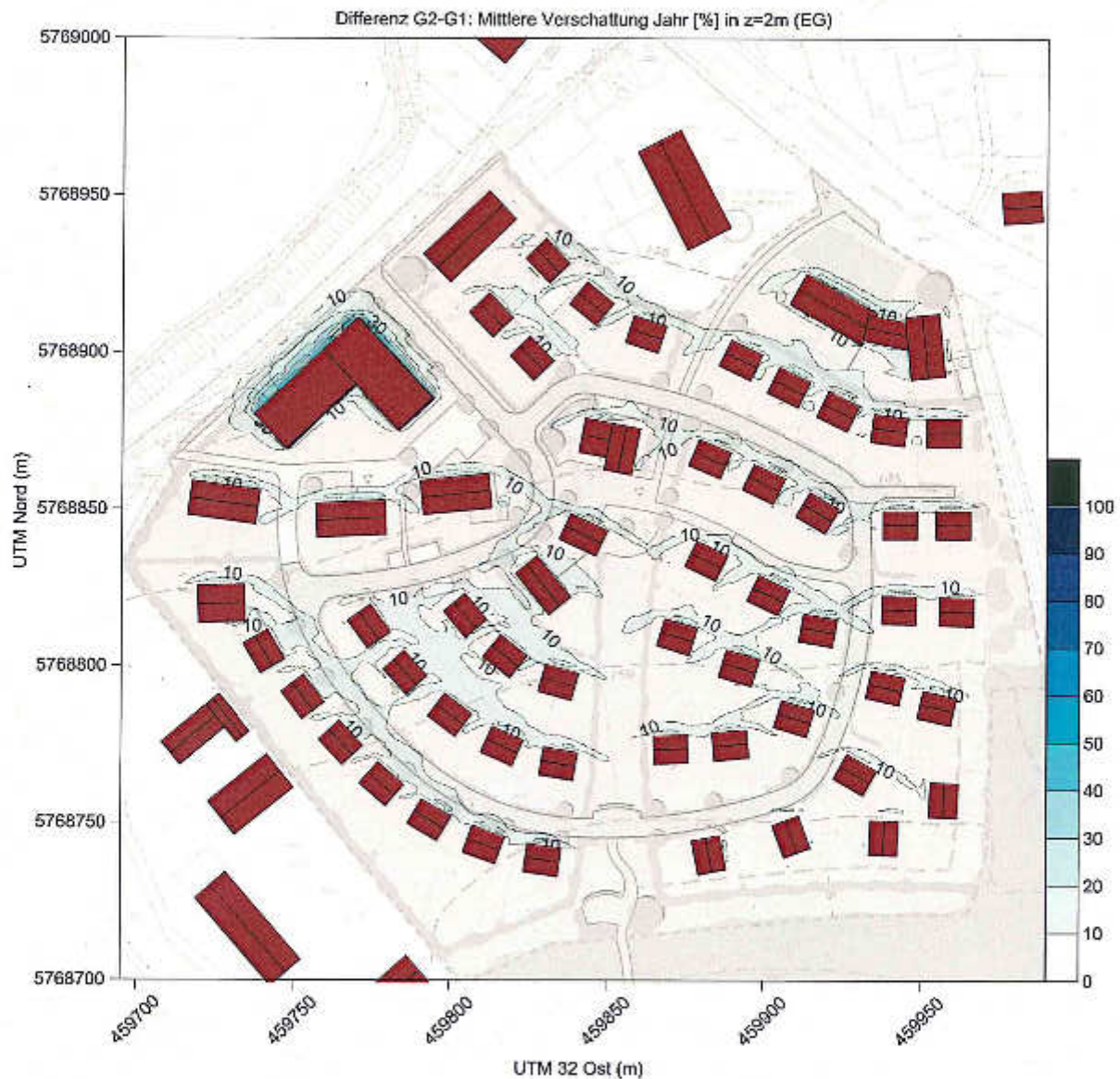


Abbildung 7c: Differenz zwischen Variante G2 und G1 im Jahresmittel der mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 2 m über Grund (ca. EG).

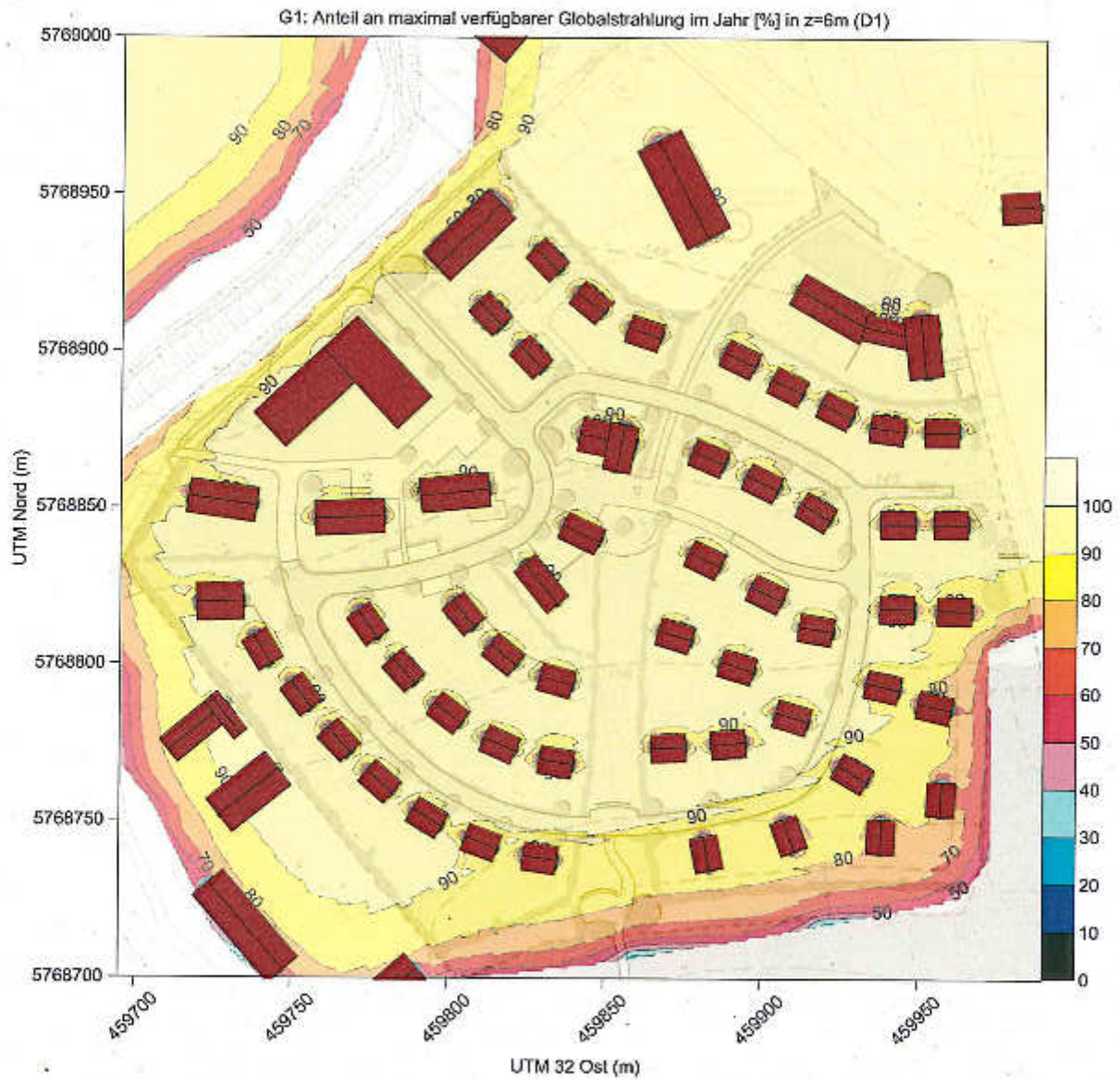


Abbildung 8a: Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 6 m über Grund (Dachfläche 1) in Variante G1.

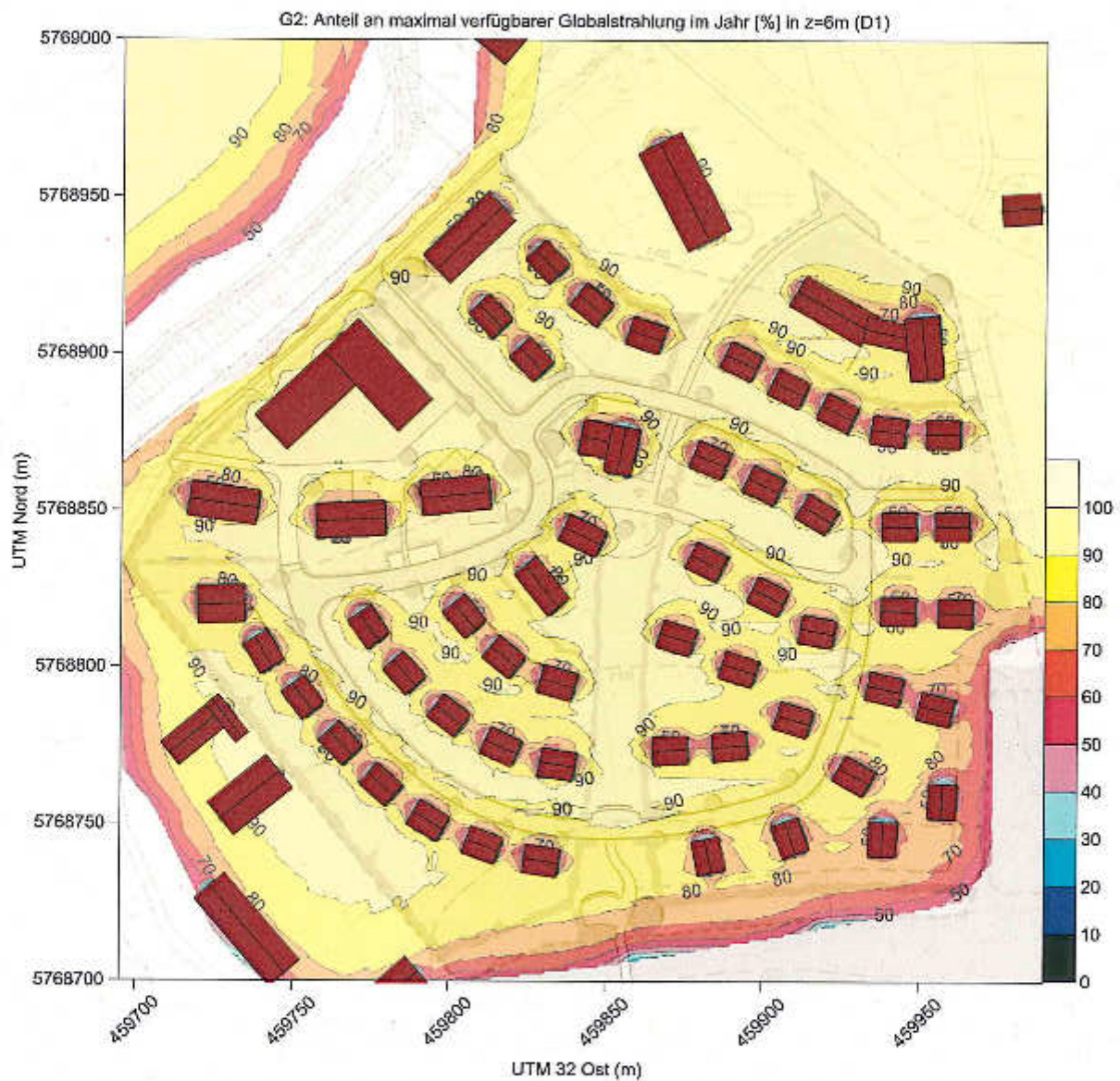


Abbildung 8b: Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 6 m über Grund (Dachfläche 1) in Variante G2.

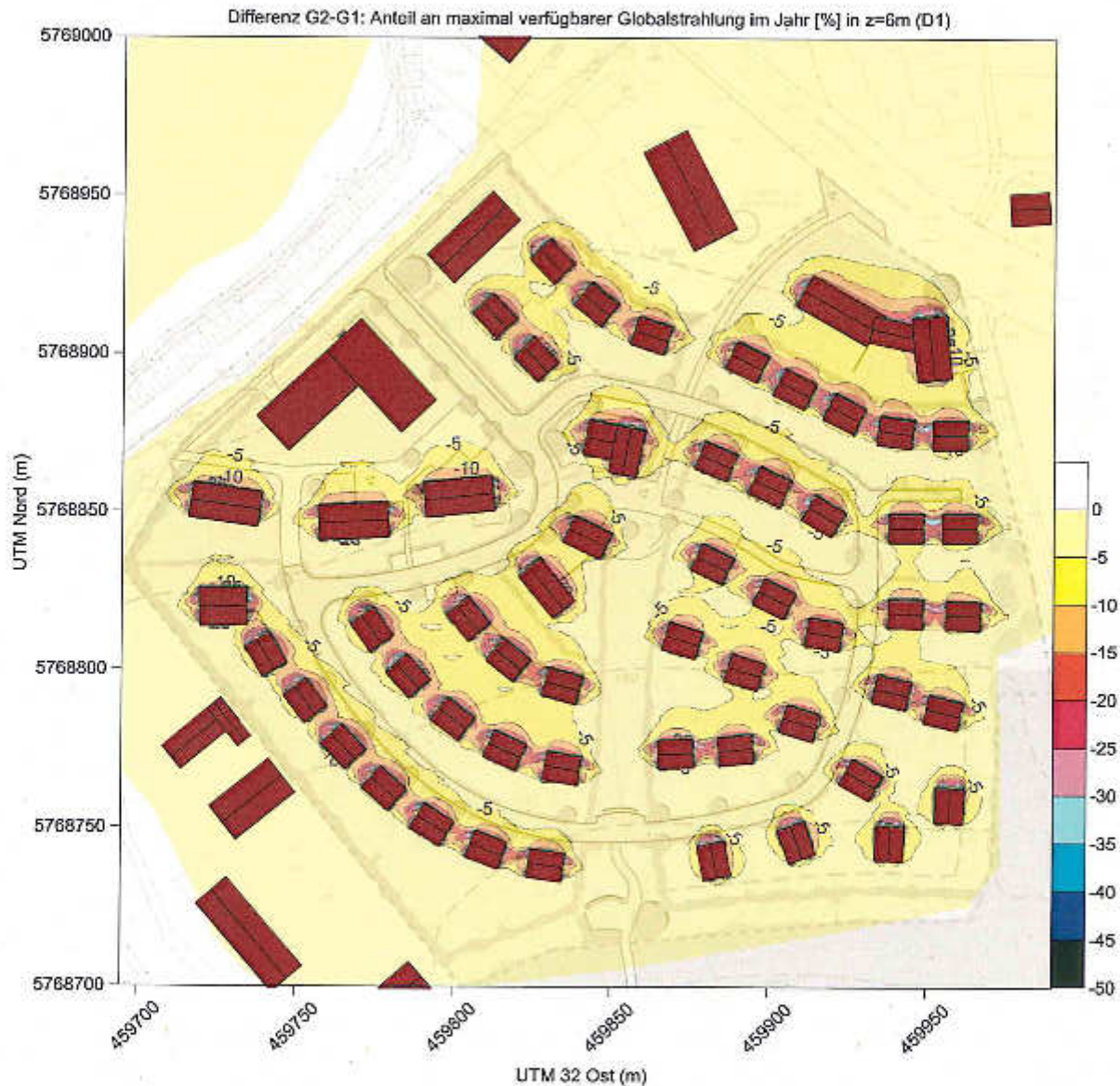


Abbildung 8c: Differenz zwischen Variante G2 und G1 im Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 6 m über Grund (Dachfläche 1).

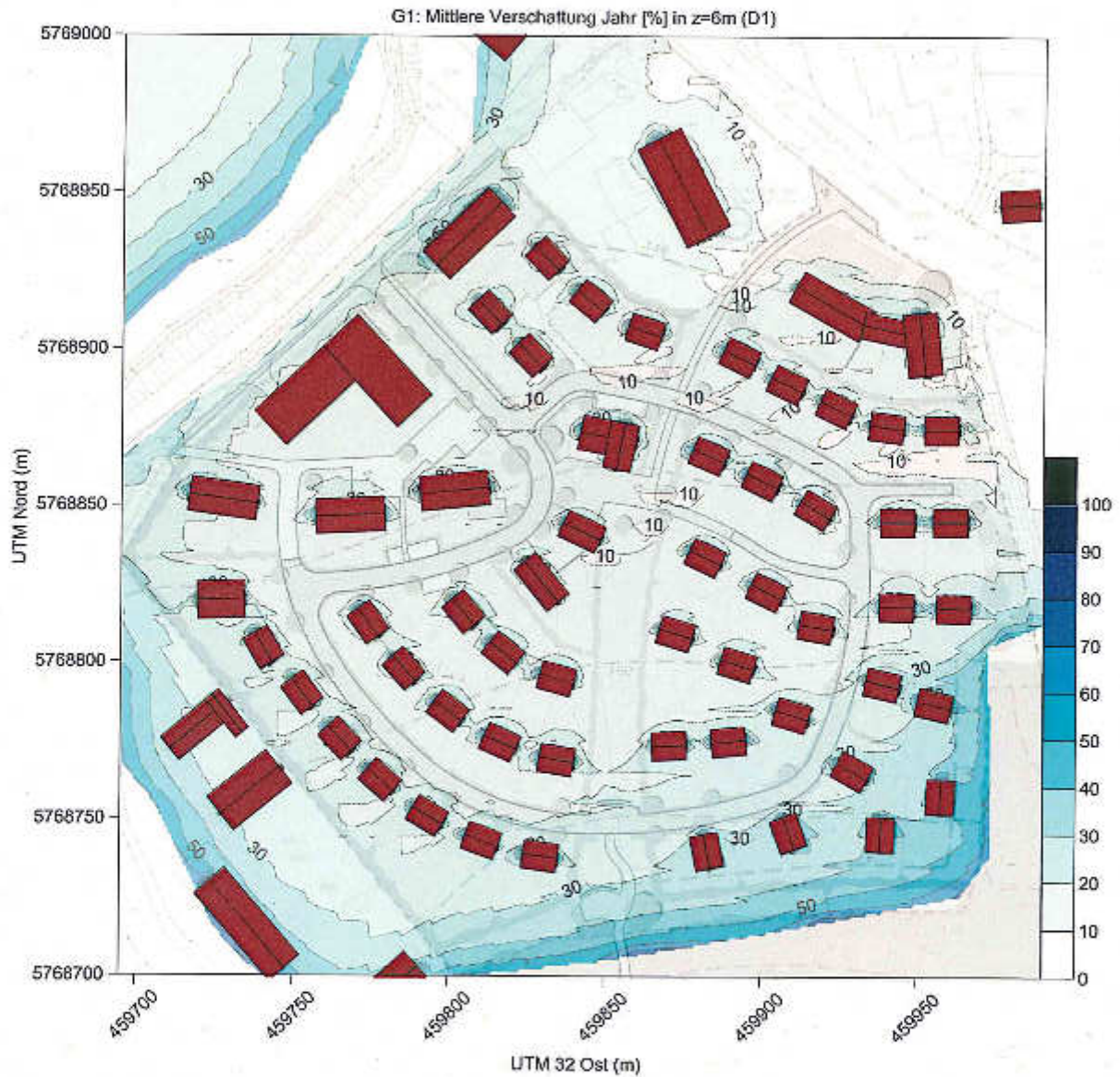


Abbildung 9a: Jahresmittel der astronomisch möglichen mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 6 m über Grund (Dachfläche 1) in Variante G1.

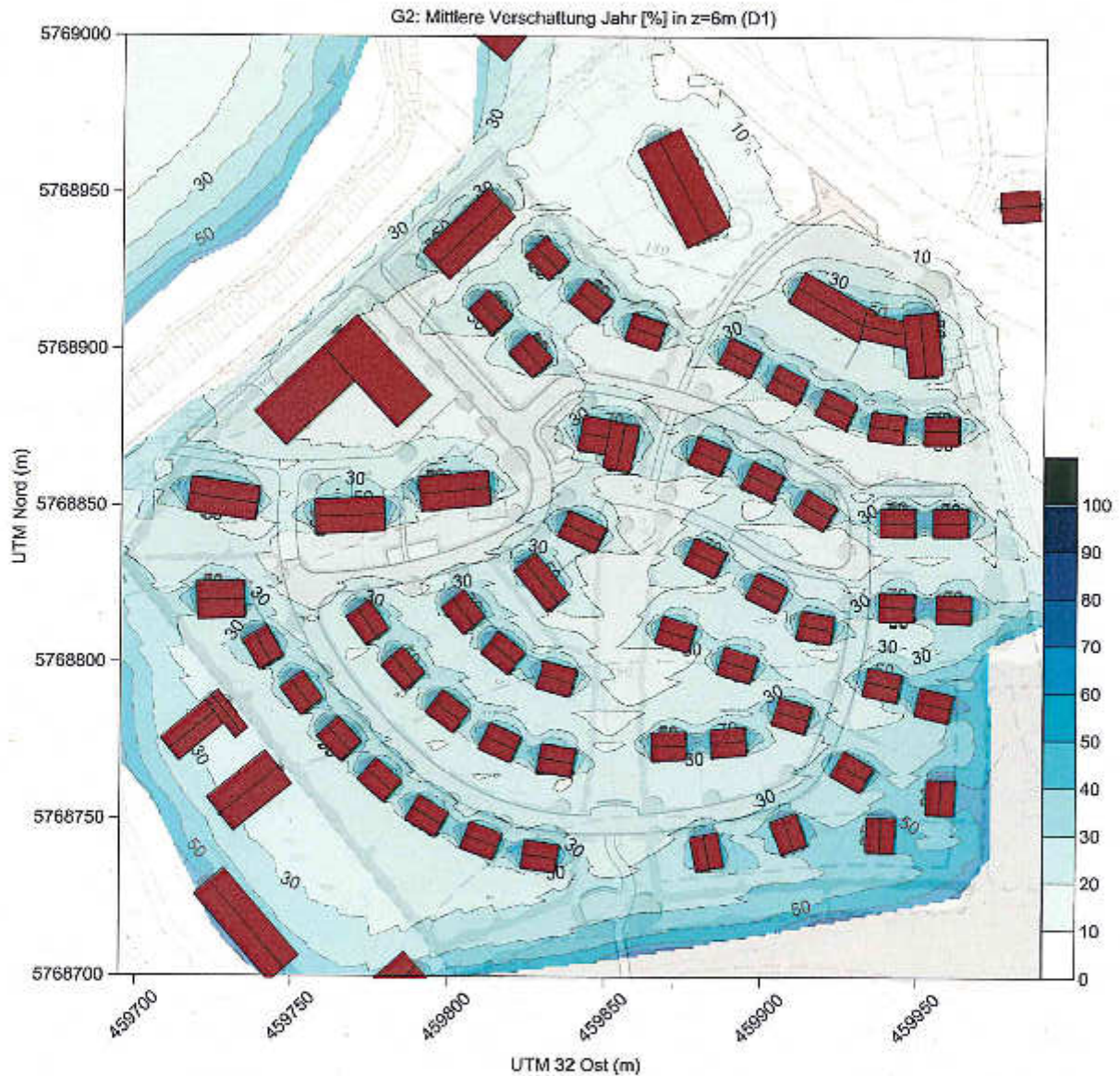


Abbildung 9b: Jahresmittel der astronomisch möglichen mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 6 m über Grund (Dachfläche 1) in Variante G2.

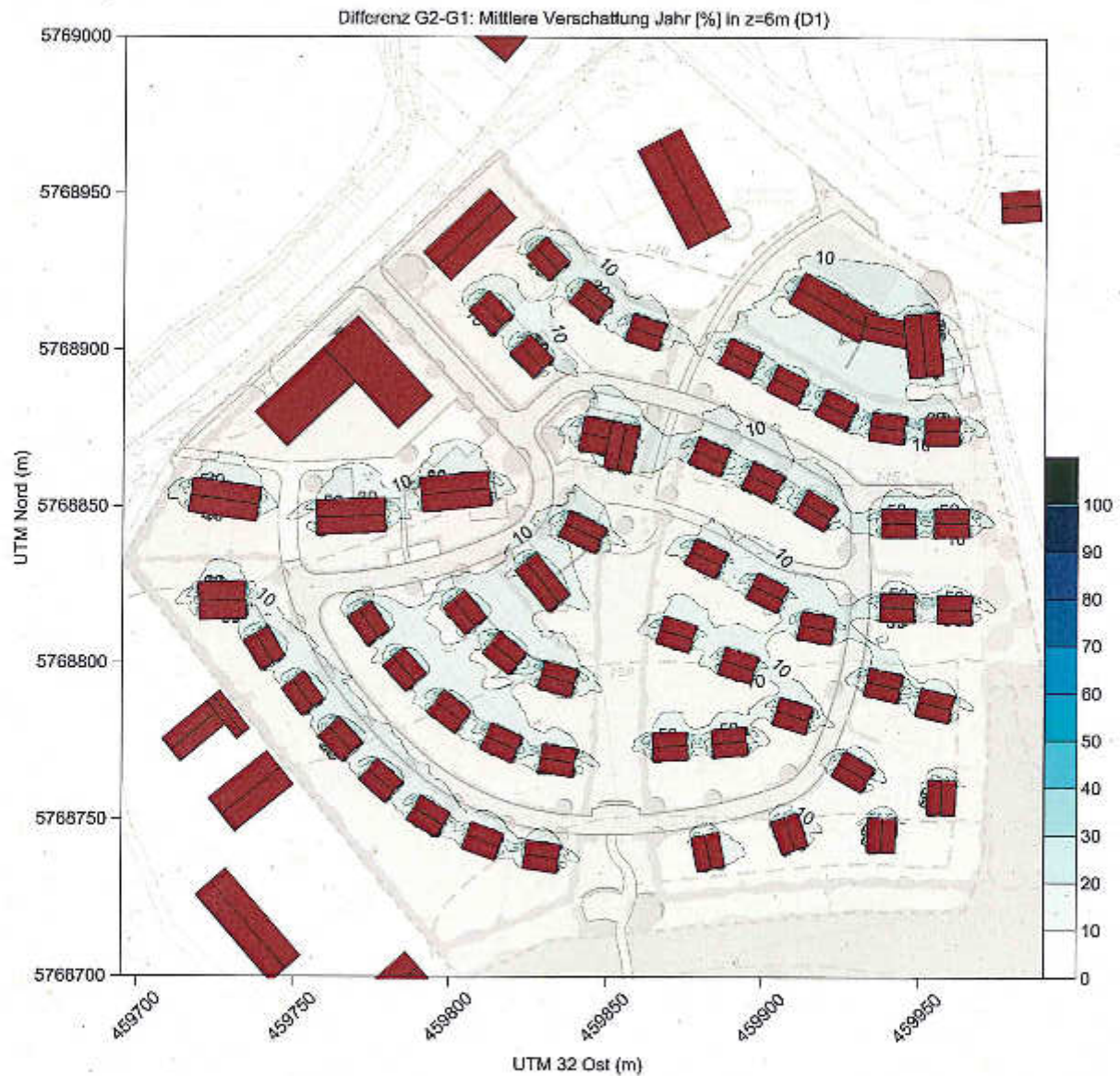


Abbildung 9c: Differenz zwischen Variante G2 und G1 im Jahresmittel der mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 6 m über Grund (Dachfläche 1).

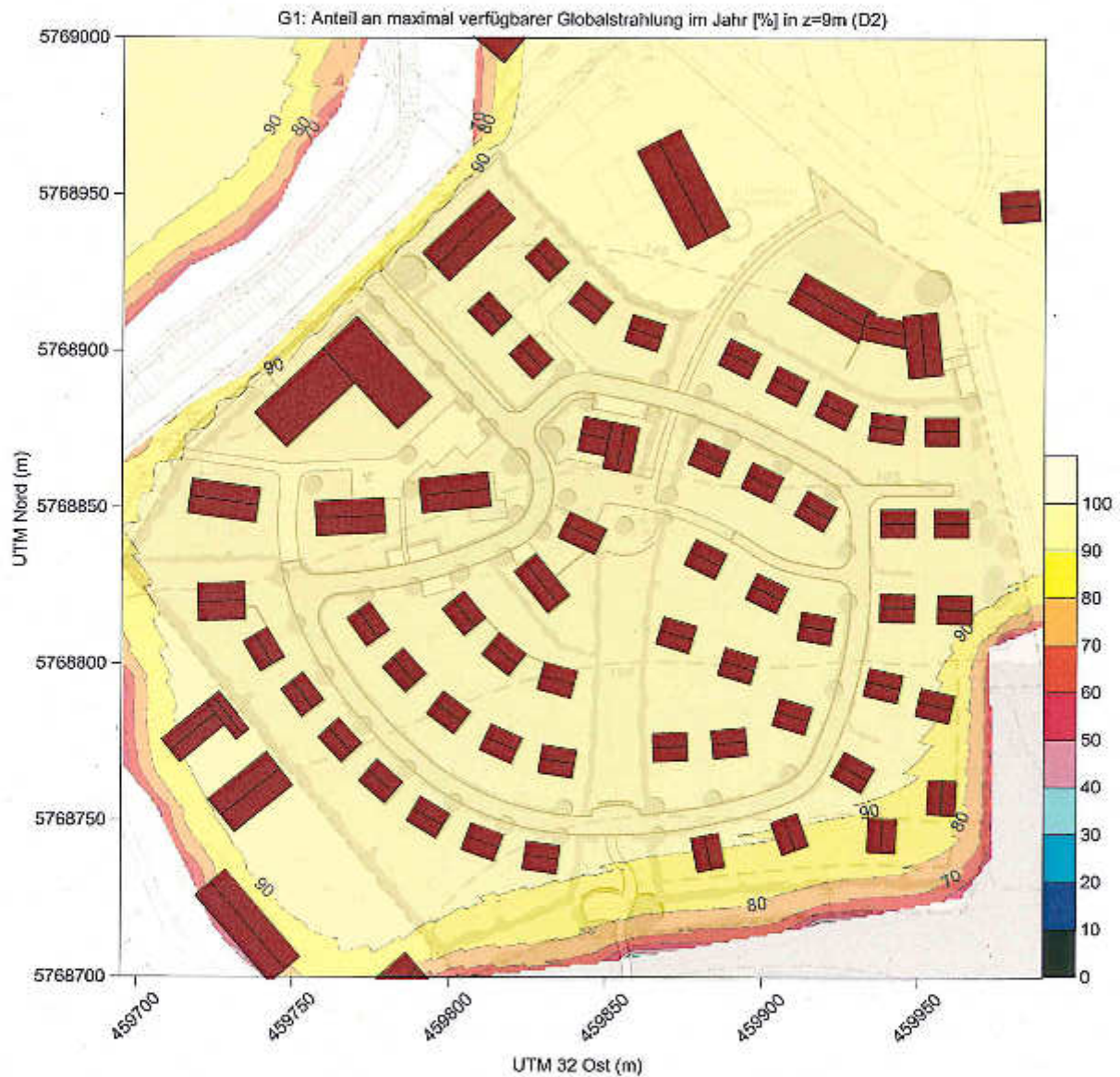


Abbildung 10a: Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 9 m über Grund (Dachfläche 2) in Variante G1.

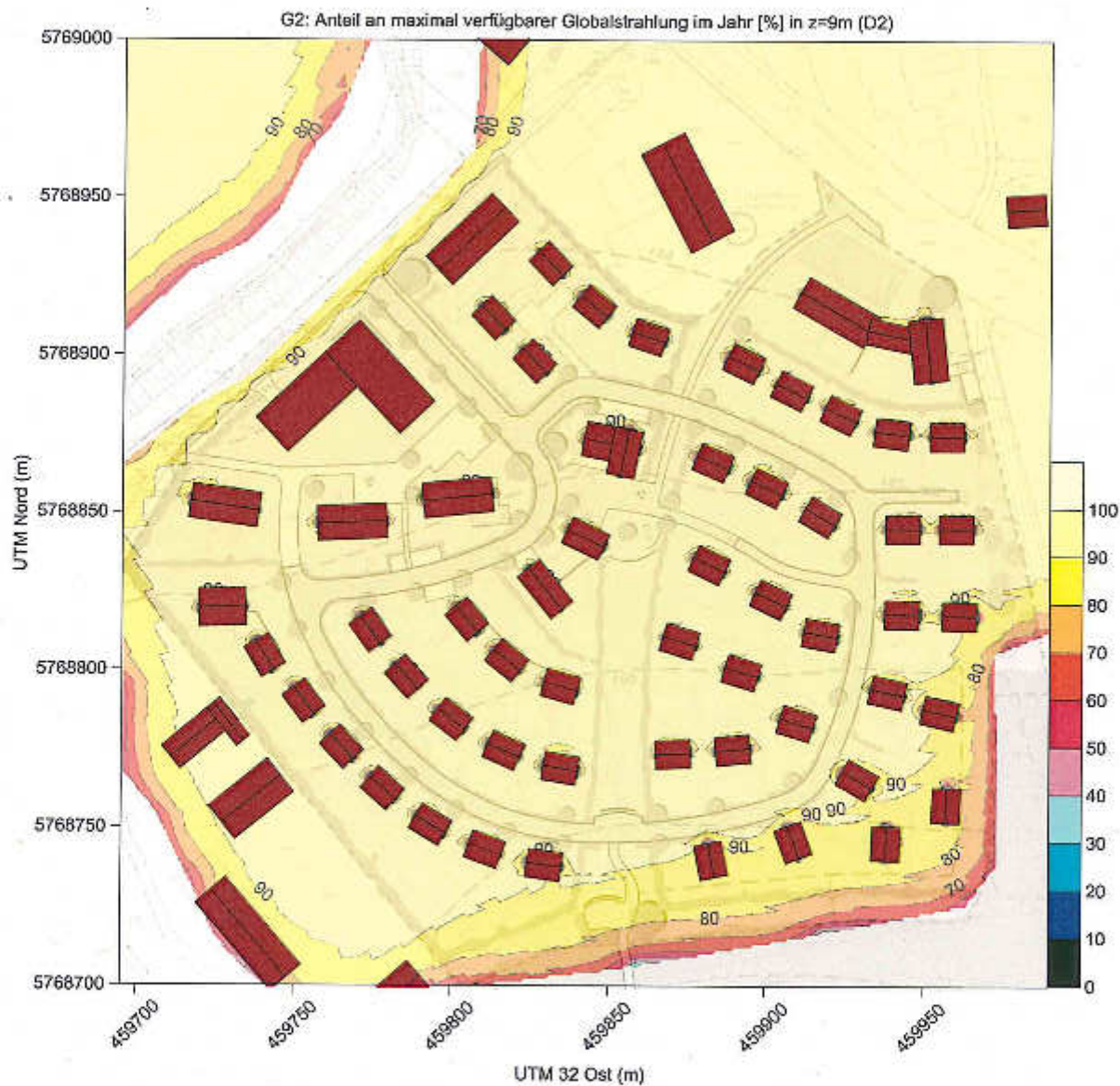


Abbildung 10b: Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 9 m über Grund (Dachfläche 2) in Variante G2.

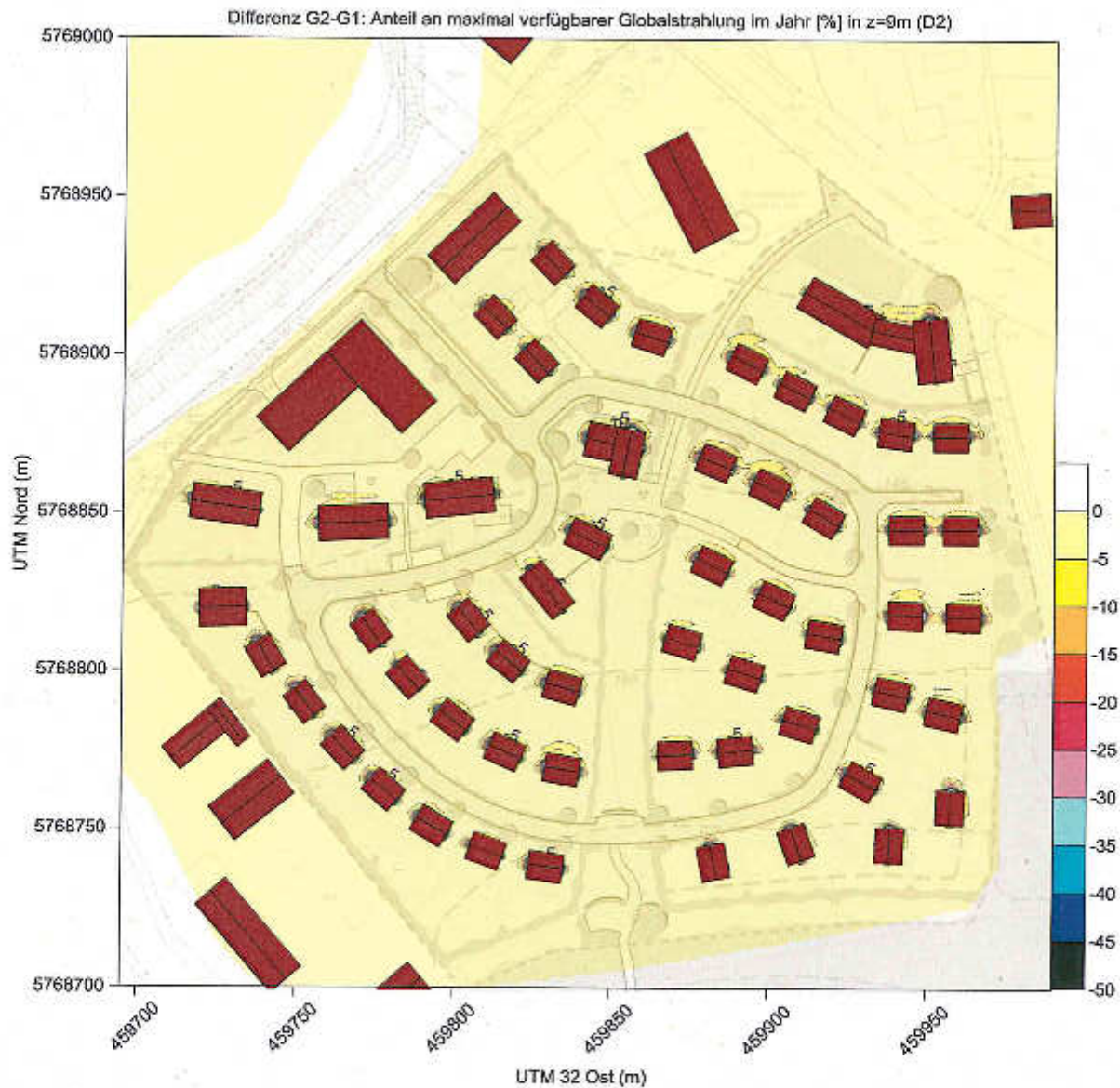


Abbildung 10c: Differenz zwischen Variante G2 und G1 im Anteil an der maximal verfügbaren Globalstrahlung im Jahr (%) in einer Höhe von ca. 9 m über Grund (Dachfläche 2).

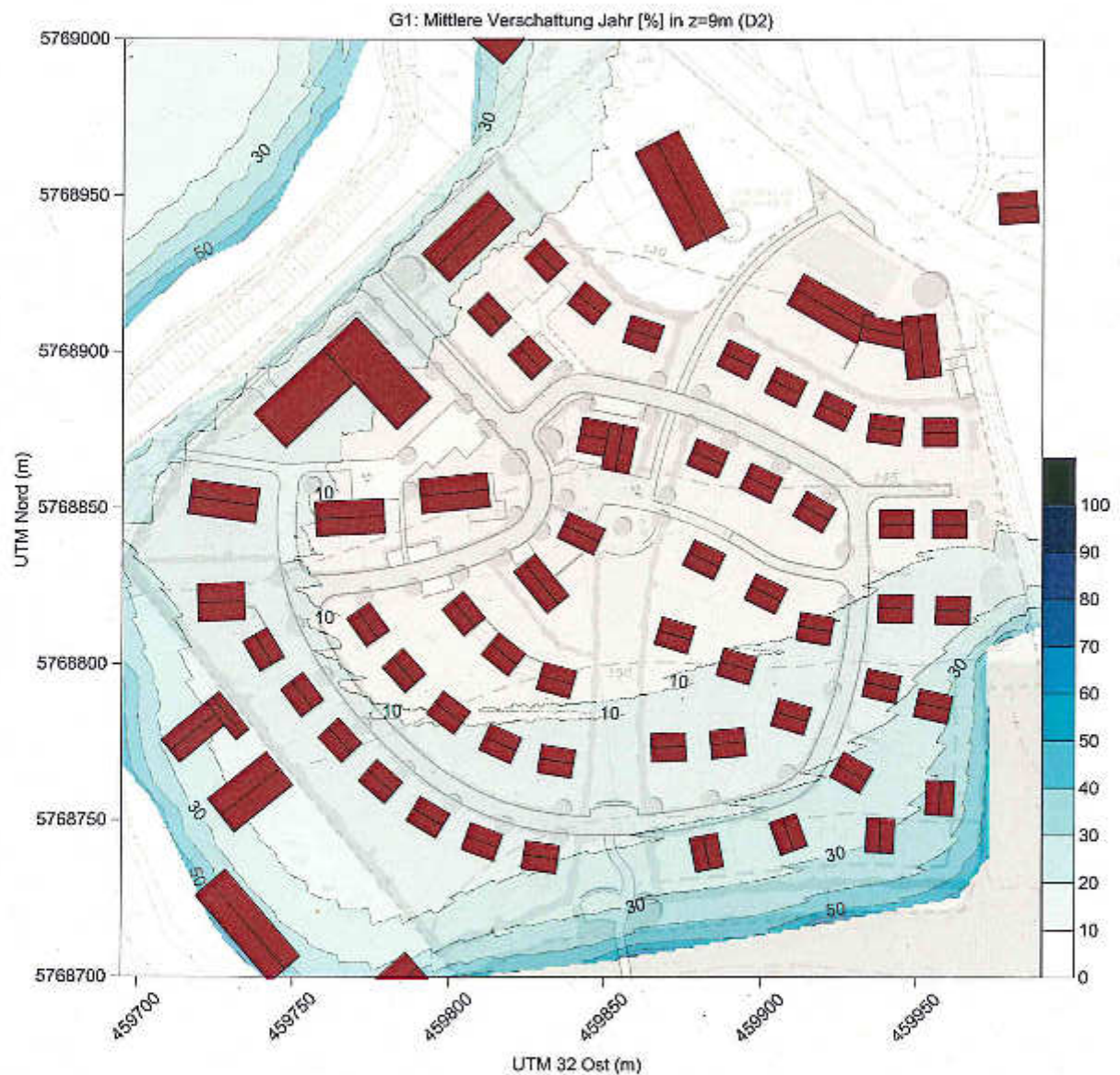


Abbildung 11a: Jahresmittel der astronomisch möglichen mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 9 m über Grund (Dachfläche 2) in Variante G1.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

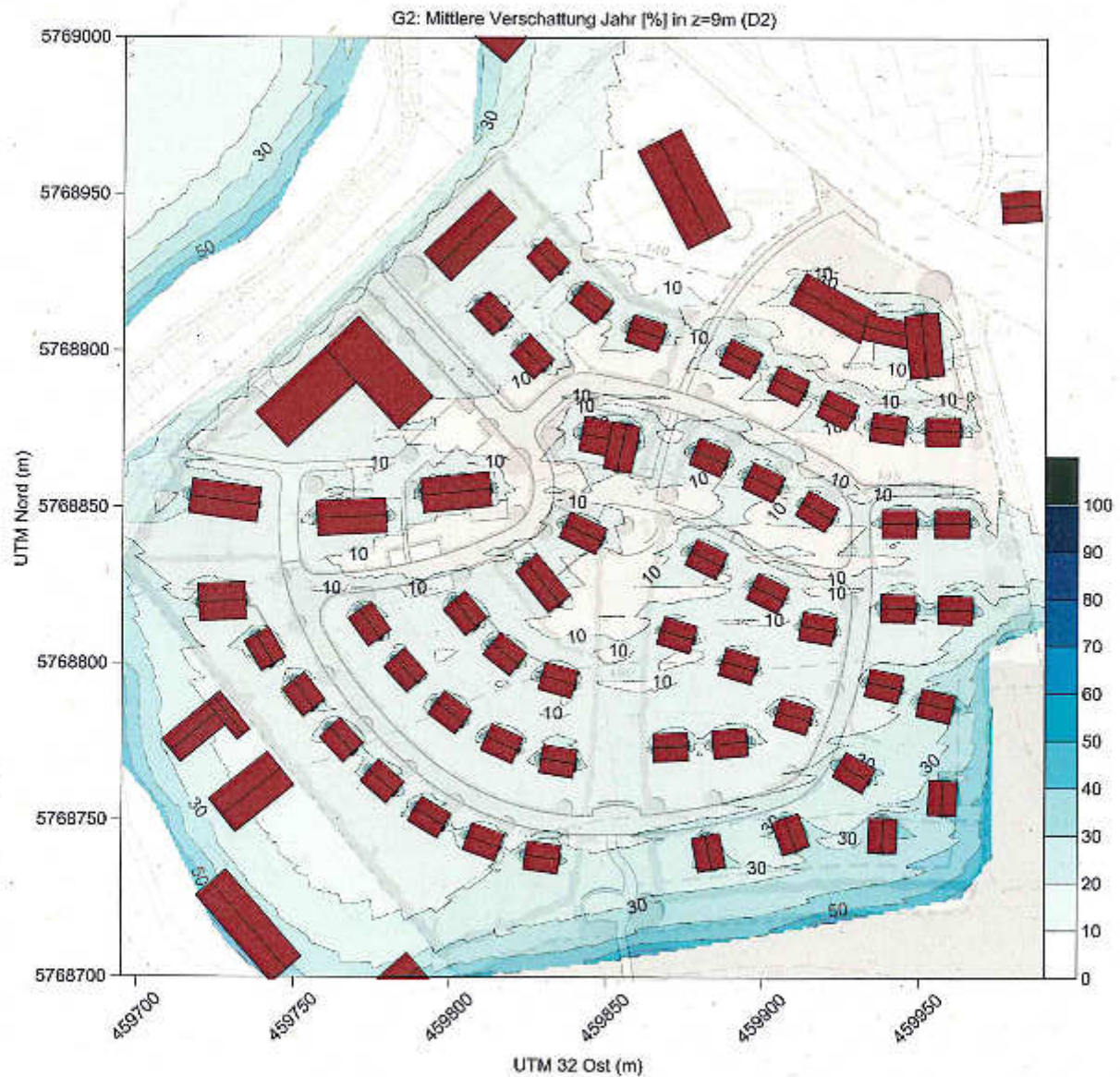


Abbildung 11b: Jahresmittel der astronomisch möglichen mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 9 m über Grund (Dachfläche 2) in Variante G2.

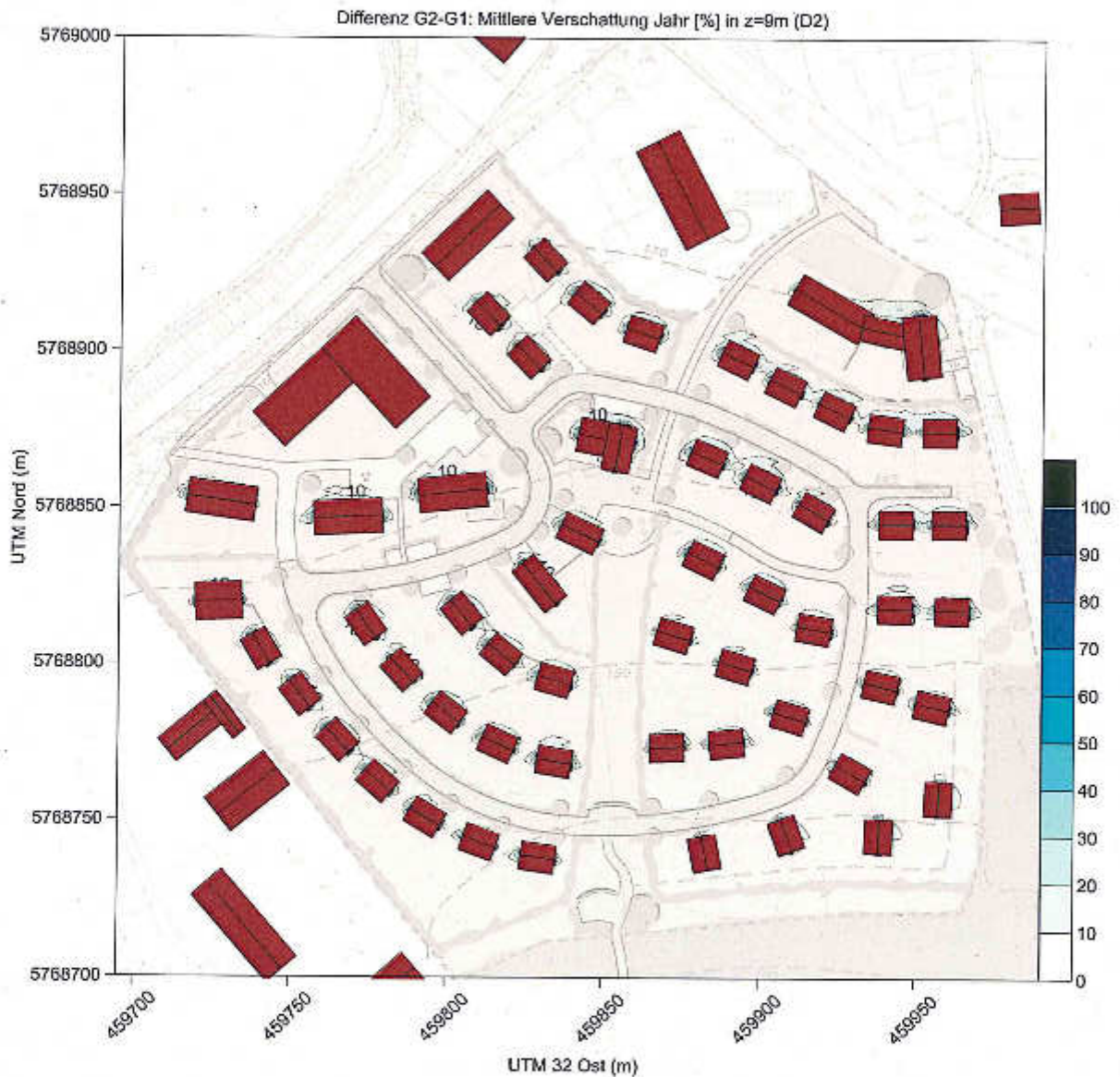


Abbildung 11c: Differenz zwischen Variante G2 und G1 im Jahresmittel der mittleren Verschattung (%) in einer Höhe von ca. 9 m über Grund (Dachfläche 2).

5.3. Optimale Azimut- und Neigungswinkel von Dachflächen

Ergänzend zu den flächendeckenden Berechnungen von Sonnenscheindauer an Stichtagen, Globalstrahlung und Verschattung ist für sechs repräsentative Punkte im Plangebiet berechnet worden, unter welchem Neigungswinkel und bei welcher Himmelsausrichtung eine geneigte Dachfläche unter den gegebenen Bedingungen einer Verschattung durch umgebende Gebäude, Wald und Gelände die höchst mögliche Globalstrahlung erhält.

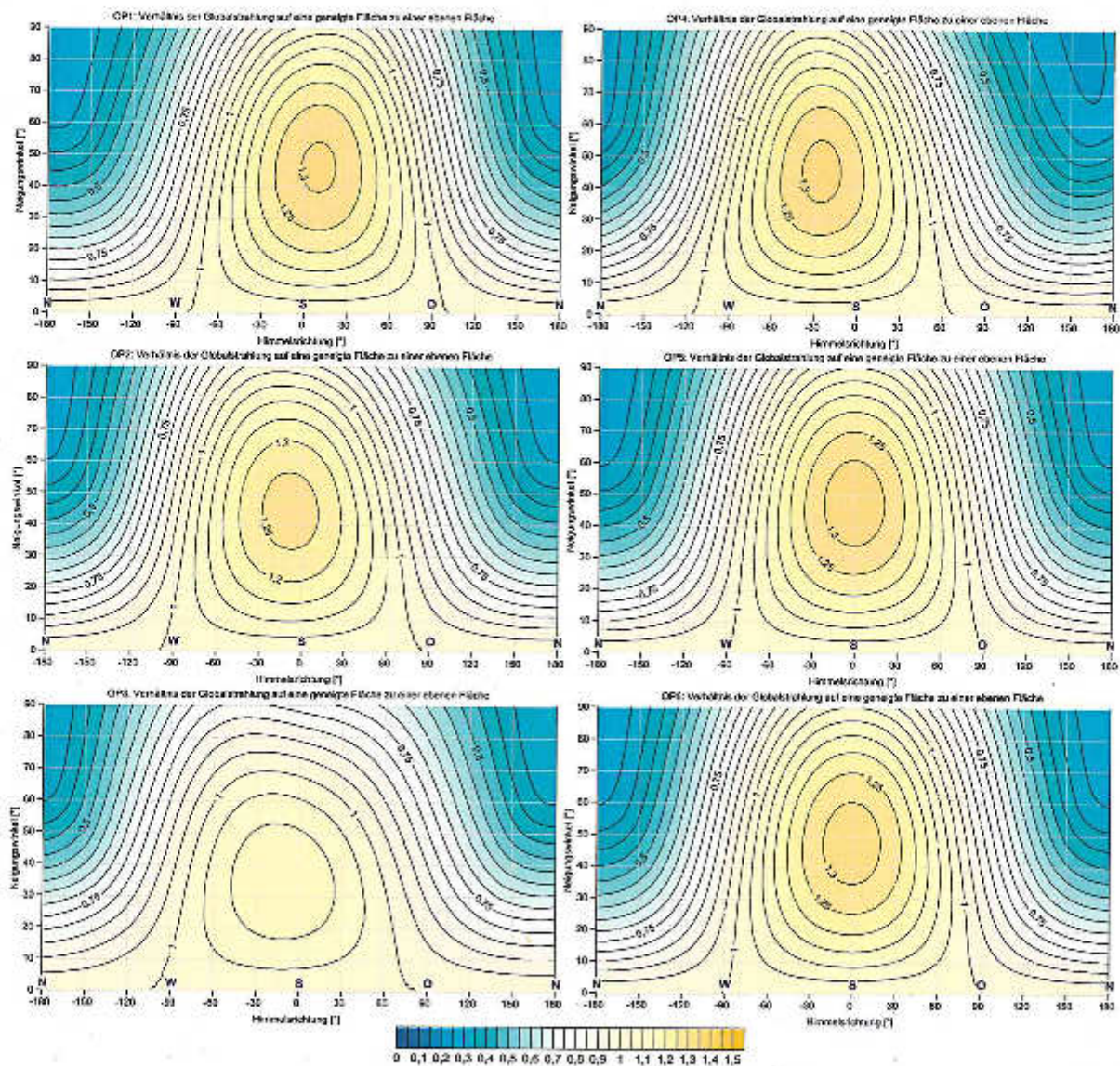


Abbildung 12: Verhältnis der jährlichen Globalstrahlung auf eine geneigte Dachfläche zu einer ebenen Fläche in Abhängigkeit von Neigungswinkel und Himmelsausrichtung.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Die Abbildung 12 zeigt das Verhältnis von Globalstrahlung auf eine geneigte Fläche zu einer ebenen Fläche an gleicher Position, d.h. in beiden Fällen unter Berücksichtigung der lokal gegebenen Verschattung. Je nach Himmelsausrichtung und Anstellwinkel der geneigten Fläche kann dieses Verhältnis zwischen 0,3 und 1,3 variieren.

Der Neigungswinkel von Dachflächen bzw. Solarmodulen zur optimalen Ausbeute der verfügbaren Globalstrahlung liegt, mit Ausnahme von OP3, an allen Punkten zwischen 40° und 50° bei einer Ausrichtung um Süd. Lediglich bei dem Punkt OP4, der im Osten am Waldrand liegt, empfiehlt sich eine leichte Drehung nach Südsüdwest. Im Vergleich zu einer ebenen Fläche an gleicher Position kann mit diesen Flächenausrichtungen etwa ¼ mehr Energie aus dem Strahlungsangebot gezogen werden.

Der Punkt OP3 liegt im Südosten am Waldrand. Für optimale Strahlungsausbeute kann hier die Dachfläche flacher aufgestellt sein. In einem Neigungswinkel zwischen 20° und 50° können im Vergleich zu einer ebenen Fläche rund 20 % mehr Energie gewonnen werden.

6. Bewertung und Empfehlungen

Zusammengefasst führen die METSUN-Simulationsrechnungen zu folgenden Ergebnissen:

Verschattungen durch das umgebende Geländere Relief sind mit weniger als 2 % Verminderung der Einstrahlung im Jahresmittel vernachlässigbar. Relevant ist nur die Verschattung zwischen den Gebäuden sowie durch den angrenzenden Wald. Diese werden nachfolgend erläutert.

Die Besonnungssituation im Erdgeschoss ist bei 1 ½-geschossiger Bauweise überwiegend günstig. Aufgrund der offenen Bebauung stehen an den Südseiten der meisten Gebäude im Erdgeschoss im Jahresmittel um 80 % der maximal möglichen Globalstrahlung¹ zur Verfügung. Der zeitliche Verschattungsanteil liegt bei 30 %, überwiegend in den Morgen- und Abendstunden. Im größten Teil des Plangebietes werden die nach DIN 5034 [1] geforderten Mindest-Besonnungszeiten von 1 Stunde am 17. Januar und 4 Stunden am 21. März weit übertroffen.

Weniger günstig ist die Situation im südöstlichen Plangebiet, das an den hohen Waldbestand angrenzt. Die Globalstrahlung kann dort im Jahresmittel bis auf 60 % reduziert sein bei einer Verschattung in der Hälfte der Jahresstunden. In dem vorgegebenen Bebauungsszenario wird die Mindest-Besonnung von 1 Stunde am 17.1. an 13 Gebäuden nicht erreicht. Im März ist dagegen die Besonnungsdauer ausreichend.

Bei einer durchgehend höheren Bebauung im Plangebiet mit 2 ½ Geschossen ist die Besonnungssituation vor allem in der westlichen Hälfte des Plangebiets weiterhin günstig. Die Globalstrahlung reduziert sich um etwa 10 Prozentpunkte, die Verschattung nimmt in ähnlichem Maß zu. Allerdings erreichen 14 zusätzliche Gebäude in einem erweiterten Streifen parallel zum Wald sowie an der Bielefelder Straße nicht mehr die Mindestbesonnung nach DIN 5034 von 1 Stunde am 17. Januar. Bezogen auf den Stichtag 21. März wird die DIN 5034 überall eingehalten.

Um unter den gegebenen Rahmenbedingungen optimale Besonnung zu erzielen, können aus den Simulationsrechnungen die in der Abbildung 13 skizzierten Empfehlungen ausgesprochen werden:

- In einem Streifen parallel zum Waldrand (blau schraffiert) ist eine 2 ½-geschossige Bebauung vorzuziehen. Das zusätzliche Geschoss ermöglicht längere Besonnungszeiten und größere Helligkeit in Wohnräumen ohne an benachbarten

¹ Die Globalstrahlung ist eine energetische Größe für die Summe der solaren Einstrahlung. Sie kann näherungsweise auch als ein Maß für die vom Menschen empfundene Helligkeit interpretiert werden.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Gebäuden die Verschattung unzumutbar zu erhöhen. Allerdings kann die DIN 5034 hier am 17.1. trotzdem nicht eingehalten werden.

- In einem daran nördlich angrenzenden Streifen (rot schraffiert) wird 1 ½-geschossige Bebauung empfohlen. Ein Geschoss mehr würde bei Nachbargebäuden zu einer unzulässig starken Reduzierung der Besonnungszeiten hinsichtlich DIN 5034 führen.
- In der zweiten Gebäudezeile parallel zur Bielefelder Straße (rot schraffiert) wird ebenfalls 1 ½-geschossige Bebauung empfohlen, um in der ersten Gebäudezeile die Besonnungszeiten im Winter nicht unter die DIN-Norm zu drücken.
- In dem dazwischen liegenden Gebiet (gelb schraffiert) wäre zwar bezogen auf die Normen auch eine 2 ½-geschossige Bebauung möglich. Im Sinne einer optimierten Besonnung der dicht benachbarten niedrigeren Gebäude wird jedoch auch eine 1 ½-geschossige Bauweise empfohlen.
- Im restlichen Plangebiet (grün schraffiert) ist hinsichtlich der Besonnungszeiten und verfügbaren Globalstrahlung und Helligkeit sowohl die niedrigere als auch die höhere Geschossigkeit möglich.



Abbildung 13: Empfehlungen zu einer möglichen Geschosszahl aufgrund der Verschattungsberechnungen.

Besonnung B-Plangebiet Nr. 43 „Blotenberg“

Die skizzierten Gebietsabgrenzungen sind nicht als exakte Grenzlinien zu verstehen. Sie ergeben sich aus den vorgegebenen Bebauungsszenarien mit gegebenen Bauflächen, Abständen und Bauhöhen. Unter anderen Rahmenbedingungen sind Verschiebungen in den Abgrenzungen bis hin zu grundsätzlich anderen Empfehlungen möglich.

Im Niveau möglicher Solaranlagen auf 1 ½-geschossigen Gebäuden ist im größeren Teil des Plangebietes der Verschattungseffekt so gering, dass um 95 % der maximalen Globalstrahlung zur Verfügung stehen. In der ersten Hausreihe am Waldrand stehen dagegen nur ca. 70 % zur Verfügung, was eine wirtschaftliche Nutzung unwahrscheinlich erscheinen lässt.

Der zeitliche Verschattungsanteil liegt allgemein bei rund 15 %, unterhalb von 70 m Entfernung zum Waldrand steigt er bis auf maximal 50 % an. Dies schränkt insbesondere die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen in diesem Streifen ein.

Bei einheitlicher Bebauung mit 2 ½ Geschossen stehen in dem höheren Dachniveau ebenfalls rund 95 % der maximalen Globalstrahlung zur Verfügung, am Waldrand reduziert sich der Anteil bis auf 85 %. Wird dagegen nur die umgebende Bebauung um ein Geschoss erhöht, so reduziert sich die verfügbare Globalstrahlung in dem niedrigeren Dachniveau auf unter 90 %. Im Gegenzug steht auf dem höheren Dachniveau bei niedrigerer Umgebungsbebauung etwa 98 % der maximalen Globalstrahlung zur Verfügung.

Hinsichtlich der solarenergetischen Nutzungsmöglichkeiten ergeben sich aus den Ergebnissen der Simulationsrechnungen keine wesentlich anderen Empfehlungen als sie bereits hinsichtlich der Besonnung von Wohnräumen genannt wurden (Abb. 13). Eine kleinräumig wechselnde Bebauungshöhe sollte vermieden werden. Im südöstlichen Planbereich erscheint eine wirtschaftliche Nutzung von Solaranlagen eher unwahrscheinlich. Falls überhaupt, so bieten sich eher solarthermische Anlagen als Photovoltaikanlagen bei mindestens 2 ½-geschossiger Bauweise an.

Die optimale Himmelsausrichtung und Neigung von Solarmodulen weicht nur wenig von unverschatteten Verhältnissen ab, d.h. Orientierung um Süd bei Neigungswinkeln zwischen 40° und 50°. Je nach Lage innerhalb des Plangebietes sind geringfügige Abweichungen möglich.

Pinneberg, den 25. November 2014

(Dr. K. Bigalke)

Literatur

- [1] **DIN 5034-1 (2011):** Tageslicht in Innenräumen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- [2] **Hay, J.E., D.C. McKay (1985):** Estimating solar irradiance on inclined surfaces: A review and assessment of methodologies. – International Journal of Solar Energy **3**, 203-240.
- [3] **Perez, R., P. Ineichen, R. Seals, J. Michalsky, R. Stewart (1990):** Modelling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance. – Solar Energy **44**, 271-289.
- [4] **Remund, J., J. Page (2002):** Integration and exploitation of networked Solar radiation Databases for environment monitoring - Advanced parameters. Report to the European Commission. – http://www.soda-is.com/publications/d5-2-2_v3.pdf.
- [5] **Skartveit, A., J.A. Olseth, M.E. Tuft (1998):** An hourly diffuse fraction model with correction for variability and surface albedo. – Solar Energy **63**, 173-183.
- [6] **VDI (1994):** Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen - Berechnung der kurz- und der langwelligen Strahlung. – VDI-Richtlinie 3789, Blatt 2, Beuth Verlag, Berlin.
- [7] **VDI (2001):** Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen - Berechnung der spektralen Bestrahlungsstärken im solaren Wellenlängenbereich. – VDI-Richtlinie 3789, Blatt 3, Beuth Verlag, Berlin.
- [8] **Eckhardt, K., K. Bigalke (2004):** Comparison of two model systems for the calculation of the solar irradiance on shaded, arbitrarily orientated surfaces. Meteorol. Z. **13**, 369-372.
- [9] **Kasten, F.; K. Dehne; H. D. Behr; U. Bergholter (1984):** Die räumliche und zeitliche Verteilung der diffusen und direkten Sonnenstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland. Forschungsbericht BMFT-FB-T84-125.