METCON
Umweltmeteorologische Beratung Dr. Klaus Bigalke
Jappopweg 9h • 25421 Pinneberg • Tel. 04101 / 857092-0 • Fax 04101 / 857092-3
info@metcon-umb.de • www.metcon-umb.de

Gutachten

Änderung der solaren Einstrahlung in der Umgebung des geplanten Bebauungsplans „Langbrühl Ost“ in Hagnau am Bodensee

Auftraggeber:

RBS wave GmbH

Mittlerer Pfad 4

70499 Stuttgart

Pinneberg, den 06. März 2020

Projekt - Nr.: 20R691

Version 1.0

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung 3
2. Bewertungsgrundlagen 7
3. Methodik und Untersuchungsumfang 8
4. Eingangsdaten der Modellrechnungen 10
5. Berechnungsergebnisse - Globalstrahlung im Sommerhalbjahr (April - September) 12
5.1. Verschattungswirkung auf die Umgebung des B-Plangebiets 12
5.2. Verschattungswirkung auf die Flurstücke 1142 + 1143 16
6. Zusammenfassung und Bewertung 20
Literatur 21
Anhang 22
Anhang A - Berechnungsergebnisse April 23
Anhang B - Berechnungsergebnisse Mai 25
Anhang C - Berechnungsergebnisse Juni 27
Anhang D - Berechnungsergebnisse Juli 29
Anhang E - Berechnungsergebnisse August 31
Anhang F - Berechnungsergebnisse September 33

1. Aufgabenstellung

Die Gemeinde Hagnau bereitet die Aufstellung des vorhabenbezogenen Bebauungsplans „Langbrühl Ost“ vor. Mit dem Bebauungsplan sollen die planrechtlichen Voraussetzungen für ein neues Gewerbegebiet nördlich der Ortschaft auf der Ostseite der Ittendorfer Straße geschaffen werden. Das Plangebiet hat eine Größe von knapp 2 ha und ist Abbildung 1 vor dem Hintergrund eines OpenStreetMap-Lageplans rot markiert.

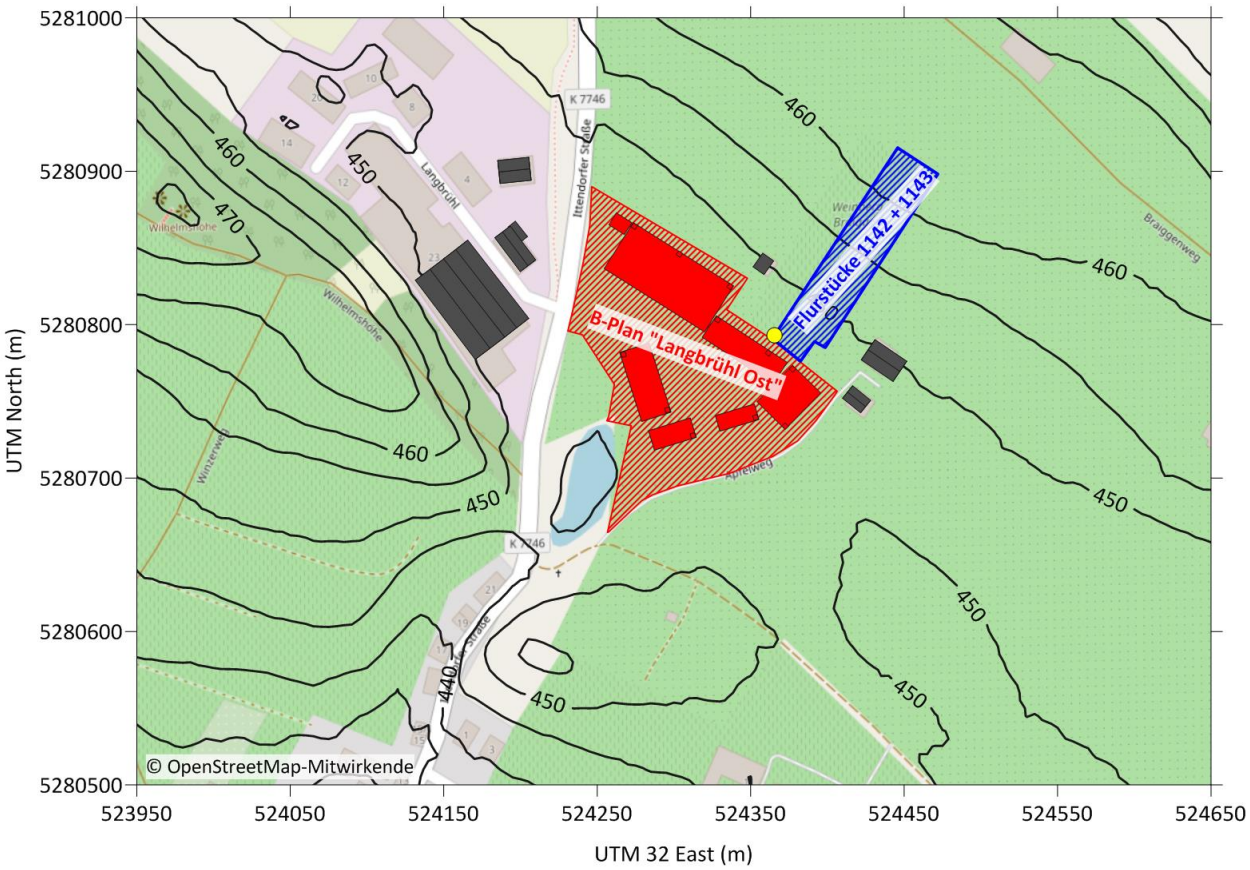


Abbildung 1: Lageplan mit überlagerten Höhenlinien (schwarz, Höhe NHN in m) sowie der Lage des B-Plangebiets (rot) und der Flurstücke 1142 + 1143 (blau). Zusätzlich sind die Bestandsgebäude grau und die Plangebäude rot gekennzeichnet. Der gelbe Punkt markiert die Südwest-Ecke des Flurstücks 1143.

Die Planfläche sowie die umgebenden Flächen werden derzeit hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Lediglich westlich des Plangebiets jenseits der Ittendorfer Straße befinden sich einige Lagerhallen und einzelne Wohngebäude mit bis zu zwei Geschossen. Auf den Flurstücken 1142 und 1143 (in Abbildung 1 blau markiert) sowie auf Teilen der angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen wird Weinanbau betrieben.

Im Plangebiet soll eine maximale Bebauungshöhe von 12,50 m und für untergeordnete Bauteile von bis zu 15,00 m zulässig sein. Eine konkrete Bebauungsplanung liegt noch nicht vor. Im Rahmen dieses Gutachtens wird von einer Planbebauung ausgegangen, wie sie in Abbildung 1 rot skizziert ist. Diese entspricht der nach dem Bebauungsplan-Entwurf maximal möglichen Bebauung mit größtmöglicher Verschattungswirkung auf die nördlich angrenzenden Flurstücke.

Die südlichen Grundstücksgrenzen der Flurstücke 1142 + 1143 weisen entsprechend den Planunterlagen einen Abstand von mindestens 5 m zu der Baugrenze des geplanten Gewerbegebiets auf. Aufgrund der geplanten Bebauung kann es insbesondere im südlichen Bereich der Weinanbauflächen zu einer zusätzlichen Verschattung mit entsprechenden Ertragseinbußen kommen.

Zur Veranschaulichung der geplanten Bebauungssituation ist in Abbildung 2 die Silhouette der Bestands- und Planbebauung sowie der Geländestruktur, wie sie sich von einem fiktiven Beobachtungspunkt an der Südwest-Ecke des Flurstücks 1143 in 10 cm Höhe mit Blick von Osten (links) über Süden (mittig) nach Westen (rechts) einstellt. Dieser fiktive Beobachtungspunkt ist in Abbildung 1 gelb markiert und repräsentiert eine bzgl. der Planbebauung möglichst ungünstige Position einer Weinrebe auf den Flurstücken 1142 + 1143. Außerdem ist in Abbildung 2 die Sonnenposition zu mehreren Stichtagen und den vollen Stunden eingetragen. Anhand der Sonnenverläufe ist zu erkennen, dass zum Sonnentiefststand am 21.12. die Neubauten (im Vergleich zur Istsituation) die Sonne fast vollständig verschatten. Am 21.4. sowie am 21.9. wird die Sonne ebenfalls noch einige Nachmittagsstunden von den neuen Gewerbegebäuden verdeckt. Am 21.6 steht die Sonne dagegen nahezu den gesamten Tag über der Planbebauung und wird nur noch in den Abendstunden geringfügig abgeschattet.

Die dargestellten Schattenhorizonte verdeutlichen, dass zumindest der fiktive Beobachtungspunkt an der Südwest-Ecke des Flurstücks durch die geplante Bebauung südwestlich der Weinanbauflächen verschattet wird. Ob und in welchem Ausmaß die Flurstücke flächig von einer Verschattung betroffen sind, kann jedoch anhand der Schattenhorizonte nicht festgestellt werden. Aufgabe dieses Gutachtens ist daher zu untersuchen, in welchem Maße und in welcher räumlichen Differenzierung die Neubauten zu einer Verschattung der Umgebung, insbesondere aber der Flurstücke 1142 + 1143 führen.

Dabei liegt der Fokus auf dem Vergleich der eintreffenden Globalstrahlung, also der Summe aus direkter und diffuser Einstrahlung, zwischen der Ist- und der Plansituation im Sommerhalbjahr (April - September). Die resultierende Abnahme der Globalstrahlung kann die Grundlage für eine Bewertung möglicher Ertragseinbußen aufgrund der Verschattung durch die Plangebäude darstellen.

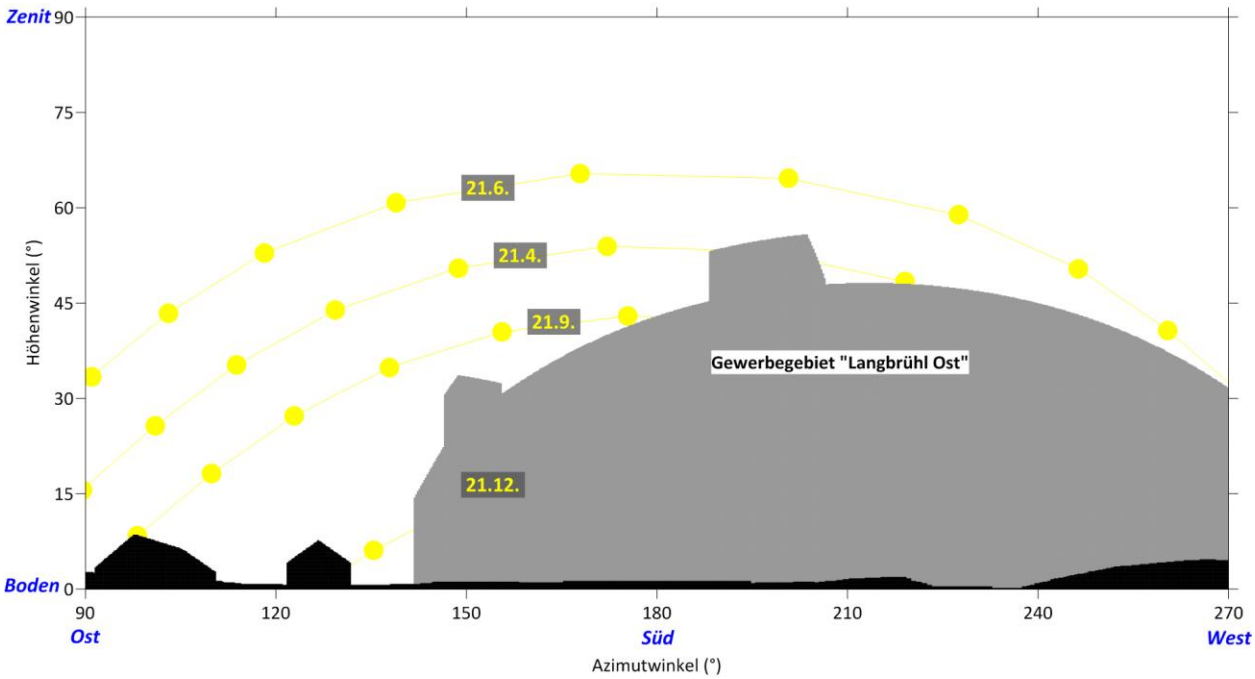


Abbildung 2: Silhouette der Bestands- und Planbebauung sowie der Geländestruktur für einen Betrachter an der Südwest-Ecke des Flurstücks 1143 (gelber Punkt in Abbildung 1) in 10 cm Höhe.

Dieses Verschattungsgutachten basiert auf den folgenden Unterlagen, die vom Auftraggeber bzw. von der Gemeinde Hagnau zur Verfügung gestellt wurden:

- Bestandsplan 1:200 vom 29.03.2018:
  185035_bestandsplan_bv_Langbrühl-Ost.pdf
  185035_bestandsplan_bv_Langbrühl-Ost-Gebäude_mit Höhen.pdf (gescannt)
- Rechtsplan Bebaaungsplangebiet „Langbrühl Ost“ 1:500 vom 22.10.2019:
  langbrühl-ost-rechtsplan-2019-10-22.pdf
- Diverse Grundrisse und Schnitte der Bestandsgebäude:
  Höhe Gebäude Apfelweg 5 und 6.pdf
  Höhe Gebäude Langbrühl 1.pdf
  Höhe Gebäude Langbrühl 1_1.pdf
  Höhe Gebäude Langbrühl 2 und 3.pdf
- Planrechtliche Festsetzung im Bebauungsplan zur Höhenentwicklung:
  ge-langbrühl-grundlagen-verschattungsgutachten.pdf

Zusätzlich durch uns beschafft:

- Ausschnitt Digitales Geländemodell DGM5 des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg
- Langjährige Globalstrahlungszeitreihe (1977 - 2019) der Station Konstanz (Deutscher Wetterdienst) aus Daten des Climate Data Center *stundenwerte_ST_02712_row.zip*

2. Bewertungsgrundlagen

Zur Bewertung der Relevanz von Verschattungen existieren keine eindeutigen rechtlichen Regelungen, wie beispielsweise gesetzliche Grenzwerte für Mindest-Besonnungszeiten oder Einstrahlungssummen. Baurechtlich wird bei Einhaltung der Abstandsregelung von keinen negativen Auswirkungen auf die Besonnung der Nachbarschaft ausgegangen. Hinsichtlich der Verschattung von Wohn- und Aufenthaltsräumen benennt die DIN 5034 [1] Mindestzeiten der Besonnung zu bestimmten Stichtagen. Darüber hinaus haben diverse Bundes- und Landesverwaltungsgerichte in den letzten Jahren in Einzelfallentscheidungen auch die Abnahme der gesamten solaren Einstrahlung während der strahlungsarmen Wintermonate als Bewertungskriterium herangezogen.

Im vorliegenden Fall geht es jedoch nicht um die mögliche Verschattung von Nachbargebäuden, sondern um die Einbuße der solaren Einstrahlung auf den nördlich angrenzenden Weinanbauflächen. Im Gegensatz zu der Bewertung der Verschattungssituation an Wohnhausfassaden, liegt der Fokus in diesem Fall nicht auf den strahlungsarmen Wintermonaten, sondern auf der Vegetationsperiode der Weinreben bzw. den Sommermonaten.

Aufgabe dieses Gutachtens ist daher die Berechnung der voraussichtlichen Verschattung durch die Neubebauung im Plangebiet im Vergleich zur Istsituation mit der Bestandsbebauung. Die Berechnungsgröße ist die Summe der direkten und der diffusen Einstrahlung (Globalstrahlung / als Energie pro m² Anbaufläche) auf den Flurstücken 1142 + 1143 sowie den umgebenden Flächen. Für das Sommerhalbjahr (April bis September) wird die mittlere Globalstrahlung sowohl im Ist- als auch im Planfall und darüber hinaus deren prozentuale Abnahme berechnet. Da sich die Relevanz der Einstrahlung von der Blütezeit bis zur Weinlese für den Ernteertrag je nach Pflanzenart unterscheiden kann, werden die Auswirkungen der Plangebäude auf die solare Einstrahlung auf den Weinanbauflächen darüber hinaus für jeden Monat separat berechnet.

Bei der Bewertung der Auswirkungen der Plangebäude auf die Einstrahlung auf die umgebenden Flächen wird eine Abnahme zwischen 5 und 15 % als *leicht*, zwischen 15 und 30 % als *mäßig* und von mehr als 30 % als *stark* bezeichnet.

Inwieweit die prozentuale Abnahme der Globalstrahlung den Ernteertrag der Weinanbauflächen tatsächlich beeinflusst, kann im Rahmen dieses Gutachtens nicht bewertet werden.

3. Methodik und Untersuchungsumfang

Die Sonneneinstrahlung wird nach unterschiedlichen Strahlungsanteilen unterschieden. Die Summe aller auf einer Empfangsfläche (z.B. Erdoberfläche oder Hausfassaden der Umgebung) 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 um das Bebauungsplangebiet „Langbrühl Ost“ in Hagnau am Bodensee erfolgt mit dem Simulationsmodell METSUN in der Version 3.10. Dieses Modell ist eine programmtechnische Eigenentwicklung und beruht auf frei zugänglichen, veröffentlichten Berechnungsansätzen [2], [3], [4], [5] und VDI-Richtlinien [6], [7], [8]. Verifikationsrechnungen mit METSUN wurden in [9] 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.

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.

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. Die

Berechnung auf Basis der gemessenen Globalstrahlung hat den Vorteil, dass nicht die *maximal mögliche* Verschattung bei durchgehend wolkenfreiem Himmel, sondern die im langjährlichen Mittel *tatsächlich auftretende* Verschattung bestimmt werden kann. Da im vorliegenden Fall eine geeignete langjährige Messung der Globalstrahlung des Deutschen Wetterdienstes von der Station Konstanz vorlag, wurde diese zur Berechnung der Strahlungsflüsse in der Modellrechnung verwendet.

Grundsätzlich können auch Bäume oder größere Gehölze erheblich verschatten. Obwohl im Modell METSUN die Verschattung durch Bäume berücksichtigt werden kann, wird im Rahmen dieser Untersuchung darauf verzichtet. Zum einen lassen sich Bäume in ihren realen Formen und Dichten nur mit hier unvertretbar hohem Aufwand erfassen und in das Modell einarbeiten. Mit einer pauschalen Erfassung würde aber deren Wirkung nur in unbefriedigender Näherung berechnet und ließe sich schlecht von der Wirkung der Gebäude trennen. Zum anderen ändert sich die Verschattung durch Bäume im jahreszeitlichen Rhythmus und mit jeder Vegetationsperiode. Und schließlich werden Bäume und Gehölze, soweit sie nicht unter Schutz stehen, häufig gefällt oder zurückgeschnitten, wenn sie beginnen zu stark zu verschatten. Insofern stellt die Untersuchung ohne die Berücksichtigung von Bäumen eine tendenziell konservative, aber dennoch realitätsnahe Vorgehensweise dar.

Die Berechnungen erfolgen unter Berücksichtigung der örtlichen Orographie für die beiden Varianten:

1. Istfall:
   bestehende Bebauung
2. Planfall:
   bestehende Bebauung sowie eine innerhalb der planrechtlichen Grenzen angesetzte Planbebauung im B-Plangebiet.

Der Istfall entspricht den zurzeit tatsächlich vorliegenden Verhältnissen. Der Planfall repräsentiert die Verhältnisse, die nach Umsetzung der innerhalb planrechtlicher Grenzen maximal möglichen Bebauung im B-Plangebiet vorliegen. Nach dem vorliegenden Rechtsplan entspricht dies einer zulässigen Gebäudehöhe von 12,50 m sowie 15,00 m für untergeordnete Bauteile (Treppenhäuser / Fahrstuhlschächte) unter Berücksichtigung der Grundflächenzahl.

Für beide Varianten wird die Globalstrahlung flächendeckend auf der Geländeoberfläche berechnet.

4. Eingangsdaten der Modellrechnungen

Die Gebäude im Untersuchungsgebiet wurden für die Modellrechnungen auf Basis der eingangs genannten Planunterlagen als digitales dreidimensionales Modell im modellspezifischen Datenformat von METSUN erstellt.

Die Abbildung 3 zeigt den Ausschnitt der in den Modellrechnungen berücksichtigten Orographie sowie die geländefolgende Empfangsfläche in Umgebung des Plangebiets (schwarzer Rahmen). Zusätzlich sind die Bestandsgebäude grau und die Plangebäude rot eingefärbt. Die Flurstücke 1142 + 1143 liegen auf einem südwestlich orientierten Hang nördlich des Plangebiets und sind in der Abbildung blau markiert. Die Grundrisskoordinaten und Höhen der Bestandsbebauung wurden den in Abschnitt 3 genannten Planunterlagen entnommen. Die Plangebäude wurden innerhalb der Baugrenzen des B-Plangebiets und unter Berücksichtigung der planrechtlichen Vorgaben so angeordnet, dass die durch die Realisierung der Planbebauung maximal mögliche Abnahme der Globalstrahlung auf den Flurstücken berechnet werden kann.

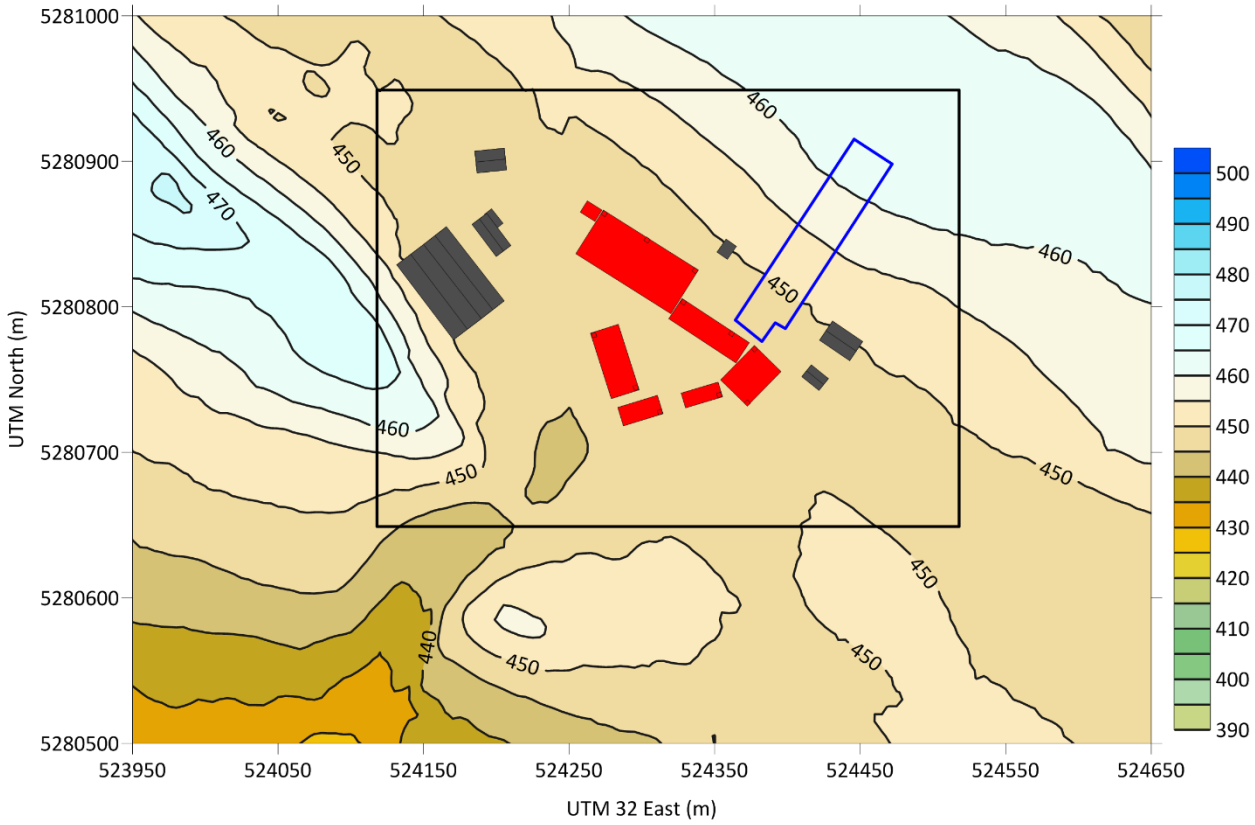


Abbildung 3: In den METSUN-Simulationen berücksichtigte Geländehöhen (Höhe NHN in m) mit Grundrissen der einbezogenen Gebäude (grau, Neubauten rot). Die Empfangsfläche ist schwarz und die Flurstücke 1142 + 1143 sind blau gekennzeichnet.

Das Modell METSUN berechnet die solare Einstrahlung auf vorab definierten Empfangsflächen, die eben und beliebig im Raum orientiert oder geländefolgend definiert sein können. Auf diesen Empfangsflächen wird von METSUN die einfallende Sonnenstrahlung an diskreten Punkten in beliebigen Rasterabständen berechnet. Im vorliegenden Fall wurde eine geländefolgende Empfangsfläche mit einer Ausdehnung von 400 m x 300 m definiert. Die Rasterabstände wurden dabei auf 2 m festgelegt, sodass die Empfangsfläche aus insgesamt 30.000 Rasterpunkten (bzw. 30.000 ebenen Rasterflächen je 4 m²) besteht. Die Lage der geländefolgenden Empfangsfläche, auf der die auf dem Boden eintreffende Strahlung berechnet wird, ist in Abbildung 3 mit einem schwarzen Rahmen markiert.

Als abschattende Objekte werden in den Modellrechnungen alle Gebäude berücksichtigt, die (im Uhrzeigersinn) nordöstlich bis nordwestlich der untersuchten Weinanbauflächen gelegen sind und aufgrund ihrer Entfernung und Höhe einen relevanten Anteil zu der Beschattung in Nähe des Bauvorhabens beitragen könnten. Zusätzlich zu den Gebäuden wird auch die umgebende Orographie berücksichtigt, die ebenfalls einen relevanten Beitrag zur Verschattung der Weinanbauflächen leisten kann. Die Ausdehnung des Modellgebiets wurde auf 700 m in West-Ost und 500 m in Nord-Süd-Richtung festgelegt. Weiter entfernte als die in Abbildung 3 dargestellten Objekte (Gebäude und Orographie) spielen hierfür keine Rolle mehr.

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 Raumwinkelelementen. Hierzu wird die Himmelshalbkugel in jeweils 720 Azimut- und Zenitsegmente aufgeteilt; die horizontale Auflösung beträgt somit 0,5°, die vertikale 0,25°.

Die Berechnung der auf der Empfangsfläche auftreffenden Globalstrahlung erfolgt in dem Modell METSUN basierend auf der Vorgabe einer von abschattenden Objekten relativ ungestörten Globalstrahlungszeitreihe. Im vorliegenden Fall wurden dafür die Messzeitreihen des Deutschen Wetterdienstes an der Station Konstanz herangezogen. An der Station Konstanz, die nur etwa 10 km westlich von Hagnau am Bodensee liegt, gibt es langjährige Messungen der stündlichen Globalstrahlungssumme. Aus den stündlichen Messungen der Globalstrahlung der letzten zehn Jahre wurde das Jahr 2015 als repräsentatives Jahr ausgewählt und für die METSUN-Berechnungen vorgegeben. Dies ermöglicht die Bewertung der im langjährigen Mittel tatsächlich auftretenden Verschattung der Weinanbauflächen.

Als geographischer Bezugspunkt für die Berechnung des Sonnengangs wird eine östliche Länge von 09° 19’ 29‘‘ und eine nördliche Breite von 47° 40’ 48‘‘ verwendet. Monatliche Mittelwerte für den Trübungsgrad der Atmosphäre (Linke-Trübungsfaktoren) werden nach [10] gesetzt.

5. Berechnungsergebnisse - Globalstrahlung im Sommerhalbjahr (April - September)

Die Globalstrahlung bildet, wie im Abschnitt 3 erläutert, die Summe aller solaren Einstrahlungen. Sie ist in erster Näherung proportional zu der vom Menschen empfundenen Helligkeit und ein Maß für die einfallende solare Energie (nutzbar durch Solaranlagen oder Photosynthese). Die auf den Anbauflächen einfallende solare Energie ist über die gesamte Vegetationsperiode ein wichtiger Faktor für den Weinanbau. Deshalb wird in diesem Abschnitt die berechnete Globalstrahlung (W/m²) als Mittel[1] über die sechs Sommermonate (April bis September) im Ist- und im Planzustand sowie deren prozentuale Abnahme dargestellt und erläutert. Zusätzlich sind die Monatsmittel der Globalstrahlung (Ist- /Planzustand + prozentuale Abnahme) separat für die Monate April bis September im Anhang abgebildet. Dies ermöglicht eine je nach Rebsorte differenziertere Bewertung der zu erwartenden Ertragseinbußen durch die Verschattung der Plangebäude. In Abschnitt 5.1 wird zunächst die Auswirkung der Plangebäude auf die auf dem Boden eintreffende Globalstrahlung in der Umgebung des Plangebiets bewertet. In Abschnitt 5.2 folgt eine detailliertere Betrachtung der Verschattungswirkung der Plangebäude auf die Weinanbauflächen der Flurstücke 1142 + 1143.

5.1. Verschattungswirkung auf die Umgebung des B-Plangebiets

Die Abbildung 4 zeigt die auf dem Boden eintreffende mittlere Globalstrahlung (W/m²) im Sommerhalbjahr in Umgebung des Plangebiets im Istzustand. Die von abschattenden Objekten ungestörte Globalstrahlung auf eine ebene Fläche (gemessen an der Station Konstanz) liegt, bezogen auf diesen Mittelungszeitraum, bei etwa 215 W/m². Dieser Einstrahlungswert wird mit mehr als 210 W/m² im Istzustand großflächig fast erreicht. Dennoch ist die abschattende Wirkung des Geländes in der Abbildung 4 in einigen Bildausschnitten zu erkennen. Westlich der Ittendorfer Straße fällt die auf den nördlich des Anstiegs zur Wilhelmshöhe gelegenen Bereichen eintreffende Globalstrahlung flächenhaft auf weniger als 210 W/m² ab. Darüber hinaus verschatten die Bestandsgebäude ihre unmittelbare Umgebung. Da die Sonne in den Morgen- und Abendstunden tiefer als zur Mittagszeit steht, reicht der Schattenwurf der Gebäude in West-Ost-Richtung tendenziell weiter als in Nord-Richtung. Im Mittel über die Monate April bis September fällt die eintreffende Globalstrahlung abhängig von der Gebäudehöhe in einem Umkreis von maximal 6 m auf weniger als 130 W/m² ab. Ab einer Entfernung von maximal 10 m von den Gebäuden werden wieder Globalstrahlungswerten von mehr als 195 W/m² erreicht. Auf

[1] Der Mittelwert ist bezogen auf einen 24-Stunden-Tag und nicht nur die Zeit zwischen Sonnenauf- und Untergang.

den umliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen liegen die Globalstrahlungswerte mit Ausnahme der direkten Umgebung der Bestandsgebäude überall bei mehr als 200 W/m².

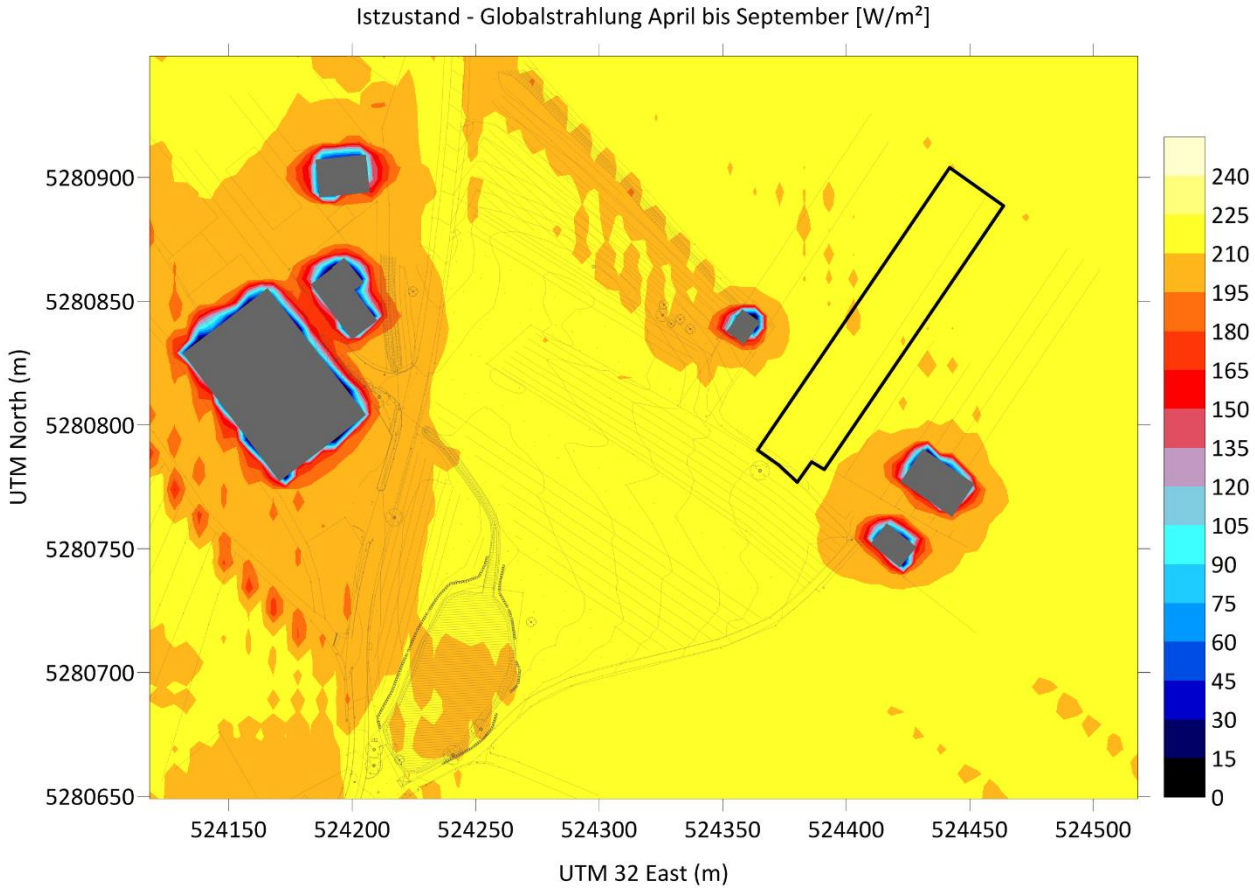


Abbildung 4: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) April - September auf der Geländeoberfläche im Istzustand. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

Die Abbildung 5 zeigt die auf dem Gelände eintreffende Globalstrahlung im Planzustand. Globalstrahlungswerte von mehr als 210 W/m² werden noch im nordöstlichen sowie südöstlichen Gebietsausschnitt erreicht. Im Bereich des Plangebiets ist die abschattende Wirkung der Neubauten deutlich zu erkennen. Im gesamten Bebauungsplangebiet werden Globalstrahlungswerte von weniger als 195 W/m² berechnet. Die Plangebäude sind mit einer Gebäudehöhe von bis zu 12,50 m höher als die umliegenden Bestandsgebäude. Dies führt dazu, dass der Schattenwurf insbesondere in nordwestliche und nordöstliche Richtung (Vormittags- / Nachmittagsstunden) in Umgebung der Plangebäude weiter reicht, als der Schattenwurf in Umgebung der Bestandsgebäude. Die Plangebäude sind darüber hinaus riegelförmig angeordnet, sodass die Globalstrahlung auf den nördlich und östlich benachbarten landwirtschaftlichen Flächen noch bis in eine Entfernung von maximal 16 m von den

Plangebäuden bei weniger als 195 W/m² liegt. Mit größerem Abstand zu den Plangebäuden werden im Mittel über das Sommerhalbjahr großflächig mehr als 200 W/m² erreicht.

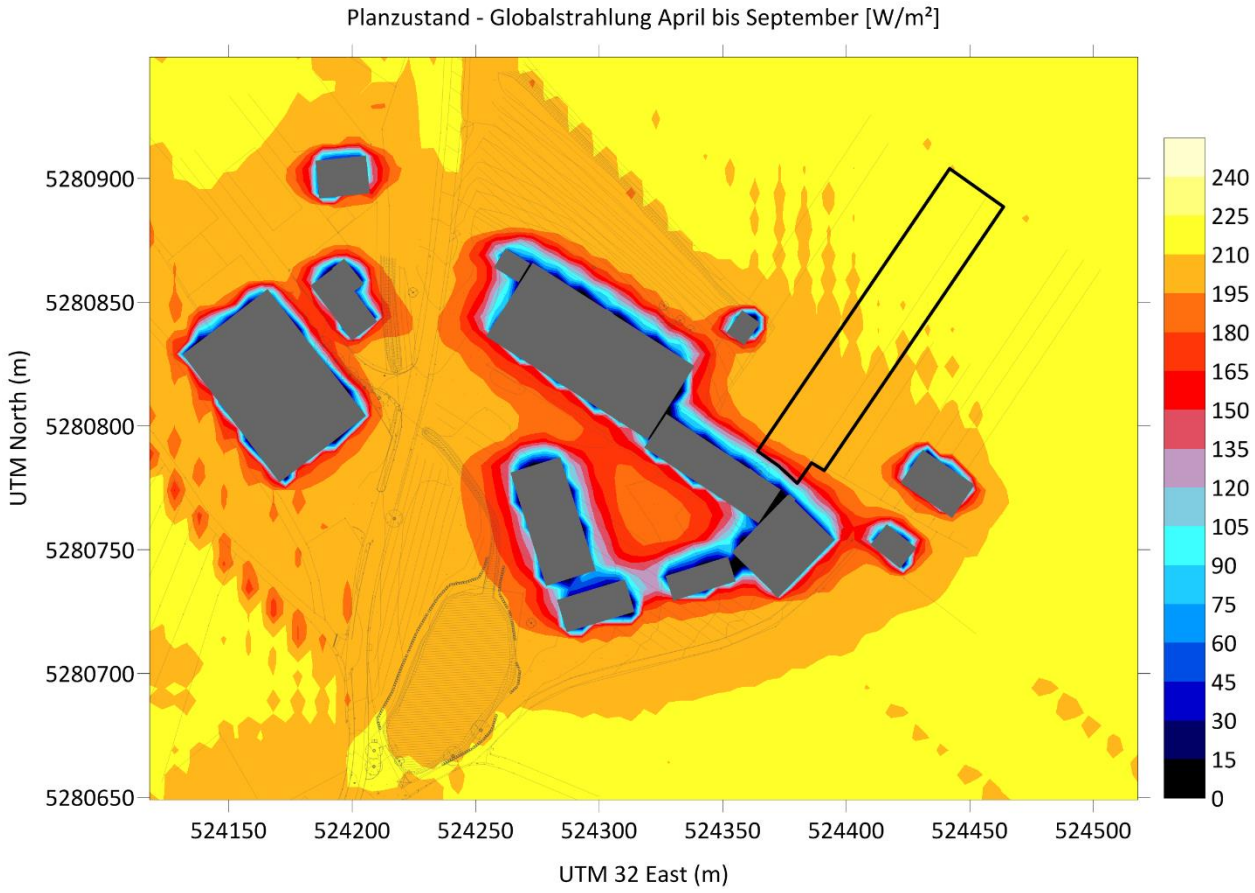


Abbildung 5: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) April - September auf der Geländeoberfläche im Planzustand. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

In Abbildung 6 ist die prozentuale Abnahme der solaren Einstrahlung im Planzustand im Vergleich zum Istzustand dargestellt. Dieser Plan-Ist-Vergleich ermöglicht die Bewertung der Auswirkungen der Plangebäude auf die bodennahe solare Einstrahlung sowie deren räumliche Reichweite. Dies spielt wiederum für die spätere Bewertung zu erwartender Ertragseinbuße im Weinanbau eine wichtige Rolle.

Wie in Abschnitt 2 erläutert, wird im Folgenden eine prozentuale Abnahme zwischen 5 und 15 % als *leicht*, zwischen 15 % und 30 % als *mäßig* und von mehr als 30 % als *stark* bezeichnet. Eine prozentuale Abnahme der Globalstrahlung von weniger als 5 % wird als vernachlässigbar gering angenommen. Da das Plangebiet im Istzustand unbebaut ist, liegt die maximale Abnahme der Globalstrahlung in direkter Umgebung der Neubauten. In südöstliche bis südwestliche Richtung

werden keine Flächen außerhalb des Plangebiets durch die Realisierung der Plangebäude zusätzlich verschattet. Dort liegt die prozentuale Abnahme der eintreffenden Globalstrahlung überall bei weniger als 5 %. In nördliche Richtung wirken sich die Neubauten, die einen Abstand von etwa 5 m zu den angrenzenden Grundstücken aufweisen, dagegen noch auf die solare Einstrahlung aus. Auf den Grundstücken zwischen der Ittendorfer Straße und dem Apfelweg nördlich des Plangebiets wird in einem schmalen Streifen von maximal 3 m direkt an den Grundstücksgrenzen teilweise noch eine *starke* Abnahme der Globalstrahlung berechnet. In einer Entfernung von mehr als 3 m ist der Einfluss noch als *mäßig* und in einer Entfernung von mehr als 6 m zur Grundstücksgrenze nur noch als *leicht* zu bezeichnen. Auf den landwirtschaftlichen Flächen mit einem Abstand von mehr als 12 m zur Grundstücksgrenze des Plangebiets ist mit einer prozentualen Abnahme von weniger als 5 % nicht mehr von einer relevanten Verschattung durch die Plangebäude auszugehen.

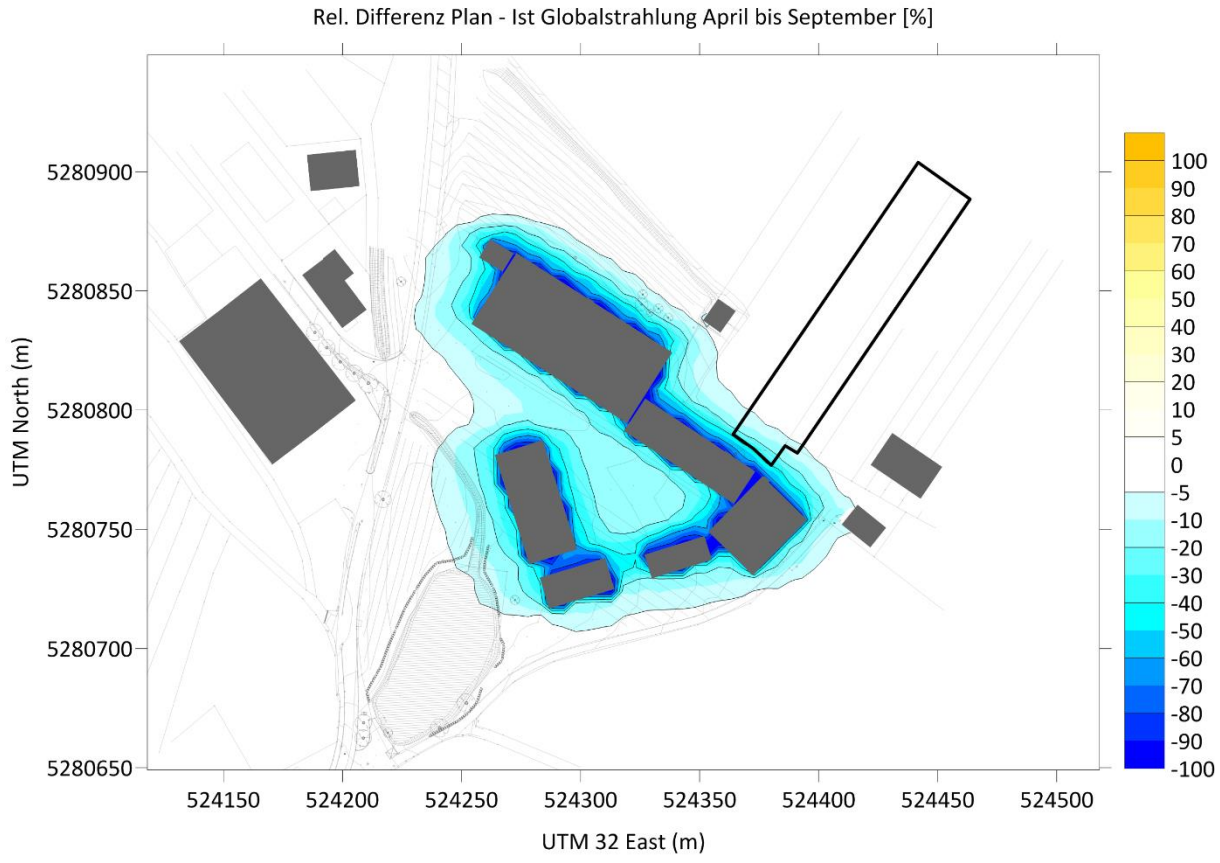


Abbildung 6: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung April - September im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

5.2. Verschattungswirkung auf die Flurstücke 1142 + 1143

Die Verschattungswirkung der Neubauten auf die Umgebung des Plangebiets wurde in Abschnitt 5.1 dargestellt und erläutert. Für die Bewertung der zu erwartenden Ertragseinbußen auf den Weinanbauflächen werden in diesem Abschnitt die Flurstücke 1142 und 1143 hinsichtlich der Abnahme der Globalstrahlung detaillierter betrachtet. Die betroffenen Flurstücke sind in den Abbildungen 4 - 6 schwarz gekennzeichnet und decken eine Fläche von etwa 3.640 m² ab.

Die Abbildung 7 zeigt die Globalstrahlung, die auf der Geländeoberfläche der Flurstücke 1142 und 1143 in der Istsituation im Mittel über das gesamte Sommerhalbjahr (April - September) einstrahlt. Auf der markierten Fläche der Flurstücke werden überall mindestens 207 W/m² erreicht. Das Maximum der solaren Einstrahlung liegt im nördlichen Bereich des Weinbergs und beträgt 214 W/m². Diese hohen Globalstrahlungswerte können erreicht werden, da die Weinanbauflächen nicht oder nur geringfügig von den Bestandsgebäuden abgeschattet werden. Darüber hinaus sorgt die nach Südwesten ausgerichtete Hanglage der Flurstücke (vgl. Abbildung 3) dafür, dass auch das umliegende Gelände die Flurstücke kaum abschattet. Der über die gesamte Fläche gemittelte Globalstrahlungswert auf den Flurstücken 1142 und 1143 beträgt etwa 212 W/m².

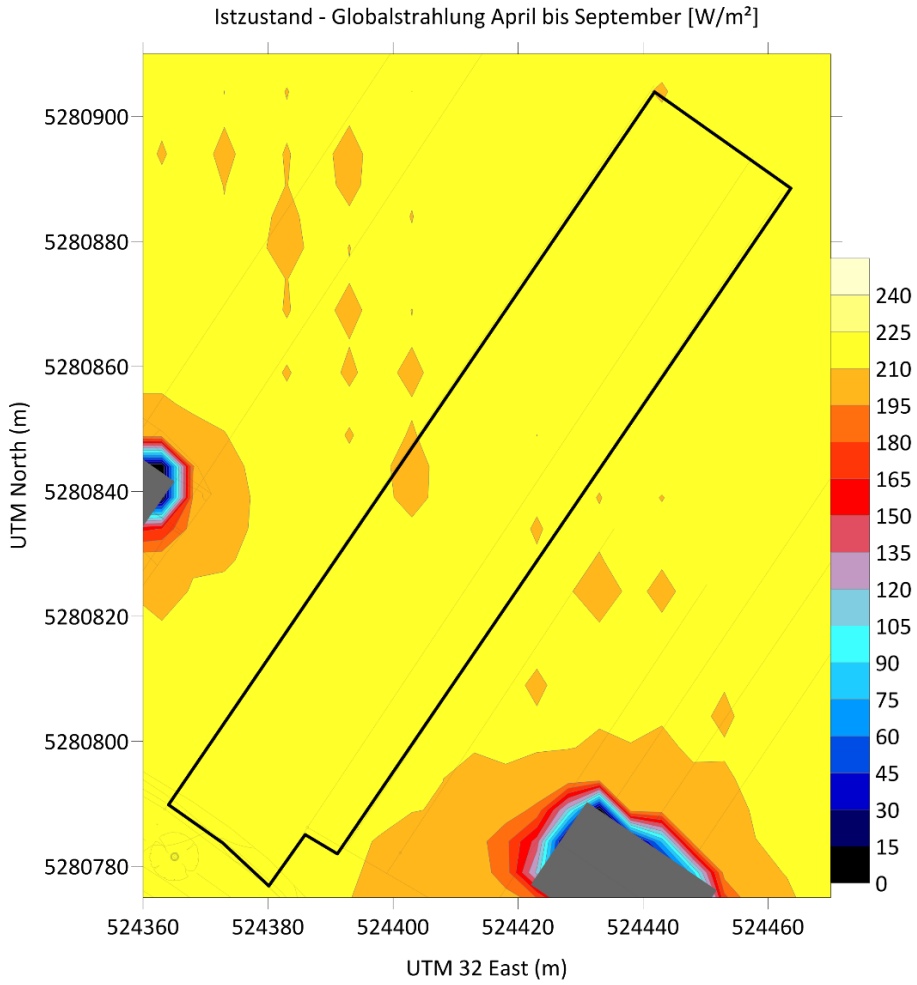


Abbildung 7: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) April - September auf der Geländeoberfläche im Istzustand. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

In Abbildung 8 ist die solare Einstrahlung auf die Flurstücke 1142 und 1143 in der Plansituation dargestellt. Wie bereits in Abschnitt 5.1 erläutert, wirken sich die Plangebäude durch eine Verminderung der globalen Einstrahlung im südlichen Bereich der Weinanbauflächen aus. Dadurch fällt das Minimum der berechneten solaren Einstrahlung im Bereich des Wirtschaftswegs an der südlichen Grundstücksgrenze auf 130 W/m² ab, maximal werden weiterhin 214 W/m² erreicht. Globalstrahlungswerte von weniger als 195 W/m² liegen jedoch nur kleinräumig auf einer Fläche von 180 m² und damit knapp 5 % der Grundstücksfläche vor. Im Mittel über die gesamte Fläche der Flurstücke 1142 und 1143 werden mit ca. 208 W/m² weiterhin sehr hohe Einstrahlungswerte im Zeitraum April bis September berechnet. Bezogen auf die Gesamtfläche der Flurstücke 1142 und 1143 nimmt die mittlere globale Einstrahlung auf der Geländeoberfläche somit im Vergleich zur Istsituation nur um etwa 4 W/m² ab.

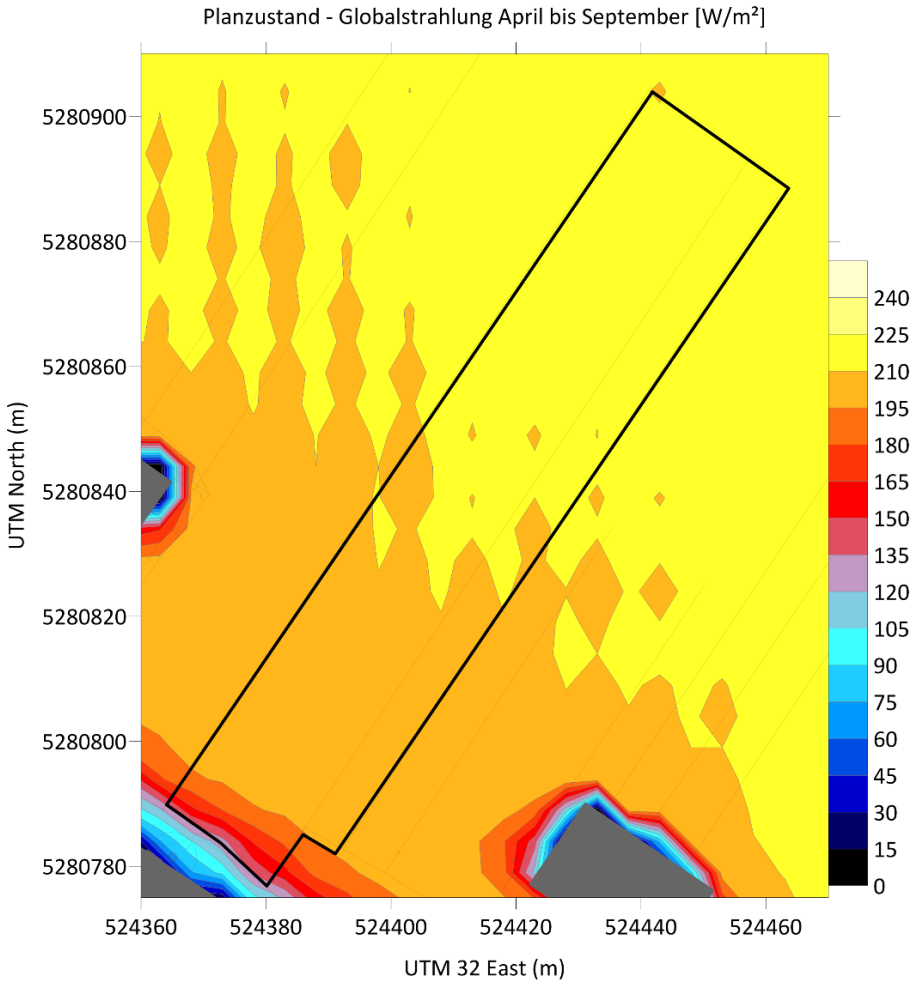


Abbildung 8: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) April - September auf der Geländeoberfläche im Planzustand. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

Die Abbildung 9 zeigt analog zu Abbildung 6 die prozentuale Abnahme der solaren Einstrahlung in der Plansituation im Vergleich zu der Istsituation. Es wird deutlich, dass die Plangebäude nur einen kleinen Abschnitt der Weinanbaufläche zusätzlich verschatten. Eine *starke* Abnahme der Globalstrahlung (> 30 %) liegt lediglich direkt an der südlichen Grundstücksgrenze auf dem Wirtschaftsweg vor. Eine *mäßige* Abnahme der eintreffenden solaren Strahlung (15 % - 30 %) wird auf einer Fläche von etwa 85 m² und somit ca. 2 % der Grundstücksflächen berechnet. Auf einem Flächenanteil von etwa 5 % der Flurstücke (ca. 180 m²) ist die Abnahme der Globalstrahlung mit mehr als 5 % und weniger als 15 % noch als *leicht* einzustufen.

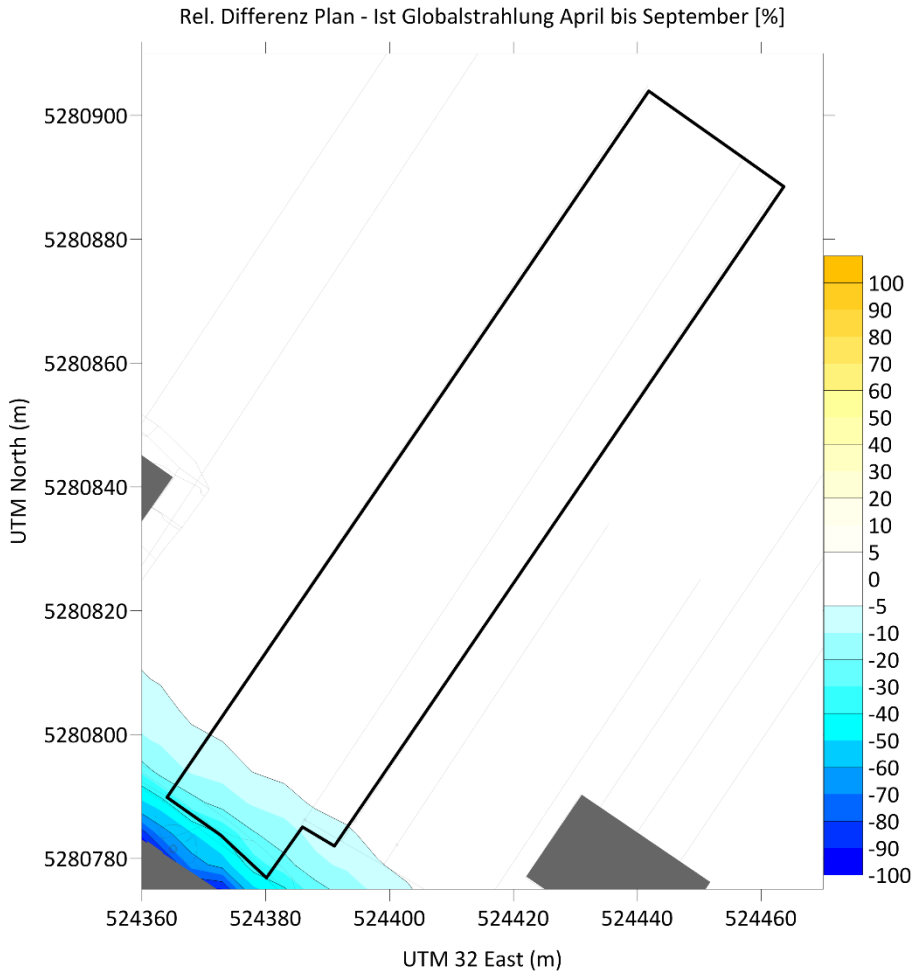


Abbildung 9: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung April - September im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

6. Zusammenfassung und Bewertung

Untersucht wurde der Verschattungseinfluss durch die nach der Realisierung des Bebauungsplans „Langbrühl-Ost“ mögliche Neubebauung (*Planfall*) auf die umliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen im Vergleich zur Verschattung durch die aktuelle Bestandsbebauung (*Istfall*). Der Fokus lag dabei auf der Bewertung der möglichen Strahlungseinbußen auf den Weinanbauflächen der Flurstücke 1142 und 1143.

Wie in Abschnitt 4 beschrieben, wurden die planrechtlichen Grenzen zur Aufbereitung der Neubauten maximal ausgeschöpft. Die Planbebauung wurde für die Modellrechnungen so im Plangebiet angeordnet, dass die Abnahme der Globalstrahlung auf den Flurstücken 1142 und 1143 in konservativem Sinn berechnet werden konnte. In Abschnitt 5 wurden die Berechnungsergebnisse der eintreffenden Solarstrahlung im Ist- und im Planfall sowie deren prozentuale Abnahme für das Sommerhalbjahr (April bis September) dargestellt und erläutert. Die Auswirkung der Plangebäude auf die solare Einstrahlung auf der Geländeoberfläche der Flurstücke 1142 und 1143 (ca. 3.640 m² Gesamtfläche) während der Vegetationsperiode von April bis September kann wie folgt zusammengefasst werden:

	Abnahme der solaren Einstrahlung		
	leicht (5 -15 %)	*mäßig (15 - 30 %)*	*stark (> 30 %)*
Betroffener Flächenanteil der Flurstücke 1142 + 1143	*ca. 5 %*	*ca. 2 %*	*ca. 1 %*

Die Planbebauung hat auf einem Flächenanteil von etwa 92 % der Flurstücke 1142 und 1143 nur einen vernachlässigbar geringen Einfluss (< 5 % Abnahme) bzgl. des Ertrags der solaren Einstrahlung. Insgesamt ist daher maximal von einer *leichten* zusätzlichen Verschattung der Weinanbauflächen nach der Realisierung der Plangebäude auszugehen. Für eine differenzierte Bewertung der Auswirkungen verminderter Einstrahlungswerte auf die verschiedenen Vegetationsstadien des Weinanbaus sind die Berechnungsergebnisse der Monate April bis September im Anhang separat abgebildet.

Pinneberg, den 06. März 2020

(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] **VDI (2016):** Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen - Berechnung der spektralen kurz- und der langwelligen Strahlung. -- VDI-Richtlinie 3789E, Beuth Verlag, Berlin.

[9] **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.

[10] **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.

Anhang

Anhang A - Berechnungsergebnisse April

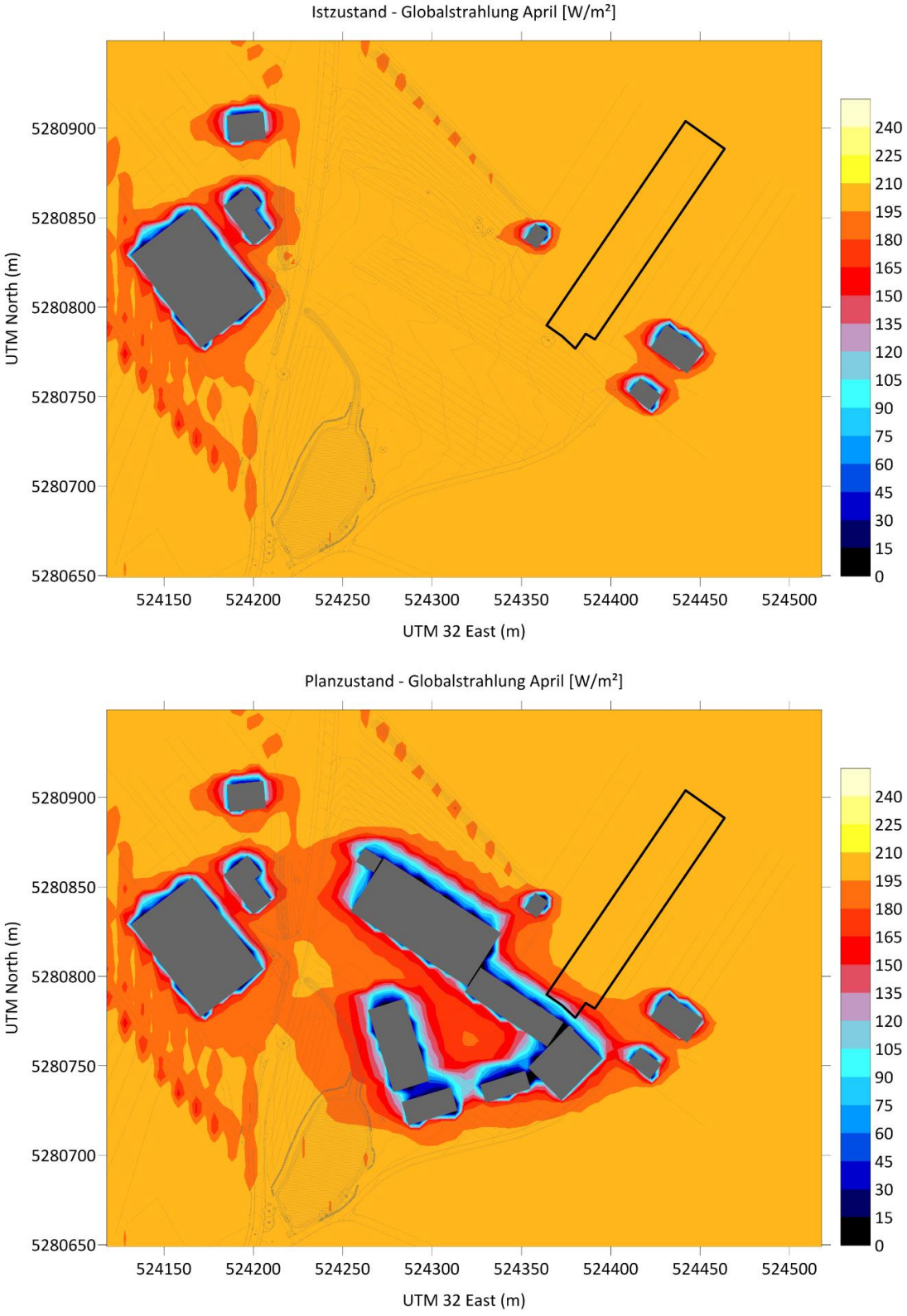


Abbildung A1: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) im April auf der Geländeoberfläche im Istzustand (oben) und im Planzustand (unten). Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

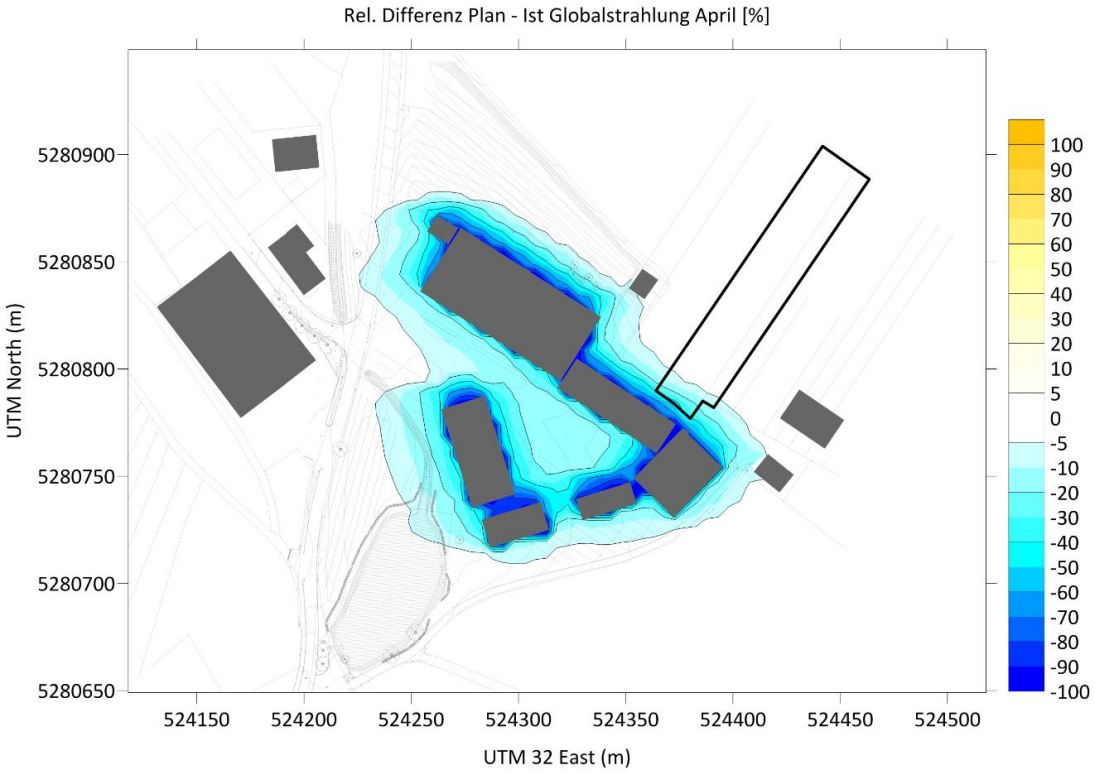


Abbildung A2: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung im April im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

Anhang B - Berechnungsergebnisse Mai

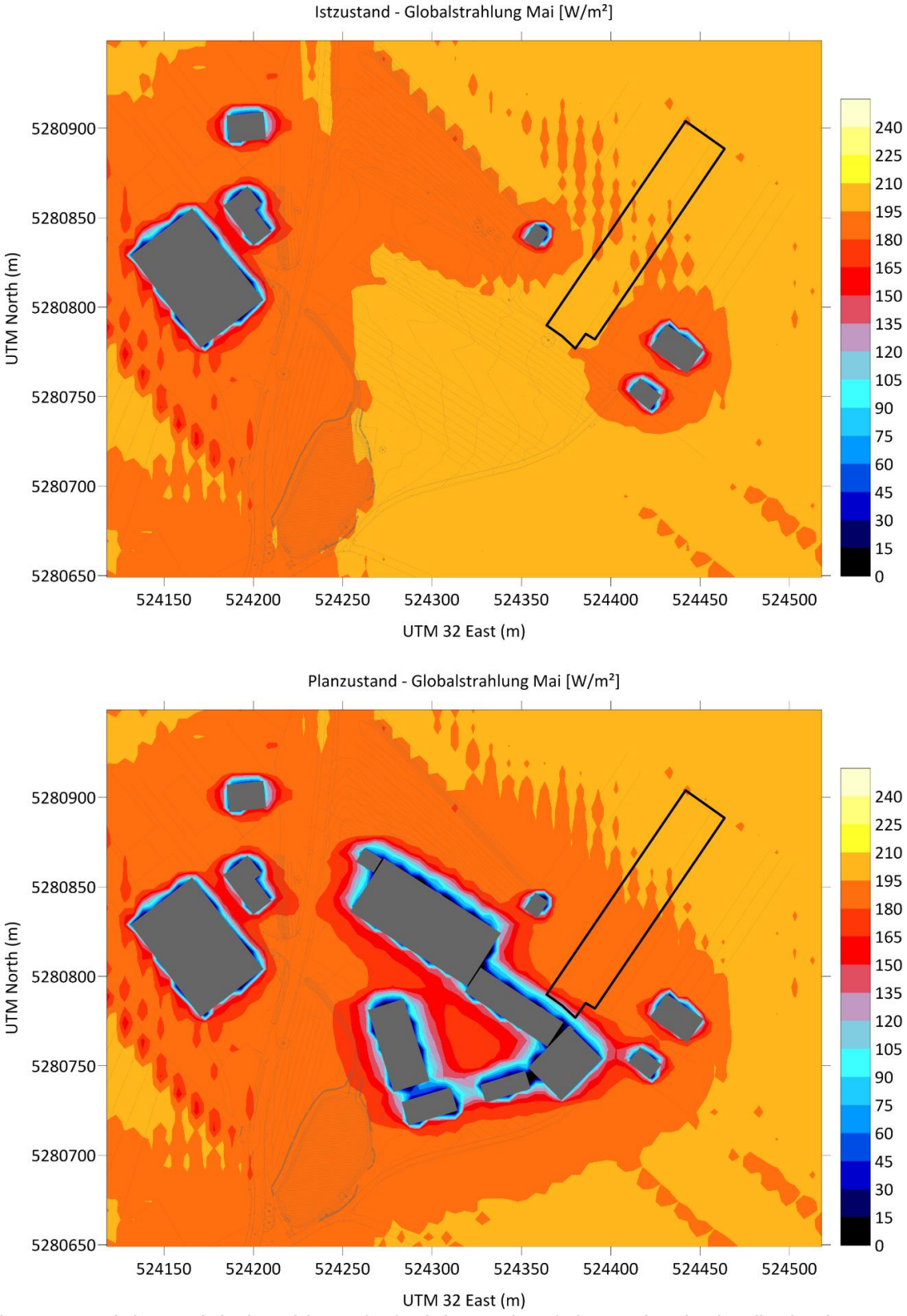


Abbildung A3: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) im Mai auf der Geländeoberfläche im Istzustand (oben) und im Planzustand (unten). Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

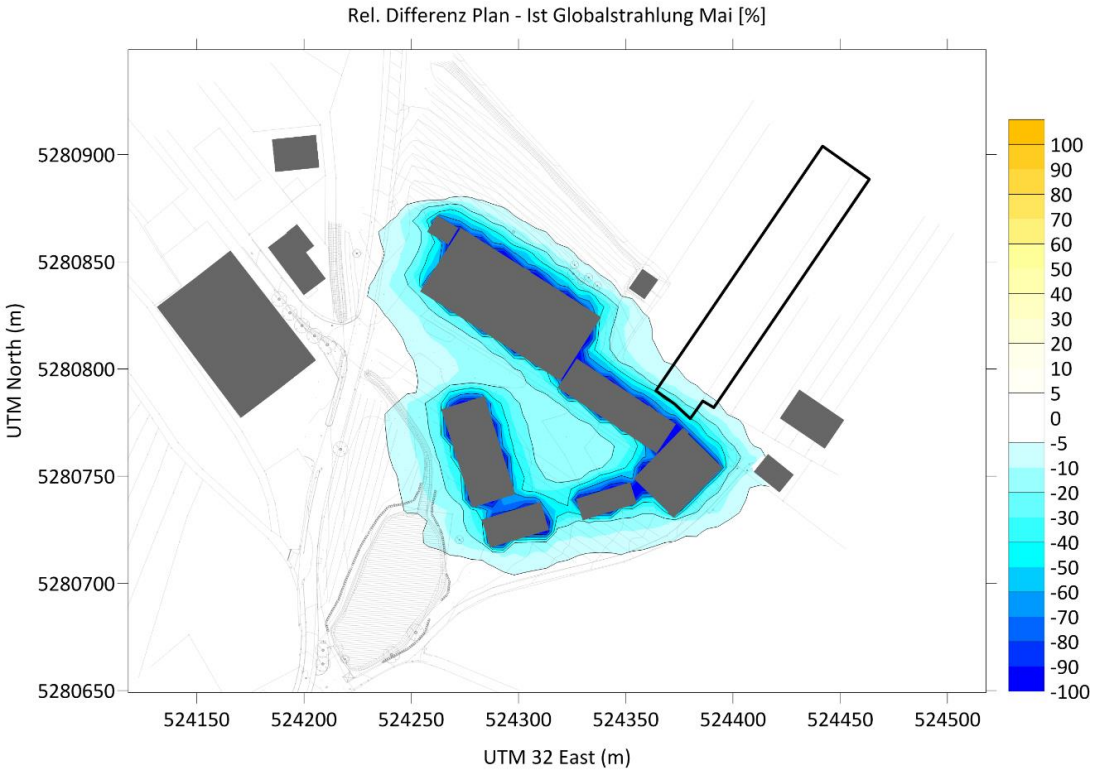


Abbildung A4: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung im Mai im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

Anhang C - Berechnungsergebnisse Juni

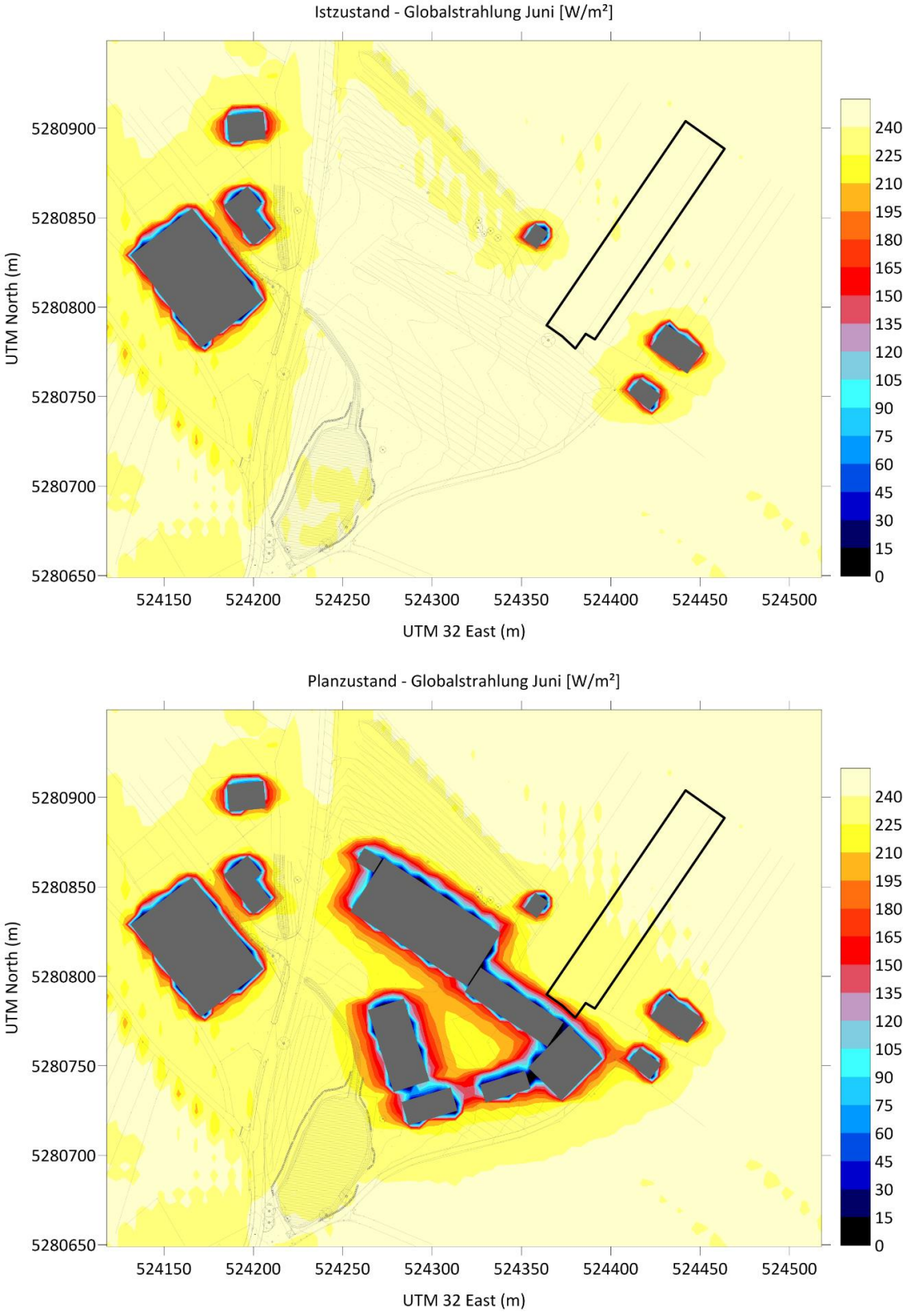


Abbildung A5: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) im Juni auf der Geländeoberfläche im Istzustand (oben) und im Planzustand (unten). Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

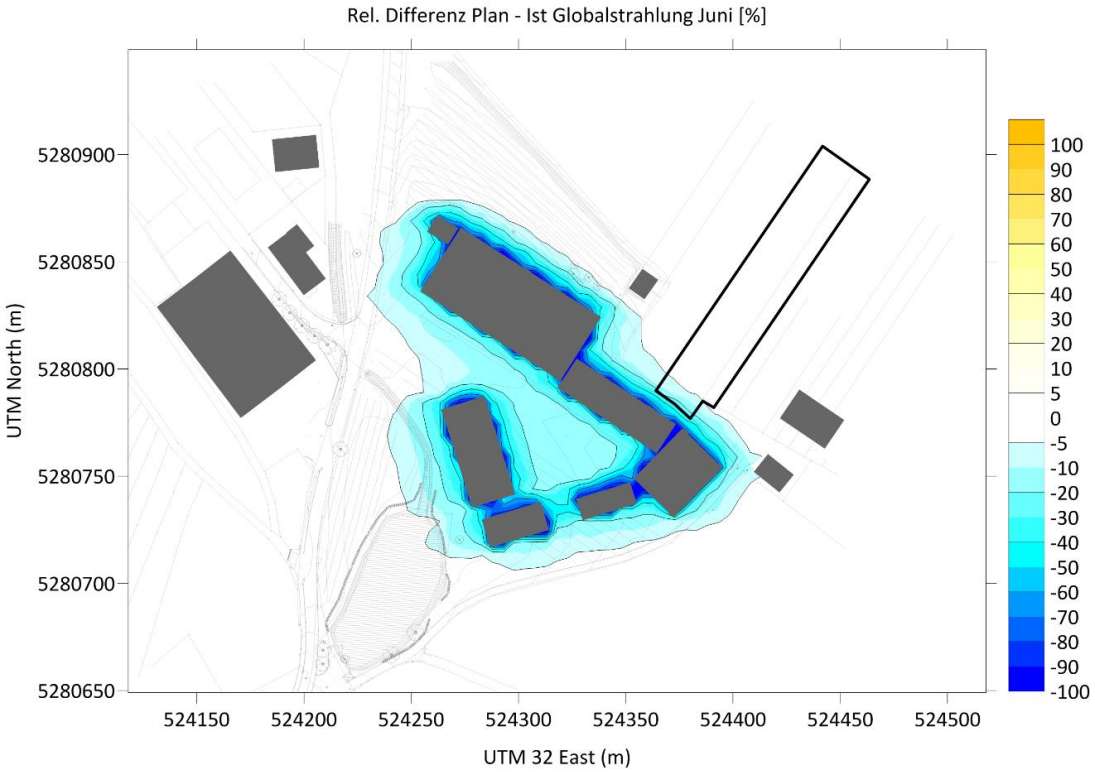


Abbildung A6: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung im Juni im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

Anhang D - Berechnungsergebnisse Juli

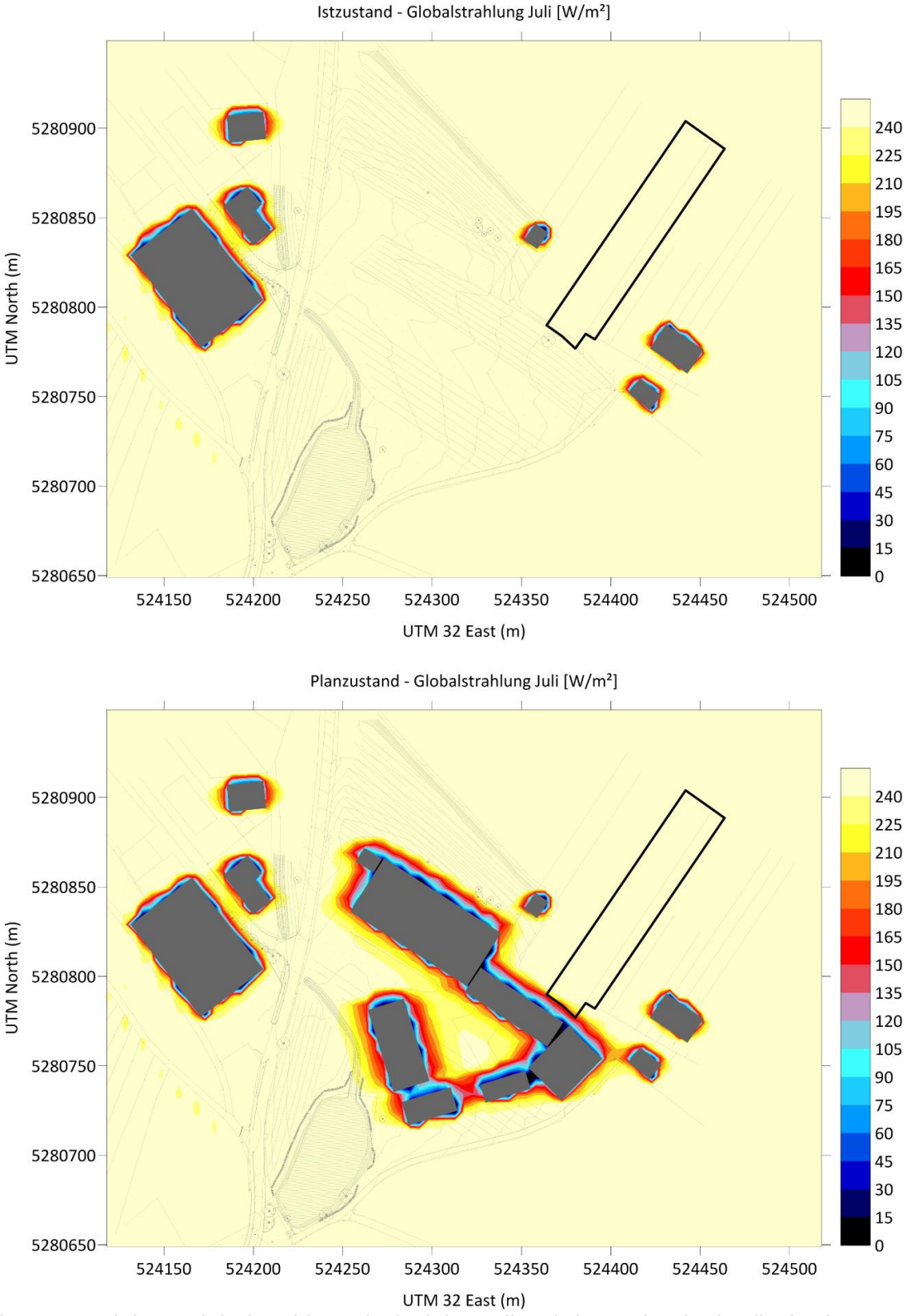


Abbildung A7: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) im Juli auf der Geländeoberfläche im Istzustand (oben) und im Planzustand (unten). Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

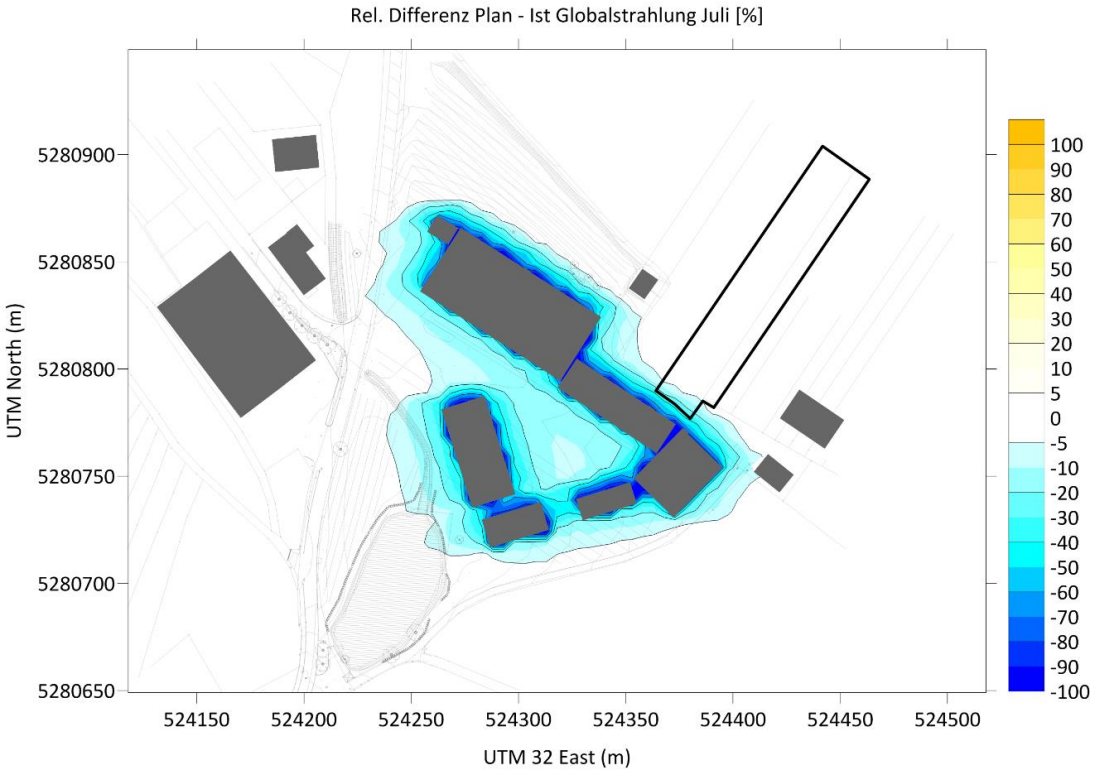


Abbildung A8: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung im Juli im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

Anhang E - Berechnungsergebnisse August

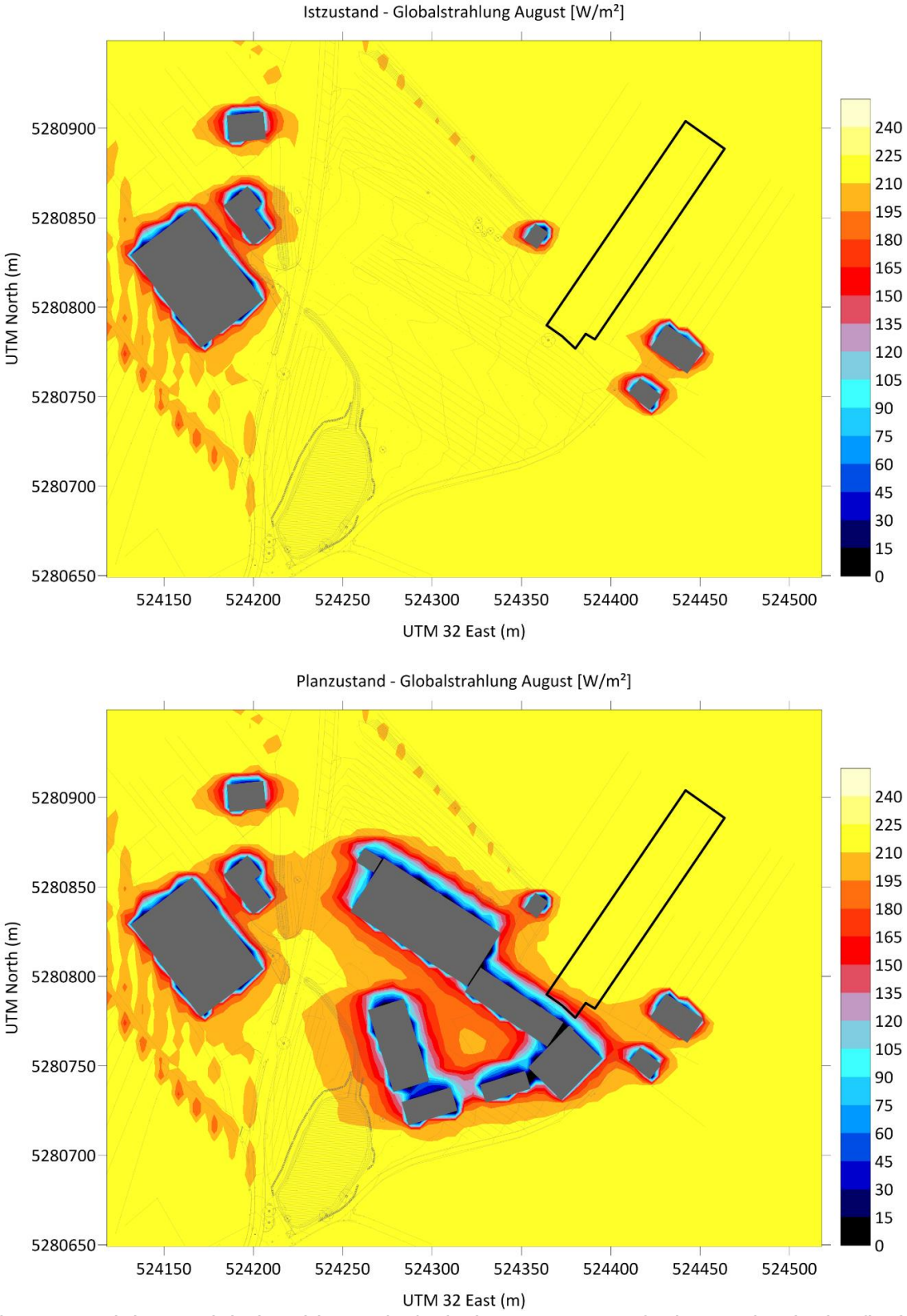


Abbildung A9: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) im August auf der Geländeoberfläche im Istzustand (oben) und im Planzustand (unten). Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

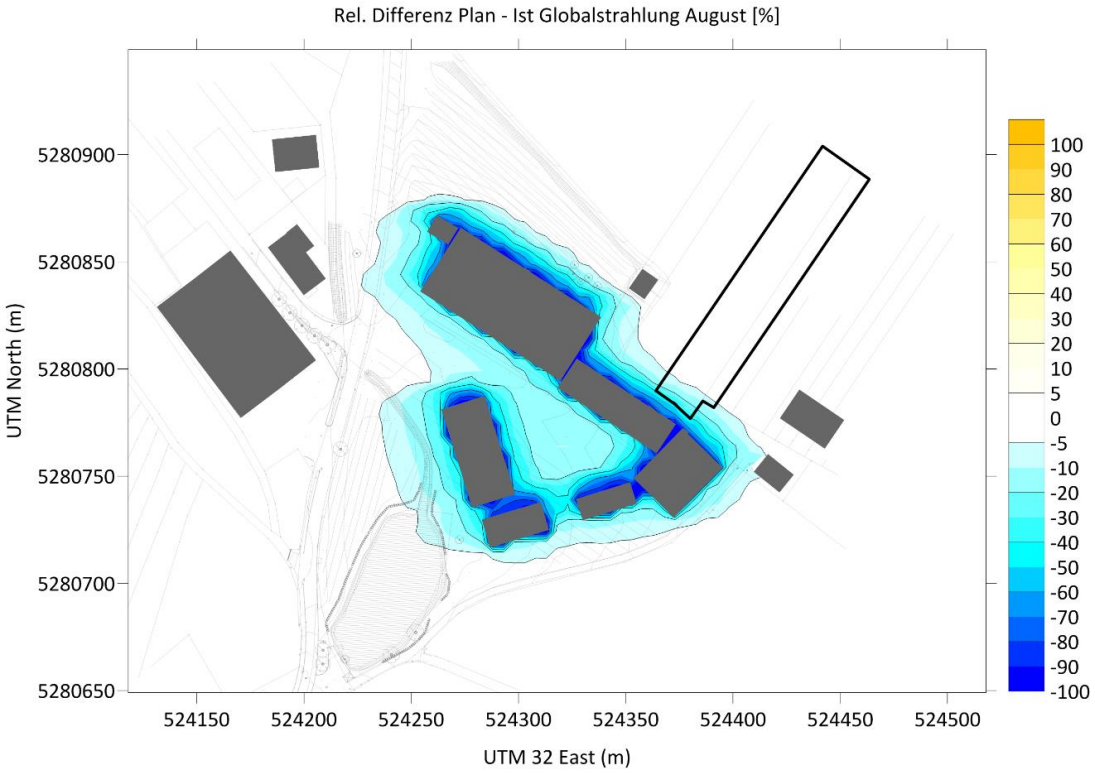


Abbildung A10: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung im August im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

Anhang F - Berechnungsergebnisse September

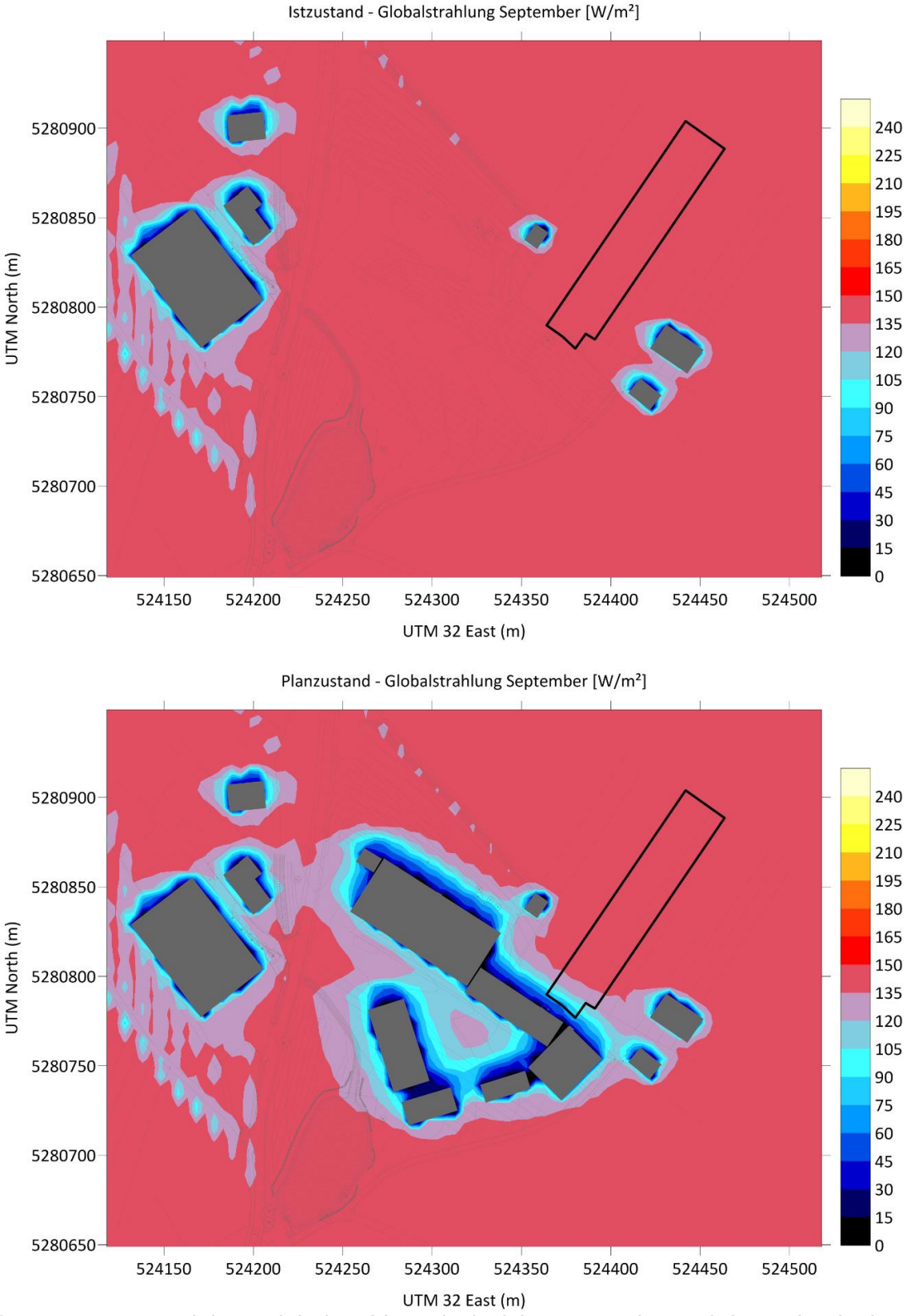


Abbildung A11: Mittlere Globalstrahlung (W/m²) im September auf der Geländeoberfläche im Istzustand (oben) und im Planzustand (unten). Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.

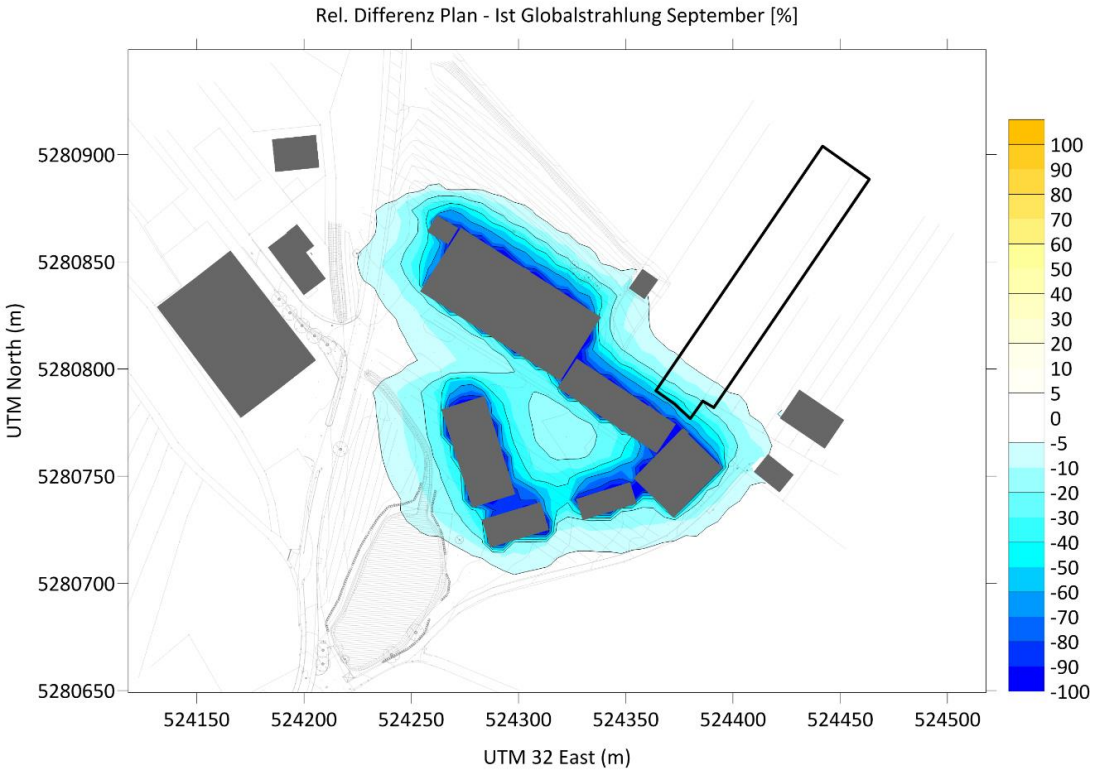


Abbildung A12: Relative Differenz (%) zwischen der mittleren Globalstrahlung im September im Planzustand und im Istzustand auf der Geländeoberfläche. Die Flurstücke 1142 + 1143 sind schwarz markiert.