

LULUCF Wirkungsrechner



Kurzanleitung

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de
 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt)
 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Autorenschaft, Institution

Gertz Gutsche Rümenapp –
Stadtentwicklung und Mobilität
Ruhrstraße 11
22765 Hamburg

Öko-Institut e.V.
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt

Stand: 10/2024

Inhalt

1	Hintergrund	5
1.1	Projektkontext.....	5
1.2	Mikrosoft Excel / VBA-Makros	5
1.3	Blattschutz.....	6
2	Grundaufbau in fünf Hauptabschnitten („Schritten“).....	6
3	Startseite	7
4	Seite „Plangebiet im Außenbereich“	8
4.1	Zielsetzung und Funktionsumfang	8
4.2	Input: Auswahl Gemeinde	8
4.3	Input: Definition Plangebiet: Vornutzungen und Größe	9
4.4	Schaltfläche „Weiter“	9
5	Seite „Bebauung des Plangebiets“	10
5.1	Zielsetzung und Funktionsumfang	10
5.2	Input: Auswahl Nutzung	10
5.3	Quantifizierung der Bebauung in drei Schritten	11
5.4	Input: Gebäudeüberdeckung	11
5.5	Gebäudeüberdeckung: Standardwert.....	12
5.6	Funktion: Gebäudeüberdeckung auf Standardwert zurücksetzen	12
5.7	Output: Flächenüberdeckung.....	12
5.8	Input: Mittlere Anzahl Geschosse / mittlere Höhe	13
5.9	Mittlere Anzahl Geschosse / mittlere Höhe: Standardwert.....	13
5.10	Funktion: Mittlere Anzahl Geschosse / mittlere Höhe auf Standardwert zurücksetzen	14
5.11	Output: Geschossflächen / Baumasse.....	14
5.12	Schaltflächen „Weiter“ und „Zurück“	15
6	Seite „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“	16
6.1	Zielsetzung und Funktionsumfang	16
6.2	Output: Wirkung insgesamt	17
6.3	Output: Vergleich mit Bundesschnitt.....	18
6.4	Output: Wirkung im Zeitverlauf	18
6.5	Output: Zusammensetzung der Wirkung (Wirkungsanteile der Vornutzungen)	19
6.6	Schaltflächen „Planung verändern“ und „Varianten vergleichen“	19
7	Seite „Vergleich von Planungsalternativen“	20
8	Hintergrundinformation: Berechnungswege	22
8.1	Bezugsgrößen und Bezeichnungen in Abhängigkeit der gewählten Nutzung	22

8.2	Standardwert für die Gebäudeüberdeckung	23
8.3	Daten des Diagramms zur Flächenüberdeckung.....	23
8.4	Standardwert für die mittlere Anzahl der Geschosse bzw. die mittlere Höhe	24
8.5	Berechnung der Geschossfläche bzw. der Baumasse	24
8.6	Hintergrundinformation: Wirkungsberechnung	25
8.7	Treibhausgaswirkung insgesamt	27
8.8	Diagramm zum Vergleich der Treibhausgaswirkung mit bundesweiten Durchschnittswerten	27
8.9	Diagramm zur zeitlichen Differenzierung der Treibhausgaswirkung	28
8.10	Diagramm zur Differenzierung der Wirkung nach den Wirkungsanteilen der Vornutzungen	28
8.11	Wirkungsberechnung für die Alternativplanung „Ihre Planung im Außenbereich, leicht verdichtet“	29
8.12	Wirkungsberechnung für die beiden Alternativplanungen „Innenentwicklung“	31
8.13	Zusammenstellung der Ergebnisse für das Vergleichsdiagramm	33
8.14	Werte der Vergleichstabelle.....	33

1 Hintergrund

1.1 Projektkontext

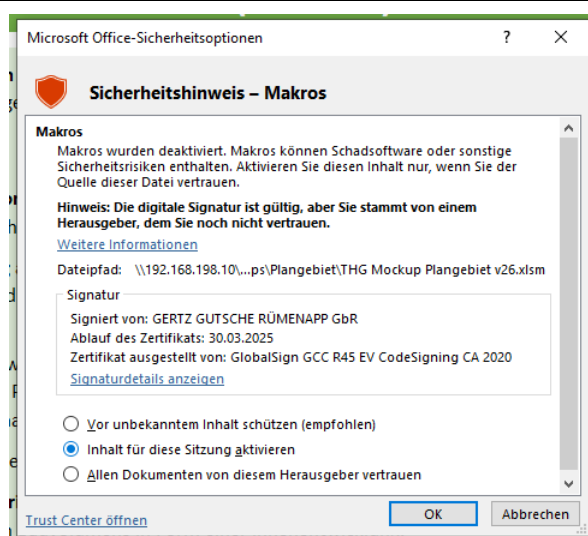
Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes¹ wurde eine Methodik zur Abschätzung der LULUCF-Treibhausgas-Wirkung² von Flächenneuinanspruchnahmen entwickelt. Dieses Projektergebnis bildet den inhaltlichen Hintergrund des hier dokumentierten Treibhausgasrechners zur Siedlungsentwicklung.

Ziel des Treibhausgasrechners ist es, Kommunen in die Lage zu versetzen, auf Basis der erarbeiteten Methodik eigenständig eine Grobabschätzung der Treibhausgaswirkung ihrer Planungen im Außenbereich vornehmen können. Die Ergebnisse beziehen sich alleinige auf die Treibhausgaswirkung der Flächenneuinanspruchnahme, den so genannten LULUCF-Anteil der Treibhausgaswirkung³, nicht auf die Treibhauseffekte des Baus und der Nutzung der Gebäude und der Infrastruktur.

1.2 Microsoft Excel / VBA-Makros

Der Treibhausgasrechner zur Siedlungsentwicklung basiert auf Microsoft Excel. Für einzelne Funktionen nutzt es Visual Basic Skripte („VBA-Makros“), die entsprechend beim Öffnen der Exceldatei aktiviert werden müssen. Der VBA-Code ist durch das Büro Gertz Gutsche Rümenapp signiert (Abbildung 1).

Abbildung 1: Signatur der im Treibhausgasrechner enthaltenen VBA-Makros



Das Umweltbundesamt wird den Treibhausgasrechner ggf. zu einem späteren Zeitpunkt in ein Online-Tool überführen.

¹ UBA-Vorhaben „Reproduzierbare und methodisch verständliche Aufbereitung der durch die Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme erzielbaren qualitativen/quantitativen THG-Minderungspotenziale als Planungshilfe für regionalen und kommunalen Freiflächen- und Klimaschutz“ (Kurztitel „THG-Minderungspotenziale durch Flächensparen“), FKZ 3721 15 103 0.

² LULUCF ist eine Kategorie der internationalen Treibhausgasbilanzierung und steht für "Land Use, Land-Use Change and Forestry" (deutsch: "Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft").

³ Für eine genauere Definition des LULUCF-Effektes vgl. die Handlungshilfe „Mehr Klimaschutz durch weniger Flächenverbrauch. Klimawirkung von Kohlenstoff in Böden und Vegetation während der Bauleitplanung abschätzen“ des Umweltbundesamtes sowie den Abschlussbericht des o.g. Forschungsvorhabens.

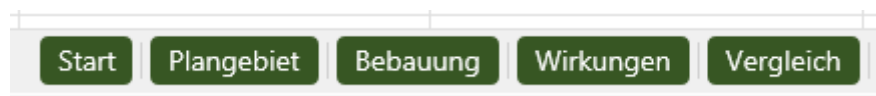
1.3 Blattschutz

Die im nachfolgenden Abschnitt 1.4 genannten Tabellenblätter des Treibhausgasrechners sind mit einem Blattschutz versehen, um ungewollten Veränderungen außerhalb der vorgesehenen Eingabebereiche vorzubeugen.

1.4 Struktur des Treibhausgasrechners mit fünf Schritten (Excelblättern)

Der Treibhausgasrechner enthält fünf Excel-Tabellenblätter, deren Reiter am unteren Bildschirmrand dunkelgrün eingefärbt sind (Abbildung 2).⁴ Diese fünf Tabellenblätter stehen für die fünf zentralen „Schritte“ der Anwendung.

Abbildung 2: Die fünf dunkelgrünen Reiter der Tabellenblätter stehen für die fünf Schritte des Treibhausgasrechners



Auf die fünf Abschnitte gehen die nachfolgenden Abschnitte 2 bis 6 jeweils detaillierter ein. Dabei werden jeweils die Inputs und die Outputs im Detail vorgestellt. Die Überschrift der meisten Unterabschnitte in den nachfolgenden Abschnitten 2 bis 6 beginnen daher mit dem Wort „Input“ oder „Output“.

Die internen Berechnungen finden größtenteils auf ausgeblendeten Tabellenblättern statt, die für die normale Anwendung des Treibhausgasrechners nicht relevant sind. Im Sinne der Transparenz werden diese Berechnungswege als Hintergrundinformation in Abschnitt 7 detailliert beschrieben.

⁴ Das gerade ausgewählte Tabellenblatt hat ist grau eingefärbt und hat eine grüne Unterstreichung seines Titels.

2 Startseite

Die Startseite (Abbildung 3) ist eine statistische Textseite. Diese informiert über die Zielsetzung des Online-Tools und dessen Anwendungsvoraussetzungen und -grenzen. Zudem skizziert sie grob die Schrittfolge bei der Nutzung des Tools.

Abbildung 3: Startseite

Treibhausgaswirkung von Flächenneuansprichnahmen (LULUCF)

Mit diesem Werkzeug können Sie die **Treibhausgaswirkung von Flächenneuansprichnahmen** zu Siedlungs- und Verkehrszwecken für konkrete Planungen abschätzen. In der internationalen Treibhausgasbilanzierung zählt diese Wirkung zum Sektor "LULUCF", abgekürzt für "Land Use, Land-Use Change and Forestry" (deutsch: "Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft").

Um eine **Abschätzung** vorzunehmen

- definieren Sie in einem ersten Schritt ein **Plangebiet im Außenbereich** und dessen aktuelle **Vornutzung**
- und beschreiben anschließend die **Nutzung und Bebauung** nach der Flächenneuansprichnahme (Art und Maß der baulichen Nutzung).

Ihnen wird dann eine **Abschätzung der Treibhausgaswirkung dieser Flächennutzungsänderung** angezeigt. Diese Abschätzung bezieht sich nur auf den o.g. LULUCF-Effekt der Flächenumwandlung (ohne Wirkung von Gebäude- und Infrastrukturbau und -nutzung) und betrachtet einen Wirkungszeitraum von 20 Jahren.

Die LULUCF-Treibhausgaswirkung ergibt sich aus

- der Emission von Treibhausgasen (CO₂, N₂O) beim Abschieben und Auskoffern des Bodens sowie dem Entfernen der Vegetation im Plangebiet,
- einer gegenüber dem Ursprungszustand veränderten Fähigkeit von Boden und Vegetation im Plangebiet, kontinuierlich Kohlenstoff einzuspeichern und
- den klimavorteilhaften Wirkungen von Neupflanzungen im Plangebiet sowie von Ausgleichsmaßnahmen.

Die Ergebnisse gelten **nur für mineralische Böden**. Dies sind ☐ etwa 95% der deutschen Böden. Sie gelten nicht für organische Böden.

Zusätzlich gibt Ihnen die Modellabschätzung Hinweise auf mögliche **Handlungsansätze zur Verringerung des Treibhausgaseffekts** der betrachteten Außenentwicklung, z.B. durch eine Erhöhung der städtebaulichen Dichte oder durch eine Umsetzung des geplanten Bauvolumens in Form einer Innenentwicklung.

Das im Entwurf vorliegende Werkzeug wurde im Rahmen des **UBA-Forschungsvorhabens** "Reproduzierbare und methodisch verständliche Aufbereitung der durch die Reduzierung der Flächenneuansprichnahme erzielbaren qualitativen/quantitativen THG-Minderungspotenziale als Planungshilfe für regionalen und kommunalen Freiflächen- und Klimaschutz" (FKZ: 3721 15 103 0) erarbeitet. Es versteht sich als **ein Werkzeug für die kommunale Bauleitplanung**.

Die Nutzeroberfläche umfasst fünf Tabellenblättern mit dunkelgrünen Reitern. Alle anderen Tabellenblätter mit Daten und Hintergrundberechnungen sind ausgeblendet.

Um den vollständigen Funktionsumfang nutzen zu können, müssen **beim Öffnen der Datei** in Microsoft Excel **Makros aktiviert** werden.

© Gertz Gutsche Rümenapp / Öko-Institut
Stand: 15.10.2024
Ansprechpersonen: Tobias Wagner (Öko-Institut, T.Wagner@oeko.de) und Dr. Jens-Martin Gutsche (Gertz Gutsche Rümenapp, gutsche@ggr-planung.de)

Start

Einziges dynamisches Element der Startseite ist die Schaltfläche „Start“. Deren Anklicken leitet die Nutzenden zur Seite „Plangebiet im Außenbereich“ weiter, deren Inhalte im nachfolgenden Abschnitt 3 beschrieben werden.

3 Seite „Plangebiet im Außenbereich“

3.1 Zielsetzung und Funktionsumfang

Die Seite „Plangebiet im Außenbereich“ bildet den eigentlichen Einstieg in die Toolnutzung.

Abbildung 4: Seite „Plangebiet im Außenbereich“

Plangebiet im Außenbereich

weiter >

In welchem Bundesland liegt das Plangebiet?

Rheinland-Pfalz

In welcher Stadt oder Gemeinde liegt das Plangebiet?

Spiesheim

Welche **aktuelle Vornutzung** hat das Plangebiet zu welchen Flächenanteilen?

Landwirtschaftsfläche *)	Ackerland	14.000 qm
	Grünland	3.000 qm
	Streuobst	0 qm
	Gartenland	0 qm
	Obstbau	1.000 qm
	Weinbau	0 qm
Wald- und Gehölz	Sonst. Landwirtschaftsfläche	0 qm
	Laubholz	0 qm
	Nadelholz	0 qm
	Mischholz	1.000 qm
Sonstige	Gehölz	0 qm
	Heide	500 qm
	Vegetationslose Fläche	0 qm
Größe des Plangebiet insgesamt		19.500 qm
entspricht		1.9500 ha

Ackerland

Grünland

Obstbau

Heide

Mischholz

*) Ggf. mit punktuellen Anlagen und Zuwegungen.

Dabei wird zunächst die die Stadt oder Gemeinde ausgewählt, in der sich das Plangebiet befindet (Abschnitt 3.2). Anschließend wird das Plangebiet, auf dem die zu untersuchenden Flächenneuinanspruchnahme stattfinden soll, anhand seiner Vornutzung beschrieben (Abschnitt 3.3).

3.2 Input: Auswahl Gemeinde

In einige Berechnungen des Treibhausgasrechners fließen gemeindespezifische Kennzahlen ein. Aus diesem Grunde muss zu Beginn eine Gemeinde ausgewählt werden.

Die Auswahl erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird ein Bundesland ausgewählt, anschließend eine Stadt oder Gemeinde innerhalb dieses Bundeslandes (Abbildung 5). Die Gemeindeliste basiert auf dem kommunalen Gebietsstand zum 31.12.2021.

Abbildung 5: Gemeindeauswahl im Kommunalen Flächenrechner des Umweltbundesamtes

In welchem Bundesland liegt das Plangebiet?

Niedersachsen

In welcher Stadt oder Gemeinde liegt das Plangebiet?

Agathenburg

Ahhausen
 Ahlden (Aller)
Ahlerstedt
 Ahnsbeck
 Ahnsen
 Alfeld (Leine)
 Alfhausen

Welche **aktuelle Vornutzung** hat das Plangebiet zu welchen Flächenanteilen?

Eine Änderung der Auswahl der Gemeinde setzt die folgende Werte zurück:

- Die Gebäudeüberdeckung des Plangebiets wird auf ihren gemeindespezifischen Standardwert zurückgesetzt. Vgl. hierzu die genaueren Ausführungen in Abschnitt 4.4.
- Die mittlere Anzahl an Geschossen (bzw. die mittlere Höhe der Gebäude) wird auf ihren gemeindespezifischen Standardwert zurückgesetzt. Vgl. hierzu die genaueren Ausführungen in Abschnitt 4.8.

3.3 Input: Definition Plangebiet: Vornutzungen und Größe

Die Größe und die Struktur des Plangebiets werden durch die Eintragung von qm-Werten in die Tabelle aus Abbildung 6 definiert. Beim Erstaufruf des Online-Tools sind alle Werte 0 qm.

Abbildung 6: Definition des Plangebiets

Landwirtschafts- fläche *)	Ackerland	14.000 qm
	Grünland	3.000 qm
	Streuobst	0 qm
	Gartenland	0 qm
	Obstbau	1.000 qm
	Weinbau	0 qm
	Sonst. Landwirtschaftsfläche	0 qm
Wald- und Gehölz	Laubholz	0 qm
	Nadelholz	0 qm
	Mischholz	1.000 qm
	Gehölz	0 qm
Son- stige	Heide	500 qm
	Vegetationslose Fläche	0 qm
Größe des Plangebiet insgesamt		19.500 qm
entspricht		1,9500 ha

Eine Eingabe von Werten ist nur in den 13 in Abbildung 6 orange eingerahmten Feldern möglich. Die Gesamtgröße des Plangebiets ergibt sich aus der Summe dieser Eingaben. Die Umrechnung in Hektar teilt diesen Wert durch 10.000.

Die eingegebenen Werten werden in der dynamischen Grafik rechts neben der Eingabetabelle veranschaulicht (Abbildung 4).

3.4 Schaltfläche „Weiter“

Über eine Schaltfläche „Weiter“ wird die nachfolgende Ansicht „Bebauung des Plangebiets“ (Abschnitt 4) aufgerufen.

4 Seite „Bebauung des Plangebiets“

4.1 Zielsetzung und Funktionsumfang

Die Seite „Bebauung des Plangebiets“ umfasst zwei Hauptschritte:

- Die Auswahl einer Nutzung (Abschnitt 4.2) und
- Die Quantifizierung der Bebauung in drei Schritten (Abschnitte 4.3 bis 4.8)

Abbildung 7: Bebauung des Plangebiets

Bebauung des Plangebiets< zurückweiter >

Welche **Nutzung** ist für das Plangebiet vorgesehen?

Mischnutzung

Gebäudeüberdeckung des Plangebiets

Welcher Anteil des Plangebiets (Bruttofläche inkl. Straßen, siehe rote Umrandung in der Abbildung) wird nach der Fertigstellung von Gebäuden überdeckt (siehe schwarze Flächen in der Abbildung) sein?

Ihre Schätzung: % des Plangebiets

Der voreingestellte Wert ist eine Modellschätzung auf Basis eines empirischen Mittelwerts zur ortsüblichen Bebauung in Kommunen Ihres Gemeindetyps. Um ihn wieder einzufügen, hier klicken: [↶](#)

Insgesamt wird die Flächenüberdeckung des Plangebiets wie folgt geschätzt:

4.290 qm

2.009 qm

5.460 qm

78 qm

■ Gebäude

■ Straße und andere öffentliche Versiegelung außerhalb der Gebäude

■ Rasen, Garten, niedrige Vegetation

■ Gebüsch und Gehölz

Mittlere Anzahl Geschosse

Wie viele Geschosse (Vollgeschosse) werden die Gebäude im Plangebiet nach der Fertigstellung im Mittel haben?

Ihre Schätzung: Vollgeschosse

Der voreingestellte Wert ist eine Modellschätzung auf Basis eines empirischen Mittelwerts zur ortsüblichen Bebauung in Kommunen Ihres Gemeindetyps. Um ihn wieder einzufügen, hier klicken: [↶](#)

Somit: Voraussichtliche Geschossfläche

Multipliziert man den Anteil der Gebäudeüberdeckung (22%, siehe erster Kasten) mit der mittleren Anzahl an Geschossen (2,33, siehe zweiter Kasten), so ergibt sich eine

mittlere Geschossflächenzahl von 0,51 (bezogen auf das Plangebiet).

Multipliziert man diese mit der Größe des Plangebiets (19.500 qm), so werden im Plangebiet voraussichtlich 9.996 qm Geschossfläche realisiert.

9.996 qm Geschossfläche

4.2 Input: Auswahl Nutzung

Für die Auswahl der späteren Nutzung des Plangebiets kann über ein Auswahlmenü zwischen den vier in Abbildung 8 gezeigten Nutzungen gewählt werden. Plangebietsabschnitte mit unterschiedlichen Nutzungen müssen über eine getrennte Betrachtung der einzelnen Planabschnitte abgebildet werden.

Abbildung 8: Auswahl der Nutzung

Mischnutzung

Wohnbau

Mischnutzung

Besondere funktionale Prägung

Industrie- und Gewerbe

Die Auswahl der Nutzung hat Einfluss auf eine Reihe von Standard- und Kennwerten der weiteren Berechnung. Zudem wird je nach Nutzung eine andere Bezugsgröße zur Beschreibung des baulichen Umfangs der entstehenden Gebäude gewählt. Bei den drei Nutzungen Wohnbau, Mischnutzung und besondere funktionale Prägung wird das Entwicklungsvolumen über die Geschossfläche beschrieben, bei der Nutzung „Industrie und Gewerbe“ hingegen über die Bau-masse.

Eine Änderung der Auswahl der Nutzung setzt die folgende Werte zurück:

- Die Gebäudeüberdeckung des Plangebiets wird auf ihren gemeindespezifischen Standardwert zurückgesetzt. Vgl. hierzu die genaueren Ausführungen in Abschnitt 4.4.
- Die mittlere Anzahl an Geschossen (bzw. die mittlere Höhe der Gebäude) wird auf ihren gemeindespezifischen Standardwert zurückgesetzt. Vgl. hierzu die genaueren Ausführungen in Abschnitt 4.8.

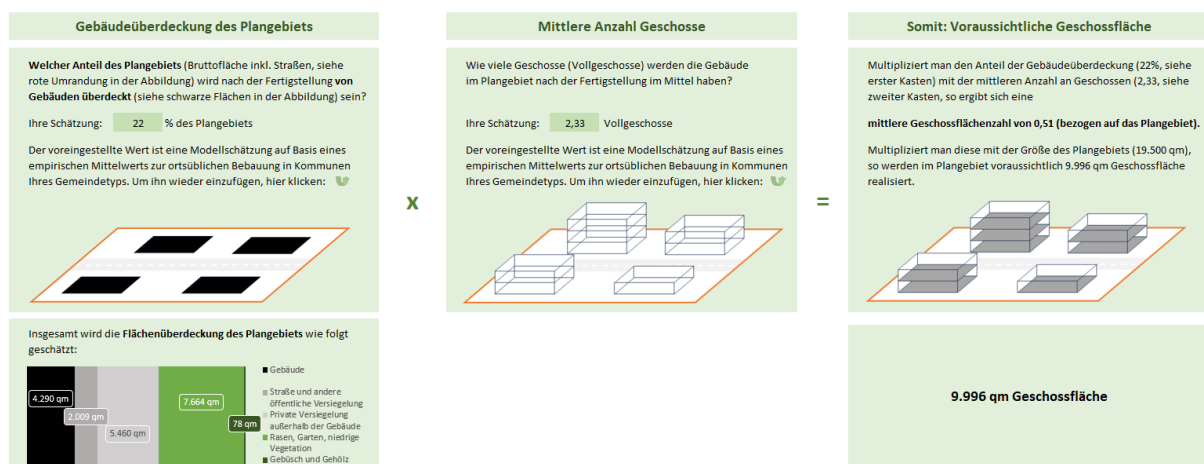
4.3 Quantifizierung der Bebauung in drei Schritten

Die Quantifizierung der Bebauung erfolgt in drei Schritten:

- Im ersten Schritt (Abbildung 9, linkes Drittel) wird eine Gebäudeüberdeckung festgelegt (Abschnitt 4.4). Diese Eingabe wirkt sich u.a. auf das in Abbildung 9 unten links zu sehende Diagramm zur Flächenüberdeckung aus. Dieses wird in Abschnitt 4.7 genauer beschrieben.
- Im zweiten Schritt (Abbildung 9, mittleres Drittel) wird eine mittlere Anzahl an Geschossen festgelegt. Wegen der abweichenden Bezugsgröße wird für die Nutzung „Industrie und Gewerbe“ stattdessen eine mittlere Gebäudehöhe festgelegt.
- Aus diesen beiden Angaben errechnet das Tool automatisch die in rechten Drittel der Abbildung 9 gezeigten Zahlenwerte. Die Berechnungen werden in Abschnitt 4.11 erläutert.

Bei einem Erstaufwurf der Seite sind in den Eingabefeldern für die Gebäudeüberdeckung (Abschnitt 4.4) sowie für die mittlere Anzahl an Geschossen (bzw. mittlere Höhe; Abschnitt 4.8) Standardwerte eingetragen. Wie diese ermittelt werden, erläutern die Abschnitte 4.5 und 4.9.

Abbildung 9: Quantifizierung der Bebauung in drei Schritten



4.4 Input: Gebäudeüberdeckung

Die Gebäudeüberdeckung ist eine Prozentzahl zwischen 1 und 50. Niedrigere oder höhere Werte werden mit einer Fehlermeldung. Die Eingabe muss zudem in vollen Prozentwerten erfolgen. Werte wie 1,4% sind nicht zulässig.

Bei einem Anklicken des Eingabefeldes erscheint der in Abbildung 10 gezeigte Tooltip-Text mit entsprechenden Hinweisen.

Abbildung 10: Eingabe der Gebäudeüberdeckung (mit Tooltip)

Gebäudeüberdeckung des Plangebiets

Welcher Anteil des Plangebiets (Bruttofläche inkl. Straßen, siehe rote Umrandung in der Abbildung) wird nach der Fertigstellung von Gebäuden überdeckt (siehe schwarze Flächen in der Abbildung) sein?

Ihre Schätzung: % des Plangebiets

Der voreingestellte Wert ist eine Modellschätzung auf Basis eines empirischen Mittelwerts zur ortsüblichen Bebauung in Kommunen Ihres Gemeindetyps. Um ihn wieder einzufügen, hier klicken:

Tooltip: Gebäudeüberdeckung: Schätzen Sie hier bitte, welcher Anteil der Gesamtfläche des Plangebiets voraussichtlich von Gebäuden überdeckt sein wird. Erwartet wird ein Prozentwert ohne Prozentzeichen im Wertebereich zwischen 1 und 50.

4.5 Gebäudeüberdeckung: Standardwert

Für die Gebäudeüberdeckung gibt es einen gemeinde- und nutzungsspezifischen Standardwert.⁵ Dieser wird automatisch eingetragen, wenn

- ▶ die Seite erstmalig innerhalb einer Session aufgerufen wird,
- ▶ die Auswahl der Gemeinde (Abschnitt 3.2) verändert wird,
- ▶ die Auswahl der Nutzung (Abschnitt 4.2) verändert wird oder
- ▶ die Funktion zum Zurücksetzen auf den Standardwert (Abschnitt 4.6) ausgelöst wurde.

4.6 Funktion: Gebäudeüberdeckung auf Standardwert zurücksetzen

Händische Eingaben zur Gebäudeüberdeckung (Abschnitt 4.4) können jederzeit auf den Standardwert zurückgesetzt werden. Diese wird durch ein Anklicken der in Abbildung 11 rot markierten Pfeil-Schaltfläche ausgelöst.

Abbildung 11: Schaltfläche zum Zurücksetzen der Gebäudeüberdeckung auf den Standardwert

Der voreingestellte Wert ist eine Modellschätzung auf Basis eines empirischen Mittelwerts zur ortsüblichen Bebauung in Kommunen Ihres Gemeindetyps. Um ihn wieder einzufügen, hier klicken:

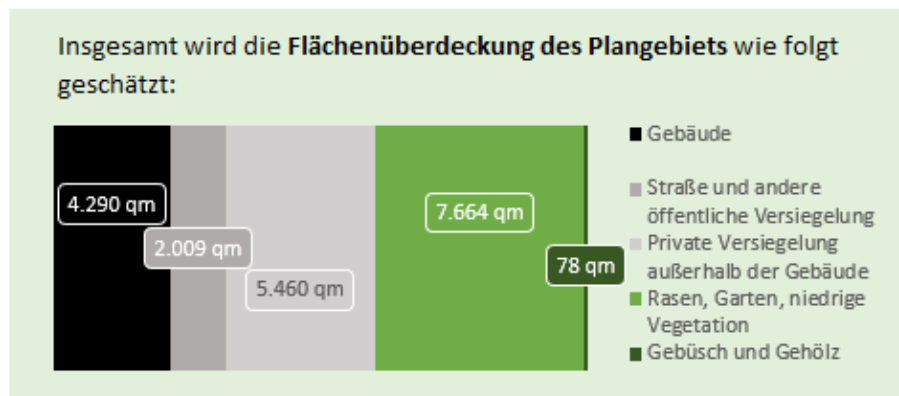
4.7 Output: Flächenüberdeckung

Das Diagramm „Flächenüberdeckung des Plangebiets“ unten links (Abbildung 12) reagiert dynamisch auf die eingetragene Gebäudeüberdeckung. Dabei schätzt⁶ es die Anteile der anderen Flächenüberdeckungen anhand empirischer Kennwerte, die im Rahmen des in Abschnitt 1.1 genannten Forschungsprojektes aus umfangreichen Luftbilddauswertungen gewonnen wurden.

⁵ Das rechnerinterne Verfahren zu dessen Bestimmung ist als Hintergrundinformation in Abschnitt 7.2 dokumentiert.

⁶ Der rechnerinterne Berechnungsweg der im Diagramm dargestellten Werte ist als Hintergrundinformation in Abschnitt 7.3 dokumentiert.

Abbildung 12: Diagramm „Flächenüberdeckung des Plangebiets“



4.8 Input: Mittlere Anzahl Geschosse / mittlere Höhe

Die zweite Eingabe zur Quantifizierung der Bebauung ist die mittlere Anzahl der Geschosse (Abbildung 13, links). Wenn die Nutzung „Industrie und Gewerbe“ ausgewählt wurde (Abschnitt 4.2), wird die mittlere Höhe der Gebäude abgefragt (Abbildung 13, rechts). In beiden Fällen wird eine Zahl zwischen 1 und 20 erwartet, die Nachkommastellen enthalten kann. Bei einem Anklicken des Eingabefeldes erscheint der in Abbildung 13 gezeigte Tooltip-Text.

Abbildung 13: Eingabe der mittleren Anzahl an Geschossen (links) bzw. der mittleren Höhe (rechts), jeweils mit Tooltip

Mittlere Anzahl Geschosse

Wie viele Geschosse (Vollgeschosse) werden die Gebäude im Plangebiet nach der Fertigstellung im Mittel haben?

Ihre Schätzung: Vollgeschosse

Der voreingestellte Wert ist ein empirischer Mittelwert Ihres Gemeindetyps. U...

Tooltip: Anzahl Geschosse bzw. Höhe. Schätzen Sie hier bitte, wie viele Geschosse die Gebäude im Plangebiet im flächengewichteten Mittel haben werden. (Bei Industrie- und Gewerbeflächen: die Höhe)

Erwartet wird eine Zahl zwischen 1 und 20. Diese kann mit Nachkommastellen angegeben werden.

Mittlere Höhe

Welche Höhe werden die Gebäude im Plangebiet nach der Fertigstellung im Mittel haben?

Ihre Schätzung: Meter

Der voreingestellte Wert ist ein empirischer Mittelwert Ihres Gemeindetyps. U...

Tooltip: Anzahl Geschosse bzw. Höhe. Schätzen Sie hier bitte, wie viele Geschosse die Gebäude im Plangebiet im flächengewichteten Mittel haben werden. (Bei Industrie- und Gewerbeflächen: die Höhe)

Erwartet wird eine Zahl zwischen 1 und 20. Diese kann mit Nachkommastellen angegeben werden.

4.9 Mittlere Anzahl Geschosse / mittlere Höhe: Standardwert


Für die mittlere Anzahl an Geschossen bzw. die mittlere Höhe gibt es einen gemeinde- und nutzungsspezifischen Standardwert. Wie bei der Gebäudeüberdeckung (Abschnitt 4.5) wird dieser automatisch eingetragen, wenn

- ▶ die Seite erstmalig innerhalb einer Session aufgerufen wird,
- ▶ die Auswahl der Gemeinde (Abschnitt 3.2) verändert wird,
- ▶ die Auswahl der Nutzung (Abschnitt 4.2) verändert wird oder
- ▶ die Funktion zum Zurücksetzen auf den Standardwert (Abschnitt 4.10) ausgelöst wurde.

4.10 Funktion: Mittlere Anzahl Geschosse / mittlere Höhe auf Standardwert zurücksetzen

Analog zur Gebäudeüberdeckung (Abschnitt 4.6) kann eine erfolgte Nutzereingabe zur mittleren Anzahl an Geschossen bzw. zur mittleren Höhe der Gebäude (Abschnitt 4.8) jederzeit auf den Standardwert zurückgesetzt werden. Dies erfolgt über ein Anklicken der in Abbildung 14 rot markierten Pfeil-Schaltfläche.

Abbildung 14: Schaltfläche zum Zurücksetzen der mittleren Anzahl an Geschossen bzw. der mittleren Höhe auf den Standardwert

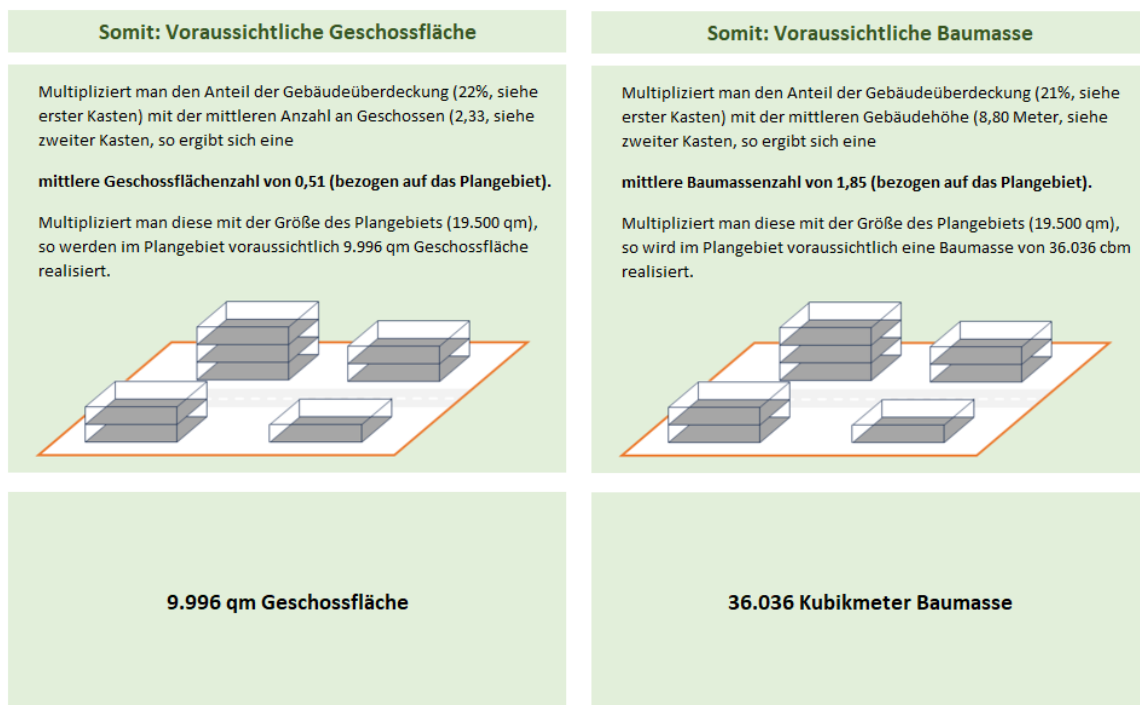
Der voreingestellte Wert ist eine Modellschätzung auf Basis eines empirischen Mittelwerts zur ortsüblichen Bebauung in Kommunen Ihres Gemeindetyps. Um ihn wieder einzufügen, hier klicken 

4.11 Output: Geschossflächen / Baumasse

Im rechten Drittel des Bereichs der Quantifizierung der Bebauung (Abbildung 9) sind keine weiteren Eintragungen vorzunehmen.

Stattdessen wird eine Schätzung der neu entstehenden Geschossfläche (Abbildung 15, links) angezeigt. Wurde zuvor die Nutzung „Industrie und Gewerbe“ gewählt, so wird an der gleichen Stelle eine Schätzung der Baumasse angezeigt (Abbildung 15, links).⁷

Abbildung 15: Anzeige der Geschossfläche bzw. Baumasse



⁷ Der rechnerinterne Berechnungsweg für diese Schätzung ist als Hintergrundinformation in Abschnitt 7.5 dokumentiert.

4.12 Schaltflächen „Weiter“ und „Zurück“

Über eine Schaltfläche „Weiter“ wird die nachfolgende Ansicht „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“ aufgerufen, die im nachfolgenden Abschnitt 5 genauer beschrieben wird.

Mit der Schaltfläche „Zurück“ gelangt man zur vorherigen Ansicht „Plangebiet im Außenbereich“ (Abschnitt 3) zurück.

5 Seite „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“

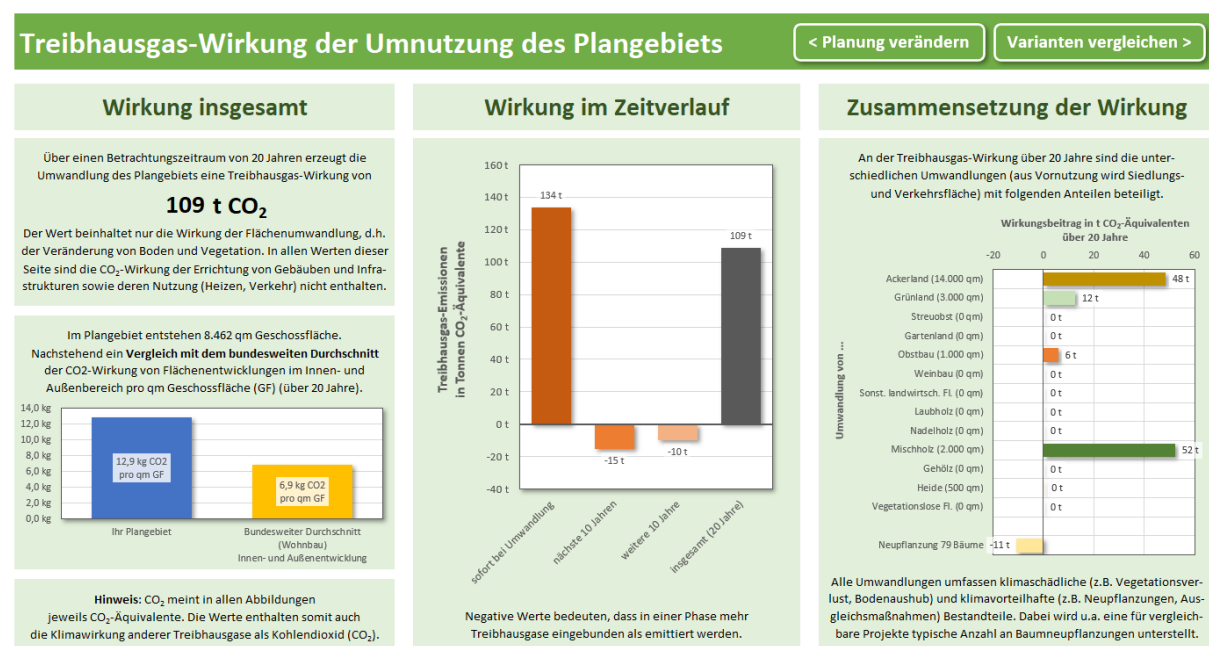
5.1 Zielsetzung und Funktionsumfang

Die Seite „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“ ist eine reine Ergebnisseite. Entsprechend sind keine weiteren Eingaben erforderlich.

Die Ergebnisanzeige (Abbildung 16) besteht aus den folgenden vier Abschnitten:⁸

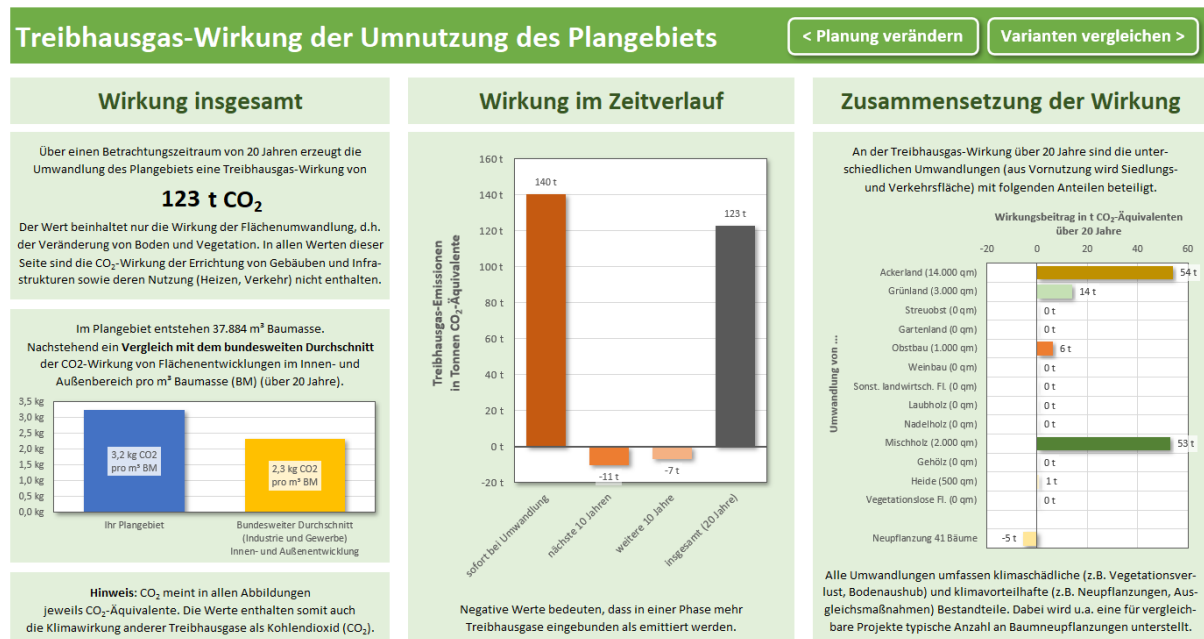
- Die Wirkung insgesamt (oben links in Abbildung 16) besteht nur aus einem fett gedruckten Zahlenwert. Weitere Erläuterungen finden sich in Abschnitt 5.2.
- Diese Gesamtwirkung wird anschließend in einem Diagramm mit einem bundesweiten Durchschnittswert verglichen. Die Inhalte dieses Diagramms werden in Abschnitt 5.3 erläutert.
- Ein weiteres Diagramm zeigt die Wirkung im Zeitverlauf. Die Inhalte dieses Diagramms sind Gegenstand der Erläuterung in Abschnitt 5.4.
- Ein drittes Diagramm zeigt, wie sich die Wirkung zusammensetzt. Dessen Inhalte werden in Abschnitt 5.5 erläutert.

Abbildung 16: Seite „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“ (wenn Nutzung nicht gleich „Industrie und Gewerbe“)



⁸ Deren Berechnungswege sind als Hintergrundinformation im Abschnitt 7.6 dokumentiert.

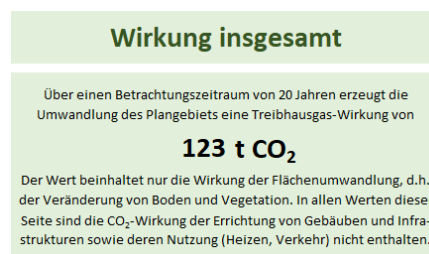
Abbildung 17: Seite „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“ (wenn Nutzung gleich „Industrie und Gewerbe“)



5.2 Output: Wirkung insgesamt

Die erste Darstellungsform ist die Gesamtwirkung. Bei der wird die gesamte LULUCF-Treibhausgaswirkung über 20 Jahre bilanziert⁹ und in Form einer Zahl angezeigt (Abbildung 18).

Abbildung 18: Ergebnisanzeige 1: Wirkung insgesamt



Für die Gesamtwirkung sowie für alle weiteren Darstellungsformen gilt der in Abbildung 19 gezeigte Hinweis, dass der in den Ergebnisdigrammen und -darstellungen vereinfachend verwendete Begriff „CO₂“ immer für „CO₂-Äquivalente“ steht.

Abbildung 19: Allgemeiner Hinweis

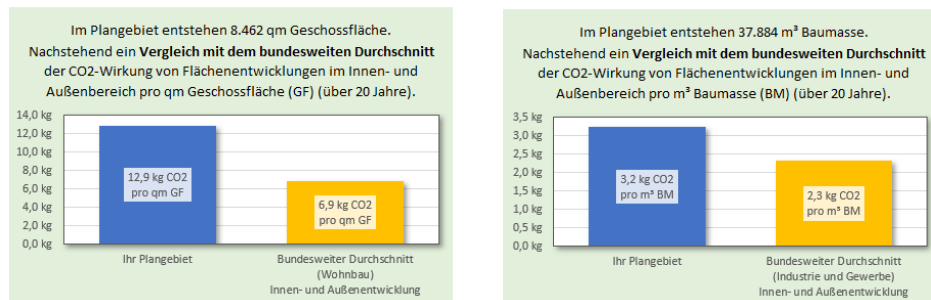
Hinweis: CO₂ meint in allen Abbildungen jeweils CO₂-Äquivalente. Die Werte enthalten somit auch die Klimawirkung anderer Treibhausgase als Kohlendioxid (CO₂).

⁹ Als Hintergrundinformation wird der rechnerinterne Berechnungsweg in Abschnitt 7.7 dokumentiert.

5.3 Output: Vergleich mit Bundesschnitt

Die zweite Ergebnisanzeige vergleicht die vorstehende Gesamtwirkung mit einem Bundesdurchschnitt der Flächenneuanspruchnahme.¹⁰ Der Vergleich erfolgt für die Nutzungen Wohnen, Mischgebiet und besondere funktionale Prägung pro Quadratmeter Geschossfläche (Abbildung 20, links). Bei Industrie- und Gewerbeflächen wird die Treibhausgaswirkung pro Kubikmeter Baumasse betrachtet (Abbildung 20, rechts).

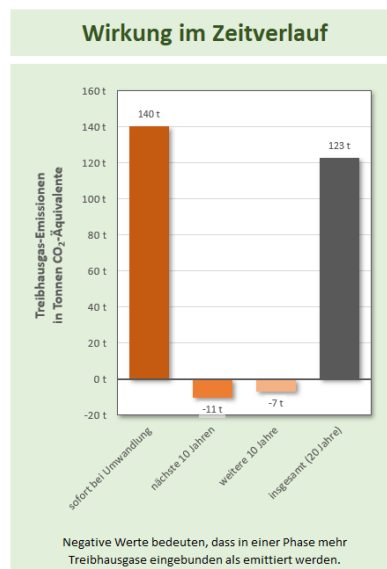
Abbildung 20: Ergebnisanzeige 2: Vergleich mit bundesweitem Durchschnitt, rechts: für Nutzung „Industrie und Gewerbe“, links: für alle anderen Nutzungen



5.4 Output: Wirkung im Zeitverlauf

Die dritte Ergebnisdarstellung nutzt das in Abbildung 21 gezeigte Diagramm, um den zeitlichen Anfall der Treibhausgaswirkung zu differenzieren. Dabei wird zwischen der Treibhausgaswirkung, die unmittelbar mit der Umnutzung eintritt (erste Säule) und den Wirkungen in den beiden nachfolgenden Jahrzehnten (zweite und dritte Säule) unterschieden. Die letzte Säule entspricht der Gesamtwirkung über 20 Jahre.

Abbildung 21: Ergebnisanzeige 3: Wirkung im Zeitverlauf

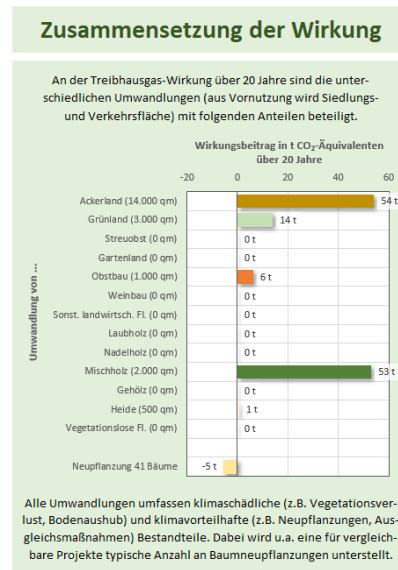


¹⁰ Dessen rechnerinterne Ermittlung ist in Abschnitt xx dokumentiert.

5.5 Output: Zusammensetzung der Wirkung (Wirkungsanteile der Vornutzungen)

Die dritte Ergebnisdarstellung differenziert die Treibhausgaswirkung nach der Vornutzung. Dabei wird jeder Vornutzung aus dem Schritt „Plangebiet“ (Abschnitt 3.3) ein Anteil an der Treibhausgaswirkung der Umnutzung zugewiesen. Dabei wird u.a. deutlich, dass (ggf. auch kleine) Flächenanteil mit viel Vegetation und naturbelassenem Boden (wie Waldflächen) deutlich höhere Anteile an der Treibhausgaswirkung haben als z.B. landwirtschaftliche Flächen.

Abbildung 22: Ergebnisanzeige 4: Zusammensetzung der Wirkung (Wirkungsanteile der Vornutzungen)



5.6 Schaltflächen „Planung verändern“ und „Varianten vergleichen“

Die Seite „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“ hat zwei Schaltflächen. Mit der Schaltfläche „Planung verändern“ gelangt man zurück zur Ansicht „Plangebiet im Außenbereich“ (Abschnitt 3).

Mit der Schaltfläche „Varianten vergleichen“ wird die nachfolgend beschriebene Ansicht „Vergleich von Planungsalternativen“ aufgerufen (Abschnitt 6).

6 Seite „Vergleich von Planungsalternativen“

Die letzte Ansicht „Vergleich von Planungsalternativen“ stellt der zuvor definierten Planungen drei automatisch erzeugte Alternativplanungen gegenüber. Diese Alternativplanungen können durch die Nutzerinnen und Nutzer nicht verändert werden. Sie sollen vielmehr Möglichkeiten zu einer Optimierung der betrachteten Planung hinsichtlich der Treibhausgaswirkung (LULUCF-Anteil) aufzeigen.

Abbildung 23: Vergleich von Planungsalternativen (wenn Nutzung nicht gleich „Industrie und Gewerbe“)

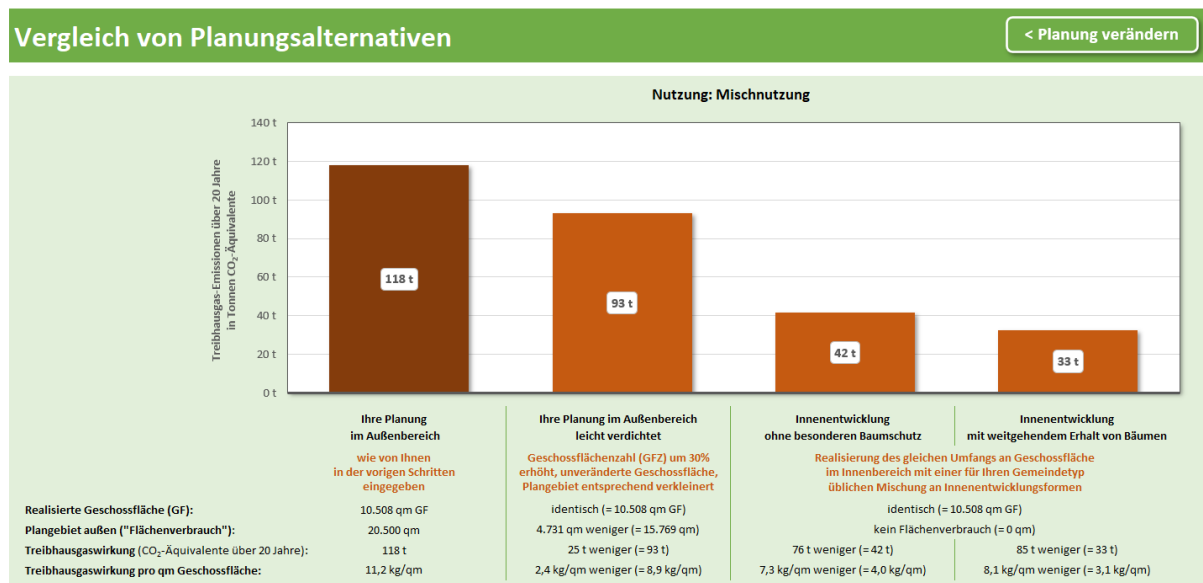
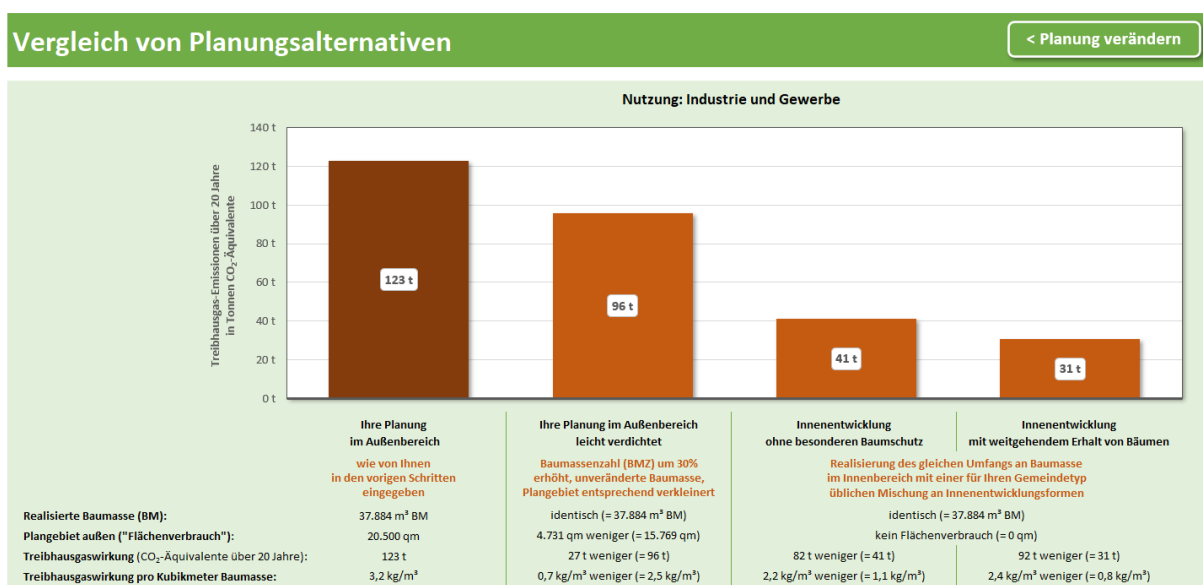


Abbildung 24: Vergleich von Planungsalternativen (wenn Nutzung gleich „Industrie und Gewerbe“)



In der Diagrammdarstellung (Abbildung 23) entspricht die linke, etwas dunklere Säule der Wirkung der zuvor definierten Planung. Die drei etwas helleren Säulen rechts davon zeigen die Wirkungen der Alternativplanungen.¹¹

Unterhalb des Diagramms findet sich eine Interpretationstabelle (Abbildung 25), mit deren Hilfe die Annahmen der Alternativplanungen, deren Bauvolumen (Geschossfläche oder Baumasse), deren Flächenbedarf sowie deren Treibhausgaswirkung vergleichend gegenübergestellt werden.¹²

Abbildung 25: Interpretationstabelle (oben: Nutzung nicht gleich „Industrie und Gewerbe“, unten: Nutzung gleich „Industrie und Gewerbe“)

	Ihre Planung im Außenbereich wie von Ihnen in den vorigen Schritten eingegeben	Ihre Planung im Außenbereich leicht verdichtet Geschossflächenzahl (GFZ) um 30% erhöht, unveränderte Geschossfläche, Plangebiet entsprechend verkleinert	Innenentwicklung ohne besonderen Baumschutz Realisierung des gleichen Umfangs an Geschossfläche im Innenbereich mit einer für Ihren Gemeindetyp üblichen Mischung an Innenentwicklungsformen	Innenentwicklung mit weitgehendem Erhalt von Bäumen identisch (= 10.508 qm GF)
Realisierte Geschossfläche (GF):	10.508 qm GF	identisch (= 10.508 qm GF)	identisch (= 10.508 qm GF)	identisch (= 10.508 qm GF)
Plangebiet außen ("Flächenverbrauch"):	20.500 qm	4.731 qm weniger (= 15.769 qm)	kein Flächenverbrauch (= 0 qm)	kein Flächenverbrauch (= 0 qm)
Treibhausgaswirkung (CO ₂ -Äquivalente über 20 Jahre):	118 t	25 t weniger (= 93 t)	76 t weniger (= 42 t)	85 t weniger (= 33 t)
Treibhausgaswirkung pro qm Geschossfläche:	11,2 kg/qm	2,4 kg/qm weniger (= 8,9 kg/qm)	7,3 kg/qm weniger (= 4,0 kg/qm)	8,1 kg/qm weniger (= 3,1 kg/qm)

	Ihre Planung im Außenbereich wie von Ihnen in den vorigen Schritten eingegeben	Ihre Planung im Außenbereich leicht verdichtet Baumassenzahl (BMZ) um 30% erhöht, unveränderte Baumasse, Plangebiet entsprechend verkleinert	Innenentwicklung ohne besonderen Baumschutz Realisierung des gleichen Umfangs an Baumasse im Innenbereich mit einer für Ihren Gemeindetyp üblichen Mischung an Innenentwicklungsformen	Innenentwicklung mit weitgehendem Erhalt von Bäumen identisch (= 37.884 m³ BM)
Realisierte Baumasse (BM):	37.884 m³ BM	identisch (= 37.884 m³ BM)	identisch (= 37.884 m³ BM)	identisch (= 37.884 m³ BM)
Plangebiet außen ("Flächenverbrauch"):	20.500 qm	4.731 qm weniger (= 15.769 qm)	kein Flächenverbrauch (= 0 qm)	kein Flächenverbrauch (= 0 qm)
Treibhausgaswirkung (CO ₂ -Äquivalente über 20 Jahre):	123 t	27 t weniger (= 96 t)	82 t weniger (= 41 t)	92 t weniger (= 31 t)
Treibhausgaswirkung pro Kubikmeter Baumasse:	3,2 kg/m³	0,7 kg/m³ weniger (= 2,5 kg/m³)	2,2 kg/m³ weniger (= 1,1 kg/m³)	2,4 kg/m³ weniger (= 0,8 kg/m³)

Über die Schaltfläche „Planung verändern“ kann zu den Eingaben der Planung (Plangebiet mit Vornutzungsanteilen, Bebauung mit Überdeckungsanteilen) zurückgekehrt werden.

¹¹ Die Berechnungswege zur Abschätzung der Treibhausgaswirkung der Alternativplanungen sind als Hintergrundinformation in den Abschnitten 7.11 bis 7.13 dokumentiert.

¹² Die Berechnungswege werden als Hintergrundinformation in Abschnitt

7 Hintergrundinformation: Berechnungswege

Auf den vorstehend beschriebenen Seiten führt der Treibhausgasrechner eine Reihe von Berechnungen durch. Diese Berechnungen erfolgen rechnerintern auf ausgeblendeten Tabellenblättern und sind für die Mehrzahl der Nutzerinnen und Nutzer im Detail nicht relevant.

Im Sinne der Transparenz sowie für eine mögliche Integration in andere Systeme werden die Berechnungswege nachstehend gleichwohl detailliert dokumentiert. Für ein Nachvollziehen der Berechnungen sind die entsprechenden Tabellenblätter mit der entsprechenden Funktion von Microsoft Excel einzublenden.¹³ Insgesamt sind zwölf Tabellenblätter für die Berechnungen sowie für Nachschlagetabellen ausgeblendet. Nach dem Einblenden sind deren Reiter hellgrau eingefärbt (Abbildung 26).

Abbildung 26: Weitere Tabellenblätter für Daten und Berechnungen

Berechnung Oberfläche	Berechnung CO2	Vergleichswerte_Bund	Bäume pro ha außen	Berechnung Vergleich 1	Berechnung Vergleich
-----------------------	----------------	----------------------	--------------------	------------------------	----------------------

Auf diesen Tabellenblättern erfolgen die folgenden internen Berechnungen.

7.1 Bezugsgrößen und Bezeichnungen in Abhängigkeit der gewählten Nutzung

Der über die Auswahlliste in Abbildung 8 gewählte Nutzung wird über die in Abbildung 27 gezeigte Liste auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Nutzungen“ eine ID-Nummer sowie eine Bezugsgröße zugeordnet. Bei den Nutzungen „Wohnbau“ (ID 4), „Mischnutzung“ (ID 5) und „Besondere funktionale Prägung“ (ID 6) bildet die Geschossfläche die Bezugsgröße. Bei der Nutzung „Industrie und Gewerbe“ (ID 7) ist die Bezugsgröße hingegen die Baumasse.

Abbildung 27: Liste der Nutzungen (Tabelleblatt „Nutzungen“)

Nutzung	ID	Bezugsgröße
Nachher		
Wohnbau	4	Geschossfläche
Mischnutzung	5	Geschossfläche
Besondere funktionale Prägung	6	Geschossfläche
Industrie und Gewerbe	7	Baumasse

¹³ Gehen Sie zum Einblenden wie folgt vor: Öffnen Sie in Excel den Ribbon-Bereich „Überprüfen“ und klicken Sie in der Gruppe „Schützen“ auf „Arbeitsmappe schützen“. Sie werden daraufhin zur Eingabe eines Passwortes aufgefordert. Dieses lautet „THG“. Anschließend können die ausgeblendeten Blätter eingeblendet werden, indem Sie auf einem Reiter am Fuß der bereits sichtbaren Tabellenblätter mit einem rechten Mausklick das Kontextmenü öffnen und darin „Einblenden ...“ auswählen. Wählen Sie in der sich dann öffnenden Liste der ausgeblendeten Tabellenblätter diejenigen aus, die Sie einblenden möchten.

7.2 Standardwert für die Gebäudeüberdeckung

Der Standardwert für die Gebäudeüberdeckung (Abschnitt 4.5) wird rechnerintern wie folgt ermittelt:

- ▶ Ausgewählte Gemeinde bestimmen (Abschnitt 3.2)
- ▶ Aus der Gemeindeliste (ausgeblendetes Tabellenblatt „Gemeinden“) den „Gemeindetyp Dichte“ dieser Gemeinde auslesen (Spalte „IDGemTypNachherDichte“)
- ▶ Ausgewählte Nutzung bestimmen (Abschnitt 4.2)
- ▶ Aus der Liste der Nutzungen (ausgeblendeten Tabellenblatt „Nutzungen“ bzw. Abbildung 27 die IDNutzung auslesen
- ▶ Aus der Liste des ausgeblendeten Tabellenblatts („GFZ aussen“) den Standardwert der Gebäudeüberdeckung aus der Spalte „Gebäudeüberdeckung_aussen“ auslesen. Die richtige Zeile findet sich über den IDNutzung aus Schritt 4 (erste Spalte: „IDNutzungNachher“) sowie den Gemeindetyp Dichte aus Schritt 2 (dritte Spalte: „GemTypDichte“).

7.3 Daten des Diagramms zur Flächenüberdeckung

Die im Diagramm zur Flächenüberdeckung (Abbildung 12 in Abschnitt 4.7) angezeigten Werte werden rechnerintern über das ausgeblendete Tabellenblatt „Berechnung Oberfläche“ ermittelt. Anzeigt sind die Werte des dortigen Bereichs B14:E18.

Die auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung Oberfläche“ vollzogene Berechnung funktioniert wie folgt:

- ▶ In die Zelle D2 wird die Gesamtgröße des Plangebiets übernommen (Abschnitt 3.3).
- ▶ In die Zelle D3 wird die aktuelle Eintragung zur Gebäudeüberdeckung (Abschnitt 4.4, ggf. Standardwert aus Abschnitt 4.5) übernommen. Diese wird in Zelle D8 auf eine ganze Prozentzahl gerundet.
- ▶ In die Zelle D10 wird die IDNutzung der ausgewählten Nutzung (Zelle D9 bzw. Abschnitt 4.2) übernommen.
- ▶ Der Wert für die Flächenüberdeckung „Gebäude“ (Zelle D14) entspricht der aktuellen Eintragung zur Gebäudeüberdeckung aus Zelle D8, geteilt durch 100.
- ▶ Die Werte für alle anderen Flächenüberdeckungen werden in der Liste des ausgeblendeten Tabellenblatts „AnteileFlaecheNachher“ nachgeschlagen. Referenzen sind die IDNutzung (erste Spalte: IDNutzung) sowie der Gebäudeüberdeckung als volle Prozentzahl (dritte Spalte: Gebaeudeanteil_211_in_vollen_Prozent). Für das Nachschlagen verwendet die Berechnung die Excel-Funktion „SUMMEWENNS“, obwohl eigentlich keine Werte aufsummiert werden müssen. Zu jeder Kombination aus IDNutzung und Gebäudeüberdeckung als volle Prozentzahl gibt es nur eine Datenzeile. Die Werte der Flächenüberdeckungen stehen in den Spalten D bis G des Tabellenblatts „AnteileFlaecheNachher“. Die Überschriften (221, 222, 231, 232) sind die Codes für die Flächenüberdeckungen, diese finden sich auch in den Zellen C14:C18 des ausgeblendeten Tabellenblatts „Berechnung Oberfläche“, so dass die Zuordnung zu den Bezeichnungen („Straße und andere öffentliche Versiegelung“, ...) eindeutig sein sollte.

7.4 Standardwert für die mittlere Anzahl der Geschosse bzw. die mittlere Höhe

Der Standardwert für die mittlere Anzahl der Geschosse bzw. die mittlere Höhe aus Abschnitt 4.9 wird rechnerintern mit den folgenden Schritten ermittelt, die über ein VBA-Makro im Modul „mdlFunktionen“ (Sub „DefaultGeschosseHoehe“)¹⁴ umgesetzt sind:

- ▶ Ausgewählte Gemeinde bestimmen (Abschnitt 3.2)
- ▶ Aus der Gemeindeliste (ausgeblendetes Tabellenblatt „Gemeinden“) den „Gemeindetyp Dichte“ dieser Gemeinde auslesen (Spalte „IDGemTypNachherDichte“)
- ▶ Ausgewählte Nutzung bestimmen (Abschnitt 4.2)
- ▶ Aus der Liste der Nutzungen (ausgeblendetes Tabellenblatt „Nutzungen“ bzw. Abbildung 27 die IDNutzung auslesen
- ▶ Aus der Liste des ausgeblendeten Tabellenblatts („GFZ aussen“) den Standardwert der mittleren Anzahl an Geschossen bzw. der mittleren Höhe aus der Spalte „Geschosse_Hoehe“ auslesen. Die richtige Zeile findet sich über den IDNutzung aus Schritt 4 (erste Spalte: „IDNutzungNachher“) sowie den Gemeindetyp Dichte aus Schritt 2 (dritte Spalte: „GemTypDichte“).

7.5 Berechnung der Geschossfläche bzw. der Baumasse

Die Schätzung der Geschossfläche bzw. der Baumasse (Abschnitt 4.11) erfolgt auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung Oberfläche“ anhand der folgenden internen Berechnungsschritte:

- ▶ Geschossflächenzahl bzw. Baumassenzahl stammen aus Zelle D5 und berechnen sich wie folgt:
 - Zelle D3 übernimmt die Flächenüberdeckung (Eingabe aus Abschnitt 4.4).
 - Zelle D4 übernimmt die mittlere Anzahl an Geschossen bzw. die mittlere Gebäudehöhe (Eingabe aus Abschnitt 4.8)
 - Die anzuzeigende Geschossflächenzahl (GFZ) bzw. Baumassenzahl (BMZ) wird in Zelle D5 errechnet, indem die Flächenüberdeckung mit der mittleren Anzahl der Geschosse (bzw. der mittleren Höhe) multipliziert wird. Dieser Wert ist anzuzeigen.
- ▶ Die voraussichtliche Geschossfläche (in Quadratmetern) bzw. Baumasse (in Kubikmetern) entspricht dem Zahlenwert der Zelle D6. Dieser berechnet sich aus der Multiplikation der Geschossflächenzahl (GFZ) bzw. Baumassenzahl (BMZ) aus Zelle D5 und der Größe des Plangebiets in Quadratmetern (Summe aus Eingabe in Abschnitt 3.3 bzw. übernommener Wert in Zelle D2).

¹⁴ Um den Code des VBA-Makros einzublenden, muss in Excel in den VBA-Editor gewechselt werden. Bei einer Veränderung des Codes verliert die Exceldatei automatisch ihre Signatur (Abschnitt 1.2).

7.6 Hintergrundinformation: Wirkungsberechnung

Alle vier Formen der Ergebnisdarstellung auf der Seite „Treibhausgas-Wirkung der Umnutzung des Plangebiets“ (Abschnitt 5) greifen auf die gleiche Wirkungsberechnung zurück, die sie jeweils nur anders zusammenfassen. Diese rechnerinterne Wirkungsberechnung findet sich auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung CO₂“.

Schritt 1: Umwandlungsmengen

In einem ersten Schritt wird ermittelt, wie viele Quadratmeter welcher Vornutzung (in den Zeilen 6 bis 18 = Ackerland bis Unland) in welche Plannutzung (in den Spalten D bis H = von „durch Gebäude überdeckt“ bis „Fläche mit Gebüsch und Gehölz“) durch die Flächenneuanspruchnahme umgewandelt wird.

Hierzu wird die im Bereich D6:H18 befindliche, graue unterlegte Matrix berechnet. Diese Berechnung umfasst die folgenden Schritte:

- ▶ In den Zellbereich J6:J18 werden die Eingaben zur Zusammensetzung des Plangebiets aus Abschnitt 3.3 übernommen. Dieser Zellbereich wird in Zelle J20 aufsummiert. Diese Summe entspricht der Gesamtgröße des Plangebiets.
- ▶ Im Zellbereich K6:K18 wird für jede Vornutzung (= Zeile) ein Anteilswert an der Gesamtgröße berechnet, indem der jeweilige qm-Wert durch die Gesamtgröße geteilt wird. Die Summe ist 100% und steht in Zelle K20.
- ▶ Im Zellbereich D20:H20 wird das Ergebnis zur Berechnung der Flächenüberdeckung nach der Neubebauung aus Abschnitt 4.7 übernommen. Die Summe dieser Werte entsprechen ebenfalls der Gesamtgröße des Plangebiets.
- ▶ Im Zellbereich D21:H21 wird für jede Flächenüberdeckung nach der Neubebauung (= Spalte) ein Anteilswert an der Gesamtgröße berechnet, indem der jeweilige qm-Wert durch die Gesamtgröße geteilt wird. Die Summe ist 100% und steht in Zelle J21.

Die Werte der grau unterlegten Matrix „Umwandlungsmengen“ im Zellbereich D6:H18 entsprechen jeweils der Multiplikation

- des Anteils der Vornutzung (Spalte K, jeweilige Zeile),
 - des Anteils der Flächenüberdeckung nach der Neubebauung (Zeile 21, jeweilige Spalte) und
 - der Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle J20).
- ▶ Zelle K21 bildet die Gesamtsumme über die Matrix, um zu kontrollieren, dass auch diese der Gesamtgröße des Plangebiets entspricht.

Schritt 2: Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr der Siedlungsentwicklung

- ▶ Im Zellbereich N29:R41 findet sich eine grün unterlegte Matrix mit Kennwerten zur Treibhausgaswirkung der jeweiligen Umwandlungen im ersten betrachteten Zeitabschnitt, nämlich dem Jahr der Siedlungsentwicklung.
- ▶ Diese Matrix wird mit der eben in Schritt 1 hergeleiteten Matrix der Umwandlungsmengen (grau unterlegter Zellbereich D6:H18) multipliziert. Ergebnis der Multiplikation ist die ebenfalls grau unterlegte Matrix im Zellbereich D29:H41.

Schritt 3: Tonnen CO₂-Äquivalente in den Jahren 1 bis 10 nach der Siedlungsentwicklung

- ▶ Im Zellbereich N48:R60 findet sich eine grün unterlegte Matrix mit Kennwerten zur Treibhausgaswirkung der jeweiligen Umwandlungen im zweiten betrachteten Zeitabschnitt, nämlich den Jahren 1 bis 10 nach der Siedlungsentwicklung.
- ▶ Analog zum Vorgehen im Schritt 2 wird diese Matrix mit der in Schritt 1 hergeleiteten Matrix der Umwandlungsmengen (grau unterlegter Zellbereich D6:H18) multipliziert. Ergebnis der Multiplikation ist die grau unterlegte Matrix im Zellbereich D48:H60.

Schritt 4: Tonnen CO₂-Äquivalente in den Jahren 11 bis 20 nach der Siedlungsentwicklung

- ▶ Für einen dritten betrachteten Zeitabschnitt (Jahre 11 bis 20 nach der Siedlungsentwicklung) finden sich die entsprechenden Kennwerte zur Treibhausgaswirkung im grün unterlegten Zellbereich N67:R79.
- ▶ Analog zum Vorgehen in den Schritten 2 und 3 wird diese Matrix mit der in Schritt 1 hergeleiteten Matrix der Umwandlungsmengen (grau unterlegter Zellbereich D6:H18) multipliziert. Ergebnis der Multiplikation ist die grau unterlegte Matrix im Zellbereich D67:H79.

Schritt 5: Anzahl der Bäume bestimmen

- ▶ Zelle U2 (oben rechts) übernimmt die ID der in Abschnitt 4.2 ausgewählten Nutzung (vgl. Abbildung 8 bzw. Tabellenblatt „Nutzungen“).
- ▶ Zelle U3 übernimmt die auf einen ganzzahligen Prozentwert gerundete Gebäudeüberdeckung aus Abschnitt 4.4.
- ▶ In Zelle U5 wird ein Kennwert zur Anzahl der Jungbäume pro Hektar nachgeschlagen. Quelle ist die Liste auf dem Tabellenblatt „Bäume pro ha außen“. Auswahlkriterien sind die ID der Nutzung aus Zelle U2 (erste Spalte der Liste: ID_Nutzung) sowie die ganzzahlige Gebäudeüberdeckung aus Zelle U3 (dritte Spalte der Liste: Gebaeudeanteil_211_in_vollen_Prozent). Der zu übernehmende Kennwert steht in der vierten Spalte der Liste des Tabellenblatts „Bäume pro ha außen“ („Jungbaeume_pro_Hektar“). Zum Nachschlagen des Kennwerts nutzt die Berechnung die Excel-Funktion SUMMEWENNS, obwohl keine Werte aufzusummieren sind, da jede Kombination aus ID_Nutzung und Gebaeudeanteil_211_in_vollen_Prozent nur einmal in der Liste vorkommt.
- ▶ In Zelle U7 wird der eben ermittelte Kennwert aus Zelle U5 (Jungbäume pro Hektar) mit der Größe des Plangebiets multipliziert, um auf die Gesamtzahl der Jungbäume im Plangebiet zu kommen. Dabei muss der Wert noch durch 10.000 geteilt werden, da sich der Kennwert auf Hektar bezieht, während die Größe des Plangebiets in Zelle J20 in Quadratmeter vorliegt.

Schritt 6: Treibhausgaswirkung der Bäume in den drei Betrachtungszeiträumen

- ▶ Auch für die Bäume liegen in den Zellen U29, U48 und U67 jeweils grün unterlegte Kennwerte zur Treibhausgaswirkung pro Baum vor.
- ▶ Diese Kennwerte werden in den Zelle W29, W48 und W67 jeweils mit der im vorigen Schritt bestimmten Anzahl an Bäumen in Plangebiet (Zelle U7) multipliziert, um auf die Treibhausgaswirkung aller Bäume im Plangebiet in den drei Zeitabschnitten zu kommen.

Auf die Ergebnisse dieser Berechnungsschritte wird in den nachfolgend erläuterten Ergebnisdarstellungen jeweils unterschiedlich zurückgegriffen.

7.7 Treibhausgaswirkung insgesamt

Aufbauend auf der vorstehenden Wirkungsberechnung (Abschnitt 7.6) wird diese auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung CO₂“ ab Zeile 83 wie folgt berechnet:

- ▶ In Zelle D85 werden alle Felder der drei Matrizen zu den Flächenumwandlungen in den Zellenbereichen
 - D29:H41 (Jahr der Siedlungsentwicklung)
 - D48:H60 (Jahre 1-10 nach der Siedlungsentwicklung) und
 - D67:H79 (Jahre 11-20 nach der Siedlungsentwicklung)aufsummiert.
- ▶ In Zelle D86 werden die drei Treibhausgaswirkungen der Bäume in den Zellen
 - W29 (Jahr der Siedlungsentwicklung)
 - W48 (Jahre 1-10 nach der Siedlungsentwicklung) und
 - W67 (Jahre 11-20 nach der Siedlungsentwicklung)aufsummiert.
- ▶ Abschließend werden in Zelle D87 die vorstehend berechneten Werte der Zellen D85 (Flächenumwandlungen) und D86 (Bäume) zu einer Gesamtwirkung aufsummiert. Dieser Wert entspricht der Anzeige in Abbildung 18.

7.8 Diagramm zum Vergleich der Treibhausgaswirkung mit bundesweiten Durchschnittswerten

Aufbauend auf der Wirkungsberechnung aus Abschnitt 7.6 werden die im Vergleichsdiagramm aus Abbildung 20 (Abschnitt 5.3) angezeigten Werte auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung CO₂“ ab Zeile 91 wie folgt berechnet:

- ▶ Zelle E93 übernimmt die ID der in Abschnitt 4.2 ausgewählten Nutzung (vgl. Abbildung 8 bzw. Tabellenblatt „Nutzungen“).
- ▶ Zelle E94 übernimmt die Geschossfläche bzw. Baumasse aus der Berechnung in Abschnitt 4.11.
- ▶ Der Diagrammwert „Ihr Plangebiet“ wird errechnet, indem die Gesamtwirkung aus Abschnitt 5.2 (Zelle D87) durch die Geschossfläche bzw. Baumasse in Zelle E94 geteilt wird. Das Ergebnis steht in Zelle C96, auf die sich die blaue Säule der Abbildung bezieht.
- ▶ Der Diagrammwert „Bundesweiter Durchschnitt“ wird in der Liste des Tabellenblatts „Vergleichswerte_Bund“ nachgeschlagen. Einziges Auswahlkriterium ist die ID der Nutzung (Zelle E93 bzw. Abschnitt 4.2). Der nachgeschlagene Wert steht in Zelle C97, auf die sich die gelbe Säule der Abbildung bezieht.
- ▶ Die Säulenbeschriftung des Diagramms stammt aus den Zellen E96 und E97 des Tabellenblatts „Berechnung CO₂“. Je nach Nutzung wird eine unterschiedliche Einheit („kg CO₂ pro qm GF“ oder „kg CO₂ pro m³ BM“) angezeigt. Hinweis: Die 2 in CO₂ ließ sich in Excel in der Beschriftung nicht tiefstellen. Dies sollte im Online-Tool aber nach Möglichkeit geschehen. Zudem sollte geprüft werden, ob GF und BM ausgeschrieben werden können (Geschossfläche bzw. Baumasse).

- In der Beschriftung der gelben Säule unterhalb der Nulllinie wird in der zweiten Zeile zwischen „Bundesweiter Durchschnitt“ und „Innen- und Außenentwicklung“ in Klammern die Bezeichnung der in Abschnitt 4.2 ausgewählten Nutzung angezeigt.

7.9 Diagramm zur zeitlichen Differenzierung der Treibhausgaswirkung

Aufbauend auf der Wirkungsberechnung aus Abschnitt 7.6 werden die im Diagramm zeitlichen Differenziert der Treibhausgaswirkung (Abbildung 21 in Abschnitt 5.4) angezeigten Werte auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung CO2“ ab Zeile 101 wie folgt berechnet:

- In der Tabelle im Zellbereich D103:F106 werden die Treibhausgaswirkungen differenziert nach den drei Zeitabschnitten (Zeilen) sowie den Flächenumwandlungen und den Bäumen (Spalten) aufsummiert.
- Aus der Summe der Treibhausgaswirkungen der Flächen und Bäume ergibt sich in jedem Zeitabschnitt eine Gesamtwirkung („insgesamt“) in Spalte F. Zudem wird die Wirkung aller drei Zeitabschnitte in Zeile 106 aufsummiert. Der Wirkung „insgesamt“ über alle Zeitabschnitte steht in Zelle F106 und entspricht der Gesamtwirkung aus Abschnitt 5.2 (bzw. Zelle D87).
- Die Säulen des Diagramms (Abbildung 21 in Abschnitt 5.4) beziehen sich auf die Werte der Spalte F (Zellbereich F103:F106).

7.10 Diagramm zur Differenzierung der Wirkung nach den Wirkungsanteilen der Vornutzungen

Aufbauend auf der Wirkungsberechnung aus Abschnitt 7.6 werden die im Diagramm zur Differenzierung der Wirkung nach den Wirkungsanteilen der Vornutzungen (Abbildung 22 in Abschnitt 5.5) angezeigten Werte auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung CO2“ ab Zeile 110 wie folgt berechnet:

- Im Zellbereich D111:D124 werden die Treibhausgaswirkungen der drei Zeitabschnitte jeweils nur für eine Vornutzung (= Zeile) aufsummiert. Für die Vornutzung „Ackerland“ ist dies beispielhaft die Summe der Zellbereiche D29:H29, D48:H48 und D67:H67.
- Die Wirkung der Bäume über alle Wirkungszeiträume wird aus den vorherigen Berechnungen übernommen und in Zelle D126 eingetragen.
- Die Gesamtsumme der Wirkungen der einzelnen Vornutzungsumwandlungen bzw. der Bäume steht in Zelle D128 und entspricht der Gesamtsumme der vorherigen Auswertungen.
- Für die Beschriftung des Diagramms wird die Bezeichnung der Vornutzungen (Ackerland, Grünland, ...) jeweils um eine qm-Angabe in Klammern ergänzt. Der qm-Wert entspricht dem in Abschnitt 3.3 im Zuge der Definition des Plangebiets von der Nutzerin oder dem Nutzer für die betreffende Vornutzung händisch eingetragenen Wert.
- Die Beschriftung für Wirkung der Bäume lautet „Neupflanzung [Wert] Bäume“, wobei „Wert“ der ganzzahlig gerundeten Anzahl der gepflanzten Jungbäume entspricht. Diese wurde im Zuge der Wirkungsberechnung (Abschnitt 7.6) in Zelle U7 ermittelt.

7.11 Wirkungsberechnung für die Alternativplanung „Ihre Planung im Außenbereich, leicht verdichtet“

Die Treibhausgas-Wirkung der ersten Alternativplanung, d.h. der zweiten Säule des Vergleichsdiagramms aus Abbildung 23 (Abschnitt 6) mit der Bezeichnung „Ihre Planung im Außenbereich leicht verdichtet“ wird durch die folgende Berechnung auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung Vergleich 1“ abgeschätzt:

- ▶ Die Alternativplanung geht von einer um 30% erhöhten Dichte (GFZ bzw. BMZ) aus (Zelle F4).
- ▶ Diese Steigerung wird zu einem Drittel durch mehr Oberflächenüberdeckung mit Gebäuden erreicht. Dazu wird in Zelle F6 ein Faktor für die Oberflächenüberdeckung errechnet. Diese beträgt 1 plus der Dichtesteigerung aus Zelle F4 (30%) durch 3.
- ▶ Der Rest der Dichtesteigerung soll durch mehr Geschosse bzw. Gebäudehöhe erzielt werden. Auch hier wird in Zelle F7 ein Steigerungsfaktor errechnet: Dessen Wert ist 1 plus die angestrebte Gesamtsteigerung der Dichte um 30% geteilt durch den eben ermittelten Steigerungsfaktor für mehr Oberflächenbedeckung (Zelle F6).
- ▶ In Zelle F8 wird kontrolliert, ob durch eine Multiplikation der Steigerungsfaktoren für die Oberflächenbedeckung (Zelle F6) und die Geschosse bzw. Gebäudehöhe (Zelle F7) wirklich die angestrebten 30% mehr Dichte erreicht werden.
- ▶ Das Plangebiet kann in der Alternativplanung um 30% verkleinert werden. Die verminderte Größe wird in Zelle F10 ermittelt.
- ▶ Die Oberflächenbedeckung mit Gebäuden wird um die o.g. Steigerungsfaktor für die Oberflächenbedeckung (F6) erhöht. Der Anteil der in der Alternativplanung von Gebäuden überdeckten Flächen wird in Zelle F11 ermittelt. Um diesen Wert im Folgenden zum Nachschlagen weiterer Kennwerte nutzen zu können, wird er auf eine ganzzahlige Prozentzahl gerundet (Zelle F11).
- ▶ Die Nutzung (und damit die NutzungID) bleibt gegenüber der Ausgangsplanung unverändert (Zelle F12).
- ▶ Analog zum Vorgehen bei der Berechnung der Flächenüberdeckung der Ausgangsplanung (Abschnitt 4.7) werden die Anteile der fünf Flächentypen nach der Flächenneuanspruchnahme (von „Gebäude“ bis „Gebüsch und Gehölz“) wie folgt bestimmt:
 - Der Wert für die Flächenüberdeckung „Gebäude“ (Zelle F14) entspricht der zuvor für die Alternativplanung ermittelten und gerundeten Gebäudeüberdeckung aus Zelle F11, geteilt durch 100.
 - Die Werte für alle anderen Flächenüberdeckungen werden in der Liste des Tabellenblatts „AnteileFlaecheNachher“ nachgeschlagen. Referenzen sind die IDNutzung (erste Spalte: IDNutzung) sowie der Gebäudeüberdeckung als volle Prozentzahl (dritte Spalte: Gebaeudeanteil_211_in_vollen_Prozent). Für das Nachschlagen verwendet die Berechnung die Excel-Funktion „SUMMEWENNS“, obwohl eigentlich keine Werte aufsummiert werden müssen. Zu jeder Kombination aus IDNutzung und Gebäudeüberdeckung als volle Prozentzahl gibt es nur eine Datenzeile. Die Werte der Flächenüberdeckungen stehen in den Spalten D bis G des Tabellenblatts „AnteileFlaecheNachher“. Die Überschriften (221, 222, 231, 232) sind die Codes für die Flächenüberdeckungen, diese finden sich auch in den Zellen B14:B18 des Tabellenblatts „Berechnung Oberfläche“, so dass die

Zuordnung zu den Bezeichnungen („Straße und andere öffentliche Versiegelung“, ...) eindeutig seien sollte.

- ▶ Durch Multiplikation dieser Anteile mit der verminderten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10) werden im Zellbereich G14:G18 die Flächenanteile der fünf Überdeckungen in qm umgerechnet. Die Summe (Zelle G20) entspricht der verminderten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10).
- ▶ Da sich gegenüber der Ausgangsplanung die Gebäudeüberdeckung verändert hat, muss in Zelle F22 ein neuer Kennwert „Jungbäume pro ha“ nachgeschlagen werden. Wie schon in Abschnitt 7.6 (Schritt 5) wird zum Nachschlagen die Liste auf dem Tabellenblatt „Bäume pro ha außen“ verwendet. Auswahlkriterien sind erneut die ID der Nutzung aus Zelle F12 (erste Spalte der Liste: ID_Nutzung) sowie die ganzzahlige Gebäudeüberdeckung aus Zelle F11 (dritte Spalte der Liste: Gebaeudeanteil_211_in_vollen_Prozent). Der zu übernehmende Kennwert steht in der vierten Spalte der Liste des Tabellenblatts „Bäume pro ha außen“ („Jungbaeume_pro_Hektar“). Zum Nachschlagen des Kennwerts nutzt die Berechnung die Excel-Funktion SUMMEWENNS, obwohl keine Werte aufzusummieren sind, da jede Kombination aus ID_Nutzung und Gebaeudeanteil_211_in_vollen_Prozent nur einmal in der Liste vorkommt.
- ▶ Im Zellbereich G14:G18 werden diese Anteile in qm umgerechnet, indem sie mit der verminderten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10) multipliziert werden.
- ▶ Der so ermittelte Kennwert (Jungbäume pro ha) wird in Zelle F23 mit der verminderten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10 bzw. Zelle G20) multipliziert, um auf die veränderte Anzahl der Bäume zu kommen.
- ▶ Auf dieser Basis wird im Zellbereich D32:H44 eine graue unterlegte Matrix der Umwandlungsmengen für die Alternativplanung bestimmt. Ähnlich dem Vorgehen in Abschnitt 7.6 (Schritt 1) wird dabei wie folgt vorgegangen:
 - In den Zellbereich K32:K44 werden die Anteile der Vornutzungen aus der Ausgangsplanung (Abschnitt 7.6, Schritt 1) übernommen.
 - Aus diesen Anteilen werden die qm-Werte des Zellbereichs L32:L44 hergeleitet, indem der jeweilige Anteil mit der reduzierten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10) multipliziert wird. Die Gesamtsumme des Zellbereichs L32:L44 in Zelle L46 entspricht der reduzierten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10).
 - Im Zellbereich D46:H46 wird das Ergebnis zur Berechnung der Flächenüberdeckung nach der Neubebauung im Zellbereich G14:G18 bzw. F14:F18 übernommen. Die Summe dieser Werte entspricht ebenfalls der reduzierten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10) bzw. 100% (Zelle J47).
 - Die Werte der grau unterlegten Matrix „Umwandlungsmengen“ im Zellbereich D32:H44 entsprechen jeweils der Multiplikation
 - des Anteils der Vornutzung (Spalte K, jeweilige Zeile),
 - des Anteils der Flächenüberdeckung nach der Neubebauung (Zeile 47, jeweilige Spalte)
 - und der verminderten Gesamtgröße des Plangebiets (Zelle F10 oder J46).
 - Zelle K47 bildet die Gesamtsumme über die Matrix, um zu kontrollieren, dass auch diese der verminderten Gesamtgröße des Plangebiets entspricht.

- ▶ Diese Mengenmatrix ist mit Treibhausgas-Kennwerten für den gesamten Betrachtungszeitraum (20 Jahre) zu multiplizieren. Diese findet sich im Zellenbereich O32:S44. Die dortigen Werte sind keine neuen Kennwerte (deshalb sind sie auch nicht grün hinterlegt). Sie sind vielmehr die Summe der Treibhausgas-Kennwertmatrizen für die drei Zeitabschnitte auf dem Blatt „Berechnung CO2“ (dort: N29:R41, N48:R60 sowie N67:R79).
- ▶ Das Ergebnis dieser Multiplikation (Summenprodukt) entspricht der Treibhausgas-Wirkung der Flächenumwandlungen in der Alternativplanung und findet sich in Zelle D54.
- ▶ Zu dieser Wirkung ist noch die Treibhausgas-Wirkung der neugepflanzten Jungbäume hinzuzurechnen. Dazu wird die bereits ermittelte Anzahl der Jungbäume in der Alternativplanung (Zelle F23) mit dem Kennwert zur Treibhausgaswirkung pro Baum über 20 Jahre multipliziert, der in Zelle O51 zu finden ist. Wie bei den Flächenumwandlungen ist letzterer kein neuer Kennwert (und daher auch nicht grün unterlegt), sondern die Summe der Kennwerte der drei Zeitabschnitte auf dem Blatt „Berechnung CO2“ (dort: U29, U48 und U67).
- ▶ Das Ergebnis dieser Multiplikation entspricht der Treibhausgas-Wirkung der Bäume in der Alternativplanung und findet sich in Zelle D55.
- ▶ Die Summe der Zellen D54 (Wirkung Flächenumwandlungen) und D55 (Wirkung Bäume) entspricht der Gesamtwirkung und findet sich in Zelle D57 (blau unterlegt). Dieser Wert entspricht der Höhe der zweiten Säulen („Ihre Planung im Außenbereich leicht verdichtet.“) im Vergleichsdiagramm (Abbildung 23)
- ▶ Für die unter dem Diagramm auf Abbildung 23 zu sehende Interpretationstabelle wird zusätzlich eine Wirkung pro qm Geschossfläche bzw. m³ Baumasse benötigt. Hierzu wird die gegenüber der Ursprungsplanung unveränderte Geschossfläche bzw. Baumasse (Abschnitt 4.11) in die Zelle D59 übernommen und die Gesamtwirkung aus Zelle D57 durch diese geteilt. Das Ergebnis dieser Division findet sich in Zelle D60.

7.12 Wirkungsberechnung für die beiden Alternativplanungen „Innenentwicklung“

Bei der zweiten und dritten Alternativplanung des Vergleichsdiagramms aus Abbildung 23 (Abschnitt 6) wird das unveränderte Bauvolumen in der Innenentwicklung realisiert. Bei der dritten Alternativplanung wird zusätzlich noch auf einen besonders schonenden Umgang mit den Bestandsbäumen im Innenbereich geachtet. Die Treibhausgas-Wirkungen dieser beiden Planungen entsprechen den beiden rechten Säule des Vergleichsdiagramms (Abbildung 23). Die Alternativplanungen heißen dort „Innenentwicklung ohne besonderen Baumschutz“ bzw. „Innenentwicklung mit weitgehendem Erhalt von Bäumen“.

Die Wirkungsberechnung für beide Alternativplanungen finden sich auf dem ausgeblendeten Tabellenblatt „Berechnung Vergleich 2 und 3“. Dort erfolgt sie weitgehend parallel über die folgenden Schritte:

Für beide Vergleichsrechnungen

- ▶ In die Zelle D2 wird der Gemeindetyp Dichte der in Abschnitt 3.2 ausgewählten Gemeinde übernommen. Dieser kann anhand des Gemeindeschlüssels (AGS) aus der Gemeindeliste (Tabellenblatt „Gemeinden“) ausgelesen werden. Der Gemeindetyp Dichte steht dort in der Spalte „IDGemTypNachherDichte“.
- ▶ In die Zelle D3 wird die ID der Nutzung der für die Ausgangsplanung in Abschnitt 4.2 ausgewählten Nutzung übernommen (vgl. Abbildung 27).

- ▶ Auf Basis dieser beiden Parameter (Gemeindetyp Dichte und ID der Nutzung) wird aus der grün hinterlegten Liste im Zellbereich Q3:V34 ein Kennwert „qm_GF_bzw_BM_pro_ha_IE“ ausgelesen. Der Variablenname „qm_GF_bzw_BM_pro_ha_IE“ steht für „Geschossflächen bzw. Baumasse pro Hektar Innenentwicklung“. Zum Auffinden der richtigen Datenzeile muss der Wert der Spalte „IDNutzungNachher“ der ID der Nutzung (Zelle D3) entsprechen und der Wert der Spalte „IDGemTypNachherDichte“ dem Gemeindetyp Dichte (Zelle D2). Die Kennwertliste muss für das Online-Tool in eine Kennwertetabelle überführt werden. Dabei können die ersten beiden Spalten („IDSzenarioIE“ und „SzenarioIE“) ausgelassen werden, da diese immer die gleichen Werte enthalten. Das Ergebnis des Auslesens wird in die Zelle D6 geschrieben.
- ▶ In die Zelle D7 wird die in Abschnitt 4.11 ermittelte Geschossfläche oder Baumasse übernommen.
- ▶ In Zelle D8 wird ermittelt, wie viele Hektar Innenentwicklung notwendig sind, um die Außenentwicklung der Ausgangsplanung zu ersetzen. Dabei wird die Geschossfläche oder Baumasse aus Zelle D7 durch den Kennwert „Geschossflächen bzw. Baumasse pro Hektar Innenentwicklung“ aus Zelle D6 geteilt.

Nur für Vergleichsrechnung 2

(Alternativplanung „Innenentwicklung ohne besonderen Baumschutz“)

- ▶ Die Vergleichsrechnung 2 entspricht inhaltlich dem Innenentwicklungsszenario 1 des in Abschnitt 1.1 genannten Forschungsprojekts. Aus diesem Grund steht in Zelle D13 eine 1.
- ▶ Für dieses Szenario, wird in Zelle D14 ein Treibhausgas-Kennwert pro Hektar Innenentwicklung aus der grün hinterlegten Kennwerte-Liste im Zellbereich H2:M66 ausgelesen. Der Kennwert steht in der letzten Spalte dieser Tabelle (Spalte M mit Überschrift „TonnenCO2AequiProHaIE_20Jahre“). Auswahlkriterien zum Auffinden der richtigen Datenzeile sind die ID des Innenentwicklungsszenarios (Wert 1 aus Zelle D13, zu suchen in Spalte H mit Überschrift „IDSzenarioIE“), die NutzungID (Zelle D3, zu suchen in Spalte K mit Überschrift „IDNutzungNachher“) sowie der Gemeindetyp Dichte (Zelle D2, zu suchen in Spalte L mit Überschrift „IDGemTypNachherDichte“). Die Spalte J (IDMinOrgBoden) der Kennwerteliste spielt keine Rolle (immer Wert 1).¹⁵
- ▶ Dieser Kennwert wird in Zelle D15 mit der Innenentwicklungsfläche aus Zelle D8 multipliziert, um auf die Gesamtwirkung zu kommen. Dieser Wert entspricht dem Wert der dritten Säule im Vergleichsdiagramm.
- ▶ Für die Interpretationstabelle wird die Treibhausgas-Wirkung in Zelle D16 noch ins Verhältnis zur Geschossfläche bzw. Baumasse (aus Abschnitt 4.11) gesetzt.

Nur für Vergleichsrechnung 3

(Alternativplanung „Innenentwicklung mit weitgehendem Erhalt von Bäumen“)

- ▶ Die Vergleichsrechnung 3 entspricht inhaltlich dem Innenentwicklungsszenario 2 des in Abschnitt 1.1 genannten Forschungsprojekts. Aus diesem Grund steht in Zelle D21 eine 2.
- ▶ Die weiteren Schritte in den Zellen D22 bis D24 funktionieren analog zum vorstehend beschriebenen Vorgehen zur Vergleichsrechnung 2.

¹⁵ Für das Nachschlagen verwendet die Berechnung erneut die Excel-Funktion „SUMMEWENNS“, obwohl eigentlich keine Werte aufsummiert werden müssen. Zu jeder Kombination aus IDSzenarioIE, IDNutzungNachher und IDGemTypNachherDichte gibt es nur eine Datenzeile.

- Der Wert der Zelle D23 entspricht dem Wert der vierten Säule des Vergleichsdiagramms.

7.13 Zusammenstellung der Ergebnisse für das Vergleichsdiagramm

Die vorstehenden Einzelberechnungen für die einzelnen Säulen des Vergleichsdiagramms (Abbildung 23) werden in einer Übersichtstabelle zusammengeführt, auf die die Abbildung dann referenziert. Diese Übersichtstabelle findet sich im ausgeblendeten Tabellenblatt „Grundlage Vergleichsdiagramm“ und ist wie folgt strukturiert:

- Jede der vier Zeilen 5 bis 8 entspricht je einer der Varianten (Ausgangsplanung plus drei Alternativvarianten) des Vergleichsdiagramms bzw. der Interpretationstabelle (Abschnitt 6).
- In die Spalte C werden die Treibhausgas-Wirkungen der vier Varianten übernommen. Diese bilden die Grundlage der Säulenwerte des Vergleichsdiagramms.
- Die Bezeichnungen in der Spalte B entsprechen den Säulenbeschriftungen des Vergleichsdiagramms unterhalb der Nulllinie. Diese sind jedoch ausgeblendet und werden durch die Überschriften der Vergleichstabelle (Abbildung 25) ersetzt.

7.14 Werte der Vergleichstabelle

Die Werte der Vergleichstabelle (Abbildung 25 in Abschnitt 6) entstammen den folgenden Berechnungen bzw. Zellen ein- bzw. ausgeblendeter Tabellenblätter:

- In der Zeile „Realisierte Geschossfläche / Baumasse“: der Berechnung der Geschossfläche bzw. Baumasse in Abschnitt 4.11 (in den Spalten der Alternativplanungen zusätzlich mit der Bezeichnung „identisch (= [Wert])“.
- In der Zeile „Plangebiet außen“:
 - „Ihre Planung im Außenbereich“: Gesamtsumme der Eingaben aus Abschnitt 3.3 (Definition Plangebiet)
 - „Ihre Planung im Außenbereich leicht verdichtet“: Vermindertes Plangebiet aus Zelle F10 im Tabellenblatt Berechnung Vergleich 1 (vgl. Berechnung in Abschnitt 7.11)
 - beide Innenentwicklungsvarianten: 0 (fester Wert, weil kein Flächenverbrauch)
- In der Zeile „Treibhausgaswirkung“
 - „Ihre Planung im Außenbereich“: Gesamtwirkung aus Abschnitt 5.2 bzw. Zelle C5 aus Blatt „Grundlage Vergleichsdarstellung“
 - „Ihre Planung im Außenbereich leicht verdichtet“: Gesamtwirkung aus Abschnitt 7.11, aufbereitet in Zeile 6 des Tabellenblatts „Grundlage Vergleichsdarstellung“
 - „Innenentwicklung ohne besondere Baumschutz“: Gesamtwirkung aus Abschnitt 7.12, aufbereitet in Zeile 7 des Tabellenblatts „Grundlage Vergleichsdarstellung“
 - „Innenentwicklung mit weitgehendem Erhalt von Bäumen“: Gesamtwirkung aus Abschnitt 7.12, aufbereitet in Zeile 8 des Tabellenblatts „Grundlage Vergleichsdarstellung“
- In der Zeile „Treibhausgaswirkung“ pro qm Geschossfläche
 - „Ihre Planung im Außenbereich“: Zelle F5 aus Blatt „Grundlage Vergleichsdarstellung“

- „Ihre Planung im Außenbereich leicht verdichtet“: Zelle G6 aus Blatt „Grundlage Vergleichsdarstellung“
- „Innenentwicklung ohne besondere Baumschutz“: Zelle G7 aus Blatt „Grundlage Vergleichsdarstellung“
- „Innenentwicklung mit weitgehendem Erhalt von Bäumen“: Zelle G8 aus Blatt „Grundlage Vergleichsdarstellung“