

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Helmut-A.-Müller-Straße 1 - 5
82152 Planegg bei München

Telefon +49(89)85602 0
Telefax +49(89)85602 111

www.MuellerBBM.de

M.Sc. Erik Petersen
Telefon +49(89)85602 122
Erik.Petersen@mbbm.com

15. September 2022
M163132/01 Version 4 PEK/WG

Stadt Heilbronn

Vorhabenbezogener Bebauungsplan 21/14, „Lichtenbergstraße Nordwest“

Mikroklimatologische Untersuchung

Bericht Nr. M163132/01

Auftraggeber:

Stadt Heilbronn
Planungs- und Baurechtsamt
74072 Heilbronn

Bearbeitet von:

Erik Petersen, M. Sc.

Berichtsumfang:

Insgesamt 45 Seiten

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	6
2 Wetter, Klima und Mikroklima – Begriffliches und Eingrenzung des Untersuchungsmaßstabs	7
3 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse und klimatischen Gegebenheiten	9
3.1 Beschreibung des Standortes	9
3.2 Großräumige und regionale klimatologische Rahmenbedingungen	11
3.3 Klimatopausstattung und mikroklimatische Bestandssituation im Untersuchungsgebiet	25
4 Vorhabenbedingte Wirkfaktoren	30
5 Auswirkungen der Wasserdampf- (und Abwärme-)emissionen (Schwaden)	32
5.1 Vergleich der Wasserdampfemissionen	32
5.2 Betrachtete Fälle	34
5.3 Schwaden in Bodennähe	39
5.4 Schwaden in höheren Luftschichten	40
6 Gesamtheitliche Betrachtung mikroklimatologischer Auswirkungen des Vorhabens	42
7 Literatur- und Quellenverzeichnis	44

Zusammenfassung

Die EnBW Energie Baden-Württemberg AG (kurz: EnBW) betreibt am Standort Heilbronn ein Heizkraftwerk mit folgenden wesentlichen Einrichtungen:

- Block 5/6: Brennstoff Steinkohle, FWL¹ insgesamt 640 MW
- HiDE 1: Brennstoff Steinkohle, FWL 125 MW
- HiDE 2: Elektrokessel
- Block 7: Brennstoff Steinkohle/Klärschlamm, FWL 1.910 MW
- HiDE 3: Zwei Kessel, Brennstoff Erdgas oder Heizöl EL, FWL insgesamt 48 MW
- FW: Zwei Fernwärmekessel, Brennstoff Erdgas, FWL insgesamt 25 MW
- Kohlelager: Zur Versorgung der Blöcke 5/6, des HiDE 1 und Block 7

Die EnBW plant an diesem Standort die Errichtung und den Betrieb einer kombinierten Gas- und Dampfturbinen (GuD)-Anlage mit zugehörigem Hilfsdampferzeuger (HiDE GuD). Daneben sollen die zwei Kessel des HiDE 3 durch vier neue Kessel ersetzt werden.

Mit Inbetriebnahme der GuD-Anlage werden die Blöcke 5/6 und 7 und der HiDE 1 außer Betrieb genommen. Der bestehende HiDE 3 mit zwei Kesseln wird durch den neuen HiDE 3 mit vier Kesseln ersetzt. Von den bestehenden Anlagen werden nur die beiden Fernwärmekessel (FW) und HiDE 2 auch zukünftig weiterbetrieben.

Die GuD-Anlage sowie die vier neuen Kessel im HiDE 3 sollen ausschließlich mit Erdgas betrieben werden. Die maximale FWL der GuD-Anlage wird 1.140 MW betragen. Die maximale FWL des HiDE 3 beträgt insgesamt 175 MW.

Im Rahmen einer Neuaufstellung des Bebauungsplans 21/14 „Lichtenbergstraße Nordwest“ am bestehenden Kraftwerksstandort in Heilbronn soll eine Fachgutachterliche Stellungnahme zur Klimaverträglichkeit erstellt werden. Hierbei sollen insbesondere die mikroklimatologischen Effekte des Luftaustauschs, der Aufheizung, der Versiegelung sowie der Schwadenbildung untersucht werden.

Weiterführend bedarf das Vorhaben einer fachgutachterlichen Prüfung der Verträglichkeit der Planung mit den Klimaschutzzielen aus dem Klimaschutzkonzept der Stadt Heilbronn (u. a. Verankerung von Klimaschutzzielen in Bebauungsplänen).

Aus mikroklimatologischer Sicht stellt insbesondere die Errichtung der GuD-Anlage eine Modifikation der lokalen Klimaverhältnisse dar. Diese reichen über die Änderung der Strahlungsbilanz unterschiedlicher Oberflächen bis hin zu Auswirkungen auf die Lufttemperatur- sowie Feuchteänderungen.

¹ FWL: Feuerungswärmeleistung

Im Einzelnen sind folgende Feststellungen zu treffen:

- Die mikroklimatologischen Effekte des geplanten Vorhabens sind zum größten Teil auf das Anlagengelände selbst beschränkt. In diesen Bereichen kommt es lokal zu einer Modifikation der Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Luftfeuchte.
- Eine dauerhafte bzw. nachhaltige Beeinflussung der Klimafaktoren und damit auch etwaige Einflüsse auf im Umfeld befindliche Nutzungen (z. B. Wohnnutzungen bzgl. der bioklimatischen Bedingungen) sind aufgrund des vergleichsweise geringen Eingriffs und der damit verbundenen kleinflächigen Veränderung auszuschließen.
- Bei der Erdgasverbrennung nimmt die Wasserdampfemission am Schornstein der HLB8 GuD-Anlage im Vergleich zu den Blöcken 5/6 und 7 ab. Der Wassermassenstrom der HiDE 3 erhöht sich leicht.
- Bei Verbrennung von Wasserstoff nehmen die Wasserdampfemissionen an den Schornsteinen gegenüber der Bestandssituation zu.
- Der Wassermassenstrom am Nasskühlturm nimmt durch das geplante Vorhaben deutlich um ca. 60 % ab.
- Bezüglich der potentiellen Schwadenbildung ist durch die Realisierung des Vorhabens unter Betrachtung der Gesamtanlage unter Annahme des Maximalfalls mit einer Reduzierung der Schwaden zu rechnen.
- Bedingt durch die Windrichtungsverteilung ist der Bereich, in dem mit häufigerem Auftreten von Übersättigung und damit vorhabeninduzierten, sichtbaren Schwaden zu rechnen ist, nordöstlich des Anlagenstandorts zu verorten.
- Aufgrund der Änderung der Oberflächenbeschaffenheit durch den Bau der GuD-Anlage kommt es sowohl zu Änderungen der Oberflächentemperatur als auch der Rauigkeit, was Einfluss auf das Mikroklima haben kann.
- Bezüglich der Oberflächentemperaturen ist auf den versiegelten Flächen und Gebäudefassaden mit einer teils deutlichen Zunahme zu rechnen.
- Die Versiegelung hat einen mikroklimatologischen Einfluss auf die Verdunstungsleistung sowie die Wasseraufnahmekapazität des Bodens. So kann ein vermindertes Verdunstungspotential nur noch bedingt zu einer Reduktion der Umgebungstemperatur beitragen und die verminderte Wasseraufnahmekapazität kann zu erhöhten oberflächigen Niederschlagswasserabfluss führen. Dies kann Änderungen der Lufttemperatur und Luftfeuchte in der betroffenen Luftschicht – im Einzelfall auch in einigen hundert Meter Entfernung – direkt bewirken.
- Maßnahmen des aktuellen Bebauungsplanentwurfs bzw. des Vorhaben- und Erschließungsplans zur Verringerung der mikroklimatischen Auswirkungen des Vorhabens sind die Vorgabe eines Mindestgrünanteils, die Pflanzung neuer Baum- und Strauchpflanzen sowie die Regenwasserrückhaltung auf dem Grundstück.

- Wegen der räumlich begrenzten Fläche kann davon ausgegangen werden, dass – insbesondere in den nächstgelegenen Wohngebieten – klimatische Parameter wie relative Feuchte, Lufttemperatur und die Niederschlagsmenge, -abfluss oder -häufigkeit nicht beeinflusst werden. Eine Verschlechterung des Wärmeinseleffektes der Stadt Heilbronn ist aufgrund der geringen Größe des Vorhabens nicht zu erwarten.
- Zusammenfassend betrachtet sind Beeinträchtigungen der lokalklimatischen Situation allenfalls im Bereich des Vorhabenstandortes selbst sowie des anlagennächsten Umfeldes zu erwarten. Großräumige klimatische Beeinträchtigungen, z. B. auf die benachbarten Wohngebiete sind dagegen aufgrund der örtlich begrenzten Einflüsse nicht zu erwarten.

Es bestehen somit keine Anhaltspunkte dafür, dass durch das Vorhaben mikroklimatisch vermittelte schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren (z. B. verstärkter Oberflächenabfluss), erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft hervorgerufen werden können.



Erik Petersen, M. Sc.
(Bearbeitung)



Dipl.-Geoökol. Michael Kortner
(Qualitätssicherung)

1 Situation und Aufgabenstellung

Die EnBW Energie Baden-Württemberg AG (kurz: EnBW) betreibt am Standort Heilbronn ein Heizkraftwerk mit folgenden wesentlichen Einrichtungen:

Block 5/6: Brennstoff Steinkohle, FWL² insgesamt 640 MW

HiDE 1: Brennstoff Steinkohle, FWL 125 MW

HiDE 2: Elektrokessel

Block 7: Brennstoff Steinkohle/Klärschlamm, FWL 1.910 MW

HiDE 3: Zwei Kessel, Brennstoff Erdgas oder Heizöl EL, FWL insgesamt 48 MW

FW: Zwei Fernwärmekessel, Brennstoff Erdgas, FWL insgesamt 25 MW

Kohlelager: Zur Versorgung der Blöcke 5/6, des HiDE 1 und Block 7

Die EnBW plant an diesem Standort die Errichtung und den Betrieb einer GuD-Anlage mit zugehörigem Hilfsdampferzeuger (HiDE GuD). Daneben sollen die zwei Kessel des HiDE 3 durch vier neue Kessel ersetzt werden.

Mit Inbetriebnahme der GuD-Anlage werden die Blöcke 5/6 und 7 und der HiDE 1 außer Betrieb genommen. Der bestehende HiDE 3 mit zwei Kesseln wird durch den neuen HiDE 3 mit vier Kesseln ersetzt. Von den bestehenden Anlagen werden nur die beiden Fernwärmekessel (FW) und HiDE 2 auch zukünftig weiterbetrieben.

Die GuD-Anlage sowie die vier neuen Kessel im HiDE 3 sollen ausschließlich mit Erdgas betrieben werden. Die maximale FWL der GuD-Anlage wird 1.140 MW betragen. Die maximale FWL des HiDE 3 beträgt insgesamt 175 MW.

Im Rahmen einer Neuaufstellung des Bebauungsplans am bestehenden Kraftwerksstandort in Heilbronn soll eine fachgutachterliche Stellungnahme zur Klimaverträglichkeit erstellt werden. Hierbei sollen insbesondere die mikroklimatologischen Effekte des Luftaustauschs, der Aufheizung, der Versiegelung sowie der Schwadenbildung untersucht werden.

Weiterführend bedarf das Vorhaben einer fachgutachterlichen Prüfung der Verträglichkeit der Planung mit den Klimaschutzzielen aus dem Klimaschutzkonzept der Stadt Heilbronn (u. a. Verankerung von Klimaschutzzielen in Bebauungsplänen).

² FWL: Feuerungswärmeleistung

2 Wetter, Klima und Mikroklima – Begriffliches und Eingrenzung des Untersuchungsmaßstabs

Unter dem *Klima* wird die Gesamtheit der in einem bestimmten Gebiet auftretenden *Wetterphänomene* und deren zeitliche Verteilung (d. h. tages- und jahreszeitliche Variabilität sowie die typische Abfolge von Wetter- bzw. Witterungsphänomenen) verstanden. Als *Wetter* ist der kurzzeitige physikalische (und ggf. auch chemische) Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Punkt (z. B. an der Erdoberfläche) definiert.

Das Klima wird charakterisiert durch *Klimaelemente* als messbare Einzelercheinungen der Atmosphäre (z. B. Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung) und sog. *Klimafaktoren* als Eigenschaften des Raumes, die das Klima im Raum beeinflussen (z. B. geographische Breite, Höhe über NHN, Kontinentalität, Vegetation, Oberflächeneigenschaften). Vor dem Hintergrund der Prägung des Klimas durch die Klimafaktoren wird deutlich, dass Klima nicht nur als das Wirken von Prozessen innerhalb der Erdatmosphäre zu begreifen ist, sondern nur durch die Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und den weiteren Sphären der Erde (Lithosphäre (Erdkruste; ggf. auch tieferliegende Erdschichten), Pedosphäre (Boden), Relief, Hydrosphäre (flüssiges Wasser), Kryosphäre (Eis) sowie Biosphäre einschließlich anthropogener Einflüsse (Anthroposphäre).

Meteorologische und klimatische Prozesse können nach ihrer räumlichen Ausdehnung sowie ihrer zeitlichen Dauer in raum-zeitliche Maßstabsbereiche (Skalen) unterteilt werden. Diese werden in der nachfolgenden Abbildung 1 verdeutlicht.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist die Darstellung und Bewertung der durch die vorhabenbedingten Klimafaktoren in dessen näherem Umfeld direkt hervorgerufenen klimatischen Auswirkungen. Diese konzentrieren sich im Wesentlichen auf das Anlagengelände und dessen näheres Umfeld. Der Untersuchungsrahmen erstreckt sich daher im Wesentlichen auf die Mikroskalen sowie den unteren mesoskaligen Bereich (Meso-Gamma).

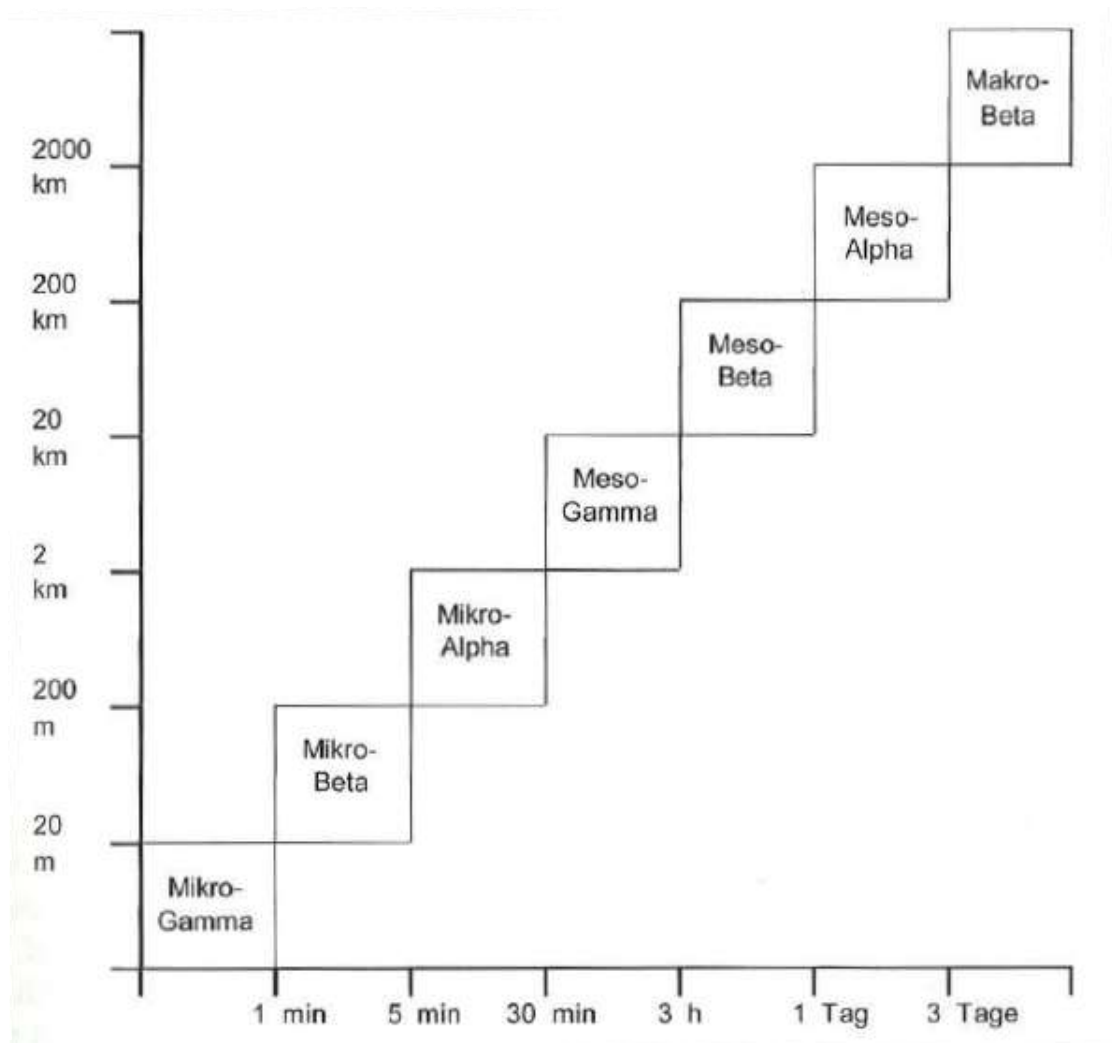


Abbildung 1. Maßstabszuordnung atmosphärischer Prozesse entsprechend Orlanski (1975) [1], aus [2].

Zu bewerten sind neben vorhabenbedingten Veränderungen einzelner Klimaelemente innerhalb des Untersuchungsgebiets insbesondere auch deren Bedeutung für die klimaökologischen Funktionen der Landschaft. Wesentliche Schutzziele sind die Erhaltung von Reinluftgebieten, die Erhaltung oder Verbesserung des Bestandsklimas (z. B. im Bereich von Siedlungen) sowie die Erhaltung oder die Schaffung von klimatischen Ausgleichsräumen hinsichtlich der lokalklimatischen Regenerations- und Austauschfunktion. Die meteorologischen Standortbedingungen, v. a. die Windrichtungsverteilung und die Windgeschwindigkeit sowie die atmosphärische Turbulenz, haben darüber hinaus einen wesentlichen Einfluss auf die Verlagerung und Verdünnung von Luftschadstoffen.

3 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse und klimatischen Gegebenheiten

3.1 Beschreibung des Standortes

Der Standort des neu geplanten GuD-Kraftwerks als Ersatz für den Kohleblock 7 befindet sich auf dem bestehenden Kraftwerksstandort im Industriegebiet Osthafen im Norden von Heilbronn.

Im Westen und Norden wird der Standort vom Neckar begrenzt, im Osten grenzt nach dem Industriegebiet ein Gewerbegebiet der Stadt Neckarsulm und die Bundesstraße 27 an den Standort. Weiter nördlich liegt die BAB 6 und im Süden folgen weitere Industriebetriebe. Westlich des Neckars folgt auf ein Gewerbegebiet eine größere landwirtschaftlich genutzte Freifläche, bis sich in einer Entfernung von etwa 1,5 km ein weiteres Industrie- und Gewerbegebiet anschließt.

Der Anlagenstandort liegt auf einer geodätischen Höhe von 153 m ü. NHN im Flusstal des Neckars. Westlich sowie östlich davon steigt das Gelände leicht an.

Der Standort ist in der Großlandschaft „Südwestdeutsches Mittelgebirge / Stufenland“ gelegen. Naturräumlich liegt das Areal im „Neckar- und Tauberland, Gäuplatten“ (Naturraum ID: D57) in der Haupteinheit „Neckarbecken“ (Haupteinheit ID: 123). Direkt westlich angrenzend befindet sich die Haupteinheit Kraichgau (ID 125) und ca. 2 km östlich grenzt der Naturraum „Schwäbisches Keuper-Liasland“ (ID D58) mit der Haupteinheit Schwäbisch-Fränkische Waldberge (ID 108) an.

Die nächstgelegene naturschutzfachlich als Schutzgebiet ausgewiesene Fläche ist das Landschaftsschutzgebiet 1.21.009 „Neckartalhang nördlich Neckargartach“, welches sich ca. 600 m westlich des Anlagenstandorts befindet.

Der Standort sowie die Umgebung sind aus den nachfolgenden topographischen Karten (Abbildung 2 und Abbildung 3) zu entnehmen.

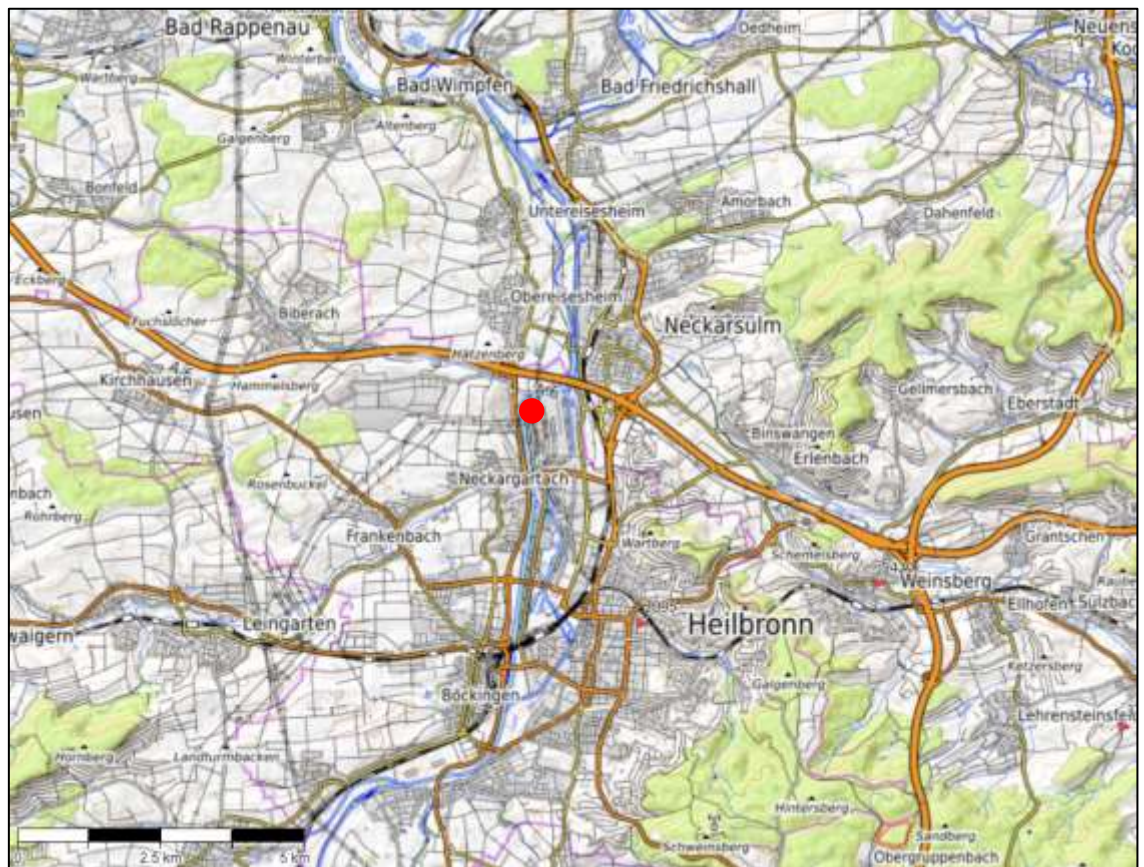


Abbildung 2. Topografische Karte des Standortumfeldes. Standort des GuD-Kraftwerks roter Punkt. Karte genordet. Kartengrundlage: [3].

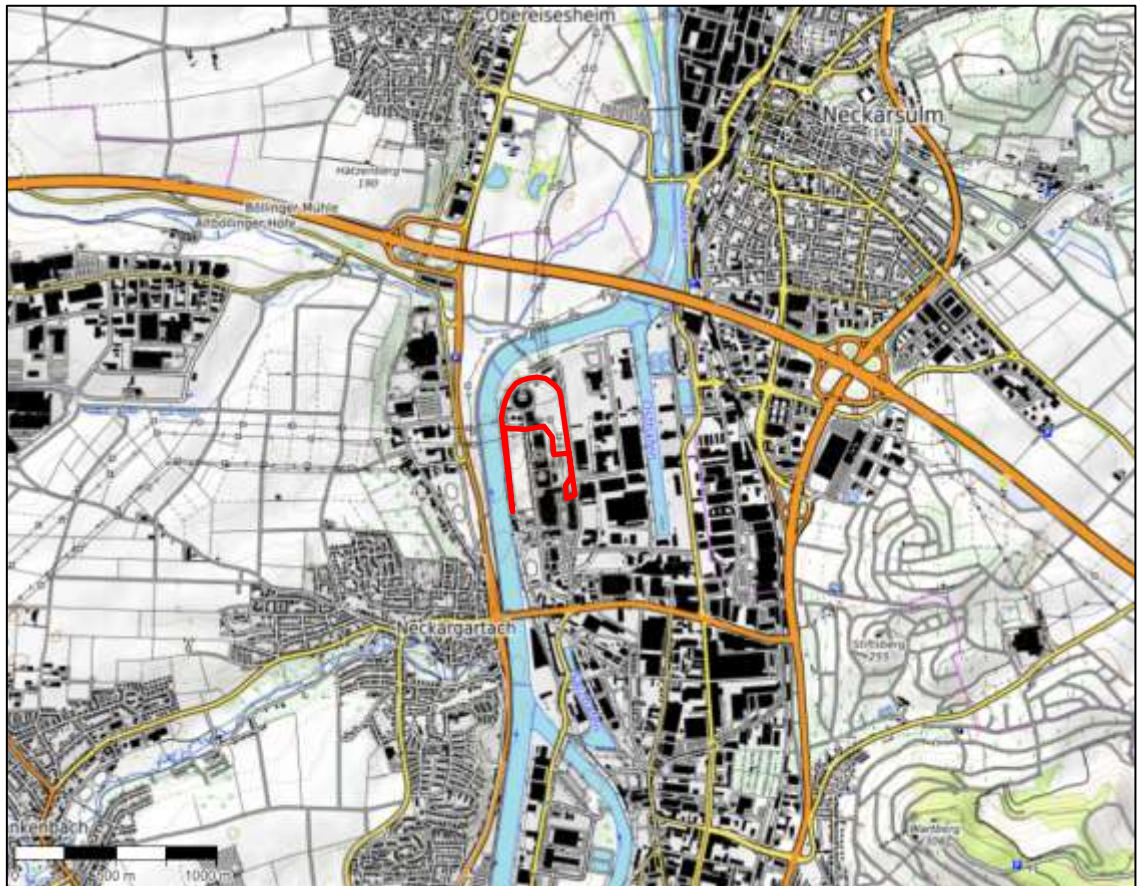


Abbildung 3. Topographischer Übersichtslageplan nah; Geltungsbereich des Bebauungsplans 21/14 rot umrandet. Karte genordet. Kartengrundlage [4].

3.2 Großräumige und regionale klimatologische Rahmenbedingungen

Die Klimaverhältnisse einer Landschaft werden durch das Zusammenwirken von Relief, Boden, Wasserhaushalt und Vegetation, den menschlichen Einflüssen bzw. Nutzungsformen sowie der übergeordneten makroklimatischen Ausgangssituation bestimmt. Das Regionalklima wird dabei v. a. durch natürliche Wirkfaktoren wie z. B. die geographische Breite, die Entfernung zur Meeresküste, die Geländehöhe sowie die orographische Gliederung der Landschaft beeinflusst.

Im Allgemeinen können sich aus verschiedenen Standortfaktoren, wie z. B. dem Relief, der Verteilung von aquatischen und terrestrischen Arealen, dem Bewuchs und der Bebauung lokalklimatische Unterschiede ergeben, für die i. d. R. keine Messdaten vorliegen. Auf die bodennahen Luftschichten bzw. das Lokalklima üben dabei sowohl die Topographie als auch die Unterlage, d. h. die Bodenbeschaffenheit, einen Einfluss aus.

3.2.1 Methodik und Datengrundlagen

Zur Beschreibung der großräumigen und regionalen klimatischen Ausgangssituation im Untersuchungsgebiet wurden die Messdaten der Klima- bzw. Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und der Meteogroup im Umfeld des Vorhabenstandortes ausgewertet. Es wurden nur solche Messstationen in die Untersuchung eingestellt, die für die Beschreibung der klimatischen Ausgangssituation sowie zur Beurteilung der vorhabenbedingten Auswirkungen auf das Lokalklima eine ausreichende bzw. für das Untersuchungsgebiet repräsentative Datenbasis liefern.

Da nicht alle meteorologischen Parameter an einer einzigen Station im Umfeld über einen ausreichenden Zeitraum verfügbar waren, wurde auf verschiedene Stationen zurückgegriffen.

Zur Beschreibung der Windverhältnisse wurde auf eine meteorologische Zeitreihe der von der Meteogroup betriebenen Wetterstation Nr. 107370 Heilbronn (MG) [10] zurückgegriffen. Die Messstation liegt ca. 700 m östlich des Anlagenstandortes auf dem Gelände der Kläranlage Eisbiegel und befindet sich folglich im selben Naturraum („Neckar- und Tauberland, Gäuplatten“) sowie in derselben Haupteinheit „Neckarbecken“.

Zur Beschreibung der Lufttemperatur; Niederschläge, relative Luftfeuchte, Bewölkung, Nebelhäufigkeiten sowie der Sonnenscheindauer wurde auf die vieljährigen Stationsmittelwerte an der DWD Messstation „Öhringen“ (ID-Nr. 03761) für den Bezugszeitraum 1991-2020 zurückgegriffen, welche vom DWD bereitgestellt werden [5] - [9]. Die Station liegt ca. 22,5 km östlich des Anlagenstandortes im selben Naturraum, jedoch in der Haupteinheit „Hohenloher und Haller Ebene“. Die geodätische Höhe der Station beträgt 276 m ü. NHN und liegt demnach 122 m über dem Anlagenstandort.

Die ausgewählten Messstationen gewährleisten die im Rahmen der verfügbaren Wetterinformationen bestmögliche Beschreibung der meteorologischen und klimatischen Situation am Standort. Aufgrund der Vergleichbarkeit des Naturraums sowie der nahen geographischen Lage können alle in diesem Gutachten behandelten meteorologischen Größen auf den Anlagenstandort übertragen werden. Eine gewisse Modifikation u. a. der Luftfeuchte und Lufttemperaturen ist jedoch nicht gänzlich auszuschließen.

Darüber hinaus wurde zur Beschreibung der allgemeinen klimatischen Bedingungen im langjährigen Mittel der vom DWD herausgegebene Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland ausgewertet [6].

Nachfolgend werden zunächst die langjährigen Mittel sowie ggf. Amplituden der wesentlichen Klimatelemente auf Grundlage des Klimaatlanten und der langjährigen Messdaten des DWD aus den Jahren 1991 - 2020 beschrieben.

3.2.2 Allgemeine klimatische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Südwestdeutschen Mittelgebirge auf einem Niveau von ca. 153 m ü. NHN. Die Landschaft ist als hügelig zu charakterisieren und im Standortverlauf durch das Tal des Neckars geprägt. Räumlich liegt der Anlagenstandort in Zentraleuropa und weist hier gemäßigte klimatische Verhältnisse auf. Dabei wird das Untersuchungsgebiet im Vergleich zu anderen deutschen Regionen in stärkerem Maße durch Feuchtigkeit und im Jahresgang weniger stark schwankende Lufttemperaturen geprägt, was durch den maritimen Einfluss des Atlantiks verursacht wird.

Längere stabile Hochdruckwetterlagen stellen sich im Sommerhalbjahr durch die Ausdehnung des Azorenhochs bis nach Mitteleuropa und im Winter durch die Ausweitung des kontinentalen Kältehochs über dem osteuropäischen Festland ein.

Ebenso wie der Jahresgang der Lufttemperatur ist auch deren Tagesgang aufgrund des gemäßigten Klimas weniger ausgeprägt als in kontinentaler geprägten östlichen Gebieten und insbesondere in den Wintermonaten relativ mild.

Für den Zeitraum 1991 - 2020 stellen sich gemäß dem Deutschen Klimaatlas des DWD [6] die langjährigen Mittelwerte der wichtigsten Klimaparameter im Bereich des Untersuchungsgebietes für den o. g. Zeitraum folgendermaßen dar:

- Das langjährige Mittel der Lufttemperatur beträgt 10,5 °C. Im Sommer (Monate Juni, Juli und August) werden Durchschnittswerte von 18,0 – 19,8 °C erreicht; im Winter (Monate Dezember, Januar und Februar) von 1,8 – 2,6 °C. Die wärmsten Monate mit Durchschnittswerten von über 19 °C sind der Juli und August, während der Januar mit Werten von durchschnittlich unter 2 °C am kältesten ist.
- Die jährliche Niederschlagshöhe liegt im Durchschnitt bei 785 mm. Die größten Niederschlagsmengen fallen im langjährigen Mittel im Juli und Dezember mit über 76 mm. Am niederschlagsärmsten sind die Monate Februar und April mit deutlich unter 60 mm, wobei April mit 47 mm am trockensten ist. Der Niederschlag fällt relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt. So unterscheiden sich das Sommer- und Winterhalbjahr in Bezug auf die Niederschlagsmenge kaum. Im Schnitt fällt im Vergleich zum gesamtdeutschen Mittel von ca. 820 mm etwas weniger Niederschlag.
- Die mittlere Sonnenscheindauer liegt bei ca. 1.772 Stunden pro Jahr.

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Klimaparameter im langjährigen Mittel (1991 - 2020) der DWD-Station Öhringen (ID-Nr. 03761) aufgeführt [6].

Tabelle 1. Die wichtigsten Klimaparameter im langjährigen Mittel (1991 – 2020) der DWD-Station Öhringen (ID-Nr. 03761) Quelle: [6] [9].

Klimaparameter	Öhringen
Mittleres Jahresmittel der Lufttemperatur (°C)	10,5
Mittleres Maximum der Lufttemperatur (°C)	15,9
Mittleres Minimum der Lufttemperatur (°C)	6,5
Anzahl der Sommertage (Tagesmaximum der Lufttemperatur ≥ 25 °C)	55,7
Anzahl der heißen Tage (Tagesmaximum der Lufttemperatur ≥ 30 °C)	14,2
Anzahl der Frosttage (Tagesminimum der Lufttemperatur ≤ 0 °C)	67,4
Anzahl der Eistage (Tagesmaximum der Lufttemperatur ≤ 0 °C)	13,7
Mittlere Jahressumme der Niederschlagshöhe (mm)	785
Mittlere jährliche Anzahl der Tage mit Nebel	25,1
Jahressumme der Sonnenscheindauer in Stunden	1.772

3.2.3 Windverhältnisse

Die Windrichtungsverteilung an einem Standort wird primär durch die großräumige Druckverteilung geprägt. Die Strömung in der vom Boden unbeeinflussten Atmosphäre (ab ca. 1.500 m über Grund) hat daher in Mitteleuropa ein Maximum bei südwestlichen bis westlichen Richtungen. Ein zweites Maximum, das vor allem durch die Luftdruckverteilung in Hochdruckgebieten bestimmt wird, ist bei Winden aus Ost bis Nordost vorherrschend. In Bodennähe, wo sich der Hauptteil der lokalen Ausbreitung von Schadstoffen abspielt, kann die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung jedoch durch die topographischen Strukturen modifiziert sein.

Geprägt durch die großräumige Luftdruckverteilung sind regional übergeordnet vor allem Winde aus südsüdwestlichen bis westlichen Richtungen sowie sekundär aus nordnordöstlichen bis ostnordöstlichen Richtungen zu erwarten. Geprägt durch die orographische Struktur am Standort wird diese mesoskalige Windrichtungshäufigkeitsverteilung jedoch überprägt. Unter Berücksichtigung der lokalen Situation am Standort in der urban, industriell geprägten Umgebung des Neckartals sind vor allem Winde mit einem Hauptmaximum aus Südsüdwest bis Westsüdwest sowie ein Nebenmaximum aus Nordnordwest zu erwarten.

Im vorliegenden Fall können für die Beschreibung der am Standort zu erwartenden Verhältnisse die meteorologischen Daten der Meteogroup Station Nr. 107370 Heilbronn (MG) herangezogen werden [10]. Als repräsentatives Jahr für den Zeitraum 2009 - 2018 wurde das Jahr 2014 ermittelt.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung sowie die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklassen.

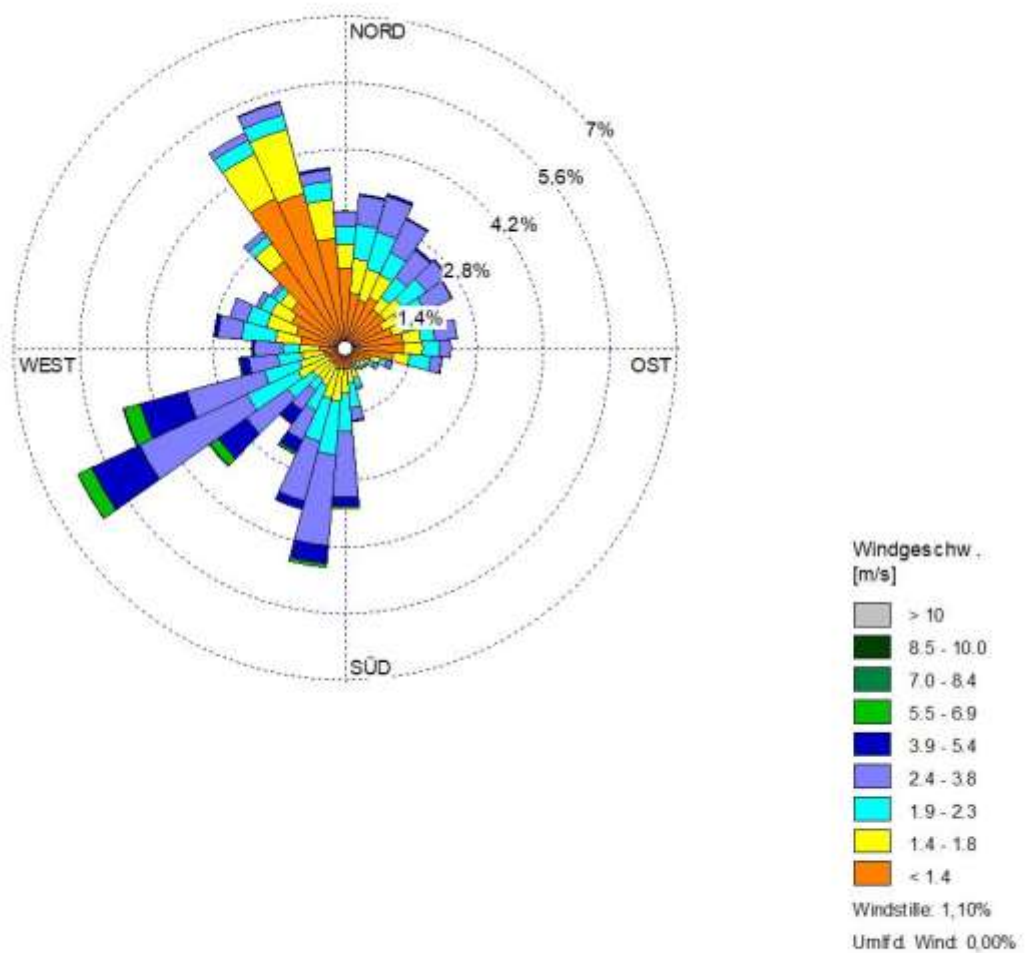


Abbildung 4. Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, Nr. 107370 Heilbronn (MG) 2014 [10].

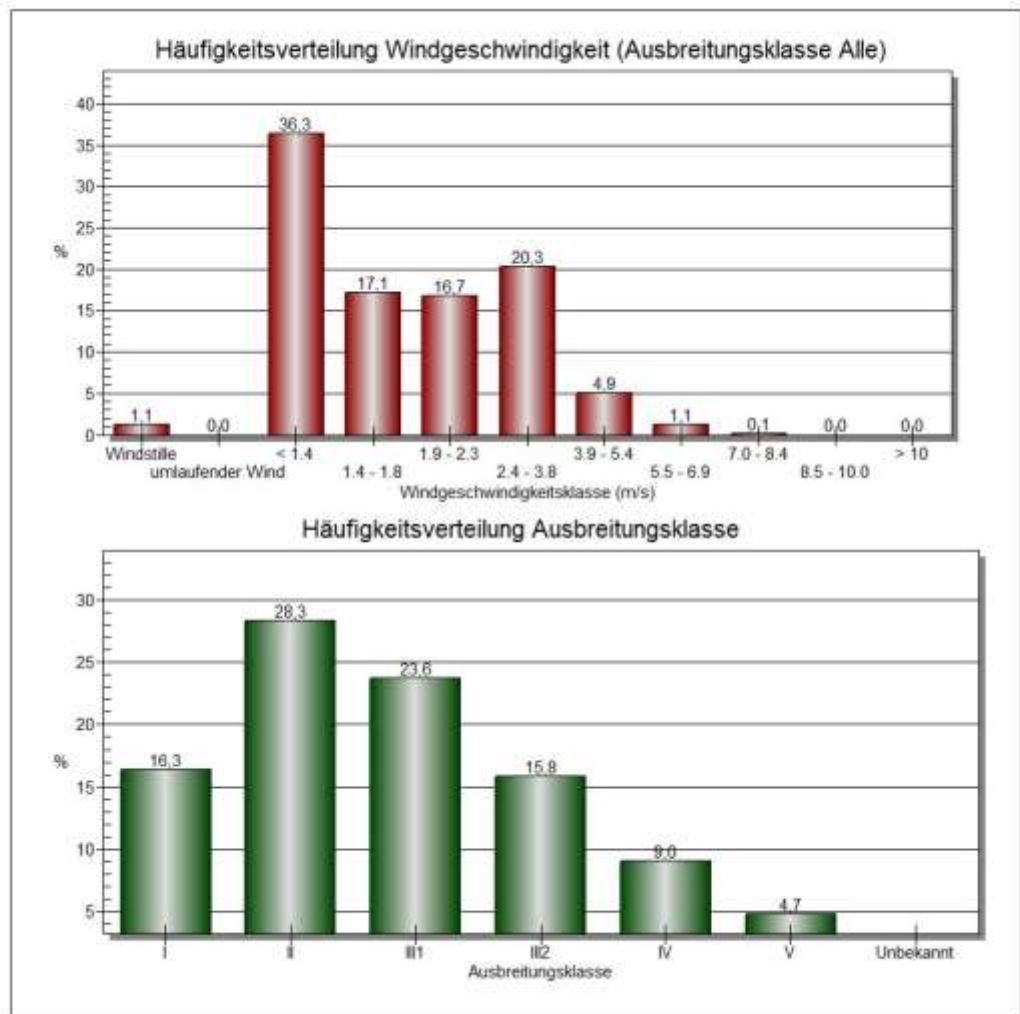


Abbildung 5. Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklassen, Nr. 107370 Heilbronn (MG) 2014 [10].

Die Windrose zeigt erwartete Maxima aus westsüdwestlicher und südsüdwestlicher Richtung. Das westliche Maximum aufgrund der geostrophischen Windverteilung und das südlichere dem Talverlauf folgend. Ein Sekundärmaximum tritt geprägt durch Schwachwinde aus Richtung Nordnordwest auf. Schwachwinde können sich entlang der nordwestlich befindenden Freiflächen aufgrund der geringen Rauigkeit eher auf die Windrichtungshäufigkeitsverteilung auswirken.

Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt ca. 1,9 m/s, Schwachwindwetterlagen mit Windgeschwindigkeiten bis maximal 1,4 m/s treten in rund 37,4 % der Jahresstunden auf. Stabile Ausbreitungssituationen (Ausbreitungsklassen I und II) liegen in ca. 44,6 % der Jahresstunden vor.

Starkwindsituationen mit Windstärken > 7 m/s und damit hoher atmosphärischer Turbulenz treten ausschließlich bei Winden aus westlichen Richtungen auf.

Neben der Windrichtungsverteilung spielt auch die Statistik der Windgeschwindigkeiten eine Rolle für die Übertragbarkeit von Winddaten auf einen Standort. Entsprechend dem statistischen Windfeldmodell SWM des Deutschen Wetterdiensts DWD [7] sind am Anlagenstandort in 10 m Höhe (über mittlerem Hindernisniveau) mittlere Windgeschwindigkeiten um ca. 2,2 m/s zu erwarten.

Die Häufigkeit an Schwachwinden ($< 1,0$ m/s) wird aus den Weibullparametern für den Anlagenstandort [7] mit 27 % abgeschätzt.

Um einen gemessenen Windgeschwindigkeitswert auf einen Wert mit anderen Umgebungsbedingungen (Geberhöhe – hier: 10 m über Grund, Rauiglängslänge – hier: für Standort 1,5 m) umzurechnen, wurde der sogenannte Reduktionsfaktor f_{red} nach [8] an der Station mit 1,082 bestimmt [11]. Eine Gegenüberstellung der Werte für die mittlere Windgeschwindigkeit ist in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 2. Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit.

	mittlere Geschwindig- keit [m/s]	mittlere Geschwindig- keit bezogen auf 10 m + 12 z_0 und z_0 am Standort [m/s]	Schwachwind- situation [%]	mittlere Geschwindig- keit SWM [m/s]	Schwachwind- situation Weibull [%]
Erwartungs- werte Standort	-	-	-	2,2	27
Nr. 107370 Heilbronn (MG)	1,9	2,1	37,4	2,2	27

In Bezug auf die Messdaten der Windgeschwindigkeit stimmt die Meteomedia Station Nr. 107370 Heilbronn (MG) 2014 gut mit den Erwartungswerten des Standortes überein. Zu diesem Ergebnis kommt auch das Gutachten zur Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten gemäß VDI-RL 3783 Blatt 20 für ein Prüfgebiet bei Heilbronn von Argusim vom 10.09.2020 [11].

3.2.4 Beschreibung weiterer beurteilungsrelevanter Klimakenngrößen

Nachfolgend werden die Klimaelemente Lufttemperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer, Bewölkung und Globalstrahlung näher betrachtet. Hierzu wurden Klimamessstationen hinsichtlich der verfügbaren gemessenen Klimaelemente ausgewertet; der Betrachtungsfokus liegt hierbei – ergänzend zum langjährigen Bezugszeitraum (1991 - 2020) des Klimaatlas des Deutschen Wetterdiensts – auf dem Vergleich mit in älterer und jüngerer Vergangenheit liegenden Messjahrgängen (falls vorhanden), um potentielle klimawandelbedingte Auswirkungen aufzeigen zu können.

3.2.4.1 Lufttemperatur

Zur Beschreibung des Klimaelements Lufttemperatur wurde auf die vieljährigen Stationsmittelwerte an der DWD Messstation „Öhringen“ (ID-Nr. 03761) für den Bezugszeitraum 1991-2020 zurückgegriffen, welche vom DWD bereitgestellt werden [6] [9].

In der nachfolgenden Tabelle sind die im mehrjährigen Mittel für den jeweiligen Kalendermonat sowie im Gesamtjahr ermittelten Maximal-, Minimal- und Durchschnittstemperaturen zusammengefasst, sowie in Abbildung 6 grafisch dargestellt.

Tabelle 3. Gemittelte monatliche Werte der durchschnittlichen Lufttemperatur, Maximaltemperatur und Minimaltemperatur im Bezugszeitraum 1991 bis 2020 an der Messstation Öhringen (DWD ID: 3761) in [°C] (Jahresmittelwerte). Quelle: eigene Berechnung mit Daten aus [6] [9].

mittl. Lufttemperatur	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Durchschnitt	1,8	2,5	6,2	10,4	14,6	18	19,8	19,5	15	10,4	5,6	2,6	10,5
Maximaltemperatur	5,1	6,9	11,9	17,1	21	24,5	26,5	26,3	21,3	15,6	9,3	5,7	15,9
Minimaltemperatur	-0,6	-0,4	2,3	5,2	9,2	12,7	14,5	14,1	10,3	6,6	3	0,6	6,5

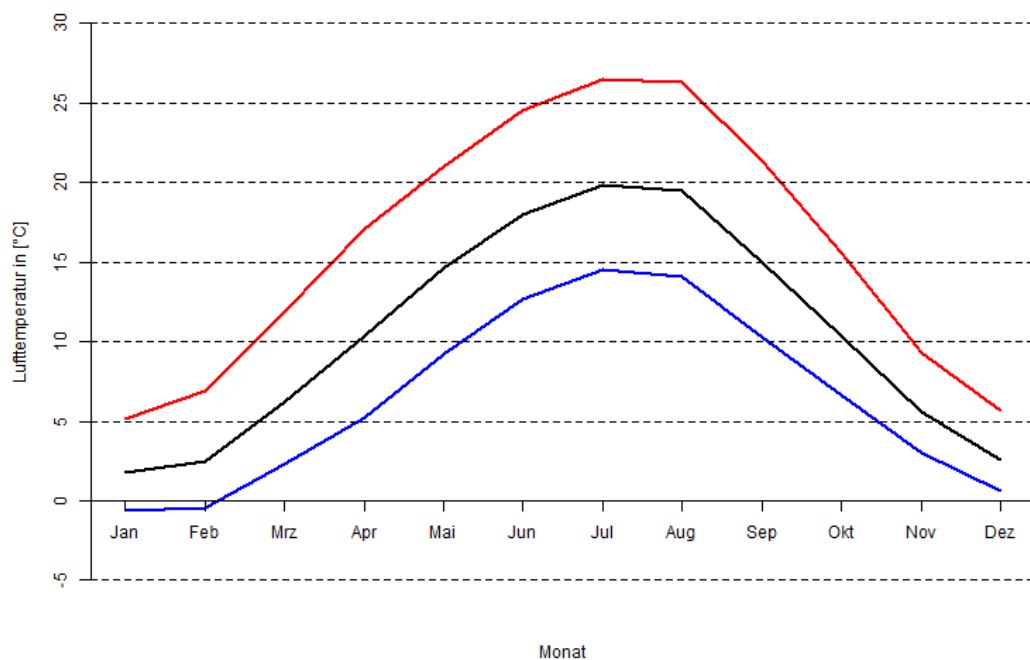


Abbildung 6. Diagramm der monatlichen Mittelwerte der Lufttemperatur (schwarz), monatlich gemittelte Maximaltemperatur (rot) und monatlich gemittelte Minimaltemperatur (blau) des Bezugszeitraums 1991 bis 2020 der DWD-Station Öhringen in [°C]. Quelle: eigene Grafik mit Daten aus [6] [9].

Die mittlere Lufttemperatur an der Messstation Öhringen weist ein für die geographische Lage in Mitteleuropa typisches Profil auf. Das Minimum der Lufttemperatur findet sich im Januar und das Lufttemperaturmaximum im Juli. Die Temperaturamplitude von 18 °C ist für die Lage in Mitteleuropa ein Anzeichen für gemäßigtes Klima, wo weder der maritime Einfluss des Atlantiks noch der kontinentale Einfluss Eurasiens für die Lufttemperaturen hauptursächlich sind. Es herrscht ein typisches Jahreszeitenklima vor, bei denen die Lufttemperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht geringer sind als die zwischen den Jahreszeiten.

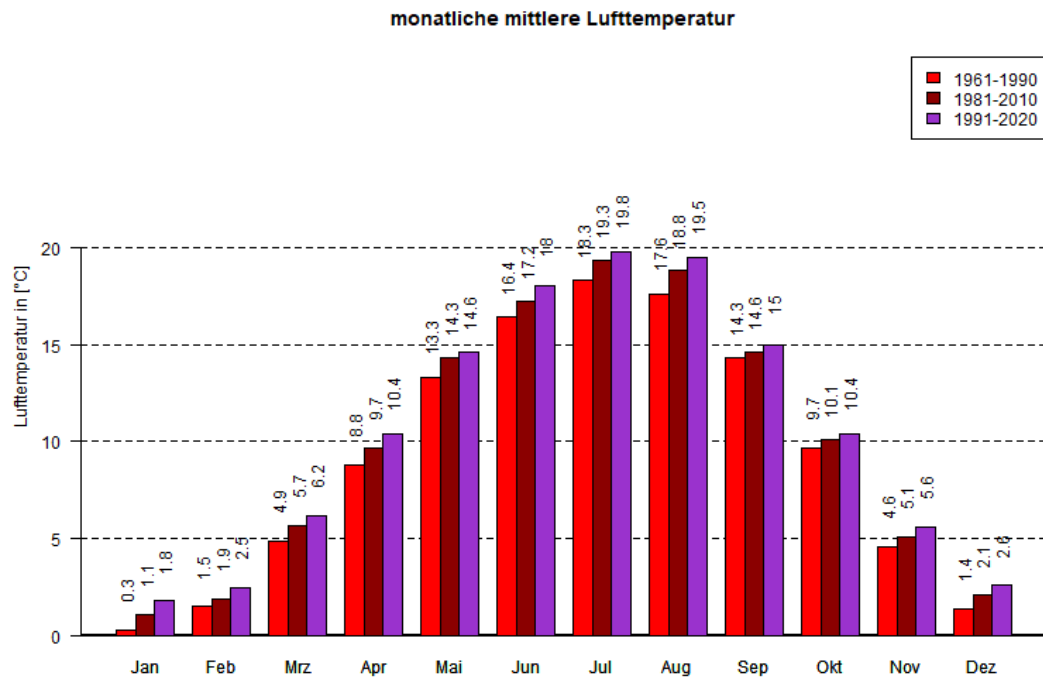


Abbildung 7. Monatliche mittlere Lufttemperatur der DWD-Station Öhringen während der Klimareferenzperiode 1961 – 1990 der Klimaperiode von 1981 – 2010 sowie der Bezugsperiode von 1991 - 2020; Quelle: eigene Grafik mit Daten aus [6].

Die durchschnittliche Lufttemperatur im Bezugszeitraum 1991 bis 2020 beträgt 10,5 °C und liegt somit im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 um 1,2 °C höher. Ein Vergleich der monatlichen Mittelwerte der Lufttemperatur zwischen der Klimareferenzperiode und dem Bezugszeitraum zeigt im Verlauf für jeden Monat eine Erhöhung des Temperaturmittelwert (vgl. Abbildung 7).

Für das Land Baden-Württemberg geht die Landesanstalt für Umwelt (LUBW) von einem weiteren Temperaturanstieg in der Zukunft aus. Laut RCP-Modellszenarien reichen die Temperaturanstiege im Jahresmittel zwischen +0,8 °C bis +1,8 °C zum Jahr 2050 und zwischen +3,0 °C und +4,5 °C bis zum Jahr 2100. Dabei sind insbesondere die Tallagen in Baden-Württemberg, demnach der Oberrheingraben und das Neckartal von erhöhten Temperaturen betroffen. In diesen Bereichen könnte die Jahresmitteltemperatur im fernen Zeitraum (2071 bis 2100) bei 16 °C liegen. Dies wären vergleichbare Temperaturen, wie sie heutzutage in Rom oder der Toskana auftreten [12].

Die gesamtstädtische Klimaanalyse der Stadt Heilbronn aus dem Jahr 2017 geht auf Basis der Ensemblemittelwertprojektionen des Jahrgangs der Lufttemperatur in naher Zukunft von einem Temperaturmittelwertanstieg auf 11,6 °C und in ferner Zukunft von 13,2 °C aus. Die Projektionen basieren auf Berechnungen aus dem Jahr 2007 und 2008 [29].

3.2.4.2 Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit ist ein Relativmaß, definiert als der aktuelle Wasserdampfdruck im Verhältnis zum Sättigungsdampfdruck über Wasser bei der aktuellen Lufttemperatur. Sie stellt daher kein absolutes Maß für den Wasserdampfgehalt der Luft dar (dieser ergibt sich jedoch aus der relativen Luftfeuchte in Verbindung mit der Lufttemperatur) und ist bei gegebenem Wasserdampfpartialdruck in starkem Maße von der Lufttemperatur abhängig. Sie ist dennoch eine wichtige diagnostische Größe, da sie erkennen lässt, in welchem Maß die Luft mit Wasser gesättigt ist bzw. im Umkehrschluss, welche Wasserdampfaufnahmekapazität (bei relativen Luftfeuchten < 100 %) bzw. welches Potential, verfügbares Wasser zu verdunsten, noch gegeben ist, bis es zur Sättigung (relative Luftfeuchte 100 %) oder gar zur Kondensation (relative Luftfeuchte > 100 %) und damit zum Ausfall tropfenförmigen Wassers kommt (Nebel, Niederschlag).

Die relative Luftfeuchte nimmt Werte bis knapp über 100 % ein (zu relativen Luftfeuchten von über 100 % und damit Übersättigung kann es kommen, wenn kein hinreichendes Angebot an Kondensationskeimen vorliegt) und bewegt sich in unseren Breiten typischerweise zwischen 20 und 100 %. Luftfeuchten von 0 % sind in der Troposphäre nicht anzutreffen.

Zur Beschreibung der relativen Luftfeuchtigkeit wird auf stündliche Messdaten der DWD Messstation „Öhringen“ mit der ID-Nr. 03761 zurückgegriffen. Es muss angeführt werden, dass die Messstation einen eher dörflichen Charakter aufweist und demnach weniger repräsentativ für Industrie- und Gewerbeflächen ist. Die relative Luftfeuchtigkeit in dörflichen Gegenden ist in der Regel höher, gedämpfter und zeigt einen geringeren Tagesgang als in Industrie- und Gewerbeflächen.

In der folgenden Tabelle werden die mittleren monatlichen Werte der relativen Luftfeuchtigkeit an der Messstation München-Stadt im Bezugszeitraum 1991 bis 2020 aufgeführt; das darauffolgende Histogramm verdeutlicht die Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeit in genannten Bezugszeitraum.

Tabelle 4. Rel. Luftfeuchte im Bezugszeitraum 1991 bis 2020 an der Messstation Öhringen (DWD ID: 03761) in [%] (Jahresmittelwerte). Quelle: eigene Berechnung mit Daten aus [5].

rel. Hum	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Mittelwert	83,1	79,2	72,7	67,1	68,3	69,1	68,0	69,7	75,3	81,0	84,1	84,8

In Tabelle 4 ist ein deutlicher Jahresgang der monatlichen mittleren relativen Luftfeuchtigkeit zu erkennen, wobei hohe Werte in den Wintermonaten und geringere Werte in den Sommermonaten zu verzeichnen sind. Da die relative Luftfeuchtigkeit lufttemperaturabhängig ist, weisen beide Jahresgänge eine antizyklische Amplitude auf. Da typischerweise im Sommer wärmere Temperaturen vorliegen, liegt eine höhere Wasserdampfaufnahmekapazität vor als in den kühlen Wintermonaten.

Am Standort selbst sind aufgrund der Tallage und des Neckars etwas höhere Anteile mit relativen Luftfeuchten von $\geq 100\%$ zu erwarten.

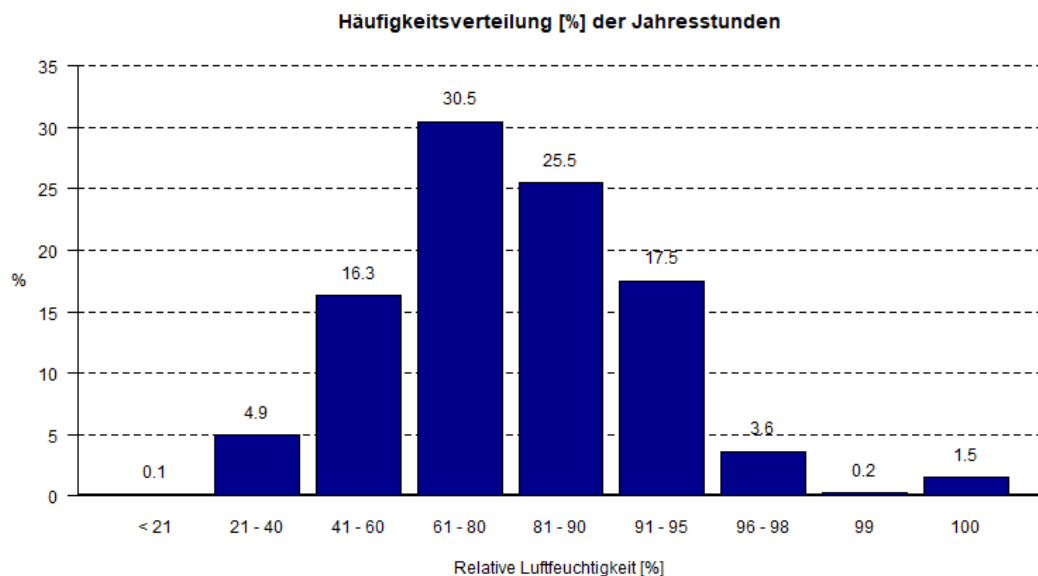


Abbildung 8. Häufigkeitsverteilung der rel. Luftfeuchtigkeit an der Station Öhringen (DWD ID: 03761) im Bezugszeitraum 1991 – 2020. Quelle: eigene Berechnung und Grafik mit Daten aus [5].

3.2.4.3 Nebelhäufigkeiten

Das Untersuchungsgebiet ist aufgrund seiner Lage direkt am Flusslauf durch eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit geprägt. In Verbindung mit den verhältnismäßig häufigen autochthonen Wetterlagen (Kontinentalität) liegt die relative Nebelhäufigkeit³ von Strahlungsnebel bei 50 – 60 % [16], was ca. 26 bis 31 Nebeltagen entspricht.

Die DWD-Wetterstation Öhringen verzeichnet im Bezugszeitraum eine mittlere Anzahl der Tage mit Nebelereignissen von 25,1 [5]. Gerade Nebelereignisse sind jedoch sehr lokal. Die äußeren Umstände – Tallage, Flussnähe, größere Freiflächengebiete – sind ähnlich wie im Untersuchungsgebiet.

³ Die relative Nebelhäufigkeit gibt die Nebelhäufigkeit im Verhältnis zum nebeligsten Gebiets Deutschlands (Bodenseeregion, relative Nebelhäufigkeit = 100 %) an.

Die erhöhten Temperaturen im Industriegebiet werden jedoch vermutlich eher zu einer geringeren Anzahl an Nebelereignissen direkt am Anlagenstandort führen, da warme Luftmassen mehr Wasserdampf aufnehmen können, ferner über versiegelten Flächen ein geringeres Wasserangebot herrscht.

3.2.4.4 Niederschläge

Für die Beschreibung der Niederschläge wurde ebenfalls auf die DWD-Station Öhringen (ID: 03761) zurückgegriffen. Niederschläge sind regional sehr differenziert zu betrachten und können sich lokal deutlich unterscheiden. Insbesondere konvektive Niederschlagsereignisse sind meist auf kleine lokale Skalen begrenzt.

Im Durchschnitt der Bezugsperiode von 1991 bis 2020 fielen an der Messstation Öhringen 785 mm an Niederschlag in flüssiger wie fester Form. Im Vergleich zur Klimareferenzperiode von 1961 bis 1990, in welcher durchschnittlich ca. 841 mm fielen, sind dies 56 mm weniger [9].

Abbildung 9 zeigt die monatliche mittlere Niederschlagshöhe an der DWD-Station Öhringen der Klimareferenzperiode 1961 – 1990, der Klimaperiode 1981 – 2010 sowie der Bezugsperiode von 1991 – 2020. Es ist auffällig, dass in den meisten Monaten zwischen der Referenz- und Bezugsperiode eine Abnahme der Niederschläge zu verzeichnen ist. Während in der Klimareferenzperiode noch deutlich mehr Niederschlag in den Sommermonaten gefallen ist, sind insbesondere in diesen Monaten die Niederschläge deutlich zurückgegangen, was in einer ausgeglichenen Niederschlagsbilanz zwischen den Sommer- und Wintermonaten resultiert. In den Monaten September, Oktober und Dezember ist weiterführend eine Zunahme an Niederschlag zu verzeichnen, sofern man die Klimareferenzperiode mit der Bezugsperiode vergleicht. Die Periode von 1981 bis 2010 war in diesen Monaten niederschlagsreicher, sodass es im Vergleich zu dieser aktuell zu sinkenden Niederschlägen kommt.

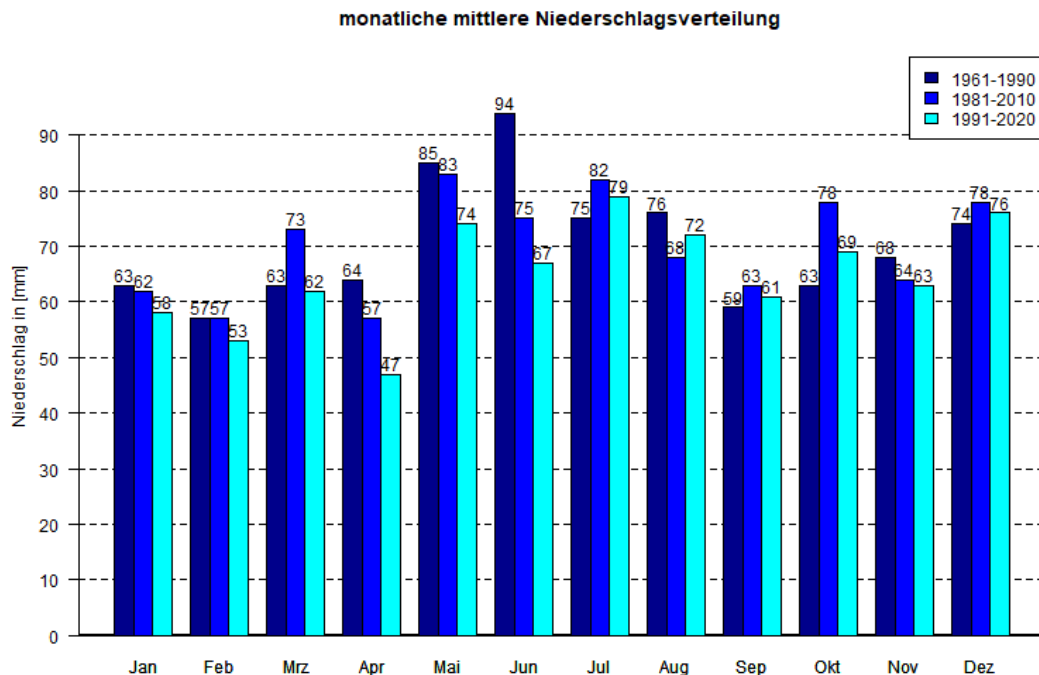


Abbildung 9. Monatliche mittlere Niederschlagsverteilung der DWD-Station Öhringen der Klimareferenzperiode 1961 – 1990, der Klimaperiode 1981 – 2010 und der Bezugsperiode von 1991 – 2020. Quelle: eigene Grafik mit Daten aus [6].

Ohne Klimaschutzmaßnahmen sind bis Ende des Jahrhunderts im Sommer geringere und im Frühjahr und Winter tendenziell höhere Niederschlagsmengen zu erwarten. Es wird jedoch nicht erwartet, dass sich die mittlere Jahresniederschlagsmenge nennenswert verändert. Es wird allerdings von häufigeren und intensiveren Starkregenereignissen ausgegangen [12].

Lokale Starkniederschläge stellen insbesondere für dicht bebaute und versiegelte Regionen sowie kleine Flussbereiche in Tallagen ein erhöhtes Risiko von Überflutungen dar.

3.2.4.5 Bedeckungsgrad

Der Bedeckungsgrad ist ein Maß für die Stärke der Bewölkung an einem Ort. Dabei wird die Bewölkung auf einer Skala von 0 (keine Bedeckung) bis 8 (vollständige Bedeckung) über den gesamten sichtbaren Himmel gegeben.

Für das Klimaelement Bewölkung (Bedeckungsgrad) wurde auf die DWD-Station Öhringen (DWD-ID 03761) zurückgegriffen. In der nachstehenden Tabelle 5 werden die monatlichen Mittelwerte, die Maxima und Minima der Bedeckungsgraddaten für die Bezugsperiode 1991 – 2020 dargestellt.

Tabelle 5. Monatliche Mittelwerte des Bedeckungsgrads im Bezugszeitraum 1991 – 2020 an der DWD-Messstation Öhringen (DWD-ID 03761). Eigene Berechnungen mit Daten aus [5].

Bedeckung	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Mittelwert	5,9	5,4	5,1	4,9	4,9	4,8	4,5	4,5	4,5	5	5,8	6
Maximum	7,4	6,9	6,7	6,5	6,5	6,5	5,9	6,1	6,6	7,1	7,2	7,2
Minimum	4,2	2,4	2,7	2,4	2,7	2,8	2,7	2,8	2,2	2,9	3,8	3,4

Die Tabelle zeigt – charakteristisch für den Bedeckungsgrad – einen mäßig akzentuierten Jahresgang mit höheren Bedeckungsgraden im Winter- als im Sommerhalbjahr.

3.2.4.6 Kurzweilige (solare) Strahlung

(Tatsächliche) Sonnenscheindauer

Es ist zu unterscheiden in eine astronomische und eine tatsächliche Sonnenscheindauer.

Die theoretische Sonnenscheindauer ist ein Maß für die maximale Sonnenscheindauer eines Tages, Monats oder Jahres, die unter idealen Bedingungen (wolkenlose, ungetrübt klare Atmosphäre, keine Horizontüberhöhung durch Geländeerhebungen oder Gebäude) möglich ist. Die Sonnenscheindauer ist abhängig von der geographischen Breite sowie der Jahreszeit und wird auch als astronomische Sonnenscheindauer bezeichnet.

Demgegenüber stellt die tatsächliche Sonnenscheindauer die an einem bestimmten Ort in Wirklichkeit auftretende Dauer des Sonnenscheins dar. Diese ist neben den astronomischen Gegebenheiten u. a. abhängig vom Gelände, der Vegetation und der Gebäude sowie von der Bewölkung und Trübung der Atmosphäre. Die tatsächliche Sonnenscheindauer liegt somit unterhalb der astronomischen Sonnenscheindauer.

In der nachfolgenden Tabelle wird die monatliche Sonnenscheindauer in der Bezugsperiode 1991 bis 2020, der Klimaperiode 1981 bis 2010 sowie der Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 an der DWD-Messstation Öhringen dargestellt.

Tabelle 6. Gemittelte, monatliche Sonnenscheindauer in [h] des Bezugszeitraums sowie der Klimareferenzperiode an der DWD-Messstation Öhringen. Daten aus [5].

	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
1961-1990	53	81	124	162	207	213	237	214	173	125	62	49	1702
1981-2010	60	87	123	176	214	221	241	224	166	115	63	47	1742
1991-2020	59	83	135	189	217	231	243	229	171	113	62	49	1772

Wie die Tabelle zeigt, sind die Sommermonate am sonnenreichsten, während der Winter aufgrund des Sonnenstandes und des im Allgemeinen im Winter höheren Bedeckungsgrades sonnenärmer ist. Dies liegt u. a. an der interannuellen Schwankungsbreite von Hoch- und Tiefdruckgebieten, welche in der Lage eine Häufung von bodennahen Hochdruckgebieten in den Sommermonaten und demnach eine relative Häufung an Tiefdruckgebieten in den Wintermonaten nach sich zieht.

Der sonnenreichste Monat ist in allen Perioden der Juli, der sonnenärmste Monat ist der Dezember. Auffällig ist, dass die tatsächliche Sonnenscheindauer in den Monaten April bis August teils deutlich ansteigt, während sie in den Wintermonaten teils rückläufig ist. Dies korreliert mit den abnehmenden Niederschlägen im Sommer und den teils zunehmenden Niederschlägen im Winterhalbjahr.

Mit einem Mittelwert von 1.772 Sonnenstunden im Jahr liegt die Sonnenscheindauer über dem Mittelwert für Deutschland (1.600 h/a) [13].

Globalstrahlung

Unter der Globalstrahlung versteht man die gesamte auf die Erdoberfläche einfallende kurzwellige Strahlung, auf die etwa 96 % des Spektralbereiches der Sonne fallen. Die Globalstrahlung setzt sich aus der direkten solaren Strahlung und der diffusen Himmelsstrahlung zusammen. Die diffuse Himmelsstrahlung resultiert aus gestreutem und reflektiertem Sonnenlicht und ist die Summe dieser Strahlungsflüsse, welche aus dem oberen Halbraum mit Ausnahme der Sonnenscheibe einfällt [17]. Die Erdatmosphäre dient in diesem Zusammenhang als ein „Schutzschild“, welches durch Absorption, Reflexion und Streuung die direkte Solarstrahlung bzw. Bestrahlungsstärke insgesamt verringert sowie insbesondere auch schädliche kurzwellige Anteile (v. a. UV-C und UV-B) ganz bzw. zu großen Anteilen ausfiltert.

Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor auf die Globalstrahlung übt der Bedeckungsgrad aus, da bei Bewölkung die direkte Strahlung stark reflektiert und gestreut wird, so dass die direkten Strahlungsanteile reduziert werden und die diffusen an Gewicht gewinnen. Während einzelne Wolken an ansonsten sonnigen Tagen, die nicht die Sonnensichtbarkeit selbst verschatten, durch Reflexion an den weißen Wolkenflanken sogar zu kurzzeitigen Strahlungsspitzen führen können, die über die für den unbewölkten Zustand möglichen Werte hinausgehen, führen hohe Bewölkungsgrade zu einer in der Regel stark reduzierten Globalstrahlung, die dann durch die diffuse Strahlung dominiert wird.

Nach [15] weist die Region um den Anlagenstandort im Bezugszeitraum von 1981 bis 2010 eine jährliche Globalstrahlung von 1141 – 1160 kWh/m² auf, wobei diese in den Wintermonaten aufgrund des geringeren Elevationswinkels der Sonne mit 16 - 25 kWh/m² im Dezember (niedrigster Monatswert) deutlich geringer ist als im Juli mit 171 – 175 kWh/m² (höchster Monatswert). Die monatlichen Summen der Globalstrahlung folgen – wie die Sonnenscheindauer – demnach im Wesentlichen dem Jahresgang des Sonnenstands, werden jedoch auch durch Witterungseinflüsse (insbesondere den Bewölkungsgrad) beeinflusst.

3.3 Klimatopausstattung und mikroklimatische Bestandssituation im Untersuchungsbereich

Im Allgemeinen können sich aus verschiedenen Standortfaktoren, wie z. B. dem Relief, der Verteilung von aquatischen und terrestrischen Arealen, dem Bewuchs und der Bebauung lokalklimatische Unterschiede ergeben, für die i. d. R. keine Messdaten vorliegen. Auf die bodennahen Luftschichten bzw. das Lokalklima üben dabei sowohl die Topographie als auch die Unterlage, d. h. die Bodenbeschaffenheit, einen Einfluss aus.

Vor diesem Hintergrund können im Untersuchungsgebiet verschiedene Klimatope abgegrenzt werden. Unter einem Klimatop wird ein Gebiet bezeichnet, das ähnliche mikroklimatische Ausprägungen aufweist. Klimatope lassen sich allerdings nicht parzellenscharf abgrenzen, sondern gehen i. d. R. fließend ineinander über.

3.3.1 Klimatop der Industrie- und Gewerbeflächen

Das Klima der Industrie- und Gewerbeflächen ist durch einen hohen Versiegelungsgrad und ggf. eine erhöhte Luftschadstoff- und Abwärmebelastung geprägt. Darüber hinaus sind die mikroklimatischen Verhältnisse gegenüber einem naturnahen Standort verändert: Böden zeichnen sich in Abhängigkeit der Nutzungsart durch eine unterschiedliche Erwärmung der darüber liegenden Luftmassen aus. Diese Unterschiede resultieren aus der Veränderung der Verdunstungsfähigkeit, der Wärmeleitung und -speicherkapazität sowie des Absorptionsvermögens solarer Strahlung. Hierbei sind versiegelte Flächen im Gegensatz zu vegetationsbedeckten Flächen durch eine stärkere Erwärmung der darüber liegenden Luftmassen gekennzeichnet.

Ferner ist die Wärmespeicherefähigkeit von Baumaterialien höher, so dass versiegelte und überbaute Bereiche generell ein wärmeres Klima aufweisen als vergleichbare Standorte im Offenland. Versiegelte und überbaute Böden heizen sich am Tage schneller auf, während nachts die gespeicherte Wärme an die Umgebung freigesetzt wird. Dies führt wiederum zu einer nächtlichen Überwärmung im Vergleich zu unversiegelten und unbebauten Bereichen.

Stark differenzierte Bauwerkshöhen, die für Gewerbe- und Industriegebiete i. d. R. typisch sind, führen darüber hinaus zu einer Erhöhung der aerodynamischen Rauigkeit und damit zu einer Bremsung des bodennahen Windfeldes. Hierdurch können ausgeprägte Turbulenzstrukturen bei der Gebäudeumströmung entstehen.

Im Untersuchungsgebiet sind große Bereiche an Industrie- und Gewerbeflächen zu verzeichnen. Im Westen des Anlagenstandortes ist der Industriepark Böllinger Höfe sowie das Industriegebiet Neckarau. Im Süden erstrecken sich das Industriegebiet Kanalhafen sowie Neckar östlich des Neckars. Das Vorhaben an sich ist im Bereich des Industriegebietes Osthafen verortet.

Die Gesamtstädtische Klimaanalyse [29] geht hier von einem industrieklimatischen und gewerblichen Lastraum aus, welcher aufgrund des erhöhten Versiegelungsgrades und z. T. starker Spurenstoff- und Lärmemissionen zu einer erhöhten bioklimatischen und lufthygienischen Belastung führt.

3.3.2 Stadtklimatop

Die klimatischen Bedingungen des Stadtklimas sind mit den klimatischen Verhältnissen von Gewerbe- und Industriestandorten vergleichbar. Unterschiede ergeben sich jedoch durch die Art der tatsächlichen baulichen Nutzungen. Je dichter und weitläufiger die Siedlungsbereiche sind, desto stärker treten die stadtklimatischen Auswirkungen auf das Lokalklima in Erscheinung.

Stadtklimatope zeichnen sich oftmals durch geradlinig verlaufende Schneisen aus, wie z. B. Straßen und Bahnlinien, welche bei einer entsprechenden Anströmung zu düsenartigen Verstärkungen von Windgeschwindigkeiten führen können, über die aber auch Frisch- und Kaltluft in das Stadtgebiet eingetragen werden können.

Typischerweise bilden sich innerhalb dieses Klimatops aufgrund der in Kap. 3.3.1 beschriebenen Prozesse die sogenannten städtischen Wärmeinseln aus. Außerdem nehmen die bodennahe Windgeschwindigkeit und der Luftaustausch innerhalb der städtischen Bebauung häufig spürbar gegenüber dem unbebauten Umland ab. Bei schwachwindigen Wetterlagen kann es dadurch in den Stadtgebieten zu einer Anreicherung der im Stadtgebiet insbesondere bodennah freigesetzten Luftschadstoffe kommen.

Die größte Siedlung im Untersuchungsgebiet stellt die Stadt Heilbronn dar, welche mit einer ungefähren Ausdehnung von 5 – 7 km (Ost-West, Nord-Süd) einen städtischen Wärmeinseleffekt ausbilden kann. Nach [29] beträgt der nächtliche Unterschied zwischen der Innenstadt und den Randbereichen Heilbronn in etwa 2 °C. Tagsüber werden höhere Temperaturen im Schnitt etwas früher erreicht, liegen jedoch nur geringfügig höher. Die mittlere jährliche Wärmeinselintensität beträgt in Heilbronn je nach Vergleichsort (Bezugsstation bei Vergleichsmesskampagne) zwischen 1,2 und 1,4 °C, wobei ein Minimum von 0,6 und ein Maximum von 2,3 °C gemessen werden konnten.

3.3.3 Gewässerklimatop

Das prägendste Gewässer im Untersuchungsgebiet ist der Neckar und ggf. die Hafenanlagen im Industriegebiet Heilbronn. Der Neckar durchfließt das Gebiet von Süd nach Nord und macht in unmittelbarer Nachbarschaft des Kraftwerkstandortes eine große S-Kurve nördlich des Kühlturms. Als ein weiteres Gewässer ist der Böllinger Bach zu nennen, welcher aus Richtung Westen in Richtung Neckar abfließt und weiter flussabwärts einmündet. Größere Seen sind im Untersuchungsgebiet nicht präsent.

Gewässerflächen weisen in der Regel einen ausgleichenden thermischen Einfluss auf die Umgebung auf. So wird die Lufttemperatur in der Nähe eines Flusses, insbesondere in den Sommermonaten, tagsüber niedriger und nachts höher ausfallen, als in Freiflächen ohne Gewässer.

Charakteristisch ist ebenfalls eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit um den Fluss und über den Auen. Dies kann vor allem in den Herbst und Wintermonaten zu vermehrter Nebelbildung im Flusstal führen. Letzteres wird durch den vom Fluss induzierten o. g. thermischen Einfluss aufgrund stabilerer vertikaler Luftschichtung im Flussauenbereich verstärkt.

Aufgrund ihrer aerodynamisch glatten Oberfläche stellen Gewässeroberflächen überdies potentiell wertvolle Strömungs- und somit Luftleitbahnen dar.

Vorliegend dienen der Neckar und das Neckartal als potentielle Luftleitbahn für Frischluft aus dem Umland aber auch aus den Bereichen südlich Heilbronn.

3.3.4 Waldklimatop

Im Untersuchungsgebiet sind keine größeren Waldflächen zu verzeichnen. Die dem Vorhabenstandort nächstgelegene Waldfläche liegt ca. 3,5 km östlich, südöstlich des Industrieparks Böllinger Höfe. Die größte zusammenhängende Waldfläche bei Heilbronn liegt südwestlich der Stadt um den Büchelberg und Hintersberg und damit ca. 7 km vom Vorhabenstandort entfernt.

Innerhalb eines Waldklimatops herrschen eine reduzierte Ein- und Ausstrahlung bei allgemein niedrigeren Temperaturen, eine höhere Luftfeuchtigkeit sowie eine relative Windruhe vor. In den Sommermonaten heben sich diese Klimatope als nächtliche Wärmeinseln von den Freiflächen in der Umgebung ab, da der Kronenraum der Bäume die Wärmeausstrahlung behindert.

Ein Waldklimatop zeichnet sich ferner durch stark gedämpfte Tages- und Jahresgänge der Temperatur und Feuchteverhältnisse aus. Während tagsüber durch die Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts relativ milde Temperaturen auf.

Zudem wirkt das Blätterdach, der Kronenraum als Filter gegenüber Luftschadstoffen, so dass Waldklimatope als Regenerationszonen für die Luft und als Erholungsraum für den Menschen dienen. Hierbei bestimmen die Vegetationsart und -struktur (Alter, Schichtung, Bedeckungsgrad), die räumliche Ausdehnung und Größe sowie der Gesundheitszustand der Vegetation maßgeblich die Fähigkeit, Luftschadstoffe aus der Luft auszufiltern und klimatische Ausgleichsfunktionen wahrzunehmen.

Die Waldflächen im oder beim Untersuchungsgebiet haben aufgrund ihrer Distanz zum Vorhabenstandort keine signifikanten Einflüsse auf das Mikroklima im direkten Umfeld.

3.3.5 Freiflächenklimatop

Westlich und nördlich des Vorhabenstandortes, jenseits des Neckars, sind teils größere zusammenhängende Freiflächen zu beobachten, welche hauptsächlich landwirtschaftlich geprägt sind. In diesem Bereich findet in windschwachen Strahlungsnächten eine intensive nächtliche Frischluft- und Kaltluftproduktion statt. Insbesondere bei autochthonen Wetterlagen und nächtlicher Ausstrahlung kommt es zu einer Ausbildung von Kaltluft. Bereits durch geringe Geländesteigungen können die, aufgrund der kühleren Lufttemperatur, dichteren Luftmassen hangabwärts strömen. Die Kaltluft wird entlang des Neckartals in Richtung Norden abfließen.

Neben einer starken nächtlichen Abkühlung ist das Freiflächenklima durch einen deutlich ausgeprägten Jahres- und Tagesgang der Lufttemperatur gekennzeichnet. Bei einer guten Wasserversorgung des Oberbodens, wie sie im Untersuchungsgebiet vorherrscht, zeichnen sich diese Flächen durch hohe latente Wärmeumsätze und damit durch hohe Verdunstungsraten aus. Die hohe Bodenfeuchte führt insbesondere in Herbst- und Wintermonaten zu häufigen Nebelbildungen sowie allgemein zu hoher Luftfeuchte. Durch die hohe Luftfeuchtigkeit im Bereich der Freiflächen werden auch angrenzende Klimatope beeinflusst.

3.3.6 Dorfklimatop

Die mikroklimatischen Bedingungen der im Untersuchungsgebiet gelegenen Ortschaften, abseits von Heilbronn und Neckarsulm, können als Dorfklimatop charakterisiert werden. Die dem Anlagenstandort nächstgelegene Ortschaft wäre Obereisesheim und folgend Frankenbach.

Aufgrund der geringen Höhe der Bebauung und der relativ geringflächigen Ausmaße der Ortschaften wird sich keine, für ein Stadtklimatop charakteristische, Wärmeinsel ausprägen. Es überwiegen hier deutlich die Einflüsse des unbebauten Geländes.

Aufgrund der Bebauung in den Ortschaften können eventuell im Gamma- und Beta-Bereich (vgl. Kapitel 2, Abbildung 1) des Mikroklimas (bis 200 m), kleinere Effekte auf die Windrichtung und Geschwindigkeit festgestellt werden. Eine weiterreichende Modifikation des umliegenden Freiflächenklimatops ist jedoch nicht zu erwarten.

4 Vorhabenbedingte Wirkfaktoren

Unter Wirkfaktoren werden bestimmte Eigenschaften eines Vorhabens verstanden, die von einem Vorhaben ausgehen und die in der Umwelt bzw. den einzelnen Schutzgütern (z. B. Klima, Mensch, Boden) bestimmte Reaktionen auslösen könnten. Ein von einem Vorhaben ausgehender Wirkfaktor kann zu unterschiedlichen direkten oder indirekten Einwirkungen bzw. Wirkprozessen in der Umwelt führen. Ein Wirkfaktor kann sich zudem auf mehrere Schutzgüter auswirken und zu einer Beeinflussung der Umweltfunktionen oder der Ausgestaltung eines Umweltbestandteils führen. Nachfolgend sind die vorhabenbedingten Wirkfaktoren Flächeninanspruchnahme und -Versiegelung zusammengestellt und deren Einfluss auf die Schutzgüter beschrieben.

Die neu geplante GuD-Anlage soll östlich des Nasskühlturms bzw. Block 7 auf einer bisher unversiegelten Grünfläche errichtet werden. Dafür müssen im Vorfeld am Standort Änderungen durchgeführt werden. So werden im Bereich um den Kühlturm Standortbäume entfernt, die Ammoniakstation und deren versiegelte Flächen, die Werksgleisanlagen im nordöstlichen Kurvenbereich und an der Lichtenbergstraße sowie zwei Heizöltanks zurückgebaut [22].

Die Flächengröße bzw. der Flächenbedarf für die Vorhaben beträgt rund 3,25 ha an größtenteils unversiegelter Fläche inkl. der Standortbäume. Die Allee an der Lichtenbergstraße wird bestehen bleiben.

Es werden für die neue Anlage jedoch auch zahlreiche bestehende Anlagen weitergenutzt, so dass keine unnötigen Flächenversiegelungen stattfinden. Dazu zählen u. a. der Nasskühlturm sowie die vorhandenen Hilfsdampferzeuger, welche zum Teil ausgebaut werden. Das bestehende Wegenetz auf dem Werksgelände wird im notwendigen Maße ergänzt.

Das nach [29] auf der Fläche vorherrschende Klima ist als Klima innerstädtischer Grünflächen zu bezeichnen, weist jedoch keine signifikante Eindringtiefe in die umliegenden Industriegebiete auf. Der gesamte Bereich des Industriegebietes Osthafen ist nach [29] als Industrieklimatischer und gewerblicher Lastraum betitelt. Es herrschen ein erhöhter Versiegelungsgrad, z. T. starke Spurenstoff- und Lärmemissionen und eine erhöhte bioklimatische und lufthygienische Belastung vor.

Die vorhabenbedingte Überplanung der Bereiche im Industriegebiet Osthafen haben eine Veränderung der Oberflächennutzung und -versiegelung zu Folge. Nach [29] stellt in Gewerbe- und Industrieklimatopen die bestmögliche Vermeidung großflächiger Versiegelungen und die Dachbegrünung von Flächen ein Planziel dar.

Die geplante Architektur der GuD-Anlage zielt daher auf eine sparsame Ausformung und Gliederung der Baukörper sowie der Eingrünung bestehender Anlagen entlang der Lichtenbergstraße sowie der Kohlelager. Weiterführend werden die vorhandenen Grünstrukturen ergänzt und gestärkt sowie die bestehenden Anlagen entlang der Lichtenbergerstraße und des Kohlelagers eingegrünt [22]. Nicht mehr notwendige Anlagenteile, wie etwa die Ammoniakstation, der Werksgleisanlagen im nordöstlichen Kurvenbereich sowie der Lichtenbergerstraße und die beiden Heizöltanks werden zudem rückgebaut und entsiegelt. Für die Blöcke 5, 6 und 7 wird unabhängig vom Bebaungsplanverfahren durch die EnBW ein Nachnutzungskonzept erstellt. Mittelfristig bleiben diese Strukturen demnach bestehen.

Die Veränderungen gegenüber der unbebauten Fläche sind abhängig von der Wetterlage. Bei stärkerem Wind und allgemein unbeständiger Witterung sind bei der Temperatur kaum spürbare Unterschiede über den verschiedenen Oberflächen zu erwarten. An wolkenarmen Tagen mit viel Sonnenschein ist dagegen die Wärmeaufnahme von versiegelten Flächen am Tage höher. Aufgrund der hohen Wärmespeicherkapazität versiegelter Flächen sinkt die Lufttemperatur in diesen Bereichen in der Nacht weniger schnell ab.

Aufgrund der Änderung der Oberflächenbeschaffenheit auf dem geplanten Areal kommt es sowohl zu Änderungen der Oberflächentemperatur als auch der Rauigkeit, was Einfluss auf das Mikroklima haben kann. Bezüglich der Oberflächentemperaturen ist auf den neu versiegelten Flächen mit einer teils deutlichen Zunahme zu rechnen, was i. d. R. zu einer verminderten Aufenthaltsqualität führt.

Weiterhin ist damit von einer Abnahme der Luftfeuchte in Bodennähe auszugehen.

Die Versiegelung hat weiterhin einen mikroklimatologischen Einfluss auf die Verdunstungsleistung sowie die Wasseraufnahmekapazität des Bodens. So kann ein vermindertes Verdunstungspotential nur noch bedingt zu einer Reduktion der Umgebungstemperatur beitragen und die verminderte Wasseraufnahmekapazität kann zu erhöhten oberflächigen Niederschlagswasserabfluss führen.

Die geplanten Vorhaben umfassen einen Bereich, der bereits durch die bestehenden Kraftwerksanlagen durch intensive anthropogene Nutzungen gekennzeichnet ist. Wegen der räumlich begrenzten Fläche des Vorhabens von ca. 3,25 ha und der ohnehin schon belasteten mikroklimatischen Situation kann davon ausgegangen werden, dass – insbesondere in den nächstgelegenen Siedlungsbereichen – klimatische Parameter wie relative Feuchte, Lufttemperatur und die Niederschlagsmenge, -abfluss oder -häufigkeit nicht beeinflusst werden.

Die Effekte des Vorhabens auf die lokalklimatischen Bedingungen werden, wie ausgeführt, auf den Standort und den angrenzenden Nahbereich begrenzt sein. Aufgrund der Lage des Vorhabenstandortes sowie seiner Ausdehnung sind nachteilige Veränderungen der Klimaparameter im gesamten Untersuchungsgebiet nicht zu erwarten. Eine dauerhafte bzw. nachhaltige Beeinflussung der Klimafaktoren und damit auch etwaige Einflüsse auf im Umfeld befindliche Nutzungen (z. B. Wohnnutzungen bzgl. der bioklimatischen Bedingungen) sind aufgrund des vergleichsweise geringen Eingriffs und der damit verbundenen kleinflächigen Veränderung auszuschließen.

Zusammenfassend betrachtet sind Beeinträchtigungen der lokalklimatischen Situation allenfalls im Bereich des Vorhabenstandortes selbst sowie des unmittelbar angrenzenden kleinräumigen Umfeldes zu erwarten. Größerräumige klimatische Beeinträchtigungen sind dagegen aufgrund der örtlich begrenzten Einflüsse nicht zu erwarten.

5 Auswirkungen der Wasserdampf- (und Abwärme-)emissionen (Schwaden)

Von Anlagen wie der vorliegend untersuchten GuD-Anlage werden Wärme- und Wasserdampf in die Atmosphäre freigesetzt. Durch den Eintrag von Wärme und Wasserdampf besteht grundsätzlich die Möglichkeit einer Beeinflussung der am Standort vorherrschenden lokalklimatischen Verhältnisse. Vorliegend wird zwischen den Wasserdampfemissionen an den Kaminen der Anlagen sowie der Emissionen des Nasskühlturms differenziert.

Zur Schwadenbildung kommt es, wenn die emittierte, warme und wasserreiche Luft sich turbulent mit der kühleren Umgebungsluft vermischt und so ein an Wasserdampf übersättigtes Luftgemisch entsteht. Der überschüssige, unter Tröpfchenbildung auskondensierte Wasserdampf (der sichtbare Schwaden) wird mit dem Wind abtransportiert und kann bis zu seiner vollständigen Verdunstung zu Abschattungseffekten führen. Mit diesem Phänomen ist insbesondere dann zu rechnen, wenn die Umgebungsluft relativ kalt und/oder feucht ist.

In der Literatur [18], [19] sind Angaben über die meteorologischen Auswirkungen durch die Abwärme von Naturzug-Nasskühltürmen mit einer ganzjährigen Abwärmeleistung von 2.500 MW zu finden, die in einem Umkreis bis ca. 1,5 km feststellbar sind. Bei solchen Kühltürmen werden Temperaturänderungen in Einzelfällen von bis etwa 1 K genannt, die im jahreszeitlichen Mittel jedoch nicht mehr erkennbar sind. Darüber hinaus ist im Sommer mit einer reduzierten Sonnenscheindauer von wenigen Minuten pro Tag zu rechnen, während sich im Winter diese Zeitspanne auf etwa 60 Minuten ausdehnen kann. Eine anthropogen verursachte Bodennebelbildung an Tagen ohne natürliche Nebelbildung ist durch die Schwaden solcher Kühltürme aber nicht zu erwarten.

Weiterführend dient die geplante GuD-Anlage sowie die HiDE 3 perspektivisch als Substitut für die bestehenden Kohleblöcke 5/6 und 7 sowie die HiDE 1 und es wird der vorhandene Kühlturm verwendet. Um eine Aussage über potentielle Schwaden zu bilden, ist demnach ein Vergleich der Wasser- und Abwärmemengen dienlich.

5.1 Vergleich der Wasserdampfemissionen

Laut Angaben des Vorhabenträgers [22] sollen sowohl die GuD-Anlage als auch die vier neuen Kessel der HiDE 3 zunächst mit Erdgas bzw. durch Erdgasverbrennung betrieben werden. Perspektivisch ist eine Umrüstung auf die Verbrennung von Wasserstoff geplant und wird hier bezüglich der Wasserdampf-emission ebenfalls berücksichtigt.

Die Wasserdampfemissionen der geplanten GuD-Anlage betragen inkl. einer Sicherheitstoleranz von +5 % 276.890 kg/h unter Verwendung von CH₄. Bei der Wasserstoffverbrennung steigt die Emission an Wasserdampf um etwa 50 % auf 418.970 kg/h an.

Die Wasserdampfemissionen der vier neuen Kessel der HiDE 3 betragen, ebenfalls mit einer Sicherheitstoleranz von +5%, 35.930 kg/h unter Verwendung von CH₄ und 57.750 kg/h bei der Verbrennung von Wasserstoff.

Die Wasserdampfemissionen aus den Schornsteinen der bestehenden Blöcke 5/6 und 7 sowie der HiDE 1 ergeben sich aus den Angaben der Betreiberin wie folgt. Die abzuschaltenden Blöcke 5/6 sowie die HiDE 1 weisen kombiniert eine Wasserdampfbeladung von 0,10 kg/m³ und einen Volumenstrom von 1.168.817 m³/h auf. Daraus ergibt sich ein Massenstrom von 116.881 kg/h. Block 7 weist eine Wasserdampfbeladung von 0,08 kg/m³ und einen Volumenstrom von 2.733.980 m³/h auf, was zu einem Wassermassenstrom von 218.718 kg/h führt.

Die Wasserdampfemissionen der bestehenden zwei Kessel der HiDE 3 ergeben sich zu 18.042 kg/h.

In Summe ergibt sich somit ein Wassermassenstrom in der Bestandssituation von 353.641 kg/h. Dem gegenüber steht der summierte Wassermassenstrom der geplanten GuD-Anlage sowie der neuen Kessel der HiDE 3 von 312.820 kg/h für die Erdgasverbrennung respektive 476.720 kg/h bei der Wasserstoffverbrennung.

Die geplanten Anlagen weisen bei der Erdgasverbrennung demnach eine Abnahme des Wassermassenstroms aus den Schornsteinen auf. Bei reiner Verbrennung von Wasserstoff hingegen steigt der Wassermassenstrom an.

Zu den Wasserdampfemissionen an den Schornsteinen müssen zudem die Wasser-Emissionen im Nasskühlturm berücksichtigt werden. Dieser soll für die GuD-Anlage weiterverwendet werden und dient im Bestand für die Kühlwasserversorgung des Kohleblocks 7.

In Tabelle 7 sind die vom Vorhabenträger zu Verfügung gestellten Werte bezüglich der Wasser-Emission am Nasskühlturm angegeben.

Tabelle 7. Wasser-Emissionen für den Nasskühlturm im bestehenden Betrieb des Blocks 7 und dem zukünftigen Betrieb der GuD-Anlage unter Durchschnittsbedingungen am Standort (11 °C, rel. Luftfeuchte 76,6 %, Luftdruck 0,995 bar). Angaben des Vorhabenträgers [22].

	Design / Block 7	HLB8 mit red. Kühlwassermassenstrom
Kühlwassermassenstrom [kg/s]	16.000	11.072
Warmwassertemperatur [°C]	34,0	22,7
Kaltwassertemperatur [°C]	21,0	15,4
Kühlleistung [MW]	874	339
Verdunstung [kg/s]	ca. 260	ca. 100
Verdunstung [kg/h]	ca. 936.000	ca. 360.000

Es ist zu verzeichnen, dass die verdunstete Wassermenge im Kühlturm um ca. 60 % abnimmt. Betrachtet man die Emissionen der gesamten geplanten Änderungen im konservativen Fall der reinen Wasserstoffverbrennung, so bleibt eine Reduzierung des Wassermassenstroms um 452.921 kg/h. Bei Verbrennung von Erdgas ergibt sich eine Reduzierung des Kühlwasserstroms von 616.821 kg/h.

Jedoch ergeben sich je nach Emissionsort unterschiedliche Entwicklungen. Während die Emissionen am Nasskühlturm in einer Höhe von 140 m um 576.000 kg/h deutlich reduziert sind, kommt es an den Kaminen der GuD-Anlage und der HiDE 3 je nach Brennstoff teils zu Erhöhungen des Wassermassenstroms.

Den Emissionen der HLB8 GuD-Anlage stehen die Emissionen der Blöcke 5/6 und 7 gegenüber. Bei Erdgasverbrennung ergibt sich durch das Vorhaben eine Reduzierung des Wassermassenstroms am Kamin in einer Höhe von 144 m um 50.948 kg/h. Bei der Wasserstoffverbrennung ergibt sich eine Erhöhung um 91.132 kg/h.

Den Emissionen der vier neuen Kessel in der HiDE 3 stehen die Bestandsemissionen der zwei HiDE 3 Kessel sowie die der HiDE 1 mit einem Kamin von 80 m gegenüber. Bei Erdgasverbrennung ergibt sich durch das Vorhaben eine Erhöhung des Wassermassenstroms um 5.551 kg/h, bei Wasserstoffverbrennung eine Erhöhung um 27.371 kg/h.

5.2 Betrachtete Fälle

Die Jahresfrachten an Wasserdampfemissionen werden weiterführend für folgende Fälle ermittelt, wobei jeweils der Volllastbetrieb der Anlagen zugrunde gelegt wird:

- Fall 1: Betrieb der geplanten Anlagen (GuD-Anlage, neuer HiDE 3 und Notstromaggregat) für den beantragten Betrieb.
- Fall 2: Betrieb der zukünftigen Anlagen am Standort (GuD-Anlage, neuer HiDE 3 und FW (Fernheizwerk) sowie Notstromaggregat) mit beantragter Betriebsstundenzahl pro Jahr zur Ermittlung der „Gesamtzusatzbelastung“ für den beantragten zukünftigen Betrieb.
- Fall 3: Betrieb der derzeit vorhandenen Anlagen am Standort (Block 5/6, HiDE 1, Block 7, HiDE 3, FW) mit genehmigter Betriebsstundenzahl pro Jahr.
- Fall 4: Betrieb der zukünftigen Anlagen am Standort (GuD-Anlage, neuer HiDE 3 und FW sowie Notstromaggregat) mit erwarteter Betriebsstundenzahl pro Jahr.
- Fall 5: Betrieb der derzeit vorhandenen Anlagen am Standort (Block 5/6, HiDE 1, Block 7, HiDE 3, FW) mit realer⁴ Betriebsstundenzahl pro Jahr.

Zusätzlich zu den Fällen, werden die Emissionen des Nasskühlturms (vgl. Tabelle 7) je Fall berücksichtigt. Dabei werden jeweils die Betriebsstunden der GuD-Anlage im Planfall bzw. des Blocks 7 im derzeitigen Betrieb unter Durchschnittsbedingungen berücksichtigt.

5.2.1 Derzeit genehmigter Betrieb des Standorts (Fall 3 und Fall 5)

Unter Berücksichtigung des Volllastbetriebs und der jeweiligen Betriebsstunden ist im derzeit genehmigten Betrieb mit folgenden Wasserdampfemissionen der Gesamtanlage zu rechnen.

⁴ Gemittelt über die Jahre 2015 bis 2019, s. o.

Tabelle 8. Jährliche Wasserdampfemissionen unter Berücksichtigung des derzeit genehmigten Betriebs mit genehmigter Betriebsstundenzahl (**Fall 3**).

	Block 5/6 + HiDE 1	HiDE 3 alt	Block 7	Fern- heizwerk	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	8.760	8.760	8.760	8.760	8.760
Wasserdampfemission [kg/h]	116.882	18.042	218.718	4.690	936.000
Wasserdampfemission [t/a]	1.023.884	158.048	1.915.973	41.089	8.199.360
Summe [t/a]	11.338.354				

Tabelle 9. Jährliche Wasserdampfemissionen unter Berücksichtigung des derzeit genehmigten Betriebs mit realer Betriebsstundenzahl (**Fall 5**).

	Block 5/6 + HiDE 1	HiDE 1 solo	HiDE 3 alt	Block 7	Fern- heizwerk	Kühl- turm
Betriebsstunden [h]	600	2.000	2.000	4.500	800	4.500
Wasserdampfemission [kg/h]	116.882	186.288	18.042	218.718	4.690	936.000
Wasserdampfemission [t/a]	70.129	372.576	36.084	957.987	3.752	4.212.000
Summe [t/a]	5.678.774					

5.2.2 Zukünftiger Betrieb des Standortes (Fall 1, Fall 2a, Fall 2b, und Fall 4)

Unter Berücksichtigung des Volllastbetriebs und der jeweiligen beantragten Betriebsstunden ist im zukünftigen Betrieb mit folgenden Wasserdampfemissionen der Gesamtanlage zu rechnen.

Gasfeuerung

Tabelle 10. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat) für **beantragte** Anzahl an Betriebsstunden bei Gasfeuerung (**Fall 1**).

	GuD-Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	8.760	8.760	300	8.760
Wasserdampfemission [kg/h]	276.890	35.930	453	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	3.670.177	505.890	136	3.153.600
Summe [t/a]	5.894.039			

Tabelle 11. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat, FW) für **beantragte** Anzahl an Betriebsstunden (bei 8.760 Betriebsstunden für FW) bei Gasfeuerung (**Fall 2a**).

	GuD-Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Fernheizwerk	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	8.760	8.760	300	8.760	8.760
Wasserdampfemission [kg/h]	276.890	35.930	453	4.690	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	2.425.556	314.747	136	41.089	3.153.600
Summe [t/a]	5.935.128				

Tabelle 12. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat, FW) für **beantragte** Anzahl an Betriebsstunden (bei 3.000 Betriebsstunden für FW) bei Gasfeuerung (**Fall 2b**).

	GuD-Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Fernheizwerk	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	8.760	8.760	300	3.000	8.760
Wasserdampfemission [kg/h]	276.890	35.930	453	4.690	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	2.425.556	314.747	136	14.071	3.153.600
Summe [t/a]	5.908.111				

Tabelle 13. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat, FW) für **erwartete** Anzahl an Betriebsstunden bei Gasfeuerung (**Fall 4**).

	GuD-Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Fernheizwerk	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	5.500	2.500	300	1.500	5.500
Wasserdampfemission [kg/h]	276.890	35.930	453	4.690	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	1.522.895	89.825	136	11.726	1.980.000
Summe [t/a]	3.604.582				

Wasserstofffeuerung

Es wird davon ausgegangen, dass zunächst nur die geplante GuD-Anlage und die HiDE 3 mit Wasserstoff betrieben werden. Notstrom und FW werden demnach weiter unter Öl- bzw. Gasverbrennung betrachtet.

Tabelle 14. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat) für **beantragte** Anzahl an Betriebsstunden bei Wasserstoffverbrennung (**Fall 1**).

	GuD-Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	8.760	8.760	300	8.760
Wasserdampfemission [kg/h]	418.970	57.750	453	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	3.670.177	505.890	136	3.153.600
Summe [t/a]	7.329.803			

Tabelle 15. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat, FW) für **beantragte** Anzahl an Betriebsstunden (bei 8.760 Betriebsstunden für FW) bei Wasserstoffverbrennung (**Fall 2a**).

	GuD-Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Fernheizwerk	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	8.760	8.760	300	8.760	8.760
Wasserdampfemission [kg/h]	418.970	57.570	453	4.690	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	3.670.177	505.890	136	41,089	3.153.600
Summe [t/a]	7.370.892				

Tabelle 16. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat, FW) für **beantragte** Anzahl an Betriebsstunden (bei 3.000 Betriebsstunden für FW) bei Wasserstoffverbrennung (**Fall 2b**).

	GuD- Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Fern- heizwerk	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	8.760	8.760	300	3.000	8.760
Wasserdampfemission [kg/h]	418.970	57.570	453	4.690	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	3.670.177	505.890	136	14.071	3.153.600
Summe [t/a]	7.343.875				

Tabelle 17. Jährliche Wasserdampfemissionen aus den geplanten Anlagen (GuD, neue HiDE 3, Notstromaggregat, FW) für **erwartete** Anzahl an Betriebsstunden bei Wasserstoffverbrennung (**Fall 4**).

	GuD- Anlage	HiDE 3 neu	Notstrom	Fern- heizwerk	Kühlturm
Betriebsstunden [h]	5.500	5.500	300	8.760	5.500
Wasserdampfemission [kg/h]	418.970	57.570	453	4.690	360.000
Wasserdampfemission [t/a]	2.304.335	317.625	136	41.089	1.980.000
Summe [t/a]	4.643.185				

5.2.3 Vergleich zukünftiger und derzeitiger Betrieb des Standortes unter Berücksichtigung über betrachtete Fälle

In der folgenden Tabelle sind die jährlichen Wasserdampfemissionen für die sechs betrachteten Fälle in einer Übersicht zusammengestellt.

Tabelle 18. Übersicht über die maximal freigesetzten jährlichen Wasserdampfemissionen in [t/a] für die betrachteten Fälle nach Brennstoff.

Brennstoff (überwiegend)	Fall 1	Fall 2a	Fall 2b	Fall 3	Fall 4	Fall 5
Kohle	-	-	-	11.338.354	-	5.678.774
Gas	5.894.039	5.935.128	5.908.111	-	3.604.582	-
Wasserstoff	7.329.803	7.370.892	7.343.875	-	4.643.185	-

Vergleicht man den derzeitig genehmigten Betrieb (Fall 3) mit den übrigen Fällen, so ist in jedem Fall und egal mit welchem Brennstoff mit einer teils deutlichen Reduzierung der Wasserdampfemissionen zu rechnen. Auch beim Vergleich zwischen Fall 4 (erwartete Betriebsstunden) zeigt sich eine Reduzierung der Wasserdampfemissionen gegenüber dem derzeitigen Betrieb (Fall 5), zumal die vorliegend angenommene Betriebsstundenzahl konservativ hoch angesetzt wurde.

5.3 Schwaden in Bodennähe

Aufgrund der Verwendung des vorhandenen hohen Nasskühlturms sowie der bis zu 144 m hohen Schornsteine ist das Auftreten bodennaher Schwaden eher unwahrscheinlich und wenn dann hauptsächlich der Windrichtungsverteilung folgend.

Es ist wahrscheinlich, dass die Mehrzahl an vorhabenbedingten Übersättigungsereignissen an Situationen mit bereits ohne den Betrieb der Anlagen sehr hohen relativen Luftfeuchten und damit erhöhten natürlichen Nebelwahrscheinlichkeiten verbunden sind.

Da die geplanten Anlagen bestehende Blöcke substituieren, ist eine eventuelle Verstärkung und/oder Verlängerung natürlicher Nebelereignisse nicht zu erwarten. Der abnehmende Wassermassenstrom bedingt eher eine Abnahme solcher Ereignisse. In Kombination mit einer tendenziell erhöhten Lufttemperatur wird die Umstellung der Anlage zu einer Verbesserung der Ist-Situation führen. Mit plötzlichen und unerwartet auftretenden Nebelbänken während ansonsten nebelfreier Wetterlagen ist in unmittelbarer Bodennähe nicht zu rechnen.

5.4 Schwaden in höheren Luftschichten

Bedingt durch die Windrichtungsverteilung ist der Bereich, in dem mit häufigerem Auftreten von Übersättigung und damit vorhabeninduzierten, sichtbaren Schwaden zu rechnen ist, nordöstlich des Anlagenstandorts zu verorten.

Die maximalen Häufigkeiten sichtbarer Schwaden werden sich in unmittelbarer Nähe der Anlagen ergeben. Von dort aus nehmen die Häufigkeiten sichtbarer Schwaden mit wachsender horizontaler, aber auch vertikaler Entfernung zur Anlage aufgrund zum einen der windrichtungsabhängigen Wirkung des Transports und zum anderen der mit dem Transport stattfindenden turbulenten Vermischung mit trockenerer Umgebungsluft und der damit einhergehenden Schwadenauflösung rasch ab.

Die Mehrzahl der weiter ausgedehnten Übersättigungsereignisse findet bei feuchten Witterungsbedingungen statt, während denen häufig ohnehin bereits Bewölkung oder Nebel herrscht.

Darüber hinaus handelt es sich – insbesondere während Situationen, in denen nicht bereits naturbedingt sehr feuchte Witterungsbedingungen vorherrschen – mit Ausnahme des unmittelbaren Nahbereichs überwiegend um temporäre Übersättigungsereignisse. In der Regel liegt dann kein ausgedehnter oder hoher kohärenter Schwaden im Sinne einer zusammenhängenden, „massiven“ Wolke vor, sondern vielmehr ein Durchzug einzelner wasserdampfgesättigter Turbulenzelemente bzw. Schwadenfetzen/„Wölkchen“.

Auch hier ist davon auszugehen, dass durch die Substitution der bestehenden Blöcke und der daraus resultierenden Abnahme des Kühlwassermassenstroms, die Häufigkeit solcher Events tendenziell rückläufig ist, wodurch eine Verbesserung der Gesamtsituation zu erwarten ist.

Im Falle der Ausbildung sichtbarer Schwaden ist mit einer temporären Beeinflussung des Landschaftsbildes zu rechnen, wobei diese subjektiv empfunden wird.

Aufgrund des subjektiven Aspekts entzieht sich die mögliche Beeinträchtigung durch die Schwadensichtbarkeit einer endgültigen Beurteilung. Es ist jedoch festzuhalten, dass räumlich ausgedehntere sichtbare Schwadenereignisse während des Tagzeitraums insbesondere während meteorologischer Situationen, in denen nicht ohnehin bereits Bewölkung oder Nebel vorherrscht, nur selten vorzufinden sind und zudem aufgrund des Lufttemperaturanstiegs im Zuge des Klimawandels weiter abnehmen werden.

Die Bildung hoher Schwaden kann weiterführend zu einer Reduzierung der Sonnenscheindauer führen. Anteilig an der natürlichen Sonnenscheindauer ergeben sich im Winterhalbjahr höhere Einbußen der Sonnenscheindauer: Grund sind neben dem im Schnitt schrägeren Einfall der Sonnenstrahlung und damit dem dann längeren Schlag Schatten der Schwaden insbesondere auch die im Schnitt geringere Wasserdampfaufnahmekapazität der Atmosphäre sowie die insgesamt deutlich geringere natürliche Sonnenscheindauer in diesem Zeitraum.

Die relative Reduktion der solaren Einstrahlung (Globalstrahlung) fällt bei vergleichbarer qualitativer räumlicher (und jahreszeitlicher) Verteilung geringer aus als die der Sonnenscheindauer. Ursache sind die partielle Lichtdurchlässigkeit des sichtbaren

Schwadens (vergleichbar mit Cumuluswolken) sowie die kaum durch die Schwaden beeinträchtigten Beiträge der diffusen Himmelsstrahlung zur Globalstrahlung.

Zur berücksichtigen ist, dass es sich bei der Mehrzahl der Fälle ausgedehnter sichtbarer Schwadenbildung um die Verstärkung natürlicher Nebelereignisse handelt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Reduktion der Globalstrahlung außerhalb des Anlagengeländes aufgrund sichtbarer Schwadenbildung durch die Substitution der Anlagenteile reduziert werden wird.

Aufgrund der Verbesserung der Gesamtsituation durch den geringeren Wassermassenstrom sowohl bei der reinen Erdgasverbrennung als auch der Wasserstoffverbrennung und der damit einhergehenden Erhöhung der Globalstrahlung durch weniger vorhabeninduzierte Schwaden ist mit einer Abnahme an ertragsrelevanter Verschattung sowohl der landwirtschaftlich genutzten Flächen als auch von Photovoltaikanlagen und anderer Nutzflächen im Umgriff der Anlage zu rechnen.

6 Gesamtheitliche Betrachtung mikroklimatologischer Auswirkungen des Vorhabens

Durch die Errichtung der GuD-Anlage sind Auswirkungen auf das Mikroklima in verschiedener Form und Ausprägung zu erwarten.

Die weitreichendste Änderung für das Lokalklima wird die Versiegelung bestehender Grünfläche und die Entfernung eines Teils der Standortbäume sein. Dies kann Änderungen der Lufttemperatur und Luftfeuchte in der betroffenen Luftschicht – im Einzelfall auch in einigen hundert Meter Entfernung – direkt bewirken. Durch die Emission von Wasserdampf und daraus sich bildenden Schwaden können auch höhere Luftschichten Änderungen im Mikroklima aufweisen, bzw. sich die Globalstrahlung in weiter entfernten Bereichen ändern.

Aufgrund der Änderung der Oberflächenbeschaffenheit durch den Bau der GuD-Anlage kommt es sowohl zu Änderungen der Oberflächentemperatur als auch der Rauigkeit, was Einfluss auf das Mikroklima haben kann.

Bezüglich der Oberflächentemperaturen ist auf den versiegelten Flächen und Gebäudewänden mit einer teils deutlichen Zunahme zu rechnen. Höhere Oberflächentemperaturen führen i. d. R. zu einer verminderten Aufenthaltsqualität.

Durch den Bau der Anlage wird sich zudem die Rauigkeit im Gesamten etwas erhöhen. Während die Freifläche mit lockerem Baumbestand eine Rauigkeitslänge⁵ von ca. 0,20 – 0,50 m aufweist, liegt diese bei Industrieflächen bei 1,00 m. Eine erhöhte Rauigkeit führt in der Regel zu einer Abnahme der bodennahen Windgeschwindigkeiten. Dies kann den negativen Effekt der Oberflächentemperatur auf die Aufenthaltsqualität verstärken. Durch Düseneffekte an Engstellen in der Kubatur oder an Gebäudekanten kann die Windgeschwindigkeit jedoch auch deutlich zunehmen. Dies kann insbesondere bei windstarken Wetterlagen die Aufenthaltsqualität in diesen Bereichen mindern.

Die Versiegelung hat weiterhin einen mikroklimatologischen Einfluss auf die Verdunstungsleistung sowie die Wasseraufnahmekapazität des Bodens. So kann ein vermindertes Verdunstungspotential nur noch bedingt zu einer Reduktion der Umgebungstemperatur beitragen und die verminderte Wasseraufnahmekapazität kann zu erhöhten oberflächigen Niederschlagswasserabfluss führen. Hierbei ist das Regenwasserkonzept von Raidt und Geiger zu erwähnen. Dieses sieht zunächst jeweils für die geplanten Gebäude-, Hof-, und Straßenflächen eine Anlage zur stofflichen Behandlung und hydraulischer Pufferung des Niederschlagswassers vor.

⁵ Die Bodenrauigkeit des Geländes wird durch eine mittlere Rauigkeitslänge z_0 beschrieben. Sie ist nach Tabelle 15 in Anhang 2 der TA Luft aus den Landnutzungsklassen des LBM-DE zu bestimmen.

Der zunehmenden Versiegelung entlang der Fläche, auf der die geplante GuD-Anlage gebaut werden soll, stehen einige Flächen gegenüber, die aufgrund nicht mehr benötigter Anlagen rückgebaut und entsiegelt werden sollen. Zudem soll vorhandenes Grün verstärkt und ergänzt werden und bestehende Anlagen eingegrünt werden. Dadurch wird der negative Effekt der Versiegelung auf die Oberflächentemperatur abgemildert.

Diese Maßnahmen stehen im Einklang mit denen, wie sie in der Gesamtstädtischen Klimaanalyse der Stadt Heilbronn [29] für Industrieklimatische Lasträume gefordert werden. Weitere potentielle Maßnahmen zur Verringerung der mikroklimatischen Auswirkungen des Vorhabens könnte eine hochwertige Freiflächengestaltung durch die Vorgabe eines Mindestgrünanteils, die Pflanzung neuer Baum- und Strauchpflanzen sowie die Regenwasserrückhaltung auf dem Grundstück darstellen.

Wegen der räumlich begrenzten Fläche kann davon ausgegangen werden, dass – insbesondere in den nächstgelegenen Wohngebieten – klimatische Parameter wie relative Feuchte, Lufttemperatur und die Niederschlagsmenge, -abfluss oder -häufigkeit nicht beeinflusst werden. Eine Verschlechterung des Wärmeinseleffektes der Stadt Heilbronn ist ebenfalls aufgrund der geringen Größe des Vorhabens nicht zu erwarten.

Bezüglich der potentiellen Schwadenbildung ist durch die Realisierung des Vorhabens mit einer Reduzierung der Schwaden zu rechnen, da der emittierte Wassermassenstrom abnimmt. Gegebenenfalls sich dennoch bildende Schwaden sind insbesondere in Wetterlagen zu erwarten, die bereits aufgrund erhöhter Luftfeuchtigkeit zu Nebel- und Wolkenbildung neigen. Aufgrund des Klimawandels kann davon ausgegangen werden, dass durch die erhöhten Lufttemperaturen solche Ereignisse tendenziell abnehmen.

Explizite Handlungsempfehlungen bezüglich des Mikroklima in Industriegebieten sind im Klimaschutzkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in Heilbronn [30] nicht gegeben. Es sollen jedoch die Entsiegelungs- und Begrünungskonzepte für Bestandsquartiere und stark versiegelte Siedlungsbereiche für durch Industrie geprägte Standorte am Neckar als Blaupause herangezogen werden. Dies wird mit den bereits mehrfach genannten Maßnahmen zur Minderung mikroklimatologischer Effekte im Bebauungsplan getan.

Eine genauere Betrachtung des allgemeinen Klimaschutz' ist dem Gutachten von EEB Enerko zu entnehmen.

Unter Berücksichtigung der geplanten Minderungsmaßnahmen sowie der nur geringen mikroklimatischen Auswirkungen bestehen somit keine Anhaltspunkte dafür, dass durch die geplante GuD-Anlage mikroklimatisch vermittelte schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft hervorgerufen werden können.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Isidoro Orlanski: A Rational Subdivision of Scales for Atmospheric Processes. In: Bulletin of the American Meteorological Society 56 (1975), Nr. 5, S. 527–530. URL <https://www.istor.org/stable/26216020>
- [2] Foken, Thomas: Angewandte Meteorologie: Mikrometeorologische Methoden. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg, 2003
- [3] Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2021): TopPlusOpen
- [4] Openstreetmap-Mitwirkende: SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap: Weitergabe unter gleichen Bedingungen (CC-BY-SA) <https://www.opentopomap.org/>
- [5] Deutscher Wetterdienst: Stationsdaten. URL https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/
- [6] Deutscher Wetterdienst: Klimadaten Deutschland: Vieljährige Mittelwerte. URL https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/vielj_mittelwerte.html?nn=16102&lsbld=343278
- [7] Deutscher Wetterdienst DWD, Offenbach: Statistisches Windfeldmodell; https://www.dwd.de/DE/leistungen/windkarten/deutschland_und_bundeslaender.html; abgerufen im Dezember 2021
- [8] DWD, Merkblatt Bestimmung der in Austal2000 anzugebenden Anemometerhöhe, Manyslo, 15.10.2014
- [9] DWD Climate Data Center (CDC), Vieljährige mittlere Raster der monatlich gemittelten Lufttemperaturmaxima und -minima (2m) für Deutschland, Version v1.0
- [10] Argusim Umwelt Consult: *Dokumentation und Überarbeitung eines Wetterdatensatzes zur Verwendung in Ausbreitungsrechnungen : Meteomedia Station Fürth (MG 107370)*
- [11] Argusim Umwelt Consult: Gutachten. Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten gemäß VDI-RL 3783 Blatt 20 für ein Prüfgebiet bei Heilbronn. 10.09.2020
- [12] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg., 2021): Klimazukunft Baden-Württemberg – Was uns ohne effektiven Klimaschutz erwartet! Klimaleitplanken 2.0, Karlsruhe. URL file:///C:/Users/pek/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/fe3b6eda-af8f-4c64-81d2-60abf0a816f0/10200-Klimaleitplanken_2.0.pdf
- [13] Deutscher Wetterdienst; Karsten Friedrich, Florian Imbery, Juliane Breyer (Mitarb.): Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2020. 04.03.2021. URL https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- [14] Deutscher Wetterdienst: Leistungen, Zeitreihen und Trends der Sonnenscheindauer; URL: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html>

- [15] Deutscher Wetterdienst: Leistungen, Globalstrahlung (mittlere 30-jährigen Monats- und Jahressummen);
URL: https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/strahlungskarten_mvs.html
- [16] Bendix, J.: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland: Klima, Pflanzen- und Tierwelt. Nebelklima. München, Heidelberg: Elsevier, Spektrum, Akad. Verl., 2003 (3)
- [17] Deutscher Wetterdienst: Globalstrahlung. 2021. URL https://www.dwd.de/DE/leistungen/fernerkund_globalstrahlung_sis/fernerkund_globalstrahlung_sis.html
- [18] VDI 3784 Blatt 1: Ausbreitung von Emissionen aus Naturzug-Naßkühltürmen. 1986-06
- [19] Landesamt Für Umwelt: Ergebnisse des Agrarmeteorologischen Überwachungsprogramms zur Auswirkung des Gemeinschafts-kernkraftwerks Neckar (GKN). 1997
- [20] Michael Bruse: Die Auswirkungen kleinskaliger Umweltgestaltung auf das Mikroklima. Bochum, Ruhr Universität Bochum. Dissertation. 1999
- [21] Bruse, Michael; Fleer, Heribert: Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. In: Environmental Modelling & Software 13 (1998), 3 - 4, S. 373 - 384
- [22] Informationen und Unterlagen des Auftraggebers
- [23] VDI 3787 Blatt 4: Umweltmeteorologie - Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung. 2020-12
- [24] VDI 3787 Blatt 2: Umweltmeteorologie - Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung Teil I: Klima. 2008-11
- [25] Höppe, P. R. (Hrsg.): Energiebilanz des Menschen: Wissenschaftliche Mitteilungen der Universität München, 1984 (Nr. 49)
- [26] Höppe, P. R.: Heat balance modelling. In: Experientia 49 (1993), Nr. 9, S. 741 - 746
- [27] Holst, J., Mayer, H.: Urban human-biometeorology: Investigations in Freiburg (Germany) on human thermal comfort. In: Urban Climate News (2010), Nr. 38, S. 5 - 10
- [28] A. Kazmierczak ; S. Pauleit ; L. Liu ; J. Ahern ; J. Niemela ; J.H. Breuste ; G. Guntenspergen ; N.E. McIntyre ; T. Elmqvist ; P. James: Multifunctional Green Infrastructure Planning to Promote Ecological Services in the City. In: Urban Ecology. Patterns, Processes, and Applications. United Kingdom: Oxford University Press, 2011, S. 272 – 285
- [29] Ingenieurbüro Matthias Rau (2017): Gesamtstädtische Klimaanalyse Stadt Heilbronn, 200 S.
- [30] Ingenieurbüro Matthias Rau (2021): Klimaschutzteilkonzept zur Anpassung an den Klimawandel in Heilbronn. Abschlussbericht, 219 S.