



Stadt Frankenthal

Bebauungspläne

- „**Studernheim, Fachmarktzentrum**“
- und
- „**Studernheim, Nördlich der Mühlbergstraße**“

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

Auftraggeber

Teil Nord:

GED Gebäudeentwicklung Duisburg GmbH

Köhnenstraße 4 – 6

47051 Duisburg

Teil Süd:

Real Life Residences GmbH

und

Real Life Moderate GmbH

15806 Zossen

Mellenseestr. 21

Verfasser

SCHÖNHOFEN INGENIEURE
- Ökologische Planung -

Hertelsbrunnenring 5

67657 Kaiserslautern

Telefon (06 31) 3 41 24 - 0

Telefax (06 31) 4 37 45

Stand: Dezember 2024

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	5
1.1 Anlass	5
1.2 Aufgabenstellung	7
1.3 Definition Klimafolgenabschätzung.....	8
1.4 Kriterien für die Ermittlung klimatischer Auswirkungen	9
1.5 Rechtliche Grundlagen	10
2 Bestehende klimatische Funktionen / Wirkungen	11
3 Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf das Plangebiet	13
4 Geltungsbereich Nord: Vorgaben „Neubau Fachmarktzentrum“	16
4.1 Klimatisch wirksame Flächen / Korridore.....	17
a) Anteil an bebauten/ un bebauten Flächen	17
b) Klimatische Funktionen der einzelnen Flächen.....	19
c) Windverhältnisse	20
d) Durchlüftungskorridore/ Luftaustausch / Hindernisse/.....	21
4.2 Wasserfunktionen	22
a) Wasserrückhaltung/ -speicherung	22
b) Überflutungsschutz.....	22
4.3 Verschattung	23
a) Nutzung Solarenergie.....	23
4.4 Grünfunktionen.....	23
a) Mikroklima	23
b) Entgegenwirken von Hitzeperioden	24
4.5 Umfeld Fachmarktzentrum	25
5 Geltungsbereich Nord: Festsetzungsmöglichkeiten/ Sonstige Regelungen ...	25
6 Geltungsbereich Nord: Zusammenfassung	26
7 Geltungsbereich Süd: Vorgaben „Neubau Wohnanlage“	29
7.1 Klimatisch wirksame Flächen / Korridore.....	30
a) Anteil an bebauten/ un bebauten Flächen	30
b) Klimatische Funktionen der einzelnen Flächen.....	32
c) Windverhältnisse	34
d) Durchlüftungskorridore/ Luftaustausch / Hindernisse/.....	35
7.2 Wasserfunktionen	35

a) Wasserrückhaltung/ -speicherung	35
b) Überflutungsschutz.....	36
7.3 Verschattung	36
a) Nutzung Solarenergie.....	36
7.4 Grünfunktionen.....	37
a) Mikroklima	37
c) Entgegenwirken von Hitzeperioden	37
7.5 Umfeld Wohnbebauung.....	38
8 Geltungsbereich Süd: Festsetzungsmöglichkeiten/ Sonstige Regelungen	39
9 Geltungsbereich Süd: Zusammenfassung.....	40
10 Literatur	42

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

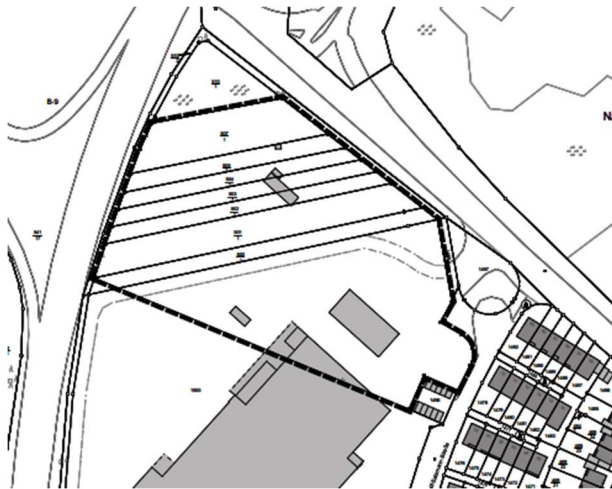
Abbildung 1	Abgrenzung Geltungsbereich Nord	5
Abbildung 2.	Abgrenzung Geltungsbereich Süd.....	5
Abbildung 3:	Übersicht über den Geltungsbereich der Bebauungspläne und Betrachtungsraum	7
Abbildung 4:	Übersicht charakteristische Stadtklimaeffekte	9
Abbildung 5:	Übersicht der Kriterien für Klimafolgenabschätzung	10
Abbildung 6:	Übersicht klimatischer Wirkungsraum Oberrheintal und Ausläufer.....	11
Abbildung 7:	Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf den urbanen Raum in Deutschland.....	14
Abbildung 8:	Auszug aus dem Lageplan mit Außenanlagen.....	16

1 Einleitung

1.1 Anlass

Die Stadt Frankenthal stellt für das Gelände einer ehemaligen Gewerbefläche im nördlichen Teil den Bebauungsplan „Neubau eines Fachmarktzentrum“ auf. Die Fläche befindet sich nordwestlich der Ortslage Studernheim.

Abbildung 1: Abgrenzung Geltungsbereich Nord



Geplant sind die Errichtung verschiedener Gebäudebereiche des Fachmarktzentrum mit der dazugehörigen Erschließung, ein entsprechendes Parkplatzangebot sowie ein Begrünungskonzept.

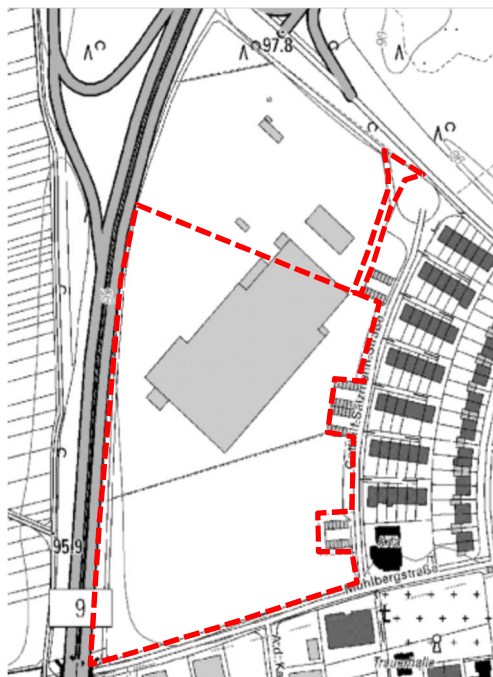
Träger der Planung ist die GED Gebäudeentwicklung Duisburg GmbH.

Quelle: Abgrenzungsplan B-Plan „Studernheim, Fachmarktzentrum“ (Stadt Frankenthal (Stand: 01.06.2021)

Abbildung 2. Abgrenzung Geltungsbereich Süd

Ein eigenständiges Genehmigungsverfahren wird parallel für den südlichen Bereich durchgeführt (Bebauungsplan „Neubau Wohnanlage“):

Träger der Planung ist die Real Life Residences GmbH und Real Life Moderate GmbH in Zossen.



Quelle: Abgrenzungsplan B-Plan „Neubau Wohnanlage“

(Stadt Frankenthal (Stand: 01.10.2021, aktualisiert am 20.09.2024 durch Schönhofen Ingenieure)

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Studernheim, Fachmarktzentrum“, „Neubau Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

Der Klimawandel ist auch in Rheinland-Pfalz bereits spürbar¹. Der KlimawandelAnpassungsCOACH RLP fasst dies in seiner Einleitung zum Leitfaden „Kommunale Anpassung an den Klimawandel in Rheinland-Pfalz“ wie folgt zusammen:

„Bis Klimaschutzmaßnahmen zu einer Minderung der globalen CO₂-Emissionen führen, werden die klimatischen Veränderungen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit noch deutlich fortschreiten. Eine Häufung und Verstärkung der Witterungsextreme wird dabei erwartet. Diese Veränderungen haben erkennbaren Einfluss auf die Wohn-, Lebens- und Arbeitsbedingungen in den Städten und Regionen sowie auf die Sicherheit und Funktionsfähigkeit städtischer Infrastrukturen. Kommunen müssen sich im Sinne der Daseins- und Risikovorsorge und bezogen auf das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung an die Folgen des Klimawandels anpassen.“

Die Stadt Frankenthal widmet sich seit einigen Jahren dem Thema Klimaschutz. So wurde beispielsweise bereits 2009 ein Klimaschutzkonzept für städtische Gebäude erstellt und 2012 folgte ein integriertes Klimaschutzkonzept.

Die Stadt Frankenthal hat eine Stadtklimaanalyse² erstellen lassen, um flächendeckend wichtige Aussagen zu Klimafunktionen und potenzielle Auswirkungen im Hinblick auf zukünftige Nutzungsänderungen im Stadtgebiet zu erhalten.

Hinweis: Nach Abstimmung mit der Stadtverwaltung³ wird bestätigt, dass ein projektspezifischer „Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung“ gleichzusetzen ist mit dem Begriff „stadtklimatischen Stellungnahme“ (vgl. Stadtklimaanalyse, Tab. 8 „Beschreibung der Bewertungskategorien im Kontext der Bedeutung für das Stadtklima“).

Der Stadtrat der Stadt Frankenthal hat einen Beschluss zum Klimaschutz der Stadt Frankenthal⁴ gefasst. Darin erklärt die Stadt Frankenthal: *„[...] die Bekämpfung und Eingrenzung der Ursachen der Klimakrise und die Bewältigung ihrer schon jetzt absehbaren Folgen zur Aufgabe von höchster Priorität für das Handeln von Rat und Verwaltung der Stadt und der Unternehmen, an denen Sie beteiligt ist“*.

„[...] berücksichtigt (die Stadt) deshalb ab sofort in einer Folgenabschätzung bei allen relevanten Entscheidungen z.B. im Bereich von Stadtplanung, Verkehrspolitik, Neubaumaßnahmen, Optimierung städtischer Liegenschaften und Energiepolitik die Auswirkungen auf das Klima, und weist das in den entsprechenden Beschlussvorlagen nach“.

¹ KlimawandelAnpassungsCOACH RLP (abgerufen am 03.11.2020).

² Burghardt und Partner, Ingenieure (01/2023): Stadtklimaanalyse – Erstellung einer Klimafunktions- und Planungshinweiskarte Klima für die Stadt Frankenthal (Pfalz), vorläufiger Endbericht, im Auftrag der Stadt Frankenthal;

³ Telefonat am 06.11.2023 mit Frau Geissler, Abteilung Stadt- und Grünplanung, Bereich 61 – Planen und Bauen;

⁴ am 28.09.2019

1.2 Aufgabenstellung

Um die Planung hinsichtlich des Klimawandels zu optimieren hat die Stadt Frankenthal einen Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung für den Geltungsbereich des Bauleitplanverfahrens beauftragt.

Das Gesamtgebiet wird in zwei Bebauungspläne aufgeteilt:

A Neubau eines Fachmarktzentrums im Norden

B Neubau einer Wohnanlage im Süden

Abbildung 3: Übersicht über den Geltungsbereich der Bebauungspläne und Betrachtungsraum



Quelle: Geobasisinformationen © GeoBasis-DE / LVermGeoRP <2023 –ergänzt durch Schönhofen Ingenieure (September, 2024)

In diesem Fachbeitrag werden

- die Auswirkungen des Klimawandels anhand eines Kriterienkatalogs überprüft,
- die potenziellen Auswirkungen dargestellt
- und bauleitplanerische Maßnahmen zur Anpassung vorgeschlagen.

Technische Maßnahmen an Gebäuden sowie Stoffströme und deren Optimierung werden in diesem Gutachten nicht berücksichtigt, sind aber ebenfalls wichtige Bausteine, die gesetzgeberisch effektive Lenkungsmaßnahmen ermöglichen.

HINWEIS

Die Kapitel 1-3 beziehen sich auf die Gesamtfläche.

Danach erfolgt eine Gliederung in die beiden Teilflächen der Bebauungspläne

- Kapitel 4-6 = B-Plan Fachmarktzentrum

- Kapitel 7-9 = B-Plan Wohngebiet

1.3 Definition Klimafolgenabschätzung

Das Umweltbundesamt definiert Klimafolgen⁵ u.a. wie folgt:

„[...] Das Klima ändert sich und wird sich auch in Zukunft weiter wandeln. Die beobachteten und berechneten Veränderungen lassen sich direkt mit dem Ausstoß von Treibhausgasen durch den Menschen in Verbindung bringen. Der Klimawandel manifestiert sich dabei sowohl in langfristigen Klimaänderungen wie steigenden Durchschnittstemperaturen oder einem höheren Meeresspiegel, als auch in einer veränderten Klimavariabilität, also stärkeren kurzfristigen Klimaschwankungen und häufigeren Extremwetterereignissen wie Starkregen, Dürren oder Hitzesommern“.

Die Klimafolgen sind vielfältig und beeinflussen zukünftig immer häufiger unser tägliches Leben. Es sind unterschiedliche Bereiche betroffen. Daraus ergibt sich die Forderung nach einer Klimaanpassungsstrategie.

„[...] Anpassung an den Klimawandel umfasst den Schutz der Gesellschaft und der Umwelt vor Klimawirkungen, die Verringerung der Verwundbarkeit von Gesellschaft und Ökosystemen, sowie die Erhöhung der Anpassungskapazität.

Ziel von Anpassungsmaßnahmen ist es auf der einen Seite, Gefahren und Schäden für Ökosysteme, Wirtschaft, die Gesellschaft und speziell die menschliche Gesundheit sowie Infrastrukturen zu minimieren.

Auf der anderen Seite sollen auch positive Folgen des Klimawandels genutzt werden. Dabei sollen mögliche Synergieeffekte beachtet und soziale, ökonomische und demographische Aspekte und Wirkungen berücksichtigt werden.

Anpassung an den Klimawandel ist ein Beitrag zur Risiko- und Gefahrenvorsorge.⁶

Um die Raumnutzungen dem sich wandelnden Klima anzupassen, muss die Daten- und Wissensgrundlage für die Planung verbessert werden. Es gilt, gezielt die Verwundbarkeit einzelner Gebiete zu identifizieren und darauf basierend Leitbilder und Anforderungen für klimaangepasste Raumstrukturen und Bebauung zu entwickeln. Um klimatische Belastungen in Siedlungen zu vermeiden, ist eine Abstimmung von Regional- und Bauleitplanung sinnvoll.

⁵ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels-0#klimafolgen-welche-bereiche-sind-betroffen>

⁶ Höpker, K.A., Hübener H., Sauer T. (Oktober 2017): Grundlegende Aspekte für die Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel auf der Basis von Vulnerabilitäts und Wirkungsanalysen

1.4 Kriterien für die Ermittlung klimatischer Auswirkungen

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass es deutliche Unterschiede zwischen einer städtischen Bebauung und einer Bebauung im ländlichen Raum gibt. Dies zeigt die nachfolgende Abbildung.

Abbildung 4: Übersicht charakteristische Stadtklimaeffekte

Charakteristische Stadtklimaeffekte			
Einflussgröße	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland	Einflussgröße	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland
Lufttemperatur • Jahresmittel • Winterminima • in Einzelfällen	~ + 2°C bis + 10°C bis + 15°C	Wind • Geschwindigkeit • Richtungsböigkeit • Geschwindigkeitsböigkeit	bis - 20 % stark variierend erhöht
UV-Strahlung • im Sommer • im Winter	bis - 5% bis - 30%	Sonnenscheindauer • im Sommer • im Winter	bis - 8% bis - 10%
Sensibler Wärmestrom	bis + 50%	Wärmespeicherung im Untergrund und in Bauwerken	bis + 40 %
Globalstrahlung (horizontale Fläche)	bis - 10%	Gegenstrahlung	bis + 10%
Niederschlag • Regen • Schnee • Tauabsatz	mehr (leeseitig) weniger weniger	Luftfeuchte • relativ • absolut	geringer gleich
Nebel • Großstadt • Kleinstadt	weniger mehr	Luftverunreinigung CO, NO _x , PM10, AVOC ¹⁾ , PAN ²⁾ , O ₃	mehr weniger (Spitzen höher)
Bioklimatische Vegetationsperiode	bis zu zehn Tage länger	Dauer der Frostperiode	bis - 30 %

¹⁾ Anthropogene Kohlenwasserstoffe; ²⁾ Peroxiacetylnitrit

Quelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; 2011

Durch den Klimawandel werden sich diese Unterschiede gegenüber dem ländlichen Raum noch verstärken.

Als Grundlage für die Klimafolgenabschätzung wurden vier Hauptkriterien definiert, die in der nachfolgenden Übersicht dargestellt und in Kurzform erläutert werden.

Abbildung 5: Übersicht der Kriterien für Klimafolgenabschätzung

Kriterium	Erläuterung
Klimatisch wirksame Flächen/-Korridore	- Anteil an bebauter/unbeauter Flächen - welche klimatischen Funktionen haben die einzelnen Flächen - Windverhältnisse - Durchlüftungskorridore/-Luftaustausch/-Hindernisse
Wasserfunktionen	- Wasserrückhaltung/-speicherung - Überflutungsschutz
Verschattung	Nutzung Solarenergie
Grünfunktionen	- Mikroklima - Entgegenwirken von Hitzeperioden

Quelle: zusammengestellt durch Schönhofen Ingenieure; 2020

1.5 Rechtliche Grundlagen

Der Gesetzgeber hat in den letzten Jahren sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene eine Vielzahl von gesetzlichen Vorgaben und Novellierungen erarbeitet, die den Klimaschutz stärken und die Folgen des Klimawandels abmildern sollen. Folgende Gesetze und Richtlinien und sonstige Strategiepaper sind dabei von Relevanz:

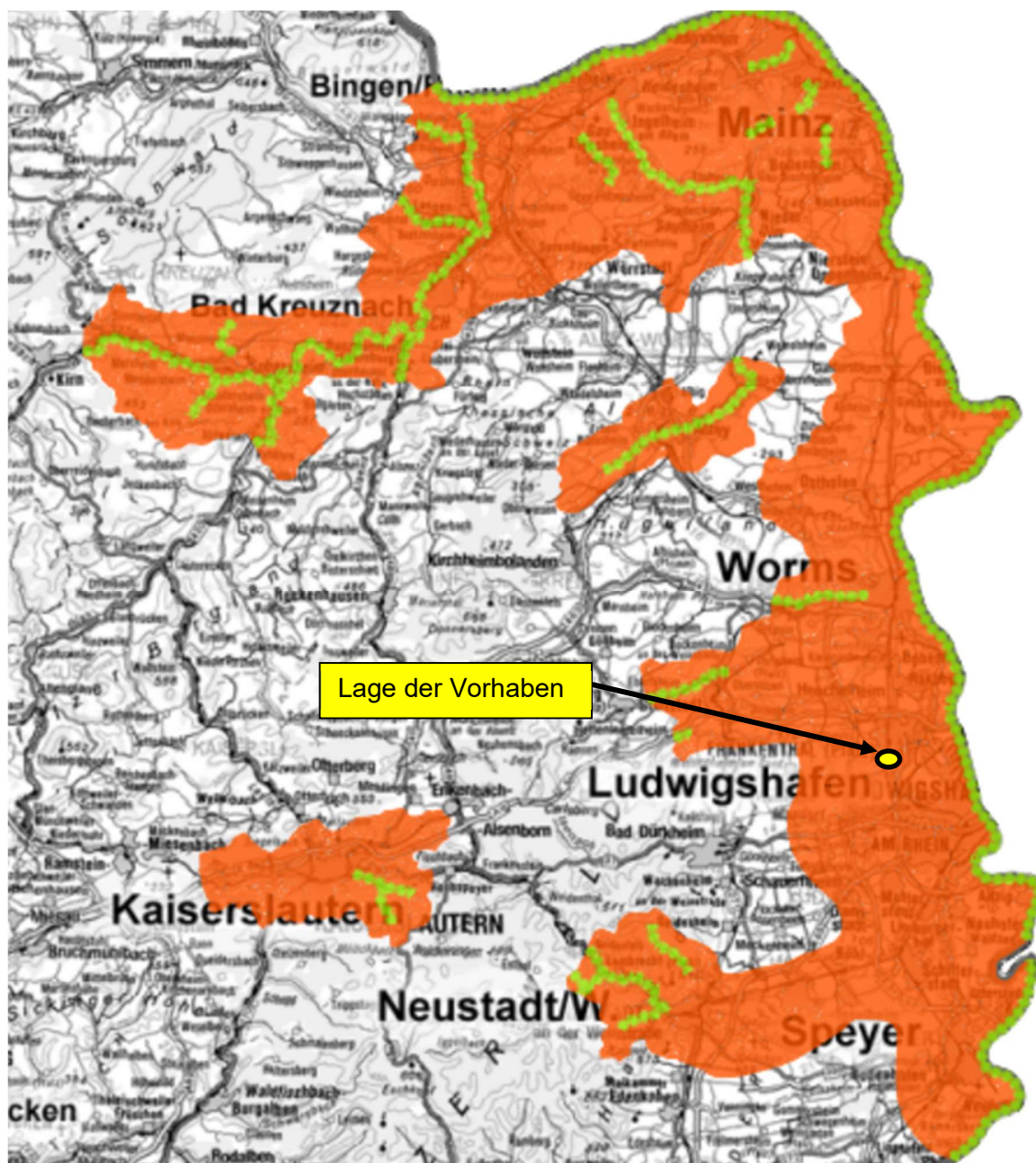
- Baugesetzbuch (Stadtentwicklung, -umbau, - Sanierung, Klimaschutz>> rechtliche Stärkung)
- Umweltverträglichkeitsprüfung (Regelungsgegenstand in der UVP)
- Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (Wärmeschutz von Gebäuden)
- Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (Definition von Handlungsfeldern)>>regelmäßige Fortschrittsberichte der Länder und Kommunen
- Raum-, Regional- und Bauleitplanung (Anfang einer Risikovermeidungskette)
- Landesentwicklungsprogramm (LEP) IV RLP (Doppelstrategie zur Bewältigung Klimawandel: zukunftsorientierte Energiepolitik und frühzeitige Anpassungsmaßnahmen)
- Raummonitor (Siedlungsflächenpotenzialentwicklung)
- Integration bestimmter Aspekte zur Klimaanpassung in förmliche und informelle Fachplanungen (z.B. Landschaftsplan, Strategisches Grün- und Freiflächenkonzept, wasserwirtschaftliche Planungen, Sozialentwicklungsplan)

2 Bestehende klimatische Funktionen / Wirkungen

Klimatische Besonderheit des Oberrheintales und seiner Ausläufer

Das Oberrheintal mit seinen Ausläufern bildet von Bingen bis kurz vor Germersheim einen durchgehenden klimatischen Wirkungsraum⁷ mit einer Breite von z.T. über 20 km. Unter einem klimatischen Wirkungsraum werden Siedlungsflächen zusammengefasst, die sowohl eine erhöhte Wärmebelastung als auch schlechte Durchlüftungsverhältnisse aufweisen. Das bedeutet, dass diese Räume gegenüber Temperaturerhöhungen jeglicher Art sensibel sind. Wirksame Luftaustauschbahnen bilden nur der Rhein und größere Bachtäler.

Abbildung 6: Übersicht klimatischer Wirkungsraum Oberrheintal und Ausläufer



Quelle: Geobasisinformationen © GeoBasis-DE / LVermGeoRP <2020 - ergänzt durch Schönhofen Ingenieure (Oktober 2020)

⁷ Bäumer, C. Schuster, L. Hage, G. (April 2018): KLIMOPASS: Klimawandel und Klimaanpassung: Zukunftsfähige Gesundheits-, Lebensumfeld- und Erholungsvorsorge in der VVG Bühl-Ottersweier, Anhang I-V, Hrsg.: LUBW Baden-Württemberg, Karlsruhe

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Studernheim, Fachmarktzentrum“, „Neubau Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

Landschaftsraum

Die Gewerbebrache liegt in der naturräumlichen Einheit „Frankenthaler Terrasse“. Außerhalb der Siedlungen und der verkehrlichen Infrastruktur ist die Flächennutzung nahezu vollständig durch Ackerbau charakterisiert. Die Jahresniederschlagsmenge lag in den letzten 3 Jahren im Durchschnitt zwischen 480 und 565 mm und im langfristigen Mittel zwischen 500 mm und 550 mm. Der Wind kommt aus wechselnden Richtungen mit Schwerpunkt aus westlicher Richtung.

Gehölzstrukturen sind nur in linearer Form entlang von Fließgewässern sowie entlang der Verkehrsinfrastruktur vorhanden. Deshalb bildet die baumreiche Gehölzrandstruktur entlang der B 9 sowie entlang der Frankenthaler Straße eine wichtige klimatische Struktur am Siedlungsrand von Frankenthal. Nördlich der beiden genannten Straßen gibt es weitere relevante Gehölzkomplexe.

Ansonsten prägen großflächige gehölzfreie Ackerflächen den Raum außerhalb der Siedlungen.

Lage des Gebietes:

Der Stadtteil Studernheim bildet einen Appendix südlich der Kernstadt. Das Untersuchungsgebiet liegt der westlichen Ortsrandlage unmittelbar neben der Bundesstraße B 9.

Das Untersuchungsgebiet der Gesamtfläche hat eine Größe von ca. 7,3 ha. Davon sind ca. 2/3 der Fläche bereits versiegelt (Gebäude, Parkplätze, Verkehrs- und Fußwege).

Bebauungscharakter des angrenzenden Wohngebietes

Das unmittelbar angrenzende Wohngebiet östlich der beiden Vorhaben ist durch eine Reihenhausbauung (West-Ost Ausrichtung) sowie durch Doppelhäuser entlang der Sonnenstraße charakterisiert.

Ferner weist das Wohngebiet eine umfangreiche und hochwertige Begrünung (hoher Gehölzanteil) im Umfeld der Gebäude sowie auf den Freiflächen auf.

Bestand nördliches Vorhaben:

Der größte Flächenanteil ist versiegelt (Parkplatz, Erschließungsstraßen, geringer Anteil am Gebäude). Die randlichen Flächen sind charakterisiert durch Rasenflächen mit Gebüsch und Straßenbegleitgrün. Auf den Parkplatzflächen gibt es einige Einzelbäume. Gehölzstreifen mit prägender Baumreihe am Ostrand des Gebietes.

Vorbelastungen resultieren aus der hohen Versiegelung (hoher Aufheizeffekt) und damit dem Fehlen von Versickerungsflächen sowie dem weitgehenden Fehlen von Grünstrukturen und der Verkehrsbelastung der parallel zum Vorhabensbereich verlaufenden Bundesstraße B 9.

Bestand südliches Vorhaben:

Ca. die Hälfte der Fläche wird von den versiegelten Flächen des ehemaligen Fachmarktes und der Stellplatzflächen eingenommen.

Im Süden des Untersuchungsgebietes befinden sich Wiesenflächen mit Gebüsch lückigem Baumbestand. Gehölzstreifen mit prägender Baumreihe am Ostrand des Gebietes.

Vorbelastungen resultieren aus der hohen Versiegelung (hoher Aufheizeffekt) im nördlichen Teil und der Verkehrsbelastung der parallel zum Vorhabensbereich verlaufenden Bundesstraße B 9.

Klimatische Funktionen

Die Grünflächen bilden wichtige Versickerungsflächen für das anfallende Niederschlagswasser. Zusätzliche Rückhalteflächen für Starkregenereignisse sind nicht vorhanden.

Die Flächenversiegelungen führen bei einer länger anhaltenden Sonnenscheinperiode zu einer starken Aufheizung in diesen Bereichen.

Demgegenüber wirken die unversiegelten größeren Grünflächen als Kaltluftproduktionsflächen, die einer thermischen Aufheizung entgegenwirken.

Darüber hinaus bilden die großen Laubbäume wichtige Frischluftproduzenten, sie filtern Immissionen aus der Luft und stellen wichtige Schattenspender dar.

3 Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf das Plangebiet

Der Klimawandel hat unterschiedliche Wirkfolgen die teilweise auch Auswirkungen auf das Plangebiet haben. Die nachfolgende Tabelle gibt einen qualitativen Überblick über die möglichen Auswirkungen allgemeiner Art.

Die Stadt Frankenthal befindet sich im Naturraum Vorderpfälzische Rheinebene⁸. „[...] Die Vorderpfälzische Rheinebene gehört zu den Regionen mit den mildesten Wintern und den wärmsten Sommern in Deutschland bei gleichzeitig geringen bis mäßigen Niederschlägen. Die mittleren Jahresdurchschnittstemperaturen erreichen zwischen 9 und um 11 °C; im wärmsten Monat Juli liegen die Durchschnittswerte um oder sogar knapp über 20 °C. Ursache dafür sind häufige Südwest-Wetterlagen mit Luftmassen aus dem westlichen Mittelmeerraum. Föhn-Effekte durch absinkende Luft an der westlichen Grabenbruchkante können zusätzliche Temperaturerhöhungen bewirken. Die Niederschläge betragen dagegen nur zwischen 490 mm und 850 mm. Viele landwirtschaftliche Flächen müssen daher bewässert werden“.

Eine Auswertung der Temperaturwerte Januar bis Dezember über den Zeitraum von 1881 bis 2022 zeigt, dass sich die **Durchschnittstemperatur** im Kalenderjahr um fast 1,7° C **erhöht** hat⁹. Gleichzeitig hat sich die Zahl der **heißen Tage** im Zeitraum 1951 bis 2022 im Naturraum im Durchschnitt auf annähernd 6 Tage **erhöht** gegenüber 1951.

Gleichzeitig zeigt die Entwicklung der **Sonnenscheindauer** im Kalenderjahr (Jan-Dez) **einen Anstieg** von 7% gegenüber dem langjährigen Mittel (1951-2022), das entspricht einer Zunahme von ca. 107 Stunden. Die Zahl der **heißen Tage** hat zwischen 1951-2022 um 6 Tage **zugenommen**; demgegenüber ging die **Zahl der Frosttage** um -15 **zurück** (immer bezogen auf das langjährige Mittel). Insgesamt ist die Anzahl der Sommertage um 16 gestiegen.

Die Entwicklung des Niederschlags im meteorologischen Jahr (Dez-Nov) im Naturraum Vorderpfalz im Zeitraum von 1882 bis 2022 zeigt (in Bezug auf das langjährige Mittel 1993-2022) eine negative Abweichung in den letzten 20 Jahren; die Niederschlagsreduzierung betrug im Jahr 2022 annähernd 5 %¹⁰ und zeigt tendenziell eine **Reduzierung der Niederschlagsmenge** an.

⁸ Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen Rheinland-Pfalz (abgerufen am 14.02.2023): <http://www.kwis-rlp.de>

⁹ Datenquelle Deutscher Wetterdienst abgefragt in Klimawandelinformationssystem Rheinland-Pfalz 14.02.2023

¹⁰ Datenquelle Deutscher Wetterdienst abgefragt in Klimawandelinformationssystem Rheinland-Pfalz

Abbildung 7: Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf den urbanen Raum in Deutschland

Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf den urbanen Raum in Deutschland

Wirkfolgen des Klimawandels auf den urbanen Raum	
1) Menschliche Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"> • sinkender thermischer Komfort • Hitze und Kälte bedingte Todesfälle • steigende Gefahr von vektorbasierten Krankheiten • steigende Gefährdung durch Extremereignisse
2) Energie	<ul style="list-style-type: none"> • steigender Energiebedarf für Kühlung • steigender Energiebedarf für die Aufbereitung von Wasser • sinkender Heizbedarf • sinkende Versorgungssicherheit (insb. bei kühlwasserabhängiger Energiegewinnung)
3) Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> • veränderte Häufigkeit und Höhe von Hochwässern • steigender Wasserbedarf im Sommer • sinkendes Brauchwasserangebot im Sommer • Veränderung des Grundwasserspiegels • veränderte Qualität der Oberflächengewässer • veränderte Qualität des Grundwassers
4) Technische und soziale Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • veränderte Ansprüche an die technische Infrastruktur (z.B. Entwässerung) • veränderte Ansprüche an die soziale Infrastruktur (z.B. Klimatisierung von Kindergärten und Schulen) • vermehrte Schäden und Ausfälle bei Extremereignissen • steigender Bedarf an Einsatzkräften für die Bewältigung von Extremereignissen
5) Transport und Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • vermehrte Behinderungen und Verspätungen durch Extremereignisse • steigende Kosten für die Instandhaltung • veränderter Bedarf an Transportdienstleistungen • veränderte Ansprüche an Transportdienstleistungen (z.B. Klimatisierung)
6) Freiräume und Grünflächen	<ul style="list-style-type: none"> • steigender Bedarf an Kaltluftentstehungsgebieten • steigender Bedarf an Erholungsflächen • veränderte Ansprüche an die Ausgestaltung von Freiflächen (z.B. Schattenplätze, Wasserflächen) • Veränderung des Pflegebedarfes (insb. Bewässerung) • Veränderung der Eignung von Pflanzen (z.B. Straßenbäume) • Veränderung der Biodiversität
7) Lufthygiene	<ul style="list-style-type: none"> • steigende Konzentration toxischer Stoffe (z.B. Ozon, Stäube) • steigende olfaktorische Belastungen • steigender Bedarf an Frischluftentstehungsgebieten
8) Tourismus und Kulturerbe	<ul style="list-style-type: none"> • häufigere Schäden an Gebäuden, Denkmälern und Kultureinrichtungen • Veränderungen der touristischen Saison • Auswirkungen auf das Stadtimage • Veränderung der Badegewässerqualität (z.B. durch Algenblüten)

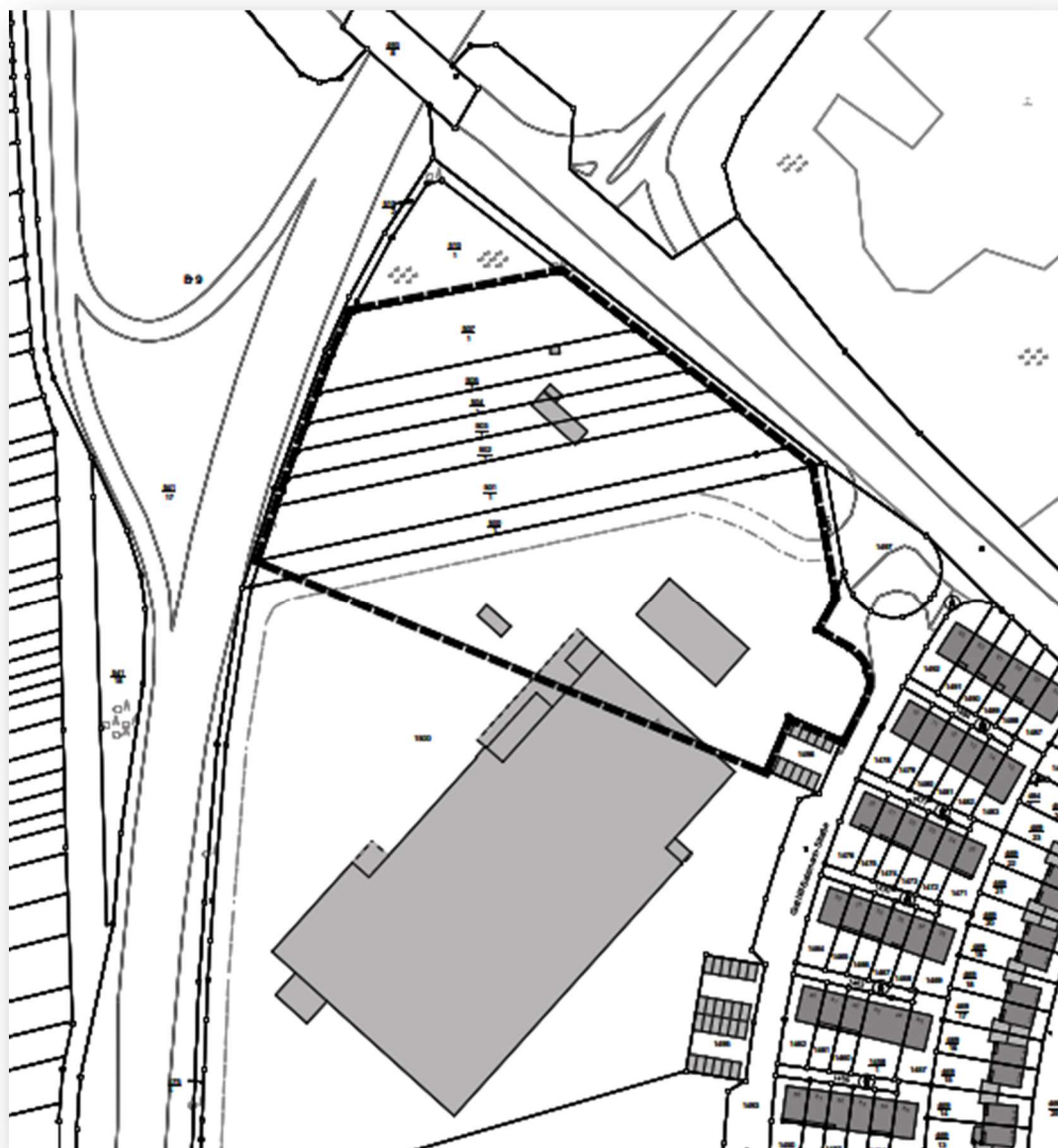
Quelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; 2011

Diese allgemeinen Auswirkungen werden in den Kapiteln 4 bis 6 (Fachmarktzentrum) und 7 bis 9 (Wohnbauflächen) für die beiden Teil-Projekte (Fachmarktzentrum / Wohnanlage) auf den jeweiligen Geltungsbereich und die Vorgaben durch die Bauleitplanung heruntergebrochen und analysiert.

Sie bilden die Grundlage für die planerischen Vorgaben zur Klimafolgenabschätzung.

Geltungsbereich Nord:

Planung „Neubau Fachmarktzentrum“

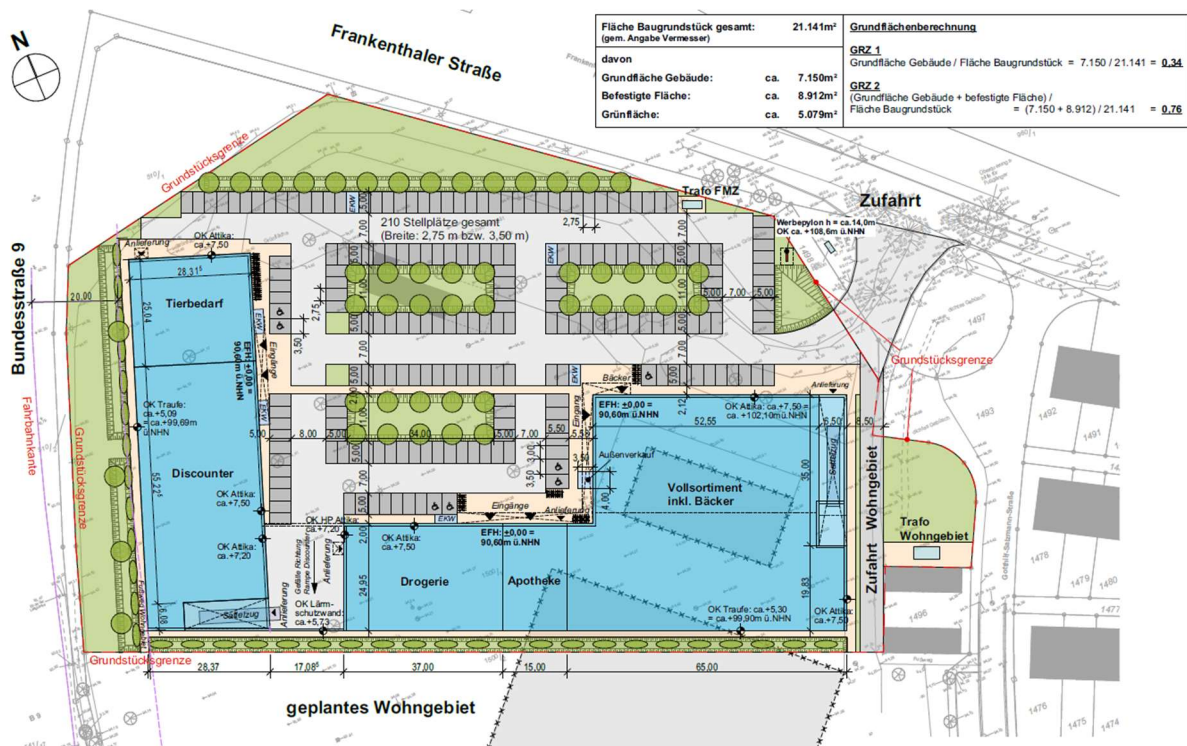


4 Geltungsbereich Nord: Vorgaben für die Planung „Neubau Fachmarktzentrum“

Der aktuelle Entwurf des Lageplans Außenanlagen sieht den Neubau eines Fachmarktzent-
rums in Form von zwei größeren Gebäudekomplexen, der inneren fußläufigen und straßen-
bedingten Erschließung sowie die Ein- und Durchgrünung des Gebietes in Kombination mit
der Rückhaltung von Oberflächenwasser. Die Gesamtgröße beträgt ca. 2,114 ha.

Die Planung sieht eine Eingrünung des Fachmarktes auf drei Seiten vor.

Abbildung 8: Auszug aus dem Lageplan mit Außenanlagen



Quelle: GED Gebäudeentwicklung Duisburg, Entwurf, Stand: 14.12.2022

Die Vorgaben für die Planungen werden in der Reihenfolge der unter Kapitel 1.4 aufgeführten Kriterien abgearbeitet.

4.1 Klimatisch wirksame Flächen / Korridore

a) Anteil an bebauten/ ungebauten Flächen

Durch die komplette Umstrukturierung der bestehenden Flächen kommt es zu einer Versiegelung im Umfang von ca. 1,606 ha.

Dem stehen der Rückbau und eine Entsiegelung von Wegen, Plätzen, Fundamenten entgegen. Insgesamt kommt es durch den Rückbau zu einer Verdopplung des Flächenumfangs an Grünflächen (Bestand: 2.580 m², Planung: ~5.080 m²) die klimawirksam sind. Daraus ergibt sich eine erhebliche Verbesserung gegenüber der vorherigen Situation.

FOLGENDE MAßNAHMEN WIRKEN DER NEUVERSIEGELUNG ENTGEGEN:

- Dach-/ Fassadenbegrünung

Eine extensive Begrünung von Dächern bzw. eine Begrünung von größeren Fassadenbereichen (mindestens 25-30 qm zusammenhängende Flächen) wirken sich mikroklimatisch ebenfalls positiv auf den Standort aus.

Untersuchungen in den 2000er Jahren¹¹ haben gezeigt, dass Dachbegrünungen (extensiv, intensiv) auch einen Beitrag zur Bindung von Feinstaubemissionen leisten.

Das gleich gilt für Fassadenbegrünungen¹².

Umsetzung im B-Plan:

- Für die neuen Gebäude des Fachmarktzentriums wird eine extensive Dachbegrünung im Umfang von 7.150 m² festgesetzt.

- Reduzierung thermischer Effekte am Gebäude

Durch eine entsprechende Farbgestaltung der Gebäudefassaden sowie der Materialauswahl lässt sich die Aufheizung der Gebäude reduzieren. Die Farbe Weiß nimmt am wenigsten Wärme-Energie auf und reduziert damit den thermischen Effekt.

Im Zuge des Klimawandels wird sich nach den Prognosen der Klimaforschung die Intensität der Sonneneinstrahlung sowie die Einstrahlungsdauer für das Rheintal sukzessive erhöhen.

Umsetzung im B-Plan:

- Gehölzreihen auf der West- und Südseite begünstigen eine Teilverschattung von Gebäudeflächen
- Der B-Plan sollte in der Begründung unter Hinweisen und Empfehlungen Vorschläge zur Farbgebung der Gebäude sowie geeigneter Materialien im Hinblick auf die klimatischen Auswirkungen ausführen.

¹¹ IASP (2012) (Seite 11/12)

¹² In Versuchen hat sich gezeigt, dass die hinteren Blätter am meisten Feinstaub binden. Deshalb geht die Empfehlung dahin, dass eine Fassadenbegrünung mindestens zwei Schichten von Blättern haben soll. Die Filterleistung liegt z.B. beim Efeu zwischen 4 bis 8,5% des Gesamtstaubs in der Vegetationsperiode, wobei über 70% des Gesamtstaubes aus Feinstaub bestand.

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Studernheim, Fachmarktzentrum“, „Neubau Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

- **Klimatisch wirksame Bepflanzung**

Der Naturraum „Frankenthaler Terrasse“ ist ein stark defizitärer Raum im Hinblick auf klimawirksame Bepflanzungen. Der Raum ist mit Ausnahme von Ufergehölzen und Verkehrsbegleitgrün außerhalb der Siedlung vollständig ausgeräumt, d.h. weist keine Gehölzpflanzungen auf. Umso wichtiger sind primär die Erhaltung und Sicherung bestehender Gehölzstrukturen.

Der Gehölzstreifen entlang der B 9 bzw. zur Frankenthaler Straße innerhalb des Geltungsbereiches hat auch eine Filterwirkung gegenüber der Straße

Auf der versiegelten Brachfläche befinden sich Einzelbäume im Bereich der ehemaligen Parkplätze.

Bei einer klimatisch wirksamen Bepflanzung spielt die Blattmasse der Bäume eine große Rolle. Aus diesem Grund sind Nadelbäume im Sommer weniger klimatisch wirksam als Laubbäume. Dagegen wirken immergrüne Nadelbäume außerhalb der Vegetationsperiode.

Ein ausgewachsener Laubbaum kann pro Stunde etwa 1 kg Sauerstoff produzieren. In der Gesamttagessproduktion kann damit der Bedarf für >20 Menschen gedeckt werden.

Mit zunehmendem Wachstum der Bäume und Sträucher erhöht sich auch die Blattmasse und damit die klimatische Wirkung der Gehölze. Die Bäume absorbieren tagsüber den größten Teil der Globalstrahlung, so dass weniger auf dem Boden ankommt.

Laubbäume wirken als Schattenspender und haben damit eine wichtige Funktion für das menschliche Wohlbefinden. Sie wirken sowohl direkt im Aufenthaltsbereich von Menschen als auch indirekt im Bereich von parkenden Autos auf den Stellplätzen (starke Reduzierung des Temperaturanstiegs im Innenraum gegenüber einem voll besonnten Stellplatz).

Ein Laubbaum mit gerade einmal 15 m Kronendurchmesser kann dabei eine Fläche von 160 m² mit seinem Schatten kühlen.

Neupflanzungen von Laubbäumen entfalten die klimatische Wirkung, die die bestehenden besitzen erst mittelfristig, das heißt nach 25-30 Jahren optimalen Wachstums. Zur Erhöhung der Bindung von Feinstaub und Luftschadstoffen sind unterschiedliche Baumarten zu pflanzen.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Festsetzung einer intensiv bepflanzten Randeingrünung im Bereich des geplanten Fachmarktzentrums stellt eine wichtige, klimatisch wirksame Bepflanzung dar. Neben Gehölzen sind auch kräuterreiche Grünflächen zu entwickeln.
- Im Bereich des Walles zum Wohngebiet werden ebenfalls Gehölzpflanzungen festgesetzt.
- Für die geplanten Stellplätze werden im Randbereich der Retentionsmulden Baumpflanzungen festgesetzt.
- Bei der Artenauswahl ist auf hitze- und trockentolerante Arten zu achten.

b) Klimatische Funktionen der einzelnen Flächen

Die verschiedenen Flächennutzungen auf der gewerblichen Brachfläche weisen unterschiedliche klimatische Funktionen auf.

Kaltluftproduktionsflächen

Alle nicht versiegelten Flächen, ohne größere Gehölzflächen, bilden Kaltluftproduktionsflächen. Die Flächen heizen sich am Tage weniger stark auf und geben nachts Bodenfeuchtigkeit an die Luft ab. Die entstehende Kaltluft verdrängt die warme Luft des Tages, die nach oben steigt. So entsteht ein Abkühlungseffekt auch auf die benachbarten wärmeren Flächen. Je größer die Flächen sind, desto höher ist der Abkühlungseffekt auf die Umgebung. Dies gilt im besiedelten Bereich insbesondere auch für Rasenflächen, sofern diese eine gute Bodenfeuchte aufweisen.

Durch größere Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen entstehen große zusammenhängende Kaltluftproduktionsflächen. Diese befinden sich im Bereich der geplanten Eingrünungsflächen sowie der Retentionsmulden.

Umsetzung im B-Plan:

- Durch Rückbau / Entsiegelung von bisher versiegelten Flächen entstehen großflächig neue Kaltluftproduktionsflächen. Eine Anbindung an umgebende Kaltluftproduktionsflächen ist durch die Insellage des Plangebietes nicht möglich. Die dauerhafte Begrünung der Flächen wird im B-Plan festgesetzt.
- Darüber hinaus wirken Dachbegrünungen teilweise ebenfalls als Kaltluftproduktionsflächen. Die Wirkung hängt von der Art und Mächtigkeit des Substrates sowie der Art der Begrünung ab. Je höher die Wasserspeicherfähigkeit des Substrats und je dichter die Vegetation, desto stärker ist die Kaltluftproduktion. Die Dachbegrünungen werden im B-Plan festgesetzt.

Frischluffproduktionsflächen

Die linearen Gehölzbänder im Randbereich zur B 9 bzw. zur Frankenthaler Straße stellen wichtige Frischluffproduktionsstandorte dar.

Die Blätter von Laubbäumen nehmen bei der Photosynthese Kohlenstoff auf und wandeln diesen u. a. in Sauerstoff um. Durch die gleichzeitige Verdunstung von Wasser über die Blätter wird die Luft angefeuchtet, so dass Frischluff entsteht.

Gleichzeitig filtern die Blätter, die in der Luft schwebenden Bakterien, Pilzsporen, Staub und andere schädliche Stoffe größtenteils aus der Luft¹³. Diese lagern sich auch an Dach- und Fassadenbegrünungen an.

Umsetzung im B-Plan:

- Die randlichen Gehölzflächen entlang der Verkehrsachsen und Parkstände (am Wohngebiet) mit Frischluffproduktionscharakter werden in die Umgestaltungsplanung integriert und über Erhaltungsfestsetzungen gesichert.

¹³ Pflanzwert eines Baumes, www.die-gruene-stadt.de

- Darüber hinaus wird eine hochwertige Randeingrünung festgesetzt. Da diese nur mittelfristig wirksam sind, sind gleichzeitig höhere Pflanzqualitäten festzulegen, um diesen Zeitraum zu verkürzen.
- Auch im Bereich der Parkplätze/Retentionsmulden werden höhere Pflanzqualitäten festgesetzt.

Thermische Aufheizflächen

Die versiegelten Flächen bilden starke Wärmespeicher. Die gespeicherte Wärme wird nur langsam an die Umgebung abgegeben. So entsteht ein deutlicher Temperaturunterschied, zwischen unbefestigten und befestigten Flächen, der mehrere Grad Celsius betragen kann.

In den Sommermonaten ist dieses Temperaturgefälle besonders groß.

Die Ausbildung solcher Wärmeinseln geschieht in Abhängigkeit von der jahreszeitlichen Dauer und Stärke der Sonneneinstrahlung.

Die Größe von Wärmeinseln wird einerseits durch den Umfang der versiegelten Flächen sowie andererseits durch die Größe kaltluftproduzierender Flächen im Umfeld und Luftaustauschprozessen bestimmt.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Rückbau- und Entsiegelungsflächen werden als Grünflächen festgesetzt. Sie wirken im Verbund mit den bestehenden Kaltluftproduktionsflächen ausgleichend auf die Wärmeinseln.
- Die Verwendung wasserdurchlässiger Materialien für den Wege- und Platzbau wirkt sich ebenfalls positiv auf die thermische Aufheizung aus. Bei der Materialauswahl - im Zuge der Ausführungsplanung - ist solchen Materialien, bei gleicher Anforderungsqualität, ein Vorrang einzuräumen.
- Temporär wasserführende Mulden und Retentionsmulden wirken ebenfalls einer Aufheizung entgegen. >> Festsetzung im B-Plan.
- Dachbegrünungen reduzieren die thermische Aufheizung der darunter liegenden versiegelten Flächen. Die geplanten Dachbegrünungen sind im B-Plan festzusetzen.

c) Windverhältnisse

Die für den Geltungsbereich wirksamen Windereignisse kommen überwiegend aus südwest- bis westlicher Richtung. Durch die Dammlage der Verkehrsachsen B 9 sowie der Frankenthaler Straße liegt die gewerbliche Brachfläche einige Meter tiefer und ist somit weniger windexponiert. Im Bereich der beiderseitigen Gehölzflächen entlang der Verkehrsachsen haben diese zusätzlich eine windabschwächende Funktion. Lediglich in der Dammlage ohne Gehölzbewuchs ist die Windeinwirkung stärker.

Im Zuge des Klimawandels ist zukünftig auch mit stärkeren lokalen Windböen zu rechnen, die durch Gehölzstrukturen, wie sie derzeit entlang der Verkehrsachsen vorhanden sind, aufgrund ihrer Oberflächenrauigkeit abgebremst werden.

In Verbindung mit Windböen kommt es, insbesondere auf großflächigen Ackerparzellen ohne unterbrechende Gehölzstrukturen, zu heftigen Staubverdriftungen, die von einer qualitativ hochwertigen Randeingrünung, wie im Ansatz bereits auf der gewerblichen Brachfläche vorhanden (Randeingrünung entlang Verkehrsachsen), weitgehend zurückgehalten werden

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Studernheim, Fachmarktzentrum“, „Neubau Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

können. Die Staubverdriftungen werden im Zuge des Klimawandels ebenfalls an Zahl und Intensität zunehmen.

Durch die geplante breite Randeingrünung im Westen und Norden des geplanten Baugebietes lässt sich die Wirkung von Windereignissen und einer potenziellen Staubverdriftung reduzieren.

Umsetzung im B-Plan:

- Zum Schutz gegen stärkere Windereignisse, Windböen und Staubverdriftung wird im B-Plan eine hochwertige Randeingrünung aus Bäumen und Sträuchern mit Pflanzbindung festgesetzt.
- Dachbegrünungen nehmen ebenfalls Staub auf und binden diesen an der Oberfläche. Die Begrünung wird im B-Plan festgesetzt.

d) Durchlüftungskorridore/ Luftaustausch / Hindernisse/

Für das lokale Klima sind Durchlüftungskorridore, die einen Luftaustausch ermöglichen von großer Bedeutung. Deshalb ist es wichtig, dem entgegenstehende Hindernisse baulicher Art frühzeitig in der Planung zu erkennen und entgegenzusteuern.

Zwischen dem ehemaligen Fachmarktzentrum mit den Anbindungen an die Bundesstraße sowie dem südlichen Siedlungsrand der Kernstadt befindet sich ein unbebauter Korridor von ca. 300 m, der bei Windverhältnissen eine gute Durchlüftung bildet.

Die Gehölze entlang der B 9 können bei geringen und mittleren Windgeschwindigkeiten dämpfend wirken und so Windböen etwas reduzieren.

- Baukörperstellung

Die Baukörperstellung kann die Durchlüftung bzw. den Luftaustausch fördern oder ihn schlimmstenfalls behindern, deshalb ist es wichtig bei der Planung von Gebäuden die bestehenden Durchlüftungskorridore sowie die Hauptwindrichtung in die Planungsvorgaben mit aufzunehmen.

Der bisherige Baukörper des ehemaligen Fachmarktes hatte eine südwest-nordöstliche Ausrichtung. Der neue Fachmarktkomplex ist zweigeteilt. Der größere Gebäudeteil im Süden weist eine West-Ost Ausrichtung auf, während der etwas kleinere Gebäudeteil eine Nord-Süd Ausrichtung besitzt. Durch den kleineren Baukörper wird die Winddurchlässigkeit im nördlichen Teil geringfügig reduziert.

Neben der Baukörperstellung spielt auch die Höhe des Baukörpers eine nicht unwesentliche Rolle. Gebäude die höher sind als die umgebende Bebauung bzw. wirken als Strömungshindernisse und führen zu unterschiedlich starken Verwirbelungen am Gebäudekörper.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Planung des Fachmarktzentrums sieht im westlichen Teil eine Baukörperstellung quer zur Hauptwindrichtung vor. Es bleibt auf beiden Seiten aber noch ein schmaler Korridor, an dem die Luft vorbeifließen kann. Der zweite größere Gebäudekomplex im Süden liegt in Windrichtung. Durch großflächige Entsiegelungs- und hochwertige Bepflanzungsmaßnahmen lässt sich die geringe Beeinträchtigung der Durchlüftung kompensieren (geringere Aufheizung, Bäume als Schattenspender und Feinstaubfilter und Frischluftproduzent).

4.2 Wasserfunktionen

a) Wasserrückhaltung/ -speicherung

Dachbegrünung¹⁴

Versuche mit Begrünungsmatten¹⁵ haben hinsichtlich einer Wasserrückhaltung positive wirksame Ergebnisse gebracht. Die Wasserrückhaltung von begrünten Dächern kann bis zu 50% betragen. Das nicht zurückhaltbare Niederschlagswasser ist dann schadlos in entsprechende Rückhalteflächen abzuleiten.

Umsetzung im B-Plan:

- Für den Neubau des Fachmarktzentruns (zwei Gebäude) ist auf ca. 7.150 m² eine Dachbegrünung vorgesehen. Diese kann mit Photovoltaikanlagen kombiniert werden.
- Die Dachbegrünungen werden im B-Plan festgesetzt.

Unbefestigte Rückhaltefläche

Die anfallenden Niederschläge sind, so weit als möglich, im Baugebiet zurückzuhalten und dem natürlichen Wasserhaushalt wieder zu zuführen. Hierfür sind auf Freiflächen entsprechende Maßnahmen einzuplanen.

Umsetzung im B-Plan:

- Der B-Plan sieht für die beiden Gebäude eine Dachbegrünung vor, die rechtlich festgesetzt wird. Sie kann je nach Ausstattung bis zu 50% eines Niederschlags aufnehmen und über Verdunstung wieder an die Luft abgeben.
- Das nicht durch die Dachbegrünung rückzuhaltende Niederschlagswasser wird über ein Kanalsystem in unbefestigte Retentionsmulden abgeleitet. Die Retentionsmulden werden als Flächen zur Wasserrückhaltung festgesetzt.
- Das vorliegende Entwässerungskonzept sieht für die vollständige Umsetzung des B-Plans umfangreiche Retentionsmulden vor. Diese reichen aus um die anfallenden Niederschläge (ohne Starkregenereignisse) schadlos ab- und dem natürlichen Wasserhaushalt zuzuführen.
- Gleichzeitig erhöht die Verdunstung über den Versickerungsflächen temporär die Luftfeuchtigkeit in der Umgebung.

b) Überflutungsschutz

Starkregenereignisse können aufgrund der großen Wassermengen in kurzer Zeit zu Überschwemmungen führen, die im Bereich von Gebäuden und sonstiger Infrastruktur massive Schäden verursachen können. Darüber hinaus sind die Flächen unter Umständen für mehrere Tage nicht betretbar.

¹⁴ IASP (2012) (Seite 14)

¹⁵ Versuche mit unterschiedlichen Begrünungsmatten (Moos-Matten, Sedum-Matten, Sedum-Gras-Krautmatten) bei einer Wuchsbedeckung von mindestens 89 % brachte hinsichtlich des Feuchtigkeitsgehaltes bei den Sedum-Gras-Krautmatten den höchsten Wert 5.255 g/m² im Mittel, der mehr als doppelt so hoch wie bei den Moos-Matten war. Das bedeutet, dass diese Begrünung sehr effektiv Niederschlagswasser speichern kann.

- Rückhalteflächen zur Drosselung von Abflussspitzen

Umsetzung im B-Plan:

- Die von dem Entwässerungskonzept vorgesehenen acht Versickerungsmulden werden als Flächen für die Niederschlagswasserrückhaltung festgesetzt.
- Darüber hinaus sind Notüberläufe in das Kanalnetz bzw. vorzusehen.
- Ggf. kann bei Bedarf über nachträglich herzustellende Schluckbrunnen die Versickerungsleistung auf der Fläche erhöht werden.

4.3 Verschattung

Bei der Planung von Solarenergienutzung auf Gebäuden sind potenzielle Verschattungen durch das Umfeld zu vermeiden.

a) Nutzung Solarenergie

- Baukörperstellung

Für die Nutzung von Solarenergie ist eine maximal mögliche Sonneneinstrahlung auf die Fotovoltaikanlagen Voraussetzung für eine möglichst hohe Energiegewinnung. Darüber hinaus ist die Stellung des Baukörpers sowie Art und Neigung der Dachflächen von großer Relevanz.

Umsetzung im B-Plan:

- Bei der Neubauplanung wurde das westliche Gebäude hinsichtlich der Baukörperstellung in Nord-Südausrichtung und das östliche Gebäude in einer West- Ostausrichtung, jeweils mit einer entsprechende Dachneigung (Flachdach) konzipiert. Diese werden auch über entsprechende Festsetzungen rechtlich fixiert.

- Grünkonzept

Bei einer Kombination von Dachbegrünung und Fotovoltaikanlagen ist darauf zu achten, dass nur eine niedrig wachsende Vegetation als Dachbegrünung verwendet wird. Gehölzpflanzungen, die eine Verschattung bewirken können, sind auszuschließen.

Umsetzung im B-Plan:

- Über die Festsetzungen wird eine extensive Dachbegrünung festgelegt.

4.4 Grünfunktionen

a) Mikroklima

Pflanzflächen stellen eine wichtige Einflussgröße für das Mikroklima dar. Die derzeitige Randeingrünung im Westen und Norden mit Bäumen, Sträuchern und Rasenflächen bilden mikroklimatisch einen wichtigen Ausgleich gegenüber der umfangreichen Flächenversiegelung.

Umsetzung im B-Plan:

- Der B-Plan setzt über unterschiedliche Festsetzungen die zu erhaltenden und geplanten Pflanzflächen, Dachbegrünungen sowie Flächen für die Wasserrückhaltung fest.
- Hinzu kommt die Festsetzung von wasserdurchlässigen Befestigungsmaterialien für den Wegebau sowie die Platzgestaltung.

- Multifunktionales Freiflächenkonzept

Ein Freiflächenkonzept muss unterschiedliche Funktionen erfüllen. Neben der Nutzung als Erholungsfläche, der Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes, der Rückhaltung von Oberflächenwasser, den untergeordneten Funktionen für den Arten und Biotopschutz kommt insbesondere zunehmend den Klimafunktionen eine immer wichtigere Rolle für das lokale Mikroklima zu.

Umsetzung im B-Plan:

- Das multifunktionale Freiflächenkonzept beinhaltet: Neugestaltung Ortsbild, Rückhaltung Oberflächenwasser mit gleichzeitiger Förderung der Neupflanzungen und zusätzlicher Grünflächen (Dachbegrünung), Grünflächen zur Förderung der Biodiversität.
- Pflanzflächen, Versickerungsmulden, Dachbegrünungen sowie der Neubau der beiden Gebäude und der prozentuale Anteil der fußläufigen Erschließung an der Gesamtfläche werden rechtlich festzusetzen.

b) Entgegenwirken von Hitzeperioden

Der Klimawandel wird vor allem in Städten zu einer zunehmenden gesundheitlichen Belastung der Menschen führen. Länger anhaltende Hitzeperioden führen für den Menschen zu Beeinträchtigungen im Wohlbefinden und können auch gesundheitliche Beeinträchtigungen bedingen (Herz-Kreislaufprobleme, Hitzeschocks). Im Umfeld großflächiger Gebäude und mit hohem Versiegelungsgrad in den angrenzenden Bereichen sind „Wohlfühlräume“ innerhalb und außerhalb von Gebäuden herzustellen.

Umsetzung im B-Plan:

- Im Bereich der Freiräume werden über Erhaltungsfestsetzungen sowie durch Neupflanzungen und einer entsprechenden Wegeführung der Freiraumgestaltung schattenspendende Bereiche entwickelt bzw. optimiert.

- Dach-/Fassadenbegrünung

Dachbegrünungen wirken u. a. kühlend auf ein Gebäude.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Dachbegrünungen an Gebäuden werden über Festsetzungen rechtlich verbindlich festgesetzt.

4.5 Umfeld Fachmarktzentrum

Die großflächigen Ackerstrukturen im Westen sind wichtige Kaltluftproduktionsflächen im Umfeld der Bebauung. Sie wirken einer thermischen Aufheizung entgegen. Dies betrifft auf jeden Fall die Siedlungsrandbereiche – insbesondere auch auf die gewerbliche Brachfläche mit Ihrem hohen Versiegelungsgrad zu.

Frischluffproduktionsflächen sind in kleinerem Umfang im Bereich der Straßennebenflächen der B 9 sowie der Frankenthaler Straße vorhanden. Die Erhaltung der gehölzbestandenen Randbereiche im Umfeld des Geltungsbereiches haben ebenfalls eine wichtige Bedeutung für diese Funktion.

5 Geltungsbereich Nord: Festsetzungsmöglichkeiten/ Sonstige Regelungen

Für Maßnahmen zum Klimaschutz können unterschiedliche Gesetze auf verschiedenen Ebenen der Planung herangezogen werden.

Für den Bereich der Bauleitplanung insbesondere des hier vorliegenden Bebauungsplans sind folgenden Gesetzesgrundlagen von Relevanz:

- Baugesetzbuch
- Baunutzungsverordnung
- Städtebauliche Satzungen z.B. Baumschutzsatzung,
- Gemeindeordnung

In diesem Kapitel werden die erforderlichen Festsetzungen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen auf das Klima in Kurzform zusammengefasst.

Städtebauliche Festsetzungen

- Festlegung von Gebäudestellung und Höhe
- Festlegung von Flachdächern mit Vorgabe max. Neigungswinkel
- Dachbegrünung in Verbindung mit Wasserrückhaltung und der Nutzung von Fotovoltaikanlagen
- Hinweis/Empfehlung: Farbgestaltung Gebäude

Naturschutzfachliche Festsetzungen

- Erhaltung Gehölzstreifen im Westen und Norden
- Herstellung einer unbefestigten Versickerungsfläche
- Festsetzung wasserdurchlässiger Beläge (nur bei geeigneten Bodenkennwerten)
- Neupflanzung von Bäumen, Sträuchern
- Ansaat von Offenlandflächen

6 Geltungsbereich Nord: Zusammenfassung

Die Stadt Frankenthal stellt für das Gelände einer gewerblichen Brache (ehemaliger Fachmarkt) den Bebauungsplan „Neubau eines Fachmarktzentrums“ auf.

Um die Planung hinsichtlich des Klimawandels zu optimieren hat die GED Gebäudeentwicklung Duisburg GmbH einen Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung für den Geltungsbereich des Bauleitplanverfahrens beauftragt.

Die bestehenden klimatischen Funktionen und Wirkungen auf der gewerblichen Brachfläche sowie der näheren Umgebung werden beschrieben. Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf das Plangebiet werden allgemein dargestellt und dann auf den konkreten Fall abgeleitet. Als Kriterien werden herangezogen: Klimatisch wirksame Flächen / Korridore, Wasserfunktionen, Verschattung, Grünfunktionen, Umfeld geplantes Fachmarktzentrum. Danach wurden die einzelnen Kriterien anhand der vorgelegten Planung untersucht und Forderungen für die Umsetzung im B-Plan formuliert. Die vorliegende Stadtklimaanalyse¹⁶ stuft den Vorhabensbereich hinsichtlich der Stadtklimatischen Bedeutung als **gering** ein. Das Gutachten führt in seiner Kategorisierung der Beschreibung und Bewertung der geplanten Baufläche im Kontext der Bedeutung für das Stadtklima folgendes aus:

„Für die Entwicklung bzw. die Überplanung dieser Flächen sind keine weiteren klimatischen Gutachten oder Berücksichtigungen notwendig. Es besteht die grundsätzliche Notwendigkeit zum klimaangepassten Bauen und sollte entsprechend dem aktuellen Stand zur guten fachlichen Praxis in der Klimaanpassung¹⁷ durchgeführt werden“.

>>Dies erfolgt mit dem vorliegenden Fachbeitrag!

Aus Sicht der Klimafolgenabschätzung sind darüber hinaus im Einzelnen folgende Maßnahmen bzw. Hinweise von Bedeutung:

- Temperatenausgleichende Wirkungen lassen sich durch Pflanzung von Bäumen und Sträuchern sowie insbesondere auch durch Dachbegrünungen erzielen.
- Bäume haben eine schattenspendende Wirkung für Menschen, die sich im Freien aufhalten. Darüber hinaus produzieren sie Sauerstoff und filtern Luftschadstoffe heraus.
- Unbefestigte Flächen wirken als Kaltluftproduktionsflächen, die ebenfalls temperatenausgleichend wirken. Deshalb sind die Entsiegelungsmaßnahmen von großer Bedeutung. Die Flächen sind anschließend mindestens zu begrünen.
- Die vorhandene Randeingrünung (außerhalb des Geltungsbereichs) schützt auch vor stärkeren Windereignissen und hat eine Bedeutung als Staubfilter.
- Dachbegrünung und unbefestigte Retentionsmulden wirken sich positiv auf den Wasserhaushalt aus und wirken Schadereignissen durch Starkregen entgegen.

¹⁶ Burghardt und Partner, Ingenieure (BPI) (01/2023): Stadtklimaanalyse – Erstellung einer Klimafunktions- und Planungshinweiskarte - Klima für die Stadt Frankenthal (Pfalz);

¹⁷ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) (Hrsg.) (01/2023): Klimaangepasste Gebäude und Liegenschaften; Berlin

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Studenheim, Fachmarktzentrum“, „Neubau Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

- Die Verwendung wasserdurchlässiger Materialien (dort wo Versickerung möglich) für den Wege- und Platzbau wirkt sich ebenfalls positiv auf die thermische Aufheizung aus.
- Eine helle Farbgebung reduziert die thermische Aufheizung von Gebäuden.
- Ein multifunktionales Freiflächenkonzept mit umfangreichen Baum- und Strauchpflanzungen verbessert das Mikroklima und ermöglicht Konsumenten und Angestellten eine hohe Aufenthaltsqualität.

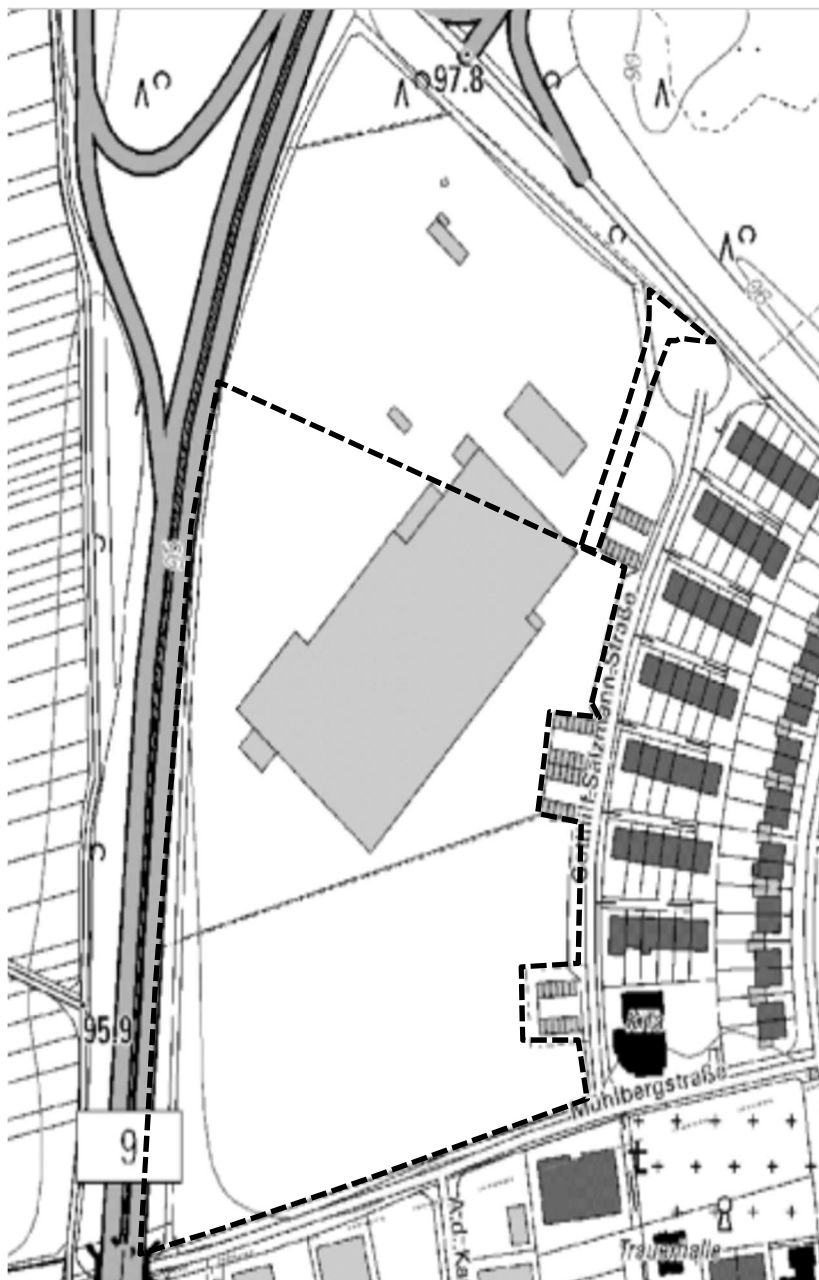
Abschließend werden aus Sicht des Fachbeitrags Klimafolgenabschätzung städtebauliche und naturschutzfachliche Festsetzungsvorschläge formuliert, die zu einer Berücksichtigung und Optimierung des Bauvorhabens aus Sicht der Klimafunktionen beitragen.

Als Fazit lässt sich sagen, dass positiv klimawirksame Maßnahmen in dem Projektgebiet umgesetzt werden können. Darüber hinaus besteht gemäß den Handlungshinweisen aus dem Gutachten der Stadtklimaanalyse¹⁸ „die grundsätzliche Notwendigkeit zum klimaangepassten Bauen und sollte entsprechend dem aktuellen Stand zur guten fachlichen Praxis in der Klimaanpassung durchgeführt werden.“

¹⁸ Burghardt und Partner, Ingenieure (01/2023): Stadtklimaanalyse – Erstellung einer Klimafunktions- und Planungshinweiskarte Klima für die Stadt Frankenthal (Pfalz), vorläufiger Endbericht, im Auftrag der Stadt Frankenthal;

Geltungsbereich Süd:

Planung „Neubau Wohnanlage“



7 Geltungsbereich Süd: Vorgaben für die Planung „Neubau Wohnanlage“

Der Gesamtlageplan (Stand: 26.09.2024) des Vorhabenträgers sieht im südlichen Teil des ehemaligen Fachmarktes die Umsetzung einer Wohnanlage mit unterschiedlichen Gebäudetypen (Doppelhaus, Reihenhausbebauung sowie im Norden Geschoss-Wohnungsbau) vor. Hinzu kommt die innere fußläufige und straßenbedingte Erschließung sowie die Ein- und Durchgrünung des Gebietes.

Südlich und westlich des Geschoss-Wohnungsbaues sind Spielflächen vorgesehen.

Der Saumbereich zur B9 wird als Abstandsgrün strukturreich mit Feldgehölzen angelegt.

Die Gesamtgröße der Fläche beträgt ca. 5,714 ha.

Abbildung 9: Auszug aus dem Gesamtlageplan



Quelle: Planungsteam Desor
Wiesbaden, Vorabzug,
Stand: 24.09.2024

Die Vorgaben für die Planungen werden in der Reihenfolge der unter Kapitel 1.4 aufgeführten Kriterien abgearbeitet.

7.1 Klimatisch wirksame Flächen / Korridore

a) Anteil an bebauten/ un bebauten Flächen

Durch die komplette Umstrukturierung der bestehenden Flächen kommt es zu einem Rückbau von 2,81 ha versiegelter Fläche. Die Neuplanung sieht eine Versiegelung von 3,021 ha vor. Das bedeutet, dass ca. 0,21 ha zusätzlich gegenüber dem Bestand versiegelt werden.

Insgesamt beträgt der Grünflächenanteil 2,69 ha. Dieser ist klimawirksam.

Durch die Neuordnung des Gebietes wird zwar im Süden eine größere zusammenhängende klimawirksame Grünfläche zerschnitten, gleichzeitig wird aber nördlich davon eine große Versiegelungsfläche aufgelöst. Die neuen Gebäude, Straßen und Plätze bilden kleinere Versiegelungseinheiten, die zukünftig alle von klimawirksamen Grünstrukturen umgeben sind.

FOLGENDE MAßNAHMEN WIRKEN DER NEUVERSIEGELUNG ENTGEGEN:

- Dach-/ Fassadenbegrünung

Eine extensive Begrünung von Dächern bzw. eine Begrünung von größeren Fassadenbereichen (mindestens 25-30 qm zusammenhängende Flächen) wirkt sich mikroklimatisch ebenfalls positiv auf den Standort aus.

Untersuchungen in den 2000er Jahren¹⁹ haben gezeigt, dass Dachbegrünungen (extensiv, intensiv) auch einen Beitrag zur Bindung von Feinstaubemissionen leisten.

Das gleich gilt für Fassadenbegrünungen²⁰.

Umsetzung im B-Plan:

- Für die neuen Gebäude des Geschoss-Wohnungsbaues (Flachdächer) sowie die Doppel- und Reihenhäuser mit Pultdach (Neigung 5°) ist eine extensive Dachbegrünung im Umfang von ca. 4.598 m² festzusetzen.

- Reduzierung thermischer Effekte am Gebäude

Durch eine entsprechende Farbgestaltung der Gebäudefassaden sowie der Materialauswahl lässt sich die Aufheizung der Gebäude reduzieren. Die Farbe Weiß nimmt am wenigsten Wärme-Energie auf und reduziert damit den thermischen Effekt.

Im Zuge des Klimawandels wird sich nach den Prognosen der Klimaforschung die Intensität der Sonneneinstrahlung sowie die Einstrahlungsdauer für das Rheintal sukzessive erhöhen.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Festsetzung einer extensiven Dachbegrünung führt zu einer geringeren Aufheizung der Gebäudedächer.

¹⁹ IASP (2012) (Seite 11/12)

²⁰ In Versuchen hat sich gezeigt, dass die hinteren Blätter am meisten Feinstaub binden. Deshalb geht die Empfehlung dahin, dass eine Fassadenbegrünung mindestens zwei Schichten von Blättern haben soll. Die Filterleistung liegt z.B. beim Efeu zwischen 4 bis 8,5% des Gesamtstaubs in der Vegetationsperiode, wobei über 70% des Gesamtstaubes aus Feinstaub bestand.

- Der B-Plan gibt in der Begründung unter Hinweisen und Empfehlungen Vorschläge zur Farbgebung der Gebäude sowie geeigneter Materialien (geringerer Aufheizeffekte, bessere Rückstrahlung), die sich positiv auf das Klima auswirken.

- Klimatisch wirksame Bepflanzung

Die naturräumliche Einheit „Frankenthaler Terrasse“ ist ein stark defizitärer Raum im Hinblick auf klimawirksame Bepflanzungen. Der Raum ist mit Ausnahme von Ufergehölzen und Verkehrsbegleitgrün außerhalb der Siedlung vollständig ausgeräumt, d.h. weist keine Gehölzpflanzungen auf. Umso wichtiger sind primär die Erhaltung und Sicherung bestehender Gehölzstrukturen.

Das gehölzdominierte Abstandsr Grün entlang der B 9 innerhalb des Geltungsbereiches hat auch eine Filterwirkung gegenüber der Straße.

Auf der versiegelten Brachfläche befinden sich Einzelbäume im Bereich der ehemaligen Parkplätze.

Der Großteil des südlichen Geltungsbereiches ist komplett unversiegelt und weist neben den Wiesenflächen einen heterogenen, teils lückigen Gehölzbestand unterschiedlicher Ausprägung (Bäume, Sträucher) auf ca. 2/3 der Fläche auf und ist klimatisch wirksam.

Bei einer klimatisch wirksamen Bepflanzung spielt die Blattmasse der Bäume eine große Rolle. Aus diesem Grund sind Nadelbäume im Sommer weniger klimatisch wirksam als Laubbäume. Dagegen wirken immergrüne Nadelbäume außerhalb der Vegetationsperiode.

Ein ausgewachsener Laubbaum kann pro Stunde etwa 1 kg Sauerstoff produzieren. In der Gesamttagesproduktion kann damit der Bedarf für >20 Menschen gedeckt werden.

Mit zunehmendem Wachstum der Bäume und Sträucher erhöht sich auch die Blattmasse und damit die klimatische Wirkung der Gehölze. Die Bäume absorbieren tagsüber den größten Teil der Globalstrahlung, so dass weniger auf dem Boden ankommt.

Laubbäume wirken als Schattenspender und haben damit eine wichtige Funktion für das menschliche Wohlbefinden. Sie wirken sowohl direkt im Aufenthaltsbereich von Menschen (z.B. möblierte Freiflächen, Spielplatz) als auch indirekt im Bereich von parkenden Autos auf den Stellplätzen (starke Reduzierung des Temperaturanstiegs im Innenraum gegenüber einem voll besonnten Stellplatz).

Ein Laubbaum mit ca. 15 m Kronendurchmesser kann dabei eine Fläche von 160 m² mit seinem Schatten kühlen.

Neupflanzungen von Laubbäumen entfalten die klimatische Wirkung, die die bestehenden Bäume besitzen erst mittelfristig - das heißt nach 25-30 Jahren optimalen Wachstums. Zur Erhöhung der Bindung von Feinstaub und Luftschadstoffen sind unterschiedliche Baumarten zu pflanzen.

Es ist vor allem bei zukünftigen Freiflächen darauf zu achten, dass die vorhandenen Böden bauzeitlich geschützt werden (Vermeidung von Verdichtungen).

Umsetzung im B-Plan:

- Der Randbereich zur B 9 wird als Abstandsgrün mit einer Pflanzbindung für ein strukturreiches Feldgehölz festgesetzt.
- Die Abstandsflächen zwischen den Gebäuden werden als extensive Grünflächen mit einem prozentualen Anteil an Gehölzen (Bäume, Sträucher) festgesetzt.
- Im Bereich der geplanten Stellplätze sowie entlang der HAUPTSCHLIEßUNGSSTRAßE werden, soweit möglich, in regelmäßigen Abständen Baumpflanzungen festgesetzt.
- Für die Aufenthaltsbereiche der Spielflächen werden Pflanzfestsetzungen (Bäume, Sträucher) u.a. als Schattenspender getroffen.
- Bei der Artenauswahl ist auf hitze- und trockentolerante Arten zu achten.

b) Klimatische Funktionen der einzelnen Flächen

Die verschiedenen Flächennutzungen auf der gewerblichen Brachfläche weisen unterschiedliche klimatische Funktionen auf.

Kaltluftproduktionsflächen,

Alle nicht versiegelten Flächen, ohne größere Gehölzflächen, bilden Kaltluftproduktionsflächen. Im Geltungsbereich ist der unbefestigte Bereich im Süden in dieser Kategorie einzustufen. Dies gilt im besiedelten Bereich insbesondere auch für Rasenflächen, sofern diese eine gute Bodenfeuchte aufweisen.

Die Flächen heizen sich am Tage weniger stark auf und geben nachts die Bodenfeuchtigkeit an die Luft ab. Die entstehende Kaltluft verdrängt die warme Luft des Tages, die nach oben steigt. So entsteht auch ein Abkühlungseffekt auf die benachbarten wärmeren Flächen. Je größer die kaltluftproduzierenden Flächen sind, desto höher ist der Abkühlungseffekt auf die Umgebung.

Durch größere Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen entstehen große zusammenhängende Kaltluftproduktionsflächen. Solche Flächen mit Kaltluftproduktionsfunktion sind als Abstandsgrün zwischen den Gebäudekomplexen geplant und sehr wichtig.

Dabei spielt die Qualität der Böden eine große Rolle. Je höher die Wasserspeicherfähigkeit der Böden, desto stärker ist der Verdunstungs- und Abkühlungseffekt im besiedelten Bereich²¹. Mit zunehmender Austrocknung der Böden nimmt die Kühlleistung ab. Durch Grundwassernähe können auch an Hitzetagen hohe Kühlleistungen erzielt werden.

Umsetzung im B-Plan:

- Durch Rückbau / Entsiegelung von bisher versiegelten Flächen entstehen neue Kaltluftproduktionsflächen. Eine Anbindung an umgebende Kaltluftproduktionsflächen ist durch die Insellage des Plangebietes nicht möglich. Die dauerhafte Begrünung der Flächen wird im B-Plan festgesetzt.
- Darüber hinaus wirken Dachbegrünungen teilweise ebenfalls als Kaltluftproduktionsflächen. Die Wirkung hängt von der Art und Mächtigkeit des Substrates sowie der Art der Begrünung ab. Die Mächtigkeit des einzubauenden Substrats sollte 10 cm nicht unterschreiten. Je höher die Wasserspeicherfähigkeit des Substrats und je dichter die

²¹ Eschenbach, Annette (2016): Urbane Böden im Klimaschutz am Beispiel Hamburgs;

Vegetation, desto stärker ist die Kaltluftproduktion. Die Dachbegrünungen werden im B-Plan festgesetzt.

Frischluffproduktionsflächen

Die linearen Gehölzbänder im Randbereich zur B 9 stellen wichtige Frischluftproduktionsstandorte dar.

Die Blätter von Laubbäumen nehmen bei der Photosynthese Kohlenstoff auf und wandeln diesen u. a. in Sauerstoff um. Durch die gleichzeitige Verdunstung von Wasser über die Blätter wird die Luft angefeuchtet, so dass Frischluft entsteht.

Gleichzeitig filtern die Blätter, die in der Luft schwebenden Bakterien, Pilzsporen, Staub und andere schädliche Stoffe größtenteils aus der Luft²². Diese lagern sich auch an Dach- und Fassadenbegrünungen an.

Umsetzung im B-Plan:

- Im Anschluss an das Verkehrsbegleitgrün der B 9 wird eine Abstandsgrünfläche für strukturreiche Gehölzpflanzungen (Feldgehölz) festgesetzt. Sie bildet einen wichtigen Staubfilter gegenüber der Bundesstraße und ergänzt das bestehende Gehölz. Je breiter der Pflanzstreifen in Kombination mit einer Baum-Strauchpflanzung, desto besser die Filterwirkung. Da diese nur mittelfristig wirksam sind, sind gleichzeitig höhere Pflanzqualitäten festzulegen, um diese Wirkung in einem möglichst kurzen Zeitraum zu erhalten.
- Auch im Bereich der Parkplätze und der Freiflächen werden höhere Pflanzqualitäten festgesetzt.

Thermische Aufheizflächen

Die versiegelten Flächen bilden starke Wärmespeicher. Die gespeicherte Wärme wird nur langsam an die Umgebung abgegeben. So entsteht ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen unbefestigten und befestigten Flächen, der mehrere Grad Celsius betragen kann.

In den Sommermonaten ist dieses Temperaturgefälle besonders groß.

Die Ausbildung solcher Wärmeinseln geschieht in Abhängigkeit von der jahreszeitlichen Dauer und Stärke der Sonneneinstrahlung.

Untersuchungen haben gezeigt, dass sich teilbefestigte Flächen (z.B. Rasengittersteine) geringer und Grünflächen noch weniger und insgesamt erst nach einer längeren Sonneneinstrahlung erwärmen²³. Darüber hinaus kühlen sich Grünflächen auf Böden mit ausreichender Wasserversorgung abends schneller ab.

Die Größe von Wärmeinseln wird einerseits durch den Umfang der versiegelten Flächen und die Durchgrünung des Gebietes mit hohem Gehölzanteil, insbesondere Bäume sowie andererseits durch die Größe kaltluftproduzierender Flächen im Umfeld und Luftaustauschpro-

²² Ein Baum www.die-gruene-stadt.de

²³ Eschenbach, Annette (2016): Urbane Böden im Klimaschutz am Beispiel Hamburgs

zessen bestimmt. Eine (nicht-) oder geringe vorhandene Kühlfunktion von Böden spielt eine wichtige Rolle bei der Entstehung der thermischen Aufheizung in besiedelten Bereichen.

Durch eine hohe Verdunstung im Gebiet lässt sich die thermische Aufheizung ebenfalls reduzieren. Dies kann z.B. durch kleinere Wasserflächen bzw. offene Entwässerungsmulden begünstigt werden.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Rückbau- und Entsiegelungsflächen werden als Grünflächen festgesetzt. Sie wirken im Verbund mit den bestehenden Kaltluftproduktionsflächen ausgleichend auf die Wärmeinseln.
- Die Verwendung wasserdurchlässiger Materialien für den Wege- und Platzbau wirkt sich ebenfalls positiv auf die thermische Aufheizung aus. Bei der Materialauswahl - im Zuge der Ausführungsplanung - ist solchen Materialien, bei gleicher Anforderungsqualität, ein Vorrang einzuräumen.
- Auch die Farbgestaltung der Hauswände hat Auswirkungen auf die thermische Aufheizung >>Empfehlungen und Hinweise
- Die Festsetzung von Bäumen im Straßenraum (Erschließungsstraßen und Parkplätze) führt zu einer Teilbeschattung versiegelter Flächen und damit zu einer geringeren Aufheizung derselben. Die Bäume werden im B-Plan festgesetzt.
- Dachbegrünungen reduzieren die thermische Aufheizung der darunter liegenden versiegelten Flächen. Die geplanten Dachbegrünungen sind im B-Plan festzusetzen.

c) Windverhältnisse

Die für den Geltungsbereich wirksamen Windereignisse kommen überwiegend aus südwest- bis westlicher Richtung. Durch die Dammlage der Verkehrsachsen B 9 liegt die gewerbliche Brachfläche im südlichen Teil bis zu zwei Meter tiefer und ist somit weniger windexponiert. Hinzu kommt ein linearer Gehölzsaum aus Bäumen. Dieser hat zusätzlich eine windabschwächende Funktion. Lediglich in der Dammlage ohne Gehölzbewuchs ist die Windeinwirkung stärker.

Im Zuge des Klimawandels ist zukünftig auch mit stärkeren lokalen Windböen zu rechnen, die durch Gehölzstrukturen, wie sie derzeit entlang der Verkehrsachse vorhanden sind, aufgrund ihrer Oberflächenrauigkeit abgebremst werden.

In Verbindung mit Windböen kann es, insbesondere auf großflächigen Ackerparzellen (wie z.B. westlich der B9) ohne unterbrechende Gehölzstrukturen, zu heftigen Staubverdriftungen in Richtung Bebauung kommen, die von einer qualitativ hochwertigen Randeingrünung, wie im Ansatz bereits auf der gewerblichen Brachfläche vorhanden (Randeingrünung entlang B9), weitgehend zurückgehalten werden können. Die Staubverdriftungen werden im Zuge des Klimawandels ebenfalls an Zahl und Intensität zunehmen.

Durch die Erhaltung der vorhandenen breiten Randeingrünung im Westen des geplanten Baugebietes lässt sich die Wirkung von Windereignissen und einer potenziellen Staubverdriftung reduzieren.

Umsetzung im B-Plan:

- Zum Schutz gegen stärkere Windereignisse, Windböen und Staubverdriftung wird im B-Plangebiet im Westen eine hochwertige Randeingrünung aus Bäumen und Sträuchern mit Pflanzbindung festgesetzt.
- Dachbegrünungen nehmen ebenfalls Staub auf und binden diesen an der Oberfläche. Diese Begrünung wird im B-Plan festgesetzt.

d) Durchlüftungskorridore/ Luftaustausch / Hindernisse/

Für das lokale Klima sind Durchlüftungskorridore, die einen Luftaustausch ermöglichen von großer Bedeutung. Deshalb ist es wichtig, dem entgegenstehende Hindernisse baulicher Art frühzeitig in der Planung zu erkennen und entgegenzusteuern.

- Baukörperstellung

Die Baukörperstellung kann die Durchlüftung bzw. den Luftaustausch fördern oder ihn schlimmstenfalls behindern, deshalb ist es wichtig bei der Planung von Gebäuden die bestehenden Durchlüftungskorridore sowie die Hauptwindrichtung in die Planungsvorgaben mit aufzunehmen.

Neben der Baukörperstellung spielt auch die Höhe des Baukörpers eine nicht unwesentliche Rolle. Gebäude die höher sind als die umgebende Bebauung bzw. wirken als Strömungshindernisse und führen zu unterschiedlich starken Verwirbelungen am Gebäudekörper.

Umsetzung im B-Plan:

- Die derzeitige Planung sieht eine Baukörperstellung der Reihen- und Doppelhäuser sowie der Geschoss-Wohnungsbauflächen in West-Ostrichtung vor. Die Abstände zwischen den Gebäuden sind ausreichend dimensioniert, so dass keine Beeinträchtigung für die Durchlüftung der Wohnanlage zu erwarten ist.

7.2 Wasserfunktionen

a) Wasserrückhaltung/ -speicherung

Dachbegrünung²⁴

Versuche mit Begrünungsmatten²⁵ haben hinsichtlich einer Wasserrückhaltung positive wirksame Ergebnisse gebracht. Die Wasserrückhaltung von begrünten Dächern kann bis zu 50% betragen. Das nicht zurückhaltbare Niederschlagswasser ist dann schadlos in entsprechende Rückhalteflächen abzuleiten.

Umsetzung im B-Plan:

- Für einen Teil der Wohngebäude ist auf ca. 4.600 m² eine Dachbegrünung vorgesehen. Diese kann mit Photovoltaikanlagen kombiniert werden.
- Die Dachbegrünungen sind im B-Plan festzusetzen.

²⁴ IASP (2012) (Seite 14)

²⁵ Versuche mit unterschiedlichen Begrünungsmatten (Moos-Matten, Sedum-Matten, Sedum-Gras-Krautmatten) bei einer Wuchsbedeckung von mindestens 89 % brachte hinsichtlich des Feuchtigkeitsgehaltes bei den Sedum-Gras-Krautmatten den höchsten Wert 5.255 g/m² im Mittel, der mehr als doppelt so hoch wie bei den Moos-Matten war. Das bedeutet, dass diese Begrünung sehr effektiv Niederschlagswasser speichern kann.

unbefestigte Rückhalteflächen

Die anfallenden Niederschläge sind, so weit als möglich, im Baugebiet zurückzuhalten und dem natürlichen Wasserhaushalt wieder zu zuführen.

Alle naturnahen Böden weisen eine hohe Wasserspeicherkapazität auf, sofern keine Verdichtung vorliegt.

Auf den Freiflächen kann der Niederschlag direkt versickern.

Umsetzung im B-Plan:

- Der B-Plan sieht für einen Teil der Gebäude eine Dachbegrünung vor, die rechtlich festgesetzt wird. Sie kann je nach Ausstattung bis zu 50% eines Niederschlagsereignisses aufnehmen und über eine Verdunstung wieder an die Luft abgeben.

b) Überflutungsschutz

Starkregenereignisse können aufgrund der großen Wassermengen in kurzer Zeit zu Überschwemmungen führen, die im Bereich von Gebäuden und sonstiger Infrastruktur massive Schäden verursachen können. Darüber hinaus sind die Flächen unter Umständen für mehrere Tage nicht betretbar.

- Rückhalteflächen zur Drosselung von Abflussspitzen

Eine entsprechend ausgestaltete Dachbegrünung dient auch als Wasserspeicher und damit zur Abflussverzögerung.

Von größerer Bedeutung sind aber unterirdische Rigolensysteme, um das Niederschlagswasser innerhalb der einzelnen Grundstücke zu versickern.

Durch eine geringfügige Tieferlegung von Freiflächen (10 cm - 15 cm) gegenüber den befestigten Flächen kann bei Starkregenfällen eine zusätzliche temporäre Rückhaltefläche entstehen. Hierfür eignen sich insbesondere Gehölzstandorte (zusätzliche Wasserversorgung der Gehölze).

Umsetzung im B-Plan:

- Das nicht durch die Dachbegrünung rückzuhaltende Niederschlagswasser sowie von den Gebäuden ohne Dachbegrünung wird in unterirdische Rigolensysteme zum Versickern gebracht. Diese werden im B-Plan festgesetzt.
- Für die befestigten Verkehrsflächen (einschließlich der Stellplätze) erfolgt eine direkte Einleitung in das Kanalsystem.

7.3 Verschattung

Bei der Planung von Solarenergienutzung auf Gebäuden sind potenzielle Verschattungen durch das Umfeld zu vermeiden.

a) Nutzung Solarenergie

- Baukörperstellung

Für die Nutzung von Solarenergie ist eine maximal mögliche Sonneneinstrahlung auf die Fotovoltaikanlagen Voraussetzung für eine möglichst hohe Energiegewinnung. Darüber hin-

aus ist die Stellung des Baukörpers sowie Art und Neigung der Dachflächen von großer Relevanz.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Ausrichtung der Dachformen (Flachdach bzw. Pult- und Satteldach in Nord-Südrichtung) ermöglicht grundsätzlich die Nutzung von Solarenergie in Form einer Photovoltaikanlage. Diese werden auch über entsprechende Festsetzungen rechtlich fixiert.

- Grünkonzept

Bei einer Kombination von Dachbegrünung und Fotovoltaikanlagen ist darauf zu achten, dass nur eine niedrig wachsende Vegetation als Dachbegrünung verwendet wird. Gehölzpflanzungen, die eine Verschattung bewirken können, sind auszuschließen.

Umsetzung im B-Plan:

- Über die Festsetzungen wird eine extensive Dachbegrünung festgelegt.

7.4 Grünfunktionen

a) Mikroklima

Pflanzflächen stellen eine wichtige Einflussgröße für das Mikroklima dar. Die derzeitige Grünfläche im Süden mit Bäumen, Sträuchern und Rasenflächen bildet mikroklimatisch einen wichtigen Ausgleich gegenüber der umfangreichen Flächenversiegelung im Norden.

Hierfür ist insbesondere auch der Schutz und Erhalt von naturnahen Böden insbesondere mit hoher (Multi-) Funktionalität – keine Eingriffe (Versiegelung, Verdichtung, Abgrabung oder Auftrag), solange noch bereits beanspruchte Flächen zur Verfügung stehen.

Umsetzung im B-Plan:

- Der B-Plan setzt über unterschiedliche Festsetzungen die geplanten Pflanzflächen und Dachbegrünungen fest.

- Multifunktionales Freiflächenkonzept

Ein Freiflächenkonzept muss unterschiedliche Funktionen erfüllen. Neben der Nutzung als Erholungsfläche, der Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes, der Versickerung von Oberflächenwasser, den untergeordneten Funktionen für den Arten und Biotopschutz kommt insbesondere zunehmend den Klimafunktionen eine immer wichtigere Rolle für das Mikroklima zu.

Umsetzung im B-Plan:

- b) Pflanz- und Grünflächen, Dachbegrünungen sowie der Neubau der Gebäude und der prozentuale Anteil der unterschiedlichen Erschließungsarten und Parkplätze an der Gesamtfläche werden rechtlich festgesetzt.

c) Entgegenwirken von Hitzeperioden

Der Klimawandel führt vor allem in Städten zu einer zunehmenden gesundheitlichen Belastung der Menschen. Länger anhaltende Hitzeperioden beeinträchtigen das Wohlbefinden des

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Neubau eines Fachmarktcenters/Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

Menschen und auch die Gesundheit (Herz-Kreislaufprobleme, Hitzeschocks). Im Umfeld großflächiger Gebäude und mit hohem Versiegelungsgrad in den angrenzenden Bereichen sind „Wohlfühlräume“ innerhalb und außerhalb von Gebäuden herzustellen.

Umsetzung im B-Plan:

- Im Bereich der Freiräume sind über Erhaltungsfestsetzungen sowie durch Pflanzbindungen (Neupflanzungen) und einer entsprechenden Wegeführung der Freiraumgestaltung schattenspendende Bereiche zu entwickeln bzw. zu optimieren.

- Dach-/Fassadenbegrünung

Dachbegrünungen wirken u. a. kühlend auf ein Gebäude.

Umsetzung im B-Plan:

- Die Dachbegrünungen auf Gebäuden werden über Festsetzungen rechtlich verbindlich festgesetzt. Für das Substrat ist eine Mächtigkeit von mindestens 10 cm festzulegen, damit der Kühlungseffekt auch über einen längeren Zeitraum wirksam ist.

7.5 Umfeld Wohnbebauung

Die großflächigen Ackerstrukturen im Westen sind wichtige Kaltluftproduktionsflächen im Umfeld der Bebauung. Sie wirken einer thermischen Aufheizung entgegen. Dies trifft auf jeden Fall auf die Siedlungsrandbereiche – insbesondere auch auf die gewerbliche Brachfläche mit Ihrem hohen Versiegelungsgrad, zu.

Frischluffproduktionsflächen sind in kleinerem Umfang im Bereich der Straßennebenflächen der B 9 vorhanden. Die Erhaltung der gehölzbestandenen Randbereiche im Umfeld des Geltungsbereiches haben ebenfalls eine wichtige Bedeutung für diese Funktion.

8 Geltungsbereich Süd: Festsetzungsmöglichkeiten/ Sonstige Regelungen

Für Maßnahmen zum Klimaschutz können unterschiedliche Gesetze auf verschiedenen Ebenen der Planung herangezogen werden.

Für den Bereich der Bauleitplanung insbesondere des hier vorliegenden Bebauungsplans sind folgenden Gesetzesgrundlagen von Relevanz:

- Baugesetzbuch
- Baunutzungsverordnung
- Städtebauliche Satzungen z.B. Baumschutzsatzung,
- Gemeindeordnung

In diesem Kapitel werden die erforderlichen Festsetzungen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen auf das Klima in Kurzform zusammengefasst.

Städtebauliche Festsetzungen

- Festlegung von Gebäudestellung und Höhe
- Festlegung von Flach- bzw. Pult- oder Satteldächern mit Vorgabe max. Neigungswinkel
- Dachbegrünung in Verbindung mit Wasserrückhaltung und der Nutzung von Fotovoltaikanlagen
- Festlegung der Rigolenversickerung auf Wohngrundstücken
- Hinweis/Empfehlung: Farbgestaltung Gebäude

Naturschutzfachliche Festsetzungen

- Festsetzung zur Neupflanzung von Gehölzstreifen im Westen
- Festsetzung wasserdurchlässiger Beläge (nur bei geeigneten Bodenkennwerten)
- Neupflanzung von Bäumen, Sträuchern auf den Grundstücken
- Blühende Kräuter-Staudenflächen im Randbereich der Spielflächen

9 Geltungsbereich Süd: Zusammenfassung

Die Stadt Frankenthal stellt für das Gelände einer gewerblichen Brache (ehemaliger Fachmarkt) den Bebauungsplan „Neubau einer Wohnanlage Frankenthal-Studernheim“ auf.

Um die Planung hinsichtlich des Klimawandels zu optimieren haben die Real Life Residences GmbH und die Real Life Moderate GmbH in Zossen einen Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung für den Geltungsbereich des Bauleitplanverfahrens beauftragt.

Die bestehenden klimatischen Funktionen und Wirkungen auf der gewerblichen Brachfläche sowie der näheren Umgebung werden beschrieben. Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf das Plangebiet werden allgemein dargestellt und dann auf den konkreten Fall abgeleitet. Als Kriterien werden herangezogen: Klimatisch wirksame Flächen / Korridore, Wasserfunktionen, Verschattung, Grünfunktionen, Umfeld geplantes Fachmarktzentrum. Danach werden die einzelnen Kriterien anhand der vorgelegten Planung untersucht und Forderungen für die Umsetzung im B-Plan formuliert. Die vorliegende Stadtklimaanalyse²⁶ stuft den Vorhabensbereich hinsichtlich der Stadtklimatischen Bedeutung als **mittel** ein. Das Gutachten führt in seiner Kategorisierung der Beschreibung und Bewertung der Fläche im Kontext der Bedeutung für das Stadtklima folgendes aus:

*„Bei der städtebaulichen Entwicklung dieser Flächen ist das Schutzgut Klima bzw. die potentielle Beeinflussung durch eine mögliche Bebauung oder bauliche Veränderungen auf die Umgebung oder den weiteren Siedlungsraum in Form einer (**stadt-**) **klimatischen Stellungnahme** zu prüfen“.*

>>Dies erfolgt mit dem vorliegenden Fachbeitrag!

Aus Sicht der Klimafolgenabschätzung sind darüber hinaus im Einzelnen folgende Maßnahmen bzw. Hinweise von Bedeutung:

- Temperaturausgleichende Wirkungen lassen sich durch Pflanzung von Bäumen und Sträuchern und insbesondere auch von Dachbegrünungen erzielen.
- Bäume haben eine schattenspendende Wirkung für Menschen, die sich im Freien aufhalten. Darüber hinaus produzieren sie Sauerstoff und filtern Luftschadstoffe heraus.
- Unbefestigte Flächen wirken als Kaltluftproduktionsflächen, die ebenfalls temperaturnausgleichend wirken. Deshalb sind Entsiegelungsmaßnahmen von großer Bedeutung.
- Die vorhandene Randeingrünung im Westen schützt auch vor stärkeren Windereignissen und hat eine Bedeutung als Staubfilter.
- Die Ergänzung und Erweiterungen der vorhandenen Randeingrünung werten die genannten positiven Wirkungen noch zusätzlich auf.
- Die Stellung der neuen Gebäude stellt keine Barriere für die Durchlüftung dar.
- Eine Verwendung wasserdurchlässiger Materialien (dort wo Versickerung möglich) auf Wegen und Plätzen auf den Privatgrundstücken wirkt einer thermischen Aufheizung entgegen und ermöglicht zusätzlich eine reduzierte Versickerung.
- Eine Dachbegrünung wirkt sich positiv auf den Wasserhaushalt aus und wirkt Schädereignissen durch Starkregen entgegen (Pufferfunktion).

²⁶ Burghardt und Partner, Ingenieure (BPI) (01/2023): Stadtklimaanalyse – Erstellung einer Klimafunktions- und Planungshinweiskarte - Klima für die Stadt Frankenthal (Pfalz);

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Neubau eines Fachmarktzentrums/Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

- Eine helle Farbgebung reduziert die thermische Aufheizung von Gebäuden.
- Ein multifunktionales Freiflächenkonzept mit umfangreichen Baum- und Strauchpflanzungen verbessert das Mikroklima in der Wohnanlage und sorgt für eine hohe Aufenthaltsqualität in den Freiflächen.

Abschließend werden aus Sicht des Fachbeitrags Klimafolgenabschätzung städtebauliche und naturschutzfachliche Festsetzungsvorschläge formuliert, die zu einer Berücksichtigung und Optimierung des Bauvorhabens aus Sicht der Klimafunktionen beitragen.

Als Fazit lässt sich sagen, dass positiv klimawirksame Maßnahmen in dem Projektgebiet umgesetzt werden können. Darüber hinaus besteht gemäß den Handlungshinweisen aus dem Gutachten der Stadtklimaanalyse²⁷ „die grundsätzliche Notwendigkeit zum klimaangepassten Bauen und sollte entsprechend dem aktuellen Stand zur guten fachlichen Praxis in der Klimaanpassung durchgeführt werden.“

²⁷ Burghardt und Partner, Ingenieure (01/2023): Stadtklimaanalyse – Erstellung einer Klimafunktions- und Planungshinweiskarte Klima für die Stadt Frankenthal (Pfalz), vorläufiger Endbericht, im Auftrag der Stadt Frankenthal;

10 Literatur

Birkmann, J.; Schanze, J.; Müller, P.; Stock, M. (Hrsg.) (2012): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien, Instrumente. E-Paper der ARL Nr. 13, Hannover.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2016): Anpassung an den Klimawandel in Stadt und Region Forschungserkenntnisse und Werkzeuge zur Unterstützung von Kommunen und Regionen.- 62 S., Bonn.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) (Hrsg.) (2011): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen, Forschungen Heft 149; Berlin.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) (Hrsg.) (01/2023): Klimaangepasste Gebäude und Liegenschaften - Empfehlungen für Planende, Architektinnen und Architekten sowie Eigentümerinnen und Eigentümer². Überarbeitete Auflage, aus: Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis/ Band 30, Berlin;

Burghardt und Partner, Ingenieure (BPI) (01/2023): Stadtklimaanalyse – Erstellung einer Klimafunktions- und Planungshinweiskarte - Klima für die Stadt Frankenthal (Pfalz); im Auftrag der Stadt Frankenthal (Pfalz), vorläufiger Endbericht; Kassel, Frankenthal;

Höpker, K.A., Hübener H., Sauer T. (Oktober 2017): Grundlegende Aspekte für die Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel auf der Basis von Vulnerabilitäts und Wirkungsanalysen, im Auftrag des B-L-FG Klimafolgen und Anpassung.

IASP (Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldtuniversität zu Berlin) (2012): Feinstaubbindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen; im Auftrag der Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB), Berlin, Saarbrücken.

KlimawandelAnpassungsCOACH RLP (abgerufen am 03.11.2020). Kommunale Anpassung an den Klimawandel in Rheinland-Pfalz – Grundlagen, Hinweise, Vorgaben & Empfehlungen, bearbeitet durch Astrid Kleber (RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen), Christian Kotremba (KlimawandelAnpassungsCOACH RLP, Stiftung für Ökologie und Demokratie e.V.

Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen Rheinland-Pfalz (abgerufen am 03.11.2020): <http://www.kwis-rlp.de/index.php?id=9406>.

Ruhr-Universität Bochum - Geographisches Institut/ Stadt Neuss Stabstelle Klimaschutz und Klimaanpassung (12/20217): STAKLIBO – Aktivierung der Bodenkühlleistung für stadtklimatische Konzepte zur Klimaanpassung am Beispiel der Stadt Neuss, Boden – Handlungskonzept, Bochum, Neuss;

Fachbeitrag Klimafolgenabschätzung

- Bauleitplanverfahren „Neubau eines Fachmarktentrums/Wohnanlage“, Stadt Frankenthal

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2020): Klimaanpassung in der räumlichen Planung – Starkregen, Hochwasser, Massenbewegungen, Hitze, Dürre; Praxishilfe – Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung, Dessau-Roßlau;

Internet

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels-0#klimafolgen>