VORSORGENDE KLIMAANPASSUNGSSTRATEGIE FÜR DIE STADT SCHWEINFURT

Teil B – Methodisches Vorgehen und Klimarisikoanalyse

CLIMATICON GmbH
Potsdamer Platz 10
10785 Berlin

Kontakt Projektleitung:
Vera Bartolović
Tel.: +49 (0)163-3015132

info@climaticon.de
www.climaticon.de
Januar 2026

AtmoVera Max Ulrich e.K.
Lützner Straße 63
04177 Leipzig

Kontakt stellvertretende Projektleitung:
Max Ulrich
Tel.: +49 (0)173 4052551

m.ulrich@atmovera.de
www.atmovera.de

gefördert durch
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung für Entscheidungsträger 1

1.1 Wie wurde bei der Erstellung der vorsorgenden Klimaanpassungsstrategie für die Stadt Schweinfurt vorgegangen? 1

1.2 Welche Klimarisiken sind besonders relevant für die Klimaanpassung in Schweinfurt? 1

1.3 Welche Handlungsbedarfe und Chancen der Klimaanpassung ergeben sich aus diesen Klimarisiken für die Stadt Schweinfurt? 2

2 Methodik und Projektdurchführung 4

2.1 Durchführung der Klimarisikoanalyse 4

2.2 Ableitung der Hotspots und Handlungsbedarfe 11

2.3 Akteursbeteiligung zur Klimaanpassungsstrategie 13

3 Gefährdung durch Klimafolgen in Schweinfurt 19

3.1 Schweinfurts Klima der Gegenwart 19

3.2 Bisheriger Klimawandel in Schweinfurt 27

3.3 Zukünftige Klimaveränderungen in Schweinfurt 38

3.4 Zusammenfassung 52

4 Vulnerabilitäten der Stadt Schweinfurt 53

4.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales 53
4.1.1 Ernsthafte Gesundheitsgefährdung durch Hitzewellen bei vulnerablen Personengruppen 53
4.1.2 Hitzebedingt nachlassende Konzentrationsfähigkeit beeinträchtigt die Arbeit im Bildungssektor 55
4.1.3 Überforderung und Überlastung der Einsatzkräfte durch Extremwetterereignisse 57
4.1.4 Geringes Bewusstsein, begrenzte Eigenvorsorge und soziale Anfälligkeiten 58

4.2 Planen, Bauen und Infrastruktur 59
4.2.1 Dichte Bebauung, hohe Versiegelung und geringe Durchgrünung steigern Hitzebelastung 59
4.2.2 Hoher Grad an Versiegelung und Bebauung bedingt hohe Spitzenabflüsse bei Starkregen 60
4.2.3 Fehlende finanzielle Ressourcen für hinreichende Klimaanpassung 62

4.3 Wasser 63
4.3.1 Städtische Bebauung und Mischkanalisation verstärken die Betroffenheit durch Starkregen und Sturzfluten 63
4.3.2 Betroffenheit der Lebensfähigkeit von Stadtgrün durch Trockenheit 65
4.3.3 Ökologische Belastung und nicht umweltverträgliche Gestaltung von Fließgewässern 65
4.3.4 Bodenerosion und Bodenverdichtung auf landwirtschaftlichen Flächen 66

4.4 Wirtschaft 66
4.4.1 Geringere Attraktivität von Innenstadtbereichen und hoher Versiegelungsgrad in Industriegebieten 66
4.4.2 Betriebliche Unterbrechungen durch vulnerable Standorte 67
4.4.3 Mangelndes Wissen und Anpassungsfähigkeit bei kleineren Unternehmen 67

4.5 Stadtweite Querschnittssynthese der Vulnerabilitäten 68

5 Zentrale Klimarisiken für die Stadt Schweinfurt ... 69

5.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales ... 69

5.2 Planen, Bauen und Infrastruktur ... 72

5.3 Wasser ... 75

5.4 Wirtschaft ... 77

5.5 Stadtweite Querschnittssynthese ... 80

6 Räumliche und thematische Schwerpunkte (Hotspots) in Schweinfurt ... 81

6.1 Wesentliche klimatische und städtebauliche Einflüsse in Schweinfurt ... 81

6.1.1 Hitze ... 81

6.1.2 Starkregen/Hochwasser ... 87

6.1.3 Sturm ... 88

6.1.4 Trockenheit ... 89

6.1.5 Versiegelung und Bebauung ... 90

6.2 Räumliche Synthese auf Handlungsfeldebene ... 92

6.2.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales ... 92

6.2.2 Planen, Bauen und Infrastruktur ... 93

6.2.3 Wasser ... 93

6.2.4 Wirtschaft ... 94

6.3 Analyse der Hotspots ... 94

6.3.1 Historischer Stadtkern ... 94

6.3.2 Westliche Innenstadt ... 96

6.3.3 Gewerbegebiet Heckenweg & Deutschhöfer Straße ... 98

6.3.4 Gewerbeareale Franz-Schubert-Straße & Schelmsrasen ... 100

6.3.5 Volksfestplatz und Florian-Geyer-Straße/Musikerviertel ... 102

6.3.6 Sturzfluthotspot Höllental ... 104

6.3.7 Sturzfluthotspot Marienbach ... 106

6.3.8 Hotspot Hafen West & Hafen Ost ... 108

6.3.9 Hotspot zwischen Niederwerrner Straße und Schopperstraße ... 110

6.4 Synthese ... 112

7 Die Handlungsbedarfe der Klimaanpassung für die Stadt Schweinfurt ... 113

7.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales ... 113

7.2 Planen, Bauen und Infrastruktur ... 113

7.3 Wasser ... 114

7.4 Wirtschaft ... 114

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Akteursstrukturen in Schweinfurt 13
Abbildung 2: Übersicht der Akteursbeteiligung 14
Abbildung 3: Auftaktveranstaltung im StudyFAB 14
Abbildung 4: Ergebnisse der Arbeitsgruppen beim ersten Fachakteursworkshop 15
Abbildung 5: Besprechung der Fokus-Maßnahmen im Handlungsfeld Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales im Rahmen des zweiten Fachakteurworkshops 16
Abbildung 6: Vorstellung des Klimaplanatlas bei der Abschlussveranstaltung für Fachakteure 17
Abbildung 7: Klimadiagramm der mittleren Temperatur für die Referenzperiode 1991-2020. 19
Abbildung 8: Klimadiagramm der mittleren monatlichen Niederschläge, potenziellen Verdunstung und klimatischen Wasserbilanz für die Referenzperiode 1991–2020. 20
Abbildung 9: Klimadiagramm der monatlichen Maximaltemperaturen, Anzahl der Sommertage, Hitzetage und Tropennächte für die Referenzperiode 1991–2020. 21
Abbildung 10: Klimadiagramm der monatlichen Tiefsttemperaturen, Eis- und Frosttage für die Referenzperiode 1991–2020. 22
Abbildung 11: Klimadiagramm der monatlichen Anzahl von Tagen in trockenen Perioden, mit einem SPI90 < –1,5 und die minimalen Werte der 30-tägigen Wasserbilanzsumme für die Referenzperiode 1991-2020... 23
Abbildung 12: Klimadiagramm der monatlichen Mittelwerte für maximalen 1- und 5-Tagesniederschlag sowie die Anzahle von Tagen mit mehr als 10 bzw. 20 mm Niederschlag für die Referenzperiode 1991–2020. .. 24
Abbildung 13: Klimadiagramm der monatlichen Anzahl der Tage mit Wasserdampfgehalt (PWAT) > 25 mm, der Tage mit Unwettergefahr und der maximalen PWAT für die Referenzperiode 1991–2020..... 25
Abbildung 14: Klimadiagramm der monatlichen Maximalböen, Anzahl der Starkwindtage mit Windböen > 8 Bft und >9 Bft für die Referenzperiode 1991–2020. 26
Abbildung 15: Klimadiagramm der monatlichen Maxima von Schneedecke und Schneefallmenge sowie der Anzahl der Tage mit Schneedecke und Schneefall für die Referenzperiode 1991–2020. 27
Abbildung 16: Zeitreihe der mittleren Temperaturen von 1961–2024..... 28
Abbildung 17: Zeitreihe der jährlichen und saisonalen Niederschlagsmengen von 1961–2024. 29
Abbildung 18: Zeitreihe der jährlichen und saisonalen potenziellen Verdunstung von 1961–2024..... 30
Abbildung 19: Zeitreihe der jährlichen und saisonalen klimatischen Wasserbilanz von 1961–2024. 30
Abbildung 20: Zeitreihe der jährlichen Maximaltemperaturen sowie der Anzahl von Sommertagen, Hitzetagen und Tropennächten von 1961–2024. 32
Abbildung 21: Zeitreihe der jährlichen Tiefsttemperaturen und der Anzahl von Eistagen und Frosttagen von 1961–2024..... 33
Abbildung 22: Zeitreihe der Kennwerte für Trockenheit von 1961–2024. 34
Abbildung 23: Zeitreihe der Anzahl der Tage mit mehr als 10 bzw. 20 mm Niederschlag sowie der maximalen 1- und 5-Tagesniederschläge von 1961–2024. 35
Abbildung 24: Zeitreihe der Klimakenngrößen für die Beurteilung der Unwettergefahr von 1961–2024..... 36
Abbildung 25: Zeitreihe der Klimakenngrößen für die Beurteilung der Sturmgefährdung von 1961-2024..... 37
Abbildung 26: Zeitreihe der Klimakenngrößen für die Beurteilung der Schneefall- und Schneedeckenklimatologie von 1961–2024. 38
Abbildung 27: Historische und zukünftige Veränderung der Mitteltemperaturen im Zeitraum 1961–2100. 39
Abbildung 28: Historische und zukünftige Veränderung der Jahresniederschläge im Zeitraum 1961–2100..... 40
Abbildung 29: Historische und zukünftige Veränderung der Winterniederschläge im Zeitraum 1961–2100. 41
Abbildung 30: Historische und zukünftige Veränderung der Sommerniederschläge im Zeitraum 1961–2100. 41
Abbildung 31: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen potenziellen Verdunstung im Zeitraum 1961–2100. 42
Abbildung 32: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen klimatischen Wasserbilanz im Zeitraum 1961–2100. 43
Abbildung 33: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Anzahl der Hitzetage im Zeitraum 1961–2100..... 44
Abbildung 34: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen maximalen Temperatur im Zeitraum 1961–2100..... 45

Abbildung 35: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Anzahl der Eistage im Zeitraum 1961–2100. 46
Abbildung 36: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen minimalen Temperatur im Zeitraum 1961–2100. 46
Abbildung 37: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen klimatischen Wasserbilanz im Sommer im Zeitraum 1961–2100. 47
Abbildung 38: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Anzahl der Tage mit mehr als 20 mm Niederschlag im Zeitraum 1961–2100. 48
Abbildung 39: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Maxima der täglichen Niederschlagsmenge im Zeitraum 1961–2100. 49
Abbildung 40: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Maxima des in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes (PWAT)im Zeitraum 1961–2100. 49
Abbildung 41: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen maximalen Windböen im Zeitraum 1961–2100. 50
Abbildung 42: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Maxima der täglichen Schneefallmenge im Zeitraum 1961–2100. 51
Abbildung 43: Exposition der Altersgruppen in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (links) und in der Nacht (Mitte). 54
Abbildung 44: Exposition der sensitiven Gesundheitseinrichtungen (oben: Krankenhäuser, gewichtet nach Bettenzahl, unten Pflegeheime) in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (links) und in der Nacht (Mitte) sowie Starkregen (rechts). 55
Abbildung 45: Exposition der KiTas (oben) und Schulen (unten) gewichtet nach Schülerzahl in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (links) und in der Nacht (Mitte) sowie Starkregen (rechts). 56
Abbildung 46: Zeitreihe der Feuerwehreinsätze von 2013 bis 2024 (bis Juni) aufgrund von Sturm- und Überflutungsfolgen in Schweinfurt. 58
Abbildung 47: Exposition der Gebäude (links Anzahl, rechts gewichtet nach Bruttogrundfläche) in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (oben) und in der Nacht (unten). 60
Abbildung 48: Zeitreihe der Gebäudeschäden in Kumulereignissen in Schweinfurt von 1997 bis 2020 aufgrund von Sturm-, Hagel- und Überflutungsfolgen in Schweinfurt. 62
Abbildung 49: Exposition der Gebäude (links Anzahl, rechts gewichtet nach Bruttogrundfläche) in Schweinfurt gegenüber Fließpfaden von Starkregen/Sturzfluten. 64
Abbildung 50: Darstellung der PET (physiologische Äquivalenttemperatur) um 14 Uhr morgens an einem heißen Sommertag (max. 35 °C, min. 20 °C Temperatur) als wesentliches Ergebnis der Mikroklimasimulation für die Klimaanalyse Schweinfurt. 82
Abbildung 51: Klimafunktionskarte tagsüber auf der Basis der Mikroklimasimulation für Schweinfurt. 83
Abbildung 52: Darstellung der Lufttemperatur um 04 Uhr morgens an einem heißen Sommertag (max. 35 °C, min. 20 °C Temperatur) als wesentliches Ergebnis der Mikroklimasimulation für die Klimaanalyse Schweinfurt. 84
Abbildung 53: Darstellung des Windfeldes um 04 Uhr morgens an einem heißen Sommertag (max. 35 °C, min. 20 °C Temperatur) als wesentliches Ergebnis der Mikroklimasimulation für die Klimaanalyse Schweinfurt. 85
Abbildung 54: Klimafunktionskarte Nacht für Schweinfurt. Dargestellt sind Be- und Entlastungsbereiche sowie Luftleitbahnen. 86
Abbildung 55: Planungshinweiskarte für Schweinfurt. Die Hitzebelastungen am Tage und in der Nacht sind zusammenfassend interpretiert worden. Im Klimaatlas befindet sich eine ausführlichere Legende mit Hinweisen auf die Priorität unterschiedlicher Maßnahmenstrategien. 87
Abbildung 56: Fließpfadkarte und überlagert ist die Gesamtbewertung der Fließgewässer in Bezug auf die Ausprägung der menschlichen Eingriffe in den natürlichen Flussverlauf. Die Gesamtbewertung erfolgt mit einer Legende von dunkelblau (nicht verändert) bis dunkelrot (sehr stark verändert) in Bezug auf den Grad der Veränderungen durch menschliche Eingriffe. 88
Abbildung 57: Dargestellt ist die qualitative Bewertung des Wasserretentionsvermögens aus der Analyse des bayrischen Landesamtes für Umwelt. Die Legende zeigt sehr geringe (rot) bis sehr hohe (dunkelgrün) Wasserretentionsvermögen auf, wobei Bereiche ohne verfügbare Daten hell- oder dunkelgrau dargestellt werden, wie z.B. im Stadtgebiet mit hoher Versiegelung oder im Bereich von Gewässern. 89

Abbildung 58: Darstellung des Versiegelungsgrades auf Flurstückebene. Basis ist die eigene hochauflösende Modellierung des Versiegelungsgrades. ... 90
Abbildung 59: Priorisierungskarte der Flurstücke nach Hitze und Starkregen/Sturzflut in Bezug auf den Bedarf der Entsiegelung. ... 91
Abbildung 60: Darstellung der bebauten Gebiete und Gebäudehöhen auf der Basis der LOD-1 Daten der Stadt Schweinfurt. ... 92
Abbildung 61: Hotspotdarstellung für den historischen Stadtkern. ... 95
Abbildung 62: Hotspotdarstellung für die westliche Innenstadt. ... 97
Abbildung 63: Hotspotdarstellung für die Gewerbegebiete Heckenweg & Deutschhöfer Straße. ... 99
Abbildung 64: Hotspotdarstellung für das Gewerbeareal Franz-Schubert-Straße & den Schelmsrasen. ... 101
Abbildung 65: Hotspotdarstellung für den Volksfestplatz und Florian-Geyer-Straße/Musikerviertel. ... 103
Abbildung 66: Hotspotdarstellung für das Höllental. ... 105
Abbildung 67: Hotspotdarstellung für den Bereich Marienbach. ... 107
Abbildung 68: Hotspotdarstellung für das Industriegebiet Hafen West & Hafen Ost. ... 109
Abbildung 69: Hotspotdarstellung für den Bereich zwischen Niederwerrner Straße und Schopperstraße. ... 111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der mittleren Temperaturen [°C] in Klimaperioden seit 1961. 28
Tabelle 2: Entwicklung der mittleren Niederschlagsmengen, Verdunstung und klimatischen Wasserbilanz [mm] in Klimaperioden seit 1961. 31
Tabelle 3: Entwicklung der mittleren hitzebezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961. 32
Tabelle 4: Entwicklung der kältebezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961. 33
Tabelle 5: Entwicklung der trockenheitsbezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961. 34
Tabelle 6: Entwicklung der starkregenbezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961. 35
Tabelle 7: Entwicklung der unwetterbezogener Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961. 36
Tabelle 8: Entwicklung der mittleren Intensität und Häufigkeit von Sturm in Klimaperioden seit 1961. 37
Tabelle 9: Entwicklung der mittleren und maximalen Schneedecken- und Schneefallparametern in Klimaperioden seit 1961. 38
Tabelle 10: Mögliche zukünftige Entwicklung der mittleren Temperaturen unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5. 40
Tabelle 11: Mögliche zukünftige Entwicklung der mittleren Niederschläge, Verdunstung und klimatische Wasserbilanz (hier: absolute Werte!) unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5. 43
Tabelle 12: Mögliche zukünftige Entwicklung von Hitze unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5. 45
Tabelle 13: Mögliche zukünftige Entwicklung Kälte unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5. 47
Tabelle 14: Zusammenfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf lokale Klimabedingungen. 52
Tabelle 15: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales. 70
Tabelle 16: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken. 71
Tabelle 17: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Planen, Bauen und Infrastruktur. 72
Tabelle 18: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken. 74
Tabelle 19: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Wasser. 75
Tabelle 20: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken. 77
Tabelle 21: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Wirtschaft. 78
Tabelle 22: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken. 79

1 Zusammenfassung für Entscheidungsträger

Die Stadt Schweinfurt hat mit der vorsorgenden Klimaanpassungsstrategie ein Instrument erarbeitet, um die Folgen des Klimawandels frühzeitig, systematisch und planungsrelevant zu berücksichtigen. Ziel war es, Klimarisiken transparent zu machen, räumliche Schwerpunkte zu identifizieren und daraus priorisierte Handlungsbedarfe für Verwaltung, Politik und relevante Akteursgruppen abzuleiten. Die Strategie verbindet dabei fachliche Analysen (Klimarisikoanalyse, Hotspotanalyse) mit einer praxisorientierten Ableitung von Handlungsbedarfen und Maßnahmenansätzen. Im Ergebnis entstand eine belastbare Grundlage, um die Resilienz der Stadt in zentralen Handlungsfeldern zu stärken und Anpassung als Querschnittsaufgabe langfristig im Maßnahmenkatalog zu verankern.

1.1 Wie wurde bei der Erstellung der vorsorgenden Klimaanpassungsstrategie für die Stadt Schweinfurt vorgegangen?

Die Erarbeitung erfolgte in einem strukturierten, mehrstufigen Prozess aus Analyse, Bewertung, räumlicher Vertiefung und Ableitung von Handlungsbedarfen. Ausgangspunkt war eine systematische Erfassung der relevanten klimatischen Einflüsse (insbesondere Hitze, Starkregen/Sturzfluten, Trockenheit sowie ergänzend Sturm) und deren Bedeutung für die Stadt. Darauf aufbauend wurden Klimawirkungsketten entwickelt, um zentrale Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zwischen klimatischen Einflüssen, betroffenen Systemen, möglichen Auswirkungen und Vulnerabilitätsfaktoren nachvollziehbar darzustellen.

Ein Schwerpunkt lag auf der Klimarisikoanalyse, in der Risiken je Handlungsfeldcluster vergleichbar bewertet wurden. Dazu wurden die Komponenten Gefährdung, Exposition und Sensitivität systematisch betrachtet und zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt. Ergänzend wurde die Anpassungskapazität qualitativ eingeschätzt, um einzuordnen, welche Risiken kurzfristig schwer zu reduzieren sind und wo mittelfristig wirksame Stellschrauben bestehen. Für ausgewählte Risiken wurden quantitative Bewertungen genutzt, um Unterschiede der Ausprägung zwischen Risikokonstellationen zu verdeutlichen.

Um die räumliche Dimension planungsrelevant aufzubereiten, wurde eine Hotspotanalyse durchgeführt. Sie verknüpft Grundlagenkarten (z. B. Hitzebelastung Tag/Nacht, Fließpfade bei Starkregen, Versiegelungsgrad, Retentions- bzw. Trockenheitshinweise, Gebäude- und Stadtstrukturinformationen) mit den Ergebnissen der Klimarisikoanalyse. Dadurch konnten Teilräume identifiziert werden, in denen sich Belastungen und vulnerable Nutzungen räumlich verdichten. Auf dieser Basis wurden Handlungsbedarfe für zentrale Handlungsfeldcluster abgeleitet, die als Grundlage für die Strategie und das Maßnahmenprogramm dienen.

1.2 Welche Klimarisiken sind besonders relevant für die Klimaanpassung in Schweinfurt?

Für Schweinfurt sind vor allem vier Risikokomplexe handlungsleitend, die jeweils eine hohe Relevanz für Gesundheit, Funktionsfähigkeit der Stadt und Standortqualität besitzen:

Erstens sind Hitzebelastung und Überwärmung zentrale Treiber. Hitze tritt zwar großräumig im Zusammenhang mit Großwetterlagen auf, die tatsächliche Belastung variiert jedoch stark innerhalb des Stadtgebiets, abhängig von Bebauungsdichte, Versiegelung, Durchgrünung sowie Entlastungspotenzialen durch Luftleitbahnen und Kaltluftentstehungsgebieten. Besonders relevant sind hitzebedingte Gesundheitsrisiken, Einschränkungen der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum sowie Belastungen für Wohngebäude und öffentliche Einrichtungen bzw. deren Nutzung.

Zweitens sind Starkregen- und Sturzflutrisiken von hoher Bedeutung. Hier zeigt sich eine ausgeprägte räumliche Variabilität, weil Oberflächenabfluss entlang von Fließpfaden und in Tiefpunkten konzentriert wird und Versiegelung Abflussspitzen verstärkt. Relevante Auswirkungen reichen von Überflutungen von Gebäuden, Verkehrsflächen und technischen Anlagen bis hin zu Funktionsstörungen und deren kostspielige Folgewirkungen durch die Wiederherstellungskosten.

Drittens ist Trockenheit und Wassermangel ein wesentlicher Risikotreiber. Trockenphasen wirken großräumig, die Betroffenheit ist jedoch räumlich unterschiedlich, weil Exposition und Sensitivität je nach Bodeneigenschaften, Wasserhaltevermögen sowie Lage und Zustand wasserabhängiger Grün- und Gewässerräume variieren. Trockenstress kann die Vitalität des Stadtgrüns, die ökologische Stabilität von Gewässerräumen und damit auch die Kühl- und Retentionsleistungen der Stadt bzw. des Stadtgrüns beeinträchtigen.

Viertens sind Sturm- und Unwetterereignisse als ergänzender Risikotreiber relevant. Eine kleinräumig hochaufgelöste Gefährdungskartierung ist häufig nicht verfügbar; die Bewertung erfolgt daher vorrangig über Exposition (z. B. topografisch exponierte Lagen, empfindliche Infrastrukturen) und über mögliche Folgewirkungen. In der Praxis treten hier vor allem Risiken durch Schäden an Gebäuden und Vegetation, Ausfälle und betriebliche Unterbrechungen in den Vordergrund.

Handlungsfeldübergreifend zeigt sich zudem, dass Klimarisiken selten isoliert wirken: Hitze, Starkregen und Trockenheit können sich gegenseitig verstärken, etwa wenn Trockenstress die Leistungsfähigkeit von Stadtgrün reduziert (weniger Kühlung/Retention) oder wenn versiegelte Flächen zugleich Hitzeinseln und Abflussverstärker darstellen.

1.3 Welche Handlungsbedarfe und Chancen der Klimaanpassung ergeben sich aus diesen Klimarisiken für die Stadt Schweinfurt?

Aus den Klimarisiken ergeben sich klare Prioritäten für die Stadtentwicklung, die Infrastrukturplanung und die Sicherung der Daseinsvorsorge. Besonders wirksam ist ein Ansatz, der nicht nur auf einzelne Risiken reagiert, sondern Exposition und Sensitivität strukturell reduziert und Synergien zwischen Handlungsfeldern nutzt.

Ein zentraler Handlungsbedarf liegt in der Stärkung klimaresilienter Stadtstrukturen: Hitze- und Starkregenrisiken lassen sich besonders effektiv dort mindern, wo Versiegelung reduziert, grün-blaue Infrastruktur gestärkt und Flächen multifunktional weiterentwickelt werden. Das betrifft insbesondere belastete Quartiere, stark frequentierte Innenstadtlagen, großflächige Funktions- und Verkehrsflächen sowie ausgewählte Gewerbeareale. Hier liegen zugleich große Chancen, Aufenthaltsqualität, Stadtraumgestaltung und Standortattraktivität sichtbar zu verbessern.

Parallel dazu braucht es eine Absicherung sensibler Systeme: Gesundheit, Pflege, Bildung, Betreuung und Einsatzstrukturen sind hochgradig sensibel gegenüber Extremwetterereignissen sowohl aufgrund der Arbeitsbelastung als auch aufgrund der eigenen Betroffenheiten. Entscheidend ist, Funktionsfähigkeit auch in Belastungsspitzen zu gewährleisten, etwa durch hitzerobuste Betriebsabläufe, bauliche Vorsorge, Krisen- und Informationsstrukturen sowie durch niedrigschwellige Unterstützung besonders vulnerabler Gruppen. Diese Maßnahmen erhöhen nicht nur den Schutz, sondern stärken auch sozialen Zusammenhalt und Krisenrobustheit.

Im Wasser- und Landschaftsbereich ergibt sich der Handlungsbedarf, Starkregenvorsorge und Trockenheitsresilienz zusammenzuführen. Ein integrierter, dezentraler Umgang mit Regenwasser (Schwammstadt-Logik) kann Überflutungsrisiken reduzieren und zugleich Wasser für Trockenphasen verfügbar machen. Die Stärkung von Gewässerräumen, Retentions- und Versickerungsflächen sowie die Sicherung der Vitalität des Stadtgrüns sind dabei zentrale Bausteine, um Kühl- und Ausgleichsfunktionen langfristig zu erhalten.

Für die Wirtschaft besteht der Handlungsbedarf, Resilienz als Standortfaktor zu stärken. Klimarisiken wirken hier häufig als Verstärker bestehender Risiken (z. B. Betriebsunterbrechungen, Infrastrukturabhängigkeiten, Standortqualität). Chancen liegen in der frühzeitigen Einbindung von Unternehmen, der Unterstützung von Anpassungsinvestitionen und der Entwicklung von Piloträumen in Gewerbearealen, die sich später skalieren lassen.

Insgesamt zeigt die Analyse: Die größten Chancen entstehen dort, wo Anpassung als Querschnittsthema verstanden wird und klare räumliche Prioritäten, abgestimmte Zuständigkeiten und eine konsequente Verknüpfung von Stadtentwicklung, Infrastruktur, Daseinsvorsorge und Landschafts-/Wasserhaushalt vorherrscht. Damit kann die Stadt Schweinfurt Klimarisiken wirksam reduzieren und gleichzeitig Lebensqualität, Gesundheitsschutz und Standortattraktivität langfristig stärken.

2 Methodik und Projektdurchführung

2.1 Durchführung der Klimarisikoanalyse

Die Klimarisikoanalyse auf Ebene der Stadt Schweinfurt folgte einem indikatorgestützten Ansatz, der sich an der internationalen Norm DIN EN ISO 14091:2021-07 orientierte.[1] Grundlage war die Betrachtung von Klimarisiken entlang sogenannter Klimawirkungsketten, in denen Gefährdung, Exposition, Sensitivität und, auf qualitative Weise, Anpassungskapazität miteinander verknüpft wurden.
Das Gesamtrisiko wurde dabei als Ergebnis eines Zusammenspiels aus klimatischer Gefährdung, der räumlichen und thematischen Exposition sowie der Sensitivität der betroffenen Systeme verstanden. Zukünftige Entwicklungen nicht-klimatischer Risikotreiber wie dem demographischen Wandel wurden, soweit verfügbar, über Prognosedaten in die Analyse einbezogen. Die quantitative Bewertung erfolgte über normierte, vergleichbare Risikoscores, die für alle Klimarisiken berechnet wurden und den Kern der späteren Priorisierung von klimatischen Einflüssen und thematischen Hotspots sowie sich aus diesen ergebenden Handlungsbedarfen bildeten.

Konzept Klimarisiko nach ISO 14091

Die methodische Grundlage der Klimarisikoanalyse orientierte sich an der DIN EN ISO 14091:2021-07. Klimarisiko wurde dabei als Funktion aus Gefährdung, Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität verstanden.
Für die vorliegende *Klimarisikoanalyse* wurde dieses Konzept wie folgt operationalisiert:

- Gefährdung: Ausmaß und Wahrscheinlichkeit potenziell gefährlicher Klimaelemente (z. B. Hitze, Starkregen, Sturm).
- Exposition: räumliche Lage und Umfang der Systeme, die diesen Gefährdungen ausgesetzt sind (Flächennutzungen, Infrastrukturen, Bevölkerungsgruppen).
- Sensitivität: Ausmaß der Schäden bzw. Beeinträchtigungen, die bei Eintreten eines gefährlichen Ereignisses zu erwarten sind.
- Anpassungskapazität: Fähigkeit der Systeme, auf Klimarisiken zu reagieren, sie zu verringern oder sich an sie anzupassen.
- Gesamtrisiko: kombinierter Indikator, der Gefährdung, Exposition und Sensitivität in einer normierten Kennzahl zusammenführt.

Das Gesamtrisiko wird numerisch berechnet als:

$$Risiko = \sqrt[3]{Gefährdung \times Exposition \times Sensitivität}$$

Diese Berechnungsvariante entspricht einer der in der Norm und den dazu vorliegenden Handreichungen empfohlenen Realisierungen.[2] Sie berücksichtigt die multiplikative, verstärkende Wirkung der drei Komponenten und führt sie gleichzeitig in eine gut interpretierbare Skala zurück. Die Anpassungskapazität wurde ergänzend qualitativ erfasst und bei der Interpretation der Risikoscores berücksichtigt.

Handlungsfelder und Klimawirkungsketten

Die Untersuchung der Klimarisiken erfolgte entlang von Klimawirkungsketten, die Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen Klimaelementen und ihren Auswirkungen auf Schutzgüter und Handlungsfelder beschreiben. Klimawirkungsketten verbinden:

1. Klimaelemente und -änderungen (z. B. Zunahme von Hitzetagen, Starkregen, Trockenperioden),
2. die betroffenen, vulnerablen, Schutzgüter (Mensch, Natur, Infrastruktur),
3. die auf diese einwirkenden Klimawirkungen und

[1] Porst, L., Voß, M., Kahlenborn, W., & Schauser, I. (2022). *Klimarisikoanalysen auf kommunaler Ebene - Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der ISO 14091*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://d-nb.info/136930546X/34
[2] Ibid.

4. die relevanten Handlungsfelder der deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel[3], welche in Handlungsfeldcluster zusammengefasst wurden (im vorliegenden Konzept: Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales; Planen, Bauen und Infrastruktur; Wirtschaft; Wasser).

Für jedes Handlungsfeldcluster wurde eine eigene Klimawirkungskette definiert, die von der Gefährdung über Exposition und Sensitivität bis hin zu Schäden und Folgewirkungen reicht. Die Wirkungen wurden semiquantitativ in Indikatorwerten ausgedrückt, die für die Stadt Schweinfurt berechnet und anschließend normiert wurden.
Die Handlungsfelder wurden in der Klimarisikoanalyse über thematische Zuordnungen der Indikatoren abgebildet. So können z. B. Hitzerisiken im Handlungsfeld Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales und Planen, Bauen und Infrastruktur, Starkregengefahren im Handlungsfeld Wasser und Planen, Bauen, Infrastruktur und Trockenheitsrisiken im Handlungsfeld Wasser verortet werden.

Gefährdung

Die Gefährdung beschreibt die potenziell gefährlichen Klimaelemente. Sie wurde anhand gewichteter Indikatoren bestimmt, die sich auf berechnete Absolutwerte der Klimakenngrößen stützen. Innerhalb eines Klimaelements wurden Einzelindikatoren gleichgewichtet gemittelt. Folgende Klimaelemente wurden zur Beurteilung der Gefährdung herangezogen:

- Temperaturen: mittlere Änderungen der Jahres- und Jahreszeitentemperaturen.
- Hitze: Anzahl der Sommer- und Hitzetage, Tropennächte sowie der durchschnittliche Wert der maximalen Tageshöchsttemperaturen im Sommer.
- Trockenheit: Gesamtschau aus Temperaturänderungen (insbesondere Vegetationsperiode und Wasserbedarf), Niederschlägen, Wasserverfügbarkeit sowie Anzahl und Verteilung trockener Tage und Trockenperioden.
- Frost/Kälte: minimale Temperaturen sowie Anzahl von Frost- und Eistagen.
- Niederschläge: Änderung der mittleren jährlichen und saisonalen Niederschläge.
- Starkniederschläge und Überflutungen: Anzahl der Tage mit mehr als 10 und 20 mm sowie maximale Niederschlagsmengen in einer Stunde, einem Tag und fünf Tagen.
- Schnee: Menge und Anzahl von Schneefallereignissen, maximale jährliche Ausprägung sowie Häufigkeit und maximale Dicke von Schneedecken.
- Sturm: Anzahl der Tage mit stürmischen Böen (Beaufortskala (BFT) 8) und Sturmböen (BFT 9) sowie mittlere maximale Spitzenböen. Ab BFT 8 (17,2 m/s) werden Sturmschäden von Versicherungen anerkannt, größere Schäden treten in der Regel ab BFT 9 (20,8 m/s) auf.
- Konvektive Unwetter: Berechnung eines Schwellenwerts für das Unwetterpotenzial bei Gewitterlagen[4] sowie Betrachtung der Anzahl der Tage mit hohem Gehalt an niederschlagbarem Wasserdampf (≥ 25 mm) und dazugehörigen Spitzenwerten.

Zur Einhaltung klimatologischer Standards wurden alle Klimaelemente auf Basis 30-jähriger Zeiträume ausgewertet:

- Referenzperiode: 1991–2020 als aktueller Referenzzeitraum (DWD-Standard).
- Nahe Zukunft: 2031–2060 als zentraler Planungszeitraum für die meisten Maßnahmen.
- Ferne Zukunft: 2071–2100 als „Fingerzeig“ für langfristige Tendenzen, insbesondere relevant für langfristige Entscheidungen (z. B. Forstwirtschaft).

[3] BMUKN (2024). *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2024*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN). https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/das_2024_strategie_bf.pdf

[4] Ulrich, M., Peter, M., Zimmermann, D., Jäger, D., & Schelnkhoff, P. (2024). *Abschätzung der durch den Klimawandel verursachten Schadensausmaße und daraus resultierenden Anpassungsbedarfe für den Gebäudebestand in Deutschland und seine Folgen für den Gebäudesektor*. Berlin: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Für die Gefährdungsanalyse wurden folgende Datensätze genutzt:

- Referenzperiode 1991–2020:
    - HYRAS (DWD): hochaufgelöste hydrometeorologische Rasterdaten (1×1 km, tägliche Temperatur, Tagesmittel, Maximal- und Minimalwerte), Luftfeuchtigkeit und Niederschlag)[5]
    - ERA5: Reanalysedatensatz (ca. 10×10 km, stündlich) mit vielfältigen atmosphärischen Parametern[6], genutzt insbesondere für konvektive Parameter, Sturmböen, stündliche Niederschläge und Schnee.
    - Stationsdaten (DWD): punktuelle Messdaten zur Plausibilisierung der Raster- und Reanalysedaten.
- Zukunft:
    - Klimaszenarien: Um zukünftige Klimazustände ermitteln zu können, werden Klimamodelle unter sogenannten "repräsentativen Konzentrationspfaden" genutzt, auf Englisch mit "RCP" abgekürzt. Diese beinhalten Annahmen über den zukünftigen Verlauf der Treibhausgaskonzentrationen (THG) getroffen, die sich auf unterschiedliche mögliche globale Entwicklungen in Bezug auf die Effektivität von Klimaschutzmaßnahmen beziehen. Dabei werden das RCP4.5 („moderater Klimawandel") und RCP8.5 („starker Klimawandel") zur Beschreibung der Klimaänderungen für Schweinfurt in der nahen (2031–2060) und fernen Zukunft (2071–2100) herangezogen.[7] Die Zahlen 4.5 und 8.5 hinter den Abkürzungen benennen dabei die im Jahre 2100 erwarteten Änderungen der globalen Energiebilanz durch zusätzliche Strahlungsantriebe infolge der erhöhten THG-Konzentrationen gemessen in Watt/m^2.
    - Klimaänderungssignale: Berechnung absoluter oder relativer Änderungen der Klimakenngrößen (Zukunftsperiode minus Referenzperiode) je Klimamodell und anschließende Ensemblemittelbildung.
    - Bias-Korrektur: Anwendung eines Quantile-Mapping-Verfahrens zur Reduktion systematischer Modellfehler.[8]
    - Klimamodellensemble: Nutzung eines Ensembles von rund 12 (RCP4.5) bzw. 21 (RCP8.5) Klimamodellen pro Szenario und Zeitraum zur Abbildung der Bandbreite möglicher Entwicklungen.[9]
    - Robustheit: Ein Klimasignal gilt als robust, wenn mindestens zwei Drittel der Modelle die gleiche Änderungsrichtung aufweisen und mindestens 50 % statistisch signifikante Änderungen liefern.[10]

---

[5] Rauthe, D., Steiner, H., Riediger, U., Mazurkiewicz, A., & Gratzki, A. (2013). *A Central European precipitation climatology – Part I: Generation and validation of a high-resolution gridded daily data set (HYRAS)*. Meteorologische Zeitschrift. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0436 ;
Razafimaharo, C., Krähenmann, S., Höpp, S., Rauthe, M., & Deutschländer, T. (2020). *New high-resolution gridded dataset of daily mean, minimum, and maximum temperature and relative humidity for Central Europe (HYRAS)*. Theoretical and Applied Climatology. https://doi.org/10.1007/s00704-020-03388-w

[6] Hans Hersbach, B. B.-S. (2020). *The ERA5 global reanalysis*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. https://doi.org/10.1002/qj.3803

[7] Kahlenborn, W., Ports, L., Voß, M., Fritsch, U., Renner, K., Zebisch, M., Wolf, M., Schönthaler, K., & Schauer, I. (2021). *Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021*. Dessau-Roßlau (DEU): Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Zusammenfassung

[8] Alex J. Cannon, Stephen R. Sobie, & Trevor Q. Murdock. (2015). *Bias Correction of GCM Precipitation by Quantile Mapping: How Well Do Methods Preserve Changes in Quantiles and Extremes?* JOURNAL OF CLIMATE. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00754.1

[9] DWD - Datensätze auf der Basis der RCP - Szenarien: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimaprojektionen/fuer_deutschland/fuer_dtld_rcp-datensatz_node.html

[10] Ulrich, M. (2021). *Klimamodellauswertung Sachsen-Anhalt 1961–2100*. Halle (Saale): Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt.

Die Gefährdungsindikatoren wurden für die Referenzperiode auf eine Skala von 1 (geringe Gefährdung) bis 5 (sehr hohe Gefährdung) normiert, indem die Werte für die Stadt Schweinfurt mit der Bandbreite der Klimakenngrößen für besiedelte Gebiete in Deutschland verglichen und auf deren Spannweite normiert wurden. Als besiedelte Gebiete wurden Landflächen unterhalb von 1.000 m ü. NHN definiert, auf denen die ALKIS-Daten der Länder Siedlungsräume aufweisen. Durch die Berechnung zukünftiger Klimazustände und deren Normierung auf das Referenzklima der Periode 1991-2020 können Werte größer 5 auftreten, das heißt Gefährdungsgrade, die über den bisher in Deutschland beobachteten Bereich hinausgehen. Dies ist angesichts des fortschreitenden Klimawandels beabsichtigt.

Exposition

Die Exposition beschreibt den Umfang und die räumliche Lage der Systeme, die einem bestimmten Klimarisiko ausgesetzt sind. Zur Ermittlung der Expositionsindikatoren wurden mehrere Datentypen kombiniert, die jeweils innerhalb der Gemeindegrenzen der Stadt Schweinfurt betrachtet und verwertet wurden:

- Flächennutzungs- und Landbedeckungsdaten
    - ALKIS/ATKIS und amtliche Liegenschaftsinformationen, ergänzt durch weitere Geodatensätze, wurden genutzt, um die räumliche Verteilung von Siedlungs- und Verkehrsflächen, Gewerbe- und Industrieflächen, landwirtschaftlichen Nutzungen sowie Wald- und Gewässerflächen auf Ebene der Stadt Schweinfurt zu bestimmen. Es handelt sich um Vektordaten und diese waren die Grundlage der zusammengeführten Produkte im Klimaplanatlas der Stadt Schweinfurt, welcher im Endbericht Teil C detailliert beschrieben wird.
    - Diese Flächenkategorien wurden anschließend mit relevanten Gefährdungsflächen verschnitten, etwa mit Fließwegen und topographisch ableitbaren bzw. modellierten Sturzflutkorridoren, hitzebelasteten Siedlungsbereichen, erosions- bzw. trockenheitsgefährdeten Agrarräumen oder hydrologischen Überflutungsgebieten aus den Hochwassergefahrenkarten.
    - Für die Ermittlung der räumlichen Verteilung der Hitzebelastung sowie möglicher Entlastungsstrukturen durch Kaltluftentstehungsgebiete und Luftleitbahnen wurde im Rahmen der Stadtklimaanalyse eine Modellierung des Mikroklimas in Schweinfurt für einen typischen heißen Sommertag durchgeführt. Die Methodik dieser Modellierung ist im Endbericht Teil C genauer dargelegt.
- Bevölkerungs- und Demographiedaten
    - Zur Bestimmung der Exposition vulnerabler Bevölkerungsgruppen wurden kommunale Einwohnerzahlen sowie die Altersstruktur (z. B. Kinder unter 6 Jahren, Personen über 65 Jahre) auf der Basis des Zensus 2022 herangezogen, welche in einem 100x100m Raster vorliegen. Ergänzend wurden Raumordnungsprognosen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) bis 2045 genutzt, die auf der Ebene Landkreis/kreisfreie Stadt vorliegen. Dadurch konnten aktuelle und zukünftige demographische Veränderungen, insbesondere im Hinblick auf alternde und gesundheitlich vulnerable Bevölkerungsgruppen, berücksichtigt werden. Diese Prognosedaten wurden als Anpassung der Expositionsindikatoren für vulnerable Gruppen (z. B. Altersgruppen) genutzt und die Übertragung erfolgte auf das Stadtgebiet als einheitlicher Faktor.
    - Es wurde berechnet, welcher Anteil der Bevölkerung, der kritischen Nutzungen oder der relevanten Flächen innerhalb der jeweiligen Gefährdungsräume liegt. Die resultierenden Werte wurden anschließend in Indikatoren überführt, indem die Anteilsgrößen auf eine Skala von 1 (geringe Exposition) bis 5 (sehr hohe Exposition) normiert wurden. Als Relation für die Normierung der Skala wurde dabei die Variabilität der betrachteten Kenngrößen innerhalb der Gemeinden in Deutschland genutzt.

Die in diesem Konzept enthaltenen Tabellen dokumentieren sowohl die verwendeten Rohdaten als auch die abgeleiteten Indikatorwerte. Die Normierung erfolgte linear entlang der Referenz-Spannweite (1 = unteres Ende, 5 = oberes Ende).

Sensitivität

Die Sensitivität beschreibt, wie stark ein System geschädigt oder beeinträchtigt wird, wenn ein gefährliches Klimaereignis eintritt. Für die Sensitivitätsanalyse wurden mehrere Datengrundlagen herangezogen und normiert. Die Normierung erfolgte linear entlang der Referenz-Spannweite (1 = unteres Ende, 5 = oberes Ende):

- Einsatzdaten der Feuerwehren und Rettungsdienste: Die Einsatzzahlen der Feuerwehren und Rettungsdienste wurden auf die Einwohnerzahl der Stadt Schweinfurt bezogen (Einsätze pro 1.000 Einwohner). Dadurch ergibt sich ein empirisch belastbares Bild darüber, in welchen Bereichen bereits heute besondere Belastungen durch Hitze, Unwetter, Sturm oder Starkregen auftreten.

- Infrastrukturbezogene Sensitivitätsfaktoren: Es wurden Lage und Dichte kritischer Einrichtungen wie Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen oder Schulzentren sowie die Verortung von Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur in Gefährdungsbereichen berücksichtigt (z. B. Straßenabschnitte entlang von Fließwegen oder hochwassergefährdeten Zonen). Die Auswertung erfolgte mithilfe von Geodatenanalysen, bei denen die jeweiligen Strukturen mit Gefährdungsflächen verschnitten wurden.

- Nutzungsstrukturelle Sensitivität: Darüber hinaus wurde untersucht, welcher Anteil der Stadt Schweinfurt in sensiblen Nutzungsstrukturen liegt, insbesondere Ackerflächen in erosionsgefährdeten Bereichen oder Siedlungsflächen in potenziellen Sturzflutpfaden. Diese Werte wurden, analog zur Exposition, relativ zum höchsten in Deutschland beobachteten Wert gesetzt und anschließend auf die Skala von 1 bis 5 normiert, die geringe bis sehr hohe Sensitivität beschreibt.

- Zusätzliche fachliche Gewichtung: Die Sensitivitätsindikatoren wurden zusätzlich gewichtet, wenn ein bestimmtes Klimarisiko potenziell zu schwerwiegenden gesundheitlichen Folgen oder zu abrupten, großflächigen Sachschäden führen kann. Für solche Fälle wurde die Sensitivität um +1 erhöht. Die Erhöhung erfolgte bis maximal 5,0 (Kappung), um die Vergleichbarkeit der Skala zu erhalten. Diese fachliche Gewichtung stellt sicher, dass die Bedeutung von Risiken durch Hitze, Sturm oder Sturzfluten ihren tatsächlichen Gefährdungscharakter adäquat abbilden.

Vulnerabilität

Im Sinne der DIN EN ISO 14091 wird Vulnerabilität als Ergebnis des Zusammenwirkens von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität verstanden. Für die vorliegende Analyse gilt:

Die quantitative Vulnerabilität wurde operational über die Indikatoren Exposition und Sensitivität abgebildet. Diese beiden Komponenten flossen unmittelbar in die Berechnung des numerischen Gesamtrisikos ein. Die Anpassungskapazität wurde ergänzend qualitativ erfasst und bei der Interpretation der Risikoscores berücksichtigt. Vulnerabilität wird somit nicht als eigener numerischer Indikator berechnet, sondern über die Kombination hohe Exposition + hohe Sensitivität + geringe Anpassungskapazität beschrieben. In der fachlichen Einordnung spielen insbesondere die räumliche Konzentration vulnerabler Bevölkerungsgruppen, die Anfälligkeit der genutzten Flächen und Infrastrukturen sowie der institutionelle und organisatorische Stand der Klimaanpassung eine zentrale Rolle. Diese Kombination entscheidet darüber, ob ein Bereich als Hotspot mit mittlerer, hoher oder sehr hoher Vulnerabilität eingestuft wird. Bei der Definition der Hotspots werden vulnerable Bereiche und Gruppen besonders berücksichtigt.

Anpassungskapazität

Die Anpassungskapazität wurde nicht quantitativ in die Berechnung des numerischen Gesamtrisikos einbezogen, sondern ergänzend qualitativ bewertet. Grundlagen der Bewertung sind:

- Ergebnisse der Akteursbeteiligung (Vernetzungstreffen, Strategieworkshops, Maßnahmenworkshops) mit den Akteuren, Bürgerinnen und Bürgern der Stadt Schweinfurt sowie relevanten Fachdiensten.
- Einschätzungen der Steuerungsgruppe sowie der Akteure zu Wissensstand, Umsetzungsfortschritt, institutioneller Verankerung, Vernetzung und Ressourcen.

Es wurde je Schutzgut und Themenfeld beurteilt, auf welchem Level sich die Klimaanpassung derzeit befindet. Betrachtet wurden insbesondere:

- Wissensstand zu Klimarisiken,
- Stand bereits umgesetzter oder geplanter Maßnahmen,
- institutionelle Verankerung (Pläne, Konzepte, Zuständigkeiten),
- Grad der internen und externen Vernetzung und Standardisierung,
- personelle, fachliche und finanzielle Ressourcen.

Das Ergebnis war eine qualitative Einordnung der Anpassungskapazität (z. B. eher gering, mittel oder fortgeschritten), die zur Interpretation der berechneten Klimarisiken und zur Priorisierung von Maßnahmen herangezogen wurde, ohne die numerischen Indikatorwerte für das Gesamtrisiko direkt zu verändern.
Dabei werden die Konzepte der inkrementellen, weiterreichenden und transformativen Anpassung als Voraussetzung zur Risikoreduktion genutzt. Das bedeutet, dass bei der Kalkulation des Gesamtrisikos das Risikoniveau berechnet wurde, das ohne zusätzliche Anpassung herrscht. Gleichzeitig wurde qualitativ berücksichtigt, auf welches Risikolevel derzeit bekannte und theoretisch verfügbare Ansätze zur Klimaanpassung das verbleibende Risiko reduzieren können. Bei dieser Einschätzung wurde die Anpassungskapazität qualitativ berücksichtigt, indem die Interpretation der Risikoscores an die festgestellte Anpassungskapazität angepasst wurde.

Fachliche Risikobewertung

Die fachliche Risikobewertung basierte auf der rechnerischen Verknüpfung der Indikatoren Gefährdung, Exposition und Sensitivität zum Gesamtrisiko. Durch die Verwendung des geometrischen Mittels durch die dritte Wurzel wurde der multiplikative Charakter der Risikoentstehung abgebildet, gleichzeitig aber eine übersichtliche Skala beibehalten:

$$Risiko = \sqrt[3]{Gefährdung \times Exposition \times Sensitivität}$$

Folgende Abstufungen wurden genutzt, um die Werte der Indikatoren in normative und allgemeinverständliche Risikobewertungen zu übersetzen, die dann für die Priorisierung der Klimarisiken auf lokaler Ebene herangezogen werden:

- Geringes Klimarisiko: Wertebereich bis 2,0: In diesem Bereich sind Klimarisiken beherrschbar ohne wesentliche über das bisherige Maß hinausgehende Tätigkeiten.

- Mittleres Klimarisiko: Wertebereich von 2,0 bis 3,0: In diesem Bereich sind Klimarisiken beherrschbar, allerdings müssen dazu bereits geplante oder vorhandene Anpassungsmaßnahmen verstärkt umgesetzt werden. Diese Art der Klimaanpassung bezeichnet man auch als „inkrementelle Klimaanpassung". Inkrementelle Klimaanpassungsmaßnahmen können diese Klimarisiken beherrschbar machen, die verbleibenden Restrisiken sind geringe Klimarisiken im Sinne der angewandten Risikoabstufung.

- Hohes Klimarisiko: Wertebereich von 3,0 bis 4,0: In diesem Bereich sind Klimarisiken nur noch beherrschbar, wenn sogenannte „weiterreichende Klimaanpassungsmaßnahmen" zur Anwendung kommen. Diese Maßnahmen sind oftmals bereits bekannt, erfordern aber einen hohen Einsatz und stellen höhere Anforderungen oder sind aufgrund ihrer relativen Selten- oder Neuheit noch mit größeren Unsicherheiten oder Vorbehalten behaftet. Ohne solche Klimaanpassungsmaßnahmen stellen diese Klimarisiken eine erhebliche Gefahr für die Lebensqualität, die Gesundheit und die Sicherheit der Bürgerinnen und Bürger dar. Weiterreichende Klimaanpassungsmaßnahmen können diese Klimarisiken beherrschbar machen, die verbleibenden Restrisiken sind geringe Klimarisiken im Sinne der angewandten Risikoabstufung.

- Sehr hohes Klimarisiko: Wertebereich von 4,0 bis 5,0: In diesem Bereich sind Klimarisiken nur noch dann beherrschbar, wenn sogenannte „transformative Klimaanpassungsmaßnahmen" zum Einsatz kommen. Dies sind Maßnahmen, die die Ursachen für die Vulnerabilität des betroffenen Systems, also vor allem Exposition und Sensitivität grundlegend angehen. Beispiel dafür ist der aktive Rückzug von Siedlungsgebieten aus gefährdeten Bereichen. Solche Klimarisiken sind folgenschwer und können ohne Anpassung

katastrophale Ausmaße annehmen, also hohe Sach- und Personenschäden verursachen. Transformative Klimaanpassungsmaßnahmen können diese Klimarisiken beherrschbar machen, die verbleibenden Restrisiken sind geringe bis mittlere Klimarisiken im Sinne der angewandten Risikoabstufung.

- Extremes Klimarisiko: Wertebereich ab 5,0: In diesem Bereich sind Klimarisiken auch mit jetzt bekannten, transformativen Anpassungsmaßnahmen nicht mehr beherrschbar. Daher müssen für solche Klimarisiken grundlegend anderen Verhaltensweisen greifen. Oftmals sind dies Kaskadenrisiken, die indirekt auf relevante Klimawirkungen folgen. Großflächige, klimabedingte Hungersnöte und darauffolgende Konflikte wären hierfür ein Beispiel. Transformative Klimaanpassungsmaßnahmen können diese Klimarisiken nur bis zu einem Maße beherrschbar machen, die verbleibenden Restrisiken sind immer noch mittel oder hoch oder sogar sehr hoch im Sinne der angewandten Risikoabstufung.

Die Berechnung erfolgte für alle Klimarisiken (z. B. Hitze, Starkregen, Trockenheit, Sturm) getrennt nach Handlungsfeldclustern. Die resultierenden Risikoscores wurden tabellarisch dokumentiert, kartografisch im Klimaplanatlas visualisiert und für Vergleiche genutzt. Auf dieser Grundlage können fachlich belastbare Aussagen über die räumliche und thematische Verteilung der Klimarisiken getroffen werden.

Normative Risikobewertung

Die fachliche Risikoklasse basierte auf den Schwellenwerten. Die normative Bewertung diente der Plausibilisierung, Kontextualisierung und Priorisierung (z. B. bei gleich hohen Scores oder besonderen Schadenerfahrungen) und kann die Dringlichkeit/Handlungsableitung justieren, ohne den Score selbst zu ändern. Die normative Risikobewertung ergänzt die fachlich-technische Berechnung der Risikoscores um die Perspektiven der lokalen und regionalen Akteure. Sie beruhte auf der Auswertung der Beteiligungsformate mit der Steuerungsgruppe. In Workshops und Abstimmungsrunden wurde gemeinsam herausgearbeitet, welche klimatischen Einflüsse (z. B. Hitze, Starkregen, Trockenheit oder Sturm) aus Sicht der Akteure besonders relevant sind und welche Bevölkerungsgruppen, Räume und Infrastrukturen im Alltag tatsächlich als stark betroffen wahrgenommen werden.

Die berechneten Risikoscores dienten in diesem Prozess als eine wichtige Orientierungsgröße, wurden aber nicht mechanisch in Risikoklassen überführt. Vielmehr wurden sie gemeinsam mit lokalen Erfahrungen, bereits eingetretenen Schadensereignissen, institutionellen Rahmenbedingungen und der verfügbaren Anpassungskapazität betrachtet. Auf dieser Grundlage wurde für jedes Klimarisiko und jedes Schutzgut eine fachliche Bewertung vorgenommen, die die numerischen Ergebnisse mit dem Erfahrungswissen und den Prioritäten der Praxis verbindet. Die resultierende Skala mit den Kategorien geringes, mittleres, hohes, sehr hohes und extremes Klimarisiko ist somit eine fachliche Bewertungsskala, die aus dem Zusammenspiel von Modellrechnungen und Akteursbeteiligung entstand.

Die normative Risikobewertung bildet damit die fachliche Klammer zwischen den berechneten Risikoscores und den politischen sowie administrativen Entscheidungen. Sie macht transparent, welche klimatischen Einflüsse und Betroffenheiten aus Sicht der beteiligten Akteure besonders relevant sind und auf welche Risikoklassen sich der gemeinsame fachliche Konsens bezieht. Auf dieser Grundlage wurden anschließend die räumlichen und thematischen Hotspots priorisiert und die Dringlichkeit der Klimaanpassungsmaßnahmen im Gebiet der Stadt Schweinfurt festgelegt.

Ergebnisformate der Klimarisikoanalyse

Als Ergebnis der Klimarisikoanalyse liegen für die betrachteten Klimaelemente und Handlungsfelder standardisierte Risikoindikatoren sowie daraus abgeleitete Risikoklassen für das Stadtgebiet Schweinfurt vor. Ergänzend wurden räumliche Darstellungen erzeugt, die die Verteilung von Gefährdung, Exposition und Sensitivität sowie zusammengeführte Risikoschwerpunkte im Stadtgebiet sichtbar machen. Darauf aufbauend wurden thematische und räumliche Hotspots identifiziert und in Form einer priorisierten Übersicht zusammengefasst. Die Ergebnisse wurden so aufbereitet, dass sie als fachliche Grundlage für die Ableitung von Handlungsbedarfen und die Entwicklung von Maßnahmen im weiteren Konzeptprozess dienen.

2.2 Ableitung der Hotspots und Handlungsbedarfe

Priorisierung der räumlichen Hotspots

Die Priorisierung der räumlichen Hotspots erfolgte im Zusammenspiel aus modellbasierten Analysen, kartografischer Darstellung und der systematischen Einbindung der lokalen und regionalen Akteure. Ausgangspunkt ist der Klimaplanatlas, in dem die Ergebnisse der Klimarisikoanalyse, also Gefährdung, Exposition, Sensitivität und daraus abgeleitete Risikoscores, mit weiteren Geodaten wie Topographie, Landnutzung, hydrologischen Parametern und demographischen Informationen verknüpft wurden. Auf dieser Grundlage wurden jene Teilräume sichtbar, in denen bestimmte Klimarisiken räumlich konzentriert auftreten, etwa stark hitzebelastete Siedlungsbereiche, sturzflutgefährdete Tallagen oder erosionsanfällige Hangbereiche. Die Kartendarstellungen, ihre Inhalte und Interpretation sind im Endbericht Teil C gesondert als Produkte beschrieben.

Die so erzeugten Karten wurden in Workshops mit der Stadt Schweinfurt und den relevanten Fachdiensten diskutiert und fachlich geprüft. Die Akteure brachten hier ihre Kenntnisse über bereits eingetretene Schadensereignisse, bekannte Problemlagen und lokale Besonderheiten ein. Auf diese Weise wurden modellbasierte Hotspots mit den Erfahrungen vor Ort abgeglichen, plausibilisiert und gegebenenfalls angepasst. Räumliche Hotspots werden in der Regel als Bereiche definiert, in denen hohe oder sehr hohe Risikoscores mit einer ausgeprägten Exposition und Sensitivität zusammentreffen und in denen die vorhandene Anpassungskapazität aus Sicht der Akteure nicht ausreicht, um die Risiken ohne zusätzliche Maßnahmen angemessen zu beherrschen.

Das Ergebnis dieses Prozesses ist eine fachlich abgestimmte Kulisse räumlicher Schwerpunkträume, die kartenbasiert dokumentiert und im Klimaplanatlas verortet wird. Diese Hotspots bilden die geografische Grundlage für die spätere Maßnahmenentwicklung bzw. -umsetzung, die Auswahl geeigneter Instrumente und die räumliche Priorisierung von Klimaanpassungsaktivitäten im Gebiet der Stadt Schweinfurt.

Priorisierung der thematischen Hotspots

Parallel zur räumlichen Betrachtung wurden im Rahmen der Klimarisikoanalyse thematische Hotspots priorisiert. Dabei wurden jene Klimarisiken und Handlungsfelder in den Mittelpunkt gerückt, die aus fachlicher Sicht und nach Einschätzung der beteiligten Akteure besonders dringlich und wirkungsrelevant sind. Die thematische Priorisierung knüpfte direkt an die Struktur nach Handlungsfeldclustern (Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales; Planen, Bauen und Infrastruktur; Wasser und Wirtschaft) an.

In einem ersten Schritt wurden die berechneten Risikoscores nach Handlungsfeldclustern ausgewertet und gemeinsam mit den Ergebnissen der normativen Risikobewertung interpretiert. Anschließend wurde in Beteiligungsformaten mit der städtischen Fachverwaltung und weiteren relevanten Akteuren (Städtische Betriebe, Gesundheitswesen und lokalen Verbänden) diskutiert, welche klimatischen Einflüsse, wie Hitze, Starkregen, Trockenheit oder Sturm, für welche Handlungsfeldcluster als besonders kritisch gelten. Auf dieser Grundlage wurden thematische Schwerpunkte identifiziert, bei denen sich hohe oder sehr hohe Risikoscores mit einer hohen Betroffenheit, einem großen Schadenspotenzial oder einer besonderen gesellschaftlichen Relevanz verbinden. Zusätzlich wurden Kriterien wie die Zahl der betroffenen Personen oder Einrichtungen, die wirtschaftlichen und infrastrukturellen Auswirkungen, die ökologische Bedeutung, die Verfügbarkeit passender Instrumente und die Umsetzbarkeit von Maßnahmen berücksichtigt. Die Priorisierung erfolgte somit nicht allein nach numerischen Werten, sondern als fachliche Bewertung, in der die Risikoscores, die Erfahrungen der Praxis und die strategischen Ziele der Klimaanpassung miteinander verknüpft wurden.

Das Ergebnis ist eine abgestimmte Liste thematischer Hotspots, die benennt für welche Klimarisiken und in welchen Handlungsfeldern vorrangig gehandelt werden soll. Diese thematischen Schwerpunkte sind eine zentrale Grundlage für die Formulierung strategischer Ziele und die Entwicklung passgenauer Maßnahmenpakete in der Erarbeitung des Klimaanpassungskonzepts.

Ableitung der Handlungsbedarfe

Die Ableitung der Handlungsbedarfe stellt den Übergang von der Analyse zur Strategie- und Maßnahmenentwicklung dar. Sie verbindet die Ergebnisse der fachlichen und normativen Risikobewertung mit den räumlichen und thematischen Hotspots sowie mit der Einschätzung der vorhandenen Anpassungskapazität. Ziel war es, jene Bereiche zu identifizieren, in denen aus Sicht der beteiligten Akteure ein besonderer Handlungsdruck besteht und in denen Klimaanpassungsmaßnahmen konkrete, spürbare Verbesserungen bewirken können.

In einem ersten Schritt wurden die priorisierten räumlichen und thematischen Hotspots systematisch zusammengeführt und nach Schutzgütern und Handlungsfeldern geordnet. Für jede dieser Schnittstellen (z. B. Hitze in dicht bebauten Siedlungsbereichen, Starkregen in sturzflutgefährdeten Ortsteilen oder Trockenheit in sensiblen Wald- und Agrarräumen) wurde beschrieben, welche konkreten Betroffenheiten vorliegen, welche Schäden oder Beeinträchtigungen zu erwarten sind und welche Akteure hiervon besonders betroffen sind. Darauf aufbauend wurden qualitative und quantitative Aussagen zur Dringlichkeit des Handelns getroffen. Handlungsbedarfe wurden insbesondere dort gesehen, wo hohe oder sehr hohe Klimarisiken vorliegen, wo gleichzeitig eine hohe Betroffenheit vulnerabler Gruppen, kritischer Infrastrukturen oder wertvoller Naturräume besteht und wo die vorhandene Anpassungskapazität nicht ausreicht, um das Risiko auf ein akzeptables Niveau zu senken. In Workshops und Abstimmungsrunden wurden diese Bedarfe konkretisiert, priorisiert und mit bestehenden Planungen, Strategien und Fördermöglichkeiten abgeglichen.

Aus dieser gemeinsamen Bewertung entstanden fachlich begründete Handlungsbedarfe, die in Form von Schwerpunktthemen und -räumen beschrieben wurden. Sie geben an, in welchen Bereichen vorrangig inkrementelle, weiterreichende oder transformative Anpassungsansätze erforderlich sind. Diese Handlungsbedarfe bilden die inhaltliche Grundlage für die Formulierung strategischer und operativer Ziele, für die Entwicklung von Maßnahmensteckbriefen sowie für den Aufbau eines Monitorings und eines Verstetigungssystems. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Klimaanpassungsstrategie im Gebiet der Stadt Schweinfurt direkt an den ermittelten Risiken, Betroffenheiten und Prioritäten der Akteure ansetzt und in ein konsistentes, handlungsorientiertes Gesamtkonzept überführt wird.

2.3 Akteursbeteiligung zur Klimaanpassungsstrategie

Die Klimaanpassungsstrategie für die Stadt Schweinfurt wurde in einem mehrstufigen, partizipativen Prozess erarbeitet. Ziel war es, die vorhandenen fachlichen Erkenntnisse mit dem Wissen und den Erfahrungen lokaler Akteure zusammenzuführen, um tragfähige, praxisnahe und breit getragene Maßnahmen zu entwickeln. Grundlage der Prozessgestaltung bildete eine umfangreiche Akteursdatenbank, in der die relevanten städtischen Fachstellen, Institutionen, Unternehmen, Vereine sowie Vertreterinnen und Vertreter der Zivilgesellschaft erfasst und thematisch zugeordnet wurden (Abbildung 1).

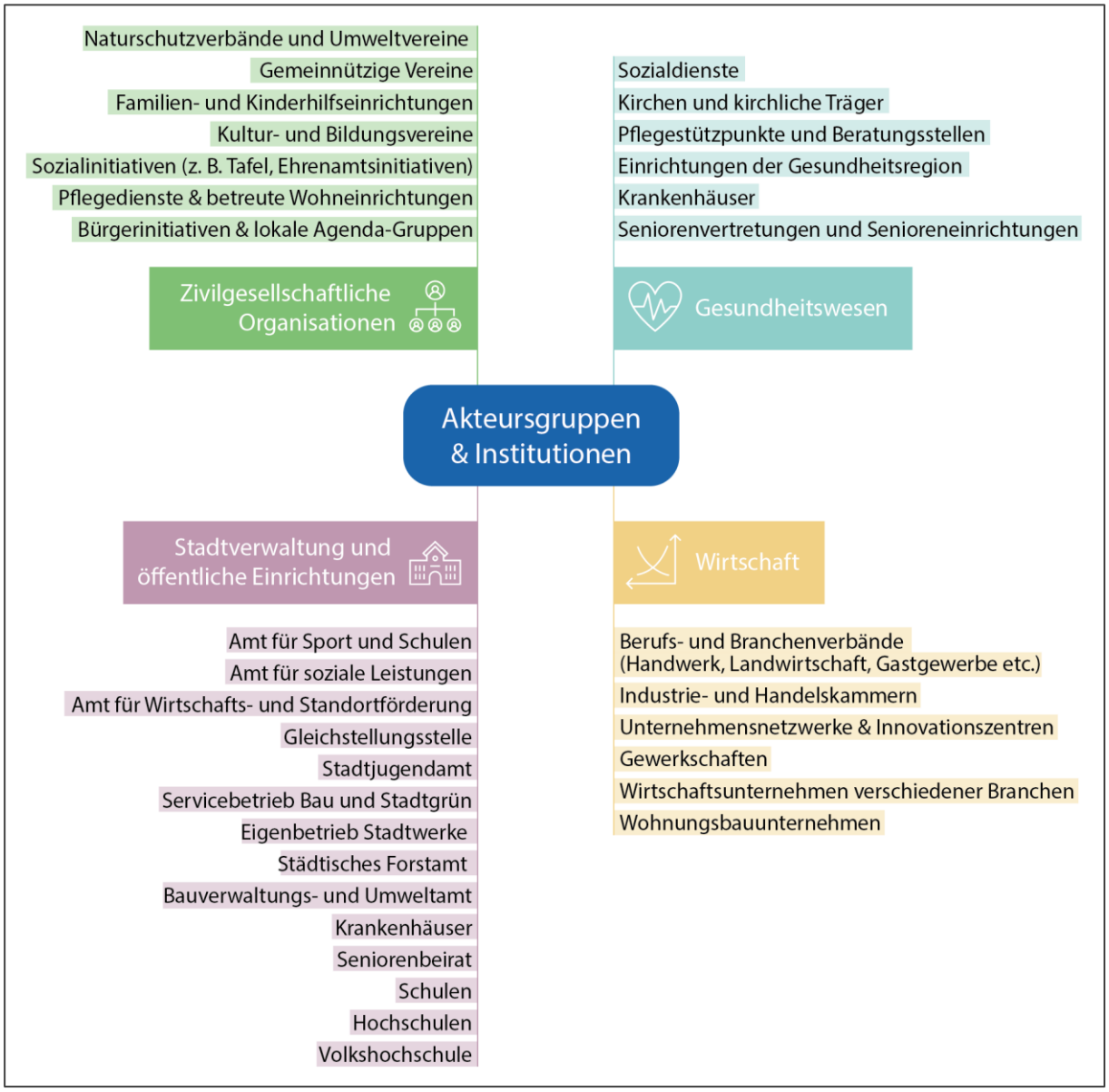

Abbildung 1: Übersicht der Akteursstrukturen in Schweinfurt

Ablauf der Akteursbeteiligung

Die Beteiligung (Abbildung 2) fand zielgruppenspezifisch unter Nutzung geeigneter Online-Tools (Klima-Map, Umfrage, digitale Whiteboards) statt. Darüber hinaus wurden zwei Fachakteurworkshops vor Ort, drei Treffen mit der Steuerungsgruppe online und vor Ort sowie eine öffentliche Auftaktveranstaltung und eine Abschlussveranstaltung durchgeführt, um eine integrative Beteiligung zu gewährleisten.

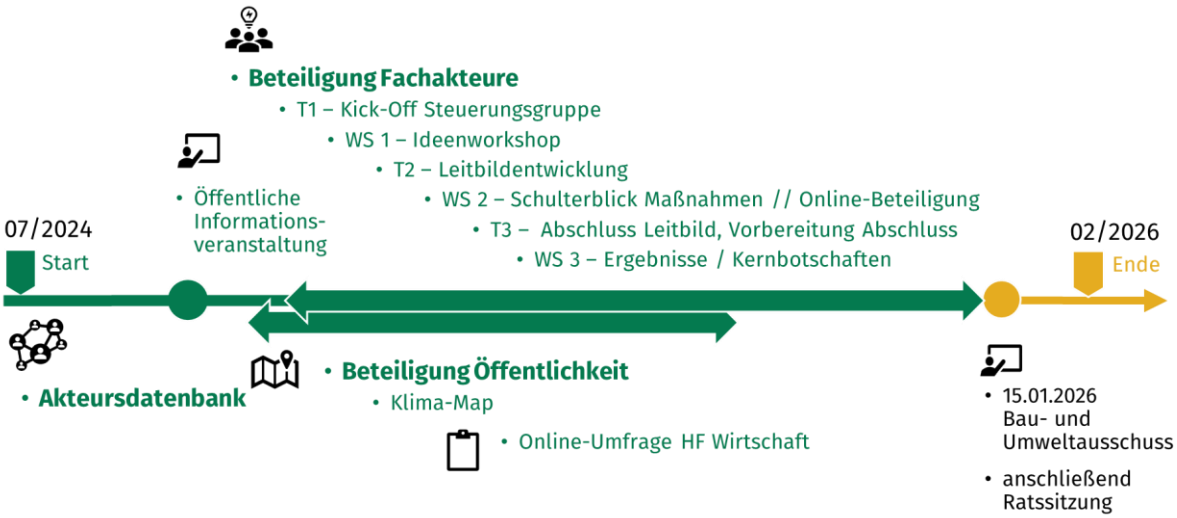

Abbildung 2: Übersicht der Akteursbeteiligung

Öffentliche Auftaktveranstaltung am 13.10.2024

Unter dem Motto „Stark in Zeiten des Klimawandels!“ fand am 13. Oktober 2024 im Rahmen des verkaufsoffenen Sonntags die öffentliche Auftaktveranstaltung zum Klimaanpassungskonzept der Stadt Schweinfurt statt. Am Infostand im StudyFAB konnten Bürgerinnen und Bürger mehr über das Projekt erfahren, Fragen stellen und eigene Ideen einbringen. Im Mittelpunkt stand der Dialog mit der Stadtgesellschaft: Wie kann Schweinfurt den zunehmenden Wetterextremen wie Hitze, Starkregen oder Sturm begegnen? Welche Maßnahmen tragen dazu bei, auch künftig ein gesundes Lebens- und Arbeitsumfeld zu sichern? Neben Gesprächen am Infostand konnten Interessierte erste Anregungen und Ideen für eine klimaresiliente Stadtentwicklung auf einer Karte einbringen. Zugleich wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, sich online über die interaktive Klima-Map zu beteiligen und gefährdete Orte sowie Anpassungsvorschläge einzutragen. Mit dieser Auftaktveranstaltung begann der öffentliche Beteiligungsprozess, der die Grundlage für die gemeinsame Erarbeitung des Klimaanpassungskonzepts bildete.



Abbildung 3: Auftaktveranstaltung im StudyFAB

Auftakttreffen mit der Steuerungsgruppe am 11.02.2025

Beim Auftakt mit der Steuerungsgruppe wurden Motivation, Vorgehen und Rollen im Klimaanpassungsprozess geklärt. Nach der Einordnung der Ausgangslage (zunehmende Hitze, häufigere Starkregen) stellte das Projektteam den Prozess mit vier Arbeitspaketen vor: Bestandsaufnahme/Betroffenheitsanalyse inkl. Klimafunktionskarte, Akteursbeteiligung, handlungsfeldorientierter Maßnahmenkatalog sowie Controlling-, Verstetigungs- und Kommunikationsstrategie. Vorgestellt wurden Team und Zuständigkeiten (CLIMATICON/AtmoVera), der Zeitplan für 2025 und der Arbeitsstand mit Akteursdatenbank, öffentlicher Auftaktveranstaltung und startender Klima-Map. Die Steuerungsgruppe, bestehend aus Vertretungen der Verwaltung, wurde darüber informiert, dass diese Prozessbegleitung, fachliche Impulse und die Entscheidungsvorbereitung an drei vorgesehenen Terminen im Jahr 2025 übernehmen soll. Abschließend wurde der Ideenworkshop am 20.02.2025 mit Gruppenarbeit zu den vier Handlungsfeldern vorbereitet.

Fachakteursworkshop I am 20.02.2025

In einem Impulsvortrag wurde Klimawandel zunächst global eingeordnet und auf Schweinfurt übertragen. Anhand ausgewählter Ereignisse und Einsatzzahlen wurde die lokale Betroffenheit greifbar gemacht und zentrale Handlungsbedarfe abgeleitet, von Hitzeschutz über Regenwassermanagement bis zur Vorsorge für kritische Infrastrukturen. Gleichzeitig wurden Chancen der Klimaanpassung betont wie die Erhöhung der Resilienz, dem Schutz von Gesundheit und Sachwerten oder dem Potenzial für Innovationen und Effizienzgewinne.
In der Gruppenarbeit wurden an vier Stationen zu den Handlungsfeldern Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales, Planen, Bauen und Infrastruktur, Wasser und Wirtschaft konkrete Szenarien diskutiert, Ideen auf Stellwänden dokumentiert und per Klebepunkten nach Handlungsdruck und Umsetzungspotenzial priorisiert. So entstanden kurze, praxisnahe Ansatzlisten, u. a. zu Hitzewarn- und Notfallkommunikation, baulichem Hitzeschutz und Verschattung, Begrünung und Regenwasserrückhalt/Notwasserwegen sowie betrieblicher Vorsorge. Die priorisierten Vorschläge bildeten die Grundlage für die weitere Konzeptarbeit und flossen in die nächsten Beteiligungsschritte ein.



Abbildung 4: Ergebnisse der Arbeitsgruppen beim ersten Fachakteursworkshop[11]

2. Treffen mit Steuerungsgruppe zur Leitbildentwicklung am 30.04.2025

Beim zweiten Treffen mit der Steuerungsgruppe ging es um die Leitbildentwicklung, um den Arbeitsstand zu sichten und den strategischen Rahmen des Klimaanpassungskonzepts zu schärfen. Nach einem Überblick zu Prozess,

[11] © CLIMATICON GmbH

Zeitplan und bisherigen Beteiligungsbausteinen wurden die Klimarisiken und Handlungsbedarfe in den vier Handlungsfeldern skizziert. Anschließend erarbeitete die Gruppe mittels Design-Thinking-Interviews in Zweierteams erste Leitsätze. Die Entwürfe wurden im Plenum entlang klarer Kriterien (Verständlichkeit, Zukunftsbild, Lokalbezug, Handlungsorientierung, Inklusivität) reflektiert. Ergebnis des Treffens waren acht handlungsfeldbezogene Leitbild-Entwürfe als Kompass für die weitere Maßnahmenpriorisierung und die Vorbereitung des nächsten Fachakteursworkshops.

Fachakteursworkshop II am 02.06.2025

Im zweiten Workshop stand die gemeinsame Schärfung von Leitsätzen und priorisierten Maßnahmen im Mittelpunkt. Nach einer kompakten Einordnung der Klimarisiken für Schweinfurt (u. a. mehr Hitzetage, teils mehr Starkregen) folgte ein Rundgang durch die vier Handlungsfelder mit Fokus-Maßnahmen: Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales (ehrenamtliches Hitzemanagement & Hitzetelefon; Klimaanpassung im Schul- und Bildungswesen), Planen, Bauen und Infrastruktur (Stärkung des Grünen Bandes; multifunktionale Flächen), Wasser (Renaturierung von Fließwegen; interkommunaler Arbeitskreis HW-Schutz) sowie Wirtschaft (Infopaket Nachhaltiges Bauen; Klimakampagne & Resilienzberatung). In der anschließenden Diskussion wurden die Vorschläge anhand der Kriterien „Low-hanging fruit“ und „No-regret-Maßnahme“ bewertet. Mehrere Maßnahmen erzielten besonders hohe No-regret-Einschätzungen. Die Ergebnisse flossen in die Struktur des Maßnahmenkatalogs und in die weitere Leitbildformulierung ein.



Abbildung 5: Besprechung der Fokus-Maßnahmen im Handlungsfeld Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales im Rahmen des zweiten Fachakteurworkshops[12]

3. Treffen mit Steuerungsgruppe zur Finalisierung der Leitbilder und Kernbotschaften am 19.11.2025

Am 19.11.2025 traf sich die Steuerungsgruppe zum Abschlusstermin, um Leitbild und Kernbotschaften je Handlungsfeld zu finalisieren und die Abschlussveranstaltung vorzubereiten. Nach einem kurzen Rückblick auf Prozess und Zeitplan wurde das vorgeschlagene Leitbild für jedes Handlungsfeld vorgestellt. In einem Konsenscheck wurden die final ausgearbeiteten Maßnahmen entlang überzeugender Pro-Argumente bestätigt, u. a. Hitzevorsorge als Daseinsvorsorge, Schwammstadt-Prinzipien, integrierte Siedlungsentwässerung sowie betriebliche Resilienz und Wissenspakete. Abschließend wurden Format und Ziele der Abschlussveranstaltung am 10.12.2025 festgelegt und das weitere Vorgehen bis zur Ergebnispräsentation im Bau- und Umweltausschuss am 15.01.2026 abgestimmt.

[12] © CLIMATICON GmbH

Die Ergebnisse bilden den strategischen und kommunikativen Abschluss der Erarbeitungsphase und die Grundlage für die öffentliche Abschlussveranstaltung und die politische Beschlussfassung.

Abschlussveranstaltung mit Fachakteuren am 10.12.2025

Unter dem Titel „Klimaanpassung konkret – Ergebnisse, Räume und Botschaften für Schweinfurt“ kamen Vertreterinnen und Vertreter aus Verwaltung, Fachinstitutionen, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesundheitswesen zusammen. Nach Begrüßung und kurzem Rückblick auf Workshops und Online-Beteiligung wurden Ziel und Aufbau des Klimaplanatlas als planerisches Kerninstrument vorgestellt. Anschließend präsentierte das Projektteam die sachlich-strategischen Botschaften zu den vier Handlungsfeldern sowie den erarbeiteten Maßnahmenkatalog. Die Abschlussveranstaltung markierte damit den Übergang von der Konzeptentwicklung in die Phase der Umsetzung und Verstetigung der Klimaanpassungsstrategie.



Abbildung 6: Vorstellung des Klimaplanatlas bei der Abschlussveranstaltung für Fachakteure[13]

Online-Umfrage

Für das Handlungsfeld Wirtschaft wurde eine Online-Umfrage an über 100 Ansprechpersonen aus unterschiedlichen Branchen versendet. Ziel war es, Erfahrungen mit Klimafolgen, die eigene Klimaresilienz sowie Unterstützungsbedarfe zu erfassen. Die 18 Rückmeldungen zeigen, dass viele Betriebe in den letzten Jahren konkrete Auswirkungen von Hitze und Starkregen erlebt haben. Außerdem traten Probleme teils wiederkehrend auf und betreffen u. a. Abläufe, Arbeitsfähigkeit und betriebliche Infrastruktur. Erste Anpassungsmaßnahmen wurden bereits umgesetzt, zugleich sehen die Unternehmen Klimaanpassung als wichtiges Zukunftsthema und wünschen sich vor allem praxisnahe Informationen, Beratung/Netzwerke und Impulse zur Förderung. Die Ergebnisse flossen direkt in die Ausgestaltung der wirtschaftsbezogenen Maßnahmen des Klimaanpassungskonzepts ein.

Klima-Map

Mit der interaktiven Klima-Map wurde die Öffentlichkeit frühzeitig in die Erarbeitung des Klimaanpassungskonzepts einbezogen. Über ein mit der Karte verknüpftes Online-Formular konnten belastete Orte (Hitze, Starkregen/Überflutung, Trockenheit, starker Wind) sowie konkrete Maßnahmenideen gemeldet werden. Im Beteiligungszeitraum verzeichnete die Karte rund 1.500 Aufrufe und 111 Meldungen, davon 47 Maßnahmenvorschläge sowie

[13] © CLIMATICON GmbH

64 fachliche Hinweise zu klimatischen Belastungen. Die Ergebnisse flossen direkt in die klimatologische Analyse, die Priorisierung im Maßnahmenkatalog und die strategische Ausrichtung des Konzepts ein.

Ergebnisse der Akteursbeteiligung

Die Akteursbeteiligung im Rahmen der Klimaanpassungsstrategie für die Stadt Schweinfurt hat zu einer Vielzahl wertvoller Impulse und praxisnaher Vorschläge geführt. Durch die Kombination aus öffentlichen Formaten, Workshops, Online-Beteiligung und gezielter Fachakteurseinbindung konnten unterschiedliche Perspektiven und Fachkompetenzen zusammengeführt werden.
Die Beiträge aus Auftaktveranstaltung, Fachakteursworkshops, Steuerungsgruppentreffen, Online-Umfrage und Klima-Map machten deutlich, dass die Betroffenheit durch Klimafolgen wie Hitze, Starkregen und Trockenheit in allen Lebens- und Arbeitsbereichen spürbar ist. Gleichzeitig zeigte sich ein hohes Engagement der lokalen Akteure, die Anpassung aktiv mitzugestalten.
Aus den Rückmeldungen wurden zentrale Handlungsbedarfe und Lösungsansätze abgeleitet, die direkt in die Leitbildentwicklung und den Maßnahmenkatalog eingeflossen sind. Dabei standen Themen wie Hitzeschutz im Gesundheits- und Bildungswesen, klimaresiliente Stadt- und Freiraumgestaltung, Wasserrückhalt, betriebliche Vorsorge sowie Kommunikation und Sensibilisierung im Mittelpunkt.
Insgesamt spiegeln die Ergebnisse eine breite Unterstützung und gemeinsame Verantwortung für die Umsetzung wider. Sie bilden die inhaltliche Grundlage der Klimaanpassungsstrategie und schaffen ein starkes Fundament für die Verstetigung des Prozesses in Verwaltung, Wirtschaft und Stadtgesellschaft.

Erarbeitung der Klimaanpassungsmaßnahmen

Die Erarbeitung der Klimaanpassungsmaßnahmen erfolgte iterativ in enger Abstimmung mit der städtischen Koordination und den beteiligten Fachakteuren.
Im Verlauf des Prozesses wurden:

- eine breite Sammlung von Maßnahmenideen aus der Fachanalyse und den Beteiligungsformaten zusammengetragen,
- diese in Maßnahmenbündel überführt und thematisch strukturiert,
- einzelne Maßnahmen konkretisiert und konsolidiert,
- Steckbriefe für prioritäre Maßnahmen erstellt und
- weitere Empfehlungen für ergänzende oder langfristig relevante Maßnahmen formuliert.

Die Ergebnisse der Beteiligung bildeten somit, neben der Klimarisikoanalyse, die fachliche und inhaltliche Grundlage für die Klimaanpassungsstrategie der Stadt Schweinfurt.

Ausblick: Beteiligung der Lokalpolitik

Mit Abschluss der fachlichen Konzeptphase beginnt die politische Beratung und Beschlussfassung des Klimaanpassungskonzepts. Die Ergebnisse des Beteiligungsprozesses sowie der Maßnahmenkatalog werden in Form des vollständigen Klimaanpassungskonzepts dem Bau- und Umweltausschuss vorgestellt und zur Entscheidung über die weitere Umsetzung vorgelegt.
Die Beteiligung der Lokalpolitik bildet zugleich den Übergang in die Phase der Umsetzung, denn mit einem Ratsbeschluss soll das Konzept als Handlungsrahmen für Verwaltung, Fachämter und Stadtgesellschaft bestätigt werden. Damit wird die Grundlage geschaffen, um Maßnahmen gezielt zu priorisieren, Fördermittel zu beantragen und die Anpassungsstrategie dauerhaft in die Stadtentwicklung Schweinfurts zu integrieren.

3 Gefährdung durch Klimafolgen in Schweinfurt

3.1 Schweinfurts Klima der Gegenwart

Das Klima in Schweinfurt wird geprägt von Effekten unterschiedlicher Skalen: der geographischen Breite und Länge, der Entfernung zum Meer, den vorherrschenden Winden, der Höhenlage und den regionalklimatischen Auswirkungen der Geomorphologie. Die geographische Breite auf ca. 50° nördlicher Breite sorgt für vorherrschende Westwinde, die vor allem im Winterhalbjahr dominieren. In dieser geographischen Breite bestehen ausgeprägte Jahreszeiten, da die Sonneneinstrahlung im Winter deutlich geringer ist als im Sommer. Die Lage im zentralen Teil Deutschlands bedeutet, dass Schweinfurt wie Europa insgesamt von der Wärme des Nordatlantik profitiert. So liegt die Jahresmitteltemperatur in Schweinfurt bei knapp 10 °C, im Winter bei knapp 1 °C, während das auf gleicher Breite gelegene Winnipeg (Kanada) im Jahresmittel nur 3 °C und im Winter sogar -14 °C verzeichnet. Grund dafür ist die atlantische Umwälzzirkulation („AMOC“) und der Nordatlantikstrom, der warmes Wasser in Richtung Europa transportiert, das die Luft erwärmt, welche mit den Westwinden nach Schweinfurt gelangt. Gleichzeitig sorgt die relative hohe Entfernung zum Meer (ca. 500 km zur Nord- und Ostsee sowie zum Atlantik) für eine erhöhte Kontinentalität, also stärker ausgeprägte Tages- und Jahresgänge der Temperaturen im Vergleich zu küstennahen Gebieten. Die Lage in der Mainniederung auf 200-300 m über dem Meeresspiegel sorgt für Beckenklima, das von geringen Niederschlägen und milden Temperaturen geprägt ist. Besonders die westlich gelegene Mittelgebirgskette von Odenwald, Spessart und Rhön sorgt für einen ausgeprägten Regenschatten. Auch bei nördlichen Winden schirmt der Thüringer Wald Schweinfurt von Niederschlägen ab.

Temperaturen

In Abbildung 7 ist der typische jährliche Verlauf der Temperaturen in Schweinfurt für die Klimareferenzperiode 1991 bis 2020 dargestellt. Der Januar ist mit einer Mitteltemperatur von 0,9 °C am kältesten und der Juli mit 19,1 °C am wärmsten. Die mittleren Tiefsttemperaturen liegen von Dezember bis Januar mit -1 bis -2 °C im leichten Frostbereich und erreichen von Juni bis August durchschnittlich über 10 °C. Die mittleren Tageshöchsttemperaturen liegen zwischen 3,5 °C im Januar und knapp über 25 °C im Juli und August. Die täglichen Temperaturschwankungen sind im Mittel im Sommer mit etwa 12-13 °C deutlich größer als im Winter mit etwa 5-6 °C. Insgesamt ist das Temperaturniveau in Schweinfurt gemäßigt ohne große Extreme und entspricht einem gemäßigten Klima mit milden Wintern und warmen Sommern.

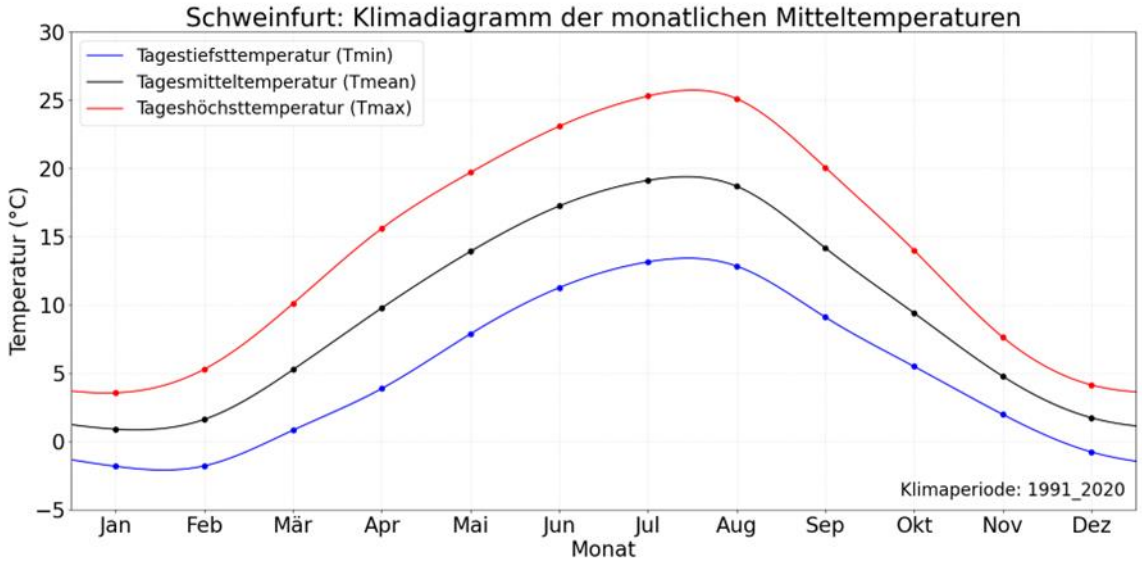

Abbildung 7: Klimadiagramm der mittleren Temperatur für die Referenzperiode 1991-2020.[14]

[14] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Niederschlag, Verdunstung und Wasserbilanz

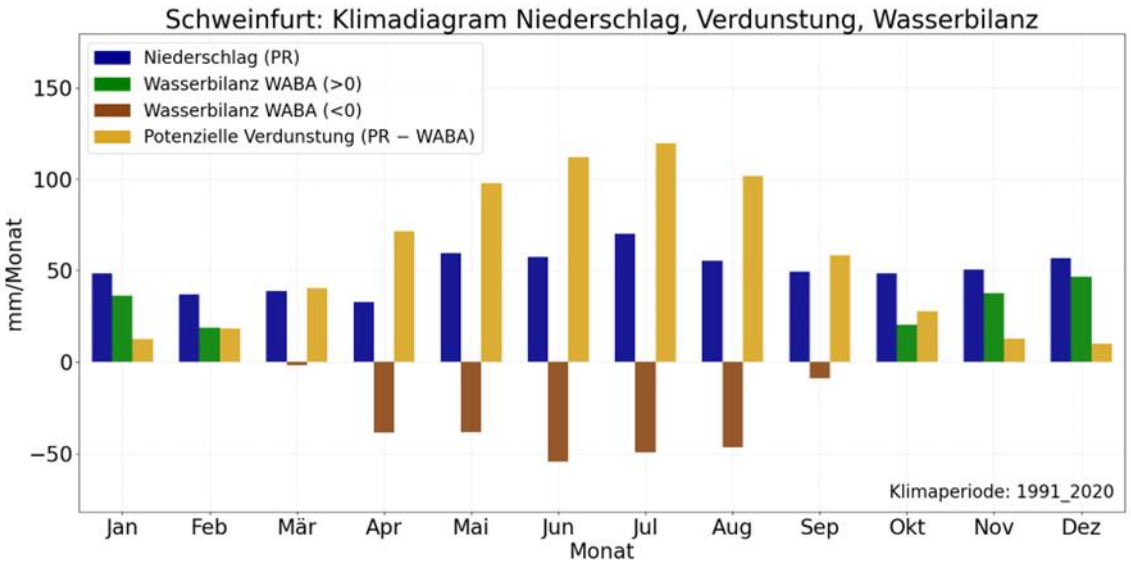

Abbildung 8: Klimadiagramm der mittleren monatlichen Niederschläge, potenziellen Verdunstung und klimatischen Wasserbilanz für die Referenzperiode 1991–2020.[15]

Abbildung 8 zeigt den jährlichen Verlauf der mittleren monatlichen Werte von Niederschlag, potenzieller Verdunstung und der klimatischen Wasserbilanz. Letzteres ist die Differenz aus Niederschlag abzüglich der potenziellen Verdunstung und damit ein Maß für die Wasserverfügbarkeit und Grundwasserneubildung. Der Jahresniederschlag beträgt etwa 604 mm, was im Vergleich mit dem Rest der Bundesrepublik eher wenig ist. Die Monate Februar bis April sind mit 30 bis 40 mm pro Monat am trockensten, während der Juli mit knapp 70 mm am nassesten ist. Die anderen Monate weisen Niederschläge zwischen 50 und 60 mm auf. Der Sommer ist die nasseste (183 mm) und der Frühling die trockenste (131 mm) Jahreszeit. Die potenzielle Verdunstung korreliert mit Temperatur und Solarstrahlung und ist daher im Sommer am höchsten mit 100 mm oder mehr pro Monat. Im Winter beträgt die Verdunstung nur etwa 10 bis 20 mm pro Monat aufgrund der kühleren Temperaturen. Die klimatische Wasserbilanz ist deutlich negativ in der Jahressumme mit ca. –80 mm. Von Oktober bis Februar ist die Wasserbilanz positiv mit Überschüssen von 20 bis 50 mm pro Monat und entsprechender Grundwasserneubildung. In den restlichen Monaten ist die Wasserbilanz negativ, insbesondere von April bis August mit Werten von –40 bis –50 mm pro Monat. Diese Situation zeigt, dass das Klima in Schweinfurt relativ trocken ist und die lokale Wasserverfügbarkeit begrenzt ist.

[15] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Hitze

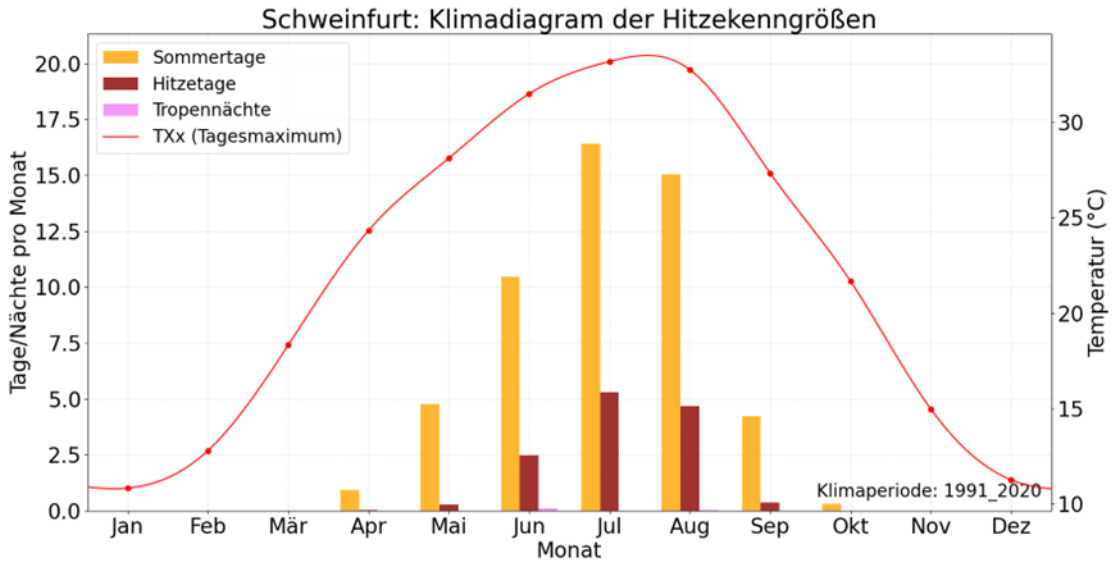

Abbildung 9: Klimadiagramm der monatlichen Maximaltemperaturen, Anzahl der Sommertage, Hitzetage und Tropennächte für die Referenzperiode 1991–2020.[16]

In Abbildung 9 werden die mittleren Werte der Hitzekenngrößen dargestellt. Die Anzahl der Sommertage (Tage mit einer Höchsttemperatur > 25 °C) liegt im Jahresmittel bei 52, die Zahl der Hitzetage (Tage mit einer Höchsttemperatur > 30 °C) bei 13. Für beide Kenngrößen ergibt sich qualitativ der gleiche Jahresverlauf mit einem Maximum im Juli, wobei Hitzetage insbesondere im Juni, Juli und August auftreten, während auch im Mai und September im Durchschnitt noch etwa jeweils 5 Sommertage auftreten. Tropennächte sind (noch) relativ selten und treten im Mittel nur 0,1-Mal pro Jahr auf. Die mittleren Höchsttemperaturen liegen von Juni bis August über 30 °C und das Jahresmaximum beträgt etwa 34,8 °C und liegt damit im warmen bis sehr warmen Bereich im Vergleich mit dem Rest der Bundesrepublik. Der Rekordwert liegt bei 38,4 °C aus dem Jahr 2015 und 2019. Insgesamt ist Hitze in Schweinfurt in der Klimareferenzperiode 1991–2020 bereits ein häufiges Phänomen mit hoher Intensität.

[16] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Kälte

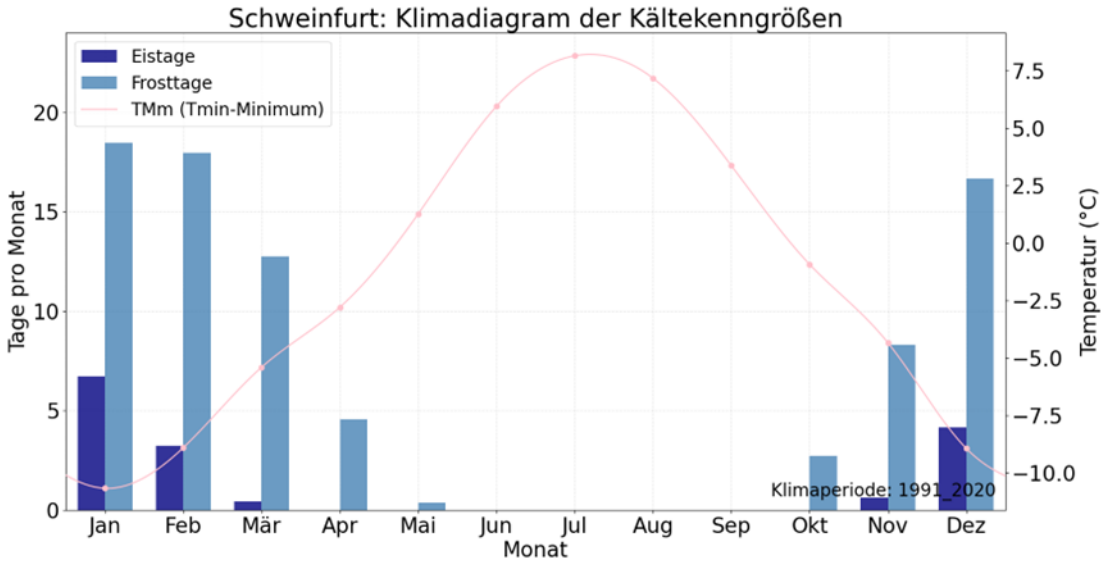

Abbildung 10: Klimadiagramm der monatlichen Tiefsttemperaturen, Eis- und Frosttage für die Referenzperiode 1991–2020.[17]

Durch die kontinentale Prägung des Klimas in Schweinfurt findet sich auch Kälte als relevanter klimatischer Einfluss in Schweinfurt (Abbildung 10). Die Anzahl der Frosttage (Tage mit Tiefsttemperatur unter 0 °C) liegt im Jahresmittel bei 82 und die Anzahl der Eistage (Tage mit Höchsttemperatur unter 0 °C) liegt im Jahresmittel bei 15 °C. Die mittleren Tiefstwerte liegen bei –13,1 °C im Jahr und von Dezember bis Februar bei nahe –10 °C. Frost tritt in der Regel von Oktober bis April auf. Im April kann dies zu Spätfrostschäden führen, insbesondere, da der Frühling im Allgemeinen bereits relativ mild ist. Die kälteste Temperatur aus den Rasterdaten stammt aus dem Dezember 1969 mit –22,9 °C bei klarem Himmel und dicker Schneedecke. In der Periode 1991–2020 stammt der bisherige Tiefstwert aus dem Januar 2002 mit –19 °C.

[17] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Trockenheit

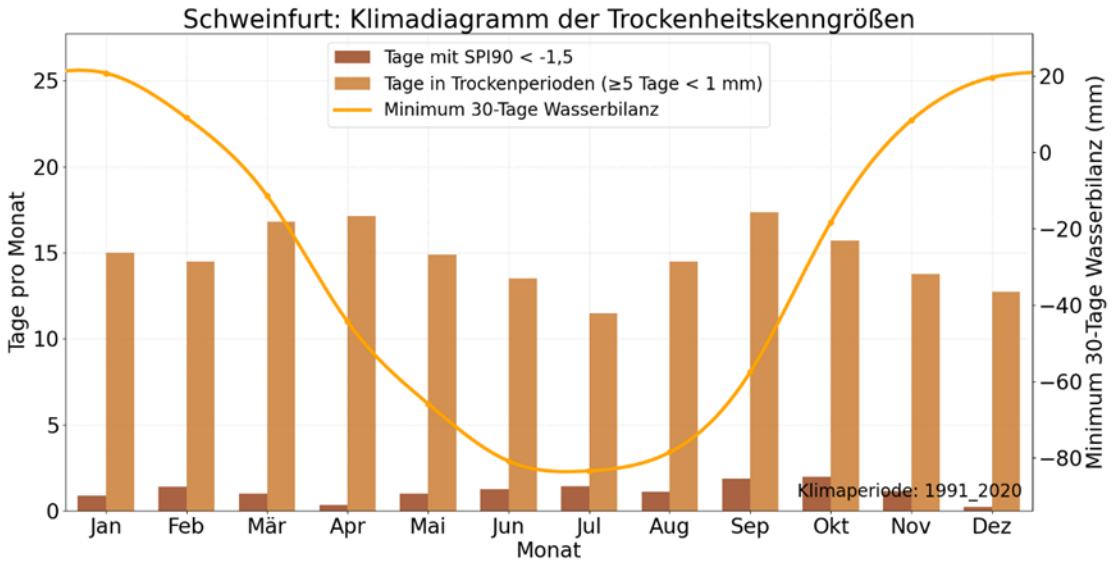

Abbildung 11: Klimadiagramm der monatlichen Anzahl von Tagen in trockenen Perioden, mit einem SPI90 < –1,5 und die minimalen Werte der 30-tägigen Wasserbilanzsumme für die Referenzperiode 1991-2020.[18]

Trockenheit wird bemessen mit der Anzahl der Tage, die in Trockenperioden von mindestens fünf Tagen Länge liegen und der Anzahl der Tage, an denen der 90-tägige standardisierte Niederschlagsindex (SPI90) unter –1,5 (Standardabweichungen) liegt. Außerdem kann noch die minimale Summe der 30-tägigen Wasserbilanz herangezogen werden (Abbildung 11). Die Auswertung zeigt für Schweinfurt ein deutliches Bild. Trockenheit spielt vor allem im Frühling und im Sommerhalbjahr eine Rolle. Die minimale Wasserbilanz liegt bei ca. –80 mm im Juni und Juli. Die Trockenperioden sind am längsten im Frühling und Herbst, wenn länger anhaltende Wetterlagen besonders beständig sein können und damit auch trockene Wetterlagen. Die Anzahl der Tage mit SPI90 < –1,5 ist relativ gleich verteilt, was allerdings auch daran liegt, wie dieser Indikator berechnet wird, da dieser sich auf die jeweiligen monatlichen akkumulierten 90-Tagesniederschläge bezieht. Der SPI90 ist vor allem für zukünftige Veränderungen ein sinnvoller Gradmesser, weshalb der Index in der Betrachtung der zukünftigen Klimaveränderungen im Abschnitt zu den Klimaszenarien (Vgl. Kapitel 3.3) näher beleuchtet wird.
Insgesamt ist die Anzahl der trockenen Tage und der anhaltenden Trockenphasen sowie deren Intensität in Schweinfurt hoch.

[18] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Starkregen

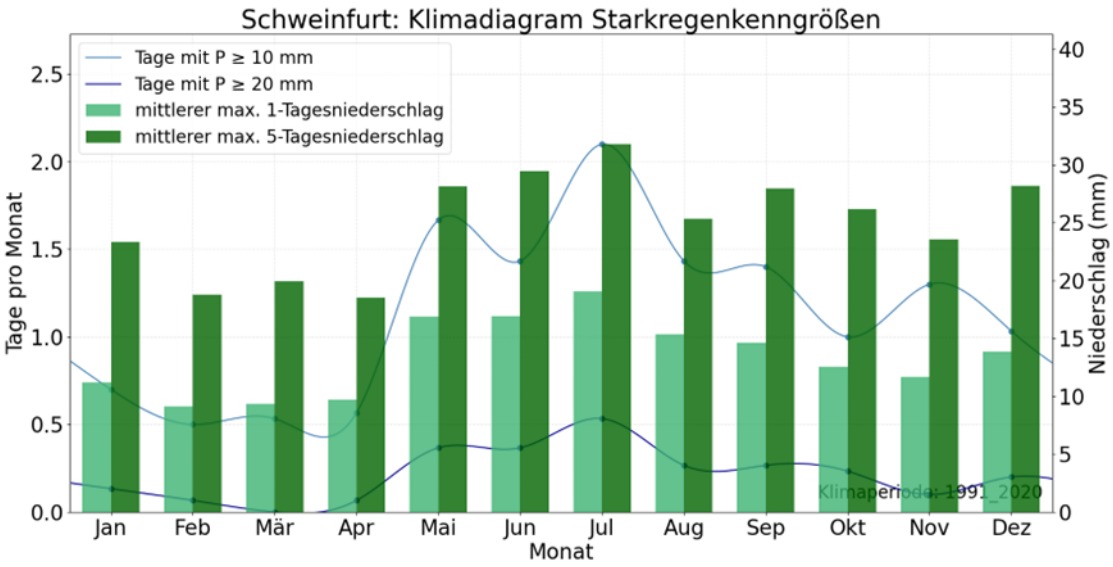

Abbildung 12: Klimadiagramm der monatlichen Mittelwerte für maximalen 1- und 5-Tagesniederschlag sowie die Anzahle von Tagen mit mehr als 10 bzw. 20 mm Niederschlag für die Referenzperiode 1991–2020.[19]

Abbildung 12 zeigt die Anzahl der Tage pro Monat mit mindestens 10 bzw. 20 mm Niederschlag sowie die maximalen Niederschläge an einem oder fünf Tagen. Die geringste Anzahl von Starkregentagen tritt im Frühjahr von Februar bis April auf (unter 1 pro Monat) und die höchste Anzahl von Mai bis Juli (bis 2 pro Monat). Dies schlägt sich auch in den Summen nieder, vor allem bei den 1-Tagesniederschlägen, die im Mai bis Juli bei 17–18 mm maximal liegen. Die maximalen 5-Tagesniederschläge liegen dann bei etwa 30 mm und bleiben bis Januar mit 25 bis 30 mm etwas erhöht. Die mittleren jährlichen Höchstwerte dieser Niederschlagskenngrößen liegen bei 29 bzw. 51 mm. Schweinfurt ist damit im Durchschnitt im Vergleich zu anderen Regionen des Landes eher gering bis moderat von sehr hohen Niederschlagsmengen betroffen, wobei die Interaktion dieser Niederschläge mit den Umgebungsbedingungen (Bodenart, Aufnahmefähigkeit, Versiegelungsgrad, Geländestruktur) besonders wichtig ist für die Bestimmung der Risiken durch Starkregen.

[19] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Unwetter

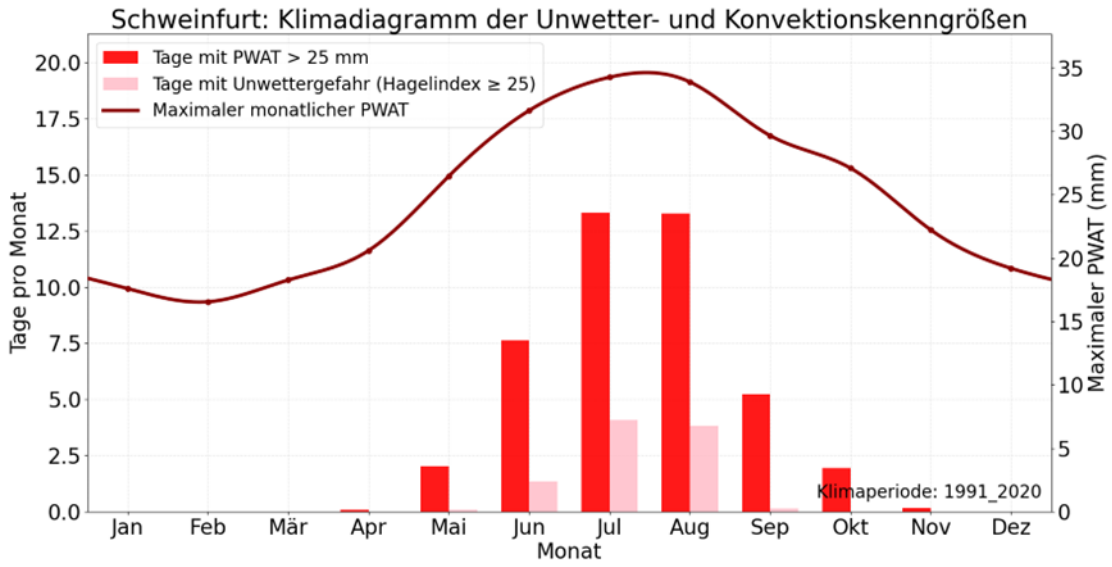

Abbildung 13: Klimadiagramm der monatlichen Anzahl der Tage mit Wasserdampfgehalt (PWAT) > 25 mm, der Tage mit Unwettergefahr und der maximalen PWAT für die Referenzperiode 1991–2020.[20]

Neben starken Niederschlägen können auch Hagel und Sturm bzw. konvektive Unwetter, oftmals in Form von Gewittern, für Schäden und andere problematische Auswirkungen sorgen. In Abbildung 13 sind typische Umgebungskenngrößen aufgetragen, die die Intensität und Häufigkeit von Unwettergefahren charakterisieren. Messungen zu Unwettern sind kaum vorhanden, da sowohl Raster- (Vermischung von Signalen) als auch Stationsdaten (dünnes Netz, keine Erfassung) starke Unwetter oftmals nur wenig erfassen können. Schweinfurt weist in den Sommermonaten eine hohe Zahl mit Tagen auf, an denen der Wasserdampfgehalt 25 mm überschreitet und somit starke Regengüsse möglich sind. Der Konvektions- und Hagelindex von 25, der in Schweinfurt und Umgebung zu Unwettern mit Schäden führen kann, wird im Jahr an etwa 10 Tagen erreicht oder überschritten. Der maximale Wasserdampfgehalt beträgt etwa 37 mm und erreicht Werte von 30 mm und mehr im Sommer. Schweinfurt ist damit in den Sommermonaten einer im Vergleich mit in Deutschland weiter nördlich und westlich gelegenen Regionen (z. B. Rhein-Main-Gebiet oder Norddeutsche Tiefebene) durchaus großen Häufigkeiten und Intensitäten von Unwetterbedingungen ausgesetzt. Die fügt sich in den allgemein von Norden nach Süden sowie von Westen nach Osten zunehmenden Trend der Häufigkeit von Bedingungen für Unwetter ein. Die lokale Topografie mit der Tallage kann dafür sorgen, dass sich starke Gewitter bevorzugt an den umgebenden Mittelgebirgen bilden und entladen und weniger direkt im Stadtgebiet von Schweinfurt. Allerdings können unter bestimmten Bedingungen auch die windabgewandten Seiten der Mittelgebirge von starken Gewittern betroffen sein.

[20] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632 ; Copernicus - Climate Data Store - ERA5: https://cds.climate.copernicus.eu/datasets

Sturm

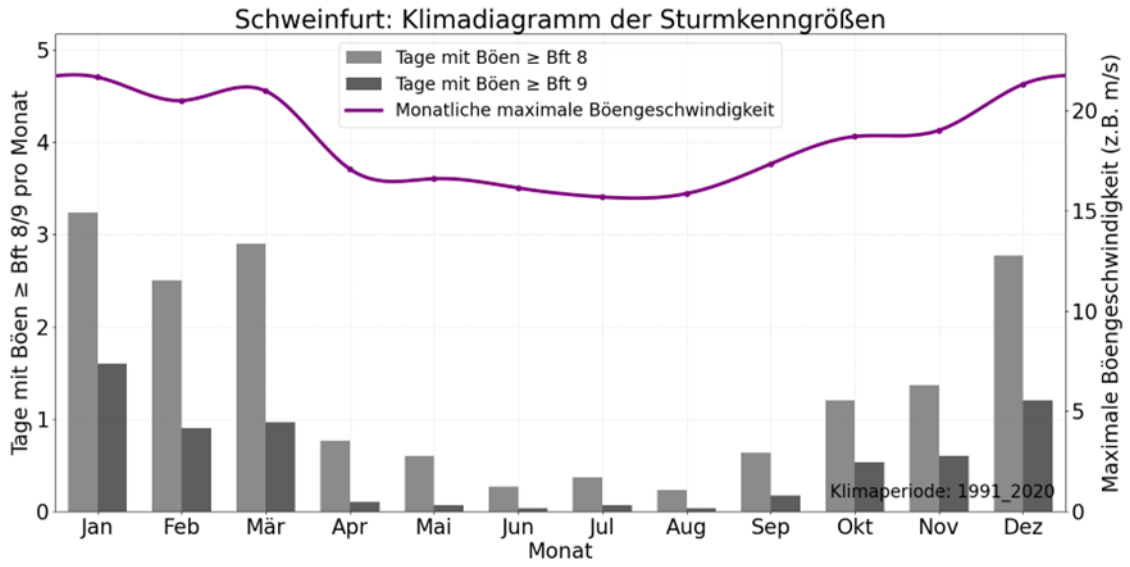

Abbildung 14: Klimadiagramm der monatlichen Maximalböen, Anzahl der Starkwindtage mit Windböen > 8 Bft und >9 Bft für die Referenzperiode 1991–2020.[21]

Die Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen sind in Abbildung 14 dargestellt. Für Schweinfurt zeigt sich, dass die mittleren maximalen Windgeschwindigkeiten mit ca. 20 bis 22 m/s im Winter von Dezember bis März auftreten und im Frühling wie Sommer (April bis September) schwächere Winde bzw. seltener Sturmereignisse auftreten. Dies belegt auch die Häufigkeit von stürmischen Böen und Sturmböen, die vorwiegend im Winterhalbjahr auftreten. Sommerliche stürmische Böen können jedoch aufgrund belaubter Bäume ebenfalls relevante Schäden anrichten. Insgesamt ist Schweinfurt aufgrund der Lage in der Niederung des Schweinfurter Beckens relativ wenig durch Sturm betroffen im Vergleich zu anderen Regionen in Deutschland. Innerhalb von Schweinfurt dürften die nördlichen Lagen, die zum Hesselbacher Waldland hin ansteigen aufgrund der Südwestexposition und der Höhenlage etwas stärker exponiert sein als das Stadtgebiet.

[21] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Schnee

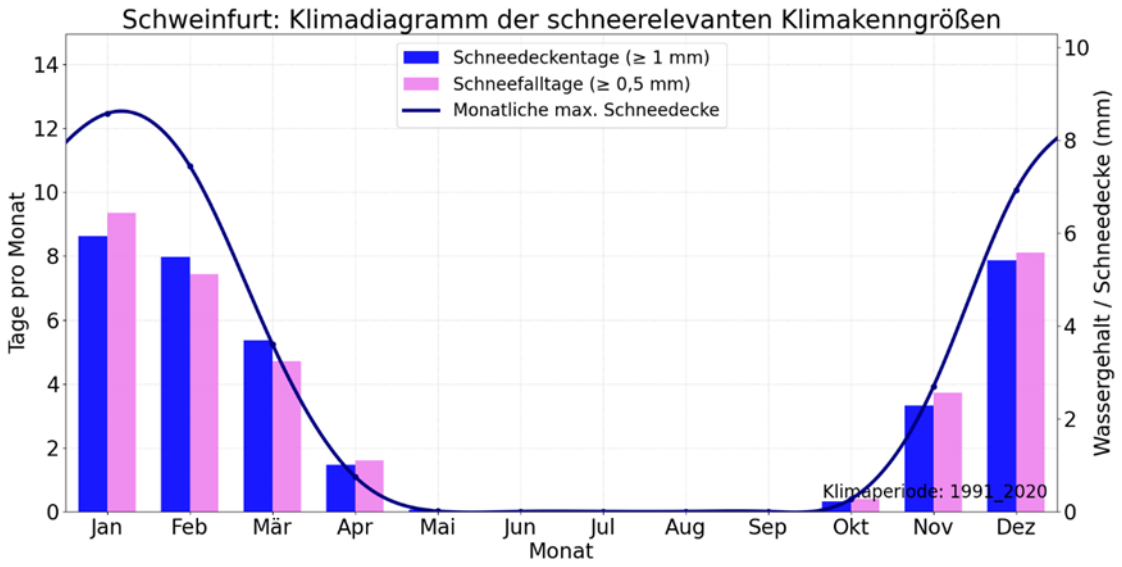

Abbildung 15: Klimadiagramm der monatlichen Maxima von Schneedecke und Schneefallmenge sowie der Anzahl der Tage mit Schneedecke und Schneefall für die Referenzperiode 1991–2020.[22]

In Abbildung 15 sind die Häufigkeiten von Schneefall und Schneedecken dargestellt. Für Schweinfurt ist sichtbar, dass Schneedecken vorwiegend von November bis März mit Schwerpunkt im Januar auftreten. Im Oktober oder April kann es im Einzelfall ebenfalls Schneefälle geben. Die mittleren maximalen Schneedecken liegen bei ca. 8 cm im Januar. In der Zusammenschau ist das Schneedeckenklima in Schweinfurt insgesamt verhältnismäßig kontinental geprägt für seine Lage am Main, da die Schneedeckenhäufigkeit relativ groß ist (im Vergleich zu weiter flussabwärts gelegenen Orten), aber die Dicke der Schneedecken relativ gering ist (durch die Lage im Regenschatten von Mittelgebirgen). Im Jahresmittel treten ca. 35 Schneedeckentage auf und eine ähnliche Anzahl an Schneefalltagen.

Zusammenfassung

Das Referenzklima in Schweinfurt ist im Vergleich zum Klima in anderen Regionen der Bundesrepublik relativ kontinental geprägt mit stärkeren Temperaturschwankungen in den Jahreszeiten und insgesamt sehr geringen Niederschlagsmengen. Schnee und Frost sind trotz der geringen Höhenlage vergleichsweise häufig, insbesondere im Vergleich zu den westdeutschen Flussniederungen. Die Niederschläge sind insgesamt sehr gering und weisen im Sommer typische konvektive Maxima auf, welche ebenfalls auf ein kontinental geprägtes Klima hinweisen, da dies bedeutet, dass atlantische Tiefdruckgebiete und ihre Frontensysteme nur geringe Wetterwirksamkeit entfalten. Die klimatische Wasserbilanz ist in der Jahressumme negativ, getrieben durch die hohen Verdunstungswerte im Sommerhalbjahr aufgrund seltener Niederschlagstage. Dies zeigt eine insgesamt eher geringe Wasserverfügbarkeit auf. Starkregen und Unwetter treten bevorzugt im Sommer, Sturm bevorzugt im Winter auf.

3.2 Bisheriger Klimawandel in Schweinfurt

Temperatur

Die Trends der Temperaturen der letzten 65 Jahre in Abbildung 16 und Tabelle 1 zeigen einen kontinuierlichen und deutlichen Anstieg der Mitteltemperaturen aller Jahreszeiten an, trotz erheblicher Schwankungen von Jahr zu Jahr. Das Jahresmittel der Temperatur ist im Zeitraum von 1961 bis 2024 um etwa +2,4 °C gestiegen (bzw. +0,37 °C/Dekade). Der Anstieg war im Winter und Sommer am stärksten, im Herbst am geringsten. Der Trend ist eindeutig und

[22] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

kann nicht durch kurzfristige Klimaschwankungen erklärt werden. Die mehrjährige Variabilität ist im Winter am größten und im Herbst am geringsten. Die Temperaturtrends zeigen eindeutig das Signal der globalen Erwärmung in Schweinfurt auf.

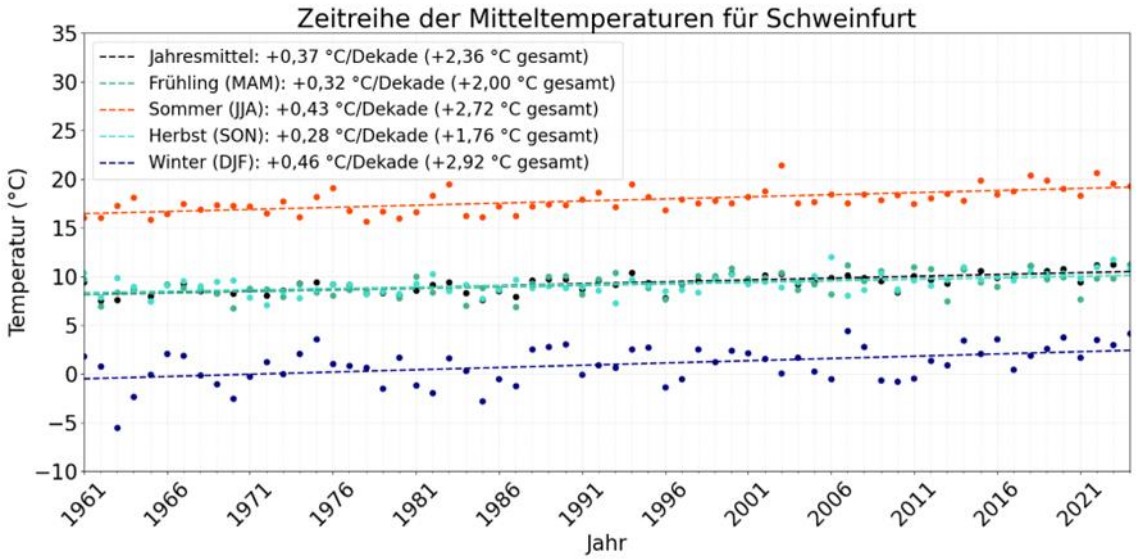

Abbildung 16: Zeitreihe der mittleren Temperaturen von 1961–2024.[23]

Tabelle 1: Entwicklung der mittleren Temperaturen [°C] in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Jahresmittel	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
1961–1990	8,7 °C	0,2 °C	8,5 °C	17,0 °C	8,8 °C
1971–2000	9,0 °C	0,8 °C	8,9 °C	17,3 °C	8,7 °C
1981–2010	9,3 °C	0,8 °C	9,3 °C	17,8 °C	9,1 °C
1991–2020	9,8 °C	1,4 °C	9,6 °C	18,4 °C	9,4 °C

[23] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

Niederschlag, Verdunstung und Wasserbilanz

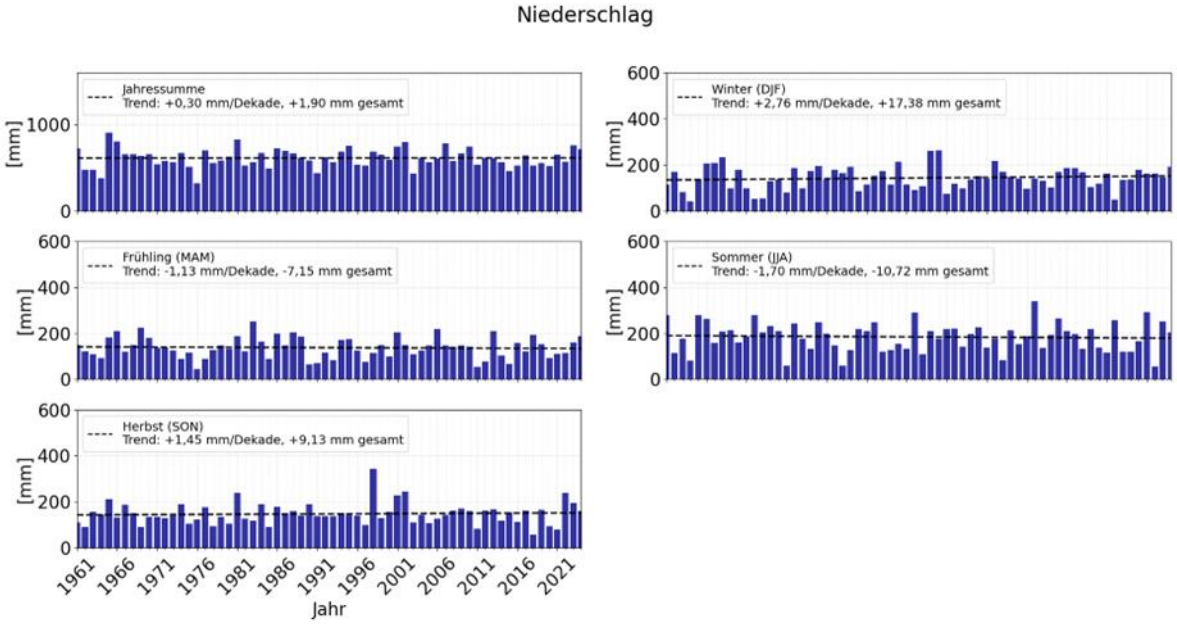

Abbildung 17: Zeitreihe der jährlichen und saisonalen Niederschlagsmengen von 1961–2024.[24]

Niederschlag (Abbildung 17 und Tabelle 2) zeigt im Wesentlichen in den letzten 65 Jahren keine eindeutigen Trends. Die Jahressummen haben sich kaum verändert, im Frühling und Sommer fand ein geringfügiger Rückgang (ungefähr –3 bis –5 %) statt, während im Winter (+10 %) und Herbst (+5 %) ein Anstieg beobachtet werden konnte. Die Größe der Trends ist jedoch im Vergleich zu den Schwankungen von Jahr zu Jahr gering und damit statistisch nicht signifikant. Am ehesten ist der Trend der zunehmenden Winterniederschläge belegbar. Inwieweit dies direkt mit dem globalen Klimawandel in Verbindung steht, oder ob es sich vor allem um die Auswirkungen von regionalen Schwankungen bezüglich des Auftretens typischer Wetterlagen handelt, ist kaum zu unterscheiden. Die Zunahme der Winterniederschläge geht auf höhere Summen bei einzelnen Ereignissen zurück, d.h. hierfür läge am ehesten ein mit der globalen Erwärmung konsistentes Klimasignal vor.

[24] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

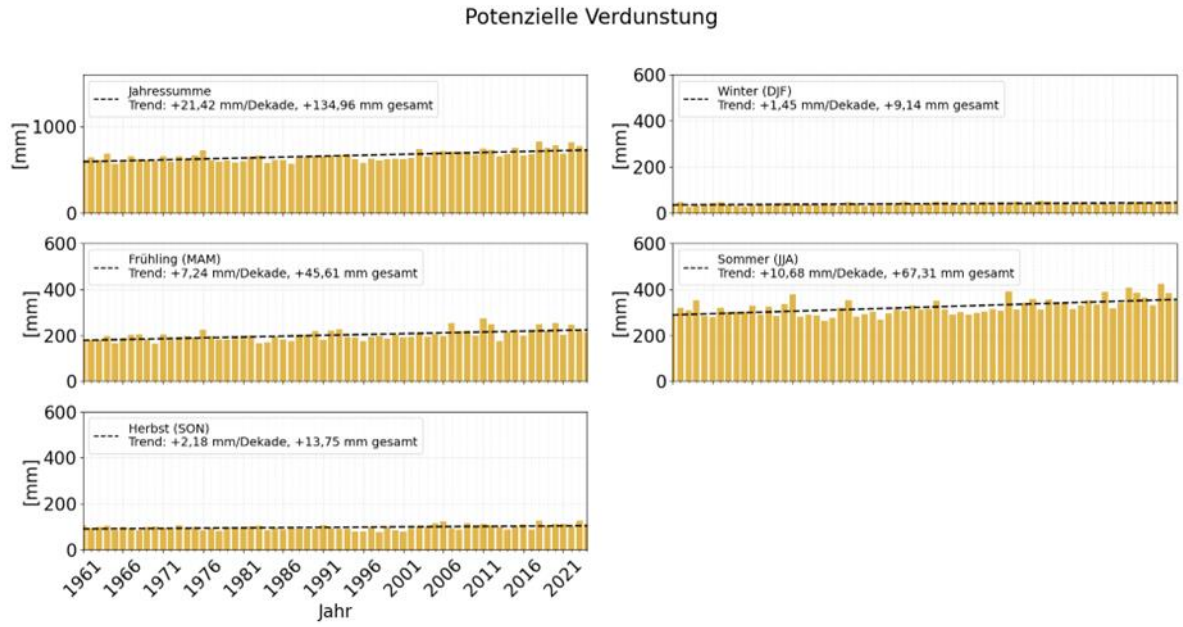

Abbildung 18: Zeitreihe der jährlichen und saisonalen potenziellen Verdunstung von 1961–2024.[25]

Die in Abbildung 18 und Tabelle 2 dargestellte potenzielle Verdunstung und ihre Trends sind eindeutig und korrelieren mit den Mitteltemperaturen der Jahreszeiten. Es ist in allen Jahreszeiten ein eindeutig belegbarer, statistisch signifikanter Trend zur Zunahme der potenziellen Verdunstung erkennbar, wobei naturgemäß die Beträge der Verdunstung und deren Änderung im Frühling und Sommer am größten sind. Insgesamt hat die Verdunstung in den letzten 65 Jahren um ca. 15 % zugenommen. Der Treiber dieser sind vor allem höhere Temperaturen aber auch mehr Sonnenstunden vor allem im Sommerhalbjahr. Diese Änderungen stehen eindeutig im Zusammenhang mit dem menschengemachten Klimawandel.

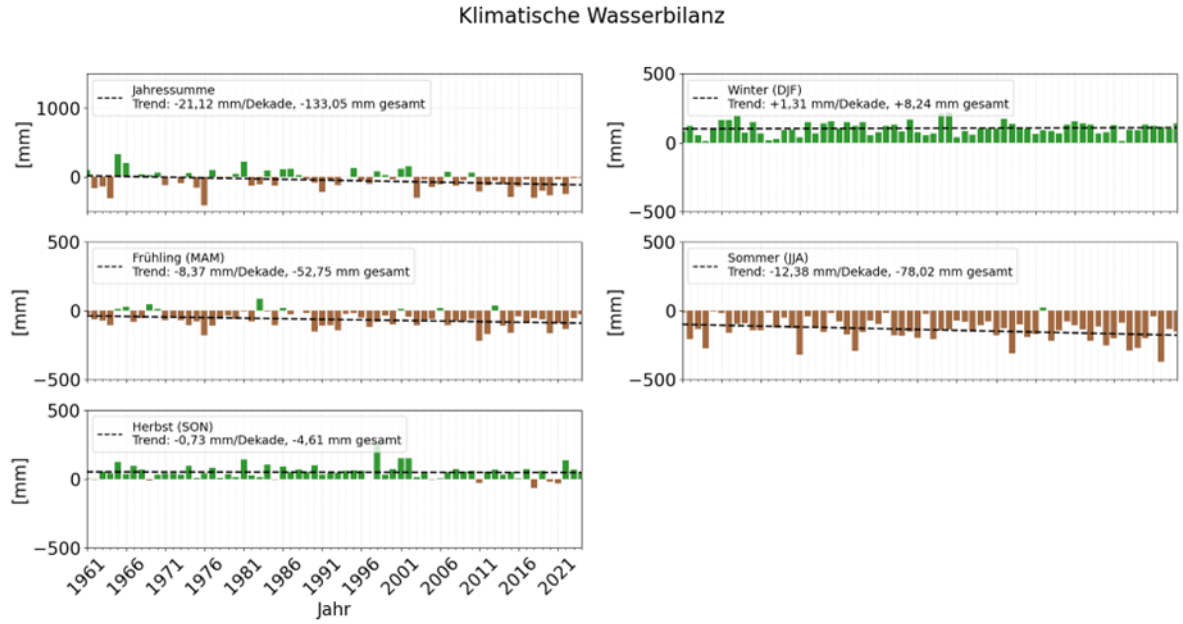

Abbildung 19: Zeitreihe der jährlichen und saisonalen klimatischen Wasserbilanz von 1961–2024.[26]

[25] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

[26] Ibid.

Die klimatische Wasserbilanz aus Niederschlag und Verdunstung spiegelt in Abbildung 19 das Signal der Änderung bei der potenziellen Verdunstung wider. Die Jahressumme hat sich von Werten nahe 0 mm auf mittlerweile nahe –100 mm geändert, wobei der negative Trend sich in den letzten 20 Jahren erheblich verstärkt hat. Sichtbar ist, dass die Änderungen im Winterhalbjahr gering sind und im Sommerhalbjahr die Klimasignale bestimmen. Dies spiegelt sich auch in den Klimamittelwerten in Tabelle 2 wider, die auch zeigen, dass trotz kontinuierlich zunehmender Verdunstung die Niederschläge diesen Verlust an verfügbarem Wasser zwischenzeitlich teilweise ausgleichen konnten, auch wenn dies in der aktuellen Klimaperiode nicht mehr der Fall ist.

Tabelle 2: Entwicklung der mittleren Niederschlagsmengen, Verdunstung und klimatischen Wasserbilanz [mm] in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Jahresniederschlag	Verdunstung	Klimatische Wasserbilanz
1961–1990	612 mm	625 mm	–12 mm
1971–2000	602 mm	630 mm	–28 mm
1981–2010	631 mm	648 mm	–17 mm
1991–2020	604 mm	683 mm	–79 mm

Hitze

Parallel zum Trend der Mitteltemperaturen zeigt sich auch für Hitze ein deutlicher Anstieg der dazugehörigen Parameter (Abbildung 20 und Tabelle 3). Auffällig ist, dass Tropennächte (Nächte mit einer Tiefsttemperatur, die über 20 °C liegt) erst seit den 1990er Jahren überhaupt in Schweinfurt auftreten, auch wenn das im überwärmten Innenstadtbereich wahrscheinlich häufiger auftritt. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass die Anzahl der Tropennächte im verwendeten Rasterdatensatz das Mittel der Anzahl solcher Tage im gesamten Stadtgebiet widerspiegelt. In den städtischen Hitzeinselbereichen dürften solche Tropennächte häufiger vorkommen, da hier bei sehr warmen Sommerwetterlagen etwa 2–3 °C höhere Temperaturen auftreten als im Mittel der Gesamtstadt. Die Anzahl der Hitzetage hat sich in den letzten Jahrzehnten auf gut 17 pro Jahr etwa verdreifacht, die Anzahl der Sommertage etwa verdoppelt. Die maximale Jahrestemperatur liegt mittlerweile bei 35 °C und ist damit in den letzten 64 Jahren um etwa +3,5 °C angestiegen. Dieser Anstieg ist stärker als der der Mitteltemperaturen, was aufzeigt, dass Hitze in Schweinfurt durch den Klimawandel überproportional zugenommen hat.

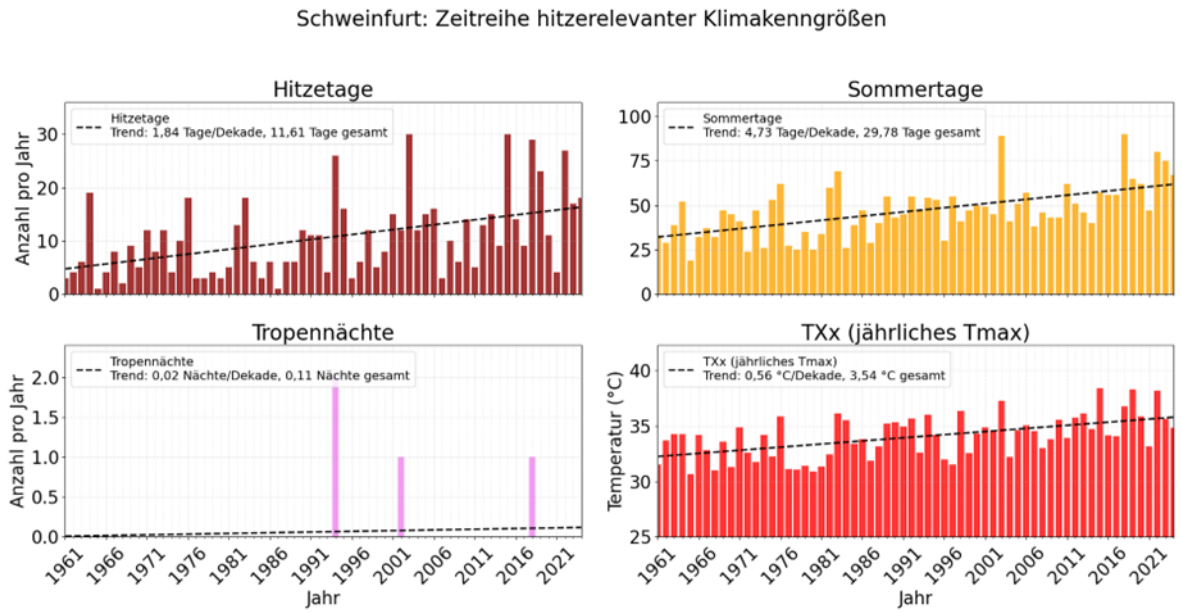

Abbildung 20: Zeitreihe der jährlichen Maximaltemperaturen sowie der Anzahl von Sommertagen, Hitzetagen und Tropennächten von 1961–2024.[27]

Tabelle 3: Entwicklung der mittleren hitzebezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Anzahl der Sommertage	Anzahl der Hitzetage	Anzahl der Tropennächte	Mittlere Maximale Temperatur
1961–1990	39,1	7,1	0,0	33,0 °C
1971–2000	42,8	8,5	0,1	33,5 °C
1981–2010	47,4	10,4	0,1	34,1 °C
1991–2020	52,1	13,1	0,1	34,8 °C

Kälte

Abbildung 21 und Tabelle 4 fassen die Entwicklung der letzten 65 Jahre von Kenngrößen für Kälte in Schweinfurt zusammen. Ein abnehmender Trend bei Frosttagen (Tagestiefstwert unter 0 °C) und Eistagen (Tageshöchstwert unter 0 °C) ist zu erkennen, während die mittleren Tiefsttemperaturen um +4,4 °C gestiegen sind. Damit steigen auch die tiefsten Temperaturen stärker an als das Klimamittel. Die Trends haben sich vor allem in den letzten 20 Jahren nochmals verstärkt. Diese Entwicklung ist zum einen auf die Erwärmung durch den Klimawandel und fehlende Schneedecken zurückzuführen, die oftmals als Grundlage für sehr kalte Temperaturen vorhanden sein müssen. Zum anderen ist auch eine Änderung der winterlichen Wetterlagen mit zunehmender Häufigkeit und Länge von Südwestwetterlagen in den letzten 10 bis 15 Jahren eingetreten. Dies führt allgemein zu sehr milden Wintern, die es z. B. auch Mitte der 1970er Jahre gab, allerding heutzutage viel häufiger auftreten. Ob dieser Anteil des Trends durch den Klimawandel bedingt ist und ob er weiter anhalten wird, ist jedoch unklar.

[27] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

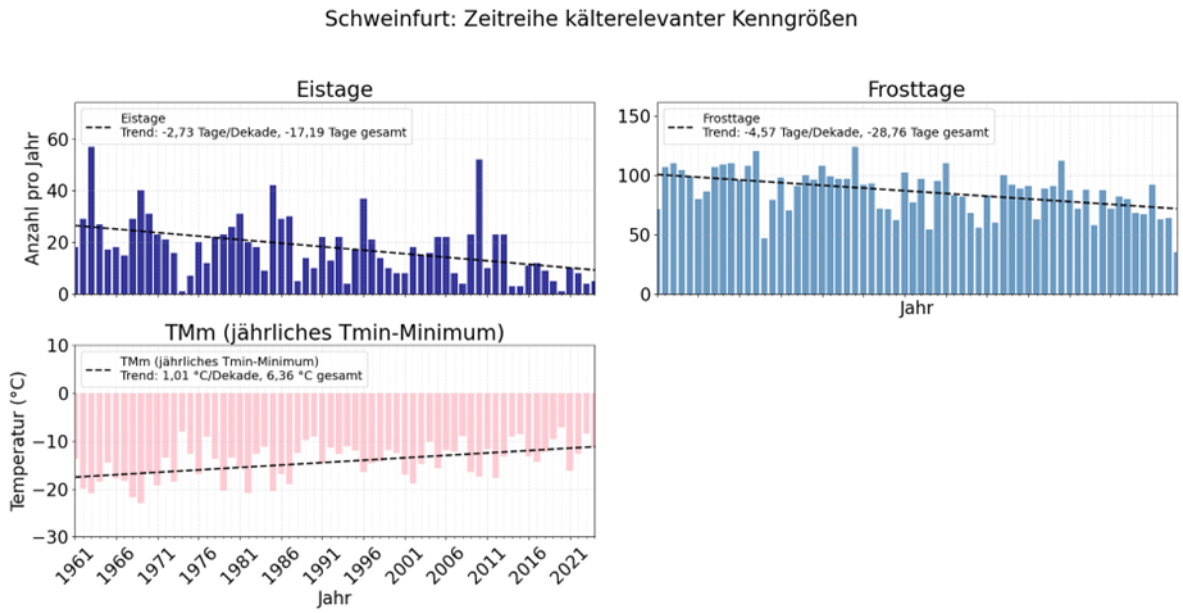

Abbildung 21: Zeitreihe der jährlichen Tiefsttemperaturen und der Anzahl von Eistagen und Frosttagen von 1961–2024.[28]

Mit der Abschwächung der Winterkälte geht auch eine Verkürzung der Forstperiode einher bzw. eine Verlängerung und Vorverlegung der Vegetationsperiode. Diese Erkenntnisse dürften relevant für land- und forstwirtschaftliche Fragestellungen sein.

Tabelle 4: Entwicklung der kältebezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Anzahl der Frosttage	Anzahl der Eistage	Mittlere Minimale Temperatur
1961–1990	93	22	–16,0 °C
1971–2000	88	18	–14,2 °C
1981–2010	87	19	–14,1 °C
1991–2020	82	15	–13,1 °C

Trockenheit

Die Trendanalyse für Trockenheit in Abbildung 22 und Tabelle 5 zeigt ein zwiegespaltenes Bild. Die Häufigkeit von Trockenperioden (gemessen mit den Unterschreitungstagen des standardisierten Niederschlagsindex SPI90[29] und der Anzahl der Tage in Trockenperioden) hat sich kaum geändert. Gleichzeitig hat sich die Intensität von Trockenperioden (gemessen an der minimalen und sommerhalbjährlichen klimatischen Wasserbilanz) deutlich erhöht, um ca. 30 bis 40 % in den letzten 65 Jahren. Auffällig ist die höhere Häufigkeit von sehr deutlichen, intensiven Trockenphasen in den letzten 20 Jahren, während solche Ereignisse früher selten waren, aber vorkamen, wie z. B. 1976. Dies deutet darauf hin, dass in Schweinfurt zunehmende Trockenheit weniger durch extrem ungewöhnliche und langanhaltende Witterungsperioden ausbleibender Niederschläge bestimmt wird als durch chronischen

[28] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

[29] Der SPI90 misst die Abweichung der laufenden 90-Tagessumme der Niederschläge in Relation zum langjährigen Mittel in Einheiten von Standardabweichungen. Die Unterschreitungstage werden ab einer Unterschreitung des Wertes von –1,5 gezählt. Dies sind also besonders trockene Tage.

Wassermangel infolge erhöhter Verdunstungsansprüche. Diese wiederum sind getrieben durch den Temperaturanstieg.

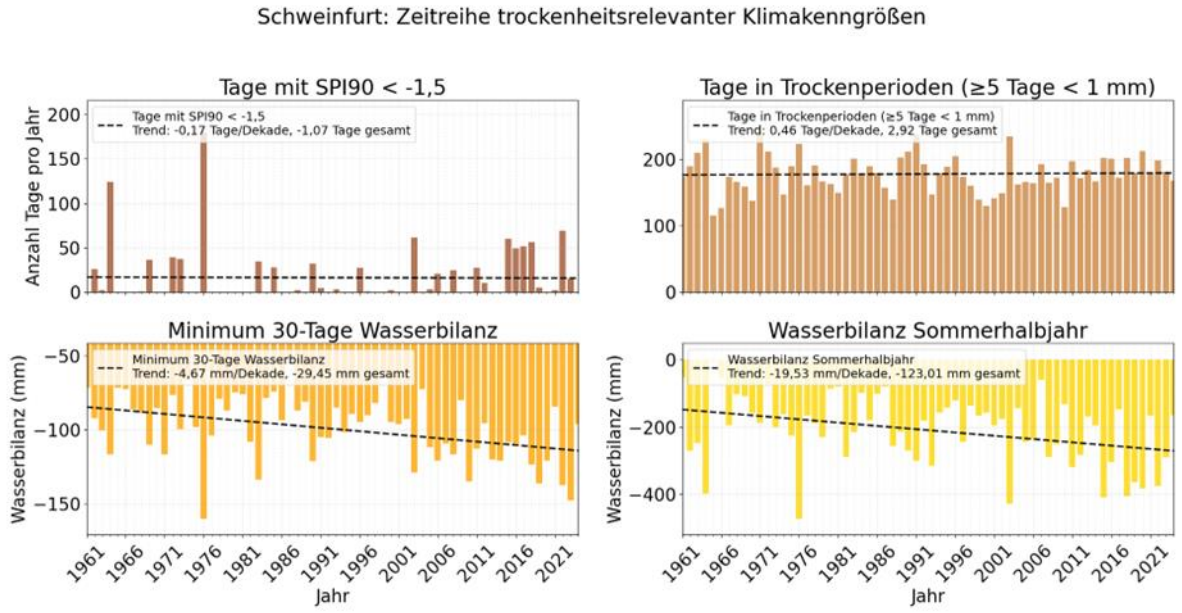

Abbildung 22: Zeitreihe der Kennwerte für Trockenheit von 1961–2024.[30]

Tabelle 5: Entwicklung der trockenheitsbezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Anzahl der Tage mit $SPI_{90} < -1,5$	Summe der Trockenperioden	Minimum der 30-tägigen klimatischen Wasserbilanz	Klimatische Wasserbilanz des Sommerhalbjahres
1961–1990	18,0	178	-318 mm	–179 mm
1971–2000	13,0	181	-336 mm	–190 mm
1981–2010	8,1	174	-336 mm	–195 mm
1991–2020	13,5	177	-383 mm	–235 mm

Starkregen

Für Starkregen zeigen die Auswertungen in Abbildung 23 und Tabelle 6 interessanterweise deutlich unterschiedliche Trends in Bezug auf Häufigkeit und Intensität. Die maximalen 1- und 5-Tagesniederschläge haben in Schweinfurt eine Abnahme in den letzten 65 Jahren verzeichnet. Gleichzeitig ist die Anzahl von Tagen mit mehr als 10 oder 20 mm Niederschlag pro Tag leicht gestiegen. Beide Klimasignale sind knapp nicht signifikant, da es erhebliche Schwankungen innerhalb einzelner Jahre gibt. Welche Rolle der menschengemachte globale Klimawandel für diese Beobachten spielt und inwiefern diese auf natürliche Variabilität zurückzuführen sind, ist schwer zu beantworten, da Phänomene nicht sauber voneinander zu trennen sind, wenn es um die Häufigkeit von Wetterlagen geht, die zu mehr oder weniger Niederschlägen führen. Daher ist aus den Klimadaten der letzten 65 Jahre kein eindeutiger Trend in Bezug auf Starkregen in Schweinfurt auszumachen.

[30] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

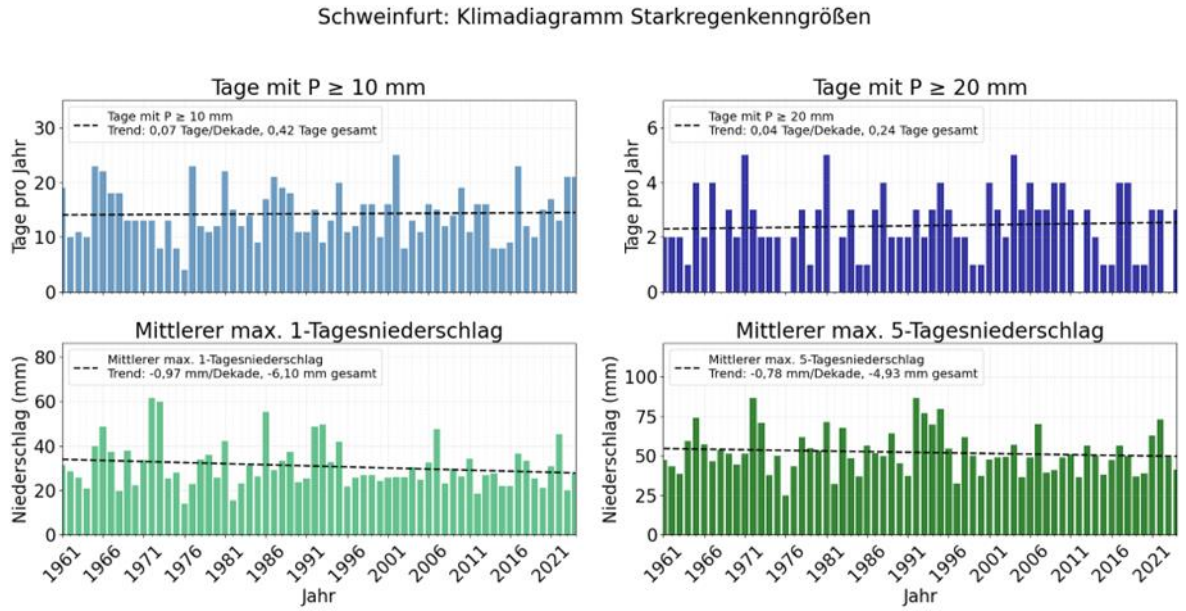

Abbildung 23: Zeitreihe der Anzahl der Tage mit mehr als 10 bzw. 20 mm Niederschlag sowie der maximalen 1- und 5-Tagesniederschläge von 1961–2024.[31]

Tabelle 6: Entwicklung der starkregenbezogenen Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Anzahl der Tage mit P > 10 mm	Anzahl der Tage mit P > 20 mm	Mittlerer Maximaler Tagesniederschlag	Mittlerer Maximaler 5-Tagesnieder-schlag
1961–1990	14,4	2,3	32,3 mm	52,5 mm
1971–2000	13,6	2,3	34,0 mm	54,8 mm
1981–2010	14,7	2,7	32,7 mm	53,3 mm
1991–2020	13,7	2,6	30,2 mm	51,1 mm

Unwetter

Die Unwetterparameter in Abbildung 24 und Tabelle 7 zeigen einen leichten Anstieg bei der Intensität (maximale Wasserdampfgehalte, PWAT) und einen deutlicheren Anstieg der Häufigkeit von Unwetter begünstigenden Witterungszuständen in Schweinfurt. Insbesondere in den letzten 10 bis 15 Jahren ist eine Häufung an Wetterlagen mit hoher Unwettergefahr in Schweinfurt zu erkennen. Wie an der vorherigen Auswertung zu Starkregen erkennbar geworden ist, haben sich solche starken Unwetter in Schweinfurt selbst nicht in dem Umfang materialisiert. Dies kann mit der Lage im Regenschatten bzw. abseits von Erhebungen der umgebenden Mittelgebirge liegen. Möglich ist also, dass die Klimasignale für Starkregen in den Mittelgebirgsregionen von denen in Schweinfurt abweichen. Eine dafür bestimmende Ursache könnte die geringere Dynamik von Wetterlagen, die Gewitterbildung vor allem entlang orographischer Erhebungen bevorzugt. Dennoch steigt mit zunehmender Häufigkeit von energiereichen Luftmassen auch das latente Unwetterpotenzial durch Sturm, Starkregen und Hagel an. In Schweinfurt herrschen solche Bedingungen mittlerweile an ca. 10 bis 20 Tagen pro Jahr. Die um mehr als 10 % angestiegene Häufigkeit von PWAT-Werten über 25 mm verdeutlichen auch das latente Potenzial für Hagel und Starkregen. Werte ab 25 mm können unter geeigneten dynamischen Bedingungen zu Unwettern führen.

[31] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632

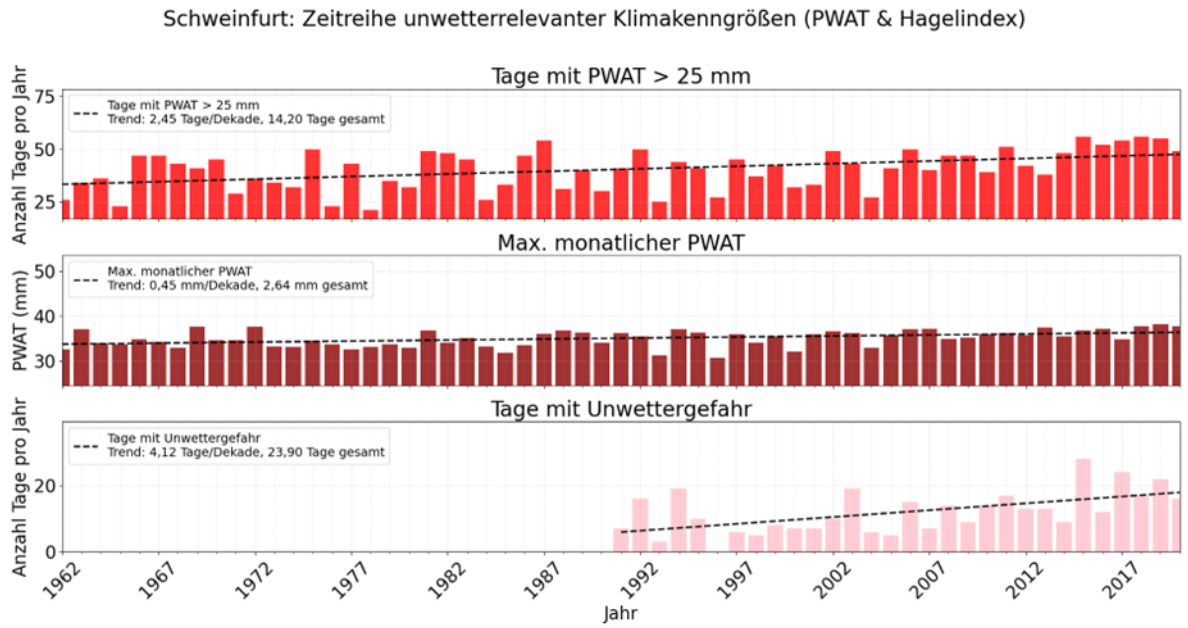

Abbildung 24: Zeitreihe der Klimakenngrößen für die Beurteilung der Unwettergefahr von 1961–2024.[32]

Tabelle 7: Entwicklung der unwetterbezogener Klimakenngrößen in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Anzahl der Tage mit PWAT > 25 mm	Mittlere Maximale PWAT	Anzahl der Tage mit starkem Konvektionspotenzial
1961–1990	37,2	33,4 mm	-
1971–2000	37,4	33,1 mm	-
1981–2010	40,1	33,8 mm	-
1991–2020	43,4	34,3 mm	9,4

Sturm

Die Klimasignale der letzten 65 Jahre für Sturm werden vor allem von den sehr windigen späten 1980er und 1990er Jahren dominiert (Abbildung 25 und Tabelle 8). Ohne diese Periode ergibt sich bei der Häufigkeit von Sturmtagen keine relevante Trendaussage für Schweinfurt. Dies trifft auch auf die Intensität von Sturmböen zu, die allenfalls sehr geringfügig (+2 %) angestiegen ist, wobei ein solch geringer Anstieg durchaus Relevanz entfalten kann, da diese etwas stärkeren Böen heute auch häufiger auf durch Trockenheit und Schädlinge stärker vorbelastete Wälder und Stadtbäume treffen. Insgesamt ist die Sturmgefährdung über die letzten 65 Jahre gleichgeblieben oder geringfügig angestiegen. Treiber dafür ist vor allem die Zunahme von Wetterlagen mit westlichen bis südwestlichen Winden. Dabei gibt es in unterschiedliche Richtungen weisende bzw. uneindeutige Erkenntnisse darüber, wie diese Entwicklung mit dem Klimawandel korrespondiert. Es gibt Hinweise darauf, dass diese Ausprägung der winterlichen Wetterlagen eher vorübergehend ist und von natürlicher Variabilität gesteuert wurde.

[32] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632 ; Copernicus - Climate Data Store - ERA5: https://cds.climate.copernicus.eu/datasets

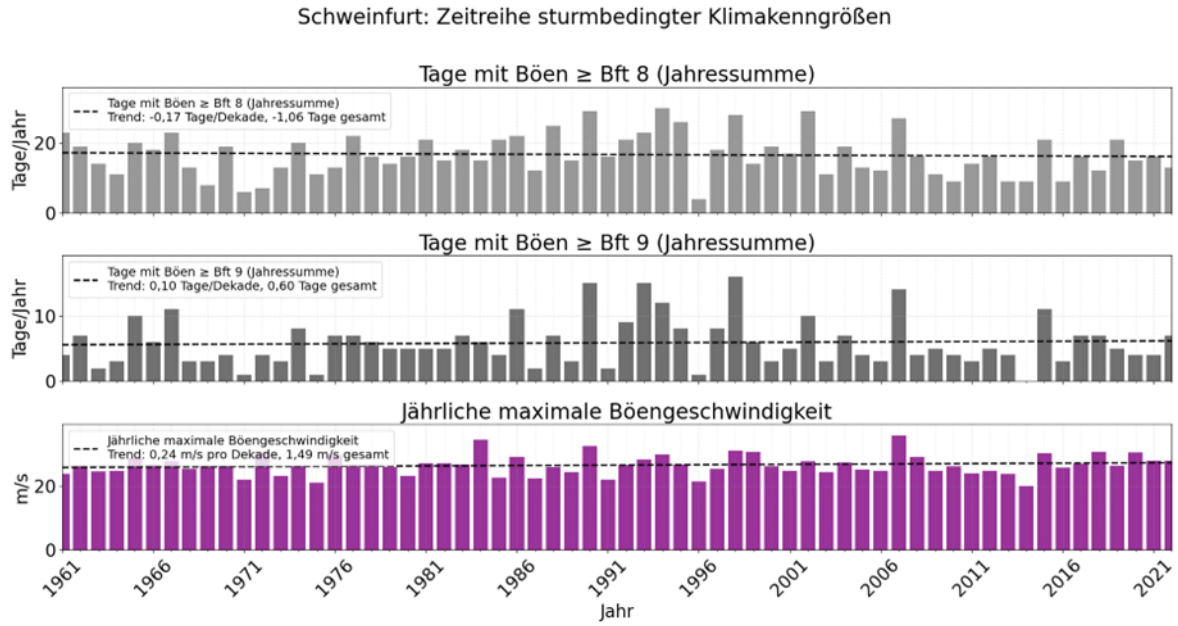

Abbildung 25: Zeitreihe der Klimakenngrößen für die Beurteilung der Sturmgefährdung von 1961-2024.[33]

Tabelle 8: Entwicklung der mittleren Intensität und Häufigkeit von Sturm in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Anzahl der Tage mit Sturmböen > BFT-8	Anzahl der Tage mit Sturmböen > BFT-9	Mittlere Maximale Sturmböe
1961–1990	16,6	5,5	26,2 m/s
1971–2000	17,7	6,4	26,5 m/s
1981–2010	18,5	6,8	27,0 m/s
1991–2020	16,8	6,3	26,7 m/s

Schnee

Die in Abbildung 26 und Tabelle 9 dargestellten Verläufe der Schneefall- und Schneedeckenhäufigkeiten sowie -Intensitäten zeigen ganz überwiegend den Rückgang der Häufigkeit von Schneefall und Schneedecken sowie geringere Schneedeckenakkumulationen. Es wird aber auch deutlich, dass einzelne Winter wie z. B. 2009 und 2010 immer noch sehr große Schneedecken produzieren können, auch wenn es weniger häufig schneit. Die Intensität der mittleren maximalen Schneefälle hat sich insgesamt nicht wesentlich verändert bzw. es ist ein nur geringer Rückgang feststellbar. Dies liegt möglicherweise daran, dass die Niederschläge insgesamt und damit auch die Schneefälle im Winter zugenommen haben. Durch die höheren Temperaturen fällt in Schweinfurt jetzt weniger davon als Schnee, aber an den Tagen mit Schneefall ist die Intensität relativ hoch. Besonders schneearm waren die 1990er Jahre, während auch die Winter der 1970er Jahre nur geringe Schneedecken zeigten. Die höheren Temperaturen haben die Haltbarkeit von Schneedecken jedoch bereits deutlich reduziert.

[33] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632 ; Copernicus - Climate Data Store - ERA5: https://cds.climate.copernicus.eu/datasets

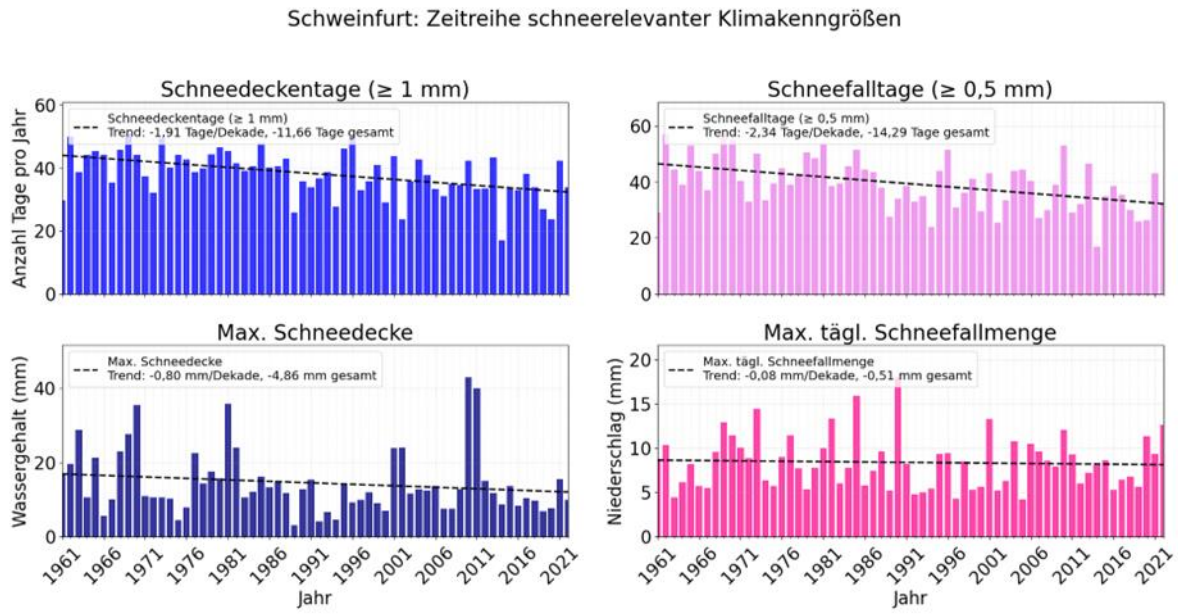

Abbildung 26: Zeitreihe der Klimakenngrößen für die Beurteilung der Schneefall- und Schneedeckenklimatologie von 1961–2024.[34]

Tabelle 9: Entwicklung der mittleren und maximalen Schneedecken- und Schneefallparametern in Klimaperioden seit 1961.

Klimaperiode	Anzahl der Tage mit Schneedecke	Mittlere Maximale Schneedecke	Anzahl der Tage mit Schneefall	Mittlerer Maximaler Tagesschneefall
1961–1990	47	16,0 mm	43	9,0 mm
1971–2000	45	12,4 mm	40	8,4 mm
1981–2010	43	13,9 mm	39	8,5 mm
1991–2020	40	13,1 mm	35	7,6 mm

Zusammenfassung

Insgesamt zeigt sich für Schweinfurt, dass der Fußabdruck der globalen Erwärmung durch einen Anstieg der Temperaturen bereits deutlich sichtbar geworden ist. Bei Entwicklungen von Niederschlägen, Starkregen und Sturm deutet vieles darauf hin, dass bei diesen Klimakenngrößen natürliche Variabilität eventuelle Klimawandelsignale bisher noch maskiert bzw. mit diesen interagiert hat. Die Erwärmung hat sich deutlich auf steigende Trockenheit und abnehmende Wasserverfügbarkeit sowie geringe Häufigkeiten von Kälteperioden und Schneedecken ausgewirkt. Intensive Kälte und große Schneemengen sind jedoch auch weiterhin möglich. Die Neigung zu Unwettern nimmt zwar zu, diese hat sich jedoch bisher nur in bedingtem Maße in heftigen Starkniederschlägen materialisiert. Mögliche Ursachen dafür liegen in der Geomorphologie von Schweinfurt und Umgebung aber auch in der Tatsache, dass heftige Unwetter auch bei „besten Bedingungen“ oftmals nur auf wenigen Prozent der von günstigen Bedingungen betroffenen Fläche tatsächlich eintreten.

3.3 Zukünftige Klimaveränderungen in Schweinfurt

Die zukünftigen Klimaveränderungen werden anhand der sogenannten repräsentativen Konzentrationspfade (RCP, englische Abkürzung) dargestellt. Deren Grundlage sind Klimamodelle, die unter Annahme unterschiedlicher globaler Entwicklungspfade von Klimaschutzmaßnahmen auf unterschiedliche Treibhausgaskonzentrationen

[34] DWD - Hydrometeorologische Rasterdatensätze (HYRAS): https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html?nn=834470&lsbId=831632 ; Copernicus - Climate Data Store - ERA5: https://cds.climate.copernicus.eu/datasets

hinauslaufen. Dabei zeigen die Zahlen am Ende der Abkürzung für jedes Klimaszenario an, wie stark die Änderung des globalen Energiehaushaltes im Vergleich zur prä-industriellen Periode ausfällt, gemessen in Watt/Quadratmeter. Für die Stadt Schweinfurt werden die zwei Klimaszenarien RCP4.5 (ein Szenario mit erheblichen und langfristig erfolgreichen globalen Anstrengungen zum Klimaschutz) und RCP8.5 (ein Szenario ohne wirksamen globalen Klimaschutz betrachtet). Die Auswahl folgt dem Prinzip der Mindestvorsorge, sodass Schwankungsbereiche und mögliche Extremszenarien sichtbar gemacht werden können. Die Klimaszenarien sind keine exakten Prognosen und weisen Unsicherheiten auf, die beachtet werden müssen, d.h. es müssen Maßnahmen gefunden werden, die sich unter unterschiedlichen klimatischen Entwicklungen innerhalb der Szenarien bewähren. Bei neuen Erkenntnissen und wesentlichen Änderungen an den Schlussfolgerungen der folgenden Analyse (z. B. durch neue Klimaszenarien oder Erkenntnisse über Kipp-Punkte) ist es empfehlenswert, die Analyse der klimatischen Zustände für Schweinfurt zu weiderholen.

Temperatur

Die Entwicklung der zukünftigen Temperaturen im Jahresmittel ist in Abbildung 27 dargestellt. Es zeigt sich für beide betrachtete Klimaszenarien ein deutlicher Anstieg der Mitteltemperaturen. Das RCP4.5 zeigt einen schwächeren Anstieg auf ca. +2 °C im Vergleich zu heute bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. In der Zeit ab ca. 2080 scheint sich das Temperaturniveau im RCP4.5 für Schweinfurt zu stabilisieren. Das RCP8.5 hingegen zeigt einen anhaltenden und deutlichen Anstieg, der gegen Ende des Jahrhunderts ca. +5 °C gegenüber der Referenzperiode 1991-2020 beträgt. Beide Klimaszenarien weisen innerhalb des Modellensembles Unsicherheiten bzw. Unterschiede in der Stärke der Klimaänderungen auf, die um ca. +/– 1 °C um den Mittelwert für das RCP4.5 variieren und im RCP8.5 beträgt dieser Wert ca. +/– 1,5 °C.

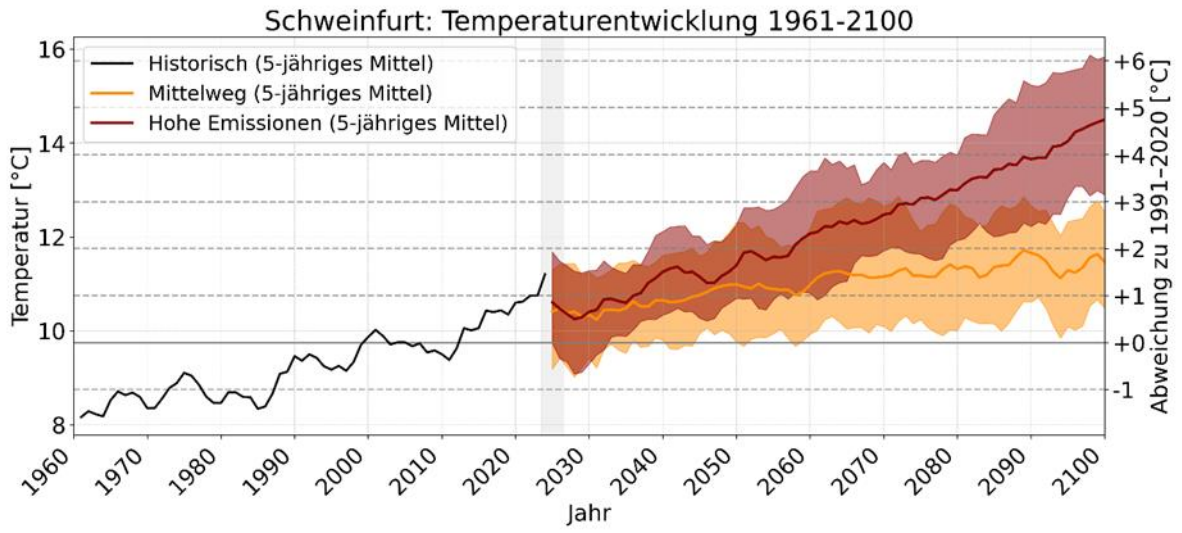

Abbildung 27: Historische und zukünftige Veränderung der Mitteltemperaturen im Zeitraum 1961–2100.[35]

Die Tabelle 10 zeigt die Unterschiede in den jahreszeitlichen Entwicklungen für die Klimaszenarien und die nahe Zukunft (2031–2060) sowie die ferne Zukunft (2071–2100). Generell ist die Erwärmung im RCP4.5 schwächer als im RCP8.5, wobei sich der Abstand der Klimaszenarien mit zunehmender Zeit vergrößert. Die Jahreszeiten erwärmen sich in der Zukunft sehr wahrscheinlich unterschiedlich stark in Schweinfurt, vor allem im RCP8.5. Hier wird im Frühling die geringste und im Sommer die stärkste Erwärmung gezeigt. Dies deutet möglicherweise darauf hin, dass spätwinterliche Kaltlufteinbrüche und damit Spätfröste aufgrund der arktischen Eisbildung dann immer noch stattfinden können. Die Unterschiede in der Erwärmung deuten auch darauf hin, dass sich die Zusammensetzung der typischen Wetterlagen in Schweinfurt ändern dürfte. Vor allem im Sommer ist die Erwärmung sehr stark ausgeprägt, was möglicherweise auf häufigeren Einfluss des subtropischen Hochdruckgürtels in der Region Schweinfurt hindeutet, der für anhaltend hohe Temperaturen sorgt und heutzutage seinen Einfluss vor allem im

[35] eigene Darstellung

Mittelmeerraum hat. Insgesamt ist die zukünftig zu erwartende Erwärmung vor allem unter RCP8.5-Entwicklungen durchaus nochmals sehr deutlich und könnte den aktuellen Trend nahezu ungebremst weiter fortsetzen.

Tabelle 10: Mögliche zukünftige Entwicklung der mittleren Temperaturen unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5.

Klimaszenario	Jahresmittel	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Referenz, 1991–2020	9,8 °C	1,4 °C	9,6 °C	18,4 °C	9,4 °C
RCP4.5, 2031–2060	+1,0 °C	+1,1 °C	+0,8 °C	+1,0 °C	+0,9 °C
RCP8.5, 2031–2060	+1,5 °C	+1,5 °C	+1,1 °C	+1,8 °C	+1,6 °C
RCP4.5, 2071–2100	+1,6 °C	+1,7 °C	+1,5 °C	+1,6 °C	+1,7 °C
RCP8.5, 2071–2100	+3,7 °C	+3,6 °C	+2,7 °C	+4,5 °C	+4,0 °C

Niederschlag, Verdunstung und Wasserbilanz

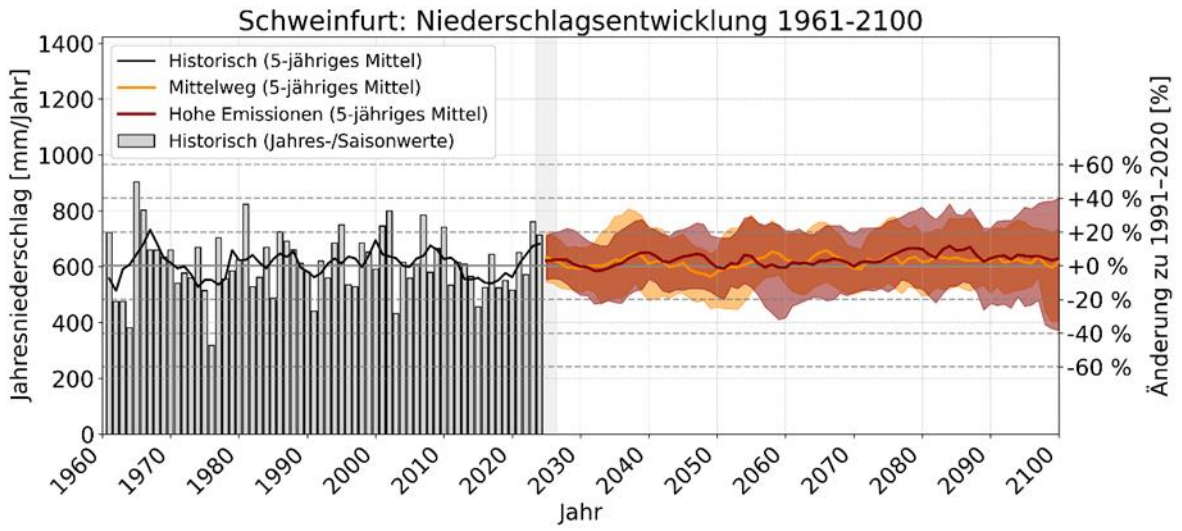

Abbildung 28: Historische und zukünftige Veränderung der Jahresniederschläge im Zeitraum 1961–2100.[36]

Die Jahresniederschlagsmengen zeigen in der Zukunft für Schweinfurt in beiden Klimaszenarien keinen eindeutigen Trend (Abbildung 28). Einzelne Klimaprojektionen zeigen sowohl Zunahmen als auch Abnahmen, die in der fernen Zukunft weiter vom aktuellen Mittel abweichen. Im Ensemblemittel beider Klimaszenarien zeigt sich jedoch keine relevante oder signifikante Änderung.

[36] eigene Darstellung

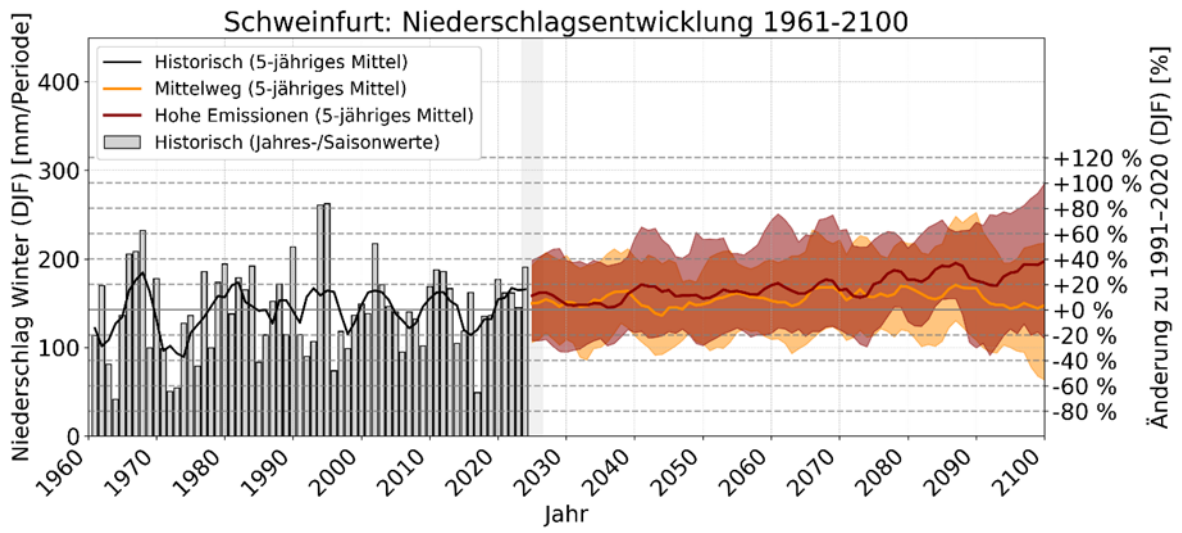

Abbildung 29: Historische und zukünftige Veränderung der Winterniederschläge im Zeitraum 1961–2100.[37]

Die winterlichen Niederschläge (Abbildung 29) zeigen eine gewisse Zunahme der Mittelwerte in der Zukunft an, insbesondere unter RCP8.5-Bedingungen. Die Unsicherheiten sind groß, aber nach 2060 ist das Klimasignal für das RCP8.5 auch robust. Dies ist für das RCP4.5 nicht der Fall, auch wenn hier eine geringe Zunahme im Ensemblemittel dargestellt wird. Die Unsicherheiten, also die Abweichungen der einzelnen Klimaprojektionen steigen zum Ende des Jahrhunderts nochmal an und weisen im RCP4.5 auf einen auch möglichen Rückgang der Winterniederschläge, im RCP8.5 auf eine Verstärkung des Anstiegs hin. In den kommen 30 Jahren sind die Klimasignale beider Klimaszenarien sehr ähnlich und deuten auf einen leichten Anstieg winterlicher Niederschläge hin.

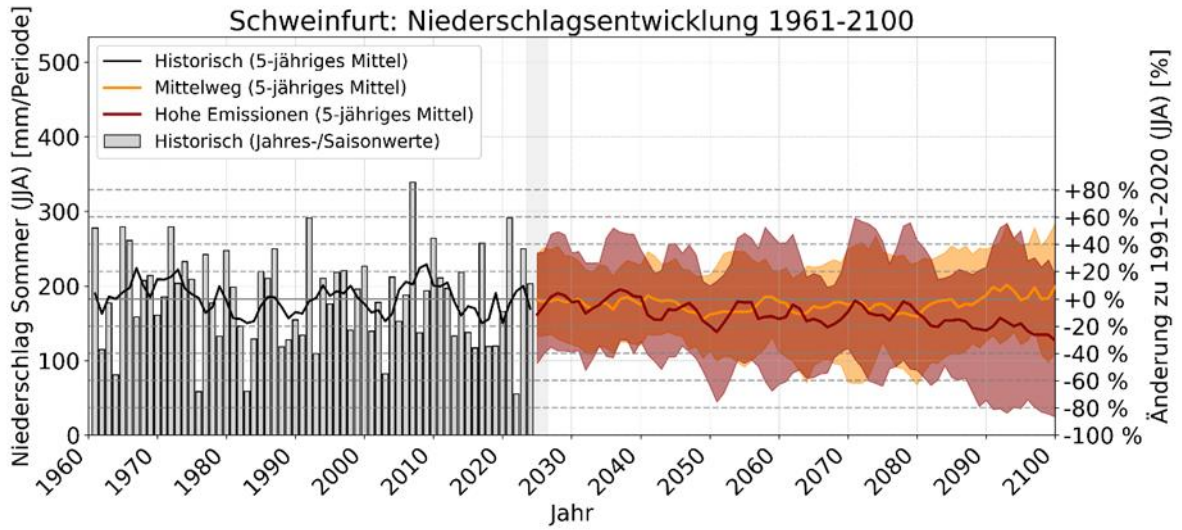

Abbildung 30: Historische und zukünftige Veränderung der Sommerniederschläge im Zeitraum 1961–2100.[38]

Die Niederschlagsmengen im Sommer zeigen zwischen beiden Klimaszenarien wiederum unterschiedliche Signale auf (Abbildung 30). Im RCP4.5 kann für Schweinfurt kein eindeutiges Klimasignal abgeleitet werden. Für das RCP8.5 ist zwar eine gewisse Abnahme im Mittel sichtbar, aber kein robustes Klimasignal. Dies wird erst ab etwa 2080 sichtbar. In diesem Zeitraum gibt es für das RCP8.5 auch Klimaprojektionen, die einen sehr deutlichen Rückgang der sommerlichen Niederschlagsmengen um bis zu –80 % anzeigen. Dies könnte darauf hindeuten, dass bei

[37] eigene Darstellung
[38] eigene Darstellung

starkem Klimawandel im Sommerhalbjahr die subtropischen Hochdruckgebiete das Wetter in Schweinfurt möglicherweise verstärkt beeinflussen könnten.

Die in Abbildung 31 und Abbildung 32 dargestellten Änderungen der jährlichen potenziellen Verdunstung bzw. klimatischen Wasserbilanz zeigen für Schweinfurt eine Fortsetzung der bereits ermittelten Trends, die vor allem durch Temperaturänderungen angetrieben werden. Die Verdunstung nimmt im RCP4.5 nur noch geringfügig zu und im RCP8.5 kann die Zunahme bis Ende des Jahrhunderts 20 % betragen. Entsprechend ändert sich die klimatische Wasserbilanz: im RCP4.5 findet kaum eine Änderung statt, während im RCP8.5 im Mittel eine deutliche Verringerung um bis zu –100 mm pro Jahr eintreten könnte. Dies bedeutet, dass unter RCP4.5-Bedingungen in Schweinfurt im Klimamittel mit gleichbleibenden bzw. leichtzunehmenden Trockenheitsgefährdungen zu rechnen ist, während im RCP8.5 der aktuelle Trend zu immer intensiveren Trockenperioden weiter fortgesetzt werden dürfte.

Eine interessante Feststellung ist, dass die Schwankungsbreite der Klimaszenarien die klimatische Wasserbilanz betreffend, relativ gering ist. Möglicherweise gleichen sich die starken Schwankungen von Jahr zu Jahr im gleitenden Mittel stärker aus und die Modelle mit mehr Niederschlag im Winter sind möglicherweise die gleichen Modelle wie die mit geringerem Sommerniederschlag.

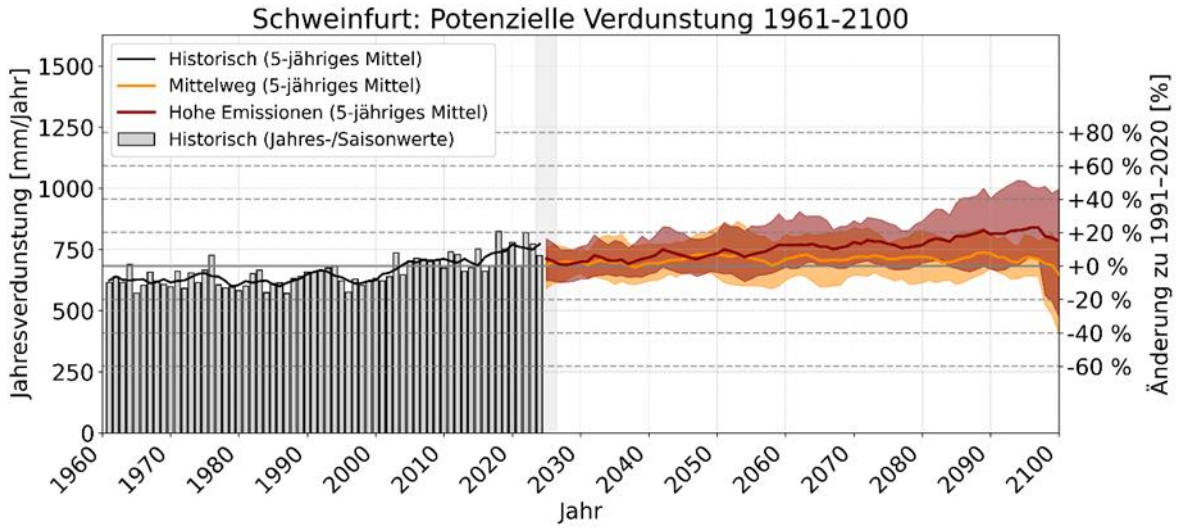

Abbildung 31: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen potenziellen Verdunstung im Zeitraum 1961–2100.[39]

[39] eigene Darstellung

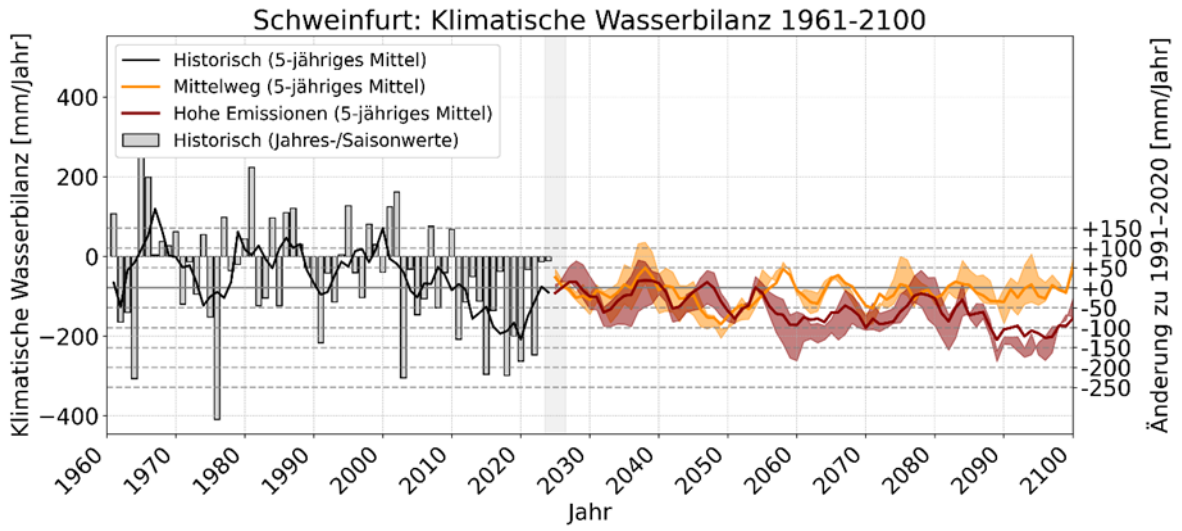

Abbildung 32: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen klimatischen Wasserbilanz im Zeitraum 1961–2100.[40]

In Tabelle 11 zeigt sich nochmals, dass die Klimasignale bei Niederschlag und Wasserverfügbarkeit für das RCP4.5 weniger ausgeprägt sind und für das RCP8.5 deutlicher. Dabei gibt es im RCP8.5 insgesamt eine stärkere Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter und insgesamt auch mehr Niederschlag als in der Referenzperiode. Die Wasserverfügbarkeit wird durch die Änderung der Verdunstung gesteuert. Die Verdunstung wird vor allem im RCP8.5 deutlich zunehmen und die höheren Winterniederschläge mehr als kompensieren, sodass die jährliche klimatische Wasserbilanz im RCP8.5 deutlich geringer ausfällt als in der Referenzperiode. Dies ist schon in der nahen Zukunft ausgeprägt, aber vor allem in der fernen Zukunft. Für das RCP4.5 ergibt sich temperaturgetrieben ebenfalls eine in geringem Umfang abnehmende Wasserverfügbarkeit.

Tabelle 11: Mögliche zukünftige Entwicklung der mittleren Niederschläge, Verdunstung und klimatische Wasserbilanz (hier: absolute Werte!) unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5.

Klimaszenario	Jahresniederschlag	Verdunstung	Klimatische Wasserbilanz
Referenz, 1991–2020	612 mm	625 mm	–12 mm
RCP4.5, 2031–2060	+1,5 %	+3,4 %	–26 mm
RCP8.5, 2031–2060	+2,2 %	+6,7 %	–45 mm
RCP4.5, 2071–2100	+3,0 %	+4,2 %	–23 mm
RCP8.5, 2071–2100	+5,9 %	+16,7 %	–90 mm

Hitze

In Abbildung 33 werden die heutige und zukünftige Anzahl der Hitzetage in Schweinfurt dargestellt. Parallel zum Trend in den Mitteltemperaturen zeigt sich der bereits erfolgte und der zukünftig zu erwartende, deutliche Anstieg der Anzahl der Hitzetage. Im RCP4.5 wird ein moderater Anstieg erwartet, vereinzelte Klimamodelle zeigen auch nur geringe oder sogar negative Änderungen. Angesichts der bereits eingetretenen Veränderungen ist allerdings nicht davon auszugehen, dass sich eine solche Trendumkehr materialisiert. Unter RCP8.5-Bedingungen ist eine zunächst moderate (im Mittel auf ca. 28/Jahr), in der fernen Zukunft eine erhebliche Zunahme der Anzahl der Hitzetage auf bis über 40 pro Jahr zu erwarten. Einzelne Klimaprojektionen zeigen einen noch größeren Anstieg.

[40] eigene Darstellung

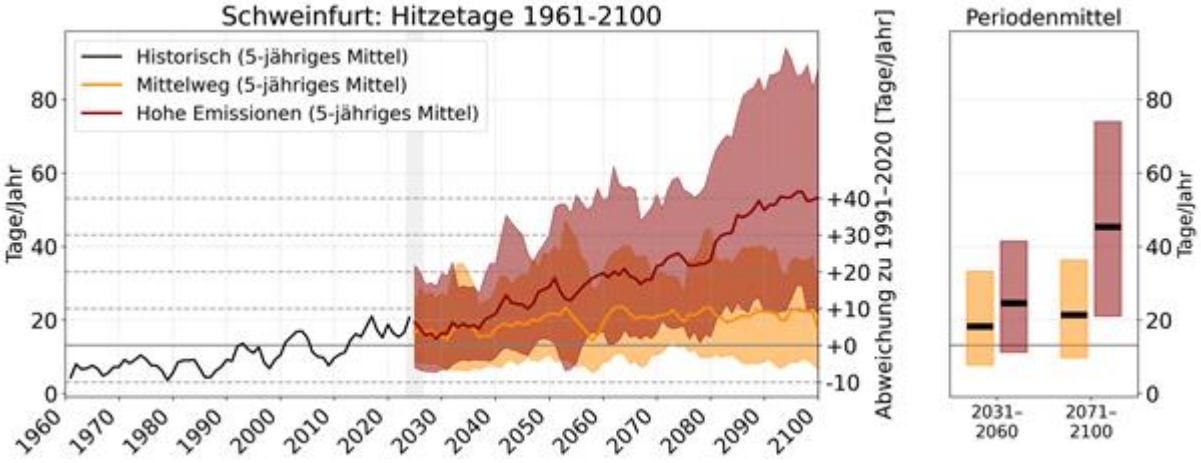

Abbildung 33: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Anzahl der Hitzetage im Zeitraum 1961–2100.[41]

Auch die Intensität von Hitzewellen wird zunehmen. Dies zeigt die projizierte Entwicklung der mittleren jährlichen Maximaltemperaturen in Abbildung 34. Im RCP4.5 steigt diese von gut 35 °C in der aktuellen Klimareferenzperiode auf etwa 37 °C an und verbleibt auf diesem Niveau stabil. Die Entwicklung im RCP8.5 ist stärker ausgeprägt. In der nahen Zukunft erreichen die Werte 37,5 °C und in der fernen Zukunft knapp 41 °C. Letzteres sind Werte, die derzeit etwa in Andalusiern auftreten. Es gibt einzelne Klimaprojektionen, die die Möglichkeit von mittleren Jahreshöchsttemperaturen von über 45 °C aufzeigen. Es besteht eine relativ hohe Unsicherheit bezüglich der genauen Ausprägung der Entwicklung der Jahreshöchsttemperaturen, es ist aber denkbar, dass eine starke Entwicklung eintritt, da der Trend der letzten Jahrzehnte bereits die von den Klimamodellen gezeigten Trends für die letzten 50 Jahre übersteigt, bzw. nur die „heißesten" Modelle diesen Trend folgerichtig wiedergeben.

Wesentlicher Unterschied der beiden betrachteten Klimaszenarien ist die Tatsache, dass sich das Temperaturniveau im RCP4.5 nach etwa 2060 stabilisiert, während es beim RCP8.5 bis zum Ende des Jahrhunderts weiter ansteigt. Im Vergleich mit den Mitteltemperaturen ist der Anstieg der Höchsttemperaturen nochmals deutlicher ausgeprägt und erreicht im RCP8.5 in der fernen Zukunft ca. +6 °C im Vergleich zu 1991–2020. Dies deutet darauf hin, dass Hitzewellen häufiger und extremer werden und sich auch die dafür vor allem verantwortlichen Süd- bis Südwestwetterlagen in ihrer Auftretenshäufigkeit mehren dürften.

[41] eigene Darstellung

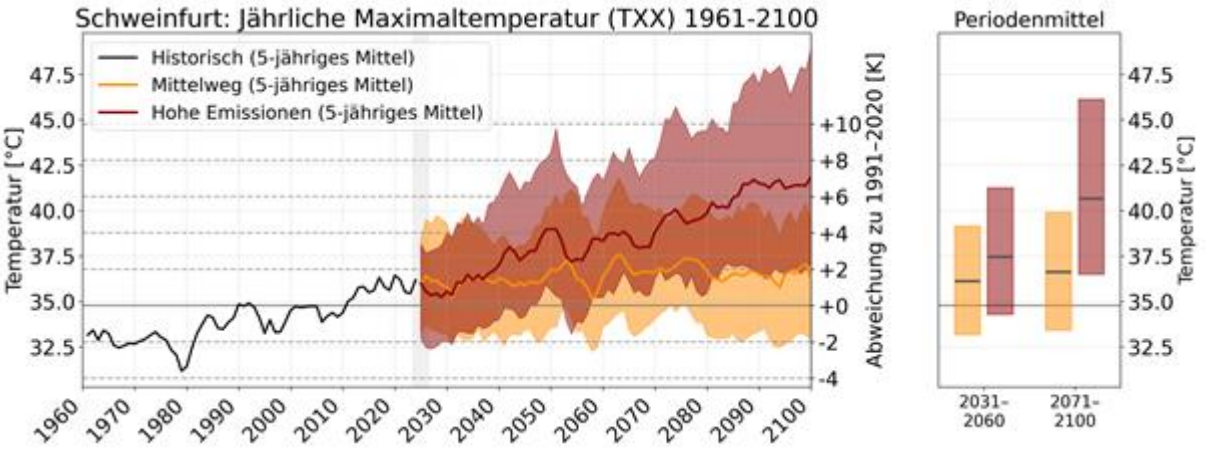

Abbildung 34: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen maximalen Temperatur im Zeitraum 1961–2100.[42]

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Hitze in Zukunft noch weiter im Vordergrund stehen dürfte und eine der wesentlichsten Auswirkungen des Klimawandels in Schweinfurt darstellt. Dies zeigt auch der erwartbare Anstieg der Anzahl der Tropennächte in Tabelle 12.

Tabelle 12: Mögliche zukünftige Entwicklung von Hitze unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5.

Klimaszenario	Anzahl der Sommertage	Anzahl der Hitzetage	Anzahl der Tropennächte	Mittlere Maximale Temperatur
Referenz, 1991–2020	52,1	13,1	0,1	34,8°C
RCP4.5, 2031–2060	61,5	18,3	1,6	36,1°C
RCP8.5, 2031–2060	66,8	24,6	2,0	37,5°C
RCP4.5, 2071–2100	63,6	21,4	2,2	36,6°C
RCP8.5, 2071–2100	82,5	45,4	7,5	40,7°C

Kälte

Abbildung 35 zeigt die historische und zukünftige Veränderung der Anzahl der Eistage in Schweinfurt. Der historische Abwärtstrend ist deutlich sichtbar. Die Klimaprojektionen zeigen eine weitere Reduktion der Anzahl der Eistage. Im RCP4.5 geht diese von heute etwa 15 pro Jahr auf nur noch 8 (nahe Zukunft) bzw. 6 (ferne Zukunft) zurück. Im RCP8.5 verschwinden Eistage in der fernen Zukunft nahezu aus dem klimatischen Spektrum von Schweinfurt. Die Klimaszenarien für die nahe Zukunft sowie das RCP4.5 in der fernen Zukunft zeigen eine sehr große Bandbreite der möglichen Entwicklungen, einzelne Klimaprojektionen zeigen sogar einen Anstieg der Anzahl der Eistage. Solche Entwicklungen sind möglich bzw. plausibel, allerdings wären dafür eine deutliche Veränderung der Großwetterlagen eine wesentliche Voraussetzung mit wesentlich häufigeren Nordost- bis Ostwetterlagen. In diesem Aspekt zeigen die Klimamodelle eine große Uneinigkeit, d.h. die Änderung der Großwetterlagen wird durchaus unterschiedlich projiziert: einzelne Klimamodelle zeigen aufgrund schwächerer meridionaler Temperaturgegensätze tatsächlich mehr Wetterlagen mit Luftmassen aus dem Sektor Nord bis Ost als heute, während andere Klimamodelle nur wenig Veränderungen in den Großwetterlagen zeigen. Potenzielle Kippunkte wie der drohende Zusammenbruch der Nordatlantik-Zirkulation bzw. deren Entwicklung sind dabei auch zu beachten, werden von den Klimamodellen der RCP-Szenarien aber nicht hinreichend abgebildet.

[42] eigene Darstellung

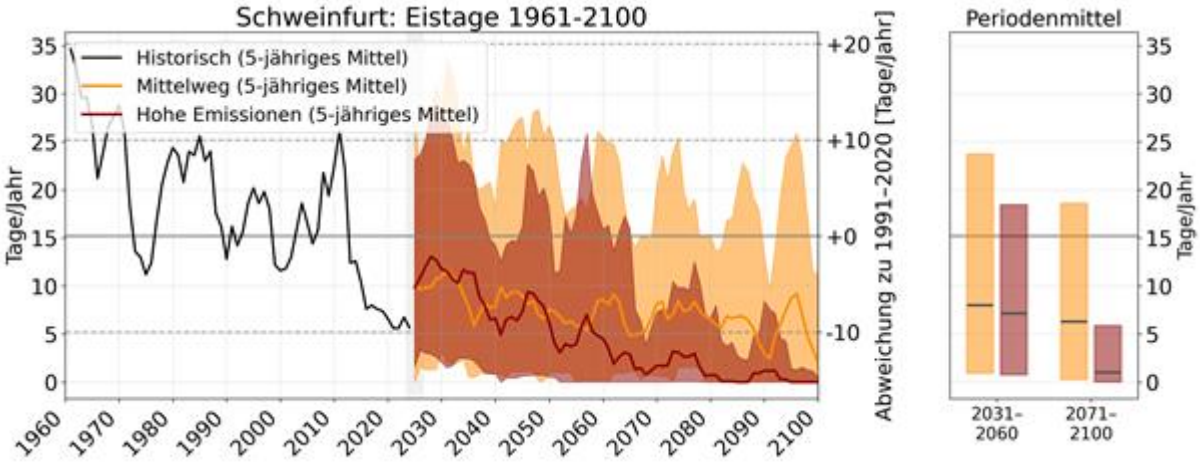

Abbildung 35: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Anzahl der Eistage im Zeitraum 1961–2100.[43]

Weniger unklar als die Häufigkeit von kalten Wetterlagen mit Eistagen ist der Anstieg der mittleren jährlichen Tiefsttemperaturen (Abbildung 36). Für RCP4.5 sowie das RCP8.5 in der nahen Zukunft werden robuste Anstiege von etwa +3 bis +4 °C gezeigt, während das RCP8.5 der fernen Zukunft einen Anstiegt von fast +8 °C zeigt. Dieser Anstieg ist sehr deutlich ausgeprägt, auch wenn es eine erhebliche Unsicherheit bei der Ausprägung gibt und vereinzelte Klimamodelle auch gleichbleibende Bedingungen simulieren. Möglicherweise deutet der besonders starke Anstieg darauf hin, dass extrem kalte Situationen, die durch Schneedecken und klaren Himmel bei gleichzeitig geringen Winden entstehen, nur noch selten auftreten werden.

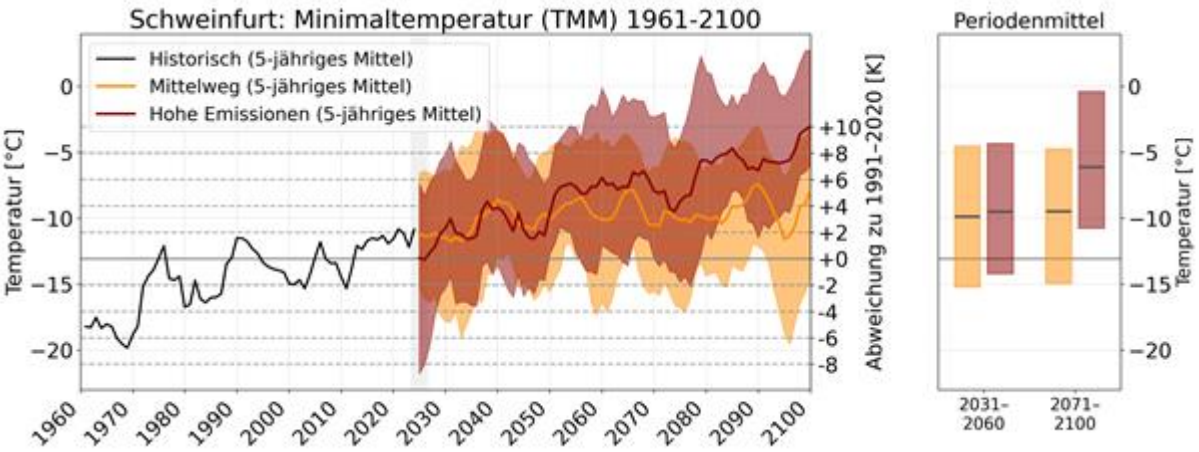

Abbildung 36: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen minimalen Temperatur im Zeitraum 1961–2100.[44]

Wie Tabelle 13 zeigt, nimmt auch die Anzahl der Frosttage ab, was bedeutet, dass sich Frostperioden verkürzen. Insgesamt wird Kälte durch den Klimawandel in Zukunft mit hoher Gewissheit weniger intensiv ausfallen. Mit mittlerer Gewissheit nehmen auch die Häufigkeit und Länge von Kälteperioden deutlich ab.

[43] eigene Darstellung
[44] eigene Darstellung

Tabelle 13: Mögliche zukünftige Entwicklung Kälte unter den Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5.

Klimaszenario	Anzahl der Frosttage	Anzahl der Eistage	Mittlere Minimale Temperatur
Referenz, 1991–2020	81,8	15,2	–13,1 °C
RCP4.5, 2031–2060	65,0	8,0	–9,9 °C
RCP8.5, 2031–2060	60,2	7,1	–9,5 °C
RCP4.5, 2071–2100	52,7	6,3	–11,4 °C
RCP8.5, 2071–2100	28,3	0,2	–9,5 °C

Trockenheit

Trockenheit wird vor allem von der Verfügbarkeit von Wasser bestimmt, wofür die klimatische Wasserbilanz als Differenz zwischen Niederschlägen und potenzieller Verdunstung im Sommerhalbjahr, bzw. deren Veränderung ein guter Gradmesser ist (Abbildung 37). Die Änderung der klimatischen Wasserbilanz im Sommerhalbjahr zeigt in der nahen Zukunft in beiden Klimaszenarien kein eindeutiges Signal, im RCP4.5 auch in der fernen Zukunft. Das RCP8.5 zeigt im Mittel stärkere negative Änderungen und in der fernen Zukunft auch ein eindeutiges Signal von abnehmenden Werten. Die klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr in Schweinfurt ist bereits heute negativ mit Werten von etwa –250 mm. Der Abwärtstrend der näheren Vergangenheit weist darauf hin, dass eine Zunahme der Wasserverfügbarkeit eher nicht zu erwarten sein dürfte. Die im Mittel leicht negativen Änderungen der nahen Zukunft und die mögliche Abnahme um ca. –100 mm im RCP8.5 in der fernen Zukunft deuten darauf hin, dass die klimatischen Veränderungen der Zukunft häufigere und intensivere Trockenperioden hervorrufen werden. Es ist neben einzelnen extrem trockenen Jahren mit großen Auswirkungen von einer chronischen Reduzierung der Wasserverfügbarkeit und damit chronischer Trockenheit auszugehen. Dabei ist der wesentliche Treiber nicht die Reduktion von Niederschlägen, die in Schweinfurt nur im RCP8.5 in der fernen Zukunft auftritt, sondern die ansteigenden Temperaturen, die zu höheren Verdunstungsansprüchen und Wasserbedarfen führen.

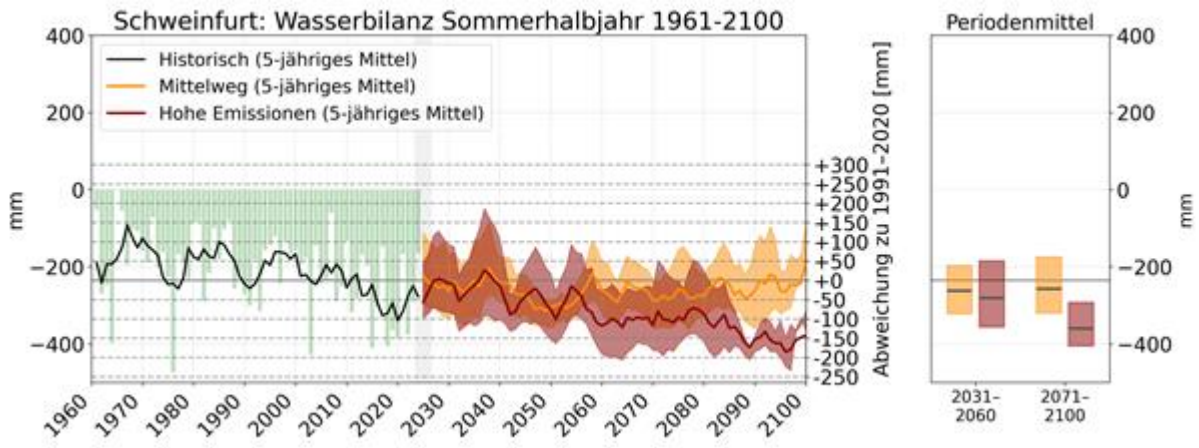

Abbildung 37: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen klimatischen Wasserbilanz im Sommer im Zeitraum 1961–2100.[45]

Die Klimaszenarien zeigen bis auf das RCP8.5 in der fernen Zukunft kaum eindeutige Änderungssignale bei der Anzahl der besonders trockenen Perioden in Bezug auf Niederschläge allein. Es ist eine gewisse Verschiebung von Niederschlagstagen vom Sommer in den Winter und Herbst zu beobachten. Von daher ist die Gefahr von einzelnen besonders trockenen Jahren nach wie vor gegeben, aber bestimmt wird die Zunahme von Trockenheit in der Zukunft durch chronischen Wassermangel.

[45] eigene Darstellung

Starkregen

Abbildung 38 zeigt die Änderung der Anzahl von Tagen mit 20 mm Niederschlag und mehr. Der historische Trend zur Zunahme solcher Tage dürfte sich auch in der nahen und fernen Zukunft fortsetzen. Es zeigt sich eine große Unsicherheit, sodass die Änderungssignale nicht als robust eingestuft werden können. Im RCP4.5 ist die mittlere Änderung marginal (ca. +10 bzw. +15 % in der nahen und fernen Zukunft) gegenüber der Unsicherheit. Im RCP8.5 ist das Änderungssignal robuster mit +30 % in der nahen und +40 % in der fernen Zukunft. In einer genaueren Untersuchung zeigt sich, dass diese zusätzlichen Tage vor allem im Winterhalbjahr auftreten, während die Häufigkeit von Tagen mit starkem Regem im Sommer gleichbleibt.

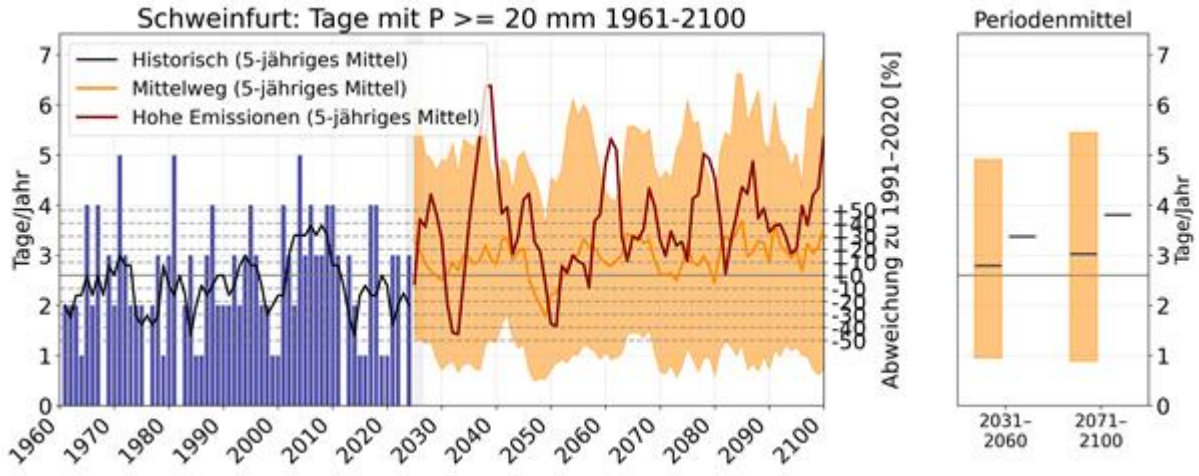

Abbildung 38: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Anzahl der Tage mit mehr als 20 mm Niederschlag im Zeitraum 1961–2100.[46]

Die in Abbildung 39 gezeigte Intensität von Starkniederschlägen zeigt keine sehr eindeutigen oder robusten Änderungssignale auf. Im Verlauf der Zeit werden in der Zukunft zwar überwiegend zunehmende Intensitäten von Starkniederschlägen in den Klimaprojektionen angezeigt, aber es gibt auch solche, die eine Abnahme anzeigen. Der derzeitige Trend zeigt eher eine Abnahme bzw. keine eindeutige Richtung. Deshalb kann zur Intensität der Starkniederschläge keine wesentliche Aussage getroffen werden. Es ist allerdings so, dass die Klimamodelle bei der Berechnung von Starkniederschlägen, die oftmals konvektiver und damit kleinräumiger Natur sind, nicht das geeignete Instrument sind, bzw. der Blick auf die Niederschlagsmengen allein nicht ausreicht.

[46] eigene Darstellung

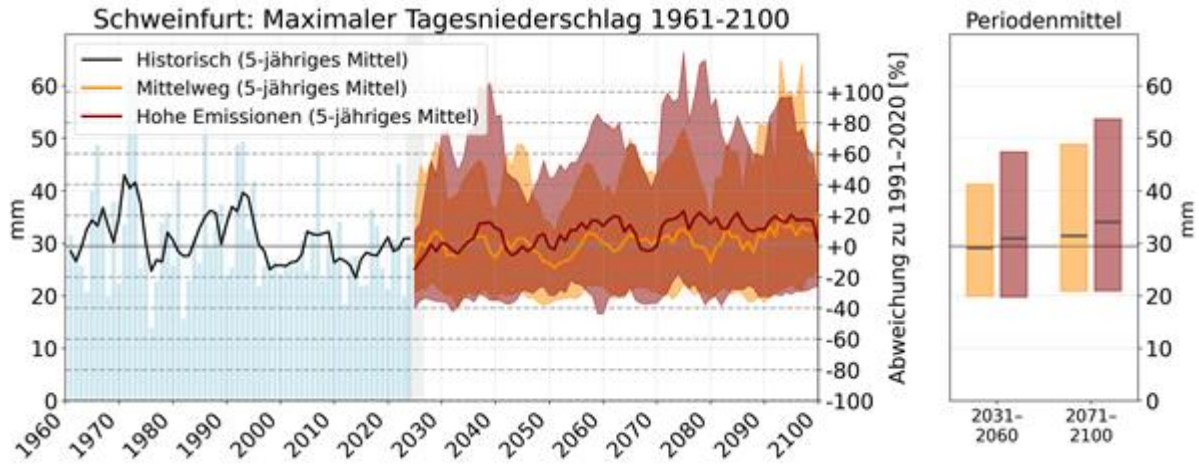

Abbildung 39: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Maxima der täglichen Niederschlagsmenge im Zeitraum 1961–2100.[47]

Unwetter

Sommerliche Unwetter durch Gewitter, Starkregen, Hagel und Sturm bestimmen oft das Bild bei lokalen Einsätzen des Katastrophenschutzes. Klimamodelle sind nicht geeignet, um diese Ereignisse direkt aus abgeleiteten Modellvariablen wie Niederschlägen oder Windgeschwindigkeiten darzustellen, da die räumliche Auflösung Unwetter oftmals verwischt bzw. diese in Klimamodellen gar nicht auftauchen. Eine alternative Betrachtungsweise ist die, die sich auf die Umgebungsbedingungen für Unwetter fokussiert. Die wichtigste Bedingung für starke Gewitter mit Starkregen, Hagel oder Sturm ist eine hohe Luftfeuchtigkeit, die mit dem Wasserdampfgehalt der Luft (PWAT) darstellbar ist. Der mittlere maximale Wert des PWAT in Abbildung 40 kann als Anhaltspunkt dazu dienen, um die potenzielle Intensität solcher Unwetter zu ermitteln.

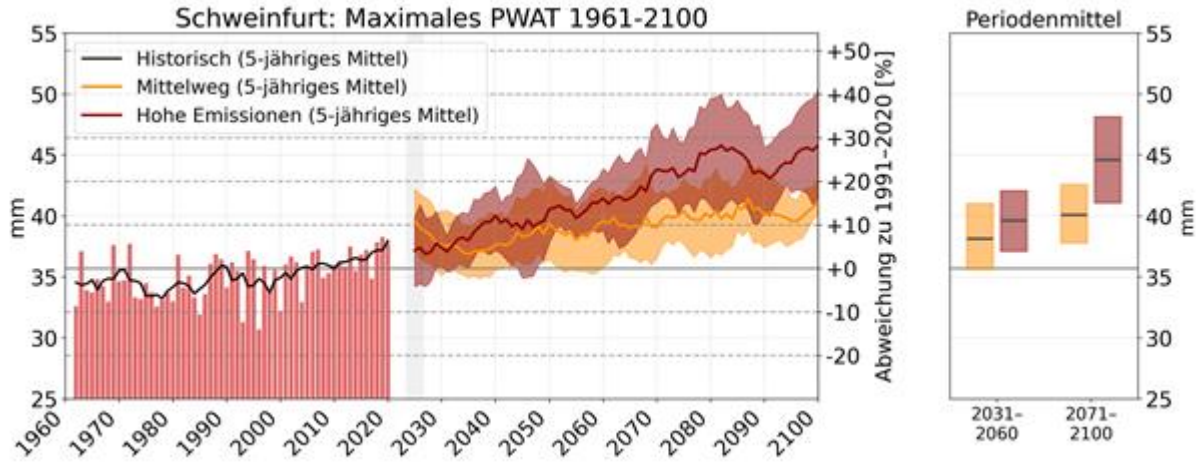

Abbildung 40: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Maxima des in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes (PWAT)im Zeitraum 1961–2100.[48]

Es ist zu erkennen, dass die Klimamodelle für den PWAT einen eindeutigen Anstieg zeigen, der im RCP8.5 deutlich stärker ausfällt als im RCP4.5. Der Anstieg bestätigt den Trend der jüngeren Vergangenheit. Auch im RCP4.5 hält der Anstieg in der fernen Zukunft weiter an. Die Zunahme beträgt im RCP4.5 bis zu +15 % und im RCP8.5 bis +25 % auf maximale PWAT-Werte von etwa 45 mm. Werte über 35 mm gehen in der Regel mit schweren Unwettern einher, wobei natürlich nicht jede Unwetterlage auch an jedem davon potenziell betroffenen Ort ein schweres Unwetter

[47] eigene Darstellung
[48] eigene Darstellung

hervorruft. Die Intensität solcher Bedingungen wird sich also verschärfen. Dies trifft auch auf die Häufigkeit von Tagen mit günstigen Bedingungen für Unwetter zu. Dabei ist allerdings einschränkend zu erwähnen, dass im RCP8.5 solche Bedingungen oftmals von Hochdruckwetterlagen unterdrückt werden. Dies führt dazu, dass bei „gleich guten" Bedingungen für Unwetter eine geringere Fläche davon betroffen ist, die dann allerdings durch möglicherweise stärkere Entwicklungen betroffen sind. Insgesamt ist allerdings mit einem erheblichen Anstieg der Unwetterwahrscheinlichkeit zu rechnen. Das Unwetter-Klima der fernen Zukunft in Schweinfurt entspricht etwa dem in Kroatien oder Rumänien von heute, wo große Hagelschläge und heftige Starkniederschläge deutlich häufiger auftreten als heute in der Region Schweinfurt.

Sturm

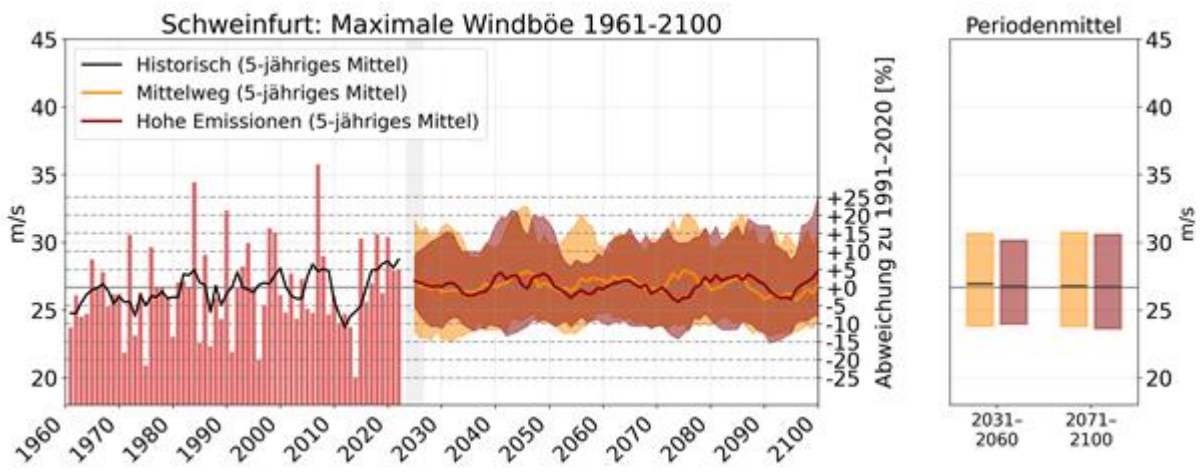

Abbildung 41: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen maximalen Windböen im Zeitraum 1961–2100.[49]

Abbildung 41 zeigt für Schweinfurt die aktuellen und zukünftigen Trends der Intensität von Sturmböen anhand der mittleren maximalen jährlichen Windgeschwindigkeiten. Es ist für die Zukunft nicht davon auszugehen, dass sich die Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen in Schweinfurt wesentlich ändert, bzw. es sind keine robusten Änderungssignale zu erkennen. Die Klimaszenarien zeigen eine Änderung von ziemlich genau +/– 0 im Mittel an. Es ist denkbar, dass sommerliche Sturmböen durch Gewitterstürme (siehe Abschnitt Unwetter) häufiger werden und von den Klimamodellen nicht erkannt werden.

[49] eigene Darstellung

Schnee

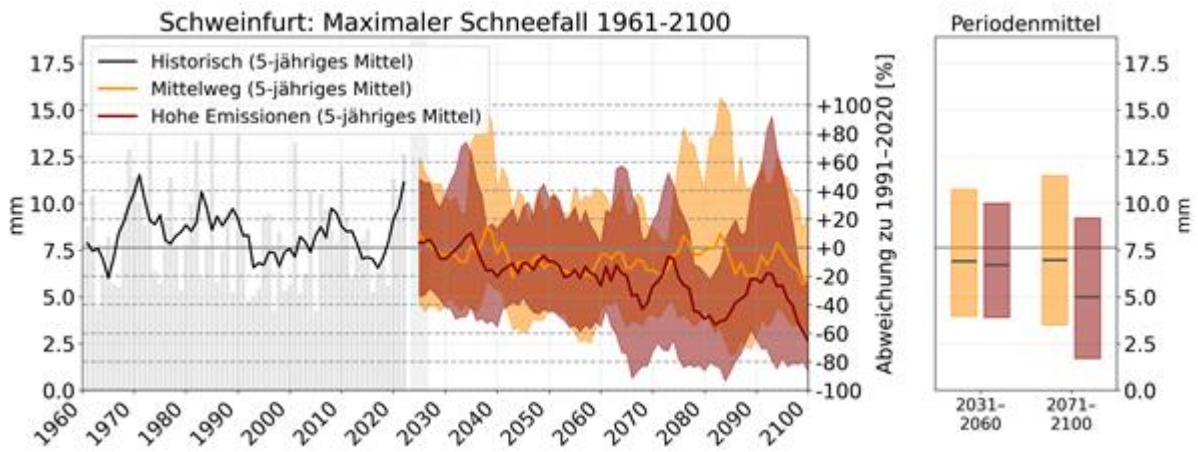

Abbildung 42: Historische und zukünftige Veränderung der jährlichen Maxima der täglichen Schneefallmenge im Zeitraum 1961–2100.[50]

Schneefall spielt für Schweinfurts Klima eine eher untergeordnete Rolle, ist aber dennoch ein relevanter Effekt z. B. für den Straßenverkehr oder Gesundheitsgefahren durch glättebedingte Stürze. Die maximalen Schneefallmengen können vor allem problematisch sein, da bei stärkeren Schneefällen auch größere Schäden verursacht werden können. Die zukünftige Entwicklung in Abbildung 42 weisen trotz der ansteigenden Temperaturen keine robusten Änderungssignale auf. Im Mittel zeigen die Klimaprojektionen in der nahen Zukunft einen geringfügigen Rückgang an, ein Anstieg scheint jedoch ebenso möglich. In der fernen Zukunft bleibt diese Aussage für das RCP4.5 bestehen, während das RCP8.5 eine Abnahme von etwa –30 % zeigt, ohne dass es sich um ein robustes Änderungssignal handelt. Diese Aussagen lassen sich durch die aktuellen Trends auch bestätigen: eine wesentliche Reduktion der maximalen Schneefallmengen ist allenfalls in der fernen Zukunft zu erwarten. Die Häufigkeit von Schneefällen und die Häufigkeit von Schneedecken (nicht gezeigt) dürfte sich im RCP4.5 moderate (–15 bis –20 %) und im RCP8.5 in der fernen Zukunft deutlich (–50 %) reduzieren, da mildere Winter längere Perioden mit Schneedeckenakkumulation verhindern dürften.

[50] eigene Darstellung

3.4 Zusammenfassung

Tabelle 14 zeigt die Zusammenfassung der zukünftigen klimatischen Entwicklungen für Schweinfurt. Dabei sind folgende Kategorien dargestellt:

+++ Deutliche Zunahme
++ Moderate Zunahme
+ Tendenz zur Zunahme
O Keine klare Tendenz/keine Änderung
- Tendenz zur Abnahme
-- Moderate Abnahme
--- Deutliche Abnahme

Tabelle 14: Zusammenfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf lokale Klimabedingungen.

Klimaszenario	RCP4.5 2031-2060	RCP8.5 2031-2060	RCP4.5 2071-2100	RCP8.5 2071-2100
Temperatur	++	++	++	+++
Niederschlag	O	O	O	O
Wasserverfügbarkeit	O	-	-	---
Hitze	++	+++	++	+++
Kälte	O	-	-	---
Trockenheit	+	++	+	+++
Starkregen	+	+	+	++
Unwetter	++	+++	++	+++
Sturm	O	O	O	O
Schnee	O	-	-	--

Insgesamt zeigt sich, dass die Auswirkungen des Klimawandels in Schweinfurt mit zunehmendem Zeithorizont und auch für das stärkere Klimaszenario deutlicher ausprägen. Dabei dürfte die Zunahme von Hitze, die Abnahme der Wasserverfügbarkeit/Zunahme der Trockenheit sowie die Zunahme von Unwetterereignissen inklusive Starkregen, Sturm und Hagel im Vordergrund stehen. Eher weniger deutlich ausgeprägte Klimaänderungen zeigen sich bei winterlichen Sturmereignissen. Der Rückgang von Schnee und Kälte dürfte sich vor allem in der fernen Zukunft bemerkbar machen und Auswirkungen auf die natürlichen Ökosysteme haben, indem sich ggf. wärmeleibende (invasive) Arten weiterverbreiten und kälteliebende Arten unter zunehmenden Druck geraten. Der Klimawandel verschiebt die klimatischen Rahmenbedingungen hin zu deutlich höheren Temperaturen und größerer Niederschlagsvariabilität mit gleichzeitig zunehmender Tendenz von Starkregen und auch Trockenheit.

4 Vulnerabilitäten der Stadt Schweinfurt

Im Sinne der DIN EN ISO 14091 wird Vulnerabilität als Ergebnis des Zusammenwirkens von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität verstanden. In der vorliegenden Klimarisikoanalyse wird die Vulnerabilität quantitativ über die Indikatoren Exposition und Sensitivität abgebildet; diese beiden Komponenten fließen unmittelbar in die Berechnung der Risikoscores ein. Die Anpassungskapazität wird ergänzend qualitativ bewertet und bei der Interpretation der berechneten Klimarisiken berücksichtigt. Vulnerabilität wird damit nicht als eigener numerischer Indikator berechnet, sondern über die Kombination hohe Exposition + hohe Sensitivität + geringe Anpassungskapazität beschrieben.

Dieses Kapitel bündelt die zentralen Vulnerabilitätskomplexe je Handlungsfeldcluster und beschreibt jeweils (i) die relevanten klimatischen Einflüsse, (ii) die exponierten Gruppen/Einrichtungen/Strukturen, (iii) die maßgeblichen Sensitivitätsfaktoren sowie (iv) eine Einschätzung der Anpassungskapazität (inkl. Hemmnisse und Trend). Die Darstellung ist so angelegt, dass sie als inhaltliche Grundlage für die nachfolgenden Klimawirkungsketten und Risikobewertungen dient, in denen Ursache-Wirkungs-Beziehungen und Risiken systematisch verknüpft werden.

Die räumliche Ausprägung der Vulnerabilitäten (Hotspotkulissen, räumliche Konzentrationen, kartografische Überlagerungen) wird nicht in diesem Kapitel im Detail dargestellt, sondern in der Hotspotanalyse auf Basis des Klimaplanatlas kartenbasiert hergeleitet und dokumentiert. Dort werden die räumlichen Schwerpunkträume fachlich geprüft, plausibilisiert und als Grundlage für die räumliche Priorisierung der Klimaanpassung ausgewiesen.

4.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales

4.1.1 Ernsthafte Gesundheitsgefährdung durch Hitzewellen bei vulnerablen Personengruppen

Klimatischer Einfluss: Hitze, insbesondere Hitzewellen und Tropennächte, ist im Handlungsfeld Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales ein zentraler klimatischer Belastungsfaktor, weil sie sowohl akute Gesundheitsgefahren als auch mehrtägige Erschöpfungs- und Überlastungslagen begünstigt.

Exponierte Systeme/Gruppen: Besonders exponiert sind Säuglinge und Kleinkinder (bis 6 Jahre), ältere Menschen (ab ca. 65 Jahre), Personen mit chronischen oder akuten Vorerkrankungen (z. B. Herz-Kreislauf, Diabetes, Übergewicht) sowie Personen, die tagsüber im Freien arbeiten oder körperlich aktiv sind. Exponierte Situationen entstehen vor allem dort, wo hohe Wärmestrahlung und Wärmespeicherung mit geringer Durchgrünung zusammentreffen (dicht bebaute Quartiere) sowie in schlecht gedämmten oder stark sonnenexponierten Gebäuden. Zugleich ist zu berücksichtigen, dass ältere Personen nicht zwingend in den höchsten städtischen Hitzebelastungskulissen wohnen, sondern teils auch in weniger dicht bebauten Bereichen; die Vulnerabilität ergibt sich dann besonders aus der Kombination von gesundheitlicher Anfälligkeit und konkreten Aufenthalts- bzw. Wohnbedingungen (z. B. Innenraumüberwärmung, fehlende Verschattung, geringe nächtliche Abkühlung).

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität ist erhöht durch eingeschränkte Thermoregulation (Alter, frühe Kindheit), Vorerkrankungen, bestimmte Medikamente, unzureichende Flüssigkeitsaufnahme bzw. eingeschränkte Fähigkeit zur Selbstfürsorge sowie durch körperliche Aktivität während der heißesten Tagesstunden. Besonders kritisch sind Tropennächte, da fehlende Regeneration die Gesundheitsbelastung über mehrere Tage verstärkt.

Anpassungskapazität: Insgesamt ist die Anpassungskapazität als gering bis mittel einzuordnen. Positiv wirken vorhandene ehrenamtliche bzw. nachbarschaftliche Unterstützungsstrukturen; Hemmnisse bestehen jedoch in fehlender durchgreifender Sensibilisierung und zielgruppengerechter Ansprache (z. B. konkrete Verhaltenshinweise, Erkennen von Warnzeichen, aufsuchende Information) sowie in begrenzter eigener Gestaltungsmacht bestimmter Gruppen (z. B. Arbeit im Freien). Zudem sind Zuständigkeiten und Schnittstellen (Gesundheit/Soziales, Bildung, Arbeitgeber, Ehrenamt) für koordinierte Hitzeschutzroutinen häufig noch nicht ausreichend etabliert.

Trends: Mit Blick auf die zukünftige Entwicklung ist eine Zunahme der Vulnerabilität wahrscheinlich, sowohl aufgrund steigender thermischer Belastungen als auch im Zuge des demografischen Wandels. Gleichzeitig kann

strukturierter Hitzeschutz (Frühwarnung, aufsuchende Ansprache, kühle Orte/Entlastungsangebote) die Vulnerabilität perspektivisch senken.

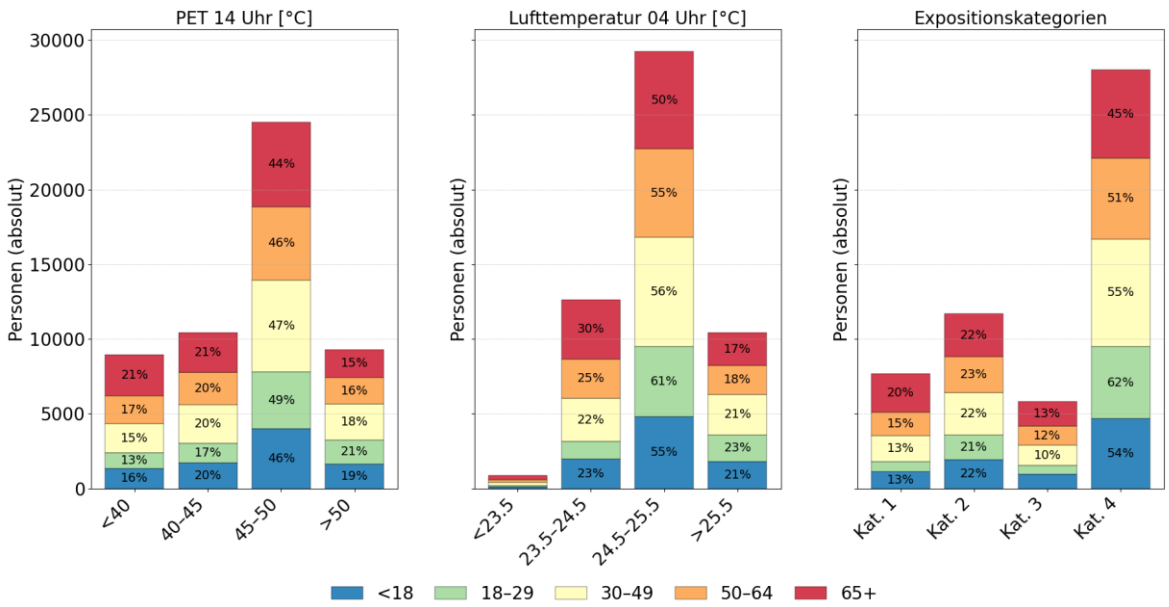

Abbildung 43: Exposition[51] der Altersgruppen in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (links) und in der Nacht (Mitte).[52]

Abbildung 43 zeigt die Exposition der unterschiedlichen Altersgruppen der Bevölkerung in Schweinfurt für unterschiedliche Belastungskategorien an einem heißen Sommertag mit Referenz zum jeweiligen Wohnort. Es ist sichtbar, dass die Bevölkerung zu einem großen Teil hohen bis sehr hohen Belastungen ausgesetzt ist. Die Verteilung der Hitzeexposition über die Altersgruppen ist relativ homogen. Feststellbar ist, dass der Anteil der älteren Personen in besonders hoch belasteten Wohnlagen ein wenig geringer ist als für die jüngeren Altersgruppen. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die älteren Personen in den besser durchlüfteten Stadteilen am Stadtrand mit niedriger Ein- und Zweifamilienhausbebauung einen höheren Anteil an der Wohnbevölkerung ausmachen als in der überhitzten Stadtmitte.

In Abbildung 44 wird zusätzlich noch die Hitze- und Starkregenexposition der acht Pflegeheime sowie der beiden Krankenhäuser in Schweinfurt (St. Josef und Leopoldina-Krankenhaus) dargestellt. Die Exposition gegenüber Hitze ist bei den Krankenhäusern vor allem nachts hoch und tagsüber vor allem für das Leopoldina-Krankenhaus (mit der höheren Bettenanzahl) ebenfalls hoch. Auch der Großteil der Pflegeeinrichtungen ist aufgrund der Lage in den dichter besiedelten Stadteilen von hoher oder sehr hoher Hitzebelastung betroffen bzw. direkt ausgesetzt. Die Gefährdung durch Starkregen, die ebenfalls eine Rolle spielen kann, ist bei den Krankenhäusern für das St.-Josef-Krankenhaus in der Stadtmitte relevant, während dies für drei von acht Pflegeeinrichtungen zutrifft.

[51] Die Kategorien rechts stellen eine Gesamtübersicht dar, wobei Kategorie 1 insgesamt geringe bis mittlere Belastung (PET < 45 °C, Temperatur 04 Uhr <24,5 °C) darstellt. Kategorie 4 stellt die hohe bis sehr hohe Belastung dar, während Kategorie 2 geringere Belastung in der Nacht und hohe Belastung am Tage darstellt. Kategorie 3 sind hohe Belastungen in der Nacht und geringere am Tage.

[52] eigene Darstellung auf Datenbasis durchgeführter Stadtklimamodellierung für einen heißen Sommertag (Endbericht Teil C) und Zensus (2022): https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Zensus2022/Aktuell/meldung-verfuegbarkeit-weitere-auswertungen.html

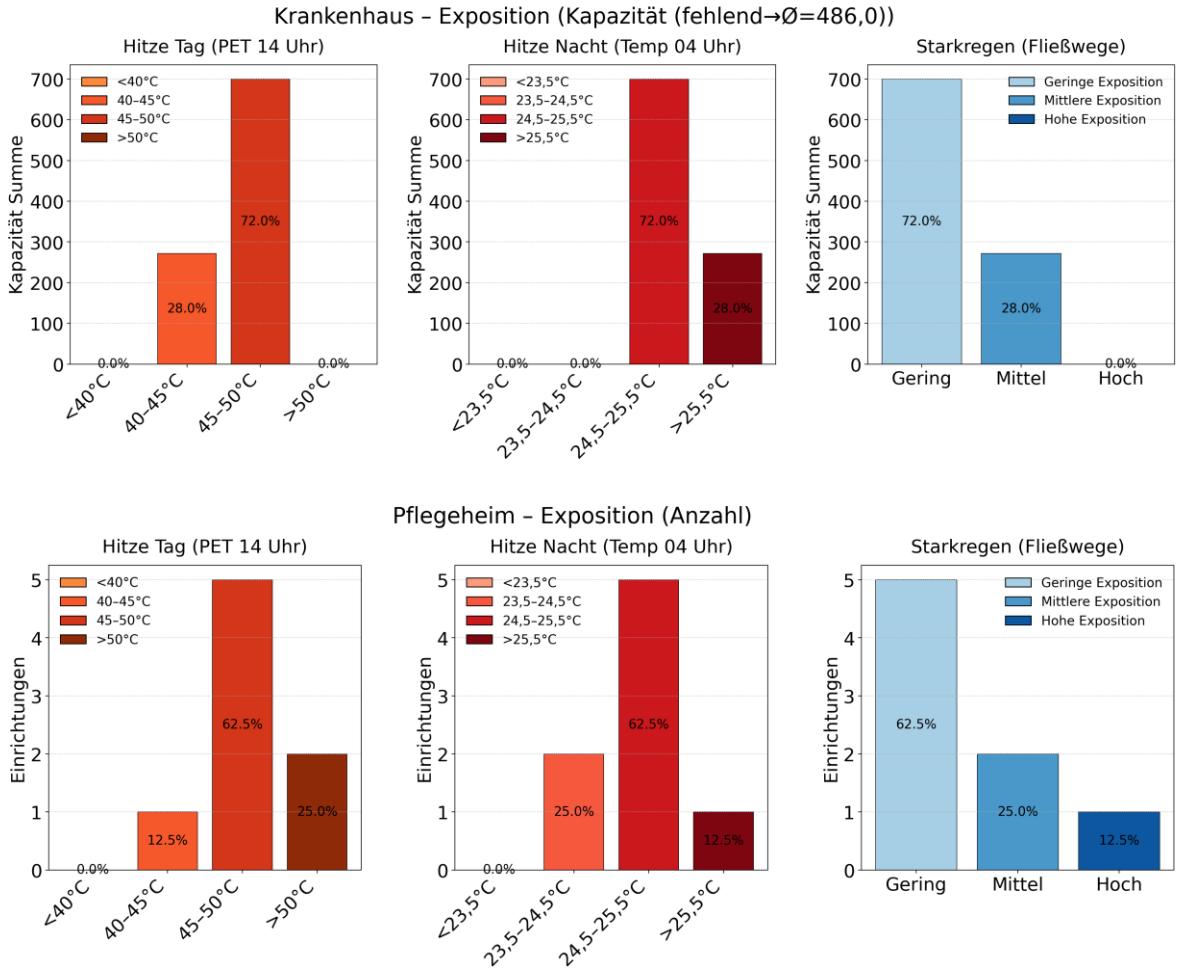

Abbildung 44: Exposition[53] der sensitiven Gesundheitseinrichtungen (oben: Krankenhäuser, gewichtet nach Bettenzahl, unten Pflegeheime) in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (links) und in der Nacht (Mitte) sowie Starkregen (rechts).[54]

4.1.2 Hitzebedingt nachlassende Konzentrationsfähigkeit beeinträchtigt die Arbeit im Bildungssektor

Klimatischer Einfluss: Auslöser dieser Vulnerabilitätslage sind Hitzeereignisse und Tropennächte, die Innenraumüberwärmung und mangelnde Nachtauskühlung begünstigen.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind Schülerinnen und Schüler, Kindergartenkinder sowie Beschäftigte im Bildungs- und Erziehungssektor. Die Exposition ist besonders hoch, wenn Einrichtungen in dicht bebauten Quartieren mit hoher Wärmespeicherung und geringem Grünvolumen liegen oder wenn Gebäude ungünstige bauliche Voraussetzungen aufweisen (z. B. geringe Dämmqualität, starke solare Einträge, fehlende Verschattung, begrenzte Lüftungsmöglichkeiten). Für Schweinfurt liegen hierzu Datensätze zu Schul- und Kita-Standorten sowie Platzkapazitäten vor, womit die potenzielle Breite der Betroffenheit untersucht wurde (Abbildung 45).

[53] Die Exposition ggü. Starkregen wurde anhand der Überschneidung mit Fließwegen in der Umgebung dargestellt, wobei keine Überschneidung als geringe, eine Überschneidung in 25 m Entfernung als mittlere und in 10 m Entfernung als hohe Exposition dargestellt wurden.

[54] eigene Darstellung auf Datenbasis der Stadt Schweinfurt und durchgeführter Stadtklimamodellierung für einen heißen Sommertag sowie Fließpfadanalyse (Endbericht Teil C)

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität ergibt sich daraus, dass Kinder und Jugendliche in Lern- und Betreuungssituationen auf Konzentrationsfähigkeit und Leistungsfähigkeit angewiesen sind und hohe thermische Belastung kognitive Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit beeinträchtigen kann. Besonders relevant sind bauliche und freiraumbezogene Faktoren (Verschattung, Außenräume, Grünanteil, Frischluftzufuhr) sowie die organisatorische Fähigkeit, Hitzeperioden im Betrieb abzufedern. In den Beteiligungsformaten wurde Hitze als wesentliches Thema benannt; im Umfeld der Einrichtungen wurde das Bewusstsein als „hoch“ eingeschätzt.

Anpassungskapazität: Insgesamt ist die Anpassungskapazität als **mittel** zu bewerten. Es bestehen Steuerungsmöglichkeiten über kommunale Bau- und Sanierungsmaßnahmen sowie organisatorische Anpassungen (z. B. Hitzeschutzroutinen, Nutzung kühlerer Räume, Anpassung von Abläufen). Hemmnisse liegen jedoch in fehlenden finanziellen Mitteln, begrenzten personellen Kapazitäten und konkurrierender Prioritätensetzung, wodurch Maßnahmen häufig nur schrittweise und nicht flächendeckend umgesetzt werden können (Sanierungsstau).

Trends: Ohne substanzielle Verbesserungen an Gebäuden und Freiräumen ist eine **Zunahme** der Vulnerabilität wahrscheinlich, da mit mehr Hitzetagen und häufigeren Hitzewellen zu rechnen ist.

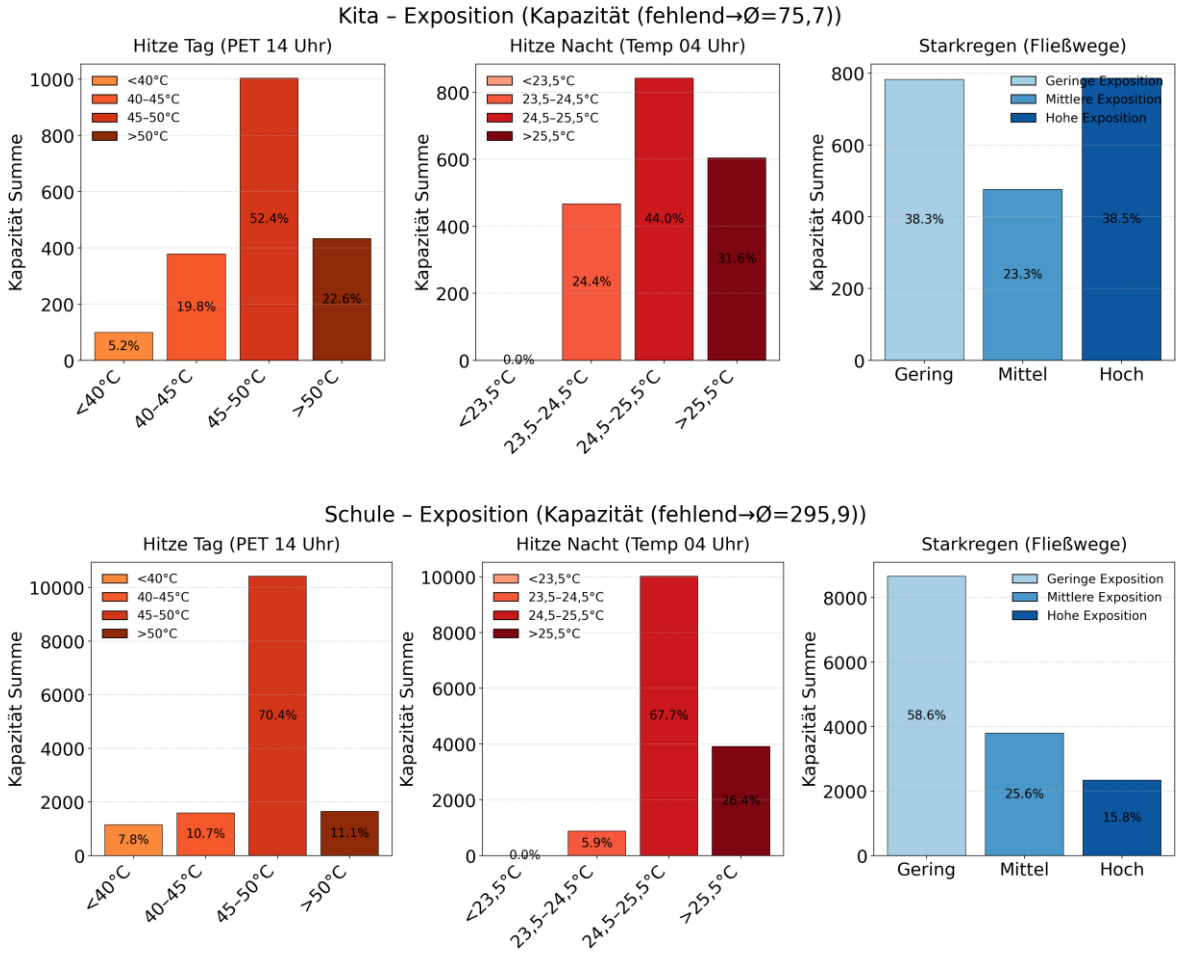

Abbildung 45: Exposition[55] der KiTas (oben) und Schulen (unten) gewichtet nach Schülerzahl in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (links) und in der Nacht (Mitte) sowie Starkregen (rechts).[56]

[55] Die Exposition ggü. Starkregen wurde anhand der Überschneidung mit Fließwegen in der Umgebung dargestellt, wobei keine Überschneidung als geringe, eine Überschneidung in 25 m Entfernung als mittlere und in 10 m Entfernung als hohe Exposition dargestellt wurden.

[56] eigene Darstellung auf Datenbasis der Stadt Schweinfurt und durchgeführter Stadtklimamodellierung für einen heißen Sommertag sowie Fließpfadanalyse (Endbericht Teil C)

Für Schweinfurt zeigt die Darstellung der Exposition der Schulen und KiTas gewichtet nach Schülerzahl, dass überwiegend hohe bis sehr hohe Exposition gegenüber Hitze vorliegt. Die Exposition gegenüber Starkregen ist ebenfalls teilweise hoch, vor allem bei den KiTas. Dies zeigt zusammenfassend, dass die Vulnerabilität der Schüler- und Lehrerschaft gegenüber Hitze in Schweinfurt deutlich ausgeprägt ist und hier Prüf- und Anpassungsbedarfe vorliegen.

4.1.3 Überforderung und Überlastung der Einsatzkräfte durch Extremwetterereignisse

Klimatischer Einfluss: Diese Vulnerabilitätslage wird durch mehrere Klimaeinflüsse ausgelöst: Hitze/Tropennächte (Mehrbelastung durch hitzebedingte Gesundheitsprobleme, gleichzeitige thermische Belastung der Einsatzkräfte und des medizinischen Personals) sowie Starkregen/Sturzfluten und Sturm/Hagel/konvektive Unwetter (Einsatzspitzen, parallele Schadenslagen, mögliche Kaskadeneffekte).

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind Einsatzkräfte von Feuerwehr und Polizei, die bei Extremwetterlagen kurzfristig und teils gleichzeitig an mehreren Orten tätig werden müssen (Gefahrenabwehr, Rettung, Schadensbeseitigung). Zusätzlich ist medizinisches Personal exponiert, insbesondere bei Hitzewellen: Einerseits steigt die Zahl hitzebedingter Gesundheitsprobleme, andererseits besteht für Beschäftigte selbst eine thermische Belastung (Doppelbelastung). Räumlich ist die Exposition grundsätzlich stadtweit; Einsatzschwerpunkte können sich jedoch aus bekannten Problemräumen ergeben, insbesondere bei Starkregenereignissen.

Sensitivitätsfaktoren: Sensitivitätssteigernd wirken die Überlagerung von Siedlungsflächen mit Gefährdungsräumen (Starkregen/Sturzflut), die körperlich anspruchsvolle Tätigkeit bei Hitze sowie Kaskadenlagen (z. B. zeitgleich Sturmschäden, Überflutungen, Stromausfälle). Aus Erfahrungswissen werden Einsatzhotspots der Feuerwehr benannt (u. a. Schelmsrasen sowie der Bereich Marienbach/Höllenbachtal bei Starkregen).

Anpassungskapazität: Insgesamt ist die Anpassungskapazität als mittel einzuordnen. Positiv ist ein hohes Bewusstsein und hohe fachliche Aufmerksamkeit; Hemmnisse liegen jedoch in personellen, finanziellen sowie technisch/baulichen Kapazitäten (Ausstattung, Redundanzen, Vorhaltung, Schulungen, Vorsorgeinfrastruktur). Entlastung ist möglich durch Stärkung der Eigenvorsorge (kurzfristig, z. B. Information/Objektschutz), durch bauliche/technische Vorsorge (mittel-/langfristig, z. B. Starkregenvorsorge, Schutz kritischer Infrastruktur) sowie durch gesundheitsbezogene Präventionsstrukturen im Hitzekontext.

Trends: Tendenziell ist von einer Zunahme der Vulnerabilität auszugehen, sofern Extremwetterlagen häufiger/intensiver auftreten und demografische Entwicklungen den Versorgungsbedarf erhöhen; eine systematische Stärkung von Vorsorge und Ausstattung kann diese Tendenz jedoch abmildern.

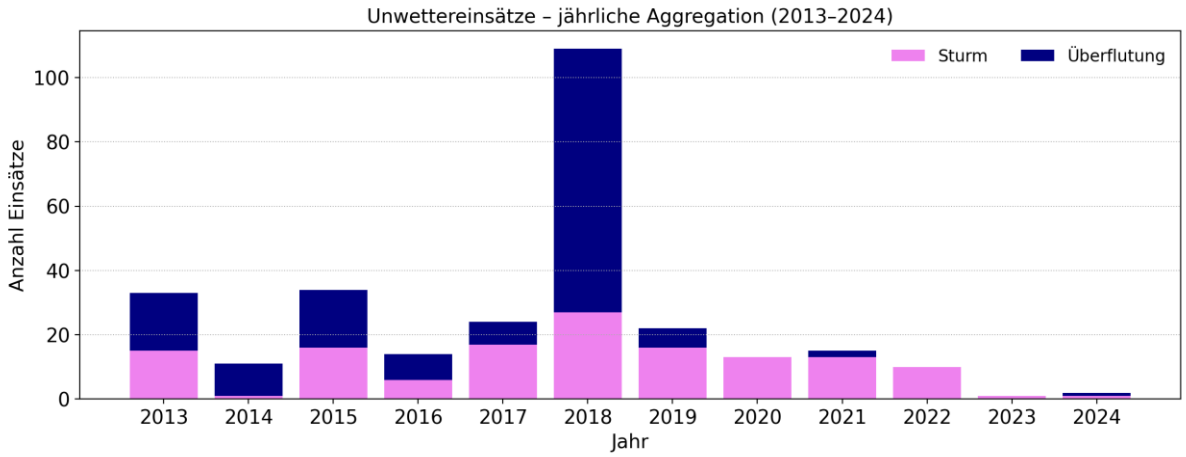

Abbildung 46: Zeitreihe der Feuerwehreinsätze von 2013 bis 2024 (bis Juni) aufgrund von Sturm- und Überflutungsfolgen in Schweinfurt.[57]

Die in Abbildung 46 dargestellten Feuerwehreinsätze zeigen, dass einzelne Ereignisse zu hoher Belastung führen können, während in vielen Jahren nur wenig Belastung durch Einsätze infolge von Unwettern vorhanden ist. Aufgrund der Kürze der Zeitreihe mit vorhandenen Daten ist eine Interpretation in Bezug auf klimatische Trends nicht möglich. Dass ausgerechnet das trockene Jahr 2018 viele Einsätze in Schweinfurt aufgrund von Überflutung aufweist, deutet aber daraufhin, dass Jahre mit Multi-Gefahrenlagen (Trockenheit, Hitze, Überflutung) durch den Klimawandel zunehmen. Dies bedeutet, dass das Vorhalten und Trainieren von personellen und technischen Kapazitäten des Bevölkerungs- und Katastrophenschutzes wichtig ist genauso wie die Stärkung der baulichen Eigenvorsorgen.

4.1.4 Geringes Bewusstsein, begrenzte Eigenvorsorge und soziale Anfälligkeiten

Klimatischer Einfluss: Diese Vulnerabilitätslage ist querschnittlich und betrifft insbesondere Hitze/Tropennächte, Starkregen/Sturzfluten sowie Sturm/Hagel. In allen drei Bereichen hängt ein Teil der Risikominderung von Eigenvorsorge auf Objektebene und von Verhaltensanpassungen ab (z. B. Verschattung/Innenraumhitzeschutz, Rückstausicherung, Sicherung von Gebäudeteilen, Notfallvorsorge).

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind (i) Immobilieneigentümer und Immobilieneigentümerinnen, die Klimarisiken und die Relevanz privater Vorsorge nicht ausreichend wahrnehmen oder die eigene Betroffenheit unterschätzen, (ii) Mieter und Mieterinnen, die aufgrund sozialer Zwänge/geringer Marktmacht in überhitzten Wohnungen leben und nur begrenzte Handlungsspielräume haben, sowie (iii) Personengruppen, die aufgrund von Sprachbarrieren oder Wissenslücken Warnungen und Handlungsempfehlungen schlechter erreichen bzw. umsetzen können. Räumlich treten solche Vulnerabilitätslagen insbesondere in dichter bebauten Bereichen (Innenstadt und angrenzende Quartiere) sowie in Bereichen potenzieller Fließpfade auf; zugleich kann eine höhere Eigentümerquote eher in weniger überhitzten Gebieten liegen, wodurch dort andere Gefährdungsprofile dominieren können.

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität entsteht durch fehlendes oder unzureichendes Wissen über lokale Klimafolgen und objektspezifische Anpassungsoptionen, Verständlichkeits- und Sprachhürden bei teils komplexen Informationen sowie begrenzte finanzielle Ressourcen zur Umsetzung wirksamer Maßnahmen (z. B. Verschattung, baulicher Hitzeschutz, Rückstausicherung). In der Beteiligung wurde benannt, dass das Bewusstsein u. a. aufgrund zuletzt weniger prägender Extremereignisse nicht durchgängig hoch ist; dies kann die Risikowahrnehmung und damit eigenverantwortliche Vorsorge schwächen.

[57] eigene Darstellung auf Datenbasis der Feuerwehr Schweinfurt

Anpassungskapazität: Insgesamt ist die Anpassungskapazität als mittel einzustufen, jedoch nicht zielgerichtet: Es existieren vielfältige Informationsangebote und Absicherungsinstrumente (z. B. Versicherungen), diese können jedoch überfordern oder erreichen relevante Zielgruppen nicht passgenau. Hemmnisse liegen v. a. in fehlender durchgreifender Sensibilisierung zur konkreten Betroffenheit „zu Hause“, in unklaren Zuständigkeiten für zielgruppengerechte Kommunikation sowie in der zeitgerechten, verständlichen Ansprache (Sprachen, Kanäle, Multiplikatoren).

Trends: Eine Zunahme der Vulnerabilität ist durch steigende klimatische Belastung und zunehmenden sozialen Druck sowie durch Desinformation und Akzeptanzprobleme möglich. Gleichzeitig lässt sich diese Vulnerabilität durch konsequent niedrigschwellige, zielgruppenorientierte Kommunikation und durch Förder-/Beratungsangebote mit klarem Alltagsbezug („Was bringt’s mir konkret?“) deutlich reduzieren.

4.2 Planen, Bauen und Infrastruktur

4.2.1 Dichte Bebauung, hohe Versiegelung und geringe Durchgrünung steigern Hitzebelastung

Klimatischer Einfluss: Hitze und Tropennächte wirken im Siedlungsraum besonders stark, wenn bauliche Dichte, Versiegelung und geringe Durchgrünung zu hoher Wärmespeicherung am Tag und eingeschränkter nächtlicher Abkühlung führen.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind Quartiere und Gebäude in Bereichen mit dichtem Baubestand, hoher Versiegelung und geringer Durchgrünung sowie die dort lebenden und sich aufhaltenden Menschen. Diese Vulnerabilität betrifft nach vorliegenden Angaben etwa die Hälfte der Siedlungsflächen. Räumlich konzentrieren sich entsprechende Strukturen vor allem im Zentrum und Westen der Stadt sowie in Industriegebieten im Süden und Südosten.

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität wird maßgeblich durch gebäudebezogene und umfeldbezogene Faktoren bestimmt, insbesondere Baualtersklasse, Dämmstandard, Fensterflächen bzw. solare Einträge, Verschattungsmöglichkeiten, Grünanteil im Umfeld sowie Lüftungs- und Nachtauskühlungspotenziale. Als weiterer Verstärker wirkt die Nutzung: Je höher die Dichte von Personen mit erhöhter Vulnerabilität (z. B. in Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen, Schulen und Kitas), desto sensibler ist die jeweilige Gebäudenutzung gegenüber Hitze. Die spezifischen Betroffenheiten dieser Gruppen sind im Handlungsfeldcluster Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales beschrieben und werden in der Risikoanalyse (Vgl. Kapitel 6.2.1) in den Wirkungsketten berücksichtigt. Aus den Workshops liegt die Einschätzung vor, dass Hitze als wesentliches Thema bereits erkannt ist, das Bewusstsein in der Bevölkerung jedoch insgesamt nur mittel ausgeprägt ist.

Anpassungskapazität: Die Anpassungskapazität ist hier insgesamt als gering einzuschätzen. Zwar sind zahlreiche Verhaltenshinweise und bauliche Maßnahmenansätze grundsätzlich verfügbar, jedoch fehlen bislang durchgreifende, systematisch verankerte Strukturen, die eine breite Umsetzung im Gebäudebestand sicherstellen. Ein zentrales Hemmnis ist die Verteilung von Kosten und Nutzen bei baulichen Anpassungen: Gerade Mieterinnen und Mieter haben häufig geringe Marktmacht und kaum Entscheidungsspielräume, sind aber in überhitzungsanfälligen Gebäuden besonders betroffen.

Trends: Durch den Klimawandel ist eine Zunahme der thermischen Belastung und damit der Vulnerabilität wahrscheinlich. Mittelfristig könnten steigender regulatorischer Druck sowie ein wachsendes Bewusstsein von Investoren und Investorinnen und Eigentümer und Eigentümerinnen zu einer stärkeren Berücksichtigung von Hitzeschutz beitragen. Ohne gezielte, flächige Umsetzung im Bestand bleibt die Verwundbarkeit jedoch hoch.

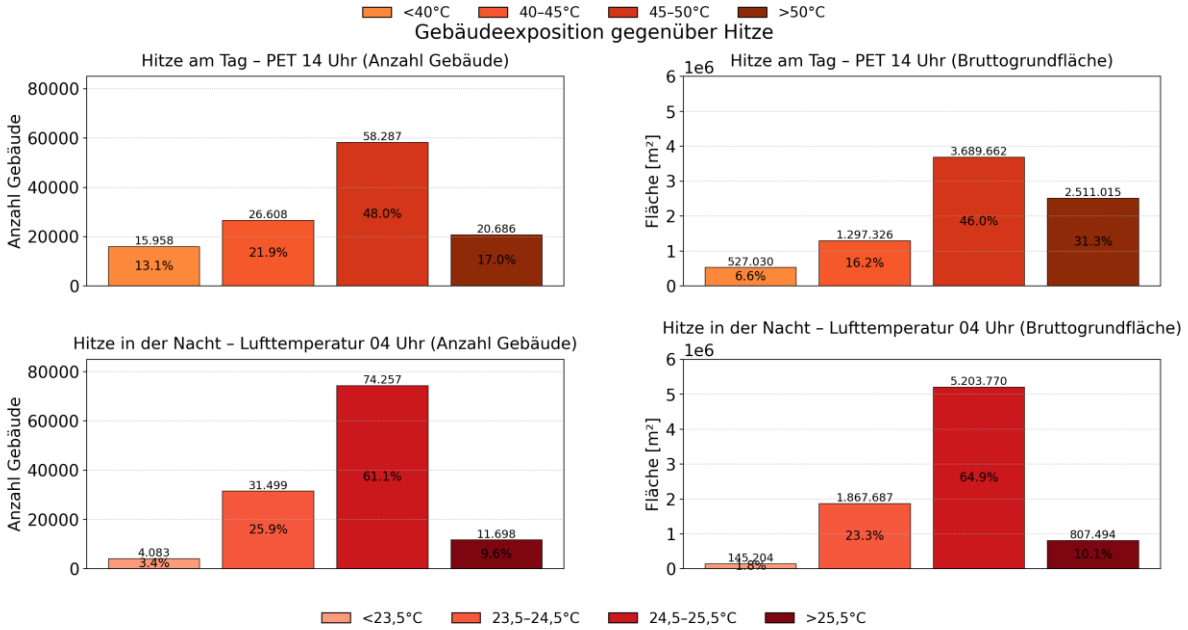

Abbildung 47: Exposition der Gebäude (links Anzahl, rechts gewichtet nach Bruttogrundfläche) in Schweinfurt nach Hitzebelastung am Tage (oben) und in der Nacht (unten).[58]

Die Hitzebelastung der Bebauung/Gebäude ist in Abbildung 47 zusammenfassend dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Belastung eines Großteils des Gebäudebestandes in Schweinfurt am Tage hoch oder sehr hoch ist und in der Nacht hoch oder moderat. Bei Betrachtung der Bruttogrundfläche wird die hohe und sehr hohe Exposition nochmals stärker betont, da sich die sehr großen industriellen Gebäudekomplexe in Schweinfurt vorwiegend in den Hitzehotspots befinden, während sich kleinere Ein- und Zweifamilienhäuser vorwiegend am weniger stark belasteten Stadtrand befinden.

4.2.2 Hoher Grad an Versiegelung und Bebauung bedingt hohe Spitzenabflüsse bei Starkregen

Klimatischer Einfluss: Starkregen und sturzflutartige Abflüsse führen insbesondere dort zu hohen Schäden, wo versiegelte Einzugsgebiete schnelle Oberflächenabflüsse erzeugen und Fließwege bzw. Abflusskorridore auf bebauten Raum treffen.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind Gebäude und Infrastrukturen im Bereich relevanter Fließwege, vor allem dort, wo im Einzugsgebiet ein hoher Versiegelungsgrad vorliegt. Als bekannte Problembereiche werden Schelmsrasen, Marienbach und Höllental benannt; zudem liegen für Schweinfurt Ergebnisse aus einer Starkregen- und Hochwasserrisikoanalyse vor, die diese Bereiche ebenfalls abbildet (Vgl. Kapitel 6.3).

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität wird besonders durch den Versiegelungsgrad im Einzugsgebiet, die bauliche Ausgestaltung betroffener Gebäude (Vorhandensein und Nutzung von Kellern/Tiefgaragen, Erdgeschossnutzung), die Vulnerabilität technischer Anlagen sowie durch potenzielle Wiederherstellungskosten und Folgeschäden bestimmt. Aus Einsatzerfahrungen sind Starkregen- und Sturzfluthotspots bereits bekannt; dies erhöht die fachliche Plausibilität der Betroffenheit.

Anpassungskapazität: Die Anpassungskapazität ist insgesamt als **mittel bis hoch** einzuschätzen. Positiv ist ein hohes Problembewusstsein und dass bereits erste Schritte zur Anpassung erfolgen (u. a. Baumaßnahmen im Bereich Schelmsrasen). Zudem sind ein Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement bzw. entsprechende

[58] eigene Darstellung auf Datenbasis der Stadt Schweinfurt und durchgeführter Stadtklimamodellierung für einen heißen Sommertag (Endbericht Teil C)

Analysen/Konzepte vorhanden bzw. in Bearbeitung. Hemmnisse bestehen vor allem in begrenzten finanziellen Mitteln und fehlenden Personalstellen, insbesondere im Bereich Bau/Umsetzung.

Trends: Mit Blick auf die Zukunft ist eher von einer Zunahme der Vulnerabilität auszugehen, v.a. durch den Klimawandel (Intensität/Häufigkeit) und ggf. zusätzliche Bebauung bzw. weitere Versiegelung. Eine konsequente Integration von Starkregenvorsorge in Planung und Bestand (Objekt- und Flächenvorsorge) kann diese Entwicklung abmildern.

In Abbildung 48 ist die Zeitreihe von 1997 bis 2020 für die von Versicherungen ausgeglichenen Schadenssummen in Schweinfurt in sogenannten „Kumulereignissen" dargestellt, hochgerechnet auf den gesamten Gebäudebestand. Kumulereignisse sind Schadensereignisse, bei denen innerhalb von einer Woche in ganz Deutschland erhöhtes Schadensaufkommen beobachtet wird, d.h. nur lokal oder in kleineren Regionen auftretende Ereignisse werden möglicherweise nicht erfasst. Diese Daten zeigen parallel zu den Einsatzdaten der Feuerwehr in Abbildung 46, dass die Schadensbilder von einzelnen Ereignissen dominiert werden. Ein starkes Hagelunwetter im Jahr 2009 hat so z. B. mehr als 8 Millionen Euro an Schäden verursacht. Es ist sichtbar, dass Sturm und Hagel die Gebäudeschäden in Schweinfurt dominieren, hier ist auch Objektschutz besonders wirksam und besonders günstig. Die Schäden durch Starkregen oder Sturzfluten und Hochwasser sind in dem genannten Zeitraum relativ gering, allerdings können auch hier starke Einzelereignisse auftreten, die dann relativ wenige Gebäude mit dann hohen Einzelschäden (oftmals 10.000 Euro oder mehr) betreffen. Daher ist eine gezielt angewandte Kombination aus Objektschutz und städtischen Maßnahmen wichtig, da diese Ereignisse in Zukunft zunehmen dürften. Außerdem ist in den vermeintlich geringen Schadenssummen (z. B. 2014 und 2018) auch die Tatsache versteckt, dass Versicherungsnehmer für Elementarschadensversicherungen oftmals signifikante Selbstbehalte zahlen und daher die eigentlichen Wiederherstellungskosten höher sind als hier dargestellt. Wie bei den Feuerwehreinsätzen ist die Zeitreihe von 1997 bis 2020 aufgrund ihrer Kürze und auch aufgrund der Tatsache, dass extreme Wettereignisse oft mit größerem zeitlichem Abstand auftreten, nicht zur Beurteilung von aktuellen Trends der Entwicklungen geeignet. Untersuchungen zeigen jedoch, dass der zukünftige Klimawandel in den nächsten 30 Jahren zu einer Zunahme der Gebäudeschäden durch Extremwettereignisse um ca. 20 bis 40 % in der Region Schweinfurt führen könnte, bis zum Ende des Jahrhunderts auch zu einer Erhöhung um bis zu 80 %.[59]

[59] Ulrich, M., Peter, M., Zimmermann, D., Jäger, D., & Schelnkhoff, P. (2024). *Abschätzung der durch den Klimawandel verursachten Schadensausmaße und daraus resultierenden Anpassungsbedarfe für den Gebäudebestand in Deutschland und seine Folgen für den Gebäudesektor*. Berlin: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

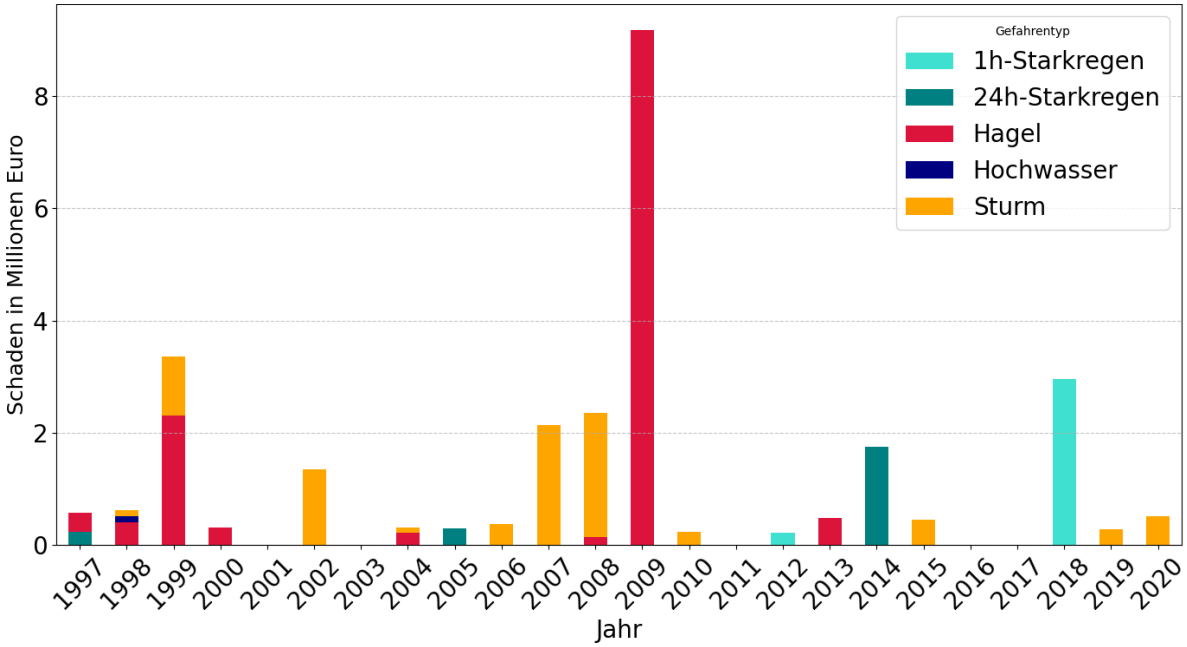

Abbildung 48: Zeitreihe der Gebäudeschäden in Kumulereignissen in Schweinfurt von 1997 bis 2020 aufgrund von Sturm-, Hagel- und Überflutungsfolgen in Schweinfurt.[60]

4.2.3 Fehlende finanzielle Ressourcen für hinreichende Klimaanpassung

Klimatischer Einfluss: Diese Vulnerabilität ist klimaübergreifend und betrifft insbesondere Hitze/Tropennächte sowie Starkregen/Sturm/Hagel. Sie entsteht, wenn Neu- und Umbauvorhaben Klimaanpassungsaspekte nicht systematisch integrieren und dadurch Versiegelung, Überwärmung, Schadensanfälligkeiten und Komfortverluste verstärkt werden.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind Neu- und Umbauprojekte im gesamten Stadtgebiet; eine räumliche Konzentration ist hier nachrangig, da es primär um die projektbezogene Prozessqualität und Standardsetzung geht.

Sensitivitätsfaktoren: Sensitivitätssteigernd wirken zusätzliche Bebauung und Nachverdichtung, wenn sie ohne Berücksichtigung von Klimaanpassung erfolgen (z. B. fehlende Regenwasserbewirtschaftung, zu geringe Verschattung/Grünanteile, fehlende Retentions- und Entlastungsflächen, unzureichender baulicher Hitzeschutz).

Anpassungskapazität: Die Anpassungskapazität ist grundsätzlich **mittel bis hoch**, weil umfangreiche Informationen, Leitfäden und Wissen zu Maßnahmen verfügbar sind. Der größte Faktor für die Anpassungskapazität liegt bei den verfügbaren finanziellen Ressourcen und damit auch im Bewusstsein für die Relevanz von Klimaanpassung in der kommunalpolitischen Praxis. Die Verfügbarkeit von Wissen führt ohne die Bereitstellung der nötigen Ressourcen nicht automatisch zu konsequenter Umsetzung. Zentrale Hemmnisse sind stellenweise der politische Wille, fehlende finanzielle Ressourcen, eine fehlende systematische und konsequente Auseinandersetzung und Kommunikation der Klimaanpassungsthemen in Planungs- und Bauprozessen sowie kurz- statt langfristige Investitionsentscheidungen und das unzureichende Sichtbarmachen positiver Kosten-Nutzen-Effekte (insbesondere über Lebenszykluskosten und vermiedene Schäden).

Trends: Ohne strukturelle Verankerung in Leitlinien und Abläufen, die ohne die zur Verfügungstellung benötigter finanzieller Ressourcen für Anpassungsmaßnahmen, und wenn der politische Wille nicht ausreicht, ist eine

[60] eigene Darstellung auf Datenbasis Ulrich, M., Peter, M., Zimmermann, D., Jäger, D., & Schelnkhoff, P. (2024). *Abschätzung der durch den Klimawandel verursachten Schadensausmaße und daraus resultierenden Anpassungsbedarfe für den Gebäudebestand in Deutschland und seine Folgen für den Gebäudesektor*. Berlin: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Zunahme der Vulnerabilität möglich, da Klimarisiken zunehmen und zusätzliche Bauaktivität potenziell neue Verwundbarkeiten schafft. Gleichzeitig kann die zunehmende Umsetzung von Klimaanpassung (z. B. über Förderlogiken, Bauleitplanung, Standards, interne Prozesse) mittelfristig einen positiven Effekt entfalten und die Vulnerabilität reduzieren.

4.3 Wasser

4.3.1 Städtische Bebauung und Mischkanalisation verstärken die Betroffenheit durch Starkregen und Sturzfluten

Klimatischer Einfluss: Starkregenereignisse und sturzflutartige Abflüsse führen im Stadtgebiet zu kurzfristig sehr hohen Abflussmengen, die insbesondere dort problematisch werden, wo Oberflächenabfluss, Fließwege und Entwässerungssysteme (Mischkanalisation) an ihre Kapazitätsgrenzen geraten.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind vor allem Quartiere und Gebäude in Bereichen mit dichtem Baubestand, hohem Versiegelungsgrad, geringer Durchgrünung sowie die dort lebenden und sich aufhaltenden Menschen. Die strukturelle Exposition betrifft damit einen relevanten Anteil der Siedlungsflächen; räumlich konzentrieren sich entsprechende Strukturen insbesondere im Zentrum und Westen sowie in Industriegebieten im Süden und Südosten.

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität wird wesentlich durch den Versiegelungsgrad, den Zustand und das Fassungsvermögen der (Misch-)Kanalisation sowie durch das Vorhandensein oder Fehlen von Retentionsräumen, Rigolen, Speichersystemen oder temporären Rückhalteräumen beeinflusst. Verstärkend wirkt die Nutzung: Je mehr Menschen mit hoher Vulnerabilität und je mehr sensible Einrichtungen im potenziellen Abfluss-/Überflutungsraum liegen, desto höher sind Schadenspotenziale und die Dringlichkeit robuster Vorsorge (Verweis auf besondere Schutzbedarfe bei Gesundheits-/Pflegeeinrichtungen sowie Schulen/Kitas, Vgl. Kapitel 4.1). Erfahrungswissen und Einsatzdaten verweisen auf bekannte Problembereiche (u. a. Schelmsrasen, Marienbach, Höllental).

Anpassungskapazität: Die Anpassungskapazität ist insgesamt **mittel bis hoch** einzuschätzen: Starkregen-/Hochwasserrisikomanagement (Konzepte/Analysen, Maßnahmen) ist vorhanden bzw. in Bearbeitung; zudem existieren ordnungsrechtliche Instrumente wie eine Begrünungssatzung als Baustein zur Minderung von Überwärmung und zur Unterstützung dezentraler Regenwasserbewirtschaftung. Hemmnisse liegen in den hohen Gesamtkosten und der Komplexität einer schrittweisen Transformation Richtung „Schwammstadt“; die Umsetzung ist mehrjährig bis langfristig und erfordert konsequente Priorisierung.

Trends: Ohne zusätzliche Anpassung ist eine **Zunahme** der Vulnerabilität wahrscheinlich (Klimawandel → höhere Intensitäten; mögliche zusätzliche Versiegelung). Eine energische, systematische Umsetzung von Retentions- und Entwässerungsmaßnahmen kann diese Entwicklung deutlich abpuffern.

In

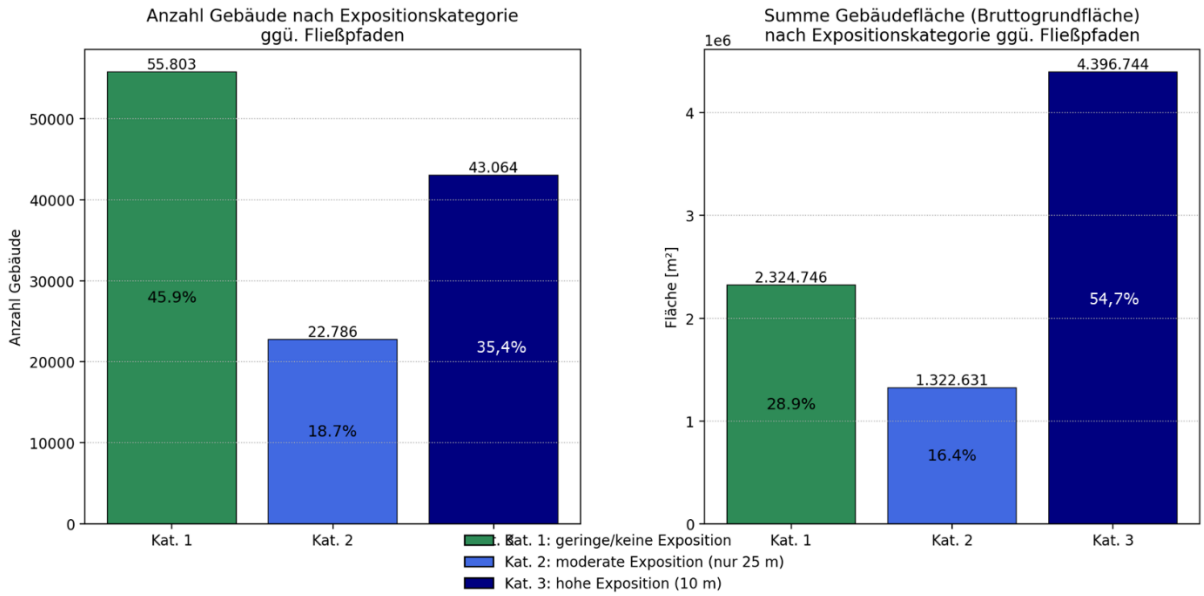

Abbildung 49 ist die Exposition des Gebäudebestandes in Schweinfurt gegenüber den Fließpfaden von Starkregen und Sturzfluten dargestellt. Es ist sichtbar, dass ein großer Teil der Gebäude über eine mittlere oder hohe Exposition gegenüber solchen Fließpfaden verfügt. Rund 45 % der Gebäude liegen in Bereichen, in denen wesentliche Fließpfade keinen Einfluss haben und rund 35 % der Gebäude liegen in Bereichen, die direkt an Fließpfade angrenzen. Bezüglich der Gebäudeflächen verschiebt sich das Bild nochmals hin zu größerer Exposition, da viele der industriell genutzten, großen Gebäude von einer gewissen Anzahl an Fließpfaden umflossen wird. Insgesamt ist damit eine deutliche Exposition der Infrastruktur und des Gebäudebestandes sichtbar in Schweinfurt, wobei einschränkend gesagt werden muss, dass die Feststellung, ob der Abfluss im Starkregenfall schadensträchtig wird, mit der Fließpfadanalyse allein nicht getroffen werden kann. Dazu sollten die Starkregen- und Hochwassergefährdungskarten der integrierten Starkregen- und Hochwasserrisikoanalyse genutzt werden.

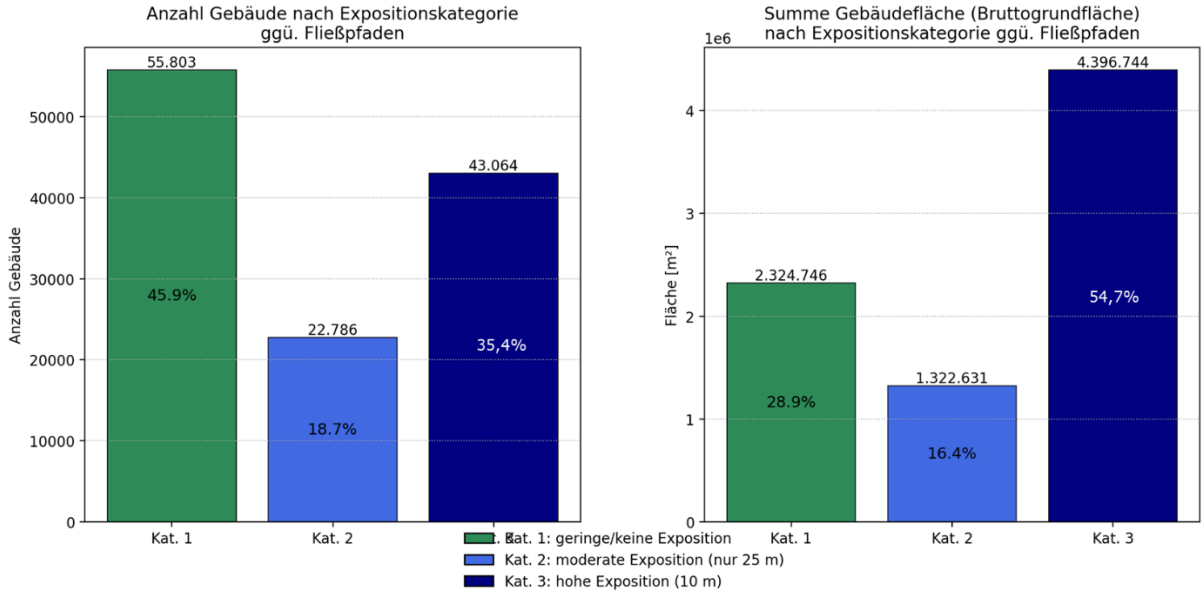

Abbildung 49: Exposition der Gebäude (links Anzahl, rechts gewichtet nach Bruttogrundfläche) in Schweinfurt gegenüber Fließpfaden von Starkregen/Sturzfluten.[61]

[61] eigene Darstellung auf Datenbasis der Stadt Schweinfurt und durchgeführter Fließpfadanalyse (Endbericht Teil C)

4.3.2 Betroffenheit der Lebensfähigkeit von Stadtgrün durch Trockenheit

Klimatischer Einfluss: Trockenperioden und Hitze führen zu Wasserstress, Vitalitätsverlust und Ausfällen im Stadtgrün; die Belastung steigt, wenn hohe Temperaturen den Wasserbedarf erhöhen und Niederschläge zeitlich ungünstig verteilt sind.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind Pflanzen und Bäume im Stadtgebiet (insbesondere Straßenbäume, Neupflanzungen und standortschwache Bestände) sowie Waldflächen. In Schweinfurt sind wiederkehrende Fälle bekannt, in denen neu gepflanzte Bäume oder bestehende Straßenbäume infolge von Trockenphasen abgestorben sind. Als Datengrundlage steht u. a. das Stadtbaumkataster mit rund 25.000 Bäumen zur Verfügung; konkrete Zahlen zu Ausfällen liegen derzeit jedoch nicht systematisch vor. Eine Überlagerung von ungünstigen Bodeneigenschaften bezüglich der Wasserretention und städtischen Baumstandorten ist vor allem im Norden und Osten der Stadt Schweinfurt gegeben (Abbildung 57).

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität wird verstärkt durch geringe Wasserhaltefähigkeit städtischer, verdichteter und versiegelungsnaher Böden, zusätzliche Hitzebelastung (Überwärmung, erhöhte Verdunstung) sowie fehlende oder nicht ausreichende Bewässerung bzw. Bewässerungssysteme. Hinzu kommt, dass Trockenstress im Stadtgrün indirekt weitere Vulnerabilitäten erhöht, weil Ökosystemleistungen (Kühlung, Verschattung, Retention) schwächer werden und damit städtische Hitzebelastung und Starkregenfolgen zunehmen können.

Anpassungskapazität: Insgesamt **mittel bis hoch**: Problembewusstsein ist vorhanden, erste Schritte zur Anpassung erfolgen und ordnungsrechtliche Instrumente (z. B. Begrünungssatzung) unterstützen grundsätzlich eine klimaangepasste Grünentwicklung. Hemmnisse liegen vor allem in Koordination und Priorisierung (wo zuerst handeln?), im Betriebsaufwand (Bewässerung, Pflege) und in der langfristigen Sicherung von Ressourcen für Erhalt und Anpassung des Stadtgrüns.

Trends: Eine **Zunahme** der Vulnerabilität ist wahrscheinlich (Klimawandel → mehr Trockenstress). Gleichzeitig kann der Ausbau von Stadtgrün als Anpassungsstrategie die Exposition vergrößern (mehr Bäume bedeuten mehr Pflege-/Wasserbedarf), sofern Bewirtschaftung und Standortwahl nicht konsequent klimaangepasst erfolgen.

4.3.3 Ökologische Belastung und nicht umweltverträgliche Gestaltung von Fließgewässern

Klimatischer Einfluss: Starkregen/Sturzfluten sowie Hitze wirken auf Gewässerökosysteme doppelt: Einerseits erhöhen Starkregenereignisse hydraulische Belastungen und Einträge (Trübstoffe, Nähr-/Schadstoffe), andererseits führen Hitzeperioden und Niedrigwasser zu Temperaturstress, Sauerstoffmangel und verschärften Nutzungskonflikten.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind natürliche Fließ- und stehende Gewässer, insbesondere dort, wo durch menschliche Eingriffe (Verbauung, fehlende Auen, geringe Strukturvielfalt) Ökosystemleistungen wie Retention, Selbstreinigung und Biodiversität eingeschränkt sind. Als relevante Gewässerräume sind v. a. Marienbach und Höllental zu nennen, die vor allem in ihren städtischen Unterläufen in Schweinfurt eine sehr große Veränderung im Vergleich zum natürlichen Zustand aufweisen (Abbildung 56).

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität hängt stark von der aktuellen Gewässerstruktur und der Abweichung vom naturnahen Zustand ab (Strukturdefizite, fehlende Retentionsräume, mangelnde Durchgängigkeit, eingeschränkte Ufer-/Auenfunktionen). Dadurch können Extremabflüsse und Hitzeeffekte stärker auf die Ökologie durchschlagen, während gleichzeitig die Fähigkeit des Systems sinkt, Belastungen zu puffern.

Anpassungskapazität: Insgesamt **mittel bis hoch**: Bewusstsein und Verständnis sind vorhanden, Förderprogramme des Landes sowie konkrete Renaturierungsansätze (z. B. am Höllental) bilden eine gute Ausgangslage. Hemmnisse bestehen vor allem in der Flächenverfügbarkeit, bei Abstimmungs- und Genehmigungsprozessen sowie in der langen Umsetzungsdauer bis ökologische Effekte sichtbar werden.

Trends: Ohne Anpassung ist eine **Zunahme** der Vulnerabilität wahrscheinlich (mehr Extremniederschläge, höhere Gewässertemperaturen). Gleichzeitig kann eine zunehmende Umsetzung von Renaturierung und Gewässerentwicklung die Vulnerabilität mittelfristig deutlich senken.

4.3.4 Bodenerosion und Bodenverdichtung auf landwirtschaftlichen Flächen

Klimatischer Einfluss: Starkregenereignisse erhöhen Erosionsrisiken, während Trockenperioden und wechselnde Feuchtebedingungen Bodenstruktur und Befahrbarkeit beeinflussen und damit Bodenverdichtung begünstigen können.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind vor allem Ackerflächen an steileren Hängen gegenüber Erosion sowie standortbedingt dichtere bzw. wasserhaltigere Böden gegenüber Verdichtung. Landwirtschaftliche Flächen liegen in Schweinfurt insbesondere im Süden und Westen. Nach vorliegenden Einschätzungen ist das Erosionsniveau insgesamt eher gering (z. B. < 3 t/ha/a), gleichwohl können lokalere Hotspots (Hanglagen, ungünstige Bewirtschaftung) relevant sein.

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität wird durch die Erosionsfaktoren aus Hangneigung, Hanglänge, Niederschlagsintensitäten und Bodenstruktur bestimmt. Hinzu kommen Bewirtschaftungsmethoden: Steigungsparallele Bearbeitung kann ungünstig wirken, während konservierende Bodenbearbeitung, Begrünung und erosionsmindernde Schlaggestaltung Sensitivität reduzieren können.

Anpassungskapazität: Insgesamt **hoch**: Wissen und Informationsmaterialien (z. B. landwirtschaftliche Beratung, Kammern/Ministerium) sind verfügbar und viele Maßnahmen sind grundsätzlich umsetzbar. Hemmnisse liegen vor allem darin, dass Verantwortung und Umsetzung maßgeblich bei den Bewirtschaftern liegen und Anreize/Unterstützung (z. B. Beratung, Förderkulissen, Kooperationen) den Ausschlag geben können.

Trends: Tendenziell ist eine **Zunahme** der Vulnerabilität möglich (Klimawandel → höhere Intensitäten/insb. winterliche Niederschläge; wechselnde Bodenfeuchten → Verdichtung), wobei standortangepasste Bewirtschaftung und Vorsorgemaßnahmen diese Entwicklung wirksam begrenzen können.

4.4 Wirtschaft

4.4.1 Geringere Attraktivität von Innenstadtbereichen und hoher Versiegelungsgrad in Industriegebieten

Klimatischer Einfluss: Hitze (insbesondere heiße Tage und Hitzewellen) wirkt sich direkt auf Aufenthaltsqualität und Aufenthaltsdauer in stark versiegelten Stadträumen aus. Ergänzend können Starkregen/Sturzfluten kurzfristig Erreichbarkeit, Betriebssicherheit und das „Erlebnis“ von Innenstadtlagen beeinträchtigen (z. B. bei Überflutungen, verschmutzten Wegebeziehungen, temporären Sperrungen).

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind im Stadtzentrum vor allem Geschäftsbereiche, die von Laufkundschaft leben wie Gastronomie, Gastgewerbe und Ladengeschäfte. In Industriegebieten mit verarbeitendem Gewerbe sind versiegelte Flächen, großmaßstäbliche Gebäude sowie außenliegende Logistik- und Arbeitsbereiche exponiert. Räumlich betrifft dies insbesondere das Stadtzentrum sowie die Industrie- und Gewerbegebiete im Süden, Südosten und Westen.

Sensitivitätsfaktoren: Sensitivitätssteigernd wirkt vor allem der hohe Versiegelungsgrad: Er verstärkt Hitzebelastung (Aufheizung, geringe Verdunstung/Abkühlung) und begünstigt zugleich hohe Oberflächenabflüsse bei Starkregen. Für innenstadtnahe Nutzungen kommt hinzu, dass thermische Unbehaglichkeit die Aufenthaltsdauer reduziert und damit die wirtschaftliche Frequenz verringern kann. In Beteiligungsformaten sowie in Rückmeldungen (u. a. Klima-Map) wurde Hitzebelastung als Thema bereits benannt, was die Plausibilität der Betroffenheit stützt.

Anpassungskapazität: Insgesamt **mittel**. Positiv ist ein hohes Problembewusstsein sowie die Existenz ordnungsrechtlicher Instrumente (z. B. Begrünungssatzung) als Rahmen für mehr Grün/Entsiegelung. Gleichzeitig sind die

Hemmnisse erheblich: Hohe Gesamtkosten und die Komplexität der Umgestaltung hin zu einer grüneren, hitzeresilienten Stadt bedeuten eine lange Anpassungsdauer; zusätzlich bestehen Flächenkonkurrenzen (Verkehr, Parken, Nutzungsansprüche, Logistik).

Trends: Eine Zunahme der Vulnerabilität ist wahrscheinlich, da klimatische Belastungen (Hitze, Starkregen) zunehmen. Ohne konsequente Entsiegelungs-, Begrünungs- und Verschattungsstrategien kann dies Aufenthaltsqualität und Standortattraktivität weiter mindern; umgekehrt können gut sichtbare, schrittweise umgesetzte Maßnahmen auch positive Standortimpulse auslösen.

4.4.2 Betriebliche Unterbrechungen durch vulnerable Standorte

Klimatischer Einfluss: Sturm/Hagel sowie Starkregen/Sturzfluten können zu unmittelbaren Sachschäden (Gebäudehülle, technische Anlagen, Außenlager) und zu Betriebsunterbrechungen führen (z. B. durch Überflutungen, Strom-/IT-Ausfälle, blockierte Zufahrten, Störungen in der Lieferlogistik).

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind insbesondere Industrie- und Gewerbestandorte sowie deren Gebäude- und Logistikflächen, vor allem in Gewerbegebieten im Süden und Südosten der Stadt. Für diese Bereiche liegen Hinweise vor, dass es bereits Feuerwehreinsätze im Zusammenhang mit Starkregen und Sturm gab.

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität hängt stark davon ab, ob Betriebe Klimarisiken systematisch berücksichtigen und Vorsorge-/Schutzmaßnahmen verankert haben (z. B. Risikobewertungen, Notfall- und Wiederanlaufpläne, objektspezifische Schutzmaßnahmen wie Rückstausicherung, Schutz von Trafostationen/Serverräumen, Dach- und Fassadensicherheit). Verstärkend wirken geringe Redundanzen in Energie/IT, hohe Abhängigkeit von durchgängiger Logistik sowie hohe Werte- und Anlagenkonzentration. Aus dem Projektkontext wird zudem deutlich, dass betriebliche Rückmeldungen (u. a. über eine Umfrage) nur in begrenztem Umfang vorliegen, was als Hinweis auf eine noch nicht überall priorisierte Auseinandersetzung mit Klimarisiken interpretiert werden kann.

Anpassungskapazität: Insgesamt mittel. Positiv ist, dass Standards und Anforderungen an Klimarisikoanalysen (u. a. im Zuge von Nachhaltigkeits-/Berichtspflichten) zunehmen und damit ein formaler Rahmen für Risikomanagement entsteht. Hemmnisse sind jedoch eine häufig geringe Priorisierung im betrieblichen Alltag, Überlastung durch wirtschaftliche Herausforderungen sowie die Notwendigkeit langfristigen Denkens und Investierens, bevor ein Schaden eintritt.

Trends: Die Vulnerabilität wird voraussichtlich zunehmen, einerseits durch den Klimawandel (häufigere/intensivere Extremereignisse), andererseits auch dadurch, dass regulatorischer Druck und Berichtspflichten zunehmen und Risiken sichtbarer machen. Das kann langfristig zu mehr Anpassung führen, aber kurzfristig kann es auch offenlegen, dass Schutzstandards noch nicht breit umgesetzt sind.

4.4.3 Mangelndes Wissen und Anpassungsfähigkeit bei kleineren Unternehmen

Klimatischer Einfluss: Diese Vulnerabilitätslage ist klimaübergreifend: Starkregen/Sturzflut, Hitze/Trockenheit sowie Sturm/Hagel können kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowohl direkt (Sachschäden, Arbeitsausfälle) als auch indirekt (Lieferkettenstörungen, Ausfälle von Dienstleistern/Netzen, Produktivitätsverluste) treffen.

Exponierte Systeme/Gruppen: Exponiert sind insbesondere KMU, auch solche mit internationaler Verflechtung, da sie bei Unterbrechungen häufig geringere Puffer und weniger Redundanzen in Beschaffung, Produktion und Logistik haben. Eine spezifische räumliche Konzentration steht hier weniger im Vordergrund; entscheidend sind Betriebsgröße, Ressourcenausstattung und organisatorische Resilienz. Hinweise können aus Rückmeldungen der Unternehmensumfrage (Vgl. Kapitel 2.3) abgeleitet werden.

Sensitivitätsfaktoren: Die Sensitivität steigt vor allem durch begrenzten Kenntnisstand zu Klimarisiken und Anpassungsoptionen im eigenen Betrieb, durch fehlende Routinen der Vorsorge (Risikobewertung, Notfallmanagement) sowie durch knappe personelle und finanzielle Kapazitäten. Typisch ist, dass Anpassung eher reaktiv nach einem Schaden erfolgt („lernen durch Ereignisse“), wodurch Risiken bis dahin hoch bleiben.

Anpassungskapazität: Insgesamt **gering**. Zwar existieren Leitfäden, Hinweise und Informationsangebote verschiedener Institutionen, doch Priorisierung und Umsetzung bleiben bei vielen kleineren Unternehmen begrenzt, weil häufig andere betriebliche Themen dominieren und Klimaanpassung nicht als kurzfristig dringlich wahrgenommen wird.

Trends: Der Klimawandel kann „lernen durch Schmerz" verstärken, was Bewusstsein und Anpassungsbereitschaft erhöht, wobei gleichzeitig aber auch Risikoexposition und potenzielle Schäden steigen. Regulierung, Berichtspflichten und Digitalisierung können den Zugang zu Wissen verbessern und Anpassung langfristig fördern; kurzfristig ist jedoch eher mit einer **Zunahme** der Vulnerabilität zu rechnen, solange Prävention nicht systematisch verankert ist.

4.5 Stadtweite Querschnittssynthese der Vulnerabilitäten

Über alle Handlungsfelder hinweg zeigen sich wiederkehrende Vulnerabilitätsmuster, die sich aus der Kombination klimatischer Belastungen, räumlicher Exposition sowie systemischer Sensitivität ergeben. Erstens konzentriert sich Exposition häufig dort, wo **dichte Bebauung, hoher Versiegelungsgrad und geringe Durchgrünung** zusammentreffen. Diese Strukturen erhöhen die Anfälligkeit gegenüber Hitze (Überwärmung, eingeschränkte Nachtauskühlung) und verstärken gleichzeitig die Betroffenheit bei Starkregen durch schnelle Oberflächenabflüsse. Zweitens bilden **Fließwege, Tiefpunkte und sturzflutgefährdete Korridore** in Verbindung mit Siedlungs- und Infrastrukturnutzungen ein querschnittliches Verwundbarkeitsmuster, da hier Schäden an Gebäuden, Verkehr und Versorgung sowie Nutzungsausfälle gleichzeitig auftreten können. Drittens sind **sensible Einrichtungen und vulnerable Bevölkerungsgruppen** (insbesondere in Gesundheits-, Pflege-, Bildungs- und Sozialkontexten) besonders exponiert, weil klimatische Belastungen (v. a. Hitze) direkt auf Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Versorgungsbedarf wirken und damit auch Sekundärbelastungen im Bevölkerungsschutz erzeugen.

Auf der Sensitivitätsseite wirken übergreifend vor allem **Innenraumüberwärmung** und **bauliche/technische Bestandsbedingungen**, **fehlende Rückhalte- und Versickerungsstrukturen** im urbanen Wasserhaushalt sowie **ökosystemische Stresslagen** (Trockenstress im Stadtgrün, Gewässerbelastungen), die Schutzfunktionen (Kühlung, Retention, Biodiversität) schwächen und dadurch andere Risiken indirekt verstärken. Ein weiteres Querschnittsmuster ist die **Abhängigkeit von kritischer Infrastruktur und funktionierenden Abläufen** (Energie, IT, Verkehr, Entwässerung, Gesundheitsversorgung). Störungen können in mehreren Handlungsfeldern gleichzeitig zu Kaskadeneffekten führen (z. B. Extremwetter → Einsatzspitzen → Einschränkungen der Versorgung/Erreichbarkeit → wirtschaftliche Folgewirkungen).

Die Anpassungskapazität ist insgesamt **heterogen**. In einigen Bereichen bestehen bereits Instrumente, Konzepte und ein hohes Problembewusstsein (z. B. in Teilen des Starkregen-/Wasser- und Grünkontexts), während in anderen Bereichen strukturelle Hemmnisse dominieren (Ressourcen, Zuständigkeiten, Umsetzungsdauer, Kosten-Nutzen-Verteilung, zielgruppengerechte Kommunikation). Insbesondere bei privatwirtschaftlichen und privaten Akteuren kann fehlendes Wissen, begrenzte Ressourcen oder geringe Priorisierung die Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen bremsen. Insgesamt dient diese Synthese als inhaltliche Klammer für die nachfolgenden Kapitel: Die Klimawirkungsketten und die quantitative Risikobewertung in Kapitel 5 verknüpfen die beschriebenen Verwundbarkeitsbausteine systematisch, während die **räumliche Ausprägung** und Konzentration der Vulnerabilitäten in der **Hotspotanalyse** in Kapitel 6 kartenbasiert ausgewiesen und die daraus abgeleiteten Handlungsbedarfe in Kapitel 7 priorisiert werden.

5 Zentrale Klimarisiken für die Stadt Schweinfurt

In Kapitel 4 wurden die für Schweinfurt relevanten Vulnerabilitäten je Handlungsfeldcluster beschrieben und dabei herausgearbeitet, welche Systeme und Bevölkerungsgruppen besonders exponiert sind, welche Sensitivitätsfaktoren die Betroffenheit verstärken und wie die Anpassungskapazität qualitativ einzuschätzen ist. Diese lokal verankerten Verwundbarkeitsbausteine bilden die inhaltliche Grundlage für die nachfolgende Klimarisikobewertung in Bezug auf die als zentral erachteten Klimarisiken.

Das vorliegende Kapitel führt diese Ergebnisse mit der klimatischen Gefährdung aus Kapitel 3 zusammen und erarbeitet gemäß dem in Kapitel 2 dargestellten, an der DIN EN ISO 14091 orientierten Vorgehen die sich daraus ergebenden Klimarisiken: Es wurden qualitative Klimawirkungsketten erarbeitet, die klimatische Einflüsse, Vulnerabilitäten und Risiken logisch verknüpfen. Gefährdung, Exposition und Sensitivität wurden zu einem vergleichbaren Risikoscore verknüpft, während die Anpassungskapazität ergänzend qualitativ in die Interpretation und Priorisierung einfloss. Die Darstellung erfolgte handlungsfeldbezogen entlang der Klimawirkungsketten: Zunächst wurden die zentralen Risiken strukturiert beschrieben und in Übersichtstabellen zusammengefasst, anschließend folgte je Cluster eine kompakte quantitative Einordnung. Die räumliche Ausprägung und Konzentration der Risiken (Hotspotkulissen, kartografische Überlagerungen) werden in Kapitel 6 auf Basis des Klimaplanatlas kartenbasiert hergeleitet und dokumentiert.

5.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales

Im Handlungsfeld Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales steht die Gesundheitsgefährdung durch Hitzewellen im Vordergrund. Die Gefährdung manifestiert sich in häufigeren und intensiveren Hitzeereignissen mit Tropennächten, die thermische Belastung, Dehydratation und kardio-respiratorische Komplikationen verstärken. Exponiert ist die Gesamtbevölkerung, besonders aber ältere Menschen, Pflegebedürftige, chronisch Erkrankte, Kinder und Personen, die in schlecht gedämmten, nicht verschatteten Wohnungen oder Einrichtungen leben. Die Sensitivität ist dort erhöht, wo hohe Altersanteile, Vorerkrankungen, soziale Isolation, geringe Einkommen und unzureichender baulicher Hitzeschutz zusammenfallen.

Eng damit verbunden ist das Risiko funktionaler Einschränkungen in Bildungs- und Betreuungseinrichtungen. Hitzewellen und Extremwetterereignisse können den Betrieb von Schulen, Kitas und weiteren Einrichtungen erheblich beeinträchtigen. Exponiert sind Gebäude mit hoher Nutzungsintensität und langen Aufenthaltszeiten von Kindern und Jugendlichen. Die Sensitivität ist besonders hoch, wenn Gebäudestruktur, Verschattung und Lüftungssysteme nicht auf Hitzebelastung ausgelegt sind und organisatorische Anpassungen (z. B. flexible Stundenpläne oder Raumzuteilungen) nur eingeschränkt möglich sind.

Ein drittes Risiko betrifft die Überlastung des Gesundheits- und Bevölkerungsschutzsystems in Folge von Hitze- und Extremwetterereignissen. Die Gefährdung entsteht, wenn Hitzeperioden, Starkregen oder andere Extreme die Zahl akuter Gesundheitsfälle oder Einsatzanforderungen in kurzer Zeit erhöhen und die Erreichbarkeit oder Funktion von Einrichtungen beeinträchtigen. Exponiert sind Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen, Rettungsdienste, Katastrophenschutzstrukturen und soziale Dienste. Die Sensitivität steigt, wenn Personalknappheit, fehlende Hitzeschutz- und Notfallpläne, unzureichende bauliche Anpassung und unklare Zuständigkeiten zusammentreffen.

Querschnittlich wirkt schließlich das Risiko einer unzureichenden Risiko- und Anpassungskompetenz breiter Bevölkerungsgruppen. Klimabedingte Gefährdungen erfordern an vielen Stellen eigenverantwortliche Vorsorge- und Schutzmaßnahmen. Exponiert ist die gesamte Stadtbevölkerung, besonders aber Menschen mit geringer digitaler Teilhabe, Sprachbarrieren, geringem Einkommen oder begrenzter Mobilität. Die Sensitivität entsteht hier aus mangelndem Risikobewusstsein, fehlenden Kenntnissen über angemessene Schutzstrategien und eingeschränkten Zugängen zu unterstützenden Angeboten.

Für das Handlungsfeld Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales lassen sich die Klimawirkungsketten anhand der nachfolgend zusammengefassten zentralen Risiken beschreiben. Tabelle 15 ordnet die Risiken wiederum den Komponenten Gefährdung, Exposition, Sensitivität und einer qualitativen Gesamtrisikoeinschätzung zu.

Tabelle 15: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Gesundheitsgefährdung und Übersterblichkeit durch Hitzewellen	Häufigere und längere Hitzewellen mit Tropennächten und hoher Strahlungsbelastung	Gesamtbevölkerung, besonders ältere Menschen, Pflegebedürftige, chronisch Erkrankte, Kinder	Hohe Alters- und Krankheitslast, soziale Isolation, geringe Einkommen, unzureichender baulicher Hitzeschutz, fehlende Kühlmöglichkeiten	Erhöhte Morbidität und Mortalität bei Hitze, hohe gesundheitliche und soziale Folgelasten
Funktionsbeeinträchtigung von Bildungs- und Betreuungseinrichtungen	Hitzewellen und Extremwetterereignisse (z. B. Starkregen, Sturm)	Schulen, Kitas und andere Einrichtungen mit hoher Aufenthaltsdichte von Kindern und Jugendlichen	Schlechter sommerlicher Wärmeschutz, unzureichende Verschattung, geringe Nachtauskühlung, begrenzte organisatorische Flexibilität	Einschränkungen des Regelbetriebs, Qualitätsverluste in Betreuung und Bildung, Belastung von Familien
Überlastung des Gesundheits- und Pflegewesens und Überlastung und Gefährdung von Einsatz- und Rettungskräften bei Extremereignissen	Häufung von Hitze- und Extremwetterereignissen mit hohem Einsatzaufkommen	Krankenhäuser, Pflegeheime, ambulante Dienste, Rettungsdienste, Katastrophenschutz, Feuerwehren und deren Einsatzkräfte	Personalknappheit, fehlende Hitzeschutz- und Notfallpläne, begrenzte bauliche Anpassung, unzureichende Vernetzung, körperlich anspruchsvolle Tätigkeiten bei Hitze und Extremwetter, parallele Schadenslagen, begrenzte personelle und technische Ressourcen, hohe psychische und physische Belastung	Kapazitätsengpässe, Versorgungsengpässe und erhöhte Belastung des Fachpersonals bei Extremereignissen mit Erschöpfung und Fehleranfälligkeit im Einsatzwesen, verzögerte Hilfeleistungen
Unzureichende Risiko- und Anpassungskompetenz der Bevölkerung	Hitzewellen, Starkregen, Überflutungen und andere Extremereignisse, die eigenständige Vorsorge erfordern	Gesamtbevölkerung, insbesondere sozial benachteiligte Gruppen, Menschen mit Sprachbarrieren oder geringer Mobilität	Geringes Risikobewusstsein, fehlendes Wissen zu Selbstschutz, mangelhafter Zugang zu Informationen und Unterstützungsangeboten	Erhöhte Verwundbarkeit und Ungleichverteilung der Betroffenheit, verstärkte Abhängigkeit von öffentlichen Hilfsstrukturen

Die entsprechenden Klimawirkungsketten zeigen, wie sich klimatische Gefährdungen in gesundheitliche und soziale Krisen übersetzen können. Ausgangspunkt ist die Zunahme von Hitzewellen mit hohen Tages- und Nachttemperaturen. In Kombination mit dichter Bebauung, mangelnder Verschattung und unzureichend angepasstem

Gebäudebestand steigt die Exposition der Bevölkerung, insbesondere in hitzebelasteten Quartieren und in Einrichtungen mit vielen vulnerablen Personen. Über physiologische Belastungsmechanismen (Dehydratation, Kreislaufstress, Verschlechterung chronischer Erkrankungen) kommt es zu einer Zunahme von Beschwerden, medizinischen Notfällen und im Extremfall zu einer Erhöhung der hitzebedingten Sterblichkeit.

Gleichzeitig zeigen sich kaskadierende, institutionelle Wirkungsketten: Steigt bei Hitze und Extremwetter der Versorgungsbedarf, während Personal, bauliche Ausstattung und organisatorische Abläufe nicht darauf vorbereitet sind, droht eine Überlastung des Gesundheits- und Pflegewesens. Wenn in Krankenhäusern, Pflegeeinrichtungen und Rettungsdiensten Hitzeschutz- und Notfallpläne fehlen oder nur unzureichend implementiert sind, verstärken sich die negativen Effekte. Auf gesellschaftlicher Ebene verschärft eine geringe Risiko- und Anpassungskompetenz einiger Bevölkerungsgruppen die Wirkungsketten: Menschen mit eingeschränkter Mobilität, geringen Ressourcen oder fehlendem Zugang zu Informationen können Vorsorgemaßnahmen schlechter umsetzen und sind überproportional von den Folgen betroffen. Ansatzpunkte zur Minderung dieser Risiken werden in Kapitel 7.1 aufgegriffen.

Zur Ergänzung der qualitativen Klimawirkungsketten wurden die nachfolgend benannten Klimarisiken für Schweinfurt auch quantitativ vergleichbar bewertet. Grundlage war das Klimaszenario RCP8.5 für den Zeitraum 2031–2060 (nahe Zukunft), um planungsrelevante Aussagen für die mittelfristige Vorsorge und Resilienz abzuleiten. Die quantitative Risikotabelle weist je Klimarisiko die Gesamtbewertung aus und differenziert zugleich die Beiträge der Risikokomponenten Gefährdung, Exposition und Sensitivität. Die Anpassungskapazität wird ergänzend qualitativ zur Interpretation der Ergebnisse herangezogen.

Tabelle 16: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Gesundheitsgefährdung und Übersterblichkeit durch Hitzewellen	Extrem (5/5)	Hoch (3/5)	Extrem (5/5)	Sehr hoch (4/5)
Funktionsbeeinträchtigung von Bildungs- und Betreuungseinrichtungen	Extrem (5/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)
Überlastung des Gesundheits- und Pflegewesens und Überlastung und Gefährdung von Einsatz- und Rettungskräften bei Extremereignissen	Sehr hoch (5/5)	Hoch (3/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)
Unzureichende Risiko- und Anpassungskompetenz der Bevölkerung	Sehr hoch (4/5)	Hoch (3/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)

Im Handlungsfeld Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales zeigt Tabelle 16, dass die betrachteten **Risiken insgesamt** in der Spitzengruppe liegen (überwiegend sehr hoch). Besonders prägend sind die Gesundheitsgefährdung durch Hitzewellen, die Funktionsbeeinträchtigung von Bildungs- und Betreuungseinrichtungen sowie die Überlastung von Gesundheits-/Pflegesystem und Einsatzkräften.

Die hohe **Gesamteinstufung** wird vor allem durch eine sehr starke Gefährdung (Hitze/Extremwetter) und eine ausgeprägte Sensitivität (z. B. Alters-/Krankheitslast, demographischer Wandel, baulicher Hitzeschutz, organisatorische Grenzen) bestimmt. Die Exposition ist breit, da sowohl die Gesamtbevölkerung als auch viele sensible Einrichtungen und Versorgungsstrukturen betroffen sind. Das Risiko „unzureichende Risiko- und Anpassungskompetenz“ wirkt dabei als Querschnittsverstärker, weil es die Wirksamkeit von Selbstschutz und Vorsorge begrenzt.

Die qualitative Einschätzung der **Anpassungskapazität** deutet auf eine mittlere, aber durch Ressourcen- und Kapazitätsgrenzen begrenzte Anpassungskapazität in Versorgungs- und Einsatzstrukturen hin. In Bildungs-/Betreuungskontexten bestehen grundsätzlich Steuerungsmöglichkeiten, sie werden jedoch durch Finanzmittel, Personal und Sanierungsdynamiken gebremst. Bei Risiko- und Anpassungskompetenz ist die Anpassungskapazität ebenfalls eher mittel, aber aktuell nicht ausreichend zielgerichtet und damit kurzfristig nur begrenzt wirksam.

In Schweinfurt ist diese Konstellation insbesondere dort relevant, wo hohe Aufenthaltsdichten vulnerabler Gruppen (Gesundheit/Pflege/Betreuung) mit hitzebelasteten Wohn- und Aufenthaltsräumen sowie gleichzeitigen Einsatzspitzen bei Extremwetter zusammenfallen.

5.2 Planen, Bauen und Infrastruktur

Im Handlungsfeld Planen, Bauen und Infrastruktur steht die zunehmende Hitzebelastung in stark versiegelten und dicht bebauten Bereichen im Zentrum der Klimarisiken. Auf der Ebene der Gefährdung ist von häufigeren und längeren Hitzewellen mit erhöhten Tages- und Nachttemperaturen auszugehen, die die Ausbildung ausgeprägter städtischer Wärmeinseln begünstigen. Exponiert sind vor allem stark versiegelte Wege-, Park- und Verkehrsflächen, innenstadtnahe Plätze, Gewerbestandorte und verdichtete Wohnquartiere, die zugleich von vielen Menschen genutzt werden. Die Sensitivität dieser Räume ist erhöht durch hohe Versiegelungsgrade, geringe Verschattung und geringe Durchgrünung, der Einsatz thermisch ungünstiger Beläge sowie die Überlagerung mit hohen Aufenthaltsdichten und einem überdurchschnittlichen Anteil vulnerabler Personengruppen.

Ein weiteres zentrales Risiko betrifft Überflutungen und Sturzfluten infolge intensiver Starkregenereignisse. Auf der Gefährdungsseite stehen hier kurzzeitig sehr hohe Niederschlagsmengen, die sowohl das Kanalnetz als auch die Oberflächenentwässerung überlasten können. Exponiert sind insbesondere tiefliegende Straßen- und Platzbereiche, Stellplatzanlagen, Tiefgaragen, technische Infrastrukturen im Straßenraum sowie Gebäude in Senklagen oder entlang kleiner Fließwege. Die Sensitivität steigt dort, wo hohe Versiegelungsgrade auf wenig Retentions- und Versickerungskapazität, Mischkanalisation, hydraulische Engpässe und eine historisch geprägte, wenig wassersensible Siedlungsstruktur treffen. Die Maßnahmen zur Optimierung der Entwässerungsfunktionen und zur Einführung von Trennsystemen in Neubau- und Umbauvorhaben adressieren diese Risiken explizit und verdeutlichen, dass Starkregen- und Trockenheitsrisiken räumlich und technisch zusammen gedacht werden müssen.

Hinzu kommt das Risiko zunehmend unzureichender thermischer und funktionaler Leistungsfähigkeit des Gebäudebestands, insbesondere bei öffentlichen Gebäuden mit sensiblen Nutzungen wie Kitas, Schulen und Verwaltungsgebäuden. Die Gefährdung speist sich auch hier aus häufigeren Hitzewellen und längeren Wärmeperioden, die zu anhaltend hohen Innenraumtemperaturen führen. Exponiert sind Bildungseinrichtungen, soziale Einrichtungen und Verwaltungsgebäude mit hoher Belegungsdichte und langen Aufenthaltszeiten. Die Sensitivität ist dort besonders hoch, wo der sommerliche Wärmeschutz mangelhaft ist, Verschattung und Durchlüftung unzureichend sind und Anpassungsoptionen in der Nutzungspraxis nur begrenzt zur Verfügung stehen.

Querschnittlich ist schließlich das Risiko einer unzureichenden strukturellen Verankerung von Klimaanpassung in Planung und Baupraxis hervorzuheben. Klimabedingte Gefährdungen verschärfen sich, wenn Flächennutzungs- und Bebauungsplanung, Entwässerungsplanung, Straßenraumgestaltung und Gebäudestandards nicht systematisch an Hitze-, Starkregen- und Trockenheitsrisiken ausgerichtet werden. Exponiert sind faktisch alle laufenden und zukünftigen Planungs- und Bauprozesse. Die Sensitivität ergibt sich aus fehlenden verbindlichen Kriterien, unzureichenden Entscheidungswerkzeugen und begrenzten Ressourcen für Monitoring und Controlling.

Die qualitativen Klimawirkungsketten im Handlungsfeld Planen, Bauen und Infrastruktur lassen sich entlang der in Tabelle 17 zusammengefassten zentralen Klimarisiken strukturieren. Die Tabelle stellt die maßgeblichen Risiken jeweils entlang der Komponenten Gefährdung, Exposition, Sensitivität und einer zusammenfassenden Einschätzung des Gesamtrisikos dar.

Tabelle 17: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Planen, Bauen und Infrastruktur.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Urbane Hitzebelastung in stark versiegelten und dicht bebauten Bereichen	Zunahme von Hitzewellen mit hohen Tages- und Nachttemperaturen,	Dicht bebaute Quartiere, stark versiegelte Wege-, Platz- und Verkehrsflächen, intensiv	Hoher Versiegelungsgrad, geringe Verschattung und Durchgrünung, hitzeungünstige Materialien,	Deutlich erhöhte thermische Belastung, Komforteinbußen und Gesundheitsgefährdungen,

	Ausbildung städtischer Wärmeinseln	genutzte innerstädtische Räume	hohe Aufenthaltsdichte, Anteil vulnerabler Personen	innerstädtische Hotspots mit hohem Anpassungsdruck
Überflutungs- und Sturzflutrisiken für Verkehrsflächen und Gebäude	Zunehmend intensive Starkregenereignisse mit kurzzeitig sehr hohen Niederschlagsmengen	Straßen, Plätze, Parkflächen, Tiefgaragen, Gebäude in Senken- und Hanglagen, technische Infrastrukturen im Straßenraum	Hohe Versiegelung, geringe Retentions- und Versickerungskapazität, Mischkanalisation, hydraulische Engpässe, ungünstige Oberflächengestaltung	Häufigere lokale Überflutungen, Schäden an Infrastruktur und Gebäuden, Einschränkungen der Erreichbarkeit und Verkehrssicherheit
Hitzestress und Komfortprobleme in öffentlichen Gebäuden	Längere Hitzeperioden mit anhaltend hohen Außen- und Innenraumtemperaturen	Kitas, Schulen, Verwaltungsgebäude und andere öffentliche Einrichtungen mit hoher Personenbelegung	Unzureichender sommerlicher Wärmeschutz, fehlender Sonnenschutz, geringe Nachtauskühlung, mangelnde Verschattung im Außenraum	Funktionale Einschränkungen, erhöhte Belastung für Nutzer und Nutzerinnen und Personal, erhöhter Energiebedarf für Kühlung
Unzureichende strukturelle Verankerung von Klimaanpassung in Planung und Baupraxis	Fortschreitender Klimawandel bei gleichzeitiger baulicher Verdichtung und Infrastrukturentwicklung	Sämtliche laufenden und zukünftigen Planungs- und Bauprozesse im Stadtgebiet	Fehlende verbindliche Vorgaben, unzureichende finanzielle Ressourcen, sowie Prüf- und Bewertungsinstrumente, begrenzte Ressourcen für Monitoring und Controlling	Verstetigung klimatisch ungünstiger Strukturen, Pfadabhängigkeiten und steigende Folgekosten durch spätere Anpassung

Die Klimawirkungsketten in diesem Handlungsfeld zeigen, wie sich aus den genannten Gefährdungen, insbesondere Hitzewellen und Starkregen, über die bestehende Siedlungsstruktur und Entwässerungsinfrastruktur konkrete Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit der Stadt ergeben. Aus zunehmenden Hitzewellen entstehen in dicht bebauten, versiegelten Quartieren zunächst erhöhte Oberflächentemperaturen und eine stark eingeschränkte nächtliche Abkühlung. In Kombination mit einer hohen Exposition von Verkehrs- und Aufenthaltsflächen sowie öffentlichen Gebäuden führt dies zu ausgeprägten Hitzeinseln, in denen thermische Belastung, Komforteinbußen und gesundheitliche Risiken deutlich über dem stadträumlichen Mittel liegen.

Parallel dazu verlaufen Wirkungsketten im Kontext von Starkregenereignissen: Kurzzeitig sehr hohe Niederschlagsmengen treffen auf versiegelte Einzugsgebiete und ein Entwässerungssystem mit begrenzter hydraulischer Leistungsfähigkeit. Der resultierende Oberflächenabfluss konzentriert sich entlang bestehender Fließwege, überlastet Kanalabschnitte und verursacht lokale Überflutungen von Straßen, Plätzen, Tiefgaragen und Gebäuden. Dort, wo die Sensitivität durch Mischkanalisation, fehlende dezentrale Rückhaltung und ungünstige Oberflächenprofile erhöht ist, verdichten sich diese Ketten zu häufig wiederkehrenden Schadensereignissen.

Verstärkend wirkt die strukturelle Dimension: Wenn klimatische Belange in politischen Entscheidungen nur unzureichend verankert sind und damit nur ungenügend in Planungs- und Bauentscheidungen einfließen, verlängern sich die Wirkungsketten in die Zukunft hinein. Neue Versiegelungen, zusätzliche Verdichtungen und nicht angepasste Entwässerungslösungen fixieren die vorhandenen Risiken und erhöhen die Kosten späterer Korrekturen.

Die im Maßnahmenpaket vorgesehenen Ansätze (von der Umgestaltung versiegelter Wege- und Parkflächen über die Verknüpfung urbaner Grünstrukturen bis hin zu Entscheidungswerkzeugen für klimaangepasste Planung) setzen bewusst an den Knotenpunkten dieser Wirkungsketten an, indem sie Gefährdungsexposition reduzieren, die Sensitivität der gebauten Umwelt senken und die strukturelle Resilienz der Planungspraxis erhöhen. Weitere Ansatzpunkte zur Minderung dieser Risiken werden in Kapitel 7.2 aufgegriffen.

Zur Ergänzung der qualitativen Klimawirkungsketten werden die nachfolgend benannten Klimarisiken für Schweinfurt auch quantitativ vergleichbar bewertet. Grundlage ist das Klimaszenario RCP8.5 für den Zeitraum 2031–2060 (nahe Zukunft), um planungsrelevante Aussagen für die mittelfristige Vorsorge und Resilienz abzuleiten. Die quantitative Risikotabelle weist je Klimarisiko die Gesamtbewertung aus und differenziert zugleich die Beiträge der Risikokomponenten Gefährdung, Exposition und Sensitivität. Die Anpassungskapazität wird ergänzend qualitativ zur Interpretation der Ergebnisse herangezogen.

Tabelle 18: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Urbane Hitzebelastung in stark versiegelten und dicht bebauten Bereichen	Extrem (5/5)	Hoch (3/5)	Extrem (5/5)	Sehr hoch (4/5)
Überflutungs- und Sturzflutrisiken für Verkehrsflächen und Gebäude	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)
Hitzestress und Komfortprobleme in öffentlichen Gebäuden	Extrem (5/5)	Hoch (3/5)	Hoch (3/5)	Hoch (3/5)
Unzureichende strukturelle Verankerung von Klimaanpassung in Planung und Baupraxis	Hoch (3/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)

Im Handlungsfeld Planen, Bauen und Infrastruktur zeigt die Tabelle 18, dass die Risiken **urbane Hitzebelastung, Überflutungs-/Sturzflutrisiken** sowie die **unzureichende strukturelle Verankerung** von Klimaanpassung insgesamt die **höchsten Gesamteinstufungen** aufweisen (überwiegend sehr hoch).

Der Hitzestress in öffentlichen Gebäuden liegt im Vergleich dazu etwas niedriger (eher hoch) und bildet ein eigenständiges, aber weniger dominantes Teilrisiko. Bei der urbanen Hitzebelastung wirken hohe Gefährdung und sehr hohe Sensitivität zusammen, weil bauliche Dichte und Versiegelung die Wärmebelastung verstärken. Bei Starkregen- und Sturzflutrisiken trägt neben der Gefährdung insbesondere die Kombination aus Exposition (Bebauung/Infrastruktur in Abflussräumen) und Sensitivität (Entwässerungs-/Retentionsdefizite und hohe Schadenspotenziale) stark zum Gesamtrisiko bei. Die strukturelle Verankerung wird vor allem durch Exposition und Sensitivität getrieben (Regelprozesse, Routinen, Umsetzungslogik), weniger durch ein einzelnes Ereignis.

Beim Hitzestress öffentlicher Gebäude ist die Gefährdung zwar hoch, Exposition und Sensitivität sind im Vergleich jedoch stärker begrenzt bzw. steuerbar. Für Hitzebelastung im Gebäudebestand wird die Anpassungskapazität als eher gering eingeschätzt, u. a. wegen fehlender flächiger Umsetzungsstrukturen und der Kosten-Nutzen-Verteilung (besonders im Mietkontext). Für Starkregen- und Entwässerungsthemen ist die Anpassungskapazität tendenziell mittel bis hoch, wird aber durch hohe Kosten, Komplexität und lange Umsetzungszeiträume einer „Schwammstadt“-Transformation begrenzt. Bei öffentlichen Gebäuden bestehen Steuerungsmöglichkeiten, die jedoch häufig nur schrittweise realisiert werden können (Ressourcen-/Sanierungshemmnisse). In Schweinfurt ist diese Risikokonstellation besonders dort relevant, wo dichter Baubestand, hoher Versiegelungsgrad und geringe Durchgrünung zusammentreffen (u. a. in zentralen Lagen und großflächigen Gewerbe-/Industriestrukturen); die räumliche Analyse der Schwerpunktkulisse folgt in Kapitel 6.

5.3 Wasser

Im Handlungsfeld Wasser steht das Risiko von Überflutungen und Sturzfluten infolge Starkregenereignissen im Zentrum. Die Gefährdung ergibt sich aus häufigeren und intensiveren Starkregenereignissen mit hohen Niederschlagsmengen in kurzer Zeit, die das bestehende Entwässerungssystem überlasten. Exponiert sind insbesondere das Kanalnetz, offene und verrohrte Gewässer, Siedlungsbereiche in Senken- und Hanglagen, kritische Infrastrukturen sowie Gebäude in Abflussbahnen. Die Sensitivität ist dort hoch, wo Mischkanalisation vorherrscht, dezentrale Rückhaltung und Versickerung fehlen, Gewässer stark verbaut sind und vorhandene Retentionsräume begrenzt sind.

Ein weiteres wesentliches Risiko ist Trockenheit und Wassermangel infolge längerer Trockenperioden, erhöhter Verdunstung und saisonal veränderter Niederschlagsregime. Die Gefährdung manifestiert sich in sinkenden Wasserständen, eingeschränkter Grundwasserneubildung und zunehmendem Bewässerungsbedarf. Exponiert sind Stadtgrün, insbesondere Bäume und Grünanlagen, landwirtschaftliche Flächen im Stadtgebiet sowie die lokalen Trinkwasserressourcen. Die Sensitivität ist hoch, wo Böden nur geringe Speicherfähigkeit aufweisen, Beregnungs- und Zisternensysteme fehlen und Entnahmemengen nicht systematisch gesteuert werden.

Hinzu kommt das Risiko der Degradation von Gewässerökosystemen und blauer Infrastruktur. Die Gefährdung ergibt sich aus der Kombination von Extremniederschlägen, Trockenphasen und erhöhten Wassertemperaturen, die hydrologische Extreme, Qualitätsbeeinträchtigungen und ökologische Stresssituationen verstärken. Exponiert sind Fließgewässer, verrohrte Gerinne, Retentionsräume und Feuchtbiotope im Stadtgebiet und Einzugsgebiet. Die Sensitivität steigt mit dem Grad der technischen Verbauung, dem Verlust naturnaher Strukturen und der Vorbelastung der Gewässer.

Schließlich stellt die Erosionsgefährdung landwirtschaftlicher Böden, insbesondere auf erosionsanfälligen Standorten, ein relevantes Risiko dar. Starkregen nach Trockenphasen, steile Hanglagen und fehlende bodenschonende Bewirtschaftung erhöhen die erosive Gefährdung. Exponiert sind vor allem Ackerflächen im Stadtgebiet und in angrenzenden Bereichen. Die Sensitivität wird durch geringe Bodenbedeckung, niedrigen Humusgehalt und fehlende Landschaftsstrukturen wie Hecken oder Agroforstsysteme erhöht.

Im Handlungsfeld Wasser werden die Wirkmechanismen des Klimawandels über den Wasserhaushalt auf Siedlung, Infrastruktur und Ökosysteme sichtbar. Tabelle 19 fasst die maßgeblichen Risiken entlang der Komponenten Gefährdung, Exposition, Sensitivität und Gesamtrisiko zusammen.

Tabelle 19: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Wasser.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Überflutung und Sturzfluten durch Starkregen	Zunahme intensiver Starkregenereignisse mit hohen Abflussmengen in kurzer Zeit	Kanalnetz, offene und verrohrte Gewässer, Siedlungsbereiche in Senken- und Hanglagen, kritische Infrastrukturen und Gebäude in Abflussbahnen	Hohe Versiegelung, geringe dezentrale Rückhalte- und Versickerungskapazität, Mischkanalisation, technische Engpässe, begradigte und verrohrte Gerinne	Häufigere Überflutungsereignisse, Schäden an Gebäuden und Infrastruktur, Einträge in Gewässer, hohe Wiederherstellungskosten
Trockenheit und Wassermangel	Längere Trockenperioden, höhere Verdunstung, veränderte saisonale Niederschlagsverteilung	Stadtgrün, landwirtschaftliche Flächen, lokale Wasserressourcen (Brunnen, Grundwasser)	Geringe Bodenwasserspeicherfähigkeit, fehlende Speicher- und Bewässerungssysteme, unzureichende Steuerung	Schäden am Stadtgrün, Ertragsverluste in der Landwirtschaft, Nutzungskonflikte um Wasserressourcen

			von Entnahmemengen	
Degradation von Gewässerökosystemen und blauer Infrastruktur	Kombination aus Starkregen, Trockenheit und höheren Wassertemperaturen, häufigere hydrologische Extreme	Fließgewässer, Retentionsräume, Feuchtgebiete im Stadtgebiet und Einzugsgebiet	Technische Verbauung, Verrohrung, geringe strukturelle Vielfalt, bereits belastete Gewässerqualität	Verlust ökologischer Funktionen, verringerte Selbstreinigungskraft, Einschränkungen von Erholungs- und Kühlungsfunktionen
Bodenerosion und Verlust der Bodenfruchtbarkeit	Starkregen nach Trockenphasen, erhöhte Erosivität der Niederschläge, Erhöhte Winterniederschläge	Landwirtschaftliche Flächen, insbesondere erosionsgefährdete Hanglagen und schwere Böden	Konventionelle Bodenbearbeitung, geringe Bodenbedeckung, niedriger Humusgehalt, fehlende strukturstabilisierende Elemente	Langfristiger Verlust fruchtbarer Böden, Nährstoff- und Sedimenteinträge in Gewässer, Beeinträchtigung des Wasserhaushalts

Die Klimawirkungsketten im Wassersektor zeigen, wie aus Starkregenereignissen über die Kopplung von Versiegelung, Entwässerungsstrukturen und Gewässerausbau weitreichende Folgen entstehen. Hohe Niederschlagsintensitäten führen zunächst zu einem starken Oberflächenabfluss. In hoch versiegelten Einzugsgebieten mit Mischkanalisation und begradigten oder verrohrten Gewässern konzentrieren sich die Abflüsse rasch, überlasten das technische System und verursachen Überflutungen von Siedlungs- und Infrastrukturbereichen. Daraus resultieren Gebäudeschäden, Betriebsunterbrechungen, Verkehrsbehinderungen und Einleitungen von Mischwasser in Gewässer, die wiederum ökologische Schäden nach sich ziehen. Hier besteht eine starke Überschneidung zu den Klimarisiken im Handlungsfeldcluster Planen, Bauen und Infrastruktur. Dies führt dazu, dass sich Akteure aus beiden Feldern eng abstimmen müssen, aber auch Synergien entstehen, da Kapazitäten gebündelt werden können.

Umgekehrt führen längere Trockenperioden und erhöhte Temperaturen zu verminderter Grundwasserneubildung, sinkenden Wasserständen und erhöhtem Bewässerungsbedarf. Stadtbäume, Grünflächen und landwirtschaftliche Kulturen geraten unter Wasserstress, was die Widerstandsfähigkeit gegenüber weiteren Extremereignissen schwächt. Wo Speicher- und Bewässerungssysteme fehlen und Entnahmemengen nicht gesteuert werden, können Nutzungskonflikte um Wasserressourcen entstehen. In den Gewässern selbst verstärken Trockenheit, Niedrigwasser und erhöhte Temperaturen in Kombination mit Nährstoffeinträgen strukturelle Defizite und Qualitätsprobleme, sodass ökologische Funktionen und Kühlungsleistungen eingeschränkt werden.

Die Klimawirkungsketten im Handlungsfeld Wasser machen deutlich, dass Starkregen, Trockenperioden und veränderte Abflussverhältnisse über mehrere Pfade auf Siedlung, Infrastruktur und Ökosysteme wirken. Hohe Abflussspitzen bei Starkregen treffen auf versiegelte Einzugsgebiete und begrenzte Retentions- und Versickerungskapazitäten und führen so zu Überflutungen, Schäden und Gewässereinträgen. Längere Trockenphasen und erhöhte Verdunstung beeinträchtigen Stadtgrün, Landwirtschaft und Wasserressourcen und können Nutzungskonflikte verstärken. Ökologisch vorbelastete und technisch stark veränderte Gewässer sind gegenüber diesen Belastungen besonders sensitiv, was ihre Funktionsfähigkeit als Retentions-, Kühlungs- und Lebensraum weiter schwächen kann. Ansatzpunkte zur Minderung dieser Risiken werden in Kapitel 7.3 aufgegriffen.

Zur Ergänzung der qualitativen Klimawirkungsketten werden die nachfolgend benannten Klimarisiken für Schweinfurt auch quantitativ vergleichbar bewertet. Grundlage ist das Klimaszenario RCP8.5 für den Zeitraum 2031–2060 (nahe Zukunft), um planungsrelevante Aussagen für die mittelfristige Vorsorge und Resilienz abzuleiten. Die quantitative Risikotabelle weist je Klimarisiko die Gesamtbewertung aus und differenziert zugleich die Beiträge der Risikokomponenten Gefährdung, Exposition und Sensitivität. Die Anpassungskapazität wird ergänzend qualitativ zur Interpretation der Ergebnisse herangezogen.

Tabelle 20: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Überflutung und Sturzfluten durch Starkregen	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)	Hoch (3/5)	Sehr hoch (4/5)
Trockenheit und Wassermangel	Sehr hoch (4/5)	Hoch (3/5)	Sehr hoch (4/5)	Sehr hoch (4/5)
Degradation von Gewässerökosystemen und blauer Infrastruktur	Hoch (3/5)	Hoch (3/5)	Sehr hoch (4/5)	Hoch (3/5)
Bodenerosion und Verlust der Bodenfruchtbarkeit	Mittel (2/5)	Gering (1/5)	Hoch (3/5)	Mittel (2/5)

Im Handlungsfeld Wasser zeigt Tabelle 20, dass Überflutung/Sturzfluten durch **Starkregen** sowie **Trockenheit und Wassermangel** die höchsten Gesamteinstufungen aufweisen (beide sehr hoch). Die Degradation von Gewässerökosystemen liegt dahinter (eher hoch), während Bodenerosion/Bodenfruchtbarkeit insgesamt deutlich geringer eingestuft ist (eher mittel).

Bei Starkregen/Sturzfluten ist das Gesamtrisiko hoch, weil starke Gefährdung mit sehr hoher Exposition in versiegelten Einzugsgebieten und entlang von Fließwegen zusammenwirkt. Bei Trockenheit/Wassermangel sind Sensitivitäten zentral, insbesondere bei Stadtgrün und Wasserressourcen, die auf wiederkehrenden Wasserstress reagieren. Für Gewässerökosysteme ist die Gefährdung moderater, aber die Sensitivität hoch (Vorbelastung/Strukturdefizite), wodurch sich ein relevantes, aber nachrangiges Risiko ergibt. Bodenerosion ist in der Gesamtbetrachtung geringer, weil die lokale Exposition in Schweinfurt aufgrund der Lage der landwirtschaftlichen Flächen in flacheren, weniger erosionsgefährdeten Gefilden, und das daraus resultierende, potenzielle Schadensausmaß im Vergleich begrenzt sind, auch wenn lokale Effekte möglich bleiben.

Für Starkregen-/Hochwasserrisiken und die wasserbewusste Stadtentwicklung wird die Anpassungskapazität als mittel bis hoch eingeschätzt, allerdings mit hohen Kosten, Koordinations- und Langfristanforderungen. Für Stadtgrün ist sie ebenfalls mittel bis hoch, wird jedoch durch Betriebsaufwand (Bewässerung/Pflege) und langfristige Ressourcensicherung limitiert. Bei Gewässerentwicklung besteht aufgrund vorhandener bzw. in Erarbeitung befindlicher Konzepte (Starkregen- und Sturzflutrisikomanagement sowie Hochwasserrisikomanagementkonzepte mit Maßnahmen) eine grundsätzlich gute Ausgangslage, die aber durch Flächenverfügbarkeit und lange Wirkungshorizonte begrenzt wird und gleichzeitig die lokale Gewässerstruktur hohe Anforderungen stellt. In Schweinfurt ist diese Konstellation insbesondere entlang von Marienbach, Zeller Grundbach und Höllental relevant, wo versiegelte Einzugsgebiete und Abflusskorridore mit oftmals hochgradig veränderten Flussläufen auf Siedlungs- und Infrastrukturräume treffen und wo Stadtgrün/Gewässerräume bereits unter Trockenstress bzw. Strukturdefiziten stehen.

5.4 Wirtschaft

Im Handlungsfeld Wirtschaft steht zunächst die Hitzebelastung und Extremwetteranfälligkeit von Wirtschafts- und Innenstadtlagen im Vordergrund. Die Gefährdung ergibt sich aus Hitzewellen, Trockenperioden und Starkregenereignissen, die die Aufenthaltsqualität, Nutzbarkeit und baulich-technische Infrastruktur an stark frequentierten Standorten beeinträchtigen. Exponiert sind innenstadtnahe Geschäftsbereiche, Gastronomie, Einzelhandel, Gewerbeareale und Standorte mit hohem Publikumsaufkommen. Die Sensitivität ist dort erhöht, wo hohe Versiegelungsgrade, geringe Begrünung und Verschattung, fehlende Regenwasserrückhaltung und eine starke Abhängigkeit von Laufkundschaft im öffentlichen Raum zusammentreffen.

Ein zweites Risiko betrifft Betriebsunterbrechungen und Schäden an betrieblicher Infrastruktur durch Extremwetterereignisse. Starkregen, Überflutung, Hitze und Stürme können Gebäude, Anlagen, Logistikwege und technische

Infrastrukturen beeinträchtigen und zu Produktionsausfällen führen. Exponiert sind Produktions-, Lager- und Bürostandorte sowie die zugehörigen Versorgungs- und Kommunikationsinfrastrukturen. Die Sensitivität steigt, wenn keine systematischen Klimarisikoanalysen vorliegen, Redundanzen in Lieferketten fehlen, baulicher und organisatorischer Objektschutz unzureichend ist und Krisenstäbe, Notfallpläne oder Versicherungsstrategien lückenhaft sind.

Ein weiteres zentrales Risiko betrifft die begrenzte Anpassungs- und Innovationsfähigkeit insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen. Die Gefährdung besteht in einer zunehmend komplexen Klimarisikolage, die strategische Anpassung und Investitionen in Resilienz erfordert. Exponiert sind lokal verankerte Unternehmen, die stark von regionalen Märkten, Fachkräften und Standortbedingungen abhängen. Die Sensitivität steigt, wenn Wissen, personelle und finanzielle Ressourcen für Anpassung gering sind, es an passgenauer Information und Beratung mangelt und Netzwerke nur schwach ausgeprägt sind. Langfristig kann aus der Kombination der drei in Tabelle 21 dargestellten Risiken ein kumuliertes Standort- und Wettbewerbsrisiko für den Wirtschaftsstandort Schweinfurt entstehen, wenn Klimarisiken nicht strategisch adressiert und Chancen durch Innovation, Kreislaufwirtschaft und klimaresiliente Geschäftsmodelle nur unzureichend genutzt werden. Ansatzpunkte zur Stärkung der betrieblichen und standortbezogenen Resilienz werden in Kapitel 7.4 vertieft beschrieben.

Die Klimawirkungsketten im Handlungsfeld Wirtschaft sind eng mit jenen der bebauten Umwelt, des Wassers und der technischen Infrastruktur verknüpft. Tabelle 21 fasst die zentralen Risiken entlang der Komponenten Gefährdung, Exposition, Sensitivität und Gesamtrisiko zusammen.

Tabelle 21: Zusammenfassung der Klimawirkungskette für das Handlungsfeldcluster Wirtschaft.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Hitzebelastung und Extremwetter in Wirtschafts- und Innenstadtlagen	Hitzewellen, Trockenperioden, Starkregen und weitere Extremereignisse	Innenstadthandel, Gastronomie, Dienstleistungsstandorte, öffentliche Räume mit hoher wirtschaftlicher Bedeutung	Hohe Versiegelung, geringe Begrünung und Verschattung, fehlende Regenwasserrückhaltung, Abhängigkeit von Aufenthaltsqualität im Außenraum	Umsatz- und Frequenzrückgänge, Beeinträchtigung der Arbeitsbedingungen, Imageverlust des Standorts
Betriebsunterbrechungen und Schäden an betrieblicher Infrastruktur	Überflutungen, Hitze, Sturmereignisse mit direkten Schäden an Gebäuden, Anlagen, Logistik und Infrastrukturen	Produktions- und Lagerstandorte, Bürogebäude, Logistik- und Versorgungsinfrastrukturen	Fehlende Klimarisikoanalysen, geringe Redundanzen, unzureichender Objektschutz, lückenhafte Notfall- und Wiederanlaufpläne	Erhöhte Schadenssummen, Produktionsausfälle, Störungen von Lieferketten und Dienstleistungen
Geringe Anpassungs- und Innovationsfähigkeit insbesondere von KMU	Zunehmend komplexe Klimarisiken und dynamische Rahmenbedingungen	Lokal verankerte Unternehmen und KMU mit begrenzten Ressourcen	Mangelndes Wissen zu Risiken und Anpassungsoptionen, begrenzte finanzielle und personelle Kapazitäten, schwache Netzwerke	Verzögerte Anpassung, steigende Verletzlichkeit, Wettbewerbsnachteile gegenüber anpassungsstärkeren Akteuren

Die Klimawirkungsketten für die Wirtschaft beginnen häufig mit denselben klimatischen Gefährdungen wie in den anderen Handlungsfeldern: Hitze, Starkregen, Überflutungen und Trockenheit. Diese Gefährdungen wirken

zunächst auf öffentliche Räume, Gebäude und Infrastrukturen, also auf die physische Grundlage wirtschaftlicher Aktivität. In der Innenstadt führen Hitzewellen und geringe Verschattung zu sinkender Aufenthaltsdauer, niedrigeren Besucherfrequenzen und erschwerten Arbeitsbedingungen im Handel und in der Gastronomie. Starkregenereignisse können Betriebsflächen, Lager und Zufahrten überfluten, während Überlastungen von Verkehrs- und Versorgungsnetzen Lieferketten und Betriebsabläufe stören.

Auf betrieblicher Ebene verlängern sich die Wirkungsketten dort, wo keine systematische Klimarisikosteuerung etabliert ist. Fehlende Analysen, Notfallpläne und Anpassungsinvestitionen erhöhen die Wahrscheinlichkeit und Schwere von Betriebsunterbrechungen und Schadensfällen. Kleinere und mittlere Unternehmen sind aufgrund begrenzter Ressourcen und zum Teil eingeschränkter strategischer Kapazitäten besonders anfällig. Werden Klimarisiken zudem nicht in Standortpolitik, Wirtschaftsförderung und Innovationsstrategien integriert, entsteht langfristig ein kumuliertes Standortrisiko: Der Wirtschaftsstandort wird als weniger krisenfest wahrgenommen, Innovations- und Investitionschancen bleiben ungenutzt und die Attraktivität für Fachkräfte kann sinken.

Zur Ergänzung der qualitativen Klimawirkungsketten werden die nachfolgend benannten Klimarisiken für Schweinfurt auch quantitativ vergleichbar bewertet. Grundlage ist das Klimaszenario RCP8.5 für den Zeitraum 2031–2060 (nahe Zukunft), um planungsrelevante Aussagen für die mittelfristige Vorsorge und Resilienz abzuleiten. Die quantitative Risikotabelle weist je Klimarisiko die Gesamtbewertung aus und differenziert zugleich die Beiträge der Risikokomponenten Gefährdung, Exposition und Sensitivität. Die Anpassungskapazität wird ergänzend qualitativ zur Interpretation der Ergebnisse herangezogen.

Tabelle 22: Übersicht über die quantitative Bewertung der zentralen Klimarisiken.

Zentrales Risiko	Gefährdung	Exposition	Sensitivität	Gesamtrisiko
Hitzebelastung und Extremwetter in Wirtschafts- und Innenstadtlagen	Sehr hoch (4/5)	Hoch (3/5)	Hoch (3/5)	Hoch (3/5)
Betriebsunterbrechungen und Schäden an betrieblicher Infrastruktur	Mittel (2/5)	Sehr hoch (4/5)	Hoch (3/5)	Hoch (3/5)
Geringe Anpassungs- und Innovationsfähigkeit insbesondere von KMU	Mittel (2/5)	Hoch (3/5)	Mittel (2/5)	Mittel (2/5)

Im Handlungsfeld Wirtschaft zeigt Tabelle 22, dass **Hitzebelastung/Extremwetter in Wirtschafts**- und **Innenstadtlagen** sowie **Betriebsunterbrechungen** und **Schäden** an betrieblicher Infrastruktur die führende Risikogruppe bilden (beide insgesamt hoch). Die geringe Anpassungs- und Innovationsfähigkeit insbesondere von KMU fällt im Vergleich zurück (eher mittel), wirkt aber mittelbar als Verstärker der beiden erstgenannten Risiken.

Bei Innenstadt- und Wirtschaftslagen treiben vor allem hohe Gefährdung und Sensitivität das Risiko, weil Aufenthaltsqualität, Außenraumnutzung und klimatische Komfortbedingungen wirtschaftlich relevant sind. Bei Betriebsunterbrechungen ist die starke Exposition vieler Standorte und Infrastrukturen zentral: Auch bei nicht maximaler Gefährdung können hohe Betroffenheit und Abhängigkeiten (Logistik/Versorgung) zu relevanten Folgewirkungen führen. Die Anpassungsfähigkeit von KMU ist weniger ein Ereignisrisiko als ein strukturelles Risiko, das über begrenzte Ressourcen, fehlende Analysen und schwache Netzwerke die Sensitivität erhöht. Querschnittlich bestehen enge Kopplungen durch Abhängigkeiten zu Risiken der bebauten Umwelt, des Wassers und der technischen Infrastruktur (Kaskaden).

Die Anpassungskapazität ist in der Wirtschaft heterogen: Größere Akteure verfügen teils über mehr Handlungsspielraum oder von der Regulatorik getriebene Exposition zu entsprechendem Wissen, während insbesondere KMU durch begrenzte personelle und finanzielle Ressourcen gebremst sind. Damit sind kurzfristige Risikoreduktionen oft begrenzt, während mittelfristig vor allem organisatorische und strukturelle Hebel (Vorsorge, Redundanzen, Wiederanlauf-/Kontinuitätslogik) wirksam werden können. In Schweinfurt ist diese Konstellation

insbesondere in den Innenstadtlagen für Gastronomie und Ladengeschäfte relevant, sowie Industriegebiete mit produktions-/logistikabhängigen Standorten und hoher Infrastrukturabhängigkeit.

5.5 Stadtweite Querschnittssynthese

In der stadtweiten Querschnittsperspektive zeigt die Risikoanalyse, dass die Klimarisiken in Schweinfurt nicht isoliert innerhalb einzelner Handlungsfelder wirken, sondern sich über gemeinsame Treiber (insbesondere Hitze, Starkregen/Sturzfluten und Trockenheit) und über funktionale Abhängigkeiten gegenseitig verstärken. Besonders relevant sind dabei Kaskadeneffekte: Hitzebelastung und Trockenstress schwächen Stadtgrün und damit Kühl- und Retentionsleistungen, was wiederum Hitzefolgen im Gesundheitsschutz verschärfen und Starkregenfolgen im Siedlungsraum verstärken kann; Starkregenereignisse können parallel Gebäude, Verkehrsflächen, Entwässerung und kritische Infrastrukturen beeinträchtigen und dadurch Einsatzkräfte sowie Gesundheits- und Versorgungsstrukturen zusätzlich belasten. Vor diesem Hintergrund kommt dem Handlungsfeld Planen, Bauen und Infrastruktur eine zentrale Steuerungsrolle zu, weil hier wesentliche Stellhebel liegen, die Exposition und Sensitivität in anderen Feldern langfristig beeinflussen (z. B. baulicher Hitzeschutz, Entsiegelung/Schwammstadt, Schutz sensibler Einrichtungen, robuste Infrastruktur- und Flächenentwicklung). Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales sowie Wasser sind demgegenüber hochgradig sensible und anfällige Handlungsfelder, in denen Klimarisiken besonders schnell zu spürbaren Auswirkungen führen und die zugleich bei Überlastung Rückwirkungen auf andere Bereiche entfalten. Das Handlungsfeld Wirtschaft ist in diesem Gefüge häufig indirekt betroffen: Klimarisiken wirken hier weniger als isolierte Einzelgefahren, sondern oft als „unsichtbarer" Verstärker bereits bestehender Risiken (z. B. Standortattraktivität, Betriebsunterbrechungen, Lieferketten, Personalverfügbarkeit, Produktivität) und können dadurch kumulative Belastungen erhöhen. Für die Priorisierung bedeutet dies, dass die Bewältigung der Risiken im Bereich Planen, Bauen und Infrastruktur als querschnittlich wirksame Grundlage zu verstehen ist, während bei Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales und im Wasserbereich parallel eine hohe Aufmerksamkeit für Schutz sensibler Systeme sowie die Sicherung von Funktionsfähigkeit und Krisenrobustheit erforderlich ist. Die räumliche und thematische Schwerpunktsetzung sowie Hotspotkulissen werden im folgenden Kapitel dargestellt und bilden die Basis für die Ableitung der Handlungsbedarfe.

6 Räumliche und thematische Schwerpunkte (Hotspots) in Schweinfurt

Das folgende Kapitel vertieft die Ergebnisse der Klimarisikoanalyse um eine räumliche Perspektive. Ziel war es, jene Teilräume im Stadtgebiet zu identifizieren, in denen sich klimatische Belastungen und vulnerable Nutzungen räumlich überlagern und dadurch erhöhte Klimarisiken zu erwarten sind. Die Ableitung erfolgte auf Grundlage des Klimaplanatlas bzw. der zugehörigen Fachkarten und Indikatoren (u. a. Hitzebelastung, Starkregen-/Sturzflutkulissen, Trockenheitsindikatoren) sowie durch fachliche Plausibilisierung im Projektkontext. Die dargestellten Hotspots sind als planungsrelevante Schwerpunktkulissen zu verstehen, nicht als parzellenscharfe Gefahrenkarten. Sie dienen der Priorisierung von Handlungsräumen und der zielgerichteten Ableitung von Handlungsbedarfen. Die Hotspotanalyse wird handlungsfeldbezogen aufgebaut: Nach einer Gesamtübersicht werden die Hotspots je Handlungsfeldcluster beschrieben, anschließend werden die thematischen Risikoschwerpunkte zusammengefasst. Eine handlungsfeldübergreifende räumliche Synthese am Kapitelende bündelt Überlagerungsräume und Kaskadenbezüge als Grundlage für die Priorisierung der Handlungsbedarfe in Kapitel 7.

6.1 Wesentliche klimatische und städtebauliche Einflüsse in Schweinfurt

Die nachfolgende Hotspotanalyse fokussiert auf jene klimatischen Einflussbereiche, die als wesentliche Treiber lokaler Klimarisiken gelten und zugleich eine deutlich erkennbare räumliche Variabilität im Stadtgebiet aufweisen. Für Schweinfurt sind dies insbesondere Hitze, Starkregen/Sturzflut, Trockenheit und Sturm. Diese vier Themen unterscheiden sich darin, dass sie entweder über die Gefährdung selbst (z. B. Hitze, Starkregen über Fließpfade) oder über die räumlich variierende Exposition und Sensitivität (z. B. Trockenheit über Boden- und Grünstruktur) zu räumlich klar abgrenzbaren Schwerpunktkulissen führen. Andere klimatische Einflüsse wie Gewitter/Hagel wirken demgegenüber häufig ereignishaft und gesamtstädtisch bzw. ohne belastbar in statischen Analyseprodukten darstellbaren, kleinräumig ausgeprägten Gradienten, sodass eine räumliche Priorisierung auf Basis verfügbarer Daten nur eingeschränkt möglich ist. Die folgenden Grundlagenkarten bilden daher die räumlichen Muster der vier priorisierten Einflussbereiche ab und dienen als Input für die anschließende Überlagerung und Hotspotableitung.

6.1.1 Hitze

Hitze ist ein zentraler Klimatreiber, dessen lokale Wirkung im Stadtgebiet maßgeblich durch Bebauungs- und Grünstruktur modifiziert wird. Dichte Bebauung, hohe Versiegelung und geringe Durchgrünung erhöhen die Wärmespeicherung am Tag und reduzieren die nächtliche Abkühlung, während Vegetation, Verschattung, Verdunstung sowie Luftleitbahnen und Kaltluftentstehungsgebiete entlastend wirken können. Für Schweinfurt werden diese Zusammenhänge in einer mikroklimatischen Modellierung für Tages- und Nachtsituation abgebildet; Endprodukte sind Klimafunktions- bzw. Planungshinweiskarten, die die räumlichen Gegebenheiten hinsichtlich ihrer Wirkung auf Hitzeeffekte bewerten. Für die Tagesbewertung wird die Physiologische Äquivalenttemperatur (PET) herangezogen, die als bioklimatischer Index die thermische Belastung des Menschen unter Berücksichtigung von Lufttemperatur, Strahlung, Wind und Luftfeuchte beschreibt und damit über reine Lufttemperaturen hinausgeht. Für die Nachtsituation werden Temperatur- und Windfelder ausgewertet, um Überwärmung, Luftaustausch und Entlastungspotenziale durch Kaltluft und Luftleitbahnen beurteilen zu können. Ergänzend wird die potenzielle Betroffenheit anhand der räumlichen Verteilung ausgewählter vulnerabler Gruppen im Stadtgebiet betrachtet, um die Exposition besonders schutzbedürftiger Bevölkerungsgruppen und sensibler Nutzungen zu berücksichtigen. Die nachfolgenden Grundlagenkarten zeigen diese Belastungs- und Entlastungsmuster und bilden die Basis für die Hotspotanalyse. Die Methodik und inhaltliche Details sind vertieft in Teil C beschrieben. Es wird im Folgenden vor allem auf die zentralen Besonderheiten eingegangen, die für die Herausarbeitung von Hotspots relevant ist.

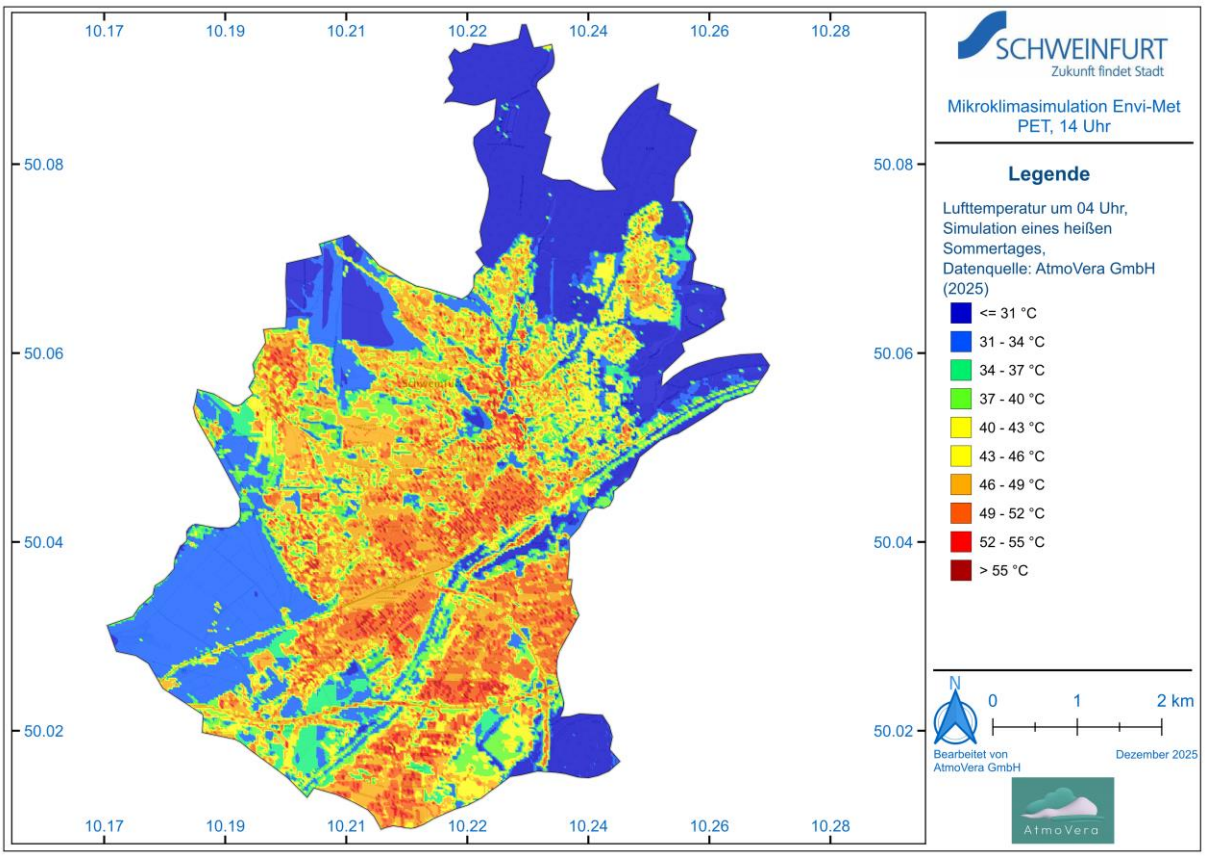

Abbildung 50: Darstellung der PET (physiologische Äquivalenttemperatur) um 14 Uhr nachmittags an einem heißen Sommertag (max. 35 °C, min. 20 °C Temperatur) als wesentliches Ergebnis der Mikroklimasimulation für die Klimaanalyse Schweinfurt.

Abbildung 50 zeigt die räumliche Verteilung der physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) um 14 Uhr, also zur Tagesspitze an einem heißen Sommertag. Auffällige Belastungsschwerpunkte liegen im Bereich des historischen Stadtkerns sowie westlich davon, außerdem in den Industriegebieten im südlichen und südwestlichen Bereich der Stadt. Aber auch kleinräumig sind in vielen Wohnvierteln hohe bis sehr hohe Werte des PET festzustellen. Werte ab 41 °C gelten als extreme Hitzebelastung. Dieser Wert wird an einem typischen heißen Sommertag (max. 35 °C und minimal 20 °C), wie er mittlerweile nahezu jährlich mehrmals vorkommt, in großen Teilen des Stadtgebietes überschritten. Deutlich als städtische Entlastungsräume erkennbar sind die Wälder im Nordosten, der Hauptfriedhof sowie der Stadtpark am Südufer des Mains. Aber auch kleine Grünstrukturen wie Motherwellpark und Fichtelgarten nahe dem Stadtzentrum sind im Vergleich zum bebauten Gebiet um 20 °C PET kühler. Für die Klimafunktionskarte dient diese Karte als Grundlage, um thermische Belastung am Tage darzustellen.

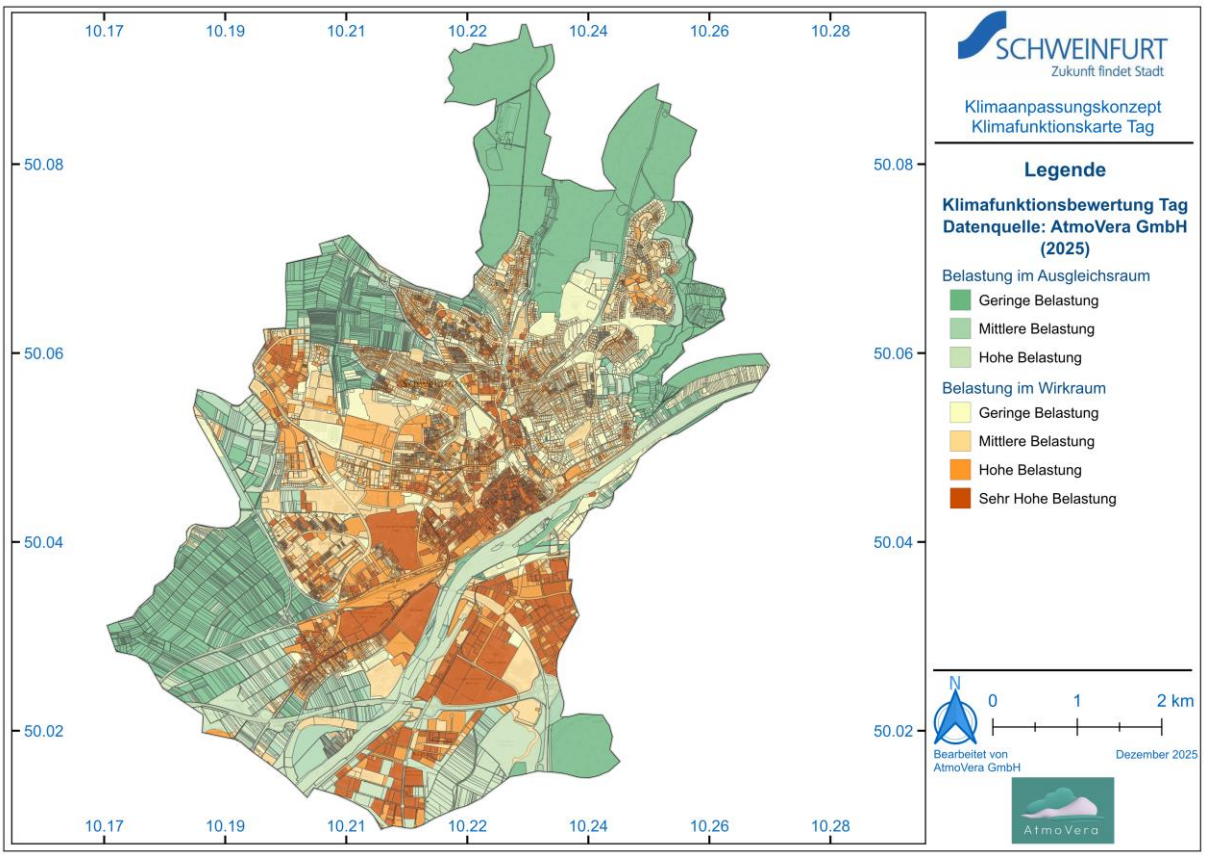

Abbildung 51: Klimafunktionskarte tagsüber auf der Basis der Mikroklimasimulation für Schweinfurt.

Die Klimafunktionskarte (Abbildung 51) zeigt die ganzheitliche Funktionsbewertung am Tage in Bezug auf thermische Belastungen. Es wird deutlich, dass die zentralen und südlichen Bereichen mit hoher Bebauungsdichte, also historischer Stadtkern und Industriegebiete, großflächig sehr hohe Belastungen durch Hitze aufweisen. Dies ist anhand der hier sehr dichten Bebauung, hohen Versiegelung und geringen Begrünung auch nachvollziehbar. Weitere Bereiche mit hoher Belastung befinden sich vor allem im westlichen Stadtkern sowie in den nördlichen Stadtteilen. In den weiteren Stadtteilen ist die Belastung je nach Begrünungsgrad der Grundstücke teilweise sehr heterogen. Hier fällt auf, dass die Variation von Flurstück zu Flurstück groß ausfällt, was durch die Begrünung und Sonnenexposition der Gebäude verursacht wird. Deutlich wird auch die große Entlastungsfunktion des Waldes im Norden der Stadt. Die Fernwirkungen der besonders großen Flächen mit hoher Belastung wirken sich um Umfeld von ca. 250 m um diese Bereiche mit erhöhter Belastung aus, ein Beispiel dafür ist der Stadtteil Schweinfurt-Oberndorf, der von den weiter nordöstlich direkt anschließenden Industrieflächen stark erwärmt wird. Bereiche mit besonders geringer Belastung im städtischen Gebiet umfassen die Parks und Gärten wie den Zentralfriedhof, Motherwellpark und Fichtelgarten sowie weitere überwiegend kleine Grünflächen mit Baumbestand, die lokal für Entlastung sorgen.

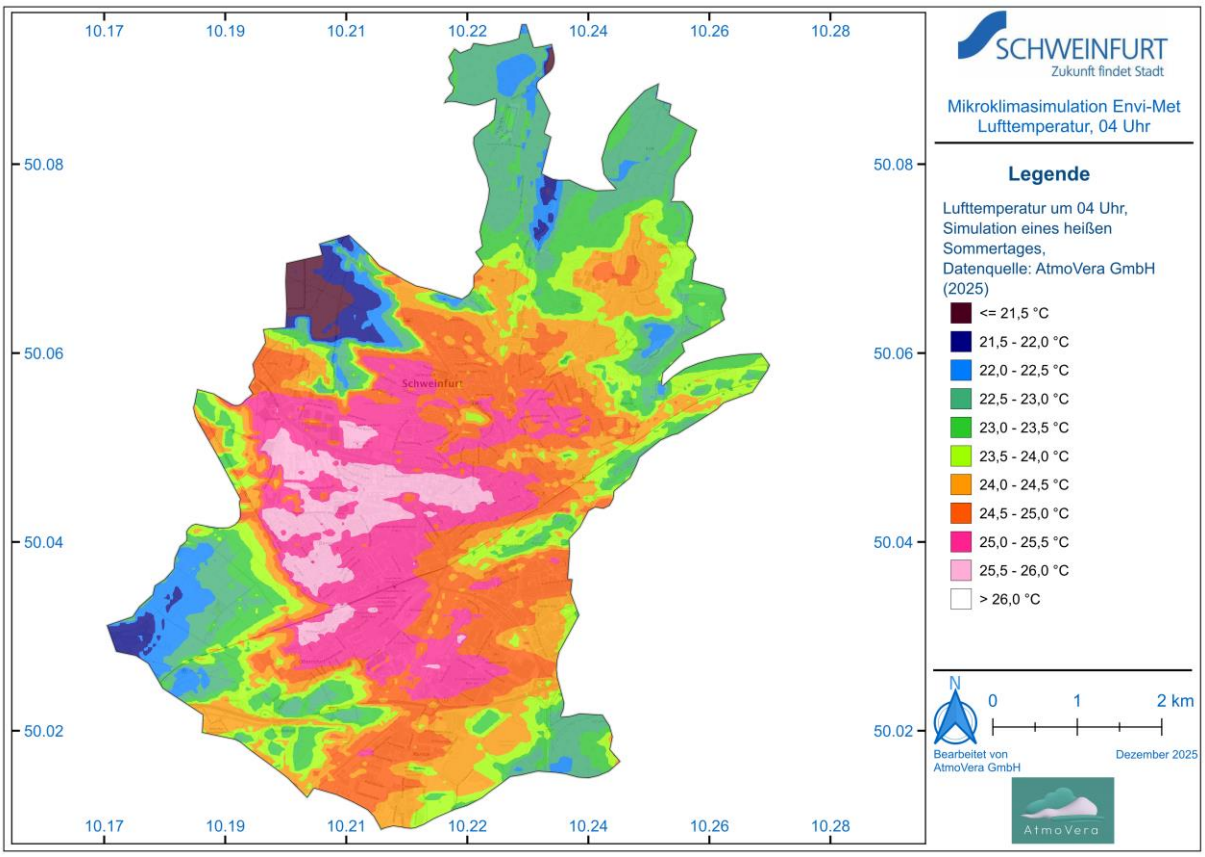

Abbildung 52: Darstellung der Lufttemperatur um 04 Uhr morgens an einem heißen Sommertag (max. 35 °C, min. 20 °C Temperatur) als wesentliches Ergebnis der Mikroklimasimulation für die Klimaanalyse Schweinfurt.

In Schweinfurt ist eine ausgeprägte nächtliche Wärmeinsel typischerweise in den zentralen und westlichen Bereichen der Kernstadt vorhanden (Abbildung 52). Auch in den Industriegebieten ist dies zu erwarten, während kühlere Bereiche in den östlichen und nördlichen Stadtteilen liegen und mit Freiflächen oder Wäldern korrespondieren bzw. an diese angrenzen. Interessant ist, dass die nächtliche Überwärmung nicht so kleinräumig variiert wie die tägliche Hitzebelastung. Dies liegt daran, dass nachts Schatten keine Auswirkungen auf die Lufttemperatur bzw. PET hat und die Wärmeabgabe von z. B. größeren dicht bebauten und hoch versiegelten Arealen in größere Reichweiten wirken kann. Die Lufttemperatur um 04 Uhr morgens ist eine der wesentlichen Grundlagen zur Bewertung der nächtlichen Klimafunktionen.

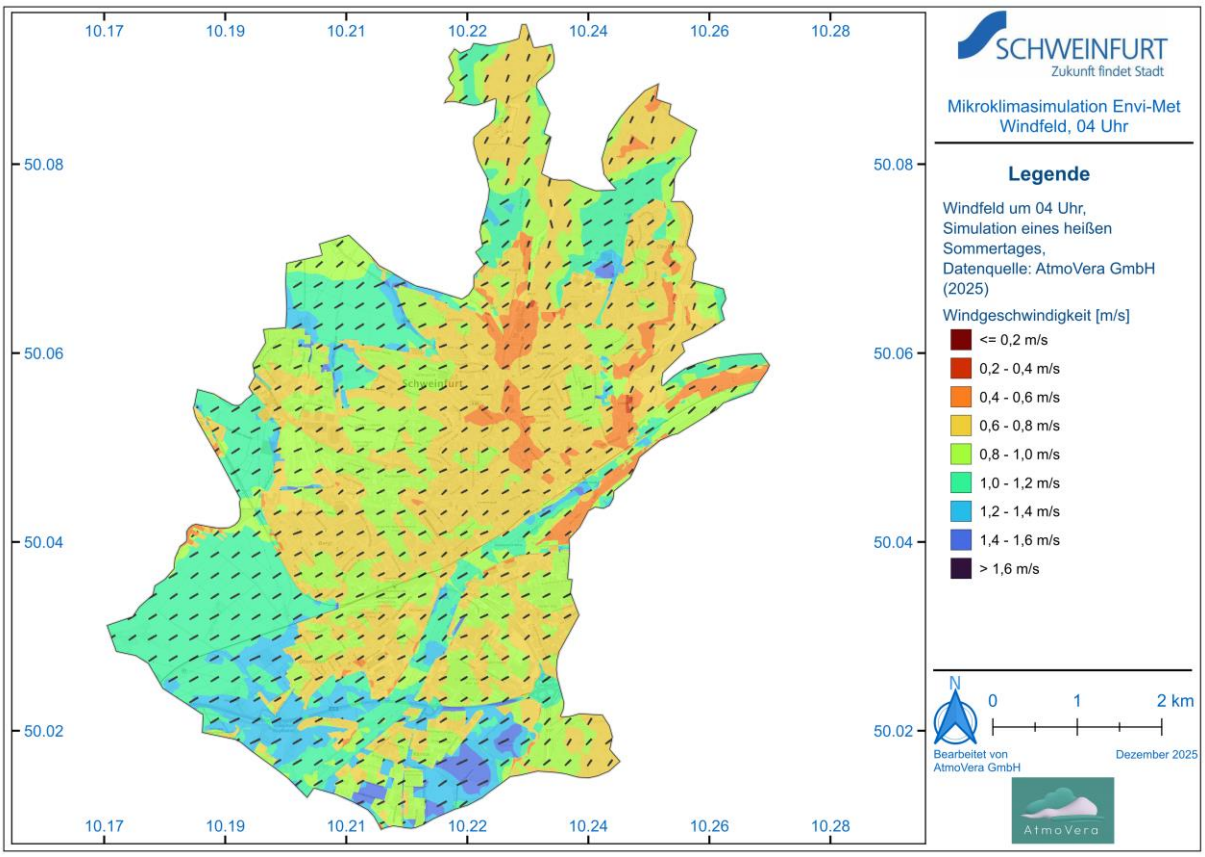

Abbildung 53: Darstellung des Windfeldes um 04 Uhr morgens an einem heißen Sommertag (max. 35 °C, min. 20 °C Temperatur) als wesentliches Ergebnis der Mikroklimasimulation für die Klimaanalyse Schweinfurt.

Das Windfeld zur Nachtsituation in Abbildung 53 zeigt, dass die Windgeschwindigkeiten im Freiraum außerhalb der Bebauung größer sind, insbesondere entlang des Mains und an Wasserflächen aber auch über den landwirtschaftlichen Flächen im Süden und Westen des Stadtgebietes. Das nächtliche Windfeld weist eine nordost-südwest-Orientierung auf. Bei ungestörten Verhältnissen weht nachts ein nordöstlicher Hangabwind von der Schweinfurter Rhön herab. Auf den bis knapp über 400 m gelegenen Höhenzügen nordöstlich der Stadt bildet sich eine Kaltluftschicht, deren Abwärtsbewegung in Richtung Maintal das Windfeld in einer windschwachen Wetterlage im Sommer bestimmt (sogenannte „autochthone Wetterlage“). Die nordöstlichen Winde erreichen Geschwindigkeiten von etwa 1,5 m/s auf Wasserflächen. Die dichte Bebauung schwächt das Windfeld im Bereich der Stadt selbst deutlich ab, sodass die windabwärts gelegenen Stadtteile nicht von diesem Windsystem profitieren können. Auch die engen Täler von Marienbach, Zeller Grundbach und Höllental reduzieren die dortige Windgeschwindigkeit beim Einfließen von Luft aus Nordosten.

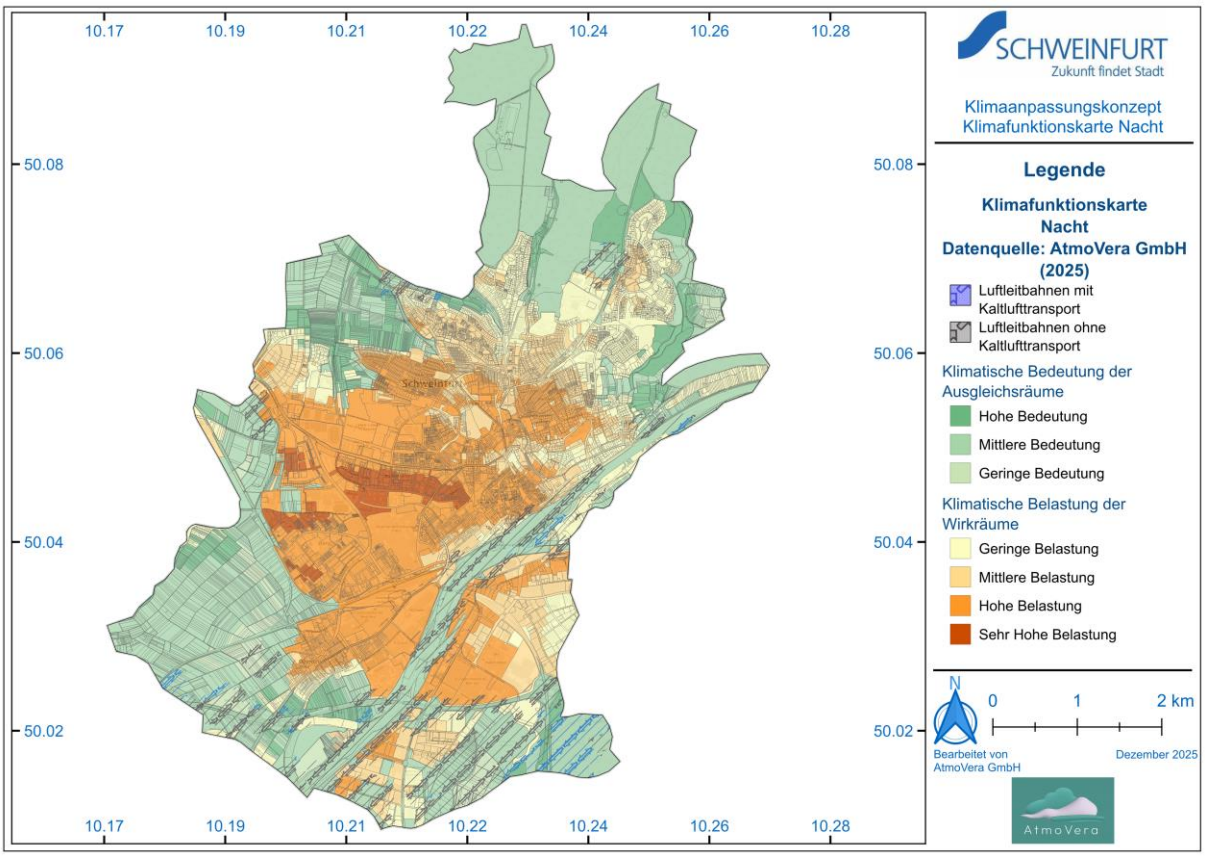

Abbildung 54: Klimafunktionskarte Nacht für Schweinfurt. Dargestellt sind Be- und Entlastungsbereiche sowie Luftleitbahnen.

Die Klimafunktionskarte für die Nacht (Abbildung 54) fasst die nächtlichen Belastungs- und Entlastungsmuster zusammen und stellt neben Überwärmungsbereichen auch Luftleitbahnen und Entlastungsräume dar. Besonders relevante Strukturen in Schweinfurt sind die Luftleitbahnen entlang des Mains sowie im Norden der Stadt. Außerdem zeichnen sich deutlich die westlich vom Stadtzentrum gelegenen Überwärmungsbereiche aus.

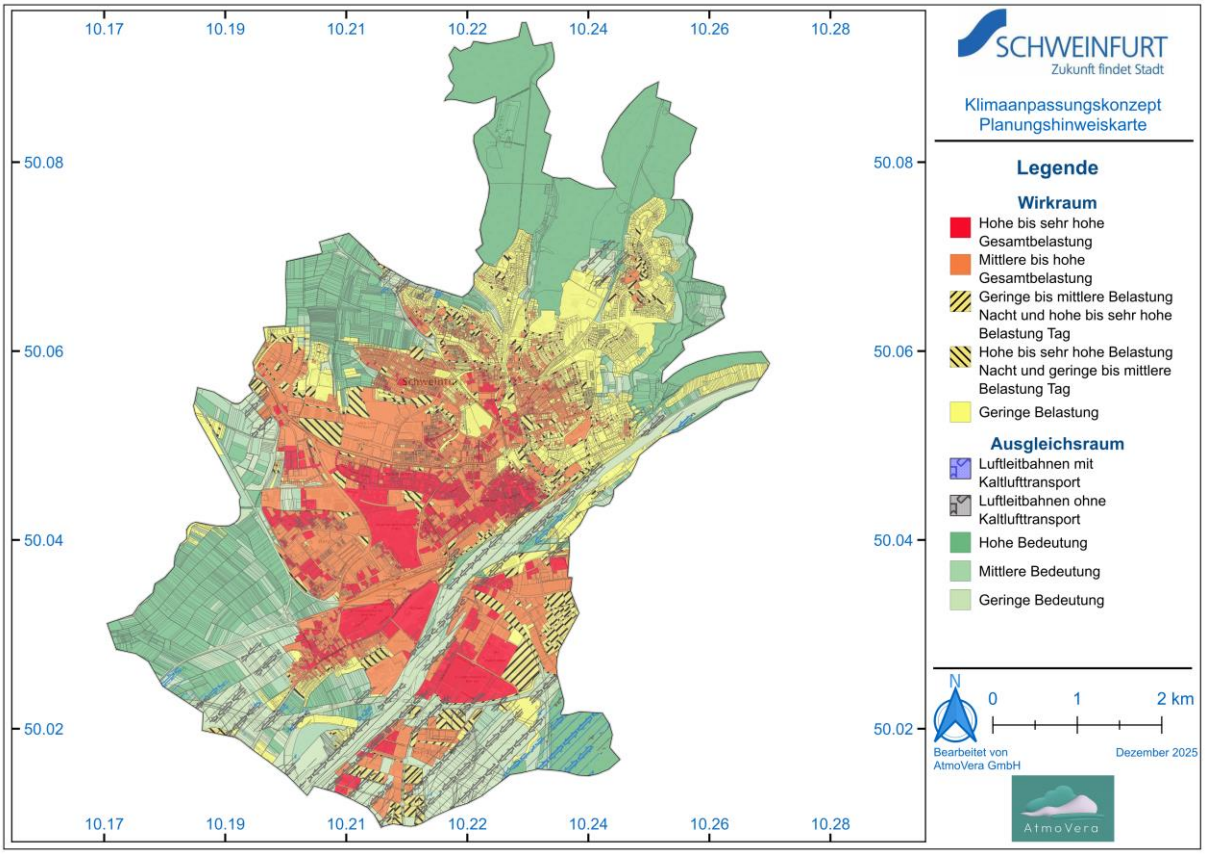

Abbildung 55: Planungshinweiskarte für Schweinfurt. Die Hitzebelastungen am Tage und in der Nacht sind zusammenfassend interpretiert worden. Im Klimaatlas befindet sich eine ausführlichere Legende mit Hinweisen auf die Priorität unterschiedlicher Maßnahmenstrategien.

Deutlich zu erkennen ist, dass in Schweinfurt große Flächen von besonders hoher Belastung betroffen sind, vor allem die zentralen und westlichen Stadtteile sowie die südlich gelegenen Industriegebiete (Abbildung 55). Die östlichen und nördlichen Stadteile sind aufgrund der nächtlichen Entwärmung durch das Windfeld weniger stark belastet. Die Freiflächen im Südwesten des Stadtgebietes sorgen vor allem nachts für eine gewisse Abkühlung durch ihre Offenheit, während die Waldflächen nördlich der Stadt sowohl Kaltluftproduktion verstärken als auch tagsüber ein wertvoller Erholungsraum sind.

6.1.2 Starkregen/Hochwasser

Starkregen- und Sturzflutrisiken weisen eine ausgeprägte räumliche Variabilität auf, da sich Wasser bei intensiven Niederschlägen entlang der Geländemorphologie in Fließpfaden konzentriert und Oberflächengegebenheiten sowie Versiegelung den Abfluss und die Schadenswahrscheinlichkeit wesentlich beeinflussen. Während Starkregenereignisse selbst nicht punktgenau vorhersehbar sind, lassen sich die potenziellen Abfluss- und Sammelräume als räumliche Gefährdungskulissen modellbasiert ableiten. Für dieses Projekt wurden Fließpfadanalysen durchgeführt, die Fließwege, Tiefpunkte und einen Umgriff für potenzielle Überflutungsräume ausweisen und damit eine planungsrelevante Grundlage zur Abschätzung räumlicher Schwerpunkte darstellen. Darüber hinaus liegen für das Stadtgebiet Schweinfurt aus anderen Projekten dezidierte Starkregen- und Hochwassergefahrenkarten vor, die von weiteren Dienstleistern erarbeitet wurden (Vgl. Integrales Konzept zum kommunalen Sturzflut - Risikomanagement). Die dort analysierten Gefahrenbereiche sind feiner aufgelöst und überlappen sich weitgehend mit den in der hier erstellten Fließpfadanalyse identifizierten Abfluss- und Sammelräumen, sodass die Fließpfadanalyse im Rahmen des vorliegenden Konzepts als geeignete Näherung zur Ermittlung räumlicher Risikoschwerpunkte herangezogen werden kann. Die folgenden Karten stellt diese Grundlagen dar und dient als Input für die Überlagerung mit exponierten Nutzungen und sensiblen Strukturen.

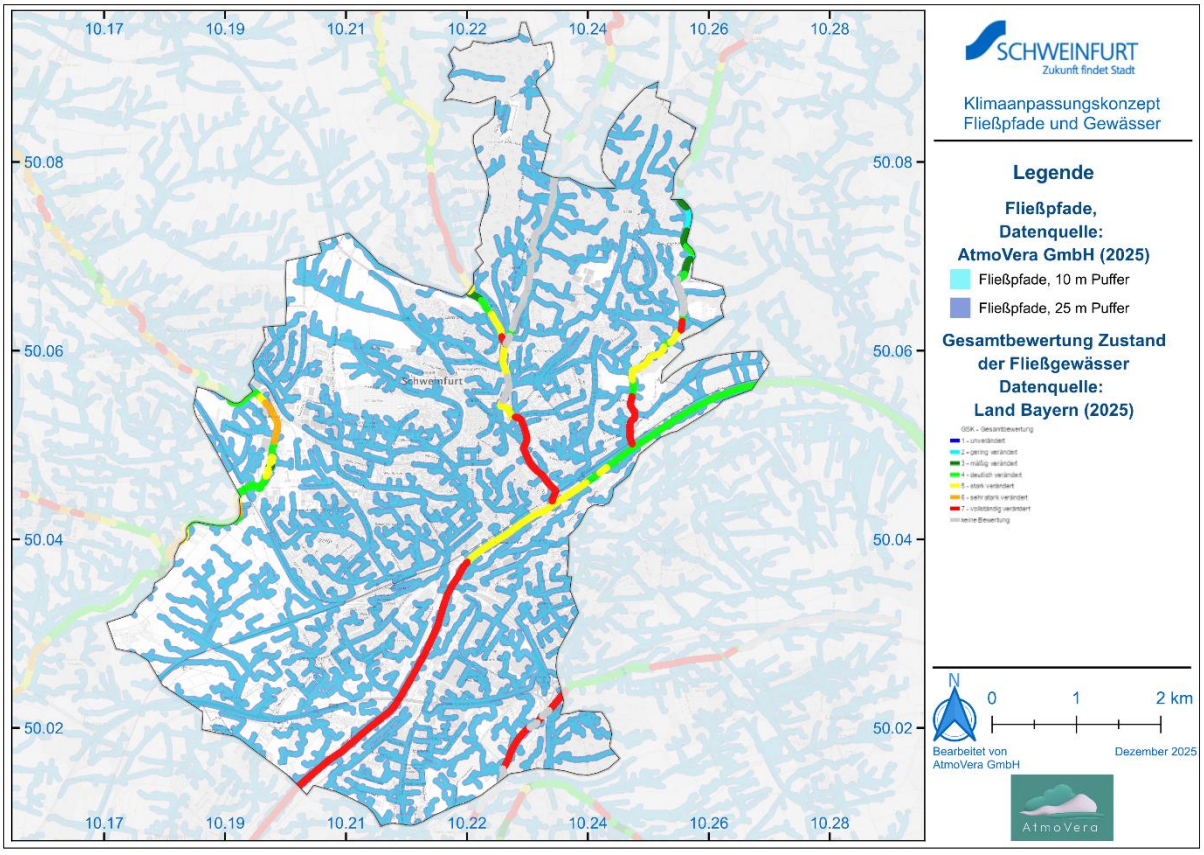

Abbildung 56: Fließpfadkarte und überlagert ist die Gesamtbewertung der Fließgewässer in Bezug auf die Ausprägung der menschlichen Eingriffe in den natürlichen Flussverlauf. Die Gesamtbewertung erfolgt mit einer Legende von dunkelblau (nicht verändert) bis dunkelrot (sehr stark verändert) in Bezug auf den Grad der Veränderungen durch menschliche Eingriffe.

Die Karte in Abbildung 56 stellt modellbasierte Fließwege und Sammelräume bei Starkregen dar und macht sichtbar, wo Oberflächenabfluss bevorzugt konzentriert wird (z. B. entlang topografischer Tiefpunkte, Hang-/Muldenstrukturen und linearer Abflussachsen). Durch die Überlagerung mit der Bewertung der Fließgewässer hinsichtlich menschlicher Eingriffe wird zusätzlich für Sturzfluthochwasser ein Kontext zur Gewässerstruktur bzw. zum natürlichen Rückhalte- und Abflussverhalten hergestellt. Die Karte bildet damit eine wesentliche Grundlage, um Starkregen-/Sturzflutgefährdung später mit exponierten Nutzungen (z. B. sensible Einrichtungen, Verkehr, Gebäude) zu verknüpfen und hotspotfähige Risikoräume abzuleiten.

Es ist sichtbar, dass die Gewässer dritter Ordnung, also vor allen Dingen Marienbach, Zellergrundbach und Höllental, im Bereich der städtischen Bebauung hochgradig verändert worden sind. Auch oberhalb und außerhalb der Gemeindegrenzen weisen diese Flüsse solche Bereiche auf, die tendenziell die Fließgeschwindigkeit und damit die Abflussmengen bei Hochwasser verstärken. Das Integrale Konzept zum kommunalen Sturzflut – Risikomanagement setzt hier an und hat konkrete Maßnahmen zur Retention und Verlangsamung aber auch dem Hochwasserschutz für Schweinfurt und seine Nachbarkommunen entwickelt. Die wesentlichen Fließwege finden sich in den nördlichen und östlichen Bereichen der Stadt mit größerem Gefälle und im südlichen und westlichen Teil der Stadt mit etwas geringerem Gefälle. Dies führt dazu, dass in den flacheren Stadtteilen Starkniederschläge eher zu punktuellen Überflutungen in Senkenbereichen führt, während in den von stärkerem Relief geprägten Stadtteilen sich dezidierte Fließpfade mit Sturzflutgefahr ausbilden können.

6.1.3 Sturm

Sturm- und Windrisiken sind grundsätzlich räumlich variabel, jedoch stehen für Schweinfurt keine hochaufgelösten Daten zu lokalen Windstärken bzw. zur räumlichen Verteilung von Extremböen in einer für die Hotspotanalyse geeigneten Detaillierung zur Verfügung. Eine räumliche Annäherung kann daher über die Exposition erfolgen:

Bestimmte bauliche und natürliche Bereiche sind aufgrund ihrer Höhenlage, Kuppen- und Hangexposition oder ihrer freien Anströmung tendenziell stärker windbeansprucht als geschützte Lagen. Für die Hotspotanalyse wird deshalb ein vereinfachtes Modell genutzt, das die relative Höhenexposition und die topographisch bedingte Windanfälligkeit als räumlichen Proxy für potenzielle Sturmexposition abbildet. Diese Expositionskulisse wird anschließend mit sensiblen Nutzungen und Infrastrukturen überlagert, um Räume zu identifizieren, in denen Sturmereignisse besonders plausibel zu relevanten Auswirkungen führen können. Da die Analyse der Exposition bereits die wesentliche räumliche Darstellung ist, wird auf eine Wiederholung an dieser Stelle verzichtet.

6.1.4 Trockenheit

Trockenheit tritt im Gegensatz zu Hitze und Starkregen in weiten Gebieten bei entsprechenden Großwetterlagen auf, sodass sich die Gefährdung durch Trockenperioden im Stadtgebiet nur begrenzt kleinräumig differenziert. Die räumlich variierende Wirkung ergibt sich jedoch deutlich über Exposition und Sensitivität: Je nach Bodeneigenschaften, Wasserhaltevermögen und Standortbedingungen reagieren Stadtgrün, Wald- und Gewässerräume sowie landwirtschaftliche Flächen unterschiedlich stark auf Wasserstress. Zusätzlich beeinflussen die Art und Lage wasserabhängiger Naturräume sowie die vorhandenen Puffer- und Speicherfunktionen (z. B. Böden, Feuchtbereiche) die Sensitivität gegenüber Trockenphasen. Für die Hotspotanalyse wird Trockenheit daher nicht primär über eine räumlich differenzierte Gefährdungskarte abgebildet, sondern über eine Karte, die Bodeneigenschaften, Wasserverfügbarkeit und wasserabhängige Naturräumen im Wasserretentionsvermögen zusammenfasst und eine räumliche Identifikation besonders sensitiv reagierender Teilräume ermöglichen. Die nachfolgende Grundlagenkarte zeigt diese Sensitivitätsmuster als Basis für die spätere Hotspotableitung.

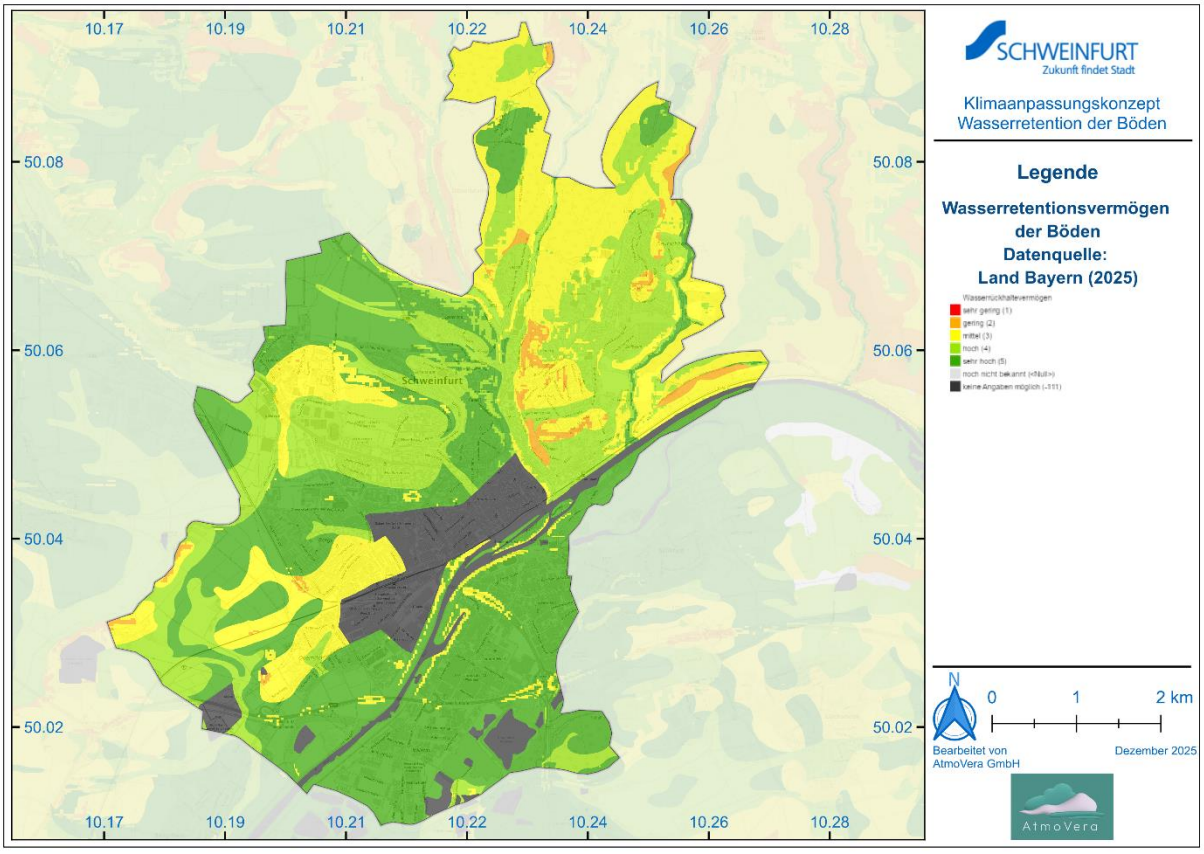

Abbildung 57: Dargestellt ist die qualitative Bewertung des Wasserretentionsvermögens aus der Analyse des bayrischen Landesamtes für Umwelt. Die Legende zeigt sehr geringe (rot) bis sehr hohe (dunkelgrün) Wasserretentionsvermögen auf, wobei Bereiche ohne verfügbare Daten hell- oder dunkelgrau dargestellt werden, wie z.B. im Stadtgebiet mit hoher Versiegelung oder im Bereich von Gewässern.

Abbildung 57 zeigt die qualitative Retentionsfähigkeit als räumlichen Hinweis darauf, wie gut Böden und Landschaftsstrukturen Wasser aufnehmen, speichern und verzögert abgeben können. Wasserflächen und hochgradig

versiegelte bzw. veränderte Bereiche werden jedoch nicht bzw. ausgegraut dargestellt. Bereiche mit geringer Retentionsfähigkeit sind tendenziell anfälliger für schnellen Oberflächenabfluss (Starkregen) und weisen zugleich geringere Puffer gegenüber Trockenphasen auf, während hohe Retentionspotenziale als stabilisierende Speicher- und Ausgleichsräume wirken können. In der Hotspotanalyse dient diese Karte der räumlichen Differenzierung von Sensitivität/Anfälligkeit gegenüber Trockenheit und hydrologischen Stresslagen.

Auffällig in Schweinfurt ist, dass die Hügel- und Hanglagen im Nordosten der Stadt geringe bis mittlere Wasserretentionsvermögen aufweisen, während ansonsten günstigere Verhältnisse vorherrschen, mit Ausnahme zwischen Bergl und Oberndorf. Die Waldflächen im Norden Schweinfurts und viele Stadtbäume im Osten/Nordosten der Stadt sind auf Böden mit mittlere oder teilweise geringer Wasserretentionskapazität angesiedelt, was deren Trockenheitsempfindlichkeit erhöht.

6.1.5 Versiegelung und Bebauung

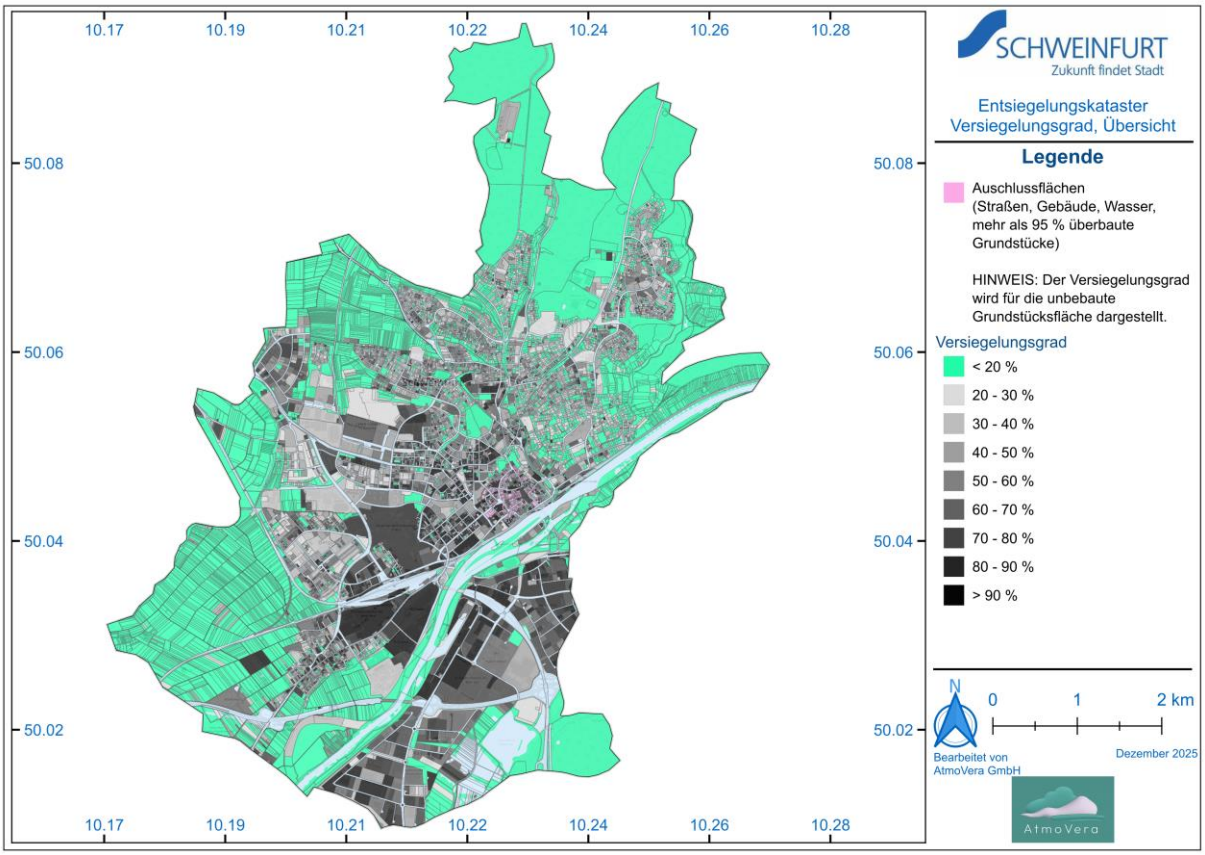

Abbildung 58: Darstellung des Versiegelungsgrades auf Flurstückebene. Basis ist die eigene hochauflösende Modellierung des Versiegelungsgrades.

Abbildung 58 zeigt den Versiegelungsgrad auf Flurstückebene und bildet damit eine hochaufgelöste Grundlage, um räumliche Unterschiede in der städtischen Oberflächenstruktur nachvollziehbar zu machen. Die Karte beruht auf einer eigenen, hochauflösenden Modellierung und macht sichtbar, wo große zusammenhängende versiegelte Flächen, teilversiegelte Bereiche und vergleichsweise durchlässigere Flurstücke liegen. In der Hotspotanalyse dient diese Information als zentraler Verstärkerlayer, weil hoher Versiegelungsgrad sowohl die Hitzebelastung (Wärmespeicherung, geringere Verdunstung) als auch Starkregenfolgen (schneller Oberflächenabfluss, geringere Versickerung) verschärfen kann. Klar sichtbar sind in dieser groben Auflösung auch schon die Industrieflächen Schweinfurts sowie der Volksfestplatz. Grundsätzlich variiert die versiegelte Fläche innerhalb der Siedlungsgebiete stark, weshalb hierauf in der Hotspotanalyse detailliert eingegangen wird.

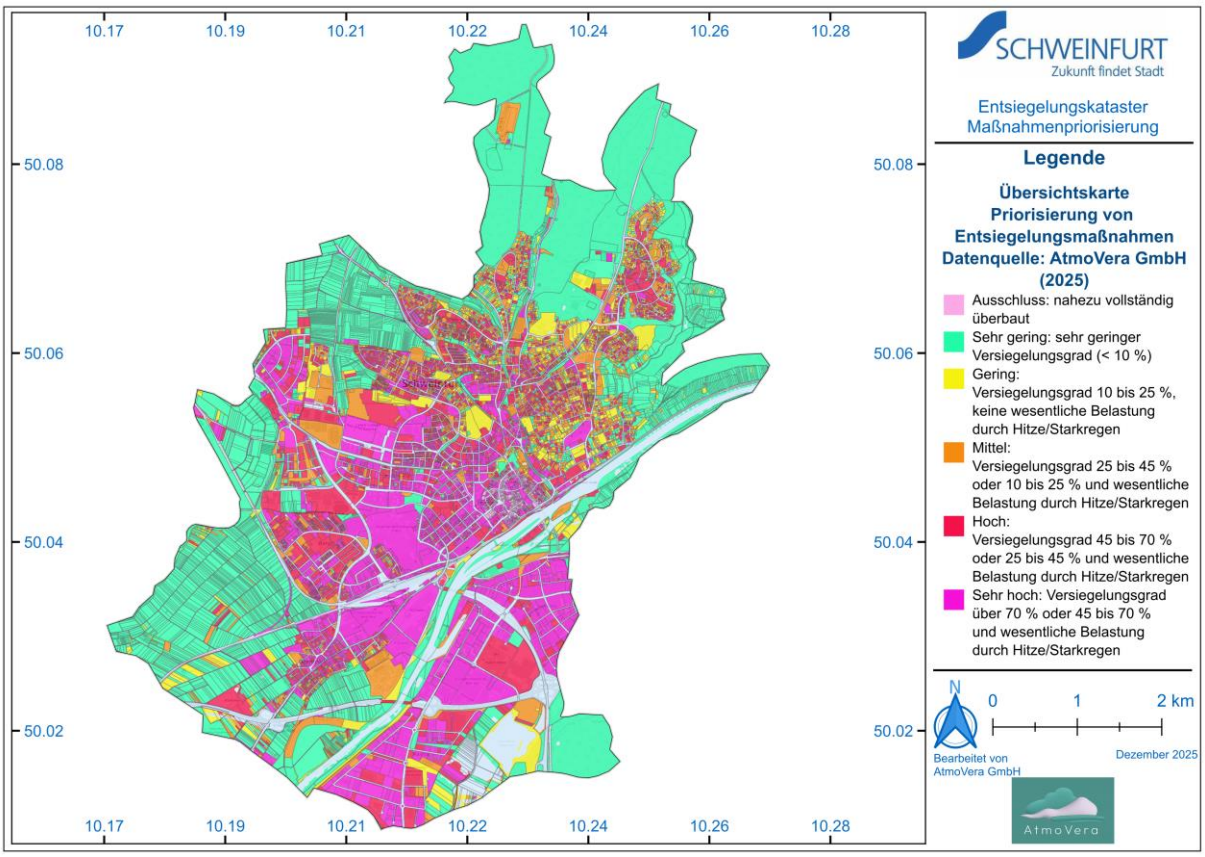

Abbildung 59: Priorisierungskarte der Flurstücke nach Hitze und Starkregen/Sturzflut in Bezug auf den Bedarf der Entsiegelung.

Die Karte in Abbildung 59 priorisiert Flurstücke nach dem Bedarf der Entsiegelung und kombiniert dafür Hinweise aus dem Grad der Versiegelung sowie den Belastungskulissen Hitze sowie Starkregen/Sturzflut. Die Karte bildet damit eine integrierte Planungshilfe, die Flächen identifiziert, bei denen Entsiegelung aus mehreren Risikoperspektiven besonders wirksam sein kann. Hohe Prioritäten ergeben sich typischerweise dort, wo starker Versiegelungsgrad mit hoher thermischer Belastung und/oder Lage in relevanten Abfluss- und Sammelräumen zusammenfällt. Für die weitere Bearbeitung kann die Priorisierung als Ausgangspunkt dienen, um prioritäre Räume für Entsiegelung, dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und grün-blaue Maßnahmenkulissen zu identifizieren. Die Priorität von Entsiegelung in weiten Teilen des Stadtgebietes ist hoch oder sehr hoch, vor allem die Industriegebiete stechen hier hervor sowie die Innenstadt und die daran westliche anschließenden Stadtteile Schweinfurts.

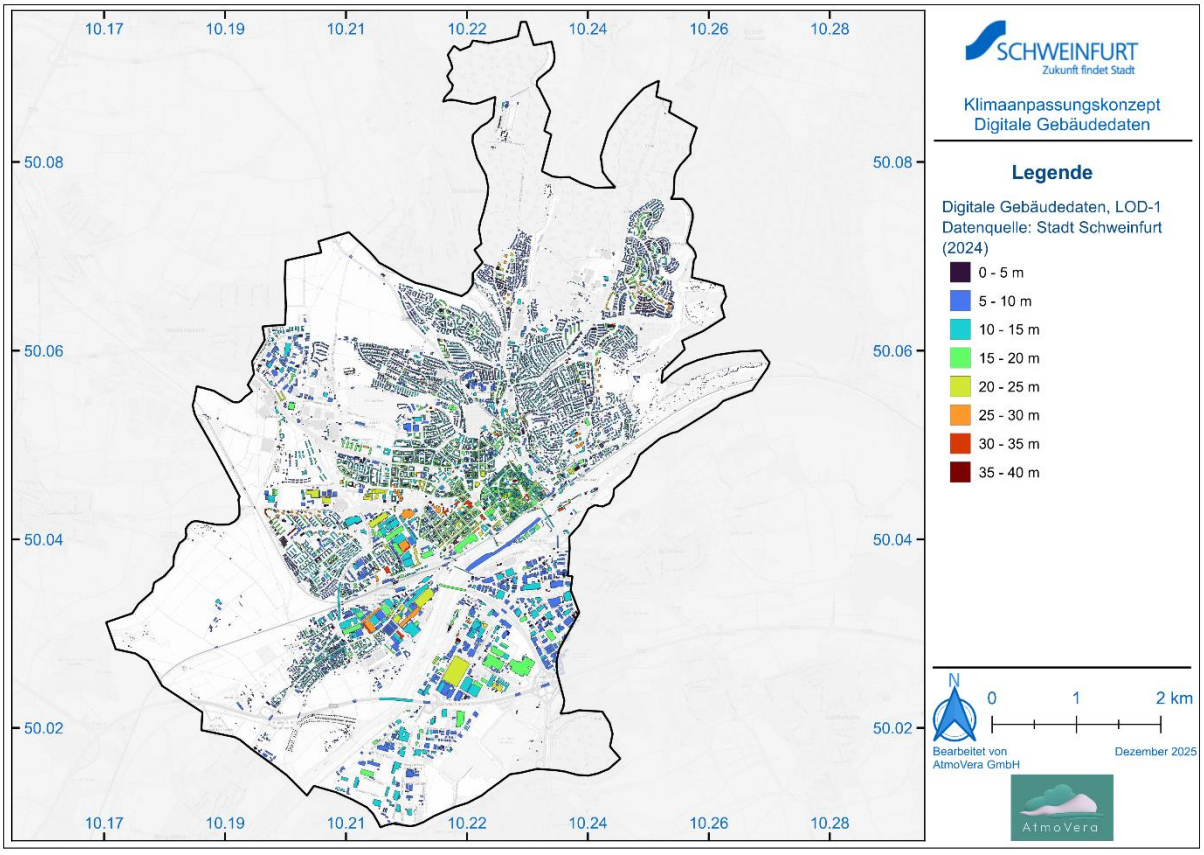

Abbildung 60: Darstellung der bebauten Gebiete und Gebäudehöhen auf der Basis der LOD-1 Daten der Stadt Schweinfurt.

Abbildung 60 zeigt die bebauten Gebiete und Gebäudehöhen auf Grundlage der LOD-1-Daten der Stadt Schweinfurt und liefert damit eine strukturbezogene Basis zur Interpretation von Hitzebelastung, Durchlüftung und Exposition gegenüber Sturmböen, denn höhere Gebäude, die auf Anhöhen stehen sind grundsätzlich exponierter als kleine Gebäude in Senkenlagen. Unterschiedliche Gebäudehöhen und Bebauungsdichten beeinflussen Strahlungs- und Verschattungsverhältnisse, Wärmespeicherung sowie lokale Luftströmungen und können damit die räumliche Ausprägung von Wärmeinseln und Entlastungsräumen mitbestimmen. Gleichzeitig unterstützt die Karte die Bewertung von Exposition und Schadenspotenzialen in Starkregen- oder Sturmszenarien, da sie Hinweise auf bauliche Konzentrationen und Raumnutzungsintensitäten liefert.

6.2 Räumliche Synthese auf Handlungsfeldebene

6.2.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales

Im Handlungsfeldcluster Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales stehen räumlich differenziert vor allem jene Teilräume im Vordergrund, in denen hohe Hitzebelastung mit einer erhöhten Exposition vulnerabler Bevölkerungsgruppen und sensibler Einrichtungen zusammenfällt. Die räumliche Variabilität ergibt sich dabei nur teilweise aus dem Witterungselement Hitze (Hitzeereignisse wirken großräumig) und zu großen Teilen aus den lokal stark unterschiedlichen Belastungs- und Entlastungsmustern im Stadtgefüge: Dichte Bebauung, geringe Durchgrünung und eingeschränkter nächtlicher Luftaustausch verstärken die thermische Belastung, während Grün- und Freiräume, Luftleitbahnen und Kaltluftentstehungsgebiete entlastend wirken. Ergänzend entstehen räumliche Betroffenheiten dort, wo Starkregen-/Sturzflutkulissen mit der Lage sensibler Nutzungen (z. B. Einrichtungen mit hoher Schutzbedürftigkeit, Einrichtungen mit hoher Aufenthaltsdichte) überlagern und dadurch die Funktionsfähigkeit und Erreichbarkeit im Ereignisfall gefährdet sein kann. Räumliche Betroffenheiten können außerdem indirekt durch mögliche Kaskaden über Verkehr/Erreichbarkeit und kritische Infrastruktur entstehen, wenn Extremereignisse parallel zu hohen Versorgungs- und Einsatzbedarfen auftreten. Als räumliche Synthese lassen sich damit insbesondere drei Betroffenheitstypen ableiten:

- hitzebelastete Siedlungsräume mit hoher Konzentration vulnerabler Gruppen,
- Standorte sensibler Einrichtungen in belasteten Wärme- bzw. Entlastungsdefiziträumen und
- Räume, in denen Starkregen-/Sturzflutgefährdung mit sensiblen Nutzungen oder Erreichbarkeitsachsen zusammenwirkt.

Auf gesamtstädtischer Ebene prägen sich diese Betroffenheiten typischerweise als Überlagerungen zwischen den Grundlagenkarten zur Hitzebelastung (Tag/Nacht), zur Verteilung vulnerabler Gruppen sowie zu Fließpfaden/Tiefpunkten aus und werden in den nachfolgenden Hotspotdarstellungen für konkrete, besonders betroffene Teilräume in Schweinfurt verdeutlicht.

6.2.2 Planen, Bauen und Infrastruktur

Im Handlungsfeldcluster Planen, Bauen und Infrastruktur ist die räumliche Differenzierung besonders stark ausgeprägt, da zentrale Risiken direkt an die Stadtstruktur gekoppelt sind. Für Hotspots prädestiniert sind vor allem Räume mit hoher Versiegelung und dichter Bebauung, in denen sich tagsüber hohe Wärmebelastung und nachts geringe Entlastung überlagern, sowie Bereiche, in denen Fließpfade und Tiefpunkte bei Starkregen zu Überflutungen von Verkehrsflächen, Unterführungen, Gebäuden oder technischen Infrastrukturen führen können. Zusätzlich entstehen räumliche Schwerpunkte beim Hitzestress öffentlicher Gebäude dort, wo gebäudebezogene Sensitivitäten (z. B. baualtersbedingte Überwärmungsanfälligkeit, geringe Verschattung) mit belasteten Umfeldstrukturen zusammenfallen. Die strukturelle Verankerung von Klimaanpassung ist als Risiko nicht punktuell kartierbar. Als räumliche Synthese lassen sich insbesondere drei Betroffenheitstypen bündeln:

- Wärmeinseln in dicht bebauten und stark versiegelten Quartieren,
- Überflutungs- und Sturzfluträume entlang von Fließpfaden, Tiefpunkten und hydraulischen Engstellen,
- sensible Gebäude- und Infrastrukturlagen in belasteten Umfeldkulissen

Auf gesamtstädtischer Ebene werden diese Muster vor allem durch die Grundlagenkarten zur Hitzebelastung (Tag/Nacht), zur Versiegelung, zu Fließpfaden/Sturzflutkulissen sowie durch Stadtstruktur- und Gebäudedaten sichtbar und werden im Anschluss anhand der Hotspotkulissen für Schweinfurt konkretisiert.

6.2.3 Wasser

Im Handlungsfeldcluster Wasser ergeben sich räumlich differenzierte Betroffenheiten insbesondere aus zwei Mechanismen: Zum einen variieren Starkregen- und Sturzflutrisiken stark räumlich, weil Oberflächenabfluss entlang der Geländemorphologie in Fließpfaden konzentriert wird und Versiegelung sowie geringe Retentions- und Versickerungspotenziale Abflussspitzen verstärken. Zum anderen führt Trockenheit zwar großräumig zu Belastungen, die räumliche Betroffenheit unterscheidet sich jedoch deutlich über Exposition und Sensitivität, etwa abhängig von Bodeneigenschaften, Wasserhaltevermögen, dem Vorhandensein wasserabhängiger Naturräume sowie der Stressanfälligkeit von Stadtgrün, Wald- und Gewässerräumen. Gewässerökologische Risiken zeigen räumliche Schwerpunkte insbesondere dort, wo Fließgewässerräume bereits strukturell vorbelastet sind oder wo Einträge und hydrologische Extreme zusammenwirken. Die Bodenerosion ist in Schweinfurt im gesamtstädtischen Kontext nachgeordnet aufgrund der Geländestruktur und wird im Rahmen der Hotspotanalyse nicht weiter vertieft. Als räumliche Synthese lassen sich damit drei Betroffenheitstypen ableiten:

- Starkregen-/Sturzfluträume entlang von Fließpfaden und Tiefpunkten,
- Trockenstressräume mit hoher Sensitivität von Vegetation, Böden und wasserabhängigen Naturräumen sowie
- sensible Gewässerräume mit Strukturdefiziten und erhöhten Belastungen.

Auf gesamtstädtischer Ebene sind diese Betroffenheiten vor allem über die Fließpfadgrundlagen, Retentions- und Bodenhinweiskarten sowie die Kartierung wasserabhängiger Natur- bzw. Gewässerräume nachvollziehbar und werden in den folgenden Hotspotdarstellungen räumlich konkretisiert.

6.2.4 Wirtschaft

Im Handlungsfeldcluster Wirtschaft sind räumlich differenzierte Betroffenheiten vor allem dort zu erwarten, wo klimatische Belastungskulissen auf wirtschaftlich bedeutsame Standorttypen und Infrastrukturen treffen. Hitzebezogene Risiken sind insbesondere in stark versiegelten, dicht bebauten Innenstadt- und Geschäftsbereichen sowie in großmaßstäblichen Gewerbe- und Industrielagen relevant, weil thermischer Komfort, Aufenthaltsqualität und betriebliche Arbeitsbedingungen räumlich unterschiedlich ausgeprägt sind. Starkregen- und Sturzflutrisiken wirken räumlich dort, wo betriebliche Standorte, Logistikflächen, Zufahrten oder technische Anlagen in potenziellen Überflutungsräumen liegen und dadurch Betriebsunterbrechungen und Folgeschäden wahrscheinlicher werden. Sturmbezogene Risiken können ergänzend über Höhen- und Expositionsannahmen in die räumliche Betrachtung einfließen, insbesondere bei exponierten Lagen oder störungsanfälligen Außenanlagen. Die Anpassungs- und Innovationsfähigkeit insbesondere von KMU ist primär ein strukturelles Risiko und lässt sich nicht räumlich kartieren. Als räumliche Synthese lassen sich damit zwei Betroffenheitstypen bündeln:

- hitzebelastete Innenstadt- und Wirtschaftsflächen mit hoher Versiegelung und hoher Nutzungsintensität,
- Standorte mit Starkregen-/Sturzflutexposition und hoher Abhängigkeit von Logistik und Infrastruktur.

Auf gesamtstädtischer Ebene prägen sich diese Muster in Schweinfurt vor allem über die Überlagerung von Hitzebelastung, Versiegelung, Fließpfaden sowie der Lage von Gewerbe-/Industriestrukturen und verkehrlicher Erschließung aus. Die nachfolgenden Hotspotdarstellungen konkretisieren dies für die in Schweinfurt am stärksten betroffenen Teilräume.

6.3 Analyse der Hotspots

6.3.1 Historischer Stadtkern

In Abbildung 61 sind Abgrenzung und Überlagerungen für den Hotspot „Historischer Stadtkern“ dargestellt. Er umfasst den historischen Kernbereich der Stadt Schweinfurt und ist durch einen sehr hohen Bebauungsgrad bei insgesamt geringem Spielraum für Entsiegelungsmaßnahmen aufgrund geringer nicht bebauter oder verkehrlich genutzter Grundflächen geprägt. Klimatisch dominiert vor allem Hitze: Die Belastung ist tagsüber besonders ausgeprägt, während nachts in den östlichen Teilen der Innenstadt und in der Nähe des Mains eine gewisse Entlastung über die Luftleitbahn am Main möglich ist. Ergänzend besteht eine moderate Starkregenrelevanz durch oberflächlichen Abfluss vor allen Dingen entlang der Straßenzüge im Westen der Innenstadt. Verstärkend wirken die starke bauliche Verdichtung, ein hoher Versiegelungsanteil und begrenzte Verschattungs- bzw. Verdunstungsleistungen im öffentlichen Raum aufgrund geringer Dichte an Stadtvegetation. Aus der Klimarisikoanalyse sind hier insbesondere hitzebedingte Risiken für Bevölkerung und Innenstadtfunktionen (u. a. Aufenthaltsqualität, Außenraumkomfort) sowie potenzielle Gebäudeschäden bzw. Funktionsbeeinträchtigungen durch Starkregenereignisse relevant. Besonders exponiert sind Personen mit hoher Aufenthaltsdauer (darunter vulnerable Bewohnergruppen) sowie Gastronomie und Ladengeschäfte bzw. deren Kundschaft, die stark von komfortablen Außenräumen abhängen. Die Sensitivität ist erhöht, weil die städtebauliche Veränderbarkeit im Bestand begrenzt ist und gleichzeitig hohe Anforderungen an Gestaltung, Denkmalschutz und Nutzungskonflikte bestehen. Als mögliche Kaskade kann die zentrale Bedeutung der Innenstadtattraktivität für die Gesamtstadt sowie eine Ausstrahlung von Überwärmung in angrenzende Bereiche (insbesondere über nächtliche Wärme) ergänzt werden. Prioritär ist der Hotspot, weil sehr hohe thermische Belastung und sehr hohe Nutzungsanforderungen zusammenfallen und die Betroffenheit bereits heute deutlich spürbar ist.

Lokale Ansatzräume für klimaangepasste Entwicklung der historischen Innenstadt können u. a. am Marktplatz, Martin-Luther-Platz und Rossmarkt/Busbahnhof aufgrund hoher Versiegelung vorgefunden werden, wo vor allen Dingen Beschattung und nach Möglichkeit auch Begrünung mit dezentraler Regenwassernutzung wichtige Beiträge für das Kleinklima leisten können. Ebenfalls hochgradig versiegelt ist der Parkplatz der Sparkasse direkt südwestlich des Rossmarktes. Diese Fläche ist auffällig und relevant, da sie im Gegensatz zu den meisten anderen Flächen in privater Hand und relativ großflächig ist.

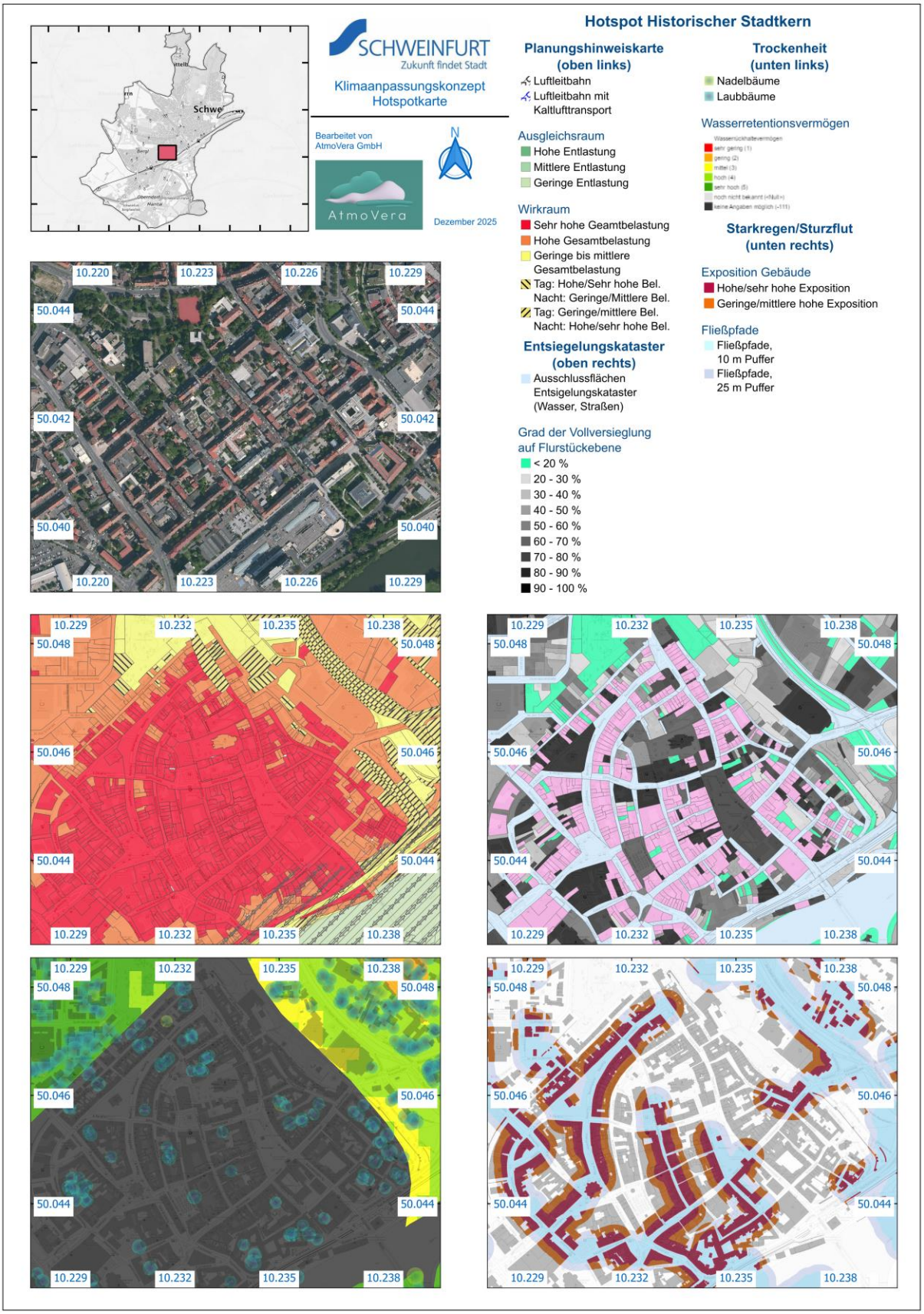

Abbildung 61: Hotspotdarstellung für den historischen Stadtkern.

6.3.2 Westliche Innenstadt

Bei Betrachtung von Abbildung 62 erkennt man den Hotspot „Westliche Innenstadt“ zwischen Ludwigstraße und Schrammstraße als dicht bebauten und stark versiegelten Teilraum mit vergleichsweise wenigen Entlastungsräumen. Im Vordergrund stehen Hitzerisiken sowohl am Tag als auch in der Nacht; in Richtung Mainufer sind punktuelle Entlastungspotenziale durch die Luftleitbahn sichtbar, wobei die Luftleitbahn jedoch vor allem von der Stadtgalerie Schweinfurt abgeschirmt wird. Insgesamt ist von einer hohen bis sehr hohen Grundbelastung auszugehen. Diese Belastung wird ergänzt durch Starkregenfolgen im Gebäudebestand, da sich im relativ flachen Quartier die Wassermassen aus den umliegenden Bereichen ansammeln, die überwiegend dicht bebaut und versiegelt sind. Prägend für die Hitzebelastung ist die Kombination aus hoher Speichermasse, geringer Durchgrünung und nach Norden eingeschränktem Luftaustausch, wodurch sich insbesondere die nächtliche Überwärmung verstärken kann, vor allem, da mit der östlichen Grundströmung der Luftleitbahnen bzw. des lokalen Windsystems ebenfalls überwärmte Luft aus der historischen Innenstadt herangeführt wird.

Als zentrale Risiken sind hier vor allem hitzebedingte Belastungen für die Wohnbevölkerung sowie Starkregen-/Überflutungsfolgen (z. B. Keller, Tiefpunkte, technische Anlagen) relevant. Exponiert sind vorrangig Wohnnutzungen und damit auch vulnerable Gruppen, insbesondere dort, wo Wohnungen ungünstige bauliche Voraussetzungen für Hitzeschutz aufweisen. Die Sensitivität ist in diesem Quartier zusätzlich durch soziale Faktoren erhöht (u. a. geringere Einkommen, begrenzte private Handlungsspielräume, potenziell geringere Anpassungskapazität), sodass Belastungen im Alltag schneller wirksam werden. Als Kaskadenbezug kann die Bedeutung von Erreichbarkeit, sozialer Einbindung und niedrigschwelligen Entlastungsangeboten (z. B. „kühle Orte“) in dieser Wohnlage ergänzt werden. Außerdem befinden sich mit der Seniorenresidenz Augustinum (Ludwigstraße), der Frieden-Mittelschule (Ludwigstraße) und dem Krankenhaus St. Josef eine hohe Konzentration an vulnerablen Gruppen bzw. Gebäuden/Orten in diesem Hotspot, die von diesen frequentiert werden. Prioritär ist der Hotspot damit aufgrund der hohen sozialen Relevanz bei gleichzeitig großen Chancen, durch eine attraktivere Umgestaltung und bessere Vernetzung zur Gutermann-Promenade/Mainufer und zu den Grünarealen des „Grünen Bandes“ (Vgl. ISEK-Teilfortschreibung 2025) spürbare Verbesserungen zu erreichen.

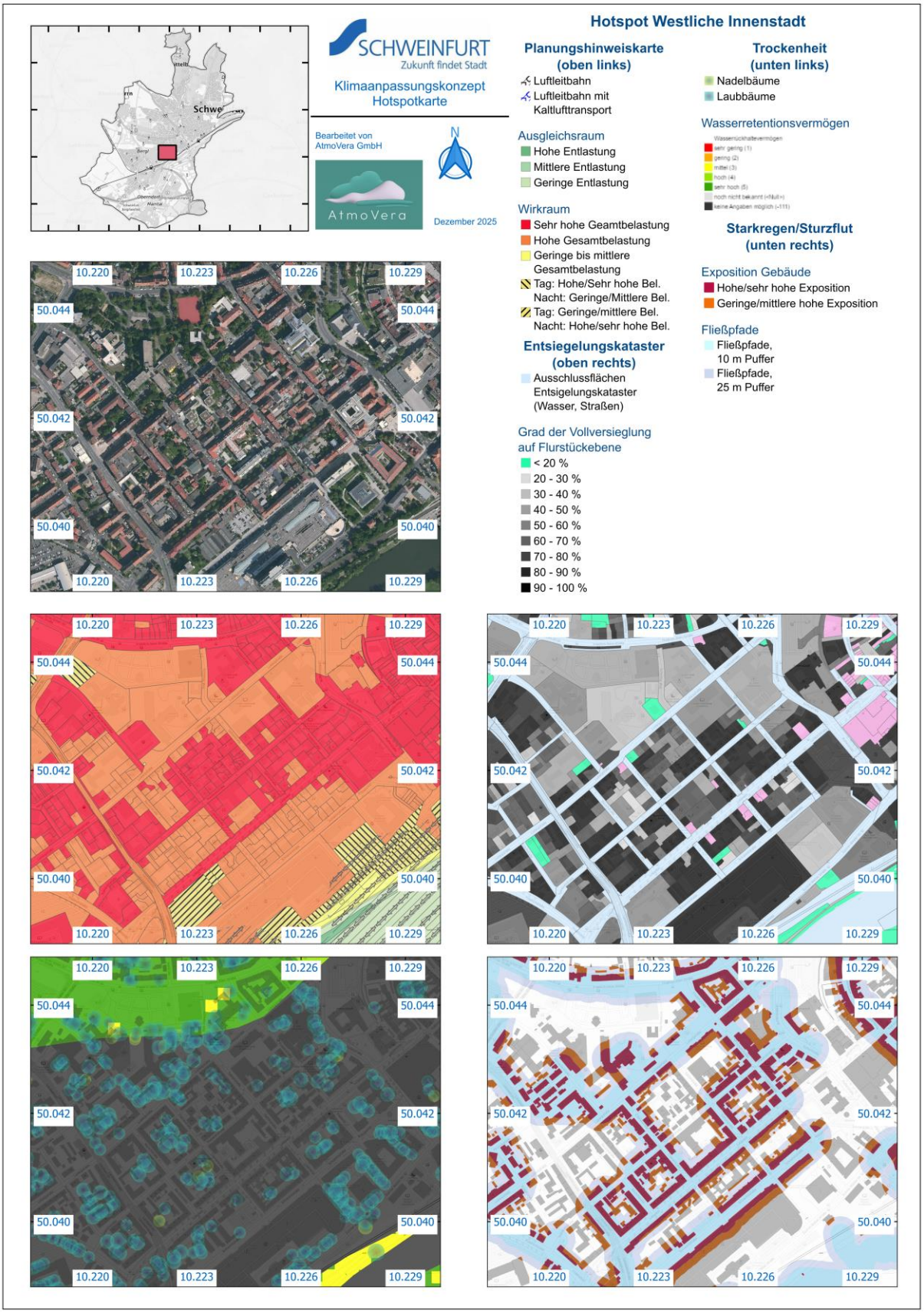

Abbildung 62: Hotspotdarstellung für die westliche Innenstadt.

6.3.3 Gewerbegebiet Heckenweg & Deutschhöfer Straße

Abbildung 63 bildet den Hotspot „Gewerbegebiet Heckenweg & Deutschhöfer Straße“ in den Gewerbearealen zwischen Maibacher Straße/Rhönstraße und Dittelbrunner Straße ab und zeigt die räumliche Nähe großflächig versiegelter Nutzungen zu angrenzenden Wohngebieten. Im klimatischen Wirkprofil stehen Hitze (vor allem tagsüber) sowie Starkregen/oberflächlicher Abfluss im Vordergrund. Im lokalen Kontext ist zudem die Abflussrelevanz der Fließwege zum hochwassergefährdeten Bereich rund um den Marienbach als relevanter planerischer Bezugspunkt einzubeziehen. Der hohe Versiegelungsgrad und geringe Verdunstungsanteile, durch die auf den Gewerbeflächen eher geringe Durchgrünung wirken doppelt: Sie verstärken die Wärmebelastung und erzeugen bei Starkregen schnelle Abflussspitzen, die in angrenzende Siedlungsräume hineinwirken können.

Es ergeben sich hier insbesondere Risiken für Betriebe (Schäden/Betriebsstörungen durch Überflutung) sowie eine Verstärkung der Hitzebelastung und Starkregengefährdung in umliegenden Wohnbereichen; damit verbindet sich ein klarer Querschnitt zwischen den Handlungsfeldern Wirtschaft und Planen, Bauen und Infrastruktur bzw. Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales. Außerdem fließen die Starkregenniederschläge über die Deutschhöfer Straße in Richtung Marienbachtal. Davon ist der Schulkomplex aus Franziskus-Schule, Schiller-Grundschule und Julius-Kardinal-Döpfner-Schule betroffen. Exponiert sind Gewerbebetriebe sowie angrenzende Wohngebäude, bei denen Eigentumsstrukturen und Investitionsentscheidungen (Instandhaltung/Vorsorge) die lokale Anpassungsdynamik beeinflussen können. Die Sensitivität ist erhöht durch potenziell hohe Schadensausmaße bei Sturzfluten, die Nähe von Abflusswegen zu Bebauung sowie eine teilweise altersbedingt erhöhte gesundheitliche Vulnerabilität in der Wohnbevölkerung im Vergleich zum städtischen Durchschnitt in Schweinfurt. Als Kaskadenbezug kann ergänzt werden, dass Abfluss- und Hitzeeffekte auf Nachbarschaftsräume ausstrahlen und bei Starkregen auch verkehrliche Erreichbarkeiten beeinträchtigen können.

Der Hotspot ist prioritär, weil hier gute Entsiegelungs- und Verschattungspotenziale innerhalb von belasteten Bereichen vorhanden sind, die zugleich Abflussrisiken senken und die Wärmebelastung mindern können. Als lokale Besonderheit kann die potenzielle Stärkung des Kaltlufttransports in Richtung der westlichen Stadtteile durch die Fernwirkung von möglicher Begrünung/Entsiegelung in diesem Bereich angesprochen werden.

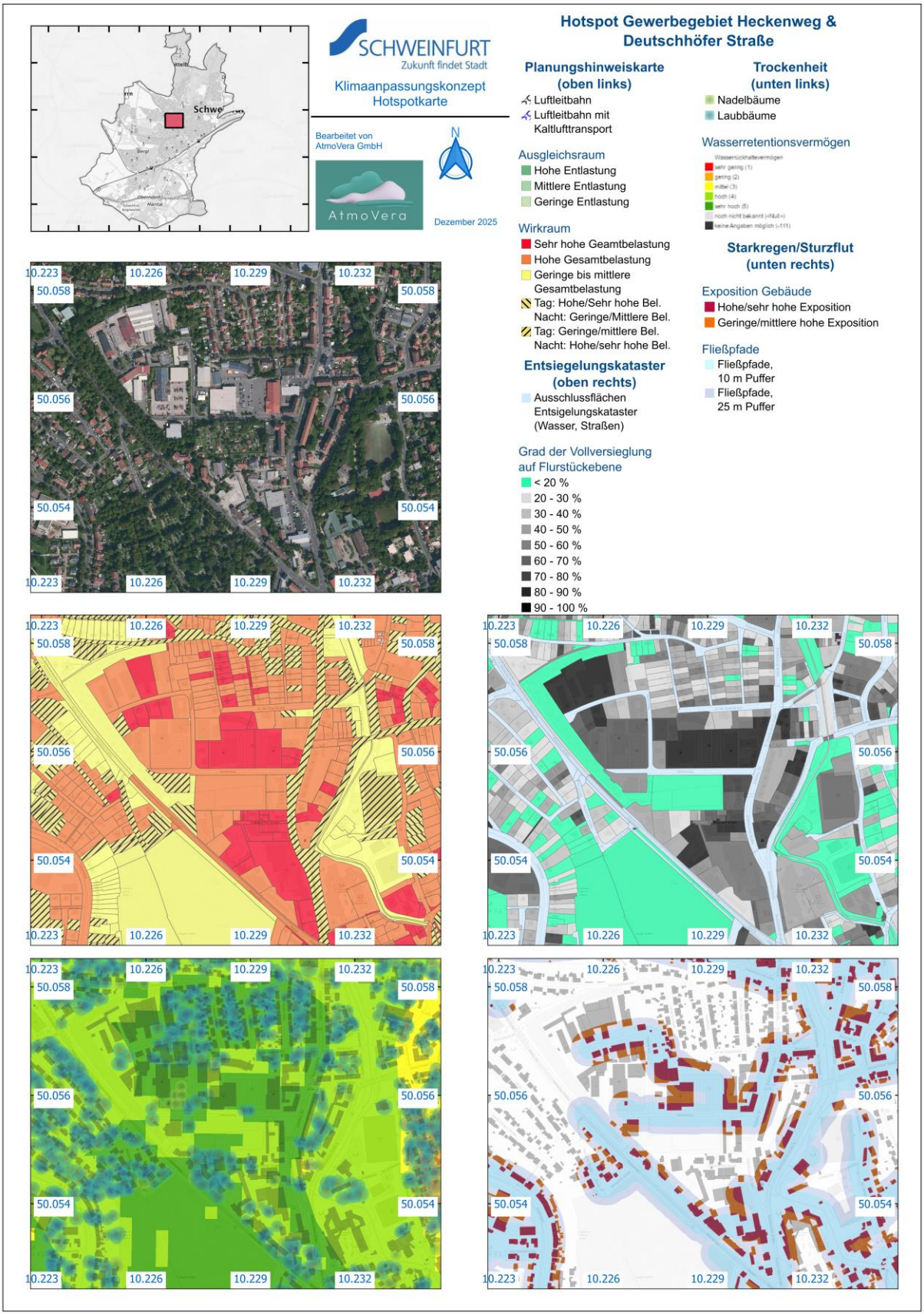

Abbildung 63: Hotspotdarstellung für die Gewerbegebiete Heckenweg & Deutschhöfer Straße.

6.3.4 Gewerbeareale Franz-Schubert-Straße & Schelmsrasen

Auf der Karte in Abbildung 64 ist der Hotspot „Gewerbeareale Franz-Schubert-Straße & Schelmsrasen“ am nordwestlichen Stadtrand östlich der Kleingartenanlagen verortet. Er reicht in Richtung Schelmsrasen und ist durch hohe Versiegelung in topografisch abflussrelevanter Lage gekennzeichnet. Neben einer erhöhten Hitzebelastung steht hier vor allem die Starkregen-/Sturzflutgefährdung der Unterlieger entlang des Schelmsrasen im Fokus, da ein schadenträchtiger Fließweg in diesem Bereich abflusswirksam ist, was auch mit einer Häufung von Feuerwehreinsätzen in diesem Bereich dokumentiert ist. Entscheidend ist, dass versiegelte Flächen im Oberliegerbereich bei Starkregen schnelle Abflusskonzentrationen erzeugen und diese in tiefer liegende Straßen- und Siedlungsräume weiterleiten. Zugleich erhöht die Versiegelung die Wärmebelastung im Umfeld.

Relevante Klimarisiken sind damit insbesondere Überflutungsrisiken für Gebäude und Infrastrukturen sowie hitzebedingte Belastungen in angrenzenden Wohnbereichen. Exponiert sind Gewerbeflächen, angrenzende Wohngebiete und potenziell sensible Infrastrukturen entlang des Abflusskorridors, wobei die Anpassungskapazität im Bestand je nach Gebäudetypologie und Eigentumsstruktur variiert. Die Sensitivität ist hoch, weil Fließwege versiegelte Flächen direkt mit Unterliegerbereichen verbinden und wiederkehrende Belastungen dort zu hohen Schadens- und Störungspotenzialen führen können. Als Kaskadenbezug kann die Möglichkeit ergänzt werden, dass Überflutungen Verkehrsbeziehungen und Einsatz-/Erreichbarkeit im Ereignisfall beeinträchtigen oder technische Anlagen ausfallen. Erwähnenswert sind das von der Lage betroffene Rote Kreuz-Zentrum für Bevölkerungsschutz und Resilienz sowie die Stadtwerke Schweinfurt und die Friedrich-Fischer-Schule.

Prioritär ist der Hotspot, weil die Schutzbedürftigkeit der unterhalb liegenden, wiederholt betroffenen Anlieger besonders hoch ist und zugleich wirksame Stellschrauben im Oberliegerbereich bestehen. Eine wesentliche Anforderung aus der hier festgestellten Gefährdungslage ist die Tatsache, dass bei der Entsiegelung auf die Verwirklichung von dezentralen Retentionsmaßnahmen zu achten ist, um den Überflutungsschutz wirksam zu erhöhen. Einen Beitrag und ein nachahmenswertes Beispiel ist die geplante Entsiegelungsmaßnahme an der Kreuzung von Schelmsrasen und Nikolaus-Hofmann-Straße, die im Rahmen der Teilfortschreibung des ISEK auch zum grünen Band beiträgt.

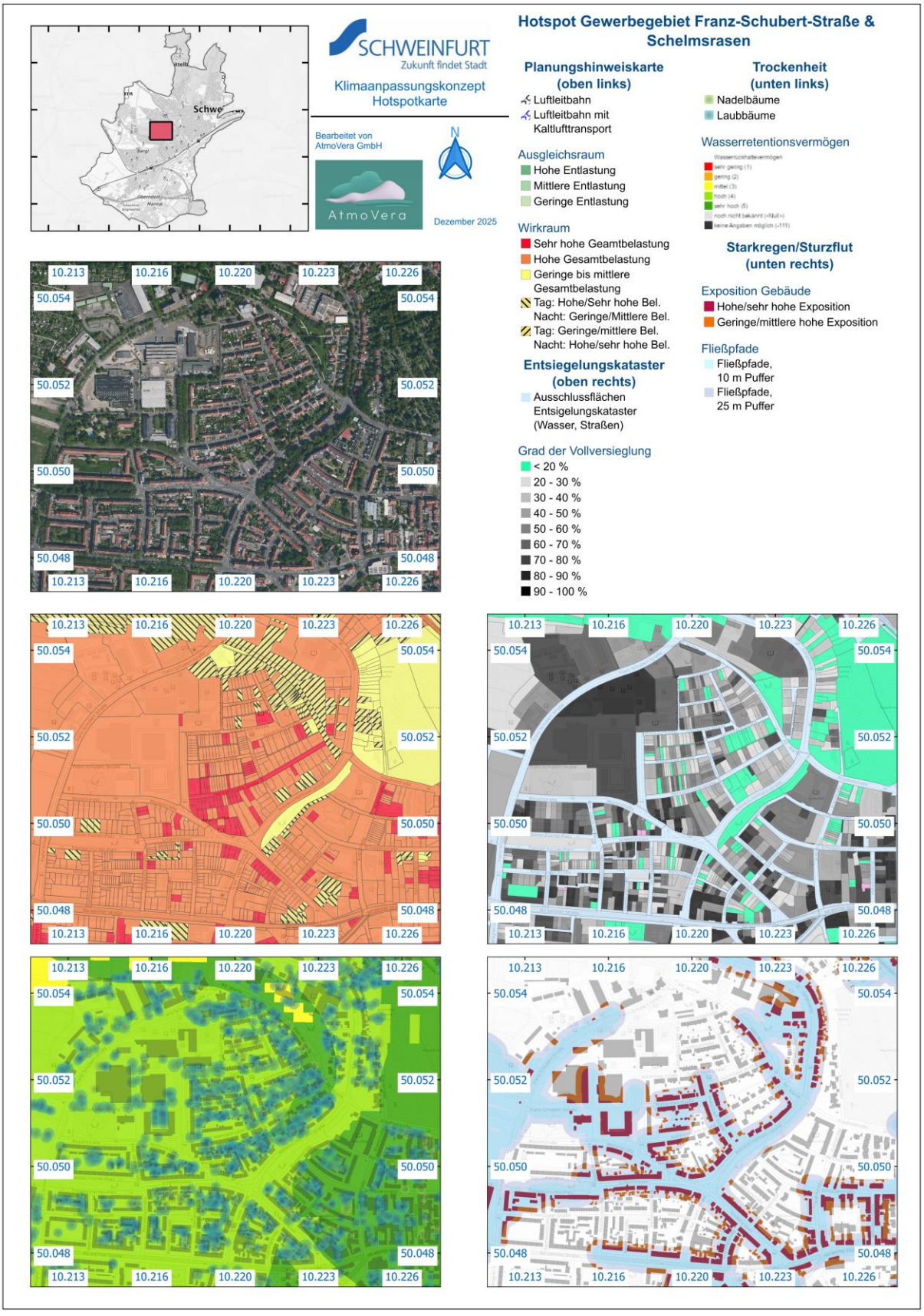

Abbildung 64: Hotspotdarstellung für das Gewerbeareal Franz-Schubert-Straße & den Schelmsrasen.

6.3.5 Volksfestplatz und Florian-Geyer-Straße/Musikerviertel

Die in Abbildung 65 dargestellte Kulisse „Volksfestplatz und Florian-Geyer-Straße/Musikerviertel“ umfasst den Bereich zwischen Volksfestplatz (Westen), Musikerviertel (Osten), Florian-Geyer-Straße (Süden) und Niederwerrner Straße (Norden) und wird durch eine große versiegelte Veranstaltungsfläche mit angrenzenden Wohnstrukturen geprägt. Klimatisch relevant sind Hitze (insbesondere nachts; auf dem Volksfestplatz und im direkten Umfeld teils auch tagsüber) sowie Starkregen-/Abflussrisiken, die sich im Bereich der Florian-Geyer-Straße konzentrieren können. Die großflächige Asphaltierung wirkt dabei als Wärme- und Abflussverstärker: Sie speichert Wärme, reduziert Verdunstung und sammelt Oberflächenwasser, das bei Starkregen in Richtung Florian-Geyer-Straße als Fließweg weitergeleitet wird. Die lokale nächtliche Entlastung ist von der Kaltluftströmung am Main abgeschirmt.

Als zentrale Risiken sind hier vorrangig starkregenbedingte Schäden/Überflutungen sowie nächtliche Überwärmung mit Folgen für Wohnkomfort und Gesundheit relevant. Exponiert sind Bewohnerinnen und Bewohner in den angrenzenden Quartieren sowie, temporär mit hoher Intensität, Besucherinnen und Besucher bei Veranstaltungen, wodurch zeitweise sehr hohe Aufenthaltsdichten entstehen können. Die Sensitivität ist erhöht durch den hohen Anteil versiegelter Flächen im Einzugsgebiet des Fließweges sowie durch die Kombination aus Abfluss- und Wärmeeffekten. Als Kaskadenbezug besteht die Gefahr, dass Starkregenfolgen Erreichbarkeit, Veranstaltungslogistik und Unterliegerbereiche beeinflussen können. Die THWS und der Kindergarten Dreieinigkeitskirche ist potenziell von den Starkregenabflüssen betroffen.

Prioritär ist der Hotspot, weil eine multifunktionale Umgestaltung/Entsiegelung großer Flächen hier überproportional und über die Gebietskulisse hinaus mit einer positiven Fernwirkung für die von Hitzebelastung betroffenen westlichen Stadtteile von Schweinfurt wirksam sein kann (Abflussminderung, Mikroklima, nächtliche Entlastung), gleichzeitig aber die Veranstaltungsfunktion zu sichern ist. Daher ist die zukunftsfeste Weiterentwicklung des Volksfestplatzes unter Nutzungsanforderungen für große Festivitäten eine besondere Herausforderung.

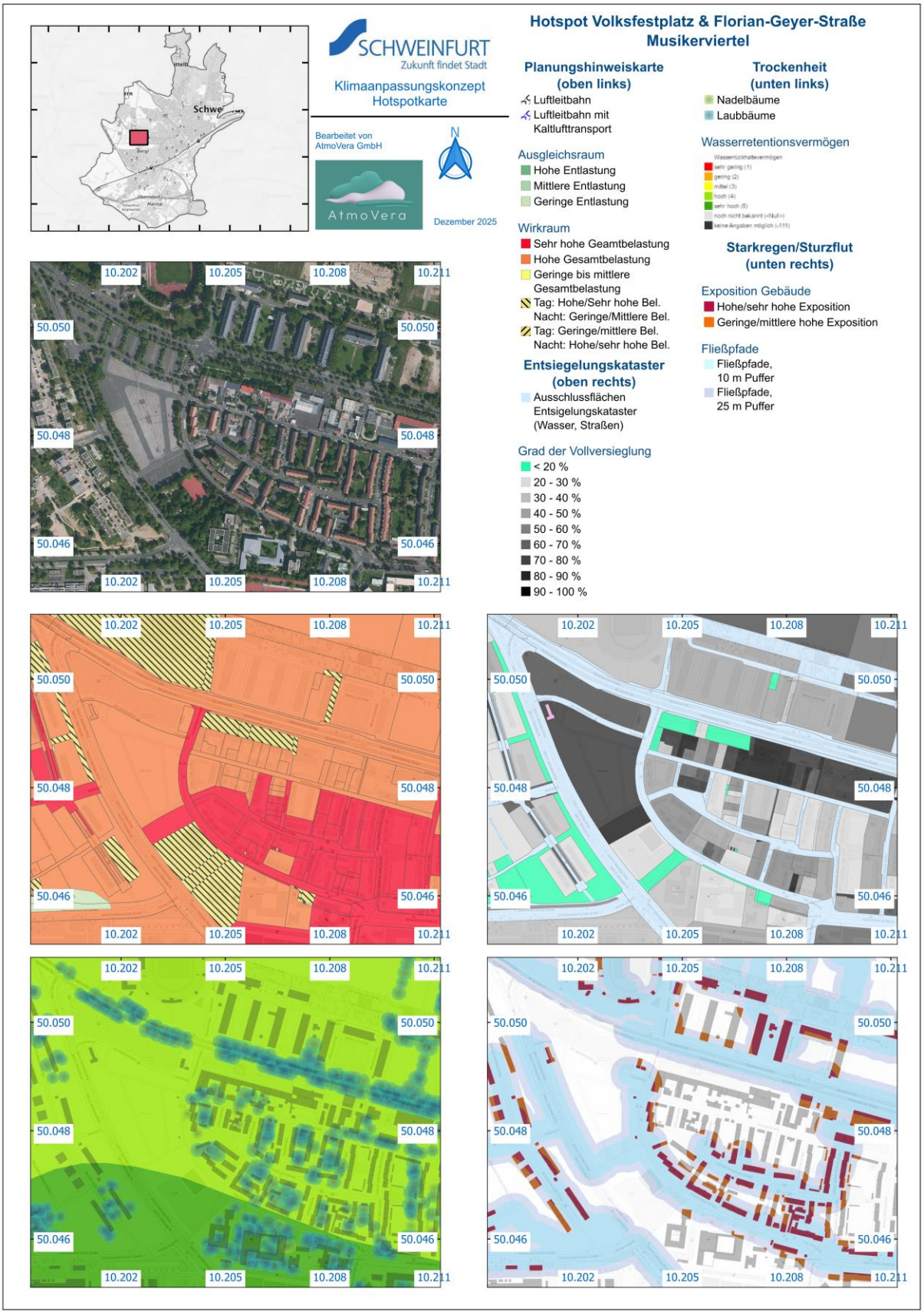

Abbildung 65: Hotspotdarstellung für den Volksfestplatz und Florian-Geyer-Straße/Musikerviertel.

6.3.6 Sturzfluthotspot Höllental

In Abbildung 66 wird der Hotspot „Sturzfluthotspot Höllental“ sichtbar, der das Wohnviertel am östlichen Stadtrand rund um die Straße „Höllental“ und den Bach „Höllenbach“ umfasst. Prägend ist hier der enge, in stark veränderter Form gefasste Bachlauf, der in unmittelbarer Nähe zu Grundstücken und Gebäuden verläuft und bei Starkregenereignissen rasch hohe Abflüsse führen kann. Klimatisch steht eindeutig die Sturzflut- bzw. Starkregengefahr im Vordergrund, da der Höllenbach in kurzer Zeit auf Niederschläge reagiert und Wasser direkt durch die Siedlung geführt wird.

Die relevanten Klimarisiken betreffen in diesem Bereich vor allem Überflutungen von Wohngebäuden, Außenanlagen und Infrastrukturen mit entsprechenden Sachschäden und Beeinträchtigungen der Nutzung. Exponiert sind vorrangig Wohnnutzungen, bei denen die direkte Nähe einzelner Grundstücke zum eingeengten Bachlauf die Betroffenheit deutlich erhöht. Die Sensitivität ist insbesondere dort hoch, wo Bebauung, Geländeverlauf und Bachprofil zusammenfallen und kaum räumliche Puffer bestehen. Kaskaden können entstehen, wenn bei Starkniederschlägen parallel in anderen Hotspots Einsätze erforderlich sind und dadurch die Einsatzkapazitäten in der akuten Phase besonders stark belastet werden.

Planerisch hat der Bereich eine hohe Priorität, da es sich um einen der am stärksten betroffenen Räume bei Starkregen handelt, der innerhalb weniger Stunden auf Ereignisse reagieren kann. Als lokale Besonderheit ist die enge Verzahnung von kommunalem Hochwasserschutz und privatem Objektschutz bedeutsam, etwa wenn städtische Maßnahmen Spitzenabflüsse dämpfen und gleichzeitig angepasste Objektschutzmaßnahmen bis etwa 50 cm Wasserhöhe ein robustes Sicherheitsniveau schaffen.

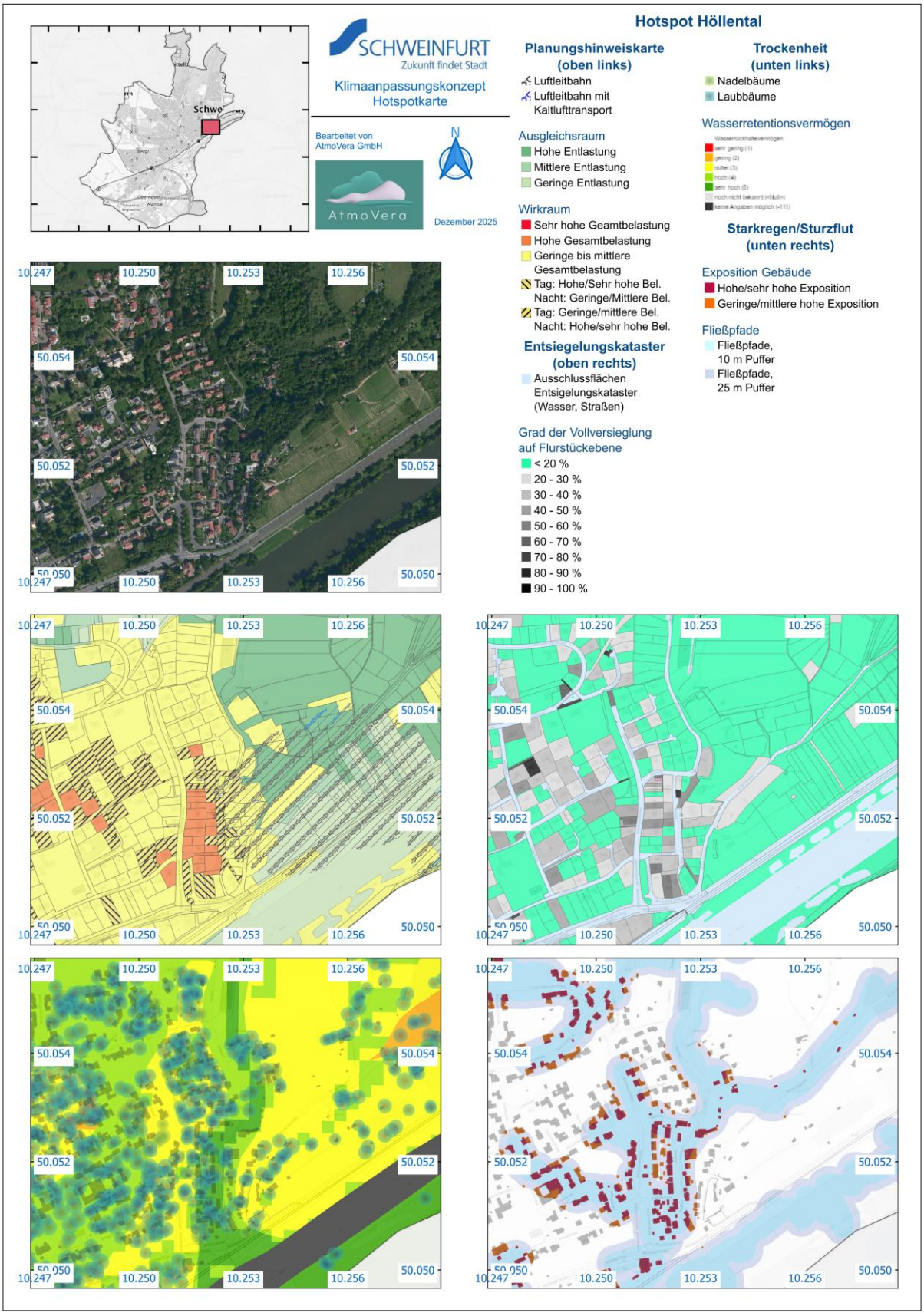

Abbildung 66: Hotspotdarstellung für das Höllental.

6.3.7 Sturzfluthotspot Marienbach

Die Karte in Abbildung 67 zeigt den Hotspot „Sturzfluthotspot Marienbach“ entlang des städtischen Verlaufs des Marienbachs, insbesondere vom Bereich Dittelbrunner Straße/Haardtberg bis zum Umfeld des Panorama Hotels. In diesem Abschnitt treffen ein stark verengter Bachlauf im Stadtgebiet und ein hoher Versiegelungsgrad im Einzugsgebiet aufeinander, sodass Starkregenwasser schnell konzentriert abgeführt wird. Dominierende klimatische Einflüsse sind Sturzfluten und hochwasserartige Abflussspitzen, die zu Überflutungen, Gebäudeschäden und Beeinträchtigungen von Straßen- und Verkehrsräumen führen können; ergänzend spielt Hitze aufgrund der städtischen Lage, vor allem tagsüber, eine relevante Rolle.

Zu den zentralen Klimarisiken zählen daher Starkregen- und Sturzflutereignisse mit Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und Verkehrsanlagen sowie eine erhöhte Einsatzdichte bei der Feuerwehr; zusätzlich können Hitzebelastungen an einzelnen Standorten, etwa bei Schulen, wirksam werden. Exponiert sind insbesondere Straßen- und Verkehrsräume, angrenzende Wohngebiete sowie potenziell die Franziskus-Schule und die Schiller-Grundschule, die sowohl auf Überflutung als auch auf Hitze sensibel reagieren können. Die Sensitivität ist hoch, weil der Flusslauf im Stadtbereich verengt ist und zusätzliche Wassermengen aus versiegelten Flächen hinzukommen; gleichzeitig sind einzelne soziale und Bildungsnutzungen besonders schutzbedürftig. Kaskadeneffekte können entstehen, wenn Starkregenereignisse in diesem Bereich mit Ereignissen in anderen Hotspots zusammenfallen und die Einsatzlast erheblich steigt, während hohe Gebäudeschäden Anwohner finanziell stark beanspruchen können.

Aus planerischer Sicht ist der Marienbach-Hotspot prioritär, weil die Sturzflutpotenziale flächenhaft wirken und eine größere Zahl von Nutzungen und Infrastrukturen betreffen. Auch hier ist es eine lokale Besonderheit, dass kommunaler Hochwasserschutz (z. B. Maßnahmen zur Reduzierung von Spitzenabflüssen) und gezielter Objektschutz an Gebäuden eng verzahnt werden müssen, um die Risiken wirksam zu begrenzen.

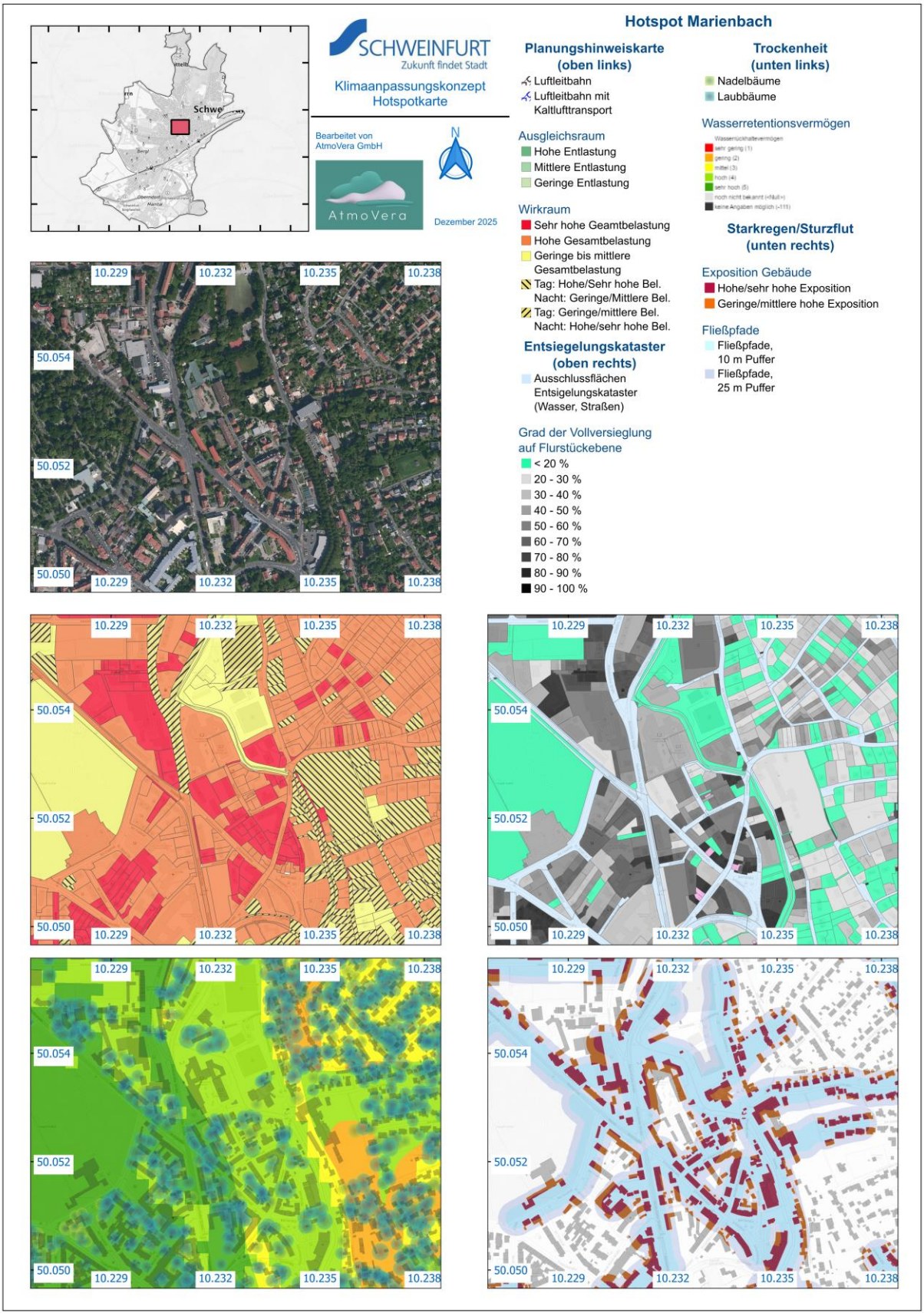

Abbildung 67: Hotspotdarstellung für den Bereich Marienbach.

6.3.8 Hotspot Hafen West & Hafen Ost

Abbildung 68 macht mit den Industriegebieten Hafen Ost und Hafen West zwei weitere zentrale Hotspots deutlich, die südlich des Mains in der Mainaue liegen. Es handelt sich um großflächige Industrieareale mit hohem Versiegelungsgrad, dichter Bebauung und vergleichsweise geringer Durchgrünung, in denen viele Menschen arbeiten und ein erheblicher Teil der industriellen Wertschöpfung der Stadt konzentriert ist. Klimatisch relevant sind hier vor allem Hochwasserrisiken aus dem Main sowie Starkregen mit potenziellen Überflutungen, ergänzt durch ausgeprägte Hitzebelastungen in den Sommermonaten.

Entsprechend umfassen die Klimarisiken aus Kapitel 5 sowohl Schäden an Gebäuden, Anlagen und Infrastrukturen durch Starkregen und Hochwasser als auch Produktivitätsverluste und gesundheitliche Belastungen durch Hitze sowie Betriebsunterbrechungen, etwa bei der Beeinträchtigung von Logistik- oder Versorgungsstrukturen. Exponiert sind Industriebetriebe mit ihren Beschäftigten und Anlagen, die teilweise in tief liegenden und hochwassergefährdeten Bereichen der Mainaue angesiedelt sind. Die Sensitivität ist hoch, weil viele Personen während der Tagesstunden den erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind, wenn keine ausreichende Kühlung vorhanden ist, und weil betriebliche Prozesse, Anlagen und Lagerflächen empfindlich auf Überflutung und Störungen reagieren. Kaskaden können sich in Form längerfristiger Betriebsunterbrechungen, wirtschaftlicher Einbußen und möglicher Folgewirkungen auf kommunale Finanzen oder auf Beschäftigung und Lieferketten ergeben.

Planungsrelevanz ergibt sich aus der Kombination großer, klimatisch hoch belasteter Flächen mit erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung und einer hohen Anzahl Beschäftigter. Als lokale Besonderheit ist hervorzuheben, dass ein sehr hoher Anteil an Flachdächern und großen Parkplätzen vorhanden ist, die grundsätzlich Potenzial für Dachbegrünung, solarer Nutzung und entsiegelungs- bzw. schwammstadtorientierte Ansätze bieten.

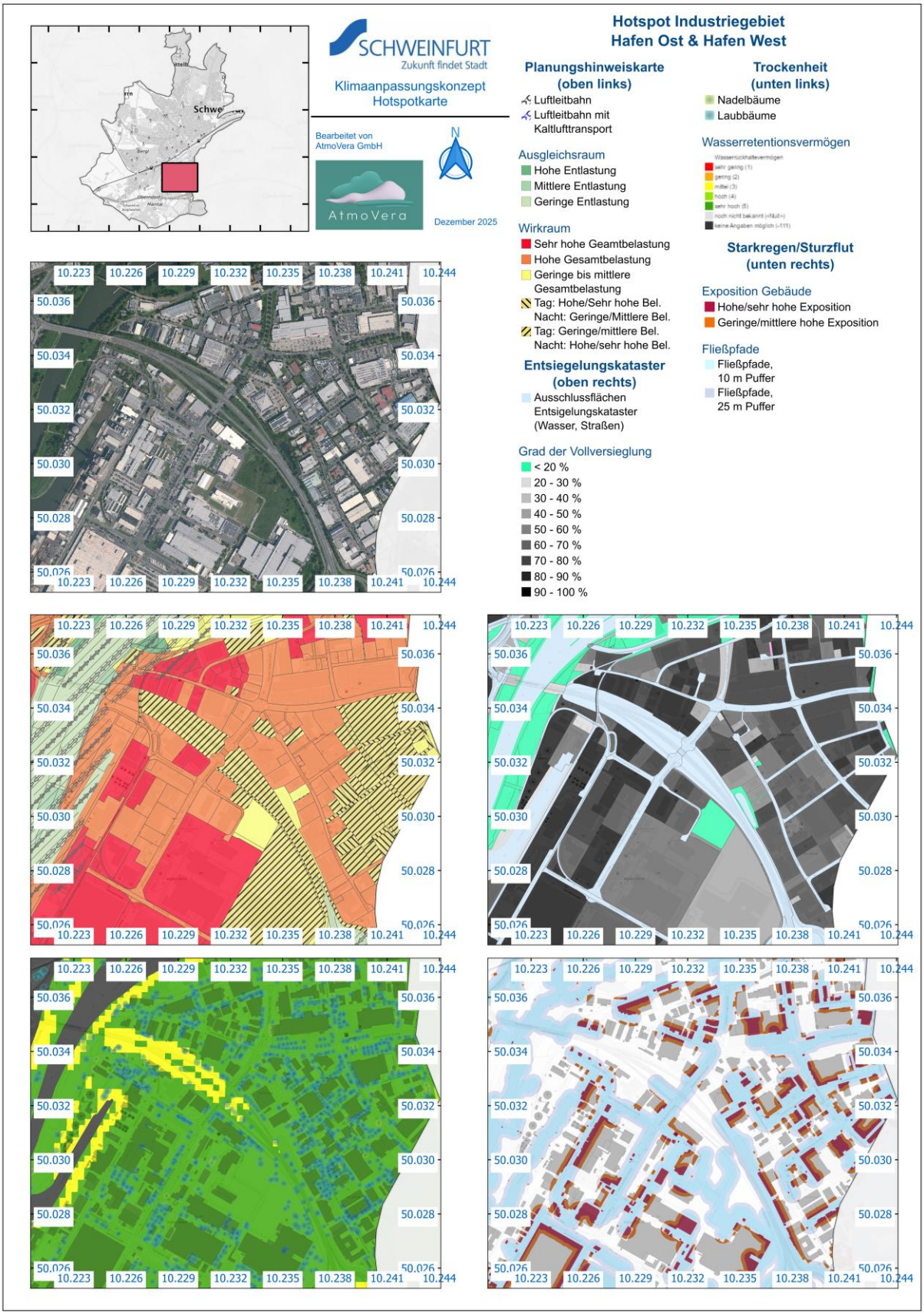

Abbildung 68: Hotspotdarstellung für das Industriegebiet Hafen West & Hafen Ost.

6.3.9 Hotspot zwischen Niederwerrner Straße und Schopperstraße

Der in Abbildung 69 dargestellte Bereich „Zwischen Niederwerrner Straße und Schopperstraße“ ist ein innenstadtnahes Quartier entlang und nördlich der Niederwerrner Straße. Die Stadtstruktur ist durch einen hohen Versiegelungsgrad auf privaten Grundstücken geprägt, insbesondere durch Stellplätze und befestigte Hofflächen, was die Ausbildung von Wärmeinseln begünstigt. Hauptsächlicher klimatischer Einfluss ist Hitze, insbesondere in den Sommermonaten und während der Nachtstunden; sekundär treten Starkregenrisiken auf, wenn sich Wasser auf stark versiegelten Flächen sammelt und tiefer gelegene Gebäude- oder Straßenbereiche betrifft.

Die relevanten Klimarisiken betreffen vor allem gesundheitsbezogene Auswirkungen und Einbußen der Aufenthaltsqualität im Quartier, ergänzt durch mögliche Starkregenansammlungen mit Gebäudeschäden, insbesondere in tiefer gelegenen Zonen. Exponiert sind überwiegend Wohnnutzungen und Verkehrsflächen, gleichzeitig aber auch Aufenthaltsräume im Quartier; mit der Diakonie (Pflege) und dem Celtis-Gymnasium befinden sich zudem empfindliche Nutzungen im Umfeld. Die Sensitivität ist erhöht durch den hohen Anteil versiegelter Flächen auf privaten Grundstücken, die im innenstädtischen Kontext die Versickerungsfähigkeit und Verdunstungsleistung stark einschränken. Als Kaskadenbezug kann ergänzt werden, dass dieser Bereich den bestehenden Innenstadt-Hitzehotspot räumlich verstärkt und die westlichen Stadtteile von der aus nordöstlicher Richtung einströmenden Kaltluft teilweise abschirmt, sodass nächtliche Entlastung erschwert wird.

Planungspriorität ergibt sich hier aus der Möglichkeit, durch Entsiegelung, gezielte Begrünung und Verbesserung der Versickerungsfähigkeit sowohl die nächtliche Kühlwirkung als auch den Wasserrückhalt zu stärken und damit die Stadtvegetation sowie das Mikroklima nachhaltig zu verbessern. Eine lokale Besonderheit liegt in der für innerstädtische Lagen ungewöhnlich hohen Stellplatzdichte auf privaten Flächen, die zugleich einen relevanten Hebel für klimaangepasste Umgestaltungen bildet.

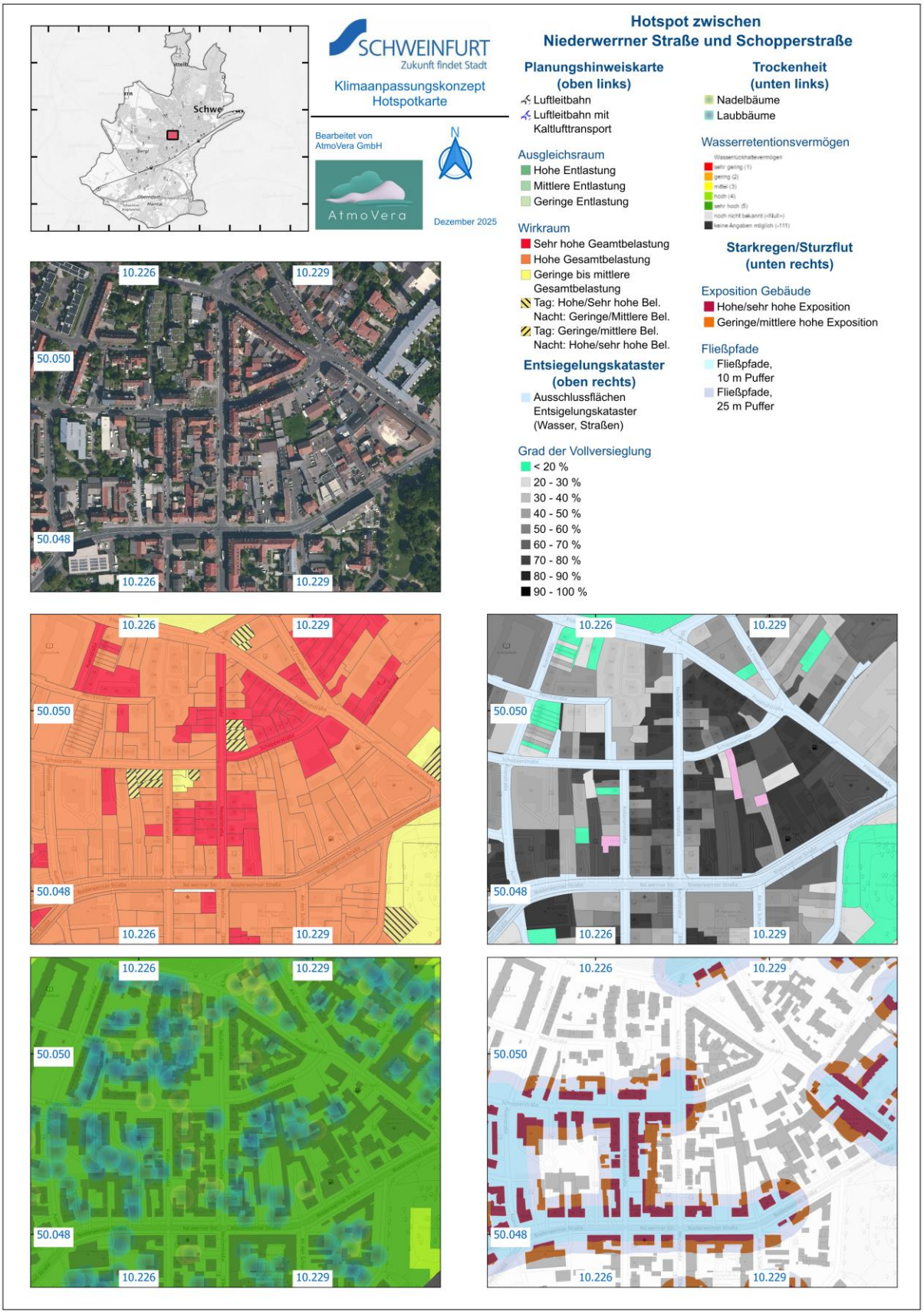

Abbildung 69: Hotspotdarstellung für den Bereich zwischen Niederwerrner Straße und Schopperstraße.

6.4 Synthese

Die Hotspotanalyse verdeutlicht, dass sich Klimarisiken in Schweinfurt räumlich vor allem dort bündeln, wo hohe Hitzebelastung, starke Versiegelung und sensible Nutzungen zusammenfallen. Besonders prägend sind dichte Innenstadt- und Wohnlagen, in denen tagsüber hohe thermische Belastung und teils auch nächtliche Überwärmung auftreten und gleichzeitig viele Menschen wohnen, arbeiten oder sich aufhalten. In diesen Räumen wirkt die Bebauungs- und Oberflächenstruktur als zentraler Verstärker: geringe Durchgrünung, hohe Speichermasse und begrenzte Verschattung reduzieren die Entlastung und erhöhen die Belastungsspitzen. Ergänzend zeigen die Hotspots, dass Starkregen- und Sturzflutrisiken vor allem entlang von Fließpfaden, Tiefpunkten und abflusswirksamen Versiegelungsflächen räumlich konzentriert auftreten und dort zu Überflutungen, Sachschäden und Funktionsstörungen führen können. In mehreren Hotspots sind Hitze- und Starkregenmechanismen gekoppelt, weil großflächige Versiegelung sowohl Wärmeinseln als auch Abflussspitzen verstärkt und damit sowohl das Mikroklima als auch die Überflutungsvorsorge beeinflusst. Insgesamt wird sichtbar, dass Klimarisiken häufig handlungsfeldübergreifend wirken: Beeinträchtigungen der gebauten Umwelt und der Entwässerung können auf Erreichbarkeit, Einsatzfähigkeit und Versorgungssicherheit zurückwirken, während Trockenstress im Stadtgrün Kühl- und Retentionsleistungen schwächt und damit Hitzefolgen sowie Starkregenfolgen weiter verstärken kann. Für die Priorisierung ergibt sich daraus eine klare Steuerungslogik: Maßnahmen im Handlungsfeld Planen, Bauen und Infrastruktur sind besonders wirksam, weil sie Exposition und Sensitivität in mehreren Handlungsfeldern gleichzeitig beeinflussen, während Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales und Wasser als besonders sensible Systeme parallel abgesichert und funktionsfähig gehalten werden müssen. Die Hotspots bilden damit die räumliche Grundlage, um Handlungsräume zu priorisieren, Maßnahmen zu bündeln und Synergien zwischen Hitzeschutz, Schwammstadt-Ansätzen, Grün- und Gewässerentwicklung sowie sozialer Vorsorge gezielt zu nutzen.

7 Die Handlungsbedarfe der Klimaanpassung für die Stadt Schweinfurt

7.1 Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales

Im Cluster Bevölkerungsschutz, Gesundheit und Soziales stehen hitzebedingte Gesundheitsrisiken (bis hin zu Übersterblichkeit), Funktionsbeeinträchtigungen von Bildungs- und Betreuungseinrichtungen sowie Überlastungen von Gesundheits-, Pflege- und Einsatzstrukturen bei Extremereignissen im Vordergrund. Räumlich bündeln sich diese Risiken insbesondere in den stark thermisch belasteten, dicht bebauten Stadtlagen der historischen Innenstadt sowie der westlich daran anschließenden Stadteile, vor allem auch dort, wo sensible Einrichtungen und vulnerable Bevölkerungsgruppen gehäuft auftreten; Starkregen-/Sturzflutaspekte werden besonders relevant entlang potenzieller Abflusswege und in Bereichen mit empfindlicher sozialer Infrastruktur.

Handlungsbedarfe:

- Es besteht Handlungsbedarf, Warn-, Informations- und Alarmierungsstrukturen für Hitze und Extremwetter so auszubauen, dass Bevölkerung, Einrichtungen und Einsatzorganisationen zielgruppengerecht, verständlich und rechtzeitig erreicht werden und die Krisenvorsorge dadurch operativ gestärkt wird.
- Es ist erforderlich, Bildungs- und Betreuungseinrichtungen systematisch klimafest weiterzuentwickeln, indem standortbezogene Analysen sowie abgestimmte Sanierungs- und Betriebsfahrpläne Hitzebelastungen reduzieren und die Funktionsfähigkeit in Extremphasen sichern.
- Für Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen besteht der Bedarf, hitzerobuste Standards in Organisation, Gebäude- und Betriebsmanagement zu verankern, damit Versorgungssicherheit, Schutz vulnerabler Gruppen und Personalentlastung auch bei Hitzewellen gewährleistet bleiben.
- Es ist notwendig, niedrigschwellige Unterstützungs- und Hilfestrukturen insbesondere für ältere, vorerkrankte oder sozial benachteiligte Personen zu stärken, um akute Hitzefolgen abzufedern und die soziale Anpassungskapazität dauerhaft zu erhöhen.
- Ein weiterer Handlungsbedarf liegt in der kontinuierlichen Stärkung von Risiko- und Anpassungskompetenz in der Stadtgesellschaft, u. a. durch zielgruppenspezifische Information zu Selbstschutz und Starkregen-/Objektschutz sowie durch Formate, die Risiken vor Ort verständlich machen.

7.2 Planen, Bauen und Infrastruktur

Im Cluster Planen, Bauen und Infrastruktur dominieren urbane Hitzebelastung in stark versiegelten und dicht bebauten Bereichen sowie Starkregen-/Sturzflutrisiken für Verkehrsflächen und Gebäude. Hinzu kommen Hitzestress- und Komfortprobleme in öffentlichen Gebäuden sowie ein querschnittlicher Bedarf, Klimaanpassung strukturell in Planung und Baupraxis zu verankern. Räumliche Schwerpunkte ergeben sich vor allem in den in Schweinfurt festgestellten Wärmeinseln, auf stark versiegelten Funktionsflächen (z. B. Plätze, Parkflächen, Gewerbeareale) und entlang abflussrelevanter Fließpfade bzw. in Tiefpunkten.

Handlungsbedarfe:

- Es besteht der Handlungsbedarf, Klimaanpassung verbindlich in Planungs-, Genehmigungs- und Bauprozessen zu integrieren, damit Hitzeschutz, Überflutungsvorsorge und klimaresiliente Standortqualitäten dauerhaft als Standardkriterien mitgeführt werden.
- Es ist erforderlich, stark versiegelte Verkehrs-, Stell- und Funktionsflächen schrittweise klimagerecht umzubauen, um Wärmeinseln zu reduzieren, Abfluss zu dämpfen und Flächen gleichzeitig multifunktional nutzbar zu machen.
- Ein wesentlicher Handlungsbedarf liegt im Ausbau, in der Vernetzung und in der Qualifizierung urbaner Grünstrukturen, damit Kühlung, Verschattung, Erholungsfunktion und Frischluftwirkung insbesondere in belasteten Quartieren deutlich gestärkt werden.

- Es ist notwendig, einen stadtweiten, integrierten Schwammstadt-Ansatz voranzubringen, der Regenwasser konsequent dezentral zurückhält, nutzbar macht und versickern lässt und dadurch sowohl Starkregenrisiken als auch Trockenstress im Stadtgrün reduziert.
- Für öffentliche Gebäude besteht der Bedarf, Überflutungsschutz und hitzerobuste Gebäudefunktion konsequent mitzudenken, um Betriebsunterbrechungen zu vermeiden, Vorbildwirkung herzustellen und die Resilienz sensibler Nutzungen (Bildung, Gesundheit, Verwaltung) zu erhöhen.

7.3 Wasser

Im Cluster Wasser stehen Überflutung und Sturzfluten durch Starkregen sowie Trockenheit und Wassermangel im Vordergrund; ergänzend sind Gewässerökologie und blaue Infrastruktur in sensiblen Abschnitten belastet. Räumliche Betroffenheiten konzentrieren sich bei Starkregen entlang der Fließpfade in Schweinfurt, Tiefpunkten und stark versiegelten Einzugsgebieten, während Trockenheit über räumlich variierende Exposition und Sensitivität vor allem wasserabhängige Grün- und Gewässerräume sowie empfindliche Vegetationsbestände betrifft und die nordöstlichen Teile der Stadt davon am meisten betroffen sind.

Handlungsbedarfe:

- Es besteht Handlungsbedarf, Starkregenvorsorge und Entwässerungsfunktionen so weiterzuentwickeln, dass Abflussspitzen wirksam reduziert, kritische Infrastrukturen geschützt und zuständige Akteure systematisch koordiniert eingebunden werden.
- Es ist erforderlich, bei Neubau- und Umbauvorhaben konsequent Voraussetzungen für dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung zu schaffen, um Überlastungen im System zu vermeiden und Schäden im Ereignisfall zu reduzieren.
- Ein wesentlicher Handlungsbedarf liegt in der Stärkung der blauen Infrastruktur und der Schaffung naturnaher Retentions- und Versickerungsräume, um ökologische Resilienz zu erhöhen und Starkregenwasser dezentral zu puffern.
- Es ist notwendig, Trockenheitsfolgen über ein vorausschauendes Ressourcenmanagement zu adressieren, das Wasserverfügbarkeit, Bewässerungsbedarfe und Engpasssituationen systematisch erfasst und die Steuerung in Trockenphasen verbessert.
- Es besteht Handlungsbedarf, die Funktionsfähigkeit und Vitalität von Stadtgrün und Gewässerräumen langfristig zu sichern, damit Kühl- und Ausgleichsleistungen im Stadtgebiet erhalten bleiben und sich nicht als Verstärker für Hitze- und Starkregenfolgen auswirken.

7.4 Wirtschaft

Im Cluster Wirtschaft zeigen sich Klimarisiken vor allem als Belastung der Aufenthalts- und Standortqualität (Hitze in Innenstadt- und Gewerbelagen), als Risiko von Betriebsunterbrechungen und Schäden an betrieblicher Infrastruktur (insbesondere bei Starkregen/Sturzflut) sowie als struktureller Verstärker bestehender Risiken über begrenzte Anpassungs- und Innovationsfähigkeit, vor allem bei KMU. Räumlich bündeln sich in Schweinfurt wirtschaftlich relevante Betroffenheiten in den stark überhitzten, versiegelten Innenstadtbereichen sowie in großflächig versiegelten Gewerbearealen, vor allem im Süden und Südwesten der Stadt. Starkregen wirkt insbesondere dort, wo Standorte, Erschließung und Technikbereiche in abflussrelevanten Lagen liegen.

Handlungsbedarfe:

- Es besteht Handlungsbedarf, Unternehmen systematisch zu sensibilisieren und beim Aufbau betrieblicher Resilienz zu unterstützen, damit Klimarisiken in Organisation, Arbeitsschutz, Infrastruktur und Investitionsentscheidungen frühzeitig berücksichtigt werden.
- Es ist erforderlich, private und gewerbliche Vorhaben mit hohem Anpassungsnutzen stärker zu aktivieren und zu unterstützen, sodass Hitzeschutz, Regenwassermanagement sowie blau-grüne Infrastruktur in Sanierung und Neubau konsequent mitgeführt werden.

- Ein wesentlicher Handlungsbedarf liegt in der klimaangepassten Weiterentwicklung stark frequentierter öffentlicher Räume und Innenstadtlagen, damit Aufenthaltsqualität, Nutzungsmischung und wirtschaftliche Vitalität auch bei Hitze und Extremwetter stabil bleiben.
- Es ist notwendig, Klimarisiken als Verstärker bestehender Standort- und Lieferkettenrisiken stärker zu berücksichtigen, damit betriebliche Vorsorge, Infrastruktursicherheit und Wiederanlauf-Logiken besser priorisiert werden können.
- Für Gewerbeareale besteht der Bedarf, Anpassung als Standortqualität systematisch zu verankern, indem Belastungskulissen (Hitze, Starkregen) in Flächenentwicklung, Umgestaltung und Infrastrukturplanung konsequent mitgedacht werden.

Impressum

Auftraggeberin:

Stadt Schweinfurt
Bauverwaltungs- und Umweltamt
Markt 1
97421 Schweinfurt

Ansprechpartner und Bearbeitung:
Frank Reppert
Astrid Köhler
Ralf Deuerling

Projektbearbeitung:

CLIMATICON GmbH
Potsdamer Platz 10
10785 Berlin

Kontakt Projektleitung:
Vera Bartolović
Tel.: +49 (0)163-3015132

info@climaticon.de
www.climaticon.de

AtmoVera Max Ulrich e.K.
Lützner Straße 63
04177 Leipzig

Kontakt stellvertretende
Projektleitung:
Max Ulrich
Tel.: +49 (0)173 4052551

m.ulrich@atmovera.de
www.atmovera.de

Förderinformationen:

gefördert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

Schweinfurt, Januar 2026