

Fachbeitrag Stadtklima

Fortschreibung Flächennutzungsplan 2020 und Landschaftsplan der Stadt Werder (Havel)
Stand: 01. Oktober 2024

Forward Planung und Forschung
Taborstraße 4
10997 Berlin

Bearbeitung
Fritz Lammert - lammert@forward.berlin
Philip Schläger - schlaeger@forward.berlin

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass und Zielstellung	3
2. Ausgangslage und Bestandsaufnahme	4
2.1. Herausforderungen des Klimawandels in Brandenburg	4
2.2. Bestandsaufnahme und Lage in Werder (Havel)	6
2.3. Methodik	7
3. Stadtklimaanalyse	10
3.1. Flächennutzung	10
3.2. Topographie	10
3.3. Hitzebelastung (Tagesoberflächentemperatur)	11
3.4. Oberflächenversiegelung	11
3.5. Kalt- und Frischluft	11
3.6. Vulnerabilitätsanalyse	12
3.7. Klimafunktionskarte	12
4. Planungshinweiskarte	18
4.1. Lasträume	18
4.2. Ausgleichsräume	19
5. Handlungsfelder, Maßnahmen & Schwerpunkte	21
5.1. Drei Handlungsfelder	21
5.2. Maßnahmentabelle	24
5.3. Glossar	26
5.4. Daten- und Quellenverzeichnis	28
5.5. Tabellen- und Abbildungs- und Kartenverzeichnis	29

1. Anlass und Zielstellung

Im Rahmen der Fortschreibung des Flächennutzungsplans (FNP) für Werder (Havel) ist für eine zukunftsgerichtete Entwicklung eine integrierte Betrachtung verschiedener Fachplanungen nötig. Besonders wichtig ist vor diesem Hintergrund die Berücksichtigung stadtklimatischer Belange. Für die Kernstadt Werder und den Ortsteil Glindow ist deshalb eine stadtklimatische Analyse durchgeführt, die wesentlichen bioklimatischen Belastungs- und Ausgleichsräume innerhalb des Stadtgebiets identifiziert und daraus wesentliche Klimatope abgeleitet worden. Die Aspekte des Klimaschutzes und der Klimaanpassung können damit in der Abwägung der vorbereitenden Bauleitplanung berücksichtigt werden.

Die vorliegende Studie stellt eine wichtige Grundlage für die stadtklimatische Betrachtung der Stadt Werder (Havel) dar. Unter Einbezug wichtiger Faktoren, Nutzungsstrukturen, Topografie, Oberflächentemperaturen und Versiegelungsgrad sind lokal bestimmende Klimatope identifiziert worden. Sie bewerten die klimatische, lufthygienische und thermische Funktion und Relation verschiedener Teilräume von Werder (Havel), zusammengefasst in der Klimafunktionskarte (nach VDI Richtlinie 3787). Daraus sind Maßnahmen abgeleitet worden, die dazu beitragen, eine gesündere und lebenswertere Umgebung für die Bürgerinnen und Bürger von Werder zu schaffen.

Zielstellung für eine Stadt, die auch in Zukunft ein angenehmes Stadtklima bereithalten möchte, ist die Reduzierung von Wärmeinseln als Indikator für thermischen Komfort oder Diskomfort von zentraler Bedeutung. Des Weiteren soll für die Stadt Werder (Havel) der Erhalt und die Förderung von Frischluft- und Kaltluftentstehungsgebieten von besonderer Bedeutung sein. Diese Gebiete sind für den Luftaustausch unerlässlich und tragen wesentlich zur Verbesserung der lufthygienischen Situation bei. Durch den Schutz und die gezielte Förderung solcher Bereiche wird die Bildung frischer, kühler Luft unterstützt, die in die Stadt strömt und so zur Verbesserung der Luftqualität beiträgt.

Zusammengefasst zielt der Klimabeitrag für die Stadt Werder darauf ab, durch strategische Stadtplanung und -entwicklung sowohl die thermischen als auch die lufthygienischen Bedingungen zu optimieren. Durch den Abbau von Wärmeinseln, die Verbesserung der städtischen Belüftung und die Erhaltung von Frischluftgebieten wird eine lebenswertere, gesündere und angenehmere Umgebung für alle Einwohner geschaffen.

2. Ausgangslage und Bestandsaufnahme

2.1. Herausforderungen des Klimawandels in Brandenburg

Wie wird sich zukünftig das Klima in Brandenburg verändern? Zur Einschätzung der voraussichtlichen Klimaveränderungen hat das LfU Brandenburg¹ eine Studie veröffentlicht und in Szenarien Klima-Kennwerte für Berlin/Brandenburg und Havelland-Fläming errechnet (hier RCP8.5).

In der folgenden Tabelle sind ausgewählte Daten dargestellt.

	Beobachtet			Zukünftige Änderungen zu Referenzperiode	
	Klimanormalperiode 1961-1990	Referenzperiode 1971-2000	Jüngste Vergangenheit 1991-2020	Mitte des Jahrhunderts 2031-2060	Ende des Jahrhunderts 2071-2100
Klima-Kennwerte Havelland-Fläming RCP8.5					
Jahresmitteltemperatur	8,8 °C	9,1 °C	9,8 °C	+1,9 °C	+3,6 °C
Sommertage (Tmax > 25 °C)	36	40	49	+19	+47
Hitzetage (Tmax > 30 °C)	7,1	8,3	13	+9,5	+25
Klima-Kennwerte Brandenburg/Berlin RCP8.5					
Tropennächte (Tmin > 20 °C)	0,1	0,2	0,4	2,2	9,4
Beginn Apfelblüte (DOY = Tag nach Jahresbeginn)	128 DOY	126 DOY	119 DOY	-14 Tage	-30 Tage

Tabelle 1: ausgewählte Klimakennwerte LfU Brandenburg

Erhöhte Temperaturen

Eines der offensichtlichsten Anzeichen des Klimawandels ist der Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen. Für Brandenburg könnte dies bedeuten, dass heißere Sommer zur Norm werden. Die Daten der Klima-Kennwerte des LfU prognostizieren für die Region Havelland-Fläming einen deutlichen Anstieg der Jahresmitteltemperatur sowie der Anzahl an Sommer- und Hitzetagen und Tropennächten. Der damit verbundene sinkende thermische Komfort bedeutet nicht nur Unbehagen für die Bevölkerung, sondern bringt auch

¹ Mithilfe des Klimaprojektionsensembles für Brandenburg, welches aus sechzehn Kombinationen aus Global- und Regionalmodellen besteht, wurden für ganz Brandenburg und für die fünf regionalen Planungsgemeinschaften Klimakennwerte berechnet.

gesundheitliche Risiken, insbesondere für ältere Menschen und Kinder, mit sich. Der sinkende thermische Komfort wird auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen wirksam. Es kann sowohl in Innenräumen zu Beeinträchtigungen der Wohnqualität als auch zu negativen Auswirkungen auf die Aufenthaltsqualität in den siedlungsnahen öffentlichen Räumen kommen. Aber auch außerhalb der Siedlungsbereiche, in der freien Landschaft, kann die Aufenthaltsqualität schwinden.

Niederschlagsveränderungen

Der Klimawandel wird auch die Niederschlagsmuster in Brandenburg beeinflussen. Mit einer durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme von unter 600 Millimetern gehört Brandenburg zu den trockensten Regionen Deutschlands. Anders als bei der Temperatur ist ein signifikanter Trend bzgl. der jährlichen Niederschlagssumme gegenwärtig nicht erkennbar, es zeichnet sich jedoch eine Zunahme der Niederschlagsvariabilität ab² - heißere und trockenere Sommer können auf feuchtere und mildere Sommer folgen. Solche Veränderungen können weitreichende Auswirkungen, beispielsweise auf die Landwirtschaft haben, indem sie die Bewässerungsbedürfnisse zeitweise erhöhen und gleichzeitig die Bodenerosion verschärfen. Wasserknappheit während der Anbausaisons könnte die landwirtschaftliche Produktivität beeinträchtigen und zu Ernteaussfällen führen.

Phänologie

Mit dem Klimawandel verändern sich auch die Rahmenbedingungen für das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen. Anhand der sogenannten "phänologischen Uhr" können für Brandenburg bereits deutliche jahreszeitliche Verschiebungen der Blütezeiten beobachtet werden.³ Die Apfelblüte hat sich beispielsweise in jüngster Vergangenheit (1991-2020) im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) um 9 Tage nach vorne verschoben - bis Mitte des Jahrhunderts wird eine weitere Verschiebung von ca. 14 Tagen erwartet.

Anstieg der Extremwetterereignisse

Mit dem Klimawandel ist eine Zunahme von Extremwetterereignissen verbunden. Auch für Brandenburg wird beispielsweise eine Zunahme von Starkregenereignissen prognostiziert, die zu Überschwemmungen führen können. Diese Überschwemmungen können erhebliche Schäden an Infrastrukturen verursachen und die Wasserqualität beeinträchtigen. Auf der anderen Seite könnte die Zunahme von Trockenperioden die bereits heute hohe Waldbrandgefahr steigern, was für Brandenburgs ausgedehnte Waldgebiete besonders kritisch sein könnte. Länger anhaltende Temperaturerhöhungen, sogenannte Hitzewellen, können zudem eine starke gesundheitliche Belastung für vulnerable Gruppen (z.B. Menschen ab 65, Menschen mit Vorerkrankungen sowie Säuglinge und Kleinkinder) gesundheitlich darstellen.

² Vgl. MLUK 2023, S.9

³ Die phänologische Uhr gliedert das Kalenderjahr in zehn phänologische Jahreszeiten, diese markieren jeweils durchschnittliche Eintrittstermine von markanten Entwicklungszeitpunkten ausgewählter Pflanzen. Durch die Darstellung unterschiedlicher Zeiträume können phänologische Veränderungen sichtbar gemacht werden. Vgl. DWD 2019, S. 30-31

Biodiversitätsverlust

Die Veränderungen im Klima bedrohen auch die Artenvielfalt in Brandenburg. Veränderte Temperaturen und Niederschlagsmuster könnten dazu führen, dass bestimmte Pflanzen- und Tierarten aus dem Bundesland verschwinden, weil sie an die neuen Bedingungen nicht angepasst sind. Dies würde nicht nur das ökologische Gleichgewicht stören, sondern könnte auch die landwirtschaftliche Vielfalt und damit die Ernährungssicherheit beeinflussen.

2.2. Bestandsaufnahme und Lage in Werder (Havel)

Die Stadt Werder liegt im Landkreis Potsdam-Mittelmark und zählt gegenwärtig gut 27.000 Einwohner (Stand 2022), die sich auf 8 Ortsteile verteilen.

Die naturräumliche Ausgangssituation der Kernstadt ist insbesondere durch ihre wasserreiche Lage an Havel und zahlreichen Seen (Glindower See, der Schwielowsee und der Große Zernsee), einige markante topographischen Erhebungen (Bismarckhöhe, Wachtelberg und Glindower Alpen) sowie den landwirtschaftlichen Flächen der Richtung süd-ostwärts ansteigenden sogenannten "Glindower Platte" geprägt.

Die besondere Kombination aus Wasserlandschaft, Obstbaukultur und historischer Inselstadt macht Werder nicht nur zu einem attraktiven Ziel für Besucher aus Nah und Fern, sondern auch zu einem lebenswerten Ort mit hoher Lebensqualität für ihre Bewohner. Als staatlich anerkannter Erholungsort sind insbesondere die Aufenthaltsqualitäten an den öffentlich zugänglichen Wasserlagen sowie touristische Angebote und Infrastrukturen (wie z.B. Wassersportanlagen) von großer Bedeutung. Die Obstbaumblüte im April und Mai ist in Werder ein prägendes Ereignis. Das aus diesem Anlass stattfindende Baumb Blütenfest, ein Volksfest mit vielen Besuchern. Die Bewahrung dieser natürlichen und kulturellen Schätze ist essenziell für die Identität und Zukunft der Stadt Werder (Havel).



Abb. 1 Untersuchungsraum / Werder (Havel) Luftbild: NextGIS 2024

2.3. Methodik

Bestandsaufnahme und Analyse

Grundlage für den Klimabeitrag ist die gründliche Bestandsaufnahme. Dieser Schritt umfasst neben den verfügbaren lokalen Daten die fachliche Einordnung und Rahmensetzung sowie die Einführung übergeordneter Trends und lokaler Herausforderungen. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass der Fokus dieses Beitrages auf die Analyse und Maßnahmenentwicklung im Bereich der thermischen und lufthygienischen Belastung liegt⁴. Zu den folgenden thematischen Bereichen sind Daten zusammengetragen und ausgewertet worden:

- Reale Nutzungsverteilung: Untersuchung der tatsächlichen Bodennutzung im Untersuchungsraum. In Verbindung damit werden Anteile von Flächenversiegelung und Vegetation betrachtet.
- Thermische Belastung: Ermittlung von besonders durch Hitze betroffener Gebiete des Untersuchungsraumes. Dies erfolgt durch die Analyse von Satellitendaten zu Oberflächentemperaturen.
- Kalt- und Frischluftentstehung sowie Luftaustauschfunktionen: Untersuchung der Entstehung und Bewegung von Kalt- und Frischluft innerhalb der Stadt und der Umgebung.
- Verwundbarkeit/Sensitivität: Identifizierung der Bereiche und Bevölkerungsgruppen, die besonders empfindlich auf klimatische Veränderungen reagieren bzw. davon betroffen sind.
- Analyse der Entlastungsstruktur: Untersuchung von Strukturen, die innerhalb der Stadt zur Entlastung der thermischen Belastung beitragen können, z.B. Grünflächen oder Gewässer.

Auf Grundlage der gesammelten Daten ist die Stadtklimaanalyse erarbeitet worden, die nach den folgenden wichtigen Unterthemen strukturiert ist:

- Flächennutzung
- Relieftypisierung
- Hitzebelastung Oberflächentemperatur (Median von Juni – August) 2018-2023
- Oberflächenversiegelung
- Kalt- und Frischluft, Luftaustausch
- Sensitivität und Entlastungssystem

⁴ Die ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen des Klimawandels kann weitere Themen wie Extremwetterereignisse (etwa Starkregen), Niederschlagsveränderungen und Phänologie einbeziehen. Inhaltlich liegt der Fokus des Beitrages auf dem Thema Hitzebelastung.

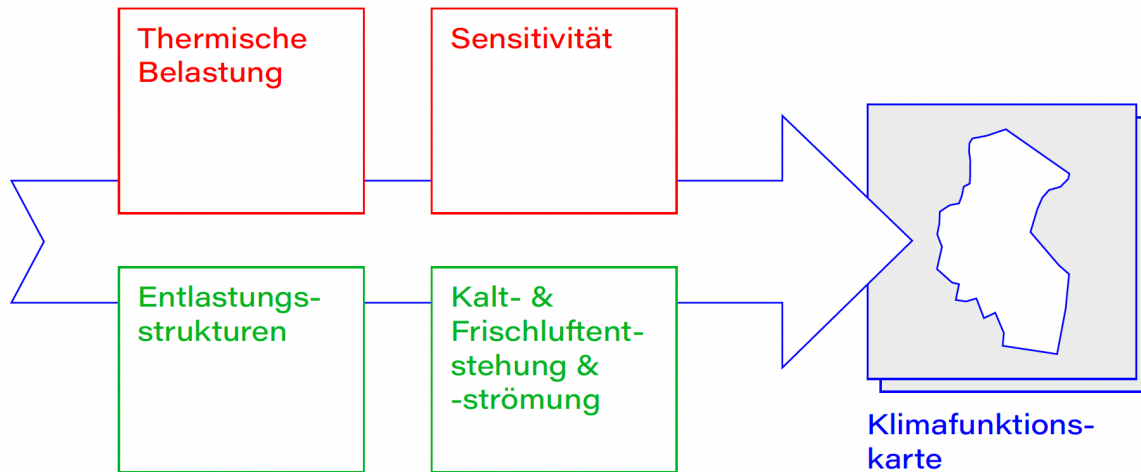


Abb. 2: Darstellung Methodik

Die integrierte Betrachtung dieser Bereiche wird in der Klimafunktionskarte in Form von Klimatopen⁵ zusammengefasst. Die Klimatope sind entsprechend wissenschaftlicher Richtlinien des VDI (3787) erarbeitet.

Die Ableitung von Hinweisen für die Planung auf Grundlage der Klimatope erfolgt in der Planungshinweiskarte. Diese liefert erste wertvolle qualitative Hinweise zu den klimatischen Wirkungsweisen in Werder (Havel). Sie ist ein Werkzeug, um die ermittelten Daten und Analysen räumlich darzustellen und dient als Grundlage für weitere, detailliertere Untersuchungen.

Im letzten Schritt werden konkrete Handlungsempfehlungen entwickelt. Diese Empfehlungen dienen als Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Klimaanpassung. Die Maßnahmen sollen dazu beitragen, die thermische Belastung zu reduzieren, die Vulnerabilität zu verringern und die Entlastungsstrukturen zu stärken.

Datengrundlagen

Die Stadtklimaanalyse für die Kernstadt Werder stützt sich auf verschiedene Datenquellen⁶:

- Digitales Basis-Landschaftsmodell (ATKIS Basis DLM)
- Corine Land Cover (CLC), 2018: Daten zur Flächennutzung und -versiegelung, auf Grundlage von Satellitendaten erhoben
- Digitales Geländemodell (DGM)
- Bildbasiertes Digitales Oberflächenmodell (BDOM)
- Orthofotos
- LANDSAT 8 Satellitendaten
- Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem(ALKIS): Daten zu Flurstücken, Gebäuden und Flächennutzung

⁵ Klimatope = Klimatische räumliche Einteilung von Gebieten mit ähnlichen mikroklimatischen Ausprägungen hinsichtlich folgender Faktoren: Des thermischen Tagesgangs; der durch Bodenrauigkeitsänderungen bedingten Windfeldstörungen; der topografischen Lage und/oder Exposition sowie der Art der realen Flächennutzung.

⁶ Eine genaue Auflistung der verwendeten Datenquellen befindet sich im Daten- und Quellenverzeichnis

Die verwendeten Datensätze basieren teilweise auf großen Rastergrößen sowie unterschiedlichen Flächenzuschnitten, was zu gewissen Unschärfen führen kann. Um eine bessere Einschätzung der klimatischen Funktion der Flächen zu erhalten, wurden die unterschiedlichen überlagert. Diese Kombination von Datenquellen ermöglicht eine präzisere Identifikation potenziell thermisch belasteter und entlastender Gebiete. Trotz dieser Maßnahmen kann es zu weiteren Ungenauigkeiten aufgrund der Verarbeitungsprozesse der unterschiedlichen Datenquellen kommen. Diese Unsicherheiten können zu abweichenden Flächenzuschnitten und damit zu kleinräumig unterschiedlichen Aussagen zur tatsächlichen Flächennutzung führen.

3. Stadtklimaanalyse

3.1. Flächennutzung

Auf Basis der Realnutzungskartierung, Luftbildern und dem Grad der Versiegelung wurden Rückschlüsse auf mikroklimatische Zusammenhänge und die thermische Bedeutung der Flächen gezogen (etwa Kaltluftentstehungsgebiet oder potenzielles Überwärmungsgebiet). Die Flächennutzung in Werder (Havel) ist charakterisiert von der Lage in der Havellandschaft, der Verbindung zwischen Naturschutz, Landwirtschaft, Wohnraum und Gewerbe. Siedlungsbereiche geringer Dichte, historische Orts- und Altstadtkerne und Freilandnutzungen sind hier stark miteinander verwoben. Während stehende und Fließgewässer sich bedingt auf den Tagesgang der Temperaturen auswirken (Aufgrund geringerer Aufheizung am Tage und vergleichsweise geringer Abkühlung in der Nacht) sind die Werder umgebenden landwirtschaftlichen Flächen (Acker- und Obstbau) von besonderer Bedeutung für die Kaltluftentstehung. Neben der Landwirtschaft sind ausgedehnte Forstgebiete wichtig für die Frischluftentstehung (siehe "Glindower Alpen", Stadtwald, Forst von Plessow). Der Siedlungskörper in Werder (Havel) ist abseits des historischen Altstadtgebietes geprägt von einer vorstädtischen Bebauungsstruktur von geringer bis mittlerer Dichte, die vorwiegend durch hohe Grünanteile geprägt ist. Entsprechend sind starke Überwärmungen im Belastungsraum die Ausnahme. Bedeutende Gewerbegebiete - auch aufgrund der relativen Größe - liegen zwischen dem Bahnhof Werder (Havel) und der Autobahn 10. Aufgrund des hohen Versiegelungsgrades sind hier die stärksten Überwärmungsphänomene festzustellen.

Karte 01: Flächennutzung im Anhang

3.2. Topographie

Der Großteil des Siedlungsgebietes liegt entlang der Havel, die bei Werder eine Seenkette aus dem Schwielowsee, dem Großen Zernsee und dem Kleinen Zernsee bildet. Südwestlich der Kernstadt von Werder umgeben der Große Plessower See und der Glindower See das Gebiet. Die Ufer dieser Seen sind an wenigen Stellen von bewaldeten Moränehügeln geprägt. Die Übergänge zu den Moränehochflächen fernab der Ufer bilden steile Geländeanstiege auf langen Strecken, an verschiedenen Stellen prägen Tongruben die Topografie. Dies kann sich lokal, durch eine höhere Oberflächenrauigkeit, auf den Luftaustausch auswirken. Dichtere Waldbestände wie im Stadtpark oder den Glindower Alpen und in Teilen entlang der Uferbereiche sind weitere Gebiete, die eine hohe Rauigkeit aufweisen und die lokalen Luftströmungen beeinflussen können⁷. Landschaftlich besonders prägend sind die Bismarck-Höhe und der Wachtelberg mit einer Höhe von über 60 Metern, der Teil einer Stauchmoräne aus der Weichsel-Kaltzeit ist.

⁷ Alle Objekte weisen eine bestimmte Oberflächenrauigkeit auf, die im Kontext der Belüftung und Durchlüftung als Barrierewirkung interpretiert werden kann. Diese Barrierewirkung manifestiert sich in einer erhöhten Reibung zwischen dem Luftstrom und der Objektoberfläche. Eine intensivere Reibung führt dazu, dass dem Luftstrom mehr Bewegungsenergie entzogen wird, was eine Reduktion der Belüftungs- bzw. Durchlüftungseffizienz zur Folge haben kann.

Weinanbaubegiete in südgerichteten Hanglagen deuten auf ein vergleichsweise gemäßigtes Klima hin, das durch die zahlreichen umliegenden Seen begünstigt wird.

Karte 02: Relieftypisierung im Anhang

3.3. Hitzebelastung (Tagesoberflächentemperatur)

Die Karte visualisiert die thermischen Nutzungseigenschaften der Teilräume Werders durch die Darstellung der Temperaturverteilung auf der Erdoberfläche. Variationen der Temperaturen werden maßgeblich durch die Beschaffenheit des Reliefs (z.B. Hanglagen, unterschiedliche Oberflächenrauigkeit), die Strömungsstrukturen der Atmosphäre (Windrichtungen und -stärken⁸) sowie lufthygienische Eigenschaften, wie etwa die Konzentration von Schadstoffen, beeinflusst. Entsprechend der typischerweise hohen Versiegelungs- und Bebauungsgrade bei gleichzeitig begrenztem Luftaustausch in Gewerbe- und dichten Siedlungsgebieten lassen sich aus der Karte besonders thermisch belastete Gebiete um den Bahnhof Werder (Havel), Straße Zum Großen Zernsee sowie um das EKZ Werderpark ablesen.

Karte 03: Tagesoberflächentemperatur im Anhang

3.4. Oberflächenversiegelung

Die Karte der "Oberflächenversiegelung" zeigt die räumliche Verteilung von verschiedenen stark versiegelten Flächen innerhalb des Untersuchungsraumes. Die Karte basiert auf einer zweidimensionalen Betrachtung (Gebäudehöhen sind nicht berücksichtigt), die auf Daten aus Realnutzungskartierungen (CLC 2018), Gebäudekartierungen, Landnutzungs- und Flurstücksdaten (ALKIS) aufbaut. Diese Datengrundlage dient als Ausgangspunkt für die thermische Analyse und ermöglicht es, die Wechselwirkungen zwischen der Versiegelung und den thermischen Eigenschaften der Oberfläche zu untersuchen. So können versiegelte Flächen im städtischen Raum zu Wärmeinseln führen, da sie Wärme absorbieren und speichern, was zu erhöhten Oberflächentemperaturen und einem ungünstigen mikroklimatischen Umfeld führen kann.

Karte 04: Oberflächenversiegelung im Anhang

3.5. Kalt- und Frischluft

Für die Belüftung von Lasträumen und der lufthygienischen Verhältnisse insgesamt ist die Entstehung von Kalt- und Frischluft essenziell⁹. Zentral hierfür ist insbesondere das grüne

⁸ Gebiete mit intensiver Luftzirkulation erfahren eine bessere Durchmischung der Luftschichten, was die Abkühlung überhitzter Bereiche fördern kann.

⁹ In der VDI 3787, Blatt 5 wird die Bedeutung unterstrichen: "Obwohl bisher eine Wirkungsquantifizierung dieses Begriffes nicht gegeben ist, wird der Einfluss lokaler Kaltluft auf den thermischen und lufthygienischen Wirkungskomplex auch ohne tatsächlichen Nachweis im einzelnen Planungsfall unterstellt."

Freiland - unversiegelte Oberflächen und unbebaute von Vegetation bedeckte Flächen wie Wiesen, Felder, Brachland, Gartenland mit niedriger Vegetationsdecke können aufgrund ihrer nächtlichen Auskühlung signifikante Mengen an Kaltluft produzieren. Allgemein ist die Entstehung der Kaltluft sowie ihr Abfluss von den meteorologischen Verhältnissen, der Flächennutzung sowie von der Geländeform und -exposition abhängig (vgl. VDI 3787, Blatt 5). Für Werder zeigt sich entsprechend die Bedeutung der landwirtschaftlich geprägten Freiflächen im Westen des Untersuchungsraumes für die Entstehung von Kalt- und Frischluft. Von besonderer Bedeutung sind dabei diejenigen Flächen, die in unmittelbarer Nähe zu thermisch belasteten Räumen liegen und diese durch Luftaustauschprozesse entlasten können.

Karte 05: Kalt- und Frischluftbereiche im Anhang

3.6. Vulnerabilitätsanalyse

Die Vulnerabilitätsanalyse nimmt insbesondere zwei Faktoren in den Blick. Zunächst geht es um die Betroffenheit im Planungsraum, also Stadtstrukturtypen, die einer hohen Belastung ausgesetzt sind. Hierbei wird die bauliche Dichte in als "Wohnnutzung" markierten Flächen als Indikator herangezogen¹⁰. Dicht bewohnte Gebiete haben einen besonders hohen Bedarf an Hitzeminderung und Entlastung. Ein weiterer Faktor ist die Betrachtung der Sensitivität, besonders empfindlicher Bereiche der Stadt. Hier sind sogenannte sensible Nutzungen wie Kindergärten und Schulen, deren Nutzer besonders stark auf Hitzebelastung reagieren, analysiert worden.

Karte 06: Vulnerabilität und Entlastung im Anhang

3.7. Klimafunktionskarte

Die genaue Analyse und Darstellung der klimatischen Verhältnisse im Stadtgebiet ist Ausgangspunkt für die räumliche Interpretation der Klimawirkung von Vegetation und Baudichten und ermöglicht flächenbezogene Aussagen und Planungshinweise. Unter Berücksichtigung und abgeleitet aus den vorangestellten Themenkarten ist die Klimafunktionskarte (KFK) erarbeitet worden, welche die Klimatope und deren Wechselwirkungen sowie lokale und regionale dynamische Prozesse (z.B. Luftleitbahnen, Kalt- und Frischluftabflüsse) darstellt. Die Beschreibung und Darstellung der verschiedenen Klimatope erfolgt in Anlehnung an die Vorgaben der VDI 3787 (Blatt 1). Auf CLC-Datengrundlage (2018) wurden die Flächen den folgenden Freiraum- und Siedlungsklimatope zugeordnet¹¹:

Freiraumklimatope

- Wasser-, und Seenklima
- Freilandklima
- Waldklima

¹⁰ Eine räumliche Darstellung der Bevölkerungsdichte und -struktur liegt nicht vor und wurde folglich nicht in die Betrachtung einbezogen.

¹¹ Aufgrund der großen Flächenzuschnitte kann es kleinräumlich zu Abweichungen kommen. Beispielsweise können im Klimatop Vorstadtklima vereinzelt Grundstücke inbegriffen sein, die einen höheren Versiegelungsgrad aufweisen.

- Klima innerstädtischer Grünflächen

Siedungsklimatope

- Vorstadtklima
- Stadtrandklima
- Stadtklima
- Gewerbe- und Industrieflächenklima
- Gleisflächenklima

Karte 07: Klimatope im Anhang

Freiraumklimatope

Wasser-, und Seenklima

Werder (Havel) ist naturräumlich stark durch die Lage in der Havellandschaft geprägt. Klimadynamisch kommt es typischerweise aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser an den Oberflächen der Seen und Gewässer zu nur schwachen tagesperiodischen Temperaturschwankungen. Während Wasserflächen am Tag durch Verdunstung an der Wasseroberfläche (Transpiration) zur Kühlung der Umgebung beitragen, sind diese am Abend und in der Nacht vergleichsweise warm. Mit diesen Eigenschaften kann das lokale Klima zwar stark beeinflusst werden, davon sind aber in der Regel nur das Gewässer selbst und die unmittelbar angrenzenden Bereiche betroffen. Die niedrige Rauigkeit der Wasserflächen kann zu einem positiven Einfluss auf das Klima führen, da sie den Austausch der Luft erleichtert. Infolgedessen kann dies gegebenenfalls zur Bildung von Luftleitbahnen beitragen.

Merkmale: Wasserflächen (Stehende und Fließgewässer)

Hinweise für die Planung: Um den Luftaustausch und Ventilationsprozesse zu ermöglichen, sind undurchlässige Strukturen (z. B. geschlossene Bebauung) am Uferrand möglichst zu vermeiden.

Freilandklima

Freilandklimatope bestehen hauptsächlich in unbebauten, mit Vegetation bedeckten Außenbereichen, wie sie vor allem westlich des Ortskerns von Glindow zu finden sind. Charakteristisch sind stabile Tagesverläufe von Lufttemperatur und -feuchtigkeit sowie weitgehend ungestörte Windverhältnisse, wodurch sie als Orte der Kaltluftbildung fungieren. Aufgrund der seltenen/geringen Präsenz von Schadstoffemittenten in Freilandbereichen (vorausgesetzt es werden keine Pestizide eingesetzt) und der Bildung von Kaltluftmassen bei passenden Wetterbedingungen in der Nacht, spielen sie eine wichtige Rolle beim Ausgleich der lufttemperatur- und qualitätsbezogenen Belastungen in bebauten Gebieten, ein räumlicher Bezug zum Belastungsgebiet vorausgesetzt.

Merkmale: Überwiegend landwirtschaftliche Nutzung, Wiesen- und Weideland, Flächen mit Versiegelungsgrad von weniger als 10 Prozent. Vorwiegend niedrige Vegetation und nur vereinzelt Bäume. Geringe bis keine lufthygienische Belastung.

Hinweise für die Planung: Umsetzung von Aufforstungs- und Siedlungsentwicklung gemäß den örtlichen Klimabedingungen. Dabei müssen Auswirkungen auf die Flächen für den übergeordneten Luftaustausch (beispielsweise an städtischen Randlagen) berücksichtigt werden. Wichtig ist ebenso die Bewahrung des Potenzials zur Kaltluftbildung.

Waldklima

Waldgebiete sind von besonderer Bedeutung für die Entstehung von Frischluft, die durch die topografische Lage noch verstärkt werden kann. Die Belastung durch Hitze ist hier typischerweise gering, was sie zu wertvollen Räumen der Luftregeneration macht. Sie übernehmen bei geringen oder fehlenden Emissionen eine wichtige Funktion als Frischluft- und Reinluftgebiete, weisen jedoch aufgrund der hohen Oberflächenrauigkeit keine gute Funktionalität als Luftleitbahn auf. Insbesondere der Stadtwald innerhalb des Belastungskörpers sowie die "Glindower Alpen" sind als vergleichsweise größere Waldgebiete von Bedeutung für das lokale Klima in Werder (Havel).

Merkmale: Vorwiegend Nadel-, Laub- oder Mischwaldnutzung (über 90 Prozent der Flächennutzung) - kaum Flächenversiegelung. Gleichzeitig vorwiegend hohe geschlossene Struktur durch Baumkronen, die von besonderer Bedeutung für klima-energetische Prozesse sind.

Hinweise für die Planung: Waldklimaflächen sind allgemein auszubauen und befördern Frischluftbildung. Sie sind von besonderer Bedeutung für die Luftregeneration in der Nähe stark lufthygienisch belasteter Gebiete. Negative Beeinträchtigungen des Kaltluftflusses sind zu vermeiden.

Klima innerstädtischer Grünflächen

Die klimatische Funktion ausreichend großer städtischer Parks und Grünflächen lässt sich zwischen den Eigenschaften von Freiluft- und Waldklima einsortieren. Je nach Größe und Form sowie der Ausstattung (Anbindung an Gebäude und Lüftungswege) können sie das Klima beeinflussen. Zumeist sind Einflüsse auf die Fläche selbst (mikroklimatische Wirkung) zu beobachten, doch auch langfristig positive Auswirkungen im Sinne der Frisch- und Kaltluftentstehung oder des Luftaustausches sind möglich, wie etwa am Stadtpark sichtbar wird.

Merkmale: Flächennutzung von Friedhöfen, Kleingärten, Parks, Sportanlagen und Wiesen vorwiegend gering versiegelt.

Hinweise für die Planung: Ein Erhalt der Flächen ist allgemein anzustreben und durch eine Vernetzung der Flächen können positive Effekte (Luftaustausch) verstärkt werden.

Siedlungsklimatope

Vorstadtklima

Vorstadtklimatische Gebiete stellen den Übergang von Freiland- zu Siedlungsklima dar, denn sie sind zwar bebaut, allerdings überwiegt der offene, unversiegelte Flächenanteil. Weite Teile des Untersuchungsraumes, insbesondere an den Rändern des Belastungsraumes sind von diesem Klimatop geprägt. Im Vergleich zum meist angrenzenden Freilandklima sind die Tagesgänge der Temperaturen weniger stark ausgeprägt. In vergleichbarer Weise weniger stark ausgeprägt sind die Wirkweisen von Lufttemperatur, -feuchte und Wind.

Merkmale: Vorwiegend offene Bebauung mit geringem Versiegelungsgrad (bis zu 30 Prozent), und geringer Bauhöhe.

Hinweise für die Planung: Eine weitere Zunahme der Versiegelung ist möglichst zu vermeiden.

Stadtrandklima

Hinsichtlich der Bebauung, Versiegelung und der daraus abgeleiteten klimatischen Charakteristika sind Gebiete des Typs Stadtklima als eine Intensivierung der Vorstadtklima-Verhältnisse zu lesen. Eine überwiegend lockere Bebauung ist gepaart mit begrünten Räumen, wodurch von einer leichten Wärmebelastung und einem ausreichenden Luftaustausch ausgegangen werden kann. Die Bebauungsstruktur entlang der Brandenburger Straße kann beispielhaft für dieses Klimatop gesehen werden.

Merkmale: Im Vergleich zum Vorstadtklima dichtere Bebauung (Einzelhäuser bis Blockbebauung) und höherer Grad der Versiegelung (bis 50 Prozent) mit dazugehöriger Garten- oder Freilandnutzung.

Hinweise für die Planung: Eine weitere Zunahme der Versiegelung ist möglichst zu vermeiden. Um den Luftaustausch nicht stärker zu behindern, sind geschlossene Bauformen zu verhindern. Der Erhalt der Grünverbindung zum Freiland wirkt sich positiv auf das Klimatop aus.

Stadtklima

Charakteristisch für das Stadtklima ist ein hoher Grad der Versiegelung bei vergleichsweise geringem Grünanteil. Durch dichte Bebauung ist eine hohe Oberflächenrauigkeit gegeben. Aus der Zusammenschau dieser Faktoren ergibt sich für dieses Klimatop die stärkste mikroklimatische Veränderung im Untersuchungsraum. Insbesondere zeigt sich dies am vergleichsweise stark ausgeprägten Wärmeinseleffekt, der durch die hohe Wärmespeicherfähigkeit innerstädtischer Oberflächen entsteht. Zudem beeinflussen starke Veränderungen im Windfeld durch die dichte Bebauung die Belüftungssituationen. Entsprechende Räume sind im Umfeld des Bahnhofs oder an der Kreuzung von Eisenbahn- und Brandenburger Straße zu finden.

Merkmale: Zeilen- und Blockstruktur der Bebauung bis zu fünf Geschosse bei geringem Anteil an Grün- und Freiland. Allgemein vorwiegender Versiegelungsgrad von 50 bis 70 Prozent.

Hinweise für die Planung: Anstreben einer stärkeren Flächenentsiegelung, Blockentkernung und -begrünung. Auf Gebäudeebene sind Fassaden- und Dachbegrünungen anzustreben. Im Sinne der Lufthygiene ist eine hohe Verkehrsdichte in engen Straßenräumen zu vermeiden.

Gewerbe- und Industrieflächen

Im Klimatop prägen Gewerbebetriebe und ihre Produktions-, Lager- und Umschlagstätten das Mikroklima. Durch den hohen Versiegelungsgrad und die erhöhten Emissionen an diesen Produktionsstätten entstehen verstärkte lufthygienische und bioklimatische Belastungen. In Werder (Havel) sind die Gewerbegebiete Havelaue und Werder-Kemnitz-Phöben Beispiele für dieses Klimatop.

Merkmale: Industrie- und Gewerbeflächen, Logistik, Halden und Gleisbrachen. Vorwiegender Versiegelungsgrad von 70 Prozent und mehr. Die Belastung der Lufthygiene ist stets stark abhängig vom verkehrlichen Aufkommen und der Nutzungsstruktur (z.B. emittierende Betriebe).

Hinweise für die Planung: Anstreben einer stärkeren Flächenentsiegelung und -Begrünung (Dächer und Fassaden, Parkplätze). Erhalt von Belüftungssystemen und Förderung emissionsarmer Betriebe.

Gleisflächen

Aufgrund ihrer Beschaffenheit besteht auf den Gleisflächen ein starker Tagesgang der Lufttemperaturen, wobei die Luftfeuchtigkeit gering bleibt. Aufgrund der geringen Rauheit und fehlender Strömungshindernisse besteht das Potenzial, als Luftleitbahn wirksam zu werden.

Merkmale: -

Hinweise für die Planung: Bei Umnutzung ist das Entstehen von Strömungshindernissen zu vermeiden.

Lufthygienische Verhältnisse

Auch Verkehrswege können durch ihren hohen Versiegelungsgrad kontextabhängig (also je nach Klimatop) zur thermischen Belastung beitragen. Für den Planungsraum sind stark befahrene Verkehrswege auf Ebene der Flächennutzungsplanung insbesondere als Einflussgröße der Lufthygiene zu berücksichtigen¹². Hier entstehen die höchsten bodennahen Schadstoffbelastungen. Unter Betrachtung der DTV-Daten kann hier eine Aussage über die Konzentration (also die Schwere der Belastung) getroffen werden, nicht aber über ihre Ausbreitung. Abgesehen von der stark befahrenen A2 (> 30.000 Kfz / Tag) entstehen durch die B1 (Berliner Chaussee und Berliner Straße) zwischen Geltow und Glindow (>10.000 Kfz / Tag) zu berücksichtigende Emissionen.

¹² Als Quellen für die Beeinträchtigung der lokalen lufthygienischen Verhältnisse können Hausbrand, Gewerbe/Industrie, Landwirtschaft und Verkehr bedeutsam sein.

4. Planungshinweiskarte

Die Bewertung der im Analyseprozess gewonnenen Erkenntnisse in einer für die Regional-, Flächennutzungs- und Bauleitplanung verständlichen „Sprache“, ermöglicht eine erfolgreiche Einbindung stadtklimatischer Anforderungen in Planungsprozesse. Die bewertenden Stufen der Planungshinweiskarte (PHK) beinhalten Hinweise bezüglich der klimatischen Empfindlichkeit von Flächen gegenüber Eingriffen oder Änderungen im Sinne der Nutzung oder der Bebauung.

Die Legende der Planungshinweiskarte mit zugeordneten Planungshinweisen unterteilt die zusammengefassten Klimatope der Klimafunktionskarte in Hinblick auf den Umgang der entsprechenden Flächen aus stadtklimatischer Sicht. Diese sind wie folgt zu interpretieren:

Karte 08: Planungshinweiskarte im Anhang

4.1. Lasträume

Bebautes Gebiet mit geringer klimarelevanter Funktion und geringer Belastung

- Dies sind bereits bebaute Gebiete mit geringen klimatischen Funktionen, die aufgrund ihrer Lage keine hohen thermisch-lufthygienischen Belastungen aufweisen und benachbarte Siedlungsbereiche nicht wesentlich beeinträchtigen.
- Vergleichsweise geringere klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Intensivierung von Nutzung und Bebauung.
- Beispielsweise bebaute, gut durchlüftete Kuppenlagen oder bebaute Gebiete, deren thermisch-lufthygienische Emissionen nicht zu Verschlechterungen in nahegelegenen Siedlungsbereichen führen. Hier sind bei einer baulichen Verdichtung keine starken klimatisch-lufthygienischen Auswirkungen zu erwarten, wenn diese im gebietstypischen Rahmen bleiben.
- Bestehende Belüftungsmöglichkeiten sind zu erhalten und bei zusätzlichen Emissionen sind nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume zu vermeiden.

Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion und moderater Belastung

- Bebaute Gebiete, die aufgrund ihrer Lage und ihrer Bebauungsart eine klimarelevante Funktion übernehmen, z. B. locker bebaute und durchgrünte Siedlungen oder Siedlungsränder, die nachts entsprechend abkühlen und relativ windoffen sind, oder auch gut durchlüftete verdichtete Siedlungsbereiche
- Sie verursachen weder intensive thermisch-lufthygienische Belastung noch eine starke Beeinträchtigung des Luftaustauschs.

- Allgemein besteht eine im Vergleich geringe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierungen, wenn diese im gebietstypischen Rahmen bleiben.
- z. B. Arrondierungen von Siedlungsrändern und das Schließen von Baulücken sind möglich, wenn die in diesem Gebiet vorhandene Dimension der Bebauung beibehalten wird.
- Eine zusätzliche Versiegelung ist minimal zu halten.

Bebautes Gebiet mit hoher Belastung

- Dichte Siedlungsräume, die klimatisch und lufthygienisch am stärksten belastet sind; auch die bebauten Bereiche, in denen der Luftaustausch stark durch Bauwerke behindert wird.
- Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig.
- Hier ist eine Erhöhung des Vegetationsanteils, die Verringerungen des Versiegelungsgrads und die Reduktion des Emissionsaufkommens zu fördern.

4.2. Ausgleichsräume

Ausgleichsraum mit geringer Ausgleichsfunktion

- Flächen, die klimatisch einen geringen Einfluss auf Siedlungsgebiete haben, da sie aufgrund ihrer Lage und Exposition von Siedlungen abgewandt oder für die Kalt- und Frischluftproduktion relativ unbedeutend sind.
- Dies können auch Bereiche innerhalb eines ausgedehnten Klimapotenzials sein, wenn sie nicht in unmittelbarer Verbindung zu einem Ballungsgebiet liegen.
- Bauliche Eingriffe sind hier mit vergleichsweise geringen klimatischen Veränderungen verbunden, das heißt, sie sind relativ stabil gegenüber begrenzten nutzungsändernden Eingriffen.
- Auf einen Erhalt der Durchlüftung entsprechend der Hauptwindrichtung sollte geachtet werden.

Ausgleichsraum mit moderater Ausgleichsfunktion

- Freiflächen ohne direkte Zuordnung zum (dichteren) Siedlungsraum, (d.h. Kalt- und Frischluft fließen nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete). Um die klimatische Beeinträchtigung gering zu halten, ist die Erhaltung von Grünflächen und Grünzügen aber zu empfehlen.
- Die Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen ist gering - eine maßvolle Bebauung, die den regionalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, ist hier möglich.
- Schaffung von Dach- und Fassadenbegrünungen, geringe Gebäudehöhen sowie windoffene Gebäudeanordnungen sind zu empfehlen.

Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung

- Dies sind klimaaktive Freiflächen mit direktem Bezug zum Siedlungsraum, wie innerstädtische und siedlungsnahen Grünflächen. Dazu tritt bei diesen Flächen Kaltluftabfluss auf.
- Große zusammenhängende Freiflächen sind aus klimatisch-lufthygienischen Gründen von großer Wichtigkeit.
- Diese Gebiete weisen eine vglw. hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen (mit Folgen für die Versiegelung) auf und sind mit hoher Sensibilität bzgl. einer Bebauung zu behandeln.
- Bei einer baulichen Verdichtung sind gesonderte Gutachten bzgl. der klimatischen Auswirkungen notwendig

Kaltluftproduktion¹³

- Flächen der Kaltluftproduktion sind Räume, über denen aufgrund der nächtlichen Energiebilanz eine stärkere Abkühlung der Luft stattfindet (Relevant sind innerstädtisch z.B. Flächen ab ca. 1 ha).
- Der Kaltluftabfluss lässt die Kaltluftmassen bei entsprechender Geländeneigung aus Ausgleichsräumen hoher Bedeutung heraus dort wirksam werden, wo sie an Siedlungsräume (moderat bis hohe Belastung) grenzen.¹⁴

¹³ Die Flächenzuschnitte basieren auf Daten des CLC (2018). Dadurch können sich von den Flurstücken abweichende Flächenzuschnitte ergeben, die in Teilen auch andere Aussagen zur tatsächlichen Flächennutzung treffen.

¹⁴ Das komplexe Zusammenwirken der verschiedenen Einflussgrößen/Faktoren für die Kaltluftentstehung und -strömung ist mit einfachen Methoden (Geländebegehung) nur eingeschränkt abschätzbar. Zu einer möglichst vollständigen Erfassung der komplexen Wirkungszusammenhänge sind aufwändigere Verfahren wie Geländemessungen oder numerische Simulationsrechnungen notwendig.

5. Handlungsfelder, Maßnahmen & Schwerpunkte

5.1. Drei Handlungsfelder

Abgeleitet von der Stadtklimaanalyse wurde für Werder ein Maßnahmenkatalog aus insgesamt 16 Einzelmaßnahmen formuliert. Sie gehen über die in der Planungshinweiskarte formulierten allgemeinen Hinweise hinaus und sind als Planungsempfehlungen zu verstehen, die im Falle einer spezifischen Maßnahme auf einer konkreten Fläche im Stadtgebiet einer genaueren Überprüfung bedürfen. Die zusammengestellten Maßnahmen wirken auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und sind auf unterschiedlichen Ebenen der Planungsebene relevant.

Die potenziellen Wirkungen der Maßnahmen können qualitativ beschrieben werden. Jede Einzelmaßnahme kann zu einer Verbesserung des Stadtklimas beitragen - je umfangreicher die Maßnahmen und je mehr Maßnahmen kombiniert werden, um so größer können die Wirkungen sein. Grundsätzlich sind die Maßnahmen in drei Handlungsfelder gegliedert.

Klimafunktionales Freiraumsystem

Die Maßnahmen innerhalb des ersten Handlungsfeldes haben zum Ziel, das bioklimatische Entlastungssystem zu sichern und weiterzuentwickeln, um den wachsenden Hitzebelastungen in Zukunft entgegenzuwirken und die potenziellen unmittelbaren Auswirkungen auf die menschliche Lebensqualität und Gesundheit sowie auf naturräumliche Prozesse (z.B. Phänologie, Wasser) abzumildern.

Dabei geht es zunächst darum, die bestehenden kalt- und frischluftproduzierenden Flächen im Stadtgebiet planungsrechtlich zu sichern, öffentliche Freiräume und Parkanlagen an den Klimawandel anzupassen und diese besser zu vernetzen. Innerhalb des Siedlungsgebiets der Kernstadt bilden insbesondere die "grünen Inseln" sowie die offenen Hanglagen zwischen Eisenbahnstraße und Hohen Weg, die Freiflächen im Umfeld des Stadtparks, sowie der Wachtelberg und nicht zu vergessen die teils sehr weitläufigen Uferbereiche (entlang der Havel, des Glindower und Großen Plessower Sees) wichtige Ressourcen zur Abkühlung. Diese sollten für die Zukunft unbedingt gesichert werden, in bereits stärker belasteten Bereichen wird zudem eine Erweiterung empfohlen. Die Uferbereiche sollten, soweit der Naturschutz dies zulässt, zugänglich gestaltet werden und es sollte darauf geachtet werden, dass der Luftaustausch ermöglicht wird.

Der Stadtpark selbst bildet als öffentliche Grünanlage eine wichtige Funktion als Frischluftquelle sowie als Erholungsraum der Stadtgesellschaft und den Besuchenden. Die laufenden Anstrengungen eines klimasensiblen Umbaus sollten konsequent weitergeführt werden. Zudem kann das Öffnen größerer Grünflächen zur umgebenden Bebauung die Abkühlungswirkung für die Lasträume unterstützen.

Ein weiterer Handlungsschwerpunkt liegt zudem in den stärker belasteten Siedlungsbereichen und den darin liegenden öffentlichen Räumen und Verkehrsräumen. Die Stadtklimaanalyse hat verschiedene potenzielle "Hot-Spots" im Betrachtungsraum identifiziert: Die nördlichen Gewerbegebiete, der Bereich rund um den Bahnhof sowie das historische Zentrum Werders - am östlichen Ende der Brandenburger Straße sowie der Insel Werder. Weitere stärker belastete Räume sind im Umfeld des EKZ Werderpark sowie im Versorgungsbereich im Ortsteil Glindow (an der Dr.-Külz-Straße). Die genannten Bereiche sind für das öffentliche und gesellschaftliche Leben in Werder (Havel) von großer Bedeutung, zudem liegen dort viele der vulnerablen Einrichtungen.

Durch Baumpflanzungen entlang siedlungsprägender Straßenräume (Brandenburger Straße, Berliner Straße (B1), Potsdamer Straße, Kemnitzer Straße, Eisenbahnstraße) und auf versiegelten Flächen kann die lokale Hitzebelastung deutlich verringert und gleichzeitig die Luftschadstofffilterung verbessert werden. Grundsätzlich sind großkronige Laubbäume zu bevorzugen, bei der genauen Baumartenwahl sollte neben anderer Kriterien auch zunehmend auf Hitze- und Trockenheitstoleranz geachtet werden¹⁵. Zudem können Maßnahmen zur Entsiegelung und Schaffung von strukturreichen Grünflächen (auch bei Flächen unterhalb einer Größe von 1ha) deutliche Verbesserungen des Mikroklimas herbeiführen. Insbesondere in den Gebieten, die noch bauliche Veränderungen oder Ergänzungen ermöglichen (Bspw. in Umgebung des Bahnhofs) kann die Erhöhung des Grünanteils positive Wirkungen entfalten. Die Schaffung von Rastplätzen (*cool Spots*) entlang wichtiger Rad- und Wanderwege ist eine weitere sinnvolle Maßnahme. Die Rastplätze sollten gute Durchlüftung garantieren und schattige Aufenthaltsbereiche – der Einsatz von Pflanzen mit hoher Transpiration und offenen Wasserflächen kann die lokale Abkühlung des Bioklimas zusätzlich verbessern und die Aufenthaltsqualität steigern.

Klimaangepasste Siedlungs- und Baustrukturen

Bei der konkreten Ausgestaltung baulicher Strukturen kann auf unterschiedlichen Maßstabsebenen einer zukünftigen Hitzebelastung entgegengewirkt werden. So ist darauf zu achten, dass bauliche Entwicklungen nicht auf Flächen stattfinden, die eine wichtige bioklimatische Ausgleichsfunktion darstellen oder dass klimasensible Strukturen beeinträchtigt bzw. minimiert werden. Zudem ist insbesondere an den Übergangsbereichen zwischen Ausgleichs- und Lasträumen darauf zu achten, dass die Luftaustauschprozesse gewährleistet bleiben. Dies kann z.B. durch eine Optimierung der Gebäudeausrichtung erreicht werden. Bei der Entwicklung größerer Anlagen sollten bestenfalls strukturreiche Freiraumanlagen in ausreichender Größe und natürliche Verschattung mitgeplant werden. Bei der Grundrissplanung kann zudem darauf geachtet werden, durch eine intelligente

¹⁵ Grundsätzlich sind bei der Baumartenwahl die lokalen klimatischen und bodenkundlichen Verhältnisse zu beachten. Bundesweit existieren jedoch verschiedene Test- und Forschungsprojekte, die Anregungen und Hilfestellungen liefern können. Im Projekt "Stadtgrün 2021" (LWG) in Bayern haben sich unter anderem folgende Baumarten durch eine hohe Resistenz gegenüber Hitze- und Trockenstress bewährt: Ungarische Eiche (*Quercus frainetto*), Japanischer Schnurbaum (*Styphnolobium japonicum*), Schmalkronige Stadt-Ulme (*Ulmus Lobel*). Quelle: Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung eV. (ILU)

Ausrichtung der Raumnutzungskonzepte den sommerlichen Hitzeeintrag in sensiblen Räumen zu minimieren.

Die Verwendung geeigneter Baumaterialien, insbesondere natürlicher Materialien wie Holz, kann die thermischen Eigenschaften verbessern und die Albedo erhöhen, was die Aufheizung verringert. Bautechnische Maßnahmen wie Dach- und Fassadenbegrünung, Verschattungselemente und energetische Sanierung sind auch im Bestand umsetzbar und bieten Synergieeffekte zur Energieeffizienz der Gebäude.

Grundlagen und Kommunikation

Neben den räumlich wirksamen Maßnahmen, die in diesem Fachbeitrag im Mittelpunkt stehen, sollen weitere Maßnahmen erwähnt werden, die für einen wirksamen Hitzeschutz von großer Bedeutung sein können. Es wird empfohlen, auf Grundlage dieser ersten vorliegenden Klimaanalyse weitere tiefergehende Analysen und Konzepte zur Klimaanpassung zu erarbeiten.

Damit diese Analysen und Konzepte fundierte und belastbare und auf den lokalen Gegebenheiten basierende Ergebnisse erzielen können, ist die Errichtung von Wetterstationen an verschiedenen Stellen im Stadtgebiet notwendig.

Zudem können verschiedene Maßnahmen zur Kommunikation und Beratung unterschiedlicher Zielgruppen dazu beitragen, die Stadtgesellschaft für das Thema zu sensibilisieren und eigene Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

5.2. Maßnahmentabelle

Nr.	Maßnahme	Beschreibung	Wirkung	Raumbezug	Umsetzungsebene
Klimafunktionales Freiraumsystem					
1	Sicherung kaltluftproduzierender Flächen und Luftleitbahnen	Sicherung größerer, durch flache Geprägte Freiflächen wie Wiesen, Felder, Kleingärten und Parkanlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Schutz gegen stärkere Überwärmung am Tag • Nächtlliche Abkühlung 	Grün- und Freiflächen	- Gesamtstädtische Planung / FNP - Vorhaben
2	Klimasensible Weiterentwicklung von größeren Parkanlagen, Grün- und Waldflächen	Erhöhung der Biodiversität, klimasensibler Umbau,	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung für die Frisch- und Kaltluftentstehung • Bedeutung für die Erholung, Biodiversität und das Niederschlagsmanagement 	z.B. Stadtpark, Wachtelberg, Glindower Alpen	Gesamtstädtische Planung / FNP - Vorhaben
3	Verschattung im Straßenraum und auf öffentlichen Plätzen erhöhen	Pflege und Neupflanzung von Bäumen (hitze resistente Baumarten verwenden) oder bauliche Maßnahmen zur Verschattung	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung der Wärmebelastung insb. am Tag • Verbesserung der Aufenthaltsqualität • Aufwertung Stadtraumprägender Straßen 	Siedlungsprägende Straßen (Brandenburger Straße, Berliner Straße (B1), Potsdamer Straße, Kemnitzer Straße, Eisenbahnstraße) und Plätze (z.B. Bahnhof,	- Planung - Vorhaben
4	Begrünung und Entsiegelung thermisch belasteter Räume (z.B. Parkplätze, Gewerbegebiete, etc.)	Großflächig versiegelte Flächen (Parkplätze) entsiegeln	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierte Wärmebelastung und erhöhte Versickerungsmöglichkeit von Regenwasser 	Versiegelte Freiräume, Parkplätze (z.B. vor Supermärkten, Werderpark)	- Planung - Vorhaben
5	Öffentliche und private Freiflächen erhalten und weiterentwickeln	Im Falle von baulichen Entwicklungen, Vielfältigkeit bestehender (auch kleinerer) Freiflächen fördern / erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> • Positiver Beitrag zur Biodiversität • Beitrag zum Mikroklima 		- Planung - Vorhaben
6	Kühle Radwege und "Cool Spots" (kühle Rastplätze)	Auf wichtigen Wegen für Rad- und Fußverkehr lückenlos für Verschattung sorgen und kühle Rastplätze einrichten	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzierte Wärmebelastung für Tourismus / Langsammobilität 	Rad- und Fußwege im Übergang zum Landschaftsraum	- Planung - Vorhaben
7	Vernetzung und Erreichbarkeit von Wald- und Grünflächen verbessern	Zugänglichkeit bestehender öffentlicher Freiräume und Parks, Wälder verbessern (Fuß- und Radverkehr), mittels weiterer Grünflächen miteinander verbinden, ggf. Ränder zu umliegenden Bebauungen öffnen	<ul style="list-style-type: none"> • Bessere Zugänglichkeit zu Entlastungsräumen für Bevölkerung und Besuchende • Beitrag zur Biotopvernetzung • Verbesserung der Luftzirkulation 	z.B. Stadtpark, Glindower Alpen, Uferbereiche	- Planung - Vorhaben

Nr.	Maßnahme	Beschreibung	Wirkung	Raumbezug	Umsetzungsebene
Klimaangepasste Siedlungs- und Baustrukturen					
8	Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte optimieren	Bei Neu- und Umbau durch städtebauliche Ausrichtung eine gute Durchlüftung sicherstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Erhalt/ Verbesserung bestehender Durchlüftung • Reduktion des Wärmestaus 	Neubau, Umbau	- Planung - Vorhaben
9	Hofbegrünung	Vegetation und Entsigelung auf Innen- und Hinterhofflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Mikroklimas • Reduzierte Wärmebelastung 	(Innen-) und Hinterhöfe	Vorhabenebene
10	Dach- und Fassadenbegrünung	Extensive oder intensive Dachbegrünung sowie boden- oder systemgebundene Fassadenbegrünung	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Innenraumklimas und des angrenzenden Außenraumklimas • Synergien zum Niederschlagsmanagement, Biodiversität, Luftreinhaltung 	Flachdächer und Fassaden im Bestand und Neubau	Vorhabenebene
12	Verschattung von Gebäuden	Verringerung der Sonneneinstrahlung durch Baumplantungen, Fassadenbegrünung oder bautechnischer Maßnahmen	Verbesserung des Innenraumklimas und des angrenzenden Außenraumklimas	Gebäudefassaden (vor allem Südfassaden)	Vorhabenebene
13	Optimierung des Raumnutzungskonzepts	Verringerung der Wärmebelastung sensibler Räume durch Anordnung innerhalb des Gebäudes	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Innenraumklimas sensibler Räume und Einrichtungen 	Wohngebäude und vulnerable Einrichtungen in Neu- und Umbau	- Planung - Vorhaben
Grundlagen und Kommunikation					
14	Fortführung und Vertiefung eines Klimaanpassungskonzept	Erarbeitung eines umfassenden Konzepts zur Klimaanpassung für Werder (Havel)	Schaffung von Planungsgrundlagen	übergeordnet	
15	Wetterstationen	Einrichtung von Messstationen (Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit) in unterschiedlichen stadträumlichen Lagen (Freiland/Ackerflächen, Ortsrand, Innerstädtische Bebauung, Siedlungsnaher Parkanlagen, etc.)	Schaffung von Grundlagen für eine präzisere Klimamodellierung	übergeordnet	
16	Dialog und Partizipation	Durchführung und Förderung von partizipativen Projekten im Rahmen von Planungsprojekten, Informationsveranstaltungen	Sensibilisierung der Bevölkerung ggü. Maßnahmen zur Hitzeminderung Aufklärung von privaten Akteuren über Wirkungsweisen und Fördermöglichkeiten	Belastete Siedlungsräume oder Neubauvorhaben	

5.3. Glossar

Begriff	Bedeutung
Frischluf	Je nach ihren lufthygienischen Eigenschaften können Luftströmungen (z. B. Kaltluftabflüsse) in ihrem Einwirkungsbereich die Luftqualität positiv, aber auch negativ beeinflussen. Im Falle von unbelasteter Luft spricht man von Frischluft (vgl. VDI 3785 Blatt 1).
Kaltluft	<p>Unter lokaler Kaltluft versteht man bodennahe Luft, die kälter als die ihrer Umgebung ist. Lokale Kaltluft entsteht während des nachmittäglichen bzw. abendlichen Abkühlungsprozesses und insbesondere in der Nacht an der Erdoberfläche.</p> <p>Kaltluftentstehung und -abfluss hängen von meteorologischen Verhältnissen, der Flächennutzung sowie von der Geländeform und -exposition ab.</p> <p>Sie kann bei windschwachen, wolkenarmen Wetterlagen die nächtliche Lufttemperatur in Siedlungsgebieten herabsetzen. Lufthygienisch unbelastete Kaltluft („Frischluf“), die nach Überwindung der Randbebauung in Siedlungskörper eindringt, kann die dortige Luftqualität verbessern (vgl. VDI 3787 Blatt 5).</p>
Land surface temperature (LST) (vgl. ESA, o.J.)	LST oder Landoberflächentemperatur ist eine wichtige Variable innerhalb des Klimasystems der Erde. Sie beschreibt Prozesse wie den Austausch von Energie und Wasser zwischen der Landoberfläche und der Atmosphäre und beeinflusst u.a. die Geschwindigkeit und den Zeitpunkt des Pflanzenwachstums. Ein genaues Verständnis der LST auf regionaler Ebene hilft bei der Bewertung von Austauschprozessen zwischen Landoberfläche und Atmosphäre in Modellen und liefert in Verbindung mit anderen physikalischen Eigenschaften wie Vegetation und Bodenfeuchte eine wertvolle Metrik für den Oberflächenzustand.
Luftaustausch	Luftaustausch beschreibt den Belüftungsgrad und die potenzielle Lüfterneuerung eines Planungsraums. (vgl. VDI 3785 Blatt 1)
Luftleitbahnen	<p>Unter Luftleitbahnen wird eine durch „Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite bevorzugte Fläche für den Luftmassentransport“ verstanden. Das Relief spielt hierbei eine untergeordnete Rolle. Entscheidend sind vielmehr andere Antriebskräfte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - die durch die Wetterlage bedingte übergeordnete Windrichtung sowie - thermisch induzierte Windsysteme, die sich durch Temperatur- und Luftdruckgegensätze zwischen stärker erwärmten Innenstadtbereichen und kühleren Umlandbereichen bilden (Flurwinde) sowie Kaltluftflüsse <p>(vgl. VDI 3785 Blatt 1)</p>
Phänologie	Die Phänologie im Deutschen Wetterdienst befasst sich mit den im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und

Entwicklungserscheinungen der Pflanzen. Sie stehen in enger Beziehung zur Witterung und zum Klima und eignen sich daher für die verschiedensten Anwendungsgebiete und für vielseitige wissenschaftliche Untersuchungen. Es zeichnet sich ab, dass phänologische Daten in Zukunft verstärkt für Trendanalysen zur Klimadiagnostik herangezogen werden, da sich die Eintrittsdaten vieler phänologischer Phasen sehr gut in Beziehung zu Temperatur-Trends setzen lassen.

Wärmeinsel

Die Benennung Wärmeinsel beschreibt typische Erscheinungen des Stadtklimas, dessen Entstehen von folgenden Eigenschaften abhängig ist:

- erhöhte Wärmespeicherung
- reduzierte effektive Ausstrahlung
- Veränderung des Wasserhaushalts der Oberflächen
- verstärkte fühlbare und verringerte latente Wärmeströme
- anthropogene Zufuhr von Luftbeimengungen (vgl. VDI 3785 Blatt 1).

5.4. Daten- und Quellenverzeichnis

Deutscher Wetterdienst (DWD), 2019: Klimareport Brandenburg. Fakten bis zur Gegenwart - Erwartungen an die Zukunft.

Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, 2020: Landsat 8-9 Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor Collection 2 Level-1 Data
[Collection 2 Landsat 8-9 OLI/TIRS Digital Object Identifier \(DOI\) number: /10.5066/P975CC9B](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-operational-land-imager-and#overview)
Zugriff: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-operational-land-imager-and#overview> [abgerufen am 19.01.2024]

European Space Agency (ESA), o.J.: Land Surface Temperature. climate office. Zugriff: <https://climate.esa.int/en/projects/land-surface-temperature/> [abgerufen am 7.6.2024]

NextGIS, 2024: ESRI Satellite (ArcGIS/World_Imagery). CRS: 3857. Quelle: https://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Imagery/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}. Letztes Update: 29. Juni 2017

European Union's Copernicus Land Monitoring Service information, 2020: CORINE Land Cover 2018. Vector/raster 100 m. Europa, 6-jährig. DOI (vector): <https://doi.org/10.2909/71c95a07-e296-44fc-b22b-415f42acfd0>

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB), 2024: Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS-Daten). Zugriff: <https://geobroker.geobasis-bb.de/gbss.php?MODE=GetProductInformation&PRODUCTID=6de36219-3e68-489e-8ebc-632e5ffb6dc9> [abgerufen am 13.01.2024]

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB), 2024: ATKIS - Digitales Basis-Landschaftsmodell. GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0 Zugriff: <https://geobroker.geobasis-bb.de/gbss.php?MODE=GetProductInformation&PRODUCTID=d2eaa212-f68d-4e2d-a7e7-8e8063d1b855> [abgerufen am 03.Mai.2024]

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB), 2024: Bildbasiertes Digitales Oberflächenmodell - bDOM. Zugriff: <https://geobroker.geobasis-bb.de/gbss.php?MODE=GetProductInformation&PRODUCTID=41cc9969-8b70-4152-8c6f-812d457bcfe2> [abgerufen am 03.Mai.2024]

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB), 2024: Digitales Geländemodell - DGM. Zugriff: <https://geobroker.geobasis-bb.de/gbss.php?MODE=GetProductInformation&PRODUCTID=518094b9-d294-4e99-aeb2-550592a00682> [abgerufen am 03.Mai.2024]

LfU Brandenburg, 2022: Klimawandel in Brandenburg. Referat T14 Luftqualität, Klima, Nachhaltigkeit

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK), 2023: Strategie des Landes Brandenburg zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Kurzfassung.

Stadt Werder (Havel), 2020: Integriertes Stadtentwicklungskonzept. Erarbeitet durch complan Kommunalberatung GmbH.

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2015: Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. VDI 3787. Blatt 1. Düsseldorf

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI), 2003: Umweltmeteorologie: Lokale Kaltluft. VDI 3787. Blatt 5. Düsseldorf

5.5. Tabellen- und Abbildungs- und Kartenverzeichnis

Tabellen

Tabelle 1 (S. 4): ausgewählte Klimakennwerte LfU Brandenburg

Abbildungen

Abb. 1 (S. 7): Untersuchungsraum / Werder (Havel) Luftbild: NextGIS 2024

Abb. 2 (S. 8): Darstellung Methodik

Karten

Karte 01: Flächennutzung

Karte 02: Relieftypisierung

Karte 03: Tagesoberflächentemperatur

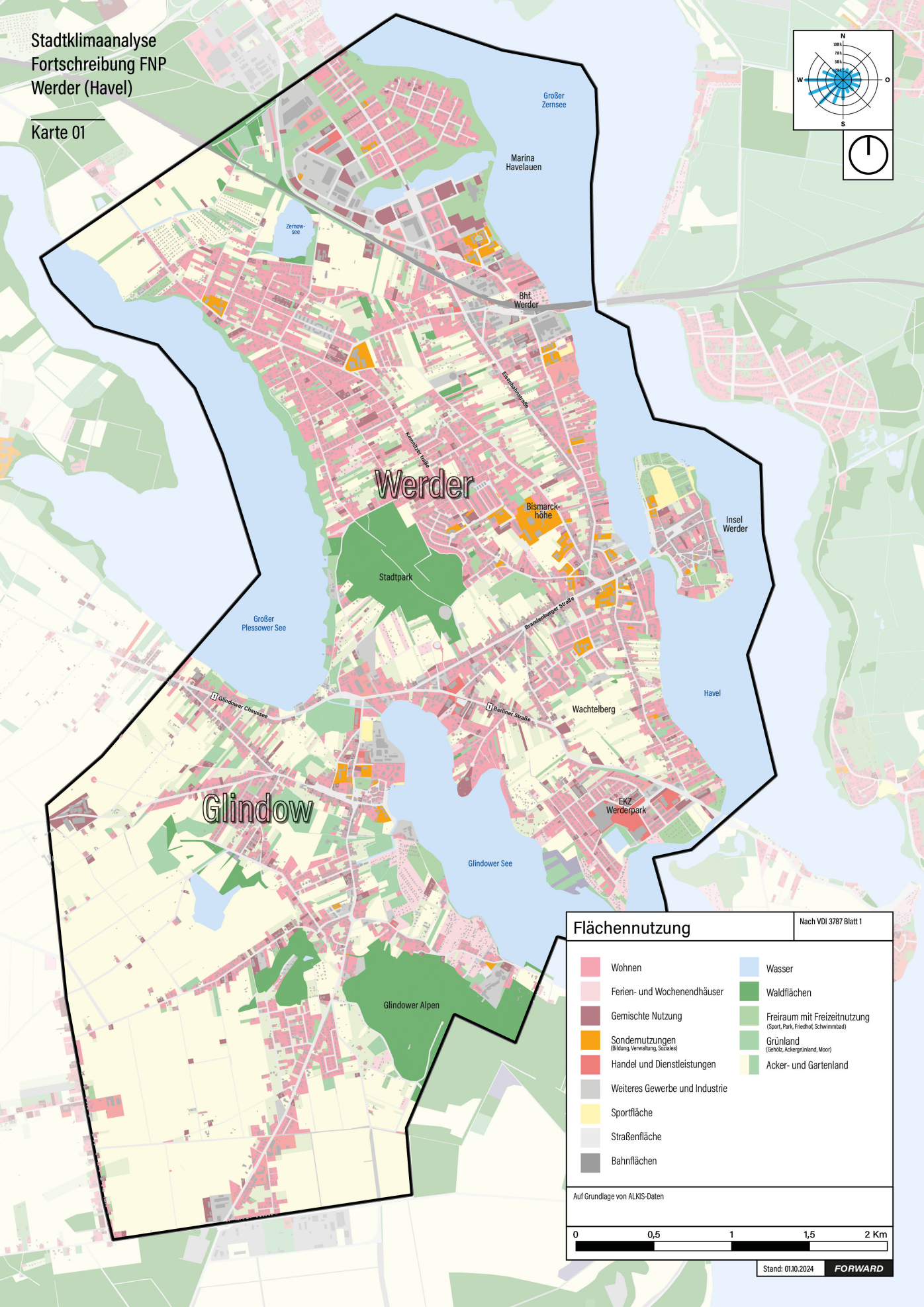
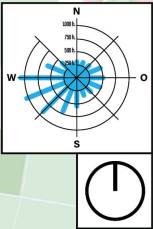
Karte 04: Oberflächenversiegelung

Karte 05: Kalt- und Frischluftbereiche

Karte 06: Vulnerabilität & Entlastung

Karte 07: Klimatope

Karte 08: Planungshinweiskarte



Flächennutzung

Nach VDI 3787 Blatt 1

<div></div> Wohnen	<div></div> Wasser
<div></div> Ferien- und Wochenendhäuser	<div></div> Waldflächen
<div></div> Gemischte Nutzung	<div></div> Freiraum mit Freizeitznutzung (Sport, Park, Friedhof, Schwimmbad)
<div></div> Sondernutzungen (Bildung, Vernetzung, Sozialen)	<div></div> Grünland (Gehölz, Ackergrünland, Moor)
<div></div> Handel und Dienstleistungen	<div></div> Acker- und Gartenland
<div></div> Weiteres Gewerbe und Industrie	
<div></div> Sportfläche	
<div></div> Straßenfläche	
<div></div> Bahnflächen	

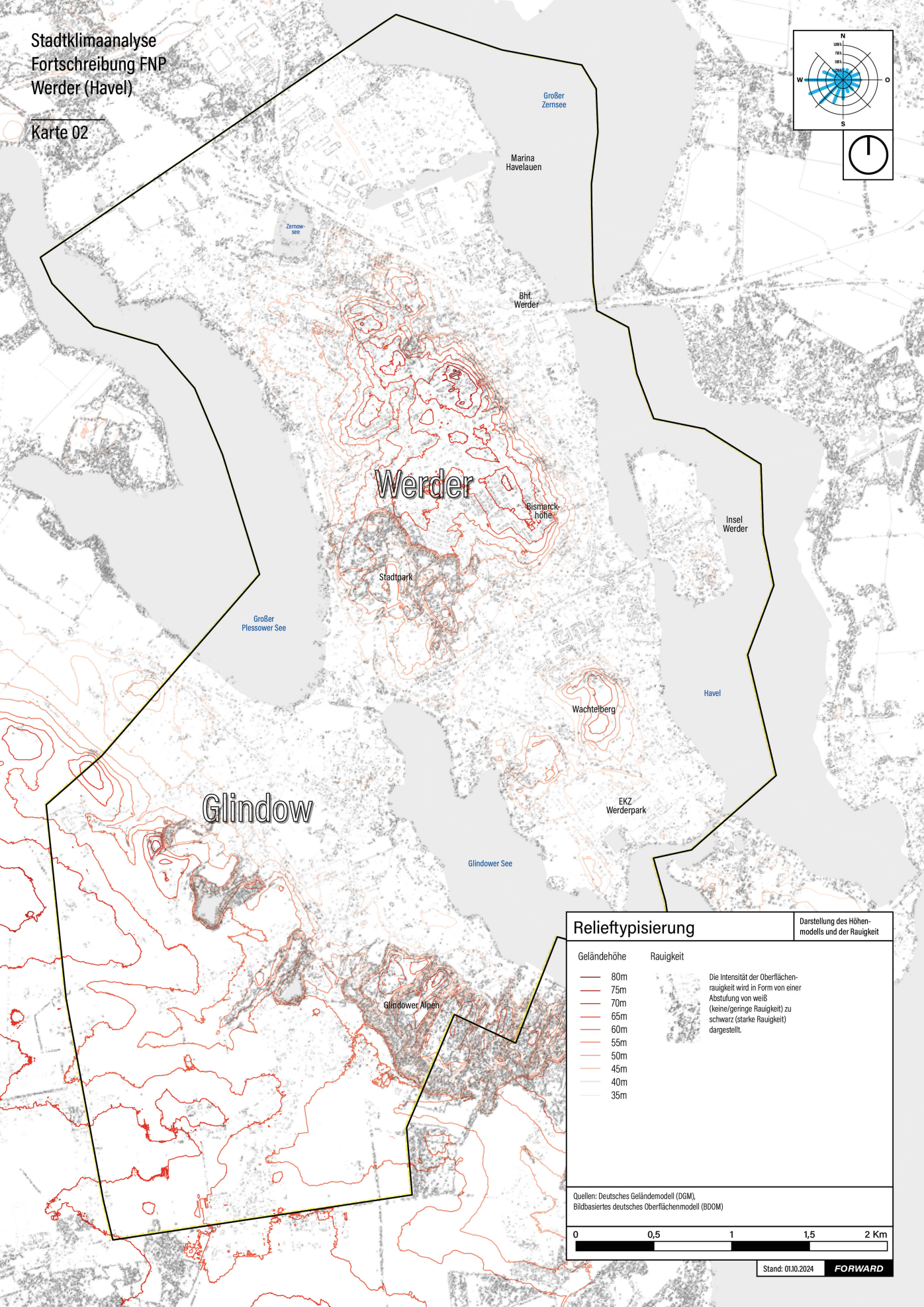
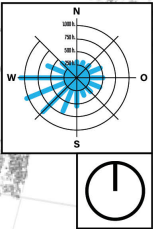
Auf Grundlage von ALKIS-Daten

00,511,52

Km

Stand: 01.10.2024

FORWARD



Relieftypisierung

Darstellung des Höhenmodells und der Rauigkeit

Geländehöhe

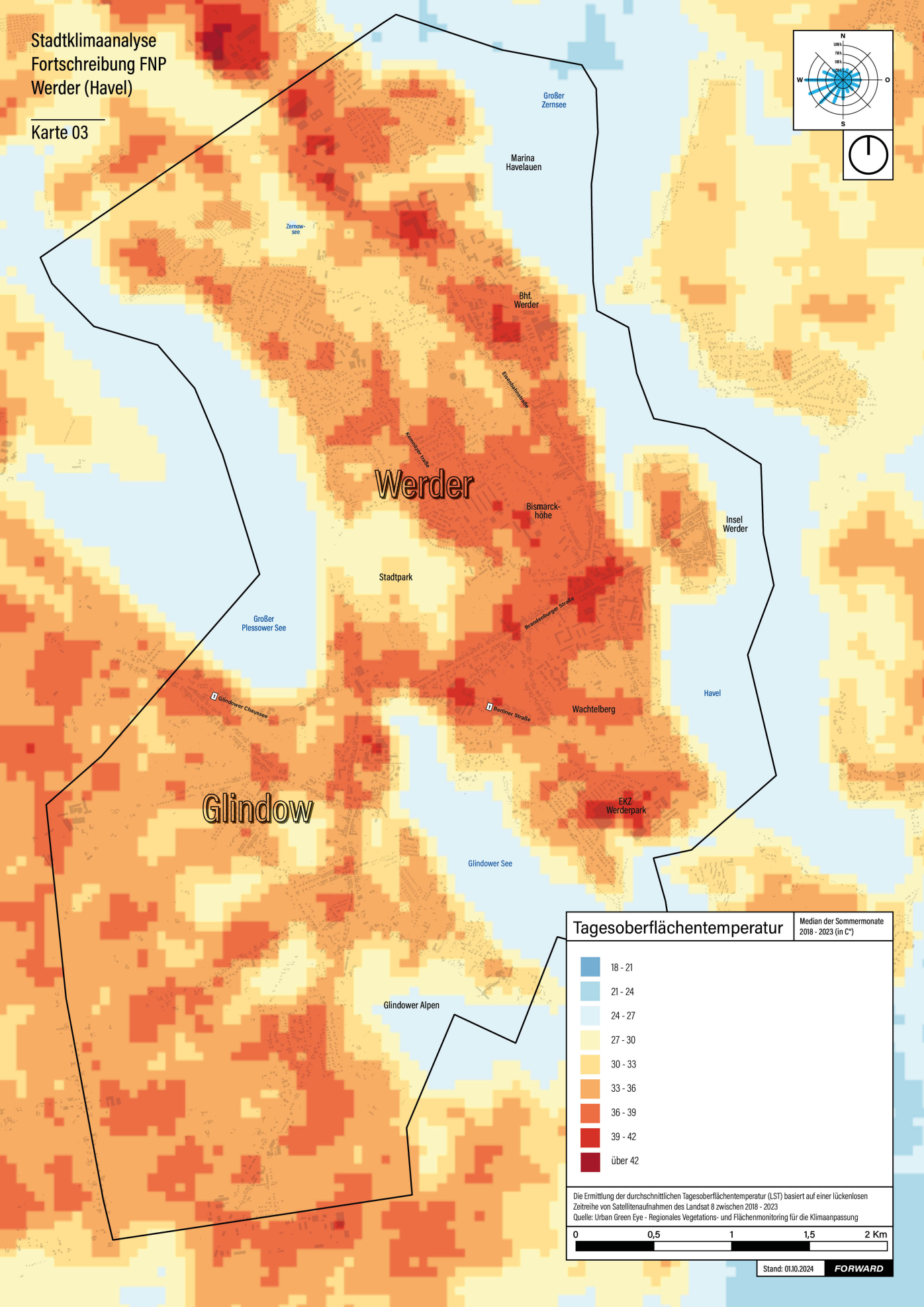
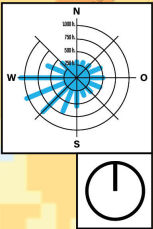
- 80m
- 75m
- 70m
- 65m
- 60m
- 55m
- 50m
- 45m
- 40m
- 35m

Rauigkeit

Die Intensität der Oberflächenrauigkeit wird in Form von einer Abstufung von weiß (keine/geringe Rauigkeit) zu schwarz (starke Rauigkeit) dargestellt.

Quellen: Deutsches Geländemodell (DGM),
Bildbasiertes deutsches Oberflächenmodell (BDOM)

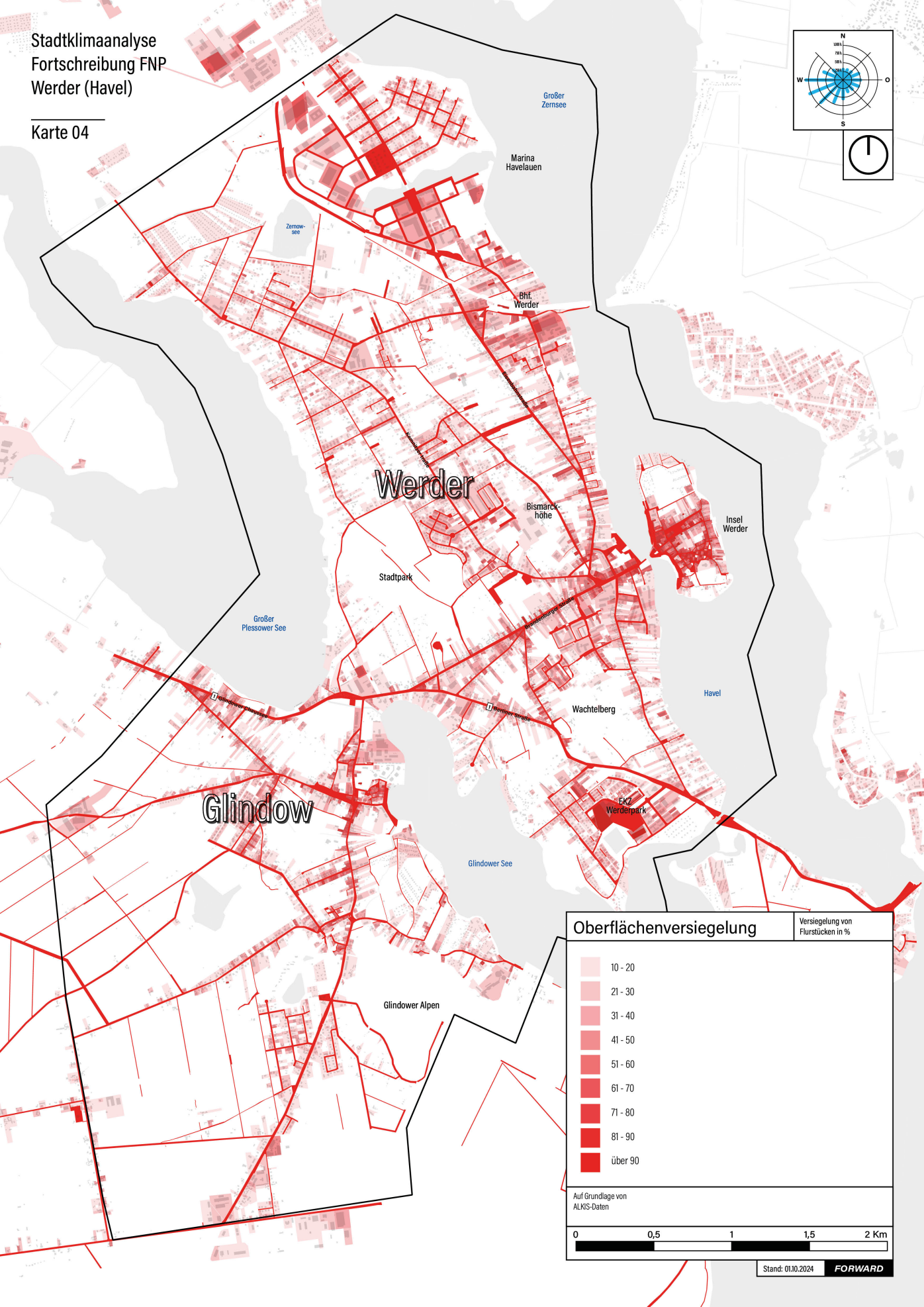
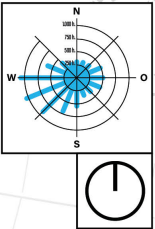




Tagesoberflächentemperatur		Median der Sommermonate 2018 - 2023 (in °C)
18 - 21		
21 - 24		
24 - 27		
27 - 30		
30 - 33		
33 - 36		
36 - 39		
39 - 42		
über 42		

Die Ermittlung der durchschnittlichen Tagesoberflächentemperatur (LST) basiert auf einer lückenlosen Zeitreihe von Satellitenaufnahmen des Landsat 8 zwischen 2018 - 2023
Quelle: Urban Green Eye - Regionales Vegetations- und Flächenmonitoring für die Klimaanpassung

0 0,5 1 1,5 2 Km



Oberflächenversiegelung

Versiegelung von Flurstücken in %

	10 - 20
	21 - 30
	31 - 40
	41 - 50
	51 - 60
	61 - 70
	71 - 80
	81 - 90
	über 90

Auf Grundlage von ALKIS-Daten

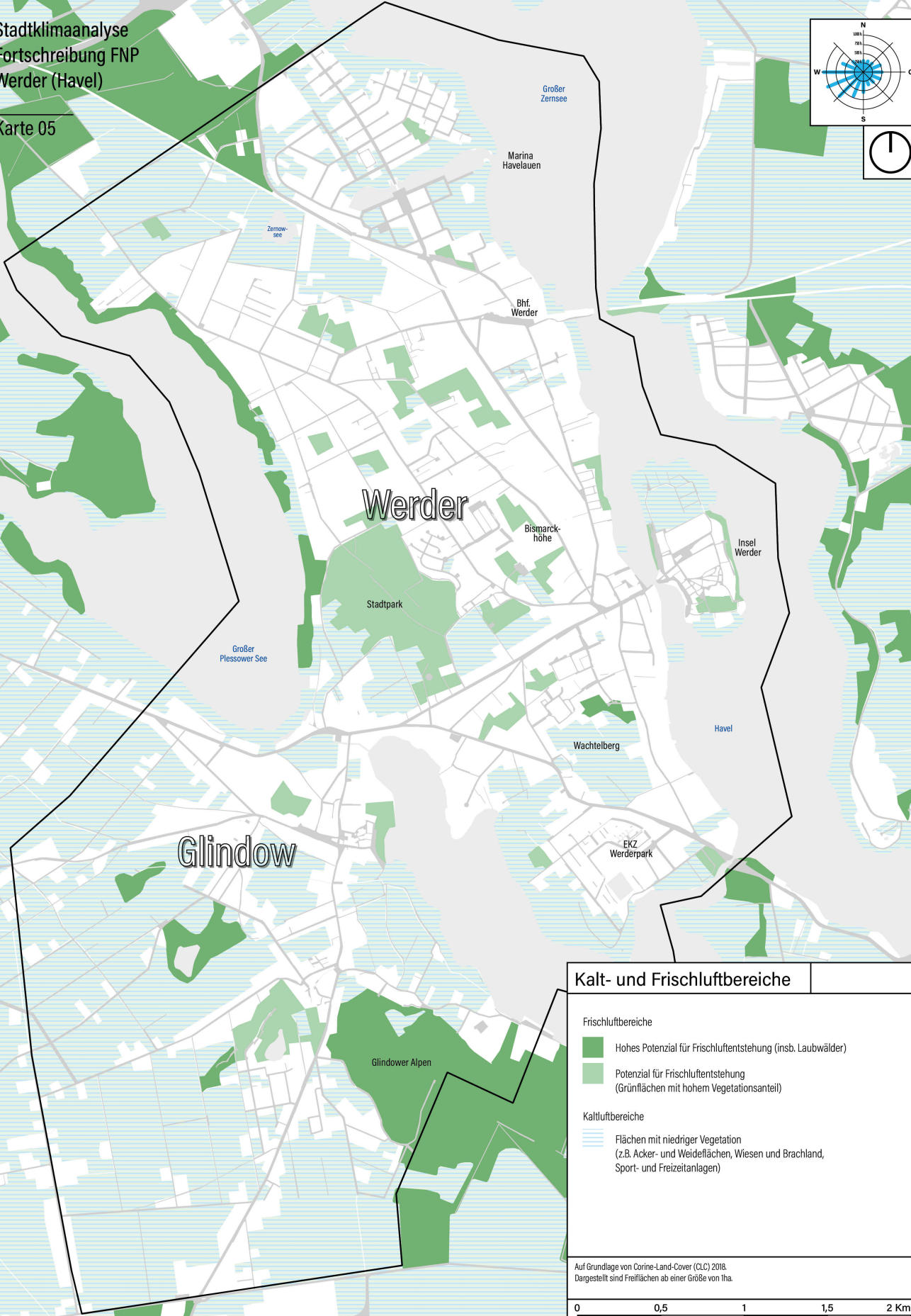
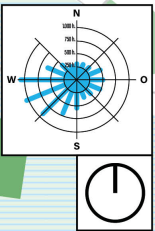
0

0,5

1

1,5

2 Km



Kalt- und Frischluftbereiche

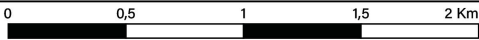
Frischluftbereiche

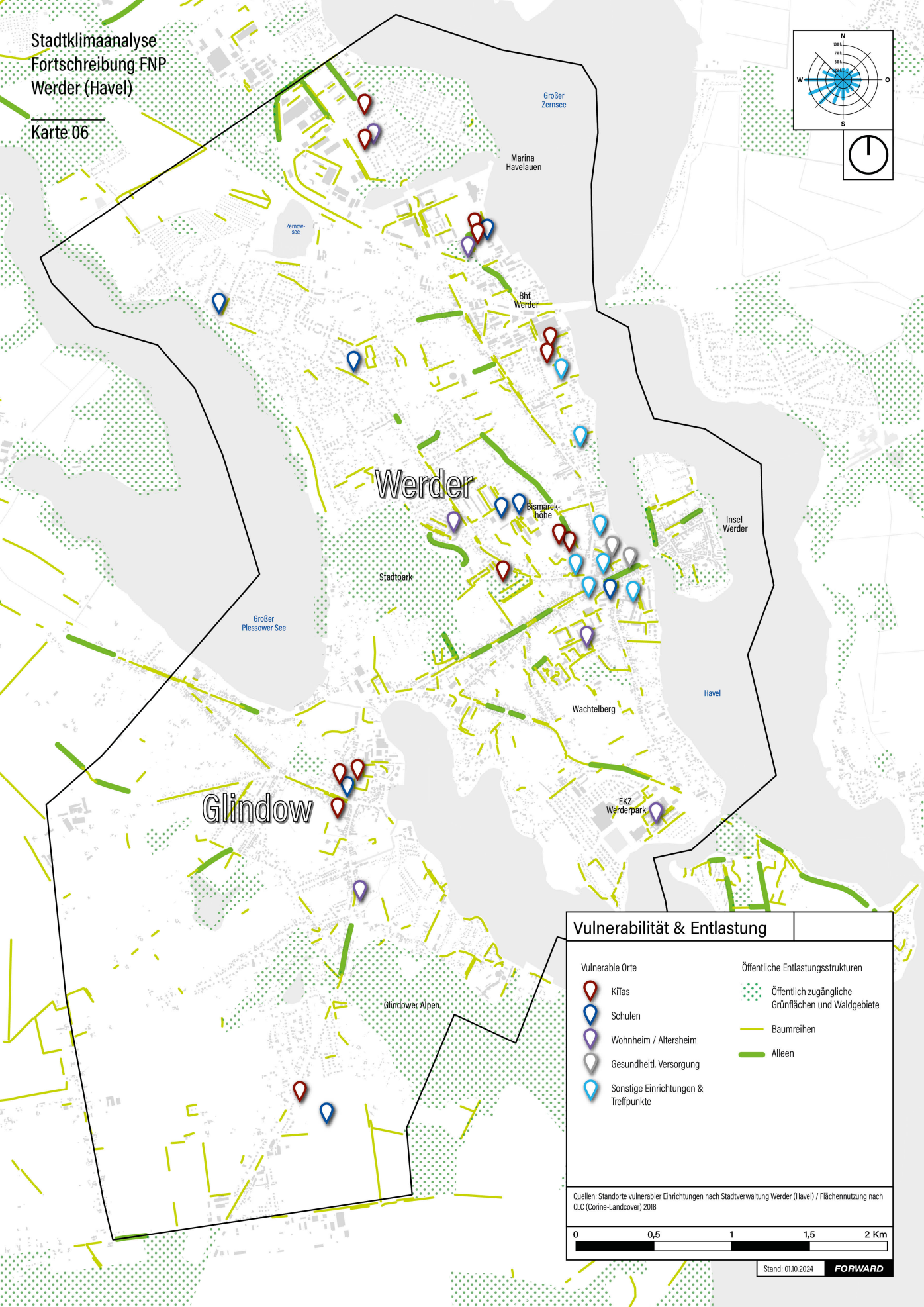
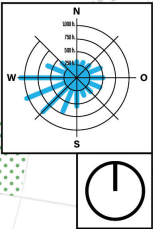
- Hohes Potenzial für Frischluftentstehung (insb. Laubwälder)
- Potenzial für Frischluftentstehung (Grünflächen mit hohem Vegetationsanteil)

Kaltluftbereiche

- Flächen mit niedriger Vegetation (z.B. Acker- und Weidflächen, Wiesen und Brachland, Sport- und Freizeitanlagen)

Auf Grundlage von Corine-Land-Cover (CLC) 2018.
Dargestellt sind Freiflächen ab einer Größe von 1ha.





Vulnerabilität & Entlastung

Vulnerable Orte

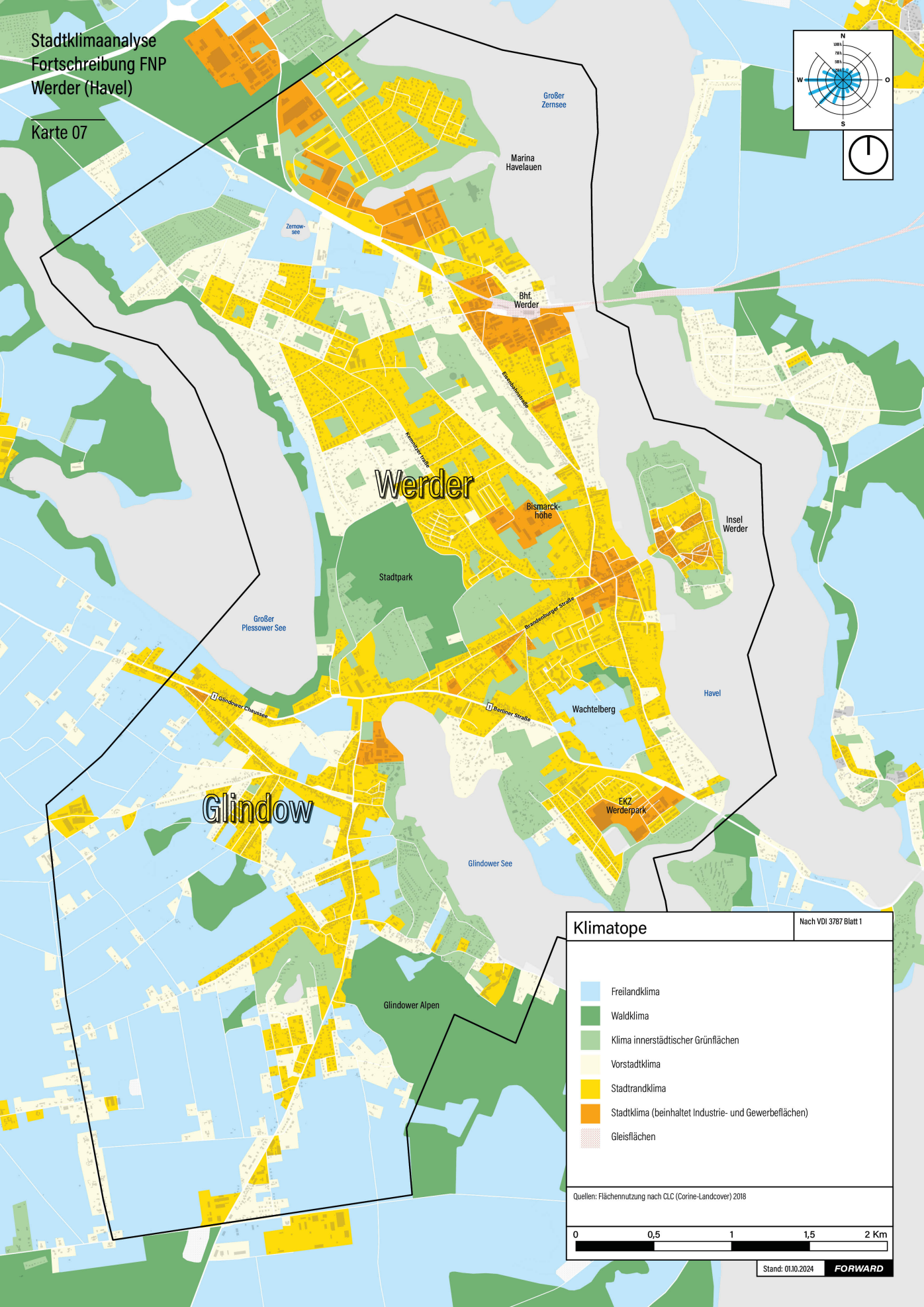
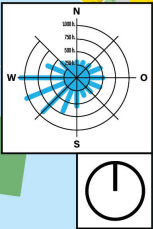
- KITas
- Schulen
- Wohnheim / Altersheim
- Gesundheitl. Versorgung
- Sonstige Einrichtungen & Treffpunkte

Öffentliche Entlastungsstrukturen

- Öffentlich zugängliche Grünflächen und Waldgebiete
- Baumreihen
- Alleen

Quellen: Standorte vulnerabler Einrichtungen nach Stadtverwaltung Werder (Havel) / Flächennutzung nach CLC (Corine-Landcover) 2018





Klimatope

Nach VDI 3787 Blatt 1

- Freilandklima
- Waldklima
- Klima innerstädtischer Grünflächen
- Vorstadtklima
- Stadtrandklima
- Stadtklima (beinhaltet Industrie- und Gewerbeflächen)
- Gleisflächen

Quellen: Flächennutzung nach CLC (Corine-Landcover) 2018



